

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム  
技術実証研究」事後評価報告書

平成22年11月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

平成22年11月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 村田 成二 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり  
評価結果について報告します。

## 目 次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	8
研究評価委員会委員名簿	9
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-19
2. 1 NGH 製造・出荷設備の開発	
2. 2 NGH 配送・利用システムの開発	
3. 評点結果	1-31
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1
参考資料2 評価に係る被評価者意見	参考資料 2-1

## はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」の事後評価報告書であり、第25回研究評価委員会において設置された「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」（事後評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第26回研究評価委員会（平成22年11月11日）に諮り、確定されたものである。

平成22年11月  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究発」

事後評価分科会委員名簿

(平成22年7月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	ふじた かずお 藤田 和男	芝浦工業大学 MOT 専門職大学院 工学マネジメント研究科 客員教授 (東京大学名誉教授)
分科会長代理	しみず ひろたか 志水 巨宜	独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油開発技術本部 R&D 推進部 審議役 天然ガス有効利用研究プロジェクトチーム チームリーダー
委員	おおた すすむ 太田 進	独立行政法人 海上技術安全研究所 運航・物流系 上席研究員
	しょうじ ひとし 庄子 仁	北見工業大学 未利用エネルギー研究センター センター長・教授
	はやし たけし 林 健	株式会社 ガスエネルギー新聞 編集局次長・デスク
	よしかわ こうぞう 吉川 孝三	北海道大学 大学院工学研究院 特任教授

敬称略、五十音順

## 審議経過

### ● 第1回 分科会（平成22年7月27日）

#### 公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
6. プロジェクトの詳細説明

#### 非公開セッション

7. 全体を通しての質疑

#### 公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

### ● 現地調査会（平成22年7月22日）

中国電力株式会社 柳井発電所 ふれあいホール（山口県柳井市）

### ● 第26回研究評価委員会（平成22年11月11日）

## 評価概要

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

ガス体エネルギーの輸送・貯蔵の未知なる手段として、天然ガスハイドレート (NGH) 製造装置の試験機を液化天然ガス (LNG) 火力発電所に建設し、LNG 気化ガスと冷熱を有効利用して近隣のモデル地区に NGH ペレットによるガス分配を試みたことは、世界に先駆けた実証試験であり評価できる。日量トンオーダーでの NGH 連続製造を可能にする構成機器を設計し、先ずは運転して、致命的な欠陥がないことを明らかにした意義は大きなものである。

しかし、要素技術については、いくつかの未解決課題が残る。特に、「NGH ペレット製造時のペレット堆積現象」や「ガス化におけるペレットの不定期な着水」については、さらなる効率向上の基礎データの集積が必要であろう。また、連続製造時間を延長するための具体的対策については、十分に実証的研究がなされたとは言い難い。

わが国が過去 10 年間余り基礎研究を積み重ねられた民間企業の成果が具現された当該 NGH の製造・利用システム技術の実証研究は、未知なる革新技術であるので今後はオールジャパン研究実施体制を組み、特に研究マネジメントを改善されたい。また、このような次世代型技術革新プロジェクトには大学の若い世代に夢と希望を与える波及効果があることも忘れてはならない。

#### 2) 今後に対する提言

石油依存度を下げたいという国家エネルギー戦略の観点からも天然ガスシフトは日本の大きな方針の一つとなっている。その天然ガスを全面的に LNG に頼ってきた我が国にとって、その代替となりうる可能性のある方策を持つておくことは、喫緊の国家課題となっている。NGH は、その解決策を提示できる可能性を有しているので、今回の実証研究は、こうした観点から、大きな第一歩となるプロジェクトと認識している。今回の実証研究で終わったのではなく、新たなスタートラインに立ったとの認識で、今後、次の一步を長期継続的構想ビジョンのもとに着実に促進すべきであろう。

将来的には、東南アジアにおける未開発の中小規模ガス田を実証試験場として借り、その産ガス国政府機関と国際共同研究体制を組み、わが国へ NGH を海上輸送する実用化プロジェクトの実現に繋げてほしい。その場合、産ガス国から特別な利権、税制、環境インセンティブを得られる前提で経済性が改善されれば新しい形の追加埋蔵量が確保でき、またわが国への天然ガス供給源の確保

に繋がる可能性がある。この段階では NEDO と石油天然ガス・金属鉱物資源機構、海上技術安全研究所などとの連携で民間企業のオールジャパン研究体制を組むこととなろう。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

低炭素社会構築の必要性が叫ばれる中、パイプラインが無い地方の遠隔地を対象として、NGH による新しいガスの分配方式の実証試験を進めたことは、国が進めるエネルギーイノベーションプログラムの目標達成のために寄与する公共性の高い事業であり、NEDO の事業として妥当であった。総合的な NGH 実証試験としては世界初の試みのため未知なる新規要素が多く、NEDO のバックアップ無しには実施が極めて困難な事業であったと判断される。

将来的には、東南アジア海域に未開発で放置されている中小規模ガス田の開発利用の可能性の観点から注目される事業でもあるが、この場合、競合する小型 LNG・FPSO (Floating Production Storage & Offloading unit) などと経済性を対比したフィージビリティスタディも十分に実施しておく必要がある。それにより、投入する予算規模や開発工程に対するマイルストーンの設定精度が向上する。

「世界をリードする環境立国」とは、必ずしも一国の独走を期待するものではない。国際協調と国際競争は表裏の関係にあり、協調性のない競争力は時として暴走・失速する可能性がある。

### 2) 研究開発マネジメントについて

NGH の製造～配送～利用という流れ全体をまず実証するという目標設定は妥当と考える。NGH 日産量 5 トンレベルの実証用試験設備の建設及びこれによる問題点の把握も、目標・計画としては妥当と考えられる。また、日本で初めてというだけでなく、世界でも初めての実証研究なので、参考にすべき前例はなく当初計画と実施体制は妥当である。

しかし、製造・脱水・脱圧／成型・脱圧などの一貫したプロセス開発を同時進行で行うには、事前に各単位操作におけるラボスケールからのスケールアップに対する開発課題の整理を行うべきではなかったか。小規模な各単位操作の長期連続運転実績を確認することを順次構築し、一貫プロセスを完成させて行く手順の計画が必要であったろう。

日本のエネルギー需給構造を転換させることになりかねないだけに、3~4 年間という短期間の当該研究だけで、実用化、事業化を目指したことに無理があったのではないだろうか。実用化の観点からすれば、当該研究の後に次のステ



ップをセットした大きなプロジェクトを構築し、その第一段階としての基盤研究であってもよかつたのではないか。世界でも稀な未知なる分野であり、それなりに我が国の第一人者を数多く選びチームを組まないで解決が至難であるレベルの高い学術性がある。今後はオールジャパンの研究体制を組む研究マネジメントを NEDO が取り進めたらいかがかと考える。

### 3) 研究開発成果について

NGH の製造から輸送・利用までを一貫して実証できたことは意義がある。特に、日産量 5 トン規模での連続製造にチャレンジしたことは評価できる。また、LNG 冷熱利用まで付加されたのは、非常に挑戦的な試みであった。また世界に先駆けた 10 年余りの我が国の NGH 研究実績が生かされ、本研究では特許出願 21 件中に海外出願が 12 件あり、知的財産権の申請・取得や学術論文の発表など国際的な場に置いて我が国の新技術としてアピールできた波及効果は評価できる。

しかし、個々の要素技術については確立されたものが多いものの、ペレット堆積現象などの未解決課題も含まれており、今後の課題が明らかにされた状態に留まっているものがある。また、NGH 活用総合モデルの構築に成功したことでは目標値をほぼクリアしているものの、事業化にあたっては、8000 時間程度の連続運転が必要と言われるのに本実証研究では連続生産が未達成であったことは、課題解決策の設定や今後のスケールアップに対して対応策の手抜きを生ずる可能性がある。これに歯止めをつけるためには今回の当事者に加え有識者や外部専門家による十分な机上検討を実施されることを望む。特に、閉塞現象の解明、すなわち、なぜ、あるいはどのように閉塞が起り、どのようにすれば閉塞が回避できるのか十分に検討すべきであろう。

本研究開発の成果に加え、問題点に対する 2010 年度に実施される追加研究成果を踏まえて NGH の経済性向上の道筋を明らかに出来れば、我が国の優位な立場を世界に公表すべきであろう。

### 4) 実用化、事業化の見通しについて

NGH 製造、脱水、冷却、成型、減圧の各単位操作に対して開発された技術は、他分野への展開の可能性や学術的貢献が期待できる。

しかし、今後の実用化、事業化に向けては技術的要素課題が山積していることが明確になった。例えば、NGH ペレットの製造に要するエネルギー収支について、再度、評価しておく必要があるだろう。ペレットの堆積防止のため振動を利用したり、脱水のためスラリー状の NGH に機械的圧力をかけたりするのであれば、そうした行程に要するエネルギー収支の計算が必要となろう。その意味でも、長期、安定した連続運転実績を示しておかないと、逆のメッセージ、すな

わち、NGH の長期連続運転は困難なものだと誤解されないかと危惧している。

今回の研究成果から実用化、事業化を論ずるには時期早尚だ。むしろこれをスタートとしてより高い効用が期待できる NGH 輸送高度利用研究プロジェクトを官民の役割分担を越え、縦割り省庁の枠を乗り越えて、文字通りオールジャパンとして、事業推進を仕組んでほしい。エネルギー関係者の間では、この研究に対する関心度が高い。今後は一般に対する広報活動も強化した方がよいであろう。また、将来的には有効な NGH 輸送の利用において東南アジアの LNG 開発の対象とならない未利用の中小規模ガス田開発への便益を実証試験したいものである。

## 研究評価委員会におけるコメント

第26回研究評価委員会（平成22年11月11日開催）に諮り、了承された。研究評価委員会からのコメントは特になし。

## 研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所属、役職
委員長	西村 吉雄	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	オリンパスビジネスクリエイツ株式会社 事業企画本部 戦略探索部 探索2グループ シニアマネージャー
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 相談役
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	東北大学未来科学技術共同研究センター 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学部機械学科 教授・総合技術研究所所長
宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授	

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

## 1. プロジェクト全体に関する評価結果

### 1. 1 総論

#### 1) 総合評価

ガス体エネルギーの輸送・貯蔵の未知なる手段として、天然ガスハイドレート (NGH) 製造装置の試験機を液化天然ガス (LNG) 火力発電所に建設し、LNG 気化ガスと冷熱を有効利用して近隣のモデル地区に NGH ペレットによるガス分配を試みたことは、世界に先駆けた実証試験であり評価できる。日量トンオーダーでの NGH 連続製造を可能にする構成機器を設計し、先ずは運転して、致命的な欠陥がないことを明らかにした意義は大きなものである。

しかし、要素技術については、いくつかの未解決課題が残る。特に、「NGH ペレット製造時のペレット堆積現象」や「ガス化におけるペレットの不定期な着水」については、さらなる効率向上の基礎データの集積が必要であろう。また、連続製造時間を延長するための具体的対策については、十分に実証的研究がなされたとは言い難い。

わが国が過去 10 年間余り基礎研究を積み重ねられた民間企業の成果が具現された当該 NGH の製造・利用システム技術の実証研究は、未知なる革新技术であるので今後はオールジャパン研究実施体制を組み、特に研究マネジメントを改善されたい。また、このような次世代型技術革新プロジェクトには大学の若い世代に夢と希望を与える波及効果があることも忘れてはならない。

#### 〈肯定的意見〉

- 高効率天然ガスハイドレート経済的効率製造は未知なるハイドレート結晶化によるガス体エネルギー資源の輸送・貯蔵手段として、世界に先駆け当該研究委託企業は、過去 10 年以上基礎研究を積み重ねられた成果が当プロジェクトに具現されており NGH 製造の発明器具類は極めて評価される。また多数の特許出願、取得や国際学会での数多くの論文発表は我が国の特異なエネルギーシステム技術の国際的評価を高め波及効果も評価すべし。
- エネルギーイノベーションプログラム基本計画において、「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」は、最重要 5 項目の一つに挙げられている。特に天然ガスについては、ガス供給の新たな手段である天然ガスハイドレート(NGH)利用技術の開発推進が明示されている。当該試験研究は、NGH 製造から輸送を経て現場利用に至るまでの総合検証モデルを構築して実証することにより、上記基本計画の遂行に貢献している。
- NGH ペレットの焼結問題のような個々の要素技術についてはいくつかの課題が残るが、少なくとも解決方針は立てられている。また、当該技術の中小ガス田への適用のように、関連分野に対する、成果の波及効果は期待できる。

今後の実用化、事業化のための道筋も、明らかにされている。

- 世界で初めての NGH 製造利用システムの建造・運転・評価にチャレンジし、要素技術データが得られたことは評価できる。
- 日本で初めてというより、世界で初めて、パイプラインや LNG を補完する天然ガスのチェーンとして NGH というものがあると製造から利用までの実証をして世に問うことが出来たことは評価に値する。加えて、LNG の冷熱利用までを操業中の発電所で実施したことに敬意を表したい。  
具体的には、日量トンオーダーでの NGH 連続製造を可能にする構成機器を設計し、まずは運転して、致命的な欠陥がないことを明らかにした意義は大きなものがある。
- NGH ペレットの製造から利用まで、実証的な試験を実施したことは高く評価できる。
- 天然ガスは化石燃料の中で相対的に CO<sub>2</sub> 排出量が少なく、地球温暖化防止の現実的かつ効果的な手段として、普及拡大が求められている。その意味で、新たな輸送手段となりうる天然ガスハイドレートの開発は意義があるものと考ええる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 本研究の主目的は研究開発項目①、②、③の LNG のガス化メタンを高効率にかつ高速で NGH を製造する装置の実証試験にあるが、残念ながら期間延長にも関わらず満足する成果が得られなかった。未知なる革新技術であるからには all Japan 体制を組み、経験豊富な NEDO の研究組織の管理運営により今後研究マネジメントを改善されたい。
- 要素技術については、いくつかの未解決課題が残る。特に、NGH ペレットの焼結や凝結による「製造時のペレット堆積現象」や「ガス化におけるペレットの不定期な着水」については、さらに基礎データの集積が必要であろう。
- 本実証研究に着手する前に、NEDO の責任においてフィージビリティスタディを実施しておくべきである。そのことにより、開発目標の設定根拠が明確になるとともに、重点的に開発すべき事項が明確になる。
- 各要素技術や単位操作並びにシステム全体のエネルギーバランスやコスト評価できるデータの取得と評価を行える研究開発計画内容とすべきである。
- 事業化にあたっては、8000 時間の連続運転が必要になると思われるが、本実証研究だけでは、その完成度に達していないと言わざるを得ない。利用の側面からすると、基本的な問題はないものの、事業化のビジネスモデルによって、再ガス化装置と輸送装置との最適化が必要となることが示唆されたので、今後の課題として残った。

- 天然ガスを LNG にして輸送してきたものをガスに戻し、さらに NGH として製造して国内輸送し、再ガス化して利用するというビジネスモデルの厳しさも明らかになったと認識している。
- 連続製造時間を延長するための具体的対策について、まだ、十分に実証的研究がなされておらず、重要な課題が今後に残ったと考えられる。
- 今回の実証は小規模な製造・輸送が可能であることを確認した段階にとどまる。実用化に向けては、より大規模な実証を継続して行うことが必要である。

〈その他の意見〉

- ・ 21 世紀は低炭素社会の構築に効果的なガス体エネルギーの輸送・貯蔵の技術革新（イノベーション）と経済性向上とエネルギー投入・産出比(EROI)の向上の三点から我が国が世界に先駆けた NGH 研究に課せられたハードルは高いがそれだけ意義が重要である。
- ・ NGH の効用は、海洋に未開発な小規模ガス田開発のガス輸送活用、メタンガスの短期貯蔵庫と過疎地へのガスエネルギー配給手段、メタンと CO<sub>2</sub> の置換による効用や将来の水飢饉地域の救済のための純水とメタンの供給手段など不可能を可能にする夢の科学技術と言える。このような次世代型技術革新プロジェクトには大学の若い世代に夢と希望を与える波及効果があることも忘れてはならない。従って研究初期段階では評価レベルをあまり厳しくすることははたして意義があるのだろうかと思う。
- ・ 海外連携や人材育成を実現するには、海外機関との資金のマッチングや追加予算の柔軟性に関する NEDO の支援が必要であろう。
- ・ 実用化までにはまだ時間がかかると思われるが、世界的にもほとんど前例のない試みであり、あまり早急に結果を求めるべきではない。



## 2) 今後に対する提言

石油依存度を下げたいという国家エネルギー戦略の観点からも天然ガスシフトは日本の大きな方針の一つとなっている。その天然ガスを全面的に LNG に頼ってきた我が国にとって、その代替となりうる可能性のある方策を持つておくことは、喫緊の国家課題となっている。NGH は、その解決策を提示できる可能性を有しているので、今回の実証研究は、こうした観点から、大きな第一歩となるプロジェクトと認識している。今回の実証研究で終わったのではなく、新たなスタートラインに立ったとの認識で、今後、次の一步を長期継続的構想ビジョンのもとに着実に促進すべきであろう。

将来的には、東南アジアにおける未開発の中小規模ガス田を実証試験場として借り、その産ガス国政府機関と国際共同研究体制を組み、わが国へ NGH を海上輸送する実用化プロジェクトの実現に繋げてほしい。その場合、産ガス国から特別な利権、税制、環境インセンティブを得られる前提で経済性が改善されれば新しい形の追加埋蔵量が確保でき、またわが国への天然ガス供給源の確保に繋がる可能性があるだろう。この段階では NEDO と石油天然ガス・金属鉱物資源機構、海上技術安全研究所などとの連携で民間企業のオールジャパン研究体制を組むこととなる。

### 〈今後に対する提言〉

- ・石油依存度を下げたいという国家エネルギー戦略の観点からも天然ガスシフトは日本の大きな方針の一つであり、その天然ガスを LNG に頼っている我が国にとって、その代替となりうる方策を持つておくことは、喫緊の国家課題となっている。NGH は、その解決策を提示できる可能性を有している。一方、エネルギーセキュリティや資源外交ツールという観点からも、日本でしかできない資源開発技術支援は、期待され、資源国からも要望されている実態がある。NGH は、この側面からもポテンシャルを有している。今回の実証研究は、こうした観点から、大きな第一歩となるプロジェクトと認識している。今回の実証研究で終わったのではなく、新たなスタートラインに立ったとの認識で、今後、次の一步を官民の役割分担を越えて、踏み出していくべきだと思慮する。具体的には、日本には、NGH を安定して製造できる技術だけでなく、利用までのチェーンとしての技術確立を国内外に示せるように、官民をあげて継続していくことが、必要不可欠との結論が望ましい。
- ・今後は、さらにスケールアップした研究開発を予定しているが、こうした研究開発に取り組むためには、より多くの関係者を巻き込んだ体制作りが重要と考えられる。
- ・日本は昔も今も技術立国でいくしかない国である。国際競争力を高めるとい

う意味でも、他国があまりやっていないこのような革新的技術開発に関しては引き続き予算を投入し、実用化につなげるべきである。

- ・「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」は段階的に進めるべきでしょう。すなわちまず実験室レベルの NGH 物性分析研究・機器設計、次に NGH の製造、輸送、貯蔵、ガス化の効率性を高める装置製造・実証研究（今回の研究課題①、②、③に当たる）、そして経済性、環境順応を確かめる企業化モデル実証分析（今回の NGH 配送・利用システム開発に当たる）の 3 段階に分け、長期継続的構想ビジョンのもとに着実に促進すべきでしょう。

第 4 の段階として提言したいことは、東南アジアに手付かずに捨てられているに未開発の中小規模ガス田（可採埋蔵量 1tcf=283 億 m<sup>3</sup> 以下）を実験場として借り、その産ガス国と共同研究体制を組み、我が国へ NGH を海上輸送する実用化プロジェクトに挑んでほしい。この段階では NEDO と JOGMEC、海上技術安全研究所などとの連携で研究体制を組むこととなる。また、参加企業も実績ある最適任な企業を政府の指導のもと実施検討委員会で推薦して決めることとなろう。

- ・当該試験研究は、NGH ペレット利用を前提として、NGH の日生産量 5 トンをクリアすることを目指してスタートしている。この範囲内では当該研究は計画通り遂行され、初期の目的を達成したと言える。従って、今後はさらにスケールアップして実証プラントへの道を進めばよい。但し、このスケールアップには、開発体制のスケールアップも重要となる。一つは、日産 100 トン以上のシステム開発（基盤体制開発）と要素技術開発（要素コンソーシアム体制開発）を分けて構築する必要があり、もう一つは、開発グループの構成において、（他の）国内外機関との連携を再検討する必要がある。
- ・小型 LNG プラント搭載 FPSO、DME などの競合する天然ガス輸送システムを含め、ガス田や消費地の組合せに対応できる輸送に関するフェージビリティスタディを実施する必要がある（NEDO 主導で、JOGMEC などの協力も含めて）。
- ・この種の研究開発には、エネルギーセキュリティの観点からはオールジャパンで対応する必要がある。具体的には、NEDO 主導で NGH 輸送システム開発に有効活用できる我国の出願特許を吟味し、システムへの有効な適用化を進めることにより安全性の確保とともにシステム全体の低コスト化が図れる。
- ・プラントの設計・製造・性能評価に関するエンジニアリングの立場からコメント・評価できる検討委員が不足していたように思われる。秘密保持の問題も有り得るが真のステアリングに不可欠である。

〈その他の意見〉

- NGH ペレットの利用の促進を考えれば、ISO (TC 67/TC 193?) において関連する規格を策定することも有効かもしれない。
- 90%以上も海外エネルギー資源に依存している資源小国の日本が世界の一次エネルギーの 5% 近くの量の安定調達を求め続けるなら、現代では明らかに採算が乗らないハイリスクの次世代的エネルギー資源の探査、研究、採掘、開発、輸送、貯蔵、廃棄処分の調査研究・実証試験分野に我が国は率先して GDP の 1% 程度は毎年配分する国のエネルギー戦略があつてしかるべきである。我が国にとってこのような研究は、①国産メタンハイドレート資源化、②NGH の高効率利用技術、③GTW と次世代送電システム、④水力、バイオマス、太陽光、風力、地球熱などの地産地消利用、⑤再生可能エネルギーを効率的に利用するスマートエネルギーシステム、⑥燃料電池の本格的実用化などがある。  
このような分野では是非 NEDO は過去の実績を踏まえて活躍して欲しいと願っている。
- わが国がリードしながら海外との連携を進めることが、将来の (NGH 利用技術の) 国際標準化につながると思われる。
- 人材育成は、産学官協同により著しく推進されるであろう。

## 1. 2 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

低炭素社会構築の必要性が叫ばれる中、パイプラインが無い地方の遠隔地を対象として、NGHによる新しいガスの分配方式の実証試験を進めたことは、国が進めるエネルギーイノベーションプログラムの目標達成のために寄与する公共性の高い事業であり、NEDOの事業として妥当であった。総合的なNGH実証試験としては世界初の試みのため未知なる新規要素が多く、NEDOのバックアップ無しには実施が極めて困難な事業であったと判断される。

将来的には、東南アジア海域に未開発で放置されている中小規模ガス田の開発利用の可能性の観点から注目される事業でもあるが、この場合、競合する小型LNG・FPSO (Floating Production Storage & Offloading unit) などと経済性を対比したフィージビリティスタディも十分に実施しておく必要がある。それにより、投入する予算規模や開発工程に対するマイルストーンの設定精度が向上する。

「世界をリードする環境立国」とは、必ずしも一国の独走を期待するものではない。国際協調と国際競争は表裏の関係にあり、協調性のない競争力は時として暴走・失速する可能性がある。

#### 〈肯定的意見〉

- ガスハイドレート化を利用した、新しい天然ガス供給手段の開発を通して、エネルギーイノベーションプログラムに大きく寄与している。
- 総合的なNGH実証試験としては世界初の試みのため新規要素が多く、NEDOのバックアップ無しには実施が極めて困難な事業であったと判断される。
- 本事業の成果は、NGH活用総合モデルの構築に成功したことにある。当初予算15億円に対して、現時点で(単に)このモデルのコピーを作成するには、ずっと低額で済むと推定される。つまり、当該事業を実施したことによりもたらされた効果は、投じた予算との比較において十分あると考えられる。
- 本事業は、パイプライン等の大型基盤を補完する新規システムであり、国内外の諸動向をリードする可能性が高く、事業目的は妥当と判断される。
- 民間のみでは対応できない事業である。
- 中小天然ガス田の有効利用の観点からは注目される事業である。
- 天然ガスシフトの達成に向けて、自ら課題解決手段を持つことが困難な中小規模のエネルギー需要家を将来的なターゲットとして想定し、日本にしかないNGH技術を確立するため、製造から利用までを実証した本研究は、評価に値する研究である。また、民間の市場原理だけに頼るのではなく、国レベルで積極的に支援すべき課題と思われるので、NEDO事業としても妥当である。

- 天然ガスの利用促進の観点から、NGH の利用技術の向上は価値があると考えられ、エネルギーイノベーションプログラムの一貫として実施することは妥当と考えられる。また、先進的・挑戦的課題であり、NEDO が実施するのに適していると考えられる。
- 天然ガス普及を促し地球温暖化防止に貢献しうる技術であり、公共性は高い。しかし難易度が高く、すぐに利益に結び付くものではないだけに、民間企業のみで進めるのは限界がある。NEDO が関与することは妥当であるとする。
- 当該研究プロジェクトはガス体エネルギーの輸送・貯蔵の未知なる手段として高効率な NGH 製造装置の設計・製作、実証試験機を中国電力の柳井 LNG 発電所の脇に併設し、LNG 気化ガスと冷熱を利用して需要家試験設備に現実の NGH によるガス分配を試みた我が国で初めての実証試験であったことは評価できる。低炭素社会が叫ばれる中、いち早く、パイプラインが無い地方の遠隔地に NGH による新しいガスの分配方式の可能性を示したことは政府が進めるエネルギーイノベーションプログラムの目標達成のために寄与する公共性の高い研究業績であり NEDO の事業として妥当である。

〈問題点・改善すべき点〉

- 本事業により構築される NGH 活用モデルの適用先として、国内ばかりでなく海外も視野に入れるならば、海外機関との連携も考慮すべきであろう。
- 民間一社のみで対応できる事業開発であるかについては事前の検討が足りなかったように思われる。オールジャパンでの対応が不可欠である。
- NEDO 主導且つ JOGMEC などの協力も含めて、競合する小型 LNG・FPSO との対比したフィージビリティスタディも実施しておく必要があったのでは。投入する予算規模や開発工程に対するマイルストーンの設定精度が向上する。
- 天然ガスを LNG として輸入し、ガスに戻した天然ガスを NGH として製造、輸送し、もう一度、天然ガスにガス化して利用するというのは、無理があり、意図せずガスとなってしまった天然ガス（たとえば BOG）とか、バイオガスとかごみからのガス化ガスのように原料と需要地とが離れている場合のガス体エネルギーの輸送手段を開発するという視点や広がりがあった。
- LNG から NGH を製造する技術と、ガス田から得られた天然ガスから NGH を製造する技術の関係を、より明確にすべきであったと考えられる。LNG の冷熱利用は、NGH ペレットの製造とは直接関係無い研究課題と考えて計画を立案した方が良かったのではなかろうか。
- (a)産ガス国から消費国へ天然ガスを運ぶために使う (b) LNG 受け入れ基地から需要家まで運ぶために使う—という 2つの狙いが、整理されないまま混在している印象を受けた。距離や量など条件はかなり違うはずで、その辺を

整理した上で現在までの成果や今後の見通し等について情報発信した方が、外部の人間にとっては分かりやすいのではないかと思う。

- 確かに、天然ガスの需要開拓を狙うためには、他の選択肢たとえば LNG 輸送、パイプライン輸送、CNG 輸送と経済性を比較する必要があるが、現段階では NGH の高速、低コスト、高エネルギー収支、環境順応性などに留意した装置・施設や NGH 輸送車両とガス化機器の設計・製造に研究目標を絞るべきであったのではないだろうか。この分野の成果はまだ満足がいけない結果だったと思われる。

〈その他の意見〉

- ・「世界をリードする環境立国」とは、必ずしも一国の独走を期待するものではない。国際協調と国際競争は表裏の関係にあり、協調性のない競争力は時として暴走・失速する可能性がある。一国のみではなく諸国共同の発展を期して、海外連携に関する NEDO の支援が期待される。
- ・この評価自体も、「(a)産ガス国から消費国へ天然ガスを運ぶ」「(b)LNG 受け入れ基地から需要家まで運ぶ」が混在しているために非常にやりにくい。後で出てくる実用化・事業化の見通しなど、どちらについて書けばいいのか迷う。

## 2) 研究開発マネジメントについて

NGH の製造～配送～利用という流れ全体をまず実証するという目標設定は妥当と考える。NGH 日産量5トンレベルの実証用試験設備の建設及びこれによる問題点の把握も、目標・計画としては妥当と考えられる。また、日本で初めてというだけでなく、世界でも初めての実証研究なので、参考にすべき前例はなく当初計画と実施体制は妥当である。

しかし、製造・脱水・脱圧／成型・脱圧などの一貫したプロセス開発を同時進行で行うには、事前に各単位操作におけるラボスケールからのスケールアップに対する開発課題の整理を行うべきではなかったか。小規模な各単位操作の長期連続運転実績を確認することを順次構築し、一貫プロセスを完成させて行く手順の計画が必要であったろう。

日本のエネルギー需給構造を転換させることになりかねないだけに、3~4年間という短期間の当該研究だけで、実用化、事業化を目指したことに無理があったのではないだろうか。実用化の観点からすれば、当該研究の後に次のステップをセットした大きなプロジェクトを構築し、その第一段階としての基盤研究であってもよかったのではないか。世界でも稀な未知なる分野であり、それなりに我が国の第一人者を数多く選びチームを組まないで解決が至難であるレベルの高い学術性がある。今後はオールジャパンの研究体制を組む研究マネジメントを NEDO が取り進めたらいかがかと考える。

### 〈肯定的意見〉

- 実用化に向けた課題を洗い出すためには、製造～配送～利用という流れ全体をまず実証するという目標設定は妥当と考える。
- NGH の日生産量を5トンに設定しており、設定目標は明快である。
- 研究開発実施の事業体制については、NGH ペレットの創始者である三井造船(株)が成果の利用候補である中国電力(株)と共同で事業を推進しており、実施体制は妥当であると判断される。
- 特許出願延べ21件中12件が海外出願であり、事業化につなげる知財マネジメントは妥当である。
- 計画見直し(1年延長)決定のあとは(第4年度は)、事業を適切に実施し、当初目標を達成している。
- 世界で初めてのNGH 製造利用システムの建造・運転・評価にチャレンジし、要素技術データを得たことは評価できる。
- 日本で初めてというだけでなく、世界でも初めての実証研究なので、当初計画として研究計画は実施体制を含め妥当と思われる。
- トンオーダーの実証用試験設備の建設及びこれによる問題点の把握は、目

標・計画として、妥当と考えられる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 3年の予定が4年に延びた点。
- 全般的に見て、研究開発実施の事業体制、研究員チーム構成が最適であったか疑問を感じた。本研究は世界でも稀な未知なる分野であり、それなりに我が国の第一人者を数多く選びチームを組まないとは解決が困難であるレベルの高い学術性がある。三井造船(株)はNGH分野の草分けで10年以上の研究実績には定評があるが、一社のみでは研究の困難な課題を解決するには無理が感じられた。今後はAll Japanの研究体制を組み研究マネジメントをNEDOが取り進めたらいかかと思う。
- 当初計画と比較して、本事業の実施完了が1年遅れている。
- 達成されたNGH日生産量5トンは、2時間運転からの推定値である。
- 重大な要素技術であるNGHペレット間の焼結対策について、未解決である。
- 製造・脱水・脱圧／成型・脱圧などの一貫したプロセス開発を同時進行で行うには、事前に各単位操作におけるラボスケールからのスケールアップに対する開発課題の整理を行うべきではなかったか。  
小規模な各単位操作の長期連続運転実績を確認することを順次構築し、一貫プロセスを完成させて行く手順の計画が必要である。特に、高圧施設の許認可には改修・修理が多大な工期を必要とすることは自明なので、この点に関して十分な事前検討を行うべきである。
- 実施者以外のプラント技術分野からのコンサルタントも必要であったのではないか。
- 7月27日の分科会で説明があった「初期投資コストと輸送距離の関係」(事業原簿に掲載なし)のグラフにおいて、NGHに関するコスト評価を実施した内容と開発課題とを関連させて事業化(スケールアップ)を事前に検討することが重要であるが、その定量的なデータが見当たらない。
- 課題解決に対処する方法の一つとして、我が国の優秀な特許の活用も視野に入れたオールジャパンとしてのフォーメーションや活動もNEDO等に働きかけるべきではないかと思う。
- 日本のエネルギー需給構造を転換させることになるだけに、当該研究だけで、実用化、事業化に進められるというのは、無理がある。日本で初めての試みであり、困難な社会システムとなっていることは承知の上でも、実用化の観点からすれば、当該研究の後に次のステップをセットした「資源エネルギー庁」の大きなプロジェクトを構築し、その第一段階としての研究計画であって欲しかった。具体的には、3年あるいは4年という研究期間は短いと思う。



誰に、何を見せる実証が必要となったのかの議論を続けて欲しい。

- 冷熱利用の研究が、実用段階（ガス田からの運送を想定）で如何に活用されるのか、必ずしも明確ではないと考えられる。

〈その他の意見〉

- ・実施者Aの研究スタッフがどのように実施者Bの研究チームに融合して目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われたかがよく見えなかった。NGH 製造・輸送実証モデル試験の場所を提供してもらっただけではまさかないとは思うが。一致団結した一枚板の研究チーム体制が必須である。
- ・総合的な NGH 検証試験としては世界で初めての試みであり、中間評価委員会の計画見直し（期間延長）に対する NEDO の柔軟な支援対応は適切である。
- ・慶応大学森先生等が研究のステアリングにかかわっておられるが、大学関係の方々にも、事業実施主体に入ってもらえたら、長期的に見て、よりよい成果が期待できたかもしれない。プロジェクトを通して明らかになる各種技術開発課題に関する国内外の研究の活性化のためには、成果の普及が重要であり、論文等を量産できる研究実施体制にすることも一考に値すると考える。

### 3) 研究開発成果について

NGH の製造から輸送・利用までを一貫して実証できたことは意義がある。特に、日産量 5 トン規模での連続製造にチャレンジしたことは評価できる。また、LNG 冷熱利用まで付加されたのは、非常に挑戦的な試みであった。また世界に先駆けた 10 年余りの我が国の NGH 研究実績が生かされ、本研究では特許出願 21 件中に海外出願が 12 件あり、知的財産権の申請・取得や学术论文の発表など国際的な場に置いて我が国の新技術としてアピールできた波及効果は評価できる。

しかし、個々の要素技術については確立されたものが多いものの、ペレット堆積現象などの未解決課題も含まれており、今後の課題が明らかにされた状態に留まっているものがある。また、NGH 活用総合モデルの構築に成功したことでは目標値をほぼクリアしているものの、事業化にあたっては、8000 時間程度の連続運転が必要と言われるのに本実証研究では連続生産が未達成であったことは、課題解決策の設定や今後のスケールアップに対して対応策の手抜きを生ずる可能性がある。これに歯止めをつけるためには今回の当事者に加え有識者や外部専門家による十分な机上検討を実施されることを望む。特に、閉塞現象の解明、すなわち、なぜ、あるいはどのように閉塞が起り、どのようにすれば閉塞が回避できるのか十分に検討すべきであろう。

本研究開発の成果に加え、問題点に対する 2010 年度に実施される追加研究成果を踏まえて NGH の経済性向上の道筋を明らかに出来れば、我が国の優位な立場を世界に公表すべきであろう。

#### 〈肯定的意見〉

- NGH を製造から利用までを一貫して実証できたことの意義はある。特に、トン規模での連続製造にチャレンジしたことを評価したい。さらに、LNG 冷熱利用まで付加されたのは、非常に挑戦的な試みであると思う。
- 得られた技術的成果は、世界に誇れる水準であると考えられる。製造から利用までのサイクル全体を通して実証したことは、高く評価できる。各種技術開発課題が明確になった点も、実証試験の成果と言える。
- ハイドレートを工業的に製造し、輸送し、利用するという世界初の試みが成功したことは大きな成果である。
- 本研究の目標値が高すぎたように思われる。世界に先駆け日本で初めて現実に山口県の遠隔地を選び NGH の製造・輸送及び再ガス化設備を設計建設し実際に運転して、NGH 輸送システムの可能性を実証したことに目的を留めておき、問題点や今後の課題を抽出することで、経済性評価や他のガス輸送手段との比較論は将来の段階で継続研究するべきではなかったのか。従って今回

の成果として目標を達成したとは言い難い。

- NGH 製造・出荷設備および配送・利用システムの開発成果は、NGH 活用総合モデルの構築に成功したことであり、全体としては目標値をほぼクリアしている。
- 未解決の要素技術についても、課題解決の方針は得られている。
- 総合的な NGH 製造利用システムとしては世界初であり、他に類が無い。
- 特許出願延べ 21 件中に海外出願が 12 件あり、知的財産権等の取扱は妥当である。
- 論文発表は、広範囲の分野でなされており、成果の普及効果は高い。
- NGH 配送・利用システムの開発に関しては目標値を達成していると考ええる。
- NGH の地上輸送に関して世界で初めての開発された配送・利用システム技術は多様な天然ガス利用が求められる世界各国の状況に対して我が国の天然ガス戦略の PR の一つとして貢献できると思われる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- NGH の達成できた連続製造時間には、不満が残る。特に、閉塞現象解明、すなわち、なぜ、あるいはどのように閉塞が起こり、どのようにすれば、閉塞が回避できるのか、を予測できる（ラボ実験装置とかシミュレーションとかの）ツールについて、明確にならなかったのが、残念である。次のスケールアップに向けて、どれだけの困難さを持った課題解決が必要なのですか、という疑問に明確に答えられるようにしてほしい。
- NGH ペレットの連続製造のための閉塞防止対策について、実証的な研究を実施するに至らなかったことが残念である。実証プラントの規模（5 ton/day）においても、ガス包蔵量の増大と、連続運転時間の延長には、課題が残っていると考ええる。
- 今回実証したのと同じ技術が産ガス国から消費国までの海上輸送にもそのまま適用できるのか、若干の調整が必要なのか、大幅な調整が必要なのか、そのあたりは明確でなかった。
- 三井造船(株)は挫けず引き続き意欲を持ちさらなる NGH 製造装置の高効率化と経済性の向上に挑戦されたい。
- 個々の要素技術については確立されたものが多いが、未解決課題（ペレット焼結問題など）も含まれており、課題が明らかにされた状態に留まっているものがある。
- NGH 製造・出荷設備の開発に関しては、長期連続生産の達成が成されなかったことは、課題解決策の設定や今後のスケールアップに対して対応策の抜けが生ずる可能性がある。これに対処するためには有識者も含めた十分な机上

検討を実施されることを望みます。

- トラブルの体験は、特許出願に対して貴重なデータになるので、トラブル解決策を整理し、その解決策1件に対して2件以上の特許の出願を期待します。そのことにより他国の追従に対して優位を確保できる。
- 本研究開発の成果に加え、問題点に対する2010年度に実施される追加研究成果を踏まえてNGHの経済性を評価できれば、我が国の優位な立場を確保できる。2011年7月に英国で開催される第7回ガスハイドレート国際会議(ICGH2011)での成果発表を期待する。

〈その他の意見〉

- ・エネルギー関係者の間では、この研究に対する関心は高い。今後は一般に対する広報活動も強化した方がいいのではないかと思う。
- ・LNGから再ガス化した比較的高価なガスをNGHで地域分配輸送することは一般的になじまないのではないか。将来広域幹線パイプラインで大量の安価なガスが供給される暁には、一つのサテライト供給法として有機的に組み合わせられるのではないかと思われる。  
しかし、是非とも有効なNGH輸送の利用は、東南アジアのLNG開発の対象とならない、未利用の中小ガス田開発への便益を実証試験したいものだ。
- ・総合開発は、広範囲にわたる研究力の結集が求められる。特に要素研究においては、プロジェクトリーダーの権限により、参加メンバーの追加等、即応性のある柔軟な運営が可能になるようにNEDOの支援が期待される。  
査読付き論文の発表については、フルペーパー査読ではなくアブストラクトのみの査読が含まれており、件数は決して多くない。最先端技術開発において見出された課題(成果)の、専門科学分野へのフィードバックが弱いように思われる。

#### 4) 実用化、事業化の見通しについて

NGH 製造、脱水、冷却、成型、減圧の各单位操作に対して開発された技術は、他分野への展開の可能性や学術的貢献が期待できる。

しかし、今後の実用化、事業化に向けては技術的要素課題が山積していることが明確になった。例えば、NGH ペレットの製造に要するエネルギー収支について、再度、評価しておく必要があるだろう。ペレットの堆積防止のため振動を利用したり、脱水のためスラリー状の NGH に機械的圧力をかけたりするのであれば、そうした行程に要するエネルギー収支の計算が必要となるだろう。その意味でも、長期、安定した連続運転実績を示しておかないと、逆のメッセージ、すなわち、NGH の長期連続運転は困難なものだと誤解されないかと危惧している。

今回の研究成果から実用化、事業化を論ずるには時期早尚だ。むしろこれをスタートとしてより高い効用が期待できる NGH 輸送高度利用研究プロジェクトを官民の役割分担を越え、縦割り省庁の枠を乗り越えて、文字通りオールジャパンとして、事業推進を仕組んでほしい。エネルギー関係者の間では、この研究に対する関心度が高い。今後は一般に対する広報活動も強化した方がよいであろう。また、将来的には有効な NGH 輸送の利用において東南アジアの LNG 開発の対象とならない未利用の中小規模ガス田開発への便益を実証試験したいものである。

#### 〈肯定的意見〉

- NGH 製造、脱水、冷却、成型、減圧の各单位操作に対して開発された技術は、他分野への展開の可能性や学術的貢献にも期待できる。
- 天然ガスの新しいチェーンとして、NGH というものがあると初めて日本が世に問うことが出来た意義は大きいと評価したい。同時に、この新しいエネルギーチェーンを事業的に確立すべく奮闘している民間会社には、敬意を表したい。
- 実証試験の結果、NGH ペレットの高速大量生産の技術開発課題は、より明確になったと考えられる。また、実証試験を通して、規模に応じたガスの分配・貯蔵・利用形態としての NGH ペレットの可能性が広がったと考える。
- 今回の実証が成功したことで、技術的には一定のめどがついたのではないかと思う。
- 今回の成果から実用化、事業化を論ずるには時期早尚だ。これをスタートとしてより効用の期待できる NGH 輸送高度利用研究プロジェクトを仕組んでほしい。しかしながら世界に先駆けて 10 年以上の我が国の NGH 研究実績は、知的財産権の申請・取得や学術論文の発表など国際的な場に置いて我が国の新技術としてアピールした波及効果は評価できると思う。

- NGH 活用モデルによる日生産量 5 トンについては完了し（本研究）、未解決の要素技術についても課題解決の方針は得られている。次に、日産 100 トンのプラントを建設して実証すれば、日産 6000 トンの商業プラントまでの道筋が完成する。
- 本事業による NGH 活用モデルは、他分野（例えば中小ガス田等）への適用も可能で、関連分野への波及効果が期待できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 本研究開発計画を策定した時点での位置付けは要素技術開発の段階として認識すべきであり、実用化に対しては現状での F S を厳格に実施すべきと考えます。そのためにも長期連続運転データを取得してから実用化・事業化の評価を行うべきである。
- 事業化に向けて技術課題が山積していることも、明確になったので、官民の役割分担を越え、省庁の枠を乗り越えて、文字通りオールジャパンとして、事業提案を出来るようになって欲しい。  
その意味でも、長期、安定した連続運転実績を示しておかないと、逆のメッセージ、すなわち、NGH の長期連続運転は困難なものだと誤解されないか危惧している。
- 実用化に向けては、より大規模なプラントで大量に、長時間、安定した品質で連続製造することが必要であり、次の段階の課題となる。
- 例えば、重大で未解決の要素技術である NGH ペレットの焼結対策について、実用化、事業化のためには、体制内に雪氷分野研究者を加えた補強が必要になる。既に NGH 活用総合モデル（日産 5 トン）は構築されており、今後は、要素技術課題の解決のための体制作りも重要になる。

〈その他の意見〉

- ・実用化に向けて、NGH ペレットの製造に要するエネルギーについて、再度、評価しておく必要がある。ペレットの堆積防止のため振動を利用したり、脱水のためスラリー状の NGH に機械的圧力をかけたりするのであれば、そうした行程に要するエネルギーも、計算しておく必要がある。
- ・例えば国内 LNG 基地から需要家への輸送に使用した場合、LNG ローリー輸送と比べどのようなメリットがあるのか。そういった情報をコストも含めてなるべく具体的で分かりやすい形で出すことが、NEDO 後継プロジェクトを実現するためにも必要である。
- ・本事業は国の（NEDO）の事業であり、NGH 活用総合モデルが構築されたことは、基本ステージの完成と見なすことが出来る。今後のスケールアップ作

業（三井造船(株)と中国電力(株)が主導）に加えて、各要素課題の解決のために、NEDO 支援による小規模コンソーシアムの形成（公募）とその運営（プロジェクトリーダーが総括）が必要であろう。

## 2. 個別テーマに関する評価結果

### 2. 1 NGH 製造・出荷設備の開発

- ①多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発
- ②未利用冷熱利用による NGH 生成熱除去技術開発
- ③高圧下で製造した NGH の連続冷却・脱圧技術開発

#### 1) 成果に関する評価

多様な機器を設計し、ペレット出荷までを確認できたのは、世界で初めてであり、その点は評価できる。①については、混合ガスハイドレートの製造に成功したと概ね評価できる。また②③については、本研究の実施者が設定した各要素技術開発に対する成果については一応のレベルに達しているということである。

しかし、各構成部材の完成度には、改良の余地が散見され、プラントとしての完成度は低いのが現状である。連続運転時間は少なくとも 1000 時間オーダーまで、確認して欲しかった。また、多成分系の混合ガスからハイドレートを製造する場合は、気相側のガス組成と製造されるハイドレートに含まれるガス成分組成との相関を把握しておく必要があり、その相関を連続運転でのデータに基づいて強調して欲しい。気相ガス組成とハイドレート中ガス組成との相関に関する工学的挙動解析技術の提示が必要とされる。加えて、ペレットの NGH 率が 60~74% から数時間で 30~40% に低下してしまう点はタイトルの「高効率天然ガスハイドレート製造」と言えるのか気になる点である。

NGH ペレットの連続製造のための閉塞防止対策について、実証的な研究を実施するに至らなかったことが残念である。実証プラントの規模 (5 ton/day) においても、ガス包蔵量の増大と、連続運転時間の延長には、課題が残っていると考える。また NGH ペレットの分解速度が思ったより大きい点について、さらに研究が必要と考えられる。

#### 〈肯定的意見〉

- 多様な機器を設計し、ペレット出荷までを確認できたのは、初めてであり、その点は評価できる。
- 脱水方法に関する研究が進捗したことは、高く評価できる。また、ペレタイズの技術も向上したと考えられる。
- 5 t/日以上以上の製造能力を確認したことは一定の成果。また、LNG 冷熱は現時点でほとんど使用されていない未利用エネルギーであり、その活用が可能であることを確認した点も評価できる。
- この部門が今回の重要な目的であったと思うが、生成エネルギー利用効率、NGH 生成速度、NGH キャリアーのエネルギー収支、再ガス化速度と量など



目標値からはるかに低い。従って実用化には程遠い段階であった。しかしながら、例えば石油の試掘井戸の場合、初めは手探りで、予想外にコストがかかり、掘削日数が予定より大幅に延びるのは当たり前である。世界で前例がない NGH 研究もこのようなもの、今の段階で条件を付けた評価は意味がなく、何が問題か、ボトルネックはどこにあるか、などトラブルシューティングが目的である。このようなハイリスクの研究は民間企業資金ではできるはずはなく、NEDO のような公的機関が管理・推進し、国家の革新技术研究費を効率的に最適に投資促進すべきである。世界で 3 番目の経済大国で 4 番目にエネルギーを大量消費する小資源国ならなおさらである。

- ①: 混合ガスハイドレートの製造に成功した。②: LNG 保有冷熱を利用して、NGH を製造することに成功した。③: 高圧下で製造した NGH の連続冷却・脱圧に成功した。
- ②③本研究の実施者が設定した各要素技術開発に対する成果については一応のレベルに達している。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 各構成部材の完成度には、改良の余地が散見され、プラントとしての完成度は低いのが現状と思われる。高圧容器内のため、カット&トライでの改良改善が難しいので、ラボレベルでのモデル試験装置等での確認、設計資料蓄積が重要と思われるので、そうした点にも配慮を促したい。  
特に、連続運転時間は 1000 時間オーダーまで、確認して欲しかった。
- NGH ペレットの連続製造のための閉塞防止対策について、実証的な研究を実施するに至らなかったことが残念である。実証プラントの規模 (5 ton/day) においても、ガス包蔵量の増大と、連続運転時間の延長には、課題が残っていると考える。
- ペレット NGH 率が 60~74% から数時間で 30~40% に低下してしまう点は気になる。
- ①: 混合ガスハイドレートに包有されたガスの濃度変化 (時間変化) に対して、(実用的には) どの範囲まで濃度変化が許容されるかの評価がなされていない。  
②および③: 維持運転を含めて 72 時間程度の一貫実証運転が行われたが、さらに長時間の運転による実証がない。
- ①多成分系の混合ガスからハイドレートを製造する場合は、気相側のガス組成と製造されるハイドレートに含まれるガス成分組成との相関を把握しておく必要があり、その相関を連続運転でのデータに基づいて強調して欲しい。  
気相ガス組成とハイドレート中ガス組成との相関に関する工学的挙動解析技

術の提示が必要とされる。

②未利用冷熱利用についてはエネルギーバランスとコスト評価が実施されていません。この点についてのまとめと考察が必要である。

③製造・脱水・冷却・脱圧の各単位操作を連結且つ連続した低コストなプラントシステムとして構築できることは、NGHシステムの成立に極めて重要となる技術開発である。ラボ試験も含めて、問題点の抽出と対応策を明示すべきである。

〈その他の意見〉

- NGHの分解速度が大きい点について、さらに研究が必要と考えられる。

## 2) 実用化の見通しに関する評価

8000 時間連続して運転できるのが商業化プラントだと言われるが、そのプラントを設計できなくなる決定的なパーツがないことが確認された。また、化学合成プラントとは異なり、機械的な原理の構成部材で成り立っている製造プラントなので、丹念な設計で問題解決できることも確認できた。ニーズがあるので、競争力のあるコストで実用化されれば事業化は十分可能であると考ええる。

しかし、NGH の利用には、ユーザーが求めるガス組成に制御できる NGH 生産システムであることを提示するデータが必要であろう。また、LNG の冷熱利用に関しては、事業化に向かう際、冷熱とガス量とのバランスをどのように取るのかが大きな課題となると考えられる。

NGH ペレット製造・出荷装置の連続運転時間の増大及びペレット内のガス包蔵量の増大については、今後の研究に期待したい。

### 〈肯定的意見〉

- 8000 時間連続して運転できるのが、商業化プラントだとすると、決定的なプラント設計できなくなるパーツがないことが確認され、化学合成プラントとは異なり、機械的な原理の構成部材で成り立っている製造プラントなので、丹念な設計で問題解決できることが確認できたのは、成果の一つ。
- ペレタイズを含めた NGH ペレットの連続製造に向けて、基本的な技術は習得できたと考えられる。
- ニーズがあるので、競争力のあるコストで実用化されれば事業化は十分可能であると考ええる。
- 実用化、事業化の見通しは立っており、関連分野への波及効果も期待できる。
- 2010 年度に引き続き実施される本研究開発成果が実用化及び事業化の判断材料となることを期待する。

### 〈問題点・改善すべき点〉

- 各機器の設計完成度を上げることが課題として、明確になってしまったとの認識。  
その課題解決ができた結果として、連続運転時間が確保されるものと思っている。  
LNG の冷熱利用に関しては、営業運転をしている発電所での実証研究なので、液タンクで一旦受け取り、発電所側との緩衝部分が必要だったのではないかと思う。事業化に向かう際は、冷熱とガス量とのバランスをどのように取るのかが大きな課題となると思われる。
- NGH ペレット製造・出荷装置の連続運転時間の増大及びガス包蔵量の増大に

については、今後の研究に期待したい。

- コストに関するデータが少なく、現時点ではコスト面での将来性に関する評価は難しい。
- 当初の3年計画が4年間に延長されたが、その成果や効用が見られない。
- 今回の研究チームの発想と能力限界を感じざるを得ない。他社のNGH 専門家、研究員たちと意見交換や今後の共同研究を模索したらいかがでしょう。
- 人材育成プランについては、特に報告されていない。
- ①ハイドレートを利用するユーザーが求めるガス組成に制御できる NGH 生産システムであることを提示するデータを示す必要がある。
- ②LNG 冷熱を利用する NGH 生産プラントと利用しない NGH 生産プラントのそれぞれについての生産コスト評価がなされていない。FS を実施すべきと考える。
- ③日本国内で競争的に開発されて開発された要素技術や単位操作の評価も行き、オールジャパンとして技術集約を NEDO 主導で行うべきである。

〈その他の意見〉

- ・既に検討済みかもしれないが、連続運転のため、一部の行程を二重化して、切り替えて使用することも考慮すべきであろう。Failure Mode and Effect Analysis またはこれに類する解析も実施してはどうか。  
今般の研究で得られたペレタイジングに係るノウハウが、ペレットの大きさを変えた場合にどこまで適用できるか、検討を要すると考えられる。
- ・要素技術課題の解決と人材育成は並行して進められるべきであり、その体制作りには NEDO の柔軟な支援が必要と思われる。この支援には、追加予算等の経済支援と、文科省との協力体制のような省庁間協力を含む。

### 3) 今後に対する提言

NGH 輸送システムではよりコンパクトな装置で NGH ペレット製造速度、さらに再ガス分解速度を速めることと 8 割の水の処理と環境問題が要である。また、海上での NGH ペレット製造を想定して海水を使った **rolling, floating ship** 上で高速な NGH ペレット製造が可能か、実験室レベルの研究に力を入れて欲しい。

メタンハイドレートではない混合ガスハイドレート (NGH) の自己保存性に関する研究を加速する必要がある。懸案課題の多くが、高压容器内で起こっているようなので、エンジニアリング的な問題解決だけでなく、ラボに戻って現象分析ツールの開発も重要だ。次の大きな費用を必要とする事業化実証の前には、こうした準備が是非必要と認識している。また、基礎データ取得と工学技術評価に関しては大学等と役割分担することを薦める。一企業のみで実施するには視野が狭くなることと、コストと時間と評価に限界が生ずるのではないかと考えられる。

#### 〈今後に対する提言〉

- NGH 輸送システムではよりコンパクトな装置で NGH 製造速度、8 割の水の取り扱いと環境問題、さらに再ガス速度を速めることが要だと思われる。また、海上での NGH 製造を想定して海水を使った **floating ship** 上で迅速な NGH 製造が可能か、実験室レベルの研究に力を入れて欲しいものだ。
- ①：製造された混合ガスハイドレートに含まれる包有ガス濃度について、ほぼ理解可能な結果が得られた。
- ②：LNG 保有冷熱利用について、実用化の基礎となる基準データが得られた。
- ③：ペレット利用について、商業プラント作成のための基準データが得られた。
- 2010 年度に実施される研究開発成果のデータの十分な活用に期待します。
- 解決すべき課題に致命的な問題がある訳ではないので、着実に技術蓄積を図って欲しい。
- より大規模なパイロットプラント建設を建設し、実証を行うべきである。
- ①：大型実証プラントを作成した場合、包有ガス濃度がいくらになるかは（当該研究成果だけからは）推定が困難である。
- ②：LNG 以外の冷熱源利用については、データが無い。
- ③：ペレットの焼結問題が解決されていない。
- ①基礎データ取得と工学技術評価については大学等との役割分担することが必要である。一企業のみで実施するには視野が狭くなることと、コストと時間と評価に限界が生ずるのではないか。
- ②LNG 冷熱利用システムについては机上検討を十分に実施する必要がある。

③有効な国内特許の活用も視野に入れるべきである。

- 課題の多くが、高圧容器内で起こっているようなので、エンジニアリング的な問題解決だけでなく、ラボに戻って現象理解ツール開発が重要と思われる。次の大きな費用を必要とする実証の前には、是非、こうした準備が必要と認識している。

〈その他の意見〉

- **NGH** ペレットの分解速度が非常に高かったことが気にかかっている。  
**NGH** ペレットの分解速度は、ガス組成や **NGH** ペレットを製造する際の履歴に依存すると考えられており、実用化の段階では、単なる高速連続製造のみならず、製造される **NGH** ペレットの性状、特にガス包蔵量と自己保存性に配慮すべきことは明らかである。ただ、現時点では **NGH** の自己保存性のメカニズムについては定説が無いため、ある程度は実験的研究に頼らざるを得ないと考えられる。一方、大規模な装置では、**NGH** ペレットを製造する際の各種パラメータの調整が容易ではないと考えられる。こうしたことを勘案すれば、生成、脱水、ペレタイズ、冷却、減圧といった各工程の各種条件を調整できる小規模な装置を開発することも、一考に値すると考える。  
混合ガスハイドレート（メタンハイドレートではない **NGH**）の自己保存性に関する研究を加速することも必要かもしれない。

## 2. 2 NGH 配送・利用システムの開発

### 1) 成果に関する評価

NGH ペレット輸送ローリー車により実際に輸送し、気化して使用できることを実証した点は大きな成果である。また、天然ガスのサテライト輸送の分配地域モデル実証試験において、コージェネ排熱を利用した点やエネルギー効率まで踏み込んだことはそれなりの意義がある。さらに、NGH ペレットの陸上輸送チェーンの一連について実施できたことは、道路交通法規対応や安全性対応を含めて大きな実績である。研究開発状況について、一般に向けて早くから行った中国電力(株)のPRは大いに評価できる。

しかし、ユーザーによっては、ペレットが半分残った状態で土日の休みに入ることもあり、そういった場合も問題はないのかなど、細かい部分ではまだまだ検証が必要な点が多いように感じた。また、輸送量だけでなく、ガスの利用形態ごとにガス化および輸送装置を最適化することが必要となるのではないか。すなわち、ガスのデリバリー・システムを含めたビジネスモデルによって、新たな開発要素が出てくるかもしれない結果であったと認識している。

#### 〈肯定的意見〉

- NGH 製造装置が所定の高速・定常製造が実現しない段階で NGH 輸送ローリーによるガスのサテライト輸送の分配モデル地域実験を行ったのは、時機尚早の感があった。しかしこの実験を行って得られた機械的またはシステムの問題点、失敗事例、事故など綿密に調査分析し、今後改善する処法とそれにより期待される効果を論ずれば、それなりに意義があったであろう。
- 距離輸送および利用システムの実証に成功した。
- NGH 陸上輸送チェーンの一連について実施できたことは、道路交通法規対応や安全性対応を含めて大きな成果である。
- 研究開発状況について、一般に向けてのPRは大いに評価できる。
- 末端のガス利用機器に影響がないことが確認されたのは、大きな成果。  
かつ、製造プラント以外では、ガス化装置と輸送装置と合体させ、最適化する事が重要なことも明らかに出来たのは成果。
- NGH の輸送・再ガス化とガスエンジン（発電機）を組み合わせた設備を構築する準備ができたと言え、プロジェクトの目的に鑑みて、所期の成果が得られたと考えられる。
- 実際に輸送し、気化して使用できることを実証した点は大きな成果である。  
コージェネ排熱を利用した点も、全体のエネルギー効率を考えれば意義がある。

〈問題点・改善すべき点〉

- 実証試験に供した NGH 量は、「割合少ない」場合のみであり、輸送時の（ローリー車の）振動が NGH の分解におよぼす影響についても、取得データ範囲は限られている。
- 輸送量だけでなく、ガスの利用形態ごとにガス化および輸送装置を最適化することが必要となるのではないかと、すなわちガスのデリバリー・システムを含めたビジネスモデルによって、新たな開発要素が出てくるかもしれない結果であったと認識。
- 需要家によっては、ペレットが半分残った状態で土日の休みに入ることもありうる。そういった場合も問題はないのかなど、細かい部分ではまだまだ検証が必要な点が多いように感じた。



## 2) 実用化の見通しに関する評価

発電との組み合わせにおける再ガス化設備については、実用化の見通しが得られたと考えられる。また、具体的なビジネスモデルが明確な段階で、技術検討すれば良いことが分かったことは大きな成果である。トータルコストが競争力のあるものであれば事業化は可能と考えられる。

しかし、NGH 製造装置が所定の高速・定常製造が実現していない現段階では事業化の見通しが不透明であり、さらに LNG 冷熱利用におけるコスト低減内容の定量的評価を含め、現状の LNG タンクローリー輸送や小型船舶 LNG 輸送との輸送コスト比較を実施して頂きたい。パイプラインとの比較も必要ではないかと考える。

### 〈肯定的意見〉

- 発電との組み合わせにおける再ガス化設備については、実用化の見通しが得られたと考えられる。また、LNG では対応し難い小口のユーザーに天然ガスを供給する方法の見通しが得られたと考えられる。
- トータルコストが競争力のあるものであれば十分事業化は可能と考える。
- 実用化、事業化の見通しは立っている。
- 世界で初めての NGH 配送・利用システムの建造・運転・評価にチャレンジし、NGH の陸上輸送と利用技術を実証できたことは評価できる。
- 具体的なビジネスモデルが明確な段階で、技術検討すれば良いことが明確になったのは、大きな成果と思う。

### 〈問題点・改善すべき点〉

- 国内について言えば、受け入れる側の理解がなければ実際の普及は進まない。受け入れ設備のパッケージ化など、需要家側のハードルを下げるような関連技術開発も望まれる。
- コジェネレーションについては、エンジン排熱の利用のみに限定されている。
- 現段階では実用化、事業化の見通しは極めて不透明である。
- LNG 冷熱利用におけるコスト低減内容の定量的評価を含め、現状の LNG タンクローリー輸送や小型船舶 LNG 輸送との輸送コスト比較を実施して頂きたい。パイプラインとの比較も必要では (JOGMEC と NEDO の連携も活用して)。

### 〈その他の意見〉

- ・実用化の観点からは、この規模であれば、NGH ペレットの再ガス化／利用よりも、製造の方が問題は大きいと考えられる。

### 3) 今後に対する提言

今回は天然ガスのサテライト輸送として NGH の試験的な利用を行ったとの感が拭えないので、連続した利用、観察が課題抽出のためにも今後の継続的研究が必要と考えられる。サテライト供給地域の長期的なガス需要量を賄える NGH 製造速度の装置が確認された段階で、NGH 配送・利用システム開発のモデル地域実験を行なうべきであろう。国内については、ガス需要家の理解がなければ実際の普及は進まない。受け入れ設備のパッケージ化など、需要家側のハードルを下げるような関連技術開発も望まれる。

NGH 輸送時のローリー車振動が、NGH ペレットの安定性(分解)に与える影響について、さらにデータの蓄積が必要であろう。また、ガス化での「ペレット大量落下」に対する対策には、ペレット堆積特性の把握のための基礎データの集積が必要であろう。

理論値の 75 %のガスを含む混合粒径の NGH ペレットは、今回の実験に用いたペレットと流動性も異なると考えられるため、再ガス化については、更に研究が必要かもしれない。本研究で得られた技術的知見が、想定する実用システムに対してどこまで適用可能かを更に検討してはどうか。

将来にペレットの海上輸送が実用化されれば、そのペレットの小口輸送・利用の手段として、本研究で開発した技術が利用できると考えられる。産ガス国から消費国への輸送に関しては、ガス採掘コストやガス価格など、多くの要素がからむ。どこかの時点で上流企業と協力し、事業化調査を行う必要がある。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・長距離輸送および利用システムについて、基準データが得られた。
- ・国内外において、NGH 製造基地と NGH 輸送先(距離)と利用分野・利用形態の組み合わせのパターン(例えば、北海道のように広域で密度の小さい都市の分布の地域)に対する適用性を評価(ケーススタディ)できるデータが得られたことは有意義である。
- ・NGH ペレットの海上輸送が実用化されれば、その NGH ペレットの小口輸送・利用の手段として、本研究で開発した技術が利用できると考えられる。
- ・試験的な利用をしたとの感が拭えないので、連続した利用、観察が課題抽出のためにも必要と思う。
- ・サテライト供給地域の長期的なガス需要量を賄える NGH 製造速度の装置が確認された段階で、NGH 配送・利用システムの開発のモデル地域実験を行なうべきである。
- ・NGH 輸送時の振動が、NGH の安定性(分解)に与える影響について、さらにデータの蓄積が必要であろう。また、ガス化での「ペレット大量落下」に対

する対策には、ペレット焼結・凝結特性の把握のための基礎データの集積が必要であろう。

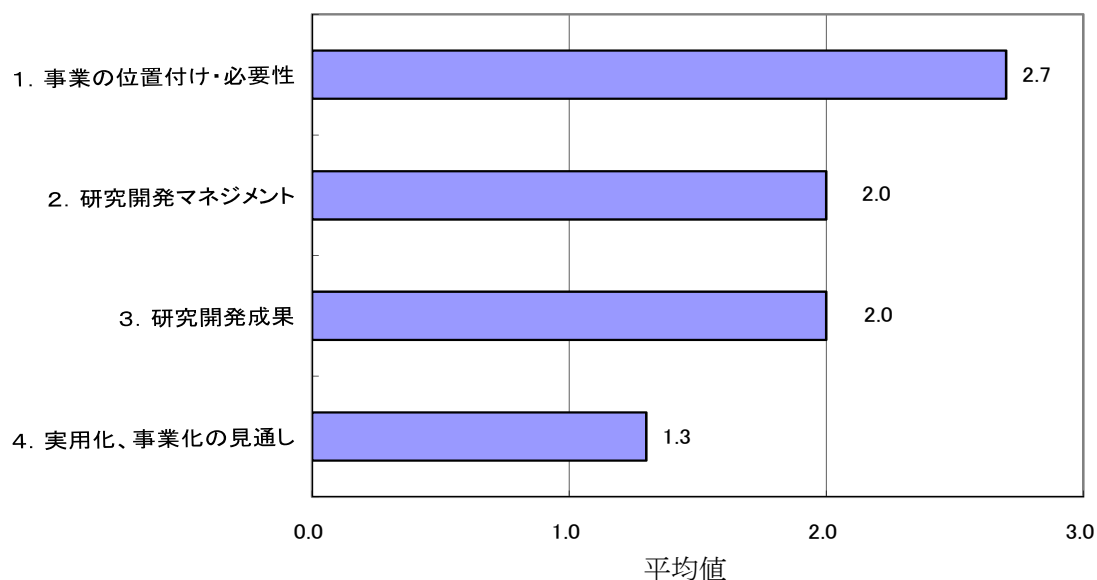
- NGH 製造・出荷設備の一連の設備の運転コストがチェーン全体の成立性を支配することから、各単位操作（製造、脱水、冷却、成型、脱圧）における必要エネルギーを評価するとともに、現状での開発課題の解決策に対して必要エネルギーの改善割合を事前に評価しておくことが重要である。それらを基に NGH 製造コストを定量的に評価すべきである。

〈その他の意見〉

- 理論値の 75 %のガスを含む混合粒径の NGH ペレットは、今回の実験に用いた NGH ペレットと流動性も異なると考えられるため、再ガス化については、さらに研究が必要かもしれない。本研究で得られた技術的知見が、想定する実用システムに対してどこまで適用可能か、さらに検討してはどうかと思う。
- 産ガス国から消費国への輸送に関しては、ガス採掘コストやガス価格など、多くの要素がからむ。どこかの時点で上流企業と協力し、事業化調査を行う必要があるのではないかと思う。

### 3. 評点結果

#### 3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素 点 (注)					
		A	A	A	B	B	A
1. 事業の位置付け・必要性	2.7	A	A	A	B	B	A
2. 研究開発マネジメント	2.0	B	A	B	B	B	C
3. 研究開発成果	2.0	B	A	B	C	B	B
4. 実用化、事業化の見通し	1.3	C	B	C	C	B	C

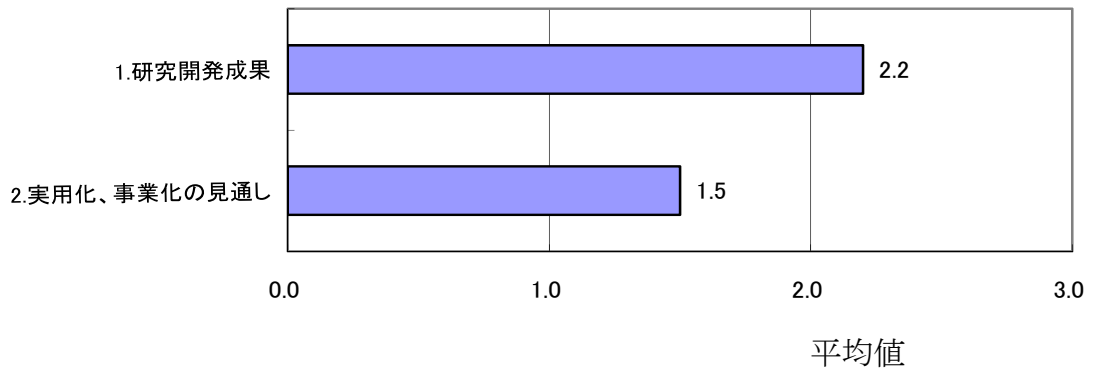
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### 〈判定基準〉

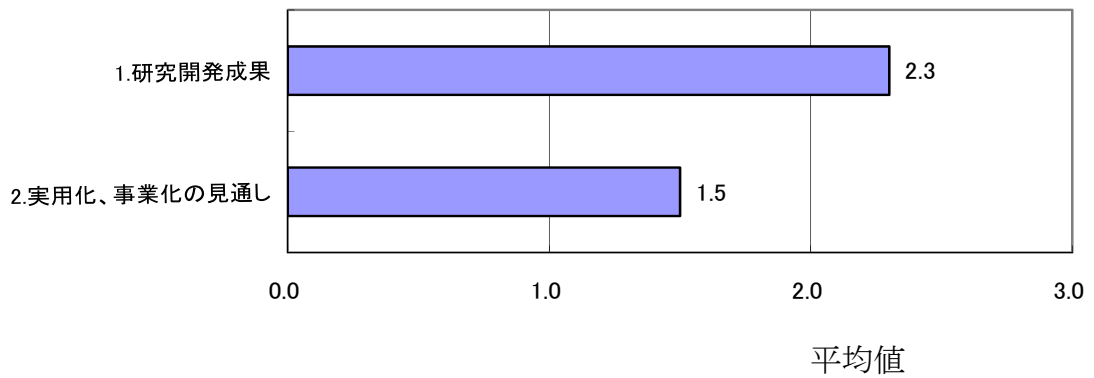
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

### 3. 2 個別テーマ

#### 3. 2. 1 NGH 製造・出荷設備の開発



#### 3. 2. 2 NGH 配送・利用システムの開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点(注)					
3. 2. 1 NGH 製造・出荷設備の開発							
1. 研究開発成果	2.2	A	A	B	C	B	B
2. 実用化、事業化の見通し	1.5	B	B	C	C	B	C
3. 2. 2 NGH 配送・利用システムの開発							
1. 研究開発成果	2.3	B	A	B	B	A	B
2. 実用化、事業化の見通し	1.5	C	B	B	C	B	C

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

2. 実用化、事業化の見通しについて

- A ・明確 →A
- B ・妥当 →B
- C ・概ね妥当であるが、課題あり →C
- D ・見通しが不明 →D

## 第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。



# 「高効率天然ガスハイドレート 製造利用システム技術実証研究」

## 事業原簿【公開】

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー対策推進部 (旧省エネルギー技術開発部)
-----	---

## —目次—

### 概要 プロジェクト用語集

I. 事業の位置付け・必要性について	
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	I-1
1.1 NEDOが関与することの意義	I-1
1.2 実施の効果(費用対効果)	I-1
2. 事業の背景・目的・位置づけ	I-2
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標	II-1
2. 事業の計画内容	II-1
2.1 研究開発の内容	II-1
2.2 研究開発の実施体制	II-2
2.3 研究の運営管理	II-4
3. 情勢変化への対応	II-4
4. 中間評価結果への対応	II-4
5. 評価に関する事項	II-7
III. 研究開発成果について	
1. 事業全体の成果	III-1
1.1 開発成果概要	III-1
1.2 開発成果	III-2
2. 研究開発項目毎の成果	III-7
2.1 NGH 製造・出荷設備の開発	III-7
2.2 NGH 配送・利用システムの開発	III-54
2.3 適用法規・規則	III-83
2.4 NGH 分解冷熱・分解水利用システムの構築	III-87
IV. 実用化、事業化の見通しについて	
1. 成果の実用化可能性	IV-1
1.1 実用化の見通し及び課題	IV-1
1.2 産業技術としての適用可能性	IV-2
1.3 技術的及び社会的波及効果	IV-3

2. 事業化までのシナリオ	IV-6
2.1 今後の技術開発スケジュール	IV-6
2.2 事業化方針	IV-7
2.3 継続研究	IV-8

(添付資料)

・イノベーションプログラム基本計画	添付資料- 1
・プロジェクト基本計画	添付資料-16
・技術戦略マップ(分野別技術ロードマップ)	添付資料-20
・事前評価関連資料(事前評価書、パブリックコメント募集の結果)	添付資料-22
・特許論文リスト	添付資料-27

概要

最終更新日 平成22年7月5日

プログラム（又は施策）名	エネルギーイノベーションプログラム 燃料技術開発プログラム					
プロジェクト名	高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究	プロジェクト番号	P06045			
担当推進部/担当者	省エネルギー技術開発部/ 主研 秋山信一（平成22年7月5日現在） 主査 山野拓美（平成22年7月5日現在） 主研 岡崎志朗（平成18年5月11日～平成19年9月30日） 主査 志保治和（平成18年5月11日～平成20年3月31日）					
0. 事業の概要	天然ガスパイプラインが整備されていない地域を対象に以下の開発を行う。 ①多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発 ②未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発 ③高圧下で製造したNGHの連続冷却・脱圧技術開発 ④NGH配送・利用システムの開発					
I. 事業の位置付け・必要性について	エネルギー基本計画に「天然ガスシフトの加速を推進」が謳われている。 ガスハイドレート化技術を利用した天然ガス供給システムを確立し地方都市の中小規模需要者や簡易ガス事業者に対する新たな天然ガス供給手段を提供することが必要。					
II. 研究開発マネジメントについて						
事業の目標						
事業の計画内容	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	
	NGH製造システム					
	配送システム					
	利用システム					
開発予算 （会計・勘定別に事業費の実績額を記載） （単位：百万円）	総合評価					
	会計・勘定	H18	H19 予	H20 予		総額
	一般会計					
	特別会計 （電多・高度化・石油の別）	141	570	271	0	982
	総予算額	141	570	271	0	982
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁ガス市場整備課				
	プロジェクトリーダー	三井造船(株) 天然ガスハイドレートプロジェクト室 室長 内田 和男氏				
	委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載）	中国電力株式会社 三井造船株式会社				
情勢変化への対応	ラボ実験の結果、脱水塔のコンパクト化（現状の1/4）、建設コスト減（10～15%減）及び製造動力の削減（20%）が可能であることから、キーとなる脱水技術について、①差圧に基づく脱水技術②ペレタイザーの脱水機能強化を検証するための、試験研究を追加し、実用化の加速を行う。 事業進捗の遅延の為、実施期間を3年間から4年間に変更					

III. 研究開発成果について	<p>全体成果：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) LNG 未利用冷熱を活用した 5 トン/日級 NGH 製造設備を開発・連続運転を実施し、NGH スラリー生成・NGH ペレット成型等が 5 トン日相当以上の能力を有することを確認した。</li> <li>2) 既述設備の連続運転により、メタンの他、エタン・プロパン等を含んだ多成分混合ガスである天然ガス（LNG を気化して得られるガス）を原料として、原料ガスとほぼ同一の成分比率となる NGH が連続的に生成されることを確認した。</li> <li>3) 既述設備の連続運転により、LNG 冷熱を中間冷媒（プロパン）及びブライン（エチレングリコール水溶液）により回収し、NGH 生成及び NGH ペレット例旧悪に有効活用されることを確認した。</li> <li>4) 既述設備の長期連続運転（維持運転含む）として、NGH スラリー生成については、100 時間程度、NGH ペレット成型については、80 時間程度、また累計時間としては、スラリー生成 350 時間程度、ペレット成型 200 時間程度の運転を行い、設備安定性を確認した。</li> </ol> <p>個別テーマ毎の成果：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 多成分系混合ガスハイドレート製造技術開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ NGH 製造出荷設備を開発し、試運転・実証運転を実施した。</li> <li>・ 脱水塔の加圧脱水方式で重力式に比べ 4 倍の脱水速度を確認した。</li> <li>・ ペレタイザの搾水排水機能を向上させ、ガス包蔵率が高い安定的なペレットの連続成型を確認した。</li> </ul> </li> <li>2) 未利用冷熱利用による NGH 生成熱除去技術開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ LNG 未利用冷熱を中間冷媒及びブラインで回収し、NGH 製造設備における有効利用を確認した。</li> </ul> </li> <li>3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧技術開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ マテリアルシートによる連続脱圧試験装置により、弁切替によるバッチ方式に比べ脱圧時の高圧ガスの低圧側への同伴量を 1/2 以下にできることを確認した。</li> </ul> </li> <li>4) NGH 配送・利用システムの開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ NGH ペレット用ローリー（5 トン及び 7.5 トン積み）及び 200kg/基の縦型容器を開発、製作した。</li> <li>・ NGH ペレットを既述設備から約 100km の需要家サイトへ配送し、輸送時の安定性・N を確認した。</li> <li>・ 需要ガス量に応じて再ガス化量を制御する自動ガス供給ユニットを開発した。また、ガス化設備の設置にあたり、適用法規等の調査並びに関係官庁との調整を実施した。</li> <li>・ NGH の分解水及び分解水の持つ冷熱の利用方法について検討し、各利用システムの構築を行った。</li> </ul> </li> </ol>	
	投稿論文	「査読付き」4 件、「その他」3 件
	特許	「出願済」21 件、「登録」8 件、「実施」6 件（うち国際出願 3 件）
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p>本実証研究により、世界で初めて自己保存状態のハイドレートペレットによる天然ガス輸送を実証し、産業規模での NGH による新たな天然ガス輸送事業の可能性が見出された。これにより、国内のパイプライン未整備地域への NGH を利用した天然ガス輸送事業への道が開かれたといえる。</p> <p>また、NGH は一般家庭用の都市ガスとしてのみならず、産業用燃料としても利用が可能である。現在重油等を利用している中小規模の需要家においても、NGH による天然ガスへの燃料シフトが可能で、地域の天然ガス普及を促進するものと期待される。</p> <p>さらに、NGH 技術は CO<sub>2</sub> 分離・貯蔵・輸送技術への適用、資源メタンハイドレート開発技術への適用等、幅広い産業技術としての適用も想定される。</p> <p>一方、NGH による天然ガス輸送を事業化するためには、投資経済性等を考慮すると数 100 トン～数 1,000 トン/日クラスの事業規模とする必要がある。このため、本実証研究（5 トン/日）と実用規模との中間に当たる 100 トン/日クラスのパイロットプロジェクトを実施し、商業的運用が可能であることを最終確認することが計画されている。</p>	
V. 評価に関する事項	事前評価	平成 17 年度実施 担当：総合科学技術会議 B ランク
	中間評価以降	平成 19 年度実施 自主中間評価 A ランク 平成 22 年度 事後評価実施予定
	作成時期	平成 18 年 3 月 制定

VI. 基本計画に関する事項	変更履歴	平成18年10月 改訂 ・委託先及びプロジェクトリーダー名を明記 ・開発内容を追記：脱水塔のコンパクト化、ペレタイザーの脱水機能高度化
		平成20年3月 改訂 ・イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂
		平成21年3月 改訂 ・事業進捗の遅延の為、実施期間を3年間から4年間に変更

## プロジェクト用語集

### 1. プロジェクト用語

#### 圧搾成型

脱水操作後の NGH は粉体状であるが、目標とする NGH 率に比して過剰の水が含まれている。この状態からさらに脱水するためには大きな力を必要とする。粉体状の NGH からの水分除去と成型を同時に行う操作をいう。

#### 圧密層

NGH 粉体上に荷重をかけ、粒子間隙にある水又はガスを排出した状態の層をいう。荷重により粒子間隙の容積は変化する。

#### 付臭強度

ガス事業法に基づいてガス供給を行う場合は、供給ガスを所定の臭気濃度にする必要がある。NGH 発生ガスは元来無臭なので、付臭操作によってガスがどの程度の臭気強度（濃度）であるかを評価する際に用いた値である。

#### ガス包蔵率

ペレットに含まれるガス量を、理論上ペレットに包蔵可能な量に対する割合で示したもの。NGH 率と同じになる。

#### ガス化

NGH を融解して、包蔵するガスを固体である NGH 中から気相へ出す操作をいう。

#### ハイベント

圧力の高い排気を放出管へ送る操作、または放出管へ送られるガスをいう。

#### 過冷却度

温度、圧力によって定まる NGH 生成平衡温度に比べて、どの程度低い温度であるかを示す。NGH 生成平衡温度より低い温度において NGH が生成する。

#### マテリアルシール

スラリー等の移動物を利用して、その前後に圧力差をつける方法。本プロジェクトの KP 装置ではホッパー部の NGH 粉体をスクリーで移動させることで成型部に常に圧力を掛け続けることをいう。連続脱圧装置では、粒子濃度の高い圧密層を連続的に形成することにより、圧密層を気体が通過するための圧力差が大きくなることでガスシールを行う。

#### 燃費

ペレットを製造設備（柳井）から需要家（東広島、海田）へ輸送する際のローリー車あるいはユニック車の燃費

#### オドロメータ法（官能法）

ガスの臭いの強さを人の嗅覚によって判定する方法である。4名以上のパネルで実施し、付臭ガスを徐々に希釈し、各パネルが臭いを感じなくなる希釈倍率を評価してその平均を臭気強度とする方法である。

#### ペレット

NGH の貯蔵安定性、搬送性を向上させるため NGH 粉末をロール成型によりペレット化(22×18×13mm)したもの。

#### パイロットプロジェクト

現在、三井造船(株)及び NGH ジャパン(株)で計画中の商用プラント（陸上輸送：500 トン/日級、

海上輸送：6,000 トン/日級) への最後の技術開発フェーズにあたるプロジェクトで、本プロジェクトの成果を活かすと共に主要な機器を高速・コンパクト化して、100 トン/日級の規模の実証プロジェクトを計画している。

