

**20.**

# 産業・化学機械と安全

## 20・1 化学プラント、化学プラントエンジニアリング

### 20・1・1 業界の現状

日本機械輸出組合の「2011年度上期 海外プラント・エンジニアリング成約実績調査報告書」によると、2011年度上期の成約総額は、前年度同期と比べ、一般プラント、情報・通信プラント、鉄鋼プラント、化学プラントは増加したが、エネルギー・発電プラントなどの減少で、62.0億ドル（前年比同期比31.8%減）、成約件数は、319件（前年比同期比12.8%減）となり、金額では2003年以降で最も低い実績となった。

地域別実績の成約額上位3地域は、アジア（32.8億ドル）、西ヨーロッパ（14.3億ドル）、中東（3.8億ドル）となった。また、機種別実績の成約額上位3機種は、発電プラント（19.4億ドル）、一般プラント（13.1億ドル）、鉄鋼プラント（10.6億ドル）となった。

化学プラント全体の市場は、海外比率が高く約60%となっており、これらの状況下で化学プラントは、成約額8.0億ドル（前年比同期比33.3%増）、成約件数41件（前年比同期比14.6%減）となり、成約額は増加したが件数は減少した。

成約額が1億ドル以上増加した機種は、化学肥料施設・設備（4.70億ドル増）となった。

また、成約額上位3カ国は、2010年度上期では上位10カ国にはなかったインドネシア（3.88億ドル、48.7%）が1位になっており、続いて、サウジアラビア（1.92億ドル、24.1%）、中華人民共和国（0.66億ドル、8.2%）となった。

一方、国内状況は、（財）エンジニアリング協会の「平成2011年度エンジニアリング産業の実態と動向」によると、日本経済は、企業収益の改善に向かう動きもあったが、デフレや円高、公共投資の減少、さらに民間設備投資の減少などにより内需は本格的な回復に至っていない。また、2011年3月11日の東日本大震災による深刻な被害とさらに原子力発電所事故の影響、電力需給ひっ迫による企業活動の制限などによる影響が懸念される。

〔丸山 喜由（株）石井鐵工所〕

### 20・1・2 食品プラント

食品プラントの理念は消費者に安全な食品を提供することにある。しかし少し前までは食中毒事故・異物混入事故などが新聞紙上に載り、食の安全・安心が社会問題にもなったこともあった。現在は安全衛生に関する技術の向上も進み事故発生は抑えられているが、事故発生の可能性につながる課題は依然として存在している。

食品製造プラントの設計は他の産業では考慮しない衛生性が最も重視されている。今まで発生している食品事故を見ると「洗浄殺菌不良に起因する残存汚れの混入」「環境に起因する有害物質の混入」「作業員の不注意に起因する操作ミス」「設備機械の衛生的構造欠陥に起因する有害物質の混入」が発生、その原因は洗浄殺菌不良、異物コンタミにあると言える。設備機械の

構造設計・コンタミ防止システム設計の見直しと同時に洗浄殺菌の検証（洗浄殺菌バリデーション）の実施がカギを握っている。食品設備は経験重視の傾向がまだ強い。経験は過去の事故を未然に防ぐことはできるが新たに起こる問題に対処できるとは言えない。多品種大量生産と物流の発展などの要因により新たな問題が生じ複雑化してきている現在に必要なものは、設備の計画・設計・据付・運用・従業員教育・保守に至るすべての工程での検証（バリデーション）である。食品プラントの課題となっており、この課題を解消するためには安全衛生性を担保する具体性のある技術の研究共有化を図り、最前線技術者のレベル水準を向上させることにある。近年研究機関において新たな洗浄技術の開発を始め多くの基礎研究がなされてきているが、その研究を具体的に生かすのは食品産業に携わっている技術者である。欧米では官民学の共同作業により多くの設備設計に対する基準・ガイドラインが設定されている（日本においてはJISが存在する）が、日本においては日本の状況「同一多品種製造形態、地域風土風習性など」を鑑みて日本独自の技術を確立し、最小限のレベルで技術の共有化が求められているのではないだろうか。

グローバル化した現在海外進出に際しても一方的に押しつけるのではなく相手に合わせて技術の応用共有化を図ることを心がけていただきたいと筆者は願っている。

〔今道 純利 今道コンサルタント事務所〕

### 20・1・3 化学プラントの安全対策

円高を含む世界経済情勢や電力安定供給不安に加え、原発停止に伴う電力コスト上昇も加わり、石油化学の分野でも工場を海外へシフトする傾向がより強くなっている。一方で、企業の中には電力の自生化に向けた設備投資が行われており、高稼働発電設備の材料問題に直面している。

