

# 「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」

## 事後評価報告書（案）概要

### 目 次

分科会委員名簿 .....	1
プロジェクト概要 .....	2
評価概要（案） .....	6
評点結果 .....	11

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  
「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成21年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	かめやま ひでお 亀山 秀雄	東京農工大学大学院 技術経営研究科 教授
分科会長 代理	えぐち こういち 江口 浩一	京都大学大学院 工学研究科 物質エネルギー化学専攻 教授
委員	こまはし しずか 駒橋 徐	産業ジャーナリスト
	まつだ たけし 松田 剛	北見工業大学 マテリアル工学科 教授
	まつやま ひでと 松山 秀人	神戸大学大学院 工学研究科 応用化学専攻 教授
	もりもと ゆう 森本 友	株式会社豊田中央研究所 燃料電池システム研究室 室長

敬称略、五十音順

事務局：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価部



開発体制	経産省担当原課	経済産業省 資源エネルギー庁 資源燃料部 石油流通課
	プロジェクトリーダー	無し
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載)	委託先：岩谷産業株式会社、日本ガイシ株式会社 再委託先：九州大学、岐阜大学、産業技術総合研究所
情勢変化への対応		
Ⅲ. 研究開発成果について	家庭用固体高分子形燃料電池発電システムの早期導入・普及のためには、LPガスを燃料としたシステムを早期に実用化することが必要でありまた、国内のみならず国際的に技術的優位性を獲得するためには、時代を先取りし、国際的なリーダーシップを発揮する必要がある。この状況下、本事業の目標が達成された場合には、LPガスを用いたコンパクトで低コストな改質装置の実用化が実現し、ひいてはLPガスをエネルギー源とする我が国の過半数の世帯に固体高分子形燃料電池発電システムを導入することが可能になり、波及効果が大きい。	
	投稿論文	「査読付き」1件、「その他」9件
	特許	「出願済」6件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）
Ⅳ. 実用化、事業化の見通しについて	LPガスは、すでに我が国に十分に普及、浸透したエネルギーであり、国内に限定しても需要は充分といえる。また燃料電池に対する認識も高まってきている現状、技術開発が成功した際の広い燃料電池発電システムの普及が可能である。なお、家庭用燃料電池については、2020年には257,500百万円と市場規模があると試算されている。システムのうち改質装置が閉める価格の割合から計算すると改質装置の市場規模は180～257億円/年で、メンブレンリアクターのシェアを10%と仮定すると18～26億円/年の市場規模となる。	
Ⅴ. 評価に関する事項	事前評価	平成17年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部
	中間評価以降	なし
Ⅵ. 基本計画に関する事項	作成時期	平成18年2月 作成
	変更履歴	なし

技術分野全体での位置づけ  
(分科会資料6より抜粋)

**NEDO** I-2.事業の位置付け・必要性【エネルギーイノベーションプログラム】 公開

**【エネルギーイノベーションプログラムの5つの政策の柱】**

- I. 総合エネルギー効率の向上
- II. 運輸部門の燃料多様化
- III. **新エネルギー等の開発・導入促進**
- IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保
- V. **化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用**

○目的  
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。

○達成目標  
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。

○目的  
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。

○達成目標  
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進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。

高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発はIII, Vに寄与

事業原簿 I-1, I-7 3

**NEDO** I-8.事業の位置づけ・必要性【メンブレンリアクターを用いた改質の特徴】 公開

3段階のプロセスを必要とする従来の改質方法に比べ、簡単なプロセスで純度の高い水素を得ることができる。

水蒸気改質方式

原料 + H<sub>2</sub>O → 水素 + CO + CO<sub>2</sub> (水蒸気改質反応)  
 CO + H<sub>2</sub>O → 水素 + CO<sub>2</sub> (CO変成反応)  
 CO + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> (CO選択酸化反応)