#### 粒子間相互作用力

粉体の付着力、凝集力をいう。

#### シムプレート

金属製の薄板で、固定する固体間に挟むことで、所定の隙間を確保するスペーサである。

#### スラリー

細かい固体粒子が液体に分散している状態の混合物をいい、本プロジェクトでは NGH 粒子と水との混合物を指す。

#### チークプレート

NGH ペレットを成型するロールの軸方向の端面にある金属製の板で、供給されるパウダーを両側から押さえる役割がある。

#### トグルスイッチ

スライドスイッチの一種、操作者が手を離しても、その位置を保持する。

#### ウォツベ指数

ガスの単位体積あたりの発熱量をガスの比重の平方根で除したものであり、ガスの熱量およびガス器具での燃焼性を表す指標となる。

#### 輸送チェーン

天然ガスを NGH ペレット化した後、陸上もしくは海上輸送し、それらを貯蔵・ガス化する一連のサプライチェーンの意。バリューチェーンということもある。

#### ガスバッファ

ガス発生量とガス消費量の差を和らげるために、タンク内でガスを保有することである。

#### Daily Start and Stop

設備を毎日、起動・停止する設備の運用形式である。需要がある昼間は設備を運転し、需要がない、もしくは少ない夜間は停止する運用となる。

#### LNG未利用冷熱

LNG を気体の天然ガス (NG) に戻す際に発生する冷熱は貴重なエネルギーであり、これを有効に利用することが望まれている。本プロジェクトではこの未利用冷熱を利用して、NGH 生成やペレット冷却を行う。

#### NGH率

水と NGH の合計重量に占める NGH の重量割合を示す。NGH 率 75%の場合、含まれる天然ガス重量割合は 10.7wt%となる。

#### NGHベッド

脱水塔の中を移動する NGH 層。脱水塔の下端では NGH 率 10%のスラリーで、上昇中に水分がろ過されて、上端では NGH 率 40%となる。

#### NGH生成平衡温度

ある圧力において、原料であるガスと水 (または氷) および NGH の三相が共存できる上限の温度。NGH 三相平衡温度ともいう。



## 2. 略語

### BOG (Boil Off Gas)

LNG が外気からの入熱などによって液体からガスとなった天然ガス。発電所に戻される。

### BR (Brine)

凍結防止剤であるエチレングリコール水溶液による冷熱循環系。REF 系と設備機器間をポンプ循環して利用しており、 $-30^{\circ}\text{C}$ と $0^{\circ}\text{C}$ の2系統ある。

### CNG (Compressed Natural Gas)

圧縮天然ガス

### ITV (Industrial TeleVision)

工業用カメラ。機器内部の監視用カメラとして使用する。

### LNG (Liquefied Natural Gas)

液化天然ガス

### NGH (Natural Gas Hydrate)

天然ガスハイドレート。水分子と天然ガス分子が一定の温度、圧力条件下で結合した固体状の包接水和物。本プロジェクトでは水和数 6.19 を用いており、この場合の NGH 中の天然ガスの割合は 14.3wt%となる。

### NGH-FPSO

NGH-Floating, Production, Storage & Offloading system (浮体式洋上生産貯蔵積出設備) の略語で、海上のガス井戸元で NGH を洋上製造し、貯蔵したのち、シャトル船へと払い出す設備のこと。三井造船(株)及び NGH ジャパン(株)が将来の商業プロジェクトとして検討を進めている。

### NG (Natural Gas)

天然ガス

### REF(Refrigerant)

プロパンによる冷熱循環系。LNG 冷熱を BR 系にシフトするためにポンプ循環して利用しており、 $-35^{\circ}\text{C}$ と $-15^{\circ}\text{C}$ の2系統ある。

# I. 事業の位置付け・必要性について

## 1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

### 1.1 NEDO が関与することの意義

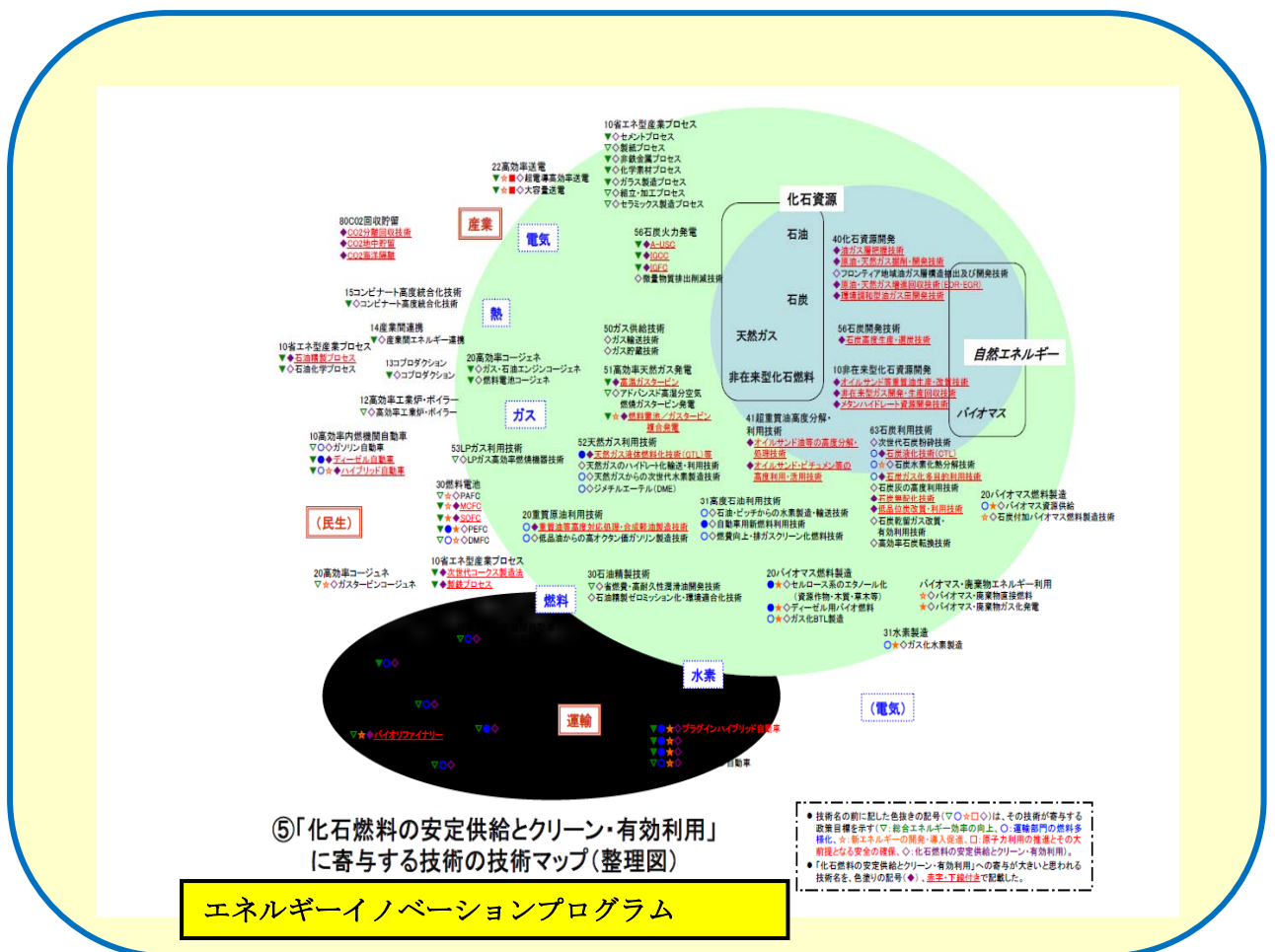
エネルギー基本計画に天然ガスシフトの加速を推進することが謳われており、総合資源エネルギー調査会「2030年のエネルギー需給展望」では、一次エネルギー供給量に占める天然ガスの割合を約14%（2000年）から16%と想定している。

また、図I. 1に示すエネルギーイノベーションプログラムにおいても、天然ガスを環境適合性、調達源の多様性の観点から積極的に導入すべきエネルギーとされている。

本実証研究は、天然ガスハイドレート（以下、NGHと言う）を利用して、天然ガス供給手段の無い地方都市への天然ガス供給を可能とするためのもので、エネルギー基本計画、エネルギーイノベーションプログラムで謳う天然ガスシフトの加速化という国家施策の推進に大きな意味を持っている。

一方、図I. 2にも示すとおり、NGH製造利用技術の実証は国内外を含め初のものであり、実機の百分の一スケールの実証試験であるが、総額15億円と巨額の費用を要する。更に大規模の実証研究や実機建設（図I. 3参照）には数百億円規模の投資が必要なため、未形成市場に対する投資額としてはリスクが大きい。

これらより、本実証研究はNEDOとして関与すべき技術開発である。



図I-1 エネルギーイノベーションプログラム



図 I - 2 NGHに関する国内外の研究開発状況

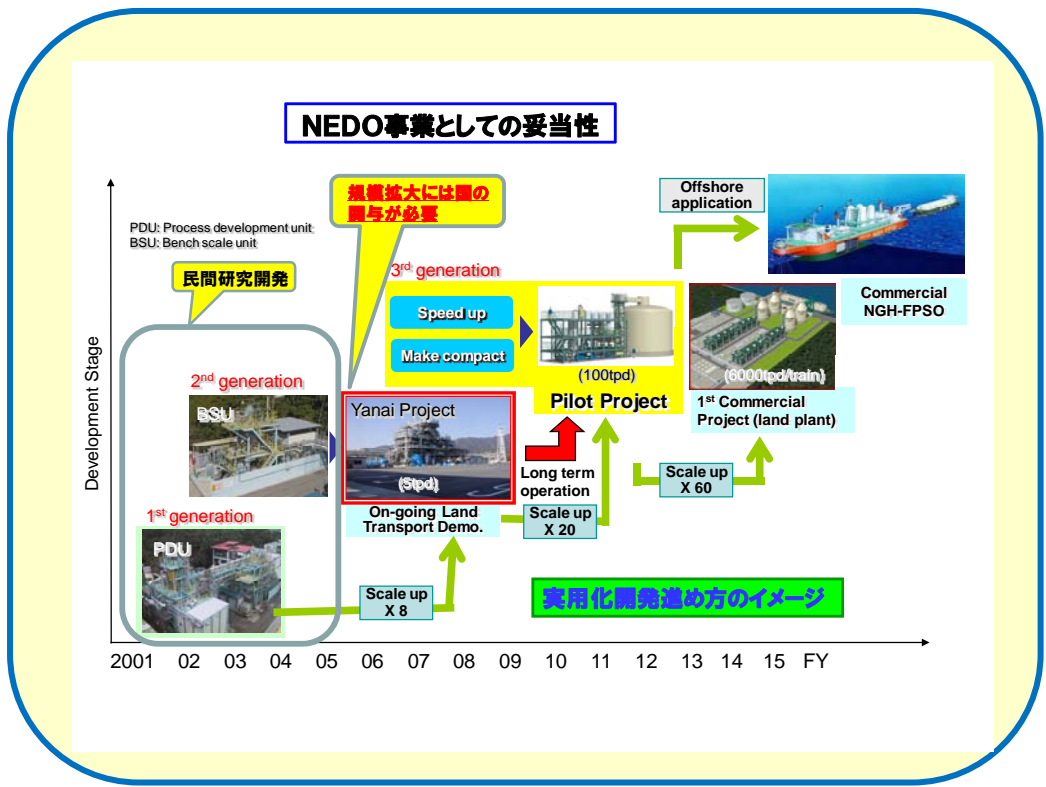


図 I . 3 NGH実用化開発・事業化の進め方のイメージ

## 1.2 実施の効果(費用対効果)

広域供給パイプラインの形成を促進することにより、我が国における天然ガスの面的利用が広がるとともに天然ガス市場の活性化に資するものである。

また、国内外を問わず、パイプライン等のインフラ整備が期待できない地域においても、環境規制を背景に需要家の天然ガスニーズは高まる一方の状況において、産業分野における中小規模需要家や簡易ガス事業への供給が可能となり得るNGH供給システム実証試験によってこれら需要家ニーズに対応するための供給体制の整備が促進される。



図 I. 4 グローバルなNGH事業普及構想

## 2. 事業の背景・目的・位置づけ

### 【背景】

エネルギー基本計画に《天然ガスシフトの加速を推進》が謳われており、総合資源エネルギー調査会「2030年のエネルギー需給展望」では、一次エネルギー供給量に占める天然ガスの割合を約14%(2000年)から16%と想定。

天然ガスパイプラインは大都市などの需要地を中心とした放射状に伸びており、広域パイプラインは連結されていない。そのため、地方都市の中小規模需要や簡易ガス事業者に対する供給手段は現在確立されていない。

### 【目的】

ガスハイドレート化技術を利用した天然ガス供給システムを確立し地方都市の中小規模需要者や簡易ガス事業者に対する新たな天然ガス供給手段を提供することを目的とする。

天然ガス輸送手段の多様性

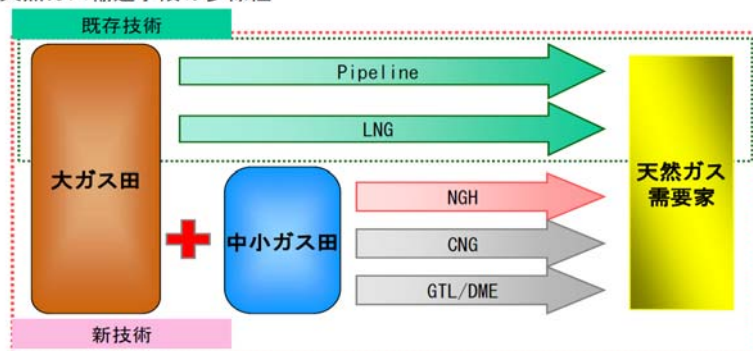
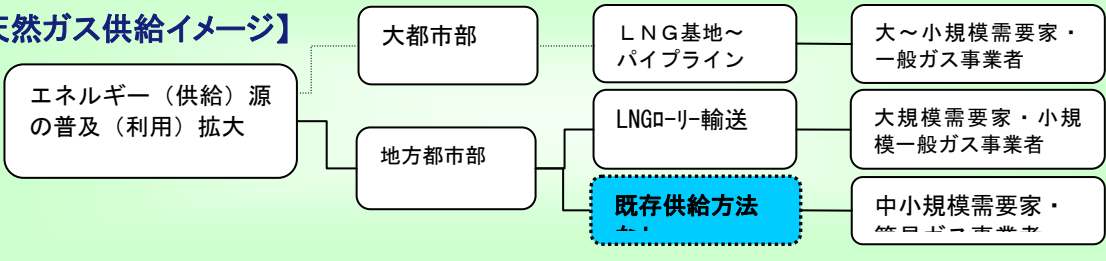


図 I. 5 天然ガス供給手段

【天然ガス供給イメージ】



	NGH	LNG
輸送貯蔵形態	固体	液体
製造温度	0～10℃	-162℃
貯蔵輸送温度	-20℃	-162℃
1m <sup>3</sup> 中成分	天然ガス:170Nm <sup>3</sup> 水:0.8Nm <sup>3</sup>	天然ガス600m <sup>3</sup>

図 I. 6 NGHによる天然ガス供給のイメージ

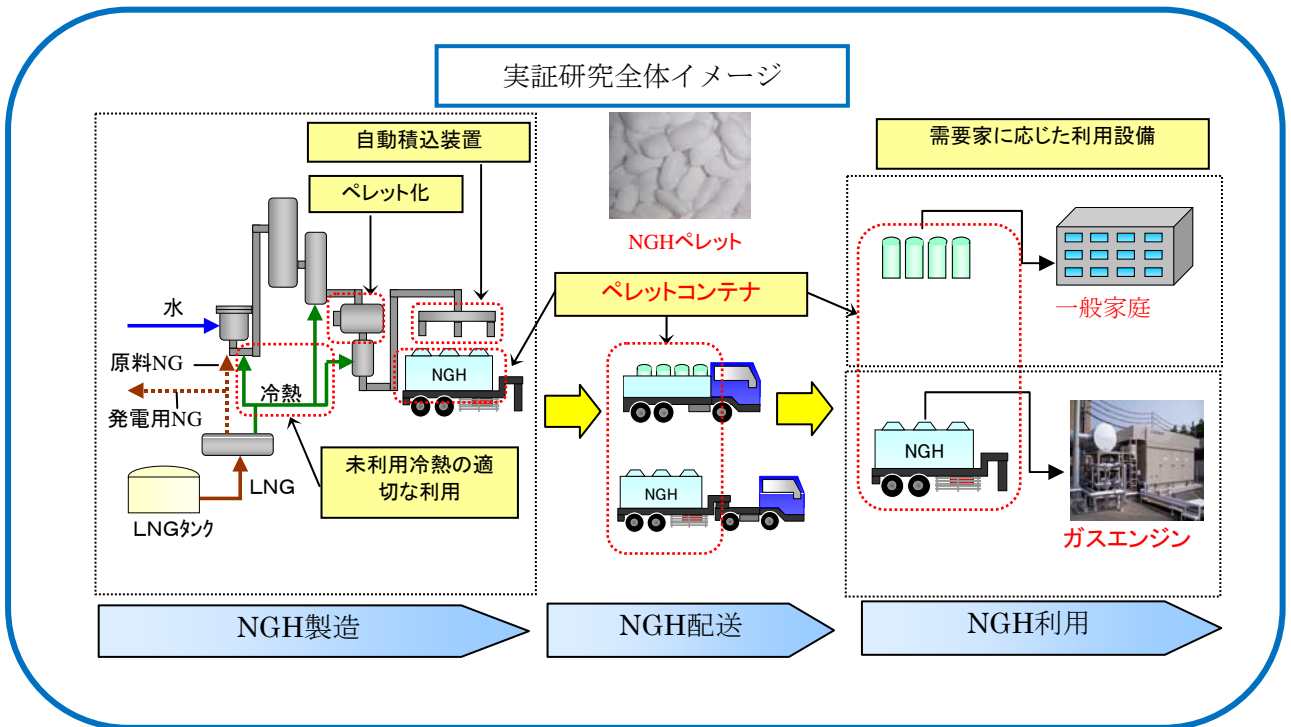


図 I. 7 実証研究全体のイメージ

## II. 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

- ・ LNG 基地において LNG を原料とした、製造エネルギー原単位の少ない NGH 製造プラントの開発
- ・ 輸送距離 100km 程度の NGH 陸上輸送に供する低コストな NGH 輸送・貯蔵システムの開発
- ・ 中小需要家における NGH による安定ガス供給および冷熱供給システムの開発

### 2. 事業の計画内容

#### 2.1 研究開発の内容

##### ①多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

単一成分（メタン）のガスハイドレート製造については、既に実験室レベルで成功しているが、本開発ではメタンのほか、エタン・プロパン等を含んだ多成分混合ガスである天然ガスを用いて、ガスとほぼ同一成分比率となるハイドレートを連続的・長期に製造する装置を開発する。

また、脱水塔のコンパクト化を目的として差圧等の脱水駆動力を付加した新しい脱水塔を開発するとともに、ペレタイザーの脱水機能の高度化を目的として、ペレタイザーへの高含水率 NGH 供給装置を開発する。

##### ②未利用冷熱利用による NGH 生成熱除去技術開発

LNG 未利用冷熱を利用して連続生成するため、LNG 冷熱により凝縮・過冷却する中間冷媒を用いた NGH 製造冷熱源供給システムを開発する。

##### ③高圧下で製造した NGH の連続冷却・脱圧技術開発

高圧で生成した NGH を大気圧下に取り出す際、従来は切替弁によるバッチシステムが用いられているが、高速処理を要求される実用プラントには適さず、このため、本開発では固気混相流を連続脱圧するシステムを開発する。

##### ④ NGH 配送・利用システムの開発

陸上輸送及び需要地での一次貯蔵が可能な車載型 NGH 輸送・貯蔵・再ガス化容器を開発する。

また、NGH 製造能力相当の産業用コージェネレーション及び数十戸程度の一般家庭への天然ガス供給を前提に、負荷応答性の優れた NGH 再ガス化制御システムを開発する。

#### 実証研究全体スケジュール

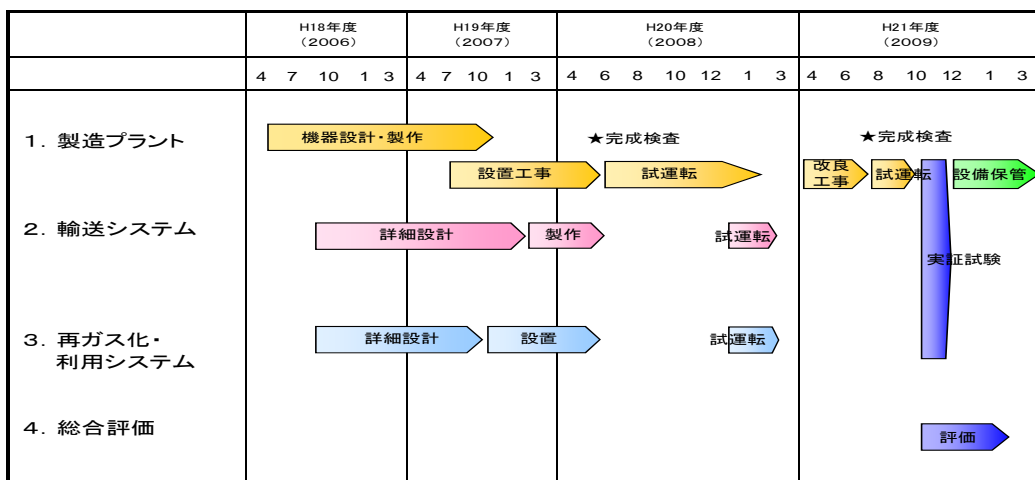


図 I. 8 実証研究全体スケジュール

## 2.2 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO 技術開発機構」という。）が、中国電力株式会社と三井造船株式会社の両者と共同研究契約を結んで、委託（NEDO 技術開発機構 負担分 2/3：共同研究）により実施する。

共同研究開発等に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により、効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体には NEDO 技術開発機構が三井造船株式会社 天然ガスハイドレートプロジェクト室 主管 内田 和男氏を研究開発責任者（以下「プロジェクトリーダー」という。）に指名し、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」実施体制（案）  
 ・実施期間：4年（平成18～21年度）

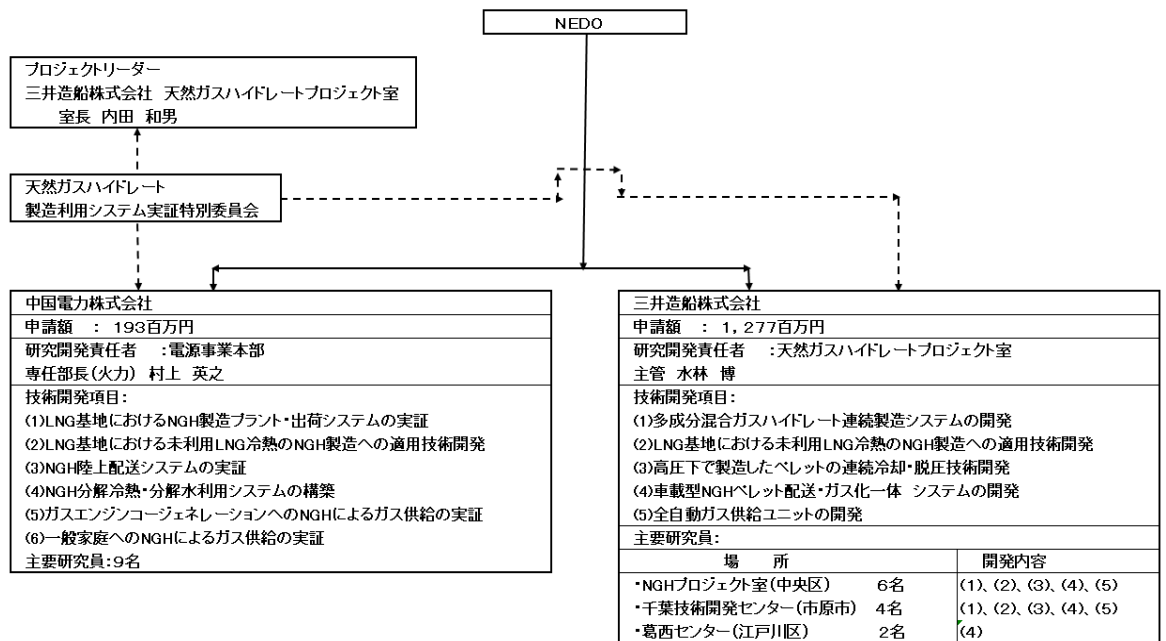


図 I. 9 実証研究実施体制

## 2.3 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO 技術開発機構は、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、委託先に設置する特別委員会において、外部有識者の意見を反映させる他、四半期に一回程度、プロジェクトリーダーから本研究開発の進捗について報告を受け、運営管理に反映させるものとする。

事業 2 年目終了時に特別委員会による中間評価を実施し、A ランク評価（総合評価 三井造船：2.6、中国電力：2.6）を得て、3 年目への継続が承認された。

表 I. 1 NGH 製造利用システム技術実証研究特別委員会委員構成

氏名	所属・役職		
森康彦	委員長	慶應義塾大学	理工学部機械工学科 教授
大村亮	同		理工学部機械工学科 専任講師
内田努		北海道大学	大学院工学研究科応用物理学専攻凝縮物理学講座生物物理工学研究室 助教授
奥井智治		東京ガス（株）	原料部原料企画グループ 課長
小野崎正樹		（財）エネルギー総合工学研究所	プロジェクト試験研究部

## 3. 情勢変化への対応

### 3.1 加速・差圧による新脱水塔開発及びペレタイザーの脱水機能の高度化

実証研究装置の仕様決定のための調査・ラボ実験の結果、①重力式脱水装置に差圧を加えることにより装置のコンパクト化が可能であり、②ペレタイザーに脱水機能を付加することにより NGH の二次生成器を省略可能と判った。

試設計によると、脱水塔のコンパクト化（現状の 1/4）、建設コスト減（10～15%減）及び製造動力の削減（20%）が可能であることから、キーとなる脱水技術について、①差圧に基づく脱水技術②ペレタイザーの脱水機能強化を検証するための、試験研究を追加し、実用化の加速を行う。

NGH 製造時の脱水・成型に関する技術分野においては、世界的に見ても有力な技術が確立されておらず、本技術開発により、国際的な優位性の確立が期待される。

- ・ NGH 製造設備実用化時に、機器数の低減および脱水塔のコンパクト化（現状の 1/4 程度）により、省スペース化および 10～15%の建設コスト低減が可能。
- ・ プロセスのシンプル化により、循環ガスブロワなどの機械駆動動力を削減し、20%程度の省エネルギーが可能。

### 3.2 事業進捗の遅延の為、実施期間を 3 年間から 4 年間に変更

本実証研究については、当初、平成 18 年度から平成 20 年度の 3 ヶ年（1 年目設計、2 年目建設、3 年目試運転・実証）で計画し、平成 19 年度までの 2 年間は、順調に推移した。最終年度である平成 20 年度に、柳井発電所内に建設した LNG 冷熱利用 NGH 製造プラントの高圧ガス完成検査並びに試運転の各工程で各種不具合が発生し、その都度、工程を調整し諸対応を取って来たが、平成 21 年 1 月に、戻りガスライン不具合および LNG ポンプ不具合が発生し、計画年度内の実証の実施が困難な状態となった。戻りガスライン不具合は、設計に起因しており、再設計および改造工事が必要となったため、下記事項も考慮し研究期間を平成 21 年度まで 1 ヶ年延長した。

プロジェクトの遅延は、プロジェクト実施中における実証設備建設における遅延であり、不可抗力或いは他の責に帰する遅延ではないが、プロジェクト実施の意義（成果の確認実施）を確保する観点から、是非とも実証試験を実施し、技術開発の実証をする必要がある。なお、実証試験設備建設の遅延を除いた個々の技術開発試験結果はほぼ満足の行く結果が得られておることから、実証試験設備の建設を完了させ、実証実験を実施すれば開発目標は達成する可能性が高いと考えられる。



#### 4. 中間評価(自主中間評価)結果への対応

平成20年2月8日に開催した第5回特別委員（2年目終了時）において、本事業を3年度以降も進めることの可否評価も含め自主中間検査を実施した。

本中間評価の評価は、「概ね現行通り実施して良い」との評価であり、3年度以降も当初計画通りに事業を進めることとした。なお、「成果達成後には、活発な成果発表・特許出願を期待する。」とのコメントもあり、3年目以降成果発表・特許出願を積極的に進めることとした。

##### 三井造船株式会社

委員	評価	コメント
委員A	B	前例の無い技術開発に果敢に取り組み、着実に計画を前進させておられることを評価したい。実用化見通しについてBの評価を付けたが、そもそも実用化見通しがAになるような技術開発なら自社費用でやるべきではないか。実用化についてはなお“適度な”リスクがあるということが、B評価の意味とお考えいただきたい。（三井造船、中国電力共通）
委員B	B	プラント設計、製造に関連して同社のこれまでの蓄積された技術存分に導入されていると評価できる。並行して行っている要素技術開発は、今後同社の技術の蓄積に留まらず、ハイドレート利用技術全般に寄与する重要な知見となると思われるので、世界的に評価に耐えうる成果発表の形にまとめていただきたい。そして世界初のハイドレート地上輸送の実証研究を進めて、多くの成果を上げていただきたい。
委員C	A	実験室レベルでの研究開発からは想定されなかった技術的課題も多くあり、この点からもこの実証研究を実施した意義は十分にあると言える。また、技術的な難易度の高い課題を着実に解決する取り組みがなされている。一方、上でも述べたように、研究開発成果の公表については今後強化する必要がある。実証研究であるから、実践的な成果に重きが置かれるのは当然であるが、本研究は世界のハイドレート利用技術をリードするプロジェクトであり、世界における我が国の優位性を確固たるものにするためにも、学術的にも世界をリードする成果を発信していただきたい。（三井造船、中国電力共通）
委員D	A	産業利用が期待される NGHの国内ローリー輸送および需要家での直接利用について、独自の豊富な実績に基づき効率的な実証試験を計画し、順調に準備している。準備段階としては極めて適切な進捗である。今後の運転試験結果に大きい期待がかかる。
委員E	A	パイロットプラントを設計・建設するには困難な情勢の中で、地に付いた技術開発を進めていることを高く評価する。

自主中間評価の委員コメントを下表に示す。

中国電力株式会社

委員	評価	コメント
委員A	B	前例の無い技術開発に果敢に取り組み、着実に計画を前進させておられることを評価したい。実用化見通しについてBの評価を付けたが、そもそも実用化見通しがAになるような技術開発なら自社費用でやるべきではないか。実用化についてはなお“適度な”リスクがあるということが、B評価の意味とお考えいただきたい。（三井造船、中国電力共通）
委員B	B	実証研究の実施企業として、これまでハイドレート研究に関する蓄積があまり無かったにもかかわらず、非常にアクティブな研究開発姿勢であることが評価できる。研究推進の企業としてだけでなく、一ユーザーとしてのスタンスを忘れずにプロジェクトへのフィードバックを期待したい。次年度の実証試験では、事業者としてだけでなくユーザーとのインターフェースとして柔軟で迅速な対応、および必要十分な研究の推進を期待したい。
委員C	A	実験室レベルでの研究開発からは想定されなかった技術的課題も多くあり、この点からもこの実証研究を実施した意義は十分にあると言える。また、技術的な難易度の高い課題を着実に解決する取り組みがなされている。一方、上でも述べたように、研究開発成果の公表については今後強化する必要がある。実証研究であるから、実践的な成果に重きが置かれるのは当然であるが、本研究は世界のハイドレート利用技術をリードするプロジェクトであり、世界における我が国の優位性を確固たるものにするためにも、学術的にも世界をリードする成果を発信していただきたい。（三井造船、中国電力共通）
委員D	A	天然ガスの新しい輸送・貯蔵媒体を、自らが関与するガス需要家において直接利用する試験をはじめて実施するにあたり、業務知識と経験にもとづき必要となる環境整備（安全面を主とする技術、法令対応の提案、実施）を行い、適切・順調に準備している。
委員E	A	これからのパイロットプラント試験に向けて万全の準備を進めており、今後の運転研究を安全に遂行されることを期待している。

## 5. 評価に関する事項

### 5.1 事前評価

- ①評価の実施時期：平成17年10月
- ②評価手法：次年度新規事業の事前評価
- ③評価結果：評価結果（事前評価書）を下表に示す。

### 事前評価書

		作成日	平成17年10月7日
1. 事業名称 (コード番号)	高効率天然ガスハイドレート輸送・利用システム技術実証研究		
2. 推進部署名	省エネルギー技術開発部		
3. 事業概要	<p>(1) 概要：パイプラインやローリー車による天然ガスの供給が困難な地域において、中小規模需要家や簡易ガス事業用向けの天然ガス利用形態として技術開発が進んでいるNGH(天然ガスハイドレード)を利用した高効率な供給システムの開発を行う。具体的には、NGH・輸送及び再ガス化設備に関する技術開発を行い、設備の性能・安定的運転の確認、安全性の確認、運転管理面でのノウハウの蓄積、供給システムの標準化・性能点検等を通じて、実効的な新供給システムを確立する。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費15億円(内 国費分10億円;2/3補助) 平成18年度予算 270百万円</p> <p>(3) 事業期間：平成18年度～20年度(3年間)</p>		
4. 評価の検討状況			
(1) 事業の位置付け・必要性			
<p>天然ガスについては、エネルギー基本計画、京都議定書目標達成計画において環境適合性、調達源の多様性から積極的に導入すべきエネルギーとして位置付けられ「天然ガスシフトの加速化を推進する」ことが明示された。具体的には、天然ガス供給インフラ構築のための環境整備を総合的に推進するとしている。</p> <p>京都議定書目標達成のためには、分散型電源の普及、工業用燃料転換の推進等のための基盤整備に早急に着手することが必要であることから、パイプラインの敷設等が直ちに期待できない地域において、天然ガスを供給する有効な手段となり得るNGH供給システムの実証試験に対する支援を積極的に行うことは、パイプライン供給とNGH等のサテライト供給を有機的に組み合わせた形で天然ガス需要開拓を行うことが可能となり、天然ガスシフトに対応した迅速なインフラ整備の上で極めて有効である。</p>			
(2) 研究開発目標の妥当性			
<p>NGHを用いて天然ガスの小規模輸送を行うアイデアは既に提案されているが、いまだに、実際に輸送を行った事例はない。</p> <p>本実証試験では、簡易ガス事業やコージェネレーションシステム等現在重油やLPGを使用している小規模需要家(天然ガス 50m<sup>3</sup>/h 相当以下)に対し、実際に天然ガス供給を実施するもので、製造、輸送及び再ガス化設備を設計・建設・運転する事により、NGH輸送システムの有用性を実証することは、天然ガスの普及促進の上で、妥当なものである。</p>			

<p>(3) 研究開発マネジメント</p> <p>①国の天然ガス導入促進の施策として、企業負担1/3の共同研究として運営する。</p> <p>②本事業は、装置メーカーと製造・輸送・再ガス化装置の運営事業者が関係を取りつつ実施するものとする。共同研究先からは、年数回、技術開発の進捗状況について報告を受けることにより状況把握する。</p> <p>③技術面での指導・助言を行うため、共同研究先に有識者を中心とした特別委員会を設置する。また、必要に応じ、NEDO内に技術委員会を設置し、開発内容の審議を行う。</p>
<p>(4) 研究開発成果</p> <p>本技術開発により、天然ガス未普及地域において、中小規模の熱等の需要家に対する天然ガス普及が促進される。また、NGH供給地点が増加すれば、パイプライン供給への転換も可能となる。</p>
<p>(5) 実用化・事業化の見通し</p> <p>本研究開発で得られた成果は、技術開発終了後、民間企業等の負担において商品化のための更なる開発が実施される。</p> <p>事業化時期は平成25年を想定。本事業では、1～2個所の需要家を想定したシステムを構築するが、事業終了後5年程度の期間内にシステムのスケールアップを行う。</p>
<p>(6) その他特記事項</p> <p>なし</p>
<p>5. 総合評価</p> <p>本事業は、国の天然ガス導入促進推進の施策により、天然ガスの利用拡大を図ることによって、地球環境問題への対応及びガス利用者の利益を増進する目標を達成するために、NGHを利用した天然ガス供給システムの実証試験の一部を NEDO 技術開発機構が支援する事業である。</p> <p>天然ガスを供給する有効な手段となり得るNGH供給システムの実証試験に対する支援を積極的に行うことは、パイプライン供給とNGH等のサテライト供給を有機的に組み合わせた形で天然ガス需要開拓を行うことが可能となり、天然ガスシフトに対応した迅速なインフラ整備の上で極めて有効である。</p> <p>本技術開発により、天然ガス未普及地域において、中小規模の熱等の需要家に対する天然ガス普及が促進される。また、NGH供給地点が増加すれば、パイプライン供給への転換も可能となる。</p> <p>以上のように、本事業は進める意義があると判断される。</p>

## 5.2(自主)中間評価

- ①評価の実施時期：平成20年2月8日
- ②評価手法：外部評価
- ③評価事務局：省エネルギー技術開発部（推進部）
- ④評価項目・基準：下表に示す

### 評価項目・判定基準

1. 研究開発マネジメントについて		
・非常に良い	→A	【考慮事項】 1) 研究開発目標の妥当性 2) 研究開発計画の妥当性 3) 研究開発実施者の事業体制の妥当性
・よい	→B	
・概ね妥当	→C	

・妥当とは言えない	→D	4) 情勢変化への対応等
2. 研究開発成果について		
・非常に良い	→A	【考慮事項】 1) 目標の達成度 2) 成果の意義 3) 特許の取得 4) 論文発表・成果の普及
・よい	→B	
・概ね適切	→C	
・適切とは言えない	→D	
3. 実用化・事業化の見通しについて		
・明確な実現可能プランあり	→A	【考慮事項】 1) 成果の実現可能性 2) 波及効果 3) 事業化までのシナリオ
・実現可能なプランあり	→B	
・概ね実現可能なプランあり	→C	
・見通しが不明	→D	
4. 総合評価		
・非常に良い	→A	【考慮事項】 これまでの取り組み（2ヵ年）に対する総合評価
・良い	→B	
・概ね適切	→C	
・見直し必要	→D	

⑤評価委員：下表の通り。

	氏名	所属	役職
委員長	森 康彦	慶應義塾大学 理工学部機械工学科	教授
委員	内田 努	北海道大学 大学院工学研究科応用物理学専攻凝縮物理学講座生物物理工学研究室	准教授
	大村 亮	慶應義塾大学 理工学部機械工学科	准教授
	奥井 智治	東京ガス株式会社 海外事業部 上流事業グループ	副部長
	小野崎 正樹	財団法人エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究室	副主席研究員

⑥評価結果：「4. 中間評価(自主中間評価)結果への対応」の通り

### 5.3 事後評価

平成22年度に実施の予定。

## Ⅲ. 研究開発成果について

### 1. 事業全体の成果

#### 1.1 開発成果概要

本研究開発においては、ガスハイドレート化技術を利用した天然ガス供給システムを確立することを目的として、LNG 未利用冷熱を活用した NGH 製造設備を開発し、中国電力株式会社柳井発電所構内に設置するとともに、製造した NGH を複数の天然ガス需要家に配送・ガス化する装置を開発し、NGH 製造・輸送・ガス化一貫システムの実証試験を実施した。

以下、実証試験結果について、基本計画における研究開発の目標および研究開発内容ごとに達成度を評価する。

- 1) LNG 未利用冷熱を活用した 5 トン/日級 NGH 製造設備を開発し、連続運転を行い、NGH スラリー生成・NGH ペレット成型などが 5 トン/日相当以上の能力を有することを確認した。
- 2) 上記設備の連続運転により、メタンのほか、エタン・プロパン等を含んだ多成分混合ガスである天然ガス（LNG を気化して得られるガス）を原料として、原料ガスとほぼ同一の成分比率となる NGH が連続的に生成されることを確認した。
- 3) 上記設備の連続運転により、LNG 冷熱を中間冷媒（プロパン）およびブライン（エチレングリコール水溶液）により回収し、NGH 生成および NGH ペレット冷却に有効に利用されることを確認した。
- 4) 上記設備の長期連続運転（維持運転含む）として、NGH スラリー生成については 100 時間程度、NGH ペレット成型については 80 時間程度、また累計時間としては、スラリー生成 350 時間程度、ペレット成型 200 時間程度の運転を行い、設備安定性を確認した。

上記実証設備の建設・実証試験と並行して、構成機器の高性能化研究を実施し、以下の成果を得た。

- 1) 脱水塔について、差圧を付加的な脱水駆動力として利用し、脱水速度を向上させる試験研究を三井造船千葉技術開発センターに設置されている実験装置（BSU：ベンチスケールユニット 0.6 トン/日級）にて実施し、上記実証設備に採用した重力式脱水塔に比べ、4 倍の脱水速度が得られることを確認した。
- 2) ペレタイザにおいて成型時に発生する圧搾水の排水機能を高度化する試験研究を BSU にて実施し、ガス包蔵率が 80%以上と高く、貯蔵・輸送状態での分解率の低い（安定な）ペレットが連続製造されることを確認した。
- 3) 脱圧装置に関し、三井造船(株)千葉事業所千葉技術開発センターに単独試験装置を設置し、マテリアルシールにより、脱圧時の高压ガスの低压側への同伴量を、実証設備に採用したロックホッパ式（ダブルバルブ式）の 1/2 以下にできることを確認した。

また、製造した NGH の輸送・再ガス化装置については、以下を確認した。

- 1) 2 種類（ペレットコンテナ A および B）のサイズ・形状の車載型 NGH 輸送・貯蔵・再ガス化容器により、上記実証設備で製造した NGH ペレットを 2 カ所のガス需要家サイトに輸送するとともに、各サイトにて同容器に温水を供給し、容器内で NGH ペレットを再ガス化し、天然ガスを各需要家に供給されたことを確認した。
- 2) 2 カ所の天然ガス需要家である、産業用コージェネレーション設備および一般家庭へのガス供給を、ガス利用システムにおける供給ガス量制御システムにより支障なく行えることを確認した（写真 1.1、1.2）。



写真 1.1 小口需要家での試験の様子



写真 1.2 大口需要家での試験の様子

以上により、基本計画における研究開発の目標および研究開発内容を達成した。

本実証試験は、ガスハイドレートによる天然ガスの需要家への輸送としては世界で初めての試みであったが、無事に実施することができた。同時に、本実証は、これまでは天然ガスパイプラインの厄介者であったガスハイドレートを工業的に製造・利用する世界で最初の試みでもあった(写真 1.3)。



写真 1.3 出荷初日の様子

## 1.2 開発成果

### 1.2.1 目標の達成度

本研究開発では、LNG未利用冷熱を活用したNGH製造設備(5~10t/日)を開発し、LNG基地に建設し、長時間連続運転が可能であることを実証する。併せて、製造されたNGHの輸送・ガス化装置の開発・実証を行うことを目標としている。

本目標を達成するための研究開発内容として、以下の各項目を実施した。

- 1) 多成分混合ガスハイドレート製造技術開発
- 2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発
- 3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧技術開発
- 4) NGH配送・利用システムの開発

上記開発項目の実施経緯、成果と達成度を表 1.1 に示す。

本研究開発目標は全て達成することができた。

### 1.2.2 成果の意義

成果の意義を表 1.2 に示す。

表 1.2 成果の意義

評価項目	成果
①市場の拡大・創造性	天然ガスの供給手段が限られている、地方都市部の中小規模のガス需要に対する新しい供給手段の一つとして、天然ガスシフトへの迅速なインフラ整備、ガス市場活性化が期待される。
②世界水準	ハイドレートを工業的に製造・利用する世界で初めての試み。
③新たな技術領域の開拓	連続で大量にNGHを製造・利用することは初めての試みであり、ハイドレート分野での技術領域に新たな領域を生み出した。
④汎用性	本技術開発により開発された技術、知見は商用化に向けた技術に応用可能である。

表 1.1 研究開発項目の実施経緯と成果、達成度

研究開発項目	H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	成果	達成度
(1) 多成分系混合ガスハイドレート製造技術開発					柳井発電所(LNG基地)に多成分混合ガスである天然ガスを原料とするNGH製造出荷設備を開発、設置して試運転・実証運転を行い、以下を確認した。 ・長期運転安定性、安全性 ・原料ガスとほぼ同等成分比率のNGH連続生成 ・NGHスラリー生成能力、ペレット成型能力が5トン/日相当以上の能力を有する。 また、並行して高性能化研究を実施し、脱水塔の加圧脱水方式で重力式に比べ4倍の脱水速度を確認した。ペレタイザの成型時圧搾水排水機能高度化試験を行い、ガス包蔵率が高く安定なペレットの連続成型を確認した。	○
a. 多成分系混合ガスハイドレート連続製造システムの開発						
(a) NGH製造システムの開発	設計・製作		定期自主検査			
(b) NGHペレット自動出荷設備の開発	現地工事		設備改造			
(c) NGH製造システムの高性能化研究	試験研究(千葉BSU装置)		試運転			
b. LNG基地におけるNGH製造プラント・出荷システムの実証				試運転/実証		
(2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発					LNG未利用冷熱を中間冷媒(プロパン)およびブラインによって回収し、NGH生成、ペレット冷却等に利用する設備を開発、設置し、有効に冷熱を利用できることを確認した。	○
a. LNG基地における未利用LNG冷熱のNGH製造への適用技術開発	設計・製作					
(3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧技術開発					マテリアルシールによる連続脱圧試験装置により、弁切替によるバッチ方式に比べ脱圧時の高圧ガスの低圧側への同伴量を1/2以下にできることを確認した。	○
a. 連続冷却・脱圧システムの開発	試験研究(千葉ハイドレート試験装置)					
(4) NGH配送・利用システムの開発					ガスエンジン需要家用として、縦型容器を搭載したNGHペレット用ローリー1, 2号車(5t用)、横型容器を搭載した3号車(7.5t用)を開発、製作した。一般家庭用需要家用として、縦型容器4基(200kg/基)を開発、製作した。 NGHペレットをLNG基地から約100kmの需要家サイトへ配送し、輸送時の安定性を確認した。	○
a. 車載型NGHペレット配送・ガス化一体システムの開発						
(a) NGHペレット配送・ガス化一体容器の開発	試験研究		設計・製作			
(b) NGH陸上配送システムの実証		試験検討、関係官庁調整		配送 配送		
b. NGH利用システムの開発					需要ガス量に応じて再ガス化量を制御する自動ガス供給ユニットを開発し、東広島エネ総研(ガスエンジン用)、海田広島ガス研究所(一般家庭用)に設置した。また、ガス化設備の設置にあたり、適用法規等の調査・関係官庁との協議を行った。 NGH製造出荷設備から配送したペレットを各需要家サイトでガス化し、設備運転安定性、ガス供給システムの制御性、ペレット安定性等を確認した。 また、NGHガス化で発生する分解水および分解水の持つ冷熱の利用方法について検討し、各利用システムの構築を行った。	○
(a) 全自動ガス供給ユニットの開発	試験研究		設計・製作・据付			
(b) NGH分解・分解水利用システムの構築		調査・システム検討				
(c) ガスエンジンへのNGHによるガス供給の実証		試験検討、関係官庁調整		試運転/実証		
(d) 一般家庭(模擬需要)へのNGHによるガス供給の実証	需要家調査	試験検討、関係官庁調整		試運転/実証		



### 1.2.3 特許等の取得

本実証研究期間中に三井造船(株)および中国電力(株)が共同出願した特許は下記の表 1.3 のとおりである。

表 1.3 実証期間中に出願した特許

出願日	出願番号	発明の名称
H19/3/30	特願 2007-094026	ガスハイドレートの脱水装置
H19/3/30	特願 2007-090094	付臭装置
H19/3/30	特願 2007-095674	ガスハイドレートの圧縮成型機 (PCT/JP2008/056245 の優先権主張にともなう取下げ擬制)
H20/3/26	特願 2008-081750	ガスハイドレート脱水装置
H20/3/27	PCT/JP2008/055963	ODORIZING APPARATUS (特願 2007-090094 の PCT 出願、日本指定なし)
H20/3/28	PCT/JP2008/056245	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (特願 2007-095674 の PCT 出願、優先権主張あり、日本指定あり)
H20/3/28	特願 2009-507545	ガスハイドレートの圧縮成型機 (PCT/JP2008/056245 の日本出願)
H20/3/28	12/450, 448	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 の米国出願)
H20/3/28	200880010618.9	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 の中国出願)
H20/3/28	W-00200902743	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のインド出願)
H20/3/28	2009140138	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のロシア出願)
H20/3/28	0808140-9	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のブラジル出願)
H20/3/28	PI20093713	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のマレーシア出願)
H20/3/28	2008233594	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のオーストラリア出願)

H20/3/28	8739363.3	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 の欧州出願)
H20/3/28	特願 2008-088457	回転式分配装置
H20/3/28	特願 2008-088469	スライド式分配装置
H20/3/28	特願 2008-088788	ガスハイドレートペレットのガス化装置およびガス化方法
H20/3/28	特願 2008-086472	脱水塔スラリ供給方法
H21/3/27	PCT/JP2009/056377	APPARATUS AND METHOD FOR GASIFYING GAS HYDRATE PELLET (特願 2008-088788 の PCT 出願、優先権主張あり、日本指定なし)
H21/3/27	090100415	APPARATUS AND METHOD FOR GASIFYING GAS HYDRATE PELLET (特願 2008-088788 のタイ出願、優先権主張あり)

#### 1.2.4 成果の普及

研究期間中は国内外を問わず、研究内容および成果について積極的な普及活動を行った。表 1.4 に研究期間中の研究発表および講演（口頭発表や展示会も含む）を示す。なお、平成 20 年 7 月に開催された日本伝熱学会では、「LNG の冷熱を利用する天然ガスハイドレート製造技術の開発」で第 21 回日本伝熱学会技術賞を受賞した。また、研究期間中は NGH 製造・出荷設備の見学会などを精力的に開催し、NGH の事業化に関心の高いエネルギー開発会社、電力・ガス会社、地方自治体、大学・官公庁関係者、一般企業など多数の方々が訪問した（写真 1.4、1.5）。

表 1.4 平成 18 年～21 年度の研究発表

発表年月日	発表媒体	備考
H19/3/8	平成 18 年度ボイラー・タービン主任技術者会議	福岡県
H19/7/1	The 17 <sup>th</sup> International Offshore and Polar Engineering Conference	リズボン
H19/12/13	エコプロダクト 2007	東京都
H20/1/1	「配管技術」1 月号	日刊工業出版
H20/1/1	「電気評論」1 月号	電気評論社
H20/3/10	Gastech 2008 (Bangkok)	バンコク
H20/7/1	第 47 期総会 日本伝熱学会	京都府
H20/7/10	The 6 <sup>th</sup> International Conference of Gas Hydrate	バンクーバー
H20/11/6	エンジニアリングシンポジウム 2008	東京都
H20/12/3	International Petroleum Technology Conference 2008	クアラルンプール
H21/2/1	「ペトロテック」2 月号	石油学会
H21/2/15	Qatar-Japan Joint Seminar on Technical and Economic Energy Issues	ドーハ/日本エネルギー 経済研究所
H21/5/25	Gastech 2009	アブダビ

H21/9/1	「Mitsui Field」 秋号	三井広報委員会
H21/9/3	NGH フォーラム	広島県/山口県
H21/11/18	INCHEM 2009	東京都
H21/12/1	「環境エネルギー」	環境エネルギー 政策研究所
H22/1/20	ガスハイドレート産業創出イノベーション講演会	産業技術総合研究所
H22/2/15	ハイドレート国際シンポジウム	神奈川県
H22/2/16	メタンハイドレート総合シンポジウム	産業技術総合研究所
H22/4/20	プレスリリース（日本経済新聞、日刊工業新聞 他）	

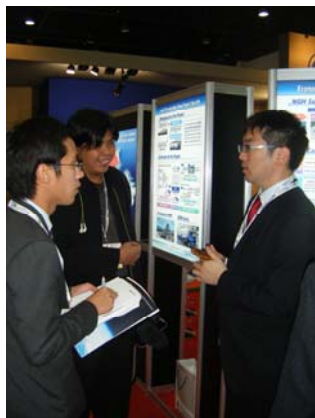


写真 1.4 Gastech2009（アブダビ）



写真 1.5 NGH フォーラム（広島）

表 1.5 のとおり、今後も研究成果発表予定に努め、本研究成果を発表することで、ハイドレート研究に学術的にも大いに貢献していきたいと考えている。

表 1.5 今後の研究発表（予定）

発表年月日	発表媒体	備考
H22/6/25	DVD 制作（三井造船(株)NGH プロモーションビデオ）	
H23/3/1	Gastech 2011	アムステルダム
H23/7/1	The 7 <sup>th</sup> International Conference of Gas Hydrate	エジンバラ

## 2. 研究開発項目毎の成果

### 2.1 NGH 製造・出荷設備の開発

#### 2.1.1 LNG 冷熱利用 NGH 製造・出荷設備

本章では、NGH 製造・出荷設備の設備概要、試運転・実証運転で得られた成果等について報告する。

##### 2.1.1.1 設備概要

###### (1) 設備構成

設備の概略ブロックフローを図 2.1.1.1-1、概略フローダイアグラムを図 2.1.1.1-2、設備全体写真を写真 2.1.1.1-1 に示す。

NGH 製造出荷設備は以下の系統で構成されている。

① LNG 冷熱回収系	100 番台
② NGH 生成、脱水系	151 番台、200 番台
③ ペレット成型、冷却、脱圧系	400 番台、500 番台
④ ペレット出荷設備	600 番台
⑤ ベント・ブローダウン	700 番台
⑥ 冷媒系（プロパン系、ブライン系）	800 番台、850 番台
⑦ ユーティリティ、OPU 等	900 番台

以下、各系統の設備概要、プロセスについて述べる。

###### (2) LNG 冷熱回収系

本系統では、LNG 基地から受け入れた LNG を、NGH 生成に必要な圧力(5.3MPaG)まで昇圧するとともに、保有する冷熱を NGH 生成熱除去、ペレット冷却並びに各設備冷却に利用するため、冷媒系に冷熱を熱交換する。

###### i. 主要機器

本系統を構成する主要機器は以下のものである。

- ・ LNG ポンプ (P-101, P-102) : ノンシール多段遠心ポンプ
- ・ 第一 LNG 熱回収熱交換器 (E-101) : シェル&チューブ型
- ・ 第二 LNG 熱回収熱交換器 (E-102A/B) : シェル&チューブ型
- ・ NG トリムヒータ (E-104) : 二重管式熱交換器
- ・ NG 加熱器 (E-105) : 二重管式熱交換器

###### ii. プロセス

LNG 供給母管から受け入れた LNG を P-101, P-102 で約 6MPaG に昇圧し、冷熱回収熱交換器 E-101 へ送液するとともに、一部を LNG 循環（保冷循環）して発電所 BOG ドラムに返送する。

E-101 ではプロパン冷媒 REF3 と熱交換後、更に、E-102A/B にてプロパン冷媒 REF1 と熱交換してガス化し約 -20℃まで昇温される。E-101 と E-102A/B の交換熱量割合は E-101 の LNG バイパス流量制御で調整する。

ガス化した天然ガス（以下 NG と称する）は、一部がペレット脱圧槽の昇圧ガスとして供給される。その他の NG は E-104 でブライン BR1 と熱交換して数℃まで加熱され、一部が NGH 生成系に原料ガスとして供給される。余剰の NG は、E-105 で温水と熱交換して約 20℃まで加熱されたのち発電所の NG 母管に返送される。

###### (3) NGH 生成、脱水系

本系統では、NGH 率 10%のスラリー液を生成し、これを NGH 率 40%まで脱水後、ペレット成型系に供給する。なお、NGH 率とは水+NGH の重量に占める NGH の重量比をいう。

###### i. 主要機器

本系統を構成する主要機器は以下のものである。

- ・ 第一 NGH 生成器 (D-201) : 縦型円筒ドラム
- ・ 第一 NGH 生成器循環ガスブロウ (B-201) : ロータリーブロウ

- ・ 循環水冷却器 (E-201) : 二重管式熱交換器
- ・ 第一生成器用循環ガス加熱器 (E-203) : 二重管式熱交換器
- ・ NGH 脱水塔循環水加熱器 (E-204) : 二重管式熱交換器
- ・ NGH 脱水塔 A/B (T-201A/B) : 縦型二重円筒、内側 : パウダー、外側 : ろ液
- ・ 脱水塔循環ガスブロワ (B-202) : ロータリーブロワ
- ・ 脱水塔循環ガスクーラ (E-205) : 二重管式熱交換器

## ii. プロセス

D-201 では攪拌とバブリングを併用して NG と原料水を積極的に気液接触させることで、NGH 生成 (5.3MPaG、4~12°C) の条件で、水相にて高速で NGH を生成させる。生成器底部には、ガス供給のためのスパージャーがあり、水中でガスを気泡状に開放する。バブリング用 NG は B-201 でガス循環している。

生成熱の除去は外部の熱交換器 E-201 に生成器スラリー液を循環し、BR1 と熱交換する。

D-201 で生成したハイドレートは、スラリー液として脱水塔 T-201A/B へポンプ移送し、脱水されたろ液はポンプで D-201 に戻される。

脱水塔 T-201A/B は内塔と外塔から成っており、内塔の中間部にはスラリー液中の水分をろ過するジョンソンスクリーンが設置されている。脱水塔下部から流入した NGH スラリーは内塔を上昇していき、ジョンソンスクリーン部で水分が分離されて脱水塔頂部では約 40% の NGH 率となる (以下、パウダーと称する。)。塔頂部にはパウダーを掻き集めるスクレーパと掻き集めたパウダーをペレット成型へ送るスクリュウコンベアを備えている。また、脱水効果を高めるためにブロワ B-202 で脱水塔内ガスを循環して内塔と外筒に差圧を設けることにより、重力+差圧で脱水することができる。脱水塔 A と B は同一形状で 50% 能力となっている。

## (4) ペレット成型・冷却・脱圧系

本システムでは、NGH パウダーをペレット化し、冷却後、脱圧して大気圧下でペレットを取り出し出荷設備へ供給する。

### i. 主要機器

本システムを構成する主要機器は以下のものである。

- ・ KP 装置 (Z-401) : スクリュー押し込みロール圧搾成型式
- ・ NGH ペレット分離器 (Z-402) : バースクリーンタイプ
- ・ 解砕機 (Z-402-1) : フレーククラッシャ
- ・ NGH ペレット冷却槽 (Z-403) : 縦型円筒、攪拌翼付き
- ・ ペレット冷却用循環ガスブロワ (B-401) : ロータリーブロワ
- ・ NGH ペレットクーラ用循環ガス冷却器 (E-401) : シェル&チューブ
- ・ 脱圧槽 (D-501A/B) : 縦型円筒
- ・ 残留ガスヒータ (E-501) : 二重管式熱交換器
- ・ 脱圧ガス槽 (D-502) : 縦型円筒

### ii. プロセス

脱水塔から供給された NGH パウダーを高圧下で圧搾、ペレット化する。ペレットは同伴する圧搾水の一部、バリ等がペレット分離器 (スクリーン) で分離され、NGH ペレット冷却槽へ自重で落下する。

ペレット分離器 Z-402 で分離された水分や NGH パウダー、破片、バリなどは 解砕機 Z402-1 で破碎され、圧搾水とともに生成器へ返送されて原料水として再使用する。

冷却槽 Z-403 ではペレット冷却の促進と固着防止のため攪拌機を設けており、数°C のペレットを、高圧下で -20°C まで冷却する。冷却は NG を循環するシステムをとっており、E-401 で冷熱が与えられる。

冷却されたペレットは Z-403 より脱圧槽 D-501A/B に交互に受け入れ脱圧後、大気圧状態としてペレット出荷設備に供給する。

## (5) ペレット出荷設備

## i. 主要機器

本系統を構成する主要機器は以下のものである。

- ・ 受け入れホッパー (D-603) : 縦型円錐ホッパー
- ・ 定量コンベア (Z-603) : スクリューフィーダ
- ・ 垂直コンベア (Z-601) : バケット式
- ・ 水平コンベア (Z-602) : ガス浮上式
- ・ ペレットディストリビュータ (Z-604) : エアシリンダ駆動 6 方弁
- ・ 循環ガス熱交換器 A, B (E-602, E-603) : シェル&フィンチューブ
- ・ オフスペックペレット容器 A/B (D-602A/B) : 縦型円筒
- ・ 脱水塔循環ガスクーラ (E-205) : 二重管式熱交換器

## ii. プロセス

本設備では、ペレットを垂直コンベア、水平コンベア、ディストリビュータを経て、貯蔵容器兼用の配送用ペレットコンテナ (NGH ローリー、小口容器) に供給する。各設備はブライン (BR2) により $-20^{\circ}\text{C}$ に冷却される。配送用ペレットコンテナは NGH ペレットを受け入れる前に予冷される。

垂直コンベアは約 13m の揚程を持ち、設備の 3 階に設置した水平コンベア Z-602 までペレットを揚げる。水平コンベアはディストリビュータ Z-604 上部入口までペレットを横移動し、重力で Z-604 内にペレットを落とし込む。ペレットのサンプリングは水平コンベア入口の三方弁を切替えて行う。

Z-604 は円周方向に 60 度ずつ回転する 6 方弁となっており、6 箇所にてペレットを振り分けることができる。

また、運転スタートアップ時やペレットサンプリングによりオフスペックとなったペレットはオフスペックペレット容器 D-602A/B に交互に受入れてガス化し、NG はハイベントから放出し、融解水は排水処理 (産廃として排出) する。ガス化は水噴霧により行う。

需要家側でガス化できずに持ち帰ったペレットがある場合は、輸送容器内でガス化し、オフスペックペレットと同様に NG はハイベントから放出し、融解水は排水処理する。

## (6) 冷媒系 (プロパン系、ブライン系)

冷媒系は、プロパンを冷媒とする REF1、REF3、ブライン (エチレングリコール水溶液) を冷媒とする BR1、BR2 で構成される。REF1 と REF3 は BR1 及び BR2 へ冷熱を供給するための中間冷媒系となっている。

### i. 主要機器

本系統を構成する主要機器は以下のものである。

- ・ REF1 冷媒ドラム (D-801) : 横型円筒
- ・ REF3 冷媒ドラム (D-802) : 横型円筒
- ・ BR1 ブラインドラム (D-851) : 縦型円筒
- ・ BR2 ブラインドラム (D-852) : 縦型円筒
- ・ BR1 ブラインクーラ (E-851) : シェル&チューブ
- ・ BR2 ブラインクーラ (E-852) : シェル&チューブ
- ・ BR1 スタートアップヒータ (E-854) : 温水加熱式二重管熱交換器
- ・ BR2 スタートアップヒータ (E-855) : 電気ヒータ

### ii. プロセス

プロパン冷媒 REF1 ( $-15^{\circ}\text{C}$ ) は、BR1 のブライン熱交換器 E-851 に冷熱を供給するものであり、E-102A/B にて LNG から冷熱が供給される。

プロパン冷媒 REF3 ( $-35^{\circ}\text{C}$ ) は、BR2 のブライン熱交換器 E-852 と循環ガス冷却器 E-401 に冷熱を供給するものであり、E-101 にて LNG から冷熱供給される。

ブライン BR1 ( $0^{\circ}\text{C}$ ) は、E-201、E-202、E-205 や機器・配管トレースに冷熱を供給するもので、ポンプ循環運転される。また、運転安定のためダミー負荷として温水熱交換器 E-854 を持つ。

ブライン BR2 ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) は、トレースおよび出荷設備に冷熱を供給するもので、ポンプ循環運

転される。運転安定のためダミー負荷として電気ヒータ E-855 を持つ。



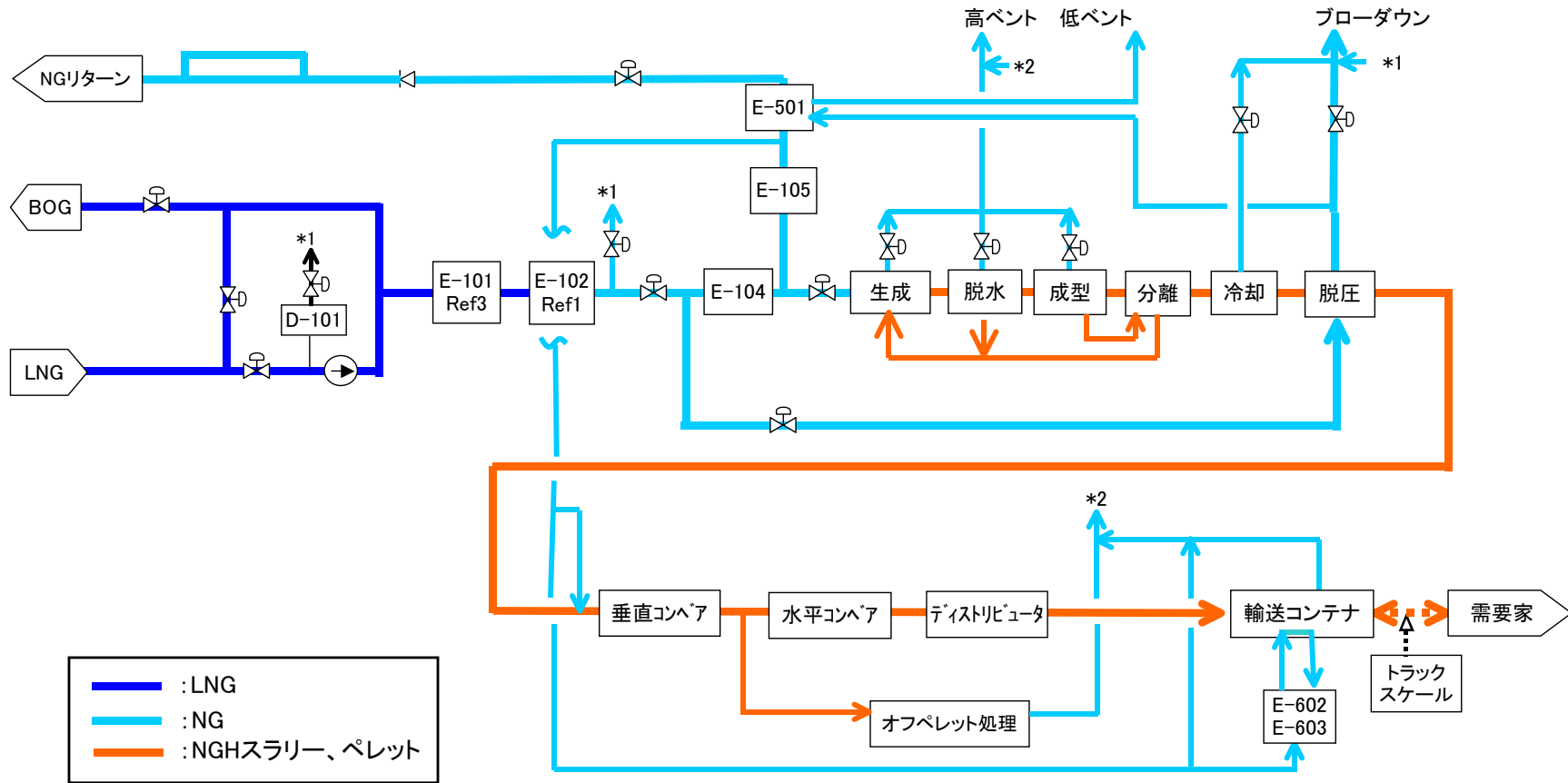


図 2.1.1.1-1 NGH 製造出荷設備 概略ブロックフロー



NGH PLANT / FLOW DIAGRAM

Sect.200

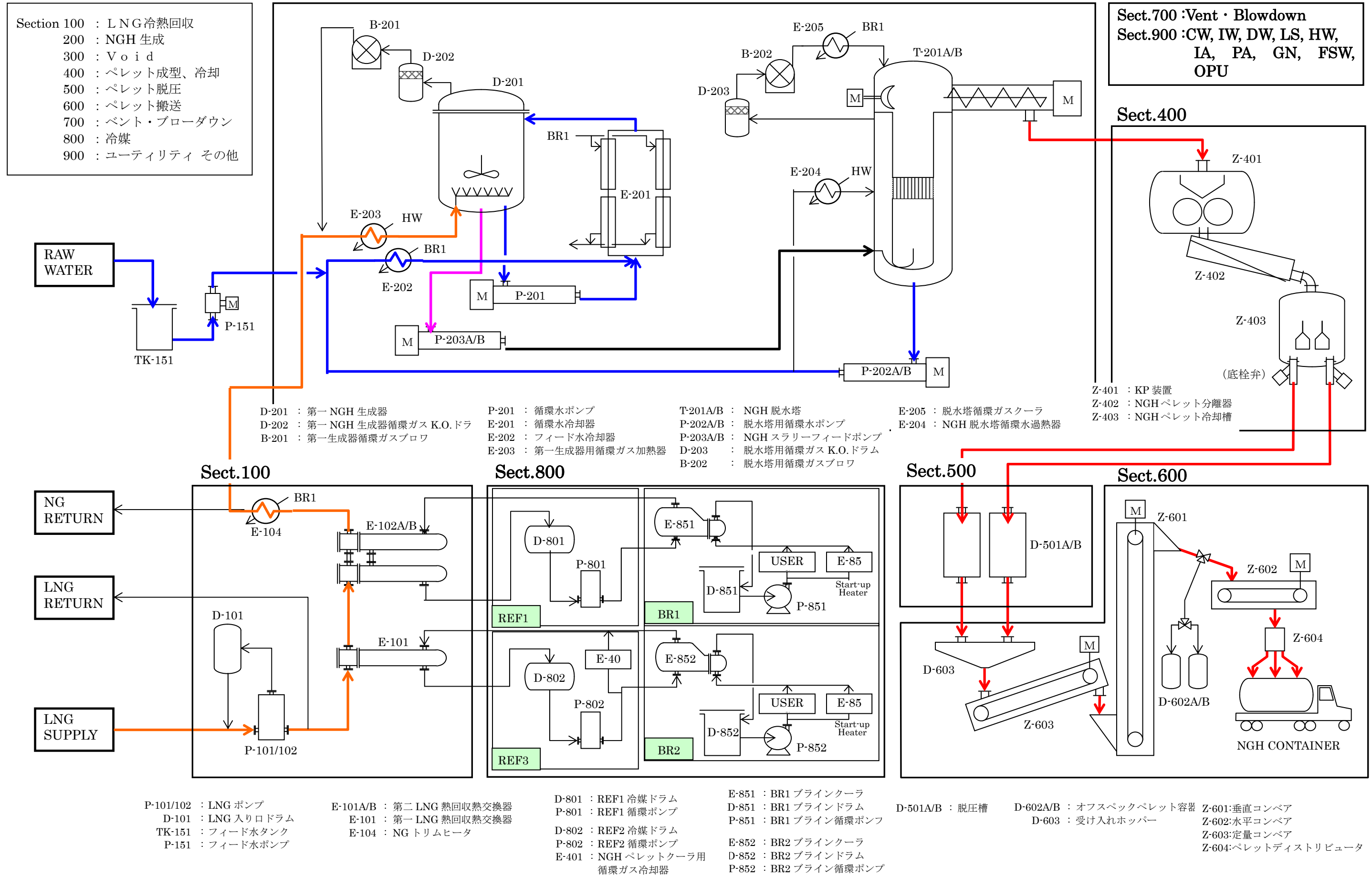


図 2.1.1.1-2 概略フローダイヤグラム

## 2.1.1.2 試運転および実証運転実施結果

### (1) NGH 生成運転

#### i. 運転概要

NGH 生成運転の開始にあたり、生成に必要な冷熱が得られることを確認するためブラインの冷却能力確認試験を実施した。その結果、LNG 冷熱を REF1/BR1 に集中することで、生成に必要な冷熱量を確保する運転条件が得られた（後述 ii）。その後、NGH 生成能力確認試験を実施し定格生成量（75%NGH 率ペレット 5 トン/日相当）を達成した（iii）。

試験を通じて NGH スラリー生成特性を評価したところ、生成器の攪拌回転数を増大させる事で更に生成量が増大する傾向が得られた（iv）。循環水冷却器（E-201）では、NGH スラリー流量を倍増させた場合に各プロセス値がどの様に向上するかを調べた（v）。また設備立上時に生成される NGH の包蔵ガス平均分子量の変化が小さくなるまでに必要な生成量を評価することで、NGH ペレットのオフスペック処理量の目安量を検討した（vi）。

#### ii. BR1 ブラインの冷却能力確認試験

本試験は、LNG 冷熱回収系の運転条件を調整する事で NGH 生成に必要な冷熱条件（ブライン温度と冷熱量）を確認した。

##### 1) 試験方法

本試験では NGH の生成は行わず、定格量生成に伴う熱量は、ダミー負荷としてスタートアップヒータ（E-854）から供給した。NGH に必要な冷熱量を表 2.1.1.2-1 に示す。ここで冷熱量は次の様に決定した。ペレット製造量の 5 トン/日にて、その NGH 率が 75wt%だと NGH の生成量は 156kg/h になるが、生成圧力の 5.3MPaG から大気圧に下げた時の分解量を加味し、NGH の生成量を 174kg/h とした。この時の生成熱は 21.7kW となり、これにフィード水や脱水塔からの戻り水、浸入熱を考慮すると合計で 32.7kW となった。

LNG 冷熱回収工程の運転条件は、第二 LNG 熱回収熱交換器（E-102）に冷熱を集中するため E-102 に入る LNG 温度を計画値の-84℃から約-95℃に下げる事とした。その調整は BR2 ブラインシステムの第一 LNG 熱回収熱交換器（E-101）のバイパス流量制御で行った。

##### 2) 試験結果

図 2.1.1.2-1 に冷却能力確認試験時の第二 LNG 熱回収熱交換器（E-102）入口 LNG 温度を示し、図 2.1.1.2-2 にブラインの温度および熱交換量の経時変化を示す。

試験中に E-102 入口 LNG 温度を徐々に高くし-85℃にまで上げたところ、図 2.1.1.2-2 に示すブライン冷却器熱交換量が減少傾向を示した。その後、LNG 温度を-95℃に戻す事でそれらの熱交換量は増大傾向を示した。表 2.1.1.2-2 にブライン冷却能力確認試験の結果を示す。これら値は、図 2.1.1.2-2 の 15:30 から 16:30 までの期間で各値の平均値を示している。試験期間のブライン温度の平均値は 1.4℃で、かつブラインで得られた冷熱量は 34.1kW であり、NGH 生成に必要な冷熱量を得る事が出来た。

#### iii. NGH 生成能力確認試験

##### 1) 試験方法

NGH の定格生成量は、上述の冷却能力確認試験と同様に考えて 174kg/h とした。この時、試験中に生成される NGH スラリーは脱水塔（T-201A 及び B）に送られ、脱水運転を行いながら貯留した。また、試験期間は脱水塔に貯留される NGH が脱水塔の塔頂部に到達するまでとした。

生成能力の評価は、生成器で消費される原料ガス流量（以降、ガス消費量と称する）から換算した NGH 生成量で行った。ガス消費量は、NGH 生成量の 174kg/h の時、24.5kg/h に相当する。

##### 2) 試験結果

表 2.1.1.2-3 に試験時の運転条件を示す。また、図 2.1.1.2-3～図 2.1.1.2-6 に、NGH 生成能力確認試験時の生成器（D-201）圧力、循環ガスブロウ（B-201）吐出圧力、生成器（D-201）液位、温度および循環水冷却器（E-201）温度、循環ガスブロウ（B-201）流量の経時変化を示す。

試験開始と同時に生成器攪拌機を起動すると循環水流量が大きく減少した。循環水流量計はコ

リオリ式流量計を採用しており、試験開始時の生成液中には、気泡の巻き込みが生じたと考えられた。そこで試験は B-201 流量を絞り、かつ生成器攪拌機の回転数を下げて開始した。循環水流量が安定したのを確認後、B-201 流量を増大させて、更に攪拌機回転数も増大させて表 2.1.1.2-3 の条件とした。

図 2.1.1.2-7 に NGH 生成能力確認試験時の NGH 生成量の経時変化を示し、図 2.1.1.2-8 にガス消費量および算出に用いた流量補正值の経時変化を示す。ここで流量補正は、E-104 供給ガス量が生成器の圧力および液位の変動による影響を補正する為に行った。上述の運転方法で立ち上げた結果、NGH 生成量として 183kgNGH/h が得られた。この時、脱水塔に送液した NGH スラリーを採取したところ、その NGH 率（スラリー中の NGH 重量百分率）は 11.7wt%（計画値 10 wt%）であり、NGH 率と NGH スラリー量（1,740kg/h）の積から算定した生成量も定格値を上回っている事を確認した（NGH 生成量=1,740×11.7/100=203.6kgNGH/h）。

サンプリングにより得られた NGH 生成能力確認試験時の生成器気相ガス組成および NGH スラリー包蔵ガス組成を表 2.1.1.2-4 に示す。気相ガス組成から求めた試験中の三相平衡温度は、12.1℃から 12.6℃であった。

#### iv. NGH スラリー生成特性

試運転において得られた NGH スラリー生成特性として、図 2.1.1.2-9 に生成器攪拌機（A-201）の回転数をパラメータとした過冷却度に対する NGH 生成量を示す。NGH 生成量は単位液相容量当りの値である。過冷却度は、気相中のガス組成に基づく NGH の平衡温度と D-201 系液相の代表温度との差である。ここで NGH の生成領域は、D-201 本体の液相だけでなく E-201 および循環水ラインを含めた液相全体として考え、D-201 系液相の代表温度は、E-201 の入口液温と出口液温の平均値とした。温度軸の各プロットは、運転中に D-201 気相ガスのサンプリングを実施した時刻における 5 分間平均値である。NGH の生成量は、いずれの攪拌回転数でも過冷却度に比例する傾向がみられた。本図で得られた比例係数すなわち単位過冷却度当り・単位液相容量当りの NGH 生成量と攪拌回転数との関係をプロットすると図 2.1.1.2-10 の様に表された。NGH の生成には過冷却度とともに、液面や液相中の気泡表面積といった気液の界面積が大きく影響することが知られており、攪拌回転数に応じ気液界面積が変化していると考えられる。本図では過冷却度を加味した NGH 生成量が攪拌回転数に比例して単調増加しており、その効果は未だ飽和していない。

従って、冷熱が十分であれば攪拌回転数の増速により更に NGH 生成量を増大させることが可能と考えられる。

#### v. 循環水冷却器（E-201）に於ける NGH スラリー流量と熱交換量の関係

循環水冷却器（E-201）のプロセス側の NGH スラリーの流量を倍増させて、各プロセス値の変化を調べた。E-201 は、二重管型熱交換器の 2 系統で構成されており、流量の変更は NGH 製造運転中に、NGH スラリー流量を E-201 の片側 1 系統に集中させて行った。

図 2.1.1.2-11 に循環水冷却器（E-201）温度および流量の経時変化を示し、図 2.1.1.2-12 に熱交換量および総括熱伝達係数の経時変化を示す。また表 2.1.1.2-5 に E-201 プロセス側流量と各プロセス値の変化率を示す。E-201 のプロセス側の NGH スラリー流量を 1.89 倍する事で、プロセス側の熱交換量  $Q_{IN}$  は 1.38 倍となった。

今後、循環水流量の見直しと生成器攪拌機の回転数の増大によって、NGH 生成能力が高まる可能性が示唆された。

#### vi. NGH 生成量と生成器の NGH スラリーの包蔵ガス平均分子量の関係

図 2.1.1.2-13 に NGH 生成量（積算）と生成器の NGH スラリー包蔵ガス平均分子量の関係を示す。図中には各試験の原料ガス組成の平均分子量を示した。生成開始直後の NGH スラリーの包蔵ガス平均分子量は、原料ガス組成に比べて大きい値を示した。生成が進むに伴い、ガス平均分子量は減少傾向を示し、積算生成量が約 500kg で下げ止まると分子量は増え始めた。ここで、

図 2.1.1.2-14 に NGH 生成量(積算)と生成器の気相ガス組成基準の三相平衡温度の関係を示す。三相平衡温度は減少傾向を示し、約 300kg で下げ止まった後、増え始めて約 600kg で変化が小さくなった。この図 2.1.1.2-14 から、図 2.1.1.2-13 の NGH スラリーの包蔵ガス平均分子量も変化が小さくなるのは 800kg とみられる。

表 2.1.1.2-1 生成に必要な冷熱量

項目		備考
生成に必要な冷熱量	32.7 kW	
(内訳) NGH 生成熱量	21.7 kW	=174kg/h×448.61kJ/kg÷3600s/h
フィード水及び循環ガスの除熱量	8.5 kW	脱水塔からの戻り水含む
浸入熱及びポンプ発熱量	2.5 kW	

表 2.1.1.2-2 BR1 ブライン冷却能力確認試験結果(平均値)

項目		備考
第二 LNG 熱回収熱交換器 (E-102) の入口の LNG 温度	-94.2 °C	LNG トータル流量 457kg/hr の内、E-102 流入量を調整し、温度調整
BR1 ブライン循環流量	39.3 t/h	
BR1 ブライン供給温度	1.40 °C	
BR1 ブライン戻り温度	2.34 °C	
BR1 ブライン冷却器出口温度	0.56 °C	E-104、E-851
BR1 ブライン冷却器熱交換量 Q851	64.8 kW	E-104、E-851 での熱交換量合計
BR1 ブラインで得られた冷熱量 Q	34.1 kW	

表 2.1.1.2-3 NGH 生成能力確認試験時の運転条件

項目		備考
生成器圧力	5.3 MPaG	
生成器温度	5.7 °C	
気相ガス基準三相平衡温度	12.1~12.6 °C	
生成器攪拌回転数	115~122 rpm	
循環水流量	12,060 kg/h	
循環ガス流量	300 kg/h	
NGH 生成量	183 kg/h	
脱水塔供給 NGH スラリー流量	1,740 kg/h	脱水塔 A 系及び B 系の合計

表 2.1.1.2-4 NGH 生成能力確認試験時の生成器気相ガス組成及び NGH スラリー包蔵ガス組成 (mol%)

試料名	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	平衡温度
原料ガス	88.917	7.012	2.661	0.740	0.640	0.030	
生成器気相 開始時 10:28	95.120	3.487	0.737	0.179	0.425	0.052	12.6
試験後 11:39	96.281	2.550	0.583	0.161	0.371	0.054	12.1
NGH スラリー包蔵ガス 10:23	90.908	5.945	2.020	0.546	0.538	0.042	

表 2.1.1.2-5 E-201 プロセス側流量と各プロセス値の変化率

No.	E-201 プロセス側流量 G <sub>IN</sub> t/h	E-201 ブライン側流量 G <sub>OUT</sub> t/h	プロセス側熱交換量 Q <sub>IN</sub> kW	ブライン側熱交換量 Q <sub>OUT</sub> kW	プロセス側流体温度 T ℃	熱流束 u* kW/m <sup>2</sup>	対数平均温度差 Δtm ℃	総括熱伝達係数 U* kW/m <sup>2</sup> K
1 (18:00～19:00)	6.4	19.0	5.6	12.6	7.4	0.387	1.39	0.28
2 (19:00～19:40)	12.1	19.1	7.8	15.4	8.1	0.532	2.05	0.26
変化率 (No.2/No.1)	1.89	1.01	1.38	1.23	1.09	1.38	1.48	0.94

