

研究評価委員会第1回「次世代高効率石炭ガス化技術開発」（事後評価）分科会議事録

日 時：平成24年11月16日（金） 13:00～16:45

場 所：AP東京 A室（KPP八重洲ビル 13階）

出席者（敬称略、順不同）

分科会長 吉川 邦夫 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 教授  
分科会長代理 二宮 善彦 中部大学 工学部 応用化学科 教授  
委員 板谷 義紀 岐阜大学 工学部 機械システム工学科 教授  
委員 神谷 秀博 東京農工大学 大学院生物システム応用科学府 教授  
委員 白井 裕三 電力中央研究所 エネルギー技術研究所 燃料高度利用領域リーダー  
委員 田中 雅 中部電力株式会社 技術開発本部 電力技術研究所 特別専門役

<実施者>

林 潤一郎 九州大学 大学院工学研究科 教授（PL）  
鈴木 善三 独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 クリーンガスグループ グループ長  
田中 敏嗣 大阪大学 大学院工学研究科 機械工学専攻 教授  
石井 弘実 三菱重工業株式会社 エンジニアリング本部 電力計画部 IGCCプロセスグループ グループ長  
小山 智規 三菱重工業株式会社 技術統括本部 長崎研究所 燃焼研究室 主席研究員  
柴田 邦彦 一般財団法人石炭エネルギーセンター 技術開発部 部長  
林 石英 一般財団法人石炭エネルギーセンター 技術開発部 クリーンコールグループ 課長  
宝田 恭之 群馬大学 大学院工学研究科 環境プロセス工学専攻 教授  
大塚 康夫 秋田大学 産学連携推進機構 客員教授  
宮脇 仁 九州大学 先導物質化学研究所 助教  
伏見 千尋 東京農工大学 大学院工学研究院 応用化学部門 准教授  
堤 敦司 東京大学 生産技術研究所 教授  
石束 真典 東京大学 生産技術研究所 特任研究員  
壹岐 典彦 独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 ターボマシングループ グループ長  
松岡 浩一 独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 ターボマシングループ 主任研究員  
倉田 修 独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 ターボマシングループ 主任研究員

<推進者>

相楽 希美 NEDO 環境部 部長  
高取 静雄 NEDO 環境部 統括主幹

正木 良輔 NEDO 環境部 主査

秋山 勝哉 NEDO 環境部 主査

<オブザーバー>

岡野 泰久 経済産業省 資源エネルギー庁 石炭課 係員

<推進者>

増山 和晃 NEDO 総務企画部 課長代理

<事務局>

竹下 満 NEDO 評価部 部長

三上 強 NEDO 評価部 主幹

内田 裕 NEDO 評価部 主査

中村 茉央 NEDO 評価部 職員

傍聴者 5名

**議事次第**

【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
- 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
- 7.全体を通しての質疑
- 8.まとめ・講評
- 9.今後の予定、その他
- 10.閉会

**配布資料**

資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について

資料 1-2 NEDO技術委員・技術委員会等規程

資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）

資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について

資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について

資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて

資料 3-1 NEDOにおける研究評価について

資料 3-2 技術評価実施規程

- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5-1 事業原簿（公開）
- 資料 5-2 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料 6 プロジェクトの詳細説明資料（公開）
- 資料 7 今後の予定

## 議事録

### 【公開セッション】

#### 1. 開会、分科会の設置について、資料の確認

- ・開会宣言（事務局）
- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料 1-1 及び資料 1-2 に基づき事務局より説明。
- ・吉川分科会長挨拶
- ・出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介（事務局、推進者）
- ・配布資料確認（事務局）

#### 2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1 及び資料 2-2 に基づき説明し、全ての議題を公開とすることが了承された。

#### 3. 評価の実施方法

評価の実施方法を事務局より資料 3-1～3-5 に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

#### 4. 評価報告書の構成について

評価報告書の構成を事務局より資料 4 に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

#### 5. プロジェクトの概要説明

推進者・実施者より資料 5-2 に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【吉川分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは、ただいまのご説明に対しまして、ご意見、ご質問等をちょうだいしたいと思います。ただ、技術の詳細につきましては、後ほど議題 6 で各実施者から詳細な説明があった後にやりたいと思いますので、ここでは主に事業の位置付け・必要性、マネジメントについてご意見をお願いしたいと思います。

それでは、評価委員の皆様、よろしくお願いいたします。

【田中委員】 よろしいですか。田中ですけれど、今回のプロジェクトの位置付けというところで、従来の噴流床に対して、こういう課題があるという説明をされました。それはそれでよくわかるんですけども、従来技術の中に流動床ガス化という技術もあるわけですね。それで、それも当然、石炭の適合性もあるんですけども、噴流床のこういうところをカバーできるという観点も、現在の流動床でもあるわけですね。

何が言いたいかという、今回やろうとしているこの流動床ガス化が、噴流床との位置付けはわかったんですけど、従来の流動床ガス化に対しても、こういう課題をこうしようとしているというよう

な、最終の報告書かどこかに——解説というと変ですね——そういう位置付けをちょっと明確にしてくださいと思います。

【吉川分科会長】 いかがでしょうか。

【林教授】 ご指摘ありがとうございます。

従来の流動層との違いについては、ご指摘のとおり、我々も重要な認識の点だと思っております、ここで少し補足をさせていただきますと、従来の流動層ガス化は、その圧力によらず、難しいポイントがあります。1つは、やはりチャーガス化が完全にできない、非常に困難であるポイント。それから、まだ実現していない触媒の適用によらない場合には、タールを除去することが、層内では少なくとも非常に難しいということがございました。

我々は、チャーのガス化が迅速化できないこと、それから、もう一つ、タール改質が難しいこと、2つを原理的に探っていきまして、その問題点を研究の途上で明らかにしたつもりでございます。詳細が必要であれば、また後から補足申し上げたいと思いますが、その弱点を逐次並列的に進む、熱分解からつながる複雑な改質、チャーのガス化をうまく切り分けた反応器システムが必要であるという結論に達しまして、今、簡単に紹介申し上げましたような、ダウンナーと流動層とライザーで、それぞれを分割して、石炭、あるいは揮発成分を転換していくという発想につながって、その概念実証まではできたのではないかと思います。

報告書については、もう少しこちらも検討いたしまして、それを強調できるように努力したいと思います。ありがとうございました。

【吉川分科会長】 よろしいでしょうか。

ほかに。二宮先生。

【二宮分科会長代理】 先ほどの低温ガス化の部分の、今おっしゃられた、6ページですか、低温ガス化のスキームの部分ですけれども、私、まだこの原理がよく理解できていません。というのは、図によりますと、合成ガスが3カ所から出て、今ちょうど林先生がおっしゃられた熱分解タールが、ダウンナーのどの部分で分解しているかということ、もう一度説明していただけませんか。

【林教授】 この図を使つての説明でよろしいでしょうか。

【二宮分科会長代理】 はい。

【林教授】 すみません、説明が不足しまして申しわけありません。

合成ガスが3カ所から出てくるというのは、ご指摘のとおりでございます。少々複雑な経路になっています。この最初のダウンナーリアクター、熱分解炉には、石炭、それから、必要であれば追加の水蒸気がここに投入されて、同時に、加熱された熱媒体がここに入っています。ここで起こるのは、まず石炭の急速熱分解であります。急速熱分解でございますので、当然、チャーと揮発成分、タールが発生いたします。この揮発成分のうち、タール蒸気と、それから、メタンについてはなかなか難しいんですが、メタンより大きな炭化水素については、この熱分解炉が、循環してくる流動媒体にかなり高い濃度でチャーが含まれております。言いかえれば、ここで完全にチャーを燃焼してしまわないわけです。そうすると、チャーがかなり高濃度の状態で、これらがタール蒸気と接触します。それで、チャーの表面というのはマイクロ多孔質でありまして、その炭化物表面というのがタールの分解能が極めて高いということ、研究の途上で見出しました。したがって、数秒という滞留時間範囲内で、チャーを高濃度化した反応場においては、その短い時間であってもタールをほぼ完全に消去できるということです。原理的には、炭素析出が主でございます。

さらに、この段階では水蒸気を投入しておりますので、チャーのうち最も活性が高い部分については、実は一部は水蒸気ガス化してまいります。ここで一旦タールをほぼ除去できたという状況で、この図には書いていないのですが、ガスと固体を分離する機構をここに置きまして、そこで合成ガスについては排出する。固体である残ったチャーのみがここに落ちてくるという構造をとっています。

ここでなぜ分離をするかと申しますと、チャーのガス化がやはり800～850℃という低い温度でしかエネルギーバランス上操作できませんので、ここにおいてチャーのガス化を加速する必要がありますが、仮にこれがそのままどんと1カ所に落ちるようになりますと、チャーの粒子が、高濃度の水素、あるいは高濃度のタールに周囲を取り巻かれるようになりますと、このタール蒸気と水素ガスというのがチャーのガス化を極めて強く阻害するということが、実験的に明らかになっております。したがって、ここについては、そのような相互作用を排除した形でチャーのガス化を最大化しようとする。すなわち、極端に言うと、入り口が水蒸気、それからチャーのみという系で始めるということですね。これによって、チャーの遅速化を最大限防ぐというコンセプトがございます。簡単に言うと、熱分解では揮発成分とチャーが出てまいります。ここではむしろ両者の接触を強化してタールを分解する、ここでは両者の相互作用を切り離してチャーのガス化を加速する、遅速化しないという工夫をしております。これにつきましては、完全燃焼すると、冷ガス効率が低下するという効率的な問題もあつたんですが、高濃度のチャーの一部を部分燃焼して、もとにリサイクルすることによりまして、比表面積が比較的大きなチャーが、ここで再びタール分解剤として機能するということになって、最終的にこの形で落ちついたということです。

【吉川分科会長】 これは触媒がどこに入ってくるんですか。

【林教授】 触媒は入っていません。入っていませんが、率直に申しますと、例えば、金属の量としては少ないのですが、アルカリ金属であるとか、アルカリ土類金属を含んでおります褐炭のような場合のほうが、やはり反応は速いというのが確かでございます。

【吉川分科会長】 先ほどの説明で触媒云々というのは、これとはまた別のプロセスの話なんですね。

【林教授】 そのとおりでございます。触媒がなくても何とかできるというところまでは概念実証できたつもりですが、例えばガス化も、やはりもう少し温度を下げたほうが、この粒子の高濃度循環に関しては、大分負荷が変わります。端的に申しますと、この部分燃焼温度とこの流動層のガス化温度の差が小さければ小さいほど苦しくなってくるというのが、より速く回さなければいけないということになりますので、その緩和には触媒が随分効くということがわかりました。

【吉川分科会長】 いかがでしょうか。

【二宮分科会長代理】 あと2点お聞きしますけれども、そうしますと、熱分解炉は、ガス側のほうから見れば、ダウンフローになりますか。というのは、石炭と高温のチャーが、熱媒体があれば、当然、それで熱分解しますね。そうすると、タールは上のほうの合成ガス出口に行くのかなと思ったのですが、今回、熱分解したタール分は、すべてダウンフローでキャプチャーされるというガス流れということと、もう一点は、最後、灰分の抜き出しはどこからなるのでしょうか。

【林教授】 1点目のご指摘は、おっしゃるとおりでございます。

それから、灰分につきましては、基本的には、ここからマルチサイクロンのシステムを想定しておりますので、そこで灰を可能な限り分離するという想定をしておりますが。

【二宮分科会長代理】 そうしますと、図に書いてある上側の合成ガス、あれは間違いということでしょうか。上から出てくる合成ガスと、サイクロンの上に出ていますね。ちょうど媒体+チャ

