



21世紀の液体清澄化技術を考える.....

3. 21世紀における共生と競争 —水処理関連企業の現状と競争力—

矢部 江一*

1980年代までは、日本企業の海外進出やプラントエンジニアリング企業の旺盛な海外活動に刺激され、海外における日本の水処理関連企業の活動も活発であった。その後、わが国の産業の生産性は、伸び率が減少に転じ、以降低い伸び率に低迷している。この間、海外における競争力は、一部の技術・産業分野を除き低下し、水処理関連企業も海外市場から撤退・縮小を余儀なくされている。最近では、水処理関連企業は、内需依存の国内型産業になっている。国際市場で技術を競うことが少なくなった水処理関連企業の趨勢をうけて、水処理関連技術分野の研究開発に対する産官学の活動も、日本国内の固有の事情を重視した政策、研究開発プロジェクトが優先している。

一方、米国とヨーロッパの水処理関連企業はグローバルな視野で活発に活動し、日本の水処理市場も未開拓な市場とみなし、日本進出を検討している。今、日本市場と日本の水処理関連企業は、グローバル化の波を受け止める転換期に入った。

1. わが国の水処理関連企業の現状

国内の水処理関連産業の市場規模は、約7兆2千億円と推計されており、GDP約500兆円の1.5%にあたる¹⁾。水供給・水利用分野の市場規模は約1兆6千億円であるが、公共事業である浄水プラント上水配管施工、水道供給事業が1兆5千億円と大部分を占めている。民間企業向け純水装置、脱塩プラントは1,300億円にすぎない。純水装置、脱塩プラントは電子産業向け超純水製造装置が大半を占めている。このように用水処理といわれる水供給・水利用分野では、水道事業である公共事業がメインな市場形態になっている。しかし、水道事業の中身を見ると、上水道配管施工が大きく、水処理関連企業の対象市場ではあるが、水処理プラントメーカーの対象市場ではない(表1)。

水質汚濁防止分野の市場規模は約5兆1千億円であ

る。この分野でも公共事業である下水管渠建設、下水汚水処理プラント、し尿処理プラントと施設維持管理を含む処理事業費が大部分を占めている。民間企業向け産業排水処理プラントは690億円と少ない。水質汚濁防止分野でも、事業規模3兆4千億円と大きな規模である下水管渠建設は土木建設企業の市場ではあるが水処理プラントメーカーの対象市場でない。

水処理関連企業は、公共事業費の抑制や不況下での民間企業の設備投資の低迷の影響が大きく、成長性は低い。図1に水処理関連企業の水処理関連部門の成長性について示す²⁾。売上高200億円以上の企業では、公共事業の抑制や民間企業の設備投資の低迷の影響で成長率がマイナスの企業が多い。水処理関連企業の企業規模を見ると、売上高1,000億円以上の企業は、栗田工業、荏原製作所だけであり、売上高200億円以上の水処理専門企業は、オルガノ、神鋼パテック、西原環境衛生研究所、水道機工、アタカ工業などがあげられる。水処理関連産業規模が大きいにもかかわらず、水処理関連企業の規模が小さいことが特徴になっている。これは水処理関連企業が水処理装置、設備の建設販売を中心に事業展開を行っており、水道、下水、し尿処理市場の施設維持、運転管理事業にかかわっていないためである。欧米、とくにフランス、イギリスでの水処理関連企業が大きいのは、水道事業での設備運転管理を請け負っているからである。全世界の水処理市場規模が約35兆円といわれているが、水道、下水設備の運転管理事業が大きい割合を占めていると推測される。

わが国の水処理関連企業も水道、下水処理設備の建設だけでなく、運転管理を事業に取り入れるならば、売り上げ規模は飛躍的に増加し、企業規模が数倍に大きくなる可能性がある。

欧米では、水道事業でいち早く民営化、自由化が進んだ。水処理関連企業は、厳しい競争市場のなかで、技術のみならず事業経営・運営、営業・販売、メンテナンス・サービスなどの面でもノウハウを身につけ、コスト競争力を高めてきた。日本の水処理関連企業は、

