

平成16年度
指定研究課題事後評価

評価委員会報告書

平成16年5月
独立行政法人海上技術安全研究所
評価委員会

目次

はじめに	2
海上技術安全研究所研究評価委員名簿	3
1. 平成 16 年度指定研究課題事後評価（内部評価結果の妥当性の評価）	4
1.1 「次世代型帆装商船の基礎研究」	4
1.1.1 研究成果の概要	
1.1.2 内部評価の概要	
1.1.3 評価の結果	
1.2 「ガスハイドレートの分解挙動に関する基礎的研究」	9
1.2.1 研究成果の概要	
1.2.2 内部評価の概要	
1.2.3 評価の結果	
2. その他の意見	14

はじめに

本報告書は、独立行政法人海上技術安全研究所（以下、海技研）の平成 15 年度に終了した研究課題について、評価委員会が事後評価を実施した結果である。

本評価委員会は平成 13 年 4 月 1 日に海技研が独立行政法人として設立された際に、研究業務の外部評価のために設置されたもので、海技研が運営費交付金で実施する研究課題の事前・中間・事後評価を行うことを主な任務としている。なお本委員会委員は全員が外部の専門家により構成されている。

一方、平成 13 年 11 月 28 日に内閣総理大臣が「国の研究開発評価に関する大綱的指針（以下、大綱的指針）」を決定したことを受け、海技研では大綱的指針に従って研究業務の内部評価体制を構築し、海技研で実施される全ての研究課題について毎年度内部評価を実施している。したがって、本評価委員会は内部評価の客観性・妥当性等を検証するための 2 次評価機関、すなわち、大綱的指針に示されているピアレビューアーとして位置づけられている。

これら研究評価の組織と評価方法は、評価委員会規程、研究計画委員会規程、研究課題の外部評価マニュアル（外部評価）、研究業務の定量的評価方式（内部評価）として文書化されている。

本報告書は以上の枠組みにより、評価委員会として平成 16 年 5 月 12 日から 5 月 19 日の間に、平成 15 年度に終了した下記の指定研究 2 件について、書類による事後評価を実施した結果をまとめたものである。

なお、本報告書はホームページに掲載し広く国民に公表する。

記

事後評価を実施した研究課題

指定研究 「次世代型帆装商船の基礎研究」

指定研究 「ガスハイドレートの分解挙動に関する基礎的研究」

海上技術安全研究所 評価委員名簿

平成16年5月 現在

	氏 名	所 属	役 職 名
会 長	野本 敏治	(財)溶接接合工学振興会	理 事 長
委 員	井上 幸一	(社)日本船主協会工務委員会	副委員長
委 員	浦 環	東京大学生産技術研究所 海中工学研究センター	教 授
委 員	大津 皓平	東京海洋大学海洋工学部	教 授
委 員	鎌田 実	東京大学大学院工学系研究科 産業機械工学専攻	教 授
委 員	太田 一紀	(社)日本造船工業会技術委員会	委 員 長
委 員	茂里 一紘	広島工業大学	学 長

[敬称略、五十音順]

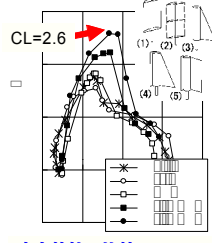
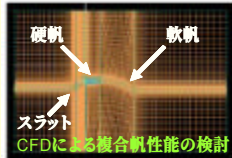
1. 平成 16 年度指定研究課題事後評価（内部評価結果の妥当性の評価）

1.1 「次世代型帆装商船の基礎研究」

1.1.1 研究成果の概要

次世代型帆装商船の基礎研究」('02-'03)