一の上のところ、左側に合成ガス、あのラインはないということですか。ここから出てくる左側の。

【林教授】 これですか。

【二宮分科会長代理】 はい。

【林教授】 これは、チャーの部分燃焼ガスがここから出てきますので、これはフルガスではないという。

【二宮分科会長代理】 燃焼ガスですか。

【林教授】 部分燃焼ですので、COとCO<sub>2</sub>の混合物になります。少々複雑ですが、これも結果的にチャーの活性を残すということもありますし、全部燃やしてしまうと、やはり効率にかなり影響することがわかりましたので、全部燃やさないということです。

【二宮分科会長代理】 ありがとうございます。

【吉川分科会長】 この水蒸気は、何度ぐらいを想定されているんですか。

【林教授】 水蒸気は、システム側からの要請で種々あるのですが、ここに入ってくる水蒸気というのは、700℃ぐらいを想定しております。ここには、原則、通常は水蒸気を入れないというパスですが、括弧書きしているのは、ここに水蒸気をうまく入れることができれば、熱分解炉内でもチャーの一部をガス化できるということからです。

【吉川分科会長】 ありがとうございます。

ほかにいかがでしょうか。

【板谷委員】 今のご説明で大体のフローはわかりましたけれども、その場合、特に、基本的に、これ、熱分解炉とガス化炉というのは、吸熱反応場ということによろしいわけですね。そうしますと、その熱源としては、部分燃焼炉だけということになりますので、そうすると、やはり全体のエネルギーバランスというか、エネルギーバランスシートみたいなものを示していただくほうがわかりやすいのかなという気がしました。

【林教授】 ご指摘のとおりでございます。この反応器システムにつきましては、ガス化炉の底から入ってくる水蒸気の温度が大体700℃か、あるいは600℃というのを想定しております。ここが基本的には余計に入ってくる熱ということになります。ただし、ガス化の温度よりも水蒸気の温度のほうが低いですから、結果的には、チャーの部分燃焼で可能な限りこれを賄う必要があるということでございます。

それで、詳細の説明で少し詳しいデータが出てくるのではないかと思います。このような想定をしますと、我々が模擬反応系でここまではできますよというラインに関しては、グロスの冷ガス効率、水蒸気の熱投入量を無視して、単に生成ガスの化学エネルギーと投入石炭の化学エネルギーの比というのを比較しますと、95%以上の冷ガス効率は達成できそうだとところまでは、あくまで実験結果を踏まえた机上検討ではございますが、その程度のバランスになっていると思います。

【板谷委員】 その水蒸気の熱源も、実は最終的にはここから来るということになる訳ではないのですか。発電プロセスの中も含めて。

【林教授】 水蒸気は、発電プロセス、A-IGCCの場合は、タービン排熱を熱熱再生によって水蒸気を発生して、流動層に投入するということです。ですから、あくまでもガスタービンからの排熱、あるいは、燃料電池であれば、燃料電池からの排熱がここに入ってくるということです。

【板谷委員】 ですから、その大もとの熱源も、結局は、ここにガス化に投入した石炭からのエネルギーということになるわけですね。

【林教授】 そうですね。燃焼プロセスから出る排熱という意味では、そのとおりです。

【板谷委員】 ですから、全体のプロセスとして見た場合には、ガス化へ投入した石炭のエネルギーが熱源ということですね。

【林教授】 おっしゃるとおりです。

【板谷委員】 ですから、そういったことを含めて、今おっしゃられたようなガス化効率という理解でよろしいわけです。

それと、もう1点は、今そういう質問をしたのは、実は、このライザーの中の固体の粒子の移動速度の目標値の決定にあたっては、結局、この温度で回すための、要するに、顕熱で供給することになるわけですから、そこから来ているという理解でよろしいわけですね。

【林教授】 ええ。特に非常に大きな固気比というのは、35から40という値というのは、それぐらいあればこの系を安定に維持できるということです。

【板谷委員】 その温度を維持できる顕熱の供給ということになるわけですね。

【林教授】 そのような高い固気比が必要な場合があり得るという意味です。

【板谷委員】 そういった観点からしますと、やはりそれぞれの部分でのエネルギーの出入りみたいなものを、少しエネルギーバランス的なシートで示していただけるとわかりやすいのかなという気がしましたので、またちょっとご検討いただければと思います。

【林教授】 検討そのものは、各所各所と全体でしておりますので、ちょっと説明が不足しまして申しわけありませんでした。

【吉川分科会長】 これが多分このプロジェクトのオリジナルプロセスといたしますか、これの特許はどういうふうになっているんですか、このプロセスの。

【林教授】 特許につきましては、当初、IHIさんがこのプロジェクトにご参画されていた当時に、基本的には、この仕様と同じものを特許出願している状態です。このシステムそのものについては、1つ、その特許があるということです。

【吉川分科会長】 これはNEDOさんにお伺いしたいんですけど、途中、中間評価後、IHIさんが抜けられて、三菱さんが入られたと。どうもその辺の事情が、特許をIHIさんがお持ちなら、なぜ抜けられたのか。つまり、特許を持っている人が最後まで実施しないと、これはものにならないと思うんですけども、その辺の事情をちょっとご説明願えますか。

【正木主査】 では、推進部の担当の正木のほうからご回答させていただきます。

実際、特許はIHIさんが出されておりますが、先ほど今後の展開というところでもお話をさせていただきましたけれども、この発電システム自体を最終的に商用化・実用化というところを見据えた場合に、結構なロングスパンというか、2040年ないしは50年ぐらいに入ってこようかという、今、見通しです。そのような中で、やっぱり特許も出しづらかったのも、30年以上かけての開発となるという部分ということがありまして、特許が3件にとどまっているということがあります。

それと、IHIさんが抜けて、三菱重工さんに入っていたいただいたというところなんですけれども、ご説明もさせていただきましたとおり、まだ発電プラントとしてどうかというところを見据えた場合に、ガス化については、低温ガス化、流動解析について九州大学さん、東京大学さんのほうで進めていただいて、基礎レベルでございますので。それとともに、実用化の見通しについて中間評価でご指摘いただいたので、プラント全体の課題としてはどうかというところを評価するために、IHIさんではなくて、三菱重工さん、発電プラントをガスタービン等を含めてラインナップでお持ちいただいている三菱重工さんに入っていたいただいたということが経緯でございます。

- 【吉川分科会長】 先ほどのご説明の中で、低温ガス化の見通しがついたのでチェンジしたと。その辺が、具体的にどういう意味で見通しがついたということなんでしょうか。
- 【正木主査】 見通しというか、基礎レベルの検討でございますので、基礎研究については、低温ガス化部分については九州大学さんのほうで頑張っていたとということで、IHIさんにも入っていただくという考えもあったんですけども、そこにはちょっとメーカーさんとしては、IHIさんではなくて、トータルを見ていただける三菱重工さんに入っていたということなんです。見通しが立ったというよりも、基礎レベルの研究で、ある程度プロセスも確定してきましたので、基礎研究については大学さんのほうにお願いするようにしたということなんです。
- 【吉川分科会長】 わかりました。  
ほかにいかがでしょうか。
- 【神谷委員】 先ほどの二宮先生の質問に関連しますが、灰の挙動のところは気になります。飛灰のような細かいやつは、上の合成ガスと一緒に出てくるのでいいのですが、炉内に滞留する灰についてはどうなっていますか。これはその後の流動解析にも関連するんですけど、炉内滞留灰はどのような取り扱いになっているんでしょうか。
- 【林教授】 炉内の灰の滞留については、率直に申し上げて、そのような事象を十分検証できるような長時間のランとホットランというのを実際にはできておりません。もう設備の限界というところをちょっと言いわけがましいのですが、その検討までは、実際には幾つかの褐炭を使用したのですが、それをできるまでの十分なデータは、我々の範囲内ではできませんでした。
- 【神谷委員】 だけど、将来的には、実用化しようとするので、その滞留した灰をどう扱うかというのは。
- 【林教授】 そうですね。全くご指摘のとおりです。
- 【吉川分科会長】 白井さん、どうぞ。
- 【白井委員】 成果のまとめのところを少し質問したい。ここで炭化物の併産という箇所がありますが、この成果に対して、この研究での位置付けについて、説明をお願いしたい。
- 【林教授】 座ったままで恐縮です。今ごらんになっておりますスライドの熱分解炉（ダウンナー）の部分でございます。これは、先ほど申しましたように、チャーの表面を積極的に活用して、その反応器内で出てくるタールをほぼ分解するというのがまず1つで、それがタールフリークリーンガスという表現になっています。  
もう一つ、チャーにつきましては、チャーは気固分離の後に流動層ガス化炉に落ちて、そこで水蒸気ガス化を受けるわけですが、そこでの熱分解が不十分だと、そこでタールが発生してしまいますので、タールフリーになるぐらいに十分固体側は炭化が進んでいますよという状況で、流動層ガス化に送るということです。ちょっと表現がわかりにくくて申しわけありません。
- 【白井委員】 そうですね。このガス化炉から炭化物を併産して何かに使うというようなイメージにとれましたので、確認だけさせていただきます。
- 【林教授】 すいません。ありがとうございます。
- 【吉川分科会長】 ほかにいかがでしょうか。  
ちょっと私のほうからお伺いしたいんですけど、先ほどのNEDOさんのご説明の中で、従来のIGCCは酸素吹きがネックだと。これを見ると、やっぱり酸素吹きのような気がするんですけども、そこはどうでしょうか。
- 【正木主査】 これについては、CO<sub>2</sub>分離を行うとどうするかという議論もあるんですけども、酸素と



いうふうに書いておりますが、空気による部分燃焼でも可能というところで、特段、これを酸素吹きに固定しているという意味ではございません。

【吉川分科会長】 では、今、酸素と書いてあるところは、空気が入ってもシステムとしては成立するということですか。

【正木主査】 CO<sub>2</sub>分離のところの観点もあるんですけども、炉のコンセプトだけで言うと、酸素か空気かというところは問題ないというところですよ。

【吉川分科会長】 わかりました。  
どうぞ。

【二宮分科会長代理】 今回の事業体制の妥当性というところでお聞きしますが今回、プロジェクトリーダーが九州大学の林先生で、委託先で九州大学の低温ガス化ということで、再委託先で九州大学ということで、各担当者の名前が載っていないものですから、その関係がちょっとわからないのですけれども。単にこれだけ見ると、同じ大学の方がすべてに入っていて、さらに、先ほど技術委員会ですが、これも委員長が九州大学ということを見ると、何となく——大学は大きな組織ですから、必ずしも同じ大学だからいけないという意味ではないのですが、このあたりの配慮はどういうふうにされたか、ご説明をお願いいたします。

【正木主査】 すみません。ちょっとご説明が足りませんで恐縮でございますが、まず22年度からの体制について今ご指摘いただいたので、その点をご説明させていただきたいと思っておりますけれども。九州大学さんが委託先にも再委託先にも入っていただいているということでございますが、委託先の九州大学さんについてですが、21年度のほうをごらんいただきますと、IHIさんの再委託先で、当初は北海道大学、プロジェクトリーダーの林先生がプロジェクト開始当時は北海道大学で研究をいただいていたというところで、北海道大学にお願いをしておりました。そこから林先生が九州大学に移られまして、九州大学のほうで低温ガス化部分についてご研究いただいておりますので、その部分について委託をさせていただいたということで、委託先に九州大学さんが上がってきたような形になっております。