* Kohichi YABE; 栗田工業(株)プラント・サービス事業本部開発部

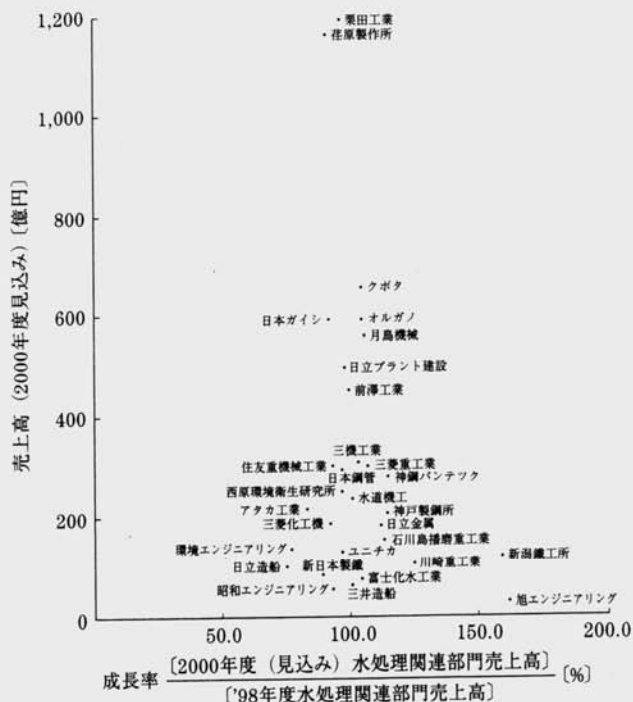


図1 水処理関連企業の成長性（富士経済調査報告書「環境企業事業戦略総覧」より）

欧米企業に対して、技術競争力では、何とか太刀打ちできるものの、総合的競争力では立ち遅れの状況にある。

水関連産業の7割を占める水質汚濁防止市場で見ると、下水処理、し尿処理などの公共需要が86%、工場の排水処理などの民間需要は12%、輸出は2%となっており、公共事業中心の内需型産業を形成している（表2）³⁾。公共事業という性格のため、産学官で日本固有の市場支配構造を作り上げ、海外市場進出に必要とされる自由な競争条件における、総合競争力を磨くことができていない。

2. 超純水製造装置の技術戦略と競争力

水処理産業のなかで海外市場で競争力がある技術、商品はそれほど多くない。海水淡水化設備、半導体向け超純水製造設備は海外企業と競争できる数少ない技術、商品である。ここでは、半導体向け超純水製造技術の例について市場ニーズの対応、構成する技術概要と総合力の側面から海外企業との競争力について述べてみたい。要約すると、超純水製造技術が競争力を確保できた源泉は以下の3点に集約される。1番目は成長する大きな市場に恵まれたこと、2番目は技術開発を支える技術、産業インフラが整っていたこと、3番

