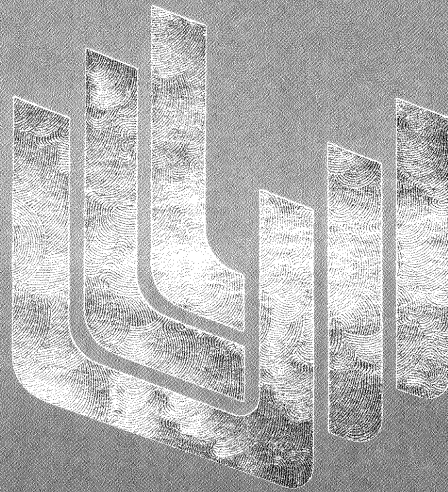


造船の溶接

— 35年の歩み —



社団法人 日本溶接協会

船舶・鉄構海洋構造物部会

記念誌発刊のことば

船舶・鉄構海洋構造物部会 部会長

渡 辺 正 紀

本年をもって当部会が設立されてより満35周年になります。懷えば戦後 壊滅的打撃をうけ乍ら不死鳥の如く立ち直り、建造量においても技術面においても世界一の地歩を築き得たのは関連業界の御支援もさること乍ら、造船関係の諸先輩の並々なぬお努力のなせる業と多大の敬意を表す次第であります。

昭和22年来日した米国の Mr. R.S. Campbell を団長とする日本造船工業調査団が離日に際し残した“日本の溶接技術は米国に較べ約30年遅れている”との名言(or 迷言)は古い方は勿論、若い方々も耳にせられた事があると思います。

又、同調査団の一員にアメリカ溶接協会(A.W.S)の副会長 H.W. Pierce の日本の学会に対する勧告があり、日本の純学術的研究は認めるが、より現場的動きが敗戦後の日本の溶接界にとって最も必要なことを論ぜられました。これが溶接協会、そく当部会の動機であった事は否めない事実でした。昭和23年当部会の初代 井口常雄先生をようして 木原先生と筆者が混乱の極にあった汽車に乗り各造船所を歴訪し部会設立に協力かたお願いして廻ったことを昨日の如く懐い出します。

当部会設立後早くも満35年という、何年頃30年の遅れをとり戻し得たか、さだかではないが、当時としては造船界のみならず各産業界で“溶接技術”は今でいう“ハイテク”の部類に属していたのかも知れません。

時代環境からの impact がその促進に大きい影響を与えます。特に昭和30年代に入り、エネルギー源は石炭から石油に変わり、石油化学工業の勃興期に入り、あらゆる産業が平和指向の巨大産業への転換をして来ました。

造船所の設備も巨大タンカーブーム時代を迎え、造船所内の船台主義をとり止め、全工場が溶接工場化し、ブロック建造の為のクレーンの巨大化、Building Dockの建造、溶接の自動化 とくに One Side Welding 方式の確立により、反転不要の技術の確立など、その生産性の向上、工場内の流れ作業を重視した工場へのレイアウトの転換など 旧工場の面目を一新すると共に、それぞれの時代の最先端技術を駆使した新工場が各所に展開せられました。

当部会は 当時の時代、時代の流れをある場合には先どりし、又 各造船溶接技術者の相互情報交換の場を与えると共に、技術者の共通の問題点解決の為の一段の努力をして来たことは何人も認める所であり、又場合によっては鋼材メーカー、棒メーカーはたまたま溶接機メーカーの協力をお願いし乍ら溶接技術自体の発展に寄与して来ました。

今回「部会35周年記念の集い」のご案内中に「お高承のとおり、溶接施工委員会は現場造船、溶接技術者のメッカとして生まれ、また企業の壁を超越した委員相互の切磋琢磨の場となり、ここ

で築かれた技術は、単に溶接施工法に止まらず広く鋼材、溶接材料、溶接機器、検査さらには塗料の開発などに及び、造船業界はもとより他の業界にも生かされ、文字通り溶接のリーダー的役割りを努めて参りました」という言葉を入れさせて頂いたのは我々部会のたんなる自負にあらず衆目のみる所であります。

