

平成 2 3 年度
特許出願技術動向調査報告書（概要）

水処理膜

平成 2 4 年 4 月

特 許 庁

問い合わせ先

特許庁総務部企画調査課 技術動向班

電話：03-3581-1101（内線2155）

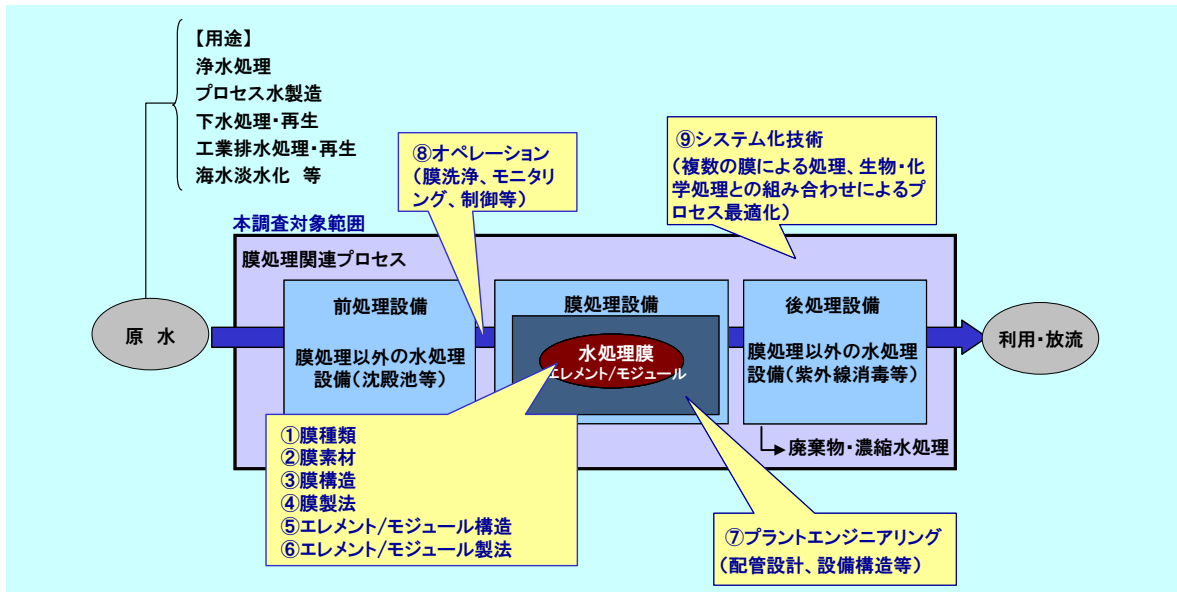
第1章 調査概要および情報収集方法

第1節 調査対象技術について

1. 本調査の調査対象

本調査では「水処理膜」について、特許文献と非特許文献（論文）から分析を行う。本調査で対照とする「水処理膜」関連のプロセスの構成を技術俯瞰図として以下に示す。

図 1 技術俯瞰図



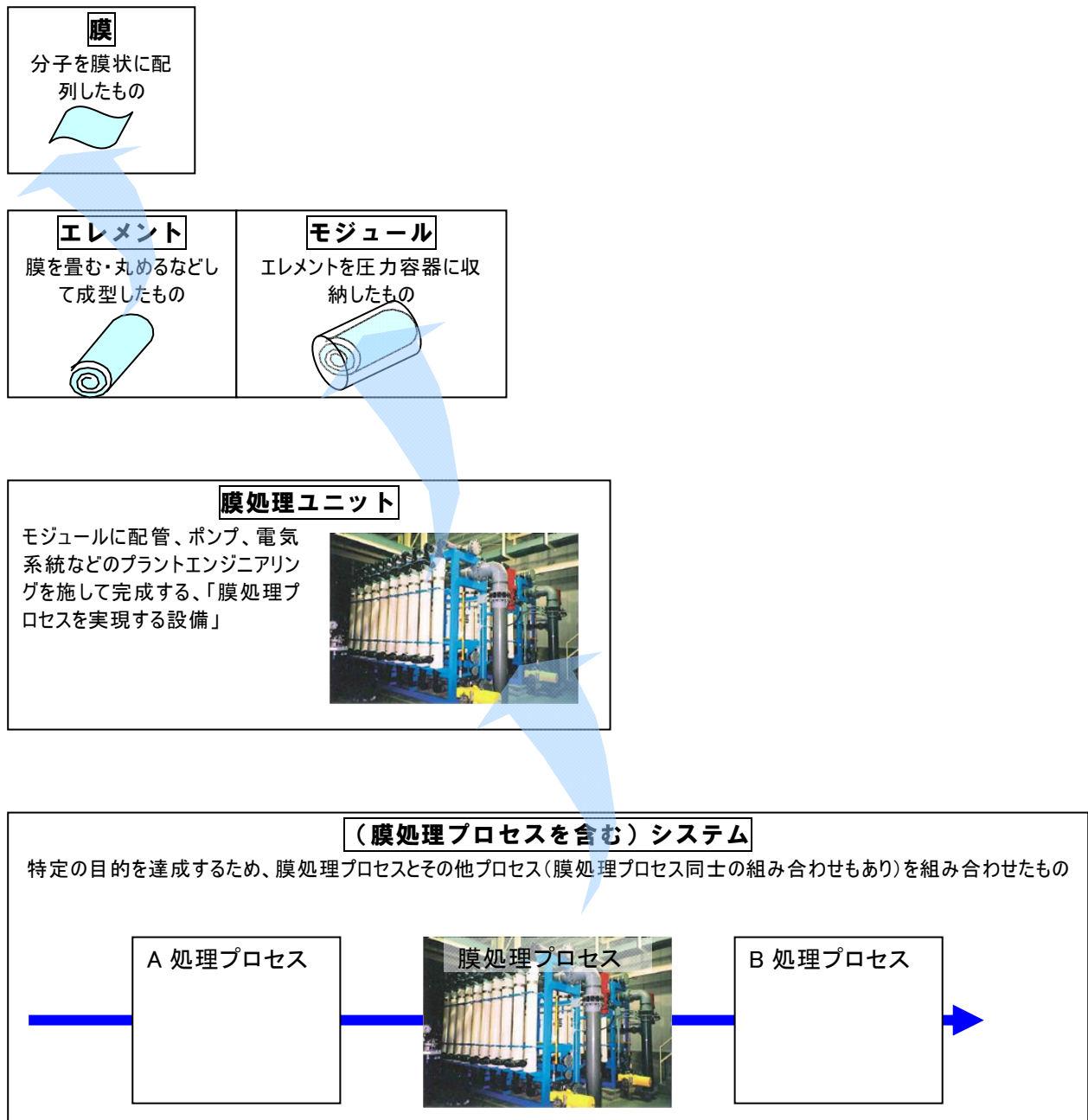
技術俯瞰図では、水処理における水の流れに沿って、関連する技術要素を整理したものである。水処理膜は孔の大きさに応じて種類分けされ、それぞれに応じて分離対象物質や応用用途が異なる。さらに、処理水や用途に応じて、膜の素材開発、製膜、成形・モジュール化、表面加工などの技術要素が存在する。

また、周辺技術としては、以下の技術が関連する。

- ・ プラントエンジニアリング（装置設計）
- ・ オペレーション（膜洗浄、モニタリング・制御）
- ・ システム化技術（膜処理の前に行われる化学処理や生物処理、及び異なる膜種の組み合わせ処理等）

本調査では、水の膜処理に関連するこれらの周辺技術も調査の対象とする。なお、本業務においては、以下のような言葉の定義を行う。個別の特許文献等では下記とは異なる独自の定義にて記載がある場合があるが、以下の定義に合わせて文献を読み込み、技術区分への振り分けを行う。

図 2 水処理膜・エレメント・モジュール・ユニット・システムの関係



出典：各種資料より作成

2. 対象技術と応用産業の概況

水処理膜は 1980 年代以降に急速に開発が加速した。世界各国で排水基準・水質基準が強化されたこと、従来の凝集・沈殿処理法では処理性能に限界が見られたこと（浄水ではトリハロメタン生成、原虫問題が発生）が背景となっている。

膜製造コストが低下したことで、プロセス水製造から、浄水、下水、海水淡水化等と低質かつ規模の大きな水処理分野への適用が検討されるようになった。

さらに、1980 年代以降、MF、UF、NF、RO と徐々により微細構造の水処理膜の開発が進んできた。また、1990 年代には、活性汚泥法と MF 膜・UF 膜を組み合わせた MBR(膜分離活性汚泥法)が下水・排水再利用技術として注目されてきた。

表 1 水処理膜開発の歴史

1907 年 ; MF 膜による細菌除去技術開発
1912 年 : MF 膜の商品化
1969 年 : UF 膜装置の市販
1976 年 : 海水淡水化用 RO 膜の開発
1983 年 : NF 膜の開発
1985~1990 年 : 日本の大規模研究開発プロジェクト『アクアルネッサンス’ 90』にて下水処理への膜適用研究
2005 年 : 下水道週末処理場への MBR 適用

出典 : 各種資料より作成

このような歴史を踏まえ、水処理膜に関する現状は以下の通りまとめることができる。

- ・ MF、UF、NF、RO のいずれについても、膜そのものの素材・構造等についての開発は一定程度成熟している。近年はランニングコストの低減を目指し、耐久性向上、エネルギー効率向上等を目的として、前後処理等を含めたプロセス技術開発が増えている。
- ・ MBR については EU を中心とした標準化の動きが見られ¹、将来的には ISO 化される可能性がある。そうなった場合、世界の MBR 市場において標準を策定した欧州勢が有利になる懸念もある。

3. 分析軸

(1) 分析軸の概要

調査対象となる特許、論文について、それぞれがどのような特徴を持つか、分析するため

1 EU では、下水処理に用いる MBR に着目し、2004 年に EU 委員会に MBR 検討委員会を設置し、フレームワークプロジェクトの一貫として標準化に向けた検討を進めている。ドイツが主導権を握っており、2008 年 11 月には CEN (欧州規格) 合意文 CWA15897 として公表。標準化内容は以下の通り。