表1 水関連産業の現状の事業規模と予測規模

対象ビジネス	95/97年事業規模	
	〔億円〕	〔%〕
浄水処理用オゾン発生装置	29	
半導体工場用オゾン発生装置	33	
プール用オゾン発生装置	-	
民間用雨水利用プラント	15	
公共用雨水利用プラント	12	
公共用雨水貯留施設	2	
純水装置・脱塩プラント	1,335	
浄水プラント	1,277	
工業用水プラント	-	
中水道プラント	238	
上水道配管施工	10,981	
防災用地下貯留施設工事	-	
水道供給事業	2,740	
雨水利用・中水道事業	-	
水処理・水利用 合計	16,662	23.1
水処理薬品	2,000	
膜	100	
水質計測機器	96	
し尿処理用オゾン発生装置	8	
産業排水用オゾン発生装置	8	
工業プロセス用オゾン発生装置	12	
下水処理用オゾン発生装置	3	
その他用オゾン発生装置	1	
水質汚濁防止関連機器	450	
産業排水処理プラント	690	
下水汚水処理プラント	3,237	
し尿処理プラント	949	
処分場浸出水処理プラント	385	
廃水土壤中のダイオキシン処理プラント	-	
下水管渠建設	33,942	
各種処理プラントの土木工事	-	
下水処理事業（施設維持管理費含む）	6,453	
し尿処理事業	3,153	
水質汚濁防止 合計	51,487	71.4
海洋汚染処理プラント	15	
流出回収専用船	-	
河川浄化装置	-	
湖沼揚水曝気装置	-	
底質浄化装置	-	
地下水浄化プラント	-	
護岸工事	2,150	
雨水浸透・透水性舗装工事	22	
雨水貯留工事	3	
水環境維持機器メンテナンス	-	
海洋浄化事業	5	
地下水浄化事業	-	
海浜浄化復旧事業	-	
湖沼・河川浄化事業	341	
環境修復・環境創造 合計	2,536	3.5
汚泥処理装置	1,374	
遮水シート	55	
その他 合計	1,429	2.0
水関連産業の合計	72,114	100.0

*「環境ビジネスに関する調査研究報告書」（平成9年度、（社）日本産業機械工業会）より作成

表2 水質汚濁防止装置の生産額（平成10年度）

（単位：百万円）

機 種	需要部門	民 需 計	官公需要			輸 出	合 計 金 額	前 年 度 比 (%)	平 成 十 年 度 比 率 (%)
			地方 自治 体	そ の 他	小 計				
B 水 質 汚 濁 防 止 装 置	1. 産業排水処理装置	60,511	13,085	7,034	20,119	5,174	85,804	107.0	11.7
	2. 下水汚水処理装置	17,818	313,599	27,376	340,975	8,337	367,130	92.6	50.0
	3. し尿処理装置	3,673	62,109	28,469	90,578	239	94,490	122.7	12.9
	4. 汚泥処理装置	3,639	139,455	11,040	150,495	307	154,441	118.8	21.1
	5. 海洋汚染防止装置	372	1,251	23	1,274	81	1,727	10.3	0.2
	6. 関連機器	3,107	23,848	1,945	25,793	781	29,681	87.3	4.1
	小 計	89,120	553,347	75,887	629,234	14,919	733,273	99.8	100.0

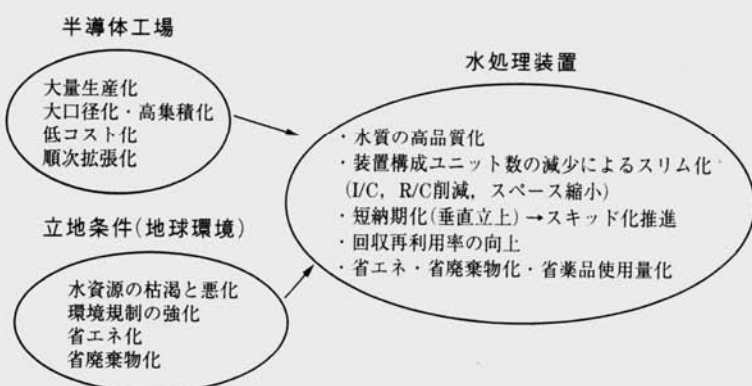


図2 半導体工場における超純水製造装置に対するニーズ

目は市場における自由競争が行われたことである。

日本の半導体産業は、1980年代後半から1990年代前半にかけて、超LSI製品であるDRAMで世界市場の80%を占めていた。その後、米国の巻き返しと台湾、韓国などの台頭で市場占有率は大幅に落としたが、現在でも、日本は半導体製造産業と製造設備の先進国であることには変わりはない。日本の半導体製造企業は、世界市場で半導体製品の生産量と厳しいコスト競争を競っている。それに加えて、地球環境の対応に対し先進的取り組みを要求されている。半導体製造工場では、ウェットプロセスに大量の超純水を使用している。超純水製造メーカーは、半導体の集積度の向上に伴い、超純水水質、製造コストについて改善が求められ、超純水製造技術の絶えざる改良・改善による技術進歩を進めてきた。日本市場の中での厳しい技術競争で磨かれた超純水製造技術と総合力は、海外市場で世界の水処理企業と十分に対抗できるレベルにある。東南アジア市場、とくに韓国、台湾では欧米企業に競り勝てる実力を有している（図2）。