然し現在、産業界では軽薄短小がもてはやされ、我々の造船を始めとした重厚長大産業は流行らないものとしてなおざりにされている感があります。又現在の日本の造船工業をとりまく国際環境はまことに酷しく、各メンバー会社ともその対策に懸命の努力を払っておられます。人類の夢は尽きる所を知らず、今こそ我々の部会もこの難関の切りひらきに、その行動範囲はますます拡大してゆくでしょう。資源なくして生産はあり得ず、地球における資源の未開発部は海洋が残されているだけであり、海洋開発政策の基本路線も形づくられようとしており、又一方では重力の影響のない新素材開発などを目した米国のスペースシャトルを利用し日米欧の宇宙実験の為のモジュールをつないだ有人宇宙基地計画も始動しかけております。

これらの点を考えると重厚長大という言葉は必ずしも適当でないとしても、かゝる巨大プロジェクトに対して、総合技術資本の豊富な蓄積をもった重厚長大産業がリーダーシップをとってゆかなくは成り立ってゆかないと私は確信してやみません。

今回「造船の溶接—35年の歩み」と題する記念誌を発刊するに当たっての編集方針は古くさい言葉かも知れませんが、“温故知新”，戦後諸先輩が問題解決の為に努力してこられたか当部会の活動報告を通し出来るだけ紹介する事により、若き技術者の再認識の資料として頂くことにしました。又長年造船界におられ、現在業界トップの座におられる日本造船工業会 会長 金森政雄氏と同会技術委員長 前田和雄氏に、昭和59年11月25日開催しました部会35周年記念の集いに 特別講演をお願いし、その内容を記念誌に掲載させて頂くことにより現場技術者の、ひいては当部会の方向づけとさせて頂くことにしました。

尚当部会設立前から、又設立後においても、われわれの部会と併行して行われて来た造船協会の溶接技術研究活動（電気溶接研究会、造船工作法研究会）と運輸省船舶局主催による「造船用鋼材研究会」について、現在殆んど忘れ去られようとしている事に鑑み、その概要を掲載することになりましたが、当部会自体のことでないのに1章の部会活動の次に〔附記〕の形で収録させて頂きました。なお、そのあとに戦艦大和及び武蔵の巨大寸法の鉸鉸に関する貴重な資料も記載させて頂きました。

終りにお多用中、特別講演を頂き、かつ原稿の掲載を心よく許可された金森政雄、前田和雄両氏に深甚な謝意を表したいと思ひます。

また今日まで当部会に協力して頂いた関係会社及び委員各位、編集者、執筆者諸氏に厚くお礼申し上げますとともに、今後共々協力お願いし、現在曲り角にあり幾多の難関に直面している諸問題の解決に幾分たりとも寄与したいと念願する次第です。

なお次に編集委員及び執筆者一覧を示します。

編集委員及び執筆者一覧

編集委員

渡 辺 正 紀	大阪大学名誉教授・大阪産業大学教授
尾 上 久 浩	三菱重工業(株)
中 田 充 則	日本鋼管(株)
伊 都 祥 富	石川島播磨重工業(株)
大 西 毅	三井造船(株)
柿 本 穎 太 郎	新日本製鐵(株)
奥 田 直 樹	(株)神戸製鋼所

執筆者名 (執筆順)