- (1) 用語の定義・統一
- (2) 性能評価方法
- (3) 膜の互換性を加味した設計の考え方

今後、より効力の強い EU 規格への格上げや、国際標準化が検討されている。

(出典 : H20『欧米の環境政策・規制動向を踏まえた我が国環境対策技術等調査』日本産業機械工業会ほか)

の軸を設ける。具体的には、以下の三軸を設定する。

- ・ 技術軸：どのような装置・技術・素材を利用しているか
- ・ 応用用途・分野軸：どのような応用用途・分野に用いられているか
- ・ 課題軸：どのような課題を解決するか

全ての特許／論文は、各軸で一つ以上該当すると考えられる。特許／論文によっては複数の技術、複数の製品・サービス、複数の課題に関連する場合も多い。

(2) 技術軸の詳細

各特許、論文はまずどのような技術を用いているかで分類する。これにより、各国の特許でそれぞれどのような技術が近年注目を集めているか、といったことが読み取れる。

特許文献については、技術はまず俯瞰図の流れに即して以下の大分類に大別し、更に中・小分類に分類する。

- ① 膜種類
- ② 膜素材
- ③ 膜構造
- ④ 膜製法
- ⑤ エレメント/モジュール構造
- ⑥ エレメント/モジュール製法
- ⑦ プラントエンジニアリング
- ⑧ オペレーション

技術軸の一覧を以降に示す。

表 2 技術軸

大分類	中分類	小分類	備考
①膜種類	精密ろ過 (MF)	精密ろ過 (MF)	精密ろ過、MF、マイクロフィルター 等※0.1 μm より大きい粒子や高分子が阻止されるプロセス 孔の大きさは概ね 0.01 μm ~ 10 μm
	限外ろ過 (UF)	限外ろ過 (UF)	限外ろ過、UF、超ろ過膜、ウルトラフィルター 等※0.1 μm ~ 2nm の粒子や高分子が阻止される圧力駆動の膜分離プロセス
	ナノろ過 (NF)、ルーズ RO	ナノろ過 (NF)、ルーズ RO	ナノろ過、NF、ルーズ RO、ナノフィルター 等※2 nm より小さい程度の粒子や高分子が阻止される圧力駆動の膜分離プロセス
	逆浸透 (RO) 膜	逆浸透 (RO) 膜	逆浸透膜、RO 等※加圧により浸透圧差と逆方向に溶媒が移動するプロセス
	イオン交換膜、電気透析、電気透析膜	イオン交換膜、電気透析、電気透析膜	イオン交換膜、電気透析、電気透析膜

大分類	中分類	小分類	備考
	新たな膜分離原理の適用	新たな膜分離原理の適用	フォワードオスモシス (FO、正浸透膜、順浸透膜)、メンブレンディスティレーション(MD、膜蒸留)、メンブレンクリスタリゼーション、リバース ED、アクアポリン (水を選択的に透過させるタンパク質)、カーボンナノチューブ 等
	その他	その他	その他
②膜素材	セラミックス	セラミックス	セラミックス
	その他無機物	その他無機物	その他無機物、金属、合金 等
	セルロース系	セルロース系	セルロース、酢酸セルロース、三酢酸セルロース、セルロースエステル、セルロースエーテル、ニトロセルロース、セルロース誘導体、水和セルロース 等
	ポリアミド系	ポリアミド	ポリアミド、架橋ポリアミド 等
		ポリアミド芳香族	ポリアミド芳香族、芳香族ポリアミド 等
	その他有機高分子	ポリオレフィン (ポリプロピレン)	ポリオレフィン、ポリエチレン、PE、ポリプロピレン、PP 等
		ポリビニル芳香族 (ポリスチレン等)	ポリビニル芳香族、ポリスチレン、PS、ポリビニルピロリドン、PVP 等
		ポリフッ化ビニリデン	ポリフッ化ビニリデン、PVDF 等
		ポリテトラフルオロエチレン	ポリテトラフルオロエチレン、PTFE 等
		ポリビニルアルコール	ポリビニルアルコール、PVA 等
		ポリアクリロニトリル	ポリアクリロニトリル、PAN 等
		多糖類(セルロース以外)	多糖類、キチン、キトサン、グルコース、デンプン、アミロース、アミロペクチン、グリコーゲン、アガロース、カラギーナン、ヘパリン、ヒアルロン酸、ペクチン、キシログルカン 等
		ポリスルホン/ポリエーテルスルホン	ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、PSF、ポリエーテルスルホン、PES、ポリアリルスルホン 等

大分類	中分類	小分類	備考
		その他有機高分子	その他有機高分子、芳香族ポリエーテルケトン、ポリカーボネート、ポリウレタン、キレート樹脂、イオン交換樹脂等
③膜構造	細孔制御	細孔制御	細孔分布制御、孔径制御
	三次元構造制御	三次元構造制御	網目構造、架橋、厚み分布
	その他	その他	その他
④膜製法	膜の製法	膜自体の製法	溶解法、乾式法、湿式法、乾湿式法、熔融法、蒸着法、延伸法、焼結法等
		その他	支持体材料、支持体構造（多孔）等
	膜に対する後処理	膜に対する表面処理・充填等	架橋、表面重合、コーティング、被覆、積層、塗布、被膜、保護膜形成、複合分離膜、被覆膜、構造内粒子保持、分子充填、官能基導入 ※MBRは「プロセス技術」と認識
		膜に対する機械的加工・熱処理等	機械的加工、延伸処理（湿潤）、熱処理、熱延伸等
		その他	その他
	⑤エレメント/モジュール構造	エレメント/モジュール自体の構造	中空糸
管状（チューブラー型）			管状、チューブラー型、チューブ状 ※円筒形の支持体に膜を接着したもの
平膜			平膜、シート型 ※シート状の膜を重ねたもの
スパイラル型			スパイラル型 ※シート状の膜を巻いたもの
プリーツ型			プリーツ型 ※シート状の膜をおり合わせてプリーツ型にしたもの
モノリス型			モノリス型、蜂の巣状 ※蜂の巣状の孔を有する形状（主にセラミック膜）
浸漬型			浸漬型 ※ばっ気槽等の水槽の中に膜処理ユニットを設置するもの
カートリッジ型			カートリッジ型 ※交換時の着脱容易性に工夫を施したもの

大分類	中分類	小分類	備考
		その他	その他
	処理中に動くもの	処理中に動くもの	回転、往復運動、振動、駆動構造
	モジュール関連部材構造	モジュール部材	ろ板、スペーサ 等
		気泡吹込み部	曝気や膜洗浄に用いる気泡吹き込み部
		電極室、濃縮室、希釈室	分離が行われる電極室、濃縮室、希釈室
		洗浄部材・機構	膜の洗浄部材、洗浄機構、運転切り替え機構等
		その他	その他
⑥エレメント/モジュール製法	エレメント/モジュール製法	エレメント/モジュール製法	膜の集積、モジュールの組み立て方法など
	エレメント/モジュール配置等の工夫	エレメント/モジュール配置等の工夫	エレメント配列の工夫、モジュール連結上の工夫、モジュール配置上の工夫、モジュール長さの工夫 等
⑦プラントエンジニアリング	装置設計上の工夫	装置設計上の工夫	装置設計、装置配置
	付帯設備の工夫	ポンプ	ポンプ
		配管	配管、パイプ
		弁	弁
		貯槽	貯槽
	その他	その他	
⑧オペレーション	液面・液位制御（弁の開閉も含む）	液面・液位制御（弁の開閉も含む）	液面・液位制御（弁の開閉も含む）

大分類	中分類	小分類	備考
	処理液の調整（温度、pH、濃度など）	温度調整	温度調整
		pH調整	pH調整
		濃度調整	濃度調整
		その他	その他
	流体の流し方・圧力調整（供給・循環・排出）	流体の流し方（供給・循環・排出）、圧力調整	流体の流し方（供給・循環・排出）、圧力調整等
	測定・異常検知による制御高度化	測定による制御高度化	連続測定、流量・水質・膜圧・濃度測定、阻止率解析等
		損傷検出・異常検知	損傷検出、劣化検出、異常事態監視、破断検知、交換時期検知等
		遠隔監視・制御	遠隔監視、リモートコントロール等
		その他	その他
	膜洗浄/殺菌/性能回復/再生方式（薬品によるもの）	酸性薬品によるもの	酸性薬品、クエン酸、塩酸、硝酸、フッ酸、シュウ酸、硫酸等
		アルカリ性薬品によるもの（次亜塩素酸ソーダを除く）	アルカリ性薬品、苛性ソーダ、水酸化ナトリウム、亜硫酸ナトリウム等
		塩素・次亜塩素酸（塩）によるもの	塩素、塩素剤、次亜塩素酸ナトリウム、次亜塩素酸ソーダ等
		凝集剤によるもの	凝集剤、高分子凝集剤、無機凝集剤等
		その他	オゾン、過酸化水素、活性炭、酵素剤等
	膜洗浄/殺菌/性能回復/再生方式（物理的処理）	逆洗浄・順洗浄	逆洗（濁質剥離）、逆洗浄、逆圧洗浄、順洗浄、順洗等
		気体による洗浄	エア噴出、エアフラッシュ、エアスクラブ、エアバブリング、ガスバック等
		その他の物理処理	超音波、加熱（熱水供給）、蒸気殺菌、可動体によるもの等