3段階の改質が必要

メンブレンリアクター

LPガス + H<sub>2</sub>O → 水素 + CO + CO<sub>2</sub>  
分離膜で反応系から除去

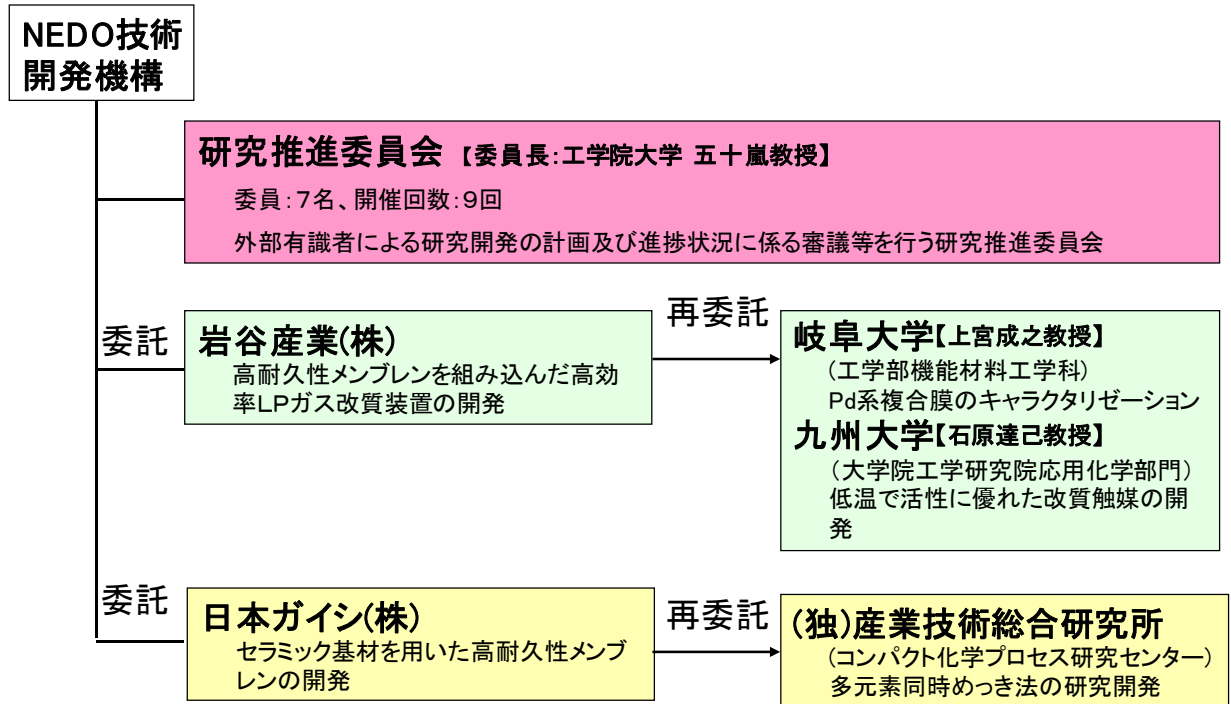
純水素98%以上  
(目標)

LP容器の自圧を利用して一段階で改質が可能！(透過の際の昇圧等に係る補機不要)

事業原簿 I-4~I-6 9

# 「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」

## 全体の研究開発実施体制



# 「高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発」（事後評価）

## 評価概要（案）

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

全国的に普及している加圧LPガスを使用したメンブレン型改質器は、高効率で低コスト化が可能な燃料電池用水素製造法として大きな可能性があり、原理的に優れた家庭用燃料電池システムの研究開発を目指している点で意義は高く、NEDO事業として適している。

技術的な困難さの中で、耐久性を課題として取り組んだこと、メンブレン製造技術としては世界で最も進んだレベルに到達したと言えること、システムの可能性と問題点を明らかにしたことは大きな成果であり評価できる。

ただし、実用化に際しては耐久性が一番の課題であるが、耐久性評価の条件が、家庭用燃料電池の使用条件（DSS: Daily Start Stop 運転）と離れていること、また、耐久性の目標が未達であることから、実用化までには少し距離がある。

#### 2) 今後に対する提言

通常の改質系を備えたエネファームのシステムがすでに市販されており、メンブレン型改質器はそれを意識しつつ、実用化、小型化を目指す上で解決すべき技術的な課題をより明確にし、目標とステップを踏んで開発せざるを得ない社会的背景にある。ここで得られた知見を基に、各参画企業はさらに実用化に向けた取り組みを、継続していただきたい。

水素分離膜、改質触媒などはメンブレン型改質システムとしての用途に限らず重要な基礎技術であるため、個々の要素開発と燃料電池システム実証の同時並行開発が望まれる。耐久性評価については、加速試験を含む膜と基材の4万時間を見すえた耐久テストのフェーズに入ることが望まれる。

### 2. 各論

#### 1) 事業の位置付け・必要性について

本事業は地域での燃料電池普及に際して必要な技術開発であり、国際的に高い研究レベルにある日本のメンブレン製造研究を活用するという視点も適切である。世界に先駆け、燃料電池の小型化、高効率化を実現し、低炭素社会の構築に必要な家庭用燃料電池を普及させていくことは市場規模、公共性の面から