\* 伝熱面積 A=14.56m<sup>2</sup>

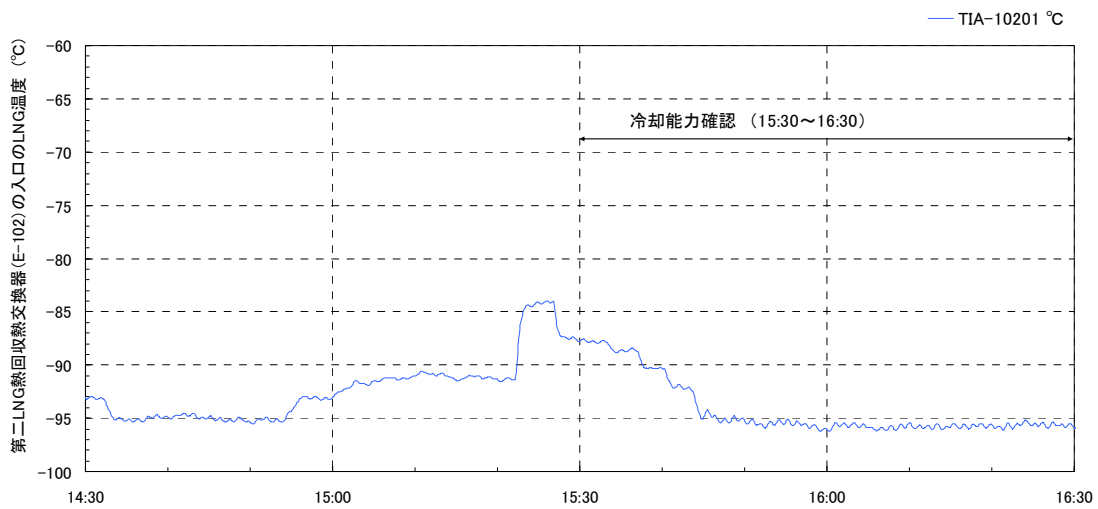


図 2.1.1.2-1 冷却能力確認試験時の第二 LNG 熱回収熱交換器 (E-102) 入口 LNG 温度

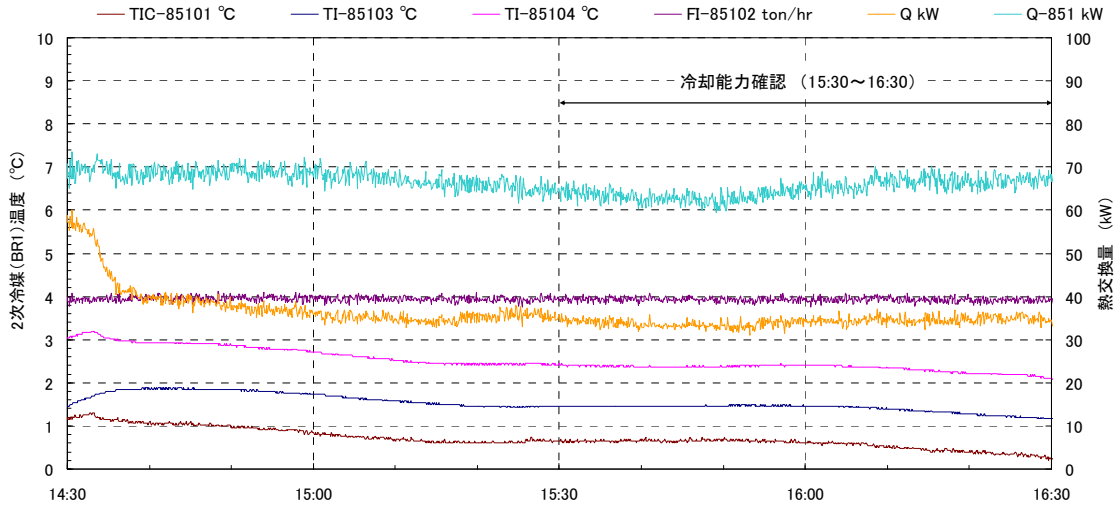


図 2.1.1.2-2 冷却能力確認試験時の BR1 プラインの温度  
及び熱交換量の経時変化

TIC-85101 : BR1 プライン冷却器出口温度      TIC-85103 : BR1 プライン供給温度  
 TIC-85104 : BR1 プライン戻り温度          FI-85102 : BR1 プライン循環流量  
 Q851 : BR1 プライン冷却器熱交換量      Q : BR1 プラインで得られた冷熱量  
 (ダミー負荷)

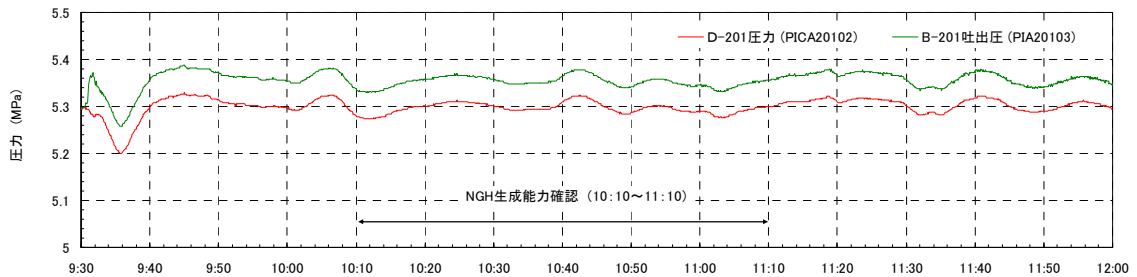


図 2.1.1.2-3 NGH 生成能力確認試験時の生成器 (D-201) 圧力  
及び循環ガスブロワ (B-201) 吐出し圧力の経時変化

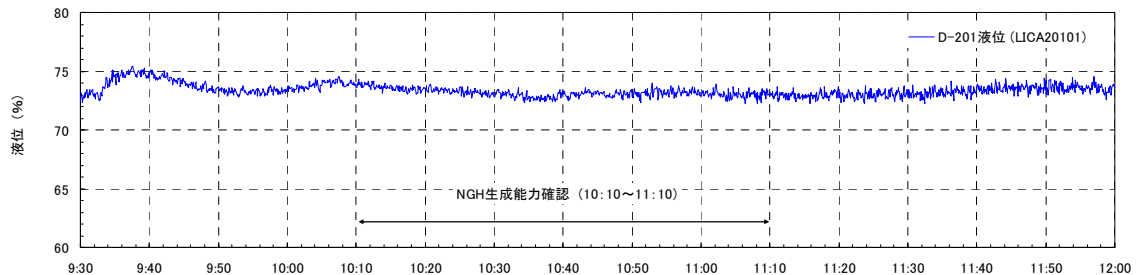


図 2.1.1.2-4 NGH 生成能力確認試験時の生成器 (D-201) 液位の経時変化

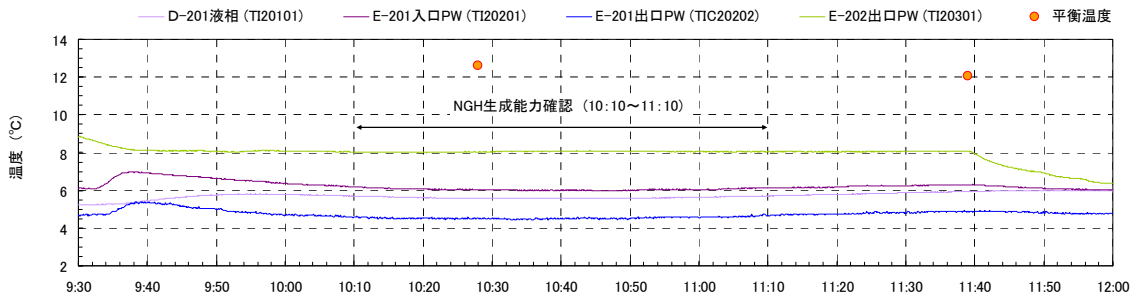


図 2.1.1.2-5 NGH 生成能力確認試験時の生成器 (D-201) 温度  
及び循環水冷却器 (E-201) 温度の経時変化

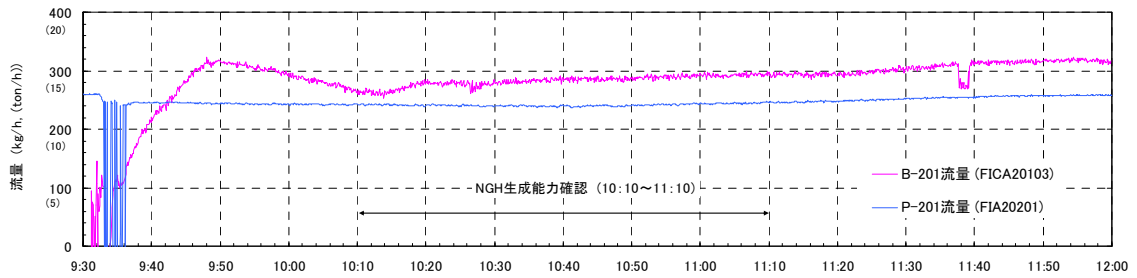


図 2.1.1.2-6 NGH 生成能力確認試験時の循環ガスブロウ (B-201) 流量 (kg/h)  
及び循環水ポンプ (P-201) 流量 (ton/h) の経時変化

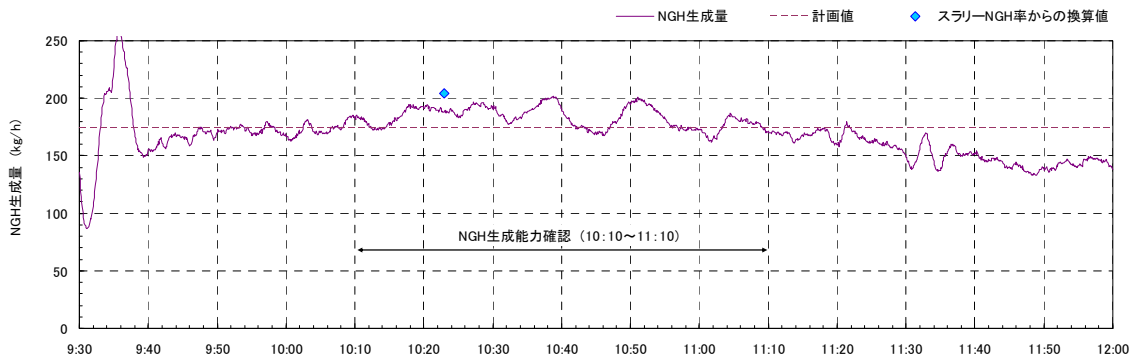


図 2.1.1.2-7 NGH 生成能力確認試験時の NGH 生成量の経時変化

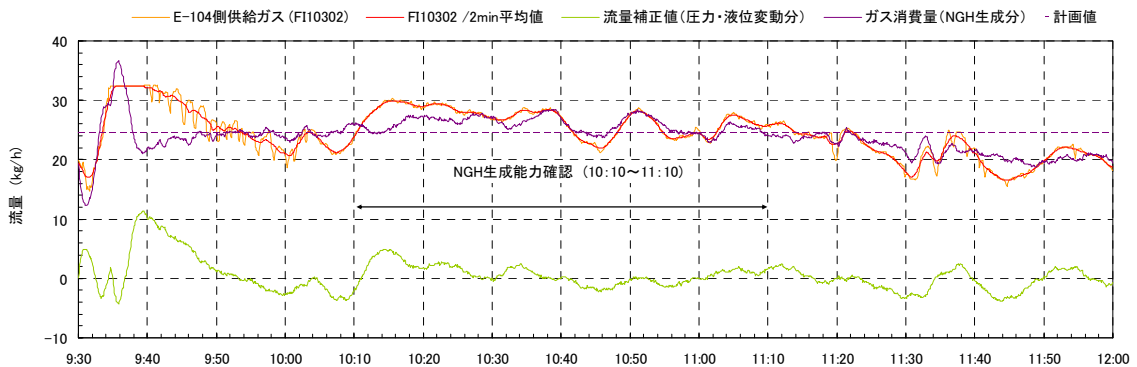


図 2.1.1.2-8 NGH 生成能力確認試験時のガス消費量  
及びその算出に用いた補正流量値の経時変化

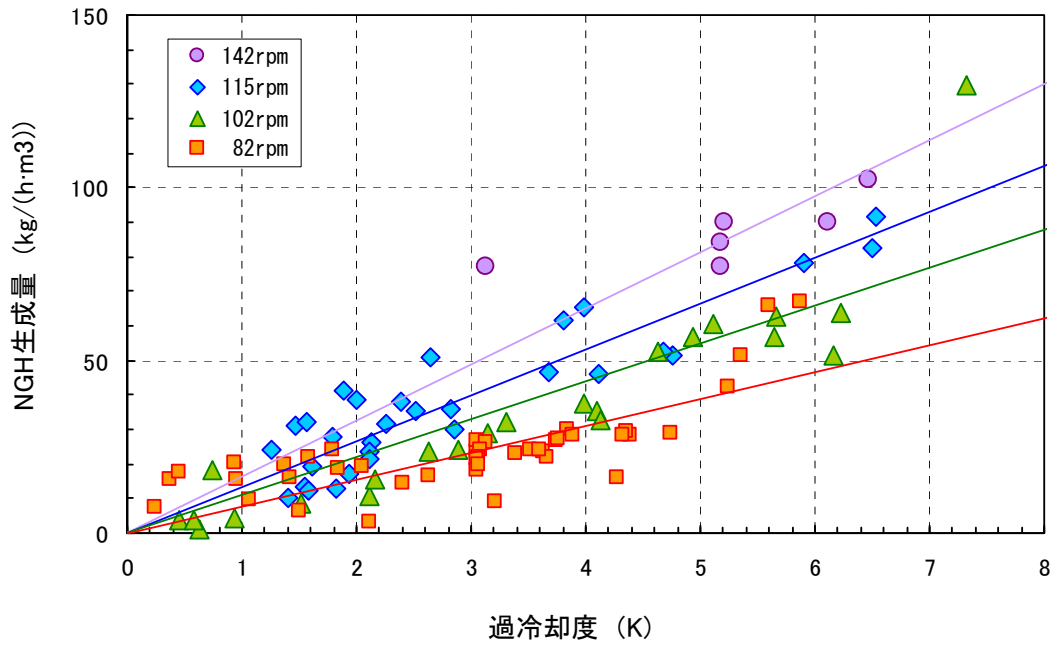


図 2.1.1.2-9 過冷却度に対する NGH 生成量 (単位液相容量当り)

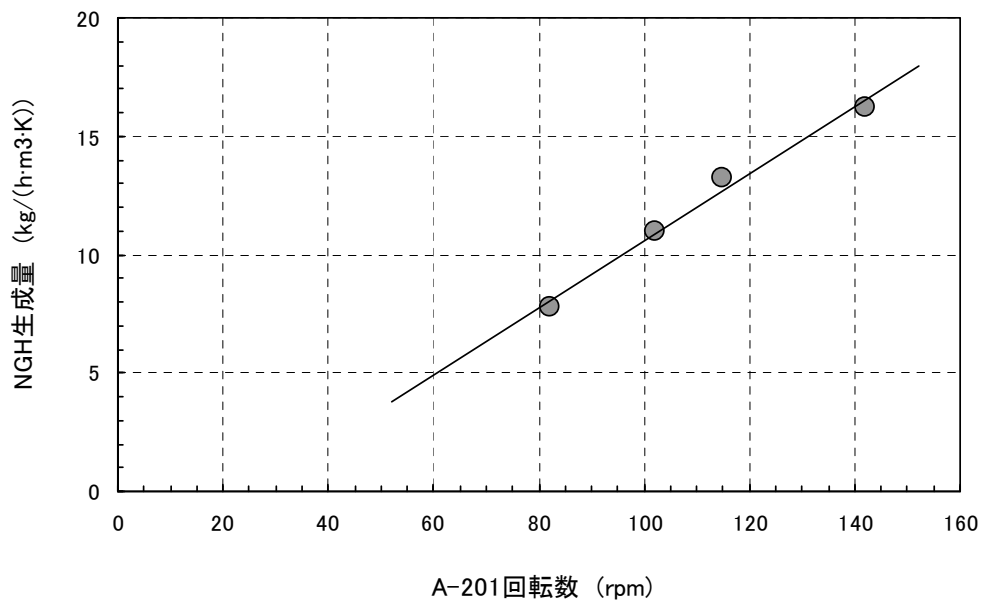


図 2.1.1.2-10 攪拌回転数に対する NGH 生成量 (単位過冷却度・単位液相容量当り)



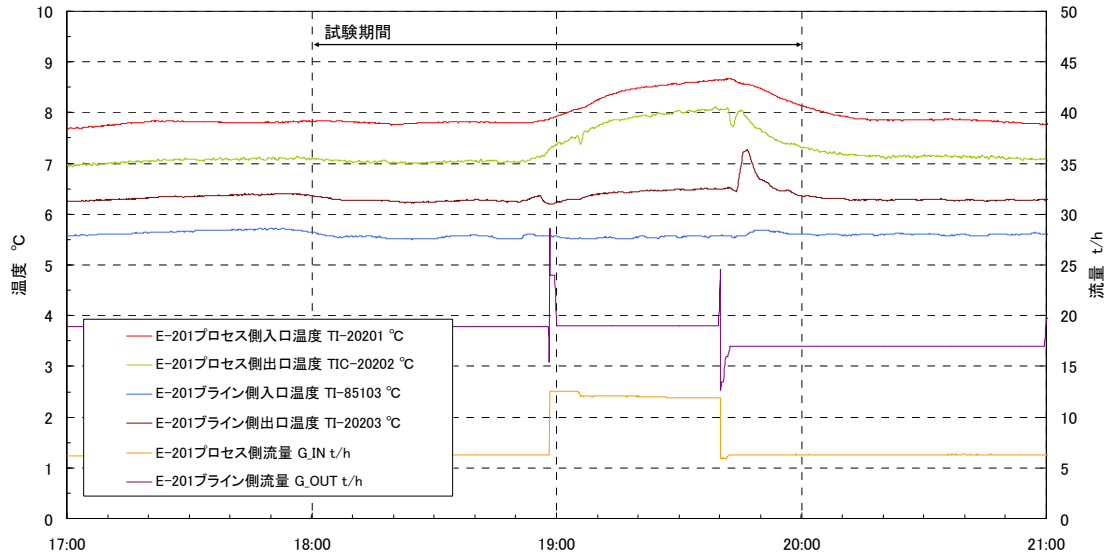


図 2.1.1.2-11 循環水冷却器 (E-201) 温度及び流量の経時変化

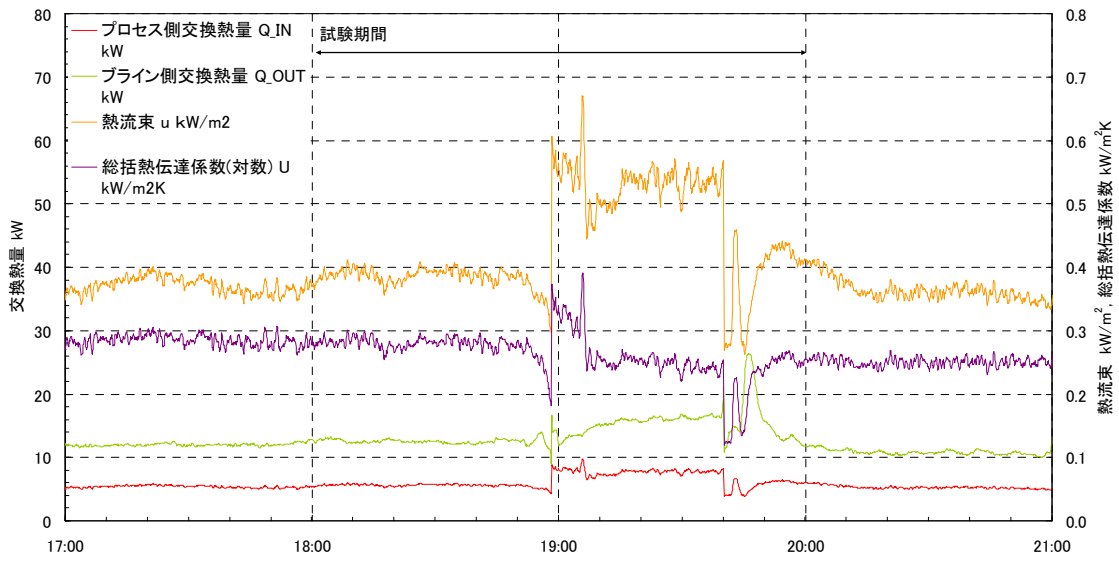


図 2.1.1.2-12 熱交換量及び総括熱伝達係数の経時変化

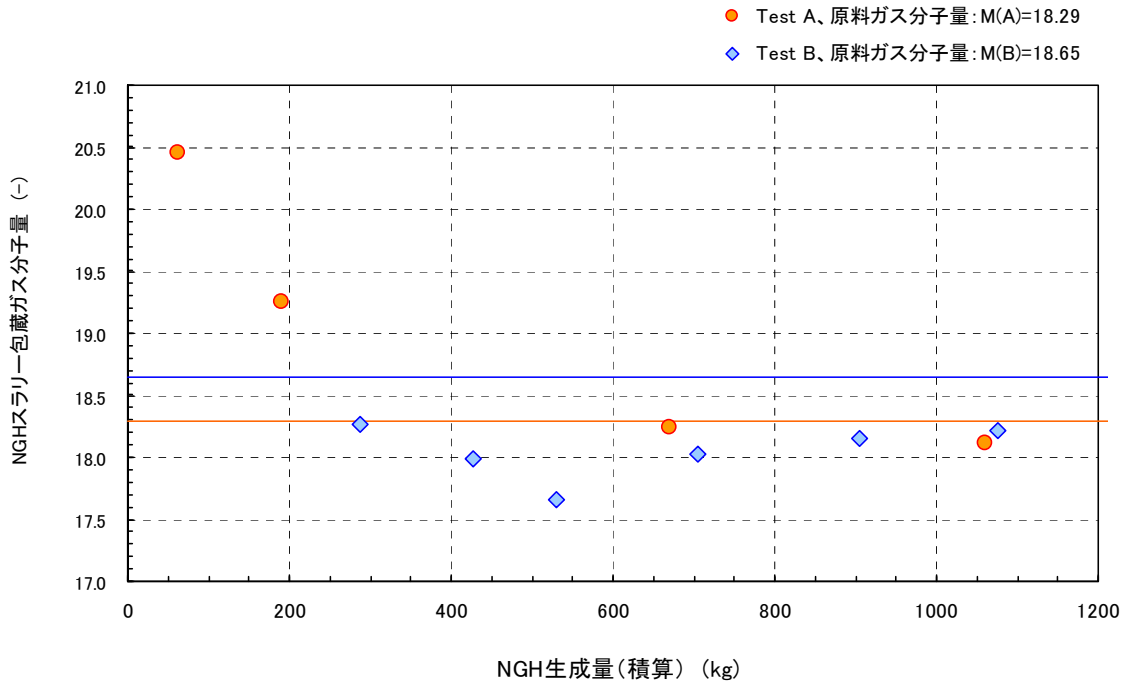


図 2.1.1.2-13 NGH 生成量 (積算) と生成器の NGH スラリー包蔵ガス分子量の関係  
及び各テストに於ける原料ガス分子量

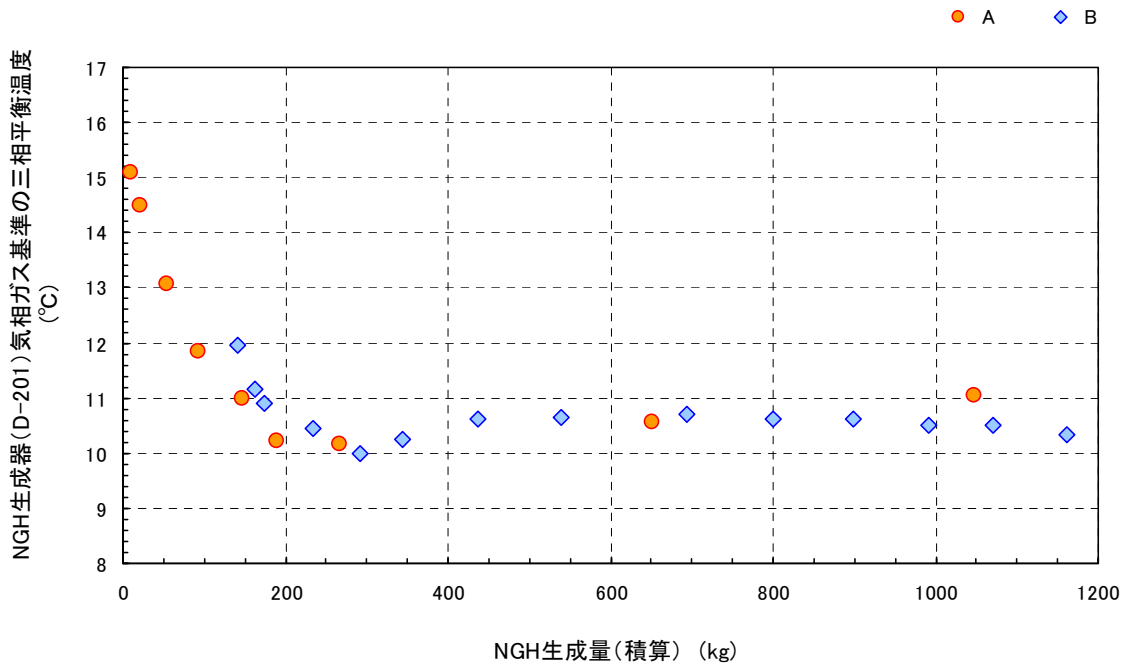


図 2.1.1.2-14 NGH 生成量 (積算) と生成器の気相ガス組成基準の三相平衡温度の関係

## (2) 脱水塔運転

### i. 運転状態

運転概要および運転条件を以下に示す。

#### 1) 運転概要

- ① D-201 系で生成した NGH スラリーを T-201 に送液し、内筒内に NGH の移動層 (NGH ベッド) を形成させる。
- ② 排水部より排出される NGH ベッドからのろ液は外塔に保持され、その液位を一定に制御するように D-201 に送液される。
- ③ NGH ベッドは脱水を続けながら内筒内を上昇し、T-201 頂部からスクレーパで払い出される。
- ④ 排水部をはさんで、内筒側と外塔側に差圧を付加することにより、脱水を促進させる。

#### 2) 運転条件

スラリーフィード流量	750kg/h
脱水塔循環水流量	650kg/h
スラリーNGH 率	6.0%

なお、スラリーNGH 率においては、以下のため 6%とした。

- ① 下流側設備の冷熱使用により生成に必要な熱量が不足。
- ② Z-402 処理量の低下により脱水塔処理量を調整。

NGH スラリーは、内筒底部にある供給部において、流路内径が 21.4mm (20A 配管) から約 1,000mm (排水部内径) に拡大するため、NGH ベッドが均一に形成されず偏りができる懸念がある。NGH ベッドに偏りができ、スラリーが排水部に向かって短絡して流れる「ろ過漏れ」が起こると、ベッドは上昇せず脱水運転が継続できなくなる。

図 2.1.1.2-15 に、スラリーフィード流量 (FI20102) および D-201 へのろ液排出流量 (T-201 循環水流量 FI20402) と、その流量差を示す。両者の間に流量差が生じていることからベッドが安定して形成されていることがわかる。

NGH ベッドは、ベッド内を水が通過する抵抗を受けて上昇する。上昇する際、内筒管壁との壁面摩擦抵抗を受ける。抵抗増大によるベッドの停滞が設計時に懸念されたため、内筒を上部拡がりのテーパ仕様とした。図 2.1.1.2-16 および図 2.1.1.2-17 に、T-201 圧力とスラリーフィード配管との差圧 (PDI20403) の経過を示す。図 2.1.1.2-16 は、スラリーフィードポンプ (P-203) 起動後からの差圧変化を、図 2.1.1.2-17 はベッドが塔頂部に到達してからの差圧変化を示している。この差圧はベッドを上昇させるための力であり、主にベッド自重および壁面抵抗によって変化するため、内筒内のベッドの状態を表す指標とみなすことができる。図 2.1.1.2-16 より、ポンプ起動後ベッドが形成され始め、送液により持ち上げられるベッド自重および壁面抵抗が徐々に増加していることから、すなわちベッドが上昇を続けていることがわかる。また、図 2.1.1.2-17 では塔頂部到達後、差圧はほぼ 0.03MPaG で推移している。これは、ベッドが塔頂部に到達してスクレーパで払い出されるようになり、ベッド自重および壁面抵抗の変化がなくなったことを示すとともに、その後も抵抗増大によるベッドの停滞がみられず安定運転できていることを示す。

ベッド上昇を確認した後、脱水促進のためベッドに脱水塔循環ガスブロウ B-202 で付加した差圧 (PDICA20407) の経時変化を図 2.1.1.2-18 に示す。ベッド内の NGH 粒子および粒子間隙に存在する液に印加される差圧は、大きな空隙等、通気しやすい部分があるとかかりにくくなる。従って、この付加差圧もベッドの状態を表す指標となる。図より差圧が 8~9kPa で連続かつ安定してかかっていることから、ベッドは通気孔の少ない均一な状態が継続していることがわかる。

運転初期、循環ガスラインにおいて T-201 から同伴した水と気相ガスとの反応により NGH が生成し、流量低下および閉塞を引き起こした。これに対し、循環ガスラインに温水トレースを施工し NGH が生成しない温度管理を行うことにより閉塞は解消した。また排水部の閉塞も起こったが、これは下流側設備の処理量低下による運転待機状況下で起こったものであり、連続運転下では発生しなかった。

以上により本設備の脱水塔は、NGH 濃度を高める脱水設備として安定運転が可能であることを確認した。

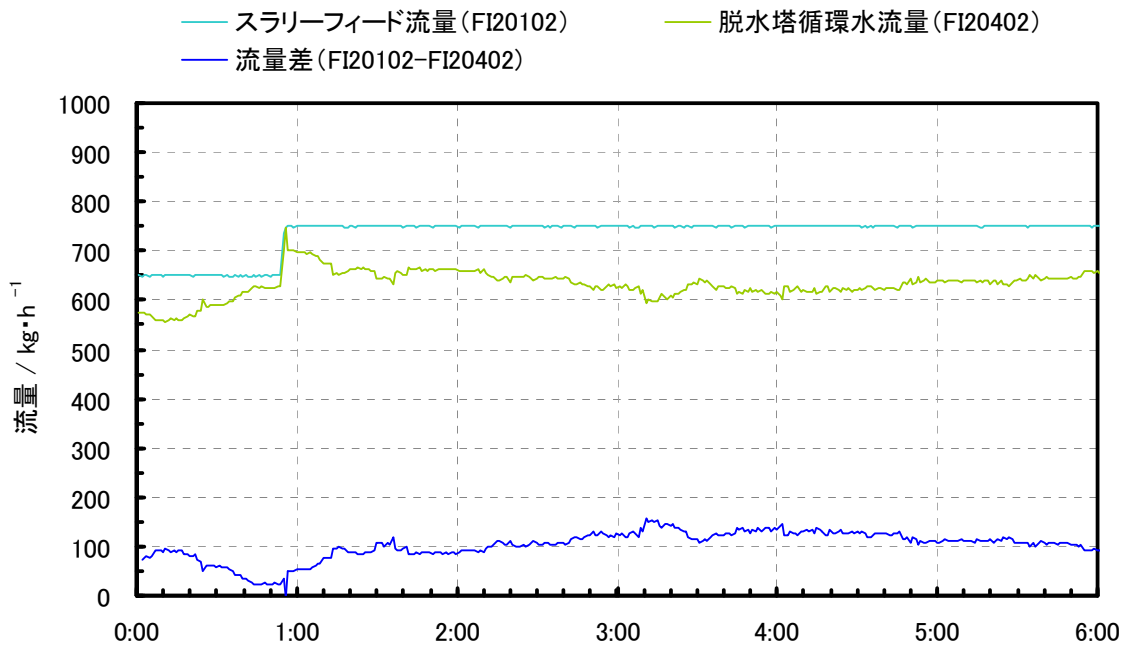


図 2.1.1.2-15 スラリーフィード流量および脱水塔循環水流量とその流量差

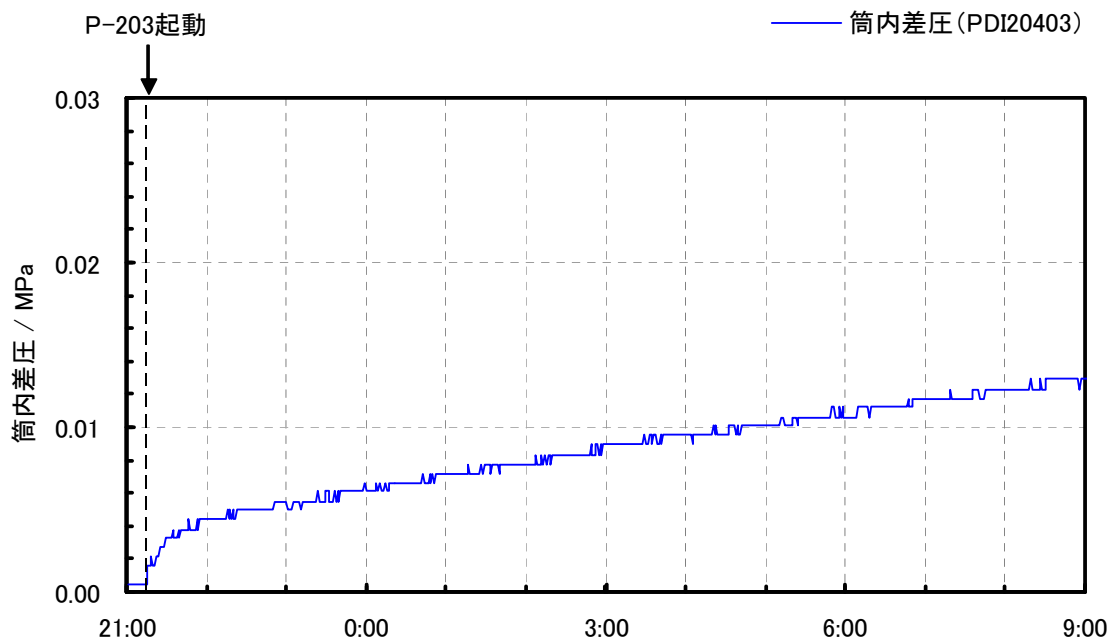


図 2.1.1.2-16 筒内差圧変化（スラリー送液開始後）

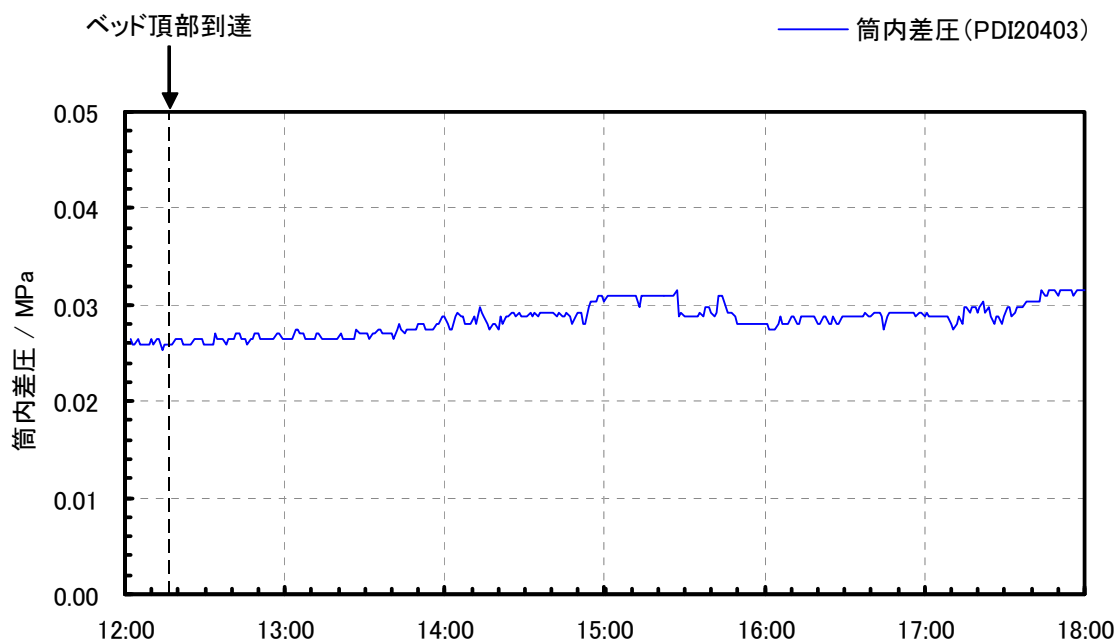


図 2.1.1.2-17 筒内差圧変化 (ベッド上部が頂部到達後)

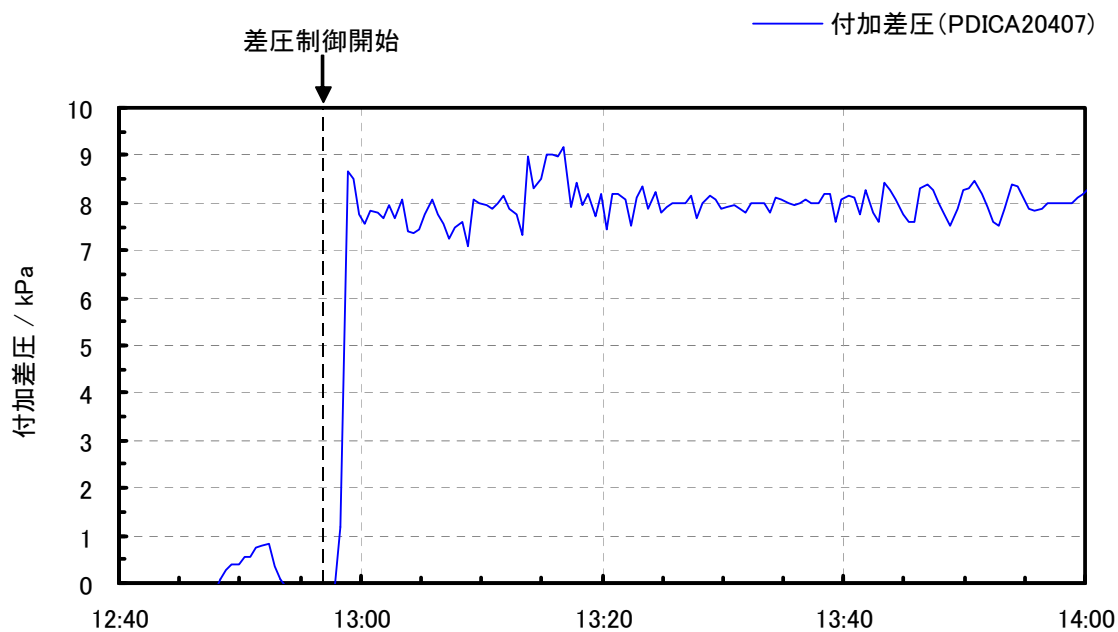


図 2.1.1.2-18 ベッド内差圧の付加状況

## ii. 脱水性能

本運転における供給スラリーおよび払い出された NGH パウダーの NGH 率の推移を表 2.1.1.2-6 に示す。スラリー濃度は、質量流量計で計測されるスラリー密度とサンプリングによる

検量線から求めた。

T-201B 出口 NGH 率は、以下に示す固体 (NGH) と液体に関する物質収支により求めた。

$$[\text{T-201 出口 NGH 率}] = [\text{①}] / [\text{②}]$$

$$\text{①} [\text{出口ベッド中の NGH}] = [\text{スラリーフィード流量}] \times [\text{スラリーNGH 率}]$$

$$\text{②} [\text{出口ベッド量}] = [\text{スラリーフィード流量}] - [\text{脱水塔循環水流量}]$$

上式において、計算に用いた流量は 1 時間平均値(表 2.1.1.2-6 に示す各時刻を中央値とする 1 時間の平均値)である。

表に示した運転例において、出口 NGH 率は、約 40% (36~53%) で推移しているものと推定された。サンプリングで得られた NGH 率も 36~46%であることから、物質収支からの推定は妥当であるといえる。また頂部に設置した ITV による観察でも、パウダー性状は水分が少ない乾いた状態であることを確認した。

以上より、本設備の脱水塔は十分な脱水性能を有しているといえる。

表 2.1.1.2-6 スラリーNGH 率と T-201 出口 NGH 率

時刻	23:30	1:00	1:30	2:00	3:00	3:30	4:00	5:00	6:00	6:30
P-203出口スラリー濃度 %		6.20	6.13	6.05	5.94	5.93	5.91	5.85	5.89	5.92
P-203出口スラリー濃度 (サンプリング結果) %	5.91 (23:25)					6.14 (3:09)				6.18 (6:45)
T-201B出口NGH率 %		46.2	46.4	43.6	35.7	36.1	35.5	38.9	44.7	53.0
T-201B出口NGH率 (サンプリング結果) %			36.0 (1:33)					45.8 (5:16)		

サンプリング結果のカッコ内は採取時刻を示す。

### (3) ペレット成型・分離運転

#### i. ペレット成型運転

KP 装置では、脱水塔から供給される NGH パウダーを KP 装置の圧力容器内ホッパーに受け、このパウダーをホッパーのスクリーで回転成型ロールに押し込み、ロールで圧搾成型してペレット化する。ペレット成型速度はこのロール回転数によって決まる。また、押し込みスクリーとロールの回転数比、パウダー状態によって、ロールのトルク値が変動する。運転ではこのトルク値を目安とし、併せてペレット分離器に落下してくるペレットを ITV で目視し成型状況を確認した。運転開始直後やパウダー供給が少なくなると成型が悪くなりパウダー落下が多い傾向がある。

ペレット分離器 (図 2.1.1.2-19 参照) には約 36° の傾斜をつけたバースクリーンがあり、スクリーン上をペレットが通過する間に同伴水分、成型バリや割れたペレット、パウダーが分離してスクリーン下に落ちる。スクリーン上のペレットは自重で下流のペレット冷却槽に落下する。スクリーン下には圧搾時の水と循環水が流れており、分離物と共に解砕機に自重で流れる構造となっている。

ペレット成型運転では、このスクリーン上にペレット破片、パウダーが起点となって徐々にペレットが堆積して下流に流れなくなる現象が生じた。ペレット堆積はペレット成型速度が速いほど生じやすい傾向がみられるが、成型速度を遅くしても生じた。このため、エアノッカーの追

設、スクリーン構造の変更を行い、一定の効果は得られたものの、ペレット堆積現象の完全な解消には至らなかった。この堆積現象解消のためにはペレットの自由落下ではなく機械式の堆積除去方法が必要と考えられる。

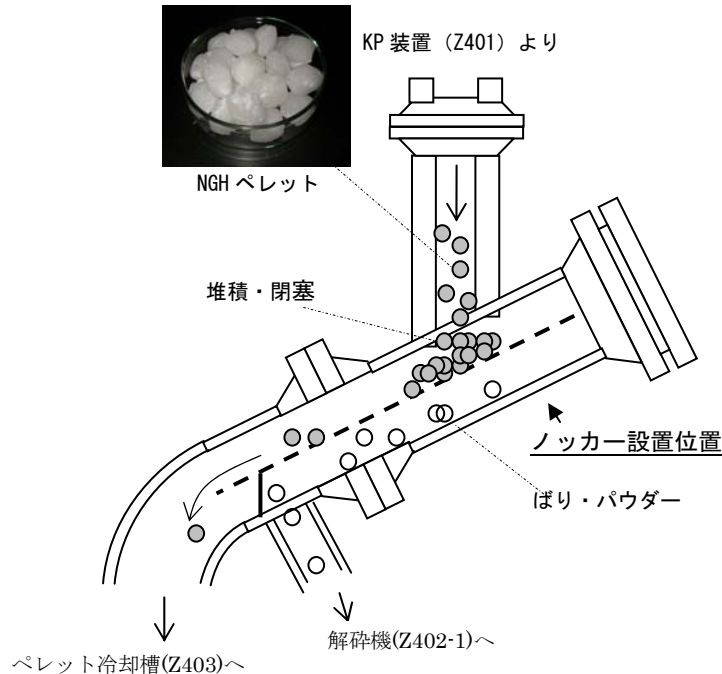


図 2.1.1.2-19 ペレット分離器模式図

## ii. ペレット成型能力確認試験結果

ペレット成型能力を確認するため、短時間での成型試験を実施した。

### 1) KP 装置定格処理能力

ロールディンプル数	196 個 (49 個×4 列)
定格ロール回転数	7.6 rpm
ペレット形状・寸法	ピロー型、22×18×13 (厚さ) mm
ペレット重量	2.37g/個 (2.9ml×0.82g/ml)
ペレット製造能力	212kg/hr (2.37g/個×196 個/ロール×7.6rpm×60 分)

### 2) 成型試験結果

#### a) 試験条件

ロール回転数	2.4~10rpm
スクリー回転数	4~17rpm
ロールトルク	15~25Nm

#### b) 試験結果

試験ロール回転数全般で、ロールトルク 15~25Nm での成型を確認した。

代表的な成型状況 (ロール、スクリー回転数、ロールトルク) を図 2.1.1.2-20~22 に示す。また、ITV にて撮影した成型ペレットの排出状況を写真 2.1.1.2-1~3 に示す。

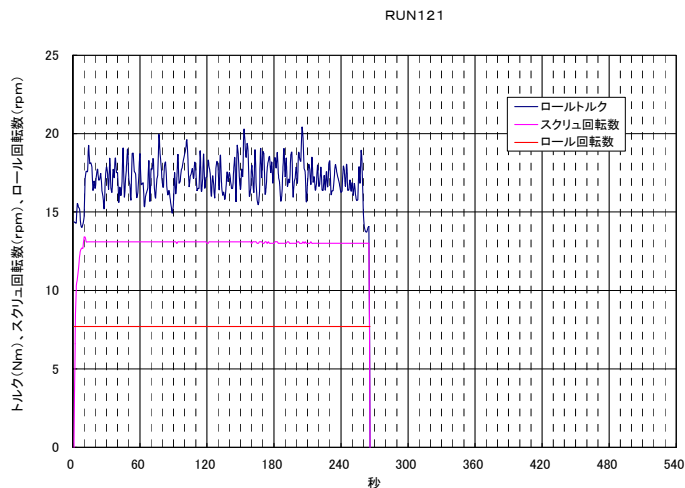


図 2.1.1.2-20 成型能力試験 (ロール 8rpm)



写真 2.1.1.2-1 ペレット排出状況 (ロール 2.4rpm 時)

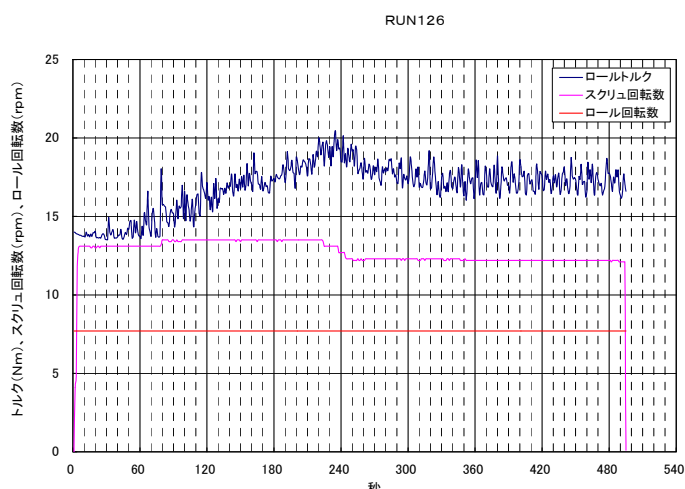


図 2.1.1.2-21 成型能力試験 (ロール 8~7.5rpm)

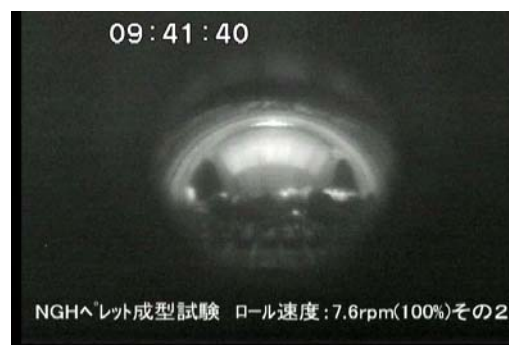


写真 2.1.1.2-3 ペレット排出状況

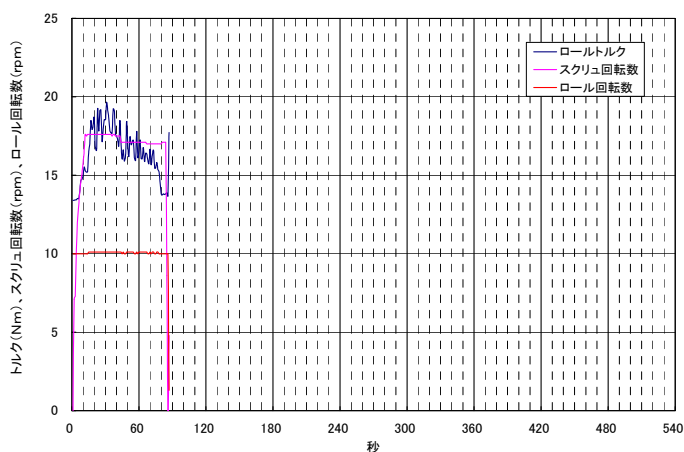


図 2.1.1.2-22 成型能力試験 (ロール 10rpm)

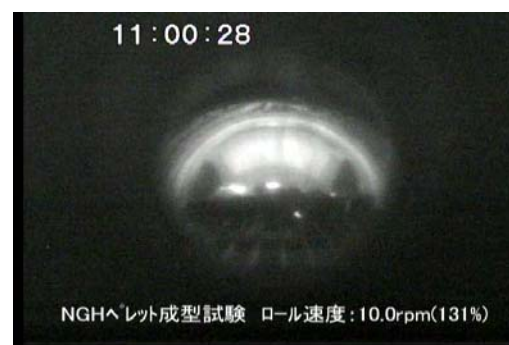


写真 2.1.1.2-2 ペレット排出状況

### 3) 試験結果の評価

成型運転で記述のようにペレット成型速度を直接測定することはできないが、定格ロール回転数以上での成型ができたことから、5 トン/日相当 (212kg/hr×24=5.1 トン/日) のペレット成型能力を有することを確認した。



### iii. ペレット品質

ペレット分離器下流のペレット冷却槽に落下する手前でサンプリングしたペレットの NGH 率、ガス組成データを表 2.1.1.2-7 および図 2.1.1.2-23 に示す。ペレット NGH 率は初期 60~70% であるが、数時間で急速に低下し 30~40% で安定化した。

表 2.1.1.2-7 Z-403 入口ペレットの計測データ

No.	No. 1	No.2
初期NGH率	60.3%	73.7%
重量	—	2.37 g/個 (5個の平均)
密度	818.0 kg/m <sup>3</sup> (10個の平均)	843.0 kg/m <sup>3</sup> (下記の平均) (873.6, 832.2, 823.2)
組成 (C1/C2/C3 : %)	70.82/12.48/12.47	67.64/11.21/15.52
包蔵ガス分子量	23.071	24.338

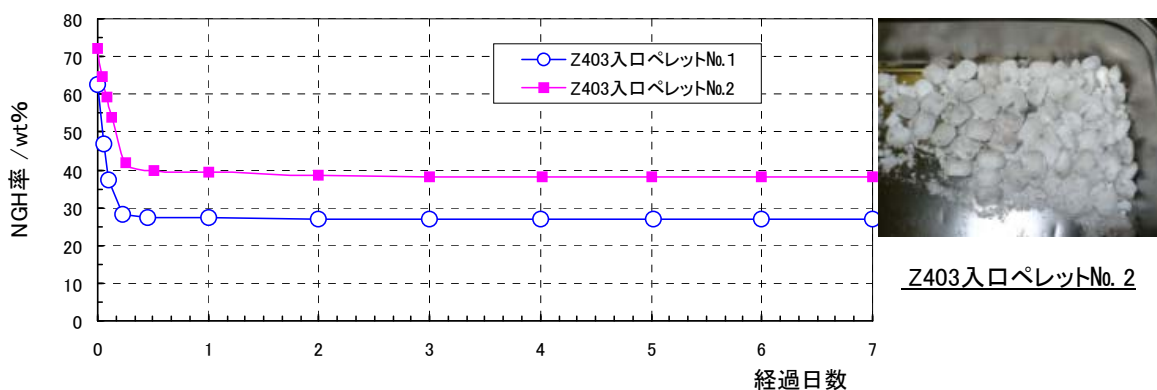


図 2.1.1.2-23 Z-403 入口ペレット NGH 率

#### (4) ペレット冷却・脱圧運転

##### i. ペレット冷却運転状況

Z-401 で成型されたペレットは、Z-402 でペレットの破片、バリ、未成型粉および水を分離した後 Z-403 (冷却槽) に供給される。Z-403 では、A-403 の 2 軸攪拌翼で 1rpm の緩速攪拌を行いながら、冷却槽の下部から -22℃ の冷却ガスを噴出させてペレットを直接冷却する。

ペレットを冷却して温度上昇した冷却ガスは、B-401 (循環ガスブロウ) により Z-403 のトップから吸引され、Z-403 の底部から供給する循環ラインを形成する。さらに循環ガスは、循環ラインの途中に設置したシェル&チューブ式熱交 E-401 (循環ガス冷却器) で冷却される。

E-401 ではチューブ側に循環ガスを流し、シェル側に -40℃ のプロパン液を流すことによって循環ガスを冷却している。

Z-403 におけるペレットの冷却時間は、図 2.1.1.2-24 に示す非定常熱伝導の計算結果から 30 分に設定した。運転では、Z-403 へのペレット連続投入、Z-403 からの連続払出しができなかったため、Z-403 にペレット投入後 30 分経過してからペレットの払い出しを行った。

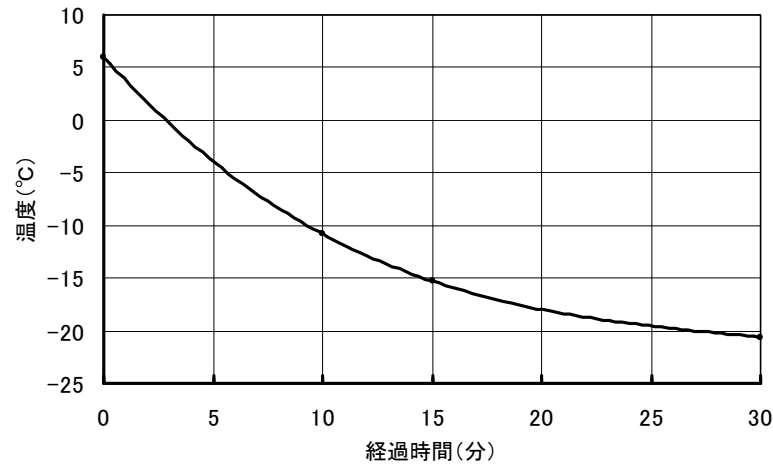


図2.1.1.2-24 ペレット中心温度の経時変化(計算結果)

### ii. ペレット冷却性能

Z-403 で冷却したペレットは後述のように脱圧シーケンスで出荷設備側に払出され、D-603 (受入れホッパー)、Z-601 (垂直コンベア)、Z-602 (水平コンベア)、Z-604 (デストリビュータ) を経由してローリーに積込まれる。積込みの際に Z-601 と Z-602 の間に設置した 3 方弁を切り替えて、ペレットのサンプリングを行った。

ペレットの冷却性能を把握するため、サンプリングしたペレットを低温分析室に持込み、ペレット層に熱電対のプローブを差し込んでペレット温度を測定した。

ペレット温度の測定結果を表 2.1.1.2-8 に示す。

表 2.1.1.2-8 ペレット温度測定結果

測定 No.	Z-403 温度 (°C)	A-403 回転数 (rpm)	B-401			ペレット 温度 (°C)
			循環ガス流量 (kg/h)	出口温度 (°C)	E-401 出口 ガス温度 (°C)	
1	-20.8	1	2147	-18.8	-22.1	-24.0
2	-20.4	1	2122	-18.3	-21.2	-24.0

表 2.1.1.2-8 から Z-403 温度に対し、ペレット温度が低くなる結果が得られた。これは、脱圧シーケンスで 5.3MPaG から、0MPaG まで降圧した際の若干のペレット分解によってペレット自身が冷却したためと考えられる。

表 2.1.1.2-8 の結果から、Z-403 はペレットを脱圧後のペレットハンドリング温度である -20°C まで冷却する性能を有していることが確認できた。

### iii. 脱圧シーケンス運転状況

Z-403 で冷却したペレットを脱圧シーケンスで大気圧まで降圧し払出しを行った。

脱圧シーケンスは、冷却槽下部に取り付けた底栓弁と称するピストン弁、D-501A/B(脱圧ドラム)の上下に設置した 4 基のボール弁の組合せで 2 系列 (A 系、B 系) 設置しており、A 系、B 系それぞれの底栓弁、ボール弁 6 基を圧力および時間シーケンスで作動して、回分式にペレットを払出す。各系列には①2 基のボール弁を閉止して D-501A/B を昇圧する「昇圧工程」、②底栓弁および D-501A/B の上方弁を開けて D-501A/B にペレットを受け入れる「受入工程」、③大気圧への払出しのために D-501A/B を減圧する「脱圧工程」、④D-501A/B の下方弁を開けて D-501A/B から出荷設備にペレットを払出す「排出工程」から構成されている。

ペレットの受入れなしで、弁の開閉操作と D-501A/B の昇圧、脱圧を行った脱圧シーケンス運転結果を図 2.1.1.2-25 に示す。図から A 系、B 系共に「昇圧」、「受入」、「脱圧」、「排出」工程を

260 秒で終了し、シーケンスが連続して作動しているのが分かる。

昇圧のための D-501A/B への供給ガス流量は 330kg/h であり、各工程での詰まりや A 系と B 系の工程が揃ってしまいう事象等はなく、安定な運転ができています。

#### iv. 脱圧シーケンスによるペレット払出量

表 2.1.1.2-9 に、大口需要家向けローリーに積込んだペレット量とその時の脱圧シーケンスによる払出し回数を示す。

ペレット量は、ローリーの空重量とペレット積載時重量をそれぞれ測定した結果に基づいている。また、脱圧シーケンス回数は、ローリー積込み運転時にバッチ操作で払出した回数を積算したものである。

表 2.1.1.2-9 ローリー積載重量と脱圧シーケンス作動回数

ローリー積載 ペレット重量	脱圧シーケンス払 出し回数 (A 系、B 系それぞれ積算)	シーケンス 1 回当た りのペレット払出 し量
370kg	48 回	7.7kg/回

表からシーケンス 1 回当たりの払出し量は 7.7kg となる。

図 2.1.1.2-25 から、シーケンスの 1 サイクル時間が 260 秒であり、この間に D-501A/B でそれぞれ 1 回払出されるので、1 時間当たりの払出し量は、以下となる。

$$7.7\text{kg} \times 2^{\text{回}} \times \frac{3600\text{秒}}{260\text{秒}} = 213\text{k g/h}$$

定格ペレット払出し量 208.3kg/h (=5 トン/日) < 213kg/h となり、脱圧シーケンスによるペレット払出し量は定格性能を有することが確認できた。

#### v. Z-403 入口配管での閉塞

今回の試運転において、ある程度長時間運転の後に図 2.1.1.2-26 に示す Z-403 の入口部において閉塞が発生している。

閉塞の原因は、Z-402 で分離できなかったバリ、未成型の粉およびペレットの一部が Z-403 の仕切り板状で凍結・堆積することによるものと考えられる。

Z-402 は常温雰囲気に対し Z-403 では -20°C の氷点以下雰囲気になっており、水分を含んだバリ、未成型粉、ペレットが Z-403 の仕切り板に接触した時に凍結することによる。

この位置での閉塞は、Z-403 下流へのペレット搬送が不可となり、長時間の連続運転ができなくなるため、仕切り板の温度を Z-403 の雰囲気温度より上げ気味にして、仕切り板での凍結時間を伸長することと、仕切り板に撥水材料を取り付けて堆積物のすべりを良くすることなどの対策を行うことが望まれる。

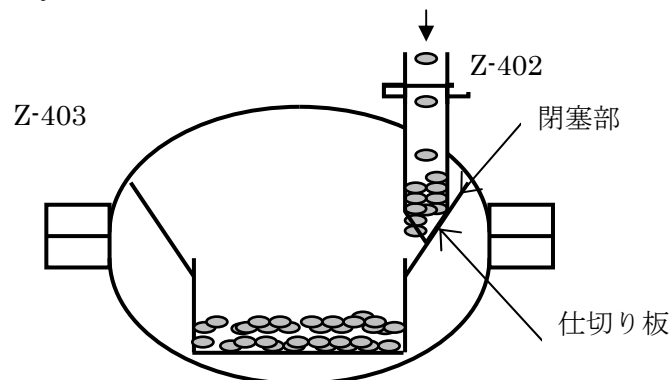


図 2.1.1.2-26 Z403 における閉塞

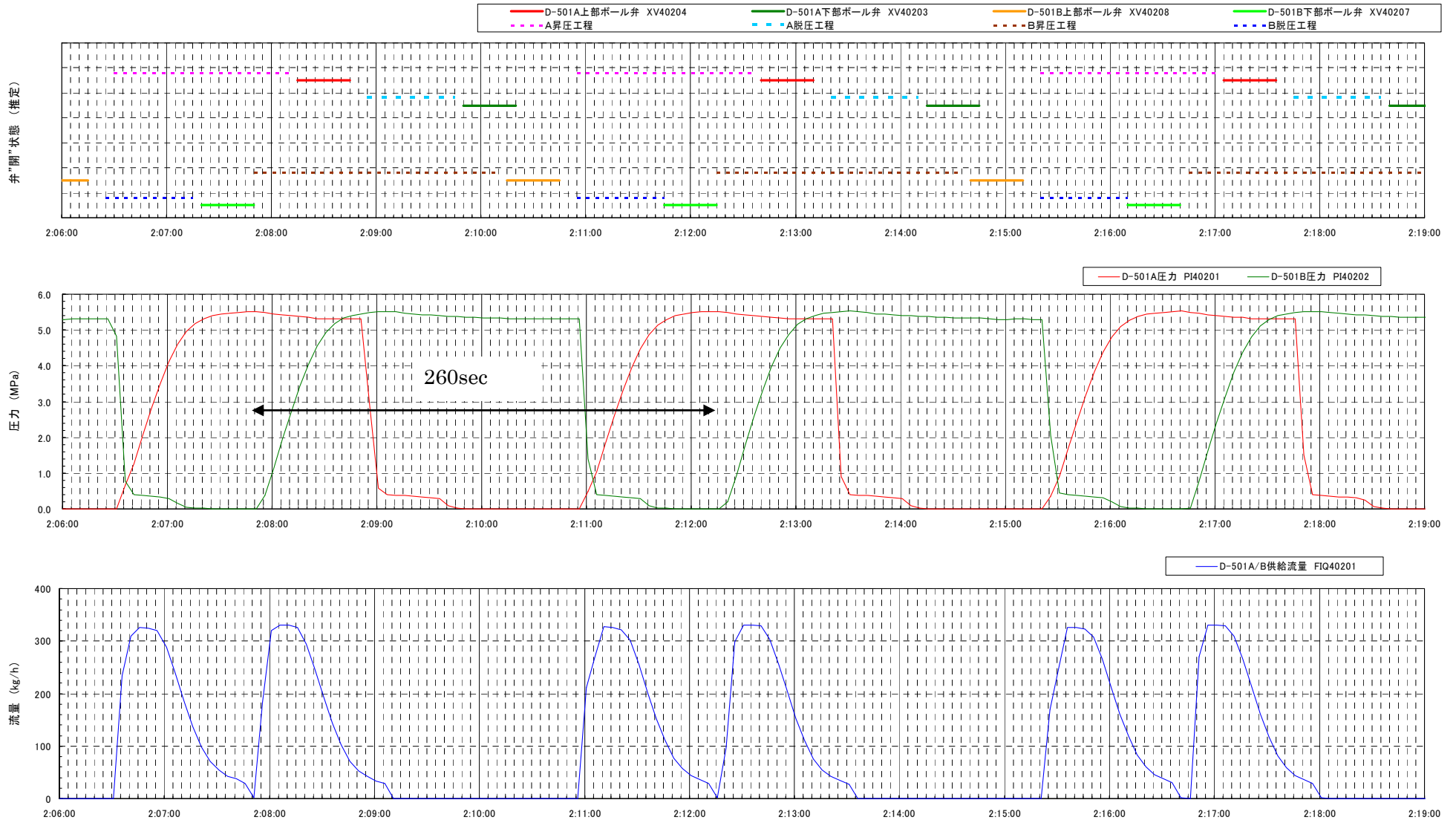


図 2.1.1.2-25 脱圧シーケンス運転結果 (ペレット受入なし)

## (5) ペレット出荷設備運転

### i. 出荷設備の運転

ペレット出荷設備はペレット温度 (-20℃) に合わせ、BR2 トレースによって-20℃前後に冷却される。系内への外気漏れこみを防ぐためベント系のシールポットにより+30～50mmAq に微加圧されている。

NGH 製造・出荷設備の脱圧槽から払い出されたペレットは、受入れホッパーD-603、定量コンベア Z-603、垂直コンベア Z-601、水平コンベア Z-602、ディストリビュータ Z-604 へと流れ、Z-604 以降は重力流で輸送コンテナに移送される。

### ii. 試運転時の状況

試運転として小口需要家向けコンテナへの積込 1 回と大口需要家向けコンテナへの積込 2 回の計 3 回を実施したが、ペレット搬送量等の詳細を計測した小口需要家向けコンテナへの積込のうち 4 号容器の場合について以下に示す。

#### 1) 主要機器の搬送条件

定量コンベア回転数	7.0rpm
垂直コンベアベルト速度	5m/min
水平コンベアベルト速度	5m/min

#### 2) 計測方法 (写真 2.1.1.2-4 参照)

積込用容器を載せたトラックのタイヤ下面にロードセルを設置し総重量を計測した。ペレット脱圧槽からのペレットの払出しは 2 つの脱圧槽を交互に切り替えることで連続的に行なわれるが、試運転時においてはペレット供給量の関係でバッチ単位での払出しとなった。そのためバッチ毎に容器へのペレット積込が開始した時刻ならびに積込が完了した時刻について記録し、実際に積み込みに要した時間を算出した。

#### 3) 搬送結果 (表 2.1.1.2-10 参照)

搬送回数	12 回
搬送量	208kg
搬送速度	最大 1,560kg/h (37.4ton/日) 平均 720 kg/h (17.3ton/日)

#### 4) 結果の評価

総重量の増加量から計算される払出重量と実際に払い出した時間より算定した時間当たりの搬送重量について図 2.1.1.2-27 に示す。これによると定格払出速度 (5ton/日) に比べ 3 倍から 7 倍程度の搬送速度で十分な余裕をもっており、また当初設定した搬送速度とほぼ同様の結果となった。写真 2.1.1.2-5 に Z-602 のサイトグラスより撮影した水平コンベアシュート部での搬送状況について示す。なお搬送中にはコンベア関係の停滞等の不具合は発生しなかったが、垂直コンベアにおいてバケット取り付け部段差に載った小片ペレットや粉体がコンベア容器底部に滞留する現象がみられた。長期間運転時を考慮すると融解・排出できる機能が必要と考えられる。

### iii. 出荷設備の自動化

出荷設備は安全性および省力化の観点から一部自動化運転可能なように設計されている。例えば Z-604 のディストリビュータは水平コンベアから受け取ったペレットを 6 方向に分配する機能を持っているが、その切り替えについてはコンテナ内部に設置されている満杯センサーの信号によりシーケンス制御にて行なわれる。また、Z-601 の垂直コンベアと Z-602 の水平コンベアの間設置してある三方弁は垂直コンベアのつまりセンサーと連動しており、閉塞などの緊急時には D-602 オフスペックペレット容器へのラインへ自動切り替えが行なわれる。なお、オフスペックペレットの処理についてはシーケンス制御による自動運転となる。

省力化の観点からいうと、例えば水平コンベアの場合、ガス浮上式コンベアが採用されており、ローラー等の省略により可動部を減らすことで信頼性およびメンテナンス性の向上を図っている。

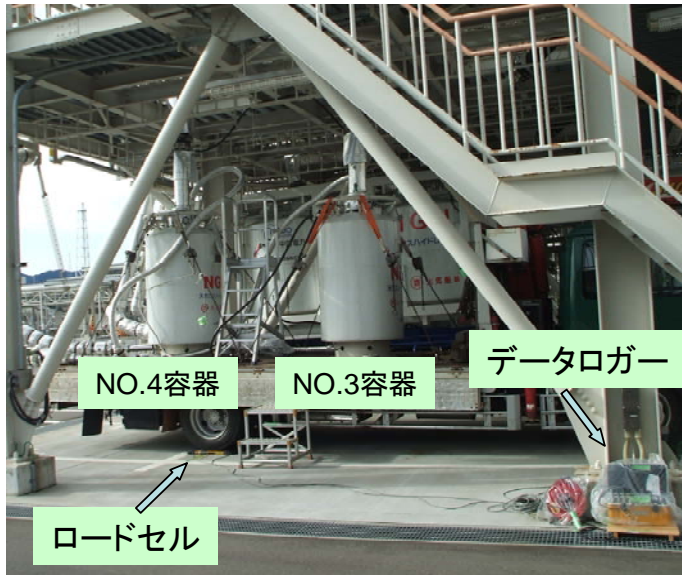


写真 2.1.1.2-4 計測要領



写真 2.1.1.2-5 搬送状況  
(水平コンベアシュート部)

表 2.1.1.2-10 容器への積込状況

払回数	時刻	ロードセルの値(kg)	ペレット増加量(kg)	ペレット積算重量(kg)	時間間隔(S)	時間当たりの搬送量(kg/h)	備考
1回目	10:06	7,464					この間は5分毎に計測、最後の5分間の内3分程はロードセルの値が変わらない状態であった。
	10:11	7,476					
	10:16	7,506	50	50	900	200	
	10:21	7,514					
2回目	11:59	7,514	30	80	180	600	3分毎に計測。
	12:02	7,544					
3回目	13:33:30	7,544					3回目からは払出のネット時間から払出量を算定した。
	13:34:30	7,570	26	106	60	1,560	
4回目	13:46:10	7,570	12	118	70	617	
	13:47:20	7,582					
5回目	13:54:50	7,582	10	128	65	554	
	13:55:55	7,592					
6回目	14:56:00	7,592	10	138	60	600	
	14:57:00	7,602					
7回目	15:07:19	7,602	12	150	60	720	
	15:08:19	7,614					
8回目	15:17:33	7,614	12	162	67	645	
	15:18:40	7,626					
9回目	15:38:00	7,626	10	172	65	554	
	15:39:05	7,636					
10回目	15:44:50	7,636	12	184	61	708	
	15:45:51	7,648					
11回目	16:42:35	7,648	12	196	66	655	
	16:43:41	7,660					
12回目	16:49:16	7,660	12	208	66	655	
	16:50:22	7,672					

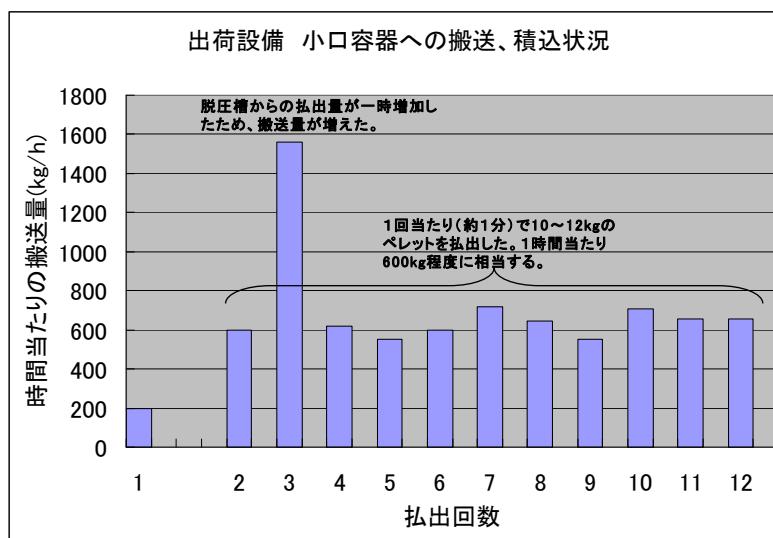


図 2.1.1.2-27 搬送、積込速度

#### iv. 輸送コンテナの冷却運転

##### 1) 小口需要家向けコンテナ

小口需要家向けのペレット配送コンテナ（以下、小口容器と称する。）は、200kg/容器×2基で配送することで計画されており、ペレットの貯留、配送時におけるペレットの融解を低減するため、積載前に2基同時に予冷を行う。冷却はBR2の冷熱を用いてE-602, E-603熱交換器によりNGを冷却し、B-602ブロワにより循環運転をすることで行う。

予冷試験結果を図2.1.1.2-28に示す。図は、BR2温度、NG温度冷熱源となるBR温度、小口容器外表面温度、外気温を示している。循環冷却ガスであるNGは4時間程度でBR温度近くまで冷却される。容器温度は外気温の影響もあり、10時間経過後-8℃前後でほぼ頭打ちとなった。その後気温低下によって若干冷却が進むが外気温との温度差18℃前後で一定になっている。

冷却温度が-10℃前後から下がらない原因は、コスト低減化を目的として冷却ガス流路を融解水流路と兼用しているため、十分な冷却ガス流量が得られず容器入口までにガス温度が上昇することが考えられる。

##### 2) 大口需要家向けコンテナ

大口需要家向けのペレット配送コンテナ（以下、ローリーと称する。）は、縦型円筒容器2基の型式（5トン積載）と横置円筒容器1基の型式（7.5トン積載）の2種類ある。なお予冷要領については小口需要家向けコンテナの場合と同様である。

横置円筒計器（3号車）の予冷試験結果を図2.1.1.2-29に示す。小口容器に比べ、容器本体の冷却速度は緩やかとなっているが冷却温度はより低くなり、また外気の影響が小口容器に比べ小さい。なお、図の途中でNG温度が高くなっているが、この前後で冷却を中断していたためである。

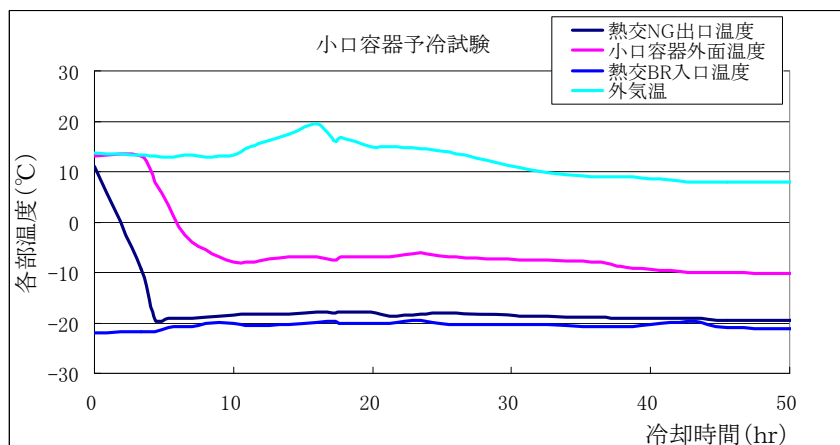


図 2.1.1.2-28 小口容器予冷試験結果

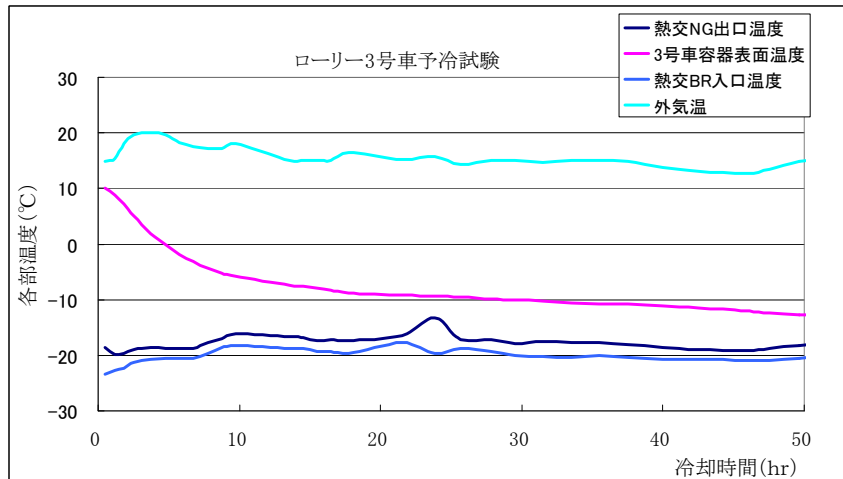


図 2.1.1.2-29 ローリー予冷試験結果

## (6) まとめ

### i. 設備製造能力について

NGH 製造設備は、NGH 生成、脱水、成型、冷却、脱圧の各工程で構成されている。試運転時に明らかとなったペレット排出時の閉塞現象のため設備全体としての製造能力の確認はできなかった。このため、各工程の主要機器に定格処理能力(ペレット製造 5 トン/日)があるかどうかを確認した。

生成工程では、NGH 生成能力試験を行い定格処理能力に相当する NGH 生成が可能であることを確認した。

脱水工程は生成されたスラリーの NGH 濃度を上げてパウダーとする工程であり、直接的に製造量を決める工程ではないが、計画値である NGH 率 40%のパウダーを得ることができた。

成型工程では、KP 装置ペレット製造能力試験を行い、下流閉塞のため短時間ではあるが、定格処理能力を有することを確認した。

冷却工程も直接的に製造量を決める工程ではなく、冷却ガス循環流量は確保されていることから特に冷却不足になることはないと考えられる。

脱圧工程では、加圧→ペレット受入→脱圧→ペレット払出、の繰り返しとなる。試験では加圧時間を計画よりも長くとする必要が生じたが、この場合でも払出量は定格処理量に対し余裕のあることが確認できた。

以上により、各工程の主要機器能力は定格処理能力を有することが確認された。

### ii. ペレット品質について

ペレット品質は計画値である NGH 率 75%に至らなかった。この原因としては断続運転に伴う脱水塔パウダー性状の変化、重質分の多いペレットであるといった幾つかの要因が考えられる。

一方、今回装置と同様プロセスである三井造船(株)千葉事業所のベンチスケール試験装置では計画値である NGH 率が達成されているため、今後これらの要因、運転条件を比較・検討することで計画値である NGH 率を達成することが重要な課題となる。

### iii. ペレット閉塞について

ペレットの閉塞は、ペレット分離器部と冷却槽入口ノズル部で生じている。ペレット分離器部の閉塞は機械的な形状要因であり、冷却槽入口ノズル部の閉塞は形状要因とペレット温度および雰囲気温度が氷点を超えて変化することに起因すると考えられる。今回装置では高圧ガス設備であり機器改造が期間的に困難であったことから根本的な対策がとれなかったが、低温の固体ハンドリングに関する貴重な経験を得ることができた。



### 2.1.1.3 需要家向けペレット製造・出荷運転

本節では、小口需要家向けペレット、大口需要家向けペレットの製造・出荷設備運転における設備運転安定性、ペレット品質、エネルギー投入量、LNG 冷熱回収率、既存発電所への影響について報告する。

#### (1) 運転結果

##### i. 運転経緯

小口需要家向けペレットおよび大口需要家向けペレットの製造・出荷設備運転の経緯は以下に示すとおりである。

##### 1) 小口需要家向け運転

- ① 設備昇圧、製造系及び出荷系の設備冷却、生成器、脱水塔温度調整等を行う。  
また、ペレット配送用小口容器は、予め輸送用トラック荷台に乗せた状態でペレット投入管を接続しておきペレット投入前までに冷却ガスを循環して容器内を冷却した。
- ② NGH 生成平衡温度以下に生成器液温を下げて生成開始。  
なお、生成器気相ガス、循環スラリーを適宜サンプリングして平衡温度、ガス組成、NGH 率等を測定した。
- ③ 脱水は、最初は T-201A にスラリーを送液し、生成器気相組成がほぼ安定したら T-201B に切り替える運転とした。  
NGH ベッドが脱水塔上部に達し脱水パウダーを成型系へ払い出し成型開始。
- ④ 成型は KP 装置下流のペレット分離器および下流でのペレット詰り現象が生ずるため断続運転で行った。この間の NGH 生成は中断し維持運転とした。
- ⑤ ペレット冷却槽内のペレットは脱圧槽で脱圧し、出荷系搬送機器から小口容器に投入した。ペレット投入前後ではペレットをサンプリングして組成、NGH 率等を測定した。
- ⑥ ペレット冷却槽入口配管部での閉塞のため運転を停止し、これまでに積載したペレット (236kg) を小口需要家へ配送した。  
NGH 生成開始から運転停止までの連続運転時間は 87 時間 (維持運転を含む) であった。

##### 2) 大口需要家向け運転

- ① 小口向けと同様に、昇圧、温調等を行う。脱水塔は生成試験時のベッドを保持した状態とした。  
大口向け配送ローリー車は 3 号車を用いた。
- ② NGH 生成平衡温度以下に生成器液温を下げて生成開始。サンプリングを行った。
- ③ 脱水塔ベッドを保持していたが、保持時間が長くスクリーン部での閉塞があったため、一旦ベッド融解操作を行ったのち、生成を再開した。
- ④ 成型は小口向けと同じくペレット分離器および下流での詰りの解除を行いながらの断続運転であった。
- ⑤ ペレット冷却槽入口配管部での閉塞のため運転を停止し、約 370kg のペレットを大口需要家へ配送した。  
NGH 生成開始から運転停止までの連続運転時間は 92 時間 (維持運転を含む) であった。

##### ii. 設備運転安定性

運転中における各工程の異常有無、運転安定性等について記載する。

##### 1) LNG 冷熱回収系

- ① LNG 基地から受け入れる LNG の圧力は、小口需要家向けペレット製造時 3.87～

4.22MPaG, -154~-152°C、大口需要家向けペレット製造時 3.87~4.29MPaG, -153~-152°Cであった。圧力は若干変動あるが温度はほぼ一定であった。受入れ LNG 圧力の変動は下流側の圧力・流量変動となるため、LNG ポンプ入口の圧力制御弁でほぼ一定圧となるように制御されており、安定した運転が可能であった。

- ② 受け入れた LNG の冷熱は熱交換器 E-101、E-102A/B 及び E-104 で回収され、ガスとなって大半は NG 母管に返送される。返送ガスは、3.31~3.20MPaG, 11.5~14.7°C であり安定した運転であった。ガスの一部は NGH 原料ガスおよびペレット脱圧時の脱圧槽昇圧ガスとして供給される。昇圧時のガス供給流量が多いと系統全体の圧力変動となるため、昇圧速度を 1 分程度に制御することで安定運転ができた。
- ③ LNG 冷熱は中間冷媒系 (Ref1, Ref3)、ブライン系 (BR1, BR2) を経て各ユーザーに供給されている。運転開始時には、BR 1 ユーザーと BR 2 ユーザーとの冷熱負荷が変わるため、E-101、E-102A/B の熱交換量を変える必要があり、中間冷媒系の熱交換器液面設定値の手動設定、ダミー負荷運転によって安定運転ができたが、中間冷媒温度や BR 温度が安定するまでには数時間がかかった。連続運転時は各ユーザーの冷熱負荷はほぼ一定であり安定した運転であった。

## 2) NGH 生成・脱水系

- ① 生成系運転では、冬季の外気温低下による循環ガスラインの閉塞等が発生したが、当該ラインの温水トレース設置によって安定運転ができた。但し、飛沫同伴はあるため定期的に液の抜き出し操作を行う必要がある。
- ② 成型運転を継続していると、NGH 生成熱を除去する循環水冷却器(E-201)での NGH 生成に伴って徐々に伝熱性能の低下が生じてくる。運転では冷却性能の低下あるいはポンプ吐出圧の上昇をみて、一旦生成運転を中断 (BR の通液停止) し、伝面部の融解操作を行って生成運転を再開した。生成中断中の脱水塔以降の下流設備は圧力・温度を保持する維持運転とした。
- ③ 脱水塔ではスラリー中の水分を除去するスクリーンでの閉塞が生じやすい。このため、定期的にスクリーン部に循環ろ液をかけて閉塞を防止し安定運転を図った。