大分類	中分類	小分類	備考
	膜洗浄/殺菌/性能回復/再生方式(薬品および物理的処理以外)	膜洗浄/殺菌/性能回復/再生方式(薬品および物理的処理以外)	膜エレメントを取り外して洗浄するもの、開栓して洗浄するもの 等
⑨システム化技術	生物処理プロセスとの組み合わせ(MBR)	生物処理プロセスとの組み合わせ(MBR)	MBR、膜分離活性汚泥法 等
		曝気	曝気、曝気処理、間欠曝気、エアレーション、散気等
	生物処理プロセスとの組み合わせ(MBR以外)	好氣的生物処理(曝気を除く)	活性汚泥法、生物膜法(接触酸化法、回転円板法等)、オキシデーショディッチ等 ※ここでの「生物膜」とは担体の表面に微生物を付着させて、これに汚水の汚濁物質を分解させる方法であり、MBRとは区別。
		嫌氣的生物処理	嫌気槽、嫌気性消化、標準消化法、高率消化法、嫌気性接触法、嫌気性固定床法、嫌気性流動床法、UASB法、EGSB法、メタン発酵等
		滞留時間調整	滞留時間
		その他	その他
	物理化学処理プロセスとの組み合わせ	凝集・沈殿	凝集剤、沈殿、フロック化、不溶化 等 ※膜洗浄/殺菌/性能回復/再生方式としての凝集・沈殿は「凝集剤によるもの」。ここでは膜プロセス以外での凝集・沈殿工程を確認
		脱気	脱気、気体除去 等
		吸着(膜以外)	活性炭吸着、キレート吸着 等 ※膜洗浄/殺菌/性能回復/再生方式としての吸着は「膜洗浄/殺菌/性能回復/再生方式(薬品によるもの)>その他」。膜自体への物質添加によるキレート能付与は「膜に対する表面処理・充填等」。ここでは膜プロセス以外での吸着工程を確認。
		ろ過(膜以外)	砂ろ過、綿栓ろ過 等
		薬品添加・接触(凝集・吸着目的を除く)	消石灰、塩化カルシウムによるフッ化物塩生成、中和処理、過酸化剤による分解 等 ※主に化学分解、化学合成、中和等目的の薬品添加

大分類	中分類	小分類	備考
		電氣的処理	電気分解、電解 等
		オゾン処理	オゾン処理
		光照射/超音波	光触媒、UV 照射、紫外線照射、超音波照射 等 ※膜洗浄/殺菌/性能回復/再生方式としての光照射・超音波処理は「その他の物理処理」。ここでは膜プロセス以外での光照射・超音波処理を確認
		蒸発法	蒸発法
		その他	マイクロ・ナノバブル、トリマリン活性化 等
	複数膜処理プロセスの組み合わせ	複数膜処理プロセスの組み合わせ	MBR-RO、MF-RO 等 ※素材としての複合化（積層）は「膜の構造に関するもの」に含む。ここでは、複数の膜処理プロセスを経るものを想定
	複数処理プロセスの組み合わせ（組み合わせる処理プロセスは不明）	複数処理プロセスの組み合わせ（膜処理プロセスと組み合わせる処理プロセスは不明）	生物処理、物理化学処理、複数膜等を組み合わせた複合プロセス
	膜処理プロセス周辺技術の高度化	濃縮排水処理（濃縮排水からの水回収率向上、濃縮排水からの有価物回収等を含む）	濃縮排水、濃縮塩水、濃縮海水、濃縮排水からの水回収率向上、濃縮排水からの有価物回収
		汚泥・廃棄物処理	下水汚泥処理、工業排水汚泥処理

(3) 応用用途・分野の詳細

応用産業軸では、各特許、論文がどのような産業や用途に活用されるかを分類する。各応用用途・分類の概要は以下の通り。

表 3 応用用途・分野軸

応用用途・分野	備考
下水処理	
工場排水処理	
原子力関連施設排水処理	原子力関連施設、放射性廃液、
その他特定施設排水処理	廃棄物処理施設、採掘現場 等
資源回収	排水中の金属や塗料などの回収
水の循環利用・再生	下水や工業排水等 再利用のための処理
上水処理	浄水場、上水処理 ※家庭用浄水器、食品産業としての飲料水製造は「飲料水製造・ミネラル水製造」
飲料水製造・ミネラル水製造	ボトルドウォーター、浄水器、井戸水からの飲料水製造 等
純水・超純水製造（半導体製造向け以外）	
半導体製造向け純水・超純水製造	
工業用プロセス水製造（純水・超純水以外）	
海水淡水化処理	
バラスト水処理・製造	
その他	

(4) 課題軸の詳細

課題軸では各特許、論文がどのような課題を解決するかを分析する。水処理膜の課題は1980年代から現在まで、技術の発展により大きな移り変わりがあったと考えられるため、技術分類だけでは追い切れない、そうした社会的なトレンドを把握することを目指す。各課題は以下の通り。

表 4 課題軸

中分類	小分類
低コスト化	低コスト化
小型化	小型化
工程の短縮・削減	工程の短縮・削減
選択透過性向上	高阻止率・除去性能向上
	資源回収率拡大

中分類	小分類
特定物質の除去	ホウ素
	フッ素
	ひ素
	微生物
	その他
透過流束向上	透過流束向上
ファウリング対策	ファウリング防止、目詰まり防止等
過酷な条件の水への対応	高濁度水への対応
	温度変化・水量変化への対応
	その他
耐久性向上	耐久性向上
省エネルギー	省エネルギー
薬品使用量低減	薬品使用量低減
汚泥発生量低減	汚泥発生量低減
膜の再利用・再生	膜の再利用・再生
その他	その他

4. 注目研究開発テーマおよびその選定理由

水処理膜の応用産業において必要とされる機能に着目し、要素技術の分類表に横断的な以下の注目研究開発テーマを設定した。

本調査では前述した分析軸の中から、特に現在注目すべき分野として、注目研究開発テーマを定める。注目研究開発テーマは、テーマに分類された特許や論文に絞って、それぞれの出願人／著者や注目特許／注目論文、出願特許数／論文数の推移など詳細を分析し、動向をまとめるものである。

以下に注目研究開発テーマと、その抽出条件、選定理由を示す。

表 5 注目研究開発テーマおよび選定理由

注目研究開発テーマ	抽出条件	選定理由
膜処理プロセスの運転高効率化にかかる技術	<p><技術軸></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 膜素材 ・ 膜構造 ・ 装置設計上の工夫 ・ オペレーション ・ システム化技術 ・ 膜種類 - 新たな膜分離原理の適用 ・ エLEMENT/モジュール構造 ・ プラントエンジニアリング <p><課題軸></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ファウリング対策 ・ 透過流束向上 	<p>膜処理プロセスの普及拡大に向けては、ランニングコスト低減が求められ、ランニングコストを左右する課題としてファウリング対策や透過流束向上等の運転高効率化が挙げられる。セラミック膜等の新規膜素材、膜の高次構造制御、装置設計上の工夫、前後処理装置との組み合わせ対応、運転制御の高度化など、幅広い側面からファウリング対策、透過流束向上に係る開発が活発に行われていると想定される。</p>

注目研究開発テーマ	抽出条件	選定理由
省エネ型膜処理プロセスの開発	<技術軸> <ul style="list-style-type: none"> ・ 膜素材 ・ 膜構造 ・ 装置設計上の工夫 ・ オペレーション ・ システム化技術 ・ 膜種類 - 新たな膜分離原理の適用 ・ エレメント/モジュール構造 ・ プラントエンジニアリング <課題軸> <ul style="list-style-type: none"> ・ 省エネルギー 	膜処理プロセスにかかるランニングコストのうち、エネルギーコストの占める割合は大きい。今後、エネルギー貧困地域への膜処理プロセス展開を可能にするためには、画期的な省エネ型膜処理プロセスが必要である。膜構造制御や周辺技術との組み合わせによる省エネ開発が行われている。
環境負荷低減型膜処理プロセスの開発 (右記二条件のいずれかに該当する特許)	<技術軸> <ul style="list-style-type: none"> ・ オペレーション - 膜洗浄に関するもの ・ システム化技術 <課題軸> <ul style="list-style-type: none"> ・ 薬品使用量低減 ・ 汚泥発生量低減 	広範な地域への膜処理プロセス導入に向けて、膜処理プロセスに伴う環境負荷(薬品使用、汚泥発生等)の低減への対応が重要になると予想される。
	<技術軸> <ul style="list-style-type: none"> ・ 膜処理プロセス周辺技術の高度化 	
複数膜処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発	<技術軸> <ul style="list-style-type: none"> ・ システム化技術 - 複数膜処理プロセスによる多段処理 	膜処理プロセスの適用範囲を広げるためには、多様な原水(水質・水量)、多様な要求性能(排水基準・飲料水質基準等)、低コスト要求への対応力が必要であり、単一の膜による処理では限界がある。MBR-RO、セラミック膜-ROなど、一部で検討が始まっているが、複数の水処理膜の組み合わせによるパッケージシステムの開発が重要になる。
膜処理プロセスとその他の水処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発	<技術軸> <ul style="list-style-type: none"> ・ システム化技術 - 生物処理プロセスとの組み合わせ(MBR) ・ システム化技術 - 生物処理プロセスとの組み合わせ(MBR以外) ・ システム化技術 - 物理化学処理プロセスとの組み合わせ ・ プロセスの組み合わせ(膜処理プロセスと組み合わせる処理プロセスは不明) 	上記同様、膜処理プロセスの適用範囲拡大に向けて、膜処理のみならず、その他の生物処理や化学処理等との組み合わせによるパッケージシステムの開発も期待される。

それぞれの注目研究開発テーマに含まれる特許/論文については、事前に分類した技術軸/課題軸から導くことが可能である。

第2節 調査対象とする特許母集団の設定について

1. 特許母集団の設定

本調査が対象とする文献は、日本、米国、欧州、中国、韓国、カナダにおいて出願あるいは登録、および PCT 出願された、優先権主張年ベースで 1990 年～2009 年の、水処理膜に関する特許文献である。対象とした出願先国・地域を以下に示す。

表 6 調査対象国・地域

No	コード	名称	区分
1	US	米国	米国
2	AT	オーストリア	欧州
3	BE	ベルギー	欧州
4	CZ	チェコ	欧州
5	DE	ドイツ	欧州
6	DK	デンマーク	欧州
7	EP	欧州特許庁	欧州
8	ES	スペイン	欧州
9	FI	フィンランド	欧州
10	FR	フランス	欧州
11	GB	イギリス	欧州
12	HU	ハンガリー	欧州
13	IE	アイルランド	欧州
14	IT	イタリア	欧州
15	LU	ルクセンブルク	欧州
16	NL	オランダ	欧州
17	PT	ポルトガル	欧州
18	RO	ルーマニア	欧州
19	SE	スウェーデン	欧州
20	SK	スロバキア	欧州
21	CH	スイス	欧州
22	NO	ノルウェー	欧州
23	CN	中国	中国
24	KR	韓国	韓国
25	WO	PCT (国際出願)	PCT
26	JP	日本	日本
27	CS	旧チェコスロバキア (~1992)	欧州
28	DD	旧東ドイツ (~1990)	欧州
29	AU	オーストラリア	オーストラリア