【二宮分科会長代理】 今の説明ですと、プロジェクトリーダーが実際の委託先で研究されて、再度、一番下の再委託でも研究されているというように聞こえますが、そうなのでしょうか。そのあたりはもう少し厳密に答えていただけるとありがたいのですが。

【林教授】 すいませぬ、私から発言するのも恐縮ですけど。私は当初からこのプロジェクトのPLにご指名をいただきまして、あくまで立場はNEDO側でございます。私は実施者側には入っておりませんので、あくまで実施する研究者は九州大学の別の研究者でございますし、その辺は要求をいただければ、予算管理等の体制もきっちりとお説明できると思っております。ちょっと混乱させてすいませぬ。

【二宮分科会長代理】 できれば、そのあたりもう少し、今回、この資料を見ても、このあたりは書いていなくて、実際の担当者が、例えば低温ガス化の担当者がどなたで、あと、最後の下の担当者がどなたということが記載されていなかったの、この資料を出していただけるとよろしいかと思っております。

あともう一つ、技術委員会が今回設置されたので、その議事録なり、具体的にどのように今回のプロジェクトに反映されたかという資料も、これには載っていないのですけれども、もしありましたら、公開できる範囲で構いませんので、配付いただくと助かります。

【吉川分科会長】 いかがでしょうか、NEDO側のほうで。

【正木主査】 議事録の配付というのは、この後、先生にお渡し……。

【二宮分科会長代理】 というのは、この後、評価するまでの間に、今の技術委員会でどういう議題が出て、それがどういうふうに反映されたかというようなものがあるようなものを作成していただいて、配付していただきますと、ここの事業体制の妥当性というところの評価ができると思いますので、よろしく願いいたします。

【正木主査】 わかりました。その点は、こちらからフォローさせていただいてもよろしいですか。

【三上主幹】 終了後に、我々のほうから評価の先生方にお渡しするというのでやりますので、よろしくをお願いします。

【相楽部長】 ご指摘ありがとうございます。ほかの事後評価委員会でも、中立な立場でご検討いただいております技術検討委員会で、どういったご意見をいただきまして、それに対してどういったマネジメントの点での工夫をしてきたかというのを、概略をまとめた形でお示ししていることがございますので、そういった形で対応させていただくということでよろしゅうございますでしょうか。

【二宮分科会長代理】 結構でございます。

【相楽部長】 わかりました。

【吉川分科会長】 今のご質問にも関連するんですけども、先ほどのNEDOさんの説明の中で、中間評価以降、実施者側のプロジェクトリーダーを産総研さんをお願いしたというような言葉がたしかあったと思うんですけども、その話と、林先生がプロジェクトリーダーをされた兼ね合いがよくわからなかったんですけど。

【正木主査】 まず、プロジェクトマネージャーと、名前がちょっと違うんですけども、プロジェクトリーダーというところを林先生をお願いをいたしておまして、それで、産総研さんにプロジェクトマネージャーということをお願いをいたしております。基本的に、プロジェクトマネージャーの産総研さんのほうでございますが、実施者側が最終的に5者、6者になってまいりましたんで、先ほど林先生の連携図がございましたが、そういった試験の結果の成果の取りまとめとか、取りつなぎとか、取りまとめについて主に担当していただいております。

【吉川分科会長】 ありがとうございます。

ほかにいかがでしょうか。どうぞ。

【板谷委員】 ちょっと細かい話ですけども、まず今二宮先生からもご質問あった件で、前半部分と後半部分の体制で、IHIが外れたところは、そっくりそのまま委託に変わったという理解なのですか。再委託のところが、そのまま委託先に変わったという。

【正木主査】 そうです。

【板谷委員】 そのほかのところは再委託のままということになったわけですか。

【正木主査】 JCOALさんはそのまま残っていただいておりますので、JCOALさんの再委託先に入っていたいた大学さんには、そのまま残っていただいております。

【板谷委員】 ということなのですね。

【正木主査】 はい。

【板谷委員】 それと、先ほどのロードマップのところに出てきていた発電効率ですけども、あれは送電端での効率のHHVという理解でよろしいですか。

【正木主査】 はい。

【板谷委員】 それと、あと、最後のほうで、今回の成果として出された青い部分の白抜きに書いてある

ところが送電端効率という理解でよろしいですか。この数字は、全体ではなくて。最後のほうで、9枚目の資料になりますかね。林先生のご説明された、達成された効率、A-I G F Cのときに約65%とおっしゃられたのは、この青色部分の数字という理解でよろしいですか。

【林教授】 はい。ちょっと表現が。バーのうちの青い部分が送電端効率ですね。赤い部分が所内動力部分です。

【板谷委員】 そこに書いてある数字も、その部分の数字ということでよろしいですね。

【林教授】 はい。

【板谷委員】 わかりました。

【吉川分科会長】 今のご質問にも関連するんですけど、このプロジェクト全体はガス化システムの部分の開発と。ところが、評価は発電システム全体の評価で、つまり、全然研究されていない部分にかなり依存していると。そうすると、ガス化システムだけ見た場合、例えば、いわゆる冷ガス効率とか、炭素転換率とかという観点から見て、通常のガス化炉、ガス化システムと比べてどうなんだというのがいまひとつ見えなかったんですけども、その辺はいかがでしょうか。

【林教授】 ガス化炉としてのパフォーマンスについては、詳細説明の後の議論のほうが適切かもしれないとは思いますが、実際の水蒸気の顕熱を投入するということではございますが、それを含めても、冷ガス効率そのものは95%から100%の範囲内に入るところで、あくまでも炉体からのヒートロスがないという前提ではございますが、我々が模擬反応系でベンチの連続系で全体を模擬する反応システムでデータとして得たパフォーマンスに基づく、それぐらいの効率が実際に得られるだろうというふうに期待できるという。したがって、当然、それに対応して、酸素消費量も、従来のガス化に比べると減っております。概略のところそういう数値を載せるべきだったかと思えます。

【吉川分科会長】 冷ガス効率100%のガス化炉というのは、1つの夢ですね。逆に、もしそれが実現可能であれば、全体が発電効率で65とかというよりも、ガス化炉としてこういう性能が出たんだということを強調されたほうが私はいいように思うんですけど。

【林教授】 おっしゃるとおりです。

【吉川分科会長】 ほかにいかがでしょうか。どうぞ。

【二宮分科会長代理】 もう一つ、主な成果がもう一つ私は理解できていないところがあるのですが、今出された1番目の低温ガス化、これはもう原理的な成果がこうですということですね。次の2枚目は、これは実際の流動解析、大型のコールドモデルをつくられて、流動解析をされたと。ここまではわかるのですが、次の3枚目のところで、これは実際に左側の図を見ると、何らかのベンチのホットガス化炉をつくられて、そのガス化炉の運転をされた結果ということよろしいのでしょうか。それとも、そうではなくて、左側のような装置をつくられて、実際に確かめられたということよろしいのでしょうか。

【林教授】 この部分でございますね。

【二宮分科会長代理】 この部分のこういうふうな装置が書かれているものですから、この装置をつくられて、実際に運転されたという。

【林教授】 では、申し上げます。産総研さんに、小型ではございますが、実験室規模のすべての反応器を含んだ連続系のシステムがございまして、そこに実際にカルシウム担持をした石炭を投入して、パフォーマンスが上がるということを実際に確かめております。それとは別途、バッチのいわゆるラボスケールのガス化もしております。

【二宮分科会長代理】 それはわかります。それで、そのときに、先ほどおっしゃられた熱分解炉のダウンナーでのタール分のチャーによる吸着と、あと、チャーのガス化ということも実際に実験されたと。

【林教授】 ええ。実際に出てくるタールは、この模擬反応系で確かめた値でございます。

【二宮分科会長代理】 わかりました。あと、4枚目が、全体のシステム解析をされたということでもいいわけですね。これは主な成果だということ。

【林教授】 はい。

【二宮分科会長代理】 わかりました。ありがとうございました。

【吉川分科会長】 今の話と関連して、よくわからないんですけども、今のシステムと2枚前のシステムですか、それとの兼ね合いはどういうふうになっていますか。その1個前ですね。

【林教授】 今のご質問は。

【吉川分科会長】 このシステムと先ほどの。

【林教授】 これですか。

【吉川分科会長】 そうです。

【林教授】 このカルシウム系、あるいはカルシウム／ナトリウム系の触媒転換に関しましては、2つ前のこの流動層のシステムに適用できるであろうと考えています。そことリンクした研究をしていたと。とくに、こことこととでのガス化促進の部分で適用できるということです。

おそらく、これ、触媒ガス化の位置付けに関するご質問ではないかと思ったのですが、これについては、このカリウムにつきましては、さらにこういう触媒よりも低温迅速なガス化を目指したわけですが、率直に申しますと、この部分については、必ずしもこれと粒子循環式の反応器システムを想定しているわけではないというのが率直なところで、しかしながら、この特性を生かすために、流動層にも適用できる担体を工夫する研究としても、少しこれよりはある意味でアドバンスの方向ではございますが、研究をそこまで展開しているということです。したがって、我々が中心、コアとして置いております粒子循環型の反応器システムにつきましては、当面のターゲットはここだというふうにご理解いただければと思います。

【吉川分科会長】 ありがとうございました。

ほかにいかがでしょう。どうぞ。

【相楽部長】 ちょっと時間が長引いて申しわけないんですけども、先ほど二宮先生から実施体制の点につきましてのご質問をいただきました。この点については、もし理解が正しければ、プロジェクトリーダーの位置付けのところを明確にすれば、ご理解いただけるのではないかと思います。プロジェクトリーダーと実施者の出身母体がかぶっているということについては、プロジェクトリーダーは、採択審査委員という位置付けではございませんので、そういった意味で、実施者とプロジェクトリーダーが同じ母体であるということに対しては、矛盾はございません。採択の際には、利害関係者はもちろん採択審査委員会委員からは外すというのは、それは大前提でございます。

プロジェクトリーダーの位置付けとしましては、プロジェクトが採択になりました後、推進をするにあたって、プロジェクトを取りまとめていただくにふさわしい方を、NEDOが委嘱をして、プロジェクトリーダーに就任をいただくということでございます。この場合につきましては、林先生にプロジェクトリーダーをお願いいたしまして、林先生からお話いただいたように、NEDO側に立ってというのは、全体を見渡して、どのようにプロジェクトを進めていったらいいかという立場で、NEDOと連携をとりながらプロジェクトを率いていただいたという、そういう位置付けになってござ

います。よろしゅうございますでしょうか。

【二宮分科会長代理】 今のお話ですと、プロジェクトリーダーが実施者となって、プロジェクトの委託先になって、実際にそういうことを主体となってやっても、それは差し支えないという、そういう理解でよろしいでしょうか。

【相楽部長】 はい。ほかのプロジェクトにおきましては、そういったケースもございます。あくまでも採択審査委員会は別でございますので、採択の段階での利害を有するというものではございません。よろしゅうございますか。

【吉川分科会長】 よろしいでしょうか。

【二宮分科会長代理】 はい。

## 6.プロジェクトの詳細説明

実施者より資料 6-に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【吉川分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは、質疑応答に移りたいと思います。いかがでしょうか。