- **ニーズ** 地球温暖化に対する社会的要請
外航海運・エネルギー・自動車会社等の高い関心(海技研F.S.'01)
- **目標** 高揚力帆と帆装船用船型に関する調査と実験データの取得
高揚力帆および新形式船型の開発
最高推力係数3.5以上の高揚力帆の開発と関連特許の取得
環境負荷低減量を評価しうる帆装船の性能評価手法の開発
- **実施体制** 日本造船研究協会「次世代型帆装船の研究開発委員会」
受託研究「高揚力複合帆の風洞試験」
受託研究「帆走ウェザールーティングの航路選定ロジック及びシステムの開発」
共同研究「新形式帆装商船の実用化に関する調査研究」
特定研究「温室効果ガスの削減に関する研究」への情報提供
- **成果** (1) 高揚力複合帆の開発
(最大推力係数2.8)



<研究ニーズ>

次世代型帆装商船の技術開発は地球環境保護問題に対して船舶の分野からの一つの解決策を示そうとするもので、事前調査研究によれば、外航運航船社やエネルギー関連会社、自動車会社等が帆装商船の導入に積極的姿勢を示しており、特に海運会社は3%の省エネ効果でも十分に検討に値すると述べている。

<研究目標>

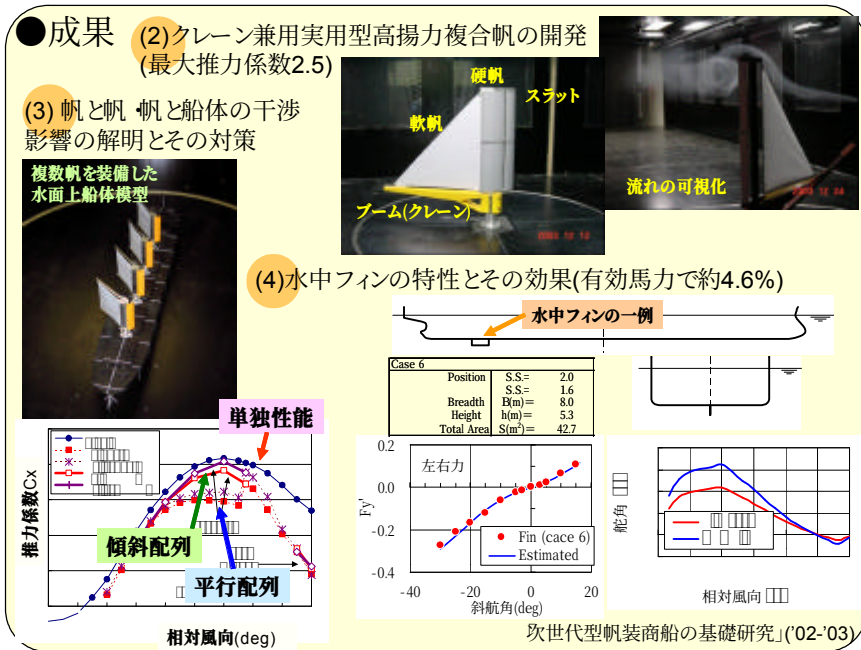
- ・ 高揚力帆の実験データおよび帆装船用船型の調査と水槽実験による性能関連データの取得。
- ・ 高揚力帆および新形式船型の開発。
- ・ 最高推力係数 3.5 以上の高揚力帆を開発し、これに関連する特許の取得。
- ・ 環境負荷低減量を評価し得る帆装船の性能評価手法の開発。

なお、本研究では、鉄道建設・運輸施設整備支援機構の助成を受けた日本造船研究協会「次世代型帆装船の研究開発委員会」の研究開発項目の一部も受託研究および共同研究の形で担当した。

<研究成果>

(1) 高揚力複合帆の開発

スラットと硬帆、軟帆からなる複合帆の形状や相対角度・位置、硬帆と軟帆の隙間等を調整することによって矩形軟帆を持つ高揚力複合帆で最大揚力係数約 2.6、最大推力係数約 2.8 を達成した。定性的傾向は2次元CFD計算でも確認した。上記の値はデンマークの構造が複雑な帆の最大揚力係数 3.5 には及ばないが、JAMDA 型帆の 2.0、三井型の三角形複合帆 2.2 と比べ、実用的な帆としては高い値と言える。



