

Supported by  日本 THE NIPPON  
財団 FOUNDATION

# 船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究 (プロジェクトの運営・管理等)

2013年度 成果概要報告書



2014年6月

一般財団法人 日本船舶技術研究協会



# 目 次

はじめに	1
I. 船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究 (レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究)	3
II. 船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究 (工程管理システムの調査研究)	25
III. 船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナー	43



# はじめに

(一財) 日本船舶技術研究協会は、日本財団助成事業「船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究」において、次に述べる 3 つの業務を実施した。その成果の概要を下記に述べる。

## (1) プロジェクトの運営・管理

「レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」、「工程管理システムの調査研究委員会」及び「各種ワーキング・グループ」等の委員会を組織し、全体を統括した。それぞれの委員会の事務局として、委員会を必要に応じ合同で行う等、委員会の運営及びプロジェクト管理を効率的かつ有機的に実施した。

「レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」の運営・管理の詳細については、I 章の「船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究（レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究）」にその詳細を示す。

また、「工程管理システムの調査研究委員会」の運営・管理の詳細については、II 章の「船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究（工程管理システムの調査研究）」にその詳細を示す。

## (2) レーザ・アークハイブリッド溶接実験の運営・管理

レーザ・アークハイブリッド溶接プロセス実験及びレーザ・アークハイブリッド溶接実証実験の 2 つのレーザ溶接実験に対して、実験の運営及び安全管理を行った。また、実験で消費する消耗品（試験用継手材料、溶接棒、シールドガス、レンズフィルター等）の手配を行った。

## (3) 船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究のとりまとめ

レーザ溶接技術と工程管理システムのそれぞれの研究成果をとりまとめた。その詳細を I 章及び II 章のそれぞれの「第 1 節：研究概要」に示す。

また、両技術を船舶建造工程に適用することにより、船舶の建造の高品質化・効率化が図られることを具体的に示すために、次の 2 つの検討を実施した。

### ① レーザ・アークハイブリッド溶接に最適化した船体構造・建造工程の検討

レーザ・アークハイブリッド溶接に最適化した船体構造としてガーダー方式ダブルハル構造を選定し、本構造の建造工程を検討すると共に、本構造を有するアフラマックスタンカーと従来構造のアフラマックスタンカーを比較して、本構造の工数削減効果を明らかにした。その詳細を I 章の第 1.2.4 節に示す。

### ② モニタリング等による建造マネジメント高度化の検討

レーザ溶接技術及び工程管理システム（モニタリングシステム等）の研究成果を踏

まえつつ、将来にわたる造船生産技術の方向性について整理するために、次の検討を実施した。その詳細をⅡ章の第1.6.(4)節に示す。

- － 建造技術と革新的技術の現状調査
- － 技術ロードマップの作成
- － 将来造船所のコンセプトイメージの作成

更に、本調査研究の成果を広く関係者に紹介するために、「船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナー」を実施した。その講演内容をⅢ章に示す。

I . 船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究  
（レーザー溶接技術の船舶建造工程への  
適用に関する調査研究）

## 1. 研究概要

### 1.1 背景及び目的

我が国造船業界は、韓国、中国との激しい国際競争を続けているが、生産規模や生産コストで勝る韓中に対し厳しい戦いを迫られており、国際シェアは低下している。

こういった状況を克服するためには、建造工程の生産性を高め、生産コストの低減を図る取組みを進めていくことが不可欠である。既存技術の改善に留まらず、新しい技術を積極的に取り入れ、船舶建造工程に適用することで、次世代の船舶建造技術の基盤を築いていくことも重要である。

このため、船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究として、生産技術の面では、レーザー溶接技術の船舶建造工程への適用に係る調査研究、生産管理の面では、モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に係る調査研究の2つのプロジェクトを2012年度～2013年度にわたって実施した。

レーザー・アークハイブリッド溶接は入熱量が小さくひずみを抑えることが出来る高精度・高品質の溶接技術であり、自動化や情報技術との組合せにより、現行のブロック建造工程自体も大きく合理化できる可能性を持った技術である。一方で、レーザー・アークハイブリッド溶接はアーク溶接と比較して、接合部材間のギャップ裕度が非常に小さいことや、厚板の溶接が困難なこと等の課題を抱えている。

以上のことより、2012年度は、厚板のレーザー・アークハイブリッド溶接継手の適正な溶接条件を見出すための研究室におけるプロセス実験を中心に調査研究を実施した。

2013年度は、大型のレーザー・アークハイブリッド溶接実証実験装置を設計製作し、本装置を用いて2012年度の研究で得られた適正な溶接条件の元で、レーザー・アークハイブリッド溶接の実用化を目指した実証実験を実施し、実用化のための課題等を抽出した。また、製作された溶接継手の強度等の性能評価試験も実施した。さらに、アフラマックスタンカーを供試船として、レーザー・アークハイブリッド溶接に適した船体構造・建造工程のケーススタディを実施した。

(一財)日本船舶技術研究協会は調査研究プロジェクト全体の運営・管理を担当したが、本報告はこの内、2013年度に実施したレーザー溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究について述べるものである。

### 1.2 研究内容と研究成果

#### 1.2.1 レーザー・アークハイブリッド溶接実証実験装置の設計製作

実証実験装置は5m長さの継手を溶接する必要があるので、装置の大きさを抑えるために昨年度のプロセス実験装置のように溶接トーチが固定で継手が走行する形式ではなく、逆に継手は固定で溶接トーチが走行する形式を選択した。プロセス実験装置の一部を再利用し(ファイバーレーザー発振器、アーク溶接装置、レーザートーチ、アークトーチ等)、5m長さの継手の溶接が可能になるように新たに架台や門型走行台車等を設計製作した。また、レーザー光から目を保護するために装置全体を安全柵で囲ったが、一方の側に観測窓を設けて部外者でも実験の様子を見学できるように配慮した。

システムの全体構成を図1.2.1及び図1.2.2に示す。

また、システムの構成要素を表1.2.1に示す。



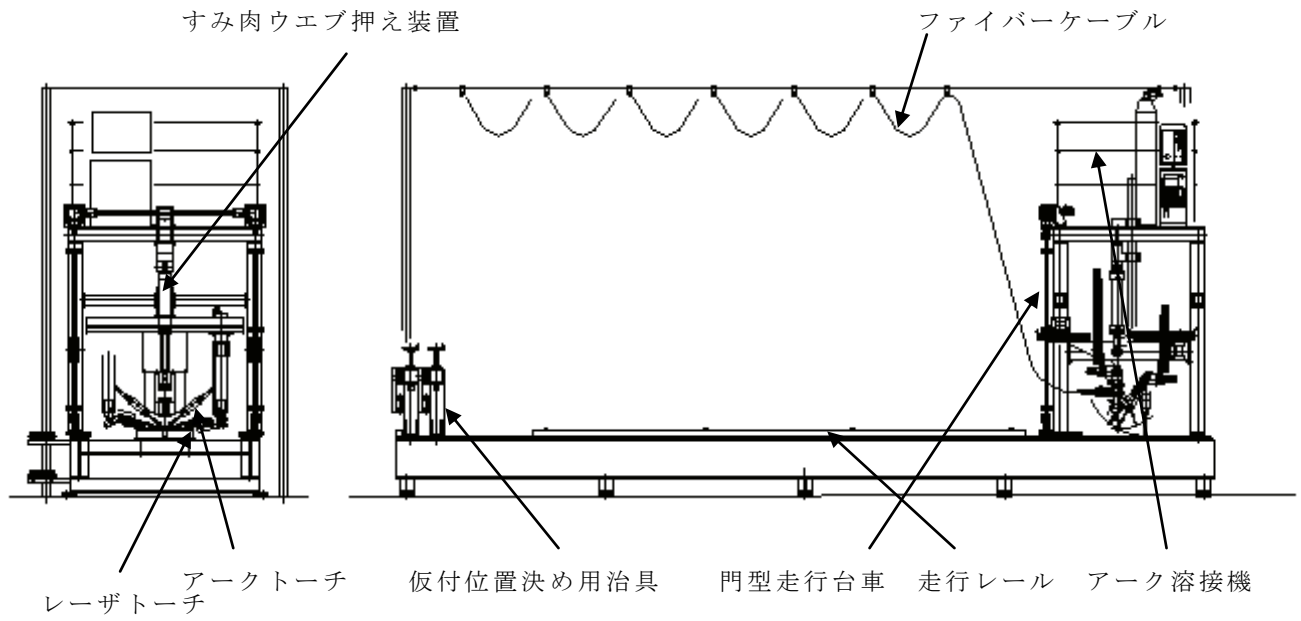


図1.2.1 実証試験装置の全体構成



図1.2.2 レーザ・アークハイブリッド実証試験装置

表1.2.1 システムの構成要素

NO.	構成要素	数量
1	プロセス実験装置再利用部 ①アーク溶接装置関係 ・アーク溶接電源 ・溶接トーチ ・ワイヤ供給装置 ・冷却装置 ②レーザ溶接装置関係 ・20Kw レーザ発振器(YS-20000-S2T 型) ・レーザヘッド(独国 HIGHYAG 製、20kW 用) ・QBH プロセスファイバー(コア径=0.3mm、長さ=20m) ・冷却装置(利村社製 RKE18000A-V-IPG) ③その他 ・操作用パソコン、操作リモコン、モニター ・レーザ溶接ヘッド及びアーク溶接トーチの位置 決め装置	一式
2	門型走行台車	一式
3	反転機構	一式
4	仮付位置決め用治具	一式
5	隅肉ウェブ押え装置	一式
6	トゥアジャスタクランプ機構	一式
7	ティーチング機構	一式
8	実験パラメータ制御システム	一式
9	電気制御盤（操作盤ふくむ）	一式

### 1.2.2 レーザ・アークハイブリッド溶接実証実験

プロセス実験から導出された適正溶接条件に従って 5m 試験体の溶接施工を実施した。最終的に良好なビード外観が得られた試験体の条件を表 1.2.2 に示す。

本実証実験を通して得られたレーザ・アークハイブリッド溶接の実用化に向けた課題は以下の通りである。

#### (1) T継手、突合せ継手共通の結果

- ① プロセス実験で確立した溶接条件が実証実験装置による実験においても適用可能であることが検証された。

- ② アーク切れのトラブルが多発した。この原因としてワイヤーと母材が短絡していることが確認された。このようなトラブルが生じないアーク溶接機に対するハード面からの検討が必要である。
- ③ 実証実験ではティーチングに多大な時間を要した。実機適用を考える場合には、インプロセスにおいて自動で溶接線やギャップを検出し、これに応じてトーチの倣いや溶接条件を制御する機構が必要である。

#### (2) T継手の結果

- ① 開先面がレーザー切断された材料であっても、実証実験装置の位置出し装置を用いて適宜、ウェブを加圧した状態で仮付を行うことで溶接線全線にわたってギャップを0.05 mm以下にコントロールすることが可能である。これより、実機では大掛かりな拘束装置を用いずにギャップを小さく押える可能性があることがわかった。
- ② ウェブ押え装置を使用せずに片側の溶接施工を行うと、ウェブに横倒れ変形が生じ、これにより仮付ビードに割れが生じることが確認された。本件及び①より、実機にはウェブ押え装置が必須であると考えられる。
- ③ しかし、ウェブ押え装置とウェブの間に生じる摩擦の振動がレーザーヘッドに伝わり、レーザーの狙い位置が変動するため、これに対する適切な対策が必要である。

#### (3) 突合せ継手の結果

- ① 仮付前状態において、実証実験に装備した簡単な治具を用いることで、溶接線全線にわたりギャップを0.05 mm以下に押えることが可能であった。これより、実機では大掛かりな拘束装置を用いずにギャップを小さく押える可能性があることがわかった。
- ② 但し、仮付によるギャップの収縮の度合いにばらつきがあり、また本溶接の際は、エンドタブを取り付けても溶接が進行するにつれてギャップが開いていく変形も発生するので、長手方向にギャップがばらつくことがわかった。したがって、ティーチングによって溶接条件を制御するには限界があり、インプロセスでギャップを自動で検出して溶接条件を制御する機構が必要である。
- ③ 実用化に向けてはこのようなギャップのばらつきに対応できるように、広範なギャップに対する適正な溶接条件の確立が必要である。