も有望な分野であり、本質的に改質効率が高い水素分離型メンブレン型反応器の技術成果は社会に対し大きな貢献が予想できる。現状ではメンブレン型改質器の開発は支持体、膜、触媒、システムなど複数の開発要素からなり、実現のための技術的課題が多く、ハードルの高い次世代技術といえる。そのため、単独企業では解決が困難であり、NEDO が関与して複数の企業との連携と資金的な支援を行った本プロジェクトは、タイムリーかつ予算も妥当であり、実施する意義は高い。

## 2) 研究開発マネジメントについて

研究実施の事業体制においては、適切な実施者の選定、実施体制の構築を実行していること、具体的な目標値が設定されており、2社の役割分担と大学の協力体制が機能した結果、膜と、FPS (Fuel Processing System) としてのシステム開発を一体で取り組み、目標達成を可能としたことは妥当であり評価できる。また、基本計画にはないが、実用を考慮した DSS (Daily Start Stop) での耐久性評価の必要性を指摘して、実験を行うようにマネージした点は評価できる。

しかしながら、耐久性時間の目標 2 万時間が未達になった。目標の設定と研究課題とその技術的解決策そしてそれが生み出す製品としてのアウトプット仕様を十分に考えた研究計画になるように指導する必要がある。

また、従来型改質技術が本プロジェクト中に急速に発展し、実用化が進み、家庭用燃料電池は 4 万時間～8 万時間を目標としている等、当初の目標性能を達成しただけでは現況に応じない。実用化を目指せる開発目標に軌道修正すべきであった。DSS 運転のような、耐久性に重大な影響を与えると思われる項目も当初目標に加えるべきであった。

素材メーカーとガス供給会社だけでなく、改質器専門メーカーの参加がより効果的であったと考えられる。

## 3) 研究開発成果について

良好な特性を持つ基材・およびその製造法、欠陥の少ない Pd (パラジウム) 合金膜の作製法を開発し、それを大型のメンブレンに仕上げ、選択透過係数、水素の純度、CO 濃度などの当初の目標値を達成しており、膜の開発については評価できる。特許申請、学会発表等、得られた成果を適切に処理しており、妥当である。

一方、脱硫、改質、CO 除去から成るシステムとしての達成度のみが掲げられているため、メンブレン、触媒性能など個々の技術水準、世界水準におけるレベルが明確ではない。実用的な観点から DSS 運転における耐久性評価に不足があり、



家庭用改質装置としての可能性が判断できなかった点は問題である。

#### 4) 実用化の見通しについて

本来実用化を目指す段階にないプロジェクトであるが、水素分離膜の大型化、接続方法など波及効果が期待できる成果が得られたこと等、重要な課題に対して目に見える判断材料を与えた点では重要である。

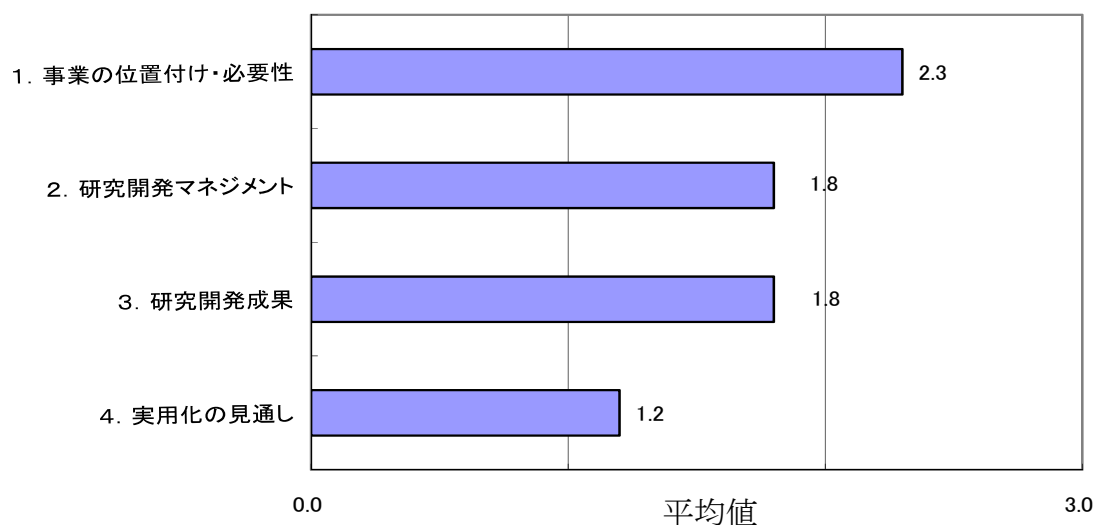
しかしながら、対抗技術としての従来型改質器は既に実用化されており、より明確な目標を示さないと競争にすら至らない。現状の研究成果では、価格、耐久性、メンブレン型反応器の有する特徴を出せているかどうかの点で市場性は低い。