No	コード	名称	区分
30	SG	シンガポール	シンガポール
31	IN	インド	インド

なお、欧州への出願については、EPO への広域出願および 2011 年 5 月 1 日現在のヨーロッパ特許条約（EPC）加盟国である 38 ヶ国のうち、本調査において利用した海外特許データベース Derwent World Patent Index（WPI）にて取得可能な 22 ヶ国（現存するのは 20 ヶ国）を調査対象として設定した。

2. 利用データベースおよび検索結果

本調査において特許文献の検索・抽出に利用したデータベースは、Derwent World Patent Index（WPI）である。特許母集団の検索結果を以下に示す。検索の結果、ファミリー単位で 12,830 件が抽出された。なお、以降の分析においては、特に断りのない限りファミリーを構成する個々の特許出願単位の集計を行っている。

表 7 特許母集団の検索式および検索結果

検索条件	時期範囲	A	優先権主張年 = 1990:2009
	国・地域	B	US or AT or BE or CZ or DE or DK or EP or ES or FI or FR or GB or HU or IE or IT or LU or NL or PT or RO or SE or SK or CH or NO or CN or KR or WO or JP or CS or DD or AU or SG or IN
	技術範囲	C1	IC=(C02F-001/42+C02F-0001/42+C02F-001/44+C02F-0001/44+C02F-001/46+C02F-0001/46+C02F-001/46+C02F-0001/46+C02F-001/461+C02F-0001/461+C02F-001/463+C02F-0001/463+C02F-001/465+C02F-0001/465+C02F-001/467+C02F-0001/467+C02F-001/469+C02F-0001/469) AND (MEMBRANE? + ULTRAFILT? + MICROFIL? + NANOFILT? + ULTRA(W)FIL? + MICRO(W)FIL? + NANO(W)FIL?)/TX
		C2	IC=((C02F-001+C02F-0001+C02F-003+C02F-0003+C02F-009+C02F-0009) AND (B01D-061+B01D-0061+B01D-063+B01D-0063+B01D-065+B01D-0065+B01D-071+B01D-0071)) AND (MEMBRANE? + ULTRAFILT? + MICROFIL? + NANOFILT? + ULTRA(W)FIL? + MICRO(W)FIL? + NANO(W)FIL?)/TX
		C3	IC=(B01D-061+B01D-0061+B01D-063+B01D-0063+B01D-065+B01D-0065+B01D-071+B01D-0071) AND (MEMBRANE? + ULTRAFILT? + MICROFIL? + NANOFILT? + ULTRA(W)FIL? + MICRO(W)FIL? + NANO(W)FIL?)/TX AND (WASTEWATER? + WASTE(W)WATER?)/TX
C4		IC=(B01D-0061+B01D-061+B01D-0063+B01D-063+B01D-0065+B01D-065+B01D-0071+B01D-071) AND (SEWAGE + SEWERAGE + SIKE + SULLAGE + SEPTAGE + POLLUTED + BLACK(W)WATER + EFFLUENT + WASTE(W)WATER + DRAINAGE(W)WATER + DISCHARGE(W)WATER + BRINE + MARINE(W)WATER + OCEAN(W)WATER + SEAWATER + CW + CLEAN(W)WATER + PURE(W)WATER + PROCESS(W)WATER + BRACKISH(W)WATER)/TX AND (MEMBRANE? + ULTRAFILT? + MICROFIL? + NANOFILT? + ULTRA(W)FIL? + MICRO(W)FIL? + NANO(W)FIL?)/TX	
検索結果	A and B and (C1 or C2 or C3 or C4)	12,830 件	

※検索日=2011/8/5, ”?” は任意の文字列、キーワード検索の対象は、抄録およびクレーム

こうして抽出したファミリー単位のデータを各国の公報単位に整理し、さらに検索条件には合致するものの中には水処理膜に関係ない文献（検索ノイズ）を目視によりチェック、除外した結果、最終的に以下に示す特許文献が集計対象として抽出された。

表 8 集計対象件数

発行国・地域	件数（公報単位）
日本	7,300
米国	2,845
欧州	3,169
中国	1,948
韓国	1,046
PCT	2,087
インド	349
オーストラリア	1,088
シンガポール	72
総計	19,904
（うち日米欧中韓の合計）	16,308

第3節 分析にあたっての留意点

1. 出願人国籍別の集計について

各特許の出願人国籍は、筆頭出願人の国籍とした。その際、「欧州国籍」は2011年5月1日現在のヨーロッパ特許条約（EPC）加盟国である38ヶ国（アルバニア、オーストリア、ベルギー、ブルガリア、スイス、キプロス、チェコ、ドイツ、デンマーク、エストニア、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ギリシア、クロアチア、ハンガリー、アイルランド、アイスランド、イタリア、リヒテンシュタイン、リトアニア、ルクセンブルク、ラトビア、モナコ、マケドニア旧ユーゴスラビア、マルタ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロヴェニア、スロバキア、サンマリノ、トルコ、セルビア）と定義した。

2. 技術区分への分類方法

本調査ではWPIを用いた検索により得られた特許文献の抄録を実際に読み込むことで、各技術区分への分類を行った。その際、ある1件の特許文献が複数の技術区分にまたがって属するような分類を許している。なお前述の通り、要素技術の分析軸においてどの区分にも分類されなかった特許文献については「該当なし」として検索ノイズと見なし、集計対象からは除外している。

3. 年推移について

調査対象とする母集団は2011年8月5日（検索日）までに公開・公表・再公表がなされた特許文献である。出願から公開まで、あるいはPCT出願から各国移行まで等の期間の都合上、およびデータベースへの収録の遅れの影響から、年次変化を追う際に、直近（2008年以降）の出願件数については必ずしも実数を反映していない可能性がある点には注意が必要である。

特に登録件数は、データ収録の問題に加え、審査中あるいは審査請求判断前の特許が存在することから、近年のデータについては今後増加する可能性がある点には注意が必要である。

また、米国の出願件数について、出願早期公開制度の採用以前である 2000 年 11 月 29 日以前については、登録件数を出願件数としてカウントし集計している点にも注意が必要である。

4. 出願人について

米国においては、本来は出願人は発明者本人であるが、本調査では他地域との比較のために、譲受人を出願人として集計している。譲受人が必ずしも記載されていない場合があるが、その際にも同一ファミリーの他の公報の情報等に基づいて出来る限り企業名を特定している。

5. PCT 出願について

国際特許出願（PCT 出願）は、特許協力条約（PCT, Patent Cooperation Treaty）に基づく出願である。出願時の指定国すべてにおいて適用される出願日（国際出願日）を確保することができるため、複数の国・地域への出願の際等に利用される。ただし複数の国・地域への出願は、PCT 出願の他にもパリ条約に基づく優先権主張を伴う出願によっても可能であるため、PCT 出願の件数は、国際的な特許出願の一部であることに留意が必要である。

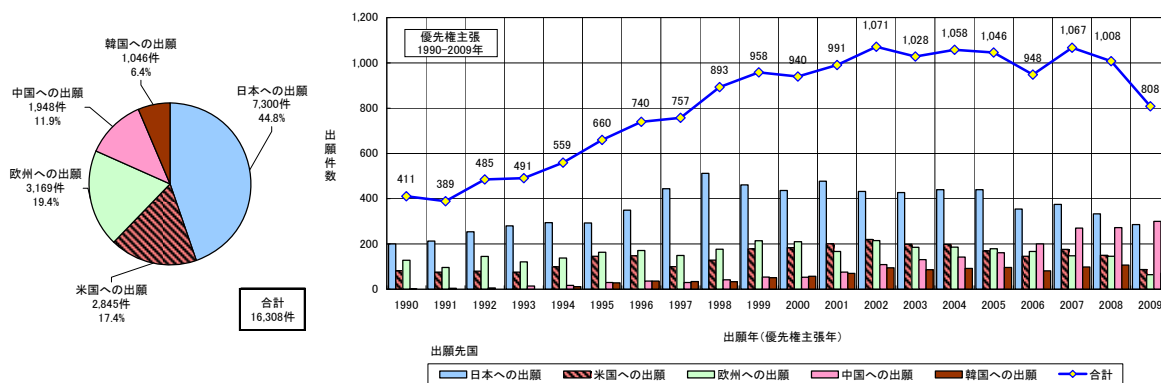
第2章 特許出願動向分析

第1節 全体動向分析

1. 出願先国別件数推移

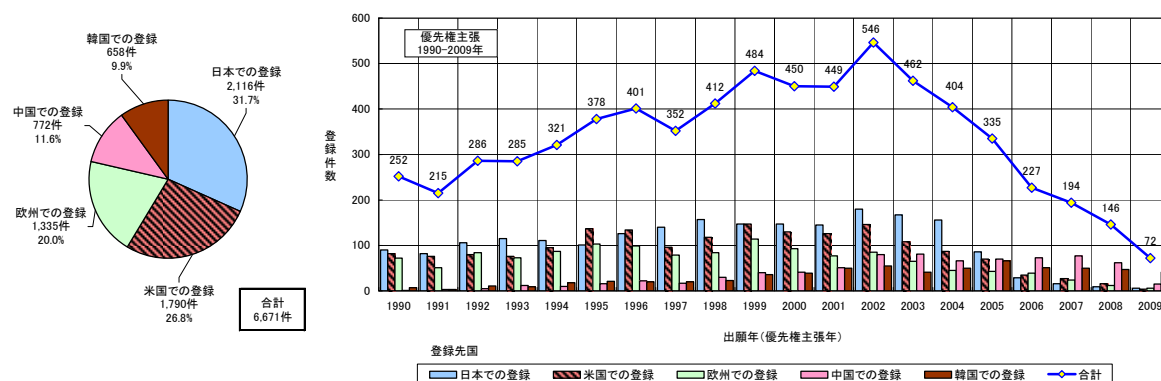
全ての出願人国籍（日米欧中韓、その他国籍）による出願について、出願先国別の出願件数推移を図 3 に示す。また、出願先国別の登録件数推移を図 4 に示す。累積出願件数が最も多いのは日本への出願であり、次いで欧州への出願が多い。件数の推移を見ると、全体的な傾向として 2002 年まで緩やかに増加した後、横ばい傾向にあるが、中国への出願は年々増加している。

