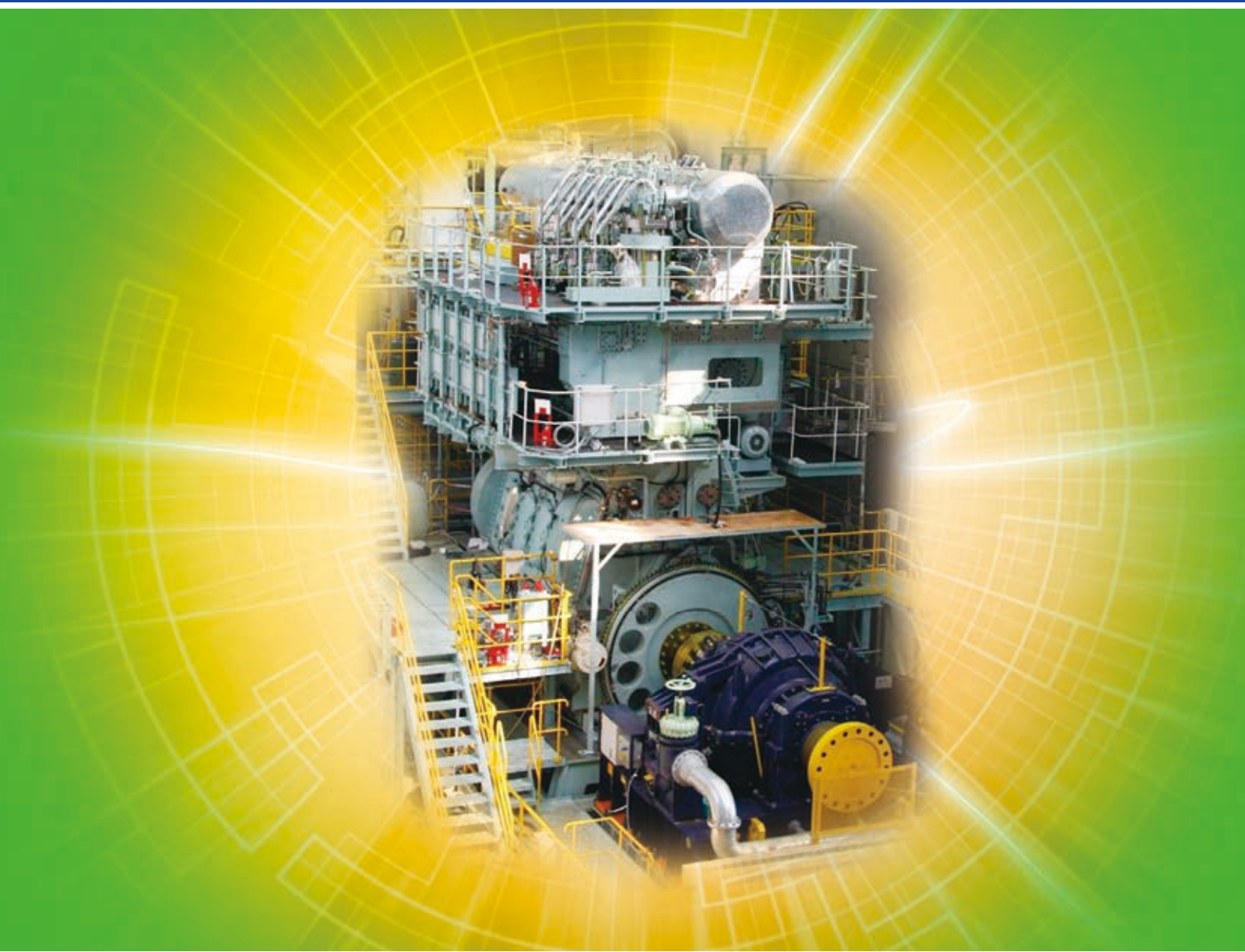


三井 造船 技報

平成 24 年 3 月 第 205 号

MITSUI ZOSEN TECHNICAL REVIEW No. 205 2012



油圧式排熱回収システムを装備した
テストエンジン“4S50ME-T”



表紙説明

油圧式排熱回収システムを装備したテストエンジン “4S50ME-T”

三井造船は、船用ディーゼルエンジンの排気ガスの余剰エネルギーを油圧で回収するシステム（Turbo Hydraulic System：THS）を開発した。

THSの最大の特長は、これまで有効利用されていなかった過給機の余剰動力を、過給機又はパワータービンに接続された油圧ポンプによって油圧動力として回収する点である。油圧ポンプで回収された動力は、エンジンのクランク軸に接続された油圧モータに供給され、最終的にエンジンの軸出力の一部として利用される。これにより、エンジンから排出されるNO_xを増加させることなく、燃料消費量を削減することが可能になる。

本システムを適用したテストエンジン“4S50ME-T”の本格運用を2010年12月より開始しており、THSをはじめとしたCO₂排出削減技術のほかに、今後のNO_x及びSO_x規制強化に対応すべく、総合的な環境対応技術の開発に取り組んでいる。

Cover

Test Engine“4S50ME-T”Equipped With The Turbo Hydraulic System For Marine Use

Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd. has developed a waste heat recovery system named“ Turbo Hydraulic System (THS)” for marine diesel engine.

THS is a unique system that recovers excessive exhaust gas energy for hydraulic power by means of hydraulic pumps connected to a turbocharger or a power turbine. The generated hydraulic power is used for driving a hydraulic motor connected to a crankshaft of the engine, that saves fuel oil by sharing shaft power without increasing NO_x emission.

The test engine“4S50ME-T” was completed in December 2010 and various kinds of verification are being carried out for the development of environment-friendly technologies.

三井造船技報

2012年(平成24年)3月・第205号

目次

技術論文・報告

| | |
|---|----|
| 船用低速ディーゼルエンジン用油圧式排熱回収システム(THS)の開発(第1報) - 構成と基本性能 - | 1 |
| 大田 和徳 近藤 守男 桑田 隆司 高橋 元幸 坂入 信之 | |
| プロジェクトマネジメントシステムとWEBコラボレーションによる情報共有化 | 8 |
| 矢崎 裕幸 山口 和夫 | |
| Ni基鋳造合金の共金溶接による溶接部の耐高温腐食性の向上 | 15 |
| 小野 昇造 鎌田 勤也 松野 進 | |
| 内部構造分析によるハイドレートペレットの自己保存性メカニズムの検証 | 20 |
| 三町 博子 伊藤 真人 高橋 正浩 佐野 健一 | |

製品・技術ニュース

| | |
|---|----|
| 風力発電設備の設置 - 和歌山県由良町“由良風力発電所”の竣工 - | 25 |
| 平成22年度 広域 第1-2号 佐賀関漁港広域漁港整備工事 - “佐賀関(生け簀付)浮棧橋”2函の製作・進水 - | 26 |

トピックス

| | |
|--|----|
| “neo Supramax 66BC”が「2011年日経優秀製品・サービス賞 優秀賞」を受賞 | 28 |
|--|----|

Home Page News

| | |
|--|----|
| 福島県向け岸壁クレーン・2基受注 | 28 |
| 三井造船株式会社と戸田工業株式会社が共同で、リチウムイオン電池正極材用 リン酸鉄リチウム(LFP)製造の生産設備を建設 | 29 |

MITSUI ZOSEN TECHNICAL REVIEW

No. 205 MARCH 2012

CONTENTS

Technical Paper and Report

| | |
|--|--------|
| Development of Turbo Hydraulic System on Large Marine Diesel Engine(Part 1) | 1 |
| <i>Kazunori OHTA, Morio KONDO, Takashi KUWADA, Motoyuki TAKAHASHI, Nobuyuki SAKAIRI</i> | |
| Information Sharing by Project Management System and WEB Collaboration | 8 |
| <i>Yuko YAZAKI, Kazuo YAMAGUCHI</i> | |
| Improvement of High Temperature Corrosion Resistance at Weld Zone of Ni-based Cast Alloy by Similar Composition Metal Welding | 15 |
| <i>Shozo ONO, Kinya KAMATA, Susumu MATSUNO</i> | |
| Examination of Self-Preservation Mechanism for Hydrate Pellet by Internal Texture Analysis | 20 |
| <i>Hiroko MIMACHI, Masato ITO, Masahiro TAKAHASHI, Ken'ichi SANO</i> | |
| Products and Technology News | 25, 26 |
| Topics | 28 |
| Home Page News | 28, 29 |

船用低速ディーゼルエンジン用 油圧式排熱回収システム(THS)の開発(第1報) - 構成と基本性能 -

大田 和徳* 近藤 守男* 桑田 隆司*
高橋 元幸* 坂入 信之*

Development of Turbo Hydraulic System on Large Marine Diesel Engine(Part 1)

Kazunori OHTA, Morio KONDO, Takashi KUWADA, Motoyuki TAKAHASHI, Nobuyuki SAKAIRI

Under the situation that the preventive effort to global warming is becoming more active in various fields, the reduction of CO₂ from marine diesel engine is also required. The effective solutions for this challenge are reduction of fuel consumption by improvement of thermal efficiency and changeover to low-carbon fuel such as liquefied natural gas, but these technologies are now underdevelopment. An utilization of exhaust gas energy is also effective to reduce CO₂ emission.

Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd. (MES) has developed Turbo Hydraulic System (THS) that makes it possible to recover the exhaust gas energy in the form of hydraulic power. In THS, recovered power is used for driving a hydraulic motor connected to crankshaft of engine, so the actual fuel consumption is reduced. The performance test of THS was carried out and MES successfully reduced the fuel consumption by 3% compared with original condition without increasing NO_x emission.

地球温暖化対策への取り組みが世界的に強化されるなか、船用ディーゼルエンジンにおいても、CO₂ 排出量の削減が求められている。これにはエンジンの更なる高効率化や低炭素燃料への転換が有効であり、それぞれ開発が進められているが、その一方で排熱の有効利用による総合熱効率の改善によっても CO₂ の削減は可能である。

三井造船は、船用ディーゼルエンジンに標準搭載されている過給機の高効率化と、それに伴う余剰排気エネルギーの増加に注目し、これを油圧動力として回収する THS を開発した。THS では回収した動力をエンジンの軸動力として利用することが可能であり、実質的な熱効率の改善に寄与する。当社玉野事業所内に設置したテストエンジンで行った過給機一体型 THS の性能試験では、常用出力において、NO_x の排出量を従来以下に抑えつつ 3% の燃費改善率を達成した。

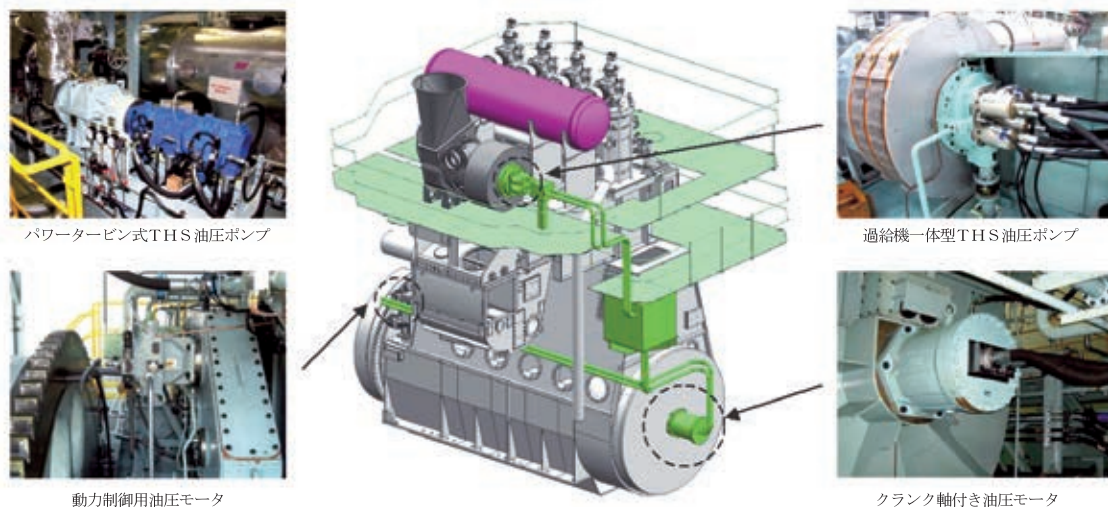


図1 大型船用ディーゼルエンジンにおける THS の適用
Application of THS on Large Marine Diesel Engine

* 機械・システム事業本部 技術開発部

1. はじめに

温室効果ガス(Green House Gas : GHG)の削減がますます重要視される近年において、国際海事機関(International Maritime Organization : IMO)による国際海運に対するGHG 排出規制が始まりつつあり、その一つにエネルギー効率設計指標(Energy Efficiency Design Index : EEDI)がある。EEDIは船舶の仕様に基づいて、トン・マイル当たりのCO₂ 排出量を規定する指標であり、2013年度よりこの指標を満足する船舶のみ就航が認められるという状況になりつつある。また、この指標は15年から20年かけて段階的に現在のベースラインより低減される予定であるため、将来的に船舶全体での更なるCO₂ 削減が必須となり、主機関の改良のみならず、船体やその他船用機器での対応が必要になっている。

2. 主機関におけるCO₂ 削減の取り組みについて

主機関におけるCO₂ 削減への取り組みとしては、大きく分けて以下の三つのアプローチがある^{1),2)}。

- 主機の燃焼性能改善による燃料消費量の低減
- 低炭素燃料への転換
- 排熱回収による熱効率の改善

アプローチの は従来から改良を継続しており、最近では、三井MAN B&W ディーゼルエンジンとして、更なるシリンダ平均有効圧力の上昇とピストンのロングストローク化によって有効仕事を増大させ燃費向上を図ったG形エンジンを発表した。ただし、この手法によるCO₂の削減には、既にIMOによって規制が開始されているNO_xの排出量規制を考慮しつつ改善を進めていく必要がある。

は重油の代替としてメタンを主成分としたLNGを使用することにより、CO₂の排出量を20%強低減する方法である。三井造船は、高圧のガスを燃焼室に噴射するガスインジェ

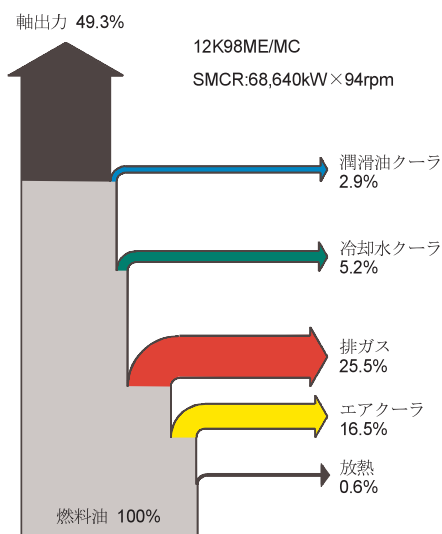


図2 大型船用ディーゼルエンジンのヒートバランス
Heat Balance Example of Large Marine Diesel Engine

クション(Gas Injection : GI)方式を採用した低速・中速エンジンの製造実績があり、この技術と電子制御を組み合わせたME-GIエンジンの市場投入を図っている。このエンジンでは、従来の重油焚きと比較してNO_x 排出量が20%程度低減でき、更に燃料中に硫黄分を含まないことから排ガス中のSO_x 対策が不要になるといったメリットがあるため、将来の環境規制にも十分応えうる推進機関として有望であると考えられる。

は機関単体としてではなく、排熱利用を含めた総合的な熱効率を改善することでCO₂を削減する方法である。船用ディーゼルエンジンのヒートバランスを図2に示す。現在、船用ディーゼルエンジン単体の熱効率は、50%程度にまで達しているが、この部分を更に改善していくにはNO_xの抑制が前提となる。したがって、全体の26%を占める排ガスエネルギーや17%を占めるエアクーラからの排熱を利用すると、NO_xに關与することなく主機の総合効率の改善に貢献できる。特に、排ガスエネルギーは、外部との熱落差が大きいいため熱源として利用しやすく、現状で様々な機器が適用されている。

排ガスエネルギーの代表的な利用機器は、過給機である。過給機は、排ガスエネルギーを利用してタービンを駆動し、それと同軸上にあるコンプレッサが圧縮空気をエンジンに供給することによって、エンジンの出力増大や燃費向上に大きく貢献している。その過給機の効率は、排ガスがタービンに与える断熱膨張仕事と、コンプレッサが空気に与えた断熱圧縮仕事の比で定義され、この値は図3で示すように年々高効率化している。これはより少ない排ガスエネルギーで、エンジンの要求する空気量が確保できることを意味している。一方で、エンジンの要求する空気量については、シリンダに充填され燃焼に用いられる部分と、素通りして燃焼室の冷却を行う部分に分けられるが、燃焼室部品に耐熱性・耐食性の高い材質を採用することによって後者の部分を最小限にするような仕様も可能となっている。このように過給機効率が向上するなか、エンジン側の必要空気量が下がっているため、余剰の排ガスエネルギーがますます増加する傾向にあり、それらを有効利用する試みがなされてきた。

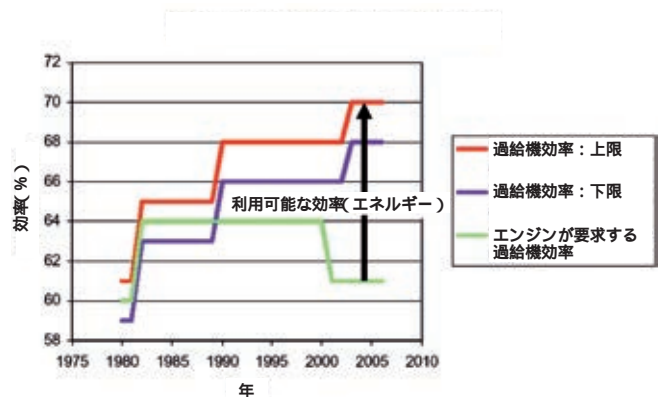


図3 過給機効率と利用可能な排ガスエネルギー
Turbocharger Efficiency and Available Energy of Exhaust Gas

3. 従来の排熱回収技術について

従来の排熱回収技術の一例にターボコンパウンドシステム (Turbo Compound System : TCS)がある(図4, 写真1)。TCSはエンジンの排ガスの一部をバイパスさせてパワータービンを駆動するシステムの総称であり、減速機を介して結合された発電機を駆動する場合にはTCS-PTO (TCS Power Take Out)と呼ばれる。また、パワータービンが多段の減速機を介してクランク軸に接続され、直接クランク軸の加勢を行うTCS-PTI (TCS Power Take In)も存在する。

これらのシステムは1980年代の後半から1990年代の前半にかけて、陸上発電や大型船向けの大口径ディーゼルエンジンに適用された経緯があるが、その後広く普及するには至っていない。その理由は幾つか考えられるが、その後の燃料価格の下落によって投資回収が困難になってきたことや、特にTCS-PTI方式では、各機器の信頼性及び耐久性が船用向けとしては不十分であった点が挙げられる。

したがって、今後の船用ディーゼルエンジンにおける排熱回収システムに必要とされる条件は、投資回収が短期間であり信頼性が高く、かつ船種によらないエンジン完結型のシステムであると考えられる。

4. THSの開発

前述の条件を満たす排熱回収システムとして、当社は2006年より油圧式排熱回収システム(Turbo Hydraulic System :