## 個別テーマに関する評価

	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価	今後に対する提言
高耐久性水素分離膜（メンブレン）の開発	<p>平滑でPdを劣化させないジルコニア基材を作製する技術、およびその上に欠陥のないPd合金膜を形成し大型のH<sub>2</sub>分離装置を作製する技術を開発した点は高く評価できる。耐久評価によりメンブレンの性能低下メカニズムを解明したことは評価できる。また、特許出願による知的財産の確保、学会発表も行われており成果の公開は十分であり、妥当である。目標設定において、水素透過係数でなく水素透過速度や水素濃度を、DSS運転による耐久性評価を設定する必要があったと考える。接合部のガスリークの原因が、連続運転にあるのか、温度サイクルにあるのかを明確にしないまま、高性能・高耐久性と強調しているが、それを判断するデータは乏しい。耐久性が達成できなかった原因も十分には解明されておらず、対策も十分とはいえない。また、接合部に不具合が集中しているようで本質的な膜の評価に至っていない。</p>	<p>今回開発されたメンブレンは、膜だけの他の分野への展開も可能である。メンブレン単独で評価できるよう透過選択性など目標を明確にして独自で実用化を探ることもありうる。接続方法の改良、膜の欠陥低減等、関連分野への波及効果が見込まれる成果が得られており、評価できる。</p> <p>しかしながら、接合部の性能向上や支持体の欠陥抑制に終始しており、本質的に膜性能が世界的レベルにあるかどうか明確でないこと、コスト低減のために一層低Pd化を求める方向性があるが、そのために必要な基材の条件、合金膜形成の条件等の検討が進んでいないこと等、様々な技術的課題があるため燃料電池改質反応器としての直近の実用化は見えていない。改質に関する他技術では、4万時間耐久性へ向けての取り組みがなされているが、それと競合しうる技術かどうか明確ではない。</p>	<p>メンブレンの長期耐久性を早急に評価したうえで、さらに実用化に向けた研究開発を進めるべきである。メンブレンモジュールを用いたDSS運転も含めた連続運転の耐久性評価などを行い、膜部だけでなく接合部も含めた膜のシステム性能と全体のコンパクト化を目指した開発のフェーズに移行すべきである。</p> <p>今後は、メンブレン反応器の量産を考えた膜製造構造の検討、コスト削減の道が求められる。また、派生技術として、本研究課題で見出した接合方法を他のセラミック系分離膜等へ適用することも期待できる。</p>

<p>LPガス改質装置の開発 燃料電池システムにおける改質装置の性能評価</p>	<p>改質触媒・加熱装置の要素開発を行い、分離膜と改質装置を組合せてメンブレンリアクターを実際に組み立て、水素を製造して供給し、燃料電池システムとして発電を実現した点は大きな成果であり、評価したい。メンブレン型反応器を製作し、1,000時間運転できたことは世界初であり評価できる。当初の目標値を概ね達成しており、妥当であるとともに、NEDOプロジェクトとして予算を充当するに足る結果だと判断される。知的財産権の取得、学会発表等も適切に行われており、妥当である。</p> <p>しかしながら、改質効率、耐久性ともに開発目標を達成できていない点は、残念であった。耐久性については2万時間相当の目標に対して未達成となったが、メンブレンと反応器の開発計画にずれを生じ、両者のベストな研究成果が組み合わせられていない研究管理上の問題があると考え。先行する技術との相違を明確にしたうえで、メンブレン型反応器の特長を生かせる水素とCO選択性が高く伝熱性に優れたプレート型触媒の開発、DSS運転による耐久性向上、量産化可能な反応器設計、FPSシステムとしてのコンパクト化など競争力ある商品イメージを明確にした研究開発計画が望まれる。</p>	<p>従来型改質装置と比較しうるLPGメンブレン改質システムを構成し、目標を達成した点、及び改質効率、装置のスケール等出口イメージが明確になった点は評価できる。</p> <p>しかしながら、メンブレンリアクター型反応器は、まだ検討が十分になされていないとは言い難く、実用化までには少し距離がある。水素分離膜以外で、今後の解決すべき技術的課題を抽出すること、及びメンブレンリアクターとしての利点を明確にすることが重要である。現状では、競争力を考えた商品設計イメージになっていないため、コスト面、スペース面、耐久性面で見ただけの場合、このままでの実用化は難しい。現在開発中の従来型改質技術の水蒸気リフォームを含むマルチ改質器は、2010年以降のコスト目標20万円以下を目指しており、メンブレンリフォーマーがこれにいかにつなげるか、が課題である。</p>	<p>先行する技術を考慮しながら、実用化に至る課題を膜、触媒、システムそれぞれについて明確にし、将来展望を判断する材料を明確にしてほしい。実用化の時期を明確に設定して、メンブレンリアクター型反応器の実用化に向けた検討の継続、実システムとしての実耐久性の評価、劣化部分の特定と対策、コスト削減の方策の具体化に取り組むことが望まれる。また、最終的にはメンブレン反応器1基で燃料電池につなげる設計を抜本的に検討して開発計画を立案する必要があり、メタネーションCO削減工程の要否の検討も含め、今回のシステム構成に限定されず、メンブレン型改質システムの種々のシステム構成についても提言して欲しい。</p>
--	--	--	---