図 3 出願先国別出願件数推移



※2008 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図 4 出願先国別登録件数推移

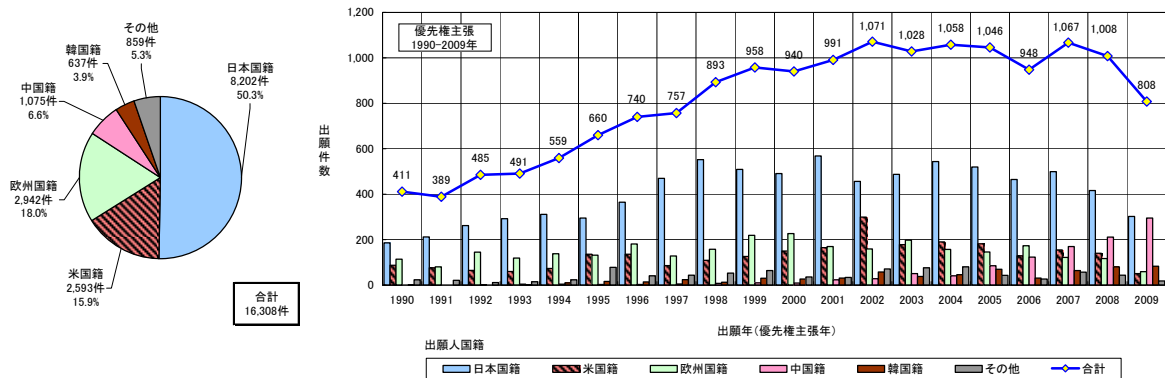


2. 出願人国籍別件数推移

日米欧中韓への出願について、出願人国籍別の出願件数推移を図 5 に示す。また、出願人国籍別の登録件数推移を図 6 に示す。出願件数が最も多いのは日本国籍であり全出願のおよそ半数を占めている。次いで、欧州国籍、米国籍、中国籍、韓国籍の順となっている。また、

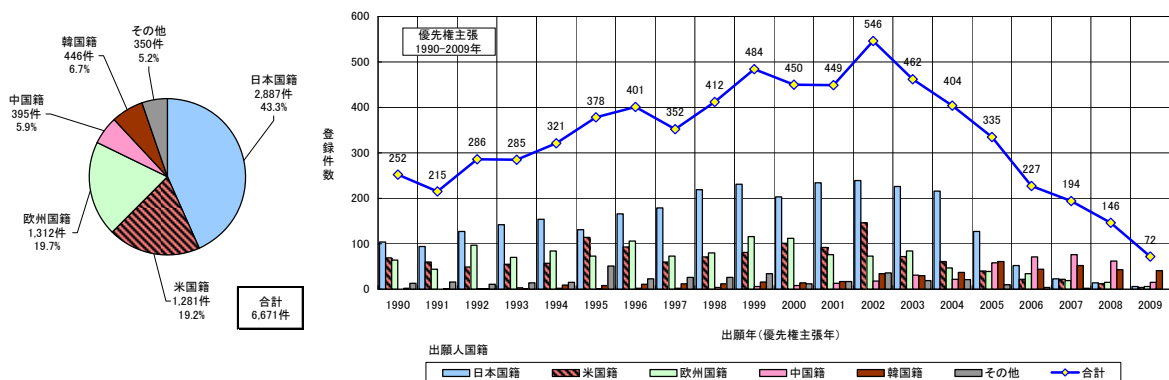
件数の推移を見ると、全体的な傾向として2002年をピークに横ばい傾向が続いているが、中国籍の出願件数は年々増加している。

図5 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓）



※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図6 出願人国籍別登録件数推移（出願先：日米欧中韓）

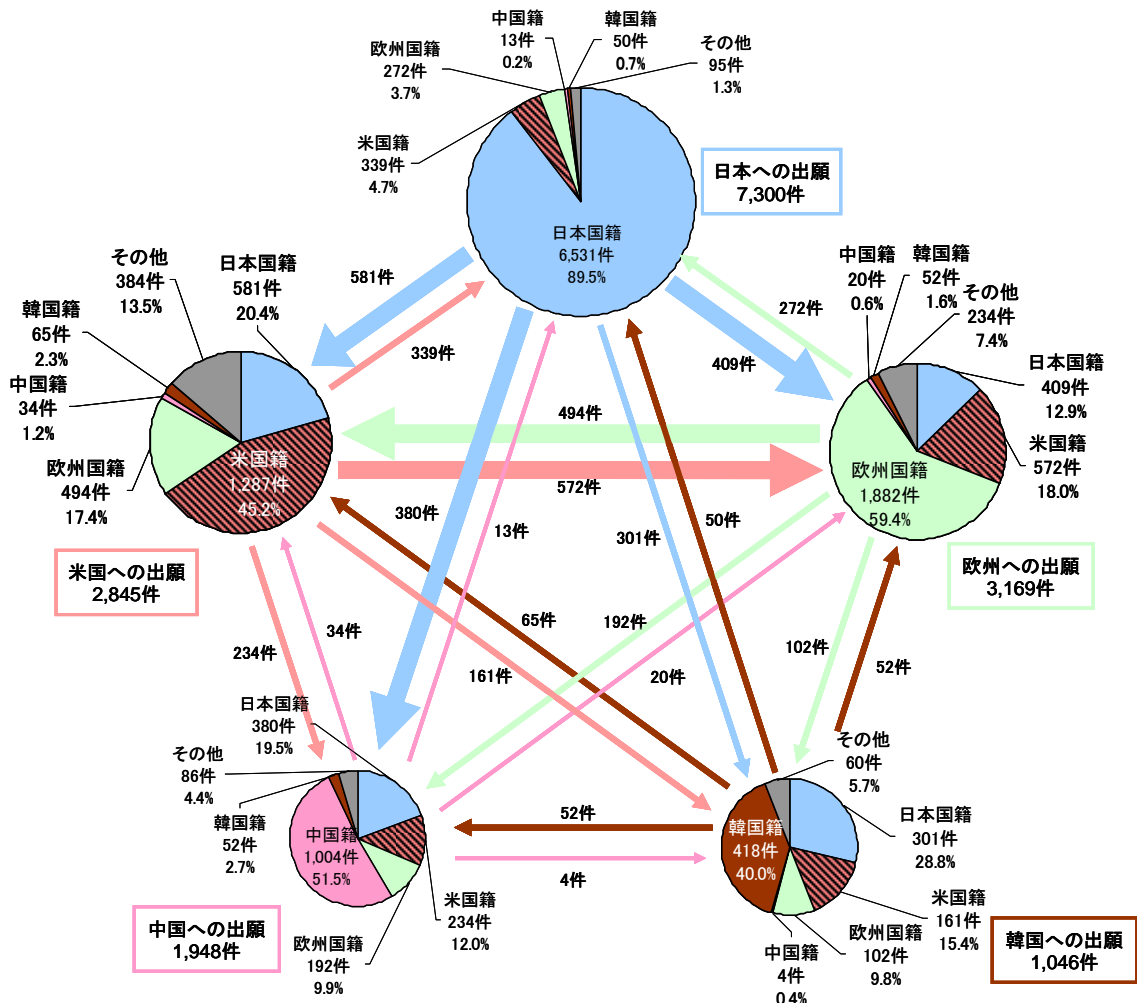


3. 出願先国別－出願人国籍別件数収支

日米欧中韓への出願について、出願先国別かつ出願人国籍別の出願件数収支を図7に示す。日本への出願件数が7,300件と最も多く、これに次いで欧州への出願件数が3,169件、米国への出願が2,845件と続く。

日本国籍による出願件数は、自国（日本）への出願が6,531件と最も多く、次いで米国、欧州、韓国、中国の順となる。自国以外で日本国籍による出願が占める割合は、韓国が28.8%で最も高く、欧州が12.9%で最も少ない。

図 7 出願先国別－出願人国籍別出願件数収支



第2節 技術区分別動向分析

1. 技術区分別－出願人国籍別出願件数

日米欧中韓への調査対象期間（優先権主張年ベースで1990年～2009年）における出願について、要素技術の大区分別かつ出願人国籍別の累積出願件数を図8に示す。

いずれの区分についても、日本国籍による出願が最も多い。また、「エレメント/モジュール構造」、「プラントエンジニアリング」、「オペレーション」、「システム化技術」も日本国籍による出願件数が多い。米国籍、欧州国籍、中国籍、韓国籍においても、これらの区分が多い傾向が見られる。