国内では、プラント機器あるいは配管からの内部流体漏洩、火災、爆発事故などが生じており、これらを防止する設備保全の役割が重要になってきている。これらの発生原因として、設備維持管理のマニュアルがあっても人員に徹底されておらず実施されていない、あるいはマニュアル自体が現実的でないなどの不備が挙げられる。国内ばかりでなく海外でも、マニュアルの見直し、現場実務者への教育・研修の実施・徹底が強く求められている。

ボルチモア市で開催されたASME PVT2011では、福島原発事故状況の講演が行われたほか、圧力容器、熱交換器および構造物に関する運転・メンテナンスに関するセッションで、日本溶接協会で取りまとめたプラント圧力設備溶接補修指針が紹介されている。また、中国の大型貯槽に関する発表が3件あり、2~3年の間に1000基以上のタンクが建設されたとのことである。

検査・計測技術については、超音波連続肉厚測定、レーザ超音波映像化探傷法、配管架台接触部等の腐食検査、超音波探傷画像によるSCC検出、磁気飽和型低周波渦流探傷法、光ファイバAE法を用いたCUI（保温材下腐食）等の配管に関する腐食検査技術が多く紹介されている。このほか、火災損傷を受けた設備の供用適用評価—テンパーカラーと冶金学的評価—が

公表されている。また、現場で使用できるハンディータイプX線が販売されるようになり、赤外線やラマン分光、NMR計測技術も注目され始めている。

耐食FRP機器の規格改正の動きとして、JIS K7012 “FRP製耐食貯槽”の改正審議、FRP SC003 “FRP製耐食機器に関する性能検査指針”的改正審議が進行している。2011年8月に塩酸タンク屋根の腐食劣化による陥没人身事故が発生しており、塩酸等貯蔵タンクの保守点検および労働災害防止対策の徹底が求められている。

[久保内 昌敏 東京工業大学]

## 20・2 産業機械

### 20・2・1 業界の現状

日本経済は、2008年のリーマンショックで大幅に落ち込んだが、2009年末からプラス基調に転じ、2010年前半は世界的景気の良化で急速に回復した。その後、2011年3月の東日本大震災や秋のタイ水害による部品入手難や生産工場の被害などで多大な影響を受けた。また、2010年初頭から始まったギリシャ経済危機は、他のユーロ圏にも広がり、世界の経済成長を阻害している。この影響は、成長の著しかった中国においても2011年の後半から顕著になり、2012年に入ても依然減速傾向にある。一方、インド、ブラジル等の新興国は、これらの状況にも打ち勝って成長を続けており、世界経済の中心が欧米から中国を含めた新興国にシフトしている。最近の日本経済は、急激な円高に耐えながら一進一退を繰り返しているが、このような世界状況下においては、決して楽観視できない。

日本産業機械工業会から発表された産業機械受注状況によると、2010年度は前年度比3.2%増、2011年度は前年比24.9%増となり急速な経済回復が見てとれる。うち内需は2010年度が前年比2.5%増、2011年度が前年比8.9%増であるが、外需は2010年度が前年比4.2%増、2011年度が前年比50.9%増であり海外市場の回復が著しかった。しかし、2012年度の産業機械別受注見通しは、内需は震災復興やエネルギー関連の設備投資により前年比+0.9%の微増を見込むが、外需が円高の長期化や2011年度の大幅伸長の反動により前年比-23.3%の大幅減、内外総合では前年比-10.7%の落ち込みが想定されている。

今後の安定的な成長には、国内における東日本大震災からの復興のための景気拡大策による再成長と、経済発展を続ける新興国ビジネスの中心をシフトすることが不可欠である。とくに産業機械の分野では、近年、電気自動車、太陽光・風力発電、二次電池、スマートグリッド等のエネルギー関連市場の拡大や、水やゴミ処理等の環境関連インフラの整備が、経済成長を牽引すると考える。国内外とも政治不安を含むさまざまなリスクが発生しているが、日本の産業界が底力を發揮することで、グローバル市場での躍進に期待したい。

[加知 光康 三菱電機(株)]