尾 上 久 浩	(三菱重工業(株))
権 藤 永	(新日本製鐵(株))
森 山 康	(新日本製鐵(株))
安 田 健 二	(日本海事協会)
秋 山 元	(同上)
奥 田 直 樹	(株)神戸製鋼所
山 本 英 幸	(大阪変圧器(株))
藤 山 裕 久	(日鐵溶接工業)
竹 内 直 記	(株)神戸製鋼所
伊 都 祥 富	(石川島播磨重工業(株))
大 西 毅	(三井造船(株))
金 谷 文 善	(川崎重工業(株))
佐 藤 昌 彦	(三菱重工業(株))
小 林 実	(株)神戸製鋼所
中 田 充 則	(日本鋼管(株))
飯 塚 真 平	(住友重機械工業(株))
郡 道 夫	(日鐵溶接工業(株))
小笠原 仁 夫	(日鐵溶接工業(株))
出 口 義 治	(日本鋼管(株))
野 村 正 一	(日本鋼管(株))
中 島 清	(株)神戸製鋼所
隈 部 日 出 夫	(三菱重工業(株))
力 石 浩 二	(石川島播磨重工業(株))
中 野 市 次	(株)神戸製鋼所
森 谷 明	(株)神戸製鋼所

事務局

池 原 平 晋	(日本溶接協会)
上 原 昇	(日本溶接協会)

造船の溶接 — 35年の歩み —

記念誌発刊のことば	造船・鉄構海洋物部会 部会長 渡辺正紀	1
編集委員及び執筆者一覧		3
35周年記念の集い 「特別講演」		
日本の造船業を考える	(株)日本造船工業会 会長 三菱重工業株式会社 代表取締役社長 工学博士 金森政雄	11
造船技術戦略について	(株)日本造船工業会副会長・技術委員長 三井造船株式会社 代表取締役社長 工学博士 前田和雄	18

— 目 次 —

1. 造船溶接の変遷と部会活動		37
1.1 戦後今日に至るまでの造船業		37
1.2 日本溶接協会創立と揺籃期		40
1.3 鋸から溶接への転換期(昭和25~29年)		41
1.4 タンカーブーム時代と世界への飛躍		44
1.5 高度成長時代から狂乱ブーム時代(昭和37~49年)		45
1.6 不況時代(昭和50年以降)		49
附 記		
I 造船協会電気溶接研究会		51
A. 溶接接手の疲労強度		51
B. 鋼材の切欠脆性について		53
C. 単行本「船の溶接設計要覧」		54
II 鋼船工作法研究委員会		56
A. 船の溶接工作法規準		56
B. 単行本 造船協会鋼船工作法研究委員会編「船の溶接工作法」		56
III 運輸省, 造船用鋼材研究会(昭和25年代当時の国産造船用鋼材の事情)		58
IV 史上最大の戦闘艦大和, 武蔵建造用特大鉸鋸ハンマーおよびジャム・リベッターについて		61
2. 戦後の造船用鋼材とその溶接施工の発達		63
2.1 造船用鋼材		63
2.1.1 造船用厚板		63
(I) 一般造船材		63
(i) 脆性破壊対策 — 脱酸形式の変遷		63
(ii) 不純物元素の制御 — 鋼中微小相の活用		65
(iii) 50 kgf/mm ² 級高張力鋼の登場 — 溶接割れ防止		67
(iv) 耐ラメラテア鋼の開発 — 高純度化技術の展開		70
(v) 大入熱溶接用鋼		72
(vi) 新制御圧延鋼		74

(2) 特殊鋼材	81
(i) 低温用鋼	81
(ii) 高張力鋼	85
(a) 汎用溶接性高張力鋼	85
(b) 特殊用途用高張力鋼	87
(c) その他	87
(i) 差厚プレート、テーバプレート	87
(ii) 造船用型鋼	89
2.1.2 造船用鋼材の船級協会規格の発展	91
(1) 昭和30年以前	91
(2) 昭和30年以降現在まで	91
(i) 軟鋼材の規格統一	91
(ii) 船体用50キロ級高張力鋼(HT50)の規格の統一	95
(a) 鋼材の種類	95
(b) 化学成分	95
(c) 炭素当量	95
(d) 切欠じん性	95
(e) 熱処理	98
(3) 今後の規則の動き	98
2.2 溶接材料	99
2.2.1 被覆棒の変遷	99
(1) 造船の合理化に貢献した溶接棒	99
(2) その他の溶接棒	105
イ) 裏波溶接棒	105
ロ) 低ヒューム溶接棒	105
ハ) 仮付専用棒	106
(3) 今後の動向	106
2.2.2 サブマージアーク溶接材料の変遷	107
(1) サブマージアーク溶接の導入	107
(2) ボンドフラックスの開発	108
(3) 片面溶接用フラックス	109
2.2.3 ガスシールドアーク溶接材料の変遷	111
(1) ガスシールドアーク溶接法の普及	111
(2) ガスシールドアーク溶接材料の進歩	113
2.2.4 その他	115
(1) エレクトロスラグ溶接	115
(2) エレクトロガス溶接	115
(3) 消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接	115
2.2.5 最近の新鋼材の出現に対する溶接材料の対応	118
(1) 大入熱溶接用HT50鋼	118
(2) 低温用鋼	118
(3) 新制御圧延鋼	120