#### (4) 目違いを許容した溶接条件の確立

実証実験では、目違いが無い状態で実施されたプロセス実験で導出された溶接条件に従ったため、5 m の長さ方向にわたって目違いが生じないようにして仮付を行った。しかし、実際に溶接施工を行う製造現場ではある程度の目違いが生じる可能性があるため、目違いを許容した溶接条件の確立が必要である。また、この目違いもインプロセスで自動検出をして溶接条件を制御する機構が必要である。

### 1.2.3 レーザ・アークハイブリッド溶接継手の性能評価試験

昨年度に引き続き、一部の1m試験体については継手性能評価試験を実施し、さらに疲労試験（曲げ载荷を中心に、一部軸力载荷）を実施した。さらに5m試験体については、外観検査の結果として比較的良好と見なせた試験体について、非破壊検査（UT）を実施した。また、レーザ・アークハイブリッド溶接により生じる溶接変形について、入熱量との関係を調査した。これ等の性能評価を実施したレーザ・アークハイブリッド溶接継手の一覧表を表1.2.3に示す。また、得られた結果の要旨を以下に記す。

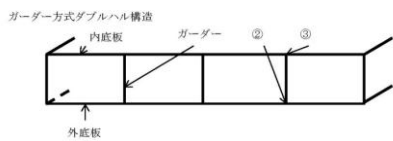
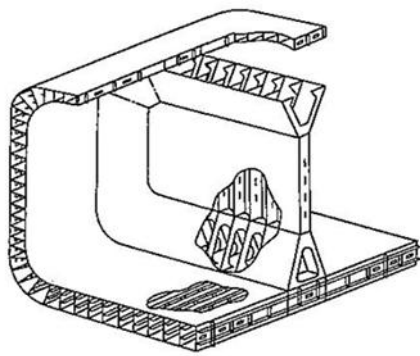
- 1) 1m 試験体について、強度試験は両試験体とも合格レベルの結果を得たが、T継手では非破壊試験において不合格レベルの欠陥が検出された。  
なお、T継手では欠陥を含んでいたが強度面での要求性能は満足していた。
- 2) 疲労特性については、IIW 設計曲線 FAT80（荷重非伝達型の付加物継手，すみ肉溶接，溶接まま）及び JSSC 設計曲線（Class E：荷重非伝達型溶接継手，溶接まま）以上の性能を有することを確認した。ただし、仮付け部については評価対象外であること、並びに試験データ数が必ずしも十分でないことに注意が必要であり、仮付け部を含む多くのデータ収集が望まれる。
- 3) 5m 試験体における溶接施工では欠陥が多数検出されたが、前章で述べた技術的課題（装置化の工夫に関連するものが多い）を克服することで、健全な継手を製作できるものと期待される。
- 4) レーザ・アークハイブリッド溶接の際の変形が小さい原因は、従来のアーク溶接と比較して、最適溶接条件における入熱量が少ないことが理由であることを確認した。

### 1.2.4 レーザ・アークハイブリッド溶接に適した船体構造・建造工程の検討

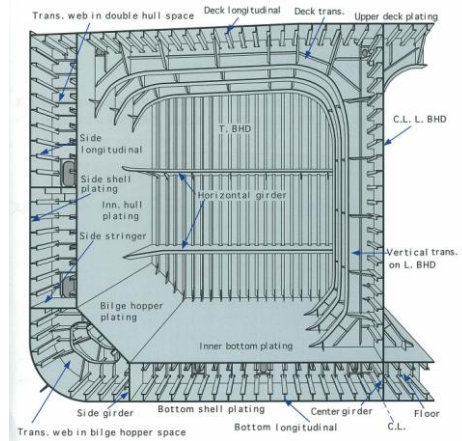
レーザ・アークハイブリッド溶接は入熱量が小さくひずみを抑えることができる高精度・高品質の溶接技術であり、個々の継手の溶接の高品質化・効率化だけでなく、船体の構造様式や船舶建造工程を変革する可能性を有している。そこで、この変革可能性を具体的に検討するために、レーザ・アークハイブリッド溶接に適した船体構造を検討し、そしてこの構造を有するアフラマックスタンカーを供試船として、設計から建造までを一貫して検討するケーススタディを実施した。さらに、このアフラマックスタンカーと従来の構造を有する従来型アフラマックスタンカーの製造工数を比較検討しそのメリットを明らかにした。

#### (1)レーザ・アークハイブリッド溶接に適した船体構造の検討

船体の最大のボリュームゾーン（約7割）である船体平行部の溶接にレーザ・アークハイブリッド溶接を適用し、最大のコスト低減効果を狙った。平行部の構造はレーザ・アークハイブリッド溶接の特長を活かせる構造としてガーダー方式ダブルハル構造を選定した。本構造を一般的なアフラマックスタンカーの構造と比較して図 1.2.3 に示す。



ガーダー方式ダブルハル構造



出典 ; 「船体構造イラスト集」 成山堂書店

従来構造

図1.2.3 ガーダー方式ダブルハル構造と従来構造との比較

(2)ガーダー方式ダブルハル構造を有するアフラマックスタンカーの建造工程の検討  
次の検討を実施した。

①船体平行部にガーダー方式ダブルハル構造を有し、それ以外の船首尾部は従来構造を有するアフラマックスタンカーの試設計（主要目；Lpp=241m、B=44m、D = 21.85m、d=15.3m）。

②船体のブロック分割法及び接合方法の検討

船体平行部を6セグメントに分割し、1セグメントは9個のガーダー方式ダブルハルパネルブロックと4隅のコーナー部（ここは従来構造）で構成した。

③ガーダー方式ダブルハルパネルブロック専用工場の検討

専用工場の概略レイアウトを図 1.2.4 に示す。部材の切断はレーザ切断を用いた。外板とガーダーの溶接は、レーザ・アークハイブリッド片側完全溶込みT溶接、内底板とガーダーの溶接は、レーザ・アークハイブリッドステイク溶接とし、ガーダー付外板の反転は不要とした。

(3)レーザ・アークハイブリッド溶接を活用したアフラマックスタンカーと従来のアフラマックスタンカーの工数比較

工数の比較結果を表 1.2.4 に示す。比較の対象と比較の考え方は次の通りである。

①比較対象

レーザアフラ A ; ガーダー方式ダブルハル構造で内業工程にレーザ・アークハイブリッド溶接を適用

レーザアフラ B ; 従来構造で内業工程にレーザ・アークハイブリッド溶接を適用

従来アフラ A ; ガーダー方式ダブルハル構造で内業工程にアーク溶接を適用

従来アフラ B ; 従来構造で内業工程にアーク溶接を適用

## ②比較の考え方

上記の船の平行部のパネル分割は同様として、1パネルブロック当たりの工数を見積り、これに平行部全体のパネル数を掛けて内業のパネルブロックの製作工数を概算した。工数の差が溶接法や構造の違いによる削減量を表す。

表 1.2.4 より、レーザアフラはアーク溶接を用いる従来アフラに比べて 40%～50%程度内業の工数が削減できることが分かる。

一方、外業はレーザアフラ及び従来アフラ共にアーク溶接を行うので、溶接による工数の差は出ないので、取付工数のみの見積を行った。両方の差がレーザ・アークハイブリッド溶接によりブロックの精度が向上したことによる手直し工数の削減を表す。表 1.2.4 より、レーザアフラは取付長が同じならば従来のアフラマックスタンカーの取付工数を 10%～20%程度削減できる可能性があることがわかった。

表 1.2.4 レーザアフラと従来アフラのパネルブロックの製作工数比較（単位；人時）

	区分	レーザアフラ A	レーザアフラ B	従来アフラ A	従来アフラ B
内業工程 (製作工数)	1パネルブロック	320	未検討	520	600
	平行部全体	17280	未検討	28080	32400
外業工程（取付工数のみ）	平行部全体	6971	3102	7596	3810

## (4)まとめ

ガーダー方式ダブルハル構造を有するアフラマックスタンカーに対して、レーザ・アークハイブリッド溶接を活用した建造工程を検討するに当たり、この溶接法の特長を十分に活かすために、建造の各工程において技術的にクリアすべき仮定や各種の前提条件を置いて検討を進めた。これらを工程別に整理し且つそれぞれの技術的課題を示したものを表 1.2.5 に示す。本表からレーザ・アークハイブリッド溶接を船舶建造工程に実用化する場合の今後の研究開発の方向性を読み取ることができると思われる。

また、今回の検討によって、レーザ・アークハイブリッド溶接に適した構造や工程ラインを導入することで、より経済的メリットを発揮させる見込みが示された。但し、先にあげた技術的課題に加えて、ガーダー方式ダブルハルブロック専用工場の規模の合理的な設定方法やファイバーレーザ発振器の近年の価格下落傾向等のコスト要因が検討には含まれていない。レーザ・アークハイブリッド溶接実用化に向けては、こういった要素もより精緻に検討していく必要がある。

表 1.2.2 実証実験において製作した継手とその結果

NO.	継手種類	T継手: 基材、突合せ: 合材			T継手: 補強材、突合せ: 合材			ギャップ	ガス	切断面	開先	プライマー	溶接ワイヤ	溶接方法	裏当て板	備考
		長さ(mm)	幅(mm)	板厚(mm)	長さ(mm)	幅(mm)	板厚(mm)									
1	完全溶込みT継手	5000	400	21	5000	400	14	0.05mm以下	CO2	レーザ+ブラシ	—	有	MG50-1.6φ	両側すみ肉	—	良好なビード外観 → 非破壊検査
2	完全溶込みT継手	5000	400	21	5000	400	14	0.05mm以下	CO2	レーザ+ブラシ	—	無	MG50-1.6φ	両側すみ肉	—	良好なビード外観 → 非破壊検査
3	完全溶込みT継手	5000	400	21	5000	400	14	0.05mm以下	CO2	機械加工	—	有	MG50-1.6φ	両側すみ肉	—	良好なビード外観 → 非破壊検査
4	突合せ継手	5000	200	14	5000	200	14	約0.4mm	CO2	レーザ+ブラシ	I 型	有	MG50-1.6φ	突合せ	無	スペーサー間隔を500mmに変更 → 良好なビード外観 → 非破壊検査
5	突合せ継手	5000	200	14	5000	200	14	約0.4mm	CO2	機械加工	I 型	無	MG50-1.6φ	突合せ	無	スペーサー間隔を500mmに変更 → 良好なビード外観 → 非破壊検査
6	突合せ継手	5000	200	14	5000	200	14	約0.4mm	CO2	機械加工	I 型	有	MG50-1.6φ	突合せ	無	スペーサー間隔を500mmに変更 → 良好なビード外観 → 非破壊検査