半導体工場は、パソコン、携帯電話、ゲーム機などの電子機器の高性能化競争に合わせて、高集積度の半

導体をタイミングよく生産することが求められ、工場の生産設備の拡張競争を行っている。半導体製造各社が生産設備を増設すると半導体は生産過剰になり製品価格は下落する。したがって、製品価格が下がっても収益確保できる製造コスト競争力が大変重要となる。このような背景から、半導体製造メーカーは、大量生産化、大口径化・高集積化、低コスト化、順次拡張化のキーワードで競争を行っている。このような厳しい競争は半導体製造設備メーカーにも反映され、超純水製造メーカーも継続して技術開発を行い続けてきた。

超純水製造装置メーカーに対する要求は、超純水水質の高純度化、設備コスト、ランニングコストの低減、設置スペースの縮小、納期の短縮、排水回収による水利用率の向上、廃棄物削減と再資源化など多岐にわたる。このため、超純水製造メーカーは広範囲の技術分野で開発をスピーディに行うことが求められている。

この分野での企業間の競争は、技術

中心で進められた自由競争であるといえる。公共事業に見られるような横並びの技術開発を進める護送船団方式や新技術の採用に保守的になりがちな設計指針の認定制ではなく欧米式の自由競争である。海外市場での競争力を得るには、日本国内市場で自由な競争ができていなければならないと実感する。

半導体製品の代表例であるDRAMの集積度と必要な超純水水質の関係は、半導体技術の特徴を知る意味でよい例である（表3）。DRAM製造工程では、製品の加工や製造過程で付着した汚れの除去にフッ酸、硫酸、過酸化水素、アンモニアなどの濃厚薬品を使用する。これら薬品の洗浄に大量の超純水が消費される。DRAMの加工構造が非常に微細化しているため、使用する超純水中の不純物量は極低濃度まで除いておくことが要求される。超純水水質の品質管理は、DRAMの製品不良に直接影響するため高度で複雑な技術が求められる。超純水製造と管理に超純水分析は重要な技術であり、DRAMの集積度の向上に合わせて、分析技術の開発を行うことが開発戦略の重要な役割である。超純水分析技術の開発を継続して実施してきたことが、日本の超純水製造装置メーカーの特徴であり、技術競

争力の支えになっている。この点は、欧米の超純水製造装置メーカーが超純水分析の開発を重視してこなかった開発戦略と大きく異なり、総合技術力で差となっている。

半導体製造工場の水処理システムの設計、建設には高度なエンジニアリング技術力が求められる。半導体製造工場の水処理システムは、原料である工業用水、水道水を処理する前処理、一次純水、サブシステムから構成される超純水製造システム、製造工程で利用された排水を回収処理する回収システム、濃厚排水を処理する排水処理システム、ボイラなどのユーティリティに使用する用水システムなどがある。半導体工場は生産をフル稼働させることで最大の生産効率を達成できる。半導体製造設備の故障は生産効率の低下に影響するため、細心の注意で運転される。超純水製造は、超純水水質の純度低下を起こさず、排水処理装置は排水規制値を守って365日連続運転することが当たり前になっている。これを行うために、水処理装置の運転、メンテナンスに熟練技術が必要になっている。定期的な部品の取り替え予測と迅速に実施する体制、装置の異常診断と迅速な対応など365日、24時間のメンテナンス体制が要求される。この超純水製造設備の運転管理、メンテナンスが総合力の重要な要素になっている。

