第Ⅱ部 産業界の最近の動向と溶接工学

Ⅲ 構造製作

6. 圧力容器・化学プラント

鴨 和 彦*

Pressure Vessel and Chemical Plant

by KAMO Kazuhiko*

キーワード：石油精製プラント、発電プラント、腐食環境、溶接補修、維持規格、供用中補修、水素ぜい化、水素集積

6.1 概 要

化学プラント海外向け成約の2010年度実績は19.2億ドルであり、2009年度下期からの回復を継続した結果、前年度比18.5%増であった。また、発電プラント海外向け成約の2010年度実績は64.3億ドルであり、2009年度下期からの回復を継続した結果、前年度比29.9%増であった。発電プラントの海外成約額が増加したものの、図1に示すように中国、特にUAE原子力発電プロジェクト（186億円）を含む韓国の輸出実績の増加率が大きく、ますます差が開きつつあるのが実態である¹⁾。

一方、化学機械の内需による平成23年（1月～12月）の受注金額は10,419億円であり、前年度比9.8%増と堅実な回復をとげている²⁾。

国内の発電電力量の構成を、東日本大震災直後の平成23年4月と最新の統計結果である平成24年2月の比較を表1に示す³⁾。地球温暖化の防止効果が期待されていた原子力発電が30%強から2%まで大幅に低下し、現在では火力発電が大部分を占めるようになっている。これは、原子力発電所が福島事故以降定期検査に入って順次停止して行った結果であり、図2に示す全国55原子力発電所の中で、4月末現在で唯一北海道電力泊3号機が稼働している状態である⁴⁾。原子力発電所の継続運転に当たっては安全性の確保は最重要課題であり、シビアアクシデント発生時の対応に関して種々議論はされているが、日本としてのコンセンサスが得られる見通しは立っていない。

図3に東アジアのLNG輸入量の比較を示す。原子力発電所の停止に伴い、日本の2011年の輸入量は前年比で12%の増加となっている⁵⁾。また、中国の輸入量は日本に比べると小さいが、如東や大連のLNG受入基地の操業開始により今後大幅な増加が見込まれる。その結果、図4に示すように東アジアにおけるLNG価格がアップしており、最終的には発電コストの増加につながっていくことになる⁶⁾。また、再生可能エネルギーによる発電比率は1年間で

図1 主要国の電力プラント輸出推移（2010年度）¹⁾

表1 発電量実績³⁾

	平成23年2月		平成24年2月	
	発電量(1,000kWh)	発電比率(%)	発電量(1,000kWh)	発電比率(%)
水力	3,807,001	5.1%	4,357,910	5.7%
火力	47,140,637	63.4%	69,343,945	91.2%
原子力	23,247,122	31.2%	2,075,222	2.7%
風力	13,828	0.0%	19,814	0.0%
太陽光	778	0.0%	5,484	0.0%
地熱	191,715	0.3%	211,728	0.3%
バイオマス	(150,168)	0.2%	(143,906)	0.2%
廃棄物	(11,917)	0.0%	(7,911)	0.0%
合計	74,401,081	100%	76,014,103	100%

注：1. ()内は火力のうち、バイオマス及び廃棄物に係る発電分の再掲である。
2. 平成22年3月末で卸電気事業とみなす期限の切れた者を除く。

0.5%と大きな変化は無く、普及にはまだ時間がかかる状況である。

一方、非従来型ガスエネルギーとしてシェールガスとコールベットメタンが注目されている。前者は水平坑井や水圧粉砕などの採掘技術が開発され、アメリカで生産が開始されている。後者はオーストラリアでプラント建設が進められている。

6.2 最近の動向

東日本大震災で石油コンビナートのタンク火災等多くの事故が発生した。こうした大規模自然災害に備えた設備保全が見直されつつある。また、国内プラントの設備機器の高経年化が進行しており、かつ設備保全部門の縮小と熟練

原稿受付 平成24年5月11日

*正 員 三菱重工(株) Member, Mitsubishi Heavy Industries, LTD.