表1.2.3 継手評価試験条件

NO.	継手種類	T継手: 基材、突合せ: 合材			T継手: 補強材、突合せ: 合材			ギャップ(mm)	溶接方法	ガス	プライマー	開先	切断面	裏当て板	試験種類
		長さ(mm)	幅(mm)	板厚(mm)	長さ(mm)	幅(mm)	板厚(mm)								
1	完全溶込みT継手	1000	400	21	1000	200	14	≒0	両側すみ肉	CO2	有	-	レーザー切断 +ブラシ	-	外観、硬さ、マクロ、MT,UT,RT等
2	突合せ継手	1000	200	14	1000	200	14	≒0	片面1パス	CO2	有	I 形	レーザー切断 +ブラシ	無	外観、引張、表曲げ、裏曲げ、シャルピー、マクロ、硬さ、MT,UT、RT
3	完全溶込みT継手	1000	400	21	1000	200	9	1	両側すみ肉	CO2	無	-	機械加工	-	曲げ疲労試験、止端形状、マクロ、MT等
4	完全溶込みT継手	1000	400	21	1000	100	14	≒0	両側すみ肉	CO2	無	-	機械加工	-	曲げ疲労試験、止端形状、マクロ、MT等
5	完全溶込みT継手	1000	400	21	1000	200	14	1	両側すみ肉	CO2	無	-	機械加工	-	曲げ疲労試験、止端形状、マクロ、MT等
6	完全溶込みT継手	1000	400	21	1000	200	14	≒0	両側すみ肉	CO2	有	-	機械加工	-	曲げ疲労試験、止端形状、マクロ、MT等
7	完全溶込みT継手	1000	400	21	1000	200	14	1	両側すみ肉	CO2	有	-	機械加工	-	曲げ疲労試験、止端形状、マクロ、MT等
8	完全溶込み十字継手	1000	400	21	1000	50	14	≒0	両側すみ肉	CO2	無	-	機械加工	-	軸力疲労試験、破面観察 他
9	完全溶込み十字継手	1000	400	21	1000	50	14	1	両側すみ肉	CO2	無	-	機械加工	-	軸力疲労試験、破面観察 他
10	突合せ継手	1000	200	14	1000	200	14	≒0.5	片面1パス	CO2	無	I 形	機械加工	無	軸力疲労試験、破面観察 他
11	完全溶込みT継手	5000	400	21	5000	400	14	0.05mm以下	両側すみ肉	CO2	有	-	レーザー切断 +ブラシ	-	硬さ、マクロ、MT,UT,RT 等
12	完全溶込みT継手	5000	400	21	5000	400	14	0.05mm以下	両側すみ肉	CO2	無	-	レーザー切断 +ブラシ	-	硬さ、マクロ、MT,UT,RT 等
13	完全溶込みT継手	5000	400	21	5000	400	14	0.05mm以下	両側すみ肉	CO2	有	-	機械加工	-	硬さ、マクロ、MT,UT,RT 等
14	突合せ継手	5000	200	14	5000	200	14	≒0.4	片面1パス	CO2	有	I 型	レーザー切断 +ブラシ	無	硬さ、マクロ、MT,RT 等
15	突合せ継手	5000	200	14	5000	200	14	≒0.4	片面1パス	CO2	無	I 型	機械加工	無	硬さ、マクロ、MT,RT 等
16	突合せ継手	5000	200	14	5000	200	14	≒0.4	片面1パス	CO2	有	I 型	機械加工	無	硬さ、マクロ、MT,RT 等
17	完全溶込みT継手	300	400	21	300	200	14	-	両側すみ肉	CO2	-	-	-	-	角変形と入熱計測



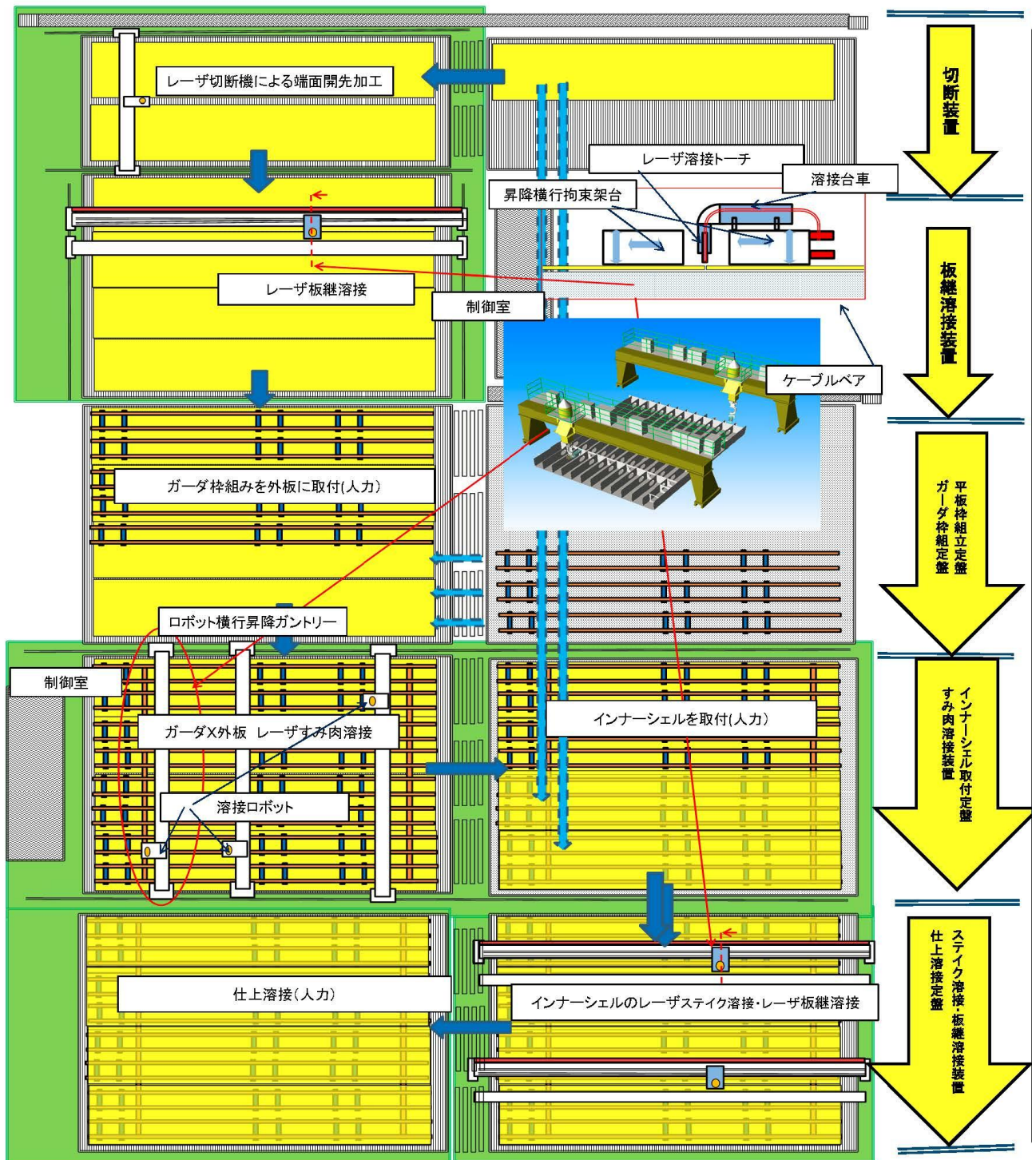


図1.2.4 レーザ・アークハイブリッド溶接組立ライン構想

表1.2.5 検討の前提条件と技術課題

検討項目	検討の前提となる条件／基本的考え方	技術的課題
建造工程		
1 ブロック分割・接合方法	① ガーダー方式ダブルハルブロックを専用工場で作成し、多くの造船会社に供給するセットとした。そのため、船体平行部のブロック分割は、本プロジェクトの参加造船会社の設備能力に見合い、且つ出来るだけ大きなブロックサイズになるよう検討した。	特になし
2 全体 (平行部ブロックの建造工程)	① ガーダー方式ダブルハルブロックを製作する専用工場のライン、設備、人員等を検討する	1つの造船所にブロックを供給するのではなく、専用工場として多くの造船所に供給するシステムの検討が必要
	② 取り扱うブロックの最大寸法は、24m×16mとする。	特になし
	③ タクトピッチは1日1ブロック専用工場から排出されるものとする。	専用工場としては排出ピッチが小さい。需要に対して供給が十分かどうか検討する必要あり。
	④ 部材はクレーンを使わずコンベアで流す(クレーン配材は最小とする)。反転は無しとする。	反転無しを実現するには、ハイブリッドステイク溶接の実用化が必要
	⑤ 低歪化・レーザー台数を抑えるために「大板工法」を採用する	特になし
	⑥ 外板とガーダー及びガーダー同士の取り合いはハイブリッドすみ肉溶接、インナーシェルとガーダーの取り合いはハイブリッドステイク溶接とする	多くの課題あり、下記に詳細を記述
	⑦ 板継ぎ溶接、片側完全溶込みすみ肉溶接及びステイク溶接のNKIによる溶接施工法承認が取れていること。	板継ぎ溶接についてはNKのレーザーアークハイブリッド溶接ガイドラインはあるが、他の溶接法のNKのガイドラインはないので、研究と平行して作成する必要がある。
3 切断工程	① 鋼材はレーザー切断を行ない、開先精度が確保されるものとする	24mという長尺のレーザー切断において、切断面の直線度と許容ギャップを満足するレーザー切断装置の開発
4 外板の板継ぎ溶接装置	① バックিংレス片面溶接	～18mmまでは、開先でバックングレス片面溶接が可能であるが、これより板厚が大であると開先加工と多層盛りが必要。
	② ギャップ及び目違いコントロールのための精度の高い位置決め装置及び拘束装置	目違い≒0、ギャップ0.5±0.2mm以下を達成する位置決め装置及び拘束装置の開発
	③ 溶接品質を劣化させない仮付溶接方法	仮付位置、仮付方法(アークorレーザー)等の検討、但し拘束装置により仮付不要の可能性あり。
	④ インプロセスで溶接線やギャップをセンサーで認識して、溶接条件(トーチの動き、レーザーパワー、電流・電圧、ワイヤ供給速度等)を適応制御できる機構。	インプロセスでこれができるシステムはまだ開発されていないと考えられる。これが開発されると許容ギャップが広がるので、拘束装置の負荷が軽減される可能性がある。精度の高い装置(サーボロボ等)は商品化されているが、高価であり実績が少ない。
	⑤ インプロセスで溶接継手の品質を評価する機構(非破壊検査等)	インプロセスでこれができるシステムはまだ開発されていないと考えられる。
5 ガーダー小組立、ガーダー枠組定盤	① 従来設備を流用する(ハイブリッド溶接は行わない) ② ガーダー枠組の組立設備化、作業者による組立	ガーダーの本数が多いので、生産能力の確保、専用ラインの検討等が必要 特になし
6 ガーダーの配材・取付	① 2本セットのガーダーを板に配材して人が位置決めて仮付する方法	特になし
	② 溶接品質を劣化させない仮付溶接方法	4-③と同じ
	③ ガーダー配材用の枠組み拘束治具を用意する	特になし
7 片面完全溶込みすみ肉溶接装置	① 幅900のスペースに入るコンパクトなハイブリッド溶接ロボット	現状このようなコンパクトなハイブリッド溶接ロボットはないので、新設計が必要
	② 片面完全溶込みすみ肉溶接(腐食・疲労の心配のない健全な裏波形状の確保)	片面完全溶込みすみ肉溶接は実用化されていない。完全溶込みを達成する条件、裏波ビードの止端部をなめらかに仕上げる溶接条件等の研究が必要
	③ インプロセスで溶接線やギャップをセンサーで認識して、溶接条件(トーチの動き、レーザーパワー、電流・電圧、ワイヤ供給速度等)を適応制御できる装置	4-④と同じ
	④ インプロセスで溶接継手の品質を評価する機構(非破壊検査等)	インプロセスでこれができるシステムはまだ開発されていないと考えられる。
	⑤ 立向き溶接は従来のアーク溶接とする	特になし
8 インナーシェルの被せ及び取付	① シングルハル中組を反転せずに、インナーシェルを被せて、人により前後左右の位置を決める装置あるいは治具	現状このような装置は無い。新開発が必要
	② 溶接品質を劣化させない仮付溶接方法	4-③と同じ
9 インナーシェルのステイク溶接及び板継ぎ溶接装置	① 板の下に隠れた溶接線を検知するセンサー(微い装置)	現状このようなセンサーは無い。新開発が必要
	② インナーシェルのステイク溶接(腐食・疲労の心配のないステイク溶接方法)	厚板のステイク溶接は実用化されていない。厚板(18～25mm程度)のステイク溶接の研究、腐食や疲労の心配のないステイク溶接の研究等が必要
	③ インプロセスで溶接継手の品質を評価する機構(非破壊検査等)	インプロセスでこれができるシステムはまだ開発されていないと考えられる。
	④ インナーシェルのバックングレス片面溶接	4-①と同様
10 仕上げ溶接	① 作業者による半自動溶接でハイブリッド溶接の手直し、未溶接箇所の施工を行う	特になし
11 工場建屋	① 取り扱うブロックの最大寸法は16m×24m、高さ10m程度	特になし
12 総組(平行部ブロック)	① ハイブリッド溶接は使用しない。	特になし
13 渠中搭載工程	① ハイブリッド溶接は使用しない。	特になし