私のほうから。最初に、この達成目標の根拠を明確にさせていただきたいんですが。20ページ、39枚目ですか、これにまとまっていますね。達成目標と達成度と。

【鈴木グループ長】 これですね。

【吉川分科会長】 ええ。これは、まず低温ガス化で、チャーリサイクルのガス化、これは炭素転換率の63という根拠ですね。それから、その次の、やっぱり特に気になるのは、タールが0.5%とされている根拠、それを目標にしているという根拠ですね。それから、あと、流動解析で、そこに書いてあるGs、固気比の値が、これは私のさっきの質問にも関係するんだけど、例えば、空気吹きでも同じ目標でいいのかというようなところですね。

【鈴木グループ長】 まず低温ガス化については、これは正直言いますと、このプロジェクトでは、低温ガス化については数値目標はなかったんです。つまり、このエクセルギー再生ができるのは、800℃ぐらいの温度、低温でガス化できるガス化装置を開発するというのが、実施計画書に書いてある目標です。ただ、ここに書いてある数字というのは、プロセスの要請から、先ほど言った、プロセス全体でガス化の効率、ガス効率の数字がありますが、それを達成するための逆算したチャーの転換率。ただし、これはアダロ炭とか、そういう比較的ガス化しやすい石炭をベースに計算してあります。

それから、2つ目の流動解析、これについては……。

【吉川分科会長】 いや、あとタールの目標、その根拠です。

【鈴木グループ長】 タールですね。

【林教授】 ちょっと補足していいですか。

ちょっと混乱を招いて申しわけありません。実は、達成目標の一番上の低温ガス化の部分については、一番上にある数字の52%というのが、中間評価段階での熱分解と水蒸気ガス化による炭素転換率だったんですね。下の63%というのは、最終的に、実験室で、限られた時間内ですが、到達した値。一番下の0.5%というのも、これも中間評価段階で、実験室規模ですが、到達していた値なので、ここは情報の張り込みがちょっと……。

【吉川分科会長】 ということは、これは目標ではなくて、得られたもの。

【林教授】　そうですね。1番目と3番目が、中間評価段階で既に得られていた値、真ん中が、ちょっと紛らわしいんですが、最終的に得られた値というので、これ、置き位置が間違っているようですので、最終的に訂正させていただきたいと思います。すみません。

【吉川分科会長】　というのは、特にタールの問題は、冒頭、この低温ガス化の大きなネックだと。そうすると、後段の機器に対して、どこまでタールが許容されるのかということと非常にリンクする話だと思うんですね。これで本当に達成目標なったと言われる理由がよくわからなかったんです、私は。

【鈴木グループ長】　タールについては、この装置だけで全部消そうということではなくて、タールの分解装置は一応想定しているんですね。

【林教授】　最終的に産総研の循環式の実験を、経時変化のグラフがありましたけど、あの条件で出てきたタールを詳細に分析して得られた結果としましては、BTXは一応タールから外すとすると、それよりも大きなものについては0.01%未満であったので、大体生成ガスレベルで言うと、我々が最終的に行き着いた値というのは、100mg/m<sup>3</sup>程度というふうにお考えいただけれと思います。ただし、これは、例えば、そのガスを燃料電池に持っていけるかということ、持っていけないので、そのレベルまで。

【吉川分科会長】　そういうことですね。

【鈴木グループ長】　タールについては、この装置だけで全部消そうということではなくて、タールの分解装置は一応想定しています。

それから、流動解析のほうですね。この循環速度について、コメントしていただければ。

【堤教授】　循環速度ですか。一番最初に、エクセルギー再生をやりますと、冷ガス効率としては130幾つになります。そのためのものすごい熱交換器等が要るわけですけど、それでどれだけガス化するので、吸熱反応ですから、どれだけ熱を与えなくてはいけないというのが決まりますので、それから計算しますと、粒子循環量がこのぐらいでないといけない。それはものすごく大きな数になります。

従来の循環流動層型のガス化炉も、ことごとく失敗したのは実はそこにありまして、それから計算しますと、高さが100メートルとか、200メートルとか、そのぐらいになります。したがって、高濃度で高循環速度というのが開発課題。高濃度のほうは、循環速度がでかければこのぐらいになるというのはわかっていますので、それで循環速度を350という値に設定しました。

【鈴木グループ長】　補足すると、ライザーのほうの酸素吹きか空気吹きかというのは、直接関係なくて、ガス化炉側の要請で、この循環量は決まってきます。

【吉川分科会長】　ただ、固気比というのは、空気吹きか酸素吹きかで変わってきますね。

【堤教授】　燃焼と違うから。

【鈴木グループ長】　それは変わらないです。固気比が必要なのは、循環炉は……。

【吉川分科会長】　そっち側ですか。わかりました。

【鈴木グループ長】　もちろん、濃いのを廻す必要がありますが、もう一つは、ダウンナーでの伝熱速度確保という目的です。

【吉川分科会長】　それでは、ご質問をお願いいたします。

【田中委員】　田中ですが。低温ガス化と触媒ガス化の、このプロジェクトの中の相対的な位置付けが、もう一つよく私は理解できないんですけども。2層流の低温ガス化、これにさらにいい触媒を付加することによってよくなるという話なのか、一部、一番右、ここには映っていないけど、ケミカルルーピングの話では、違うシステムのようにも聞こえるし、まずはこのプロジェクトにおける低温

ガス化と触媒ガス化の相対的な位置付けをちょっと整理していただきたいんですけど。

低温ガス化と触媒ガス化、この技術が両方成り立って初めてこのシステムが成り立つように聞こえるんだけど、でも、そうじゃないねという感じなんで

【鈴木グループ長】 説明がちょっとなかったんですけど、基本的な考え方は、まず触媒なしで低温ガス化をするというのが大目標になってございます。ただ、これは低温が800℃、もっと低い温度になれば、さらに、さっき言ったように、エクセルギー再生の効果が高くなりますので、使えるのであれば触媒を使いたいという、そういう立場になっています。ただし、これは、この触媒はすべて、先ほど想定している、我々が考えている3塔のガス化装置システムがありますけど、それとの親和性は考えて触媒というのを考えているということです。

【田中委員】 そうですか。

【鈴木グループ長】 ケミカルルーピングについては、今、かなり違うシステムだというふうにご指摘でしたけれども、基本的には、先ほど言った再生熱分解付きの2塔循環に、そのまま砂のかわりにカルシウムを置きかえるような形でできるとは考えています。そのときは、先ほど言ったように砂に比べて循環量、熱を運ぶ量が少なくなりますので、循環量速度が低減できるという効果とか、脱硫ができるという、そういう効果が期待できるわけです。

【田中委員】 全く素人なので、お聞きしたいんですけど、この触媒を入れることによって、熱分解炉とその下のガス化炉がある、そういう分離方式ですよね。それに悪さはしませんか、触媒は。熱分解のほうに。いや、単に聞いているだけですけど。

【林教授】 反応論的に言うと、いいところと、少し不利になる可能性がある部分がございます。例えば、カルシウムを担持した場合ですけれども、まずダウンナーにおけるタールの分解は非常に促進されます。一種の水蒸気改質です。それから、もちろん、流動層におけるチャーの水蒸気ガス化も促進されます。1点、弱点が、褐炭だとか石炭の組織にカルシウムを非常に高い分散度で分散させますと、最初にどんと起こる熱分解で発生する揮発成分の量が減るんです。逆に言うと、初期に出来るチャーがちょっと増えてしまいます。固体の中の反応については、よりチャーを増やす効果が、実はそういうアルカリ、アルカリ土類金属には一部ある場合がありますので、要するに、理想的には、もう熱分解でできるだけ高い割合でガス側にもものが行ってくればいいんですけど、その初期で固体とガス側の配分を決める反応でちょっと不利になる。しかしながら、総括で言うと、それを補って余りある効果が、適切な担持量であれば触媒であると考えています。トータルで言うと、コンバージョンは低くなることはない。温度を下げて、同等の程度で展開させられるというふうと考えています。

【田中委員】 ありがとうございます。

じゃ、この触媒に関しては、最後に1つだけ。どこかのシートに、3つぐらいの候補の触媒について、こうなった、こうなったと書かれていたんですけど、それで何が言えるのというのがないんですけど、我々ユーザーはすぐ先を急いじゃうんで申しわけないんですけど、もちろん、現時点で言えなくてもいいんですけど、こういうポテンシャルがあるねというところまで言っていただきたい。最終的な報告では、試験データの結果いいデータが得られた、で終わっちゃっているのだけど、今回のプロジェクトにおいて、この触媒はこのシステムに対してこういうポテンシャルがあるのでとかいうような、何かコメントをつけていただくと、すごくわかりやすくなるんですけど。お願いですけど。いや、それが可能かどうかわからないけど。

【林教授】 大切なご指摘だと思いました。そうすると、例えば、チャーのガス化について言うと、実際

に想定される条件で、流動層中で触媒を担持した場合のチャーのガス化がどういう状況で起こるかどうか、例えば、そういうパフォーマンスに関するデータを出せば、少しご理解はいただけるのでしょうか。そういうことでよろしいでしょうか。

【田中委員】　そうですね。私が言っているのは、一つ一つのメカニズムまできちっと示してほしいという意味ではなくて、こういう触媒を使ったらこうなったよ、こういう触媒を使ったらこうなったよ、だからよかったという感じにとられちゃうんですね。こういう触媒を使えば、今プロジェクトで扱っているシステムとして、よりこうなるよとか、こうなるポテンシャルがあるよとか、そういうような言い方ができないかなと。

【林教授】　わかりました。質問して恐縮ですが、例えば、流動層でチャーをガス化しますと、例えば、チャーのガス化速度が層内である一定レベル以上でないと定常状態を実現できなくなるわけです。チャーの蓄積が起り続けますので。それが破綻する条件なんです。しかしながら、あるところで速度が十分に速ければ、温度にもよりますが、あるレベルで層内チャーのホールドアップが定常になります。例えば、触媒添加がない場合は、最低850℃要るのが、100℃下げられるとか、そういうことをデータで示すことができれば、少しご理解いただけるということですか。

【田中委員】　そうですね。そう定量的なものにこだわりませんが、定性的な部分があってもいいと思います。

【林教授】　わかりました。努力いたします。ありがとうございます。

【吉川分科会長】　ありがとうございます。よろしいでしょうか。

ほかにいかがでしょう。どうぞ。

【白井委員】　低温ガス化の成果として、ガス収率が63%得られたことの意味をお教えてください。燃焼とガス化のバランスなど63%が得られれば系統的に成立するのか、もっと上を狙ったほうが良いのか、もっと下でもシステムは成立するのかということについてお伺いしたい。

【鈴木グループ長】　基本的には、これは目標炭というか、アダロ炭とか、そういうものに対してのシステムを成立するための条件というふうにして出しています。もちろん、だから、炭種によってかなりこれは変わるんですけども、基本的にはこのぐらいの、つまり、これは2塔、燃焼とガスが分離していますので、石炭ベースの炭素転換率はそんなに高くなくてもいい、ガス化炉のほうでは高くなくてもいいというのが特徴になっています。

【白井委員】　そうしますと、例えば、低炭化度炭でしたら良いけれど、少し炭化度が高くなってくると、もう少しガス収率を上げなくてはいけないとか、そういうようなことはあるのですか。

【林教授】　この63%というのは、700℃で水蒸気を入れるという仮定でいいんですね。その場合に、吸熱側の水蒸気ガス化と熱分解で、ガスへの転換率が目標値より高くなってしまうと、チャーの部分燃焼では熱を供給できなくなるという、要するに、それ以上はもう上げられないというレベルで決まっていますので、その割合については、もちろん、投入する原料炭の性状で多少は変わってまいります。おおよそ、そうむちゃくちゃには変わりませんので、問題は、もうちょっとハイランクの石炭になってまいりますと、この目標値を達成するのに、ガス化速度をどう引き上げるかというところが褐炭よりはつらくなります。