## 3) ペレット成型・冷却・脱圧系

- ① ペレット成型は成型ロール軸にかかるトルク値を一定範囲になるように、ロール回転数とパウダーを送り込むスクリー回転数との比を調整して運転を行う。成型開始時には粉体が多いが、安定した運転ができた。
- ② 成型器下流のペレット分離器部およびその下流ではペレットおよびペレット破片が堆積したため、堆積状態をみて成型を中断した。ペレット分離器にはエアノッカーがあり、この効果によって堆積物が徐々に解消される。解消後に成型を再開する断続運転を実施した。
- ③ ペレット冷却槽では循環ガスによってペレットが冷却される。一定時間(30 分以上)冷却したペレットは脱圧槽に払いだされて大気圧まで脱圧されて出荷設備コンベアに落下する。ペレット冷却、払出し、脱圧の各運転は安定した運転であった。
- ④ ペレット冷却槽入口配管部は、高温部から低温部に移行する境界になるため、NGH 生成条件下であるとともに、上流の気相中水分、ペレット同伴水が混じりやすい環境にある。これとペレットの入口配管部でのペレット堆積とが相互作用し、閉塞現象が発生した。この解消にはペレット冷却槽を升温する必要があるため、運転を停止した。

## 4) 出荷設備

- ① ペレット搬送の定量ホッパー、垂直コンベア、水平コンベア、ディストリビュータの各機器運転は安定した運転であった。ペレットに同伴する粉体分や搬送中にこぼれたペレットがコンベア内部に溜まるが特に問題なく運転できた。

- ② オフスペックペレット融解、持帰りペレット融解処理運転は問題なく運転できた。
- ③ 配送容器（小口容器、大口用ローリー車）の冷却では、冷却ガス循環ライン圧力損失が大きいため所定流量による循環ができなかったため、冷却到達温度が計画値より高めとなった。
- ④ 容器冷却温度が計画値より高めであったため、念のため配送前に内部温度・圧力上昇程度を計測し、圧力上昇がほとんど見られないことを事前に確認した。

iii. ペレット品質

1) ペレット NGH 率

小口需要家向けペレットの NGH 率変化を図 2.1.1.3-1、大口需要家向けペレットの NGH 率変化を図 2.1.1.3-2 に示す。

初期 NGH 率は、小口向け 30～50%、大口向け 40～60%であるが、いずれも急速に低下し、ほぼ半日で安定化して小口向け 15～30%、大口向け 10～20%となり、初期 NGH 率が高い方が、安定化時 NGH 率は逆に低い数値となっている。

2) ペレットガス組成

ペレットのガス組成を表 2.1.1.3-1 に示す。

組成からみると、定常状態（原料組成に近い状態）になっておらず、メタン濃度はいずれも 70%前後であり、運転時間経過によって原料組成側へメタン濃度が上がる傾向がみえる。これらの要因としては、以下が挙げられる。

- ① 成型器に送られる脱水塔内の NGH ベッドは、NGH 生成初期のものが上部にあり成型も初期組成のものとなる。
- ② 脱水塔気相部はほぼ原料組成であるが、この気相部温度は 20℃前後であり一方、NGH ベッドは 10℃以下であるため、気相とベッドとの界面では NGH 融解と NGH 生成が、気相部濃度に対応して生じていることが考えられる。

表 2.1.1.3-1 ペレットガス組成

サンプル		ガス組成 (%)					分子量
		CH4	C2H6	C3H8	i-C4H10	n-C4H10	
小口需要家向けペレット	成型累計2hr	69.76	12.13	14.74	2.57	0.80	23.30
	成型累計3hr	69.74	12.17	14.75	2.53	0.81	23.29
	成型累計4hr	71.52	12.11	13.18	2.37	0.82	22.78
		71.27	12.12	13.36	2.43	0.82	22.86
成型累計8hr	74.61	11.12	11.04	2.43	0.79	22.06	
大口需要家向けペレット	成型累計6hr	68.97	12.41	14.83	2.94	0.85	23.54
	成型累計10hr	69.63	13.33	13.72	2.42	0.89	23.16
	成型累計18hr	71.93	12.71	12.52	2.00	0.83	22.53

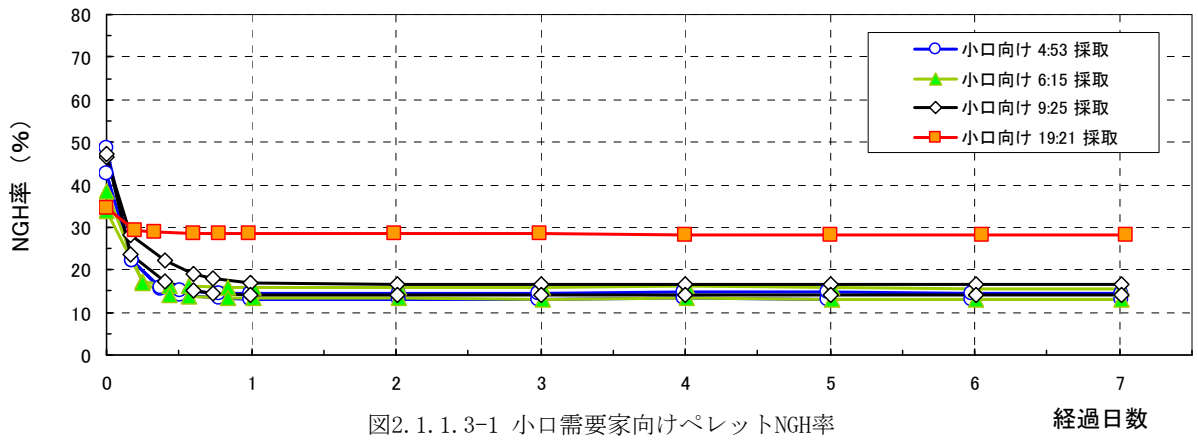


図2.1.1.3-1 小口需要家向けペレットNGH率

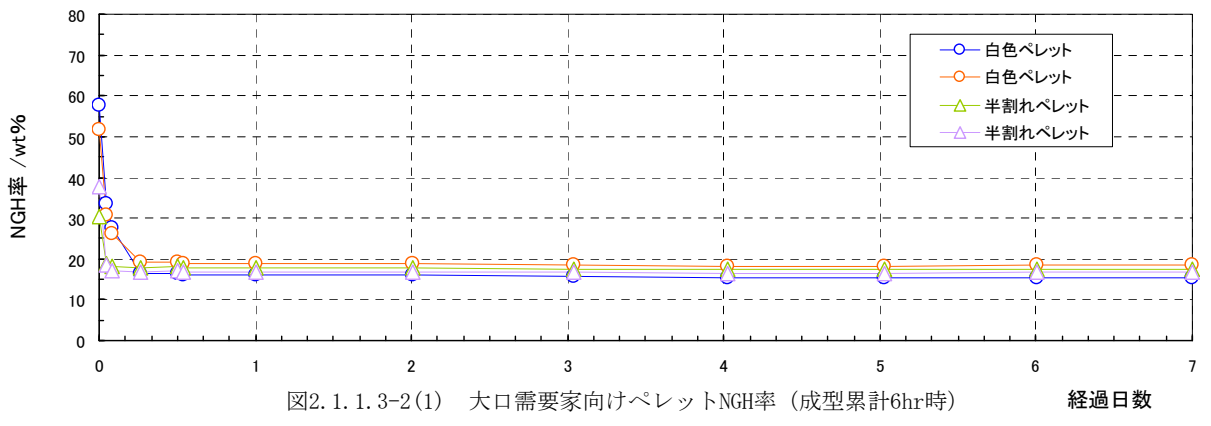


図2.1.1.3-2(1) 大口需要家向けペレットNGH率 (成型累計6hr時)

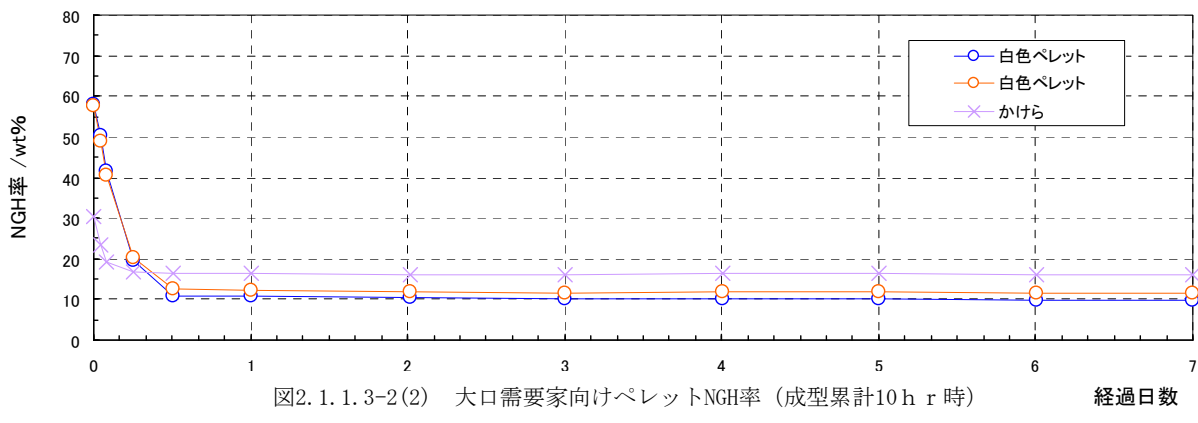


図2.1.1.3-2(2) 大口需要家向けペレットNGH率 (成型累計10hr時)

#### iv. エネルギー投入量

##### 1) 運転時のエネルギー投入量

NGH 生成開始から運転停止までの間に使用された平均エネルギー量を下表に示す。

表 2.1.1.3-2 エネルギー投入量

	電力	スチーム	計
小口需要家向けペレット製造出荷運転	116.3 kW	49.3 kg/h(169°C) =28.1 kW	144.4 kW
大口需要家向けペレット製造出荷運転	117.6 kW	33.7kg/h(169°C) =19.2 kW	136.8 kW

スチームは約 0.7MPaG の飽和蒸気でこの潜熱を温水に変えて、閉塞防止のための機器・配管温水トレースや BR 1 系のダミー負荷 (max.40kW)、戻り NG の加温(7kW)等に利用しているため季節変動(外気)要因が高い。小口需要家向け運転時のスチーム使用量が多いのは外気温の違いが大きい。

電力の内訳は運転状態によって若干異なるが、おおよそ下表に示す割合であった。

表 2.1.1.3-3 各系統の電力使用量割合

設備名	設備使用量	稼働率×使用量	割合	備考
LNG/冷熱回収系	70.3kW	60 kW	52%	ダミー負荷を含む
NGH 製造系	35.2kW	35 kW	30%	
出荷設備	7.3kW	7 kW	6%	
共通設備	19 kW	14 kW	12%	IA、計装、分析室等
合計		116 kW	100%	稼働率は推定含む

##### 2) 定格運転時のエネルギー量推定

定格運転(NGH 率 75%ペレット 208kg/h)とした場合、上記のエネルギー140kWは0.67kW/kg-ペレットに相当する。一方、NGH 率 75%ペレット 1kg の理論ガス包蔵量は 0.12kg 前後である。したがって、電力使用量は約 4.7kW/kg(包蔵ガス)に、スチーム使用量は 0.8~1.1kW/kg(包蔵ガス)に相当する。その内 1/2 は冷熱回収系である。今後、設備の簡素化、閉塞対応に伴うエネルギー消費を低減する必要がある。

#### v. LNG 冷熱回収率

##### 1) 冷熱回収率の定義

ここでは、冷熱回収率を以下に定義する。

設備利用冷熱回収率 = (設備で利用された冷熱量) / (LNG 保有冷熱量)

ペレット製造冷熱回収率 = (プロセス利用冷熱量) / (設備利用冷熱量)

LNG 保有冷熱は冷熱回収設備 E-104 熱交換器までの熱量とする。

##### 2) LNG 保有冷熱量および設備利用冷熱量

冷熱回収系の LNG 流量、温度を表 2.1.1.3-4, 表 2.1.1.3-5 に示す。

表 2.1.1.3-4 小口需要家向けペレット製造運転時の冷熱利用

対象箇所	平均流量 (kg/hr)	平均圧力 (MPaG)	平均温度 (°C)	LNGエンタルピー kW/(kg/h)	熱量 (kW)	冷熱量 (kW)	備考
LNGポンプ入口	1094.4	4.09	-153.1	0	0.0	—	エンタルピー0とする。
LNGポンプ出口		5.97	-137.1	0.0144	15.8	15.8	①Lポンプでの損失
E101入口	493.1	5.51	-72.2	0.0850	7.1	34.8	②E101回収冷熱
E101出口 /E102A/B入口					41.9		
E102A/B出口					95.9		
E104入口	457.1	5.46	5.3	0.1944	88.9	3.3	④E104入口ガス減少による損失
E104出口 (FT10301)					94.0	5.1	⑤E104回収冷熱
保有冷熱(Σ①~⑤)						113.0	
設備利用冷熱(②+③+⑤)						93.9	

表 2.1.1.3-5 大口需要家向けペレット製造運転時の冷熱利用

対象箇所	平均流量 (kg/hr)	平均圧力 (MPaG)	平均温度 (°C)	LNGエンタルピー kW/(kg/h)	熱量 (kW)	冷熱量 (kW)	備考
LNGポンプ入口	1024.6	4.10	-152.7	0	0.0	—	エンタルピー0とする。
LNGポンプ出口		6.11	-135.9	0.0152	15.6	15.6	①Lポンプでの損失
E101入口	516.7	5.49	-67.0	0.0943	7.9	40.8	②E101回収冷熱
E101出口 /E102A/B入口					48.7		
E102A/B出口					99.7		
E104入口	439.8	5.45	3.0	0.1929	84.8	7.8	④E104入口ガス減少による損失
E104出口 (FT10301)					89.5	4.7	⑤E104回収冷熱
保有冷熱(Σ①~⑤)						119.9	
設備利用冷熱(②+③+⑤)						96.5	

### 3) プロセス利用冷熱量

表 2.1.1.3-4 及び 2.1.1.3-5 より、設備利用冷熱回収率=80.5%~83.0%と計算される。

一方、ペレット製造に直接利用される冷熱は、生成系での循環水熱交換器(E-201)、フィード水冷却器(E-202)およびペレットクーラ熱交換器(E-401)であるが、ペレット製造運転が断続運転であったことからプロセス利用熱量を比較してもあまり意味がない。そこで、運転の結果から明らかとなった冷熱負荷増大(機器入熱の増大、閉塞防止温水トレース追加による増大)を加味して、その冷熱所要量と所定量ペレット製造に要する冷熱量との比を検討した。各冷熱所要量を表 2.1.1.3-6 に示す。

表より、機器入熱増大+加温トレース等による入熱増大を加味した場合、ペレット製造冷熱回収率=(40.0)/(126.6)=32%と算定される。

この冷熱回収率は、冬季の配管閉塞の対策による入熱削減(循環ガス、ろ液循環系統の簡素化)、機器入熱の大きい BR 系ポンプ型式の変更といった改善策を講じることにより当初計画値である 40%程度には改善可能と考えられる。

さらなる改善のためには、冷熱回収系の簡素化・効率化検討。製造設備の簡素化(ポンプ数削減、ライン系統の簡素化)が必要である。

表 2.1.1.3-6 所要冷熱量

[ kW ]

系統	当初計画値				運転結果			
	プロセス	機器入熱	外部入熱	小計	プロセス	機器入熱	トレース +外部入	小計
生成系	30.5	1.9	1.0	33.4	30.5	4.8	5.5	40.8
脱水系	-	1.0	1.7	2.7	-	0.8	9.2	10.2
成型系	-	0.4	1.6	2.0	-	0.2		
冷却脱圧系	9.5	10.3	1.3	21.1	9.5	5.3	1.4	16.2
出荷系	-	9.8	-	9.8	-	9.8	-	9.8
REF1,3系	-	2.2	4.2	6.4	-	3.0	4.2	7.2
BR1,2系	-	20.8	5.5	26.3	-	37.1	5.5	42.6
合計	40.0	46.4	15.2	101.6	40.0	61.0	25.8	126.6

\*1)機器入熱は試運転時の機器入熱見直し結果を示す。

\*2)トレース+外部入熱は閉塞に伴う循環ガス・ろ液加温及び温水トレース追加の入熱増加を含む。

#### vi. 既存発電所への影響確認

既存発電所とは供給 LNG、戻り LNG、戻り NG の各母管との取合い点がある。

既存発電所側の母管圧力、温度トレンドならびにこれに該当する同時刻の NGH 設備側圧力、温度トレンドを図 2.1.1.3-3 に示す。これらを比較すると特に相関関係はみられず、NGH 設備運転による発電所への影響は無いと考えられる。

#### (2) まとめ

NGH 製造出荷設備の一貫実証運転では、ペレット分離器部、ペレット冷却槽入口部での閉塞現象が生じたため定格運転はできなかったが、維持運転を含め 72 時間以上の連続運転を行い、設備運転安定性の確認、ペレット品質データ、エネルギー投入量データ、LNG 冷熱利用データの取得、既存発電所への影響確認を行った。

- ① 設備運転安定性確認では、一部維持運転を行いながらペレット閉塞の解消、スラリー熱交換器伝面の NGH 付着解消操作等を実施する必要があったが、ペレット冷却槽入口閉塞まで間、安定的な運転ができた。
- ② ペレット品質は計画値の NGH 率とはならなかった。今後、NGH 率向上のための運転方法および設備の検討が必要である。
- ③ エネルギー投入量では冷熱回収系でのエネルギー使用量が多い。冷熱回収系および NGH 製造系の効率向上が必要である。
- ④ LNG 冷熱利用でも冷熱回収系での冷熱損（機器入熱）が多く、今後改善が望まれる。また、冬季においては NGH 生成による閉塞防止のために温水トレースを設置したが、これも冷熱損となるため閉塞を考慮したライン構成、ルート検討が必要である。
- ⑤ 既存発電所への影響は特に認められなかった。

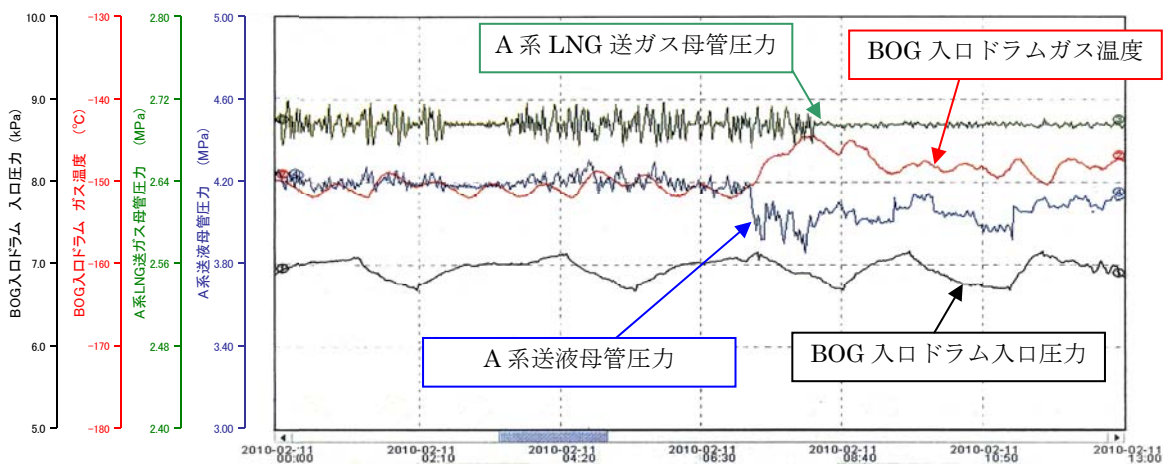
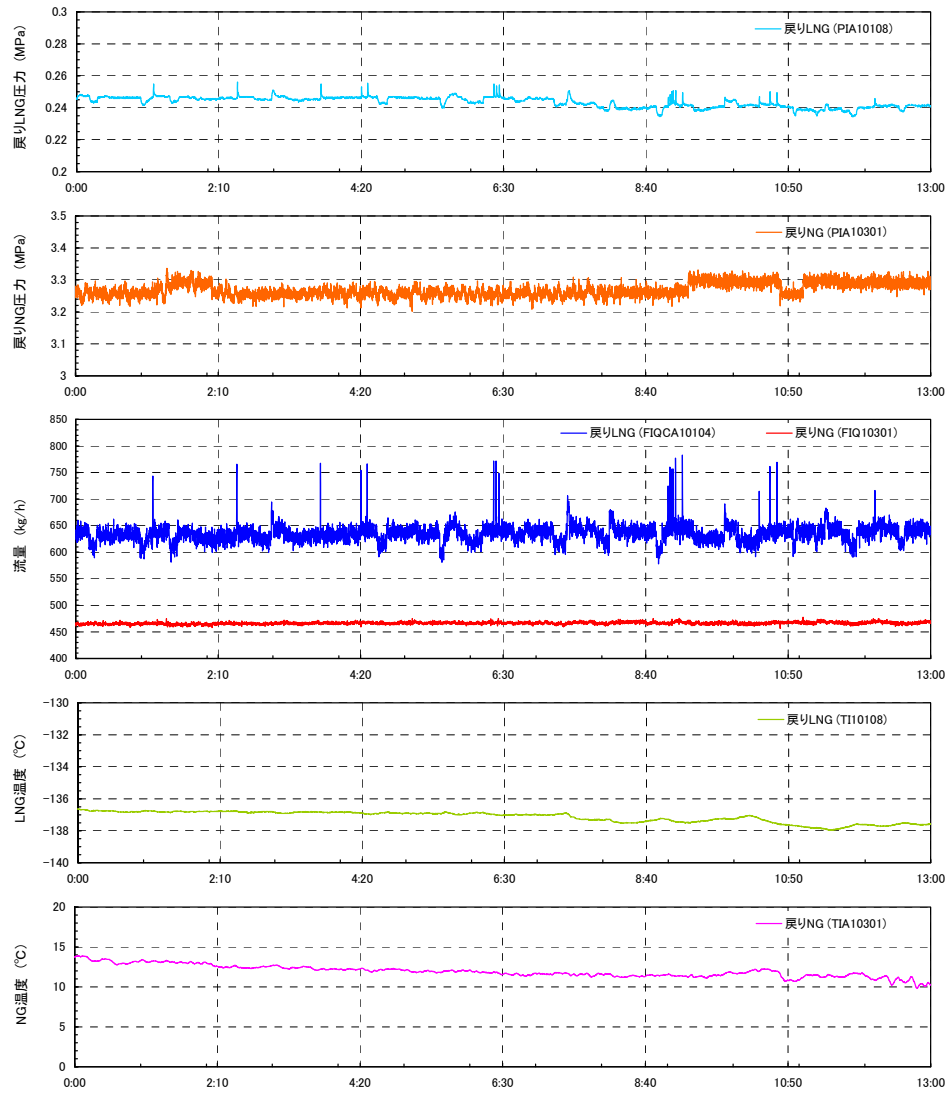


図 2.1.1.3-3 既存発電所との LNG/NG 取合い母管圧力、温度トレンド



## 2.1.2 その他の研究

これまでに報告した NGH 製造・出荷設備、配送・利用システムの研究と並び、今後の設備高度化を目指した研究を三井造船(株)千葉事業所において実施した。

### 2.1.2.1 連続冷却・脱圧システムの開発

#### (1) 概要

現状の脱圧プロセスは、高圧で生成・成型されたハイドレートペレットを弁切替式の脱圧装置（ロックホッパ）で大気圧下に取り出している（図 2.1.2.1-1）。このプロセスは固気条件での脱圧であるため、高圧ガスを脱圧時に同伴し、ガス圧縮エネルギーの損失を招いている。そこで、新たな脱圧プロセスとしてハイドレート圧密層によるマテリアルシールを利用した連続脱圧型の脱圧プロセスを検討する。

連続脱圧プロセスでは現状プロセスの単位操作（成型、冷却、脱圧）を一つのプロセスに集約する必要がある。実圧（5.4MPaG）でこのように複数の単位操作を伴う機器を製作することは、技術的に不明な点が多く困難である。そこで、特に重要と考えられるガスシール特性を把握することを目的として、要素試験装置を設計、製作し実験を行った。

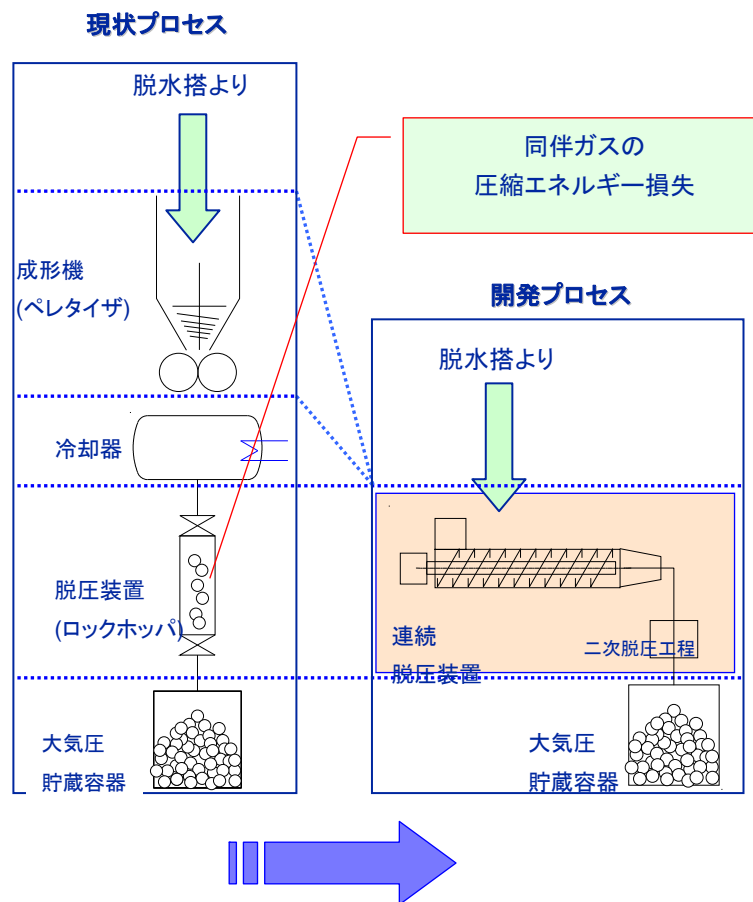


図 2.1.2.1-1 現状プロセスと連続脱圧プロセスの比較

#### (2) 実験装置と実験方法

図 2.1.2.1-2 に試験装置の本体図を示す。圧力容器内には臼があり、この臼にハイドレートを供給しピストンで荷重一定にて圧密層を形成する。ハイドレートに作用する圧縮圧は、油圧シリンダ入口油圧と高圧ガス容器内ガス圧の差として求めた。ピストン位置はピストンに取りつけたロ

ットの変位をワイヤゲージにて検出した。

実験時には、ピストン変位とハイドレート圧縮圧（以下、軸荷重）を同時に測定し、PC に温度、圧力の測定値とともに収録した。スラリーは生成器に水を 6L 張り込み、メタンにて昇圧、約 5wt% のハイドレートスラリーを生成する。臼内にスラリーを供給するため、装置本体を減圧し臼内にスラリーを満たす。次に下部ドレンを微開しドレンがなくなるまで水を排出する。この操作を臼上端にハイドレート層が目視できるようになるまで繰り返す。臼にハイドレート層が準備できた後、油圧シリンダを下降させ軸荷重を付加する。軸荷重はトグルスイッチにより、差圧付加が終了するまで一定荷重にて付加される。

ピストン先端がハイドレート層に達すると断続的にきしみ音が発生し次第にピストン変位が小さくなる。この期間を約 5 分継続し、その後、徐々に二次側圧力を減圧する。減圧にはダイヤフラム式の自力式減圧弁を用い、その下流に容積式流量計を設置しリークガス量を測定した。所定の差圧となるよう減圧弁を操作し二次側を減圧する。同一差圧を約 5 分間（又は、リーク流量が安定するまで）継続した。差圧付加試験終了後、ピストンを上昇させハイドレート層へ付加していた軸力を除く。その後、容器全体を $-20^{\circ}\text{C}$ まで冷却する。冷却後、臼を取り出し軸方向にハイドレート率を計測しその分布を求めた。取り出した圧密層の例を写真 2.1.2.1-1 にしめす。

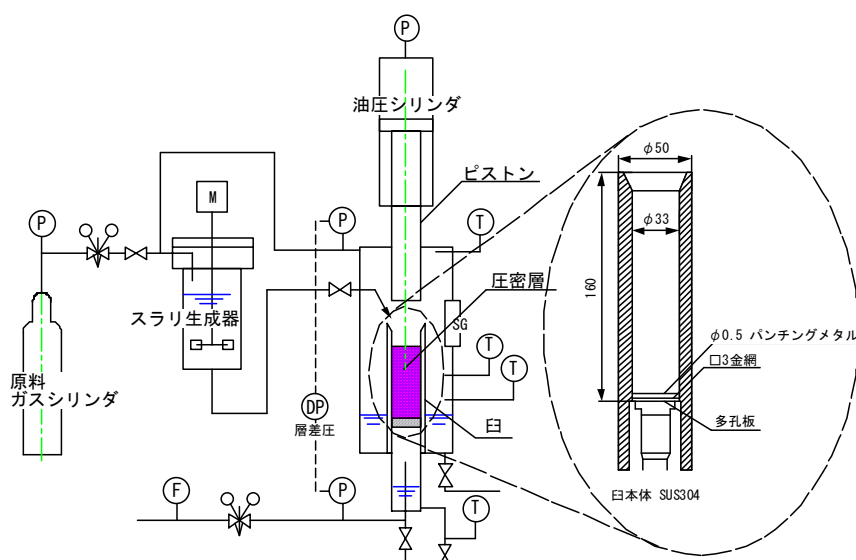
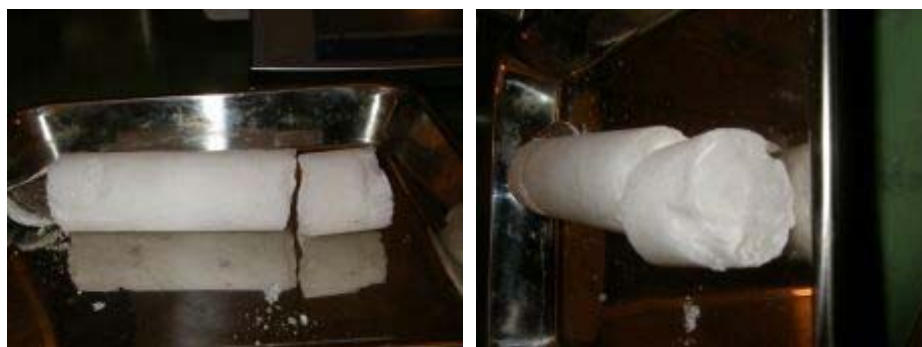


図 2.1.2.1-2 試験装置および臼詳細



(a) 全体的に白色

(b) 半透明な部分は壁面側

写真 2.1.2.1-1 圧密層の例 (Run9)

### (3) 実験結果および検討

図 2.1.2.1-3 に、リーク量と層差圧の関係を示す。Run8 を除いて差圧と流量が比例しているが、このような特性では連続脱圧には適用できない。一方、連続脱圧では Run8 の特性が好ましい特性となる。一般には、粒子層を透過するガス差圧は層高と比例するが、本実験による結果からは層高による有意な差はない。

初期のピストン変位と時間の関係から、Run8 の層は、他の Run の層より大きく変形しても降伏点に達しないことが確認された。これは初期の水分量に関係しているものと考えられる。

ハイドレート層の圧縮が進むと、塑性域が下方に向かって広がり、弾性域が押しつぶされ塑性域になると考えられる。シール層として考えた場合、弾性域の歪が小さいため、粒界は塑性域に比べ大きくシール層としては不向きである。降伏点と超えた塑性域の層強度は急激に増し、従って、塑性域が層全体に広がるには非常に大きな軸荷重が必要と考えられるが、本実験での軸力程度では塑性域はあまり下方に広がらないのではないかと考えられる。Run8 では、粒子の再配置に伴う粒子同士の摩擦、粒子の壁面との摩擦が、粒界に水があることにより軽減され、軸荷重がハイドレート層に効率よく伝わり変形が大きくなる、又は塑性領域が下方に広がりやすくなると考えられる。Run8 ではその結果、塑性域が層全体に広がり粒子間の間隔が小さく、緻密な層が形成されたものと考えられる。

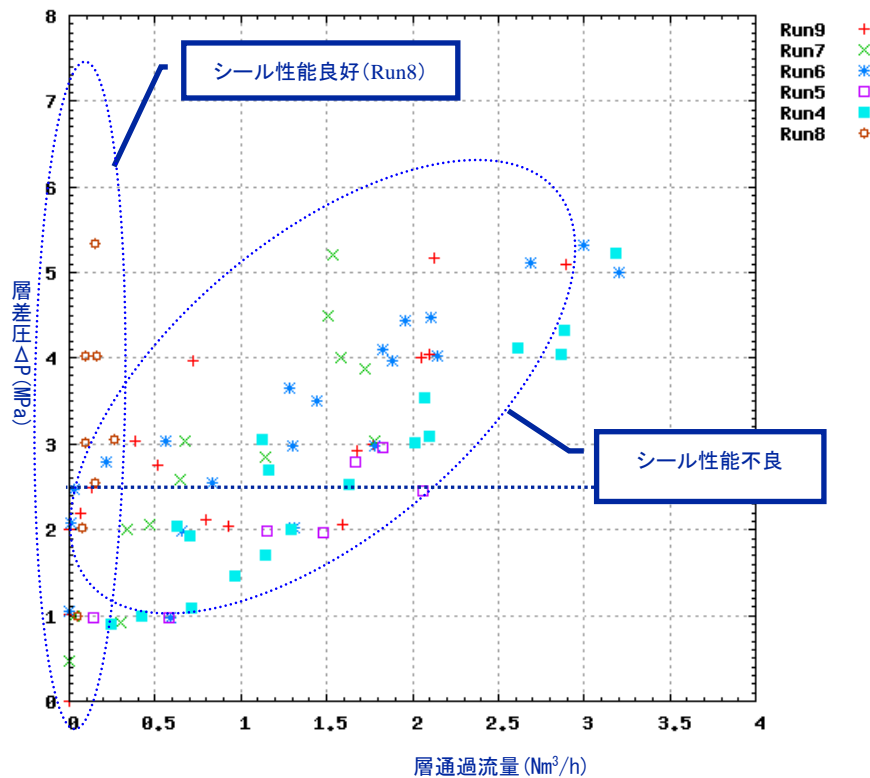


図 2.1.2.1-3 差圧とリーク量の関係

### (4) 成果

実験から得られたプロセス適用条件を以下に示す。また、表 2.1.2.1-1 に現状プロセスとの脱圧同伴ガス量の比較を示す。

- 1) 粒界の水は液体であること。従って脱圧温度は氷点以下にしないこと  
 圧密層の変形を効率的に行うため、粒界では液体の水が必要である。水がある場合、粒子間相互作用力の低下が粒子移動を容易にすると考えられる。

2) 圧密層成形温度 0.5℃ 以上であること

温度は高いほど粒子流動、圧密層形成には有利と考えられるが、同一生成圧条件では、脱圧差圧を大きく取るために低温操作が必要である。

3) 圧密層二次側は平衡条件であること

生成圧 5.4MPaG では出口圧力 2.9MPaG (0.5℃) まで脱圧が可能で、それ以上に二次側圧力を低くすれば、シール部である圧密層そのものが分解しシール層が急激に消耗する（製品品質が劣化する）。以上の条件から図2.1.2.1-4 に示す連続脱圧フローを考案した。操作条件は平衡図上に A⇒B で示す。

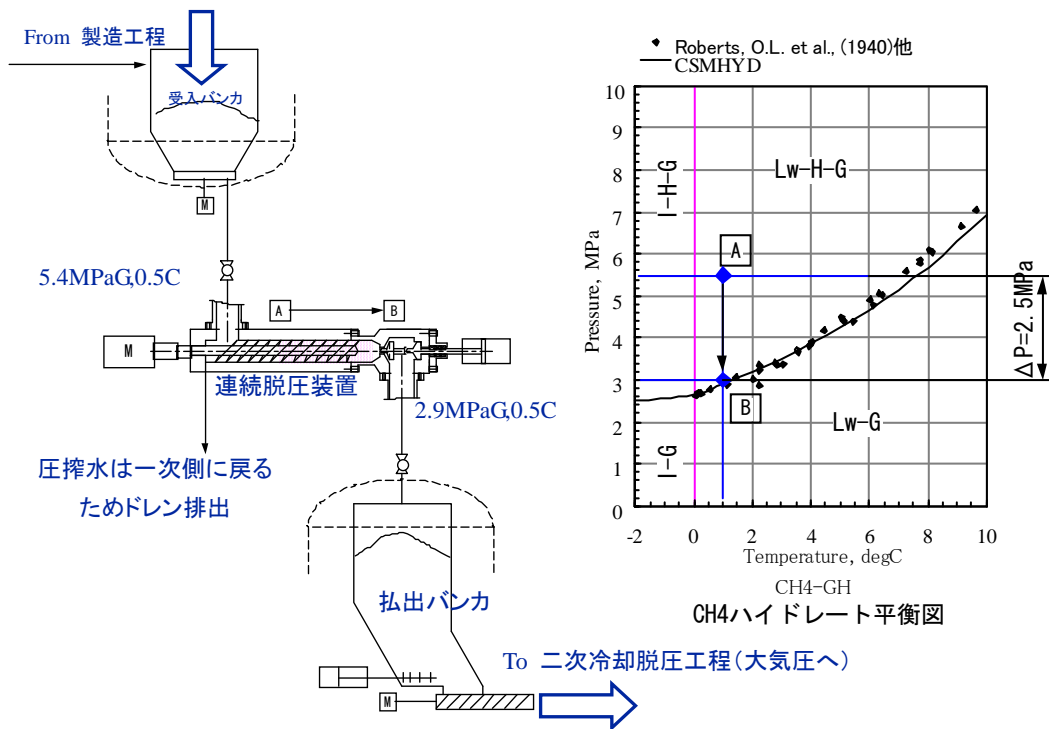


図 2.1.2.1-4 連続脱圧フロー

表 2.1.2.1-1 現状プロセスとの脱圧同伴ガス量の比較

	現状プロセス	本検討プロセス (連続脱圧)
ガス容積	充填率=0.55 空隙率=1-0.55=0.45	塊状になり充填率向上 ロックホッパ内に充填されるハイドレートを均一球形粒子群と仮定し最密充填した場合 空隙率=0.26
ガス密度	ロックホッパの一次側圧力は 5.4MPa(G) となる ロックホッパ内ガス密度= $0.717 \times (0.1+5.4) / 0.1$ =39.4kg/m <sup>3</sup>	連続脱圧装置によりロックホッパの一次側圧力は 2.9MPa(G) となる ロックホッパ内ガス密度= $0.717 \times (0.1+2.9) / 0.1$ =21.5kg/m <sup>3</sup>

単位体積当りの減圧ガス量	0.45×39.4=17.7kg/m <sup>3</sup>	ロックホッパを同容量とした場合 ハイドレート充填率向上及びガス密度低下により 0.26×21.5=5.6kg/m <sup>3</sup>
脱圧時同伴ガス削減量	100%	31.6% < 目標 50%

### 2.1.2.2 加圧脱水装置の開発

#### (1) 概要

NGH 製造システムの高性能化研究として、脱水塔のコンパクト化を目的とした差圧等の脱水駆動力を付加した新しい脱水塔を開発した。柳井の NGH 製造出荷設備の設計では、従来型の重力脱水に差圧を付加した「重力脱水+差圧」法（広義の加圧脱水法の一つ）を採用している。ここでは、脱水塔の更なるコンパクト化を目的として、差圧をハイドレート粒子層の毛管高さ以上に付加する「加圧脱水法」について継続的な研究を行った。三井造船(株)千葉事業所にある Bench Scale Unit（以下、BSU）を用いて脱水塔の差圧付加の適正条件（差圧付加量、脱水塔長さおよび構造等の適正化）の検索を行い、目標処理能力、NGH 率および連続運転制御性を確認した。

#### (2) 目標値

脱水塔システムにおいて、従来の重力脱水法に差圧等の付加的な脱水駆動力を加え（加圧脱水法）、処理能力を現状（NGH 製造出荷設備の計画値相当）の 4 倍以上に高めることを目標とした。

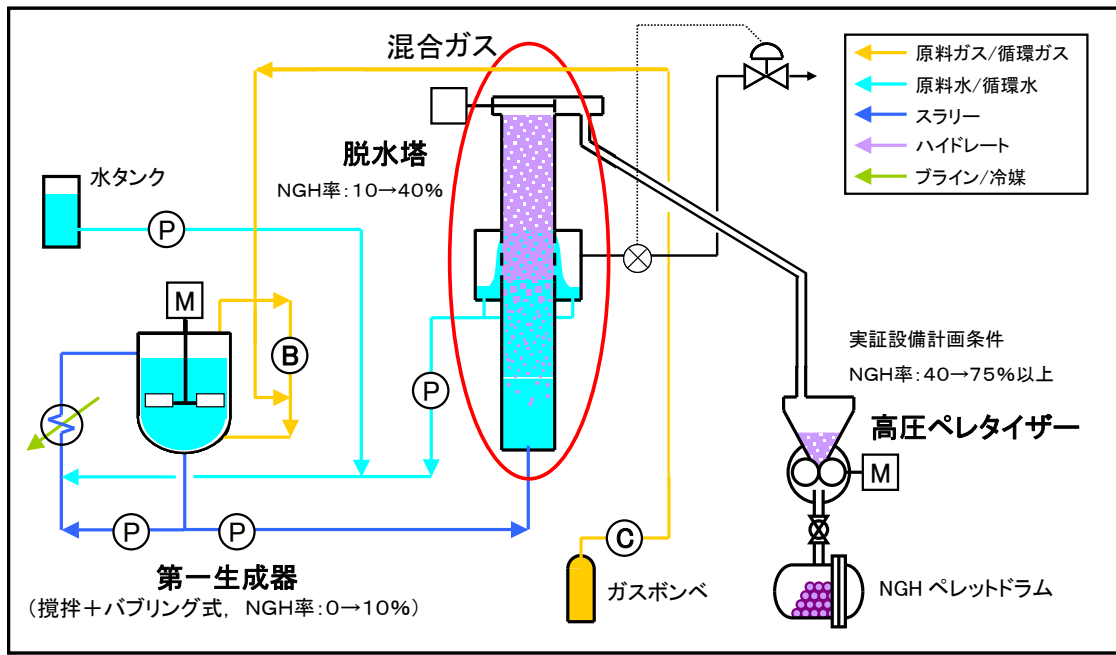


図 2.1.2.2-1 BSU の試験フロー

#### (3) 試験装置および実験条件

図 2.1.2.2-1 に BSU の試験フローを示す。生成器で生成された NGH スラリー（濃度 5～10%）はポンプにより脱水塔に下部から供給され、脱水塔内部を上昇する。脱水塔は中間部に設置された排水スクリーンによりスラリー中の水が排水され、濃縮された NGH が脱水塔内部を上昇し、脱水塔上部より NGH(パウダー)が排出される。実験条件を表 2.1.2.2-1 に示す。

表 2.1.2.2-1 実験条件

原料ガス	混合ガス (C1 : C2 : C3=90% : 6% : 4%)
生成器	圧力 5.4MPaG、温度 5~7°C 循環水量 120kg/h、ガス循環量 1kg/h 攪拌回転数 400rpm、原料水 1.4~6.5kg/h
脱水塔	加圧脱水法
脱水部	230mm、300mm
排水部	高さ 42mm、84mm
駆動部	2,191mm
付加差圧	~3,500mmAq
スラリー供給量	17~26 kg/h
供給スラリー濃度	5.0~10.0%

#### (4) 実験結果

実験は、脱水塔へのスラリー供給を一定量で流し続け、脱水塔出口での単位時間当たりのパウダー量と NGH 率を評価した。図 2.1.2.2-2 に、「重力」、「重力+差圧」および「加圧」脱水における実験結果の比較を示す。従来の重力脱水方式の場合、脱水部長さ 2.8m で脱水塔出口での処理能力（脱水塔出口のパウダー量、以下、パウダー）は 0.38kg/hr となる。

柳井の NGH 製造出荷設備で採用した「重力脱水+差圧」方式では、脱水部長さ 1.4m、付加差圧 700~900mmAq において、処理能力 1.4kg/hr が得られた。この処理能力は、従来型の重力脱水に比べると 3.7 倍となる (1.4kg/hr ÷ 0.38kg/hr)。

今回着目した加圧脱水方式では、付加差圧を 2,000~3,500mmAq としてその効果を確認した。一例として、図 2.1.2.2-3 に加圧脱水方式における処理能力 5.6kg/hr 時の運転状況の経時変化を示す。この処理能力の運転では、脱水塔へのスラリー供給量を約 21kg/hr としている。付加差圧は運転開始時 (21:00) より段階的に上げ、約 4 時間半経過後 (1:30) より付加差圧 3,500mmAq とした。連続運転制御性の指標である供給スラリーのポンプ差圧 ΔP は、運転開始後 200kPaG を越えて上昇したが、その後は 140~150kPaG で推移した。一方、付加差圧を 3,500mmAq に設定すると、再び 200kPaG 以上に圧力が上昇する傾向がみられた。

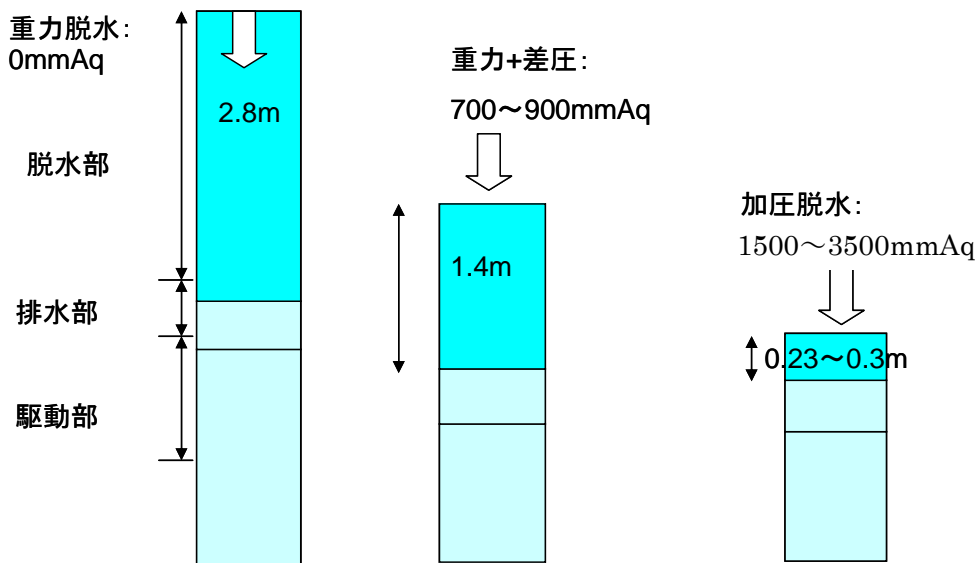
図 2.1.2.2-2 の実験結果から、加圧脱水の処理能力は付加差圧と共に増加し、脱水部長さ 0.23m、付加差圧 3,500mmAq とした条件で処理能力 5.6kg/hr となり、「重力脱水+差圧」方式の 4 倍の処理能力を確認した。NGH 率に関しては、「重力+差圧」の 51.6% に対して 36.5% (3,500mmAq 時) の低下したものの、パウダー量としては 4 倍の処理能力となり、下流にあるペレタイザにおいても良好なペレットの成型状態を確認した。

写真 2.1.2.2-1 に BSU 連続運転時のペレット取出し状況を示す。分析の結果、ペレットの NGH 率は 77% であった (供給パウダーは 36.5%)。また、2 週間貯蔵後の NGH 率とガス組成を評価したところ 75% であり高い安定性 (保存性) を確認した。さらに、図 2.1.2.2-4 に処理能力 5.6kg/hr 時の原料ガスおよびペレットガス組成を示す。同図より、2 週間貯蔵後のペレットガス組成はほぼ同じ値が得られている。これにより、NGH 率の低下量は 2% で狭い範囲での評価となるが、特定のガス種だけが分解する傾向は得られなかった。

#### (5) 成果

加圧脱水装置の開発により以下の成果が得られた。

- 1) 加圧脱水方式の処理能力は、「重力+差圧」方式の 4 倍を確認した。
- 2) 加圧後脱水後のパウダーでペレットを成型し、NGH 率 75% 以上を確認した。



脱水方法	重力(従来)	重力+差圧	加圧脱水		
ガス種類	C1:C2:C3=90:6:4				
処理能力 (kg/hr)	0.38	1.4	2.8	3.8	5.6
付加差圧(mmAq)			2000	2800	2800 3500
NGH率 (%)	48.8	51.6	38.8	37.4	33.4 36.5

図 2.1.2.2-2 実験結果

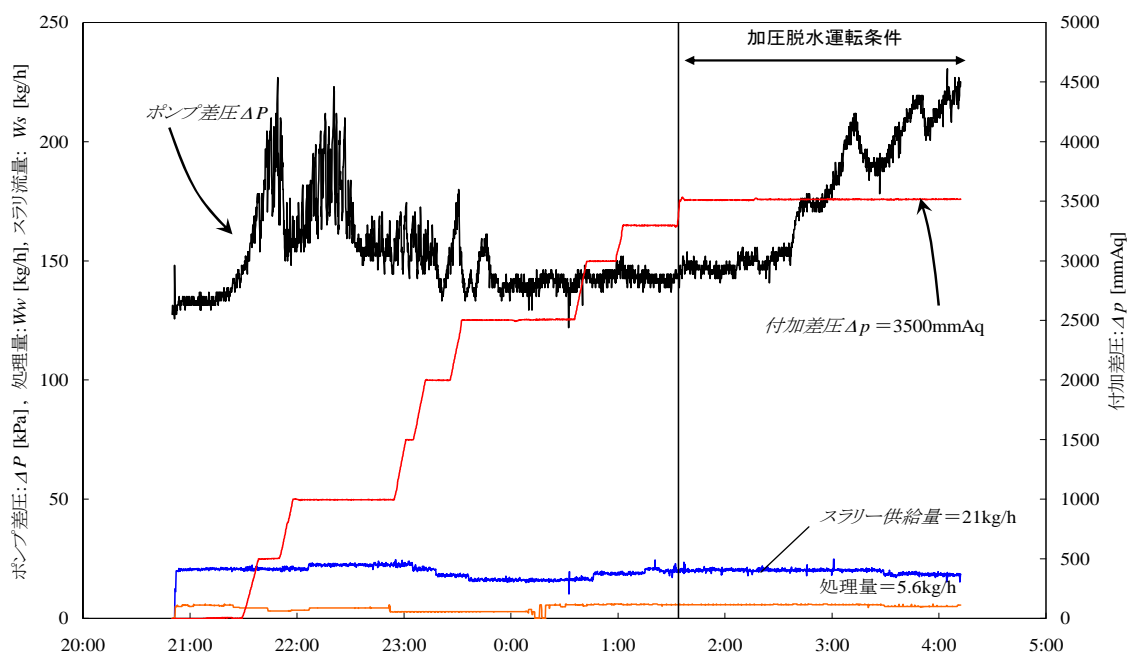


図 2.1.2.2-3 処理能力 5.6kg/hr 運転における状況の経時変化



写真 2.1.2.2-1 BSU 連続運転時のペレット取出し状況

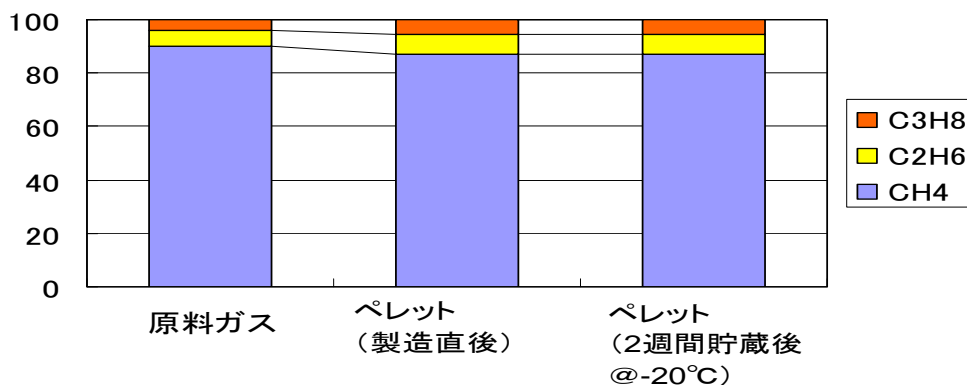


図 2.1.2.2-4 処理能力 5.6kg/hr のガス組成

### 2.1.2.3 ペレタイザ脱水機能の高度化

ペレタイザの成形では、脱水塔から NGH 率 40% でフィードされたパウダーを圧搾して、脱圧時の分解を考慮して 82% のペレットを成形するため、パウダー中の余剰水分 42% を排出する必要がある。この余剰水分を効率良く排水することが、成形ペレットの高品位化、成形能力の高速化に繋がるため、脱水機能の高度化研究を行った。その概要を報告する。

#### (1) 研究開発時の Bench Scale Unit における KP 装置の状況

(三井造船(株)千葉事業所)

ペレタイザでの成形は、成形ロールにパウダーを連続的に供給するため、ホッパーにパウダーを貯めた状態で成形を行う。三井造船(株)千葉事業所にある Bench Scale Unit (以下、BSU) での成形試験では、成形処理量(ロール速度)を上げると、ホッパー側に圧搾水が逆流する結果が得られた。図 2.1.2.3-1 に圧搾水が逆流する状態の模式図を示す。ホッパー側に圧搾水が逆流すると、逆流水とホッパー内のパウダーが混ざり合ってスラリー化し、成形およびパウダーのスクリーン搬送が不可能になる傾向があった。

##### i. 圧搾水的主要排水箇所

図 2.1.2.3-2 に圧搾水的主要排水箇所を示す。主要な圧搾水の排出箇所は、同図に示す A. ロール脇(ロール端面)、B. ジョンソンスクリーン、C. ロールの隙間(ペレットに同伴)である。



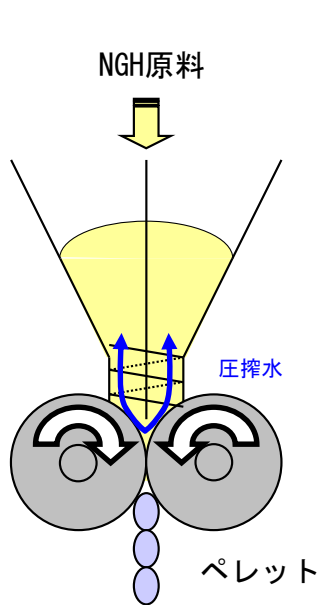


図 2.1.2.3-1 圧搾水が逆流する模式図

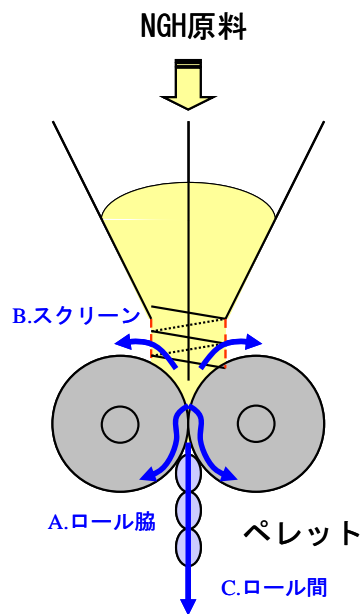


図 2.1.2.3-2 圧搾水の主な排水箇所

## (2) ペレタイザ排水機能の向上

ペレタイザ圧搾部からの排水性の向上を目的として、先に記した圧搾水の主な排水箇所に対し、排水性能向上のため対策を行った。

### i. ロール脇のクリアランス調整

図 2.1.2.3-3 に示すように、ペレタイザにはロールの軸方向の端面にチークプレートと呼ばれる金属製の板が取り付けられ、供給パウダーを両側から押さえている。チークプレートを設置する際にシムプレートを挿入し、ロール脇にクリアランスを確保した状態で排水状況を確認した。

その結果、ロール脇からの排水を確認し、BSU でのロール最大回転数である 4.6rpm まで成形が可能となった。しかし、広くクリアランスを確保した結果、ロール脇からのスラリー漏れも増加する結果となり、供給パウダーの歩留まりが悪化する状況となった。

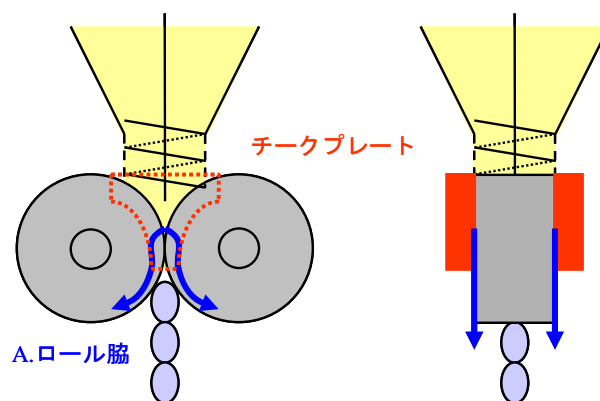


図 2.1.2.3-3 チークプレートの配置図

### ii. スクリーン近傍の内圧 ( $\Delta P$ ) の増加

ホッパー上方への圧搾水の逆流を抑える目的で、ホッパー下部に供給パウダーによる移動シール層を形成した。圧搾水はスクリーンによるパウダー供給圧やロール圧搾圧で排水されるが、シール層の形成により逆流側の流体抵抗を増加させ、他の経路への排水を相対的に促進させるもの

である。

そこで、図 2.1.2.3-4 に示すように、スクリーをホッパー側に延伸させ、粉体シール層を形成する対策を行った。その結果、スクリーンからの排水で、BSU でのロール最大回転数である 4.6rpm まで成型可能となった。スクリーンからの排水は、若干のスラリーが混ざり白濁水になっているものの、スクリーンから良好な排水を確認した。

上記から、柳井設備のペレタイザにおいて、ホッパー側にスクリーを延伸する方式を採用することにした。

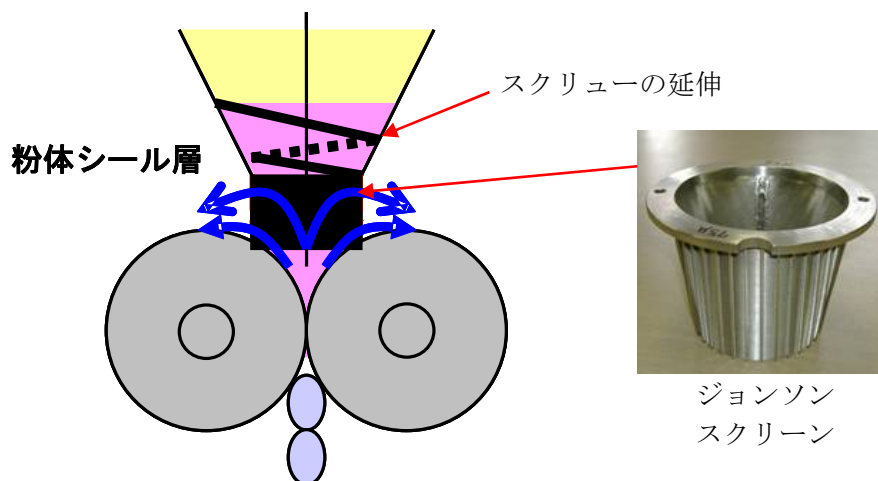


図 2.1.2.3-4 スクリューの延伸と粉体シール層の形成

### (3) NGH 製造・出荷設備でのペレタイザ装置仕様

以上から、排水性の向上を目的とした一連の開発を経て、柳井の NGH 製造・出荷設備のペレタイザ装置仕様を次のように決定した（図 2.1.2.3-5）。

- 1) ホッパー部（上部）へスクリーを延伸
- 2) スクリュー直胴部にジョンソンスクリーンを採用
- 3) シムプレートで、チークプレートのクリアランスを管理

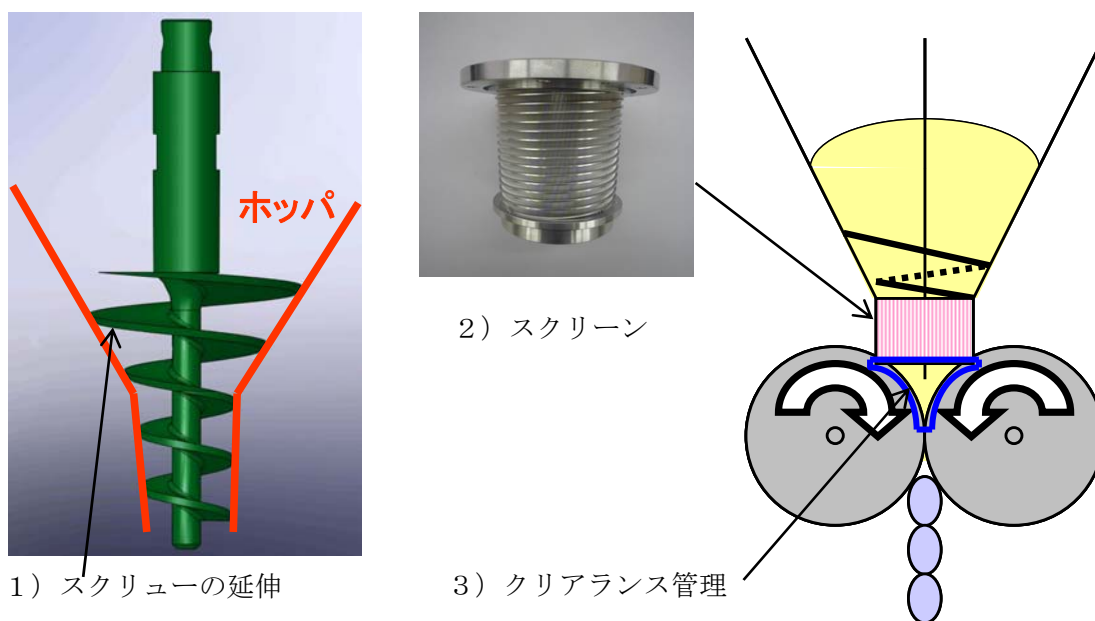


図 2.1.2.3-5 柳井の NGH 製造・出荷設備のペレタイザ装置仕様

## 2.2 NGH 配送・利用システムの開発

### 2.2.1 ペレット配送・ガス化システム

#### 2.2.1.1 設備概要(大口、小口)

大口需要家向けのガスエンジンにガスを供給するペレットコンテナAおよび小口需要家向けの一般家庭にガスを供給するペレットコンテナBを新たに開発した。柳井の NGH 製造出荷設備は NGH の貯蔵設備を持たないため、製造したペレットを直接コンテナに積載する。また、需要家設備ではコンテナに循環水を流してコンテナ内で直接ガス化を行うことから、開発したコンテナは、貯蔵・輸送・ガス化の3つの役割を担うシステムである。

表 2.2.1-1 にペレットコンテナAおよびペレットコンテナBの仕様の一覧を示す。ペレットコンテナは、貯蔵の役割を果たすことから低い側の設計温度は $-25^{\circ}\text{C}$ 、また、温水によるガス化も行うので高い側の設計温度は $40^{\circ}\text{C}$ としている。輸送時の NGH 発生ガスをコンテナ容器内で保持する目的、さらに、ガス化時のガスバッファも兼ねているので圧力容器構造とし、「労働安全衛生法 第二種圧力容器」の認定を得ている。

事前のペレットを用いた要素試験結果からペレットの充填率を 55% (ペレット 55%、ガス相 45%)、積載時の容器頂部近傍のペレット安息角を  $30^{\circ}$  とし、必要なペレット積載量から各コンテナの容器サイズを決定している。

表 2.2.1-1 ペレットコンテナの仕様

項目	大口需要家向け		小口需要家向け
	ペレットコンテナA		ペレットコンテナB
1) ガス供給先	280KWガスエンジン		一般家庭
2) コンテナ名称	1, 2号車	3号車	1~4号容器
3) 容器形式	1重殻縦型円筒	1重殻横型円筒	1重殻縦型円筒
4) 容器積載形式	2本搭載	1本搭載	独立容器
5) 設計温度範囲	$-25\sim 40^{\circ}\text{C}$	$-25\sim 40^{\circ}\text{C}$	$-25\sim 40^{\circ}\text{C}$
6) 設計圧力	0.82MPaG	0.82MPaG	0.82MPaG
7) 容器適用法規	第二種圧力容器	第二種圧力容器	第二種圧力容器
8) 容器容積(1容器)	7,700L	20,000L	600L
9) ペレット積載量	5,000kg	7,500kg	200kg/容器
10) ガス輸送量	$645\text{Nm}^3$	$968\text{Nm}^3$	$26\text{Nm}^3/\text{容器}$
11) コンテナ重量	15,000kg	14,600kg	450kg/容器
12) 積載時重量	20,000kg	22,100kg	650kg/容器
13) コンテナ全長	8,655mm	9,555mm	1,050mm
14) コンテナ幅	2,490mm	2,490mm	1,050mm
15) コンテナ高さ	3,780mm	3,780mm	2,100mm
16) 容器材質	ステンレス	ステンレス	ステンレス
17) 断熱材質	真空断熱材	硬質ウレタン	硬質ウレタン
18) 計装類	容器気相温度計 容器表面温度計 圧力計	容器気相温度計 容器表面温度計 圧力計	容器気相温度計 容器表面温度計 圧力計

#### (1) 大口需要家向けコンテナ

##### i. ペレット配送・ガス化システムの概要

大口需要家向けのペレットコンテナAとして、コンテナに縦置円筒容器を2基搭載した同型の1, 2号車と横置円筒容器を1基搭載した3号車を開発した。

図 2.2.1-1 および図 2.2.1-2 に、1, 2号車および3号車のガス化方式を示す。ガス化は、容器に積載したペレットの下方に温水を循環し、循環水に浸かっているペレットが融解してガスを発生させる方式となる。循環水に浸かっているペレットが融解・消滅すると、上層に積載しているペレットが重力により順次、温水熱源に落ちることになる。

##### ii. コンテナの特徴

写真 2.2.1-1 に 1 号車の全体写真を示す。1, 2 号車は、容器を 2 基搭載しているが、各容器の気相部分には連通ラインを設け、気相が連通できる構造である。ガス化は 1 容器毎で行うが、気相を連通することでガス化時のガスバウファ容量を大きくすることが可能となる。道路交通法では 2,500mm の車幅制限がある。そこで、容器体積を大きくするために、断熱材として薄型の真空断熱材を採用し、可能な限り容器の胴径を大きくしている。

写真 2.2.1-2 に 3 号車の全体写真を示す。3 号車は、横長の容器を 1 基搭載しているが、容器内は 3 つの区画に分割され、各区画は連通している構造となる。横置ききの円筒容器のため、容器下側の弧の部分でペレットがブリッジする構造であるが、その部分に防爆仕様の電気ヒータを設けて、強制的にブリッジを解除する機能を持たせている。

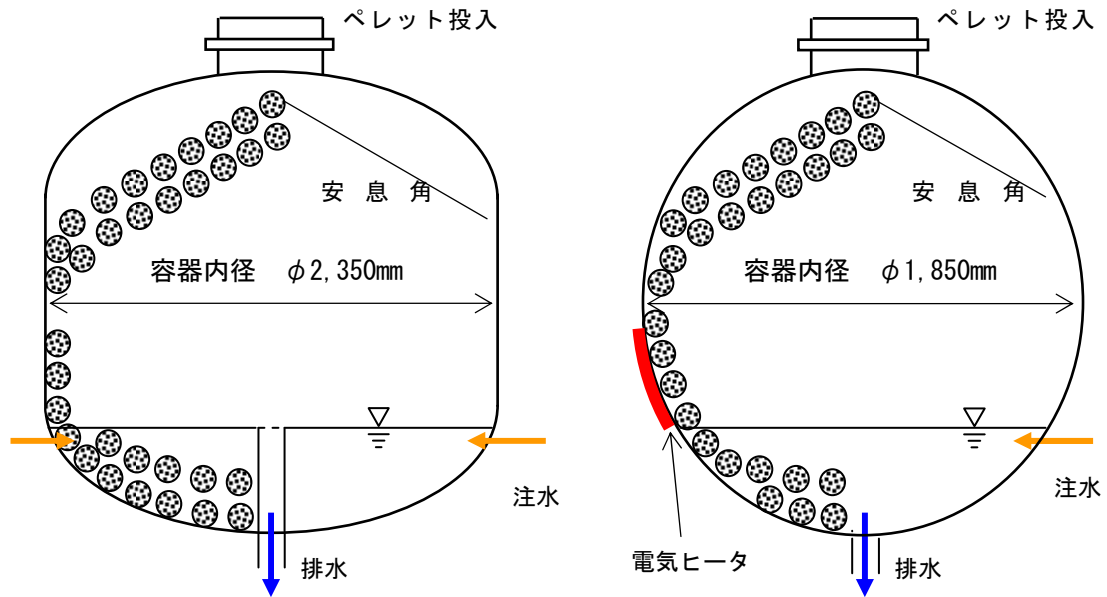


図 2.2.1-1 1, 2 号車のガス化方式

図 2.2.1-2 3 号車のガス化方式



写真 2.2.1-1 1 号車の全体写真



写真 2.2.1-2 3号車の全体写真

## (2) 小口需要家向けコンテナ

### i. ペレット配送・ガス化システムの概要

小口需要家向けのペレットコンテナとして、自立型の単独容器となる縦置円筒容器を開発し、4基を製作した。小口需要家設備には、容器を2本設置する架台が設けられており、2本の容器をユニック車で配送して設置する。

ガス化方式は、先の図 2.2.1-1 に示した 1, 2号車と同じであり、容器内径は 800mm となる。

### ii. コンテナの特徴

写真 2.2.1-3 に1～4号容器の写真を示す。容器の頂部には、ユニック車で吊り上げる際に用いる環状の金具が容器本体に溶接されている。また、ペレットの積載は、ユニック車の荷台に載せた状態で行われ、積載終了後に、そのまま需要家設備に配送される。



写真 2.2.1-3 1～4号容器の写真

## 2.2.1.2 試運転・実証運転（大口、小口）

### (1) 大口需要家の輸送結果

柳井から大口需要家（東広島）への輸送時のコンテナの温度およびコンテナ容器内の圧力を評価した。大口需要家への輸送は3号車で行い、エネルギー総合研究所までの道のり114kmの所要時間は2時間6分となった。なお、輸送時の燃費は3.3km/Lである。

表2.2.1-2に、出荷・到着時の各温度および容器圧力を示す。なお、大口需要家向けのコンテナはデータロガを装備しており、図2.2.1-3に示すようにコンテナ輸送時の温度と圧力の時刻歴を計測することができる。

同表および図より、輸送により容器温度は+1℃、気相温度は+0.9℃の上昇で殆ど昇温は見られない結果が得られ、十分なコンテナの保冷性能を確認するに至った。また、容器内の圧力上昇は+0.004MPaGと少ないが、ペレット積載量が少ないこともあり、今後も陸上輸送を重ね昇圧の特性を確認する必要がある。

表 2.2.1-2 出荷・到着時の各温度および容器圧力の結果

大口 コンテナ	積載量 kg	出荷時(柳井)				到着時(東広島)			
		時刻 8:00				時刻 10:06			
		外気温 ℃	容器温度 ℃	気相温度 ℃	圧力 MPaG	外気温 ℃	容器温度 ℃	気相温度 ℃	圧力 MPaG
3号車	370	11.8	-9.7	-8.2	0.002	16.0	-8.7	-7.3	0.006

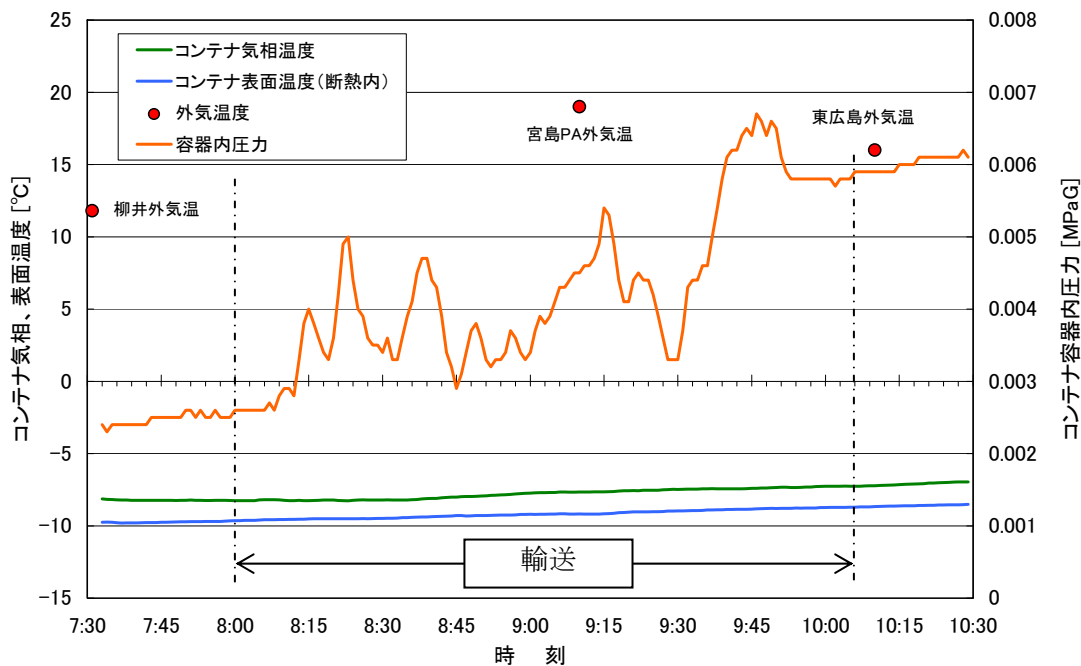


図 2.2.1-3 コンテナ輸送時の温度と圧力の時刻歴

### (2) 小口需要家の輸送結果

柳井から小口需要家（安芸郡海田町）への輸送時のコンテナの温度およびコンテナ容器内の圧力を評価した。小口需要家への輸送は3, 4号容器で行い、広島ガス（株）殿海田基地構内にある技術研究所までの道のり83kmの所要時間は2時間30分となった。なお、輸送時の燃費は5km/Lである。

表2.2.1-3に、出荷・到着時の各温度および容器圧力を示す。ペレットの積載量は、4号容器は満載の220kg、一方、3号容器は殆ど空の状態の16kgである。同表より、輸送により容器温度は4号容器で+2.0℃、3号容器で+2.5℃で、殆ど昇温は見られない結果が得られ、コンテナの保冷性能を確認するに至った。

容器内の圧力上昇は、4号容器で+0.02MPaG、3号容器で+0.005MPaGと少ない。満載の4

号容器でも、殆ど圧力が上がらなかったことから、外部入熱はペレットの分解に供されず、容器温度の上昇分（+2.0℃）に寄与したと考えられる。また、3号容器の圧力上昇は4号容器よりも更に少ないが、これは、ペレット積載量の少なさに伴って分解ガス量自体が少なかったこと、さらに、積載量の少なさから容器気相が大きいことに起因していると考えられる。

表 2.2.1-3 出荷・到着時の各温度および容器圧力の結果

小口 容器	積載量 kg	出荷時(柳井)			到着時(海田)			
		時刻 8:45			時刻 11:15			
		外気温 ℃	容器温度 ℃	圧力 MPaG	外気温 ℃	容器温度 ℃	気相温度 ℃	圧力 MPaG
4号容器	220	5.0	-12.0	0.060	11.2	-10.0	-4.4	0.080
3号容器	16		-2.5	0.015		0.0	2.8	0.020

## 2.2.2 NGH 利用システム

### 2.2.2.1 設備概要（大口、小口）

#### (1) 大口需要家設備

##### i. NGH 利用システムの概要

大口需要家の NGH 利用システムは、中国電力（株）エネルギー総合研究所構内に設置したガス供給システム（ガス発生速度 65Nm<sup>3</sup>/h）と 280kW のガスエンジンで構成される。図 2.2.2-1 および写真 2.2.2-1 に大口需要家設備の装置構成図および設備全景写真を示す。

ガス供給システムは、循環水供給設備、ガスバッファタンクおよび関連機器・連絡配管から成る固定設備と、トラクターヘッドで牽引・搬入される NGH ペレットコンテナ（再ガス化容器）とを連結したループで構成され、ガス供給システムの制御盤から運転・監視される。なお、ガスエンジン発電設備の発生電力はエネルギー総合研究所の受電設備に併入される。

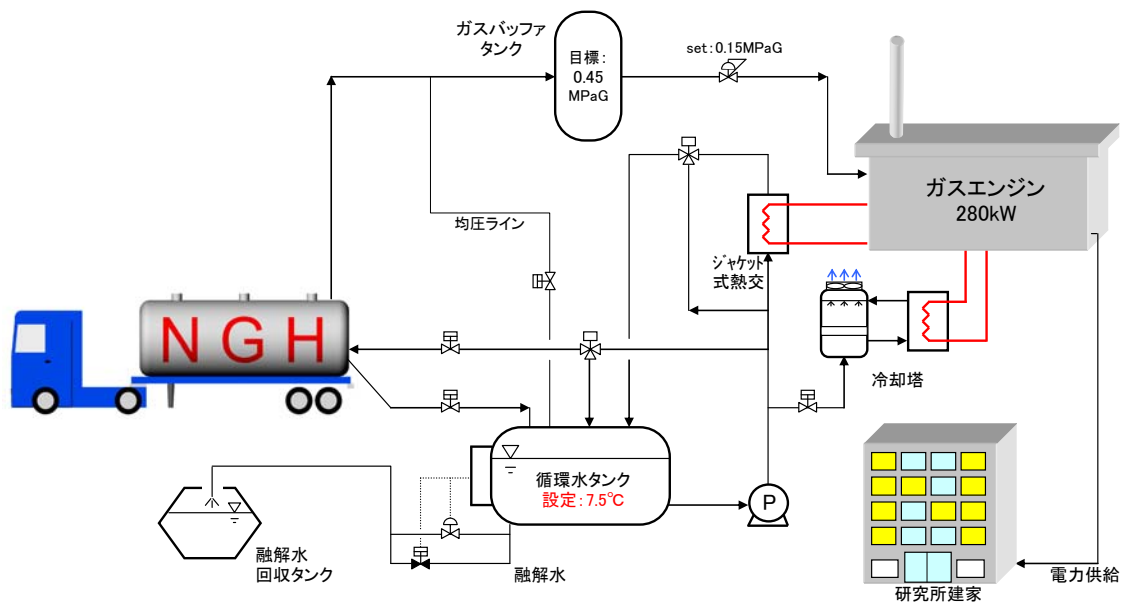


図 2.2.2-1 大口需要家設備の装置構成図



写真 2.2.2-1 大口需要家設備の全景写真

## ii. ガス供給システムの概要

NGH ペレットは NGH 製造出荷設備で NGH ペレットコンテナ（以下、ペレットコンテナ）に積載、配送されエネルギー総合研究所に搬入された後、ペレットコンテナがガス供給システムに連結される。ガス供給システムは、以下で説明する 1) 循環水供給系、2) 融解水処理系および 3) 発生ガス供給系の 3 系列に分けられる。

### 1) 循環水供給系

循環水供給系では、循環水ポンプによって循環水を流量調整弁、供給遮断弁を経由してペレットコンテナに供給する。なお、循環水供給系では、循環水ラインから一部の循環水を分岐してガスエンジン付属排熱利用設備のジャケット冷却水熱交換器へ送り、ガスエンジンの排熱を吸収した温水を、温度調節弁を経由して循環水タンクに戻し、循環水タンクを一定の温度に保つ温水供給ループも形成している。

### 2) 融解水処理系

融解水処理系では、ペレットコンテナでペレットを融解して増量した循環水が重力落差により遮断弁を経由して循環水タンクに戻ってくる。循環水タンクに戻った水の一部はガスエンジン付属余剰熱放散設備の冷却塔へ送られ、補給水として利用される。なお、循環水タンクには水位一定制御がかけられ、余剰の融解水は水位制御弁を経由して排出されて別置の融解水回収タンクに一端回収後、専門業者にて排水として処理される。

### 3) 発生ガス供給系

発生ガス供給系では、ペレットコンテナ内で再ガス化したガスを分解ガスバッファタンクに送り、ガス化速度を操作量とした圧力制御をかけてバッファタンクを一定圧に保つ。ガスバッファタンクに貯蔵されたガスは、減圧弁にて所定の圧力に調整され遮断弁を経由してガスエンジンに供給される。

ガスエンジンの運転はガスバッファタンクにガスが貯蔵されている状態で可能となり、ガス供給システムの運転および制御とは切り離して行うことができる。

## iii. 構成機器基本仕様

### 1) ペレットコンテナ

ペレットコンテナは、縦型容器を搭載した 1, 2 号車と横型容器を搭載した 3 号車の 2 種類を開発および製造した。各コンテナの主な仕様は以下となる。

- ・1号車及び2号車の仕様：ステンレス製円筒縦型容器／第2種圧力容器



- 容量 7,700 リットル／容器 2 基を 1 輸送コンテナに積載
- 1 容器ペレット積載量 2,500kg／1 コンテナ輸送量 5,000kg
- ・ 3 号車の仕様：ステンレス製円筒横型容器／第 2 種圧力容器
- 容量 20,000 リットル／横長容器 1 基内を 3 区画に分割
- 1 区画ペレット積載量 2,500kg／1 コンテナ輸送量 7,500kg

上記の開発したペレットコンテナは、ペレットの貯蔵と輸送用途以外に、NGH ペレットの再ガス化容器として需要家現地で使用される。再ガス化速度が制御し易いように 1 基ずつ（3 号車では 1 区画ずつ）再ガス化するが、容器もしくは区画は連通しガス系全体のバッファ容量としても利用する。

## 2) 循環水タンク

循環水タンクの気相は、ペレットコンテナのガスラインとを均圧ラインで連結し同じ圧力としている。これにより、発生・供給ガスラインの圧力に応じてポンプ揚程を上げる必要がなく、ポンプ機器の簡素化および安定した循環水の供給を可能とする。

この循環水タンクは、NGH 融解水と供給循環水の貯留を兼ね、レベル計を装備して水位一定制御をかけている。循環水の一部はガスエンジン冷却水熱交換器で熱交換され、温水となってタンクに戻りタンク下部のミキシングヘッダで貯留水を攪拌して水温を一定に保つ機能も備えている。

- ・ 循環水タンクの仕様：ステンレス製円筒横型容器／第 2 種圧力容器
- 容量 2,500 リットル

## 3) 循環水ポンプ

設備でのポンプは、この循環水ポンプが一つであり、ペレットコンテナおよびガスエンジン熱交換器への循環水の供給および冷却塔への水補給を行う。

- ・ 循環水ポンプの仕様：遠心式／吐出量 19.2 m<sup>3</sup>/h 全揚程 20 m／3.7kW 安全増モータ

## 4) 分解ガスバッファタンク

圧力調整により定常制御圧力 0.45 MPaG に保たれる。再ガス化速度の正確な制御は難しいため、ガス化量とガスエンジンでの消費量の差によって生じる系の圧力変動を吸収する目的で設置している。

- ・ 循環水タンクの仕様：鋼製円筒縦型容器／第 2 種圧力容器／容量 2,300 リットル

## 5) 融解水回収タンク

循環水タンクから排出される余剰融解水を貯留し、排水として処理専門業者に引き渡す。

- ・ 融解水回収タンクの仕様：ポリエチレン製横置容器／容量 3,000 リットル
- 設置数 2 基

## 6) ガス供給システムの制御盤

ガス化装置側からは保安距離において設置することで非防爆筐体仕様としている。ガスエンジンおよび同付属設備を除いて、ガス供給システムの制御機器の運転、制御並びに保安、警報を統括している。CPU を内蔵し、保安、警報履歴のみならず、ガス供給システムの運転トレンドデータも記録できる。また、「重故障」警報が発令された場合は、携帯電話端末もしくは PC のメールアドレスに、警報内容と発生時間を発信する機能も備えている。