### 1.3 研究体制

船技協をプラットフォームとする調査研究委員会を組織し、下記の体制において、4回の委員会を実施した。また、調査研究委員会の下部に「レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキング・グループ」を設置して、レーザ溶接に適した船体構造・建造工程の検討を3回にわたって実施した。

<レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会>

(以下順不同)

- ・ 国立大学法人 大阪大学 片山教授 (委員長)
- ・ 国立大学法人 九州大学 後藤准教授
- ・ 国立大学法人 東京大学 青山教授
- ・ (独) 海上技術安全研究所
- ・ (一社) 日本造船工業会
- ・ (一財) 日本海事協会
- ・ ジャパンマリンユナイテッド株式会社
- ・ 株式会社 名村造船所
- ・ 住友重機械マリンエンジニアリング株式会社
- ・ 三井造船株式会社
- ・ 三菱重工業株式会社
- ・ J F E スチール株式会社
- ・ 国土交通省海事局船舶産業課
- ・ (一財) 日本船舶技術研究協会 (事務局)

<レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキング・グループ>

- ・ 国立大学法人 九州大学 篠田教授 (主査)
- ・ (独) 海上技術安全研究所
- ・ ジャパンマリンユナイテッド株式会社
- ・ 株式会社 名村造船所
- ・ 住友重機械マリンエンジニアリング株式会社
- ・ 三井造船株式会社
- ・ 三菱重工業株式会社
- ・ (一財) 日本船舶技術研究協会 (事務局)

### 1.4 研究スケジュール

研究スケジュールを表 1.4.1 に示す。

表1.4.1 研究スケジュール

研究項目		主担当	2013年度												
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
レーザー溶接技術の調査研究															
2013年度研究内容	① 委員会等運営・プロジェクト管理	船技協			○ 第1回委員会			○ 第2回委員会		○ 第1回WG		○ 第2回WG	○ 第3回委員会	○ 第3回WG	○ 第4回委員会
	② レーザ・アークハイブリッド溶接実証実験装置の設計製作	九州大学				設計製作									
	③ レーザ・アークハイブリッド溶接実証実験	九州大学											実証実験		
	④ 実証実験用継手材料の設計製作	九州大学						実証実験用継手材料の設計製作							
	⑤ プロセス実験用継手の性能確認試験(疲労試験等)	九州大学						プロセス継手の性能評価試験							
	⑥ 実証実験用継手の性能評価試験	九州大学											実証実験用継手の性能評価試験		
	⑦ レーザ溶接に適した船体構造・建造工程の検討	船技協						建造工程の検討、従来工法との比較等							
	⑧ とりまとめ	船技協													報告書作成

## 2. 事業活動状況報告

本事業を円滑にすすめるため、2012年度と同様に大学・研究機関・造船所他から委員として参画していただき、「レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」を設置した。委員会では、実験室レベルのプロセス実験で導出された溶接条件をもとに、造船所での実証実験の実施要領等について検討をおこなった。また、プロセス実験で得られた試験片ならびに実証実験での試験片をどのように評価・検査をするかの具体策の検討については、別途、「レーザ溶接継手の評価・検査ワーキング・グループ」を2012年度に引き続き設置して検討を進めた。さらに、新たに「レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキング・グループ」を設置し、レーザ・アークハイブリッド溶接に適した船体構造・建造工程の検討をおこなった。これらのワーキング・グループの検討内容は調査研究委員会に報告され、調査研究委員会を側面から補完すると共に相互に情報共有することで研究の方向性を一致させた。

### 2.1 調査研究委員会

#### ○「レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

委員名簿 (敬称略・順不同・役職は2013年4月時点)

<u>委員長</u>	片山 聖二	国立大学法人大阪大学	大学院工学研究科 機械工学専攻 レーザ接合機構学分野 教授 兼 接合科学研究所 所長
<u>委員</u>	青山 和浩	国立大学法人東京大学	大学院工学系研究科 システム創成学専攻 教授
	後藤 浩二	国立大学法人九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門 准教授
	村上 睦尚	(独)海上技術安全研究所	構造系構造解析・加工研究グループ 主任研究員
	福井 努	(一財)日本海事協会	材料艀装部 主管
	大井 健次	JFEスチール株式会社	スチール研究所 接合・強度研究部 部長
	辻井 浩	三菱重工業(株)	船舶海洋事業本部香焼船海工作部 生産計画課技管チーム 主席統括
	濱崎 俊之	(株)名村造船所	船舶海洋事業部 生産管理部 溶接技術課 課長
	平野 淳平	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 管理部 技術開発グループ
	篠原 紀昭	ジャパンマリンユナイテッド(株)	技術研究所 生産技術研究グループ 主幹
	高橋 寛	住友重機械マリンエンジニアリング(株)	製造本部 工作部 (2013年4月より) 計画グループ グループリーダー
<u>アドバイザー</u>	水谷 正海	国立大学法人大阪大学	接合科学研究所技術部技術専門職

<u>関係者</u>	山口 祐二	(一社)日本造船工業会	技術部 部長
	岩田 知明	(独)海上技術安全研究所	構造系構造解析・加工研究グループ グループ長
	沢登 寛	(一財)日本海事協会	材料艤装部 副技師
	菊地 淳史	IPGフォトリクスジャパン(株)	代表取締役
	(2012年11月から)		
<u>関係官庁</u>	日詰 行宏	国土交通省	海事局船舶産業課 中小造船係長
<u>事務局</u>	田村 颯洋	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニットユニット長
	森山 厚夫	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット プロジェクトリーダー
	杉山 哲雄	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット
	片山 敦子	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット

○「レーザ溶接継手の評価・検査ワーキング・グループ」

委員名簿 (敬称略・順不同・役職は2013年4月時点)

<u>主査</u>	後藤 浩二	国立大学法人九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門 准教授	
<u>委員</u>	岩田 知明	(独)海上技術安全研究所	構造系構造解析・加工研究グループ グループ長	
	村上 睦尚	(独)海上技術安全研究所	構造系構造解析・加工研究グループ 主任研究員	
	福井 努	(一財)日本海事協会	材料艤装部 主管	
	沢登 寛	(一財)日本海事協会	材料艤装部 副技師	
	大井 健次	JFEスチール株式会社	スチール研究所 接合・強度研究部 部長	
	辻井 浩	三菱重工業(株)	船舶海洋事業本部香焼船海工作部 生産計画課技管チーム 主席統括	
	濱崎 俊之	(株)名村造船所	船舶海洋事業部 生産管理部 溶接技術課 課長	
	平野 淳平	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 管理部 技術開発グループ	
	篠原 紀昭	ジャパンマリンユナイテッド(株)	技術研究所 生産技術研究グループ 主幹	
	高橋 寛	住友重機械マリンエンジニアリング(株)	製造本部 工作部 (2013年4月より) 計画グループ グループリーダー	
	<u>アドバイザー</u>			
		水谷 正海	国立大学法人大阪大学	接合科学研究所技術部技術専門職
	<u>事務局</u>	田村 颯洋	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニットユニット長

森山 厚夫	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット プロジェクトリーダー
杉山 哲雄	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット
片山 敦子	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット

○「レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキング・グループ」  
委員名簿 (敬称略・順不同・役職は2013年4月時点)

<u>座長</u>	篠田 岳思	国立大学法人九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門 教授
<u>委員</u>	青山 和浩	国立大学法人東京大学	大学院工学系研究科 システム創成学専攻 教授
	村上 睦尚	(独)海上技術安全研究所	構造系構造解析・加工研究グループ 主任研究員
	辻井 浩	三菱重工業(株)	船舶海洋事業本部香焼船海工作部 生産計画課技管チーム 主席統括
	濱崎 俊之	(株)名村造船所	船舶海洋事業部 生産管理部 溶接技術課 課長
	平野 淳平	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 管理部 技術開発グループ
	篠原 紀昭	ジャパンマリンユナイテッド(株) 技術研究所	生産技術研究グループ 主幹
	高橋 寛	住友重機械マリンエンジニアリング(株) 製造本部 工作部	計画グループ グループリーダー
<u>関係者</u>	山口 祐二	(一社)日本造船工業会	技術部 部長
	渡辺 明	愛知産業(株)	本社営業本部 接合システム部 レーザプロジェクトチーム課長
	鳥海 誠	(株)海	代表取締役
<u>関係官庁</u>	日詰 行宏	国土交通省	海事局船舶産業課 中小造船係長
<u>事務局</u>	田村 颯洋	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニットユニット長
	森山 厚夫	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット プロジェクトリーダー
	杉山 哲雄	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット
	片山 敦子	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット

## 2.2 調査研究の作業状況

2013年度

4月1日 日本財団の助成を得て事業開始

- 4月1日 国立大学法人九州大学および（株）名村造船所との間で「船舶建造用継手のレーザハイブリッド溶接実証実験に関する共同研究」契約締結
- 4月18日 厚板レーザ切断の諸元に関する打合せ実施（小池酸素工業）
- 5月8日 2013年度第1回レーザ溶接継手の評価・検査ワーキンググループ開催運営
- 5月13日 レーザ溶接実証試験装置に関する打合せ実施（九州大学）
- 6月12日 （株）海との間で「ガーダー方式ダブルハル構造のブロック分割およびブロック接合法の検討」請負契約締結
- 6月27日 2013年度第1回レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に係る調査研究委員会開催運営
- 7月24日 レーザ溶接実証試験装置に関する打合せ実施（九州大学）
- 7月26日 2013年度第2回レーザ溶接継手の評価・検査ワーキンググループ開催運営
- 7月30日 レーザ溶接のプロセス実験の進捗状況に関する打合せ実施（大阪大学接合科学研究所）
- 7月31日 国立大学法人九州大学および（株）名村造船所との間でレーザハイブリッド溶接実証実験運営時の賠償責任区分に関する打合せ実施（九州大学知財本部）
- 9月4日 レーザハイブリッド溶接実証実験装置の詳細技術的要件確認会議にアドバイザーとして出席（九州大学・愛知産業）
- 9月9日 2013年度第2回レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に係る調査研究委員会開催運営
- 9月13日 レーザハイブリッド溶接実証実験装置のウェブ押え設置検討（住友重機械マリンエンジニアリング）
- 9月24日 レーザ溶接によるブロック精度向上効果と手直し工程低減に関する打合せ実施（ジャパンマリンユナイテッド津事業所）
- 10月2日 レーザハイブリッド溶接実証実験装置の有効性検討（三井造船）
- 10月10日 レーザハイブリッド溶接実証実験装置の移設に関する打合せ実施（九州大学）
- 10月16日 レーザハイブリッド溶接実証実験運用時の安全対策打合せ実施（九州大学）
- 10月16日 2013年度第1回レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキンググループ開催運営
- 11月7日 レーザハイブリッド溶接実証実験装置のティーチングに関する打合せ実施（愛知産業）
- 11月11日 （株）JSOLとの間で「レーザ・アークハイブリッド溶接によるブロックの溶接変形低減量の計算業務」請負契約締結
- 11月15日 レーザハイブリッド溶接実証実験装置の出荷前検査立会い代行（高砂鉄工・愛知産業）
- 11月28日  
～29日 レーザハイブリッド溶接実証実験装置の検収立会いおよびプロセス



実験装置固定資産部分検数実施（名村造船所）

- 1 2 月 3 日  
～ 7 日 レーザハイブリッド溶接実証実験安全講習実施および習熟運転立会い（名村造船所）
- 1 2 月 9 日 レーザハイブリッド溶接による継手評価ガイドラインに関する打合せ実施（日本海事協会）
- 1 2 月 1 0 日  
～ 2 月 1 9 日 レーザハイブリッド溶接実証実験作業補助者（海上技術安全研究所）および統括安全衛生責任者補佐（日本船舶技術研究協会）の派遣実施（名村造船所）  
(延人数：37人日)
- 1 2 月 2 5 日 2013年度第2回レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキンググループ開催運営
- 1 月 9 日 2013年度第3回レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に係る調査研究委員会開催運営
- 2 月 5 日 レーザハイブリッド溶接実証実験のメディアによる視察および記者会見実施（名村造船所）
- 2 月 1 2 日 2013年度第3回レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキンググループ開催運営
- 2 月 1 4 日 レーザハイブリッド溶接実証実験の日本財団および産報出版による視察実施（名村造船所）
- 2 月 2 3 日  
～ 2 7 日 レーザハイブリッド溶接実証実験装置の移設立会いおよびプロセス実験装置固定資産部分検数実施（名村造船所・九州大学）
- 3 月 1 2 日 2013年度第4回レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に係る調査研究委員会開催運営
- 3 月 1 2 日 船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナーの開催運営（日本財団ビル）
- 3 月 3 1 日 成果報告書とりまとめ