THS)の開発を開始した。THSの最大の特徴は、排ガスエネルギーを電力ではなく油圧動力として回収することである。そして、得られた動力によってクランク軸に直結された油圧モータを駆動し、最終的に軸動力の一部として利用するエンジン完結型のシステムである。

ここで油圧を使う最大のメリットはコストである。THSを構成する機器の多くは、一般産業機械向けの標準品である。それゆえに比較的安価で入手でき、電気式に比べて短年数での投資回収が可能となる。また、個別の機器自体も十分な実績と耐久性があり、エンジン側の仕様に合わせて最適なものを選択できるというメリットもある。

THSには、適用する機関の出力に応じて、「過給機一体型」(図5)と「パワータービン式」(図6)の二つの方式が存在する。「過給機一体型」は過給機のロータ軸に直結した中間軸によって油圧ポンプを駆動する方式で、追加部品が少なくコンパクトである。また、「パワータービン式」は前述のTCSと同様に、バイパスした排ガスによってパワータービンを駆動するが、軸端には発電機に代わって安価かつ省スペースである油圧ポンプを、減速機を介して接続する。どちらも回収した油圧動力をクランク軸の推進加勢に利用する点は同じである。

これらの具体的な使い分けとして、過給機が1台のみ装備されている比較的出力が小さいエンジンには「過給機一体型」が推奨され、過給機が複数台装備される大出力のエンジンには「パワータービン式」が推奨される。

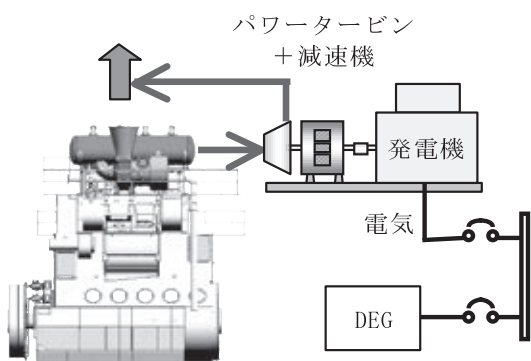


図4 ターボコンパウンドシステム(TCS)
Turbo Compound System

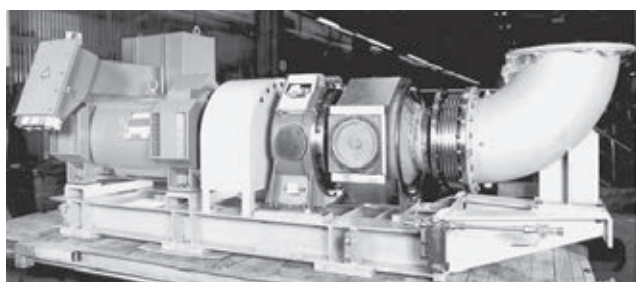


写真1 TCSユニット
TCS Unit

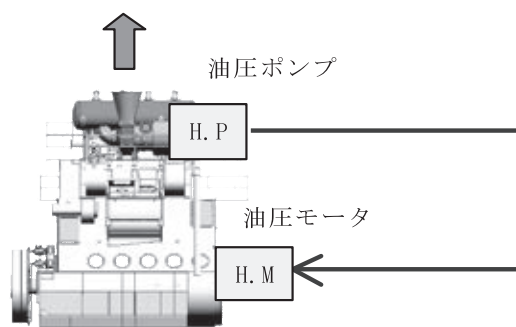


図5 過給機一体型 THS
Direct Mounted Type of THS

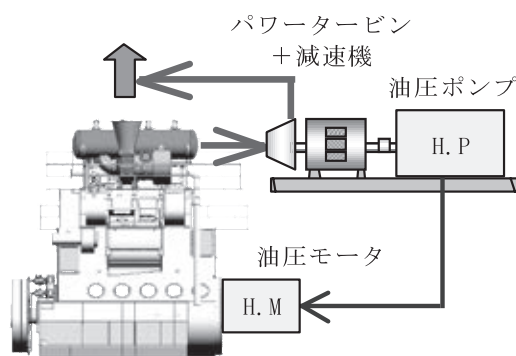


図6 パワータービン式 THS
Power Turbine Type of THS

5. THSの基本構成

THSの主要機器は、過給機側(排気側)の油圧ポンプとクランク軸側の油圧モータであり、これらを油圧回路で結んだものがTHSの基本構造となる。この構造は一般的に広く利用されている油圧トランスミッション(Hydro Static Transmission: HST)の応用であり、

- 油圧回路がシンプルで低コスト
- 高効率での動力伝達が可能
- 外部油圧ユニットの小型化が可能

という特長がある。

5.1 HSTの構成

代表的なHSTの構成を図7に示す。駆動側ではエンジンまたは電動モータと油圧ポンプが接続されており、軸の回転によって油圧ポンプが油を吐出する。その油は油圧回路を通して油圧モータを駆動し、被駆動側に動力が伝達される仕組みである。この回路では、油圧ポンプに可変容量型を用いることで、伝達動力や出力軸の回転方向を自在に制御することができる。

5.2 HSTの排熱回収装置への展開

THSにおいて駆動側は過給機及びパワータービンに取り付けた油圧ポンプであり、被駆動側はクランク軸に取り付けた油圧モータとなる。被駆動側であるクランク軸付きの油圧

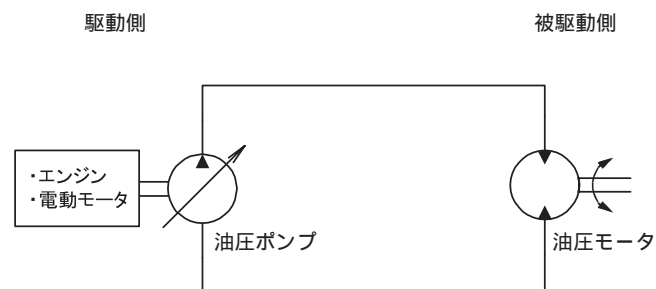


図7 HSTの基本構成
Basic components of HST

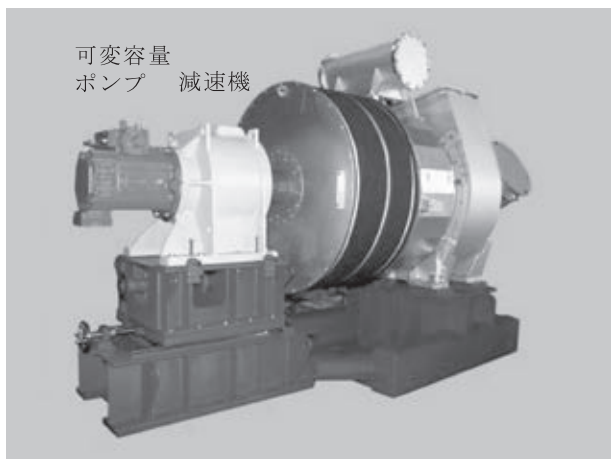


写真2 開発当初の過給機側油圧ポンプの配置
Initial Arrangement of Hydraulic Pump on T/C

モータは、エンジン運転時には一定の速度(プロペラ速度)で回転しているので、油圧回路の流量をバランスさせて伝達動力の制御を行うためには、HSTのように駆動側の吐出量を制御する必要がある。この部分が「過給機一体型」と「パワータービン式」で大きく異なり、それが全体のシステムにも影響しているので、それぞれについての概略を以下に記す。

5.3 過給機一体型 THS の油圧回路

開発当初の過給機付きTHSでは、減速機と組み合わせられた可変容量の油圧ポンプが過給機とは別置きになっており、それぞれを中間軸で連結する構造を採用していた³⁾(写真2)。

しかし、この構造では機器を支持する共通台床が必要で全体が大型化することや、組立時に高精度なアライメントが要求されるという課題があったため、コンパクトでメンテナンス性に優れた構造を目指し、図8に示す一体型を開発した。

このタイプの特徴は、別置きのTHS機器をできるだけ軽量化して過給機の空気吸込みサイレンサに直接搭載するとともに、共通台床を省略したことである。これに伴い、従来の可変容量ポンプに代わって軽量の固定容量型ポンプを採用している。したがって、ポンプの吐出量は過給機の回転数にのみ依存し、任意に吐出量を制御することができなくなる。

5.2で述べたように、THSでは伝達動力を制御するためには流量のコントロールが必要である。そのため、「過給機一体型」THSでは、別途回路上に小型の可変容量モータを設置し、ここに流量制御機能を持たせている。この油圧回路モデルを図9に示す。

当社は、カム軸による機械式制御のMCエンジンと、これらの制御を電気-油圧サーボシステムに置き換えたMEエンジンを製造しているが、この流量制御用モータの設置場所は両者で異なる。前者の場合、この油圧モータを船内電源で接続した電動発電機と組み合わせ配置する。後者の場合、クランク軸に装備されている油圧ポンプ駆動用歯車に配置する。それぞれの流量を制御することにより、MCエンジンでは電力として、MEエンジンでは軸力として、調整分の動力回収が可能となる。

5.4 パワータービン式 THS の油圧回路

「パワータービン式」THSにおける油圧回路モデルを図10

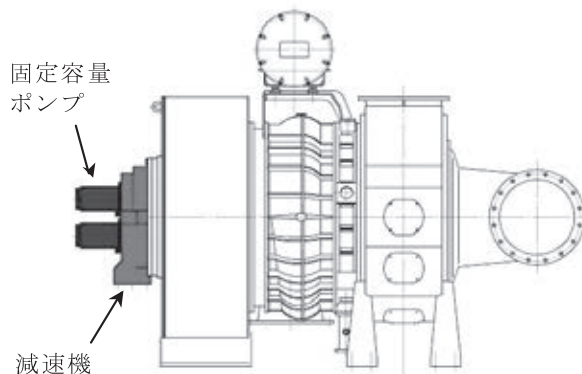


図8 小型化した過給機側油圧ポンプの配置
Downsized Arrangement of Hydraulic Pump on T/C

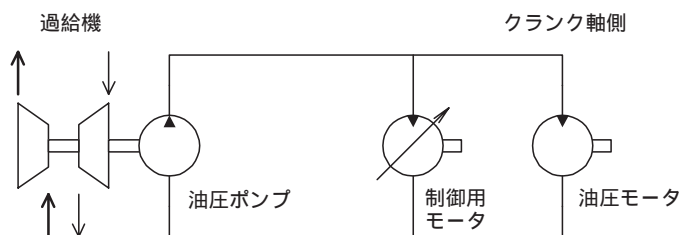


図9 過給機一体型 THS の油圧回路モデル
Hydraulic Circuit Model of Direct Mounted Type of THS

表1 テストエンジン 4S50ME-T の主要諸元
Specification of Test Engine

| | |
|---------------|-------|
| ストローク (mm) | 2 214 |
| 回転数 (rpm) | 117 |
| 正味平均有効圧 (MPa) | 2.1 |
| シリンダ最高圧 (MPa) | 18.0 |
| 出力 (kW) | 7 120 |

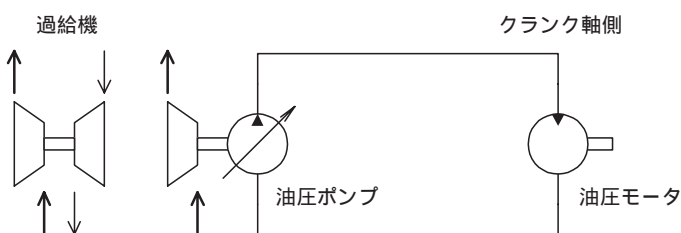


図10 パワータビン式 THS の油圧回路モデル
Hydraulic Circuit Model of Power Turbine Type of THS

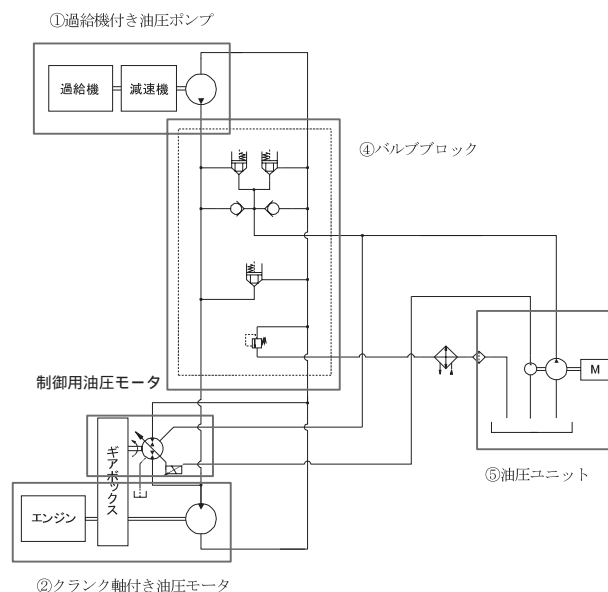


図11 テストエンジン用 THS の油圧回路
Hydraulic Circuit of THS on Test Engine

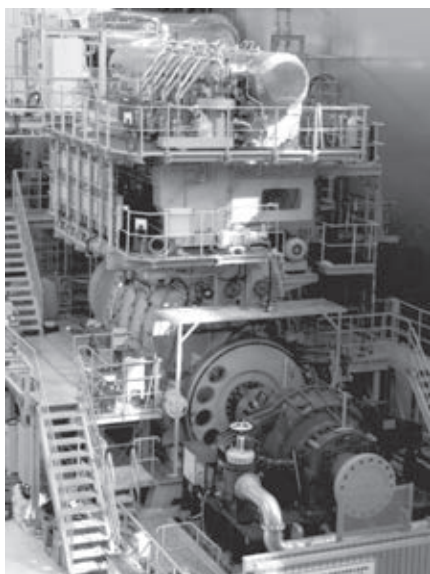


写真3 テストエンジン 4S50ME-T
Test Engine 4S50ME-T

に示す。この方式では、パワータビンユニットがエンジンから独立しているため配置上の自由度が高く、可変容量ポンプの採用が可能である。なお、この方式では排ガスのバイパス通路が必要になる半面、油圧回路が簡素化される利点がある。

6. テストエンジンにおける THS の適用について

6.1 テストエンジンの概要

2010 年末より当社玉野事業所内にてテストエンジン 4S50ME-T の稼動を開始した(写真3)。このエンジンは、

表1に示す仕様の電子制御エンジンであり、商用機とほぼ同じ規模での検証が可能である。このエンジンに過給機一体型の THS を適用し、燃費低減の効果等を確認した。

6.2 THS の機器構成

テストエンジンに適用した THS の油圧回路図を図11に示す。この回路は、以下のとおり大きく五つの部分に分けられる。

- 過給機付き油圧ポンプ
- クランク軸付き油圧モータ
- 回収動力制御用油圧モータ
- バルブブロック
- 油圧ユニット

これらについて、個別に役割を解説する。

6.2.1 過給機付き油圧ポンプ

余剰の排ガスエネルギーは、過給機のロータ軸端面に取り付けられた中間軸が油圧ポンプを駆動することによって油圧動力として回収される。ここで過給機の回転数はエンジンの定格出力時で 18 000 rpm 程度に達するため、駆動軸が油圧ポンプの許容回転数以下になるよう減速機を介している。この油圧ポンプを写真4に示す。

6.2.2 クランク軸付き油圧モータ

油圧モータは、クランク軸の自由端に弾性継手を介して接

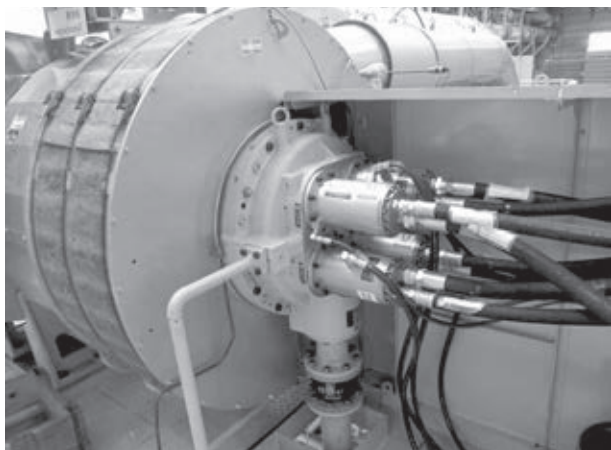


写真4 過給機付き油圧ポンプ
Hydraulic Pumps on Turbocharger

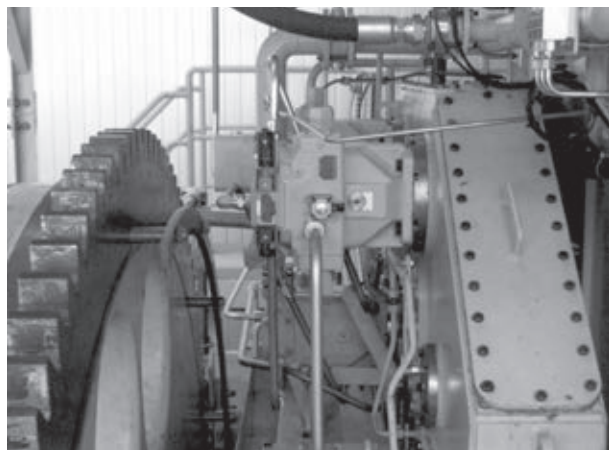


写真6 回収動力制御用油圧モータ
Hydraulic Motor for Power Control

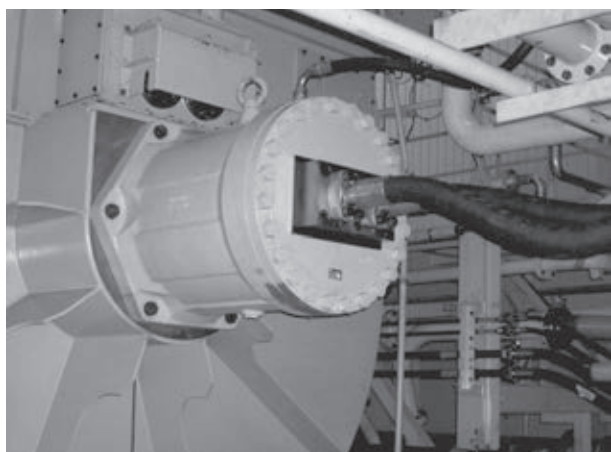


写真5 クランク軸付き油圧モータ
Hydraulic Motor Connected to Crankshaft



写真7 バルブブロック(手前)と油圧ユニット(奥)
Valve Block and Power Unit

続され、過給機側で得られた油圧動力を軸動力に変換してクランク軸の加勢を行う。この油圧モータの回転数は、エンジンの回転数と等しくなるので、100 rpm 程度の低速で作動する大容量のものを開発した。この油圧モータを写真5に示す。

6.2.3 回収動力制御用油圧モータ

テストエンジンは、ME エンジンベースとしており、5.3 で述べたとおり、このモータをクランク軸付きの歯車に配置する(写真6)。この部分で吐出量を変化させることにより、過給機付き油圧ポンプでの回収動力を制御する。

6.2.4 バルブブロック

バルブブロックには、THS で動力を回収しないときに吐出側と吸込側のラインを結合させるバイパス弁や圧力異常時に作動する安全弁が設置されている。(写真7)