(2) クレーン兼用実用型高揚力複合帆の開発(造研関係受託・共同)

ばら積み船のクレーンを帆のブームとして使うより実用的な高揚力複合帆の性能を、スラット角や硬帆角など6つの設定変数を変化させることによって調べ、最大揚力係数約2.5を得た。この帆は造研委員会で検討された帆であって、委員会における目標値は2.5であるからこれを達成したことになる。流れの可視化や各部分の構成を変えた計測も行った。これらのデータは強度設計等に役立てられた。

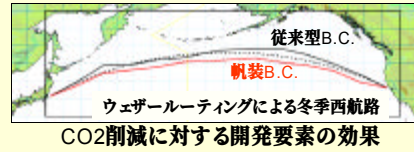
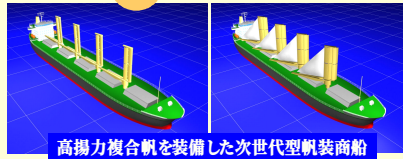
(3) 帆と帆・帆と船体の干渉影響の解明とその対策

複数本の高揚力複合帆を並べたときの干渉影響や船体上における高揚力複合帆の性能について風洞実験を行った。その結果、単独時に最大揚力を出す迎え角で複数の帆を平行に船上で配置した場合、平均約25%程度性能が低下することわかった。しかし、傾斜配列することによってこの低下を約18%程度にまで抑えることが可能(矩形軟帆の場合)であることもわかった。

(4) 水中フィンの特性とその効果

帆走時の横流れを抑えて帆の効果をより大きく引き出すための水中フィンに関する水槽実験を行った。実験結果を基に、フィンの大きさと取り付け位置がわかればその流体力特性を推定できる推定式を求めた。定常帆走性能の解析によって、水中フィンがない場合より水中フィンを付けた場合の方が有効馬力で約4.6%利得が高いことを明らかにした。図は水中フィンの流体力特性に関する実験データと推定値の比較並びに定常帆走時の当て舵量の差を示している。

●成果 (5)帆走ウェザールーティングシステムの開発と帆装船の性能評価



評価項目	CO ₂ 削減率
高揚力複合帆(クレーン兼用型)の効果	10.1%
帆走ウェザールーティングの効果	6.5%
次世代型帆装商船の総合効果	15.9%

●成果物

- (1)論文総数17件(予定9件を含む)
所外発表11件(うち9件査読有り)
所内発表6件(うち1件査読有り)
- (2)特許出願3件(予定1件を含む)
帆船
帆装船の帆の最適設定角探索方法
帆装船用航海計画支援システム
- (3)プログラム登録予定3件
定常帆走性能推定プログラム
帆走性能推定プログラム
帆装船航路選定プログラム

●活用方策と課題

設定変数の多い高揚力複合帆の繰帆法の開発の可能性
帆走ウェザールーティングシステムの広い応用の可能性
経済性や強度設計の検討(造研)に裏付けられたより具体的な帆装商船の開発

次世代型帆装商船の基礎研究」('02-'03)

(5)帆走ウェザールーティングシステムの開発と帆装船の性能評価(造研関係受託)

帆装船は従来型船舶とは異なり、ある程度風を求めて航海する方がその効果を発揮できると考えられるため、従来船以上に航路選定が重要となる。帆装船用のウェザールーティングシステムを開発して、クレーン兼用型の高揚力複合帆を備えたばら積み船が北太平洋航路でどの程度CO₂削減効果があるかを推定した。気象庁 GPV データや米国パイロットチャートの気象データを用いて航海時間を 314 時間とした場合の 4 季各 1 往復の推定計算結果から、従来型ばら積み船に比べて帆装ばら積み船は約 16%の CO₂ 削減効果があることが明らかとなった。その内訳は、クレーン兼用型の高揚力複合帆の効果が約 10.1%、帆装船用ウェザールーティングシステムの効果が約 6.5%である。