## 2.3 委員会議事概要

- (1) 「レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」は2013年度内に以下に示す通り、計4回開催した。

- 第1回「レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

日時：2013年6月27日（木）13：30～17：00

場所：（一財）日本船舶技術研究協会 4F大会議室

議題：①研究進捗状況について

②プロセス実験結果報告

- ③継手の強度等試験要領書について
- ④プロセス実験用継手（No.4）の強度等評価試験報告
- ⑤プロセス実験の進捗と今後の計画について
- ⑥継手の強度等試験の追加実施（案）について
- ⑦実証実験用継手材料（案）について
- ⑧2012年度事業成果報告書の執筆分担について
- ⑨新建造法ケーススタディ実施計画書（案）について
- ⑩レーザ溶接セミナー実施計画（案）について

○ 第2回「レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

日時：2013年9月9日（月）14：00～17：00

場所：TKP赤坂ツインタワーカンファレンスセンター ルーム8B

議題：①研究進捗状況について

②レーザ実証試験計画（案）について

③2012年度事業成果報告書の内容報告

○ 第3回「レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

日時：2014年1月9日（木）13：00～16：00

場所：（株）名村造船所伊万里事業所 2F大会議室

議題：①研究進捗状況について

②レーザ・アークハイブリッド溶接実証実験装置概要について

③継手の評価試験状況について

④レーザ・アークハイブリッド溶接実証実験進捗状況報告

⑤レーザ・アークハイブリッド溶接継手の性能評価試験について

⑥レーザ・アークハイブリッド溶接継手の軸力疲労試験計画について

⑦角変形と入熱パラメータについて

⑧レーザ溶接を活用した船舶建造検討WGの活動報告

⑨2013年度成果報告書の目次案ならびに執筆分担案について

⑩「船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナー」の案内

⑪レーザ・アークハイブリッド溶接実証実験のサイト視察

○ 第4回「レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

日時：2014年3月12日（水）9：30～11：30

場所：（一財）日本船舶技術研究協会 4F大会議室

議題：①研究進捗状況について

②2013年度事業成果報告書の内容確認

③情報開示（論文発表等）等のルールについて

④実証実験に関する新聞記事の紹介

(2) 「レーザ溶接継手の評価・検査ワーキング・グループ」は2013年度内に以下に示す通り計2回開催した。

○ 第1回「レーザ溶接継手の評価・検査ワーキング・グループ」

日時：2013年5月8日（水）13：30～17：00

場所：TKP赤坂ツインタワーカンファレンスセンター ルーム7B

議題：①研究進捗状況について

②2013年度プロセス実験計画（案）について

③継手の強度等試験分担表（案）について

④継手の強度等試験要領書（案）について

⑤レーザ・アークハイブリッド溶接継手の評価結果について

⑥レーザ・アークハイブリッド溶接における入熱量測定について

⑦レーザ・アークハイブリッド溶接における靱性評価について

⑧破面試験速報

⑨現在までのプロセス実験進捗状況報告

○ 第2回「レーザ溶接継手の評価・検査ワーキング・グループ」

日時：2013年7月26日（金）13：30～16：00

場所：（一財）日本船舶技術研究協会 4F大会議室

議題：①実証試験に向けてのスケジュール（案）について

②レーザ・アークハイブリッド溶接継手の強度評価の分担について

③溶接条件出し及び継手の強度等評価試験状況報告

④実証試験用継手材料（案）について

⑤レーザ・アークハイブリッド溶接における入熱量計測結果速報

⑥実証試験装置配置図（案）について

(3) 「レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキング・グループ」は2013年度内に以下に示す通り計3回開催した。

○ 第1回「レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキング・グループ」

日時：2013年10月16日（水）13：00～17：00

場所：九州大学大学院工学研究院海洋システム工学部 会議室W2-614-1

議題：①レーザ溶接を活用した船舶建造検討WG実施計画書（案）について

②レーザ・アークハイブリッド溶接組立ライン構想（案）について

③レーザ・アークハイブリッド溶接装置構想（案）について

④レーザ・アークハイブリッド溶接組立ライン大組ブロック組立（案）について

⑤ガーダー方式ダブルハル構造タンカーの総組・渠中搭載工程の検討（案）

について

- ⑥ ガーダー方式ダブルハル構造タンカーの全体組立ライン構想と検討課題について
- ⑦ レーザ・アークハイブリッド溶接によるブロック建造精度向上と手直し工数低減の関係性把握について

○ 第2回「レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキング・グループ」

日時：2013年12月25日（水）13：30～17：00

場所：（一財）日本船舶技術研究協会 4F大会議室

議題：① 検討の前提条件と作業内容について

- ② レーザ・アークハイブリッド溶接組立ライン構想（案）について
- ③ レーザ・アークハイブリッド溶接施工要領（案）について
- ④ ガーダーの横倒れ防止策の検討について
- ⑤ レーザ・アークハイブリッド溶接装置構想（案）について
- ⑥ ガーダー方式ダブルハル構造タンカーの総組・渠中搭載工程の検討見直し（案）について
- ⑦ ガーダー方式ダブルハル組立工場の建築面積とコスト試算
- ⑧ 一般的建造法とレーザ建造法の工数比較について
- ⑨ レーザ溶接技術セミナーの案内

○ 第3回「レーザ溶接を活用した船舶建造検討ワーキング・グループ」

日時：2014年2月12日（水）13：30～17：00

場所：（一財）日本船舶技術研究協会 4F大会議室

議題：① 検討の前提条件と課題の整理について

- ② レーザ・アークハイブリッド溶接組立ライン構想（案）について
- ③ レーザ・アークハイブリッド溶接装置構想（案）について
- ④ 従来アフラとレーザアフラの外業工程における取付工数の検討（案）
- ⑤ 従来建造法とレーザ建造法の工数比較について
- ⑥ 成果報告書目次（案）について

## Ⅱ．船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究 （工程管理システムの調査研究）

## 1. 研究概要

### 1.1 背景及び目的

一昨年来の新造船需要の回復に伴い、我が国造船業の新規受注も活況を呈しているが、各造船国における大量受注により数年先の過剰船腹の増大が再び懸念されており、今後ますます造船市場での競争の激化が予想される。こうした中、我が国造船業が新興造船国に対する競争力を維持していくためには、船舶の建造工程におけるトータルな建造マネジメント手法の確立と高度化が不可欠である。具体的には、建造現場での人や物、さらには作業の流れや生産物の状態（品質等）を見える化するための情報技術を確立し、造船工場をリアルタイムモニタリングすることによって、建造工程における問題個所の把握と対応策を適切に講じる必要がある。

2012年度事業において、市販のモニタリングシステムを活用するよりも安価で船舶建造現場に適した、移動・設置が容易な基本モニタリングシステムが構築できた。2013年度はその基本モニタリングシステムにより得られた課題の解決を図る他、モニタリングにより得られたデータの解析技術を確立し、実際に船舶建造工程を改善できる高度なモニタリングシステムの構築を目的とする。

### 1.2 研究内容

2012年度は造船工場に適用可能な無線 LAN ネットワークを検討し、カメラによる現場撮影や作業員の位置計測等が可能になる基本モニタリングシステムを構築した。2013年度はこれらの成果と抽出された課題を踏まえて、次の研究を実施した。

#### (1) 新デバイスによるモニタリングシステムの高度化

基本モニタリングシステムに新デバイス（新型カメラ、加速度センサ、RFID 等）を追加適用して、より高度で簡便なモニタリングが可能となるようなシステムを開発した（必要に応じて実証実験を実施した）。

#### (2) モニタリングデータの処理方法の確立

基本モニタリングシステムは画像処理をベースとしているが、作業現場の撮影環境が劣悪なために様々な画像ノイズが発生し、画像処理によって抽出される行動にエラーが含まれる。また、作業者が特定できないという問題がある。このため、新デバイス等を活用してこれらの問題を解決し、信頼度の高い工程管理情報を抽出するためのモニタリングデータの処理方法を確立した。

#### (3) モニタリングによる生産性向上の可能性のケーススタディ

モニタリングシステムにより得られたデータを造船所の生産性向上に活用する具体例として次の2つのケースを検討した（必要に応じて実証実験を実施した）。

- ① モニタリングブラウザの構築（造船所の定盤計画・管理システムへの応用）
- ② モニタリングデータと生産シミュレーションの連携運用

#### (4) 建造モニタリングやレーザ溶接等による建造マネジメント高度化の技術課題調査

建造マネジメント高度化のために必要と考えられる革新的技術を広く調査した。さらに、革新的技術の造船適用に関する検討を行い、この結果を踏まえて今後取り組むべき技術

開発課題を整理し、その開発ロードマップと将来造船工場のコンセプトイメージを作成した。

### 1.3 研究期間

2013年4月1日 ～2014年6月30日

### 1.4 研究体制

(一財)日本船舶技術研究協会をプラットフォームとする調査研究委員会を組織し、下記の体制において、5回の委員会及び5回のワーキング・グループ会議を実施した。

委員長；国立大学法人 東京大学 青山和浩教授

- ・国立大学法人 東京大学
- ・国立大学法人 九州大学
- ・(独)海上技術安全研究所
- ・(一社)日本造船工業会
- ・ジャパンマリユナイテッド株式会社
- ・株式会社 名村造船所
- ・住友重機械マリンエンジニアリング株式会社
- ・三井造船株式会社
- ・(一社)日本造船工業会
- ・国土交通省海事局船舶産業課
- ・(一財)日本船舶技術研究協会 (事務局)

### 1.5 研究スケジュール

研究スケジュールを表 1.1 に示す。

### 1.6 研究結果

#### (1) 新デバイスによるモニタリングシステムの高度化

##### a) 画像処理の高度化

基本モニタリングシステムは、無線 LAN ネットワークを構築し、ネットワークカメラによる画像の取得を行ったが、より高度で簡便なシステム構築を目指して、次の2つのシステムを検討した。

##### ①天井カメラ撮影システム

これまでの造船所のモニタリング映像は高所からの撮影ではあったものの斜め方向からのため画角に限界があった。これを改善するために造船所の天井の水銀灯ソケットに差し込める天井カメラの試作を行った。

##### ②ドライブレコーダーを利用した撮影システム

市販のドライブレコーダー(小型軽量、4時間の連続撮影、ポータブルバッテリー駆動等)を用いた造船所のモニタリングを検討した。この方法によるとカメラの取付が簡便であり、ポータブルバッテリーを電源として4時間連続撮影できるので、AC電源のケーブル敷設が不要というメリットがある。

## b) 作業者の位置情報の検出

2012年度は、スマートフォンの Wi-Fi 及び GPS の機能を用いた作業者の位置情報の検出を行ったが、2013年度はより精度を高めるために、高精度 GPS デバイスを用いた作業者の位置情報の計測実験を実施した。その結果、位置検出精度が 20~40m から 7~9m へ向上すること等が分かった。また、RFID による作業者の位置検出方法を検討した。即ち、溶接装置等の機器に RFID のタグを貼付しておけば、RFID のリーダーを持った作業者が近づくと反応するので、この作業者がどこに居るかを検出することが可能である。この方法で RFID による作業者の位置検出実験を実施した。

## c) 画像処理による位置特定の高精度化

Wi-Fi や GPS 等を用いる上記の方法と比べてより高精度に作業者の位置特定を行うため、画像処理を利用した下記の方法を検討した。

- ① 数台のカメラによるビデオ画像の合成による対象領域のカバー
- ② 画像解析による作業者の抽出と足元の位置情報の抽出
- ③ 3D スキャナーを用いて工場の地図情報を取得
- ④ 作業者の画像上の位置情報と地図情報のマッピングを行い、作業者の工場での位置を割り出す。