6.2.5 油圧ユニット

基本的に THS の油圧回路は閉回路であり、作動油は一定の圧力を保持して回路を循環しているが、作動油の冷却や不純物のフィルタリングのために常時一定量をタンクに戻す必要がある。また、更にポンプ及びモータからの油ドレンも加

わる。これらを再び循環ラインへと送り込むため、油圧ユニットを設置している。(写真7)

6.3 テストエンジンでの試験結果

THS の燃費低減効果を確認するため、テストエンジンにて実証試験を行った。このエンジンでは様々な場面を想定した運転が可能であり、船用における常用出力(85% 負荷)及び定格出力(100% 負荷)の状態を取り扱った。常用出力における運転条件を表2に示し、そのときの THS によるエンジン諸性能の変化を図12に示す。

この図で横軸の THS 回収率は、クランク軸出力に対する油圧回収動力の比であり、常用出力時に最大で4%(250 kW)までの回収試験を行ったものである。仮にこの回収動力が全てクランク軸に入力され、かつ機関本体の燃費が THS 作動前後で一定ならば、THS 回収率と燃費改善率は等しくなる。しかし実際には、THS 側では油圧機器や配管での動力損失があり、エンジン側では風量の減少(空気過剰率の低下)による燃費悪化があるため両者は等しくならない。THS 回収率を4%としたケースでは、総合の燃費改善率は3%となり、

表2 THS性能試験時の機関条件
Engine Running Condition with THS

| | |
|--------------|-------|
| 負荷(%) | 85 |
| 出力(kW) | 6 052 |
| 回転数(rpm) | 110.8 |
| シリンダ最高圧(MPa) | 17.0 |
| 平均有効圧(MPa) | 1.89 |

風量の減少による過給機出口の排ガス温度上昇は約 30 °C であった。また、定格出力時の THS による燃費改善率は最大で 4% であった。

一方で、主機単独の改良の際には燃費とトレードオフの関係になる NO_x の排出量については、回収率に比例して低下する傾向が認められた。これは風量減による機関本体の燃費悪化が NO_x の低減につながったためと考えられる。

以上のことから、THS によって燃費の改善と NO_x 排出量の低減が両立できることを確認した。

7. おわりに

過給機一体型 THS をテストエンジンに適用し、船用を想定した条件における燃費低減効果を確認した。今後は、更に進展しつつある過給機の高効率化によって回収可能な排ガスエネルギーの増加が期待できるため、THS のシステム効率を同時に改善することで、更なるエンジンの燃費向上に貢献できると考えている。これは同時に温室効果ガス排出量の削減にもつながり、経済的なメリットだけでなく環境負荷の低減にも寄与するものである。

なお、本装置の開発は、国土交通省の支援による、一般財団法人日本海事協会及び公益財団法人日本財団との共同開発事業である。ここに関係各位に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 田中．外：ディーゼルエンジン - 環境対応関連の技術開発 - ，三井造船技報，200(2010)，p. 35
- 2) 近藤．外：中型及び大型エンジン用ターボチャージャ直結型発電システムの開発，三井造船技報，199(2010)，p. 1
- 3) M.Ohtsu, et al. : Utilization of Excessive Turbocharger Efficiency, CIMAC 2007,(2007)

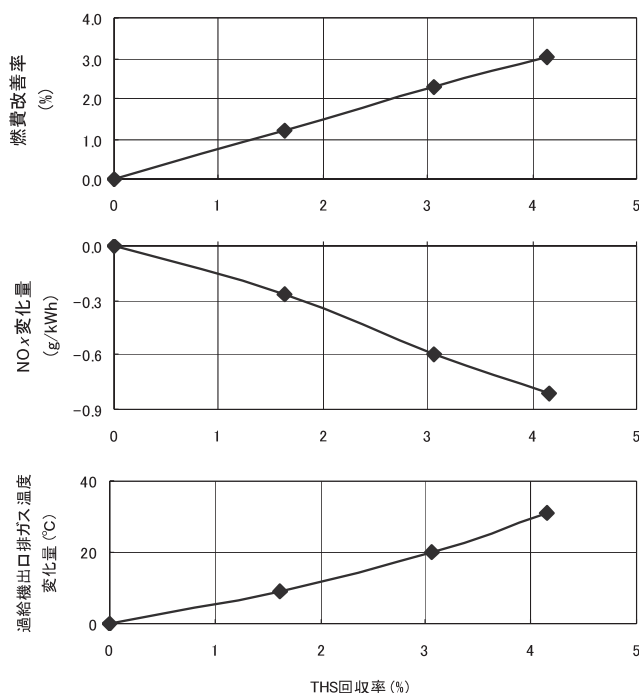


図12 THSによる動力回収時の機関性能変化
Variation of Engine Performance with THS

〔問い合わせ先〕

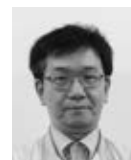
機械・システム事業本部 機械工場 技術開発部
TEL 0863 - 23 - 2360 大田 和徳



大田 和徳



近藤 守男



桑田 隆司



高橋 元幸



坂入 信之

プロジェクトマネジメントシステムとWEB コラボレーションによる情報共有化

矢崎 裕幸* 山口 和夫*

Information Sharing by Project Management System and WEB Collaboration

Yuko YAZAKI, Kazuo YAMAGUCHI

Plant engineering projects continue to grow in scale and alliance projects have increased recently. In alliance projects, interchangeability with the project management systems of partner companies and consistent project management are required. Furthermore, each project has many global stakeholders, including the client, partners, manufacturers, and sub-contractors. It is important to report the project status to all stakeholders accurately and in a timely manner. In order to cope with this environment, Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd. (MES) is developing Project Management System (PMS) on which project information is collected and integrated systematically. In addition, MES is developing WEB Collaboration System for project information sharing with all project stakeholders. By PMS and WEB Collaboration, problems can be detected at an early stage and prompt countermeasures can be provided, thereby eliminating future risks. Project information is integrated by the platform and is shared by WEB.

石油化学等のプロジェクトが近年大型化し、アライアンス型のプロジェクトが増加している。アライアンス型プロジェクトでは、他社のプロジェクトマネジメントシステムとの互換性や整合性のとれたプロジェクトマネジメントが要求される。さらにプロジェクトには顧客、メーカー、工事業者などのプロジェクト関係者がグローバルに多数存在しており、その関係者に進捗状況をリアルタイムで正確に報告することが重要になる。このような状況に対応するために、三井造船は、プロジェクト情報が体系的に収集され、統合されるプロジェクトマネジメントシステム(PMS)を開発し、さらに情報をプロジェクト関係者で共有できるよう、WEB コラボレーションシステムを開発している。このPMSとWEB コラボレーションにより、問題の早期発見と迅速な対応が可能となり、将来のリスクが回避できる。また、プロジェクト情報は、統合プラットフォームで統合されWEB で共有化される。

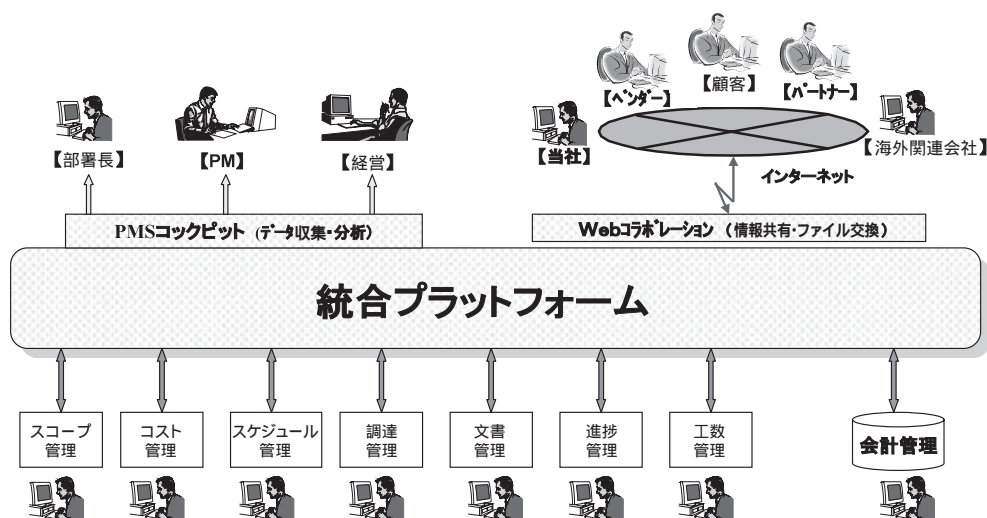


図1 PMSにおけるサブシステムと統合プラットフォームの関係
Sub-Systems and Integration Platform

* 環境・プラント事業本部 情報システム部

1. はじめに

石油化学等のプロジェクトは近年大型化し、一社単独での受注が減り、他社との共同受注(アライアンス型のプロジェクト)が増加している。アライアンス型プロジェクトでは、他社のシステムとの互換性や整合性のとれたプロジェクトマネジメントが要求される。また、業務プロセスが「部門・システムごとの効率化」から、「プロジェクト組織体としての最適化」、さらに他社も含めた「プロジェクト共同体としての最適化」へと変革してきている¹⁾。

しかしながら、三井造船の既存のシステムで対応すると、システム間のデータ転送・転記が増え、タイムリーなプロジェクト情報の収集が困難になっていた。

原因を、部門・システムのデータを統合管理する仕組みや、社外も含めたプロジェクト共同体が安全に情報を共有する仕組みが不足していることであると考え、プロジェクト遂行形態の変化や業務プロセスの進化に柔軟に対応できるプロジェクトマネジメントシステム(Project Management System : PMS)の構築を進めることにした。図1は、PMSにおける情報統合と共有の仕組みを示している。開発の課題は次の3点である。

プロジェクト業務遂行の中で体系的にデータを蓄積し、統合した情報でプロジェクトを管理する。

刻々と変化するプロジェクトの状況を可視化する。

企業の進化、業務ドメインの拡張に柔軟に対応する。

課題を解決するために、ワーク・ブレイクダウン・ストラクチャー (Work Breakdown Structure : WBS) 及び統合システムを確立し(2.で説明)、そのWBSをフレームワークにしてPMSを構築する(4.で説明)。課題の解決には、WEBコラボレーションとPMSコックピットの開発を実施する(3.で説明)。そして課題を解決するためのPMSシステムアーキテクチャを開発している(5.で説明)。

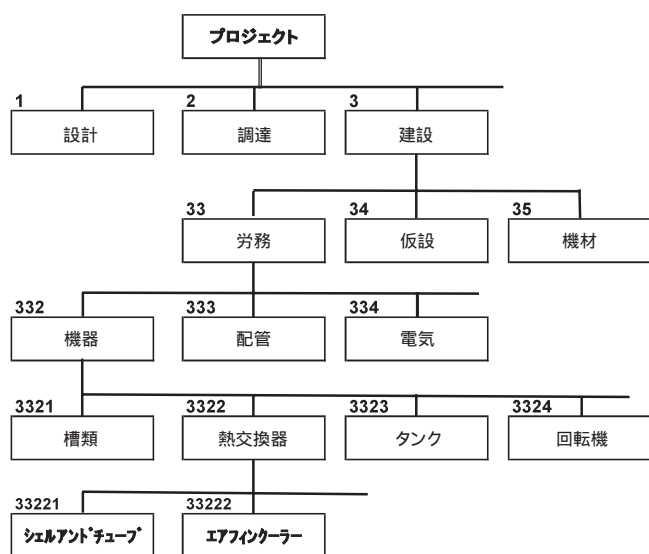


図2 WBSの一例
WBS(Sample)

2. WBS 及び統合システムの確立

プロジェクト業務をWBSで体系的に再構築した。WBSとは、プロジェクト目標を達成し必要な成果物を生み出すためにプロジェクトチームが実行する作業を、要素成果物を基にして階層的に要素分解したものである²⁾。図2にWBSのサンプルを示す。

プロジェクトの様々な管理(コスト管理、スケジュール管理、文書管理等)に共通のWBSを用いることで、システムの連携や統合が可能になった。

図3は、WBSによる情報の統合の例を示している。ポンプ設計、ポンプ調達、ポンプ据付のWBSに「44」という共通部分を設けることで、プロジェクト業務遂行における設計、調達、建設の業務プロセスの情報が統合される。

さらに、プロジェクトマネージャー、経営幹部へと、階層別に管理プロセスの情報が統合される。このWBSを用い、統合プラットフォームのデータリポジトリにプロジェクト管理に必要な全てのデータを体系的に保存することで、システム間のデータ転記が不要になり、データの素早い収集が可能になっている。さらに、コストとスケジュールのようにトレードオフの関係にある情報を統合、分析して、全体最適なプロジェクト管理を行う。

3. WEB コラボレーションとPMS コックピット

1.に示した課題を解決するために、WEBコラボレーションとPMSコックピットを開発している。様々な情報を、多様なプロジェクト関係者の視点で見ることで、問題の早期発見、早期解決が期待できる。

3.1 WEB コラボレーション

WEBコラボレーションは、社内外のプロジェクト関係者間でPMS内の文書・情報を安全かつ確実に交換、共有するシステムである。例えば、このシステムで文書を配布すると、いつ、誰が、誰に渡したのか等が履歴として残る。この履歴は、文書のステータス管理及びシステムのセキュリティ管理

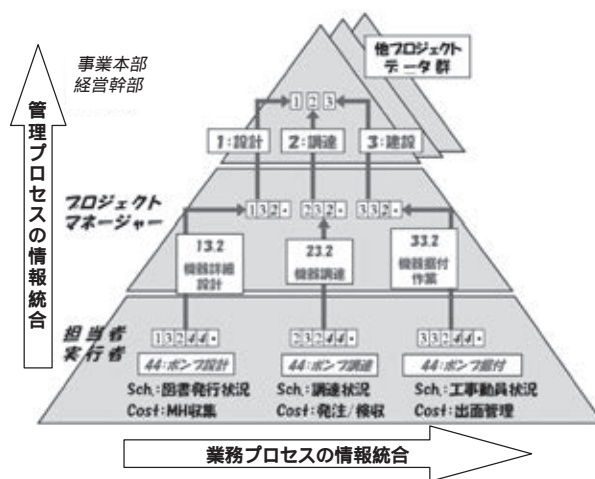


図3 WBSによる情報の統合
Information Integration based on WBS

に活用される。社外からのアクセスには、ユーザID、パスワードだけではなくクライアント証明書も発行し、情報の漏洩に対し十分な対策をとっている。

顧客と共有する情報の例を以下に示す。

- ・契約内容
- ・文書の発行状況
- ・プロジェクトのスケジュールと進捗
- ・客先コメントのフォローアップ状況
- ・重要課題と対策の進捗状況
- ・実施すべきアクション

3.2 PMS コックピット

PMS コックピットは、プロジェクトマネージャー、経営幹部、部署長等が迅速な意思決定を行うために、プロジェクト内で日々発生する膨大で散在するデータを収集・分析し、プロジェクトマネジメントや、事業管理に必要な情報(例えば、完成時予想コスト、キャッシュフロー、重要業績達成指標等)をリアルタイムに提供する。

4. PMS の概要とサブシステム

4.1 PMS の概要

PMS は、プロジェクトの立上げから終結までの様々なプロジェクト業務の遂行を支援するとともに、各管理レベルに必要なプロジェクトの情報を収集、統合、可視化し、プロジェクトの迅速な意思決定を支援する自社開発のシステムである。図4に本PMSのシステム構成の概要を示す。

PMSを構成するサブシステムの中で、特に重要なシステムは、

スコープ管理システム

- 工数管理システム
- 調達管理システム
- 文書統合管理システム
- プロジェクトコスト管理システム
- スケジュール管理システム
- 進捗管理システム

であり、以下にその機能と特徴を説明する。

4.2 スコープ管理システム

図5に示すスコープ管理システムでは、標準WBS等を基に、プロジェクト遂行用のWBS等を設定する。すなわち、プロジェクトの成果物として何が含まれ、何が含まれないかを明確にする。そして、顧客、パートナーと当社との所掌範囲もここで明確にする。標準WBSは、標準文書リスト、標準購入仕様書リスト、標準スケジュールアクティビティリスト等と対応しているため、WBSを設定すると、文書リスト、購入仕様書リスト、スケジュールアクティビティリスト等の作成も同時に完了する。スコープ管理システムは、統合プラットフォームから標準データを取得し、生成したプロジェクトデータを統合プラットフォームに公開する。

4.3 工数管理システム

工数管理システムでは、工事別、部署別、個人別、ワークパッケージ(WP)別の工数の整合性をとりながら工数計画を行う。月ごとの計画工数は、工数入力システムの各人の入力画面にも表記されるので、常に計画と実績を意識することになる。入力された各人の工数は、工事別、部署別、個人別、ワークパッケージ(WP)別に、予算(Budget)実績(Actual)、予測(Forecast)が一覧できる。