図2 日本の原子力発電所⁴⁾ 図3 東アジアにおける LNG 輸入量⁵⁾ 図4 東アジアにおける LNG 輸入量⁵⁾

6.3 溶接・接合技術の動向

技術者の退職により、限られた資金、人的資源の元で効率的な設備管理が必須となってきた。

そこで、海外の API, ASME を参考に、設備の維持管理基準として“リスクベースメンテナンス” (HPIS Z106) およびリスクベースメンテナンスハンドブック “(HPIS Z107) が日本圧力技術協会から発行され、国内の化学プラントの維持管理に活用されていくこととなる。また、腐食を伴う機器へ維持規格を適用する場合の留意点を API 規格 581 Base Resource Document-Risk Based Inspection (2000) (評価) と ASME 規格 PCC-2 (溶接補修方法) を引用し、国内規格と比較することで国内での課題と今後の方針についての報告がなされた⁶⁾。

2009年11月に (社) 溶接協会化学機械溶接研究委員会・圧力設備溶接補修小委員会から刊行された“プラント圧力設備の溶接補修指針 (JWES-CP-090)” の制定の背景から検討過程と活用方法についての詳しい紹介がなされた⁷⁾。

化学プラント、火力発電所や原子力発電所にはオーステナイト系材料とフェライト系材料を接合する異材継手が存在し、運転後の後の損傷リスクを高めている。そこで、ニッケル基溶接金属と低合金鋼異材継手部のき裂調査が、J dream データベースを用いた文献調査とニッケル基合金溶接部の割れ感受性評価実験がなされ、過去のトラブルの原因は溶接金属の高温割れであり、P 量の多い溶接金属で顕著になったという報告がなされた⁸⁾。

原子炉容器を構成する低合金鋼に補修溶接する際、必須となる溶接後熱処理を省略するために実施するテンパービード法の多重熱サイクル過程によるテンパー効果を定量的に検討がなされた⁹⁾。

また、化学プラントや海水環境では耐食性をより高めた二相ステンレス鋼の使用例が増加しており、社団法人・溶接協会の溶接研究委員会に二相ステンレス鋼溶接小委員会が設置され、2012年4月から2015年3月頃までの期間において、二相ステンレス鋼溶接に関連する基準や文献など

の情報収集，ガイドラインの作成，API RP582 等改訂委員会への対応等の活動が行われようとしている。

溶接技術とは異なるが，最近の非破壊検査技術には目覚ましい進歩があり，フェイズドアレイ UT 法（PA-UT 法）や TOFD 法を実機の圧力容器に適用した事例が多く公開されている¹⁰⁻¹²⁾。

また，新しい非破壊検査技術として，金属表面に発生した応力腐食割れに対してマイクロ波近接顕微鏡を用いることで，割れの分布を視覚的に捕らえ，かつ割れ深さを定量化する技術が開発された¹³⁾。

文 献

- 1) 日本機械輸出組合 HP
<http://www.jmcti.org/planthomepage/seiyaku/press2010annual.pdf>
- 2) 社団法人・日本産業機械工業会 HP
http://www.jsim.or.jp/tokei/tokei_23.html
- 3) 資源エネルギー庁統計結果 <http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/denryoku/result-2.htm>
- 4) 経済産業省，エネルギー白書2007年
- 5) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構HP http://oilgas-info.jogmec.go.jp/pdf/4/4586/1201_out_c_2011_lng.pdf
- 6) 原，腐食から見た維持規格適用上の留意点，材料と環境，Vol.58-5 (2009)，170-175
- 7) 山本，プラント圧力設備の溶接補修指針，配管技術，Vol.52-7(2010)，59-64
- 8) 高橋ら，ケミカルプラントのニッケル基溶接金属/低合金鋼異材継手部のき裂調査，材料と環境討論会講演集，Vol.56 (2009)，121-124
- 9) 于ら，低合金鋼溶接熱影響部の多重熱サイクル過程におけるテンパー効果の定量的検討，溶接学会論文集（Web），Vol.29-2 (2011)，107-113
- 10) 木谷ら，フェイズドアレイ探傷法の現場への適用例，検査技術 Vol.16-7 (2011)，7-13
- 11) 田中ら，極厚圧力容器溶接部へ TOFD 法，超音波による非破壊評価シンポジウム講演論文集，Vol.17 (2010)，61-66
- 12) 前田，TOFD 法の現場適用ときず画像の解析，日本非破壊検査工業会技術討論会討論概要集，Vol.6 (2010)，19-24
- 13) 天野ら，マイクロ波による Ni 基合金溶接部表面の応力腐食割れの非破壊評価，日本機械学会第15回動力・エネルギーシンポジウム講演論文集，Vol.10-6 (2010)，339-340