【白井委員】　ありがとうございました。

【吉川分科会長】　これ、システム全体としての炭素転換率はどういうことになっているんですか。

【林教授】　あくまで定常状態のシミュレーションベースですから、定常転換率で少ない……。



【吉川分科会長】 いや、実験データとして。

【林教授】 層内の連続試験では、層内の滞留量が完全には定常に達していませんが、先ほど鈴木PMから説明ありましたように、時間の制限がありまして、それですね。もう少し延ばすと、いわゆる定常の転換率に達するであると。いわゆる100%ということと言えるのではないかと。ただ、それを実際データで示すまでの燃焼時間が……。

【吉川分科会長】 その赤を延長して100を狙うということですか。

【林教授】 そうです。そうしたら定常の転換率ですね。要するに、供給速度と中の反応系内のチャーの滞留量が一定になるはずだということで、その場合、いわゆる定常転換率100%ですね。

【鈴木グループ長】 ただ、注意していただきたいのは、これは電気炉で加熱しているという条件だということ。

【吉川分科会長】 次、いかがでしょうか。どうぞ。

【神谷委員】 私は流動のところ、ダウナー内粒子、10ページ目ですか、粒子混合の最適化ですね。これの評価、差があるということはわかりましたが、これ、評価法としては、どんな方法を使って混合比というのは出されたんでしょう。

【鈴木グループ長】 こちらの担当の、伏見先生をお願いします。

【伏見准教授】 これは、その17 thermocouples と書いてあるところに、17個熱電対を刺しまして、それで、そのほかに、横から模擬粒子を入れているわけなんですけど、その温度をはかりまして、各軸方向でどういう温度分布を示すかというのをまずはかりました。それで、横から入れている粒子の温度を80℃程度に高くしていきまして、真ん中に書いていますけれども、回っている粒子は室温ですので、その17個の熱電対粒子ではかられているところの温度が高ければ、横からの粒子が相対的に多く入ってきているということを想定して、まず温度を求めました。その後、粒子の循環量は一定にしていますので、それに対して横から供給する量も一定にしていますから、平均でどれくらい温かい粒子がその熱電対に当たるかということが想定されますので、それに対してどれくらい混合が進んでいるかというのを計算しまして、混合の定量化をしたというふうにしたものです。

【鈴木グループ長】 温度測定からミキシングを推定したということですか。

【神谷委員】 これは、実際のコールドモデルではなくて、これを混合度の評価用につくったということですか。

【鈴木グループ長】 そうです。あるいは、その部分にこれを入れてということですか。

【伏見准教授】 だから、本体、実は左側のほうは省略していきまして、そこはダウナーの部分だけしか書いていませんが、実際は、先ほどの16メートルの装置を使っています、その一部をこれ用に改良したものです。

【鈴木グループ長】 この部分ですね。

【伏見准教授】 あそこですと、その下の部分ですね。分散器のすぐ下のところに横から供給する粒子、粒子供給部分を入れて、あと熱電対を17個刺せるようなパイプに取りかえまして、それで実験を行ったものです。

【神谷委員】 やっぱなかなかおもしろいですね。

【内田主査】 すみません、ご所属とお名前をお願いいたします。

【伏見准教授】 東京農工大の伏見と申します。すみません。

【吉川分科会長】 よろしいでしょうか。

【神谷委員】 あと、関連して、シミュレーションのほうですけども。これ、2成分、動的付着力ですか。この概念は、要は、これは弾性係数を操作したということになるのか、もう少し高級な概念があるのか。

【田中教授】 わかりました。阪大の田中が回答させていただきます。

これぐらいの粒径になってきますと、100ミクロンであるとか、100ミクロンアンダーとかぐらいになってきますと、実際に付着力をはかってみると、粒子の実際に働く重力よりも大きな付着力が働くような領域になってきて、実は、シミュレーションに関して言うと、大きなところはかなりいろいろやられているんですけど、こういう小さなところの問題というのは、実はまだ十分な実績がないというか、精度の保証がありません。それで、実際に付着力をはかる場で、それがどれくらい影響してくるのかということを目測するというのが非常に重要な課題になるという認識で、それを実際にやったわけです。

それで、実は実際に測定した付着力を入れた計算をやりますと、一番はじめに得られたのは、実は一番左端のような結果が得られてきて、それでは実際の現象というのはいま表現できないということがわかったわけです。それで、実際の計算では、これ、たくさんの粒子を扱わないといけない。そうすると、計算時間を短縮するというのをやらないと、実際にほとんど実用的な計算ができないわけですね。それで、実は、この付着力を表現するのに、ばね定数が非常に重要だということがわかったんですけど、これ、実際の計算では、ばね定数をものすごく弱くしているんですね。この10N/mというのは、これ、実はものすごく弱いばねです。これぐらいの計算をやらないと、実は大きな系というのは扱えないんです。それで、実際にはもっとばね定数というのは大きいんですけども、大きくしていくと、その付着力を入れても実際の流動が表現できるようになります。

それで、ここでは、その原因というか、ばね定数がなぜこういう影響があるのかということを目論的に明らかにして、それで、それに基づいて、実際の計算ができる弱いばねでもそれを表現できるようなモデルを開発したというのが、それがここで言っています動的付着モデルです。ですから、実際の物理を表現しようとするとき、実際のばねに近いものを入れてやればいいけれども、それでは実際のものの役には立たない、こういう実用的なことをやる。そういう場合に対応できるようなモデルを開発したと、そういうことです。よろしいでしょうか。

【神谷委員】 これは、ですから、粒径が小さくて、そうでしたら、要するに、チャーとかのサイズが100ミクロン程度という、いわゆる付着性が無視できない領域での計算法として展開したと。

【田中教授】 そうです。それから、この辺のところは、実はシミュレーション上の知見が不足しているところで、非常にこういう基礎的な検討をやらないといけなかったということです。

【神谷委員】 わかりました。

【吉川分科会長】 ほかに。じゃ、板谷先生。

【板谷委員】 まず全体的なところでお伺いしたいんですが、最初のほうでアダロ炭で試験をされているとおっしゃられたんですけども、後のほうの解析の全体の熱効率、そのあたりもそれを前提とした計算になるのでしょうか。

【壹岐グループ長】 産業技術総合研究所の壹岐と申します。

基本的な計算、今回お示ししたのは、アダロ炭を前提とした解析の結果でございます。プロジェクトの中では、ほかの対象についても追加的に検討はいたしております。

【板谷委員】 そうしますと、現状のIGCCの効率も、それを前提としての計算ということによろしい

わけですね。

【壹岐グループ長】 はい。仮想的な噴流床を求めて、アダロ炭ができたという仮想的なものでございます。

【板谷委員】 それで、そうだとすると、もしできれば、差し支えなければ、その石炭の性状データなんかを示していただけると、本当はありがたいのですけれども。

【鈴木グループ長】 それは後でよろしいですか。

【板谷委員】 はい。

それから、あとは、このシステム全体で考えたときに、水の収支というのはどういうふうになると考えればよろしいのでしょうか。

【壹岐グループ長】 プロセスシミュレータを使って物質・熱の収支をとっていきまして、ただ、プロセスシミュレータごとに得意な分野がありますので、それを幾つか組み合わせるところでは、実際、数値を移しかえるわけですが、それは確認して収支をとっているという形です。

【板谷委員】 そうしますと、実質的に、例えば、今ここにたまたま出ているその図でも構わないのですが、エクセルギー再生で使う水というのは、基本的にどこにインプットがあって、どこへアウトプットとして出ていくというふうに考えればよろしいでしょうか。

【壹岐グループ長】 排熱回収ボイラー、今指していただいています、そこに水が入ってまいりまして、水蒸気をつくります。高圧の水蒸気をつくりまして、それを蒸気タービンに一旦供給して、ちょうどガス化炉に適するところまで膨脹させて、あとは熱交換器で温度を調整して、700℃にして、ガス化炉に戻してやる、入れてやるという形になります。

【板谷委員】 蒸気タービンの蒸気が、途中で注気されて、それがこちらのガス化炉に入ってくる蒸気の一部として使われるということなのですね。

【壹岐グループ長】 はい。

【板谷委員】 それを700℃まで再加熱して利用するという形になっているわけですね。

【壱岐グループ長】 そうなっております。

【堤教授】 ちょっと補足をよろしいですか。東京大学の堤ですけど。

多分、先生がおっしゃっているのは、アイデアルの場合だと、これはどうなっているかという、入れた水が水素になっています。

【板谷委員】 全部水素に変わっているということですか。

【堤教授】 水素源は水です。でも、水蒸気がなくなって、完全に反応が止まっちゃうということになりますので、ある程度過剰にスチームを入れまして、それはリサイクルを最終的にはかけるという形になります。

【板谷委員】 でも、どこかで出てくるアウトプットの水はあるわけですよね。

【堤教授】 だから、それはまたリサイクルをかけることになりますね。

【板谷委員】 それをまたリサイクル。

【堤教授】 ただ、必ず水素源としての水は供給は必要になります。

【板谷委員】 そうですね。

【堤教授】 はい。

【板谷委員】 わかりました。

そうしますと、例えば、低品位炭なんかも想定されておられるという、最初のところでお話あった

と思うのですが、そういった場合、結構水分を含んだ石炭種なんかの場合ですと、そうすると、またちょっとこの辺の水蒸気のバランスというのは結構変わってくるような気がしますけれども。そのあたり、どういう最適設計をされる予定かなんかがもしありましたら。

【堤教授】 一応これは水分濃度をある程度低くしたやつで、アイデアルに全部計算しています。おっしゃるように、褐炭みたいなのは水分を含んでいますので、それは、この前の段階で乾燥プロセスを入れます。そここのところの乾燥にかかわるエネルギーというのはものすごく大きいので、そこではまた別の、自己熱再生乾燥というのを開発してまして、それを適用して、大体5分の1ぐらいにできますので、それを想定して最終的なプロセスを組み上げるということを考えています。

【板谷委員】 わかりました。

それから、ちょっと細かい話になりますけれども、まず熱伝達係数もはかられていますね。それは結構大きな熱伝達係数が得られたということで資料に書いてあったと思ったのですが、それ、ヌッセルト数にしますと大体どのぐらいになりますか。

と言いますのは、要するに、こういう粒子流体間の熱伝達係数は、粒子径でかなり大きくオーダーが依存してきますので。

【鈴木グループ長】 伏見君、覚えている？ ちょっと計算して、すみません。

【伏見准教授】 伝達係数しか覚えていないんですけども。

【鈴木グループ長】 ただ、粒子は、実際に想定する粒子でこれは実験していますので。

【板谷委員】 どのぐらいの粒子径の。

【伏見准教授】 粒子径が大体100～120マイクロメートル程度です。

【板谷委員】 そうしますと、やはりそここのヌッセルト数でも、熱伝達係数になると結構大きくなってきてしまうような気がしますので、その辺も、もしあれでしたら、示していただいたほうがという気はしますけれども。

【伏見准教授】 ありがとうございます。

【板谷委員】 それから、それぞれのいろんな要素研究をされて、その中で、例えば、触媒を使つてのガス化速度の促進等の検討もされているわけですが、では、今度、次のステップとしても進まれるとすると、どういった組み合わせが最も現実的で、最もいいというふうに考えておられるかというのがもしありましたら、教えていただけますか。