図6は、部署別、WBS別の工数管理画面の例である。

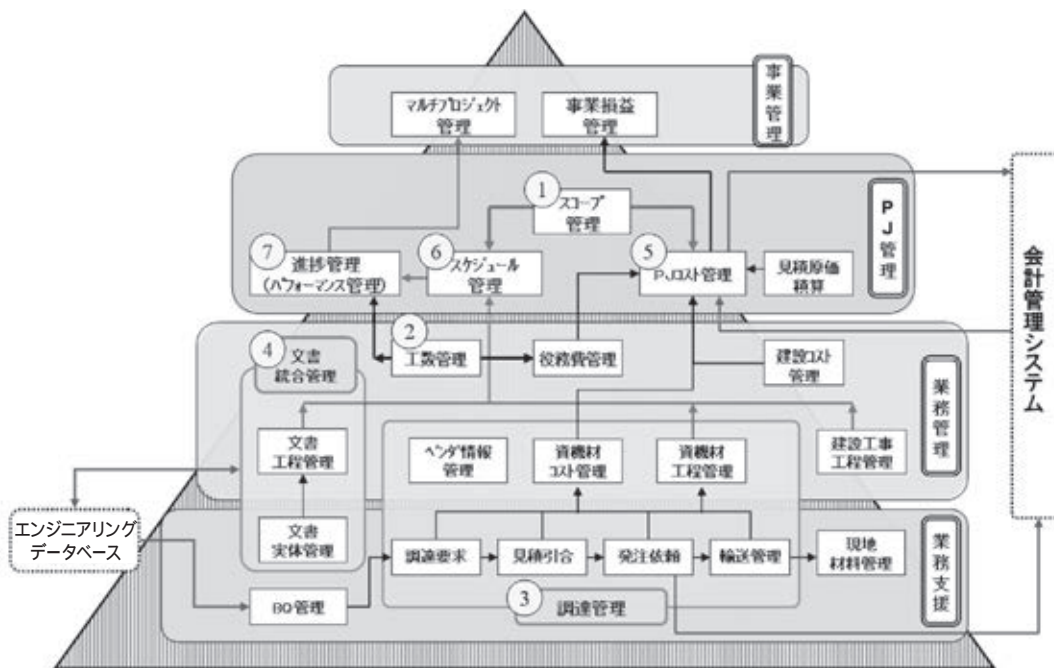


図4 PMSの概要
Summary of PMS

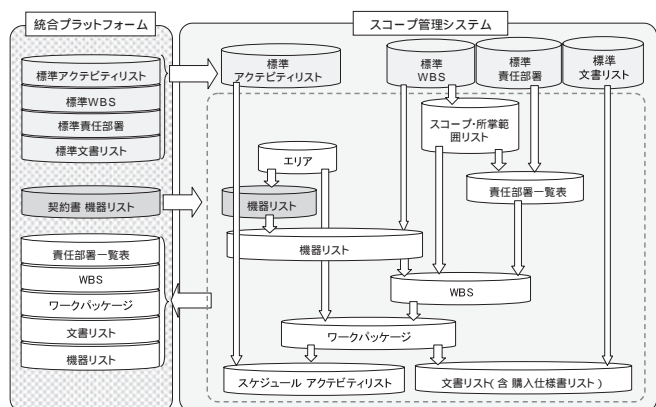


図5 スコープ管理システムの構成
Composition of Scope Management System

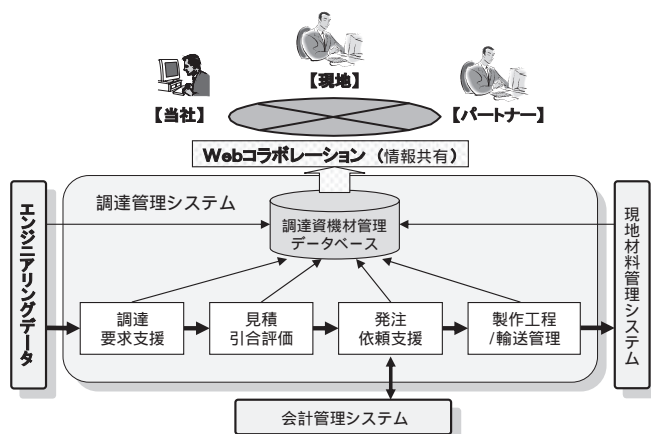


図7 資機材管理の概要
Material Tracking and Control

図6 工数管理システムの画面(例)
Man-hour Control System

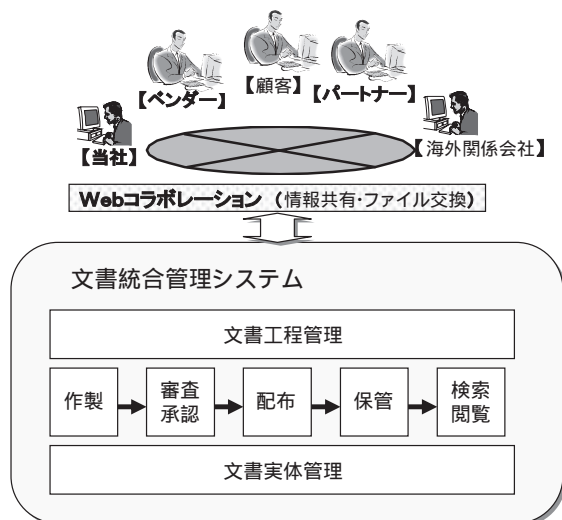


図8 文書統合管理システムの概要
Integrated Document Control System

4.4 調達管理システム

調達管理システムは、購入品に対する見積依頼書の発行から、発注、輸送、現地着までのスケジュール管理、採算管理、資金管理、材料管理等を支援する。

図7に示すように購入資機材は、一つのデータベースに管理部品単位(アイテム)で情報を集約しているのので、そのアイテムが、いつ発注され、今どこにあり、いつ現地に到着の予定なのかが、当社オフィス内関係者のみならず、パートナーや現地でも確認できる。

4.5 文書統合管理システム

図8は文書統合管理システムの概要である。文書作成から検索・閲覧までの文書ライフサイクルを通して文書の実体を管理する「文書実体管理」と、リアルタイムに文書のステータスを収集し出図工程を管理する「文書工程管理」の機能を持つ。プロジェクト関係者は、文書のステータス及び進捗をいつでも確認できる。そして、最新の文書をどこからでも閲覧することができる。

4.6 プロジェクトコスト管理システム

プロジェクトコスト管理システムでは、見積原価を基に、プロジェクトの実行予算の策定を行い、他のシステム(工数、調達、建設)に配賦する。そして、実績を収集し、採算管理、キャッシュフロー管理、工事進行基準採算管理などを支援する。

図9は、実行予算策定の画面の例である。

4.7 スケジュール管理システム

図10は、スケジュール管理のデータの流れを示している。スケジュール管理システムは、スケジュールアクティビティの開始日、終了日及びマイルストーンを一元管理し、プロジェクトコントロールスケジュールと文書統合管理システム、調達管理システム、建設工事工程管理システム間のスケジュールの整合性を取っている。

4.8 進捗管理システム

進捗管理システムでは、アーンドバリューマネージメント(Earned Value Management : EVM)を採用している。EVMとは、トレードオフの関係にあるプロジェクトのコス



図9 プロジェクトコスト管理システムの画面(例)
Project Cost Control System

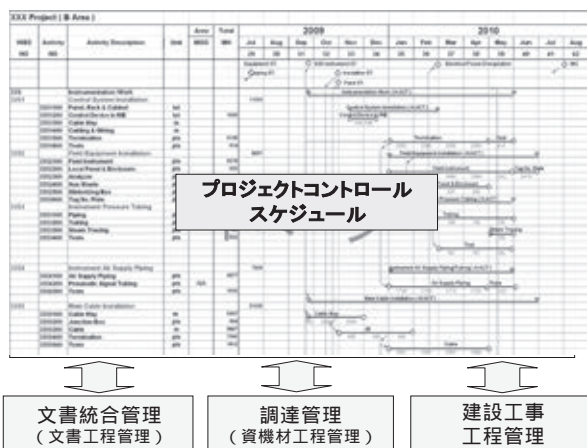


図10 スケジュール管理システム
Schedule Control System

トとスケジュールを一元的に管理する手法であり、プロジェクトの作業のパフォーマンスを見積って、現在及び今後の状況を予測する。

プロジェクトの遅れは、ある日突然に発生するのではない。早期にその予兆を発見し原因を特定し、有効な対応策を実施することが重要である。EVMを活用すればそれが可能になる。日々の業務の結果として、文書ステータス管理、調達管理、建設管理の各システムから、WPごとの進捗が集計される。また、工数管理システムには、WPごとに工数(Man-hour)の実績が集まってくる。それらのデータを基に、アーンドバリュー【EV】(現時点までに完了した作業の予算上の価値)、実コスト【AV】(実際に発生したコスト)と計画価値【PV】(計画時に各作業に割り当てられた出来高)を比較し、パフォーマンス、完成時予想コスト、完了予定時を見積る。

図11は、EVMの説明図である。WBSの上位レベルでコスト差異及びスケジュール差異を発見した場合、容易にその

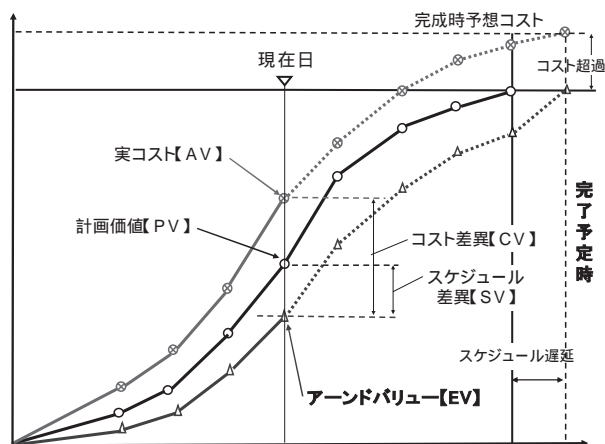


図11 アーンドバリューマネジメントによる進捗図
Progress Curve by Earned Value Management

WBSの下位レベルへとドリルダウンできるため、コスト超過やスケジュールの遅れの原因となっているWBSを素早く探ることができる。

5. PMSのシステムアーキテクチャ

5.1 複数の業務ドメインによる分散システム

石油化学等のプロジェクトは、多数の業務の遂行によって進められる。それぞれの業務は、他の業務との関連性を持ちながらも、それぞれ固有の業務プロセスに従って遂行される。また、これらの多数の業務は、幾つかの業務ドメインとして定義することができる。石油化学等のプロジェクトにおいては、これらの業務ドメインがそれぞれ独立した業務として遂行されつつ、各ドメインの間で相互の情報交換が行われる。これまでのシステム化は、これら個々の業務ドメインにとどまっていたが、プロジェクトの大型化・複雑化に対応するためには、これらの複数の業務ドメインのシステムの統合と調和が不可欠の課題となっている。

PMSでは、この課題を解決するために、各業務ドメインのシステムとしては従来どおりの独立性の高いシステムを採用しつつ、新たに統合プラットフォームと呼ばれるシステムにより、全体のシステムの連携を維持し統合するシステムアーキテクチャを採用した。図12に現在開発中の統合プラットフォームとサブシステム群の関連図を示す。ここでは、統合プラットフォームと連携することにより、新規に開発中のサブシステム群と既存のシステム群(図12最上段のシステム、例えば調達管理システム)が統合されることを示している。

それぞれの業務ドメインのシステムは統合プラットフォームと連携するために、以下のような共通の仕様を共有するサブシステムとして構築する。

業務ドメインを構成する業務プロセス全体を表現するモデルが定義され、サブシステム自身によって永続化される。

WEBブラウザによってアクセス可能なユーザインタフェースを持つWEBアプリケーションである。

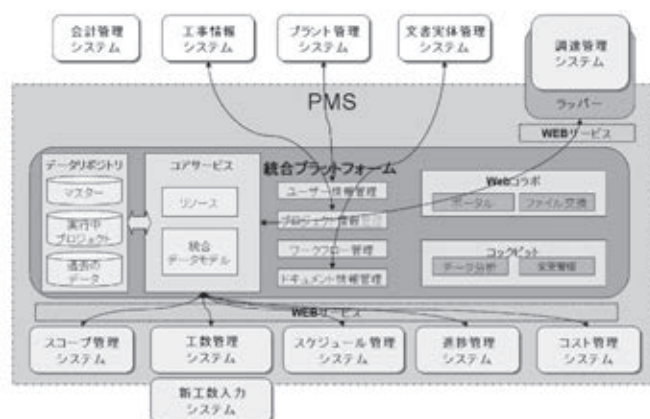


図 12 PMS のシステムアーキテクチャ
System Architectures of PMS

RESTful な WEB-API によって他のサブシステムとリソース(モデルを構成するオブジェクト)の授受を行う。これらの仕様を持つアプリケーションをPMSの「標準サブシステム」と考え、PMSは複数の「標準サブシステム」の連携によって動作する分散システムと定義する。

5.2 疎結合による PMS 全体の統合

プロジェクトの遂行に当たって、様々な観点からプロジェクト全体の最適化を行うためには、「全体は部分の総和」という考え方を超える視点によって、これらのサブシステムを統合しなければならない。

そこで、個々の業務ドメインからは独立した「統合プラットフォーム」を構築し、全てのサブシステムの統合を行う。ただし、「統合プラットフォーム」もPMS「標準サブシステム」の仕様を満足するシステムである。

これらのサブシステム群(「統合プラットフォーム」も含む)は、それぞれ固有の業務モデルを持ち、サブシステム間の結合は、可能な限り(全体の統合に支障のない限り)、「疎な」結合とするため、「RESTful」なサービスインタフェースを通して「リソース」を授受することにより関連性を維持する。「疎な」結合が求められる理由は、サブシステムの内部における業務プロセスの変更が他のサブシステムに与える影響を少なくし、また新たな業務プロセスの追加を容易にするためである。

各サブシステムは、それぞれが内部に保持するモデルが提供できる情報を「リソース」という静的な定義にマッピングし、これを「サービス」として提供することにより情報を「公開」する。また、必要な情報を他のサブシステムから、このインタフェースを通じて「取得」することができる。この「公開」と「取得」の操作によるサブシステム間の情報伝達とワークフローによる人間の関与に基づく制御の組み合わせにより、業務プロセスを実現するのが、PMSの基本的なシステムアーキテクチャである。

5.3 非「標準サブシステム」の統合

PMSは標準サブシステム以外に、会計管理システムなどの全社システムやプロジェクトを遂行する事業本部の既存の

基幹システム、また PMS に関連するシステムとして既に開発中のシステムなどとも連携を取らなければならない。この中で、図 12 に示した PMS システムアーキテクチャを構築する前に開発導入した調達管理システム、文書実体管理システム(PE-DOMS)などに対しては、標準システムに準じたインタフェース(RESTful な WEB インタフェース)による通信が可能となるようなラッパーシステムを開発してこれを実現している。

5.4 統合プラットフォーム

統合プラットフォームは、PMSの主たる目的であるプロジェクトマネジメントをより効率的な、より質の高いものとするための、各業務ドメイン全体を統合するメタ情報を取り扱うサブシステムの集合の総称であり、RESTful な WEB インタフェースを持つ以下のサブシステムから構成されている。

コアサービス

全体を統合するモデルを保持し、その情報をリソースとしてサブシステムと相互に交換を行う。ここで、「全体を統合するモデル(統合モデル)」とは、各サブシステムの業務モデルの中で、プロジェクトマネジメントのために必要な情報を抽出して統合した形で構築される業務モデルのことで、プロジェクトの全体像を示す重要なモデルである。

サブシステムは、自身が保持する情報の発信(公開)及び他サブシステムからの情報の取り込み(取得)を、原則としてコアサービスとのリソースの交換によって実現する。

データリポジトリ

コアサービスがリソースの根拠とする統合モデルの永続化を行うシステムである。また、各種の標準データやコード表、カレンダー、通貨レートなどの情報を格納するマスターリポジトリと、過去のプロジェクトについての再ロード可能な全情報を格納するウェアハウスもこのデータリポジトリ内で管理される。

ユーザー情報管理システム

社内のライン組織とプロジェクト組織とそれに結び付けられた個人情報を管理し、プロジェクトに関わる当社以外の個人情報を一元的に管理する。さらに、事業本部が既に持っているプラント管理システムと連携して動作する。

プロジェクト情報管理システム

事業本部が既に持っている工事情報システムと連携して動作し、プロジェクトの工事番号や名称などの属性を中心としたメタデータを管理する。

ワークフロー管理システム

複数のワークフローを一元管理できるワークフローエンジンと、その制御機能や入出力インタフェースから構成されるシステムである。PMSではワークフローの管理は、複数の業務ドメインをまたがる業務プロセスを統合管理するために非常に重要な機能である。サブシステムをまたがってワークフローを管理することが要求されるため、統合プラットフォームの一部として実装される。

ドキュメント情報管理システム

PMS外部のドキュメント実体管理システム(文書統合管理システム)と連携して、ドキュメントのメタデータ管理を行う。

ポータルサイト

社内及び社外のユーザから PMS へのアクセスを制御し、ユーザに対して PMS の各サブシステムを使用する上での利便性とセキュリティを向上するための入り口となるサイトである。

ファイル交換システム

主に社外のユーザとの間で、ドキュメントや図面などを格納したファイルを安全に交換するためのシステムで、交換作業のログ管理機能も備える。

データ分析システム

データリポジトリ内に格納されている過去のプロジェクトの情報を分析する機能を持つシステムである。

変更管理システム

プロジェクトの進行中における変更業務を一元的に管理する。

6. システム開発と運用

6.1 アジャイル的な要素を含むスパイラル開発

PMS の開発は、業務改革と不可分のものとして進められるので、一般的なウォーターフォール的な手法での開発は困難である。そこで、今回の開発では、アジャイル的な要素を取り入れて、可能な限りユーザの試用による仕様変更を頻繁に取り入れられるように、Ruby On Rails による WEB アプリケーション開発の手法を取り入れ、プロトタイプを迅速に提供し、スパイラルな開発を繰り返すことにより、仕様変更が容易な開発方法を実現した。

6.2 実装のためのフレームワーク

PMS の「標準サブシステム」は、RESTful な WebAPI をインタフェースとし、内部のモデルに基づいて生成されたオブジェクトをリソースとして、HTML、XML、JSON などのフォーマットにより通信を行う WEB アプリケーションとして実装することができる。現在「Ruby on Rails」をフレームワークとして開発を行っており、Ruby としては JRuby を採用し、既存の JAVA による環境との親和性を高めている。

さらに、PMS のアーキテクチャにおいては、サブシステムが「JRuby+Rails」以外のフレームワークや言語で開発された場合でも、PMS のサブシステムとして統合することが可能である。これは、それぞれのサブシステムに実装を要求されているインターフェースが、リソース授受のため RESET インターフェースのみであることによる。Seasar2 をフレームワークとして開発された JAVA アプリケーションや VB6

で開発された C/S 型アプリケーション (REST インタフェースを持つ専用のラッパーを経由) など、統合プラットフォームを介して連携動作している。

7. おわりに

当社は、プロジェクトの情報を様々な立場、見方、あるいは意図を反映した情報として、社外も含めたプロジェクト共同体内で共有化しようと考え、PMS 及び WEB コラボレーションの開発を進めてきた。今後は、これらのシステムを活用していくことで蓄積されるプロジェクトマネジメントの情報を、当社内において知識化し、システムに反映することで、さらに当社のプロジェクトマネジメント技術の信頼性を高めていく予定である。

現在、次世代エンジニアリングとして、プロセス、配管、電気、計装、土建等のエンジニアリングデータを統合し活用するエンジニアリングプラットフォームの開発を進めている。将来は、PMS 統合プラットフォームとエンジニアリングプラットフォームを融合し、設計情報もリアルタイムに反映する高度なプロジェクトマネジメントシステムの構築を目指している。

参考文献

- 1) 経済産業省：情報技術と経営戦略会議提言，(2003)，p. 43
- 2) Project Management Institute. Inc.：プロジェクトマネジメント知識体系ガイド (PMBOK ガイド) 第 4 版，(2008)，p. 338

〔問い合わせ先〕

環境・プラント事業本部 情報システム部
TEL 043 - 351 - 9257 矢崎 裕幸



矢崎 裕幸



山口 和夫

Ni 基鑄造合金の共金溶接による溶接部の耐高温腐食性の向上

小野 昇造* 鎌田 勤也** 松野 進***

Improvement of High Temperature Corrosion Resistance at Weld Zone of Ni-based Cast Alloy by Similar Composition Metal Welding

Shozo ONO, Kinya KAMATA, Susumu MATSUNO

Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd. has developed the technology of similar composition metal welding for Ni-based cast alloy with Kurimoto, Ltd., which aimed at the application to the heat exchanger parts used at the high temperature range in the waste incineration plants. However, we were yet to clarify the high temperature corrosion resistance at the weld zone.

This report shows the test result of two kinds of weld joints which we have made, one of which is for a weld joint with the welding rod having the same chemical composition as the alloy, and the other of which is for a weld joint with the commercial welding rod of Alloy625 for comparison. We carried out high temperature corrosion tests on these joints at 850 and 950 °C in our laboratory. As a result of cross-section observations of the specimens after the tests by using SEM, we confirmed a big difference in high temperature corrosion resistance between the joints at 950 °C. In fact, the high temperature corrosion resistance of the weld metal at the weld joint with the welding rod having the same chemical composition as the alloy has almost the same high temperature corrosion resistance as the base metal, a maximum corrosion depth of which decreased to less than 1/2 as compared to that of the weld metal at the weld joint with the commercial welding rod.