- ・ 制御盤の仕様：鋼製自立盤／CPU 内蔵、タッチパネルによる運転・監視機能

## 7) ガスエンジン発電設備

ガス供給システムの運転制御から独立して、ガスエンジン制御盤から運転され、発電電力はエネルギー総合研究所の受電系統に併入される。

- ・ ガスエンジンの仕様：ミラーサイクルエンジン
- 機関出力 294.7 kW／発電出力 280 kW／発電効率 40 %

## 8) ジャケット冷却水熱交換器

ガスエンジン付属の排熱回収システムの一つで、ガス供給システムのペレット融解に必要な熱量を吸収（排熱回収）する目的で利用される。

- ・ 熱交換器の仕様：プレート式／熱交換量 467 MJ/h／設計圧力 1.0 MPaG
- 設計温度 95 °C／プレート材質 SUS316

## iv. 運転および制御

大口需要家システムの運転はいわゆる **Daily Start & Stop** による昼間の運転で、ガス供給システムおよびガスエンジン発電設備の起動、停止も手動操作を基本原則としている。

NGH ペレットコンテナの交換、容器もしくは区画の切り替えも手動操作にて行い、手動起動押しボタン操作後のガス供給システムの起動工程、定常運転工程、手動押しボタン操作後のガス供給システムの停止工程が自動制御となる。

ガス供給システムの制御は大きく以下の3つに分けられる。

- 1) ガス圧力制御／循環水流量制御
- 2) 循環水温度制御
- 3) 循環水タンク水位制御

### 1) ガス圧力制御／循環水流量制御

ガス発生量は NGH ペレット融解量のガス換算に相当すると考え、ペレットコンテナへの循環水流量制御によりガス発生量制御を行う。また、ペレットの部分的なブリッジ、粒の不揃いによる伝熱面積の変動等により供給水量とガス発生量が理論通りにならないので、バッファタンクを設けてタンク圧力を制御することで間接的に NGH ペレット融解速度を制御することになっている。つまり、バッファタンク圧力の増減を見て循環水供給量を制御することになる。

なお、ガス化速度制御が圧力による間接制御で時間遅れが発生するので、バッファタンクガス圧の変動要因のガスエンジン負荷変動をフィードフォワード要素として取り入れている。

ガス圧力が定常制御値に達していないケースの起動工程では、別途、特有の自動制御を構築して昇圧時の圧力に応じた循環水量のランプ設定を行い、滑らかに設定圧力に到達する自動制御をかけている。

先に記したように、ガス供給システムの定常運転時の制御圧力は **0.45MPaG** であるが、この制御範囲を超えた運転状態を想定して下記の保護、保安機能を備えている。

バッファタンク圧力が **0.60MPaG** を超えるとガス供給システムの停止指令が発令され循環水ポンプが停止して循環水の供給を止め、システムが自動停止される。ガス供給システムは「待機」状態で保持され、その間、バッファタンクからガスエンジンへはガスが供給され続ける。その後、バッファタンク圧力が **0.30MPaG** に達するとガス供給システムの設備起動指令が発令され循環水供給が始まってシステムが自動起動する。

なお、系の圧力が上述の圧力値以上に上昇もしくは下降して異常設定値に達した場合には、「重故障」警報の発令と同時に、ガス供給システムは非常停止となる。

### 2) 循環水温度制御

NGH ペレットの再ガス化は循環水の顕熱を利用する。循環水との十分なペレット伝熱面積を確保することでペレット融解後の循環水温度が  $1\sim 2^{\circ}\text{C}$  一定となる要素試験結果を基に、循環水供給温度を一定に制御することにより、循環水量の制御でガス発生量の制御が容易となる。

本システムでは、循環水供給ラインから分岐した循環水をガスエンジンジャケット冷却水熱交換器へ送り、熱交換して暖まった温水を循環水タンクに戻して熱量の補給を行っている。その制御は、温水ラインに設置した3方向温度調節弁を用い、熱交換器に流す水量を調整することで循環水タンク温度を一定にしている。

NGH ペレットの融解には熱量が必要となるが、本システムではそれをガスエンジン排熱から得ている。従って、配送されたコンテナのガス圧力（保有ガス量）が低い場合や冬場など循環水タンク温度が極端に低い場合は、ガスエンジンを起動することができず、ペレット融解に必要な熱量が得られないことになる。そこで、ガス供給システムを起動するためには循環水タンク温度を予め上げておく必要がある。

上記を考慮して、ガス供給システムの停止工程では、特有の循環水タンク昇温システムを構築しており、ガス化を終了する場合は循環水タンク温度を上げてから設備を停止する制御としている。これにより、連続的にコンテナ配送が行われる場合は、循環水タンクにある水の顕熱で NGH ペレットのガス化の再開さらにはガスエンジン起動が可能となる。

### 3) 循環水タンク水位制御

循環水タンク水位は、循環水ポンプ起動時のペレット容器への供給水の汲み上げ、ガス供給システム停止時の容器からの融解水の戻り、ペレット融解水による増量等により変動する。

そこで、融解水回収タンクへの排水ラインに水位制御弁を設置し、レベルトランスミッタから

の指令で開度調整をすることで循環水タンク水位一定制御を行っている。なお、水位が一時的に急上昇し設定水位との差が開いた場合は、併設された排水バイパスライン設置の遮断弁が開いて貯留水を緊急放出するシステムも構築している。さらに、水位が異常高もしくは異常低に至った場合は、「重故障」を発信してガス供給システムは非常停止となる。

## (2) 小口需要家設備

### i. NGH 利用システムの概要

小口需要家の NGH 利用システムは、広島ガス（株）殿海田基地構内の技術研究所に設置したガス供給システムとガス消費機器となる赤火ガスバーナおよび研究所建家内の一般ガス器具で構成される。図 2.2.2-2 および写真 2.2.2-2 に小口需要家設備の装置構成図および設備全景写真を示す。

再ガス化設備は、循環水供給設備、分解ガスバッファタンクおよび関連機器・連絡配管から成る固定設備と、ユニック車で搬入される NGH ペレットコンテナ（再ガス化容器 2 本）とを連結したループで構成され、ガス化設備制御盤から運転・監視される。

また、コンテナの配送は、季節毎の需要を考慮しペレット残量が少なくなった時期を見計らって、NGH 製造出荷設備から新しいペレットコンテナ（容器）を輸送すると同時に、帰りに空のコンテナを回収する輸送チェーンを構築している。

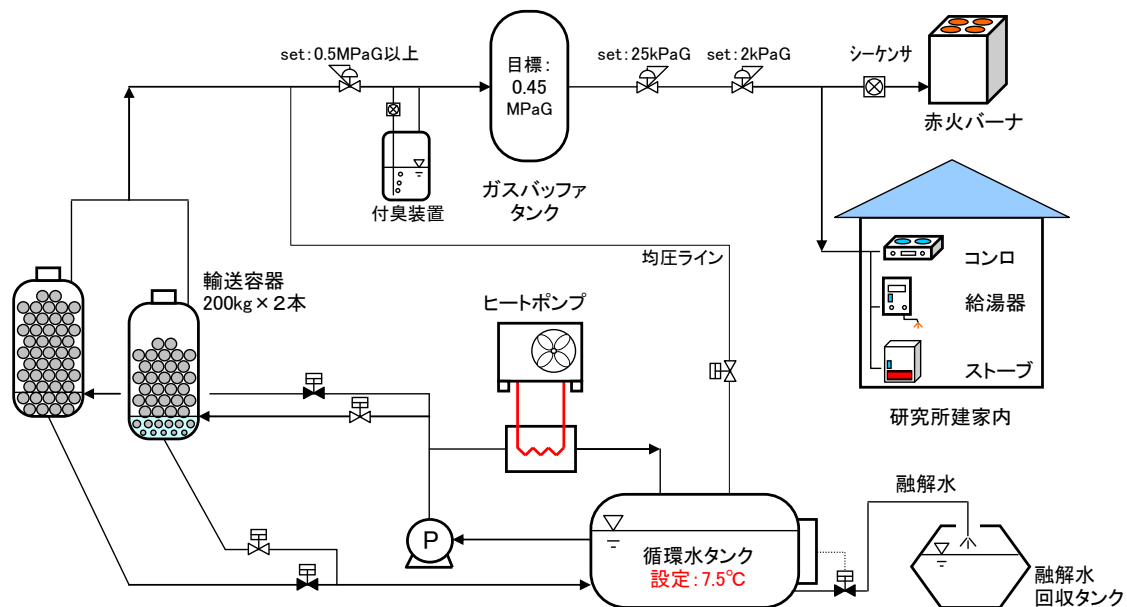


図 2.2.2-2 小口需要家設備の装置構成図



写真 2.2.2-2 小口需要家設備の全景写真

## ii. ガス供給システムの概要

NGH ペレットは NGH 製造出荷設備でコンテナに積載、配送され、技術研究所に搬入された後、NGH ペレットコンテナがガス供給システムに連結される。需要家として一般家庭を想定しているため、ガス供給システムは 24 時間連続運転、且つ、全自動制御仕様としている。ガス供給システムは、以下で説明する 1) 循環水供給系、2) 融解水処理系および 3) 発生ガス供給系の 3 系列に分けられる。

### 1) 循環水供給系

循環水供給系では、循環水ポンプによって循環水を流量調整弁、供給遮断弁を経由してペレットコンテナに供給する。なお、循環水供給系では、循環水ラインから一部の循環水を分岐してプレート式熱交換器へ送り、ヒートポンプで加温された温水を循環水タンクに戻し、循環水タンクを一定の温度に保つ温水供給ループも形成している。

### 2) 融解水処理系

融解水処理系では、ペレットコンテナでペレットを融解して増量した循環水が重力落差により遮断弁を経由して循環水タンクに戻ってくる。なお、循環水タンクには水位制御がかけられ余剰の融解水は遮断弁を経由して排出され、別置の融解水回収タンクに回収され、排水処理設備に運び込まれる。

### 3) 発生ガス供給系

発生ガス供給系では、大口需要家設備と同様、ペレットコンテナ内で再ガス化したガスを分解ガスバッファタンクに送り、ガス化速度を操作量とした圧力制御をかけてバッファタンクを一定圧に保つ。分解ガスバッファタンクに貯蔵されたガスは、減圧弁にて所定の圧力に調整されガス計量器を経由して、ガス消費機器に供給される。

なお、小口需要家システムは、需要家として一般家庭を想定していることから、ガス事業法に準拠した付臭も行っており、装置は分解ガスバッファタンク手前に設けている。

また、発生ガスの同伴湿分は発生ガス温度の水蒸気分圧により成り行きとなってしまいうので、規定値以内まで除湿する必要がある。そこで、ペレット容器出口のガス供給ラインの 1 次圧側に 0.5MPaG に保つ圧力調整弁を設置し、発生ガス側圧力が 0.5MPaG 以上にならないと、ガスが下流に流れない設備としている。これにより、発生湿りガス中の蒸気分圧を相対的に下げ、供給ガスの露点を規定値である常圧-10℃以下に保持している。

### iii. 構成機器基本仕様

#### 1) ペレットコンテナ

NGH ペレット容器は 1 種類 (4 基) を開発および製造した。ペレットコンテナは、ペレットの貯蔵と輸送用途以外に、NGH ペレットの再ガス化容器として需要家現地で使用される。再ガス化速度が制御し易いように 1 基ずつ再ガス化するが、容器は連通しガス系全体のバッファ容量としても利用する。

- ・コンテナ (容器) の仕様：ステンレス製円筒縦型容器／第 2 種圧力容器  
容量 600 リットル／容器 2 基を 1 ユニク車に積載  
1 容器ペレット積載量 200kg／1 コンテナ輸送量 400kg

#### 2) 循環水タンク

大口需要家設備と同様、循環水タンクの気相と発生・供給ガスラインは均圧ラインで連結し同じ圧力としている。これにより、発生・供給ガスラインの圧力に応じてポンプ揚程を上げる必要がなく、ポンプ機器の簡素化および安定した循環水の供給を可能とする。

この循環水タンクは、NGH 融解水と供給循環水の貯留を兼ね、レベルスイッチを装備して水位制御をかけている。循環水の一部はヒートポンプから供給される熱で温水となってタンクに戻りタンク下部のミキシングヘッダで貯留水を攪拌して水温を一定に保つ機能を備えている。

- ・循環水タンクの仕様：ステンレス製円筒横型容器／第 2 種圧力容器  
容量 200 リットル

#### 3) 循環水ポンプ

循環水ポンプは、ペレットコンテナおよび熱交換器 (ヒートポンプとの熱交換) へ循環水の供給を行う。

- ・循環水ポンプの仕様：容積式／吐出量 2.04 m<sup>3</sup>/h 全揚程 20 m／0.75kW  
耐圧防爆モータ

#### 4) 分解ガスバッファタンク

圧力調整により定常制御圧力 0.45 MPaG に保たれる。再ガス化速度の正確な制御が難しいため、ガス化量と需要家での消費量の差によって生じる系の圧力変動を吸収する目的で設置している。

- ・ガスバッファタンクの仕様：鋼製円筒縦型容器／第 2 種圧力容器／容量 700 リットル

#### 5) NGH 付臭ガス設備

一般需要家に供給されるガスに付臭を行う目的で設置するもので、供給ガスの主流からバイパスした小流量のガスを付臭液内に導き、バブリングさせてガス中に付臭液 (テトラヒドロチオフェン/THT) が蒸発することで付臭を行う。

付臭設備は、付臭液が封入された付臭缶、バイパス流量制御機器、配管および現場操作盤を 1 ユニットに纏めて隔離ボックスに収納してある。

なお、何らかの不具合で付臭ガスが大気放出される事象を想定し、ガス放出スタック手前に脱臭塔を設置し、放出する付臭ガスを消臭するように配慮している。

- ・ガス付臭設備：付臭方式／付臭液内へのガスバブリング方式、付臭液／THT  
設定付臭強度 21 ppm (希釈倍率 5,000 倍)

#### 6) ヒートポンプ式温水機

NGH ペレットの融解用の熱源として使用するもので、プレート式熱交換器を用いて循環水供給ラインから分岐した循環水に熱を供給する。本ヒートポンプの定格能力がペレット融解能力となるので、ペレットの必要融解熱量に対して十分な定格能力のヒートポンプを選定している。

- ・ヒートポンプ式温水機の仕様：定格能力 6 kW、昇温設定 20 °C  
ブライン／プロピレングリコール水溶液 (50%希釈)

#### 7) 融解水回収タンク

循環水タンクから排出される余剰融解水を貯留し、排水処理設備に持ち込む。

- ・融解水回収タンク：ポリエチレン製横置容器／容量 300 リットル／設置数 1 基

#### 8) ガス供給システムの制御盤

ガス化設備側からは保安距離をおいて設置することで非防爆筐体仕様としている。

ガス供給システム側の制御機器の運転、制御並びに保安、警報を統括し、CPU を内蔵して保安、警報履歴のみならず、システムの運転トレンドデータも記録できる。また、「重故障」警報が発令

された場合は、制御盤画面に警報内容を表示すると共に、広島ガス（株）殿海田基地の守衛室に警報を発信する機能も備えている。

- ・制御盤の仕様：鋼製自立盤／CPU 内蔵、タッチパネルによる運転、監視機能

#### iv. 運転および制御

小口需要家システムの運転は、昼間連続の 24 時間運転で、ガス供給システムの起動、停止のみならずペレット容器の切り替えも自動制御を基本原則としている。新規のペレットコンテナの交換および交換後の初期起動は手動操作にて行うが、手動起動ボタン操作後のガス供給システムの起動・制御工程、ペレット消費後の停止・切替工程、ペレット消費後の停止工程および容器交換指令まで全自動制御としている。

ガス供給システムの制御は大きく以下の 4 つに分けられる。

- 1) ガス圧力制御／循環水流量制御
- 2) 循環水温度制御
- 3) 循環水タンク水位制御
- 4) ペレット容器自動切替制御

##### 1) ガス圧力制御／循環水流量制御

ガス発生量は、大口需要家設備と同様に、NGH ペレット融解量のガス換算に相当すると考え、ペレットコンテナへの循環水流量制御によりガス発生量制御を行っている。また、伝熱面積の変動等により供給水量とガス発生量が理論通りにならないことを想定し、バッファタンクを設けてタンク圧力を制御することで間接的に NGH ペレット融解速度を制御している。つまり、バッファタンク圧力の増減を見て循環水供給量を制御することになる。

なお、ガス化速度制御が圧力による間接制御で時間遅れが発生するので、バッファタンクガス圧の変動要因の需要家側消費量変動をフィードフォワード要素として取り入れている。また、ガス圧力が定常制御値に達していないガス供給システムの起動工程では別途昇圧工程特有の自動制御を構築している。

先に記したように、ガス供給システムの定常運転時の制御圧力は 0.45MPaG であるが、この制御範囲を超えた運転状態を想定して下記の保護、保安機能を備えている。

バッファタンク圧力が 0.60MPaG を超えた場合もしくは需要家側の消費量が 0.1Nm<sup>3</sup>/h を下回った場合は、ガス供給システムの停止指令が発令され循環水ポンプが停止して循環水の供給を止め、システムが自動停止される。ガス供給システムは「待機」状態で保持され、その間、バッファタンク内の保有ガスが需要家側へ供給され続ける。その後、バッファタンク圧力が 0.20MPaG に達するか、もしくは需要家側の消費量が 0.7Nm<sup>3</sup>/h を上回ると、ガス供給システムの起動指令が発令され、循環水供給が始まって再び自動起動する。

系の圧力が上述の圧力値以上に上昇もしくは下降して異常設定値に達した場合には、「重故障」警報の発令と同時にガス供給システムは非常停止となるが、バッファタンクからのガス供給が途切れる前に、需要家側へのガス供給ライン末端に接続された CNG 供給ユニットから CNG が自動供給されるシステムとなる。

##### 2) 循環水温度制御

本システムでは、循環水供給ラインから分岐した循環水をプレート熱交換器へ送り、ヒートポンプからの熱供給で暖まった温水を循環水タンクに戻して熱量の補給を行っている。制御に関しては、循環水タンクに設置した温度スイッチの on/off によってヒートポンプおよびブライン循環系が起動／停止し、循環水タンク内の温度制御を行っている。

##### 3) 循環水タンク水位制御

循環水タンク水位は、循環水ポンプ起動時のペレット容器側への供給水の汲み上げ、ガス供給システム停止時の容器からの融解水の戻り、ペレット融解水による増量等により変動する。そこで、融解水回収タンクへの排水ラインに電磁遮断弁を設置し、循環水タンクに設置したレベルスイッチからの on/off 指令で開閉させ、循環水タンク水位制御を行っている。さらに、水位が異常高もしくは異常低に至った場合は、「重故障」を発信してガス供給システムは非常停止となる。

##### 4) NGH ペレット容器自動切替制御

先に述べたように、小口のガス供給システムではペレット容器の自動切替システムが構築され

ている。例えば、ペレット容器①を選択してガス供給システムを運転中、循環水の供給温度と戻り温度差が小さく、且つ、バッファタンク圧力が低下したことで、ペレットが消費され尽くしたと判断しペレット容器自動切替工程に入る。

容器の切替指令が出るとガス供給システムは停止工程に入り、循環水ポンプが停止してペレット容器①ラインの水が循環水タンクに戻る。一連の停止工程が完了すると、直ちにペレット容器②側のガス化運転指令が発令される。一方、ペレット容器②に切り替わった状態で運転中に上述と同様のペレット消費の信号が出ると、「ペレット容器交換要求」が出てガス供給システムは停止工程に入る。

ペレット容器交換指令以降は停止したガス供給システムは自動起動しないので、新たなペレットコンテナを配送後、再び初期状態に戻し、マニュアル操作により設備起動を行う。

## 2.2.2.2 試運転・実証運転(大口、小口)

### (1) 大口需要家設備

大口需要家設備では、メタンボンベでガスエンジンを起動しガス供給システム側とガスエンジン排熱とを熱交換させた熱回収の試運転および NGH 製造設備から出荷したペレットをガス化してエンジンを運転する実証運転を行っている。以下で、試運転および実証運転の内容と運転結果を報告する。

#### i. 試運転の概要

大口需要家は、ペレットの必要融解熱をガスエンジンの排熱から得るシステムである。そこで、実証運転前の試運転として、メタンボンベでガスエンジンを起動しガス供給システム側の循環水ラインとの熱交換を行い、循環水の温度上昇度合いから排熱回収システムの検証を実施した。

なお、以降に記載する全ての試験項目において、発電した電力はエネルギー総合研究所の受電設備に併入している。

#### ii. 試運転の目的

循環水タンクの温度上昇度合いからガスエンジンからの排熱回収量を把握し、ガスエンジンへのガス供給に見合うペレット融解熱が得られているかを検証する。

#### iii. 試運転内容

試験は、メタンボンベからガスエンジンにガスを供給してエンジンを 50%負荷(発電量 140kW)で運転し、エンジン排熱とペレット融解用の水を熱交換させ、循環水タンク温度が 30℃上がる時間を評価した。ペレット融解時は、循環水温度を一定となるように熱交換量を調整するが、今回の試験は温熱消費がないボンベ供給のため、徐々に循環水温度が上がる試験となる。ガスエンジンを起動して約 3 分間の暖気運転後、エンジンの出力が 140kW になった状態を確認して需要家設備を蓄熱モードに投入し、循環水ラインに温度変化が生じた時点から計測を開始した。ガスエンジン停止後(停止操作後)は約 3 分間の冷却運転を継続し、ガスエンジンは完全に停止し、試験を終了した。

#### iv. 試運転結果

##### 1) 循環水温度

図 2.2.2-3 に循環水温度とガスエンジン付帯の熱交換器(以下、熱交)に流した循環水量の時刻歴を示す。熱交換は、循環水の一部が熱交に送られ、再度、循環水タンクに戻り循環水タンク全体を昇温する。

試験は、水道水を循環水タンクに注水し循環水温度 11℃(14:13)からスタートし、41℃(昇温 30℃)になるまでの時間を評価した。その結果、図 2.2.2-3 に示すように、15:00 に循環水温度が 41℃となり、30℃を昇温するのに 47 分間の時間を要した。

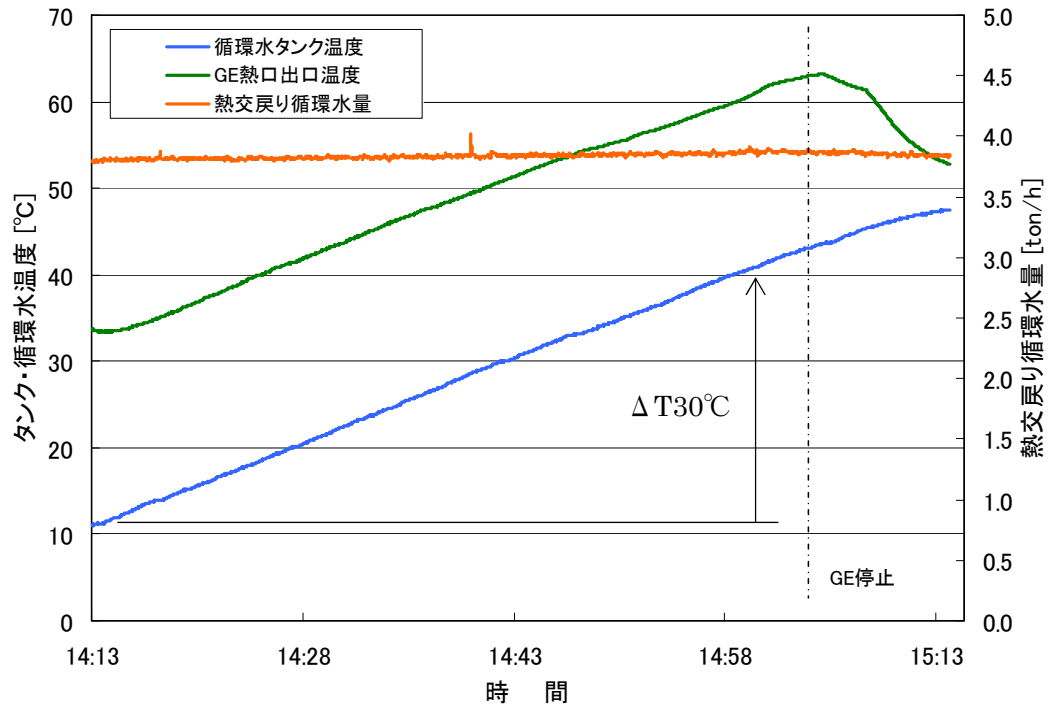


図 2.2.2-3 循環水温度と循環水量の関係

## 2) 交換熱量

図 2.2.2-4 に、ガスエンジンとの熱交換量およびメタンガス供給量に対する発電量を示す。同図から、ガスエンジンとの熱交換は循環水タンク温度が上昇するに従い、徐々に低下してくるものの、常に 90kW 以上を維持し、ガスエンジンメーカーのスペックである 98.3kW の値に近い熱交換量が得られている。

また、図 2.2.2-4 から、ガス供給量と発電量は傾向が対応していることが分かる。50%負荷時のメーカー仕様（以下、仕様）のガス消費速度が 34.5Nm<sup>3</sup>/h に対し、試験の消費速度は 37Nm<sup>3</sup>/h 程度であった。これは、ガスエンジンの仕様が天然ガスのものであるため、天然ガスに比べ発熱量が低いメタンの供給では仕様以上のガス供給量が必要になったためと考えられる。

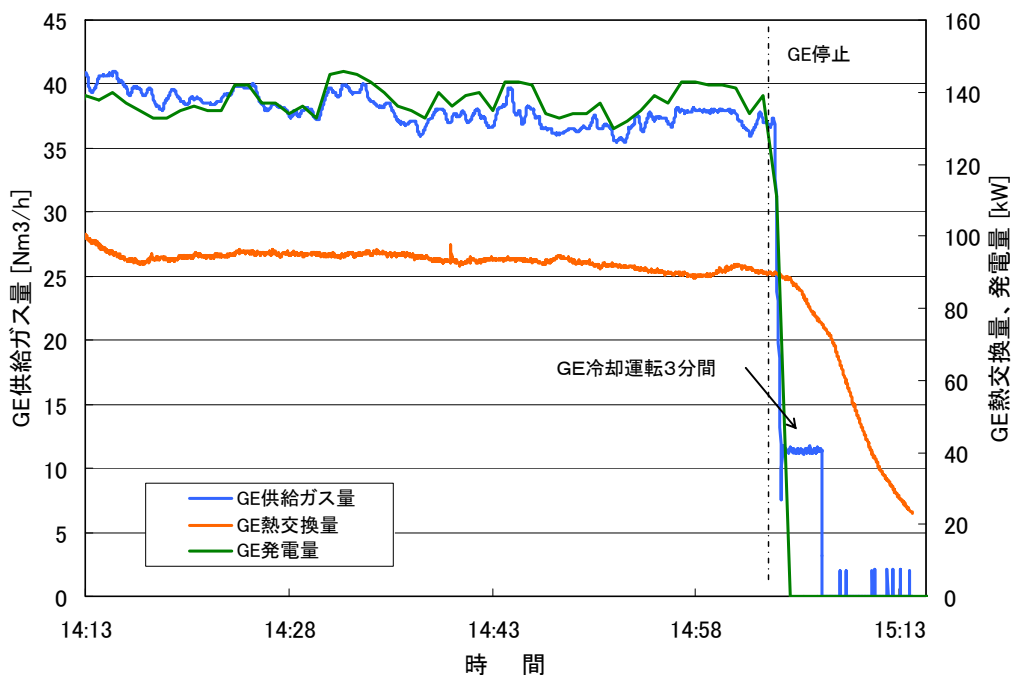


図 2.2.2-4 ガスエンジン供給ガス量と熱交換量・発電量の関係



### 3) 累積ガス消費、交換熱量

図 2.2.2-5 に、ガスエンジンへの供給ガス量、ガスエンジン熱交換量および循環水タンク加熱量の積算値の履歴を示す。さらに、表 2.2.2-1 に熱交換量に関するまとめと効率比較を示す。

循環水タンクを 30℃ 昇温する時間 (47 分) で消費したメタンガスは 30.1Nm<sup>3</sup> である。メタンの低位発熱量を 8,574kcal/Nm<sup>3</sup> (10kWh/Nm<sup>3</sup>) とすると、メタンガスが保有する熱量は 300kWh となる。

表 2.2.2-1 中の①に示す加熱必要熱量 68.4kWh は、熱交の循環水ラインにある水および SUS 鋼材 (タンク、配管) を 30℃ 上げるのに必要な計算熱量である。表中②に示す熱交換量は試験結果で、①÷②の採熱効率は 92.6% となる。100% からの差分 7.4% は、必要熱量の見積り誤差や循環水の配管や熱交換器から放熱した熱量分に相当すると考えられる。

表中の①必要加熱量を 47 分で熱交換したことより、熱交換量は 87.3kW (68.4kWh×60 分÷47 分) となる。一方、ガスエンジンが 50% 負荷で運転している際の消費ガス量 34.5Nm<sup>3</sup>/h である。

ペレットを融解してガスを発生させるのに必要な融解熱は、NGH 率 75% ペレットの場合、0.99kWh/Nm<sup>3</sup> であるため、必要熱量は 34.2kW (34.5Nm<sup>3</sup>/h×0.99kWh/Nm<sup>3</sup>) となる。

以上より、試験で得られた熱量はペレットの融解熱の 2.5 倍 (87.3kW÷34.2kW) であり、構築した熱交換システムは十分にペレット融解熱量が得られる結果となった。

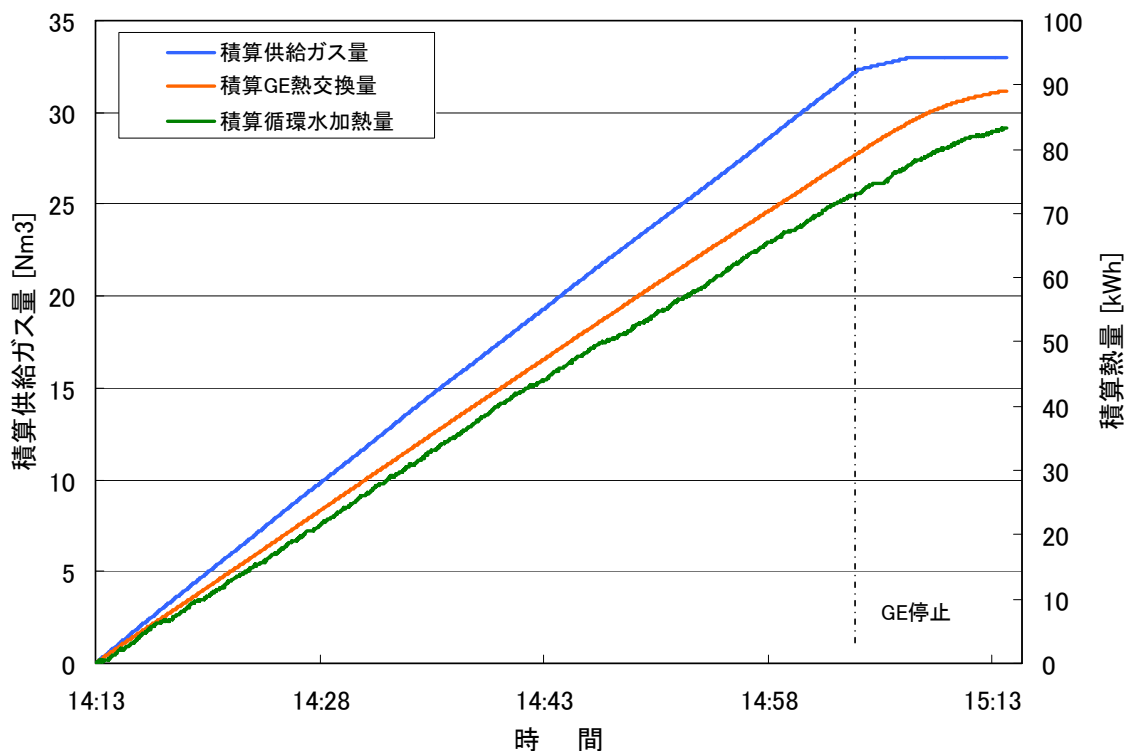


図 2.2.2-5 ガスエンジン積算供給ガス量と熱交換量・循環水加熱量の関係

表 2.2.2-1 熱交換量のまとめと効率比較

初期温度	終了温度	温度差	昇温時間 <sup>1)</sup>	加熱必要 熱量① <sup>2)</sup>
14:13:01	15:00:27			
[°C]	[°C]	[°C]	[分]	[kWh]
11	41	30	47	68.4
循環水 採熱量②	採熱効率 ①÷②	GE排熱 <sup>3)</sup> 実測値③	GE排熱 <sup>4)</sup> スペック④	排熱比較 ③÷④
[kWh]	%	[kW]	[kW]	%
73.9	92.6	94	98.3	96.0

注1) 温度を30°C上げるのに要した時間(試験結果)

注2) 循環水総量・機器の比熱量から求めたΔT30°C時の必要熱量

注3) 47分でのGE交換熱量からワットに換算した値

注4) GE50%負荷時の熱交換器排熱量のメーカー仕様値

#### v. 実証運転の概要

柳井で製造した NGH ペレット 370kg を大口需要家向けペレットコンテナに積載し、大口需要家があるエネルギー総合研究所に輸送した。需要家に到着後、ペレットコンテナを NGH 利用システムに接続し、温水を同コンテナに供給することで NGH の分解による天然ガスを発生させた。

発生させた天然ガス量は約 11Nm<sup>3</sup> であるが、ガスエンジンへ発生ガスを供給しエンジン 50% 負荷である 140kW、さらには最大負荷である 280kW の発電を達成した。

#### vi. 実証運転の目的

NGH 製造出荷設備で製造した NGH ペレットを、開発した貯蔵・輸送・ガス化兼用コンテナに積載し需要家に陸上輸送することで、NGH 利用システムで発生させた天然ガスをガスエンジンに供給する輸送チェーンを実証する。

実証運転では、ガス供給システムに組み込まれている各動機器類の仕様・能力および制御システムの妥当性を検証すると共に、発生させたガスの湿分やガス組成を把握する。また、発生させたガスをガスエンジンに供給し、ガスエンジンの運転状態を確認することで、NGH 利用システムのガスエンジンへの適合性も確認する。

#### vii. 実証運転内容

今回用いたペレットコンテナは横置タイプの 3 号車で、NGH ペレット 370kg を一番後ろの第 3 区画に積載した。ガスエンジンの要求ガス圧力は 0.15MPaG となるので、ペレット積載量とコンテナ気相体積の関係から、今回の積載量ではコンテナおよびガス供給システムをガスエンジン供給圧力まで上げることはできない。そこで、メタンボンベで供給可能な 0.15MPaG までコンテナおよびガス供給システムを昇圧した状態から、NGH ペレットのガス化を開始し、ガス発生により昇圧した分のガスをガスエンジンに供給した。よって、初期に張り込んだメタンガスと発生した天然ガスがコンテナおよびガス供給システムで混合されて、ガスエンジンに供給される運転となる。以下に、具体的な試験手順を記す。

- 1) メタンボンベ供給にてガスエンジンを運転し、循環水ラインを昇温(蓄熱)
- 2) コンテナを接続し、メタンボンベで装置のガス圧力を 0.15MPaG まで昇圧
- 3) 温水を循環させ NGH ペレットのガス化を実施
- 4) ガスエンジンを起動し、発電した電力を研究所の受電設備に併入

#### viii. 実証運転結果

##### 1) 循環水ラインの昇温(蓄熱)

循環水ラインの昇温は、先に示した試運転と同様な手順で行い、ガスエンジン負荷 50% において、55 分間の蓄熱運転を行い 11.5°C から 44°C まで 32.5°C 昇温させた。ガスエンジン供給メタン量 33Nm<sup>3</sup> で 74kWh の熱を得ており、試運転時と同等な回収効率となった。

##### 2) NGH ペレットのガス化

###### ① ガス化制御

循環水の通水開始時に、コンテナ排水ラインの凍結や閉塞の発生、人為的ミスにより排水ラインが閉止していた場合に、大量の循環水をコンテナ内に通水すると、水位の上昇により突発的に大量のガスが発生する恐れがある。そこで、ガス化運転では、初期の 10 分間は低流量である 2 トン/h の循環を継続し、その間にコンテナからの冷水の戻り（ライン確保）を確認し、一方、循環水の戻りがなければガス化を停止する運用としている。その 10 分間の低流量運転およびその後の流量増加は、ガス供給システムに流量の自動制御が組み込まれている。

図 2.2.2-6 に、ガス化時の循環水量と発生ガス速度の時刻歴を示す。同図より、初期 10 分は低流量、その後、自動的に流量が増加しており、制御動作の健全性を確認した。ガス化初期のガス発生量は、瞬間的ではあるが  $45\text{Nm}^3/\text{h}$  を確認し、ペレット残量の低下に伴って、ガス化発生速度が低下している様子が分かる。

### ②発生ガス量

図 2.2.2-7 に、積算発生ガス量とコンテナ圧力の時刻歴を示す。この時点では、ガスエンジンへのガス供給を行っていないことから、発生したガスでコンテナおよび供給ガスラインの圧力が上昇することになる。

コンテナおよびガス供給ラインの気相体積から、NGH ペレットの融解で約  $11\text{Nm}^3$  の天然ガスを発生させた結果になった。NGH ペレット量  $370\text{kg}$  と発生ガス量から、ハイドレートの純度を示す NGH 率は 17% となった。NGH 率の計画値は 75% であり、NGH 製造設備側での NGH 率の高率化が望まれる。

### ③ガス供給能力

比較的 NGH ペレット量が多い初期のガス化では、5 分間で  $3\text{Nm}^3$  のガスを発生し、初期は  $35\text{Nm}^3/\text{h}$  のガス発生速度となる。一方、設備のガス化速度の設計値は  $65\text{Nm}^3/\text{h}$  で、初期の発生ガス量から 54% の性能となる。

しかし、上記の発生速度の結果は、NGH 率の低さ、およびペレット積載量の少なさに伴う伝熱面積の不足に起因するものと考えられ、高い NGH 率、且つ、相応の積載量を確保できれば十分なガス化速度が達成できると考えられる。

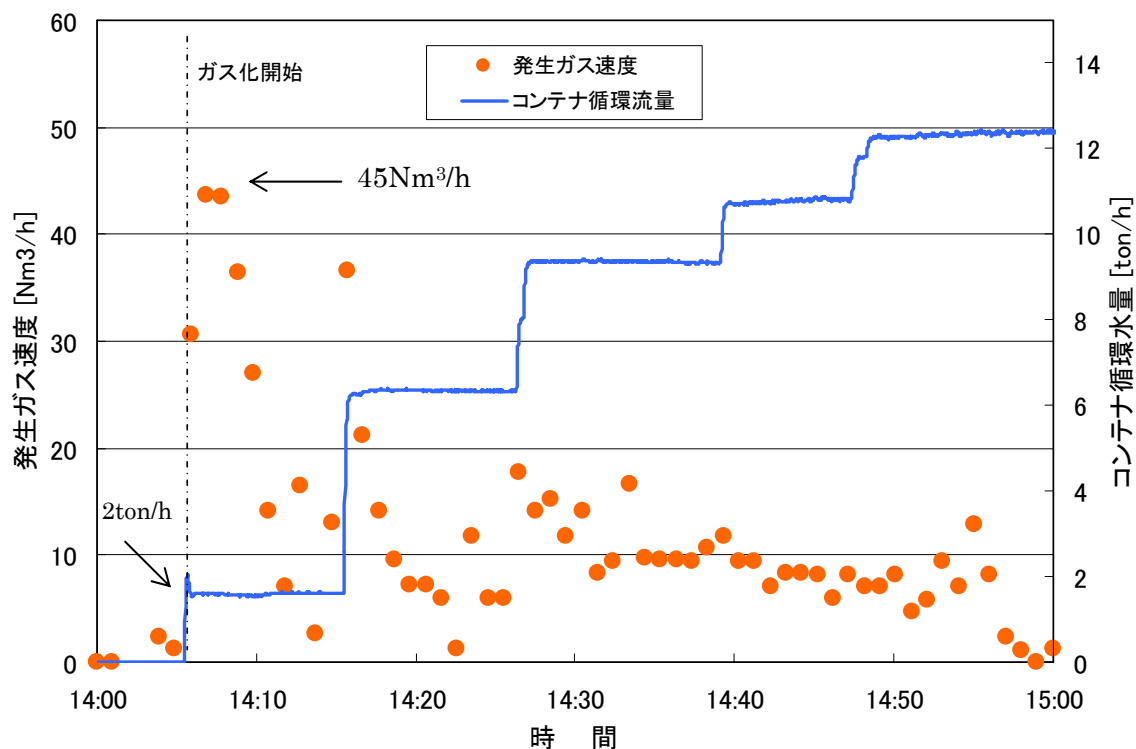


図 2.2.2-6 循環水量と発生ガス速度の関係

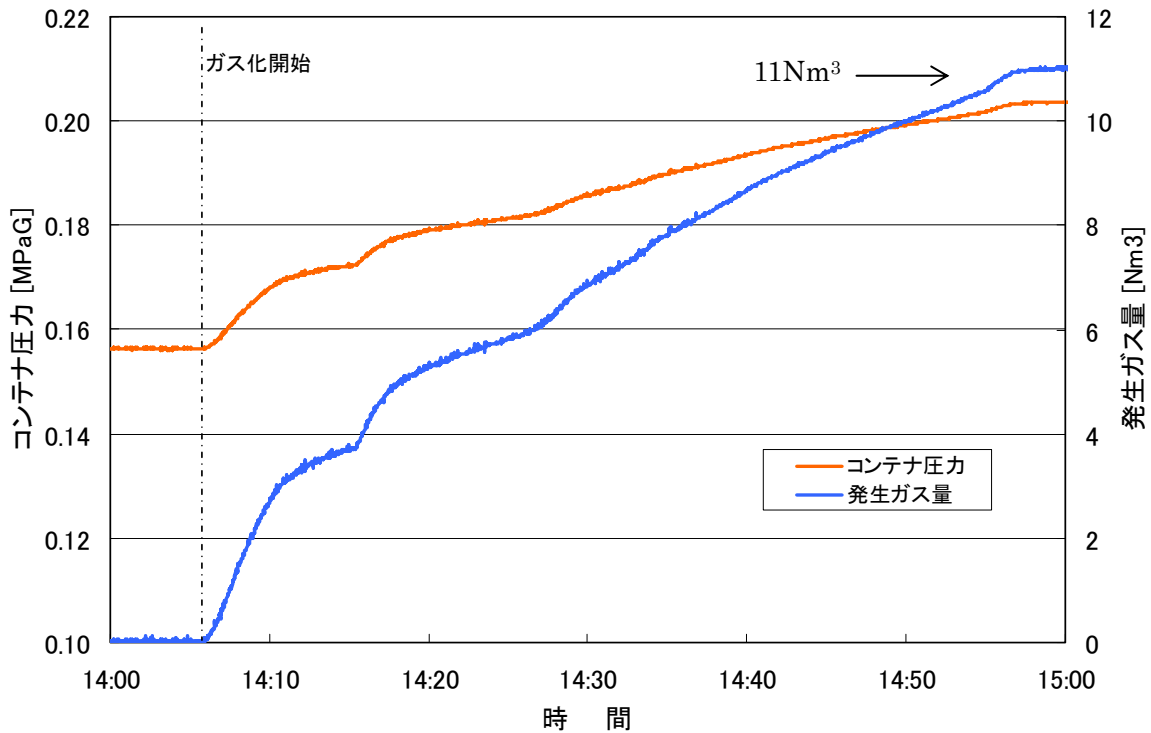


図 2.2.2-7 積算発生ガス量とコンテナ圧力の関係

### 3) ガスエンジンの運転

NGH ペレットの殆どが融解し、系内圧力の上昇が止まった段階でガスエンジンの起動を行った。図 2.2.2-8 に、ガスエンジン供給ガス量と発電量の関係を示す。同図より、ガスエンジンは約 3 分間の暖気運転後に、徐々に出力を上げ 15:15 に 50% 負荷である 140kW の安定した運転に入った。その後、15:27 に全負荷の設定に変更し、15:31 に定格である 280kW の発電を確認した。

また、同図より、供給ガス量と発電量の時刻歴を比較すると、当然の事ながらガスエンジンの出力に連動して供給ガス量が増減している様子が分かる。

コンテナ内のペレットが消費され、供給ガス圧力がガスエンジンの要求圧力である 0.15MPaG を下回り、その後、0.13MPaG となった 15:37 にガスエンジンを停止し試験を終了した。

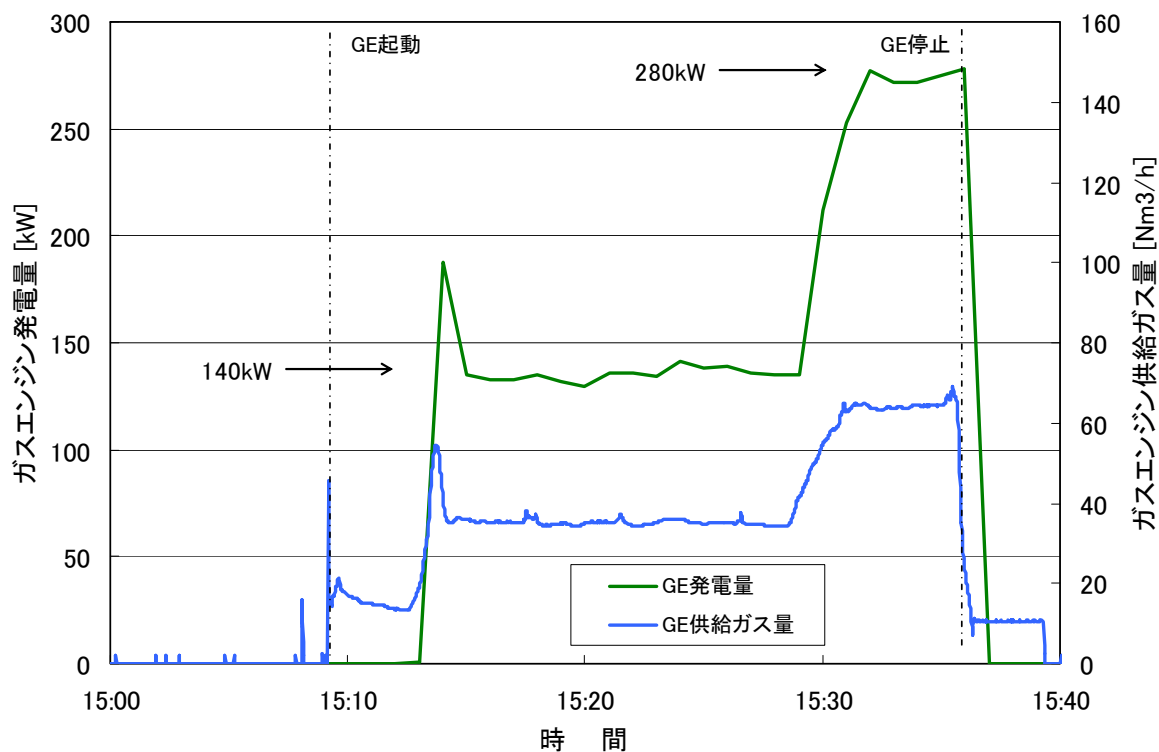


図 2.2.2-8 ガスエンジン供給ガス量と発電量の関係

#### 4) ガス組成と湿分

メタンを張り込んだ状態から NGH ペレットを上流のコンテナ内で分解し、下流側のガスエンジンにガスを供給している。よって、設備の下流はメタンリッチな状態でスタートし、徐々に上流側から天然ガス成分が混ざるガス供給となる。図 2.2.2-9 に、ガスエンジンに供給したガスのガス組成の履歴を示す。最終のサンプリングでは、組成が C1 : C2 : C3=87.8 : 5.7 : 5.2 (%) となり、初期のメタンガスと混ざった状態ではあるが、NGH の発生ガスでガスエンジンの運転を確認するに至った。

表 2.2.2-2 に供給ガスの湿分測定結果を示す。表検知管により供給ガスの湿分を測定した結果、ガスエンジンメーカーの要求仕様である相対湿度 60%以下となり、ガス湿分（除湿）に関する設備の妥当性を確認した。

表 2.2.2-2 ガスエンジン供給ガスの湿分

時刻	GEガス 供給温度 [°C]	GEガス 供給圧力 [MPa]	ガス 水分量 [mg/L]	飽和 水蒸気量 [mg/L]	相対湿度 [%]	目標 相対湿度 [%]	判定
15:15	19.5	0.155	3.5	16.8	20.8	60%以下	良
15:20	20.2	0.151	3.5	17.5	20.0	60%以下	良
15:25	20.8	0.141	4.0	18.1	22.1	60%以下	良
15:30	21.1	0.134	5.5	18.5	29.8	60%以下	良

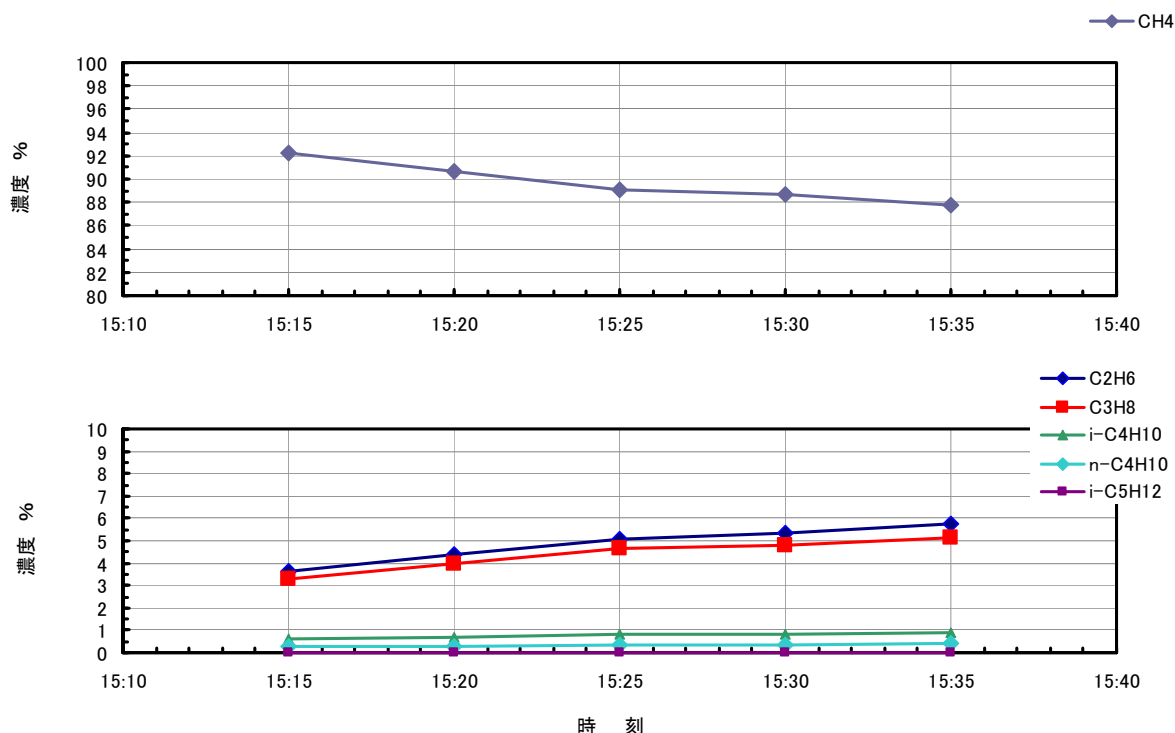


図 2.2.2-9 ガスエンジン供給ガスのガス組成

## (2) 小口需要家設備

小口需要家設備では、三井造船（株）千葉事業所にある NGH 製造設備で製造したメタンおよび NGH ペレットをペレットコンテナ（配送容器）に積載し、広島ガス（株）技術研究所内に設置した NGH 利用システムに配送して試運転を行っている。さらに、中国電力（株）柳井発電所内にある NGH 製造設備で製造した NGH ペレットを同 NGH 利用システムに配送して実証運転を行っている。

ガス需要として、設備性能の検証には消費量大きい赤火バーナ、燃焼性の試験では一般家庭用のガス器具を用いた。さらに、一般家庭へのガス供給を想定し、広島ガス（株）殿の海田社宅で調査したガス需要のトレンドデータに基づき、赤火バーナにシーケンサを組み合わせた装置を用いて、実際のガス消費を再現したガス供給試験を行っている。

### i. 試運転の概要

一般家庭でのガス需要は、夕方から増加し始め夕食後の時間帯にかけてピークを示し、一方、深夜には殆ど消費がない傾向を示す。小口需要家設備は、一般家庭へのガス供給を想定していることから、需要の大・小に追従した全自動運転が要求される。そこで、ガス消費量を調整できる赤火バーナにガスを供給し、ガス需要をステップ的に大きく変動させたガス供給の追従性試験を行った。

さらに、先に述べた需要調査結果から、一年を通じて平均的なガス消費の秋季のトレンドデータを選定し、一般ガス需要の追従試験を行った。なお、ガス需要は、一年を通じて、冬季が一番大きく、夏季が一番少ない傾向にある。

### ii. 試運転の目的

ステップ応答試験を通じ、ガス需要への追従性に着目してガス供給システムの制御パラメータを調整する。また、発生ガスは、ガス供給システム側で減圧して低圧用のガス器具に供給することになるが、一般ガス器具に実際に供給して燃焼状態を確認する。

さらに、実証運転に向けた問題点および課題の抽出を目的として、ガス需要の追従性試験も試運転で実施した。

### iii. 試運転内容と結果

#### 1) ガス化ステップ応答試験

試験は、千葉から輸送したメタンペレット 300kg を用い、ガス消費量を調整できる赤火バーナに発生ガスを供給した。ガス供給（消費量）は、1, 2, 4Nm<sup>3</sup>/h とステップ的に変化させ、各条件での供給時間は1時間とした。

図 2.2.2-10 に発生ガス量と循環水量の関係を示す。同図より、発生ガス量と循環水量の傾向が良く対応していることが分かる。図中にも注釈したように、発生ガスの時刻歴が示すピークは、容器積載ペレットが突っ張った状態から容器底部の熱源に落下した際、瞬間的に多くのガスが発生している部分である。なお、発生ガスがピークを迎えた直後に、循環水量が瞬時に低下している。これは、系内の急激な圧力上昇を抑えるために組み込んでいる自動制御の作用であるが、意図した制御動作の有効性が伺える。

また、同図では発生ガスが 3 回ほど零以下の値になっている。これは、ペレット融解により循環水タンクの水位が上昇し、タンクのレベルスイッチが動作したタイミングと一致している。すなわち、系外に融解水を排出する際に水の体積分の系内圧力が下がるため、一時的にガス発生が停滞しているように見えるためである。

図 2.2.2-11 に供給ガス量とバッファガスタンク圧力の関係を示す。ガス化開始後は、設定目標圧力である 0.45MPaG まで積極的にガス化を行い、昇圧完了後に自動制御への正常な移行を確認している。

図 2.2.2-10 と図 2.2.2-11 との比較より、供給ガス量が少ない時間帯は循環水量を絞り、ガス量が増えるに従い循環水量および発生ガス量を増加させている。ガスバッファタンクの圧力は目標圧力付近を推移しており、正常に圧力制御を行っていることを確認した。

#### 2) 燃焼器具試験

試験は、千葉から輸送したメタンペレットをガス化させ、ガスバッファタンクから 2 段階で 200mmAq まで減圧させた低圧ガスを、赤火バーナおよび家庭用のガスコンロに供給した。写真 2.2.2-3 に赤火バーナの燃焼状態を示す。大量にガスを消費した場合でも、ガス供給を継続し、安定した燃焼状態を確認した。

写真 2.2.2-4 に家庭用ガスコンロでのステーキの調理状態を示す。供給圧力は、目標である 200mmAq を維持し、一般ガス器具においても安定したガス供給と、十分な熱量（調理火力）を確認した。



写真 2.2.2-3 赤火バーナの燃焼



写真 2.2.2-4 ガスコンロでの燃焼

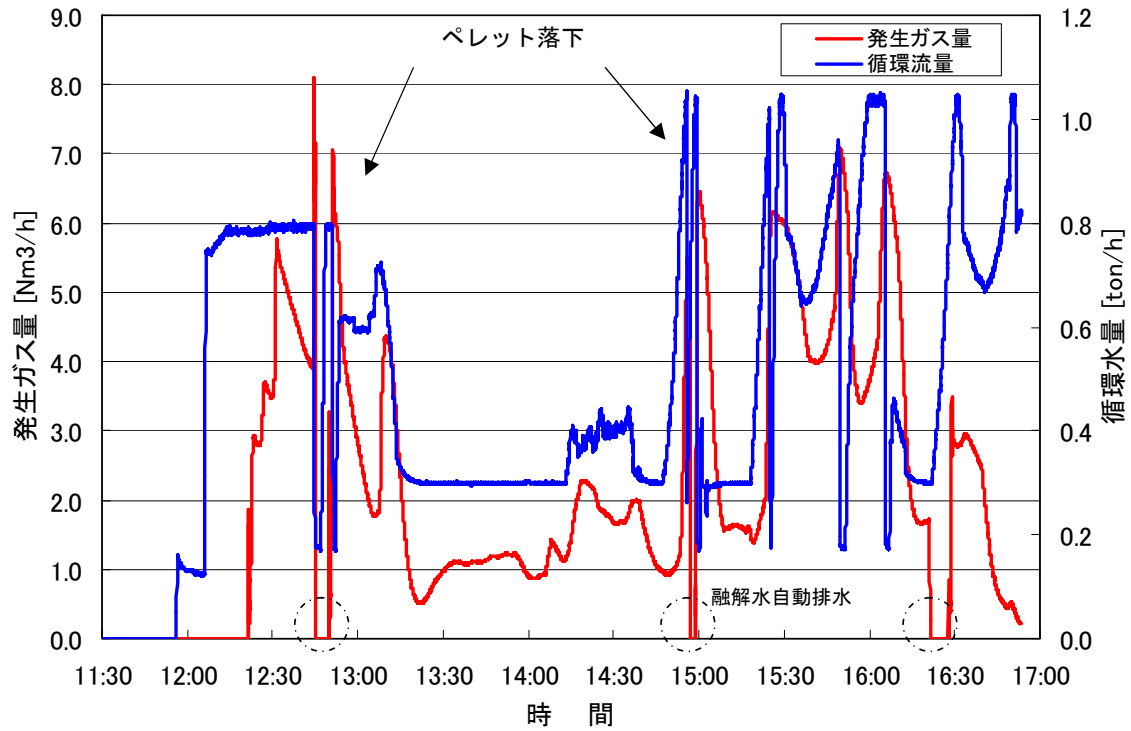


図 2.2.2-10 発生ガス量と循環水量の関係

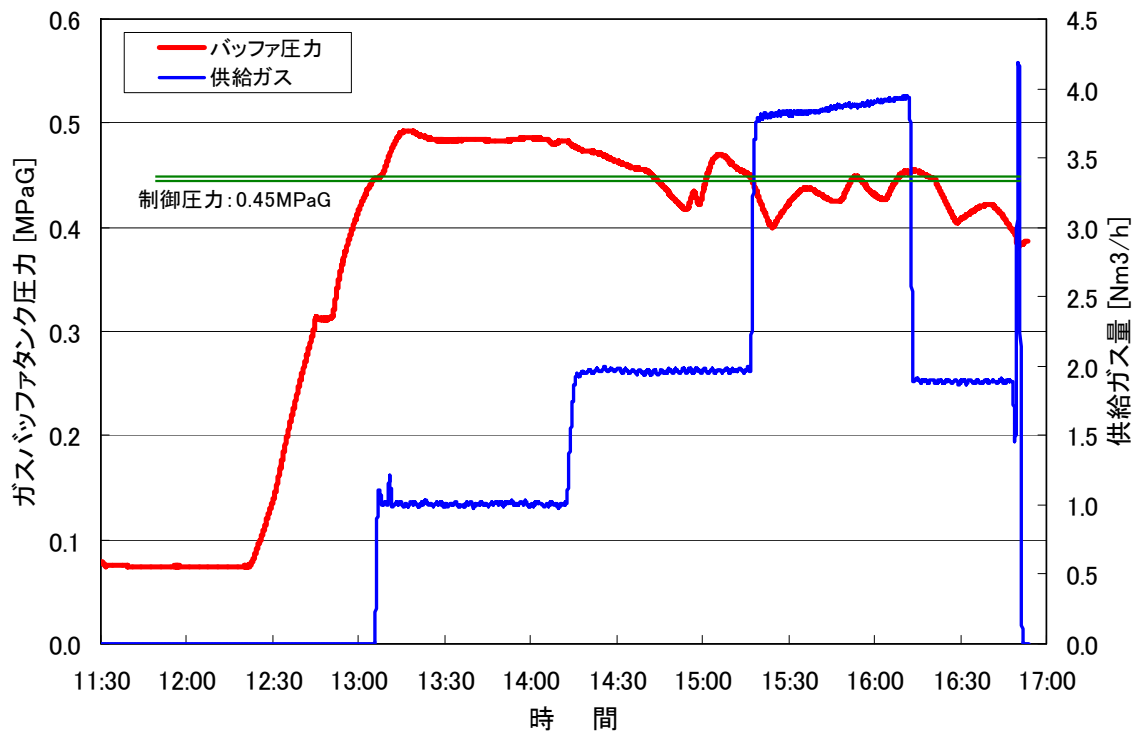


図 2.2.2-11 供給ガス量とバッファガスタンク圧力の関係



### 3) 秋季の需要トレンド追従試験

試験は、千葉から輸送した NGH ペレット 300kg をガス化させ、ガス量制御シーケンサと先の赤火バーナを組み合わせ「秋季のガス需要」を再現し、需要追従試験を行った。

#### ①需要調査結果

図 2.2.2-12 に、平成 19 年 10 月 15 日に調査を行った秋季の社宅需要調査結果を示す。需要調査時の社宅入居世帯は 6 世帯であったが、設備仕様を決定した際は 9 世帯の入居であったので、トレンドデータとしては同図に示すガス量を単純に 1.5 倍したガス量を採用した。また、トレンドを再現した区間は、需要が多い 18:30~22:30 の間であり、9 世帯換算で総供給ガス量 3.7Nm<sup>3</sup>、瞬間最大 6Nm<sup>3</sup>/h のガス供給速度となる。

#### ②供給ガス量とガス化追従性

図 2.2.2-13 に、需要追従試験における供給ガス量とバッファガスタンク圧力の関係を示す。なお、図の横軸の時刻は、トレンドの時刻ではなく、試験日の実時刻を表している。試験は、1 本目の 3 号容器内のペレットがほぼ空の状態からスタートし、需要トレンドの終盤で「空判定」を行い、2 本目の 4 号容器に切り替わる状態で試験を行った。

図 2.2.2-12 に示す需要調査トレンドと図 2.2.2-13 の供給ガス量は一致し、NGH 発生ガスでガス消費を追従できたことが分かる。しかし、1 本目の容器内のペレットがほぼ空だったことから、供給ガス量が増加するに従い、ガスバッファタンク圧力が低下し、貯留ガスでガス供給を賄っていることが分かる。

図 2.2.2-13 のガスバッファタンク圧力から、2 本目に切り変わってから圧力が回復しているが、圧力低下の幅が大きく、容器交換指令を出すタイミングを早くするなどの設備調整が必要となる結果となった。

また、今回の試験で用いたペレットの NGH 率は約 40% と低く、切り替え後の圧力回復が遅い。よって、ガス消費トレンドの追従性を向上するには、高い NGH 率ペレットでのガス化が必要であり、NGH 製造設備も含めた今後の課題である。

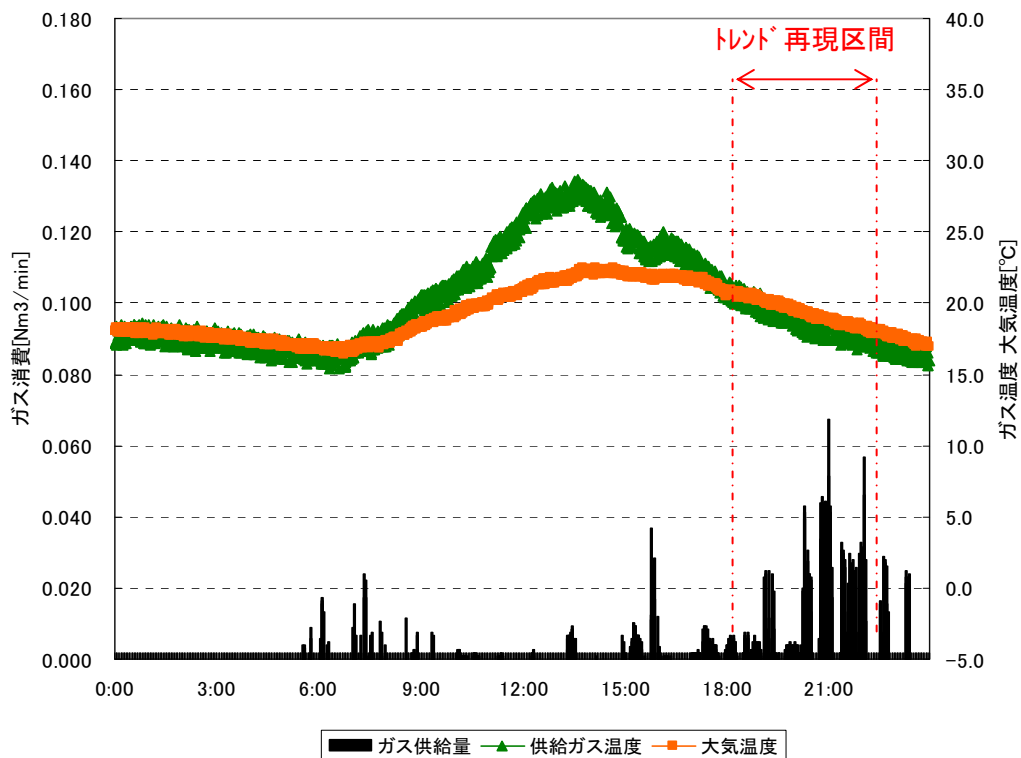


図 2.2.2-12 秋季の社宅需要調査結果（平成 19 年 10 月 15 日、6 世帯入居）

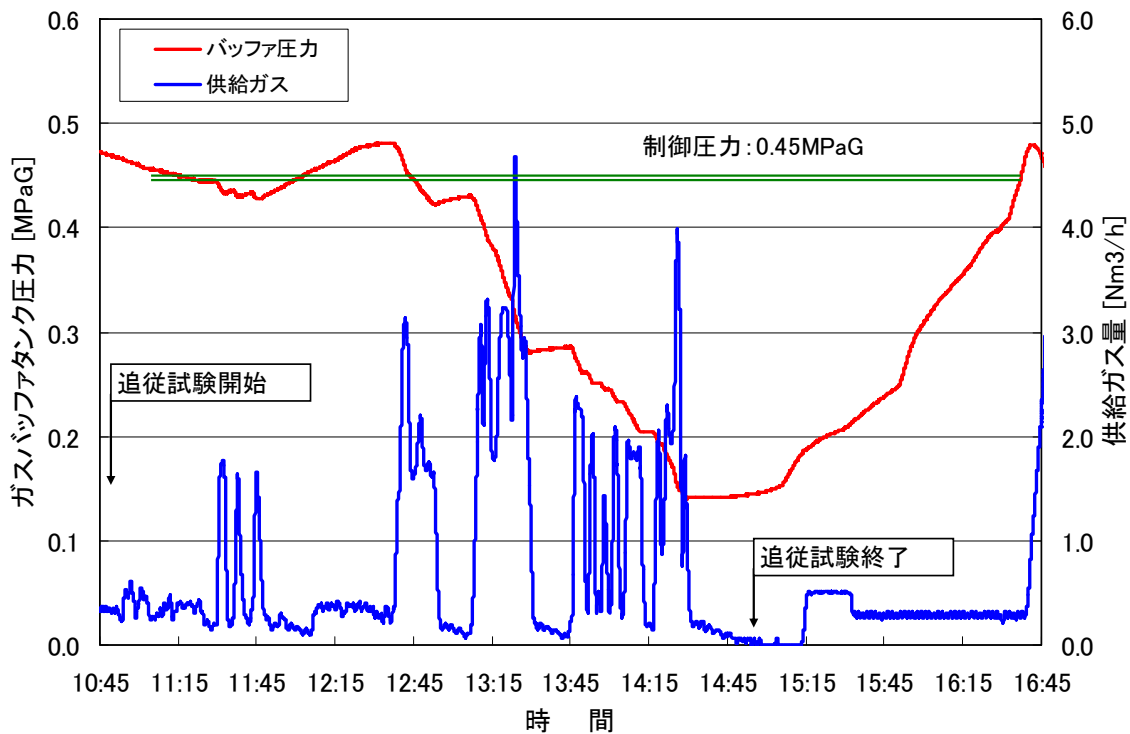


図 2.2.2-13 供給ガス量とバッファガスタンク圧力の関係

#### iv. 実証運転の概要

柳井で製造した NGH ペレット 220kg を小口需要家向けペレットコンテナ（4 号容器）に積載し、小口需要家がある広島ガス（株）殿の技術研究所に輸送した。需要家に到着後、ユニック車で容器を NGH 利用システムに設置し、温水を同容器に供給することで NGH の分解による天然ガスを発生させた。

発生させた 13.5Nm<sup>3</sup>の天然ガスを、ガス消費量を調整できる赤火バーナに供給し冬季のトレンド追従試験を実施した。さらに、技術研究所建家内にガスを供給し種々の家庭用一般ガス器具で燃焼試験を行った。

また、本設備ではガス事業法に準拠した発生ガスの付臭を行っている。そこで、発生した付臭済みガスを定期的にサンプリングして、目標付臭強度に対する評価を行うと共に、ガス組成およびガス湿分のガス品質の評価も行った。

#### v. 実証運転の目的

簡易ガス事業では、「ピーク時のガス需要」に基づいてガス発生設備等の能力を決定することになっている。平成 19 年に行った一年間の社宅の需要調査結果から最大ガス需要は 1 月 8 日に発生しており、設備仕様は 1 月 8 日のガス需要に基づいて決定している。そこで、設備仕様の妥当性を検証する目的で、1 月 8 日のガス需要を再現し、設備のガス需要に対する追従性を確認した。

さらに、NGH で発生させた天然ガスの品質を調査する目的で、家庭用の一般ガス器具に発生ガスを供給し、点火時の目視検査および一酸化炭素排出量の測定を行い、燃焼状態の評価を行った。

#### vi. 実証運転の内容と結果

##### 1) 冬季の需要トレンド追従試験

試験は、柳井から輸送した NGH ペレット 220kg をガス化させ、ガス量制御シーケンサと先の赤火バーナを組み合わせ「冬季のガス需要」を再現し、需要追従試験を行った。

### ①需要調査結果

図 2.2.2-14 に、平成 19 年 1 月 8 日に調査を行った冬季の社宅需要調査結果を示す。トレンドを再現した区間は、ピークガス需要が確認された時間帯の 19:35～22:00 の間であり、総供給ガス量 6.1Nm<sup>3</sup>、瞬間最大 8Nm<sup>3</sup>/h（1 時間平均では 3.5Nm<sup>3</sup>/h）のガス供給速度となる。

### ②供給ガス量とガス化追従性

図 2.2.2-15 に、需要追従試験における供給ガス量とバッファガスタンク圧力の関係を示す。なお、図の横軸の時刻は、トレンドの時刻ではなく、試験日の実時刻を表している。

図 2.2.2-14 に示す需要調査トレンドと図 2.2.2-15 の供給ガス量は一致し、設備仕様の決定根拠となったピーク負荷を追従できたことが分かる。

しかし、ガス発生速度に関しては、12:30 以降の需要のピークを迎えると需要の増加に伴ってガスバッファタンク圧力が低下している。ガス化制御特性から、目標制御圧を下回っている場合は積極的にガス化を促進するように循環水量を上げているが、ガス発生が追いつかず系内の貯留ガスで供給を賄っている状態となる。この傾向は、先の「秋季の需要トレンド追従試験」でも確認されており、高い追従性という意味では今後の課題である。

## 2) 発生ガスの組成

1 本のガス化容器に対するガス化の初期・中期・後期において、容器下流および付臭後の需要側の 2 点でガスサンプリングを行い、ガス組成の計測を行った。

表 2.2.2-3 にガス組成の一覧と発熱量や燃焼性に関するデータの一覧を示す。ガス組成に関しては、ガス化の後期で C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>（プロパン）が上昇し発熱量が上昇する傾向にあったが、燃焼速度と共に 13A の範囲内には収まっている。

一方、燃焼性を評価するウォッベ指数に関しては、13A の範囲を超えている結果が得られている。NGH のガス化による発生ガス組成は、NGH の包蔵ガス組成に由来するので、13A 範囲に入れるためには製造設備側での NGH 組成の調整が不可欠である。

表 2.2.2-3 発生ガスのガス組成の変化の一覧

柳井ベレット	上流点(ガス化容器下流)			下流点(ガスバッファ下流)			広島ガス13A	ガスグループ13A	
	ガス化初期 12:12	ガス化中期 12:45	ガス化後期 15:00	ガス化初期 12:15	ガス化中期 12:48	ガス化後期 15:02	HPより	通産省令27号	
組成 (Mol%)	CH <sub>4</sub>	80.7	80.2	72.5	80.9	81.3	75.6	89.0	-
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	11.8	11.7	11.3	11.2	11.0	11.3	5.0	
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	5.9	6.4	12.7	6.2	6.0	10.4	3.0	
	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.9	1.0	2.7	1.0	1.0	2.0	3.0	
	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.0	
発熱量(HHV) (kcal/Nm <sup>3</sup> )	11,516	11,607	12,837	11,538	11,493	12,360	11,000	10,000～15,000 (標準発熱量)	
燃焼速度	37.6	37.7	38.2	37.6	37.6	38.0	35～47	35～47	
ウォッベ指数 <sup>注1)</sup>	58.0	58.2	60.8	58.1	58.0	59.8	56.9	52.7～57.8	

注1) ガスの噴出熱量は、原料組成、製造設備の操業条件等により大きな影響を受けるが、ウォッベ指数が定められた燃焼性の範囲を逸脱すると、燃焼が不安定となり不完全燃焼や赤熱不足といった現象が生じる。

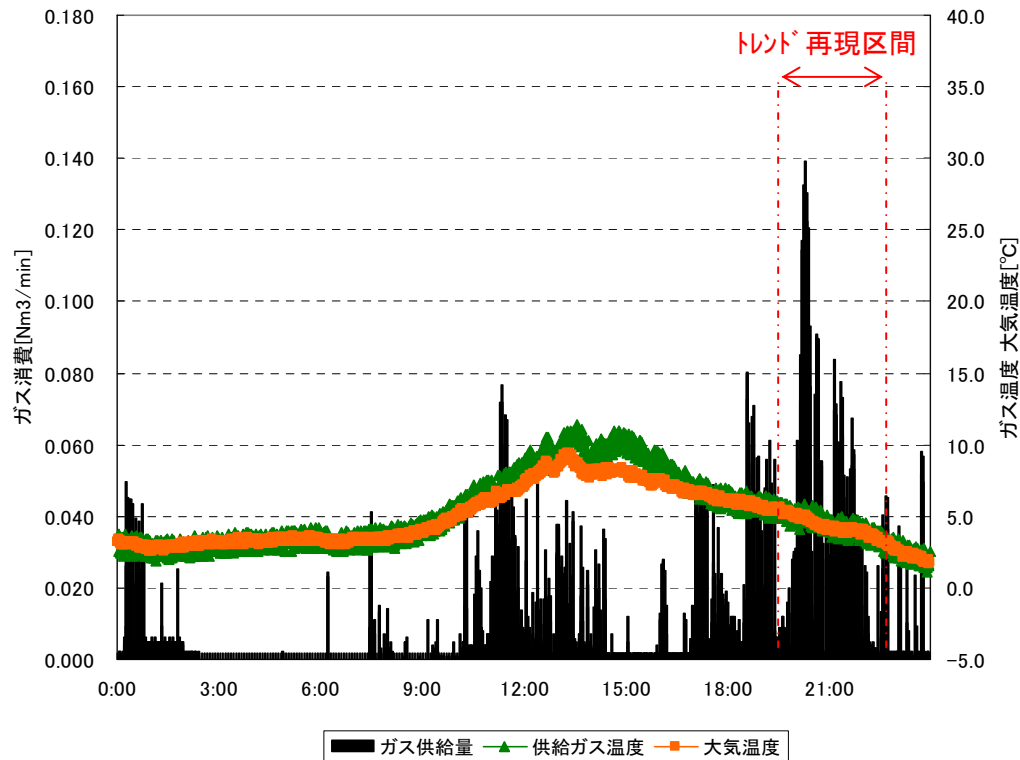


図 2.2.2-14 冬季の社宅需要調査結果（平成 19 年 1 月 8 日、9 世帯入居）

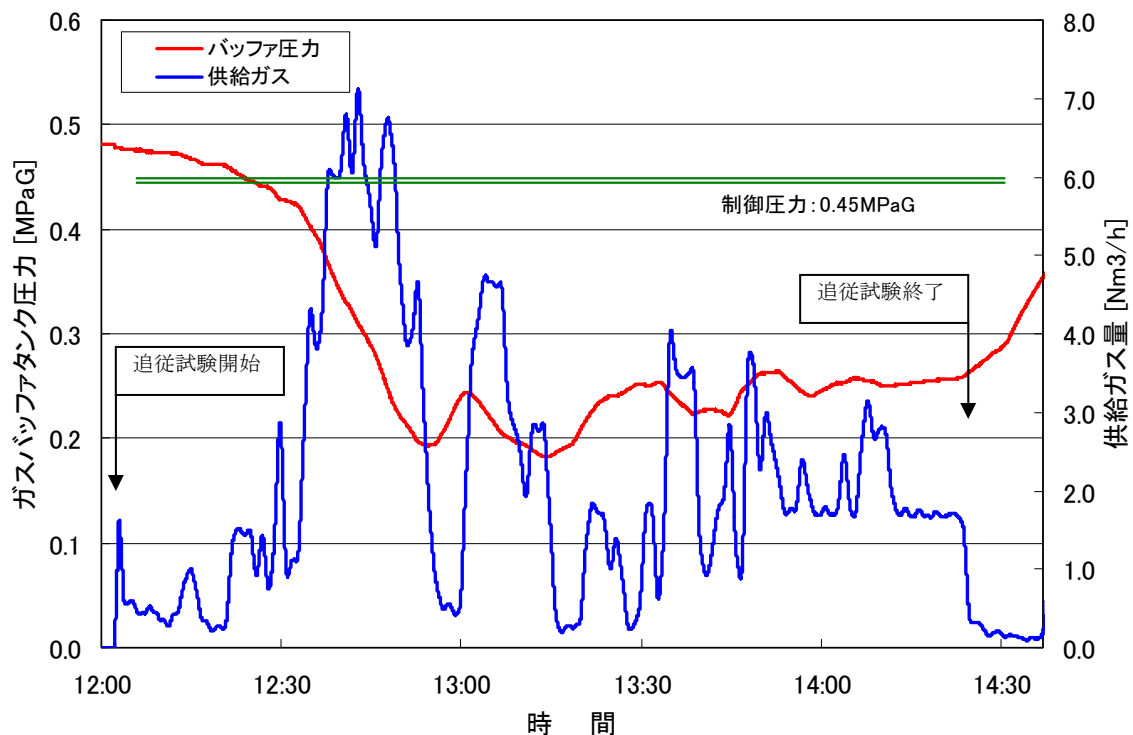


図 2.2.2-15 供給ガス量とバッファガスタンク圧力の関係

### 3) ガス器具燃焼試験

NGH による発生ガスを技術研究所の建家内に供給し、ガス器具の燃焼試験を行った。

表 2.2.2-4 に、使用したガス機器を示し、写真 2.2.2-5～2.2.2-8 に機器および燃焼状態の写真

を示す。燃焼の評価は、広島ガス（株）殿に依頼し、点火時の目視検査およびCO（一酸化炭素）排出量の測定を行った。なお、燃焼試験は点火後、概ね5分間の燃焼状態を確認している。

表 2.2.2-5 に、燃焼状態の試験結果の一覧を示す。同表では、試運転時の千葉 NGH ペレットの評価も記載している。前項の柳井ペレットのガス組成では、ウォッベ指数が 13A 範囲を超えている組成もあったが、燃焼試験の結果は何れも「良好」との評価が得られている。

表 2.2.2-4 使用したガス機器の一覧

試験対象機器	製造者	型式
小型湯沸かし器	リンナイ	RUS-5RX-1
赤外線ストーブ	リンナイ	R652PMSIII-403B
ファンヒーター	リンナイ	RC508-1B
2口コンロ	パロマ	PADR375EFR



写真 2.2.2-5 小型湯沸かし器



写真 2.2.2-6 赤外線ストーブ



写真 2.2.2-7 ファンヒーター



写真 2.2.2-8 2口コンロ

表 2.2.2-5 燃焼状態の試験結果の一覧

試験対象機器	CO 許容量 (%)	13A ガス		千葉 NGH		柳井 NGH	
		目視検査	CO	目視検査	CO	目視検査	CO
小型湯沸かし器	0.015 以下	良好	許容値内	良好	許容値内	良好	許容値内
赤外線ストーブ	0.015 以下	良好	許容値内	良好	許容値内	良好	許容値内
ファンヒーター	0.015 以下	良好	許容値内	良好	許容値内	良好	許容値内
コンロ(バーナ大)	0.04 以下	良好	許容値内	良好	許容値内	良好	許容値内
コンロ(バーナ小)	0.04 以下	良好	許容値内	良好	許容値内	良好	許容値内
コンロ(グリル)	0.04 以下	良好	許容値内	良好	許容値内	良好	許容値内

※ CO 許容量は広島ガス（株）殿の基準値  
 ※ 排ガス分析装置は堀場製作所 PG250A を使用

#### 4) 付臭強度の確認

NGH をガス化したガスは無臭のため、一般家庭に供給する場合は、ガス事業法に基づき付臭をする必要がある。付臭は、供給ガスの一部をバイパスさせて付臭液内 (THT) でバブリングを行い、ガス中に付臭液を蒸発させて行っている。付臭液の蒸発量は、温度・圧力に依存することから、温度と圧力条件を制御に組み込み、発生ガスに応じたバイパス量を自動調整している。

付臭強度の確認は、ガス付臭後の下流側の計測点でサンプリングを行い、検知管による現場確認と、別途、広島ガス (株) 殿に依頼したパネラーによるオドロメーター法 (官能法) で実施した。目標強度は、希釈倍数 5,000 倍 (濃度 21ppm) である。希釈倍率は、仮に付臭ガスが 5,000 倍に希釈されても人間が感じる強度である。

表 2.2.2-6 に、検知管による付臭強度の測定結果を示す。同表より、広い圧力・温度範囲および発生ガス量変化において良好な付臭強度となった。さらに、パネラーによるオドロメーター法の判定では 3,000 倍と評価され、概ね良好な付臭結果が得られた。

表 2.2.2-6 付臭強度結果の一覧 (目標強度 : 21ppm)

時 間	10:10	12:07	12:43	13:54	14:30	15:42
バッファ圧 [MPaG]	0.414	0.474	0.302	0.255	0.291	0.113
発生ガス量 [L/min]	42.5	0.0	53.0	6.5	52.7	91.0
ガス温度 [°C]	6.8	11.2	11.7	14.1	15.1	15.3
付臭強度 [ppm]	18	15	15	15	15	20
判 定	◎	○	○	○	○	◎