また、応用用途・分野別－出願人国籍別出願件数を図9に、課題別－出願人国籍別出願件数を図10に示す。どの区分においても、日本国籍による出願件数が多い。

図 8 要素技術大区別一出願人国籍別出願件数（出願先：日米欧中韓）

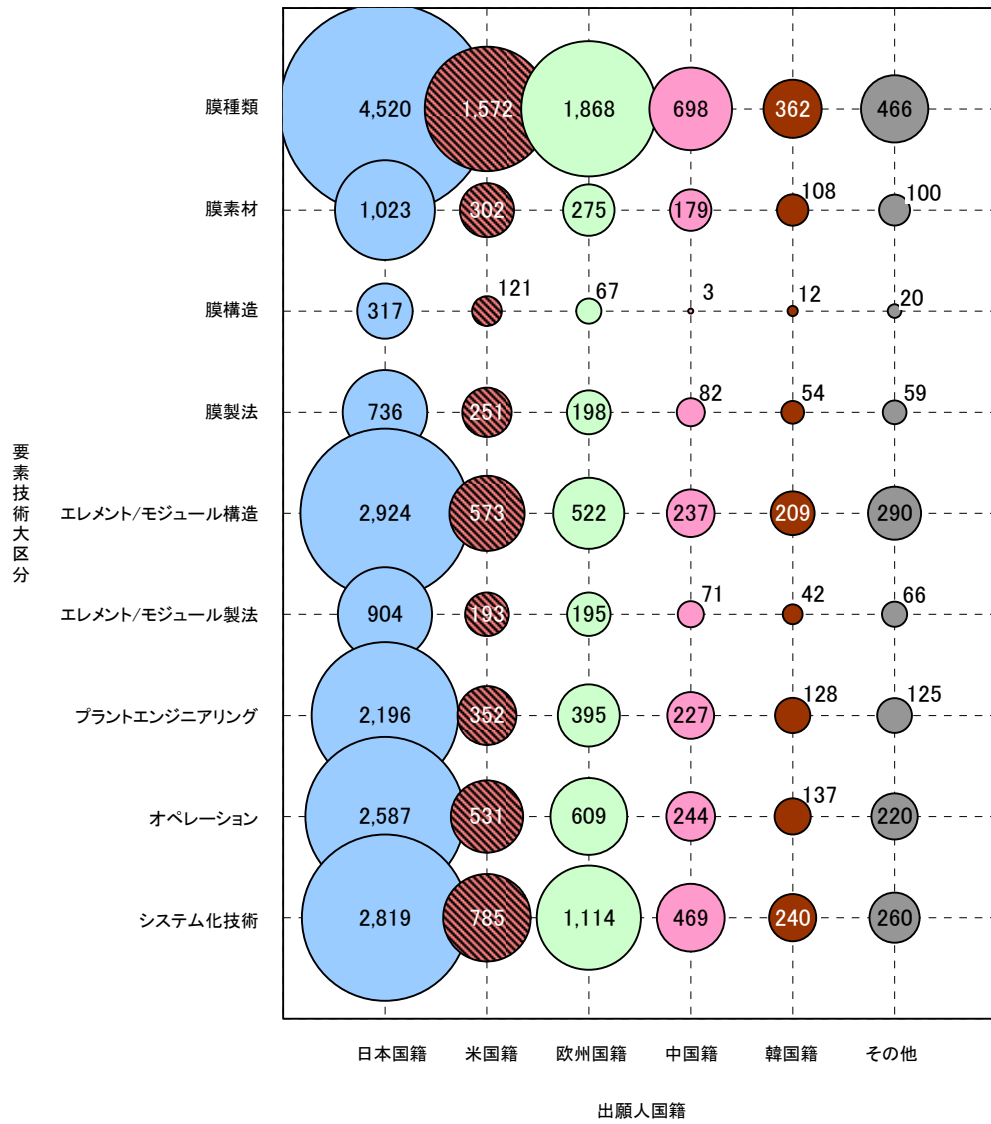


図 9 応用用途・分野別一出願人国籍別出願件数（出願先：日米欧中韓）

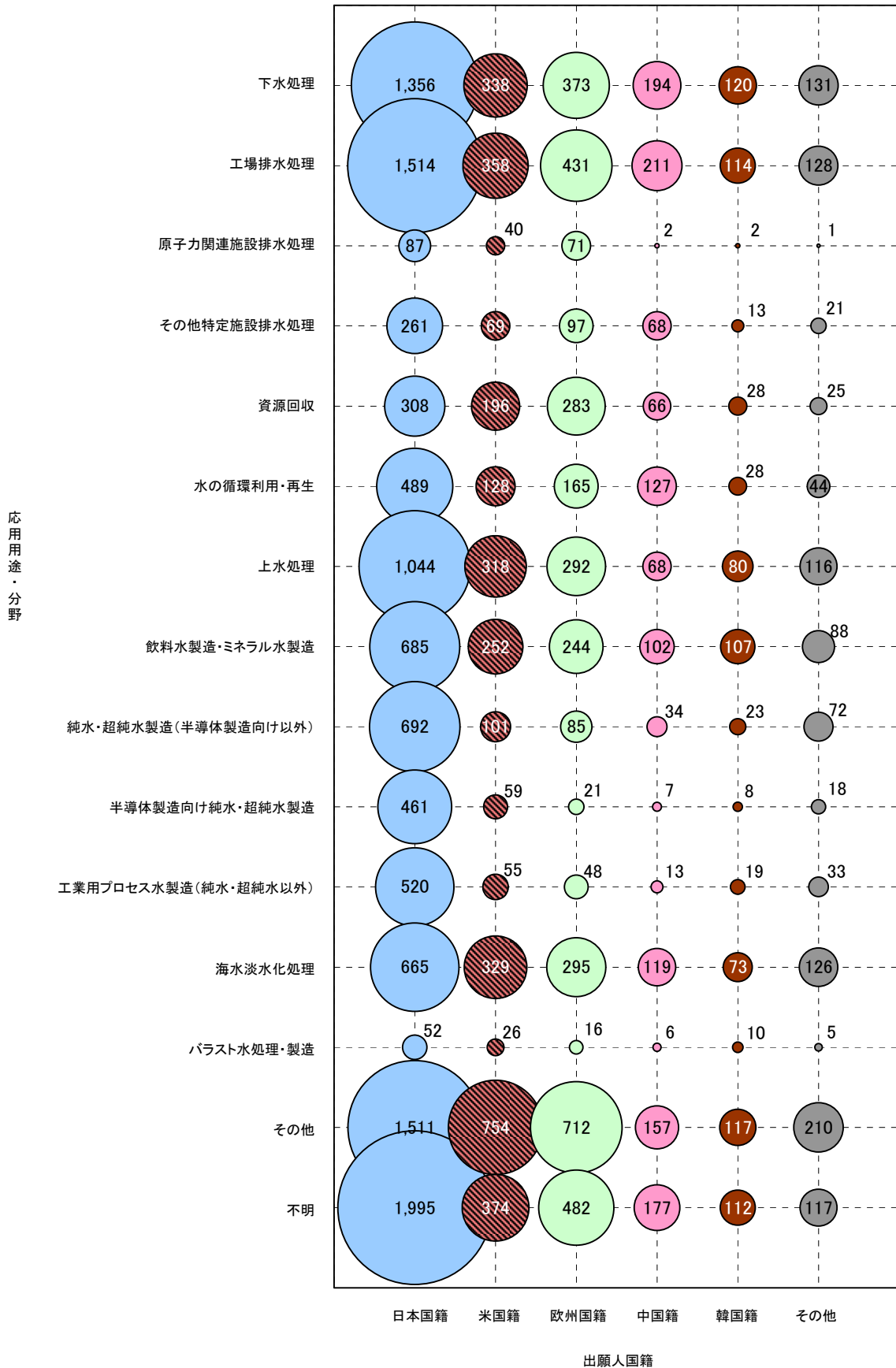
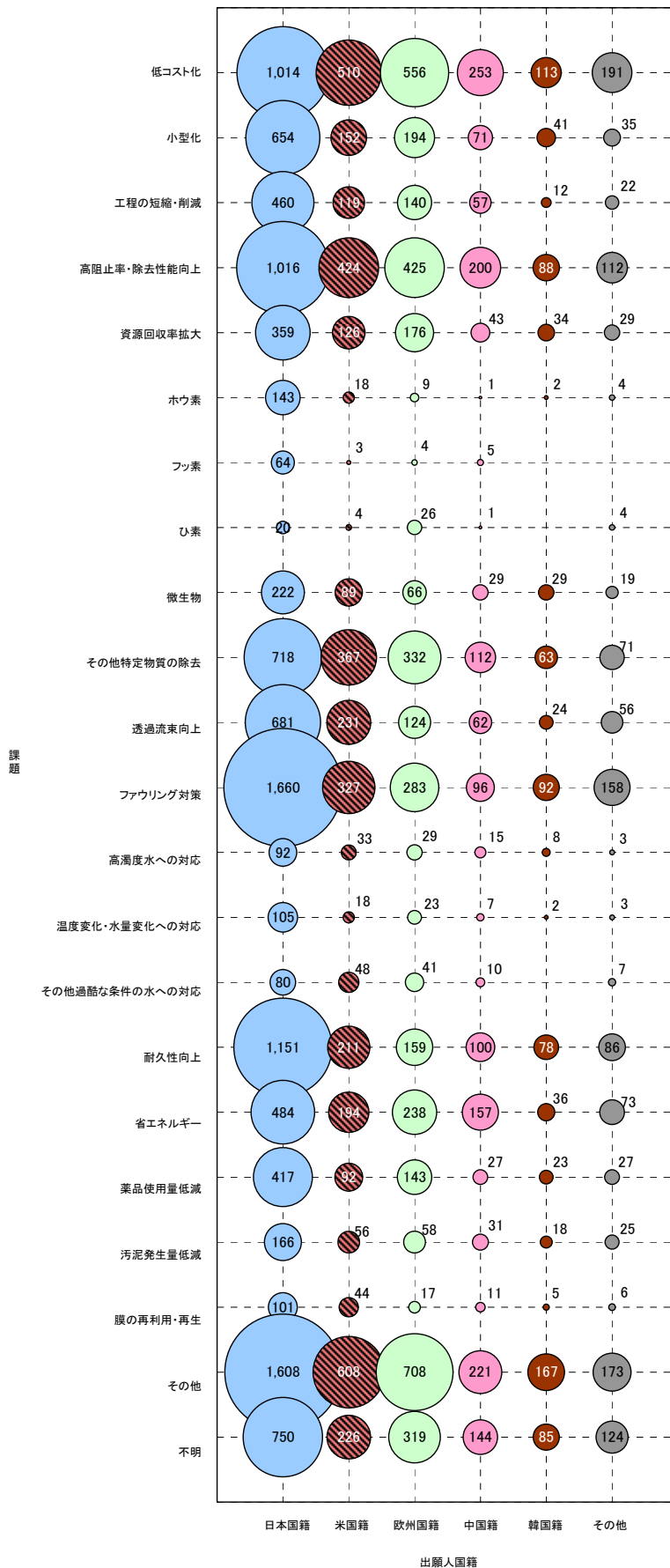