三井造船は、廃棄物焼却プラントの高温領域における熱回収部材への適用を目指し、株式会社栗本鐵工所と共同で、Ni 基鑄造合金の共金溶接技術を開発した。しかしながら、共金溶接部の耐高温腐食性については、これまで十分な検討ができていなかった。

本報では、耐高温腐食性を検討するために Ni 基鑄造合金の共金溶接継手と、比較材として市販の Alloy625 溶加材による異材溶接継手を作製し、実験室にて 850 °C と 950 °C のガス封入型高温腐食試験を行った。腐食試験後の試験片断面を走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察した結果、950 °C において共金溶接継手と異材溶接継手の耐高温腐食性に大きな差異が現れることを確認した。すなわち、共金溶接継手の溶接金属は、母材と同等の耐高温腐食性を有し、異材溶接継手の溶接金属に比べて、最大腐食深さを 1/2 以下に低減できることが分かった。

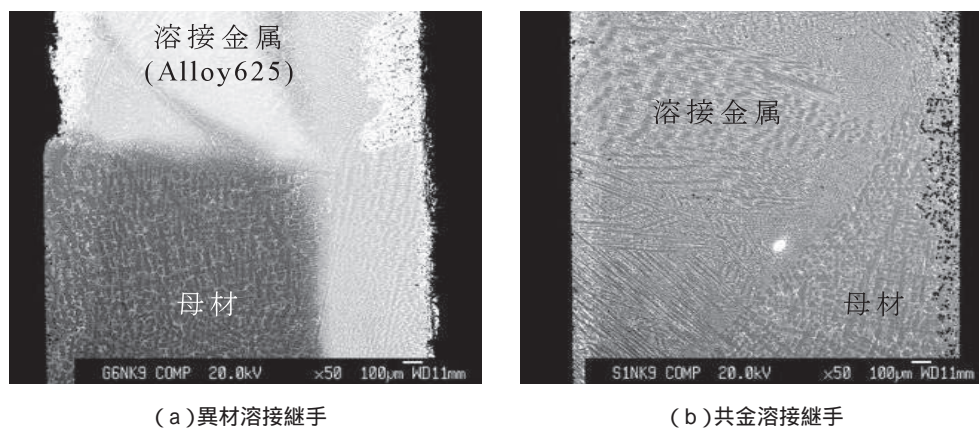


写真 1 950 °C 高温腐食試験後におけるボンド部付近断面の SEM による反射電子像
Backscattered Electron Images of the Cross-sectional Structures
around Weld Bonds after a High Temperature Corrosion Test at 950 °C

* 技術本部 基盤技術センター

** 技術本部 技術総括部

*** 株式会社栗本鐵工所 素形材エンジニアリング事業部

1. はじめに

廃棄物焼却プラントにおける燃焼温度は、ダイオキシン類排出抑制などの社会的要請によって高くなる傾向にある。その結果、排ガス温度が1000 を超える領域まで視野に入れ、耐環境性材料の研究開発が展開されるようになった¹⁾。廃棄物焼却プラントの熱回収部品に適用する場合、シール性、耐久性などの観点から溶接構造体であることが望まれるが、高温腐食性環境下では、Alloy625 などの高級な Ni 基合金の市販溶接棒を使用しても、十分な耐高温腐食性が得られないことが報告されている²⁾。

このような背景から、著者らは既報³⁾にて、Ni 基鋳造合金の耐高温腐食性と共金溶接棒による溶接性を検討した。これより、TIG 溶接法(GTAW)と被覆アーク溶接法(SMAW)を併用し、パス間温度を250 以上とすることにより、表面欠陥及び内部欠陥のない Ni 基鋳造合金の共金溶接が可能であることが確認された。しかしながら、溶接部の耐高温腐食性については、十分な検討ができていなかった。

本報では、Ni 基鋳造合金の共金溶接継手と、比較材として Alloy625 溶加材による異材溶接継手を作製し、実験室での高温腐食試験、断面観察及び分析を行うことにより、溶接部の耐高温腐食性について評価した。

2. 試験方法

2.1 溶接継手の作製

著者らが開発した鋳造合金⁴⁾の遠心鋳造管を母材とし、下向き姿勢にて U 開先による突合せ溶接継手を2種類作製した。一つは全層が Alloy625 溶加材(JIS Z 3334, YNiCrMo -

3 相当)による GTAW の異材溶接継手とし、もう一つは3 ~ 5 層目が共金系溶接棒による SMAW の共金溶接継手とした。これら溶接継手の溶接条件を表1 に示す。また、蛍光 X 線分析法を用いて測定した本継手における鋳造合金母材及び溶接金属の化学組成を表2 に示す。

2.2 高温腐食試験

図1 に示すように、両継手から溶接金属と鋳造合金母材の双方を含む長さ10 mm、幅20 mm、厚さ2 mm の試験片を採取した後、機械加工で表面の算術平均粗さを5 μm 程度まで仕上げ、高温腐食試験に用いた。高温腐食試験は、図2 に示す試験装置を用いたガス封入型の塩埋没高温腐食試験⁵⁾とし、JIS Z 2293 に準じて行った。供試灰は、ガス化溶融炉の実缶灰(CI: 1.06 mass%, S: 11.0 mass%)をスタンプミル及び遊星ボールミルにて粉碎、混合したものをを用いた。アルミナるつぼ中で13 g の供試灰中に試験片を3 mm 深さで埋め込み、るつぼに蓋をして電気炉内に静置した。雰囲気温度は850 と950 とし、大気中で200 時間曝露した。曝露後の試験片は、煮沸した3 mass%KMnO₄ + 18 mass%NaOH 水溶液と10 mass% クエン酸水素二アンモニウム水溶液中に浸漬して腐食スケールを除去し、単位面積当たりの質量減少(腐食減量)を求めた。

2.3 断面観察及び分析

腐食スケールを除去した試験片は、切断後に熱硬化性樹脂で固定してから、ダイヤモンドペーストを用いて鏡面研磨を行った。その後、走査型電子顕微鏡(SEM)により断面観察を行い、溶接金属及び鋳造合金母材の最大腐食深さを計測した。また、電子線プローブ X 線マイクロアナライザ(EPMA)による断面の面分析により、元素分布を確認した。

表1 突合せ溶接継手の溶接条件
Welding Conditions of Butt Weld Joints

| 継手 | パス | 溶接方法 | 溶接棒材質 | 溶接棒径 (mm) | 溶接電流 (A) | アーク電圧 (V) | 溶接速度 (cm/min) | シールドガス | 予熱, パス間温度 () |
|----|-------|------|-------------|-----------|----------|-----------|---------------|--------|---------------|
| 共金 | 1 | GTAW | YNiCrMo - 3 | 2.0 | 110 | 13.5 | 17 | 純 Ar | 150 |
| | 2 | | YNiCrMo - 3 | 2.4 | 125 | 13.5 | 13 | | |
| | 3 ~ 5 | SMAW | 共金系 | 2.8 | 110 | 30 | 15 ~ 21 | - | |
| 異材 | 1 | GTAW | YNiCrMo - 3 | 2.0 | 110 | 13.5 | 17 | 純 Ar | 150 |
| | 2 ~ 5 | | YNiCrMo - 3 | 2.4 | 125 | 13.5 | 13 | | |

表2 突合せ溶接継手の溶接金属と母材の化学組成 (mass%)
Chemical Compositions of Weld Metals and Base Metal at Butt Weld Joints

| | C | Si | Cr | Fe | Ni | Mo | Nb+Ta |
|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鋳造合金母材 | 0.23 | 4.78 | 32.14 | bal. | 47.74 | 5.05 | - |
| 溶接金属 | 共金継手 | 0.22 | 5.03 | 31.46 | bal. | 48.98 | 4.79 |
| | 異材継手 | 0.04 | 0.18 | 20.60 | 4.00 | 61.60 | 8.80 |

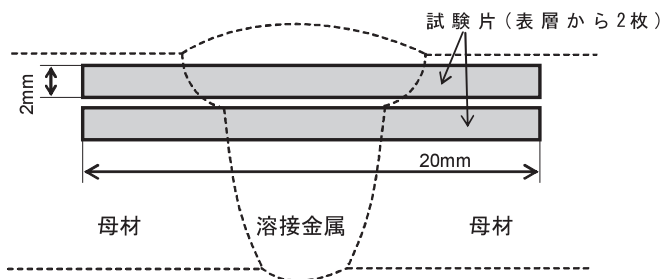


図1 溶接継手からの試験片採取位置
Sampling Positions of Test Specimens at Butt Weld Joints

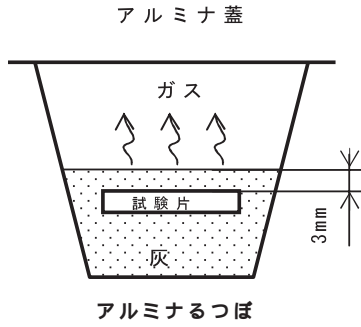


図2 ガス封入型の塩埋没高温腐食試験の模式図
Schematic Figure of Salt-embedded High Temperature Corrosion Test with Gas Filling

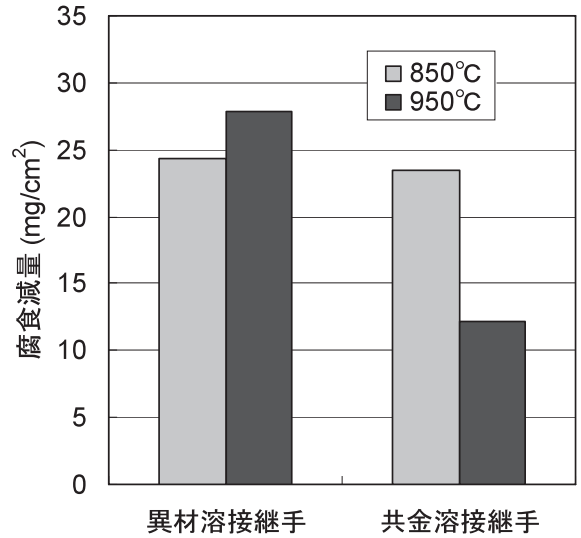
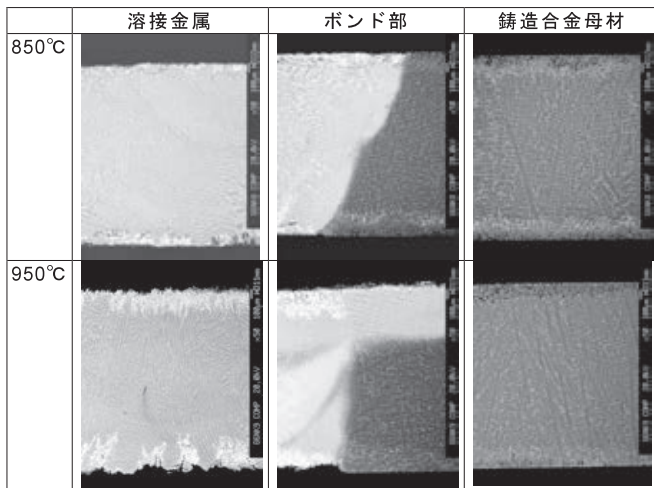
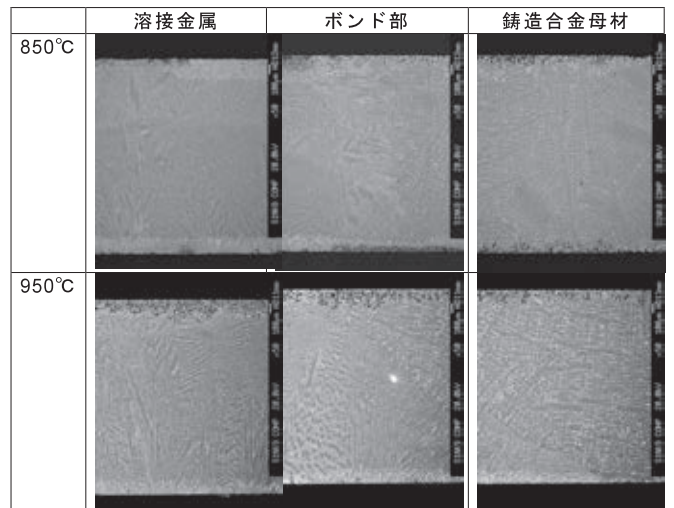


図3 高温腐食試験後の腐食減量
Corrosion Losses after High Temperature Corrosion Tests



(a) 異材溶接継手



(b) 共金溶接継手

写真2 高温腐食試験後の試験片断面におけるSEMによる反射電子像
Backscattered Electron Images of Cross-sectional Structures of Specimens after High Temperature Corrosion Tests

3. 試験結果

3.1 高温腐食試験

高温腐食試験の腐食減量を図3に示す。850 では共金溶接継手と異材溶接継手の腐食減量は同等であったが、950 では、異材溶接継手の腐食減量が共金溶接継手の2.3倍に増加した。

3.2 断面観察

高温腐食試験後における試験片断面のSEMによる反射電子像を写真1及び写真2に示す。これらの写真より、鋳造合金母材及び溶接金属の表層に認められる黒色斑点部や、濃

白色化した層が腐食変質層として識別できる。

写真1(a)及び写真2(a)の異材溶接継手においては、鋳造合金母材と溶接金属の合金組成の差異により、明瞭なコントラストが現れ、白色部がAlloy625溶接金属である。試験温度が850 の場合は、Alloy625溶接金属と鋳造合金母材の腐食変質層厚さに明瞭な差はなく、試験片表面の凹凸もわずかであった。一方、試験温度が950 の場合は、鋳造合金母材に比べ、Alloy625溶接金属の腐食による試験片表面の著しい凹凸が認められた。また、鋳造合金母材の腐食変質層は、溶接金属に近いほど厚くなる傾向が認められた。

写真1(b)及び写真2(b)の共金溶接継手においては、鋳

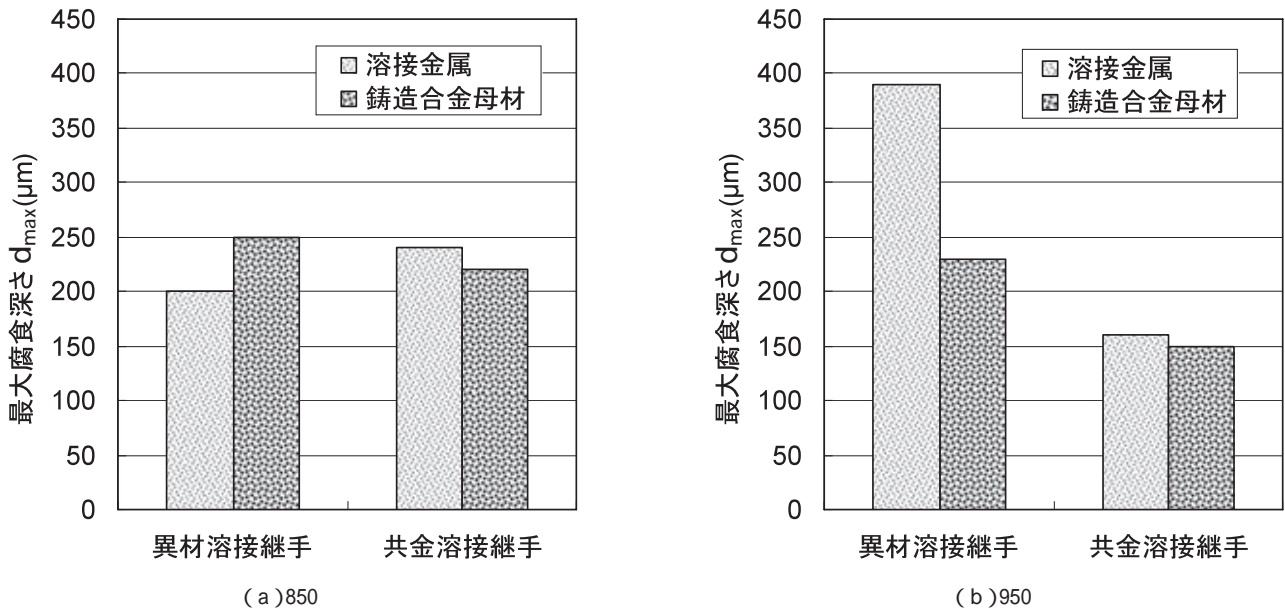


図4 高温腐食試験後における最大腐食深さ d_{max}
Maximum Corrosion Depths after High Temperature Corrosion Tests

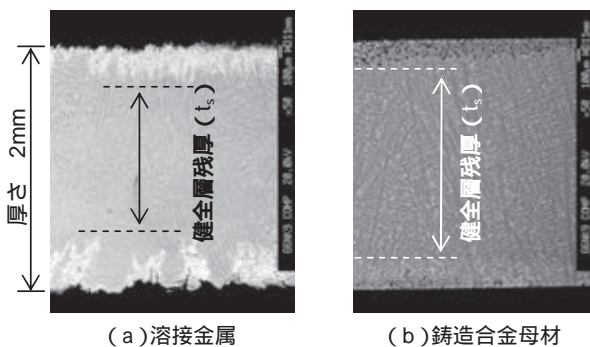


図5 最大腐食深さ d_{max} の算定方法
Calculation Method of Maximum Corrosion Depths

造合金母材と溶接金属の合金組成が近い為、コントラストからはボンド部を識別できない。ただし、鑄造合金母材及び溶接金属ともに樹枝状晶の凝固組織が形成されているが、溶接金属の凝固速度が鑄造合金母材のそれより大きいため、樹枝状晶の微細な領域が溶接金属であると識別できる。試験温度が850と950のいずれの場合においても、試験片表面の凹凸は小さく、腐食変質層厚さも溶接金属と鑄造合金母材とで差異は認められなかった。

850と950腐食試験後における異材溶接継手と共金溶接継手の最大腐食深さ d_{max} (μm) について、写真2より計測した結果を図4に示す。なお、最大腐食深さは、図5に示した健全層残厚 t_s (μm) と試験片の厚さ2mmを用いて式(1)から求めた。

$$d_{max} = (2000 - t_s) / 2 \dots\dots\dots (1)$$

図4(b)より、950の異材溶接継手の鑄造合金母材にお

ける最大腐食深さは、共金溶接継手のそれに比べ1.5倍に増加した。これは、異材溶接継手の場合、鑄造合金母材の腐食変質層が、溶接金属に近いほど厚く生成していたためである。異種金属接触下の腐食において、接触部近傍ほど腐食が大きくなる現象は、電気化学的作用(ガルバニック腐食)の可能性を示唆している。しかしながら、通常のガルバニック腐食では、耐食性の低いアノード側の腐食が加速されるが、耐食性の高いカソード側の腐食は抑制される。異材溶接継手の場合、最大腐食深さが相対的に大きいAlloy625溶接金属がアノード側であれば、カソード側である鑄造合金母材の最大腐食深さは軽減されるはずであるが、逆の現象が起きた。原らは、900の溶融 Na_2SO_4 中において、カソード側のNiあるいはCrの腐食が加速するカソード腐食と呼ばれる特異な現象を報告している^{6),7)}。したがって、異材溶接継手もこのようなカソード腐食により、NiとCrを主成分とする鑄造合金母材の腐食が加速された可能性が考えられる。また、850に比べ950の試験温度において、Alloy625溶接金属の腐食量が大きい原因は、 Na_2SO_4 の融点が880であり、950では溶融塩腐食が起きたためと推定される。なお、供試灰中に Na_2SO_4 が含まれることは、X線回折分析により確認している。