2.3	溶接機器と溶接装置の発展	121
2.3.1	溶接機器の変遷	121
(1)	被覆アーク溶接用交流電源	122
(2)	サブマージアーク溶接機	123
(3)	立向自動溶接機	125
(4)	ガスシールドアーク溶接機器	125
2.3.2	各種専用溶接装置	129
(1)	片面板継溶接装置	129
(2)	枠組用立向溶接装置	131
(3)	ロンジすみ肉溶接装置	132
(4)	立向自動エレクトロガス溶接装置	132
(5)	小型すみ肉溶接装置	132
(6)	立向突合せ溶接装置	133
(7)	L型ロンジ突合せ自動連続溶接装置	134
2.4	溶接施工法	135
2.4.1	造船溶接施工法の特徴	135
2.4.2	グラビティ溶接	135
2.4.3	サブマージアーク溶接	137
2.4.4	片面サブマージアーク溶接	138
2.4.5	立向下進溶接	140
2.4.6	立向自動溶接	141
(1)	CES溶接	142
(2)	エレガス溶接	143
2.4.7	半自動溶接	143
2.4.8	その他の溶接施工法	145
(1)	水平自動溶接	145
(2)	上向自動溶接	145
(3)	水平隅肉自動溶接	146
(4)	枠組自動溶接	146
(5)	施工上の2,3の問題点	146
2.4.9	今後の造船溶接	147
3.	船体建造法と溶接	148
3.1	ブロック建造法の萌芽と近代化への取組み	148
3.1.1	ブロック建造法の萌芽	148
3.1.2	近代化への取組み	148
3.2	ブロック建造法の発展と溶接技術の進歩	150
3.2.1	ブロック建造法の発展	150
3.2.2	溶接技術の進歩	151
3.3	ブロック組立方式と溶接の自動化	152
3.4	外業ステージにおける船体建造方式の発展	155
3.5	外業ステージにおける船体組立工法の近代化	156
3.6	ま と め	163

4.	特殊船の溶接	165
4.1	LPG 運搬船	165
4.2	LNG 運搬船	166
4.3	潜水船	170
4.4	アルミニウム合金製船舶の溶接	174
4.5	砕氷船	184
5.	海洋構造物の溶接	187
5.1	まえがき	187
5.2	材 料	188
5.2.1	鋼材使用区分	188
5.2.2	ラメラータ	189
5.2.3	高張力鋼	189
5.2.4	非鉄材料他	190
5.3	溶接施工法	190
5.3.1	溶接施工法試験	190
5.3.2	溶接施工要領	190
5.3.3	溶接工技量試験	191
5.3.4	溶接施工法関連	191
5.4	工作精度	192
5.5	検 査	192
5.6	今後について	195
5.6.1	鋼材 溶接材料	195
5.6.2	高能率 高品質の溶接施工法	195
5.6.3	溶接技術 技量の維持向上	195
5.6.4	メンテナンス技術	196
5.7	むすび	196
6.	溶接の品質と管理	197
6.1	はしがき	197
6.2	非破壊検査	197
6.2.1	放射線検査	197
6.2.2	超音波検査	199
6.2.3	その他の検査	200
6.3	検 査 基 準	200
6.3.1	放射線検査基準	200
6.3.2	外観検査基準	202
6.4	溶 接 管 理	203
6.4.1	品質管理項目	203
6.4.2	50キロ高張力鋼の溶接管理	203
6.4.3	自動溶接の管理	203
6.4.4	その他の管理	204
6.4.5	自主管理方式	205