図 10 課題別一出願人国籍別出願件数（出願先：日米欧中韓）

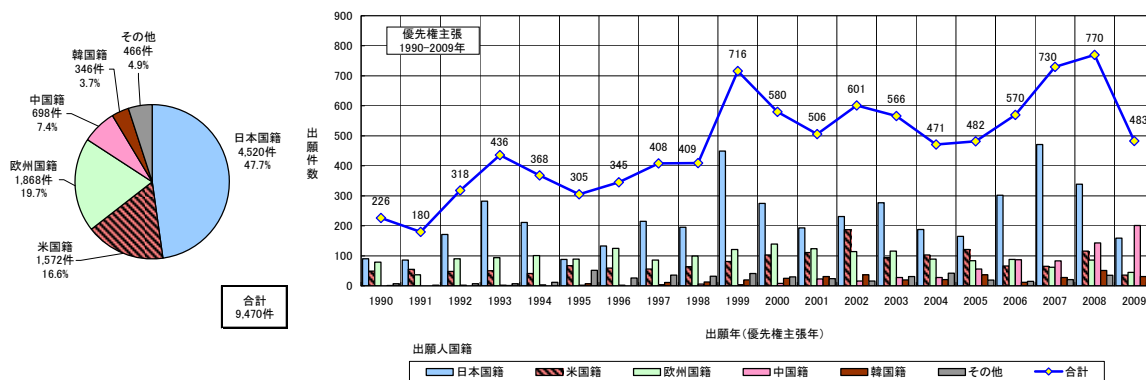


2. 技術区分/応用用途・分野/課題別一出願人国籍別出願件数推移

全ての出願人国籍（日米欧中韓、その他国籍）による出願について、要素技術大区分別の出願件数推移を図 11～図 19 に示す。いずれの要素技術においても、累積出願件数が最も多いのは日本国籍の出願人によるものである。次いで、米国籍と欧州国籍の割合が多い。

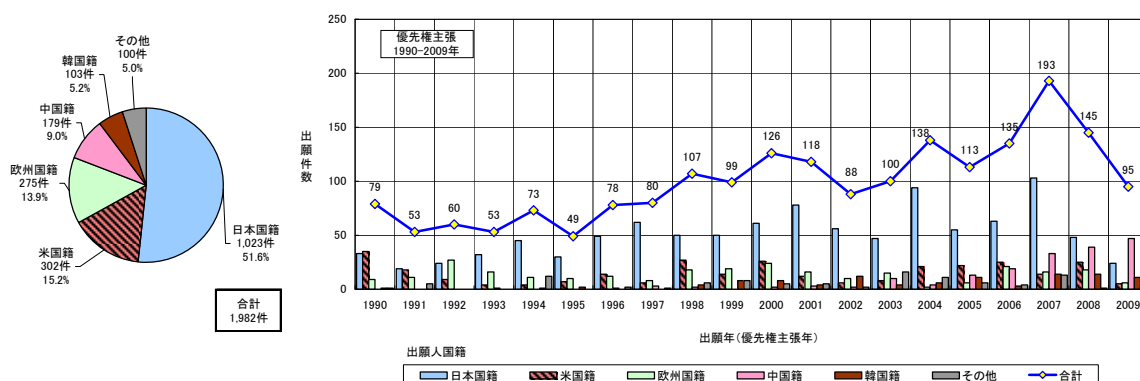
要素技術大区分別に見ると、「膜種類」「エレメント/モジュール構造」「オペレーション」は 1999 年以降、「システム化技術」は 1997 年以降横ばいとなっている。「膜構造」は 2000 年～2002 年にかけて出願件数が大きく増加したが、2003 年に大きく減少し、それ以降横ばいとなっている。「プラントエンジニアリング」は 1990 年～1996 年まで漸増傾向にあり、それ以降は横ばい・漸減となっていたが、2006 年を境に日本国籍・中国籍の出願が大幅に増加している。

図 11 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、大区別：膜種類）



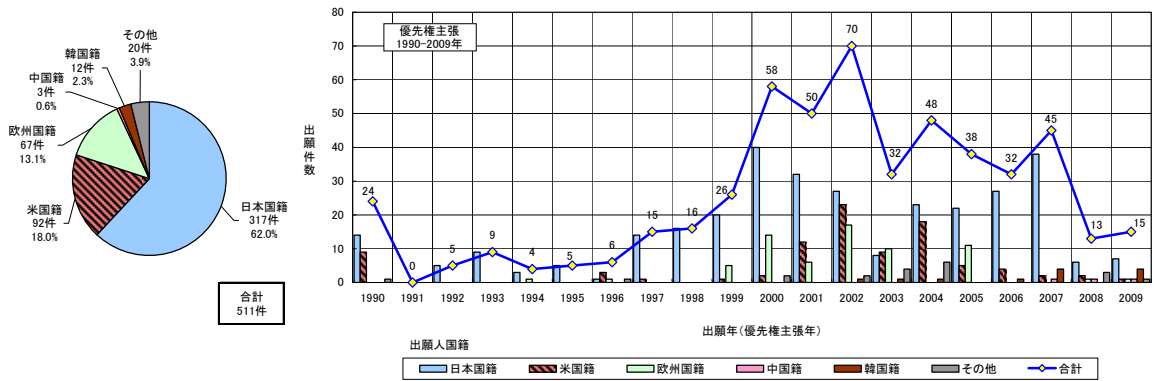
※2008 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図 12 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、大区別：膜素材）



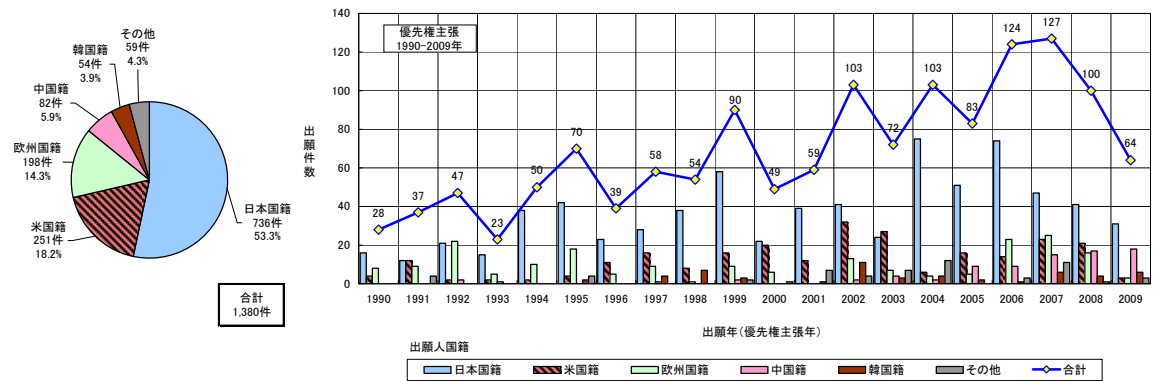
※2008 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図 13 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、大区分：膜構造）



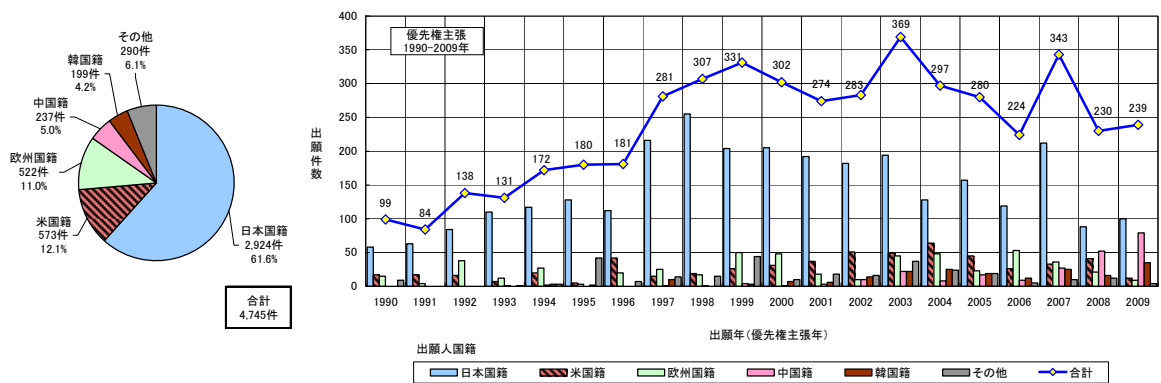
※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図 14 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、大区分：膜製法）



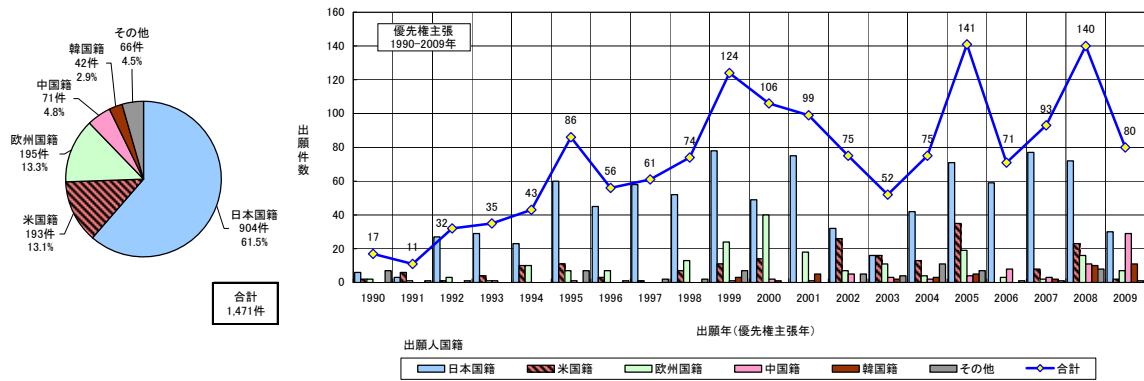
※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図 15 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、大区分：エレメント/モジュール構造）



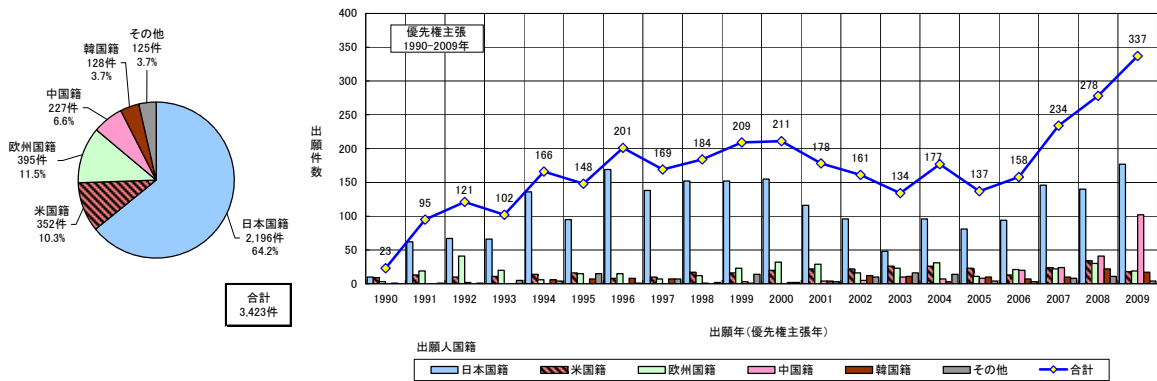
※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図 16 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、大区分：エレメント/モジュール製法）