3.3 断面分析

試験片断面におけるEPMAによる面分析結果を図6に示す。850と950のいずれの試験温度においても、共金溶接及び異材溶接の双方で、鑄造合金母材と溶接金属の表面の腐食変質層には、Crの欠乏とNiの濃化が認められた。これは高温腐食環境下において、試験片表面で Cr_2O_3 の生成と消滅が繰り返されたことにより、合金中のCrが選択的に消費され、酸化物を形成しにくい合金中のNiが選択的に残存したためと推定される。

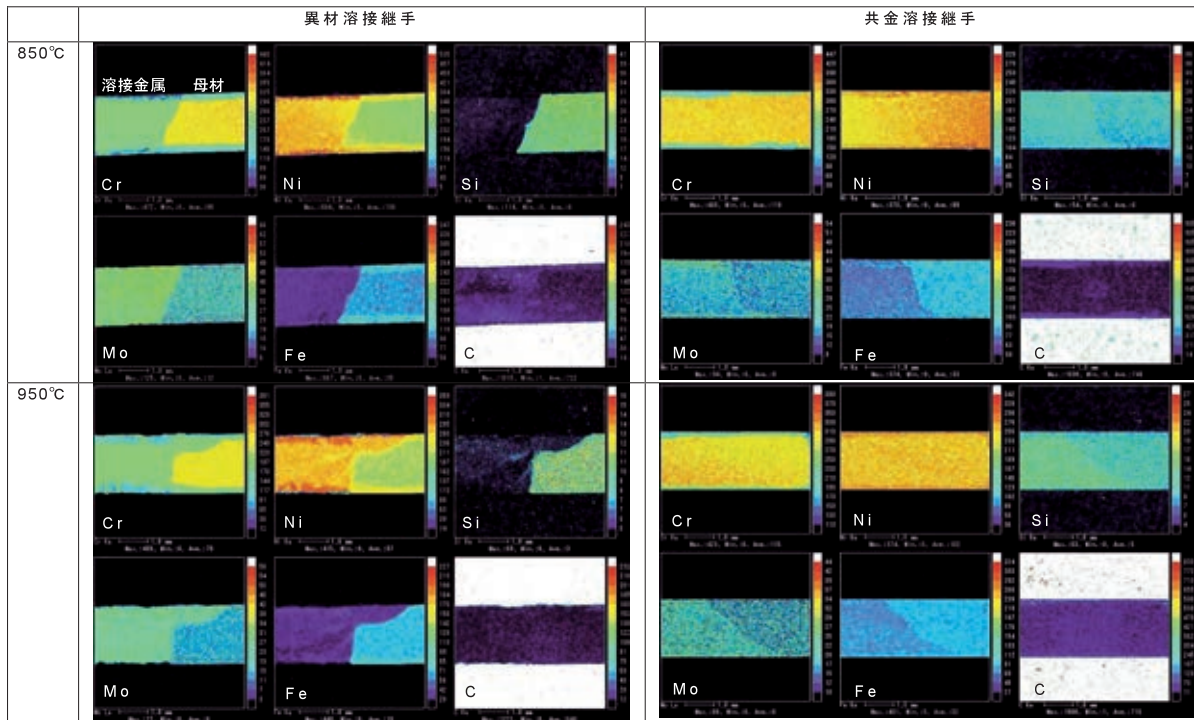


図6 高温腐食試験後の試験片断面における EPMA による面分析結果
EPMA Area Analysis Results of the Cross-sectional Structures
of Specimens after High Temperature Corrosion Tests

4. おわりに

Ni 基鑄造合金の共金溶接継手及び異材溶接継手を作製し、実験室での試験により高温腐食挙動を比較した結果、両継手の耐高温腐食性は 950 で顕著な差異が認められた。すなわち、異材溶接継手では溶接金属の腐食のみならず、溶接金属近傍における鑄造合金母材の腐食も加速する特異な現象が認められた。一方、共金溶接継手ではこのような現象は認められず、溶接金属が鑄造合金母材と同等の耐高温腐食性を有することが確認でき、廃棄物焼却プラントの熱回収部分に使用できる見通しを得た。

参 考 文 献

- 1)野口．外：高温塩素含有雰囲気における Ni 基鑄造合金の耐食性に及ぼす合金元素の影響，54(2005)，p. 218
- 2)庄．外：高効率廃棄物発電プラント用新開発ステンレスチューブの実機における腐食特性，日本金属学会誌，66(2002)，p. 554
- 3)小野．外：鑄造合金の耐高温腐食性と溶接性の評価，三井造船技報，196(2009)，p. 25

- 4)松野．外：ガス化溶融炉の空気加熱管用高温耐食材料，特許第 4222878 号，(2008)
- 5)基．外：高効率廃棄物発電ボイラ材料の高温耐食性評価における簡便型ガス雰囲気制御の影響，材料と環境討論会講演集，46(1999)，p. 31
- 6)原．外：溶融 Na_2SO_4 における Ni のカソード分極下での高温腐食，日本金属学会誌，54(1990)，p. 458
- 7)原．外：溶融 Na_2SO_4 におけるクロムのカソード腐食，材料と環境，45(1996)，p. 60

〔問い合わせ先〕

技術本部 基盤技術センター
TEL 0863 - 23 - 3103 小野 昇造



小野 昇造



鎌田 勤也



松野 進

内部構造分析によるハイドレートペレットの 自己保存性メカニズムの検証

三 町 博 子* 伊 藤 真 人* 高 橋 正 浩* 佐 野 健 一*

Examination of Self-Preservation Mechanism for Hydrate Pellet by Internal Texture Analysis

Hiroko MIMACHI, Masato ITO, Masahiro TAKAHASHI, Ken'ichi SANO

It is important for natural gas transportation using natural gas hydrate (NGH) pellets as a new medium to increase mass fraction of hydrate in a pellet and to keep gases over preservation.

In this report, an increase in mass fraction of methane hydrate was accomplished by controlling a pelletizing pressure using experimental system equipped with unidirectional compression piston. Additionally, these hydrate pellets showed high stability.

Internal textures of high stabilized methane hydrate pellets produced by the continuous production method using briquetting machine were analyzed by means of the phase contrast X-ray imaging system. It was revealed that pellets were covered with ice sheet and fully-dense with methane hydrate and few ice particles inside. Methane hydrate inside ice sheet was kept for about a month.

天然ガスハイドレート(Natural Gas Hydrate:NGH)ペレットを利用した天然ガス海上輸送チェーンの実現には、NGH単位質量当たりのハイドレート割合(ハイドレート率)を高めること、それを経時的に維持することは重要な課題である。

今回、一軸圧縮成形器を有する半回分式要素試験装置を用いてメタンハイドレートペレット(以下ペレット)を製造し、検討した結果、成形圧力の制御によりハイドレート率の向上と同時に高いハイドレート率の維持を確認した。さらに、ブリケットマシンを利用した連続試験装置により、半回分式要素試験装置で製造したペレットと同等の特性を有するペレットを製造した。低温対応の位相コントラストX線CT法を用いてペレットの内部構造を調べた結果、ペレットの表面は氷膜で覆われており、内部は若干の氷粒を含むものの緻密なハイドレートであることが明らかになった。さらに、氷膜の内部は約一ヶ月の間、高いハイドレート率を保持していることが示された。

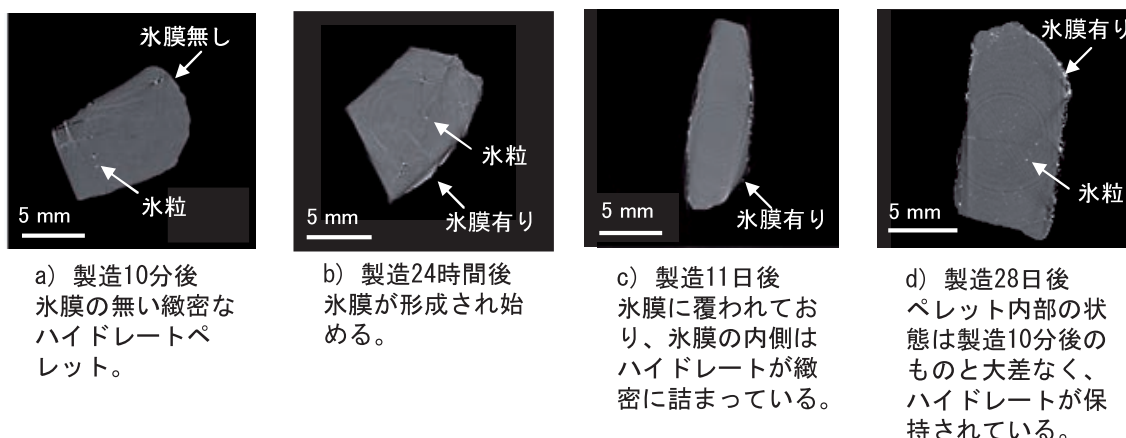


写真1 メタンハイドレートペレットの断面写真
Picture of Cross Section of Methane Hydrate Pellets

* 技術本部 千葉技術開発センター

1. はじめに

三井造船は、液化天然ガス(Liquefied Natural Gas : LNG)や圧縮天然ガス(Compressed Natural Gas : CNG)に代わる天然ガスの輸送方法として、ペレット状に成形した天然ガスハイドレート(Natural Gas Hydrate : NGH)を利用した輸送チェーンの開発を行っている¹⁾。NGHペレットは、水分子によって形成された多面体のケージにガス分子が取り込まれた包接水和物であり、単位体積中に容積が約170倍のガスを包蔵し、そのガスを温和な条件で保持できる自己保存性を有する物質である。ここで、自己保存性とは、氷点下の温度領域においてハイドレートが分解する圧力条件であっても分解が抑制され、準安定にハイドレートとして存在できる特性である。例えば、大気圧下では、メタンハイドレートは195 K以下で熱力学的に安定であるが、メタンハイドレートペレットは253 K前後で準安定に存在する。

この特性を利用したハイドレートペレットによる天然ガス輸送の実現に向け、第一に要求されるペレットの品質は、単位質量当たりのハイドレートの割合(ハイドレート率)の高さとそれを経時的に維持できる保存性である。

ハイドレートペレット製造プロセスのペレット成形工程では、スラリー状のハイドレートを脱水しながら固形状に成形しハイドレート率を上昇させている。このハイドレート率を

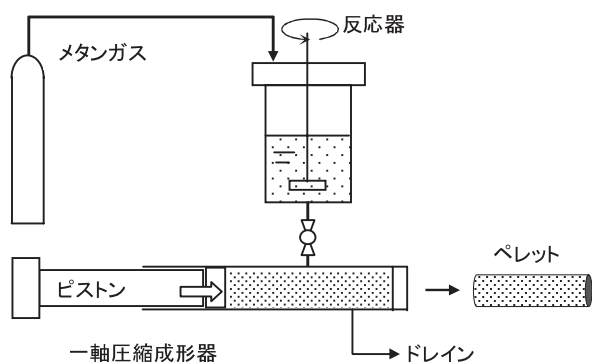


図1 一軸圧縮成形器を有する半回分式要素試験装置
Semibatch System Using Unidirectional Compression Piston

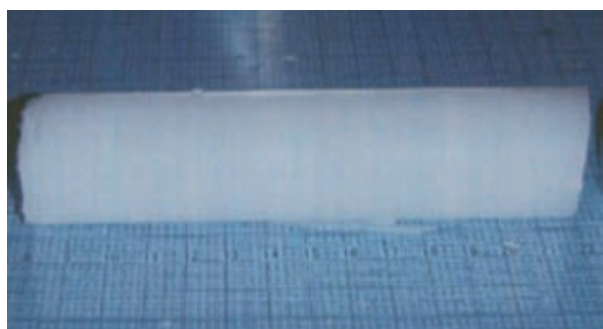


写真2 一軸圧縮成形による円柱状ペレット
Cylindrical Pellet by Unidirectional Compression Piston

向上させる要素の一つとして成形圧力が挙げられる。今回、ペレット成形条件の制御が容易な一軸圧縮成型器を有する半回分式要素試験装置でメタンハイドレートペレット(以下ペレット)を製造し、成形圧力とハイドレート率の関係を得るとともに、その保存性能を把握した。

また、より実用性の高いブリACKETINGマシンを利用したベンチスケールの連続試験装置でペレットを製造し、保存性能を調べた。既往の研究で、ペレット内部の空隙率が低く緻密なペレットは比表面積が小さく、保存性が高い結果が得られている²⁾。このようなペレットの内部構造と保存性の関係を明らかにするために、連続試験装置で製造したペレットの経時的内部構造変化を低温対応の位相コントラストX線CT法によって調べた。

2. ペレット製造方法

2.1 要素試験装置によるペレット製造

半回分式要素試験装置の概略図を図1に示す³⁾。装置は主に、ハイドレートスラリーを生成する反応器とペレットを成形する一軸圧縮成型器から成る。まず反応器に水を入れ、メタンガスを供給して5.4 MPaGまで加圧した。その後、攪拌を開始して生成したハイドレートスラリーを成形器に送り、ピストンの圧力を5 MPaから20 MPaの範囲で一定に制御し、直径33 mm、長さ100 mmから150 mm程度の円柱状ペレットを圧縮成形して作製した。ハイドレートの生成に伴い気相のガスが消費されて反応器の圧力が低下するため、5.4 MPaGを維持するように原料ガスを適宜追加した。作製したペレットは253 Kに冷却後、大気圧まで減圧して取り出した。得られた円柱状ペレットを写真2に示す。

2.2 連続試験装置によるペレット製造

連続試験装置の概略図を図2に示す。本装置は、当社千葉事業所内に設置されているベンチスケールのペレット製造装置である⁴⁾。反応器で生成したハイドレート率が約10%のメタンハイドレートスラリーを、脱水塔を経てハイドレート率が40%になるまで濃縮後、ブリACKETINGマシンで長さ約25 mm、幅約18 mm、厚さ約15 mmのピロー型ペレットに成形した。反応器からペレットドラムまで系内は全て

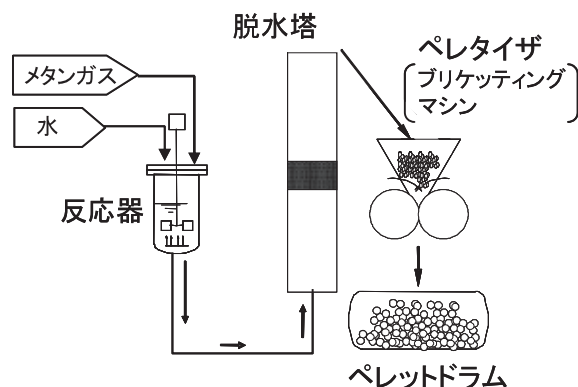


図2 ペレット製造連続試験装置
Scheme of the Bench Scale Unit

5.4 MPaG であり、ペレットは 253 K のペレットドラムで冷却した後、大気圧まで減圧して取り出した。ピロー型ペレットを写真 3 に示す。

3. 評価手法の概要

3.1 保存性能評価手法の概要

2. に従って製造したペレットを、圧力上昇防止用として上部に小穴を空けた容器に入れ、大気圧下 253 K で貯蔵し、所定時間経過ごとに重量を計量した。貯蔵期間終了後には試料を常温環境でガスと水に分解し、水の重量を計量した。重量の変化は、ハイドレートの分解に伴うメタンガスの放出によるものとし、試料の包蔵ガス重量は式(1)に示すハイドレート率を指標として評価した²⁾。

$$\text{ハイドレート率} = \frac{(w_1 - w_2) + (w_1 - w_2) \div 16 \times 5.75 \times 18}{w_1} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

ハイドレート率とは、試料重量に対するハイドレート重量の比である。式(1)中の w_1 は試料重量、 w_2 は融解後の水重量であり ($w_1 - w_2$) は包蔵ガス重量となる。ガスをハイドレ-

ートとして包接するために必要な水量は、理論水和数 5.75、メタンの分子量 16、水の分子量 18 を用いて算出し、それ以外の水は付着水とみなした。例えば、包蔵しているメタンガスの物質質量は式(1)中では $(w_1 - w_2) \div 16$ で表されているが、その 5.75 倍の物質質量の水で構成されるハイドレートは、理論的にハイドレート率が 100% となる。

また、当社が商業化時に想定するハイドレートペレット海上輸送チェーンにおける輸送・貯蔵期間を考慮し、評価の期間は最低 14 日間とした。

3.2 内部構造評価手法の概要

ペレットの内部構造解析は、高エネルギー加速器研究機構の放射光施設を利用し、低温対応の位相コントラスト X 線 CT 法によって行った。

図 3 に測定に用いた、産業技術総合研究所と株式会社日立製作所が共同開発した低温対応の位相コントラスト X 線 CT システムの構成を示す⁵⁾。本システムでは X 線が試料を透過する際に生じる位相の変化を検出し、コントラスト画像にすることでメタンハイドレートと氷を空間分解能 40 μm で識別できる⁶⁾。

計測の際、試料表面での X 線の屈折によるノイズを防ぐため、メタンハイドレートと同程度の密度を持つ酢酸メチル



写真 3 連続試験装置で製造したペレットの外観
Pellet Produced in Bench Scale Unit

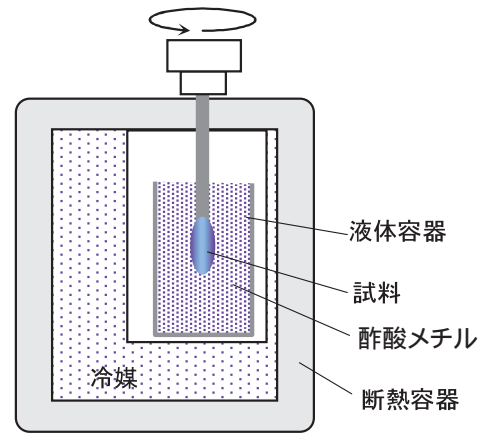


図 4 位相コントラスト X 線 CT 計測の低温試料容器の構成
Schematic Diagram of the Sample Chamber of PCXI

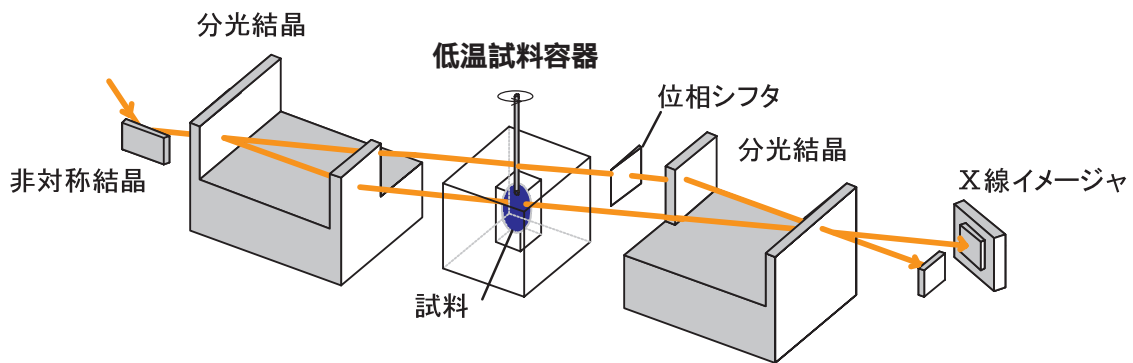


図 3 低温対応位相コントラスト X 線 CT の計測システムの構成
Experimental Setup of Phase Contrast X-ray Imaging (PCXI) System