## d) 加速度センサの利用による行動推定

ビデオカメラの画像から作業者の行動は認識できるが、作業者がブロックの内部等カメラの死角に入った場合は認識できない。このような場合は加速度センサを利用した作業者行動推定の可能性が考えられる。

そこで、加速度センサを利用して人の行動を推定するために、次の 2 つの検討を実施した。

### ① スマートフォンの加速度データからの行動識別手法の開発

作業者の腰部と胸部に加速度センサを付けて、基本動作（歩く、立つ、座る等）の識別が可能かどうかの実験を実施した。その結果、次の結論が得られた。

- ・腰部に装着した加速度センサのデータから行動の分離が可能。
- ・腰部センサに加えて胸部センサを利用することにより上肢の動作の分離が可能。
- ・分離したデータをもとに自動認識や労働負荷等の算出が可能。

### ② 複数種センサデータ融合手法の開発

加速度センサデータと映像のデータを RFID を用いて融合する実験を行い、個体識別、作業識別及び行動識別を行うことができる可能性があることが分かった。即ち、加速度センサでは座っている状態が識別できるが、どのような作業（溶接、グラインダー等）をしているかの認識はできない。映像データがあるとこれが分かるが、これだけでは人の認識ができないので人の認識は RFID を用いて行うという方法である。但し、RFID のタグがどこに付けられているかの位置情報は既知とする必要がある。

## (2) モニタリングデータ処理法の確立

次の 3 つの方法を用いることによりモニタリングの精度を向上させることができた。これによりモニタリングデータの処理方法を確立することができた。



①複数種センサデータ融合手法の開発

加速度センサデータと映像データを RFID を用いて融合し、作業者の特定及び作業者の位置情報を抽出した。

②画像撮影の冗長化

画像処理データの信頼性を向上させるために、複数のカメラで撮影した画像を用いることを考慮した。

③データの信頼性評価

画像ノイズに起因する画像データに含まれるエラーを除去するために、加速度センサのデータと RFID のデータを支援情報として画像データの信頼性を評価し、ノイズデータを排除した。

以上の処理により、全体の約 63%の作業に対して正しく作業者名を判定できた。また、約 75%のノイズを排除した結果を出力することができた。

また、モニタリングシステムを造船所に使用してもらうためのユーザーズマニュアルを整備した。

(3) モニタリングによる生産性向上の可能性のケーススタディ

モニタリングシステムにより得られたデータを造船所の生産性向上に活用する具体例として次の2つのケースを検討し、モニタリングシステムの有用性を明らかにした。

a) モニタリングブラウザの構築（造船所の定盤計画・管理システムへの応用）

造船所で実際に使われている定盤計画・管理システムとモニタリングシステムを連携して、次のような機能を有するシステムを構築した。

① 計画と実際のズレの把握

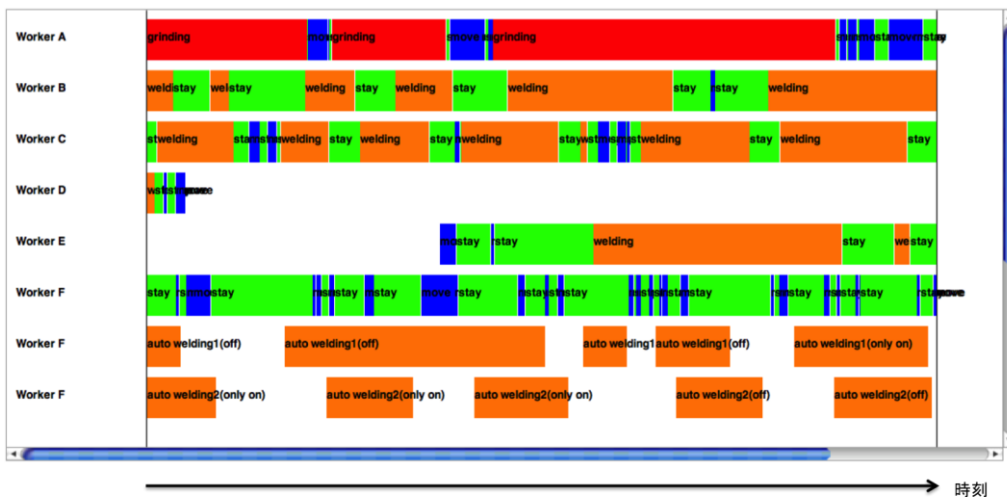
各ブロックの定盤上の配置計画情報とモニタリングシステムから作成した実際の配置情報を比較し、計画とのズレを把握。対策フィードバック等に活用。

②作業ガントチャートとビデオのひも付け

作業ガントチャート（図 1.1 参照）の一部をクリックすると、その作業のビデオや作業員等を読み出す機能。トラブルの原因究明等に利用。

③ヒートマップの表示

溶接、グラインダ、ガウジング等がどの場所でどの程度発生したかの確認ができる。工程計画等に活用。



:移動
  :静止
  :グラインダー
  :溶接

(a) ガントチャート



(b) 溶接作業のヒートマップ

図 1.1 ビデオ画像分析から得られた作業のガントチャートとヒートマップ

## b) 工場シミュレータとの連携

工場シミュレータは、工場内のモノの流れや人の動きをモデル化してシミュレーションを実行し、工程を最適化する手法であるが、これとモニタリングシステムを連携して次の機能を有するシステムの構築を検討した。

### ①フィードバック機能

モニタリングデータを工場シミュレータの入力データとして用いれば、工場で起こったことをコンピュータ内に再現することができ、作業の定量的分析・評価や他の行動を取った場合のシミュレーションができる。これにより、生産現場での生産性を向上させるフィードバックとして活用する。

## ② 工程のパフォーマンス推定

モニタリングによる生産実態と工場シミュレータによる理想の生産をつきあわせて Fit & Gap 分析を行う。これにより現状の生産のパフォーマンスを知ることができるとともに、新工程設計でのパフォーマンスも推定することができる。

以上の連携の概念を図 1.2 に示す。

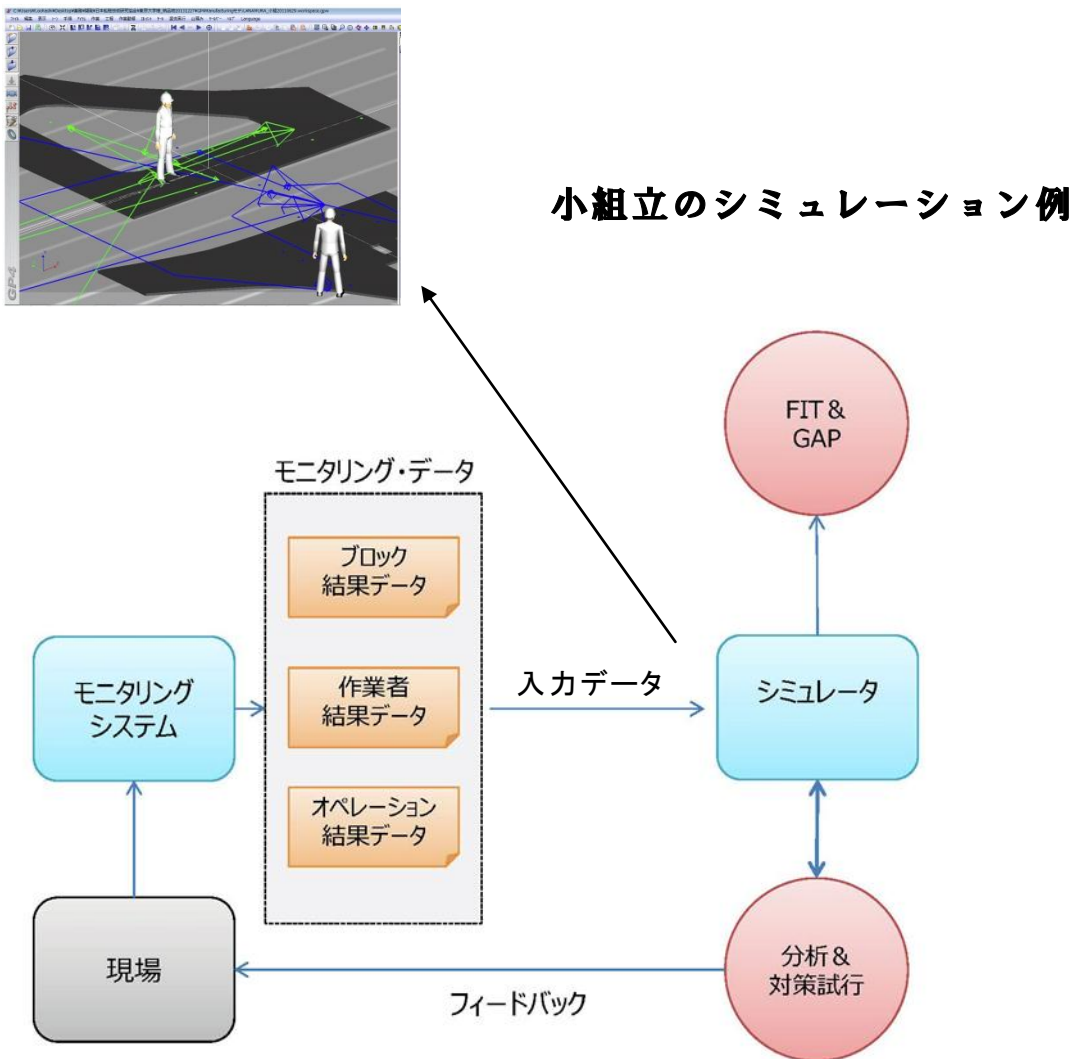


図 1.2 モニタリングシステムと生産シミュレーションの連携運用イメージ

## (4) 建造モニタリングやレーザ溶接などによる建造マネジメント高度化の技術課題調査

建造モニタリングやレーザ溶接など、建造マネジメント高度化のために必要と考えられる革新的技術等を広く調査した。さらに、革新的技術の造船適用に関する検討結果を踏まえて、今後取り組むべき技術開発課題として次の 11 項目を抽出した。

- ① 詳細で正確な予実管理の実現（人、モノ）
- ② 3次元プリンタの適用

- ③現場での3次元データ利用技術（3次元図面など）
- ④多能工化育成に向けた研究開発
- ⑤リバースエンジニアリングの有効活用
- ⑥つくり易さを考慮した設計技術
- ⑦新しい接合技術
- ⑧パワーアシスト、遠隔操作技術など、ロボットと人の将来の協調技術
- ⑨最新 ICT デバイスの利用
- ⑩フィードバック型の生産試験システム
- ⑪造船所のビックデータの解析と有効利用

この11項目の研究開発課題について、開発内容をブレイクダウンし、2030年頃までを想定したロードマップを作成した。これを表1.2に示す。

また、これらの先進的な技術を取り入れた将来の造船工場（50年程度先）のイメージを、一般の人にも理解して頂ける程度に書き下し、図1.3に示すようなイラスト付きの冊子体として作成した。本冊子は、造船所の方にとっても先進的技術とその造船応用、それらの導入が意味するものを考えるきっかけになることと思われる。

この冊子の内容の一部を図1.4に示す。

Supported by  THE NIPPON FOUNDATION

## 革新的技術が変える 造船工場の未来

～造船の将来イメージ～



図1.3 造船の将来イメージ冊子の表紙

表 1.1 研究スケジュール

研究項目	2013年										2014年					
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会		○ 第1回		○ 第1回WG			○ 第2回合同				○ 第3回合同			○ 第4回合同	○ 第5回合同	
① 新デバイスによるモニタリングシステムの高度化	高精度GPS、RFID、加速度センサー等のデバイスの活用、スマートフォンを活用したデータ収集システム 等															
	画像処理を用いた位置検出方法の高度化															
	加速度センサーによる作業者の行動推定															
② モニタリングデータ処理法の確立	画像処理を中心とするモニタリング技術、複数データ(画像、加速度、RFID等)の統合による作業者の特定、データの信頼性を考慮した作業履歴 等															
③ モニタリングによる生産性向上の可能性のケーススタディ	造船所の定盤計画・管理システムへの応用(ビデオデータの効付け、管理・検索等))															
	生産シミュレーションへの応用(モニタリング技術と生産シミュレーションの連携運用 等)															
④ 建造モニタリングやレーザー溶接などによる建造マネジメント高度化の技術課題調査	将来技術ニーズ調査、革新的技術のロードマップ作成、将来の造船工場のコンセプトイメージ作成															
⑤ モニタリング実証実験				○					○	○	○	○	○		○	
⑥ プロジェクトとりまとめ															とりまとめ	