<具体的成果物>

具体的な成果物としては、論文総数 17 件、特許出願 3 件、プログラム登録 3 件である。

<活用方策と今後の課題>

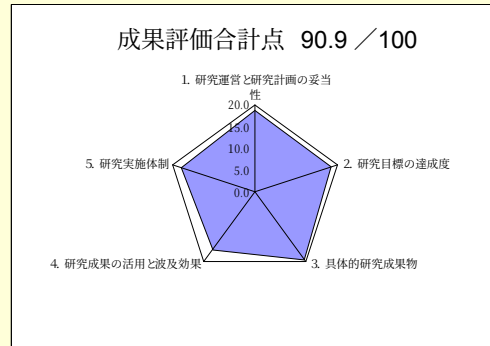
本研究で得られた船用帆の風洞実験結果から、設定変数の多い高揚力複合帆の繰帆法の開発の可能性があったことがわかった。帆走ウェザールーティングシステムの評価関数などを変更することによって一般の船に対するルーティングシステムを開発できる可能性があることがわかった。本研究に関連して造研の委員会では帆装船の経済性を燃料油の価格や帆の保守維持費の面、船種の違いなどの面から検討している。また、帆装船のエアドラフトの面から入港可能な世界の港についても調査している。これらの検討結果も踏まえればより具体的な帆装商船の開発の検討が行えると思われる。

1.1.2 内部評価の概要



「次世代型帆装商船の基礎研究」 内部評価結果

- 予算、時間の制約の中、十分な成果を上げたと思う。
- CO2等、環境意識の高まりに対応したテーマである。CO2排出の金額算定の如何で、フィジブルになったりならなかったりするが16%削減はそれなりの価値あり。高揚力帆など技術的成果は十分。
- 短期間にしてはきっちり成果を上げている。実用化への詰めを 建造・運転・維持コストを含めて)行っている。



「次世代型帆装商船の基礎研究」の内部評価結果は、総合得点で 90.9 点と非常に高得点であった。また、言葉による総合評価でも良好な評価であった。

あえて問題点を上げれば、「4. 研究成果の活用と波及効果」の項目が 16.6 / 20 点と多少低めで、実用化への詰めが十分ではないとの評価であると考えられる。

1.1.3 評価の結果

<内部評価の妥当性の定量的評価>

内部評価の妥当性の定量的評価 : 4.6点

(5:妥当、3:ほぼ妥当、1:妥当でない)

<内部評価に対してのコメント>

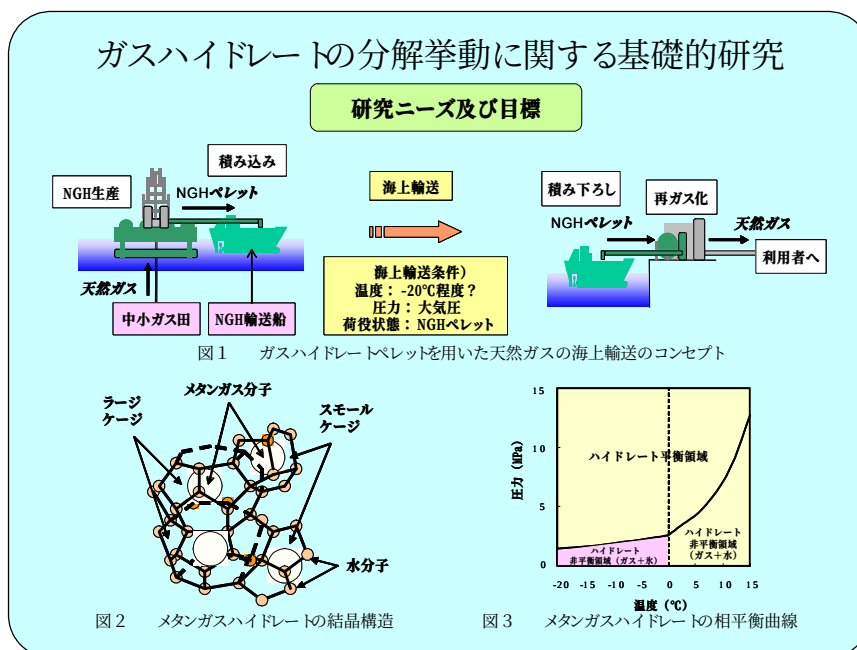
本研究に対する内部評価の点数による数値評価および意見の記述は、十分に妥当に評価されている。