7. 造船溶接における安全衛生	206
7.1 感電防止対策とその効果	206
7.2 低水素系溶接棒のヒュームによる障害	206
7.3 作業環境の浄化とじん肺の防止	207
7.4 粉じん障害防止規則の施工，及び許容濃度の変遷	208
7.5 むすび	209
8. 溶接施工委員会の小委員会の活動	210
8.1 鋼材関係	210
8.1.1 サブマージアーク溶接とサルファークラック	210
8.1.2 剥離割れ小委員会	211
(1) 剥離割れ小委員会（造研協 SR 39 委協力）	211
(i) 小委員会設立の経緯	211
（附記）キルド鋼の異方性に関する阪大渡辺研究室の研究	211
（板厚方向の引張試験の提案）	
(ii) 研究概要	212
(2) 第2次鋼材割れ小委員会	212
(3) 外国及び国内製鉄メーカーの動き	213
8.1.3 鋼材専門委員会	215
(1) 設立趣旨	215
(2) 委員	215
(3) 委員会の開催	215
(4) 検討，討議事項	216
(5) まとめ	217
8.2 溶接材料及び機器	218
8.2.1 One Pass Fillet 溶接棒及び Deep Fillet 溶接棒	218
(1) 高能率化	218
(2) 多様化	219
8.2.2 裏波溶接棒の開発と実用化	221
(1) 裏波溶接棒の開発と実用化	221
8.2.3 立向き下進溶接棒の開発と実用化	223
8.2.4 アークエアガウジングの実用化推進	225
8.2.5 自動電撃防止装置，安全ホルダーの開発と普及	227
8.3 溶接施工法，施工管理	228
8.3.1 A，E 及び L 小委員会	228
(1) 造船界の社会的情勢と小委員会設立の経緯	228
(2) A 小委員会	228
(3) E 小委員会	229
(4) L 小委員会	230
8.3.2 厚板の二重張溶接に関する研究	231
(1) 委員会設立の経緯	231
(2) 二重張構造とは	231
(3) 実験内容	232

(4) 結 論	232
(5) あとがき	233
8.3.3 溶接施工基準「溶接施工上の二、三の問題点」に関する研究	234
(1) 資料作成の経緯	234
(2) 本資料の各年代における価値	235
8.3.4 溶接部の定量的検査基準作成小委員会	240
8.3.5 片面自動溶接	241
(1) 片面自動溶接の開発と展開	241
(2) 片面自動溶接の概要ならびに適用	242
(3) 片面自動溶接における溶接欠陥と対策	242
8.3.6 溶接精度小委員会	246
(1) 小委員会発足の経緯	246
(2) 小委員会の構成	246
(3) 船殻工作精度標準の定義	246
(4) 精度標準策定のためのフィロソフィー	247
(5) 溶接精度標準の例	248
(6) 小委員会の評価	251
8.3.7 船用銅合金プロペラの補修溶接に関する研究	252
(1) まえがき	252
(2) プロペラ材料	252
(3) PRW小委員会発足とその経過	257
(4) 研究方案(付.委員会構成,資料表)	258
(5) 研究成果	264
(6) あとがき	275
9. 出版,刊行物	277
10. 付 表	279
A. 造船の溶接・年表(58.11.3)	279
B. 各社,造船部門の沿革と各工場の主な出来事	280
C. 会員各社の社章とそのいわれ	308
D. 部会組織及び委員名簿	312
埋 め 草	
船舶・鉄構海洋構造物部会 35 周年記念の集い行事	33
低水素溶接棒ヒューム問題の提訴前の動き	117
「ブロック建造法」その名称の由来	226