#### 5) 供給ガス湿分の確認

ガス導管の供給仕様を満足するため、供給ガスの湿分を低く保つ必要がある。NGH のガス化は、NGH を融解してガスと水 (氷) にしてガスを発生させるので、発生ガスに湿分が同伴することは避けられない。そこで、本システムでは、ガス発生側の圧力を 0.5MPaG 以上にして、発生ガスに同伴する湿分の除湿を行っている。

評価方法は、検知管によりサンプリングガス内の湿分を測定した。目標露点 (湿度) は常圧-10°C 以下であり、換算すると水蒸気の含有が 2.36mg/L となる。なお、-10°C 露点は、供給ガスが導管内で-10°C まで冷やされないと結露しない湿分である。

表 2.2.2-7 に、実証運転時に設備下流側で測定した湿分の結果を示す。また、判定結果の一例として、写真 2.2.2-9 に検知管による判定写真を示す。同表より、全ての結果で-10°C 露点 (2.36mg/L 以下) を確保しており、採用した除湿方法の妥当性を確認した。

表 2.2.2-7 ガス湿度の測定結果の一覧 (目標湿分 : 2.36mg/L)

時 間	10:10	12:07	12:43	13:54	14:30	15:42
ガス化圧 [MPaG]	0.5MPaG以上で設備下流に供給					
発生ガス量 [L/min]	42.5	0.0	53.0	6.5	52.7	91.0
ガス温度 [°C]	6.8	11.2	11.7	14.1	15.1	15.3
湿分 [mg/L]	1.5	1.5	1.5	1.8	1.5	1.8
判 定	◎	◎	◎	○	◎	○

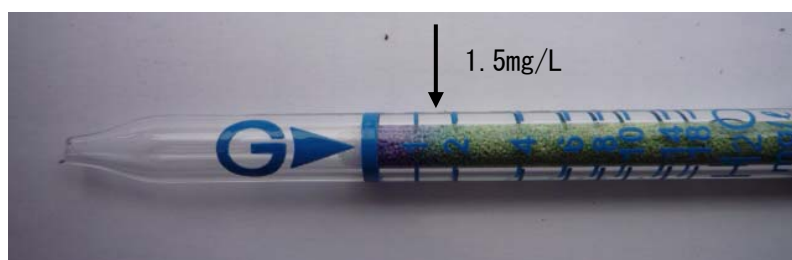


写真 2.2.2-9  
検知管判定結果の一例

### (3) NGH 利用システムの課題

試運転および実証運転を通して、利用システム自体の能力や制御性は概ね想定通りの成果が得られた。課題となったガス化速度の的確な制御に関しては、利用システムに付帯するガスバッファタンクの容量を小さく、もしくは無くすることが可能となるので、ガス化制御性を向上することは重要な項目となる。

#### i. ガス化制御性の向上

ガス化速度や制御性の向上のためには、以下の課題がある。

##### 1) ペレットの着水性の悪さ

採用したガス化方式は、容器の下部に温水を循環し、順次、上部に積層されているペレットが、下部の熱源に着水するものである。今回用いた NGH は、ペレットの形が不揃い、且つ、パウダー混じりのもので、NGH が大きな「塊」になって配送されている。

この場合、ペレットの連続的な着水は見られず、断続的に全体が落下し不定期的な着水となる。これにより、ガス化が停滞する時間帯が多く、ガス発生が追いつかない状況となった。今後の事業化を視野に入れた場合、たとえ「塊」になったペレットでも連続的に着水・ガス化が進行するような容器構造の改良が必要と考えられる。

##### 2) 伝熱面積の不足

前項で記したように、NGH が「塊」になった場合、循環水との接触面積は塊の外表面のみとなるため、ペレットの場合に比べて伝熱面積が極端に減少する。この状態になると、積極的に循環水量を増やしても、ガス化量は上がらない結果となる。この項目に関しては、ペレットの間にパウダーが入らないようにするなど、製造設備側での改善が求められる。

#### ii. NGH 率の低さ

今回の試験で用いたペレットの NGH 率は低く、計画値の半分以下の値である。NGH 率が低いことは、同じペレット量を融かしても発生ガス量が少ないことになる。当然の事ながら NGH 率が高ければ、高いガス需要への追従性は向上する。よって、ガス供給システムに限らず高い NGH 率ペレットの製造は必要不可欠であり、製造設備も含めた課題である。

なお、上記「i. ガス化制御性の向上」に関して、大口需要家設備向けの横置き 3 号車は、ペレットを強制的に着水させる機能を持たせているが、今後もガス化実証を重ねて、その有効性を継続して確認する必要がある。

## 2.3 適用法規・規則

### 2.3.1 本実証研究に係る適用法規

本実証研究においては、NGH ペレットの製造、配送、利用の各工程によって適用法規が異なる。図 2.3.1-1 に、各工程別の適用法規等を示す。

本実証研究では、中国電力（株）柳井発電所 LNG 基地から NGH ペレット製造設備に LNG を供給している。LNG 基地については、電気事業法が適用されているが、同敷地内に設置した NGH 製造設備については、高圧ガス保安法が適用となった。

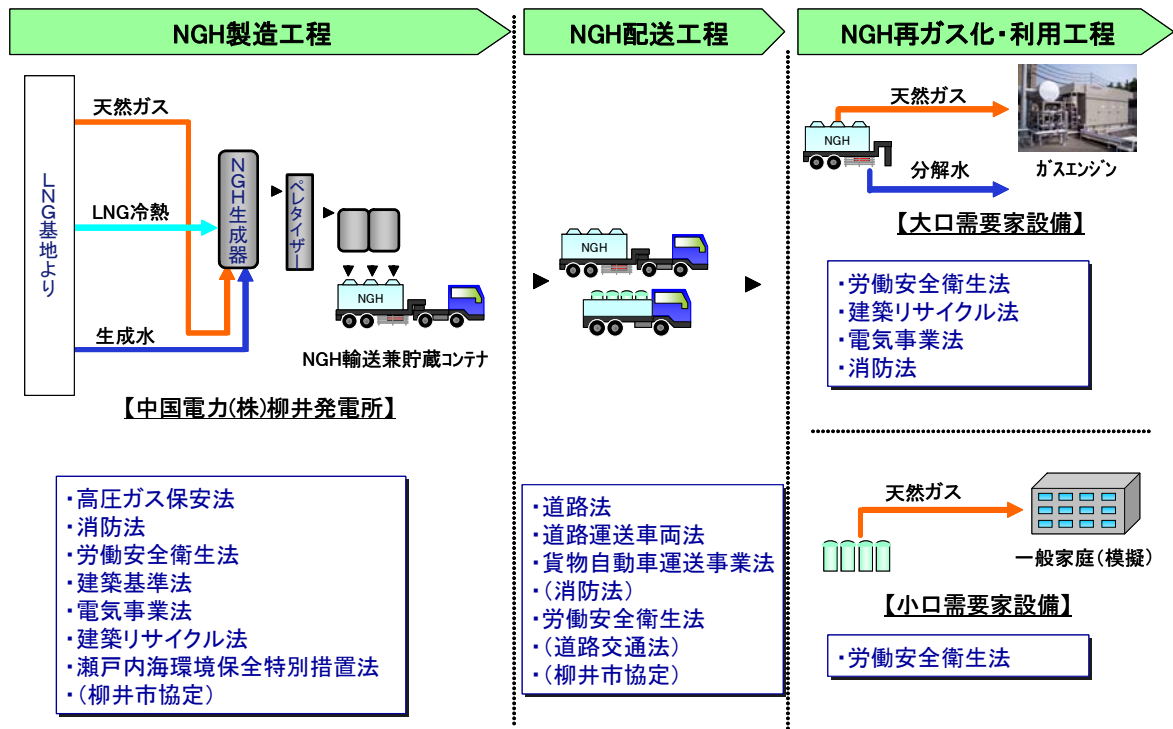


図 2.3.1-1 NGH 実証研究に係る工程別適用法規等

### 2.3.2 法規制に係る届出等

#### (1) NGH 製造に係る届出等

NGH は、高圧下で、天然ガスと水を反応させて製造するため、製造設備は高圧ガス保安法が適用される。本製造設備は瀬戸内海に面する山口県柳井市に設置したため、柳井市との LNG 災害防止協定および瀬戸内海環境保全特別措置法などが適用された。NGH 製造に係る届出等一覧は、表 2.3.2-1 のとおり。



表 2.3.2-1 NGH 製造に係る届出等一覧

適用法規	届出・申請	対象	届出	
高圧ガス保安法	高圧ガス製造施設等変更許可申請	LNG・ガス配管、NGH 製造設備	H19.6	
	製造保安技術管理者選任届		H20.6	
	変更許可申請		適宜	
	軽微変更届		適宜	
	定期自主検査		適宜	
消防法（柳井地区広域消防組合火災予防条例）	変電設備設置届	変電設備	H20.2	
	防火対象物使用開始届	計電室、低温分析室、制御用コンプレッサー収納小屋	H20.6	
	消防計画変更届			
労働安全衛生法	機械等設備設置届	NGH 製造設備全般	H19.6	
		NGH ペレットコンテナ	No.1・2、小口	H20.5
			No.3	H20.12
建築基準法	建築確認申請、建築工事届	計電室、低温分析室	H19.10	
電気事業法	電気主任技術者	変電設備	H19.9	
建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）	建設工事に係る分別解体等及び再資源化等の届出	建設廃棄物（設備全般）	H19.6	
瀬戸内海環境保全特別措置法	特定施設変更届	排水（NGH 製造設備、低温分析室）	H21.1	
（柳井市協定）	柳井市 LNG 安全対策協議会事前協議書	LNG 安全対策（設備全般）	H19.5	
<p>【備考】</p> <p>①柳井市との LNG 災害防止協定にもとづき、LNG を原料とする NGH 製造設備の設置に際して、安全対策協議会事前協議書を提出。</p> <p>②NGH 自体は、消防法により規制される化学物質（危険物、指定可燃物、届出を要する物質）の何れにも該当しない物質である。NGH 製造設備のうち、変電設備、計電室、低温分析室、制御用コンプレッサー収納小屋が火災予防条例の規制対象になり、変電設備設置届出、防火対象物使用開始届出を実施。</p> <p>③NGH 製造設備は労働安全衛生法が適用され、機械等設備設置届出が必要である。労働基準監督署の指示により、作業上の安全を管理するため、高圧ガス設備等を含めて NGH 製造設備全てを機械等設備設置届出対象とした。このため、高圧ガス設備、第二種圧力容器、簡易圧力容器、輸送コンテナ・容器は、計画の届出義務対象外であるが、設備全体を一括して設置届出を行った。</p> <p>④NGH 製造設備の脱圧ガス槽、IA ドラムは労働安全衛生法が適用され、種別として第二種圧力容器に該当する。完成時に第三者機関による個別検定を受検。</p> <p>⑤計電室、低温分析室は 4 号建築物に該当し、建築確認申請の対象。</p> <p>⑥NGH 製造設備および低温分析室は、水防法に定める特定施設に該当しない。ペレット融解水を既設の排水処理装置で処理する場合は、環境影響予測が必要となるため、全量産廃処理する。このため柳井発電所の排水処理装置の排水量に変更はないが、NGH 製造試験装置設置により、用途別用水使用量を変更するため、軽微な変更として特定施設変更届を提出。</p>				

## (2) NGH 配送に係る届出等

NGH は大気圧下、 $-20^{\circ}\text{C}$ 程度に冷却した固体の状態で貯蔵・輸送するため、貯蔵状態における NGH は、高圧ガスの定義から外れ、高圧ガス保安法は適用されない。一方、NGH の貯蔵・輸送は、可燃性ガス雰囲気で行われるため一般高圧ガス保安規則に規定される技術基準の内、可燃性ガスに関わる項目について準拠し、自主的に安全対策を図ることとした。

また、NGH は消防法により規制される化学物質（危険物、指定可燃物、届出を要する物質）の何れにも該当しない物質である。しかし、NGH という物質が一般的に知られていないこと、および可燃物であることを考慮して、関係自治体、消防署に対して、事前に説明を行うと共に、本実証研究に係る輸送計画書を提出した。NGH 配送に係る届出等一覧は、表 2.3.2-2 のとおり。

表 2.3.2-2 NGH 配送に係る届出等一覧

適用法規	届出・申請	対象		届出
道路法	特殊車両通行許可申請	配送車	No.1・2	H20.6
			No.3	H21.5
道路運送車両法	車検登録	配送車	No.1・2	H20.5
			No.3	H20.12
貨物自動車運送事業法	増車又は代替申請	配送車	No.1・2	H20.5
			No.3	H20.12
(消防法)	可燃物輸送の取扱に関する説明	配送車		H20.3～ H21.10
労働安全衛生法	第二種圧力容器個別検定合格	配送車	No.1 容器	H20.5
			No.2 容器	H20.6
			No.3 容器	H20.11
			小口容器	H20.7
(道路交通法)	可燃物輸送の取扱に関する説明	配送車		H20.3
(柳井市協定)	柳井市 LNG 安全対策協議会事前協議書提出	LNG 安全対策 (設備全般)		H19.5
<b>【備考】</b> ①NGH 配送車に搭載される容器は労働安全衛生法が適用され、種別として第二種圧力容器に該当。容器は第二種圧力容器構造規格に定められた材料・構造・溶接による設計および製造を行い、必要な安全装置 (安全弁、圧力計) を設置。				

(3) NGH 再ガス化・利用に係る届出等

i. 大口需要家設備

NGH 再ガス化後の圧力は、1MPaG 以下のため、高圧ガスの定義から外れ、高圧ガス保安法は適用されない。

大口需要家設備はガスエンジンについての電気事業法、消防法に係る届出が主となり、NGH に直接関連する届出等はない。大口需要家設備の NGH 再ガス化・利用に係る届出等一覧は、表 2.3.2-3 のとおり。

表 2.3.2-3 大口需要家設備の NGH 再ガス化・利用に係る届出等一覧

適用法規	届出・申請	対象	届出
労働安全衛生法	第二種圧力容器個別検定合格	NGH 再ガス化・利用設備	H20.4
建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律 (建設リサイクル法)	建設工事に係る分別解体等及び再資源化等の届出	建設廃棄物 (設備全般)	H20.2
電気事業法	工事計画届	ガスエンジン	H20.1
	保安規程変更届		H20.2
消防法 (東広島市火災予防条例)	発電設備設置届	ガスエンジン発電設備	H20.2
<b>【備考】</b> ①再ガス化設備のバッファタンク、循環水タンクは労働安全衛生法が適用され、種別として第二種圧力容器に該当。 ②ガスエンジンが電気事業法に定めるばい煙発生施設に該当し、工事計画届を提出。 ③ガスエンジンの発電設備が東広島市火災予防条例の規制対象に該当するため、発電設備設置届を提出。 ④再ガス化設備およびガスエンジンは、水防法に定める特定施設に該当しない。NGH ペレット融解水は排水に該当し、既設の排水処理装置の変更届出が必要なため、全量産廃処理を実施。			

## ii. 小口需要家設備

NGH 再ガス化後の圧力は、1MPaG 以下のため、高圧ガスの定義から外れ、高圧ガス保安法は適用されない

また、本実証試験においては、事業ではないため労働安全衛生法のみ適用となった。実際に事業を実施する場合には、ガス事業法等が適用されると考えられる。小口需要家設備の NGH 再ガス化・利用に係る届出等一覧は、表 2.3.2-4 のとおり。

表 2.3.2-4 小口需要家設備の NGH 再ガス化・利用に係る届出等一覧

適用法規	届出・申請	対象	届出
労働安全衛生法	第二種圧力容器個別検定合格	NGH 再ガス化・利用設備	H20.4.5
<b>【備考】</b> ①再ガス化設備のガスバッファタンク、循環水タンクは労働安全衛生法が適用され、種別として第二種圧力容器に該当。 ②再ガス化設備は、水防法に定める特定施設に該当しない。NGHペレット融解水は排水に該当するため、既設の排水処理装置で処理した。（小口需要家設備の排水処理装置は地下水用であるため、変更届出の必要がなかった。）			

### (4) 考察

NGH 製造装置は高圧ガス保安法の規制を受けるため、保安係員の選任を含む、高圧ガス保安体制の構築、維持を行う必要がある。また、設備は同法に基づき年一回の定期自主検査および保安検査の実施、耐圧部の改造・修理については事前に所在地の県へ変更許可申請および改造後の完成検査を受検する必要があるなど、将来の実用化に当たっては同法の適用に係るコストを十分反映のうえ、設備計画に反映させる必要がある。

NGH の再ガス化にあたっては、多量の融解水が発生するが、水質としては問題がなくても一旦機器を通した後のため、排水として取り扱われる。そのため、排水処理装置を通した後に外部へ排出するか、産業廃棄物として処理する必要がある。実用化にあたっては、需要設備において有効活用するか、NGH 製造装置で原料水として再利用するなど融解水の再利用方法の検討が必要である。

NGH 自体は、高圧ガス保安法の適用を受けず、また、消防法により規制される化学物質にも分類されない。これは、NGH が新規技術によるものであるからである。本研究の実施に当たっては、輸送に際して消防署への事前説明、輸送計画書の提出等の対応を行ったが、将来の実用化に際しては、安全管理、運用管理の観点からガイドライン等の制定が必要である。

## 2.4 NGH 分解冷熱・分解水利用システムの構築

NGH 再ガス化工程では、比較的取扱いの容易な 5～10℃の冷水の回収が可能であり、この冷水は、空調システムの冷媒過冷却や機器用補給水などへの適用等が考えられる。実用化においては、導入の容易性、省エネ性、コスト等が重要であるため、これらを視野に入れ、NGH から回収できる冷熱・冷水の需要家サイトでの利用方法の検討、システムの構築、実証運転データに基づく冷熱利用率の確認を行った。

### 2.4.1 NGH 分解冷熱・分解水利用方法の検討

#### (1) NGH 冷熱の利用方法および利用システム

NGH 分解冷熱の一般的な利用先および利用方法について洗い出しを行った後、導入コスト、省エネ効果、汎用性、導入の難易度等の視点で評価を実施し、利用方法の絞込みを行った結果を表 2.4.1-1 に示す。

表 2.4.1-1 抽出された冷熱の利用方法および評価

冷熱の利用方法	導入コスト	省エネ効果	汎用性	導入の難易度	年間利用	新規性	アピール度	小計	評価
①冷温水発生器補助熱源	3	1	3	3	3	1	1	15	△
②冷温水発生器冷却水温度低下用	3	3	3	3	1	1	3	17	○
③ガスタービン給気温度低下用	0	1	1	0	1	1	1	5	△
④ガスエンジン利用補助熱源	3	3	3	3	3	1	1	17	○
⑤デシカント空調機冷却コイル	1	1	1	3	1	1	1	9	△
⑥貯蔵庫補助熱源	3	1	1	3	3	1	1	13	△
⑦植物工場の冷熱源	1	1	1	3	1	3	3	13	△
⑧温度差発電1	0	1	1	0	3	3	3	11	△
⑨温度差発電2	0	1	1	0	3	3	3	11	△
⑩野菜・果物の予冷	1	1	1	1	3	1	1	9	△
⑪開花制御	1	1	1	1	1	3	3	11	△
⑫食品工場の冷却熱	1	3	3	1	3	3	3	17	○
⑬舗装面冷却	0	1	0	0	1	3	3	8	△
⑭給水槽の保冷	0	0	1	0	1	3	3	8	△
⑮銭湯の水風呂用冷熱	3	3	3	1	3	3	3	19	○
⑯潜熱蓄熱利用	0	1	0	0	3	3	3	10	△
⑰外気処理空調機1	1	1	3	3	1	1	1	11	△
⑱外気処理空調機2	1	1	1	1	1	1	1	7	△
⑲機械類の冷却	3	1	1	1	3	1	1	11	△
⑳太陽光発電の冷却	0	1	1	0	3	3	3	11	△

良い:3点 普通:1点 悪い:0点

上記の絞込みにより選定された NGH 冷熱の利用システムは以下の通り。概要を表 2.4.1-2 に示す。

- 1) 冷温水発生器冷却水温度低下用（ガス焼き冷温水発生器の冷却水温度低下による成績係数向上）
- 2) ガスエンジン利用補助熱源（ガスエンジン+排ガス投入型冷温水発生器における NGH 冷熱による冷房能力補強/冷温同時供給）
- 3) 食品工場の冷却熱（食品工場における加熱・冷却過程での冷却熱としての利用）

4) 銭湯の水風呂用冷熱 (スーパー銭湯・サウナ水風呂用冷熱源)

表 2.4.1-2 選定された利用方法の概要

冷熱の利用方法	概要	フロー図
<p>①冷温水発生器冷却水温度低下用 (ガス焼き冷温水発生器の冷却水温度低下による成績係数向上)</p>	<p>NGH 冷熱を利用し、温水発生器の冷却水入口温度を下げることで、温水発生器成績係数を向上させる。</p>	
<p>②ガスエンジン利用補助熱源 (ガスエンジン+排ガス投入型冷温水発生器におけるNGH冷熱による冷房能力補強/冷温同時供給)</p>	<p>NGH 冷熱を利用し、夏期は冷房能力の補助熱源とし、冬期は暖房と冷房の両方を必要とする利用先において、分解熱を冷房熱源とすることで年間を通じて冷熱を供給する。</p>	
<p>③食品工場の冷却熱 (食品工場における加熱・冷却過程での冷却熱としての利用)</p>	<p>食品工場で殺菌工程として行われている加熱・冷却工程の冷却工程に対してNGH冷熱を利用する。</p>	
<p>④銭湯の水風呂用冷熱 (スーパー銭湯・サウナ水風呂用冷熱源)</p>	<p>公衆浴場の水風呂の冷熱源にNGH冷熱を使用する。</p>	

(2) NGH 分解水の利用方法および利用システム

NGH 分解水の一般的な利用先および利用方法について洗い出しを行った後、導入コスト、省エネ効果、汎用性、導入の難易度等の視点で評価を実施し、利用方法の絞込みを行った結果を表 2.4.1-3 に示す。

表 2.4.1-3 抽出された分解水の利用方法および評価

分解水の利用方法	導入コスト	省エネ効果	汎用性	導入の難易度	年間利用	新規性	アピール度	小計	評価
①冷温水発生器冷却水補給水	3	3	3	3	1	3	1	17	○
②パッケージ室外機へ噴霧	3	3	3	3	1	1	1	15	△
③ドライミスト	1	1	3	3	1	1	3	13	△
④植物工場における冷却1	3	1	1	3	1	1	3	13	△
⑤植物工場における冷却2	0	1	1	1	1	3	3	10	△
⑥水蓄熱槽への貯水	3	1	3	3	1	1	1	13	△
⑦太陽光発電の冷却	0	1	1	1	3	3	3	12	△
⑧工場廃水の希釈用水	3	1	1	3	3	1	1	13	△
⑨工場等での冷却プロセス水	1	1	1	1	3	1	1	9	△
⑩癒し空間の噴水	1	1	1	1	3	3	3	13	△
⑪上水道水の冷却	0	1	1	1	1	3	3	10	△
⑫中水利用	3	3	3	3	3	1	1	17	○
⑬外壁散水、屋上緑化散水	1	3	3	3	1	3	3	17	○

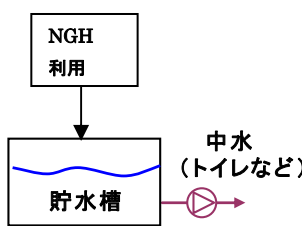
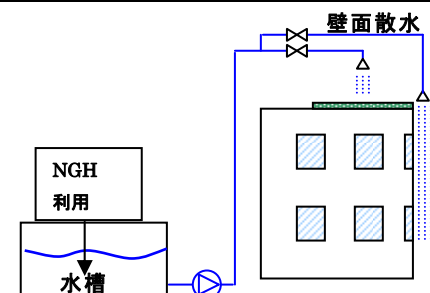
良い:3点 普通:1点 悪い:0点

上記、絞り込みにより選定された NGH 分解水の利用システムは以下の通り。概要を表 2.4.1-4 に示す。

- 1) 冷温水発生器冷却水補給水 (ガス焼き冷温水発生器の冷却水補給水)
- 2) 中水利用 (防火用水、トイレ用水等への利用)
- 3) 外壁への散水、屋上緑化用散水

表 2.4.1-4 選定された利用方法の概要

分解水の利用方法	概要	フロー図
① 冷温水発生器冷却水補給水 (ガス焼き冷温水発生器の冷却水補給水)	補給水として使用する。 補給水温度 (2℃) が水道水より低いため、補給水量の低減効果もある。	

<p>② 中水利用 (防火用水、トイレ用水等の雑用水)</p>	<p>分解水を貯留し、防火用水やトイレ用水等として利用する。</p>	
<p>③ 外壁への散水、屋上緑化用散水</p>	<p>屋上から散水または滴下し、日射負荷を低減する。または、屋上緑化の植物への散布水とする。</p>	

## 2.4.2 分解冷熱・分解水利用システムの構築

### (1) エネルギア総合研究所における冷熱利用システム（仮想）の構築

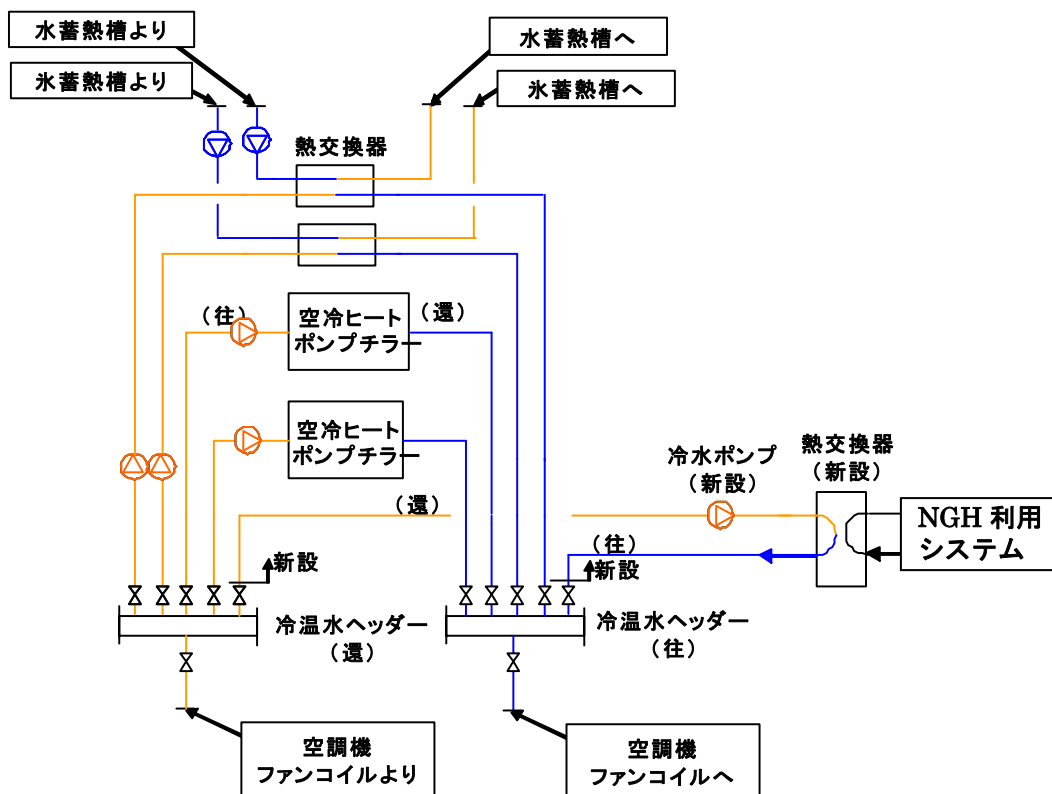
エネルギア総合研究所（以下、エネ総研）における NGH 分解冷熱の利用方法について洗い出しを行った後、導入コスト、省エネ効果、汎用性、導入の難易度等の視点で評価を実施し、利用方法の絞込みを行った結果を表 2.4.2-1 に示す。

表 2.4.2-1 抽出された冷熱の利用方法および評価

冷熱の利用方法	導入コスト	省エネ効果	汎用性	導入の難易度	年間利用	新規性	アピール度	小計	評価
①電気室冷房	0	3	3	3	0	1	1	11	△
②補助熱源	3	3	3	3	0	1	1	14	○
③床冷房、風除室冷房	1	1	1	3	0	3	3	12	△

良い:3点    普通:1点    悪い:0点

絞込みの結果、最適な NGH 冷熱の利用システムは「NGH 冷熱の冷房補助熱源としての使用」であり、既設のエネ総研空調システムに冷水ポンプと熱交換器を新設し、既設の冷温水ラインに NGH 利用システムで発生した冷水を供給する。フローを図 2.4.2-1 に示す。



2.4.2-1 エネ総研における冷熱利用システム

(2) エネルギア総合研究所冷熱利用システムにおける冷熱利用率の確認

エネ総研における仮想の冷熱利用システム（図 2.4.2-1）に、NGH 分解冷熱を供給した場合の冷熱利用率<sup>※1</sup>を求める。

まず実証試験データから NGH 分解冷熱量を算出した。結果を表 2.4.2-2 に示す。

なお、システムの運転条件は、エネ総研の冷房使用時間（9 時～18 時）に合わせて NGH 利用システムを運転し、冷熱をエネ総研の冷房に供給するものとする。

※1：冷熱利用率（定義）は、発生した NGH 分解冷熱のうち、エネ総研の冷房に有効利用した冷熱量を率で示す。

表 2.4.2-2 NGH 分解冷熱量とエネ総研冷房負荷

時間帯	NGH 冷熱量 (kW) <sup>※2</sup>	エネ総研冷房負荷 (kW) <sup>※3</sup>
9～10 時	37	393
10～11 時	37	356
11～12 時	37	383
12～13 時	37	395
13～14 時	37	345
14～15 時	37	342
15～16 時	37	379
16～17 時	37	404
17～18 時	37	365
合計(9～18 時)	333	3362



上記より、発生する NGH 分解冷熱量は 1 時間あたり 37 kW であり、エネ総研冷房負荷の約 10%<sup>※4</sup>に相当する。なお、エネ総研の冷房負荷が NGH 分解冷熱に対して大きいため、発生した NGH 分解冷熱の大部分が利用可能である。

次に上記データから「冷房期間における冷熱利用率」と「年間での冷熱利用率」を求めた。なお、ここでは 1 年のうち 6 ヶ月間（5～10 月）を冷房運転期間とする。結果を表 2.4.2-3 に示す。

表 2.4.2-3 冷熱利用率

	冷熱利用率	備考
冷熱利用率（冷房期）	94% <sup>※5</sup>	詳細は表 1.8 参照
冷熱利用率（年間）	47% <sup>※6</sup>	同上

前述のとおり、冷房期はエネ総研の冷房負荷が NGH 分解冷熱に対して大きいため、発生した NGH 分解冷熱の大部分を利用可能（熱交換器等の損失分を除く）であり、夏期の冷熱利用率は 94%となる。

ただし、年間の冷熱利用率では、冬期および冷房負荷のない中間期は冷熱が利用できないため、約 47%と低下する。以下、冷熱利用率の算出等に用いた条件を表 2.4.2-4 に示す。

表 2.4.2-4 算出条件

項目	算出条件	
※2	NGH 冷熱量 (kW)	NGH 冷熱量=41 kW（実証試験データより） NGH 分解冷熱の有効利用量=41 kW×94%÷37kW
※3	エネ総研冷房負荷 (kW)	H20.8.18 の冷房負荷実績
※4	NGH 分解冷熱/エネルギー総合研究所冷房負荷	=NGH 冷熱量（9～18 時合計）/エネ総研冷房負荷（9～18 時合計）=333/3362÷10%
※5	冷熱利用率（冷房期）	熱交換器および配管での冷熱損失を 6%とする。 NGH 分解冷熱を 100%とすると、冷房に寄与する冷熱は 100-6=94%となる。
※6	冷熱利用率（年間）	=冷熱利用率（夏期）（%）×（6 ヶ月/12 ヶ月） =94%×6/12÷47%

### (3) 分解冷熱・分解水利用システムの構築まとめ

NGH 利用システムで発生する NGH 分解冷熱・分解水を有効利用するには、適切な利用システムの構築が必要不可欠である。適切なシステム構築のポイントを以下に示す。

- 1) 利用先における冷熱・分解水要求量と冷熱・分解水発生量との整合（要求量≥発生量）
- 2) 冷熱・分解水の利用先と NGH 利用システムとの距離を短くする。（導入コストのミニマム化）
- 3) 冷熱・分解水が年間を通じて利用可能な利用先の選定

## IV. 実用化、事業化の見通しについて

### 1. 成果の実用化可能性

#### 1.1 実用化の見通し及び課題

本実証研究の実用化・事業化見通しを下表にまとめる。

表 1.1-1 実用化および事業化の見通し（まとめ）

	NGH 製造・出荷設備の開発	NGH 配送・利用システムの開発
実用化の見通し	<p>実証試験用に建設した NGH 製造・出荷プラント（柳井）を活用した継続研究を実施し、100 時間以上の長期連続運転による実用化のための各種データ取得する。</p> <p>①NGH ペレットの品質確認 ②各機器の耐久性およびプラント信頼性の確認 ③パイロットプラント設計に向けた高効率化・自動化および保守計画に関するデータ取得</p>	<p>実証試験用に製作した NGH ローリーおよび大口需要家設備を活用した継続研究を実施し、NGH 製造試験に応じて輸送・ガス化・利用の継続実証を行い、実用化のための各種データを取得する。</p>
事業化方針	<p>商業プラント（日産 6000 トンクラス）を目標とした、日産 100 トンクラスの NGH 製造プラントを建設し、実証運転を行う。</p>	<p>左記パイロットプラントで製造された NGH ペレットを活用して、大型貯蔵タンクおよび大型ガス化プロセスの実証運転を行う。別途並行して NGH ペレット輸送船の開発を行う。</p>
産業技術適用可能性	<p>①天然ガスサプライチェーンへの適用 ②CO2 分離・貯蔵・輸送技術への適用 ③資源メタンハイドレート開発技術への適用 ほか</p>	
技術的・社会的波及効果	<p>1) 国内 NGH 陸上輸送 ①NGH 関連市場の拡大（EPC 事業・地域雇用等） ②エネルギー需要家の利便性向上（需要家によるエネルギーの多様化等） ③環境・省エネ効果</p> <p>2) 中小ガス田からの NGH 海上輸送 ①NGH 関連市場の創生 ・ NGH 製造・販売事業の創出 ・ 上流開発、プラント建設、輸送船建造・関連インフラの整備市場の拡大 ・ 各種施設運転保守に関わる地域雇用創出等 ②クリーンな天然ガスの利用機会の促進による地球環境の保全 ③天然ガス資源の世界的な安定供給</p>	

以下、本実証試験を通じて得た実用化の技術課題について概要を説明する。

ガスハイドレート技術は、サイエンスとエンジニアリングが並走して進化を続けている技術分野であるため、実証試験を実施して初めて得られた知見である下記(1)、(2) 項については本研究開発の成果の一つと位置づけられる。これらの課題に対しては引き続き試験研究を進め、早急に対

応技術を確立したい。

(1) NGH スラリー等の生成・閉塞の回避

多成分系の天然ガスを扱う場合、系内のガス相組成に留意することが重要である。メタン濃度により平衡温度が変化するため、思わぬ場所でのハイドレート生成→閉塞を防止するためには、系内のガス組成変化を把握し、適切な温度管理を行う必要がある。また、ペレット化後においても高圧条件下にありペレットの挙動把握やハイドレート生成による複合要因による閉塞対策も重要な検討課題である。

(2) ペレット品質の改善

上記したペレットの堆積・閉塞等が発生したため、十分な運転時間を確保できなかったことから本実証試験においては、ペレタイザの成型条件の調整が不十分となり、製造された NGH ペレットは既に BSU で得られている品質に達していない。

(3) エネルギー効率の改善

本実証設備は、汎用機器を利用するには規模が小さすぎるため、ポンプなど汎用機仕様とマッチせず、過大な仕様となっている。また、機器の大きさに比べて系内を流れる水・ガスの流量が少ないため、ポンプ入熱など侵入熱も非常に大きくなっている。このため、エネルギー効率が悪くなっている。パイロットプラント規模での再確認が必要である。

(4) 主要機器のコンパクト化・低コスト化

実証試験設備では特に脱水塔が相対的に冗長となっており、加圧脱水などの高度化研究を進めコンパクト化を図る必要がある。その他ペレタイザ、冷却槽などの主要機器についても処理速度のUPによるコンパクト化、脱圧ガス低減によるエネルギー効率向上といった改良を図ることにより、プラント全体のコンパクト化、低コスト化を図っていく必要がある。

(5) NGH の特徴である、 $-20^{\circ}\text{C}$ 程度の使いやすい冷熱および冷水供給の活用

冷却水温度低下等の冷却熱としての利用、冷温水発生器補給水、中水・散水といった分解水利用に関する、具体的な利用設備設計（ボイラー燃料と補給水といったパッケージ活用法など）を今後進めていく必要がある。

## 1.2 産業技術としての適用可能性

本実証研究では、輸入 LNG を原料とした NGH の製造・貯蔵・陸上輸送・ガス化・発電および都市ガス原料への利用技術としての産業規模での NGH の適用可能性が見出せた。本技術を基点に大型化・技術応用を行うことで様々な産業技術への適用が想定される。

(1) 天然ガスサプライチェーンへの適用

NGH ジャパン（株）他が実施した（独）石油天然ガス・金属鉱物資源開発機構の委託調査によると、以下の天然ガスサプライチェーン事業への適用が期待されるとされている。

- ・ 海上輸送（東南アジア中小ガス田・CBM (Coal Bed Methane)・随伴ガス・国内天然ガス)
- ・ 陸上輸送（産ガス国のパイプラインガス・陸上中小ガス田・陸上 CBM・日本国内 LNG 基地・日本国内ガス)
- ・ 貯蔵（需要地パイプライン網の戦略拠点)

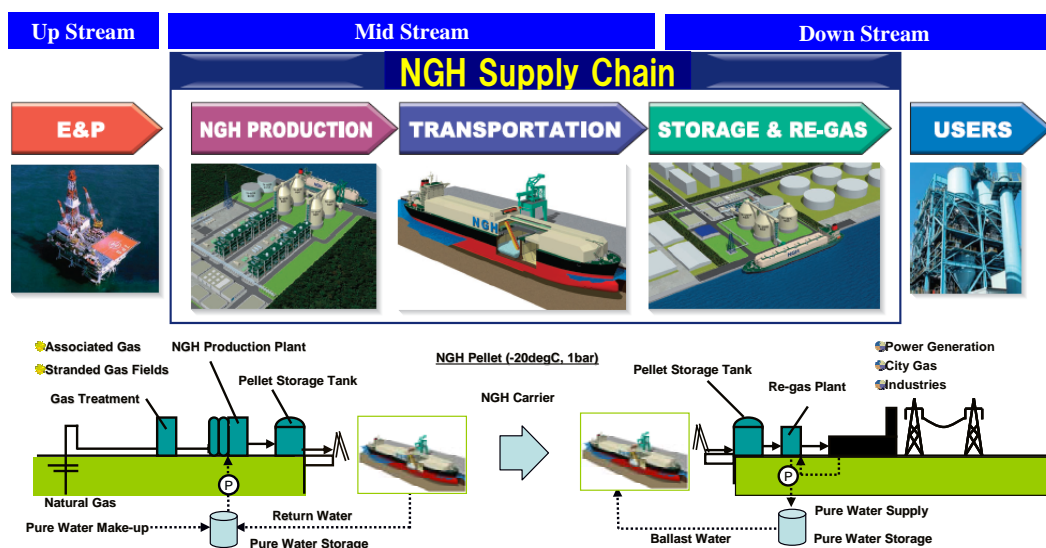


図 1.2-1 NGH サプライチェーン

(2) CO<sub>2</sub> 分離・貯蔵・輸送技術への適用

地球温暖化ガスとして分離・隔離技術が求められている CO<sub>2</sub> は、天然ガスの主成分である Methane と比較して平衡曲線上より低圧・高温でハイドレート化するガスであり、この性質を利用することで産業技術への応用が期待される。

- 混合ガス (CO<sub>2</sub> を多く含む天然ガス、石炭ガス化ガス、コークス炉ガス等) からの CO<sub>2</sub> 分離プロセスへの応用
- CO<sub>2</sub>GH による CO<sub>2</sub> 貯蔵・CO<sub>2</sub> 輸送 (海上・陸上)

(3) 資源メタンハイドレート開発技術への適用

現在海底資源メタンハイドレートの生産手法としては、減圧法が最も有力な手段として研究が進められている。本研究でのガス化は、自己保存状態にある NGH ペレットの低圧での分解・ガス化技術開発を行い、各種データの取得を行った。本成果は、ガス化条件は異なるものの、資源メタンハイドレート開発技術への要素技術の一としての適用が期待される。

その他、NGH 原料水に海水を適用することで、NGH 生成プロセスを利用した海水淡水化技術、ハイドレートスラリーによる冷媒への応用等が期待される。

### 1.3 技術的および社会的波及効果

NGH 技術の確立は技術的および社会的波及効果が他分野に渡り期待されている。以下に主な分野を記載する。

(1) 国内 NGH 陸上輸送

本 NGH 陸上輸送技術開発成果を、国内 LNG 基地を始点とする分散天然ガス供給事業へ適用することで、ガス販売量換算で年間 26.9 億 m<sup>3</sup> (LNG 換算 200 万トン) (平成 17 年度 NEDO「天然ガスハイドレート技術の国内市場への適用可能性調査」) 程度のパイプライン未整備地域への天然ガス供給を促進する効果が期待される。

その結果、NGH 製造、陸上輸送、ガス販売、冷熱・淡水販売、エネルギーソリューション等の一連の新ビジネスに関わるハード及びソフト市場の創生に寄与するほか、需要サイドにおける天然ガス焚ボイラ、コージェネレーション、簡易ガス供給施設等ガス利用機器市場の拡大、ガス供給事業を通じた地域雇用拡大、従来一次エネルギーを石油等に頼らざるを得なかった地域でのエ

エネルギー選択の幅が拡大することによる利便性の向上など地域経済活性化が期待される。

- ① NGH 関連市場の拡大
  - ・ 天然ガス市場拡大 (A 重油、LPG 等既存燃料の代替需要、新規需要)
  - ・ ガスエンジン、ボイラ等の天然ガス利用機器および関連サービスの市場拡大
  - ・ NGH 製造プラント建設、ローリー製造等の新規市場の創出
  - ・ NGH チェーン運用に係る雇用の創出
- ② エネルギー需要家の利便性向上
  - ・ 需要家の燃料選択の幅が拡大
  - ・ 燃料多様化によるエネルギーコストの低減 (競争によるコスト低減)
  - ・ 石油ベースから天然ガスベースへのシフトによる価格の安定
- ③ 環境・省エネルギー効果
  - ・ A 重油等既存燃料から天然ガスへの転換に伴う CO2 排出削減
  - ・ LNG 未利用冷熱を利用することによる省エネ効果

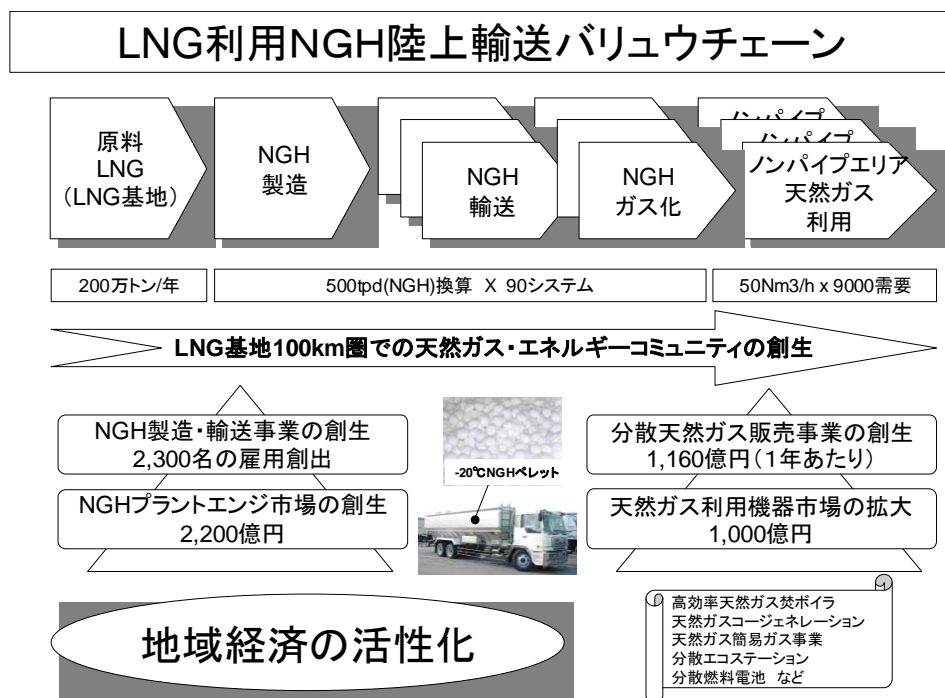


図 1.3-1 LNG 利用 NGH 陸上輸送バリューチェーン

(注)

図中の数値は、天然ガスハイドレート技術の国内市場への適用可能性調査からの引用、または同調査をベースに試算した値を示す。

(2) 中小ガス田からの NGH 海上輸送

本実証技術を活用することで、経済的理由から既発見未開発となっている中小ガス田開発が促進されることが期待される。一般に LNG で経済的な開発可能なガス田規模は、3TCF 以上とみられており、これ以下のガス田は近隣にガス需要のない場合、多くは未開発となっている。NGH は各種経済性調査から、0.5~2TCF クラスの中小ガス田開発に適するものと見られており、その数は世界で1000 箇所以上にのぼる。(注) TCF: Trillion Cubic Feet

なお、一般的な 1 TCF クラスの中小ガス田を 20 年間生産した場合、1 年間あたり約 100 万トンの天然ガスの生産が可能である。このプロジェクトに NGH を適用した場合、日産 24,000 トンの NGH を生産することとなる。

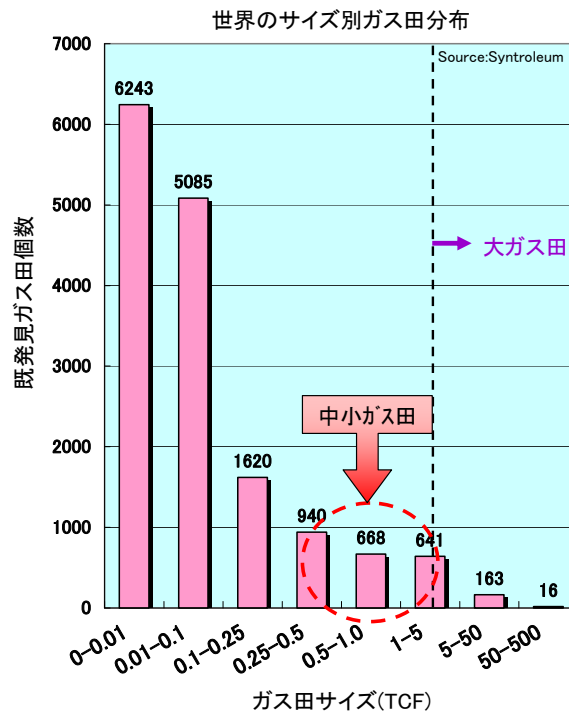


図 1.3-2 中小ガス田サイズ別個数

三井造船と三井物産は、2007 年 4 月、中小ガス田開発をターゲットとした NGH サプライチェーンの事業開発を目的に NGH ジャパン (株) を設立し、各種事業性調査を実施している。NGH ジャパン (株) によれば、2030 年までに世界で 1000 万トン (LNG 換算) の天然ガスを NGH で供給する計画である。

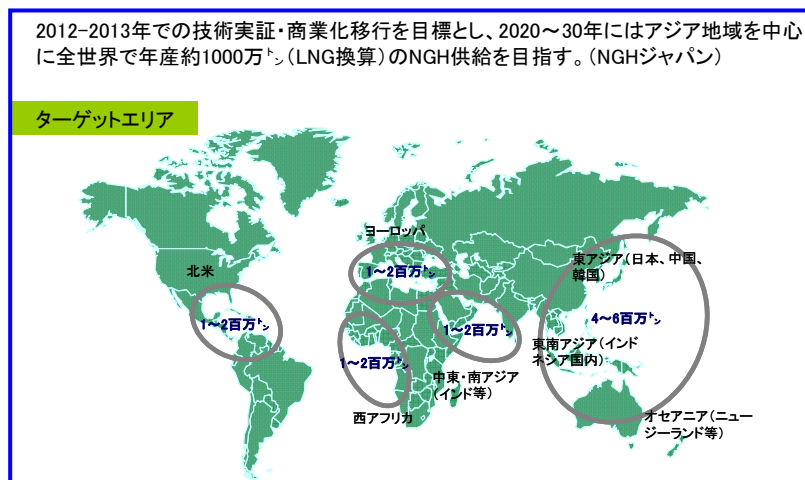
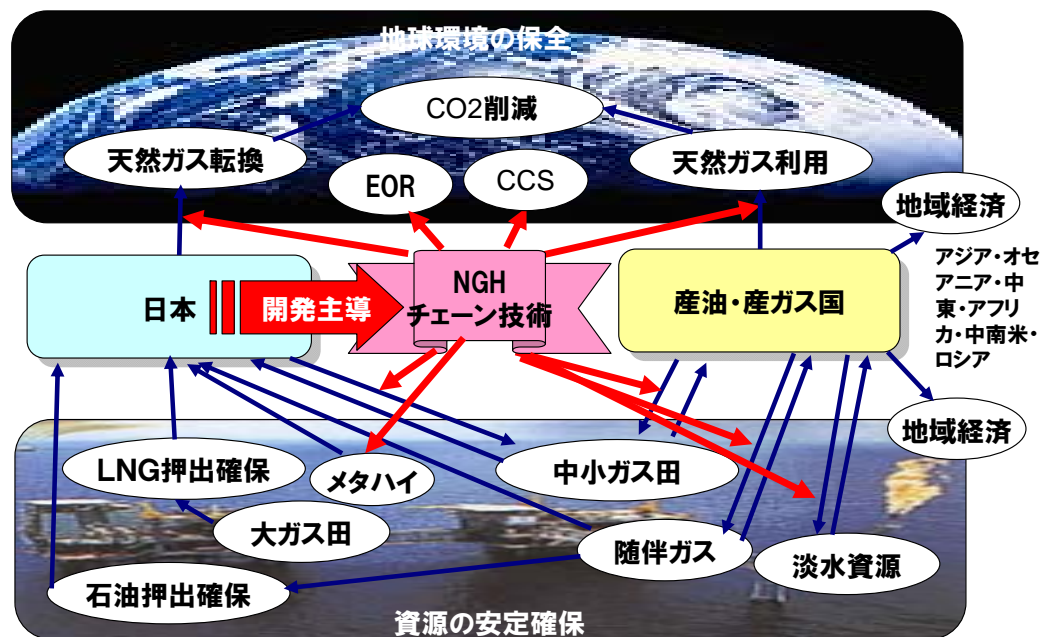


図 1.3-3 NGH ジャパン (株) の中小ガス田開発ターゲットエリアとサイズ

NGH による中小ガス田（随伴ガス等を含む）開発が促進されることで、マクロ的にはクリーンな天然ガスの利用機会の促進による地球環境保全と、化石エネルギー資源の世界的な安定供給が期待される。

また、NGH サプライチェーンに関わる、NGH 製造・販売事業の創出、上流開発、プラント建設、輸送船建造・関連インフラの整備事業の拡大のほか、各種施設運転保守に関わる地域雇用創出等への下記の波及効果が期待される。

- (1) NGH 関連市場の創生
  - ・ NGH 製造プラント、貯蔵タンク、NGH 輸送船、NGH ガス化プラント等の EPC 事業の創出
  - ・ NGH 製造・販売事業の創生
  - ・ 中小ガス田開発事業の促進
  - ・ NGH チェーン O&M 事業の創出
  - ・ NGH 関連事業への地域雇用の創出
- (2) 地球環境の保全
  - ・ クリーンな天然ガスの利用拡大
  - ・ CCS 技術への応用による CO2 捕獲・貯留事業への展開、EOR への適用
  - ・ 随伴ガス・フレア対策への応用
- (3) 天然ガス資源の安定供給
  - ・ NGH による海外中小ガス田開発による LNG/原油等エネルギー資源の日本への押し出し効果
  - ・ NGH による日本への天然ガス輸入



EOR: Enhanced Oil Recovery  
 CCS: CO2 Capture and Storage

図 1.3-3 NGH 技術の技術的および社会的波及効果

## 2. 事業化までのシナリオ

### 2.1 今後の技術開発スケジュール

平成 22 年度には、継続研究による NGH 製造・輸送・利用システムに関する各種データ収集と並行して、重要な要素機器（生成器、脱水機、成型機および冷却・脱圧装置）について高性能化・

コンパクト化研究を行い、次ステップである 100 トン/日級パイロットプラントの設計に必要な技術情報を整備する予定である。

また、本年度後半までに、上記研究成果を基に NGH 製造設備実用機のプロセスコンセプトを取り纏め、フィージビリティスタディを行い、経済性を確認しつつパイロットプラント計画に着手する。

パイロットプラントは、実機（陸上輸送：500 トン/日級、海上輸送：6,000 トン/日級）への最後の一步となるもので、本実証設備の 20 倍程度（実機の 1/5～1/60）の設備として、平成 22 年度後半には基本設計に着手したいと考えている。今後の技術開発方針の概要を下記の図 2.2 に示す。

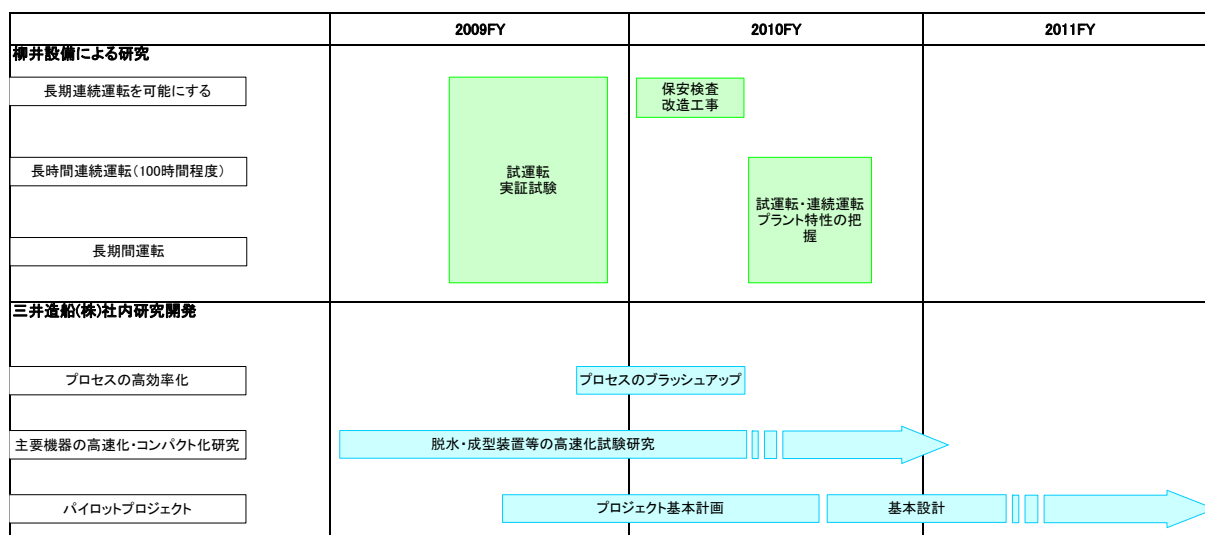


図 2.1-1 今後の技術開発

## 2.2 事業化方針

本実証研究により、世界で初めて自己保存状態のハイドレートペレットによる天然ガス輸送を実証し、産業規模での NGH による新たな天然ガス輸送事業の可能性が見出せた。これにより、国内のパイプライン未整備地域への NGH を利用した天然ガス輸送事業への道が開かれたといえる。

また、NGH は一般家庭用の都市ガスとしてのみならず、産業用燃料としても利用が可能である。現在重油等を利用している中小規模の需要家においても、NGH による天然ガスへの燃料シフトが可能で、地域の天然ガス普及を促進するものと期待される。

一方、NGH による天然ガス輸送を事業化するためには、投資経済性等を考慮すると数 100 トン～数 1,000 トン/日クラスの事業規模とする必要がある。このため、本実証研究（5 トン/日）と実用規模との中間に当たる 100 トン/日クラスのパイロットプロジェクトを実施し、商業的運用が可能であることを最終確認する予定である。



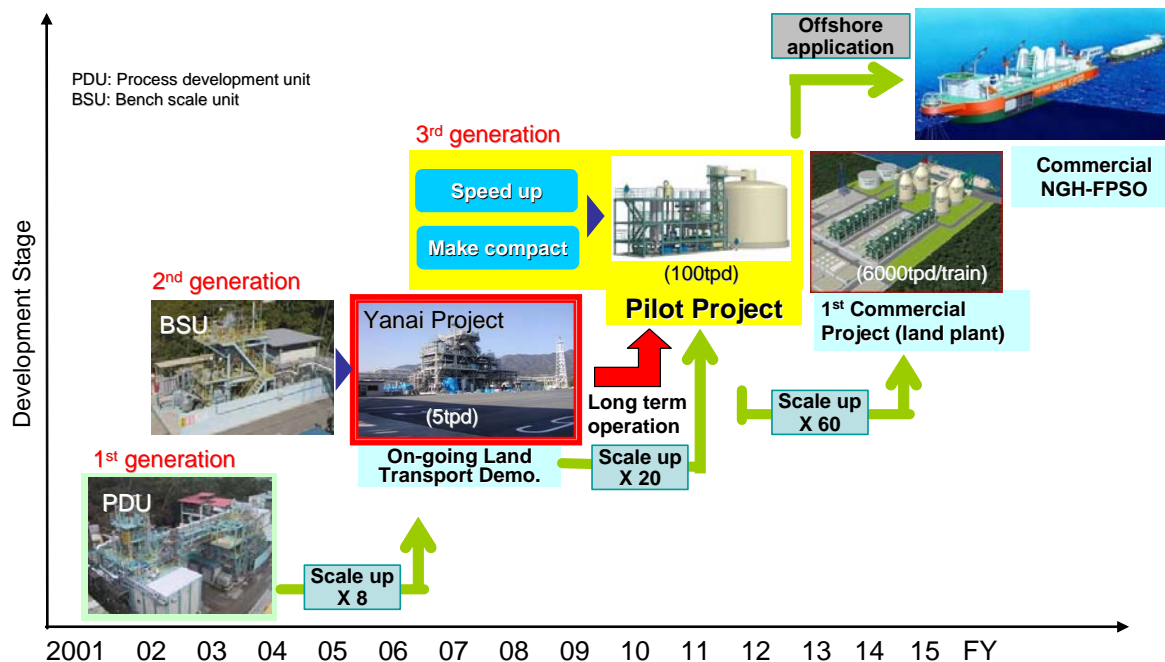


図2.2-1 NGH商業化マイルストーン

三井造船では、パイロットプロジェクト計画に向けて、主要な機器を高速・コンパクト化し、経済性を向上させるための研究開発を並行して進めている。さらに、大規模海上輸送のためNGH輸送船・大型貯蔵タンク・高圧ガス化設備等、NGH海上輸送チェーンに必要な技術開発にも鋭意取り組んでいる。

### 2.3 継続研究

本システムを実用化するには、一定品質の NGH ペレットを高効率・低コストで供給することが求められる。このため、実証研究で開発された NGH 製造・輸送・利用システムについて、実証試験で得られた課題に対し必要な対策・改良を加えた後、一定期間の連続運転を行い、製造した NGH ペレットの品質、構成機器の耐久性およびプランと全体の信頼性を確認するとともに、パイロットプラント設計に向けた高効率化・自動化および保守計画に関するデータを収集する。主な実施予定を以下に示す。

#### (1) 実証試験結果に基づく改良項目の立案および設備改造

##### ① ペレタイザの改良

ペレット品質（ガス包蔵率）を更に向上させ、輸送効率の向上を図るため、成型時の圧搾水排水を促進する内部部品（チークプレートなど）の改良・交換を行う。

##### ② ペレット分離器の改良

内部構造を見直し、各種操業条件下でのペレットの滞留・堆積が起らない形状・構造に改良する。

##### ③ ペレット冷却槽の改良

冷却槽入口部および内部部品を見直し、各種操業条件下で凍結・ハイドレート生成などによるペレット堆積・閉塞が起らないよう改良する。

##### ④ 出荷設備系統の保守性改善

搬送装置において、設備外部からベルトコンベアなどの内部部品の点検・調整を行えるよう、必要な設備改造を行う。

##### ⑤ その他、設備上の問題点に対する対策の実施

LNG 冷熱回収系などにつき、設備の安定運転に必要な対策を実施する。

## (2) 一定期間の連続運転実施

上記の一連の設備改良後、試運転・確認を実施する。

試運転実施後、一定期間の連続運転を行い、以下の各項目の確認およびデータ取得を実施する。連続運転は、LNG 未利用冷熱を活用した NGH 製造・出荷設備、大口需要家向け配送容器および大口需要家設備を用いて行い、NGH 製造設備で製造した NGH ペレットを大口需要家設備で消費しながら継続する。多成分系混合ガスハイドレート生成が定常状態に移行するには10時間以上を要すること、イソペンタンなどガスハイドレート生成挙動が複雑な微量成分を含む場合には長時間の確認が必要なこと、などから100時間以上の連続運転を行う必要がある。

- ① 製造される NGH ペレットの品質の確認
- ② 各機器の耐久性およびプラント全体信頼性の確認
- ③ パイロットプラント設計に向けた高効率化・自動化および保守計画等に関するデータ取得

(添付資料)

## イノベーションプログラム基本計画

## エネルギーイノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。以下に 5 つの政策の柱毎に目的を示す。

#### 1 - . 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

#### 1 - . 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

#### 1 - . 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

#### 1 - . 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO<sub>2</sub>を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

#### 1 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

## 2. 政策的位置付け

エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
4. 新エネルギーに関する技術
5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。

新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 運輸エネルギーの次世代化計画
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置付けられている。

経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議）

資源・エネルギー政策の戦略的展開として

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー次世代化
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画
5. 資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化

以上が位置づけられている。

京都議定書目標達成計画（2005年4月閣議決定）

「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

### 3. 達成目標

#### 3-1. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、エネルギー消費効率を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

#### 3-2. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

#### 3-3. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

#### 3-4. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30～40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

#### 3-5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

#### 4 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

##### 4 - - . 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

###### (1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型ノ特別研究(運営費交付金)

概要

石油及び可燃性天然ガス資源の開発に係る技術の振興を図る観点から、大水深、複雑な地層といった悪条件化が進む石油・天然ガスの探鉱・開発技術、利用拡大が見込まれる天然ガス田の開発促進に資する天然ガス有効利用技術等について、短期間で実用化が期待され、民間ニーズに直結した研究開発を提案公募により実施する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、我が国の石油・天然ガスの探鉱・開発技術力の向上、及び天然ガスの利用の促進に向けた天然ガスの有効利用技術の開発を行う。

研究開発期間

2001年度～2012年度

###### (2) 石炭生産技術開発(クリーン・コール・テクノロジーの研究開発の一部)

概要

石油代替エネルギーである石炭の安定供給を図るため、低品位炭の有効利用、石炭生産性の向上のための研究開発等を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、インドネシアにおいて低品位炭の有効利用を図ることを目標に、低品位炭の発熱量を高め、自然発火性を抑制する低品位炭改質技術を確立する。

研究開発期間

2001年度～2009年度

###### (3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発(運営費交付金)

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro*培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた*in vitro*系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等を適用した培養細胞を用いて、試験期間1ヶ月程度、発がん性、催奇形性及び免疫毒性を予測評価できる試験手法を開発し、また、遺伝子発現解析技術を短期動物試験に適用し、28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセット

を完成させる。また、標準的な試験プロトコルを策定する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (4) 石油資源遠隔探知技術の研究開発

概要

我が国が開発・運用する多様な地球観測センサ(ASTER、PALSAR等)の地球観測データを用いて、石油・天然ガス等の安定供給確保のため、資源開発・探査、環境観測等に有効なデータの処理解析手法の研究開発を行う。また、地球観測データのような大容量のデータを容易に扱えるシステムの研究開発を実施することで資源開発・探査、環境観測を含む多様な分野でのリモートセンシングの利用拡大を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、資源開発・探査、環境観測等の分野における地球観測データ処理・解析技術の向上及び地球観測データの利用の拡大を図る。

研究開発期間

1981年度～2010年度

#### (5) ハイパースペクトルセンサ等の研究開発(運営費交付金)

概要

資源開発に有効な岩石・鉱物や地質構造解析の高次元解析を可能とするハイパースペクトルセンサの開発を行うとともに、軌道上におけるデータ取得の実証を行い、センサ技術の確立を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までにスペクトル分解能200バンド前後のハイパースペクトルセンサを開発し、地表面のスペクトル情報を取得して資源開発に有効なセンサ技術の実証を行う。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (6) 次世代合成開口レーダ等の研究開発

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した合成開口レーダである次世代合成開口レーダ(PALSAR)の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

技術目標及び達成時期

PALSARの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、レーダ技術の高度化(アンテナ指向の電子制御化、分解能の向上、多偏波観測等)を図る。

研究開発期間



1993年度～2010年度

(7) 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した光学センサである資源探査用将来型センサ(ASTER)の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

技術目標及び達成時期

ASTERの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、センサ技術の高度化(ポインティング機能の追加、分解能の向上、熱センサの搭載等)を図る。

研究開発期間

1987年度～2010年度

4 - - . 石油・天然ガスの有効利用技術

(1) 石油燃料次世代環境対策技術開発

概要

バイオマス燃料から製造した石油製品が自動車排出ガスに及ぼす影響、新たな自動車燃焼技術(自着火燃焼(着火までに燃料と空気を十分に混合し、その混合気体を点火プラグの使用なしで圧縮することにより着火させる燃焼法でNOx排出低減、熱効率が高い等の利点がある))に適応した燃料に関する技術開発を実施する。

また、建設機械、発電機等のオフロードエンジンの排ガスによる環境負荷低減や石油燃焼機器の効率的な利用を進めるための技術開発を実施する。

技術目標及び達成時期

バイオマス燃料の利用時における、燃料と自動車エンジン技術の両面の影響評価を進め、技術的課題を解決し、運輸部門における燃料多様化を目指す。

また、オフロードエンジンの規制は欧米が先行していることから、2012年頃、欧米において規制強化が予定されている排ガス規制に対応した技術を確立し、我が国における規制強化に対応可能な燃焼技術を実現することを目指す。

研究開発期間

2002年度～2011年度

(2) 石油精製高度機能融合技術開発

概要

石油精製業を中心とする石油コンビナート全体の横断的かつ高度な運営機能の融合を図り、単独企業のみでは達成困難なコンビナート域内の省資源、省エネルギーの向上を進めるため、異業種異企業間における限りある貴重なエネルギー資源の利用効率の高い生産技術に関し技術の開発・実証を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、我が国における他のコンビナートへの波及効果を含め、CO<sub>2</sub>排出量を63万トン/年削減可能とする技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

### (3) 将来型燃料高度利用技術開発

#### 概要

省エネ、二酸化炭素削減効果が見込まれる燃料電池自動車の燃料である高純度(99.99%以上)水素を安定的かつ経済的に供給することは重要である。石油は、その長所として豊富な水素供給余力と安価な水素製造技術及び全国に展開した災害に強いガソリンスタンドを保有している。これら石油の長所を活かした水素供給システムの確立により、水素社会の早期実現に貢献するものである。本事業では、製油所からの高純度水素供給技術開発とガソリンスタンドを拠点とする高純度水素製造技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

コスト低減のため製油所におけるナフサから高効率(80%以上)な高純度水素製造を可能とする新たな技術を開発する。また、供給地のガソリンスタンドにおいて有機ハイドライドから高純度の水素を高効率(80%)に取り出すための水素発生装置を開発する。また、脱硫後の灯油硫黄分を検出限界以下の10ppb以下とする脱硫剤の開発を行うとともに、貴金属使用量を2-3wt%から0.5wt%以下まで低減しても、従来と同等の高い性能が維持できる改質触媒を開発する。さらに、膜分離型反応器を用いた99.99%高純度水素の製造効率を80%、4万時間の耐久性が期待できる水素製造システムを開発する。

研究開発期間

2008年度～2010年度

### (4) 革新的次世代石油精製等技術開発

#### 概要

原油価格の高騰・高止まりや原油の重質化と製品需要構造変化等の石油を巡る大きな環境変化のなか、連産品である石油製品を今後とも長期的に安定化かつ効率的に供給するためには、製油所の更なる高度化に向けた技術の開発実用化が必要である。このため、非在来型原油を含めた重質油を原料として、製油所におけるボトムレス化、余剰となる分解留分の高付加価値等のためのプロセスや触媒技術等の開発を行う。また、次世代の技術シーズ創出のため、これまでの技術とは異なる発想により我が国唯一の革新的な新規触媒研究、新規膜分技術研究、新規製造プロセス研究等を産官学の連携等により実施する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに重質油対応型高過酷度接触流動分解技術(HS-FCC)については、3千BD規模(商業レベルの1/10規模)の実証研究を通じ、プロピレン収率20%以上(既存技術4%程度) 将来不足が予想される高オクタン価ガソリン基材(RON98(既存技術92程度))の製造を可能とする技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発

概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサ素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサー（COセンサー・メタンセンサー）を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジーおよびMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性（数百PPM以下の故障率）、低コストなCOとメタンのセンサを開発する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

(6) 天然ガス未普及地域供給基盤確立実証試験（運営費交付金）

概要

天然ガスの供給手段が存在せず（パイプラインはもとよりサテライト供給でも採算が合わないため）石油等の燃料に依存している地方都市部の中小規模の天然ガス需要に対し、天然ガスハイドレートを利用した、新たな輸送技術を確認する。

技術目標及び達成時期

従来のLNGチェーンによる供給に係る投資コストに対し、そのコストを約1/4に低減する事が可能な天然ガスハイドレート（NGH）供給システムを2008年度までに確立する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(7) 天然ガスの液体燃料化（GTL）技術実証研究（運営費交付金）

概要

硫黄等を含まず排出ガスがクリーン、着火性が高いという特徴を有することから石油系燃料代替として期待されるGTLについて、天然ガス中に含まれるCO<sub>2</sub>を除去せず、原料として積極的に活用することから、従来利用が困難であったCO<sub>2</sub>を多く含むガス田からの天然ガスが利用可能、CO<sub>2</sub>除去装置が不要であることによる生産設備コストの低減が可能、といった強みを有する我が国独自のGTL製造技術の確立を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証プラントによる運転研究（500バレル/日）を行い、商業規模でのGTL製造技術を確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

- ( 8 ) 高耐久性メンブレン型 L P ガス改質装置の開発 ( 運営費交付金 ) ( 4 - - 参照 )
- ( 9 ) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型 / 特別研究 ( 運営費交付金 ) ( 4 - - 参照 )
- ( 1 0 ) 高効率ガスタービン実用化技術開発 ( 4 - - 参照 )

#### 4 - - . オイルサンド等非在来化石資源の利用技術

##### ( 1 ) メタンハイドレート開発促進委託費

###### 概要

日本周辺海域に相当量の賦存が見込まれ、国産のクリーンなエネルギー資源として有望なメタンハイドレートを利用可能とするため、資源量評価手法、生産手法及び環境影響評価手法等の確立のための技術開発を行う。

###### 技術目標及び達成時期

2 0 1 6 年度までに、商業的産出のための技術を整備することを目指し、日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化、有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択及び現場産出試験等による生産手法の確立等を推進する。

###### 研究開発期間

2 0 0 1 年度 ~ 2 0 1 6 年度

##### ( 2 ) 革新的次世代石油精製等技術開発 ( 4 - - 参照 )

#### 4 - - . 石炭クリーン利用技術

##### ( 1 ) 革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト

###### 概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- ・ 酸素吹きによる石炭ガス化発電 ( I G F C ) の開発実証
- ・ 化学吸収法による C O 2 の分離・回収技術の実証
- ・ C O 2 を輸送するための船舶の設計
- ・ C O 2 を貯留するための発生源近傍における貯留ポテンシャルやコストの評価
- ・ 石炭ガス化から CCS まで一貫したトータルシステムの設計等を行う。

###### 技術目標及び達成時期

石炭ガス化については、2 0 0 9 年度までに、パイロットプラントにおいて、高圧の石炭ガスから C O 2 の分離・回収技術の確立及びガス化炉の信頼性向上へ向けて、3 炭種以上の適応炭種拡大試験を実施する。また、C C S については、2 0 1 6 年度頃から C O 2 地中貯留の実証試験に着手する。

###### 研究開発期間

2 0 0 7 年度 ~ 2 0 1 2 年度

##### ( 2 ) 国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金

###### 概要

石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>の削減技術について諸外国との実証普及事業等を実施し、当該技術の普及基盤を整備することにより、エネルギー供給に対する環境上の制約を取り除き、もって我が国エネルギー需給構造の安定化を図る。

技術目標及び達成時期

石炭ガス化技術等実証普及事業では、ゼロエミッション型石炭火力発電の実証プロジェクト(Future Genプロジェクト)への参画を通じた石炭ガス化・発電技術、CO<sub>2</sub>分離回収技術、CO<sub>2</sub>輸送貯留技術等に関する情報収集や関連する技術調査の実施等により、我が国におけるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化開発に資する技術・知見を得る。また、将来のCO<sub>2</sub>の地中貯留に際しては、国民の正しい理解が不可欠であり、これを念頭においたゼロエミッション型石炭火力発電に係る普及啓蒙活動を積極的に実施する。

酸素燃焼国際共同実証事業では、既存の微粉炭火力発電の改造による酸素燃焼方式のゼロエミッション型石炭火力発電プラントの実用化を目標とするものであり、既存のプラントの改造により対応可能であること、酸素燃焼を行うことにより、燃焼ガスからCO<sub>2</sub>を分離する装置が不要であることから、比較的低コストで極めて大きなCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。

研究開発期間

2007年度～2016年度

### (3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金

概要

従来の超々臨界圧火力発電(USC)は、蒸気温度の最高温度は630程度が限界で、送電端熱効率も42～43%が原理的限界といわれてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により、700以上の蒸気温度を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧火力発電技術(A-USC)の開発を行うものである。A-USCは、蒸気温度700級で46%、750級で48%の高い送電端熱効率の達成が可能な技術であり、2020年以降増大する経年石炭火力発電のリプレイス需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。そのため、ボイラーメーカー、タービンメーカー及び材料メーカーが共同でA-USCの技術開発に取り組む。

技術目標及び達成時期

平成22年度までにシステム基本設計を完了し、シミュレーションにより送電端熱効率46%～48%の達成が可能なことを確認する。平成24年度までにボイラー、タービン部材等が700以上の蒸気温度に耐えられるかどうかを試作、評価し、経済性を含めたシステム成立性への見通しを得る。平成27年～平成28年度に実缶試験、回転試験を実施し、蒸気温度700以上の条件下でボイラー、タービンの信頼性を確認する。また、ボイラー、タービン部材について3万～7万時間の長期信頼性試験を実施し材料特性を検証する。

研究開発期間

2008年度～2016年度

### (4) 石炭利用技術開発(一部、運営費交付金)(クリーン・コール・テクノロジーの

## 研究開発の一部)

### 概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭ガス化、無灰化技術による転換効率向上に資する技術や石炭からの水素製造技術等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

### 技術目標及び達成時期

2008年度までに、

- ・ 石炭から合成ガスや軽質オイルを併産する高効率な石炭部分水素化プロセス技術を20t/日のパイロットプラント規模で確立する(石炭部分水素化熱分解技術の開発)

2009年度までに、

- ・ 化学原料等に利用可能な合成用ガスを石炭乾留ガスから無触媒で製造する技術をパイロットプラントで確立する(無触媒石炭乾留ガス改質技術開発)

2011年度までに、

- ・ 石炭利用プロセスにおいて、環境分析技術の高精度化、環境影響成分の挙動解析のためのモデルの構築等により、環境への影響低減手法を開発する(戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発)

### 研究開発期間

1995年度～2008年度(2008年度見直し)

- ・ 戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発 2007年度～2011年度
- ・ 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発 2006年度～2009年度
- ・ 石炭部分水素化熱分解技術 2003年度～2008年度

## (5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

### 概要

供給安定性に優れた石炭の高効率かつ低環境負荷での利用を図るため、石炭をガス化して燃料とし、コンバインドサイクル(ガスタービンと蒸気タービンの組合せ)を駆動する高効率発電技術(石炭ガス化複合発電技術(IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle)の実証試験を行う。

### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、25万kWの実証機を用いた実証試験により、熱効率40.5%(送電端、高位発熱量ベース)を目指す。この目標は50万kWの商用機における熱効率46～48%に相当する。本技術は実証試験終了後の2010年度より商用化が可能である。

### 研究開発期間

1999年度～2009年度

## (6) 環境調和型製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

## 4 - - . その他共通

### (1) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

- ( 2 ) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 3 ) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 4 ) 燃料電池先端科学研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 5 ) 新利用形態燃料電池技術開発 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 6 ) 高耐久メンブレン型 L P ガス改質装置の開発( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 7 ) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 8 ) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 9 ) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 0 ) 水素社会構築共通基盤整備事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 1 ) 水素先端科学基礎研究事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 2 ) 固体酸化物形燃料電池実証研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 3 ) 定置用燃料電池大規模実証事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 4 ) 燃料電池システム等実証研究 ( 4 - - 参照 )

## 5．政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

### 5 - ．総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークアプローチの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

### 5 - ．運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

### 5 - ．新エネルギー等の開発・導入促進

- 事業者支援補助金等による初期需要創出
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

### 5 - ．原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

### 5 - ．化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。



## 7. 改訂履歴

- (1) 平成16年7月7日付け、省エネルギー技術開発プログラム基本計画、新エネルギー技術開発プログラム基本計画、燃料技術開発プログラム基本計画、電力技術開発プログラム基本計画、原子力技術開発プログラム基本計画制定。固体高分子形燃料電池/水素エネルギー利用プログラム基本計画(平成16・02・03産局第6号)は、新エネルギー技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (2) 平成17年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第8号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第10号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第12号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第11号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第13号)は、廃止。
- (3) 平成18年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第14号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第9号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第17号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第12号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第13号)は、廃止。また、次世代低公害車技術開発プログラム基本計画(平成17・03・29産局第2号)は、省エネルギー技術開発プログラム基本計画及び燃料技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (4) 平成19年4月2日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・31産局第19号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第15号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第18号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第17号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第16号)は、廃止。
- (5) 平成20年4月1日付け、エネルギーイノベーションプログラム基本計画制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成19・03・26産局第1号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成19・03・20産局第4号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成19・03・19産局第7号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成19・03・16産局第3号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成19・03・23産局第2号)は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。

(添付資料)

## プロジェクト基本計画

## (エネルギーイノベーションプログラム)

## 「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」基本計画（案）

省エネルギー技術開発部

## 1. 研究開発の目的・目標・内容

## (1) 研究開発の目的

天然ガスについては、エネルギー基本計画、京都議定書目標達成計画において環境適合性、調達源の多様性から積極的に導入すべきエネルギーとして位置付けられ「天然ガスシフトの加速化を推進する」ことが明示された。

これを受けて、エネルギーイノベーションプログラムにおいて、天然ガスパイプラインの敷設が直ちに期待できず今後も石油等の燃料への依存が予想されている地方都市部への天然ガス供給の手段の1つとして、天然ガスハイドレート（以下「NGH」という。）供給システムが挙げられている。

NGH供給システムの導入により、パイプライン供給とNGHのサテライト供給を有機的に組み合わせる形で天然ガスの需要開拓を行うことが可能となり、「天然ガスシフト」に対応した迅速なインフラ整備の上で極めて有効であるとともに、ガス事業者のインフラの連結整備に伴ってガス市場の活性化が期待される。

本研究開発においては、地方都市の中小規模需要や簡易ガス事業者に対する新たな天然ガスの供給手段を提供するため、ガスハイドレート化技術を利用した天然ガス供給システムを確立することを目的とする。

## (2) 研究開発の目標

本研究開発では、LNG 未利用冷熱を活用したNGH製造設備（5～10 t/日）を開発し、LNG基地に建設し、長期間連続運転が可能であることを実証する。併せて、製造されたNGHの輸送・再ガス化装置の開発・実証を行う。

## (3) 研究開発内容

上記の目標を達成するために、以下の研究開発〔委託事業（2/3共同研究）〕を実施する。

## ① 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

単一成分（メタン）のガスハイドレート製造については、既に実験室レベルで成功しているが、本開発ではメタンのほか、エタン・プロパン等を含んだ多成分混合ガスである天然ガスを用いて、ガスとほぼ同一成分比率となるハイドレートを連続的・長期に製造する装置を開発する。

また、脱水塔のコンパクト化を目的として差圧等の脱水駆動力を付加した新しい脱水塔を開発するとともに、ペレタイザーの脱水機能の高度化を目的として、ペレタイザーへの高含水率NGH供給装置を開発する。

## ②未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発

LNG未利用冷熱を利用して連続生成するため、LNG冷熱により凝縮・過冷却する中間冷媒を用いたNGH製造冷熱源供給システムを開発する。

### ③高圧下で製造したNGHの連続冷却・脱圧技術開発

高圧で生成したNGHを大気圧下に取り出す際、従来は切替弁によるバッチシステムが用いられているが、高速処理を要求される実用プラントには適さず、このため、本開発では固気混相流を連続脱圧するシステムを開発する。

### ④NGH配送・利用システムの開発

陸上輸送及び需要地での一次貯蔵が可能な車載型NGH輸送・貯蔵・再ガス化容器を開発する。

また、NGH 製造能力相当の産業用コージェネレーション及び数十戸程度の一般家庭への天然ガス供給を前提に、負荷応答性の優れたNGH再ガス化制御システムを開発する。

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO 技術開発機構」という。）が、中国電力株式会社と三井造船株式会社の両者と共同研究契約を結んで、委託（NEDO技術開発機構 負担分2/3：共同研究）により実施する。

共同研究開発等に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により、効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDO 技術開発機構が三井造船株式会社 天然ガスハイドレートプロジェクト室 主管 内田 和男氏を研究開発責任者（以下「プロジェクトリーダー」という。）に指名し、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

### (2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO 技術開発機構は、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、委託先に設置する委員会において、外部有識者の意見を反映させる他、四半期に一回程度、プロジェクトリーダーから本研究開発の進捗について報告を受け、運営管理に反映させるものとする。

## 3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成18年度から平成21年度までの4年間とする。

## 4. 評価に関する事項

NEDO 技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成22年度に実施する。

なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて前倒しする等、適宜見直すものとする。

## 5. その他重要事項

### (1) 研究開発成果の取扱い

#### ①成果の普及

本研究開発によって得られた成果については、NEDO 技術開発機構及び研究開発実施者とも普及に努めるものとする。

#### ②知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 26 条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

### (2) 基本計画の変更

NEDO 技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況及び当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間及び研究開発体制等に関して、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

### (3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 項第 1 号ハに基づき実施する。

## 6. 基本計画の改訂履歴

### (1) 平成 18 年 3 月 制定

### (2) 平成 18 年 10 月 改訂

- ・委託先及びプロジェクトリーダー名を明記
- ・開発内容を追記：脱水塔のコンパクト化、ペレタイザーの脱水機能高度化

### (3) 平成 20 年 7 月 改訂

- ・イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。

### (4) 平成 21 年 3 月 改訂

- ・事業進捗の遅延の為、実施期間を 3 年間から 4 年間に変更

(添付資料)