<研究に対するコメント>

本研究は、ある部分まではかなりの成果が出ていると言えるが、内部評価にもあるように、帆そのもの、支える構造、可動構造、メンテナンス、コストなどが全く不明で、実用化に向けた検討が必要と考える。また、帆走商船が普及しない原因がどこにあるのかも重要な検討課題である。

1.2 「ガスハイドレートの分解挙動に関する基礎的研究」

1.2.1 研究成果の概要



<研究ニーズ>

現在、日本で消費される天然ガスのほとんどは -150°C の低温で液化され、液化天然ガス（LNG）キャリアによって貯蔵・輸送されている。ところが、こうした方式は液化によるエネルギー損失が非常に大きい。ガスハイドレートの自己保存性や高密度ガス包蔵性を効果的に利用することができれば、従来のLNG方式よりも高温・低压で天然ガスを輸送できる可能性がある（図1）。

ハイドレートとは（包接）水和物のことで、水分子同士が水素結合によって作る球形状の「かご（ケージ）」構造の中に、メタン等の（ゲスト）分子が取り込まれた構造をした物質であり、その外観は氷の結晶や雪に類似している（図2）。

ガスハイドレートが化学的に安定した状態で存在するためには、高压・低温であることが必要である。例えば、大気圧下のメタンガスハイドレートは -80°C より低い温度で安定的に存在するが、それ以上の温度ではメタンガスと水（氷）とに分解してしまう。ところが非平衡領域（図3の桃色の部分）においてガスハイドレートが準安定的に存在することが報告されている。このガスハイドレートの特異的性質は「自己保存性」と呼ばれるが、現象の詳細や自己保存性が起こるメカニズムについては未解明の状態である。

<研究目標>

本研究は、近い将来に予定される天然ガスハイドレート（NGH：Natural Gas Hydrate）輸送船の安全基準策定に資するため、雰囲気温度、サンプルスケール等をパラメータとして自己保存状態にあるガスハイドレートの分解挙動を実験的に調べることによって、基礎データを整備することをねらいとして実施したものである。

主な研究成果

1. ガスハイドレートを低温・高圧下で製造し、分解速度を高精度で計測するための実験装置を設計・製造。（→写真1, 写真2）
2. メタンガスハイドレートの製造・分解実験を実施。ハイドレート化率がほぼ100%の高純度サンプルの製造に成功。有意な自己保存性データを取得し、事前に実施した研究で得た実験データの再現性を確認。（→写真2, 図4, 図5）
3. ガスハイドレートの自己保存状態モデルを提案。（→図6）