表 1.2 開発ロードマップ

	～2016	2016～2020	2020～2025	2025～2030
①詳細で正確な予実管理の実現(人、モノ) ・造船用シミュレーションシステムの開発 -M BOM等、船舶のモデリング技術の確立 -建造工程のモデリング技術の確立(工程のグループ化、メタ化含む) -造船用生産シミュレータの開発 ・造船用統合型工程モニタリングシステムの開発 ・計画と工程モニタリングを統合したリアルタイム予実管理システムの開発 -リアルタイム予実管理システムを活用した新しい生産管理の検討				
②3次元プリンタの活用 ・3次元プリンタの造船適用に関する整理 -3次元プリンタの開発動向のフォロー -3次元プリンタの造船適用に関する整理 ・水櫃試験における3次元プリンタの適用に関する検討(数値が積の突破) ・ラピッドプロトタイプング(rapid prototyping)としての造船利用に関する検討 -3次元形状や工作性・工作手順等の事前検証に利用するための検討 ・3次元プリンタを用いた部品等の造形技術の検討 -船殻における適用可能箇所の検討 -構装における適用可能箇所の検討 -隣接用鋸型や曲げ型などの治具を3次元プリンタで代替することに関する検討 ・3次元プリンタを使った新ビジネスの考案				
③現場での3次元データ利用技術(3次元図面など) ・3次元CADモデルを工作現場で活用する取り組み -適用する造船工程と出力する情報の整理 -施工手続書の自動作成システムの開発 ・工作現場での情報インタフェース技術の開発 -最新ICTデバイスの開発動向のフォロー -隣接工程に関するARアプリケーションの開発 -その他、NUI(Natural User Interface)技術の造船適用に関する検討				
④多能工化の育成に向けた研究開発 ・教育システムの開発 -VR(Virtual Reality)技術を用いた教育システムの開発 ・多能化を促すための建造技術の開発 -簡素化する仕組みの導入と簡素化する工法に代替することの検討 -施工を支援するツール(施工手続書作成システム等)の開発				
⑤リバーエンジニアリングの有効活用 ・リバーエンジニアリングの造船適用に関する整理 -計測デバイスの開発動向のフォロー -リバーエンジニアリングの造船適用に関する整理 ・3次元形状計測・評価システムの開発 -点群データ処理技術に関する研究 -点群データからCADモデルを作成するなどデータ処理技術の研究 -ブロック等の現物と重ね合わせるなどデータ処理、可視化技術の研究 ・リバーエンジニアリングを使った新ビジネスの考案 -3次元データ(Viewerデータ含む)の造船所内利用に関する検討 -3次元データ(Viewerデータ含む)の船主などの関係者が利用する仕組みの検討				
⑥つくり易さを考慮した設計技術 ・つくり易い材料開発についての検討 -新しい鋼材の在り方に関する検討 -鋼材以外の新材料(非鉄材料、CFRP等)利用に関する検討 ・つくり易くなる施工法についての検討 -レーザ溶接技術の厚板、組立工程への適用についての研究開発 -接着剤工法の造船適用に関する研究 -簡素化する仕組みの導入と簡素化する工法に代替することの検討 ・施工性を事前評価するシステムの開発 -施工手続書の自動作成システムの開発 -エルゴノミクス性を踏まえた施工検討手法の確立				
⑦新しい接合技術 ・新しい接合技術の開発 -レーザ溶接技術の厚板、組立工程への適用についての研究開発 -接着剤工法の造船適用に関する研究 -接合のし易い、あるいは接合不要な接合法についての検討(新材料利用など) ・ブロック組立・搭載を高度化するシミュレーション技術等の開発 -ブロック実形に関するシミュレーション及びコントロール技術の研究 -ブロックの3次元計測技術と組立シミュレーション技術の開発				
⑧パワーアシスト、遠隔操作技術など、ロボットと人の将来の協調技術 ・造船における人とロボットの協調技術に関する研究 -パワーアシストスーツの造船適用に関する研究				
⑨最新ICTデバイスの利用 ・最新ICTデバイスの造船適用に関する整理 -最新ICTデバイスの開発動向のフォロー -最新ICTデバイスの造船適用に関する整理 ・最新ICTデバイスを利用した造船用アプリケーションの研究開発 -眼鏡型ウェアラブル端末を利用した造船アプリケーションの開発 -作業員の身体データを利用する造船アプリケーションの開発				
⑩フィードバック型の生産支援システム ・モニタリングシステムの研究開発 -造船用統合型工程モニタリングシステムの開発 -3次元形状計測・評価システムの開発 ・フィードバック型生産支援システムに関する研究開発 -リスクにも対応する柔軟な生産管理システムの開発 -ブロック組立・搭載を支援するシステムの開発 -構装工事におけるフィードバック型支援システムについての検討				
⑪造船所のビッグデータ解析と有効利用 ・造船所のビッグデータ利用に関する研究 -ビッグデータ解析の造船適用事例に関する検討 -造船所のセンサーネットワーク構築に関する検討 -具体的な適用事例に対する研究開発 ・船舶のビッグデータ利用に関する研究 -ビッグデータ解析の船舶適用事例に関する検討 -船舶のセンサーネットワーク構築に関する検討 -具体的な適用事例に対する研究開発				

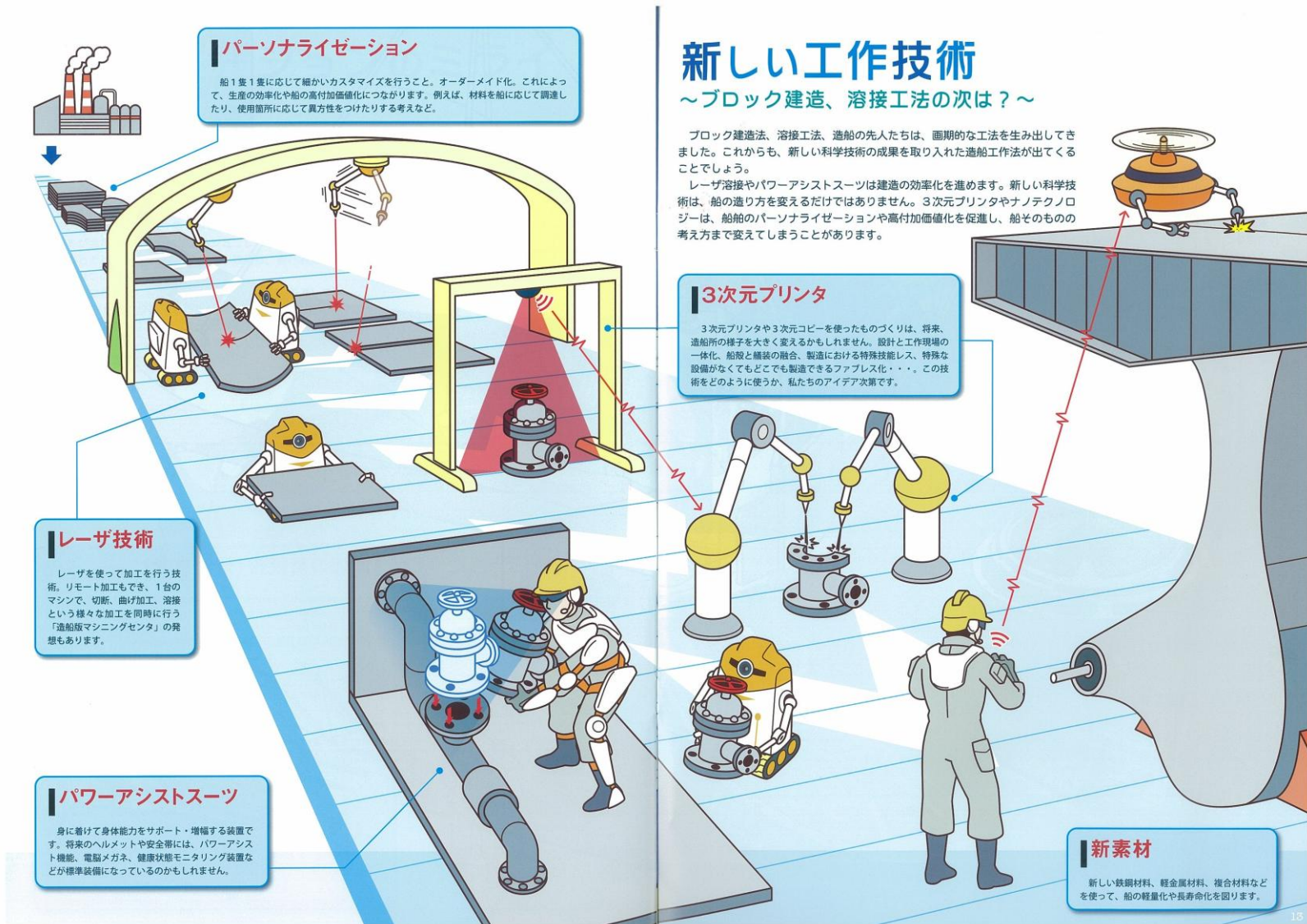


図 1.4 将来の造船工場コンセプトイメージの例（冊子より抜粋）

## 2. 活動状況報告

本事業を円滑に進めるため、2012年度と同様に大学・研究機関・造船所他から委員として参画していただき、「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」を設置した。また、「建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ」を設置し、革新的技術の現状調査、革新的技術のロードマップ及び将来造船所のコンセプトイメージ等を検討した。調査研究委員会とワーキンググループは密接に連携して調査研究を進めた。

### 2.1 調査研究委員会

#### ○「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

委員名簿 (敬称略・順不同)

委員長	青山 和浩	国立大学法人東京大学	大学院工学系研究科 システム創成学専攻 教授
委員	白山 晋	国立大学法人東京大学	大学院工学系研究科 システム創成学専攻 准教授
	稗方 和夫	国立大学法人東京大学	大学院新領域創成科学研究科 人間環境学専攻 准教授
	篠田 岳思	国立大学法人九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門 教授
	松尾 宏平	(独)海上技術安全研究所	構造基盤技術系 基盤技術 研究グループ 主任研究員
	宇野 清隆	ジャパンマリンユナイテッド(株)	技術研究所 生産技術研究グループ グループ長
	山口 雄嗣	住友重機械マリンエンジニアリング(株)	製造本部 工作部 計画グループ計画セクション
	大迫 貴庸	(株)名村造船所	船舶海洋事業部 生産管理部 生産技術課 課長
	赤池 泰暢 (2014年3月まで)	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 製造部 計画グループ
	中村 拓貴 (2014年4月から)	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 製造部 計画グループ
関係者	山口 祐二	(一社)日本造船工業会	技術部 部長
	藤本 修平	(独)海上技術安全研究所	構造系構造解析・加工研究 グループ 研究員
事務局	田村 顕洋 (2014年3月まで)	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット ユニット長



	河野 順	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット ユニット長
(2014年4月から)			
	森山 厚夫	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット プロジェクトリーダー
	井下 聡	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット チームリーダー
	片山 敦子	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット

○「建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ」

委員名簿 (敬称略・順不同)

主査	松尾 宏平	(独)海上技術安全研究所	構造基盤技術系 研究グループ	基盤技術 主任研究員
委員	篠田 岳思	国立大学法人九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門	教授
	青山 和浩	国立大学法人東京大学	大学院工学系研究科 システム創成学専攻	教授
	宇野 清隆	ジャパンマリンユナイテッド(株)	技術研究所 生産技術研究グループ	グループ長
	山口 雄嗣	住友重機械マリンエンジニアリング(株)	製造本部 工作部	計画グループ計画セクション
	大迫 貴庸	(株)名村造船所	船舶海洋事業部 生産技術課	生産管理部 課長
	赤池 泰暢	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 製造部	千葉造船工場 計画グループ
(2014年3月まで)				
	中村 拓貴	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 製造部	千葉造船工場 計画グループ
(2014年4月から)				
関係者	山口 祐二	(一社)日本造船工業会	技術部	部長
	藤本 修平	(独)海上技術安全研究所	構造系構造解析・加工研究 グループ	研究員
	大橋 輝雄	(株)レクサー・リサーチ	PDT グループ グループ・リーダー	
事務局	田村 顕洋	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット ユニット長	
(2014年3月まで)				
	河野 順	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット ユニット長	
(2014年4月から)				
	森山 厚夫	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット	