## 技術戦略マップ（分野別技術ロードマップ）

# ⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(5/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5521 J 5521 J 5521 J 5521 J 5521 J 5521 J 5521 J 5521 J 5521 J 5521 J 5521 J	52.天然ガス利用技術  天然ガス液体燃料化 技術(GTL)等					
		<p>ハイドロプラズマ実証 7 bbV/d      500 bbV/d実証</p> <p>液体燃料(GTL)製造 FT合成技術 (コバルト系触媒の高生産、安定的生産) 天然ガス・石炭・CO<sub>2</sub>等からのLPG合成技術 スケールアップ手法、運転技術 合成ガス製造技術 (累積6,000時間の安定的運転)</p>				
5522 D 5522 D 5522 D 5522 D 5522 D 5522 D 5522 D 5522 D 5522 D 5522 D	52.天然ガス利用技術  天然ガスのハイドレート化 輸送・利用技術					
		<p>500トン/日の製造システム確立</p> <p>冷熱利用NGH製造技術      NGH製造技術 NGHコンテナ輸送技術      NGH船輸送技術 NGH再ガス化・利用技術</p>				
5523 J 5523 J 5523 J 5523 J 5523 J 5523 J 5523 J 5523 J 5523 J 5523 J	52.天然ガス利用技術  天然ガスからの次世代 水素製造技術					
		<p>水蒸気改質 + PSA      水素透過型メンブレンリアクタ      CO<sub>2</sub>分離型水素製造 CO<sub>2</sub>分離膜</p>				
5524 J 5524 J 5524 J 5524 J 5524 J 5524 J 5524 J 5524 J 5524 J 5524 J	52.天然ガス利用技術  ジメチルエーテル(DME)					
		<p>間接DME合成法      直接DME合成法</p> <p>電気分解水素による製品収率向上、設備コスト低減 LPG/DME混合燃焼試験、耐久試験等 DME/LPG直噴ディーゼル技術 DME自動車 DME燃料電池等の利用技術 DME貯蔵・供給技術 LPG/DME混合燃料に対する機器耐久性向上</p>				
5531 H 5531 H 5531 H 5531 H 5531 H 5531 H 5531 H 5531 H 5531 H 5531 H	53.LPガス利用技術  LPガス高効率燃焼 機器技術					
		<p>ターボジェット式コンロ燃焼・伝熱技術 高効率機器開発 排気ガス処理技術</p>				
5301 H 5301 H 5301 H 5301 H 5301 H 5301 H 5301 H 5301 H 5301 H 5301 H	30.石油精製技術  省燃費・高耐久性 潤滑油開発技術					
		<p>省燃費潤滑油製造技術      GTL由来品等からの潤滑油製造技術 GTLからの潤滑油製造技術</p>				
5302 D 5302 D 5302 D 5302 D 5302 D 5302 D 5302 D 5302 D 5302 D 5302 D	30.石油精製技術  石油精製ゼロエミッ ション・環境適合化技術					
		<p>腐蝕低減技術      新規環境対応低炭素物ガソリン基材料製造技術 改質炭素固化体技術 重質油汚染土壌浄化技術      石油精製物質簡易有害性評価 バイオマス利用土壌浄化技術</p>				

(添付資料)

**事前評価関連資料（事前評価書、パブリックコメント募集の結果）**



(様式2)

## 事前評価書

	改訂日	平成18年2月10日
	作成日	平成17年10月7日
1. 事業名称 (コード番号)	高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究	
2. 推進部署名	省エネルギー技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1) 概要: パイプラインやローリー車による天然ガスの供給が困難な地域において、中小規模需要家や簡易ガス事業用向けの天然ガス利用形態として技術開発が進んでいるNGH(天然ガスハイドレード)を利用した高効率な供給システムの開発を行う。本研究開発では、LNG基地において、LNG 未利用冷熱を活用したNGH製造設備のパイロットプラント(5~10t/日)を設計・建設し、長期間連続運転可能なことを実証する。併せて、製造されたNGHの輸送・再ガス化装置の開発を行う。</p> <p>(2) 事業規模: 総事業費15億円(内 国費分10億円; 2/3補助) 平成18年度予算 105百万円</p> <p>(3) 事業期間: 平成18年度~20年度(3年間)</p>	
4. 評価の検討状況	<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>天然ガスについては、エネルギー基本計画、京都議定書目標達成計画において環境適合性、調達源の多様性から積極的に導入すべきエネルギーとして位置付けられ「天然ガスシフトの加速化を推進する」ことが明示された。具体的には、天然ガス供給インフラ構築のための環境整備を総合的に推進するとしている。</p> <p>京都議定書目標達成のためには、分散型電源の普及、工業用燃料転換の推進等のための基盤整備に早急に着手することが必要であることから、パイプラインの敷設等が直ちに期待できない地域において、天然ガスを供給する有効な手段となり得るNGH供給システムの実証試験に対する支援を積極的に行うことは、パイプライン供給とNGH等のサテライト供給を有機的に組み合わせた形で天然ガス需要開拓を行うことが可能となり、天然ガスシフトに対応した迅速なインフラ整備の上で極めて有効である。</p> <p>(2) 研究開発目標の妥当性</p> <p>NGHを用いて天然ガスの小規模輸送を行うアイデアは既に提案されているが、いまだに、実際に輸送を行った事例はない。</p> <p>本実証試験では、簡易ガス事業やコージェネレーションシステム等現在重油やLPGを使用している小規模需要家(天然ガス 50m<sup>3</sup>/h 相当以下)各1箇所に対し、天然ガス供給するために相当する容量(5~10T/D)のNGH製造装置を開発し、併せて輸送・再ガス化設備をも開発する。これにより、NGH輸送システムの有用性を実証することは、天然ガスの普及促進の上で、妥当なものである。</p> <p>(3) 研究開発マネジメント</p> <p>①国の天然ガス導入促進の施策として、企業負担1/3の共同研究として運営する。</p> <p>②本事業は、装置メーカーと装置の運転・運営事業者が関係を取りつつ実施するものとする。共同研究先からは、年数回、技術開発の進捗状況について報告を受けることにより状況把握する。</p> <p>③技術面での指導・助言を行うため、共同研究先に有識者を中心とした特別委員会を設置する。また、必要に応じ、NEDO内に技術委員会を設置し、開発内容の審議を行う。</p>	

<p>(4) 研究開発成果</p> <p>本技術開発により、天然ガス未普及地域において、中小規模の熱等の需要家に対する天然ガス普及が促進される。また、NGH供給地点が増加すれば、パイプライン供給への転換も可能となる。</p>
<p>(5) 実用化・事業化の見通し</p> <p>本研究開発で得られた成果は、技術開発終了後、民間企業等の負担において商品化のための更なる開発が実施される。</p> <p>事業化時期は平成25年を想定。本事業では、1～2個所の需要家を想定したシステムを構築するが、事業終了後5年程度の期間内にシステムのスケールアップを行う。</p>
<p>(6) その他特記事項</p> <p>なし</p>
<p>5. 総合評価</p> <p>本事業は、国の天然ガス導入促進推進の施策により、天然ガスの利用拡大を図ることによって、地球環境問題への対応及びガス利用者の利益を増進する目標を達成するために、NGHを利用した天然ガス供給システムの実証試験の一部を NEDO 技術開発機構が支援する事業である。</p> <p>天然ガスを供給する有効な手段となり得るNGH供給システムの実証試験に対する支援を積極的に行うことは、パイプライン供給とNGH等のサテライト供給を有機的に組み合わせた形で天然ガス需要開拓を行うことが可能となり、天然ガスシフトに対応した迅速なインフラ整備の上で極めて有効である。</p> <p>本技術開発により、天然ガス未普及地域において、中小規模の熱等の需要家に対する天然ガス普及が促進される。また、NGH供給地点が増加すれば、パイプライン供給への転換も可能となる。</p> <p>以上のように、本事業は進める意義があると判断される。</p>

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成18年3月5日  
NEDO技術開発機構  
省エネルギー技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。  
お寄せいただきましたご意見を検討し、別添の基本計画に反映させていただきました。  
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間

平成18年2月15日～平成18年2月23日

2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>

計〇件

3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画への反映
全体について		
なし		
1. 研究開発の目的		
(1) 研究開発の目的		
<p>[意見1]</p> <p>地球温暖化対策の面から、当面、エネルギーに占める天然ガスの割合を高める必要があることは論を待たない。このプロジェクトは、天然ガスハイドレート化技術を利用し、中小規模の需要家に天然ガスを配送する適切なシステムを構築しようとするものである。ハイドレート化技術は、将来、中小ガス田から輸送する手段への適用を始めとして、様々な分野に応用できるものであり、今回のような輸送方法への適用は技術の独自性とその応用面から多いに期待できるものである。</p> <p>需要家への天然ガス配送の手段には、パイプラインやLNGローリーによる方法が確立されており、新たに、このような技術を実証するには、公的な補助が不可欠である点は納得できる。</p>	<p>本実証研究の目的に賛同いただき、ありがとうございます。</p>	<p>なし</p>

(2) 研究開発の目標		
<p>[意見 1] 目標をわかりやすく設定して、本技術の位置づけを明確にしつつ進めることが望まれる。</p>	<p>本実証研究は、天然ガスハイドレートによるガス供給が顧客への供給責任を果たすことができることを実証することが最終目標である。 供給責任を果たしうることを実証するに足る長期連続運転試験の期間について、有識者の意見を聴取し、決定したい。</p>	<p>今後、基本計画に織り込む。</p>
(3) 研究開発の内容		
2. 研究開発の実施方式		
(1) 研究開発の実施体制		
(2) 研究開発の運営管理		
<p>[意見 1] 常に競合する技術を見据え、プロジェクトの進捗に応じて経済性評価を行いつつ着実に進めることが重要である。</p>	<p>プロジェクトの進捗管理の中で、コストについても、常に check していきたい。 委託先との契約並びにプロジェクトリーダーとの覚え書きの中で、節目節目で経済性評価を行うことを義務付ける。</p>	<p>なし</p>
3. 研究開発の実施期間		
なし		
4. 評価に関する事項		
なし		
5. その他重要事項		
その他：普及		
<p>[意見 1] 将来、一地域に留まることなく広く普及することを念頭に、我が国におけるこの技術の波及効果を見据え、市場整備のための課題解決を行いつつ実証研究が十分な成果をあげることを期待したい。</p>	<p>市場整備は行政当局の責務であるが、NEDO としても、研究結果提供等することにより、協力を行う。</p>	<p>なし</p>

以上

(添付資料)

## 特許論文リスト

## 特許出願リスト

出願日	出願番号	発明の名称
H19/3/30	特願 2007-094026	ガスハイドレートの脱水装置
H19/3/30	特願 2007-090094	付臭装置
H19/3/30	特願 2007-095674	ガスハイドレートの圧縮成型機 (PCT/JP2008/056245 の優先権主張にともなう取下げ擬制)
H20/3/26	特願 2008-081750	ガスハイドレート脱水装置
H20/3/27	PCT/JP2008/055963	ODORIZING APPARATUS (特願 2007-090094 の PCT 出願、日本指定なし)
H20/3/28	PCT/JP2008/056245	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (特願 2007-095674 の PCT 出願、優先権主張あり、日本指定あり)
H20/3/28	特願 2009-507545	ガスハイドレートの圧縮成型機 (PCT/JP2008/056245 の日本出願)
H20/3/28	12/450, 448	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 の米国出願)
H20/3/28	200880010618. 9	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 の中国出願)
H20/3/28	W-00200902743	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のインド出願)
H20/3/28	2009140138	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のロシア出願)
H20/3/28	0808140-9	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のブラジル出願)
H20/3/28	PI20093713	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のマレーシア出願)
H20/3/28	2008233594	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 のオーストラリア出願)

出願日	出願番号	発明の名称
H20/3/28	8739363.3	GAS HYDRATE COMPRESSION MOLDING MACHINE (PCT/JP2008/056245 の欧州出願)
H20/3/28	特願 2008-088457	回転式分配装置
H20/3/28	特願 2008-088469	スライド式分配装置
H20/3/28	特願 2008-088788	ガスハイドレートペレットのガス化装置およびガス化方法
H20/3/28	特願 2008-086472	脱水塔スラリ供給方法
H21/3/27	PCT/JP2009/056377	APPARATUS AND METHOD FOR GASIFYING GAS HYDRATE PELLET (特願 2008-088788 の PCT 出願、優先権主張あり、日本指定なし)
H21/3/27	090100415	APPARATUS AND METHOD FOR GASIFYING GAS HYDRATE PELLET (特願 2008-088788 のタイ出願、優先権主張あり)

## 論文リスト

発表 年月日	発表媒体	論文/記事題目	備考	査読
H19/7/1	The 17 <sup>th</sup> International Offshore and Polar Engineering Conference	Experimental Study on Formation of Propane Gas Hydrate by Fluidized bed type Reactor	リズボン	あり
H20/1/1	「配管技術」1月号	天然ガスハイドレート(NGH)による天然ガス陸上輸送実証の紹介	日刊工業出版	なし
H20/1/1	「電気評論」1月号	天然ガスハイドレートによる天然ガス陸上輸送実証研究の概要	電気評論社	なし
H20/7/1	第47期総会 日本伝熱学会	LNGの冷熱を利用する天然ガスハイドレートペレット製造技術の開発	京都府	あり
H20/7/10	The 6 <sup>th</sup> International Conference of Gas Hydrate	A Demonstration Project of NGH Land Transportation System	バンクーバー	あり
H20/12/3	International Petroleum Technology Conference 2008	Development of Natural Gas Supply Chain by means of Natural Gas Hydrate	クアラルンプール	あり
H21/2/1	「ペトロテック」2月号	天然ガスハイドレートによる天然ガス輸送	石油学会	なし



## 2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

(＊分科会資料 一部修正有り：平成22年8月1日)

NEDO エネルギーイノベーションプログラム  
「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)  
(2006年度～2009年度 4年間)

プロジェクトの概要(公開)

NEDO技術総合開発機構  
エネルギー対策推進部  
2010年7月27日

公開

5. プロジェクトの概要説明

- 5. 1 事業の位置づけ・必要性……NEDO
- 5. 2 研究開発マネジメント……NEDO
- 5. 3 研究開発成果……PL
- 5. 4 実用化・事業化の見通し……PL

(1)NEDO事業としての妥当性

公開

社会的背景

エネルギー基本計画、京都議定書目標達成計画／エネルギーイノベーションプログラム

天然ガスを環境適合性、調達源の多様性から積極的に導入すべきエネルギーとして位置付け……「天然ガスシフト」の加速化



天然ガス供給手段の無い地方都市部への天然ガス供給手段が必要

事業の目的

地方都市の中小規模需要や簡易ガス事業者に対する新たな天然ガスの供給手段の提供



ガスハイドレート化技術を利用した天然ガス供給システムを確立する

(1)NEDO事業としての妥当性

公開

エネルギーイノベーションプログラムにおける位置付け  
—化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用—

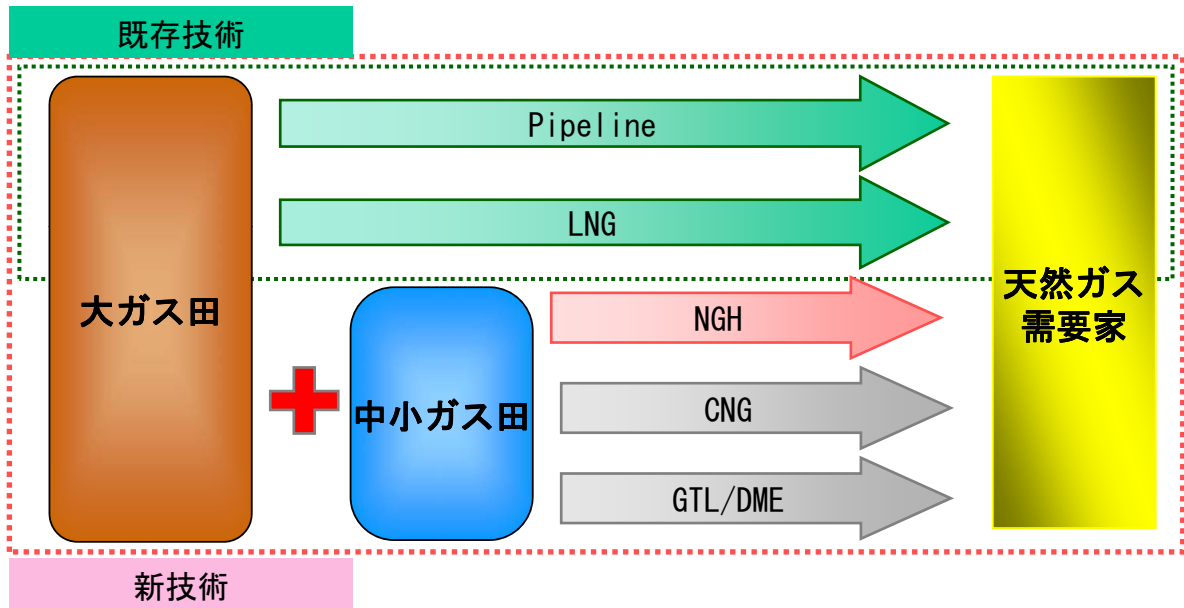


No.	エネルギー技術 領域技術	2010	2015	2020	2025	2030~
522D	52天然ガス利用技術					
	天然ガスのハイドレート化輸送・利用技術					
				2020年以降の製造システム確立		
				水素利用NGH製造技術 NGH輸送技術 NGH輸送技術		
				NGH高圧ガス化・利用技術		

(1) NEDO事業としての妥当性

公開

天然ガス輸送手段の多様性に対応



【事業原簿 1-9】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

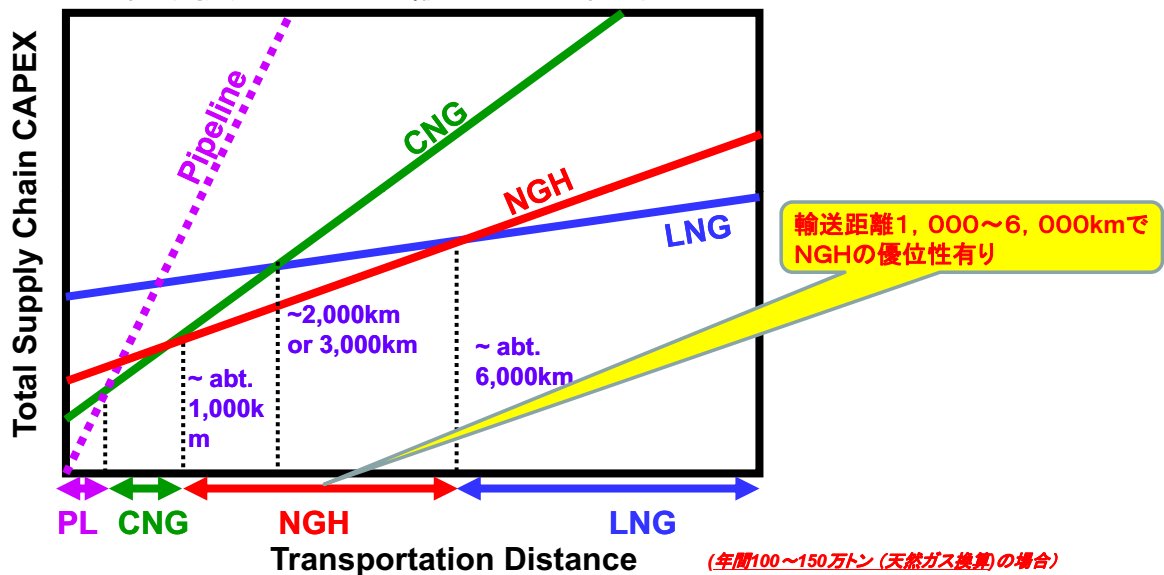
3

(1) NEDO事業としての妥当性

公開

NGHの優位性検討結果

初期投資コストと輸送距離の関係



「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

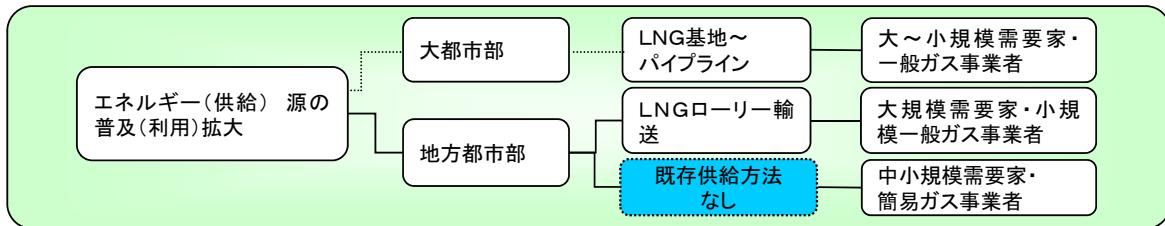
4

1. 事業の位置付け・必要性について

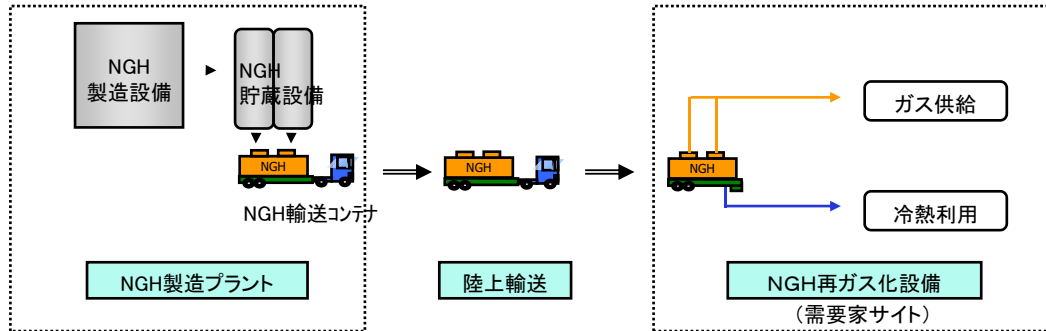
(1)NEDO事業としての妥当性

公開

需要家規模別天然ガス供給手段



【実証試験モデル事業スキームイメージ】



天然ガスハイドレート(NGH)輸送利用システム

【事業原簿 1-10】

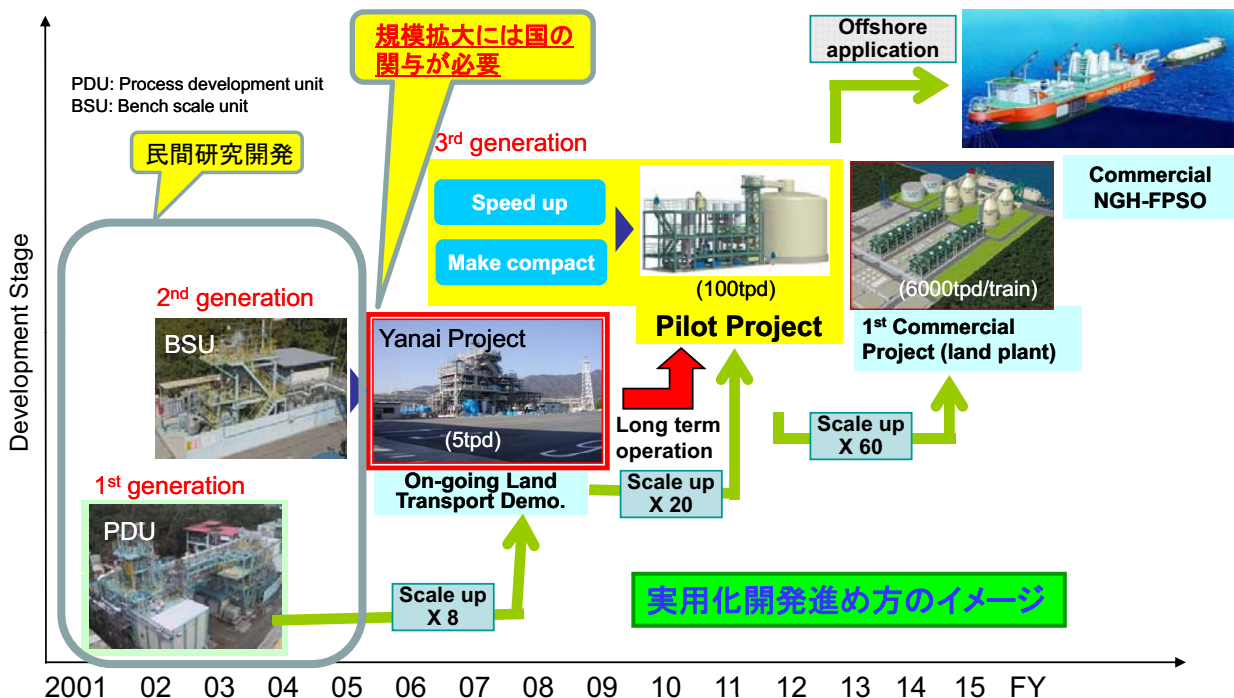
「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

5

1. 事業の位置付け・必要性について

(1)NEDO事業としての妥当性

公開



【事業原簿 1-8】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

6

## NEDOが関与する意義

高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究は、

- 地域エネルギーインフラ整備のための国家的課題
- 世界に先駆けた先進的分野
- 研究開発の技術的難易度：高
- 実用化に繋がる規模で実証：投資規模＝大（開発リスク＝大）

イノベーションプログラムの1事業として位置付け

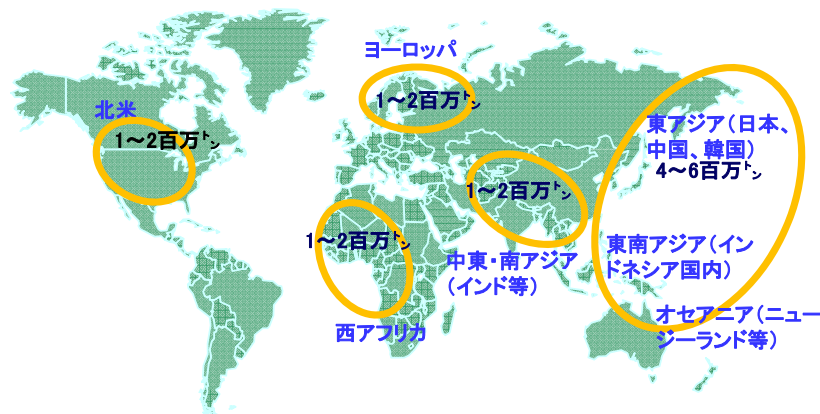
NEDO(国)が関与して実施すべき事業

## 実施の効果

・研究開発費：約15億円

・NGH事業ターゲットエリア（将来の事業規模）

2012-2013年での技術実証・商業化移行を目標とし、2020～30年にはアジア地域を中心に全世界で年産約1000万トンのLNG換算)のNGH供給を目指す。



(2) 事業目的の妥当性

公開

国内外の研究開発の動向



公開

5. プロジェクトの概要説明

- 5. 1 事業の位置づけ・必要性……………NEDO
- 5. 2 研究開発マネジメント……………NEDO
- 5. 3 研究開発成果……………PL
- 5. 4 実用化・事業化の見通し……………PL

2. 研究開発マネジメントについて

(1)研究開発目標の妥当性

公開

研究開発目標と根拠

全体目標	LNG未利用冷熱を活用したNGH製造設備(5~10t/日)を開発し、LNG基地に建設し長期間連続運転が可能であることを実証する。	
研究開発項目(個別テーマ)	研究開発目標	根拠
①多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発	LNGを原料とし、LNG未利用冷熱をNGH冷熱源として利用したNGH製造システムを開発する。また、成分系のLNGを原料とする多成分混合ガスハイドレート連続製造システムを開発する。	NGH製造技術は、小規模試験装置による技術開発段階で、トンオーダーの実証用設備の建設は世界初の試みである。本開発段階においては、連続運転(24時間以上)、長期間運転安定性の確認およびペレット品質向上を含めた実用性の確認が必要である。
②未利用冷熱によるNGH生成熱除去技術開発	各プロセスに適した温度レベルを検討し、温度レベルに対応した中間冷媒を物性、安全性、性能、コストを考慮して選定する。また冷媒循環サイクルを開発する。	LNG未利用冷熱を活用することによりエネルギー原単位の少ないNGH製造プラント開発を行う。また、LNG基地における発電設備の運用へ影響がないことを確認する。
③高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発(小規模試験装置)	連続脱圧が可能なることの確認。 脱圧時同伴ガス量が既存技術の1/2以下。	一般的な弁切替による方式は処理量が少なく大量処理に向かない。また大気圧下へ取り出す際にペレットと同伴するガスの再圧縮動力を低減するにはガス量を少なくする必要がある。装置的な実現可能性を確認する必要がある。
④NGH配送・利用システムの開発	製造されたNGHの輸送・再ガス化装置の開発・実証を行う。	広範囲な地域においてクリーンな天然ガスの普及を促進する手段としてのNGH供給システムの実用化のためには、実用規模で、公道を使ったペレット輸送を行い、現実のガス消費地でのガス化を実証することが必要である。

【事業原簿 II-1】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

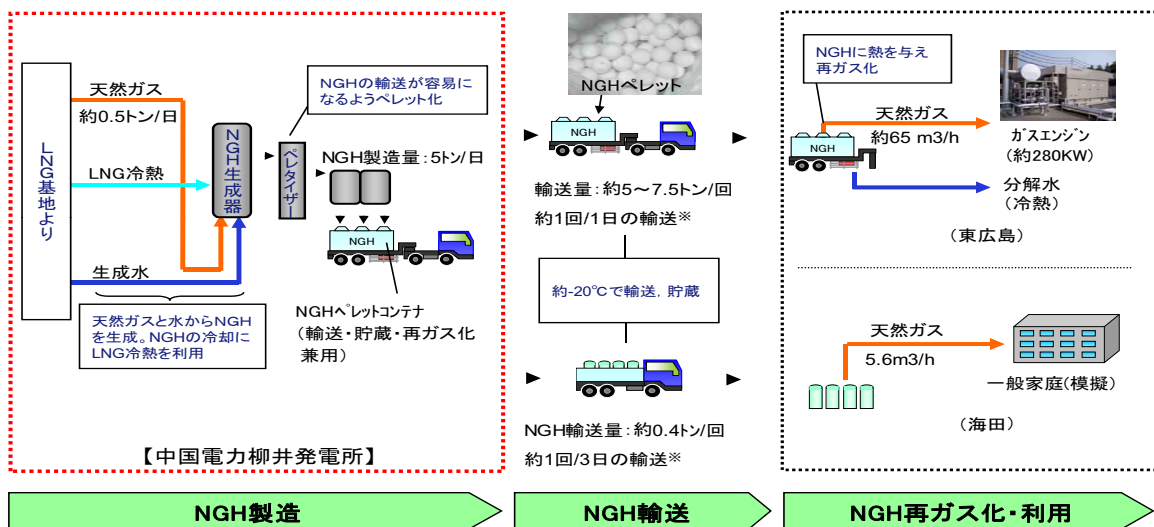
10

2. 研究開発マネジメントについて

(1)研究開発目標の妥当性

公開

実証研究の全体像



【事業原簿 I-10】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

11

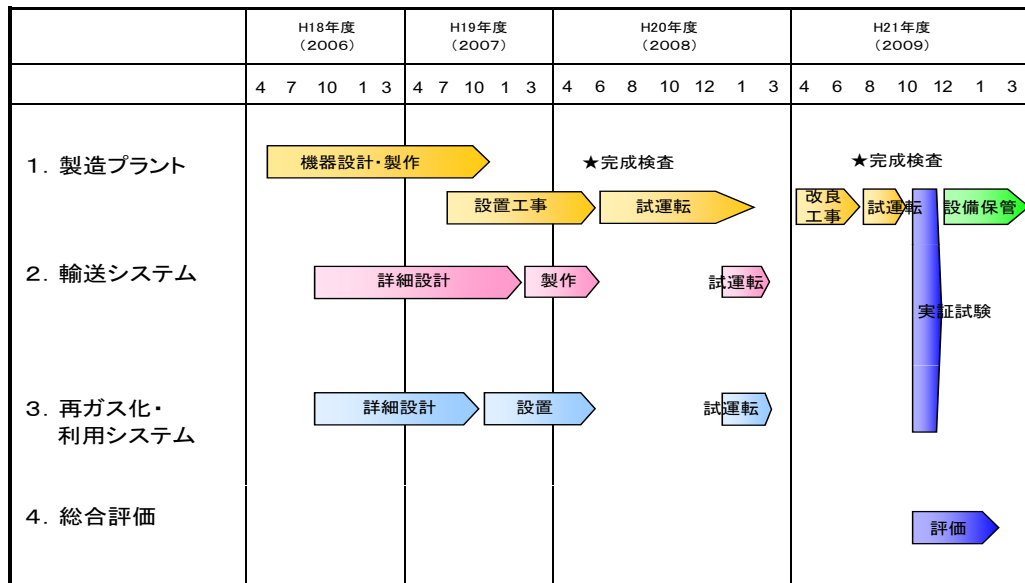


2. 研究開発マネジメントについて

(2)研究開発計画の妥当性

公開

実証研究全体スケジュール



【事業原簿 II-1】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

12

2. 研究開発マネジメントについて

(2)研究開発計画の妥当性

公開

開発予算

(単位:百万円)

	'06	'07	'08	'09	合計
1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発	94	627	251	0	972
2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発	22	109	4	0	135
3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧技術開発	20	15	0	0	35
4) NGH配送・利用システムの開発	76	104	151	0	331
合計	212	855	406	0	1,473

(内、2/3NEDO負担)

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

13

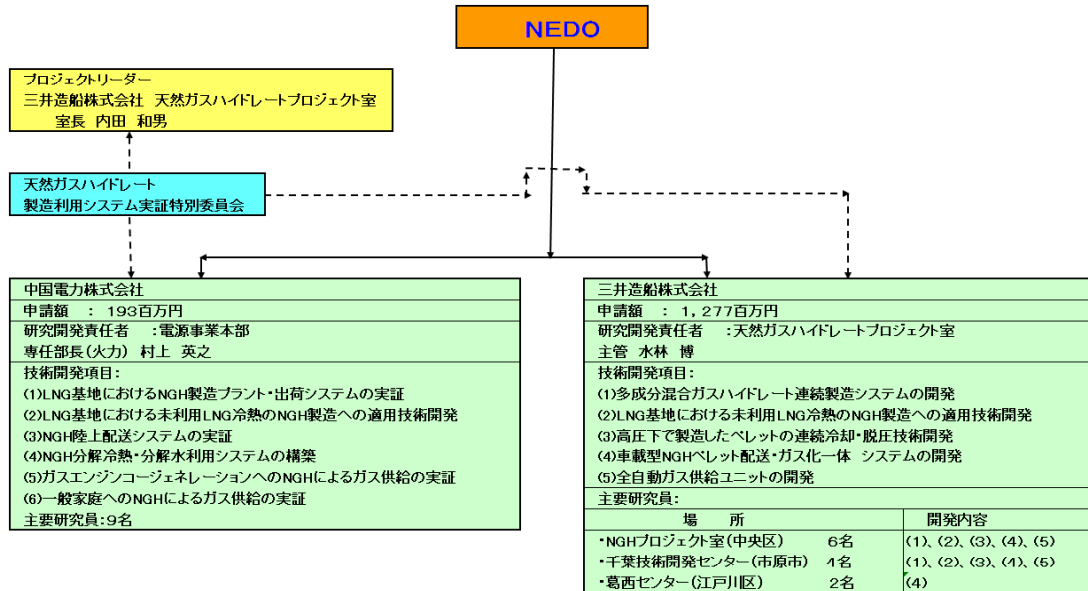
2. 研究開発マネジメントについて

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

公開

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」実施体制

・実施期間：4年（平成18～21年度）



【事業原簿 II-2】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

14

2. 研究開発マネジメントについて

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

公開

実施者内に設置した「特別委員会」  
(NEDO技術委員会の位置付け)  
を開催(2～3回/年)

外部有識者の意見をプロジェクトの運営管理に反映

委員構成

慶應大学 森 康彦 教授(委員長)  
慶應大学 大村 亮 准教授  
北海道大学 内田 努 准教授  
東京ガス(株) 奥井 智治 副部長  
(財)エネ総研 小野崎 正樹 副主席研究員

反映内容

- ・複数の脱水塔システムの優劣を比較・検討し、脱水塔のコンパクト化研究(加速研究)に反映した。
- ・コンペアケットの帯電についての助言に基づき装置接地タイプとした。
- ・脱圧装置の排水経路に関して指摘が有り、上流に排水口を設けた。

【事業原簿 II-3】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

15

2. 研究開発マネジメントについて

(4)研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

公開

実用化・事業化に向けてのマネジメント

・ 事業化計画の確認

- ・ 事業開始前に実施者の事業化計画(次ページのマイルストーン)を確認
- ・ 事業実施中、事業計画の変更有無を継続確認(特別委員会での説明等)
- ・ 実施者の事業化への取り組み公表(プレスリリース、HP掲載等)を確認

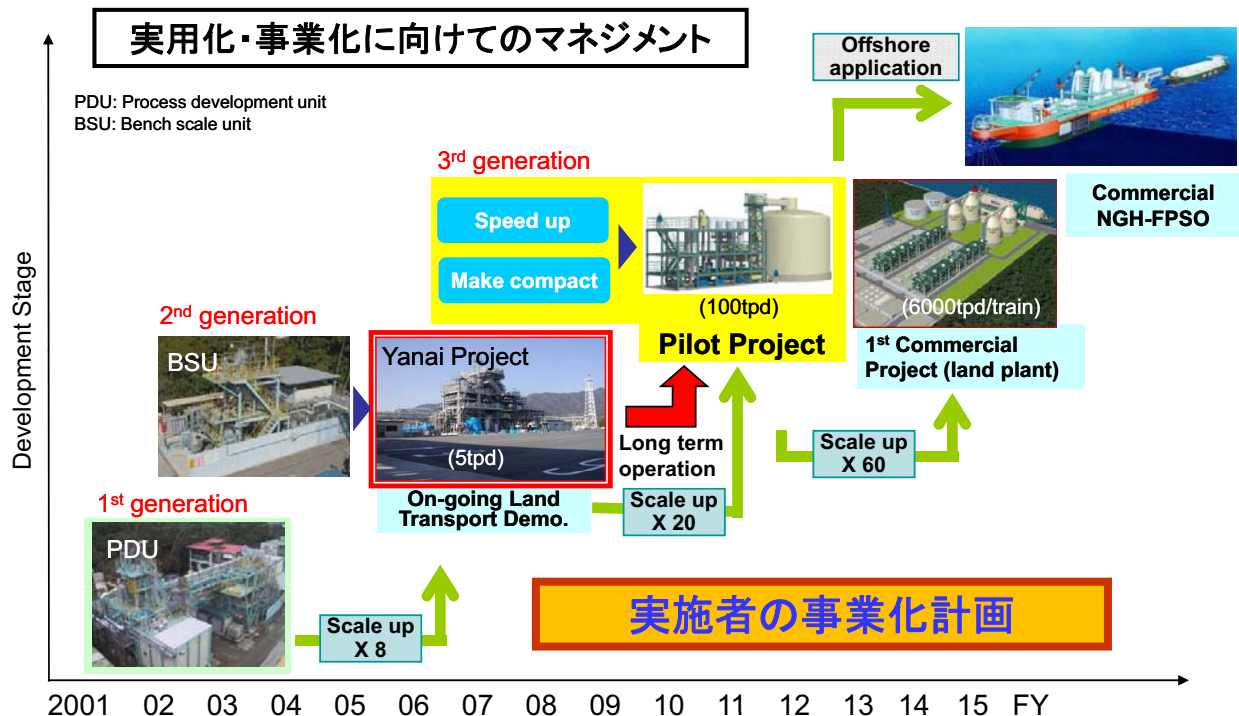
・ 事業化へ向けての取り組みマネジメント

- ・ 各種展示会(ENEX、エコプロダクツ展、省エネフォーラム、他)での事業紹介実施(ENEX2008, 2009、エコプロダクツ展2008等)
- ・ 実施者の事業化PR活動の支援  
(H21年9月:NGHフォーラム後援、事業紹介)
- ・ 事業終了後の継続研究契約  
事業化に向けての実施者の自主研究を支援(NEDO資産の無償貸与)

2. 研究開発マネジメントについて

(4)研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

公開



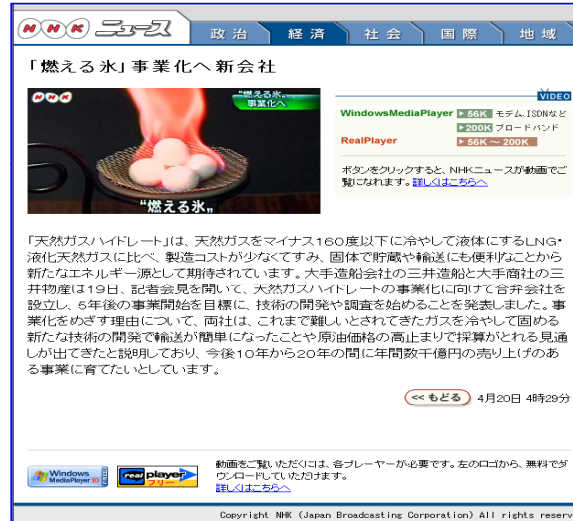
## 2. 研究開発マネジメントについて

### (4)研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

公開

## 実用化・事業化に向けてのマネジメント

### 事業化会社新設を確認(NGHジャパン社設立:H19.4月) 事業化の強い意志を確認



(出典: NHKホームページ)

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

18

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (4)研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

公開

## 実用化・事業化に向けてのマネジメント

### 事業化を見据えたフォーラム開催を支援 (NGHフォーラム開催:H21.9月)

NGHフォーラム  
～NGHサプライチェーン開発の現状と実証プラントの見学～  
の開催

2009年9月3日(木)～4日(金)に独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構(以下、JOGMECと記載)、独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構(以下、JRITと記載)及び財団法人 日本船舶技術研究協会(以下、JSTRAと記載)の共催により、「NGHフォーラム ～NGHサプライチェーン開発の現状と実証プラントの見学～」を開催した。

【協賛】NGHジャパン株式会社、中国電力株式会社、三井造船株式会社、三井物産株式会社  
【協力】独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
【後援】経済産業省、国土交通省

(a) 講演会  
・開催日時: 2009年9月3日(木) 13:30～17:30  
・開催場所: ホテルグランピア広島 4階 悠久の間  
・参加者数: 143名(事務局関係者含む)

会場風景

受付の運営風景

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

19

2. 研究開発マネジメントについて

(4)研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

公開

知財マネジメントの考え方

1. 本開発技術は、海外を含め唯一の研究 → 積極的に特許出願  
 2. 実用化には国際展開も視野に入れている → 基本特許は海外出願

上記を第1回特別委員会で相互確認・合意

出願状況を特別委員会で確認

実績

出願済延べ件数: 21件(取り下げ擬制1件含む)  
 内訳: 日本国内出願件数 9件(取り下げ擬制1件)  
 PCT出願件数 3件  
 PCTルートからの外国出願 9件

【事業原簿-2】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
 (事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

20

2. 研究開発マネジメントについて

(5)情勢変化等への対応等

公開

加速財源投入実績 (2006年度)

件名	金額 (百万円)	目的	成果
①差圧等の脱水駆動力を付加した新しい脱水塔の開発 ②ペレタイザーへの高含水率NGH供給装置の開発	36	①脱水塔のコンパクト化 ②ペレタイザーの脱水機能高度化	①重力式脱水装置に差圧を加えることにより機器数の低減および脱水塔をコンパクト化(現状の1/4程度)し、省スペース化および10~15%の建設コスト低減が可能となった。 ②ペレタイザーに脱水機能を付加することによりNGHの二次生成器を省略可能となった。  これらによりプロセスのシンプル化により、循環ガスブロワなどの機械駆動動力を削減し、20%程度の省エネルギーが可能となった。

情勢変化等への対応 (2008年度)

情勢	対応
事業遅延: 実証設備建設、試運転時の設備不具合等の為、実証試験実施が不可能になった	基本計画の変更(事業期間を3年間から4年間に延長) ・設備改造等の対応案が存在 ・実証試験未実施で終了した場合、事業実施の意義そのものが消失 上記判断より事業期間を延長することとした。

【事業原簿 II-3】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
 (事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

21

## 5. プロジェクトの概要説明

- 5. 1 事業の位置づけ・必要性……………NEDO
- 5. 2 研究開発マネジメント……………NEDO
- 5. 3 **研究開発成果……………PL**
- 5. 4 実用化・事業化の見通し……………PL

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
 (事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

## (1) 目標の達成度

### 開発経緯と成果(1)

研究開発項目	H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	成果
(1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発					・LNG基地に多成分系の混合ガスハイドレート製造・出荷設備を設置し、NGHスラリー生成、NGHペレット成型が、 <b>5トン/日以上</b> の能力を確認した。 ・連続運転により、ほぼ同一成分比率のNGHが生成されることを確認した。 ・ <b>長期運転により設備安定性、安全性を確認した。</b> ・小型試験装置による高性能化研究として、脱水塔付加差圧による脱水速度向上、ペレタイザの成型時排水機能向上を確認した。
a. 多成分混合ガスハイドレート連続製造システムの開発					
(a) NGH製造システムの開発	設計・製作	定検・保安検査	現地工事	設備改造	
(b) NGHペレット自動出荷設備の開発		試験運転等			
(c) NGH製造システムの高性能化研究	試験研究(千葉BSU装置)			試験運転/実証	
b. LNG基地におけるNGH製造プラント・出荷システムの実証					
(2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発					・LNG冷熱を中間冷媒(プロパン)およびラインによって回収し、NGH生成、ペレット冷却等に有効利用できることを確認した。
a. LNG基地における未利用LNG冷熱のNGH製造への適用技術開発	設計・製作				
(3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発					・マテリアルシールによる連続脱圧試験装置により、一般的な弁切替るバッチ方式に比べ脱圧時の高圧ガスの低圧側への同伴量を1/2以下にできることを確認した。
a. 連続冷却・脱圧システムの開発	試験研究(千葉ハイドレート試験装置)				

# (1) 目標の達成度

公開

## 開発経緯と成果(2)

研究開発項目	H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	成果
(4) NGH配送・利用システムの開発					<ul style="list-style-type: none"> <li>・2種類の車載型NGH配送・ガス化一体容器を開発、製作した。</li> <li>ガスエンジン需要家用:ローリー1, 2号車(積載ペレット5トン級)、3号車(積載ペレット7.5トン級)、一般家庭用需要家用として、縦型容器4基(積載ペレット200kg/基)</li> <li>・NGHペレットをLNG基地から約100kmの2ヶ所の需要家サイトへ配送し、輸送時の安定性を確認した。</li> </ul>
a. 車載型NGHペレット配送・ガス化一体システムの開発					
(a) NGHペレット配送・ガス化一体容器の開発		試験研究	設計・製作		
(b) NGH陸上配送システムの実証		試験検討、関係官庁調整		配送	
b. NGH利用システムの開発					<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスエンジン用および一般家庭向けの需要ガス量に応じた自動ガス供給ユニットを開発し、設置した。</li> <li>・ガス化設備の設置にあたり、適用法規等の調査・関係官庁との協議を行った。</li> <li>・NGH製造出荷設備から配送したペレットを各需要家サイトでガス化し、設備運転安定性、ガス供給システムの制御性、ペレット安定性等を確認した。</li> <li>・NGHガス化で発生する分解水および分解水の持つ冷熱の利用方法について検討し、各利用システムの構築を行った。</li> </ul>
(a) 全自動ガス供給ユニットの開発		試験研究			
(b) NGH分解・分解水利用システムの構築			調査・システム検討		
(c) ガスエンジンへのNGHによるガス供給の実証			試験検討、関係官庁調整	試運転/実証	
(d) 一般家庭(模擬需要)へのNGHによるガス供給の実証	需要家調査	試験検討、関係官庁調整			

# (1) 目標の達成度

公開

## 目標の達成度

研究開発項目	開発目標	達成度	成果と課題	
(1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発	LNG未利用冷熱を活用したNGH製造設備(5~10t/日)を開発し、LNG基地に建設し長期連続運転が可能なることを実証する。併せて、製造されたNGHの輸送・再ガス化装置の開発・実証を行う。	○	[成果と意義] 設備能力の確認とペレット出荷の実証 → <b>世界で初めてNGH工業利用の道を開く</b> ・大規模試験設備での多成分ガスハイドレートの過渡特性、システム運用要件などを確認 → システムの高度化が期待できる [課題] 運転開始時のハード不具合・運転中に発生した想定外の閉塞トラブル等の経験を基に設備をブラッシュアップ	
a. 多成分混合ガスハイドレート連続製造システムの開発				
(a) NGH製造システムの開発				
(b) NGHペレット自動出荷設備の開発				
(c) NGH製造システムの高性能化研究		○	[成果と意義] LNG冷熱利用率を確認 → <b>工業規模としての意味ある未利用冷熱利用を実証</b> [課題] 実証試験で得られたシステム課題の解決により、今後の効率向上が期待できる	
b. LNG基地におけるNGH製造プラント・出荷システムの実証				
(2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発		○	[成果と意義] 小規模試験として、これまでにはない連続冷却・脱圧の可能性とその運用条件を明らかにした [課題] 試験結果を実用化に活かしていく必要がある	
a. 連続冷却・脱圧システムの開発				
(4) NGH配送・利用システムの開発		LNG未利用冷熱を活用したNGH製造設備(5~10t/日)を開発し、LNG基地に建設し長期連続運転が可能なることを実証する。併せて、製造されたNGHの輸送・再ガス化装置の開発・実証を行う。	○	[成果と意義] <b>世界初のガス輸送媒体であるNGHを輸送・ガス化するシステムを開発・実証</b> → 貯蔵容器も兼ねており、NGH配送先の運用性向上が期待できる [課題] 負荷量追従性の更なる向上の開発・実証が望まれる
a. 車載型NGHペレット配送・ガス化一体システムの開発				
(a) NGHペレット配送・ガス化一体容器の開発				
(b) NGH陸上配送システムの実証	○		[成果と意義] NGHによるガス供給自動運転システムを開発・実証 また、NGHの冷熱・冷水利用システムの机上検討を実施 → NGHの利点である冷水利用システムをさらに発展させ、天然ガス利用と併せた、より安全・安心なシステム作りを進めていくことが期待できる [課題] より長期間の運転実証等を経て社会からの認知度向上	
b. NGH利用システムの開発				
(a) 全自動ガス供給ユニットの開発				
(b) NGH分解・分解水利用システムの構築				
(c) ガスエンジンへのNGHによるガス供給の実証				
(d) 一般家庭(模擬需要)へのNGHによるガス供給の実証				

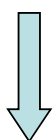
## (1) 目標の達成度

公開

### 研究期間の延長(目標達成への努力)

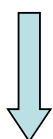
**当初研究期間 3年(H18～20年度)を4年(H18～21年度)に延長**

#### 設備不具合、トラブルの発生



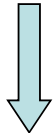
H20年 9月:シールポット内シリコン油漏洩 →作業管理の徹底・強化等  
H20年11月:脱圧槽弁のリーク → 補修等  
H21年 1月:戻りNG圧力損失大、LNGポンプ異常停止→分解点検

#### 設計点検アクションプランにより、試運転・実証運転に万全を期す



- ①設計チェック、設計データの整合性確認
- ②安全性評価時指摘事項のフィードバックを再確認
- ③想定トラブルの対策

#### 対策の立案、実施



- ①改造工事(高圧ガス変更許可、その他)の実施
- ②常用圧力・温度の見直し変更
- ③運転要領書、手順書の修正

#### 実証運転の実施／成果の取得

【事業原簿 Ⅲ-2】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

25

## (1) 目標の達成度

公開

### 開発された主な設備



NGH製造・出荷設備



5.0トン積み縦型容器



7.5トン積み横型容器



小口需要家向け縦型容器



小口需要家設備



大口需要家設備

【事業原簿 Ⅲ-2】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

26



## (2) 成果の意義

公開

### 成果の意義

評価項目	成果
①市場の拡大・創造性	天然ガスの供給手段に限られている、 <b>地方都市部の中小規模のガス需要に対する新しい供給手段</b> の一つとして、天然ガスシフトへの迅速なインフラ整備、ガス市場活性化が期待される。
②世界水準	ハイドレートを工業的に製造・利用する <b>世界で初めての試み</b> である。
③新たな技術領域の開拓	連続で大量にNGHを製造・利用することは初めての試みであり、 <b>ハイドレートの技術分野に新たな領域を創出</b> した。
④汎用性	本技術開発により開発された技術、知見は商用化に向けた技術に应用可能である。
⑤ 将来の事業規模(試算)	輸入LNGを原料とした国内小口ユーザーへの陸上輸送 <b>(市場規模:27億m<sup>3</sup>/年(約2百万トン/年))</b>
⑤他媒体との競合性	NEDO受託調査「天然ガスハイドレート技術の国内市場への適用可能性調査(平成17年7月)」に於いて、NGHは、H17年調査当時 <b>LNGローリーと比較し、ライフコストで約10%優位</b> であり、扱い易さ・安全性に競争力があることが示唆された。 一方、原料となるLNGの輸入CIF価格が上昇(試算用価格:22千円/トン(1992-2002平均)→52千円/トン(H22/4)しており、現在市場環境を静観中。

【事業原簿 Ⅲ-2~3】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

27

## (3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

公開

### 特許の内容

特許・発表等 H22年3月現在

出願済特許延べ数21件(取り下げ擬制1件含む)

内訳: 日本国内出願件数 9件(取り下げ擬制1件含む)  
PCT出願件数 3件  
PCTルートからの外国出願 9件

出願番号	発明の名称	対象機器、内容	国際実施の可能性
特願2007-094026	ガスハイドレートの脱水装置	脱水塔方式	現状なし
特願2007-090094	付臭装置	少流量ガスへの付臭方法 (一般家庭向けガス化装置)	現状なし (日本特有の規制)
特願2008-081750	ガスハイドレート脱水装置	脱水塔方式	あり(商業機への応用が期待できる)
特願2009-507545	ガスハイドレートの圧縮成型機 (PCT/JP2008/056245の日本出願)	ペレット成型方式	あり(商業機への応用が期待できる)
特願2008-088457	回転式分配装置	ペレット積み込み時の分配方式 (ディストリビュータ)	あり(商業機への応用が期待できる)
特願2008-088469	スライド式分配装置	ペレット積み込み時の分配方式	あり(商業機への応用が期待できる)
特願2008-088788	ガスハイドレートペレットのガス化装置 およびガス化方法	ペレットのガス化方式および運転方法	あり(商業機への応用が期待できる)
特願2008-086472	脱水塔スラリー供給方法	脱水塔へのスラリー供給方式	あり(商業機への応用が期待できる)

【事業原簿 Ⅲ-4】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日



28

## (4) 成果の普及

公開

### 論文発表

研究発表 14件(海外 6件、国内 8件)  
論文掲載 5件

		
The 6 <sup>th</sup> International Conference of Gas Hydrate (バンクーバー) (H20 7/10)  ハイドレート 研究者への発表	Gastech 2009 (アブダビ) (H21 5/25)  世界のガス会社やガスユーザーへの成果発表	NGHフォーラム (広島) (H21 9/3)  一般企業を対象としたフォーラム 2日目に現地見学会を実施

【事業原簿 Ⅲ-5】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

29

公開

## 5. プロジェクトの概要説明

- 5. 1 事業の位置づけ・必要性……………NEDO
- 5. 2 研究開発マネジメント……………NEDO
- 5. 3 研究開発成果……………PL
- 5. 4 実用化・事業化の見通し……………PL

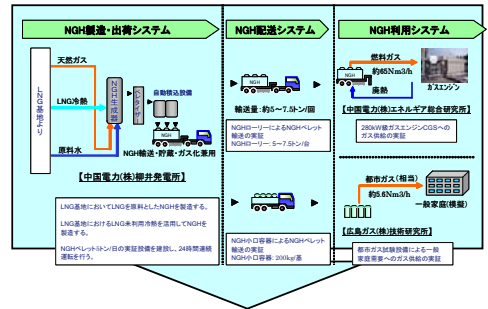
「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

# (1) 成果の実用化可能性

公開

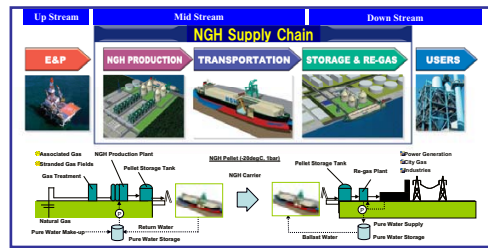
## 実用化および事業化の見通し(まとめ)

	NGH製造・出荷設備の開発	NGH配送・利用システムの開発
実用化の見通し	<p>実証試験用に建設したNGH製造・出荷プラント(柳井)を活用した<b>継続研究を実施し、100時間以上の長期連続運転による実用化のための各種データ取得</b>する。</p> <p>①NGHベレットの品質確認 ②各機器の耐久性およびプラント信頼性の確認 ③パイロットプラント設計に向けた高効率化・自動化および保守計画に関するデータ取得</p>	<p>実証試験用に製作したNGHローリーおよび大口需要家設備を活用した継続研究を実施し、NGH製造試験に応じて輸送・ガス化・利用の継続実証を行い、<b>実用化のための各種データを取得</b>する。</p>
事業化方針	<p>商業プラント(日産6000トンクラス)を目標とした、<b>日産100トンクラスのパイロットプラントを建設し、実証運転</b>を行う。</p>	<p>左記パイロットプラントで製造されたNGHベレットを活用して、<b>大型貯蔵タンクおよび大型ガス化プロセスの実証運転</b>を行う。別途並行してNGHベレット輸送船の開発を行う。</p>
産業技術適用可能性	<p>①天然ガスサプライチェーンへの適用 ②CO2分離・貯蔵・輸送技術への適用 ③資源メタンハイドレート開発技術への適用 ほか</p>	
技術的・社会的波及効果	<p>1) <b>国内外NGH陸上輸送</b> ①NGH関連市場の拡大(EPC事業・地域雇用等) ②エネルギー需要家の利便性向上(需要家によるエネルギーの多様化等) ③環境・省エネ効果</p> <p>2) <b>中小ガス田からのNGH海上輸送</b> ①NGH関連市場の創生 ・NGH製造・販売事業の創出 ・上流開発、プラント建設、輸送船建造・関連インフラの整備市場の拡大 ・各種施設運転保守に関わる地域雇用創出等 ②クリーンな天然ガスの利用機会の促進による地球環境の保全 ③天然ガス資源の世界的な安定供給</p>	



実用化に向けた大型商業プロセスの開発  
～海上輸送チェーンへの展開～

- ①柳井設備による継続運転研究
- ②100トンクラスのパイロットプラント実証運転
- ③MES社内研究開発



【事業原簿 IV-1】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

30

# (2) 事業化までのシナリオ

公開

## 実用化へむけた今後の研究スケジュール

	2009FY	2010FY	2011FY
柳井実証設備による運転研究	<p>長期連続運転を可能にする</p> <p>長時間連続運転(100時間程度)</p> <p>長期間運転</p>	<p>試運転 実証試験</p> <p>保安検査 改造工事</p> <p>試運転・連続運転 ・改善対策効果の確認 ・より長時間の連続運転 ・プラント特性の把握</p>	<p>継続研究にて設備を活用し、実用化へ向け、運転データ・ノウハウの集積を図る</p>
三井造船(株)における実用化開発		<p>プロセスのブラッシュアップ</p>	<p>NGH船は国際標準化に向け、国際海事機関(IMO)にてガイドラインの策定を提案中</p>
プロセスの高効率化			
主要機器の高速化・コンパクト化研究	<p>脱水・成型装置等の高速化試験研究</p>		
NGH輸送船の開発(国際規則策定)	<p>国際海事機関でのガイドライン暫定版の策定(2010年5月完了)</p>	<p>ガイドラインの策定(2015年予定)</p>	
パイロットプロジェクト	<p>プロジェクト基本計画</p>	<p>基本設計 ~ 実施設計</p>	

【事業原簿 IV-7】

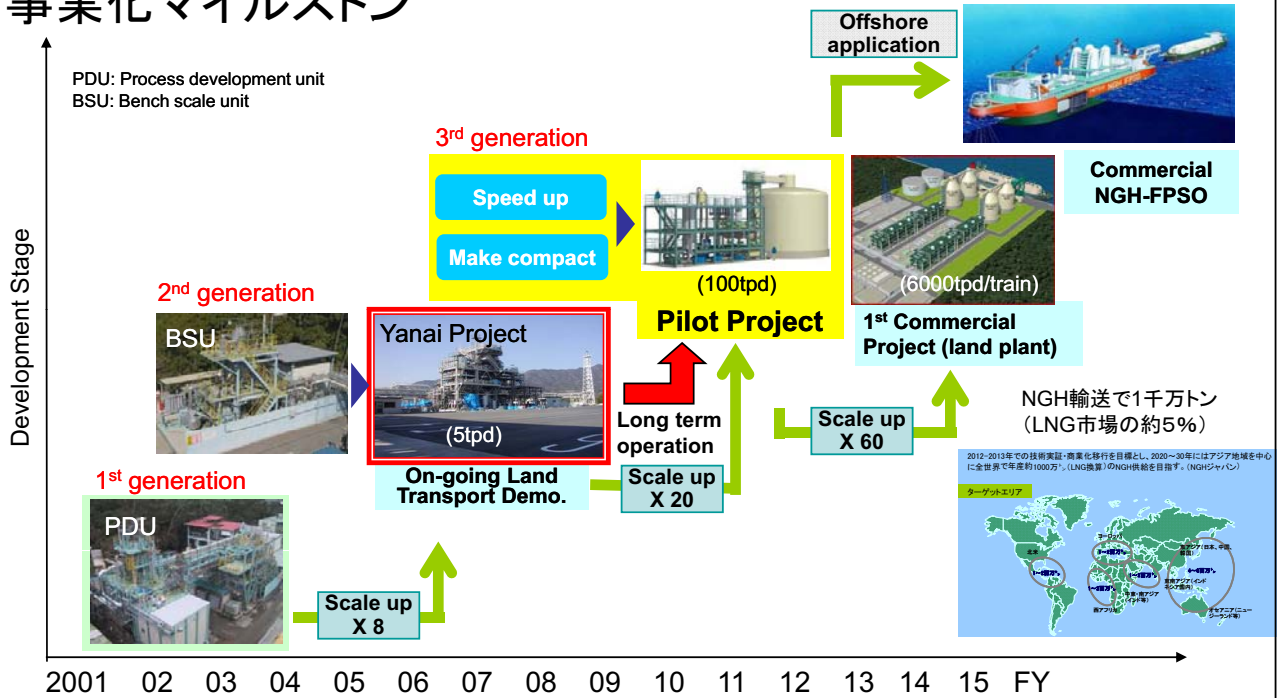
「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

31

## (2) 事業化までのシナリオ

公開

### 事業化マイルストーン



【事業原簿 IV-7~8】

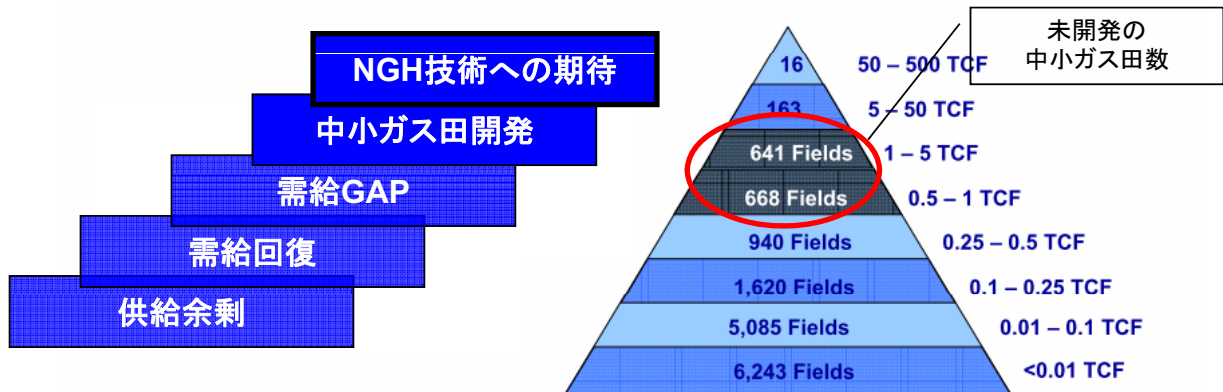
「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

32

## (2) 事業化までのシナリオ

公開

2008-2009年の世界不景気にもない、LNGは供給面で余剰がみられ、新規LNGプロジェクト案件の遅延が発生している。しかし、やがて需要が回復し、**中長期的に需給のGapが顕在化する可能性が高い**と予想される。一方、既発見の大ガス田はすでに開発の手がつけられており、需給Gapをおぎなうためには今まで採算性等の理由から手がつけられていなかった**未開発の中小ガス田の開発が期待されている。**



出典: Mustang Engineering社プレゼン資料

【事業原簿 IV-7~8】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

33

### (3)波及効果

公開

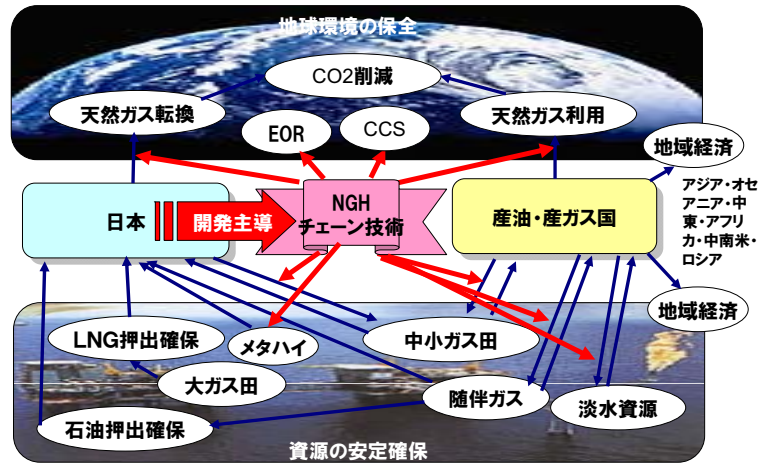
## 技術的・経済的・社会的波及効果

### 【技術的波及効果】

- ・CO2分離・貯蔵・輸送技術への適用
- ・資源メタンハイドレートへの適用
- ・海水淡水化技術への適用 他

### 【経済的・社会的波及効果】

- ・NGH陸上輸送
- ・中小ガス田開発及びNGH海上輸送  
↓↓↓↓↓
- ・NGH関連市場の創生
- ・天然ガスの普及による環境保全
- ・資源の確保及び  
天然ガスの安定供給



## 高効率天然ガスハイドレート製造利用システム 技術実証研究

### 6. プロジェクトの詳細説明(公開)

6.プロジェクトの詳細説明	研究開発項目
6.1 NGH製造・出荷設備の開発	(1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造システムの開発 (2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発 (3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発およびその他の開発
6.2 NGH配送・利用システムの開発	(4) NGH配送・利用システムの開発

平成22年7月27日(火)

三井造船株式会社

中国電力株式会社

### NGH製造・出荷設備の開発

公開

#### 報告内容

#### 1. NGH製造・出荷設備の紹介

#### 2. 研究開発の目標(基本計画)と結果

NGH生成能力、ペレット生成能力、長時間連続運転

#### 3. 設備開発、試験運転の成果

##### 1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

NGH生成特性、ペレット品質、出荷設備運転搬送能力

需要家向けペレット製造出荷運転結果

##### 2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発

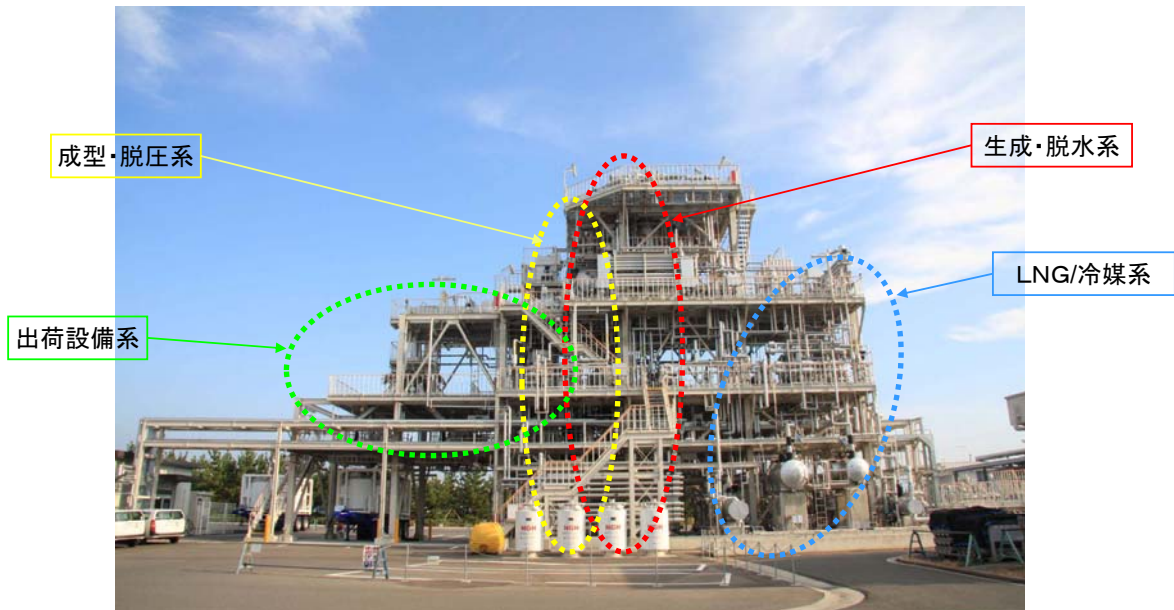
##### 3) 高圧下製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発

および その他の研究

## NGH製造・出荷設備の開発

公開

## LNG冷熱利用NGH製造・出荷設備全体



【事業原簿 Ⅲ-10】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

3

## NGH製造・出荷設備の開発

公開

## 設備構成

系統	機能
LNG冷熱回収系	LNG基地から受入れたLNGを、NGH生成に必要な圧力まで昇圧し、原料として供給すると共に、保有冷熱を冷媒系に回収する。
NGH生成・脱水系	多成分混合ガスからNGHスラリーを連続で生成し、これをNGH率40%程度まで脱水してパウダー状とする。
ペレット成型・冷却・脱圧系	NGHパウダーをペレット化し、冷却後、脱圧して大気圧下でペレットを取り出して出荷設備へ供給する。
ペレット出荷設備	受入れたNGHペレットを需要家への配送容器に自動で積込む。また、配送しないペレットの処理(ガス化)を行う。
冷媒系(プロパン及びブライン)	LNG冷熱をNGH生成熱除去等に利用する系統とペレット冷却、出荷設備冷却等に利用する系統がある。プロパンはLNGとブライン熱媒体との中間熱媒体として利用している。
ユーティリティ、OPU等	電力、水、IA、N2ガス、メカニカルシールオイルユニット

【事業原簿 Ⅲ-7】

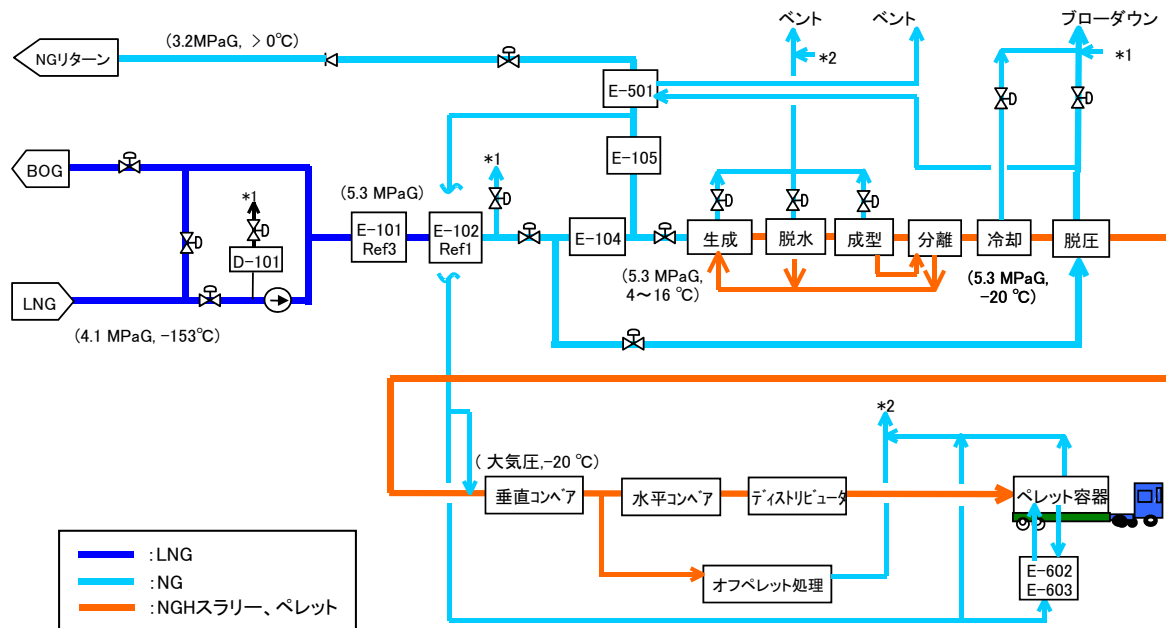
「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

4

## NGH製造・出荷設備の開発

公開

## 概略ブロックフロー



【事業原簿 Ⅲ-11】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

5

## 研究開発の目標(基本計画)と結果

公開

## 研究開発の目標(基本計画)

LNG未利用冷熱を活用したNGH製造出荷設備(5~10t/日)を開発し、LNG基地に建設し、長期間連続運転が可能なことを実証する。

## 評価基準

1. NGH生成能力: NGH生成系において、75%ペレット5t/日以上に相当するNGHの生成能力を確認する。
2. ペレット成型能力: ペレット成型装置において、5t/日以上のペレット成型能力を確認する。
3. 長時間連続運転: 製造・出荷設備が長時間連続運転可能であることを確認する。

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

6



## 研究開発目標 (NGH生成能力確認試験)

公開

### 評価基準

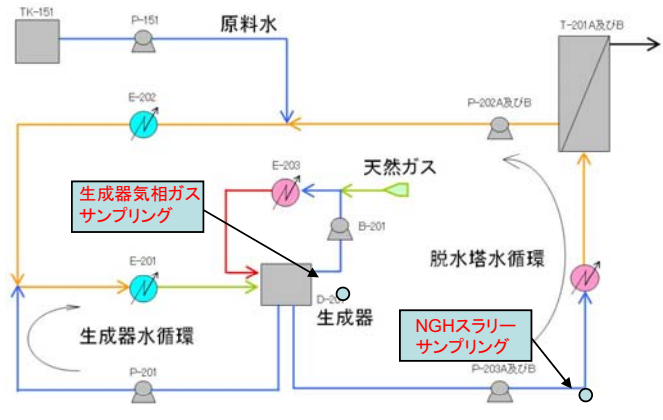
設備計画値のペレットを5ton/日製造時 (75%NGH率の場合)の天然ガス消費流量およびNGH生成量を基準とする。ハイドレートの水和数(6.19)として算出

- ①天然ガス消費量=24.5kg/h天然ガス
- ②NGH生成量=174kg/h(NGH)  
(脱圧時NGH減少を見込み若干余裕をとる)



### 試験方法

- ①生成器内圧力 5.3MPaG const.
- ②脱水塔循環流量 1740kg/h (2系統) const.  
スラリー濃度をサンプリングにより測定し、NGH濃度が10%以上であることを確認する。

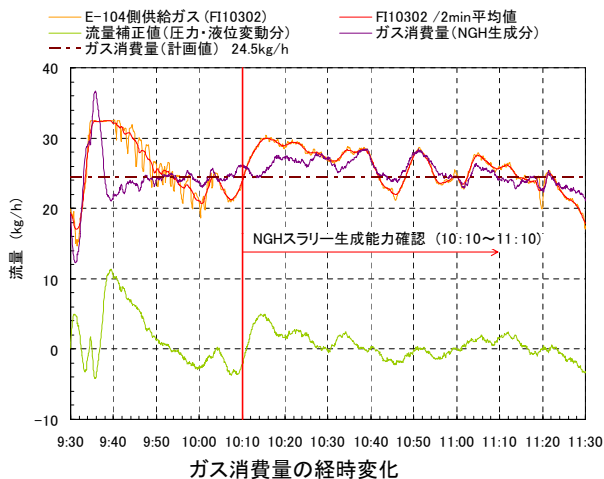


## 研究開発目標 (NGH生成能力確認試験)

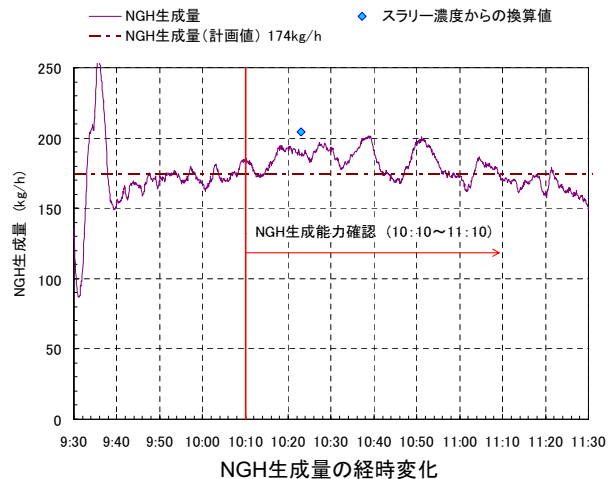
公開

### 試験結果

- ①天然ガス消費量  
24.5kg/hを確認した。



- ② NGH生成量  
174kg/hを確認した。  
(循環流量×NGH濃度)



## 研究開発目標(ペレット成型能力確認試験)

公開

### 評価基準

ペレット製造能力

=**212 kg/h (NGHペレット)**

下表の定格ロール回転数で成型可能なことを確認する。

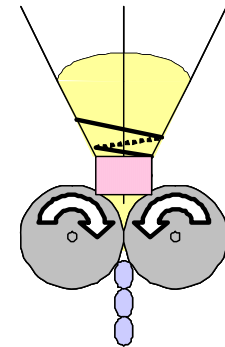
### 試験方法

ホッパに原料を溜めた回分操作

- ① ロール回転数を固定とし、観察モニタでペレット成型を見ながら、スクリュウ回転数を調整した。
- ② 成型可否は観察モニタのペレット形状とロールトルクの安定状態で判定した。

### 高圧ペレタイザ定格仕様

1	ペレット製造能力 ( $= 2.37 \times 10^{-3} [\text{kg}/\text{個}] \times 196 [\text{個}/\text{ロール}] \times 7.6 [\text{rpm}] \times 60 [\text{min}/\text{hr}]$ )	212 [kg/hr]
2	定格ロール回転数	7.6 [rpm] (max. 12 [rpm])
3	ロールディンプル数 ( $= 49 [\text{個}/\text{回転} \cdot \text{列}] \times 4 [\text{列}]$ )	196 [個/回転]
4	ペレット形状・寸法	ピロー型・ $22 \times 18 \times 13$ [mm]
5	ペレット重量 ( $= 2.9 [\text{ml}] \times 0.82 [\text{g}/\text{ml}]$ )	2.37 [g/個]



高圧ペレタイザ概略図

【事業原簿 Ⅲ-26】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

9

## 研究開発目標(ペレット成型能力確認試験)

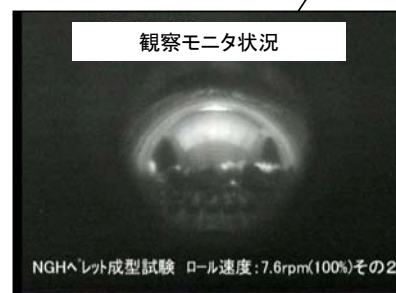
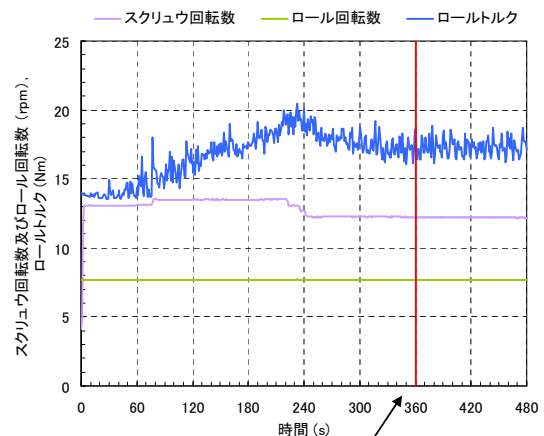
公開

### 試験結果

ロール回転数 7.6 [rpm]とし、スクリュウ回転数 13 [rpm]で成型を開始した。開始からロールトルクが増大傾向を示した為、パウダーの送り量が過大と判断し、スクリュウ回転数を 12 [rpm]とした。

ロールトルクが一定値を示し、観察モニタからペレットが排出されることを確認し、

**定格ロール回転数で成型可能であることを確認した。**



【事業原簿 Ⅲ-27】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

10

## 研究開発目標(長時間連続運転)

公開

### 設備運転状況

LNG/冷熱系運転 : クールダウンから設備停止まで長期連続運転を行った。

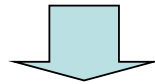
NGHスラリー生成 : 1回の運転で70~100時間程度、累計で350時間の運転を行った。

NGHスラリー脱水 : 生成運転に同じ。

NGHペレット成型 : ペレット分離器での堆積解除に関わる維持運転は含むものの、1回の運転で、20~80時間程度、累計で200時間の運転を行った。

ペレット冷却・脱圧 : ペレット成型運転に同じ。

ペレット出荷系運転 : 設備冷却開始から昇温までの期間連続運転(空荷運転を含む)を行った。



NGH製造・出荷設備の長時間連続運転により安定性・安全性を確認することができた。

## 6. プロジェクトの詳細説明

### NGH製造・出荷設備の開発

公開

#### 報告内容

1. NGH製造・出荷設備の紹介
2. 研究開発の目標(基本計画)と結果  
NGH生成能力、ペレット生成能力、長時間連続運転
3. 設備開発、試験運転の成果
  - 1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発  
NGH生成特性、ペレット品質、出荷設備運転搬送能力  
需要家向けペレット製造出荷運転結果
  - 2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発
  - 3) 高圧下製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発  
および その他の研究

## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

## NGHスラリー生成特性

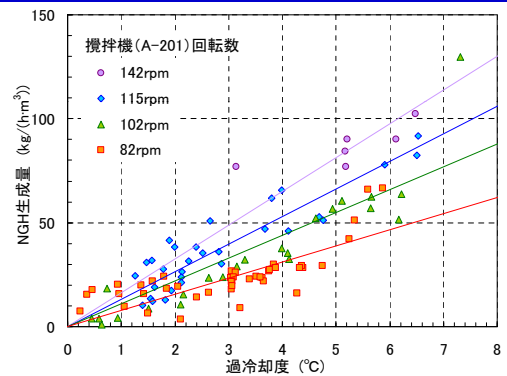
## NGH生成量と過冷却度の関係

## ①NGH生成量(容積あたり)

運転で得られた**NGH生成量**を**生成器容積**で除した値を示し、いずれの**攪拌回転数**でも**過冷却度**に**比例**する傾向がみられた。

## ②過冷却度

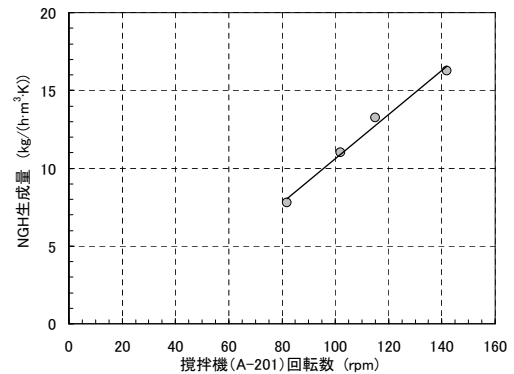
生成器気相のガス組成に基づくNGH平衡温度と生成系の液相温度との差を指す。



## NGH生成量と攪拌強度の関係

## ①NGH生成量(容積と過冷却度あたり)

運転で得られた**NGH生成量**を**生成器容積**と**過冷却度**で除した値を示し、運転条件範囲では、**攪拌機回転数**に**比例**する傾向がみられた。