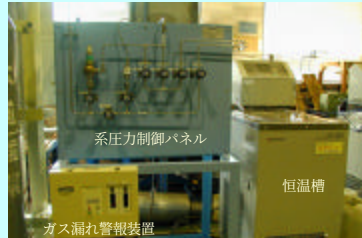


写真1 本研究で設計・製造した
ガスハイドレート製造分解実験装置（全体図）

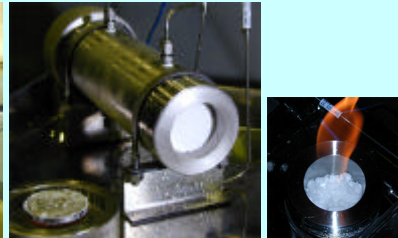


写真2 サンプル製造・分解用高圧容器と
生成した高純度メタンガスハイドレートサンプル
（右は、サンプルが盛んに燃える様子）

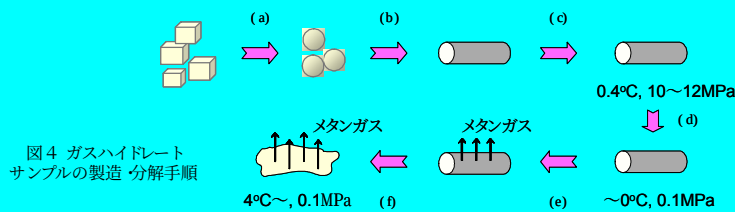


図4 ガスハイドレート
サンプルの製造・分解手順

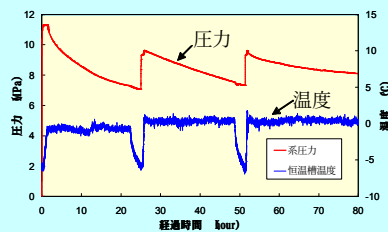


図5 ガスハイドレート製造時の
系圧力変化／恒温槽設定温度変化の例

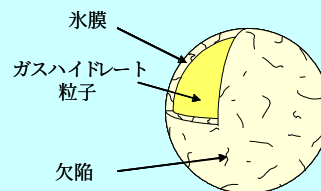


図6 ガスハイドレートの自己保存状態
モデル（仮説）の概念図

<研究成果>

- (1) ガスハイドレートを低温・高圧下で製造し、分解速度を高精度で計測するための実験装置を設計・製造した。（写真1, 2）
- (2) (1)の実験装置を用いてメタンガスハイドレートの生成・分解実験を行い、純度がほぼ100%のガスハイドレートを生成することに成功した（業界で試作されているガスハイドレートには氷粒が20%程度混じっている）。ガスハイドレートの物性は、製造方法・生成過程の熱履歴など多くのパラメータに依存して異なると言われているため、生成過程が明らかな高純度サンプルを初めて製造できたこと自体が大きな成果である。（写真2, 図4, 5）

また、本研究の以前に実施したハイドレートの自己保存性に関する実験を本研究でも行い、その再

現性を確認した。しかし、当初目標として掲げていた「ガスハイドレート分解速度と温度等のパラメータとの関係」の解明には至らなかった。

- (3) 解離温度近傍で膜強度異常が生じる CO₂ ハイドレートとメタンガスハイドレートの類似性に着目し、ガスハイドレートの自己保存状態モデル（仮説）を提案した。我々のモデルが正しいとすれば、ガスハイドレートの粒径が小さければ小さいほど顕著な自己保存性が発現する。これをペレット化することで粒径にばらつきが出ると、粒径の大きな部分で自己保存性が悪化し、ペレット全体として見た場合には自己保存性の発現がばやけることになる。即ち、ガスハイドレートの粒径が自己保存性に大きく影響するパラメータであることを指摘した。（図6）

なお、本研究で提案した「ガスハイドレートの自己保存状態」モデルは以下の通りである。

- 大気圧中に置かれたハイドレート粒子は解離を始める。
- 解離によって生じた水分子から生じる氷層に取り囲まれ、内部圧力が増加する。
- （粒径に比して氷層が薄すぎて破壊されるか、氷層がポーラス状態でない限り）保持温度に対応する平衡圧力に達する（以後この圧力に保たれる）。
- 内外圧差と氷層の強度に応じて、氷層のクリープ変形が進行する。
- （粒径との関係）：ハイドレート生成圧力を保持するために要する氷層厚みは、粒径に比例して増加する。さらに、粒径の増加とともに破壊強度が減少するため、ハイドレートの粒径が小さいほど、自己保存性は発現しやすくなる。