液にペレットを浸した状態で測定を実施した(図4)。さらに、ハイドレートの分解を防ぐため温度は193 Kに制御して、35 keVに単色化されたエックス線を用いてペレットの断面画像を取得した。

4. 試験結果

4.1 成形圧力によるハイドレート率特性

図5に要素試験装置で製造したペレットの、成形圧力と製造直後のハイドレート率(初期ハイドレート率)の関係を示す。圧力5 MPaでの成形に比べて、10 MPaで成形したペレットの初期ハイドレート率は、一割近く高い値であったが、成形圧力が10 MPaから20 MPaの範囲では、初期ハイドレート率の上昇は穏やかになり、いずれも80%から90%の範囲に止まった。これより、5 MPaから20 MPaの範囲では、成形圧力の増加により初期ハイドレート率を向上できるが、ある成形圧力以上になれば初期ハイドレート率は、90%程度に漸近すると推察できる。

この傾向は、村山らによるより大型の一軸圧縮試験装置(ペレット直径100 mm)の検討結果からも得られており⁷⁾、本報の結果とともに図5に示す。村山らの報告では、ペレットの初期ハイドレート率は、成形圧力が2.5 MPaから9 MPaに上昇する際に60%程度から90%程度まで向上している。更に20 MPa程度までの成形圧力では、初期ハイドレート率は80%から90%の範囲に維持されている。

このように成形圧力の上昇に伴い初期ハイドレート率が向上する点や、10 MPa程度以上の成形圧力では初期ハイドレート率が一定の値に漸近する点が、本報に示す結果と良く一致している。

4.2 保存性能の比較

初期ハイドレート率の高いペレットの保存性能を調べるため、貯蔵試験を実施した。4.1において、最も初期ハイドレート率の高かった、成形圧力20 MPaでの製造ペレットの貯蔵試験結果を図6に示す。試験開始よりハイドレート率は、ほぼ直線的に減少するが、二週間の貯蔵後でも85%近いハイドレート率を維持しており、高いガス保存性を有することを確

認した。これより、成形圧力のある程度高く制御することにより、高いハイドレート率と高い自己保存性能が得られることが示された。

連続試験装置で製造したピロー型ペレットの貯蔵試験結果を同じく図6に示す。要素試験装置で製造した円柱状ペレットと同様に、ハイドレート率は直線的に減少するが、二週間経過後も80%以上のハイドレート率を維持した。さらに貯蔵を継続し、四週間経過後も80%近いハイドレート率が維持され、要素試験装置で製造したペレットと同等に高い自己保存性が示された。

4.3 ペレットの内部構造

低温対応の位相コントラストX線CT法によって、自己保存性の高いペレットの内部構造及び貯蔵中の内部構造変化を調べた。

本測定において、ハイドレートと氷は密度の違いで識別することが可能であり、構成した画像上では色の濃淡が密度差に相当する。写真1は連続試験装置で製造したペレットをそれぞれ製造後10分から28日まで温度253 Kで貯蔵したときのペレットの断面画像である。ペレットは図7のように加工したため、曲線状の輪郭はピロー型ペレットの表面(以下、オリジナル面)であることが分かる。一方、直線的な部分は、オリジナル面と比較するためにハイドレートが分解しないよう100 K以下の温度で表面を削り、ペレットの内部を露出させた部分(以下、削り出し面)である。

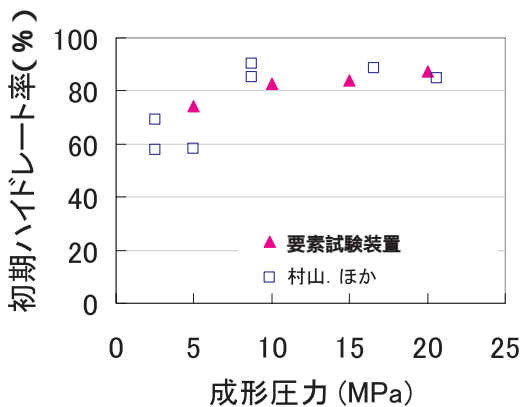


図5 ペレットのハイドレート率と成形圧力の関係
Relation between Mass Fraction of Hydrate and Pelletizing Pressure

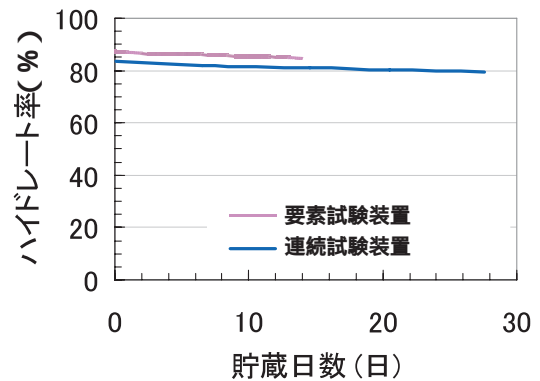


図6 253 Kにおけるペレットの保存性能
Stability of Hydrate Pellets under 253 K

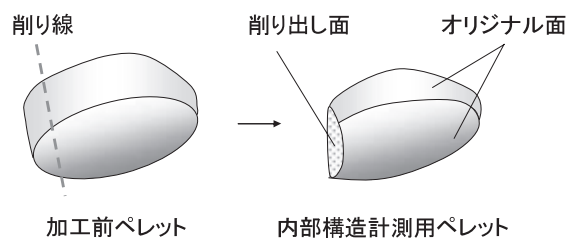


図7 位相コントラストX線CT計測時のペレット加工の例
Example of Surface Shaved Pellet in PCXI Measurement

なお既往の研究でペレットの密度は、193 Kにおける氷の密度である 0.927 g/cm^3 ⁸⁾ よりも 0.007 g/cm^3 高い $0.934 \pm 0.003 \text{ g/cm}^3$ であり、周囲よりも密度が低いことを示す白い部分は氷であることが明らかになっている⁶⁾。ここで、氷の存在状態に着目して写真1のa)からd)を比較すると、以下のとおりまとめることができる。

製造10分後のペレットは、オリジナル面も削り出し面も氷で覆われていないか、あるいは氷が存在していても装置の分解能以下であった。しかし、製造後24時間が経過するとオリジナル面と削り出し面で、氷の存在状態が異なり、オリジナル面は氷で覆われているが、分解しない条件で露出させた面の削りだし面では、氷の存在は確認できなかった。よって、オリジナル面の氷は、製造後の24時間以内にハイドレートの分解により生じた水で形成されたものと考えられる。11日後、28日後のペレットのオリジナル面にも同様に氷が存在しており、少なくとも、24時間後以降はペレットの周囲は氷で覆われていることが明らかになった。

なお、製造10分後、24時間後、28日後の写真ではペレット内部に小さな氷粒の存在が見られるが、粒の大きさに有意な差はない。したがって、これは貯蔵中にペレット内部が分解して生じた氷ではなく、生成時に残ったわずかな未反応の水が凍結したものであると考えられる。加えて、ペレット断面の色調は製造後に経過した時間によらず、いずれも同程度であり、高いハイドレート率の維持が貯蔵試験だけでなく、断面画像からも明らかになった。

以上より、自己保存性の高いペレットは、製造後24時間以内に表面に薄い氷膜を形成し、氷膜内部のハイドレートを保持していることが示された。

5. おわりに

メタンハイドレートペレットを半回分式要素試験装置で製造し、成形圧力とハイドレート率の関係をつかんだ。さらに、成形圧力のある範囲内で制御して製造したペレットは、初期ハイドレート率、保存性が共に高いことを確認した。また、連続試験装置で製造したペレットも同様に保存性が高く、内部構造を調べた結果、表面は氷で覆われており、その内部はおよそ一ヶ月の間、高いハイドレート率を維持していることが明らかになった。

今後は、要素試験で得られた最適な成形圧力の連続試験装置への適用が課題である。連続的ペレット成形装置であるブリケットマシンにおける成形圧力は、現時点において十分に把握されていない。このため、ハイドレートペレットの成形圧力計測手法を確立し、適切な制御によって、より高品質なハイドレートペレットの連続製造が可能となる。

本研究における位相コントラスト X 線 CT 測定の結果は、高エネルギー加速器研究機構の放射光施設を利用した、当社と産業技術総合研究所との共同研究の結果であり、測定には

産業技術総合研究所が株式会社日立製作所と共同開発した低温対応の X 線 CT システムを用いた。最後に、測定にご協力いただいた、産業技術総合研究所の竹谷 敏博士、後藤義人博士、高エネルギー加速器研究機構の兵藤一行博士に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 水林．外：天然ガスハイドレート(NGH)陸上輸送実証試験，三井造船技報，203(2011-7)，p. 1
- 2) 岩崎．外：天然ガスハイドレートペレットの自己保存性に関する研究，三井造船技報，187(2006-2)，p. 15
- 3) 三町．外：混合ガスハイドレートペレットのラマン分光による局所構造分析，三井造船技報，203(2011-7)，p. 26
- 4) M. Takahashi, et al.: Development of Natural Gas Hydrate (NGH) Pellet Production System by Bench Scale Unit for Transportation and Storage of NGH Pellet, Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates(2008)
- 5) S. Takeya, et al.: Observation of Low-Temperature Object by Phase-contrast X-ray Imaging: Nondestructive Imaging of Air Clathrate Hydrates at 233 K, Rev. Sci. Instrum., 77(2006), p. 053705
- 6) S. Takeya, et al.: Nondestructive Imaging of Anomalous Preserved Methane Clathrate Hydrate by Phase Contrast X-ray Imaging, J. Phys. Chem. C., 115(2011), p. 16193
- 7) T. Murayama, et al.: Effects of Guest Gas on Pelletizing Performance of Natural Gas Hydrate (NGH) Pellets, Proceedings of the 7th International Conference on Gas Hydrates(2011)
- 8) K. Röttger, et al.: Lattice Constants and Thermal Expansion of H₂O and D₂O Ice Ih Between 10 and 265 K, Acta Cryst., B50(1994), p. 644

〔問い合わせ先〕

技術本部 千葉技術開発センター
TEL 0436 - 41 - 1930 三町 博子



三町 博子 伊藤 真人 高橋 正浩 佐野 健一

風力発電設備の設置 - 和歌山県由良町“由良風力発電所”の竣工 -



写真1 由良風力発電所1号機～4号機(竣工時)



写真2 由良風力発電所(現地据付時)

三井造船は、由良風力開発株式会社より受注していた風力発電設備5基の建設工事を完了し、引き渡した。本工事は設計から調達、現地工事まで行うフルターンキーでの施工であり、元請として一括で請け負った工事である。本風力発電所の合計出力は1万kWであり、この発電量は一般家庭の約7000世帯が消費する電力に相当する。当社は本工事を含め、現在までに全国6箇所で風力発電所の建設工事を実施しており、更なる環境影響負荷の少ない再生可能エネルギー需要の高まりを受け、今後も多くの案件を手掛けていく予定である。

特長

- (1) 風力発電設備の設置場所は山岳地であるため、風車本体の輸送や据付など、建設工事における様々な工程で高い技術力が必要とされたが、当社が長年培ってきた大型重量構造物の架設技術や土木・機械・電気などの技術分野で蓄積されたノウハウを活用することにより、風力発電所の計画から完成までを円滑に遂行できた。
- (2) 紀伊半島西部の激しい豪雨と強い風が建設工事を困難なものにしたが、さまざまな工夫を重ねることにより、順調にプロジェクトを推進した。
- (3) 本工事で採用された風力発電機は、山岳地という設置状

況を考慮して、吹上風を効率良く捉えることができるダウンウィンドタイプであり、より一層の発電量の増加が期待される。

主要目

- 風力発電機：SUBARU80/2.0
 - 定格出力：2000kW × 5基
 - ローター径：80m
 - ハブ高さ：60m
 - 全高：100m
 - タワー：鋼製モノポール
 - 重量：ナセル80t、ロータ40t、タワー90t
 - 基数：5基
 - 送電設備：埋設送電線2500m
 - 工事範囲：設計・調達・土木・基礎・輸送・据付・電気・試運転調整(フルターンキー)
 - 工期：平成22年4月～平成23年8月
- (鉄構・物流事業本部)

〔問い合わせ先〕

建設エンジニアリング部
TEL 03-3544-3541 春日井 清秀

平成 22 年度 広域 第 1 - 2 号 佐賀関漁港広域漁港整備工事
- “佐賀関(生け簀付)浮棧橋”2 函の製作・進水 -



写真 1 製作状況(正面：西側，右端：東側)



写真 2 進水状況(手前：東側，奥：西側)



写真 3 浮棧橋全景(上：西側，下：東側)



写真 4 排水槽設置状況(西側)

本工事は、関あじ・関さばで全国的にも有名な大分県佐賀関漁港の漁獲物の品質管理を向上させるために衛生管理型の漁港施設の整備事業として計画され、2010年12月に大分県より、技術提案型の一般競争入札である総合評価方式として受注した。三井造船大分事業所の進水台船(BUNGO)上で製作と進水を行い、2011年10月に大分事業所岸壁仮係留状態で引き渡しを行った(写真1～写真3)。

本浮棧橋は、海上に浮かべた浮体を杭で係留し、陸上から連絡橋をかけて2函の浮体間を函間渡橋で繋ぎ、総延長110mの荷揚げ用として利用する施設である。

潮位が変動しても水面から浮体デッキ面までの高さが一定なため、船舶からの乗降や荷揚げ作業などの利便性・安全性が高い施設である。

特長

(1)生け簀

関あじ・関さばを中心に漁業者が取った魚を入れるため、5m四方の生け簀9基/函が浮体と一体となった構造となっており、生け簀から揚げた魚は血抜きした後、すぐに陸上にある荷捌き所に送ることができる。

(2)排水溝

衛生管理の面でも工夫がなされており、浮体上での魚の処理作業などで発生した汚水が海上へ流れないように、浮体デッキ面の長手方向両側の全長にわたって排水溝を設けている。

(3)排水槽(写真4)

汚水は、排水溝の各点に設けられた排水桝より浮体内部

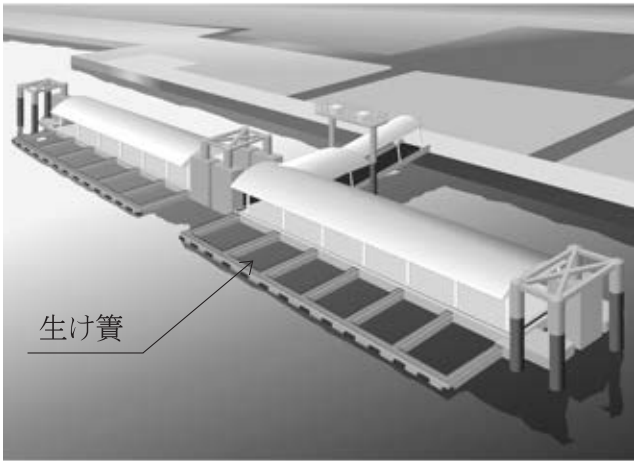


図1 完成イメージ図



写真5 浮棧橋(25 x 8 m)全景

に設置された排水管を通して各浮体内部に設置された東西浮体で大きさの異なる排水槽に集約される。

(4) 汚水の搬送

西側浮体の排水槽の汚水は、浮体上に設置されたポンプにより容積の大きい東側浮体の排水槽に送られ、集約された汚水は、ポンプにより連絡橋に設置された配管を通して陸上の汚水浄化施設へ送られる仕組みになっている。

(5) 受衝版付防舷材

本浮体は全長 55 m と大型の浮棧橋で、設置場所となる佐賀関漁港は非常に波高が高く浮体に作用する外力が大きいため、一般的に使用されている浮体の係留装置では対応が難しいことから、フェリー用岸壁などで採用されている受衝版付防舷材を使用した係留装置を採用している。

後発の浮棧橋据付け工事は、三井造船鉄構工事㈱が下請けとして行っており、浮体上には魚の品質保持のために直射日光を避ける上屋が設置され、荒天時対策として連絡橋を吊り上げるための調整塔も整備される(図1)。

このほか、同漁港内に同時期に設置される浮棧橋(25 x 8 m) 1 函の製作工事も受注し、製作も完了しており、仮係留中である(写真5)。

今後も港湾や漁港施設の多様なニーズに対応した製品の開発・提供を目指していく。

主要目

工事名：平成 22 年度 広域 第 1 - 2 号
佐賀関漁港広域漁港整備工事

発注者：大分県(漁港漁村整備課)

工事範囲：浮棧橋の製作～進水

連絡橋・渡橋の製作

工期：2010 年 12 月～2011 年 10 月

浮棧橋(PCハイブリッド製)：2 函

(東側)長さ 55 x 幅 8 (一部 14.5) x 高さ 3 m

排水重量 1 248 t

(西側)長さ 55 x 幅 8 x 高さ 3 m

排水重量 1 088 t

連絡橋(鋼製)：1 橋

支間長 17 x 有効幅 4 m, 鋼重 22.5 t

渡橋(鋼製)：2 橋

渡橋(1)橋長 4.45 x 有効幅 3 m, 鋼重 4.8 t

渡橋(2)橋長 4.3 x 有効幅 3 m, 鋼重 4.4 t

設計条件：有義波高 1.9 m(H.W.L. 時)

風速 27.7 m/s

上載荷重 1.5 kN/m²

T-35 kN(フォークリフト)

対象船舶 3GT(全長 9 m 相当)

(鉄構・物流事業本部)

〔問い合わせ先〕

東九州支店

TEL 097 - 537 - 9260 高橋 昭

鉄構運搬機工場 鉄構設計部

TEL 097 - 593 - 3062 森山 誠

“ neo Supramax 66BC ”が「2011年日経優秀製品・サービス賞 優秀賞」を受賞



授与された表彰楯とブロンズ像

三井造船が次世代の環境対応・低燃費船として開発した 66 000 重量トン型ばら積み貨物運搬船“ neo Supramax 66BC ”が、「2011 年日経優秀製品・サービス賞 優秀賞 日経産業新聞賞」を受賞しました。本賞は、「日本経済新聞」、「日経産業新聞」及び「日経 MJ」、「日経ヴェリタス」の 4 紙で掲載した商品の中から、毎年 1 月から 12 月に販売された製品・サービスを対象に日本経済新聞社が独自で選定し、受賞製品・サービスを決定するもので、今年で 30 回目を迎えます。

本賞は、素材、機械・電子部品・家電、食品・生活用品、情報・通信機器、住宅・サービス・レジャー、自動車、健康・医療など、さまざまな分野から候補商品が選出されます。そこから「技術開発性」、「成長性」、「独創性」及び「産業・社会への影響度」などの観点から審査を行った結果、最優秀賞 16 点、優秀賞 20 点、そして、30 周年記念特別賞 5 点、東日本大震災に迅速に対応した特別賞 3 点が選ばれました。