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
		B	A	B	B	B	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.3	B	A	B	B	B	A
2. 研究開発マネジメントについて	1.8	B	B	C	B	B	B
3. 研究開発成果について	1.8	B	B	C	B	B	B
4. 実用化の見通しについて	1.2	C	C	C	C	B	C

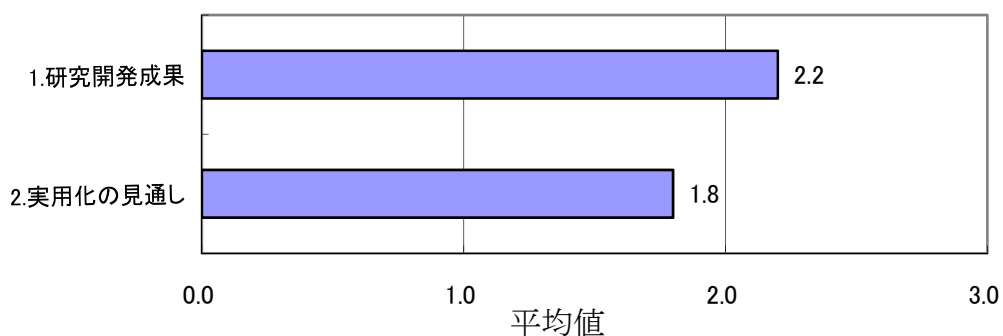
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

### 〈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

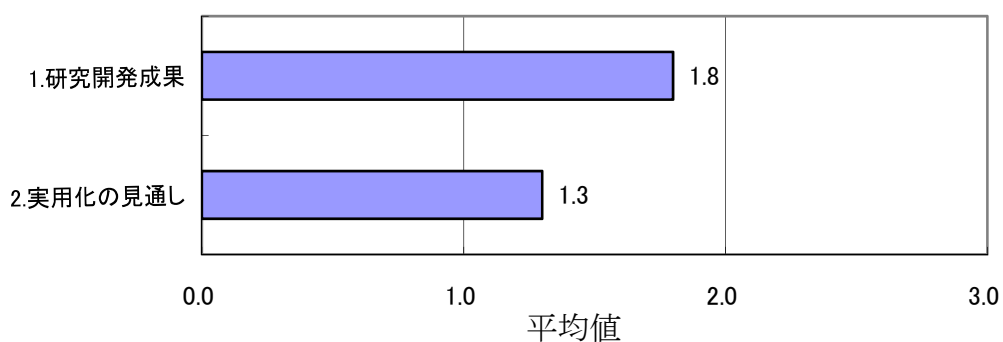
## 評点結果〔個別テーマ〕

### 〔1〕高耐久性水素分離膜（メンブレン）の開発



### 〔2〕LPガス改質装置の開発

#### 燃料電池システムにおける改質装置の性能評価



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点（注）					
〔1〕高耐久性水素分離膜（メンブレン）の開発							
1. 研究開発成果について	2.2	B	B	C	B	A	A
2. 実用化の見通しについて	1.8	B	B	C	B	B	B
〔2〕LPガス改質装置の開発 燃料電池システムにおける改質装置の性能評価							
1. 研究開発成果について	1.8	B	B	C	C	B	A
2. 実用化の見通しについて	1.3	C	C	C	C	B	B

（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. 実用化の見通しについて

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