半導体工場では大量の水を使用するため、水資源の再利用が早くから取り入れられてきた。半導体製造ライン当たり、1日2,000～5,000tの超純水量を使用する。このため、これをすべて工業用水で賄うのでは水資源に限界が出てくる。このため、日本では一度使用した超純水を回収再利用する排水回収再利用技術が開発され普及している。現在では、排水の回収再利用率は70～80%と高い。海外では、米国では水資源が豊富であったため、排水回収再利用技術の必要性は少なかった。このため排水回収再利用技術は発達せず、技術開発もほとんど進んでおらず見るべき技術はない。最近では、日本以外でも水資源を有効利用するニーズが高まり、コスト面でも排水回収することが有利になるケースが多くなってきた。このため、排水の回収再利用技術の重要性は高まっている。この分野で日本の技術が先行しており、日本の超純水技術の競争力の優位点になっている。

日本の超純水技術が国際競争力をもつことができた要因のひとつに、超純水製造製造技術を支える多様な要素技術の発展があったことも軽視できない。超純水製造設備は、逆浸透膜装置、限外ろ過膜装置、イオン

表3 DRAM集積度と超純水水質の推移

DRAM集積度		256Kb	1Mb	4Mb 16Mb	16Mb 64Mb	64Mb 256Mb
品質項目						
比抵抗 [MΩ・cm]		17～18	17.5～18	> 18	> 18.1	> 18.2
微粒子 [個/ml]	0.1 μm	50～150	10～20	< 5		
	0.05 μm			< 10	< 5	< 1
	0.03 μm					< 10
	0.02 μm					
生菌 [個/l]		50～200	10～50	< 10	< 1	< 0.5
TOC [ppb]		50～100	30～50	< 10	< 5	< 2
溶存酸素 [ppb]		50～100	30～50	< 50	< 10	< 5
シリカ [ppb]		10	5	< 1	< 1	< 0.5
重金属イオン [ppt]		～1000	100～500	< 100	< 10～50	< 5

交換純水装置、脱気装置、紫外線酸化装置、殺菌装置、ポンプ、配管材、タンクなどのユニット、機器、材料により構成されている。これらの構成装置は、原水である天然水中に溶存している塩類、有機物、微粒子、バクテリア、ガスなどを徹底的に除去するとともに、構成する材質そのものから不純物が水中に溶け出すことで超純水水質を悪くしてはいけない。そのため、構成材料、機器のクリーン化は非常に重要な開発課題である。重金属、有機物、微粒子の溶出を抑えた材料の選定と開発が求められてきた。このような厳しい要求に応える技術力と生産能力のある素材メーカーの協力なしには超純水技術の改良はできない。水処理装置メーカーは日本国内はもちろん、海外の素材メーカーと共同で新素材の開発、改良に取り組んできた。半導体向け超純水製造という、成長性のある、大きな市場の存在と、素材メーカーという情報インフラの存在が技術競争力の源泉になっている。

情報インフラという面で重要なことは、水処理企業と半導体製造メーカー、大学などの研究機関との共同研究や業界研究会、学会における技術交流の有効活用である。半導体基板技術研究会の活動は、水処理メーカー、素材メーカー、半導体製造メーカーと大学間の超純水技術の技術交流と研究開発推進に大きな役割を果たしている。研究会は東北大学電子工学科の大見忠弘教授の提唱で半導体製造関連の超純水、ガス、薬液、クリーンルーム、半導体製造装置のクリーン化を推進し、半導体製造業界に対し、新技術普及で多大な貢献実績を残した。半導体基板技術研究会は、東北大学をはじめ、関連企業の研究開発成果をUCTシンポジウムとして年間数回、12年間にわたり開催している。このシンポジウムにおいて、水処理メーカー、素材メーカーは超純水技術関連技術で新技術の発表を競

い、新技術の開発と普及に有効な場となった。さらに発展し、米国 SPWCC (Semiconductor Purewater Conference) に数多くの開発成果を発表してきた。企業の開発技術者は、研究発表の場で自分の成果を発表し、成果として認められることで多大な喜びを得て、自己実現できた。競合メーカー同士の開発技術者同士の交流も開発力を磨く意味で重要である。