【林教授】 では、私からお答えいたします。

今説明してまいりました反応器システムそのものについては、実用化という観点から言うと、触媒を加えなくともできるガス化というのがまず最初にあると思います。したがって、A-IGCC、IGFCに関して言うと、それが1つの基本になります。しかしながら、わからない部分というのが、非常に循環速度が速い反応系ですので、その条件を緩和するという意味では、触媒が必要になるかもしれないというオプションがあります。

もう一つは、これは究極のガス化発電だろうと言っておりますS-IGFCに関して言うと、反応系の設計については、まだ余地があるかと思うので、さらに流動層ガス化の反応温度を下げる必要がある可能性が高いと認識しておりまして、その場合には、できるだけ簡便な方法が望まれますが、触媒を添加したガス化が必要になると考えています。

【板谷委員】 わかりました。

【吉川分科会長】 じゃ、二宮先生、どうぞ。

【二宮分科会長代理】 2点ほどあるのですけれども、1つは、これは最終的に30気圧ということであるということで、それで、この中に熱媒体として珪砂を入れるということによろしいのでしょうか。

その珪砂を入れたときに、珪砂と石炭の比率って、大体どのぐらいの割合で、実際そのライザーの部分、大体どのぐらいのイメージでこれは考えたらよろしいのでしょうか。

【鈴木グループ長】 非常に大きな循環速度を持っていますから、多分、圧倒的に珪砂だと思うんですが。

【二宮分科会長代理】 圧倒的に珪砂が多くて、チャーはあまり多く……。もし固体分離というならば。

【鈴木グループ長】 多分、数%以内、1%とか2%とか、CFBCありますね、蒸発の。精度でそれと同じぐらいだというふうに想定……。

【堤教授】 かなり多いです。

【鈴木グループ長】 多いですか。すみません、かなり多くなる。

【二宮分科会長代理】 どちらが多いのですか。

【鈴木グループ長】 チャーが多くなります。

【二宮分科会長代理】 チャーは大体どのぐらいの割合なのですか。

【堤教授】 結局、反応速度で決まりまして、反応速度が遅い、ガス化速度が遅いと、どんどんチャーが増えていって、そこで止まるわけですね。バランスしたところで。大体設計で想定しているのは、50%、半分ぐらいがチャーになっているような状態を想定しています。

【二宮分科会長代理】 わかりました。

そうしますと、まず所要動力として、今回、その部分の、先ほど圧力差でという話をされたと思いますが、その大循環の粒子が循環するときの全体のシステムの所要動力ってかなり大きいと思いますが、どのぐらいに相当しますか。

【鈴木グループ長】 実機での。

【二宮分科会長代理】 実機の想定として。

【堤教授】 多分、誤解があると思うのは、30気圧と言ったのは、A-IGCCやA-IGFCの場合で、これはガスタービンと直結させますので、ガスタービンは20数気圧ですので、余裕を見て10気圧足して、大体30気圧でやっていると。これは勿来の設備も、そういう形でやっています。

ただし、S-IGFC、要するに、ガス化炉と燃料電池を組み合わせる場合、この場合はガスタービンは要らなくなります。したがって、話は全然変わって、極端に言えば、常圧のガス化炉でもいけると。だから、何気圧にするかは、リアクターのボリュームとコストで最適にすればいいということですので、30気圧以下にはなりません。多分、10気圧とか、あるいは数気圧ぐらいのやつが最適になると思います。

【二宮分科会長代理】 そのときに、ここの部分の循環に対するポンプとか、あるいは動力の所要動力というのは、これはシステム全体でどのぐらい占めることになりますか。

【堤教授】 圧損をエネルギー……。

【二宮分科会長代理】 その数字がちょっと見えなかったものですか。

【鈴木グループ長】 そのところは、実は所内動力をまとめて計上しているだけです、実際には。

【二宮分科会長代理】 それがもしありましたら、一例でいいですので、示していただければと思います。

【鈴木グループ長】 でも、流動層の1つの欠点ですね。所要動力が多くなるというのは。

【二宮分科会長代理】 今回は、その部分が、全体のシステムの効率のいい部分に対して、どこまで影響を受けるのかなというのがちょっとわからなかったものですか、もしわかりましたお願いします。

それと、あともう一つ、昔の夕張のガス化炉の中のことをちょっと思い出しながらお聞きしたいのですが、夕張のガス化炉のときに、基本的には下段を燃焼炉にしたという理由の1つに、反応性の悪いチャーがあると。それを、結局、最後、燃焼炉で完全に燃やして、カーボンコンバージョンを上げた理解を私はしているのですけれども。今回の場合ですと、先ほどライザーが完全燃焼でなく、部分燃焼だということをおっしゃったと思うのですけれども、そうしますと、結果として、循環しているうちに反応性の悪いチャーばかりがここにどんどん残って、いわゆるグラファイトに近いようなチャーがどんどん燃えずに、反応せず、どんどん蓄積していくのではないかと。おそらく夕張のガス化炉のときは、それが結構大きな問題で、結果として、上段・下段を変えて、下段を燃焼炉にしたという経緯があったと思います。今回も、このシステムが大きくなったときに、同じようなことが起きる懸念をちょっと持ったのですけれどもいかがでしょうか。温度を低温化するというメリットは当然わかるのですけれども、ただ、石炭というのは基本的には悪い反応性の部分が必ずある。その部分に対する考慮がちょっと足りないと感じたのですが、そのあたりはいかがでしょう。

【林教授】 では、私のほうから説明いたします。

流動層におけるチャーの水蒸気ガス化に関しては、アダロと他の、例えば豪州褐炭等々で検討いたしました。それで、チャーの中で長時間水蒸気を浴びた場合、チャーの反応性に本当に変化が大きく起こるのかどうかを検証しました。そのところ、大きな低下はないということを確認しています。

したがって、私の理解では、夕張のガス化プロジェクトのすべてを理解しているとは自分でも思っていないんですが、あのときは反応性の悪いチャーがあるのではなくて、反応が進まないような流動層の環境があったということというふうに僕らは理解しています。それが、先ほどの揮発成分とチャーの相互作用であり、そのほかの理由も当然あるんですけど、ガス化がある程度以上のコンバージョンが層内で進まない状況に層内がどうしてもなってしまうと、それを解消しようとする、さらに空気比、あるいは酸素比を上げざるを得ないというのがシングル層の問題で、さらに言うと、そこまでやっても気相反応でタールをつぶせなかったというのが多分結果だろうと僕らは認識しています。

【二宮分科会長代理】 そうしますと、基本的に上で熱分解したチャーを飛ばして、その段階でかなりタール分が炭化して、いわゆる煤に近いようなものができてくると。それが下のガス化炉に入ってきますよね。そういうようなものが、逆に、今みたいなグラファイトに近いようなものになるということはないのでしょうか。

【林教授】 ご指摘のとおり、タールの分解改質の多くの部分を担っているのは、炭素の析出なんですね。基層からの炭素の析出なんですが、実際にダウンナーの部分で一定の水蒸気分圧、これは熱分解から出てくる水蒸気だけでもいいんですけど、それについては、大体蓄積がない程度まで、瞬時にかなりガス化が進みます。結果的に申しますと、それから流動層に落ちるチャーについても、実際の反応性の低下というのは大きくは起こらない。

ただ、正確に言いますと、ご指摘のとおり部分もありまして、これは非常に水素リッチな系になってしまいますので、反応性の低下は、その水素のせいで、若干は起きてきます。本当に長時間回すと若干起きてきますが、2～3割程度ぐらいまでいきます。それはグラファイト化ではないんですが、確かに水素がたくさんあると、炭素の構造の再編成がやっぱり起こりやすく部分というのはどうしても出てきます。しかしながら、2～3割程度というふうにお考えいただければいいと思います。

【鈴木グループ長】 それから、あと、低温ガス化では、グラファイト化というのは少し遅くなるのではないかと思いますけど。

【二宮分科会長代理】 わかりました。そうかもしれませんね。ただ、今回、循環量が多いということで、時間的にはかなり長時間ですよ。特に今回、ぐるぐる回っていますので、特にチャーが。なかなか最後、反応して消えるまでの、それまでに新しいフレッシュな石炭が来るものですから、未反応の部分が選択的にどんどん残されていくのではないかとの感じを受けたものですから、そういうコメントをさせていただきました。

【鈴木グループ長】 貴重なご意見ありがとうございます。

【吉川分科会長】 では、私のほうから幾つか質問させていただきたいんですけど。

まず低温ガス化の部分ですけれども、結局、冒頭、ほかのガス化に対してどういうメリットがあって、そのメリットはどれだけ実証されたのかということところが私はポイントになると思うんですけども。そういう意味で、まず低品位炭に使えるというメリットを掲げられて、その結論として、ほかのガス化炉に比べてこういう面で低品位炭に確かにすぐれていることがわかったということは、ちょっと私には見えなかったということですね。

それと、板谷先生の質問に関係するんですけども、各機器でのエネルギーバランスをとることが難しい。これを電気炉でやるのは非常に簡単だと思うんですよ。これが自立システムになったときに、いろんな問題が出てくるのではないかと思うんですね。これはやっぱり電気炉から次の自立システムに向かうにあたっての課題といいますか、その中で、この5年間のプロジェクトの成果というのは、先ほど私は目標を聞いたんですけども、実はこれは目標ではなくて、得られた結果だったということなので、じゃ、どういう目標が達成できて、どういう成果があったのかというのが、いまひとつ私はよくわからないんですけども、そこはいかがでしょうか。

【鈴木グループ長】 確におっしゃるとおりです。ただ、言いわけになるかもしれませんが、これは本当は、先生おっしゃるように、熱自立規模でこれを実証するというのが当初の本当の目的であった。それが、途中の計画変更によって、やむを得ずラボスケールになったということは、ここにまずご理解いただきたい。そのために、エネルギーバランスではなくて、すべて炭素の転換率みたいなもので表示しているということをまずご理解いただきたいと思います。

ただ、何がメリットかと言われると、今までのこの800℃前半の温度のガス化にしては非常に高い、電気炉ではありまして高い転換率が得られているという、それは言えると思います。

【堤教授】 よろしいですか。

低温ガス化のメリットは、ひとえにエクセルギー再生ができるというだけです。エクセルギー再生をやるから最終的な転換効率が上がる。そのために、ガスタービン、あるいは燃料電池の排熱程度の温度でガス化をやれるというのが鍵でして、少なくともそれができましたということでご理解していただけるかと思います。

【吉川分科会長】 ただ、もう一つのメリットは、やはり低温でやると、後段で排熱回収が楽になると。要するに、部分燃焼が少なくて済む。別にエクセルギー回収だけではなくて、そういうメリットもあると思うんですけども、やっぱり一方で、反応速度が遅くなるという本質的な問題があるので、その辺が結局どうクリアされたのかよくわからなかった。

【堤教授】 トータルの、それは全体システムの設計そのものになるかと思うんですが。

【吉川分科会長】 それと、コールドモデルのほうですけれども、これも確かにコールドモデルで設定さ

れたターゲットは達成されたということなんですけれども、じゃ、これがホットになって、またいろんな課題があると思うんですよ。コールドでここまで来たけど、じゃ、次にホットに、実際2000キロというんですか、これが達成できる見通しといたしますか、そこはいかがですか。