【事業原簿 Ⅲ-14】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

13

## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

## ペレット品質

## ペレット品質

初期ペレットNGH率は60~74%であるが、数時間で低下し30~40%で安定した。

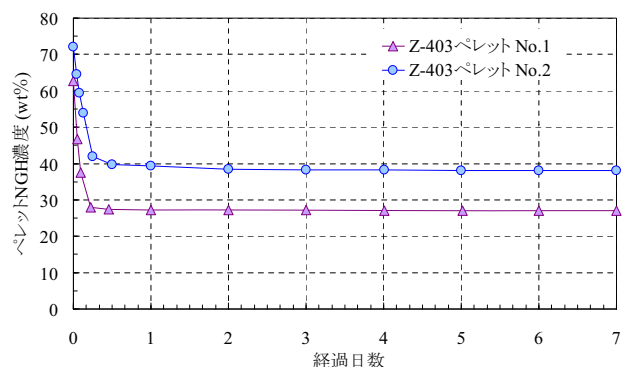
安定化の検討、改善を行う必要がある。



Z-403ペレットNo.2の状態

## Z-403ペレット分析結果

Z-403ペレット No.	1	2
初期NGH率 wt%	60.3	73.7
重量(1個あたり) g	—	2.37
密度 kg/m <sup>3</sup>	818.0	843.0
包蔵ガス組成 (C1/C2/C3) %	70.82/12.48 /12.47	67.64/11.21 /15.52
包蔵ガス分子量	23.07	24.34



Z-403ペレット保管期間のペレット濃度変化

【事業原簿 Ⅲ-28】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

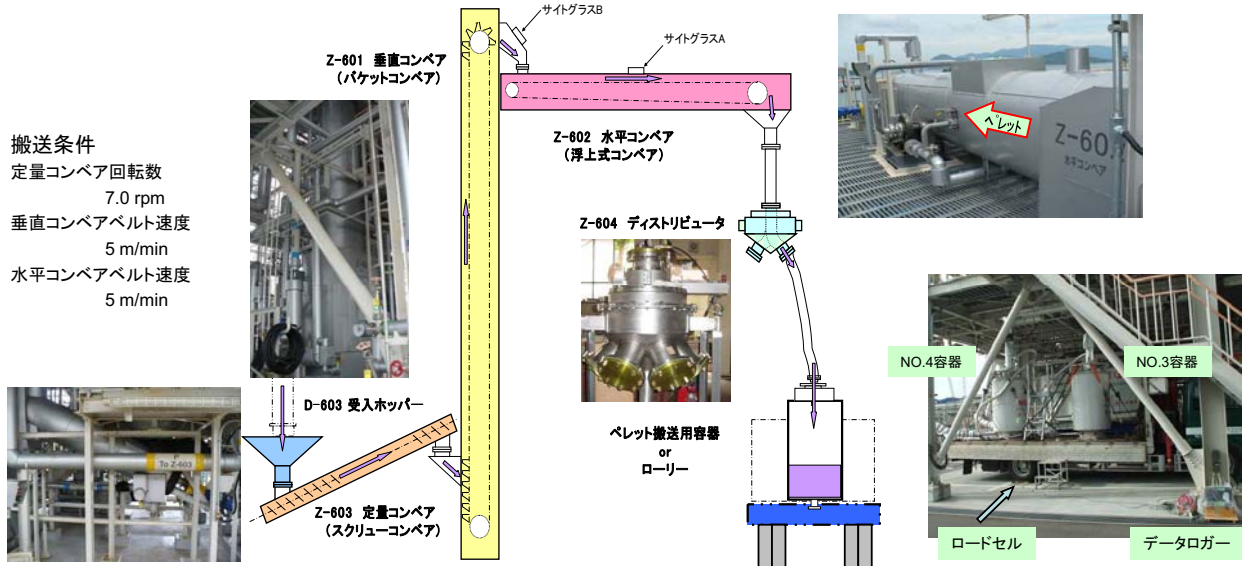
14

## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

### 出荷設備運転 搬送能力の計測

小口需要家向け容器を載せたトラックのタイヤ下面にロードセルを設置し総重量を計測。払い出しはバッチのため、バッチ毎に容器へのペレット積込みを開始した時刻と完了した時刻を記録し、積込みに要した時間を算出した。総重量の増加量と積込み時間から時間当たりの搬送重量を求め評価した。



## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

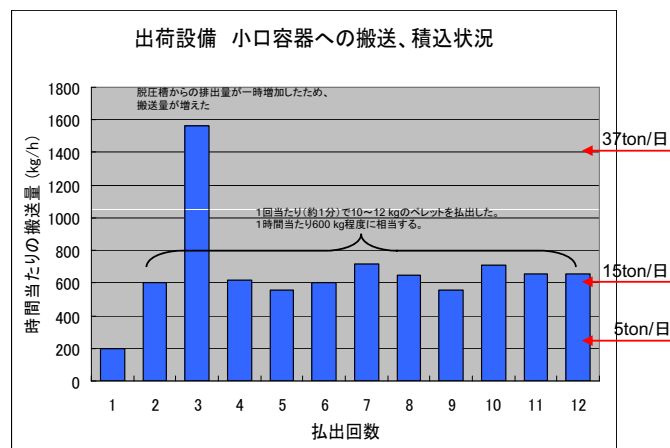
### 出荷設備運転 搬送能力

搬送速度は以下の通り、

- ・最大1,560 kg/h (37.4 ton/日)
- ・平均 720 kg/h (17.3 ton/日)

定格払出速度 (5 ton/日) に比べ3倍から7倍程度の搬送速度で十分な余裕がある。

また、当初設定した搬送速度とほぼ同様の結果となった。

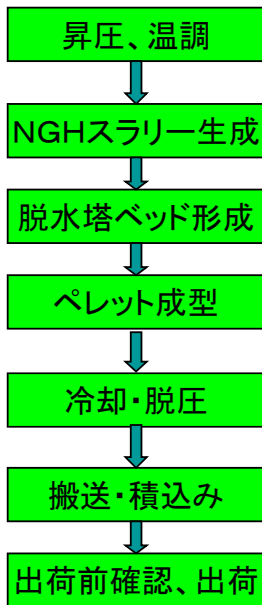


## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

### 需要家向けペレット製造出荷運転

#### 運転の流れ



#### 運転状況、課題

生成・脱水・成型・冷却系を5.3 MPaGに昇圧すると共に、運転温度を調整する。また、冷却系～出荷系を $-20^{\circ}\text{C}$ に冷却する。

スラリー生成熱交にBR1を通液、ガス循環を開始して生成を開始。冬場の循環ガスライン閉塞、スラリー液冷却器効率低下などの課題が明らかとなった。

脱水塔内にNGHを貯め、脱水塔頂部までNGHベッドを形成させる。頂部のNGHパウダー(NGH率40%)を成型器に送る。

ペレットと付着水・バリ等を分離させるペレット分離器部でペレットの堆積が生ずるため、断続運転により運転継続した。

$10^{\circ}\text{C}$ 前後で成型されたペレットは $-20^{\circ}\text{C}$ の冷却槽内に落下する。冷却後、脱圧槽底部から順次排出し脱圧して出荷設備へ送る。運転経過に伴ない、冷却槽入口部でのペレット閉塞が発生したため、その時点で運転を停止した。

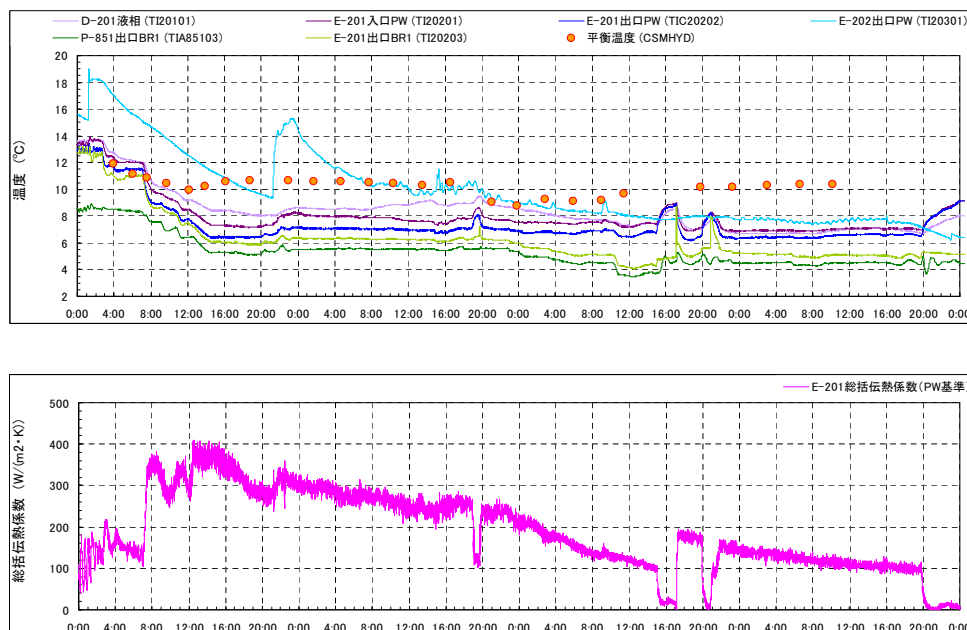
垂直コンベア、水平コンベア、ディストリビュータを経て、輸送容器内にペレットを貯留。

貯留したペレットの分解による容器内圧力上昇程度を確認(圧力上昇はなかった)した後、需要家へ配送。

## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

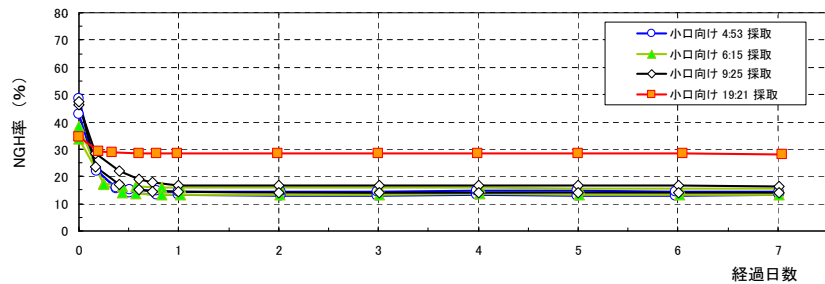
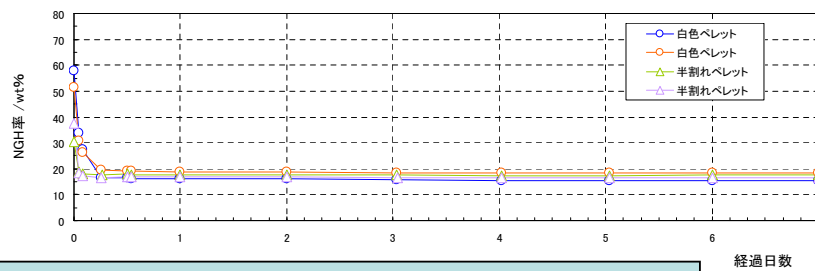
### 需要家向けペレット製造出荷運転／NGH生成運転



## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

## 需要家向けペレット製造出荷運転／ペレットNGH率

小口需要家  
向けペレット大口需要家  
向けペレット

NGH率は計画値より小さく、また急速に低下する傾向がある。これは、断続運転による脱水塔NGHパウダーの性状変化、NGHガス組成の影響などが考えられる。今後、運転条件の調整等によりNGH率向上を図る必要がある。

## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

## 需要家向けペレット製造出荷運転／ペレットガス組成

サンプル		ガス組成 (%)					分子量
		CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
小口需要家向けペレット	成型累計2hr	69.76	12.13	14.74	2.57	0.80	23.30
	成型累計3hr	69.74	12.17	14.75	2.53	0.81	23.29
	成型累計4hr	71.52	12.11	13.18	2.37	0.82	22.78
		71.27	12.12	13.36	2.43	0.82	22.86
	成型累計8hr	74.61	11.12	11.04	2.43	0.79	22.06
大口需要家向けペレット	成型累計6hr	68.97	12.41	14.83	2.94	0.85	23.54
	成型累計10hr	69.63	13.33	13.72	2.42	0.89	23.16
	成型累計18hr	71.93	12.71	12.52	2.00	0.83	22.53

- 1) 運転時間と共に、メタン濃度が上昇する。  
→ ペレット成型に送られるNGHパウダーは、生成初期のものが脱水塔上部より順次送られるため、初期はメタン濃度が小さく徐々に高くなる。
- 2) ペレットのメタン濃度が70%前後と低い。  
→ 脱水塔から下流のガス組成は原料ガス組成であり、温度も20℃前後のため、脱水塔NGHベッドと気相の界面では、あらたなガス組成に対応したNGH融解と生成が生じていると考えられる。

## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

## 需要家向けペレット製造出荷運転

## エネルギー投入量

電力 117 kW

内訳:ダミー負荷等の冷熱回収系 52%

NGH製造系 30%

出荷設備、その他 18%

スチーム 20~30 kW (ダミー負荷、温水トレース等)

## LNG冷熱回収率

$$\text{設備利用冷熱回収率} = \frac{\text{設備で利用した冷熱量}}{\text{LNG保有冷熱量}} = 80.5 \sim 83 \%$$

$$\text{ペレット製造冷熱回収率} = \frac{\text{プロセス利用冷熱量}}{\text{設備利用冷熱量}} = 32 \%$$

(温水トレース等の入熱最小化、ポンプ効率向上等の対策により改善要)

## (1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発

公開

## 成果

## 1 NGHスラリー生成特性

NGH生成量と過冷却度及び攪拌回転数の関係を取得した。

## 2 ペレット冷却・脱圧、出荷設備運転

各設備の能力を確認し、所要能力を有していることを確認した。

## 3 需要家向けペレット製造出荷運転

生成・脱水・成型・冷却・脱圧および出荷の一連の連続運転を行い、設備安定性、既存設備への影響有無、エネルギー投入量、冷熱回収率などを確認した。

## 課題

## ① スラリー冷却器の熱流束低下

生成器循環水の冷却器管内へのスラリー付着を低減し、NGH生成量を維持する。

## ② ペレット品質(NGH率)の向上

運転条件の見直しを図り、ペレットNGH率と安定性能の向上を図る必要がある。

## ③ ペレット分離器とペレット冷却槽の閉塞回避

当該部の改造を実施し、連続運転可能とする。

## ④ 冷熱損(冬季の配管閉塞防止用入熱、ポンプ入熱等)の改善

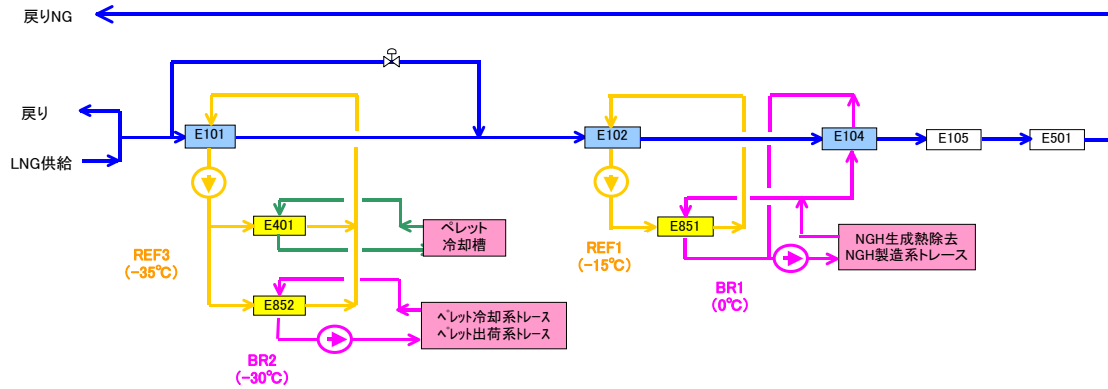
ライン構成、ルート検討、入熱の少ないポンプ形式選定等を行う必要がある。



## (2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発

公開

## 冷熱回収系 概略ブロックフロー



REF1, REF3 : プロパン  
BR1, BR2 : エチレングリコール水溶液

## (2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発

公開

## 所要冷熱量の当初計画値と運転結果による見直し値

系統	当初計画値				運転結果			
	プロセス	機器入熱	外部入熱	小計	プロセス	機器入熱	トランス+外部入熱	小計
生成系	30.5	1.9	1.0	33.4	30.5	4.8	5.5	40.8
脱水系	-	1.0	1.7	2.7	-	0.8	9.2	10.2
成型系	-	0.4	1.6	2.0	-	0.2		
冷却脱圧系	9.5	10.3	1.3	21.1	9.5	5.3	1.4	16.2
出荷系	-	9.8	-	9.8	-	9.8	-	9.8
REF1.3系	-	2.2	4.2	6.4	-	3.0	4.2	7.2
BR1.2系	-	20.8	5.5	26.3	-	37.1	5.5	42.6
合計	40.0	46.4	15.2	101.6	40.0	61.0	25.8	126.6

\*1)機器入熱は試運転時の機器入熱見直し結果を示す。

\*2)トランス+外部入熱は閉塞に伴う循環ガス・ろ液加温及び温水トランス追加の入熱増加を含む。

## 冷熱回収率

LNG保有冷熱量 = (LNGポンプ入口温度～E104出口温度までのエンタルピ)より算出  
= 113～120 kW

設備利用冷熱回収率 =  $\frac{\text{設備で利用した冷熱量}}{\text{LNG保有冷熱量}} = 80.5 \sim 83 \%$

ペレット製造冷熱回収率 =  $\frac{\text{プロセス利用冷熱量}}{\text{設備利用冷熱量}} = 32 \%$

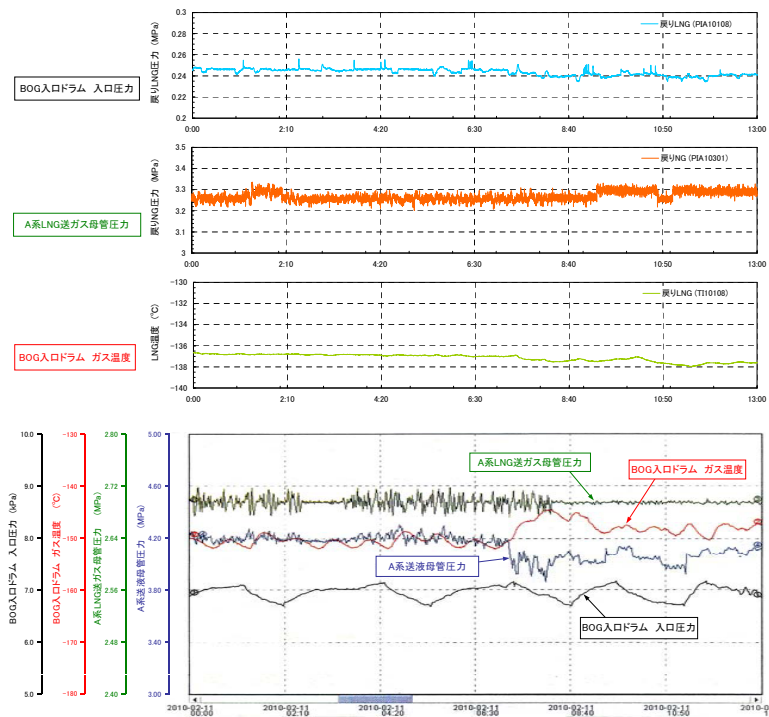
## (2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発

公開

## 既存発電所への影響

同時刻におけるNGH製造設備と発電所との取合い各母管の圧力・温度変動を比較した。

ともに相関関係はみられず、既存発電所への影響の無いことが分かった。



【事業原簿 Ⅲ-42】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

25

(3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発  
及び その他の研究

公開

## 小規模試験装置による研究開発として以下を実施

- a) 高圧下で製造したペレットの  
連続冷却・脱圧システムの開発
- b) 加圧脱水装置の開発
- c) ペレタイザ脱水機能の高度化

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

26

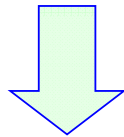
### (3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発 及び その他の研究

公開

#### a) 連続冷却・脱圧システムの開発

##### 背景

現状プロセスにおいては高圧で生成・成型されたハイドレートペレットを弁切替式の脱圧装置（ロックホッパ）で大気圧下に取り出している。このプロセスは固気条件での脱圧であるため、高圧ガスを脱圧時に同伴し、ガス圧縮エネルギーの損失を招いている。

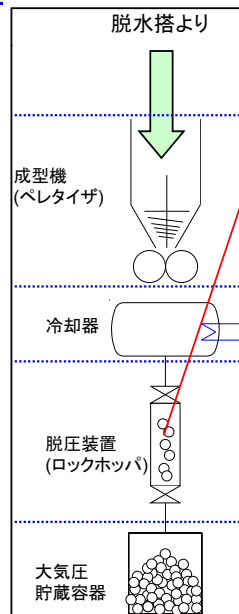


##### 研究の目的

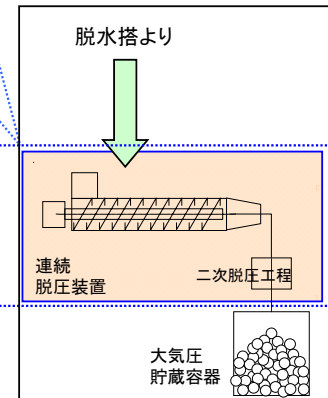
高効率な脱圧冷却プロセスの開発

1. ハイドレート自身でのガス圧力シール性に注目  
固体濃度を上げ、同伴ガス量を削減
2. 同時に、脱圧を連続的に行える装置を目指した。  
(装置小型化)

##### 現状プロセス



##### 開発プロセス



### (3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発 及び その他の研究

公開

#### a) 連続冷却・脱圧システムの開発

##### プロセス適用条件

1. 粒界の水は液体であること。従って脱圧温度は氷点以下にしないこと  
圧密層の変形を効率的に行うため、粒界では液体の水が必要である。水がある場合、粒子間相互作用力の低下が粒子移動を容易にすると考えられる。
2. 圧密層成型温度 $0.5^{\circ}\text{C}$  以上であること  
温度は高いほど粒子流動、圧密層形成には有利と考えられるが、同一生成圧条件では、脱圧差圧を大きく取るために低温操作が必要である。
3. 圧密層二次側は平衡条件であること  
生成圧 $5.4\text{MPaG}$  では出口圧力 $2.9\text{MPaG}$  ( $0.5^{\circ}\text{C}$ )まで脱圧が可能、それ以上に二次側圧力を低くすれば、シール部である圧密層そのものが分解しシール層が急激に消耗する。(製品品質が劣化する)

### (3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発 及び その他の研究

公開

#### a) 連続冷却・脱圧システムの開発

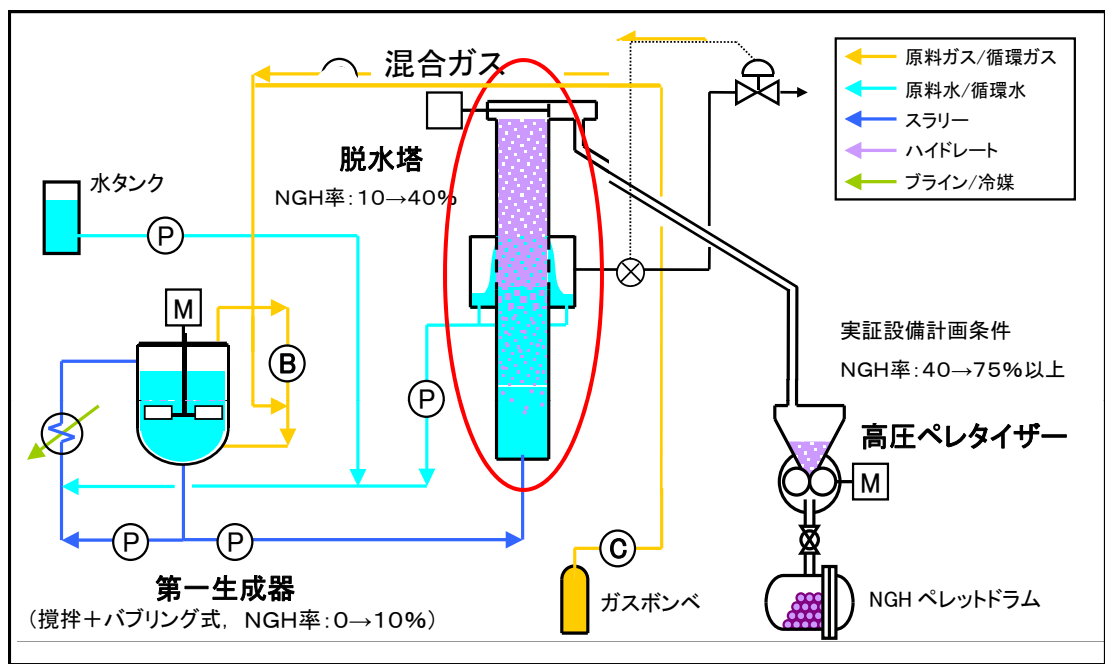
研究開発目標  
脱圧時同伴ガス量の確認  
(現状技術の1/2 以下であること)

	現状プロセス	開発プロセス
ガス容積	充填率=0.55 空隙率=1-0.55=0.45	塊状になり充填率向上 ロックホッパ内に充填されるハイドレートを均一球形粒子郡と仮定し最密充填した場合 空隙率=0.26
ガス密度	ロックホッパの一次側圧力は5.4MPa(G)となる ロックホッパ内ガス密度 =0.717 × (0.1+5.4)/0.1 =39.4kg/m <sup>3</sup>	連続脱圧装置によりロックホッパの一次側圧力は 2.9MPa(G)となる ロックホッパ内ガス密度 =0.717 × (0.1+2.9)/0.1 =21.5kg/m <sup>3</sup>
単位体積当りの減圧ガス量	0.45 × 39.4=17.7kg/m <sup>3</sup>	ロックホッパを同容量とした場合、 ハイドレート充填率向上及びガス密度低下により 0.26 × 21.5=5.6kg/m <sup>3</sup>
脱圧時同伴ガス量	100%	31.6% (目標 50%以下)

### (3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発 及び その他の研究

公開

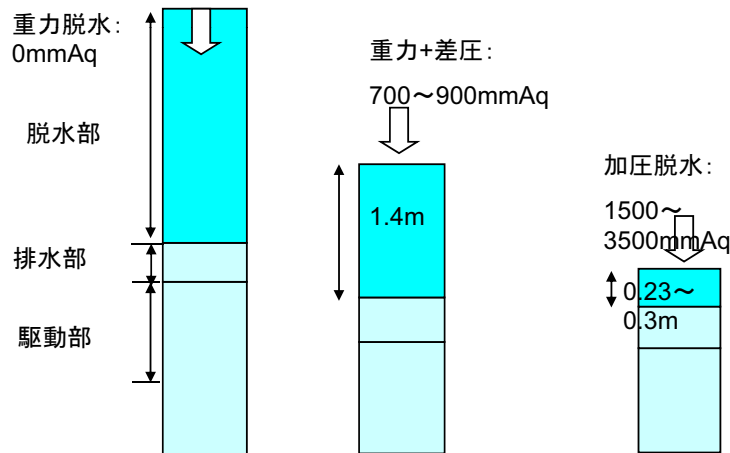
#### b) 加圧脱水装置の開発



(3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発  
及び その他の研究

公開

## b) 加圧脱水装置の開発



脱水方法	重力(従来)	重力+差圧	加圧脱水		
ガス種類	C1 : C2 : C3 = 90 : 6 : 4				
処理能力 (kg/hr)	0.38	1.4	2.8	3.8	5.6
付加差圧(mmAq)			2000	2800	2800 3500
NGH率 (%)	48.8	51.6	38.8	37.4	33.4 36.5

【事業原簿 Ⅲ-50】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

31

(3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発  
及び その他の研究

公開

## b) 加圧脱水装置の開発

## &lt;成果&gt;

加圧脱水装置の開発により以下の成果が得られた。

- 1) 加圧脱水方式の処理能力は、「重力+差圧」方式の4倍を確認した。
- 2) 加圧後脱水後のパウダーでペレットを成型し、NGH率75%以上を確認した。



図 三井造船(株)千葉技術開発センターにあるBench Scale Unit (BSU)による連続運転時のペレット取出し状況

【事業原簿 Ⅲ-51】

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

32

### (3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発 及び その他の研究

公開

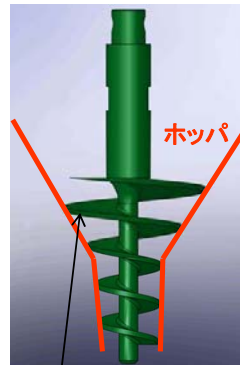
#### c) ペレタイザ脱水機能の高度化

**目的:** ペレット成型時の余剰水分を効率良く排水し、ペレットの高品位化、成型能力の高速化を計る。

**課題:** BSU試験装置の成型速度(ロール回転数)を上げると、ホッパー側に圧搾水が逆流し、成型不能となる。

**高度化:** 以下の高度化策を採用し、試験装置最大ロール回転数でも成型可能となった。

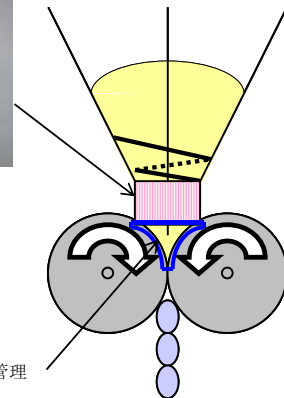
- 1) スクリューの延伸
- 2) 脱水スクリーン追加
- 3) クリアランス管理



1) スクリューの延伸



2) スクリーン



3) クリアランス管理

### (3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発 及び その他の研究

公開

#### まとめ

#### a) 連続冷却・脱圧システムの開発

- ① 連続冷却・脱圧システムの可能性が確認され、その適用運転条件(脱圧温度は氷点以上で、0.5℃程度の低温操作とする。二次側圧力は平衡条件であること。)が得られた。
- ② 脱圧時の同伴ガス量を弁切替バッチ式に比べ1/2以下となることを確認した。

#### b) 加圧脱水装置の開発

- ① 加圧脱水方式の処理能力は、「重力+差圧」方式の4倍を確認した。

#### c) ペレタイザ脱水機能の高度化

- ① NGHパウダーの押し込みスクリュー延伸、脱水用スクリーンの改良、チークプレートクリアランス管理を行い、閉塞することなくペレタイザに安定的にNGHを供給可能であった。

# NGH製造出荷設備の成果まとめ

公開

研究開発項目	目標の達成度	成果の意義	知的財産権の取得	成果の普及
(1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・LNG基地に多成分系の混合ガスハイドレート製造・出荷設備を設置し、NGHスラリー生成、NGHペレット成型が、5トン/日以上能力を確認した。</li> <li>・連続運転により、ほぼ同一成分比率のNGHが生成されることを確認した。</li> <li>・長期運転により設備安定性、安全性を確認した。</li> <li>・小型試験装置による高性能化研究として、脱水塔付加差圧による脱水速度向上、ペレタイザの成型時排水機能向上を確認した。</li> </ul>	<p>運転開始時のハード不具合、運転中には想定外の閉塞トラブル等があったが、機器能力の確認とペレット出荷ができ、世界で初めてNGH利用の道を開いた。大規模試験装置での多成分ガスハイドレートの過渡期特性、運用要件などを確認することができ、今後のシステム、運用性の検討課題などの知見を得ることができ、システム高度化が期待できる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスハイドレートの脱水装置</li> <li>・ガスハイドレート脱水装置</li> <li>・ガスハイドレートの圧縮成型機</li> <li>・回転式分配装置</li> <li>・スライド式分配装置</li> <li>・脱水塔スラリー供給方法</li> </ul>	ご参照【事業原簿Ⅲ-5】
a. 多成分混合ガスハイドレート連続製造システムの開発				
(a) NGH製造システムの開発				
(b) NGHペレット自動出荷設備の開発				
(c) NGH製造システムの高性能化研究				
b. LNG基地におけるNGH製造プラント・出荷システムの実証				
(2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・LNG冷熱を中間冷媒（プロパン）およびラインによって回収し、NGH生成、ペレット冷却等に有効利用することを確認した。</li> </ul>	<p>冷熱利用率は期待値に比べ小さかったが、工業規模としての意味ある未利用冷熱利用を実証できた。システム課題についての知見が得られ、今後の効率向上が期待できる。</p>	-	
a. LNG基地における未利用LNG冷熱のNGH製造への適用技術開発				
(3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マテリアルシールによる連続脱圧試験装置により、一般的な弁替によるバッチ方式に比べ脱圧時の高圧ガスの低圧側への同伴量を1/2以下にできることを確認した。</li> </ul>	<p>小規模試験として、これまでにはない連続冷却・脱圧の可能性とその運用条件を明らかにできた。</p>	-	
a. 連続冷却・脱圧システムの開発				

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
 (事後評価) 分科会配布資料 平成22年7月27日

35

# NGH製造出荷設備

公開

## 実用化、事業化への見通し

研究開発項目	成果の実用化可能性	事業化までのシナリオ	波及効果
多成分系の混合ガスハイドレート製造技術開発	NGH生成特性、ペレット製造能力等の確認と課題抽出により、実用化に向けたパイロットプラントへの応用が期待できる。	継続研究によるペレット品質、プラント信頼性確認データを取得し、パイロットプラント、その後の商業プラントへの活用を図る。	従来のベンチスケール試験の段階から一貫製造出荷の段階へステップアップしたことにより、産業分野での開発・応用の活性化が期待できる。
未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発	LNG冷熱によりNGH生成熱除去運転を行い、冷却損の改善を図ることにより有効利用可能なことを確認した。	実用規模での効率向上、冷却損を最少とするシステムを構築し、未利用冷熱活用を図る。	NGH生成熱除去への利用は初めての試みであり、実施例を得ることで有効利用拡大が期待できる。
高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発およびその他の研究(小規模試験)	機器コンパクト化、高度化の見通しが得られた。	パイロットプラント、商業プラントへの適用検討が期待できる。	今後の技術開発の一環として技術高度化が期待できる。

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
 (事後評価) 分科会配布資料 平成22年7月27日

36

6. プロジェクトの詳細説明

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料  
資料6-2

## 高効率天然ガスハイドレート製造利用システム 技術実証研究

### 6. プロジェクトの詳細説明(公開)

6.プロジェクトの詳細説明	研究開発項目
6.1 NGH製造・出荷設備の開発	(1) 多成分系の混合ガスハイドレート製造システムの開発 (2) 未利用冷熱利用によるNGH生成熱除去技術開発 (3) 高圧下で製造したペレットの連続冷却・脱圧システムの開発
6.2 NGH配送・利用システムの開発	(4) NGH配送・利用システムの開発

平成22年7月27日(火)  
三井造船株式会社  
中国電力株式会社

6. プロジェクトの詳細説明

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 需要家設備の概要

#### ①大口需要家

- 1)設置場所:中国電力(株) エネルギア総合研究所(東広島)
- 2)供給先:ガスエンジン・コジェネレーションシステム
- 3)ガス供給能力:65Nm<sup>3</sup>/h
- 4)ペレット融解熱源:ガスエンジン排熱
- 5)コンテナ:  
縦置き1, 2号車(積載量5トン)、横置き3号車(積載量7.5トン)

#### ②小口需要家

- 1)設置場所:広島ガス(株) 技術研究所(安芸郡海田町)
- 2)供給先:一般家庭(想定)
- 3)ガス供給能力:5.6Nm<sup>3</sup>/h
- 4)ペレット融解熱源:汎用・空気熱源ヒートポンプ
- 5)コンテナ:縦置き1~4号容器(積載量200kg/容器)



## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 大口需要家設備の概要

1. 設備内容・・・NGHを連続的にガス化し、ガスエンジンに供給して発電する。
2. 設備仕様
  - 1) 受入量：1, 2号車・・・NGH5トン(645Nm<sup>3</sup>、NGH率75%)  
3号車・・・NGH7.5トン(968Nm<sup>3</sup>、NGH率75%)
  - 2) 容器設置：トラック牽引式コンテナを輸送し、コンテナを需要家で切り離し
  - 3) 熱源：循環水の一部をGE排熱と熱交換して、ペレットを融解熱とする
  - 4) 付帯装置
    - ①冷却水供給・・・ペレット融解水をGE冷却塔の補給水とする供給ライン
    - ②除湿装置・・・なし(発生ガス圧力を、一端、NGHの自圧で高めて除湿)
3. 実証項目
  - 1) 需要変動に応じたガス発生量の制御
  - 3) 必要なガス湿度の確保

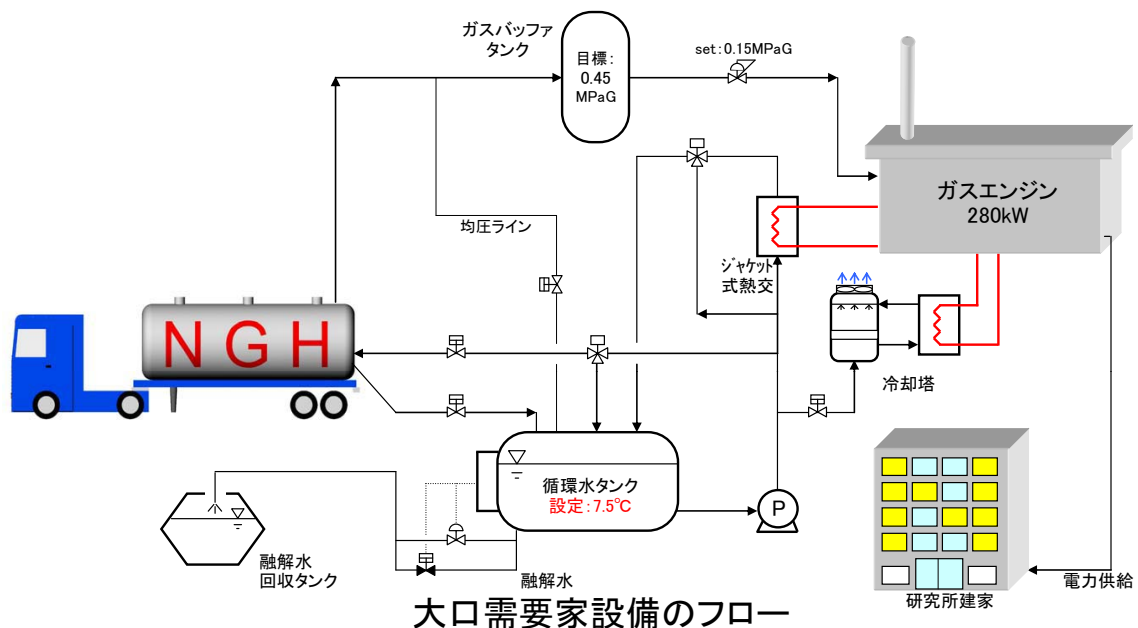


大口需要家設備

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 大口需要家設備のフロー 融解熱源はエンジンの排熱

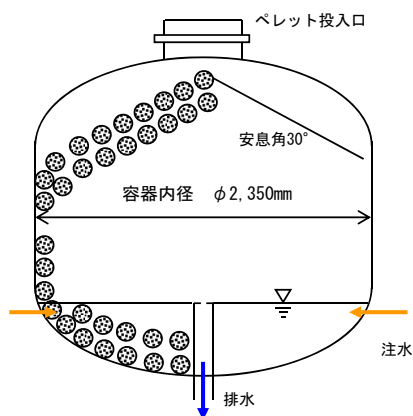


## (4)NGH配送・利用システムの開発

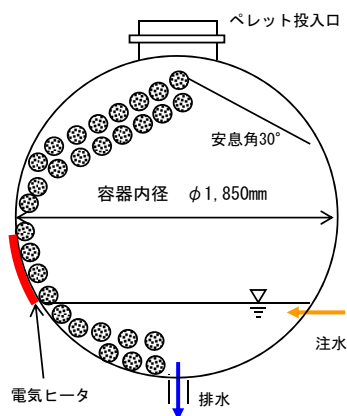
公開

### ペレット輸送・輸送・ガス化を行う専用コンテナを開発

### コンテナのガス化方式



縦型容器 1, 2号車



横型容器 3号車

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### コンテナの写真



縦型容器 1, 2号車  
(最大積載量:5トン/2基)



横型容器 3号車  
(最大積載量:7.5トン)

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

## ガス化試験の概要一覧

## ガス化試運転

## 1. GE熱交換試験

- ・GE供給:メタンボンベ
- ・負荷:50%負荷運転
- ・概要:  
GEを起動し、GE排熱とNGH設備循環水とを熱交換した蓄熱運転の実施
- ・検証項目:  
①熱交換量  
②昇温時間(速度)

## ガス化実証試験

## 2. NGHペレットガス化試験

- ・ペレット:LNGペレット370kg(柳井産)
- ・供給先:280kWガスエンジン
- ・需要:①140kW発電(50%負荷)  
②280kW発電(100%負荷)
- ・概要:  
NGHの分解・発生ガスでGEを起動し、GEの運転状態および発生ガスの性状を確認
- ・検証項目:  
①GEの起動・運転  
②ガス組成  
③供給ガス湿分

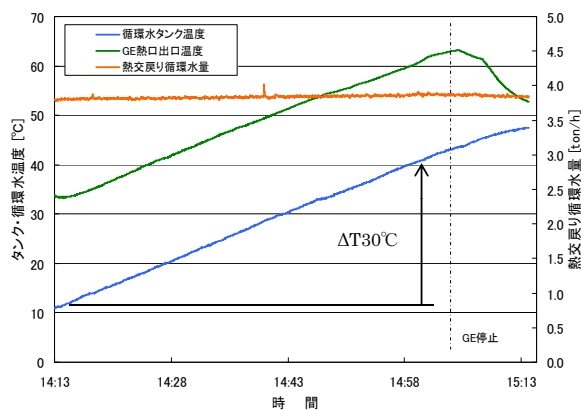
## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

## GE熱交換試験(排熱回収)

## 大口需要家

- ・メタンボンベ供給のGE起動により、GE排熱と循環水との熱交換試験を実施
- ・GE排熱の回収により、NGHの必要分解熱を十分(2倍強)得られる結果



循環水タンク昇温試験

## GE排熱交換量と必要分解熱量

GE排熱交換量	NGH必要分解熱量
68.4kW(結果)	31kW(計算値)

注) GE負荷50%運転時の計測結果

## 計測結果・評価一覧

初期温度	終了温度	温度差	昇温時間 <sup>1)</sup>	加熱必要熱量 <sup>2)</sup>
[°C]	[°C]	[°C]	[分]	[kWh]
11	41	30	47	68.4
循環水採熱量 <sup>2)</sup>	採熱効率 <sup>1)÷2)</sup>	GE排熱 <sup>3)</sup> 実測値 <sup>3)</sup>	GE排熱 <sup>4)</sup> スペック <sup>4)</sup>	排熱比較 <sup>3)÷4)</sup>
[kWh]	%	[kW]	[kW]	%
73.9	92.6	94	98.3	96.0

注1) 温度を30°C上げるのに要した時間(試験結果)

注2) 循環水総量・機器の比熱量から求めたΔT30°C時の必要熱量

注3) 47分でのGE交換熱量からワットに換算した値

注4) GE50%負荷時の熱交換器排熱量のメーカースペック値

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### NGHペレット(柳井産)の輸送

柳井での製造ペレットを中国電力(株)エネルギー総合研究所に向けて出荷し、受入れた。

約2時間の輸送で容器の昇温は約1℃、輸送中の昇圧は殆どない結果となった。

出荷・到着時の条件一覧

大口 コンテナ	積載量 kg	出荷時(柳井)				到着時(東広島)			
		時刻 8:00				時刻 10:06			
		外気温 ℃	容器温度 ℃	気相温度 ℃	圧力 MPaG	外気温 ℃	容器温度 ℃	気相温度 ℃	圧力 MPaG
3号車	370	11.8	-9.7	-8.2	0.002	16.0	-8.7	-7.3	0.006



エネルギー総合研究所に入構



コンテナ停車の状態



トラクター切り離し状態

【事業原簿 Ⅲ-57】

9

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### NGHペレットガス化試験

#### 【試験手順】

- 1) 循環水タンク昇温
- 2) NGHガス化
- 3) ガスエンジン運転

#### 【ガス化条件】

- 1) 輸送コンテナ: 横置き3号車
- 2) 輸送ペレット: 柳井製造ペレット
- 3) 輸送ペレット量: 370kg

#### 【試験概要】

##### 1) 循環水タンク昇温

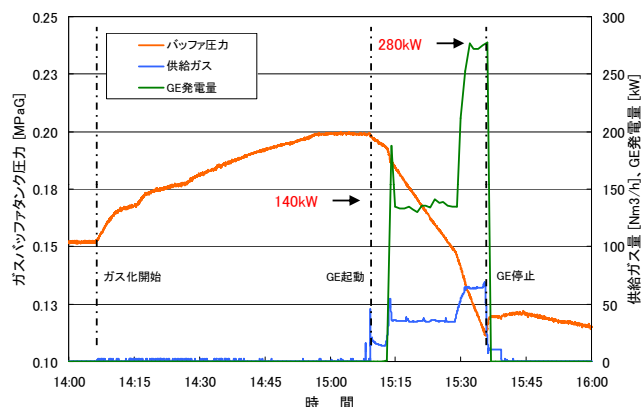
NGHペレットを融解する熱源を事前に得るため、メタンボンベでのガス供給でGEを起動し、GE排熱で循環水タンク内の水を昇温した。

##### 2) NGHガス化

循環水タンクの温水をペレットコンテナに供給し、NGHを融解・ガス化させた。

##### 3) ガスエンジン運転

発生ガスをGEに供給し、GEを50%および100%負荷で運転させた。



【事業原簿 Ⅲ-69~72】

10

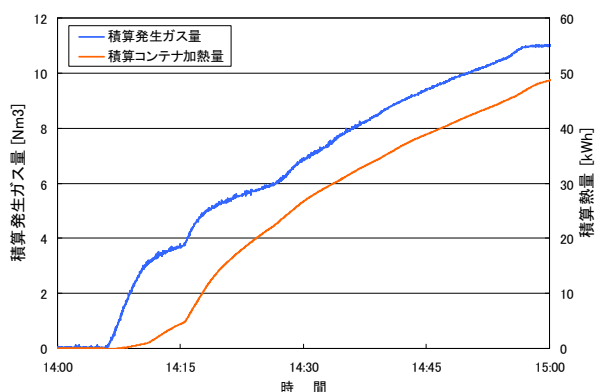
## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### NGHのガス化まとめ

- ・コンテナ加熱量※の増加に伴い、発生ガス量の増加を確認した。
- ・ガス化は、ペレットの融解量に応じて、その包蔵ガスが発生していると考えられる。

※コンテナ加熱量は、コンテナ循環水の出入り口温度差と流量から算出



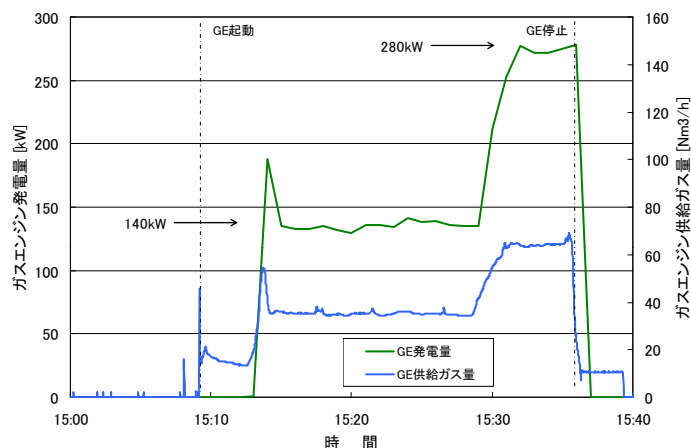
発生ガス量とコンテナ加熱量

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### ガスエンジンの運転

- ・ガスエンジン起動後、暖気運転を経て、140kWおよび280kWの発電を達成
- ・発電負荷の上昇に伴い、エンジンに供給されるガスも増加



ガスエンジン発電量と供給ガス量

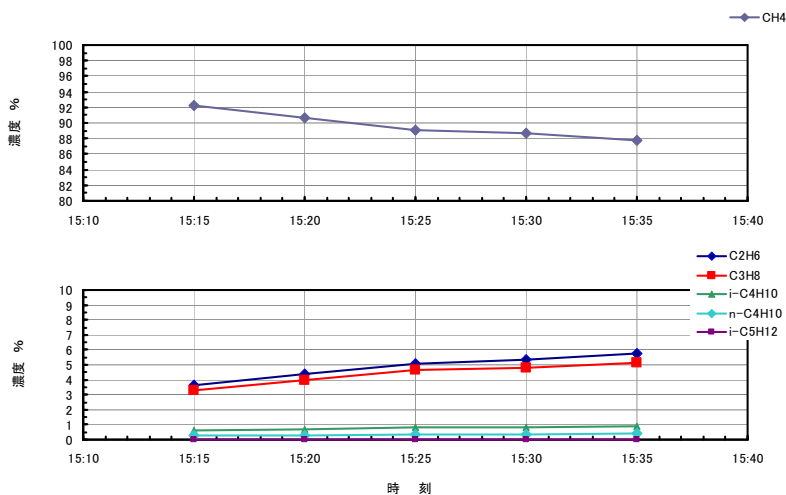
## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### ガス組成の変化

#### ガスエンジン上流のガス組成

- ・GE供給ガスは、バッファタンクの初期メタンとガス化天然ガスが混合した状態となる。
- ・最終状態のガス組成は、C1 : C2 : C3 = 87.8 : 5.7 : 5.2 となる。
- ・組成の変化に拘わらず、良好なGEの燃焼状態を確認



【事業原簿 Ⅲ-72】

13

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 供給ガス湿分の確認

ガスエンジンの上流で、定期的に湿分(露点)の確認を行った。その結果、良好な湿分状態を確認した。

【湿度基準】ガスエンジンのメーカー要求値 相対湿度60%以下

【除湿方法】0.15MPaG以上のガスを発生後、減圧して供給することで供給ガスを除湿

【結果】0.15MPaG以上の雰囲気中でガス化をする方式で、供給ガスの要求湿度を確保

検知管による湿分の確認(目標60%以下)

時刻	GEガス 供給温度 [°C]	GEガス 供給圧力 [MPa]	ガス 水分量 [mg/L]	飽和 水蒸気量 [mg/L]	相対湿度 [%]	目標 相対湿度 [%]	判定	備考
—	—	—	—	—	—	—	—	—
15:15	19.5	0.155	3.5	16.8	20.8	60%以下	良	15:10 GE起動
15:20	20.2	0.151	3.5	17.5	20.0	60%以下	良	
15:25	20.8	0.141	4.0	18.1	22.1	60%以下	良	
15:30	21.1	0.134	5.5	18.5	29.8	60%以下	良	15:29 100%負荷

【事業原簿 Ⅲ-72】

14

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 大口需要家のまとめ

#### 【ガス化特性】

- ・循環水による加熱熱量に応じたガス化量を確認
- ・循環水出入口温度差と循環水量よりガス化速度が制御できることを確認

#### 【ガス組成・燃焼性】

- ・メタンを張り込んだ状態からガス化なので、初期はメタン濃度が高い状況であったが、最終状態ではメタン88%の天然ガスを供給し、良好なGE運転を確認した。

#### 【ガス湿度】

- ・GE供給圧力よりも高い圧力でガス化を行うことで除湿を行い、目標である60%以下の湿度でのガス供給を達成した。

15

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 小口需要家設備の概要

1. 設備内容・・・NGHを連続的にガス化し、一般ガス器具(燃焼)に供給する。
2. 設備仕様
  - 1) 受入量:NGH200kg×2本(52Nm<sup>3</sup>、NGH率75%)
  - 2) 容器設置:ユニック車で容器を配達し、ユニックで架台に設置
  - 3) 熱源:汎用ヒートポンプで循環水を加温して、ペレットを融解
  - 4) 付帯装置
    - ①付臭装置・・・THT<sup>注</sup>液中で発生ガスの一部をバブリング(新規開発)
    - ②除湿装置・・・なし(発生ガス圧力を、一端、NGHの自圧で高めて除湿)
3. 実証項目
  - 1) 需要変動に応じたガス発生量の制御
  - 2) 夜間等の低需要時のガス発生制御
  - 3) 必要な付臭強度、露点(湿度)の確保

注)THT：テトラヒドロチオフェン

嗅覚で漏洩を検知できるように微量を添加する薬剤で、石炭ガスの様な臭いとなる。

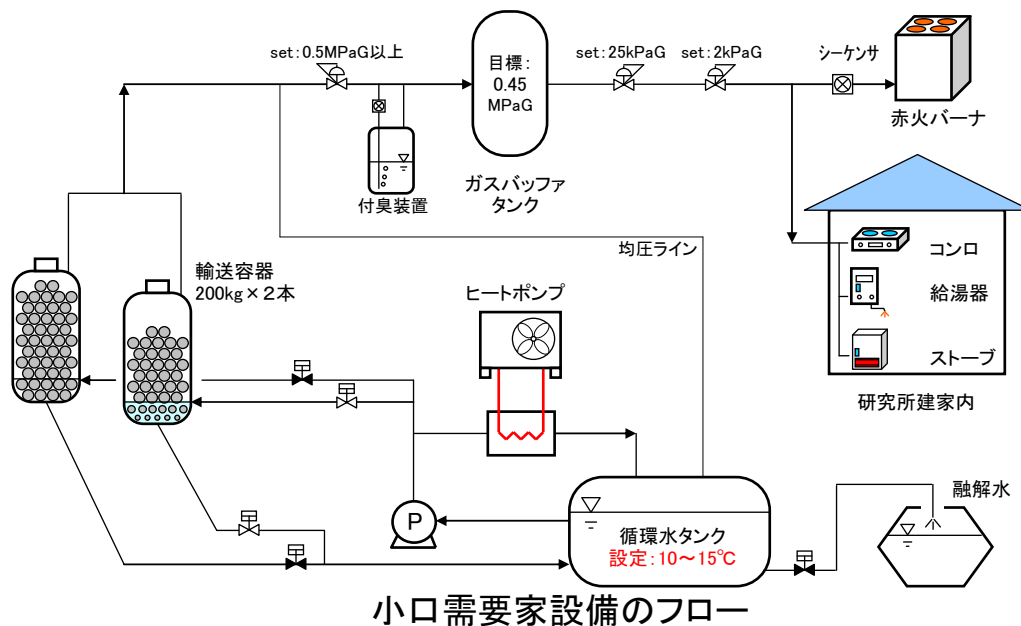


小口需要家設備

# (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

## 小口需要家設備のフロー



小口需要家設備のフロー

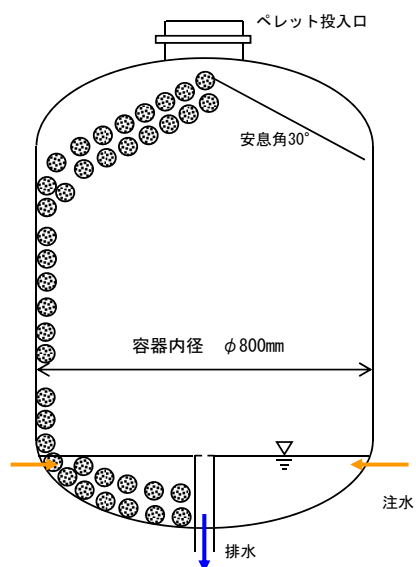
# (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

## コンテナの概要



縦型容器 1~4号  
(最大積載量: 200kg/基)



ガス化方式



## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

## ガス化試験の概要一覧

## メタンペレット

## 【平成20年度】

1. ガス化ステップ応答試験  
ペレット：メタンペレット(千葉産)  
需 要：赤火バーナ供給  
備 考：ガス化制御パラメータの調整
2. 燃焼器具試験  
ペレット：千葉産メタンペレット  
需 要：ガスコンロ(1口)  
備 考：2次調圧弁の動作確認

## NGHペレット

## 【平成21年度】

3. 秋季の需要トレンド追従試験  
ペレット：NGHペレット(千葉産)  
需 要：「秋季」の社宅需要  
備 考：供給量3.7Nm<sup>3</sup>/h、瞬間最大6Nm<sup>3</sup>/h
4. 冬季の需要トレンド追従試験  
ペレット：柳井産ペレット  
需 要：「冬季」の社宅需要(最大負荷)  
備 考：供給量6.1Nm<sup>3</sup>/h、瞬間最大8Nm<sup>3</sup>/h

【事業原簿 Ⅲ-77】

19

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

## ガス化ステップ応答試験

## 【内容】

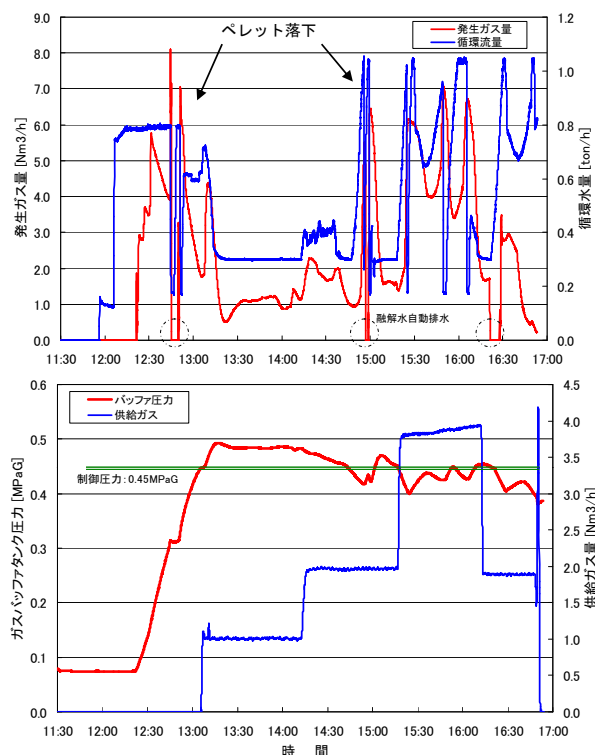
ペレット：千葉産メタンペレット300kg  
 供給：赤火バーナ供給  
 条件：供給ガス量を1, 2, 4Nm<sup>3</sup>/hと変化  
 時間：各ガス量で1時間

## 【結果】

- I. 目標圧0.45MPaGまで積極的にガス化を行い、昇圧完了後に自動制御への移行を確認
- II. 初期の低負荷時は、ペレット入熱量・ガス発生量共に低く、負荷が増えるに従いガス化量も増し、自動制御を確認

## 【課題】

- I. 上図の発生ガスのピークは、ブリッジ気味のペレットが落下した時であり、ペレットの着水性が悪い。



【事業原簿 Ⅲ-74】

20

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 燃焼器具試験

**【内容】**

ペレット：メタンペレット(千葉産)

条件：屋外でのコンロ燃焼

**【結果】**

- I. 2次調圧目標200mmAqを確認
- II. 良好な燃焼状態であり、燃焼器具での十分な熱量を確認した。



バーナ試験(大量消費)



屋外でのコンロ燃焼試験



焼き上がり状態・2次調圧指示

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 秋季の需要トレンド追従試験

**【内容】**

ペレット：NGHペレット(千葉産)300kg

供給：ガス制御シーケンサ & 赤火バーナ

需要：社宅需要6世帯(9世帯に換算)

H19.10.15 18:30~22:30

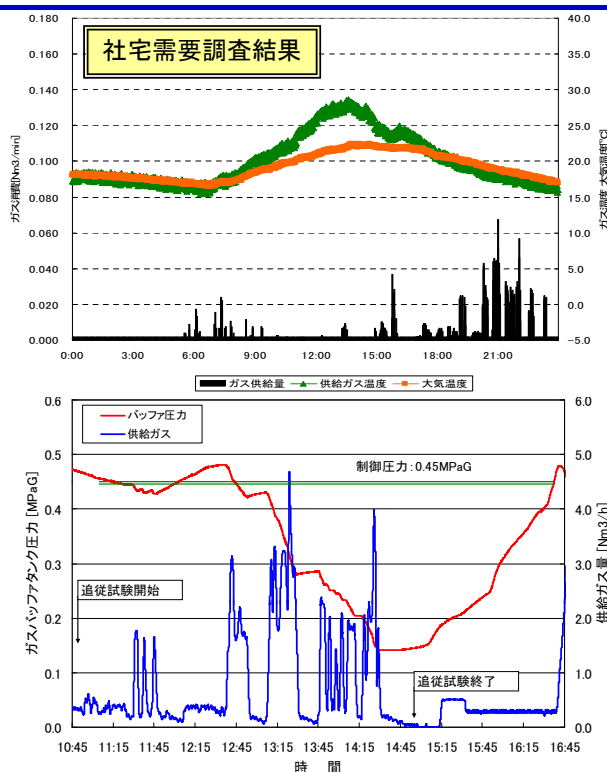
供給量3.7Nm<sup>3</sup>、瞬間最大6Nm<sup>3</sup>/h

**【結果】**

- I. 3号容器がほぼ空の状態からスタートし、4号容器の自動切り替えを確認
- II. 3号容器が空になってから圧力は低下したが、4号容器通水で圧力が回復

**【課題】**

- I. 4号容器に切り替えてからのガス発生が遅い。
- II. NGH率は平均40%と低く、ガス発生の追従性には高いNGH率が望まれる。



## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### ペレット配送

柳井で製造されたペレットを広島ガス(株)殿技術研究所に向けて、114kmの距離を移動時間2時間6分で陸上輸送した。約2.5時間の経過で容器の昇圧は満タンの4号容器で+0.02MPaGであり、外部入熱は容器温度や気相温度の上昇になったと推測される。

出荷・到着時の条件一覧

小口容器	積載量 kg	出荷時(柳井)			到着時(海田)			
		時刻 8:45			時刻 11:15			
		外気温 ℃	容器温度 ℃	圧力 MPaG	外気温 ℃	容器温度 ℃	気相温度 ℃	圧力 MPaG
4号容器	220	5.0	-12.0	0.060	11.2	-10.0	-4.4	0.080
3号容器	16		-2.5	0.015		0.0	2.8	0.020



広島ガス殿研究所に入構



容器据え付けの様子



出荷時の容器内ペレット

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 冬季の需要トレンド追従試験

## 【内容】

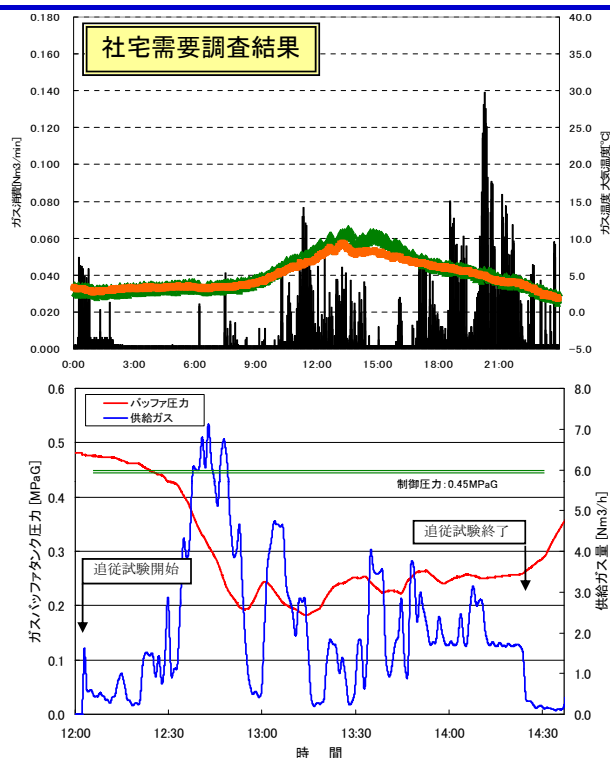
ペレット :NGHペレット200kg(柳井産)(初出荷)  
 供給 :ガス制御シーケンサ&赤火バーナ  
 需要 :社宅需要9世帯  
 H19.1.8 19:35~22:00  
 供給量6.1Nm<sup>3</sup>、瞬間最大8Nm<sup>3</sup>/h

## 【結果】

- I. 設備の設計の元となったH19.1.8のトレンドを再現し、最大負荷を達成した。
- II. しかし、負荷が高くなるに従い、圧力が低下する結果となる。

## 【課題】

- I. 発生してるガスは3Nm<sup>3</sup>/hであり、バッファガスで補っている状態である。
- II. NGH率は平均40%と低く、ガス発生 of 追従性には高いNGH率が望まれる。



## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

## 一般ガス器具での燃焼器具試験

柳井のペレットをガス化した天然ガスを、広島ガス(株)技術研究所建家内に供給し、一般ガス器具による燃焼試験を実施

## 【試験内容】

発生ガス:NGHペレット(柳井産)  
項目:燃焼状態目視検査、CO量測定

## 【結果】

一般ガス器具に発生ガスを供給し、広島ガス(株)殿より、「燃焼状態、燃焼ガスのCO量など良好」との評価を得た。



コンロ(2口)



赤外線ヒータ



給湯器



ガスファンヒータ

試験対象機器	CO許容量 (%)	NGHペレット	
		目視検査	CO
小型湯沸かし器	0.015以下	良好	許容値内
赤外線ストーブ	0.015以下	良好	許容値内
ファンヒーター	0.015以下	良好	許容値内
コンロ(バーナー大)	0.04以下	良好	許容値内
コンロ(バーナー小)	0.04以下	良好	許容値内
コンロ(グリル)	0.04以下	良好	許容値内

※CO許容量は広島ガス(株)殿の基準値

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

## NGHペレット(柳井産)のガス組成変化

ガス化容器の下流およびガスバッファタンクの下流で、4号容器(1本)のガス化初期・中期・後期でサンプリングを行った。

## 【組成結果】

- ・ガス化の後期でプロパン(C3H8)が高くなる傾向にある。
- ・供給ガスは、初期の系内ガスとペレットからの発生ガスが混合された組成となる。
- ・発熱量および燃焼速度は、13A相当の値となる。
- ・ウォッベ指数が若干高い結果となったが、一般ガス器具で良好な燃焼を確認した。

## 発生ガスのガス組成の変化(4号容器)

柳井ペレット	上流点(ガス化容器下流)			下流点(ガスバッファ下流)			広島ガス13A HPより	ガスグループ13A 通産省令27号
	ガス化初期 12:12	ガス化中期 12:45	ガス化後期 15:00	ガス化初期 12:15	ガス化中期 12:48	ガス化後期 15:02		
組成 (Mol%)	CH4 80.7	80.2	72.3	80.9	81.3	75.6	89.0	-
	C2H6 11.8	11.7	11.3	11.2	11.0	11.3	5.0	
	C3H8 5.9	6.4	12.7	6.2	6.0	10.4	3.0	
	i-C4H10 0.9	1.0	2.7	1.0	1.0	2.0	3.0	
	n-C4H10 0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.0	
発熱量(HHV) (kcal/Nm <sup>3</sup> )	11,516	11,607	12,837	11,538	11,493	12,360	11,000	10,000~15,000 (標準発熱量)
燃焼速度	37.6	37.7	38.2	37.6	37.6	38.0	35~47	35~47
ウォッベ指数 <sup>(注1)</sup>	58.0	58.2	60.8	58.1	58.0	59.8	56.9	52.7~57.8

注1) ガスの噴出熱量は、原料組成、製造設備の操業条件等により大きな影響を受けるが、ウォッベ指数が定められた燃焼性の範囲を逸脱すると、燃焼が不安定となり不完全燃焼や赤熱不足といった現象が生じる。

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 付臭強度の確認

ガスバッファタンクの下流で、4号容器(1本)のガス化中に定期的に付臭強度の確認を行った。

【目標臭気】広島ガス(株)殿との協議により5,000倍希釈(21ppm)

【付臭方法】ガス量・温度・圧力で制御された微量ガスをバブリングさせて付臭を行う。

【結果】ガス量、温度、圧力条件によって、バブリングの量を自動制御し、広い条件範囲において所定の付臭強度を達成した。(ガス事業法では4ppm以上)

検知管による付臭強度の確認(目標21ppm)

時 間	10:10	12:07	12:43	13:54	14:30	15:42
バッファ圧 [MPaG]	0.414	0.474	0.302	0.255	0.291	0.113
発生ガス量 [L/min]	42.5	0.0	53.0	6.5	52.7	91.0
ガス温度 [°C]	6.8	11.2	11.7	14.1	15.1	15.3
付臭強度 [ppm]	18	15	15	15	15	20
判 定	○	○	○	○	○	○



検知管での確認

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 供給ガス湿分の確認

ガスバッファタンクの下流点で、4号容器(1本)のガス化中に定期的に湿分の確認を行った。

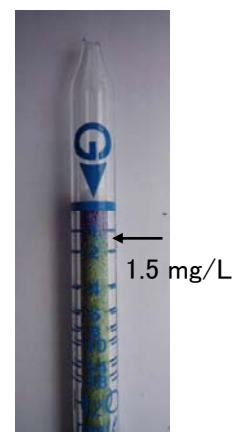
【露点基準】広島ガス(株)殿の導管供給仕様により-10°C露点(2.36mg/L)を確保

【除湿方法】0.5MPaG以上のガスを発生後、減圧して供給することで供給ガスを除湿

【結果】0.5MPaG以上の雰囲気中でガス化をする方式で、広い温度範囲で供給ガスの露点を確保した。

検知管による湿分の確認(目標2.36mg/L以下)

時 間	10:10	12:07	12:43	13:54	14:30	15:42
ガス化圧 [MPaG]	0.5MPaG以上で設備下流に供給					
発生ガス量 [L/min]	42.5	0.0	53.0	6.5	52.7	91.0
ガス温度 [°C]	6.8	11.2	11.7	14.1	15.1	15.3
湿分 [mg/L]	1.5	1.5	1.5	1.8	1.5	1.8
判 定	○	○	○	○	○	○



検知管での確認

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 小口需要家のまとめ

#### 【ガス化応答性・追従性】

- ・ガス供給とバッファガスにより、ステップ応答およびトレンドの追従性を確認した。
- ・ただし、ペレット固着による着水性の悪さ、塊によるペレット熱伝達面積の少なさからガス発生が停滞する時間帯がある。

#### 【ガス組成・品質】

- ・NGHガス化の組成は基本的にNGH組成由来であるので、ガス化ペレットのガス組成と初期の系内ガス組成とで混合したガスが供給される。
- ・付臭強度、ガス湿度共に、広島ガス(株)殿の仕様値を満足した結果が得られた。

#### 【燃焼性】

- ・一般家庭で用いられているガス器具に、発生ガスを供給し、良好な燃焼が得られた。
- また、広島ガス(株)殿より、燃焼排ガスのCOも一般的な値との評価を得た。

29

## (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

### 成果のまとめ

研究開発項目	目標の達成度	成果の意義	知的財産権の取得	成果の普及
(4) NGH配送・利用システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2種類の車載型NGH配送・ガス化一体容器を開発、製作した。</li> <li>・ガスエンジン需要家用：ローリー1、2号車(積載ペレット5トン級)、3号車(積載ペレット7.5トン級)、一般家庭用需要家用として、縦型容器4基(積載ペレット200kg/基)</li> <li>・NGHペレットをLNG基地から約100kmの2ヶ所の需要家サイトへ配送し、輸送時の安定性を確認した。</li> </ul>	<p>初めてのガス媒体であるNGHをガス化する独自システムを開発でき、これを輸送実証した。貯蔵容器も兼ねており、NGH配送先の運用性向上が期待できる。課題として負荷量追従性の更なる向上の開発・実証が望まれる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスハイドレートペレットのガス化装置およびガス化方法</li> <li>・付臭装置：少量ガスへの付臭方法(一般家庭向けガス化装置)</li> </ul>	ご参照【事業原簿Ⅲ-5】
a. 車載型NGHペレット配送・ガス化一体システムの開発				
(a) NGHペレット配送・ガス化一体容器の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスエンジン用および一般家庭用向けの需要ガス量に応じた自動ガス供給ユニットを開発し、設置した。</li> <li>・ガス化設備の設置にあたり、適用法規等の調査・関係官庁との協議を行った。</li> <li>・NGH製造出荷設備から配送したペレットを各需要家サイトへガス化し、設備運転安定性、ガス供給システムの制御性、ペレット安定性等を確認した。</li> <li>・NGHガス化で発生する分解水および分解水の持つ冷熱の利用方法について検討し、各利用システムの構築を</li> </ul>	<p>負荷量に応じたNGHによるガス供給自動運転システムを開発し、実証運転した。また、NGHの冷熱・冷水利用システムの机上検討を行った。NGHの利点である冷水利用システムをさらに発展させ、天然ガス利用と併せた、広範囲な市場への適用が期待できる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスハイドレートペレットのガス化装置およびガス化方法</li> <li>・付臭装置：少量ガスへの付臭方法(一般家庭向けガス化装置)</li> </ul>	ご参照【事業原簿Ⅲ-5】
(b) NGH陸上配送システムの実証				
b. NGH利用システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスエンジン用および一般家庭用向けの需要ガス量に応じた自動ガス供給ユニットを開発し、設置した。</li> <li>・ガス化設備の設置にあたり、適用法規等の調査・関係官庁との協議を行った。</li> <li>・NGH製造出荷設備から配送したペレットを各需要家サイトへガス化し、設備運転安定性、ガス供給システムの制御性、ペレット安定性等を確認した。</li> <li>・NGHガス化で発生する分解水および分解水の持つ冷熱の利用方法について検討し、各利用システムの構築を</li> </ul>	<p>負荷量に応じたNGHによるガス供給自動運転システムを開発し、実証運転した。また、NGHの冷熱・冷水利用システムの机上検討を行った。NGHの利点である冷水利用システムをさらに発展させ、天然ガス利用と併せた、広範囲な市場への適用が期待できる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスハイドレートペレットのガス化装置およびガス化方法</li> <li>・付臭装置：少量ガスへの付臭方法(一般家庭向けガス化装置)</li> </ul>	ご参照【事業原簿Ⅲ-5】
(a) 全自動ガス供給ユニットの開発				
(b) NGH分解・分解水利用システムの構築				
(c) ガスエンジンへのNGHによるガス供給の実証				
(d) 一般家庭(模擬需要)へのNGHによるガス供給の実証				

# (4)NGH配送・利用システムの開発

公開

## 実用化、事業化への見通し

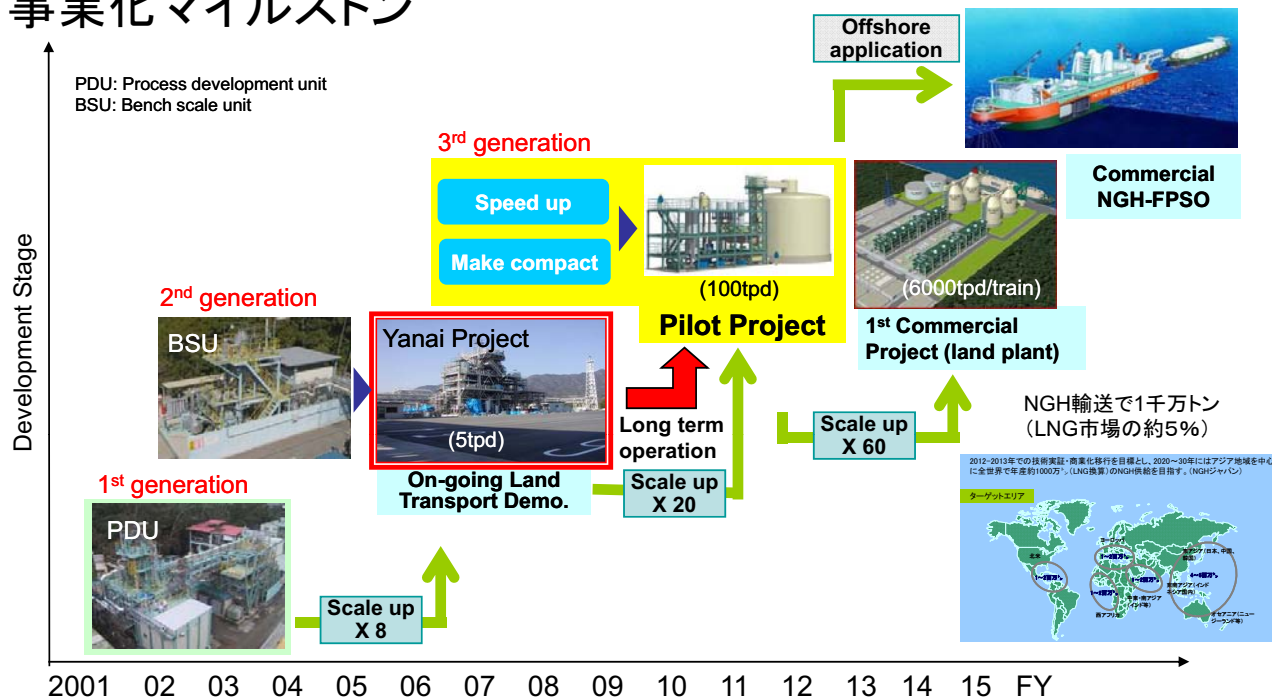
研究開発項目	成果の実用化可能性	事業化までのシナリオ	波及効果
NGH配送・利用システムの開発	開発・実証されたNGH配送容器や利用システムは都市ガスとしての民生利用及び発電としての産業用途の利用が確認できただけでなく、既存の国内法規の適用(準用)により実施しており、規制面での制約はない。輸送効率(充填率)向上等を進めることにより実用化可能性は高い。	継続研究においては、容器内のペレット固着性やガス化制御性等の改善を図る。さらなる配送効率向上、冷熱利用を含めた市場の開拓を進め、国内外のノンパイプライン地域を中心に需要の開拓を推進する。	NGH陸上輸送の実現により、ノンパイプライン地域における中小規模の需要家への天然ガスの配送が可能となり、クリーンな天然ガスの普及が期待できる。また、冷熱利用によるメリットが期待できる小型貫流ボイラーなどへの利用も可能で、NGHにより幅広い分野での天然ガス利用促進が見込まれる。

「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」  
(事後評価)分科会配布資料 平成22年7月27日

# 再掲 (2)事業化までのシナリオ

公開

## 事業化マイルストーン



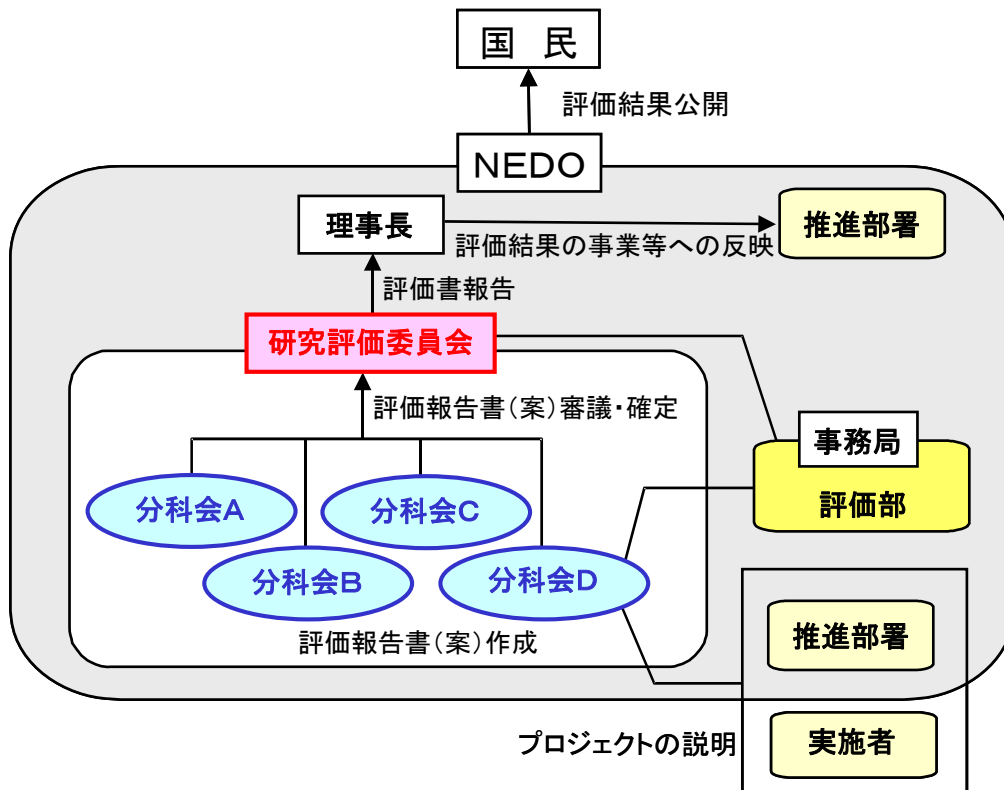
## 参考資料 1 評価の実施方法



本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



## 1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、  
経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を  
促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

## 2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者
- ジャーナリスト

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある6名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

## 3. 評価対象

平成18年度に開始された「高効率天然ガスハイドレート製造利用システム技術実証研究」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プ

プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

#### 4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

#### 5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべきものである。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料1-7頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

## 評価項目・評価基準

### 1. 事業の位置付け・必要性について

#### (1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ エネルギーイノベーションプログラムの目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

#### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

### 2. 研究開発マネジメントについて

#### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

#### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。

#### (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われ

る体制となっているか。

- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4) 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

(5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

(1) 目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権の登録、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

#### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### 4. 実用化、事業化の見通しについて

#### (1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2)事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

#### (3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

## 標準的評価項目・評価基準（事後評価）

2010. 3. 26

### 【事後評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第25回研究評価委員会（平成22年3月26日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1・・・、2・・・、3・・・、4・・・が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)・・・、(2)・・・が標準的評価基準、それぞれの基準中の・・・が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの事後評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

#### 1. 事業の位置付け・必要性について

##### (1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

##### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

#### 2. 研究開発マネジメントについて

##### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

## (2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

## (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法をを経由する場合、研究管理法が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

## (4) 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

## (5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

## 3. 研究開発成果について

### (1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）

（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）



- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

## (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓する事が期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

## (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

## (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

## 4. 実用化、事業化の見通しについて

### (1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

### (2)事業化までのシナリオ

- ・ N E D O 後継プロジェクト、N E D O 実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

### (3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

\*基礎的・基盤的研究開発の場合

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1)研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

### (2)研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

### (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

### (4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

#### (5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

#### (1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）  
（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

#### (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

#### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

#### 4. 実用化の見通しについて

##### (1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

##### (2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

\* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

#### 2. 研究開発マネジメントについて

##### (1)研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

##### (2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

##### (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。

るか。

- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

#### (4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

#### (5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

#### (1) 目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）  
（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることが期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

### (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

## 4. 実用化の見通しについて

### (1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注）国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

### (2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

## 参考資料 2 評価に係る被評価者意見



研究評価委員会（分科会）は、評価結果を確定するにあたり、あらかじめ当該実施者に対して評価結果を示し、その内容が、事実関係から正確性を欠くなどの意見がある場合に、補足説明、反論などの意見を求めた。研究評価委員会（分科会）では、意見があったものに対し、必要に応じて評価結果を修正の上、最終的な評価結果を確定した。

評価結果に対する被評価者意見は全て反映された。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成22年11月

NEDO 評価部

部長 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 森山 英重

\* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162