最後に、競争の重要性について述べたい。超純水製造装置の製造企業は、多様な技術を駆使したシステムエンジニアリングを基本に、技術開発、生産管理、品質管理、運転管理、メンテ・サービス等の総合力を磨き、これらを競争力として高めてきた。この総合力が海外市場でも、海外の水処理企業に太刀打ちできる競争力の源泉になっている。半導体産業という先端産業の要求に対し、自由競争という条件で総合力を競い合った結果として、海外の競合水処理企業に対抗できる総合力を保持できるようになった。半導体向け超純水製造において、日本の水処理企業が海外市場で競争力をもつことができたのは、日本国内に半導体産業という発展性のある、大きな市場に恵まれ、超純水製造装置を支える多様な情報インフラが利用でき、水処理企業が厳しい市場のなかで自由な競争で総合力を競い合った結果である。政府による産業の育成政策のまったく及ばない、自由な競争市場で生き残るために、技術競争力を磨く開発戦略が重要になってくる。水処理企業が単独で、開発戦略を実行するため、市場の大きさと、自由度が必要であるといえる。

3. 21 世紀に向けての課題

21 世紀の地球全体の課題は、人口増加に伴う食料の自給、エネルギー自給、水の自給である。これらは、地球の環境保全と密接に関連している。ここ 10 年間で世界の人口は 10 億人以上増えているが、使用できる水は増えていない。現在世界の人口は 60 億人であるが、2050 年には 90 億人に増加すると予測されている。水資源は、輸送できない資源である。日本国内を考えても、北海道にいくら豊富な水があっても、東京や福岡の渇水対策には役立たない。世界の人口増加は、

大都市に集中する傾向にある。

アジアの大都市は、今後水問題で大きな課題を抱える。シンガポールは 2012 年にマレーシアからの水の供給の契約が切れる。その対策として、シンガポールは水の再利用、リサイクルを進めている。下水処理水を冷却塔の補給水に再利用したり、逆浸透膜装置で脱塩処理し、工業用水として再利用が具体的に進んでいる。シンガポール、台湾では用水確保のため大規模な海水淡水化装置の建設も進んでいる。水資源が豊富にあると考えられている東南アジアにおいても、工業の発展を進めるうえで工業用水、飲料水確保のための水が大きな問題になりつつある。

一方、インド、アフリカ、中近東、米国では農業生産において水が深刻な問題になっている。現在の農業生産技術では、1 トンの穀物を生産するために、1,000 トンの水を消費している。広大な土地があっても、水が不足している現状では、食料増産は期待できず、水の問題は食料生産においても深刻な問題である。このような水の問題を解決する唯一の方法は水の再利用、リサイクルである。わが国は高度成長の時代から水の再利用、リサイクルに積極的に取り組んできた。日本の技術をさらに発展させ、水の再利用技術を世界に活用することが求められる時代になる。日本液体清澄技術工業会に望むことは、アジアの水問題の解決に有効な技術を開発し、日本の産業技術力を高め、国際貢献することである。高度成長時代に豊富な経験と知識を身につけた水処理技術者は、その経験を海外に生かすべく働く場作りが必要になる。また若い技術者は、さらなる研究開発により、有効な水再利用、リサイクル技術を実用化し、地球環境に貢献することを期待する。

参考文献

- 1) 平成 9 年度、社団法人日本産業機械工業会、「環境ビジネスに関する調査研究報告書」
- 2) 富士経済調査報告書、環境企業事業戦略総覧
- 3) 平成 11 年度、社団法人日本産業機械工業会、「平成 10 年度環境装置の生産実績」

予約受付中!!

2000 年版 “化学装置” 合本

予価 (本体 15,000 円+税) (送料 450 円)

当社では愛読者各位の便に供するため、毎年本誌「化学装置」の本文のみ 1 カ年分を合本として発行しております。部数に限りがありますので、ご入用の方はお早目に小社販売部宛お申し込み下さい。

— 工業調査会・販売部 —

◆お申込みは、TEL 03(3817)4706 FAX 03(3817)4709 (直)