“ neo Supramax 66BC ”は、優秀賞 日経産業新聞賞の環境部門での受賞で、当社のベストセラー船である 56 000 重量トン型ばら積み貨物運搬船(通称 56BC)より載貨重量を 1 万トン増やした新タイプの省エネルギー船であり、昨年 7 月に 2 隻の受注を得ている点が評価されました。表彰式は、2 月 2 日にホテルオークラ東京にて行われ、受賞企業代表者として加藤社長が出席しました。式典では、日本経済新聞社 喜多 恒雄社長から表彰楯を受け取りました。

福島県向け岸壁クレーン・2 基受注



三井造船株式会社は、福島県から小名浜港(いわき市)大剣ふ頭向けのコンテナクレーン 1 基と 相馬港(相馬市)ㄨ号ふ頭向けの多目的ジブクレーン 1 基の計 2 基を受注しました。

今回受注した岸壁クレーンは、先に発生した東日本大震災により、被災(倒壊・損傷)したことから港湾の早期機能回復を図るため、国の補助を受けて復旧事業として福島県より発注されたものです。港湾管理者の要請に応えるため、通常の製作期間よりも短縮を図り、コンテナクレーンは平成 24 年 11 月、ジブクレーンは平成 25 年 1 月の納期となっています。また、世界的な地球環境問題への対応の必要性が急速に高まっており港湾荷役設備にも及んでいることから、ジブクレーンについては、国内初となる省エ

ネ機能を新たに搭載するなどして、消費燃料の削減と CO₂ 排出量の削減を図ります。

[担当] 鉄構・物流事業本部 運搬機システム営業部 小野 行康 電話：03 - 3544 - 3906

[問い合わせ先] 広報室 高岡 正宏 電話：03 - 3544 - 3147

三井造船株式会社と戸田工業株式会社が共同で、 リチウムイオン電池正極材用リン酸鉄リチウム(LFP)製造の生産設備を建設

三井造船株式会社と戸田工業株式会社(社長:戸田 俊行,本社:広島県大竹市)は、共同で年間2100トンの中大型リチウムイオン電池正極材用リン酸鉄リチウム(LFP)製造の生産設備を、千葉県市原市の三井造船株式会社千葉事業所内に建設し、事業化を開始することを決定しました。

両社は、事業化検討の為に、本年6月に資本金5千万円で設立していたM&Tオリピン株式会社(資本出資比率:三井造船51%,戸田工業49%,社長:大橋弘隆(三井造船),本社:市原市)を、製造・販売会社とし、このほど増資しました。製造するLFPは、リチウムイオン電池の性能を左右する部材である正極材の中でも、安全性が高く、急速充放電が可能、レアメタルを使わない、電池寿命が長いなどの特長を持つ強固な結晶構造の正極材で、プラグインハイブリッド車(PHEV)や電気自動車(EV)、集合住宅やオフィス、学校などに向けての電源システム、業務用の電源装置、スマートグリッド及び電力平準化定置型蓄電池向けに大幅な需要拡大が見込まれます。

当社は、パイロットプラントでの研究を経て、2009年に年産36トンのセミコマーシャルプラントを建設し、品質の改良に取り組んできました。また、本年7月にLFPなどのリチウムイオン電池正極材をワールドワイドに製造・販売できる特許実施権をLiFePO4+C Licensing AG(スイス)から取得しました。一方、戸田工業は、長年にわたり、LFPを含むリチウムイオン電池正極材の研究開発を進めており、現在、マンガン酸リチウム(LMO)、ニッケル酸リチウム系(LNCA)、ニッケル・コバルト・マンガン酸リチウム系通称三元系(LNCM)を事業化しています。このたび新たにLFPの事業にも参入することになります。また正極材メーカーとして多種の正極材製造販売の実績があり、2社の協業による大きなシナジー効果を期待しています。

なお 新設のLFP製造プラントは、2012年度に商業運転を開始する予定です。

[担当] 事業開発本部 LiB事業室 伊藤 敏雄 電話:03-3544-3359

[問い合わせ先] 広報室 高岡 正宏 電話:03-3544-3147

三井造船技報編集委員会

委員長 中谷 龍 男
委員 木澤 厚 夫
福岡 哲 二
小野 純 二
川島 幸 司
速水 礼
大橋 弘 隆
穴倉 進
松本 正文
神田 伸 靖
兼本 浩

三井造船技報

第205号

2012年(平成24年)3月9日発行
(年3回発行)

発行人 入江 泰雄
発行所 三井造船株式会社 技術本部
〒104-8439 東京都中央区築地5丁目6番4号
TEL 03-3544-3266
印刷 株式会社 三造ビジネスクリエイティブ
〒261-7128 千葉県千葉市美浜区中瀬2-6-1

三井造船株式会社

<http://www.mes.co.jp/>

| | | | |
|------------|---|--------------------------------|------------------|
| 本社 | 〒104-8439 | 東京都中央区築地5丁目6番4号 | TEL 03-3544-3147 |
| 幕張センター | 〒261-7128 | 千葉県千葉市美浜区中瀬2丁目6番1 | TEL 043-351-8000 |
| 北海道支社 | 〒060-0807 | 札幌市北区北七条西4丁目5番地1(伊藤110ビル) | TEL 011-736-0036 |
| 東北支社 | 〒980-0811 | 仙台市青葉区一番町2丁目7番17号(朝日生命仙台一番町ビル) | TEL 022-262-3481 |
| 中部支社 | 〒450-0003 | 名古屋市中村区名駅南1丁目24番30号(名古屋三井ビル) | TEL 052-582-0145 |
| 関西支社 | 〒550-0004 | 大阪市西区靱本町1丁目11番7号(信濃橋三井ビル) | TEL 06-6447-2001 |
| 岡山支店 | 〒700-0903 | 岡山市北区幸町8番29号(三井生命ビル) | TEL 086-233-4131 |
| 中国支社 | 〒730-0051 | 広島市中区大手町2丁目7番10号(広島三井ビル) | TEL 082-248-0311 |
| 呉営業所 | 〒737-0045 | 広島県呉市本通3丁目5番18号(メゾンロイヤル) | TEL 0823-25-7837 |
| 四国支店 | 〒760-0050 | 香川県高松市亀井町5番地1(百十四ビル) | TEL 087-833-4111 |
| 松山営業所 | 〒790-0002 | 愛媛県松山市二番町3丁目3番8号(伊予石油ビル) | TEL 089-947-7060 |
| 九州支社 | 〒812-0011 | 福岡市博多区博多駅前1丁目1番1号(博多新三井ビル) | TEL 092-411-8111 |
| 東九州支店 | 〒870-0027 | 大分県大分市末広町1丁目1番18号(ニッセイ大分駅前ビル) | TEL 097-537-9260 |
| 沖縄支店 | 〒900-0033 | 沖縄県那覇市久米2丁目4番16号(三井生命那覇ビル) | TEL 098-869-3135 |
| 玉野事業所 | 〒706-8651 | 岡山県玉野市玉3丁目1番1号 | TEL 0863-23-2010 |
| 千葉事業所 | 〒290-8531 | 千葉県市原市八幡海岸通1番地 | TEL 0436-41-1112 |
| 大分事業所 | 〒870-0395 | 大分県大分市日吉原3番地 | TEL 097-593-3111 |
| 技術本部 | | | |
| 玉野技術開発センター | 〒706-0014 | 岡山県玉野市玉原3丁目16番1号 | TEL 0863-23-3001 |
| 千葉技術開発センター | 〒290-8531 | 千葉県市原市八幡海岸通1番地 | TEL 0436-41-1110 |
| 基盤技術センター | 〒706-0014 | 岡山県玉野市玉原3丁目16番1号 | TEL 0863-23-3101 |
| 昭島研究センター | 〒196-0012 | 東京都昭島市つつじが丘1丁目1番50号 | TEL 042-545-3111 |
| つくば研究センター | 〒104-8439 | 東京都中央区築地5丁目6番4号 | TEL 03-3544-3266 |
| 海外事務所 | シンガポール, 北京, ジャカルタ, ハノイ, クアラルンプール | | |
| 海外現地法人 | 三井造船ヨーロッパ株式会社(ロンドン) 三井造船(U.S.A.)株式会社 三井造船(上海)商貿有限公司 | | |

三井造船技報 第 205 号の発行に当たって

「三井造船技報」をご高覧いただき、ありがとうございます。

本誌は、当社が平素ご指導いただいている方々へ、最近の当社の新製品や、それを支える技術についてご紹介するものです。本誌の内容につきましては、更に充実を図る所存ですが、忌憚のない御意見を賜りましたら、大変幸甚です。

送付先の貴組織名、ご担当部署、所在地などにつきましては正確を期しておりますが、変更などがございましたら、以下にご記入の上、FAX でお知らせ頂きたくお願い申し上げます。

敬具

キ リ ト リ 線

FAX : 03 - 3544 - 3266

三井造船株式会社 技報編集委員会 事務局 行(TEL. 03 - 3544 - 3125)

三井造船技報 送付先の確認と第 205 号へのご意見等について

1. 送 付 先 : 従来通り 変更 削除 (いずれかに V を付けてください)

a) 旧送付先

所在地 〒 _____

組織名称 _____

担当部署 _____

旧送付先は、現在の宛先ラベルのコピーをここに貼付して
頂いても構いません。

b) 新送付先

所在地 〒 _____

組織名称 _____

担当部署 _____

ご担当者 _____

TEL No. _____

FAX No. _____

2. 今後の編集に反映させていただくため、下記アンケートにご協力をお願いします。

(1) 本号で興味のある記事をお知らせください。(最初のページ No. で可。複数回答可)

技術論文・報告では

製品・技術ニュースでは

その他の記事では

(2) その他、ご意見・ご要望あれば、お聞かせください。

キ
リ
ト
リ
線

主要営業品目

船舶・艦艇事業本部 TEL 03-3544-3318 FAX 03-3544-3031

液化天然ガス（LNG）運搬船，液化石油ガス（LPG）運搬船，原油輸送船，石油精製品運搬船，ばら積貨物船，オープンハッチ型貨物船，鉱石運搬船，石炭運搬船，コンテナ船，自動車運搬船，FSO，FPSO，超高速貨物船，超高速カーフェリー，各種特殊船

修繕船，各種改造船工事，M & R エンジニアリング

護衛艦（DD），潜水艦救難母艦（AS），潜水艦救難艦（ASR），音響測定艦（AOS），輸送艦（LST），補給艦（AOE），掃海母艦（MST），海洋観測艦（AGS），巡視船，練習船，海洋気象観測船，漁業調査船，漁業取締船，海洋調査船，研究調査船，物理探査船，環境整備船，視察船，測量船，交通艇，消防艇，高速旅客船，深海探査ロボット（AUV，ROV），小型水中ロボット，水道管点検ロボット

自動艦位保持装置（DPS），システム操船装置，艦橋情報表示装置（ABS / IBS），舵減揺装置，船体運動状態表示装置（SMACS），航海情報表示装置，フィンスタビライザー，中折式デッキクレーン，赤外線低減装置，弾薬搭載機材，補機制御表示装置，機関操縦装置，水中放射雑音シミュレータ，防火防水実習場，各種訓練水槽，操船シミュレータ

水中ロボット / 水道管点検ロボットを用いた点検サービス

鉄構・物流事業本部 TEL 03-3544-3663 FAX 03-3544-3040

橋梁，ハイブリッド構造物（浮波堤，浮消波堤，浮棧橋，浮体式係船岸，ケーソン），海洋構造物（シーバース，ケーソン，沈埋函，ジャケット），浮体式海洋設備，海外土木・建築工事全般，特殊構造物，風力発電設備工事

岸壁用コンテナクレーン，ヤード用コンテナクレーン，船用ガントリークレーン，ローダー，アンローダー（連続式，グラブバケット式），ジブクレーン，天井クレーン，コンテナターミナルマネジメントシステム

機械・システム事業本部 TEL 03-3544-3950 FAX 03-3544-3055

船用ディーゼル機関

往復動圧縮機，ガスタービン発電設備，ガスエンジン発電設備，ディーゼルエンジン発電設備，太陽熱発電設備，バイナリー発電設備，各種コージェネレーションプラント，蒸気タービン，炉頂圧回収タービン，軸流・遠心式圧縮機

鍛造前誘導加熱装置（ピレットヒータ，バーヒータ，ピンヒータ他），鉄鋼・非鉄分野向誘導加熱装置（薄板加熱装置，銅管焼鈍装置，線材加熱装置），高周波電源装置（PWM インバータ，サイリスタインバータ，トランジスタインバータ，ゾーンコントロール用電源）

遠隔操作マニピュレータおよびその周辺機器，センシング機器（地中埋設物・建築物探査レーダ，太陽追尾探光システム，複合材剥離検査器），レーダ探査サービス，水理実験設備，塔，槽，熱交換器，回転式乾燥機

IT を活用した各種設備・機器のリモートモニタリングサービス・診断サービス・情報サービス，各種設備・機器の包括／一括メンテナンスサービス，各種技術サービス（運転及びメンテナンスにかかわる技術指導・工事指導・工事施工），LSS（ライフサイクルソリューションサービス：陸・船用ディーゼルエンジン，ガスタービン，各種ボイラ，プロセス用圧縮機，蒸気タービン発電設備，炉頂圧タービン発電設備，プロセス機器，誘導加熱装置，各種クレーンの保守，改造用部品・機器の供給，性能改善・改造工事・延命工事などのエンジニアリング・サービスと施工）
SiC ウェハー，CVD-SiC コーティング，SiC 製半導体装置用部品

環境・プラント事業本部 TEL 043-351-8000 FAX 043-351-8111

プラントのエンジニアリング及び建設工事（石油化学，化学繊維，合成樹脂，石油精製，ガス製造・精製，無機化学，化学肥料，石炭化学，発酵関連，ファインケミカル，代替エネルギー関連），プラント要素技術（加熱炉，分離炉，分解ガスクェンチャー，高粘度流体脱揮装置，PSA 装置），エンジニアリング支援システム，フィージビリティスタディ，プラントメンテナンス，SDM 工事

三井リサイクル 21（キルン式ガス化溶解システム），廃棄物処理関連（流動床式焼却炉，粗大ごみ処理施設，リサイクルセンター，加熱脱塩素化装置，ダイオキシン分解触媒，炭化炉，PCB 処理），ガス処理関連（脱塩，集塵）

水処理関連（産業排水，汚泥），ガス処理関連（排煙脱硫，排煙脱硝，脱臭），廃棄物再資源化システム（焼酎廃液，有機性廃棄物からのメタン発酵，コンポスト及び乾燥装置），バイオガスプラント（生ごみ・汚泥バイオガスプラント，油温減圧乾燥式食品廃棄物再資源化システム，家畜糞尿再資源化システム）

事業開発本部 TEL 03-3544-3280 FAX 03-3544-3982

新規事業の発掘・立案・計画・事業化推進，全社の事業開発の統括・推進，社内向け事業開発関連情報の発信，新規事業のフィージビリティスタディ，新規事業のプロジェクトの推進

天然ガスハイドレートの製造・貯蔵・輸送・ガス化技術の開発，ガスハイドレートの特性を生かした各種事業開発，バイオエタノール事業の開発，次世代リチウムイオン電池正極材事業の開発

船舶運航支援のポータルサービス

営業総括本部 TEL 03-3544-3940 FAX 03-3544-3125

CS（顧客満足）向上活動の推進，全社にかかわる営業戦略の企画・立案・推進，各事業本部の営業支援及び社内横断プロジェクトの推進，新規事業の発掘と事業化推進，国内・海外営業拠点（支社，支店，営業所，海外駐在員事務所）の統括と受注活動の推進

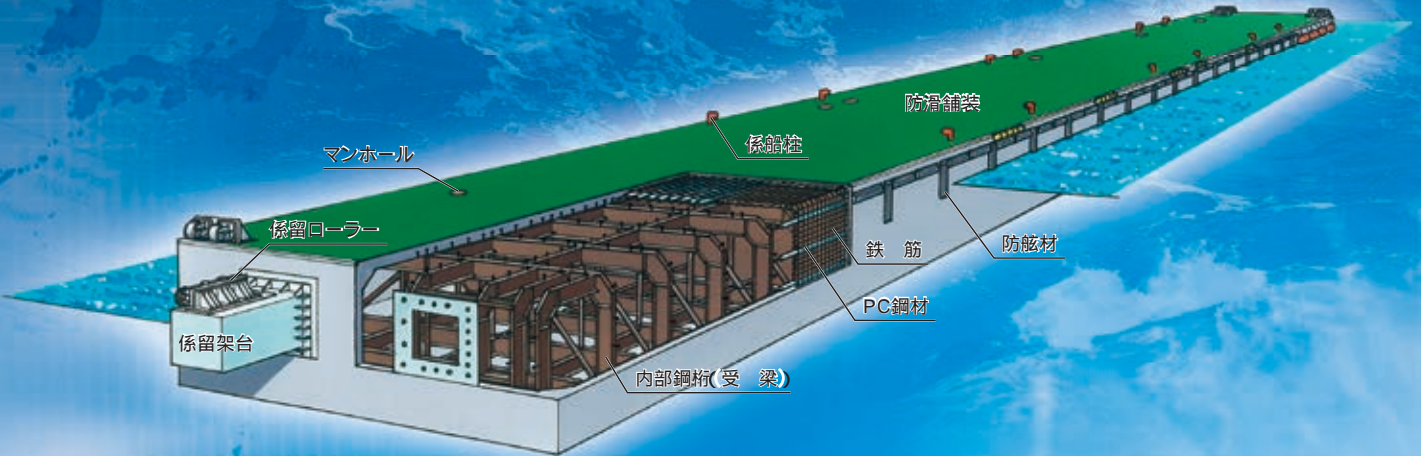
海外プロジェクトの推進（ODA 案件），海外新規案件の発掘及び支援

PCハイブリッド浮棧橋

三井造船の技術力

大震災に伴う津波にも耐えた三井造船製「PCハイブリッド浮棧橋」。海に囲まれた我が国においては、港湾や漁港の多様なニーズに加えて地震に強い浮棧橋の需要が高まると考えられます。

三井造船は培ったノウハウと技術力を発揮し、これからも社会に役立つ浮棧橋の開発・提供を目指して行きます。



潮位と調和

潮位が変動しても浮棧橋の乾舷は常に一定なので、船舶への安全な乗り降りや荷物の容易な積み降ろしが可能です。

耐久性の向上と維持管理の不要

海水と接する外壁部にコンクリートを使用しているため、腐食の心配はありません。そのため、塗装の塗り替えや電気防食チェックなどの維持管理は不要です。

強度を保ち軽量化を実現

鋼材の骨組みとプレストレスコンクリートを組み合わせたハイブリッド構造で、強度を保ち軽量化を実現しました。

内部空間の有効活用

内部構造が簡素化され広い空間を有しているため、船具・漁具の保管庫のみならず、貯水槽や災害救援物資などの備蓄庫として有効活用できます。



浮棧橋内部

豊富な技術と実績

700基を超える実績と水槽実験・高度シミュレーション計算による卓越した技術で、浮体の動揺を予測し安全な係留システムを提供します。



PCハイブリッドポンツーン700基達成