### 20・2・2 農業機械

(社)日本農業機械工業会の統計によると、2010年の農業機械生産および出荷の実績値は、それぞれ4418億円(前年比100.3%)、4394億円(102.7%)とほぼ前年並みとなっている。こうしたなか、主な市場であるわが国の農業の体質強化が喫緊の課題となっているなかで、農業機械が果たすべき役割はますます重要になっている。

第一に、野菜・果樹の生産や畜産などの機械化が遅れている分野での機械化一貫体系の確立や、いっそうの効率化を目指す高性能農業機械の開発が重要である。とくに、農業分野では、

IT・ロボット技術の活用が他産業に比べ進んでいないが、これらの先端技術は、たとえば、苗木生産やイチゴの収穫や箱詰め作業といった、これまで機械化が困難であった作業の機械化や、農業者の勘や経験だけでなくデータに基づく精緻な作業を可能にするものの開発も進みつつあり、従来の農業経営や生産体系を大きく変革するものとして、これら技術の拡大が期待されている。

第二に、農作業による死亡事故は毎年400件程度発生しており、農業就業人口が減少傾向にあるなか、人口当たりの死亡事故件数は増加傾向にある。農作業事故は、本人や家族だけではなく、耕作放棄の拡大や地域の担い手を失うといった地域農業の維持にもつながる課題であり、農業機械の安全性向上が重要な課題となっている。また、農業従事者の高齢化に伴う身体機能の低下等を考慮したユニバーサルデザインの導入や、担い手へ作業の集中が進む中で、たとえば、低振動・低騒音化や、作業そのものの軽労化に寄与する機械の開発も重要な課題となっている。

最後に、消費者の食品の安全志向、バイオマス利用や温室効果ガスの削減などの環境問題など社会のニーズに対応した農業の展開への対応も重要な課題となっている。

[白垣 龍徳 農研機構]

### 20・2・3 産業機械の安全対策

ヨーロッパでは、2012年1月からパフォーマンスレベル(PL)が強制化された。PLは、ISO 13849-1:1999に機能安全の考え方を取り入れることで、カテゴリという定性的な安全度から、故障率をベースにした定量的安全度への移行を図ったものである。しかし、2006年版で導入されたPLへの対応が難しいという理由などで2010年1月からの移行を断念し、2年間延長した。実は、この間にヨーロッパ機械メーカーはC規格(EN規格)を次々に改定し、安全要求仕様をPLに合わせてきた。具体的には、熱間/冷間圧延機械 EN 15093/15094:2008、フライス盤/ボール盤 EN 13128:2009、印刷機械 EN 1010-1:2010、産業ロボット EN ISO 10218-1:2011など、安全関連系に対するPL要求を規格化している。ヨーロッパ機械メーカーがリスクアセスメントを実施し、安全関連系をモジュール化した結果、日本の得意な創意工夫や摺り合わせ=インテグ럴なものづくりが発揮されにくい状況に追い込まれた。本会において共通的研究・技術を担当する本部門では、早くからこの課題に気づいて分析・研究を実施し、研究発表講演会、関係工業会などを通じて情報を発信してきた<sup>(1)~(4)</sup>。今後も、改善、徒弟制度、阿吽の呼吸など、日本の得意なポトムアップの安全技術を見える化し、グローバルに発信することで日本製産業機械の附加価値向上に努めていく所存である。関係各位のご協力をお願いする。

[戸枝 肇 富士電機(株)]

## 文献

- (1) 産業・化学機械と安全部門 SSE 研究会 活動報告、  
<http://www.jsme.or.jp/icm/research.html>
- (2) (一社)日本電機工業会 技術専門委員会 Safety PLC-WG、機械・設備の安全関連系エンジニアリングにおける機能安全認証の手引き、  
[https://www.jema-net.or.jp/jema/data/fs\\_indus05.pdf](https://www.jema-net.or.jp/jema/data/fs_indus05.pdf)
- (3) 安全PLCを用いた機械・設備の安全回路事例集、  
[https://www.jema-net.or.jp/jema/data/7211\(2010520\).pdf](https://www.jema-net.or.jp/jema/data/7211(2010520).pdf)
- (4) (一社)日本機械工業連合会・(一社)日本印刷産業機械工業会、印刷産業機械の機能安全に関する調査研究報告書、  
[http://www.jmf.or.jp/japanese/houkokusho/kensaku/pdf/2010/21hyojun\\_02.pdf](http://www.jmf.or.jp/japanese/houkokusho/kensaku/pdf/2010/21hyojun_02.pdf)