			プロジェクトリーダー
井下	聡	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット チームリーダー
片山	敦子	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット

## 2.2 調査研究の作業状況

### 2013年度

4月1日	日本財団の助成を得て事業開始
4月25日	モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
5月17日	モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
5月24日	2013年度第1回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会開催運営
6月10日	モニタリング情報を活用した工場シミュレーションに関する打合せ実施（レクサーリサーチ）
6月21日	工場モニタリングに関する造船所ニーズ調査実施
6月24日	建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ運営に関する打合せ実施（海上技術安全研究所）
7月1日	モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
7月12日	モニタリング情報を活用した工場シミュレーションに関する打合せ実施（東京大学・レクサーリサーチ）
7月17日	2013年度第1回建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ開催運営
8月9日	モニタリング技術等の将来技術に関する造船所ニーズ調査打合せ実施ならびにアンケート実施
8月20日	モニタリング情報を活用した工場シミュレーションに関する打合せ実施（レクサーリサーチ）
9月6日	モニタリング情報を活用した工場シミュレーションに関する打合せ実施（東京大学・レクサーリサーチ）
9月10日	建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ運営に関する打合せ実施（海上技術安全研究所）
10月10日	モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
10月18日	2013年度第2回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会及び第2回建造マネジメント高度化検討WG合同委員会開催運営

- 1 1月7日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 1 1月26日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 1 2月19日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 1月7日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 1月15日 2013年度第3回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会及び第3回建造マネジメント高度化検討WG合同委員会開催運営
- 1月20日 (株)スタジオ・キーストンとの間で「将来の造船工場コンセプトイメージ冊子の作成業務」請負契約締結
- 1月21日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 1月30日 建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ運営に関する打合せ実施（東京大学・海上技術安全研究所）
- 3月12日 船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナーの開催運営（日本財団ビル）
- 3月25日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 5月21日 2013年度第4回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会及び第4回建造マネジメント高度化検討WG合同委員会開催運営
- 6月 9日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 6月18日 ユーザビリティ評価試験（三井造船千葉造船工場）
- 6月30日 2013年度第5回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会及び第5回建造マネジメント高度化検討WG合同委員会開催運営

### 2.3 委員会議事概要

「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」は2013年度内（但し、事業は2013年6月まで延長）に以下のとおり計5回開催した。また、「建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ」は計4回開催した。この中で、両委員会の第2回から第5回は合同で実施した。

○ 第1回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

日時：2013年5月24日（金）11：00～16：30

場所：TKP赤坂ツインタワーカンファレンスセンター  
カンファレンスルーム10D

議題：①昨年度成果報告について  
②今年度事業計画（案）について  
③研究スケジュール（案）について  
④造船所ニーズ調査について

○ 第1回「建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ」

日時：2013年7月17日（水）14：00～16：30

場所：TKP赤坂ツインタワーカンファレンスセンター  
カンファレンスルーム10A

議題：①建造マネジメント高度化検討WG実施計画書（案）について  
②建造マネジメントを高度化革新的技術の検討について  
③レーザ溶接技術導入による船体構造の変革可能性のケーススタディ  
実施計画書（案）について  
④ガーダー方式ダブルハル構造船のブロック建造要領書（案）  
について  
⑤レーザ溶接パネル組立ライン構想（案）について  
⑥「生産システム設計」高度化によるグローバル事業戦略への  
インパクトについて

○ 第2回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」  
及び第2回「建造マネジメント高度化検討WG」合同委員会

日時：2013年10月18日（金）13：30～17：10

場所：（一財）日本船舶技術研究協会

議題：＜建造マネジメント高度化検討WG関連＞

- ①船舶の建造マネジメント高度化のための要件と必要技術・候補技術  
の現状調査について
- ②アンケート所感／総括
- ③将来の造船工場コンセプトと革新的技術ロードマップの検討方針  
（案）について
- ④モニタリング技術と生産シミュレーション技術の連携による次世代  
造船生産システム計画技術の研究―実施提案

＜モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究関連＞

- ⑤ 研究進捗状況
- ⑥ 造船所ニーズ調査結果報告（H25年度研究のための調査）について
- ⑦ ビデオ画像分析による作業・安全観測の検討
- ⑧ 加速度センサデータを利用した労働負荷算出について
- ⑨ 工場モニタリング技術の研究進捗報告
- ⑩ A video list for Demonstration

- 第3回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」及び第3回「建造マネジメント高度化検討WG」合同委員会

日時：2014年1月15日（水）10：30～16：30

場所：東京大学 本郷キャンパス 工学部3号館 423会議室

議題：＜建造マネジメント高度化検討WG関連＞

- ① モニタリング技術と生産シミュレーション技術の連携運用に関する調査について
- ② アンケート（革新的技術編）所感／総括
- ③ 技術ロードマップ作成と将来の造船工場コンセプトイメージの策定について

＜モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究関連＞

- ④ 研究進捗状況について
- ⑤ 工場モニタリング技術の研究進捗報告について
- ⑥ 加速度センサデータを利用した労働負荷算出に関して
- ⑦ ビデオ画像分析による作業・安全観測の検討
- ⑧ 三井造船千葉事業所での実験計画
- ⑨ 総合実証実験計画
- ⑩ 船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナー案

- 第4回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」及び第4回「建造マネジメント高度化検討WG」合同委員会

日時：2014年5月21日（水）10：30～16：30

場所：東京大学 本郷キャンパス 工学部3号館 424会議室

議題：

＜モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究関連＞

- ① 研究進捗状況について
- ② 加速度センサデータからの行動識別と複数種センサデータの融合手法
- ③ ビデオ画像分析による作業・安全観測の検討
- ④ 工場モニタリング技術全般の研究進捗報告

< 建造マネジメント高度化検討WG 関連 >

- ⑤ モニタリング技術と生産シミュレーション技術の連携運用に関する調査
- ⑥ 講演； 工程設計データの入力前処理システムの開発に関して
- ⑦ 革新的技術のロードマップと将来の造船工場コンセプト

- 第5回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」及び第5回「建造マネジメント高度化検討WG」合同委員会

日時：2014年6月30日（月）13：30～17：00

場所：東海大学 校友会館 三保の間

議題：

- ① 研究進捗状況について
- ② モニタリングシステムのユーザビリティ評価
- ③ 今後の工場モニタリングのニーズ調査
- ④ 研究成果報告書（案）の審議

### Ⅲ. 船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナー

## 概要

日本財団からの助成を得て、レーザ溶接技術とモニタリング技術を2つの柱とする「船舶建造工程の高品質化・効率化技術の調査研究事業」を2012年度～2013年度にわたって実施したが、当該事業の成果を報告する目的で、公益社団法人日本船舶海洋工学会及び一般社団法人溶接学会の協賛を得て、「船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナー」を開催した。

本セミナーには、造船、船用工業、海運等の海事関係者のほか、レーザ溶接業界、鉄鋼業界、橋梁業界等から約150名の参加があった。

### (1) 日時及び場所

日 時： 2014年3月12日（水） 13:30～17:45  
場 所： 日本財団 大会議室

### (2) 各講演の概要

#### ① 「レーザ溶接技術及びハイブリッド溶接技術の現状と動向」

国立大学法人大阪大学 接合科学研究所  
所長 片山 聖二

最新のレーザ溶接技術（リモート溶接、高パワー化、ハイブリッド溶接、超精密溶接、金属-樹脂接合等）の現状と動向の説明をした。また、大阪大学接合科学研究所が実施している高速度カメラや高輝度X線等を用いたレーザ溶接現象の観察結果等についても説明した。

#### ② 「レーザ・アークハイブリッド溶接プロセス実験結果」

国立大学法人大阪大学 接合科学研究所  
技術専門職員 水谷 正海

造船用厚板鋼板の完全溶込みT継手及び突合せ継手の最適溶接条件を求めるために実施したプロセス実験結果を説明した。板厚、ギャップの大きさ、シールドガスの種類、プライマーの有無、溶接面の性状（機械切断、レーザ切断）等の影響を調べる実験を行った結果、ほぼ研究目標を達成したという説明があった。

#### ③ 「レーザ・アークハイブリッド溶接継手の強度評価」

国立大学法人九州大学 大学院工学研究院海洋システム工学部門



レーザー・アークハイブリッド溶接の溶接施工法承認要領を各船級協会の関連規則等を参考に、検討した結果について説明した。また、プロセス実験で健全であると認められた継手の強度等をこの溶接施工法承認要領に基づき評価した結果の説明をした。

④ 「レーザー・アークハイブリッド溶接実証実験の実施状況」

(株) 名村造船所 船舶海洋事業部

生産管理部 溶接技術課長

濱崎 俊之

名村造船所で実施したレーザー・アークハイブリッド実証実験の概要を説明した。また、造船所におけるレーザー・アークハイブリッド溶接の適用について、ロンジの先付ラインやFCB板継ラインに適用できる可能性がある旨の説明をした。

⑤ 「レーザー・アークハイブリッド溶接のビルトアップロンジへの適用検討結果」

ジャパンマリンユナイテッド (株) 技術研究所

生産技術研究グループ 主幹

篠原 紀昭

レーザー・アークハイブリッド溶接をビルトアップロンジの製作に適用することを目的に、開先精度 (GAP、切断端面等) の影響、プライマーの影響及び溶接速度限界を調べる実験を実施した結果について説明した。切断端面の影響は小さいこと、プライマーを除去するとブローホールが削減できること、溶接速度は3000 mm /分でも良好なビード外観が得られること等について説明した。

⑥ 「モニタリング技術による造船工場の見える化」

国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科システム創成学専攻

教授

青山 和浩

モニタリングによる造船工場の見える化の意義を説明した。また、小組立工場を例に、工場のモノの流れや人の動きを低コストで、かつ簡便にモニタリングするシステムの開発と実証実験結果の説明があった。更に、モニタリング技術の造船への具体的応用例として、工程計画・管理システムへの応用 (計画と実際のズレの把握と対策等)、モニタリングと生産シミュレーションの連携等も説明した。

⑦ 「革新的技術のロードマップと将来の造船工場コンセプト」

(独) 海上技術安全研究所 構造解析・加工研究グループ  
主任研究員 松尾 宏平

船舶建造高品質化・効率化に寄与すると考えられる革新的技術を幅広く検討し、それらの造船への適用に関するアンケート調査結果を踏まえて、11の技術開発課題を抽出し、その技術ロードマップの説明をした。さらに、50年程度先の将来の造船工場のコンセプトイメージを作成して冊子にまとめたとの説明がなされた。

⑧ 「船舶建造高品質化・効率化プロジェクトのまとめと今後の展開」

(一財) 日本船舶技術研究協会  
常務理事 田中 護史

本プロジェクトのまとめとして、アフラマックスタンカーの建造工程にレーザー・アークハイブリッド溶接を大規模に適用するケーススタディを実施した結果、従来のアフラマックスタンカーの建造工程と比較して大きな工数削減の効果が得られることを説明した。また、今後の展開として、レーザー・アークハイブリッド溶接実証実験装置一式を名村造船所から九州大学に移設し、当該研究を継続することを示した。

Supported by  日本 THE NIPPON  
財団 FOUNDATION

この報告書は、日本財団の助成金を受けて作成しました。

— 船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究 —  
(プロジェクトの運営・管理等)  
2013年度 成果報告書

2014年（平成26年）6月発行

発行 一般財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目10番9号 ラウンドクロス赤坂

TEL 03-5575-6428

FAX 03-5114-8941

URL <http://www.jstra.jp/>

E-mail [info@jstra.jp](mailto:info@jstra.jp)

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。