（温度との関係）：氷点からのサブクールが数度の範囲では、結晶中の欠陥が修復されて強い氷層となりクリープ速度が抑制され、顕著な自己保存性が発現する。逆に、自己保存性発現温度範囲から遠ざかると、氷層中の欠陥修復が進行せず内外圧差に耐えるためにクリープ速度は増大し、自己保存性は小さくなる。

<具体的成果物>

具体的成果物としては、論文総数5件である。

<活用方策と今後の課題>

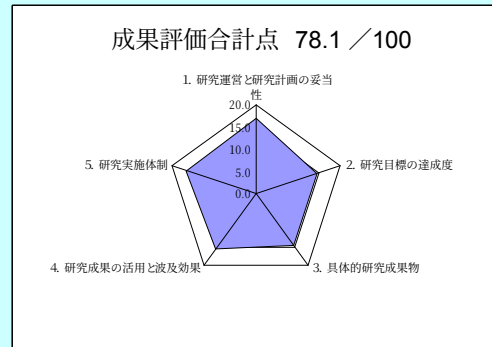
産業界ではNGH輸送船の実現化に向けての研究が継続されており、本研究の目的としたガスハイドレートの分解挙動の解明の重要性は変わらない。本研究で提案したガスハイドレートの自己保存性メカニズムに関する仮説は、今後のメカニズム解明に大きなヒントとなると思われ、本研究で達成できなかった目標については、今後一般研究として対応する予定である。

1.2.2 内部評価の概要



「ガスハイドレートの分解挙動に関する基礎的研究」の成果内部評価結果

- 他の研究の煽りを受けたことで、有意義なデータの取得が不十分。今後、NGH (Natural Gas Hydrate) 輸送船の開発につながるようフォローアップしていく必要がある。
- 自己保全性に影響する要素を明らかにしたことは重要。仮説の確認をするための研究が望まれる。
- 実験装置が整ったので、今後各種パラメータで分解挙動の実験を行い、現象解明が行われることを期待したい。



「ガスハイドレートの分解挙動に関する基礎的研究」の内部評価結果は、総合得点で 78.1 点であり、多少低めの評価点であった。特に研究目標の達成度と具体的研究成果物が 14.5 / 20 点と低い。これは、研究成果の概要及び言葉による総合評価にあるように、他の研究に人手を取られ、研究目的を十分に達成できなかったことと、その研究成果としての論文等が少なかったためである。

1.2.3 評価の結果

<内部評価の妥当性の定量的評価>

内部評価の妥当性の定量的評価 : 4.4点

(5:妥当、3:ほぼ妥当、1:妥当でない)

<内部評価に対しての意見>

内部評価は妥当に評価されていると考えられるとの意見が多かった。しかし、以下の意見もあった。

内部評価の総合評価で「研究目標達成が不十分」と評価されているが、その評価点 14.5/20 点は評価がやや甘いと感じる。研究運営、成果物、実施体制等も残念ながら目標達成が十分でないと思われるので、これらの評価点 14.5~17.0/20 点は評価がやや高いとの印象を受ける。従って、「内部評価は若干妥当でない」と判断する。

<研究に対するコメント>

本研究では、「他の研究に人手を取られ研究目的を十分に達成できなかった。」とあるが、不足するマンパワーを海技研全体で補い、初期の目標とする成果が出るような体制にして欲しかった。

本研究は、天然ガスのハイドレート化による輸送コスト削減に道を開くものであり、今後我が国が基準面での提案国になるよう重点的な取り組みを望む。

2. その他の意見

内部評価については、手法が明確で評価も公正なものとなっていると判断される。

本評価委員会については、今回、初めて会議を開催しないで文章送付による評価が実施されたが、十分に検討・評価することが出来た。なお、今後ともこのような評価形態を実行する場合には、メールによる質問を受け付けるシステムを導入すれば良いと考える。例えば、今回の指定研究の費用を知りたい委員がおられた場合、事務局から容易に回答が出来、また会議開催と同様な良さがあると思われる。