【堤教授】 通常の設計方法は、ホットモデルをつかって、それと全く同じ大きさのコールドモデルをつかって、スケールアップして、またホットモデルで実証して、コールドモデルで追っかけるというんですが、当初、25年あるいは30年かかって商業化をやった場合に、それをやると3ステップぐらいかかりますので、予算の関係上、ホットモデルの大きなのができないということで、それならば、もう最初にコールドモデルでパイロットスケールのやつをとって、データを押さえましょうというような、通常のやり方とはちょっと違う形でやりました。

だから、少なくともホットモデルとコールドモデルでスケールが同じだったら、大体流動はこうなるというのは把握できますので、そういった意味では、この大きさのホットモデルをつくったときに、どういう流動が起こるかというのは、確実に把握できたと考えています。

【吉川分科会長】 例えば、さっきのご質問に関して、例えばチャーが半分で、シリカが半分だという状況がどう模擬できているんですか、このコールドモデルで。

【堤教授】 それは、粒子濃度がどのぐらいで回っているかという問題だと思いますが。

【吉川分科会長】 要するに、2種類の粒子が存在しているということですね。

【堤教授】 はい。

【伏見准教授】 データもあります。今日はお示ししなかったんですけど、これは全部シリカ、珪砂の場合のデータなんですけれども、体積比率で半分が珪砂で、半分がチャー模擬粒子というものの実験も実はしております、その場合、高速循環が大体G sで言うと400kg/(m<sup>2</sup>・s)ぐらいですけども、400弱のところまでの高速循環は可能であることは確かめております。

【吉川分科会長】 わかりました。

それと、あと、最後のシステムのところなんですけれども、結局、このエクセルギーの循環、水蒸気ガス化に持っていくというところで、ポイントはやっぱり温度だと思うんですね。結局、700℃という水蒸気が出てこない、これはガス化はできないと。ところが、先ほどのシステムを見ますと、700℃の蒸気を出すためには、1700℃級のガスタービンの排気がなければいけないと。そうすると、1700℃級のタービンができない限り、これはできないという感じに私はとれるんですけど、いかがでしょうか。

【堤教授】 おっしゃるとおりです。それが大分、中間評価も含めて、指摘されたことで、だから、本当はガスタービンとか、こういったトータルシステム個々の機器の開発も全部並行してやらなくてはならないと思います。

ただ、S-IGFCは可能なわけですが。ガスタービンがありませんので。だから、最終的な我々の結論としては、そこに向かおうというふうに考えたわけです。

【林教授】 ちょっとだけ追加させてください。A-IGCCとA-IGFCについては、実際には温度レベルの問題で、排熱だけで吸熱反応を進めることができなかつたので、それで、最小限、一部を部分燃焼によって熱を得て、それで正味の、いわゆる局所の冷ガス効率としては、大体オートサーマル、ニュートラルな100%近いガス化を目指しましょうということで、その方針で途中から実際の反応系の研究を行いました。

【吉川分科会長】 何か再度全体を通してございますでしょうか。二宮先生、どうぞ。



【二宮分科会長代理】 今、S-I G F Cの話が出てきたもので、私、びっくりしているのですけれども。というのは、もともと燃料電池の場合、多分、ガス濃度の低いところで、ほとんど起電力は出てこなくて、基本的に、原理的にも私は使えないと思っていますが、今、それは原理的に可能だというような発言かと思います。つまり、その濃度が、本来、燃料電池の場合ですと、入り口のほうはガス濃度が高いですから、当然、起電力は発生します。ところが、後段に行けば、どんどん燃料極側の濃度が下がってきますから、基本的には発電できない。そのために、その後にタービンがついているという理解を私はしていましたが、今回はそうではないということでしょうか。

【堤教授】 全く正しいご指摘だと思います。要するに、あれはコンバインドサイクルではなくて、大体コストで考えますと、7対3ぐらいで、7を燃料電池で、残りの3を、未燃のやつをガスタービンで燃やしているというのが実際のところですよ。

ただ、今回ののはピュア水素にしまして、水素・スチーム、スチームが負極側に出ますので、要するに、最終的にはスチーム・水素の混合物になります、出口が。だから、出力がどんどん落ちるわけですよ。だから、そこのところをスチーム・水素を分離するシステムを入れて、水素を循環する操作をすることによって、100%そこで燃料電池で使えます。

【鈴木グループ長】 燃料の循環をするわけです。

【堤教授】 だから、課題に幾つかあったと思いますけど、スチーム・水素分離、高温分離とかいうのは、そういう課題の意味です。

【二宮分科会長代理】 わかりました。

【吉川分科会長】 じゃ、板谷先生、どうぞ。

【板谷委員】 さっき聞き忘れた点をまず確認したいんですが、低温ガス化のところ、熱分解炉の中でチャーでタールを低減するというところ、チャーと石炭比が0.85と0.15という比で書かれていたんですが、これはライザーから来たチャーが0.85で、あと熱分解炉へ投入するのが0.15の石炭というふうな理解なんですか。それとも、ここのチャーというのは、熱分解炉で熱分解したチャーも含めての、トータルのチャーということになるのでしょうか。

【鈴木グループ長】 これは……。

【林教授】 ちょっと図を出せますかね。9枚目のスライドかなんかのところに85対15の比率が書いてあったと思うんですけど。

【鈴木グループ長】 これですね。

【林教授】 これは炭素基準で、チャーとして供給したチャーの炭素が85に対して、石炭として供給した炭素が15という場合です。

【板谷委員】 これ、実際の装置を考えますと、熱分解炉の中では、その供給した石炭が熱分解されてチャーになりますよね。

【林教授】 はい。

【板谷委員】 そのチャーも含めて、戻ってきたチャーとそこでできたチャーを足し合わせたものが85ということですか。

【林教授】 ライザーからリサイクルされてくるチャーが85の場合ということですね、これは。

【板谷委員】 ということですか。

【林教授】 実際には、こういう百分率表示をしますと、もっこのチャーの割合が高くなります。極端に言うと、10%以下、5%程度になりますので、現実の想定される系は、石炭供給比に対するチャー

一の循環速度がもっと大きくなるというふうに考えています。

【板谷委員】 そうしますと、内部循環で回っているチャーというのは、ものすごい量ということになりますので、そうすると……。

【林教授】 それより非常に大きなホールドアップが出てくるということです。

【板谷委員】 じゃ、循環のところのホールドアップは大体どのぐらいなのでしょう。先ほどの目標値だとすると。

【林教授】 プロジェクトの過程で流動層ガス化と熱分解に対するデータがそろってまいりましたときに、およその循環の状況を計算したんですね。そのときに、これはもう堤先生からありましたように、転換速度の関数になってしまうんですけど、チャーのガス化があまり速くないという想定の場合には、循環している粒子の体積基準で言うと、半分ぐらいがチャーになる可能性があるというふうに考えました。したがって、先ほど伏見さんから話がありましたように、ナイロンショットで石炭を比重の上で模擬して、半分がナイロンショットというところまでコールドモデルでやっていただいたということです。

【板谷委員】 そうですか。

それから、先ほどのところで、最後のS-I G F Cのところ、そうしますと、当初、水素の分離はどうするのかなと思ったんですけど、先ほどのお話ですと、全部ピュアな水素にして、あとは水蒸気だから、水蒸気で落としてしまえば、残りが水素だから、分離ができるということでしょうか。

【鈴木グループ長】 そうですね。

【板谷委員】 わかりました。

【吉川分科会長】 ほかにはよろしいですか。じゃ、どうぞ。

【白井委員】 再度確認させていただきたい。現在の成果として、850℃でガス化できたことは、効率向上のために、今のI G C Cに低温ガス化を適用する上で十分な成果であると言えるのか、やっぱり700℃まで進めないとは大幅な向上が認められないというのか、現時点での成果に対しての評価を教えてください。

【堤教授】 今の時点での評価というのが、現在、商用化されているのが、要するに、高温の噴流層ですから、比較が非常に……。最初から、そういう今のやつに対してどのぐらいなのかというのは大分言われて、ずっと比較をどうするかというのを、流動層を使って今のシステムでやった場合とか、そういうので比較していますが、850℃ですと、実際問題、先ほどもご指摘ありましたように、熱源がありません。1700℃級のガスタービンでも少し厳しいぐらいです。だから、今ない技術に対しての、あったとしたらどのぐらいになるかという仮定でしかありませんので、あくまでも仮定の話になってしまうですね。

【白井委員】 そうすると、最終的には700℃を目指さなくてはいけないという意味ですか。

【堤教授】 だからこそ、ガスタービンはあきらめる。

【林教授】 今あったのは、あくまで燃焼しない場合ですよ。発熱反応、部分燃焼を可能な限り減らすという方向ではありますけど、それでも十分850℃では大丈夫だし、現実、触媒を添加しなくても、800～850℃の流動層温度で、先ほど申し上げました熱分解改質ガス化プラス部分燃焼で成立はできます。

【鈴木グループ長】 ただ、温度が低くなると、ガス化炉の体積が大きくなるという、そういう問題で、それとの兼ね合いで温度が最終的には決まると思います。

【吉川分科会長】 今のご質問に関係するんですけども、そういう意味で、ギッシングでやられている2塔式の、こっち側は水蒸気ガス化で、こっち側が燃焼というのにある意味では似ている部分がありますね。それで、あれで成り立っているのは、別に700℃の水蒸気じゃなくても成り立っているの、ああいうコンセプトと、もうちょっと低い水蒸気の回収で持ってくるのとの組み合わせというのはどうなんですか、可能性は。

【林教授】 要するに、どのくらいの温度レベルの熱が発電側から取り出せるかということになりますけど、理想的には、その温度より低い温度で吸熱反応を操作するほうがいいですね。それはもっともなんですけど、現状、ある程度合理性を現実で持たせた、今説明申し上げた反応系ですと、やはり一番トップで900℃ぐらいの温度があったほうが操作はしやすいということですね。

ただ、究極的に言うと、例えば、もう活性の高いチャーだけ原料としてほうり込むようなものであれば、もういきなり700℃の流動層でも不可能ではないということになります。したがって、ちょっと幅を持たせてしまうと混乱は起こるんですけど、状況によって、入熱のレベルによって状況は変わるのではないかと正直には思っていますが、あくまでこのプロジェクトの中心は、粒子循環式の反応システムであったというふうにご理解いただければと。その場合には、やっぱり温度が高いところもある、もうつくらざるを得ないということですね。

【鈴木グループ長】 低温でエクセルギー再生がしっかりできれば、もちろん低温でいいんですけども。

【吉川分科会長】 わかりました。

田中委員、何かございますか。

【田中委員】 最後のほうで、今後の展開だったかな、タイトルは忘れましたが。そこで、周辺技術は、その熟成を見極めると、ちょっと言葉が違いますが、そんな表現があったと思うんですけど、周辺技術の定義にもよりますけれど、高温ガス精製の技術というのは、ここで周辺技術に入れているんですか。

【鈴木グループ長】 解析上は入れていますね。

【田中委員】 ちょっと気になったのは、この横軸がどのぐらいの長さかによっても変わると思うんですけど、高温ガス精製の中でも、集塵だとか、脱硫をどうするかということで、今回のシステムからニーズを出さないと育っていかないような領域はないのかなと。だから、見極めているだけでいいのかなという。

【鈴木グループ長】 それは、今言ったように、このシステムの成立の条件として、幾つかの技術課題は提示しましたが、それはこのプロジェクトからの発信ということで、こういう特殊な熱交換器とか、特殊なガスタービンを開発してくださいというような、そんな話になります。

【田中委員】 だから、周辺技術の話の中の、特に高温ガス精製のところで、例えば、炉内脱硫をやるんだというふうになってくると、ガス化炉自身に戻ってきますね。それだと、見極めているだけでは済まないような気がするんで、その整理をされた上で、ここはこういう形で見極める、ここは、このプロジェクトの中でやるかどうかは別として、こういう技術を今後やっていかなければいけないとか。単に見極めると言われると、本当に見極めれば誰かやってくれるのかなという気がするんですが。特に高温ガス精製については、ガス化炉とかなり結びつきが強いと思うので。

【堤教授】 こういうふうを考えています。必要になってくるのは高温ガス分離、ガス精製、それから、スチームと水素の分離とか、そういった高温ガス分離が重要になってきます。

ただし、自己熱再生という技術がありまして、一旦温度を下げてしまうんですね。低い温度で分離

して、また温度を上げる。上げるときに必要な熱を、下げるときをやつで使うという技術が出てきています。それを最終的には使えるというふうに考えています。もちろん、高温で、例えば膜分離とか、そういうのがアベイラブルになれば、それを使うことができる。

何が言いたいかといいますと、少なくとも現状の持っている技術、すなわち、何か膜ができないといけないとか、吸収剤ができないといけないとか、そういうことではなくて、今の技術でも実践できることは可能だと思います。だから、ここで言っているのは、そういったことを全部踏まえて、最終的にはどういう形でプロセスを組み上げていくかということだと思います。

【田中委員】 　だから、その周辺技術の中でも、例えば脱硫をどう考えるのかによって、炉内脱硫をやるんだとなれば、炉内脱硫でどうかという検討をもしするのであれば、ガス化炉そのものにかかわってくるので、いいのかなと。いいのかなというのは、単に見極めるだけでいいのかなと、そういうことです。あるいは、集塵の話ね。

【鈴木グループ長】 　我々が主体的にやらなければいけないという意味ですか。

【吉川分科会長】 　今のご質問は非常に大事で、例えば1700℃ガスタービン、ほうっておいても別のルートで開発を進めるわけなので、それは逆に、それができるのを待っていればいいんですけども、例えば、このプロジェクトが立ち上がらないと開発できないというものは永久にできないので、その辺の今後の将来の課題の区分けといいますか、それをきっちりされたほうがいいと思うんですね。

【鈴木グループ長】 　はい、貴重な……。

【吉川分科会長】 　ほかに、大体時間になりましたけど、よろしいでしょうか。  
どうぞ。

【神谷委員】 　これは高温でのホットモデルはできなかったのだけれども、さっきのコールドモデルで石炭模擬粒子が使われて、非常におもしろい研究をされていると思いますが、やっぱり高温になりますと、粒子間の相互作用も大分変わってきますので、その点では、やはり今後の課題だと思いますけど、高温下での挙動というのは、それにつけ加えたような研究ができれば、ぜひ進めていただきたいと思います。これはコメントです。

【吉川分科会長】 　最後に、メーカーさんで唯一入られている三菱重工さんにちょっとお伺いしたいんですけども、今回は主としてガス化の部分が開発されたということで、その成果を踏まえまして、特にガス化部分で、やはりメーカーさんとして、実施自分が例えばパイロットプラントをつくるということになったとき、この辺が問題だろうと思われるところをちょっとコメントいただきたいんですけど。

【石井グループ長】 　申しわけありませんけど、今回のシステム検討におきましては、私ども、ガス化の部分につきましては、以前IHIさんがやられた検討をベースにしてやらせていただいたということで、特段、今回の流動層の検討につきましては、やらせていただいておりますので、コメントできません。

【吉川分科会長】 　わかりました。

## 7.全体を通しての質疑

省略された。

## 8.まとめ・講評

各委員から、以下の講評があった。

【田中委員】 講評というか、またコメントみたいになっちゃうんですけど、今日ご説明いただきまして、それなりに理解できたし、この技術、期待したいなと思っているんですけど、最後のまとめ方になるのかもしれませんが、今後、石炭を使った高効率発電技術の重要性はうたわれているのは当たり前で、当然でいいんですけど、そのための技術というのは、単にこれだけではなくて、NEDOさんの中でも、ほかでもやっているし、あると思うんですね。横軸の時間軸も違うかもしれませんが、今回のこのプロジェクトで目指している技術というのが、現在の並行して動いているような技術との相対的な位置付けを示していただいて、このプロジェクトはこうだよというような発信というか、まとめ方をしていただきたいなと思います。別にこれが最後に一つに絞られるという必要は全然ないと思うので、我々ユーザーにとってみれば、選択肢があったっていいんですけども、その選択肢の一つという位置付けかもしれないし、そういうような、この技術的なまとめ方をしていただきたいなと思います。ちょっと講評になっていませんけれども、よろしくをお願いします。

【吉川分科会長】 ありがとうございます。

白井委員、お願いいたします。

【白井委員】 今日は、ご説明いただきまして、非常に理解できました。やはり高効率の発電を目指すといった場合、まだハードルが高いということを感じます。ただし、成果については、非常によい成果が得られていると思います。ですから、例えば、波及効果に記載されている、バイオマスのガス化などに効率の改善という観点から、ぜひ検討をしていただきたい。また、そういうことで、基盤研究がさらによいものになっていくと考えます。ぜひ波及効果も含めた形で検討をお願いしたいと思います。以上です。

【吉川分科会長】 神谷委員、お願いいたします。

【神谷委員】 多分、予算の関係だと思いますけれども、ホットモデルができなかったというのは確かに残念だと思いますけれども、個々の成果は、限られた予算の中で、非常に貴重な成果が得られていると思います。大体こういうチームプロジェクトでの共通の指摘ですけど、個々は頑張るんですけど、その間の連携という意味で、もし可能であれば、今後も、例えば、さっきの流動のところと実際のガス化反応の部分、こういったところ、それから、モデリングのところですね。コールドモデルを使ったものと、さっきの混合のところなんか、本当はおもしろい課題、シミュレーションにとっても非常におもしろい課題の部分だと思いますので、構造と混合の問題等々。おそらく、これは研究の種といえますか、シーズとしては非常におもしろいところが出ていると思いますので、これは今後どうなっていくのか、よくわかっていないのですが、非常に重要な課題が抽出されていると思います。

また、先ほど田中委員がおっしゃったように、ガス精製の部分とか、途中でご質問しましたが、灰の循環の話、これは多分チャーの循環も当然入ってくると思いますので、その辺も今後の課題としてやはり抽出をしておいていただいて、将来の発展につなげていただけるような最終的な報告書といえますか、まとめをしていただければと思います。

【吉川分科会長】 板谷委員、お願いします。

【板谷委員】 今日、いろいろお話を聞かせていただきまして、大分よくわかってきました。それと、あと、それぞれの個別の研究に対しましては、要素研究として、要素技術として、非常にすぐれた成果を出されておられると思いました。

ただ、実際にこれをプロセスとして、あるいはシステムとして組み上げていったときに、どうい

ふうに整理をしていくのだろうか、あるいは、どういう装置設計していくのだろうかという思いもいろいろございますけれども、このあたり、今後どのような形で展開していくのかわかりませんが、やはり今後展開していく上では、ある程度実証研究で見えるような形の、今でき得る中で最適な基本設計のようなものをしていただいて、今後の展開につなげていただければと思います。

以上です。

【吉川分科会長】 二宮委員、お願いいたします。

【二宮分科会長代理】 皆さんと同じで、今日の話をお聞かせいただきまして、やっと理解ができたと思います。特に、先ほど堤先生のほうから言われた、今回の一番の目的は低温のガス化だとおっしゃる中で、林先生のお話を聞きまして、熱分解炉とガス化炉とを分けることによって、今までの流動層ガス化炉の問題点がわかってきて、さらに低温ガス化の方向性がみえてきたという意味では、今回、非常に大きな知見が得られたと思います。

ただ、ちょっと残念なところは、この事業原簿は非常にページ数が少ないことです。これはページ数が決まっているのでしょうか。というのは、今回、読ませていただいて、先ほどのいろいろな成果があるにもかかわらず、何も書かれていないことが多いことです。今日初めて聞いたという部分が多くて、先ほど粒子の50%、50%の話も、多分、これは載っていないのではないかと思いますけれども、伏見先生が実験を行われた成果だとするならば、これも本来、これが最終公表成果だとするならば、この内容の載せてあってよいかと思いました。非常に膨大な成果があるわりには、非常にコンパクトにまとめられていて、ちょっとわかりづらかったというところがあります。

以上でございます。

【吉川分科会長】 ありがとうございます。

最後、私のコメントですけれども、エクセルギー再生と組み合わせた低温ガス化というコンセプトでは非常におもしろい成果が上がっていると思います。ただ、これをIGCCと組み合わせるとか、それから、燃料電池と組み合わせるところに非常に大きな無理があるなど。これを実用するという観点から。まだまだそれははるか遠い世界になると思うので、もし仮に、これ、次にパイロットに行くという方向を出すのであれば、もうちょっと手前で実現できるシステム、もうちょっと低温の水蒸気が使えとか、それから、出口側が必ずしも発電ではないというような、いろんなオプションがあると思うんですけれども、そういう形でこの成果を次につなげていくというのが私は望ましいのではないかなと思います。

委員の皆様からは、以上でよろしいでしょうか。

では、推進部長、それからPLも、何かございましたらお願いいたします。

【林教授】 本日は多くの重要なお指摘とコメントをいただいたように思いますし、その意味では、ある程度は我々が取り組んできた技術研究開発の内容についてご理解いただけたのではないかなと思っております。改めてお礼を申し上げます。

今、最後の講評にいただいただけでも、随分と大事な宿題を与えていただいたと思いますので、それよりも前にいただいたコメントも含めて、何とか全力でクリアして、より真つ当に成果を我々も表現できるように、また一工夫したいと思います。今日はありがとうございました。

【相楽部長】 本日は、長時間にわたりましていろいろなご議論いただきまして、まことにありがとうございました。今日、いろいろな説明の機会を与えていただきまして、なかなか紙では十分説明し尽くせ

なかった部分を、NEDO側のマネジメントの部分、それから実施者の方々の技術的な部分について、説明をさせていただけたのではないかと考えております。

また、先生方からいただきましたコメントにつきましては、非常に有意義なものが多いので、今後の報告の取りまとめにも反映していきたいと思っておりますし、また、評価の観点からも、今日いただいたご質問、それから、また追加等でご質問、ツケになっている部分も返しながら、最終的にプロジェクトの成果として取りまとめをしていきたいと考えております。

中で、今後どうしていくのかというご議論をいただいていたんですけども、ここまで非常にいい研究を、特に今回の研究につきましては、アカデミアの方々にはかなり多くご参加いただきまして、日本の将来の石炭火力のオプションというか、何ができるのかという意味では、もう先生方ご指摘いただきましたように、非常に有意義な研究がなされたのではないかと考えております。ここからすぐまた何かできるかという、いろんな周辺技術の問題等もあって、先になるかとは思いますが、ここで一旦振り返るといって、調査といったような形で、今後何をしていくべきかということは、特にエンジニアリングの部分、それから、中に出てきたケミカルルーピングの話とか、そういったことも含めて、NEDOとしても進めていきたいと思っております。

いずれにせよ、今日評価をいただきまして、今後のNEDOの研究に反映してまいりたいと思っておりますので、本日はどうもありがとうございました。

9.今後の予定、その他

10.閉会

以上