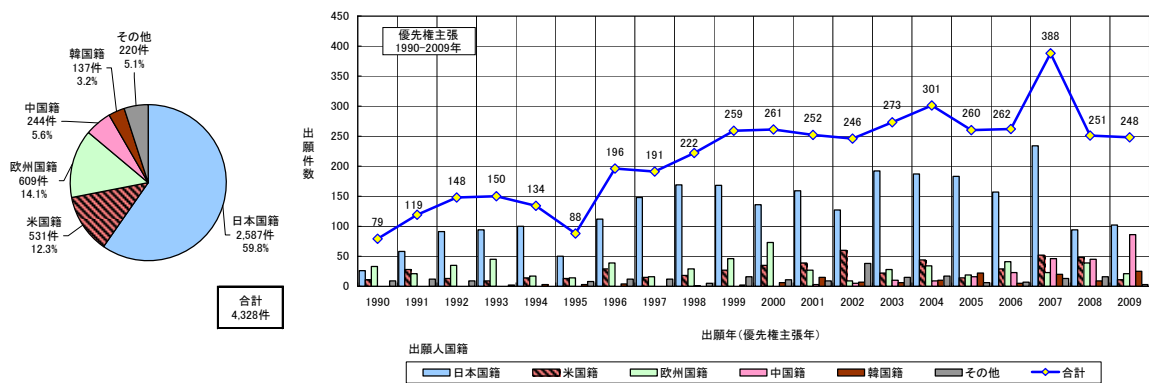
※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図 17 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、大区分：プラントエンジニアリング）



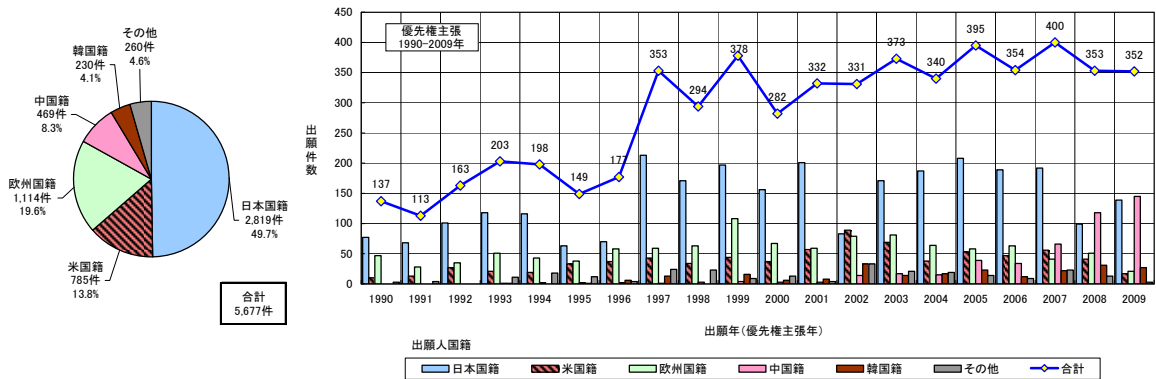
※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図 18 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、大区分：オペレーション）



※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

図 19 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、大区分：システム化技術）



※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

第3節 注目研究開発テーマ別動向分析

1. 注目研究開発テーマ別—出願人国籍別出願件数

表 5 に示した 5 つの注目研究開発テーマに係る全体的な特許分析結果を以下に示す。

5 つの注目研究開発テーマの中で、特許件数が最も多いのは、テーマ 5：「膜処理プロセスとその他の水処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発」であり、ついでテーマ 1：「膜処理プロセスの運転高効率化にかかる技術」となっている。日米欧中韓の各国への特許出願件数では、いずれのテーマにおいても日本国籍特許の数が突出して大きくなっているが、PCT への特許出願件数では日本国籍による出願が多いのはテーマ 1：「膜処理プロセスの運転高効率化にかかる技術」のみで、その他項目では欧米国籍による出願が多い。特に、テーマ 5：「膜処理プロセスとその他の水処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発」については、欧米国籍による出願が日本国籍に比べて 2 倍近く多い。

図 20 注目研究開発テーマ別—出願人国籍別出願件数（出願先：日米欧中韓）

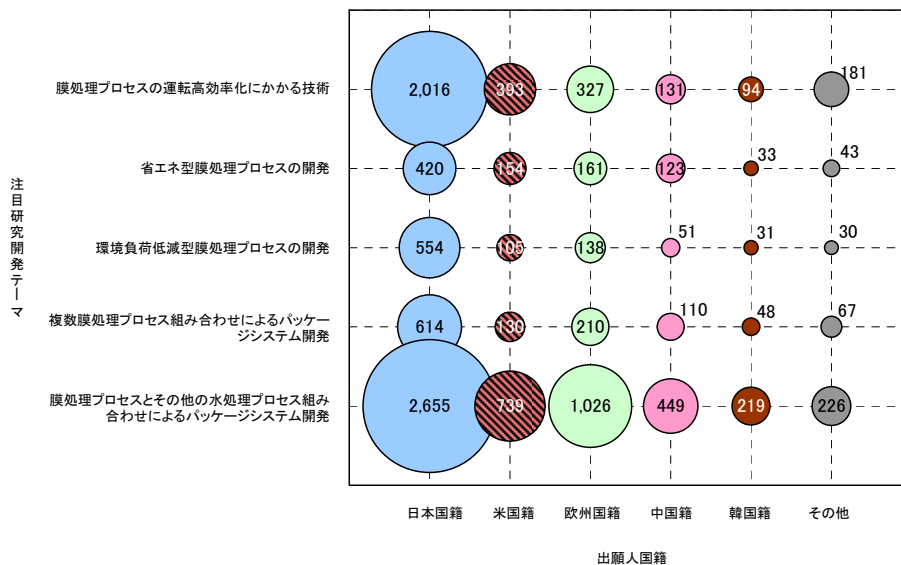
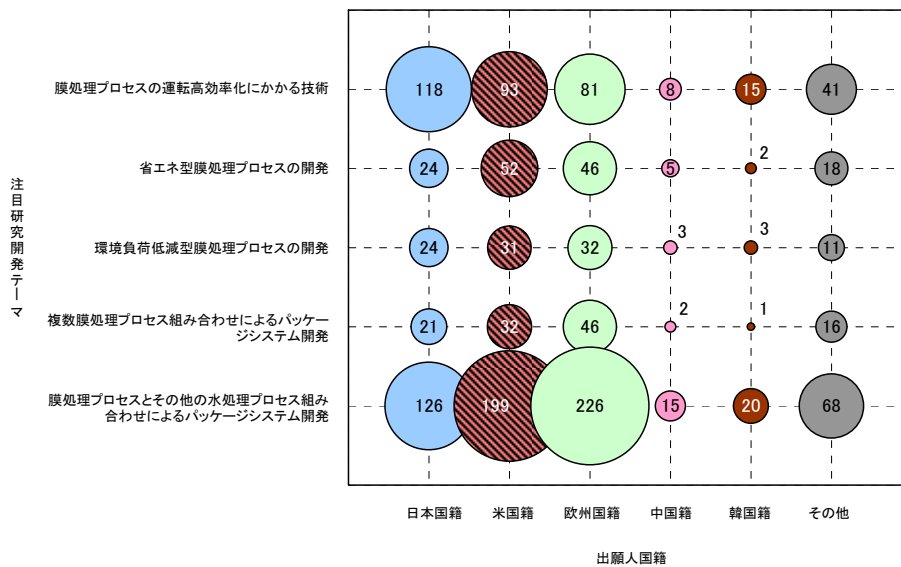


図 21 注目研究開発テーマ別—出願人国籍別出願件数（出願先：PCT）

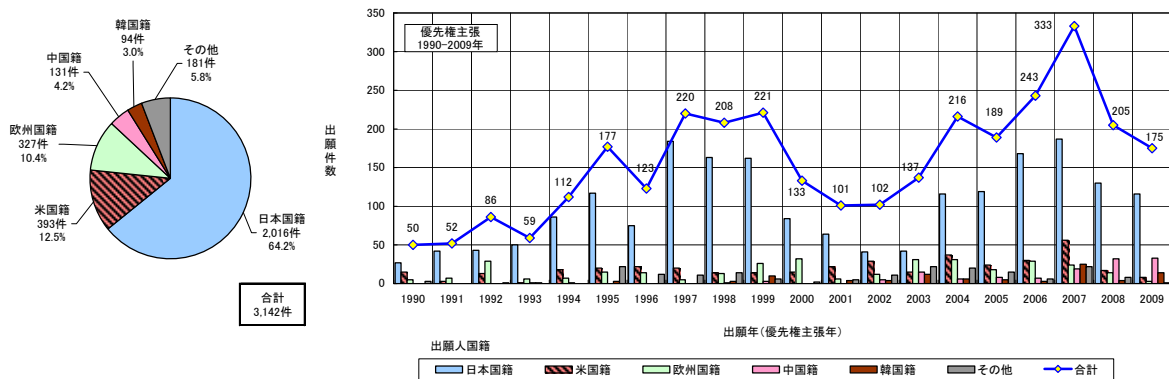


2. 出願人国籍別出願件数推移

(1) 膜処理プロセスの運転高効率化にかかる技術

ファウリング対策や透過速度向上を目的とした膜処理プロセスの運転高効率化に係る技術についての日米欧中韓への各国特許出願数では、1990年代後半から増加し、2000年から一度減少した後、近年再び増加傾向にある。

図 22 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、膜処理プロセスの運転高効率化にかかる技術）

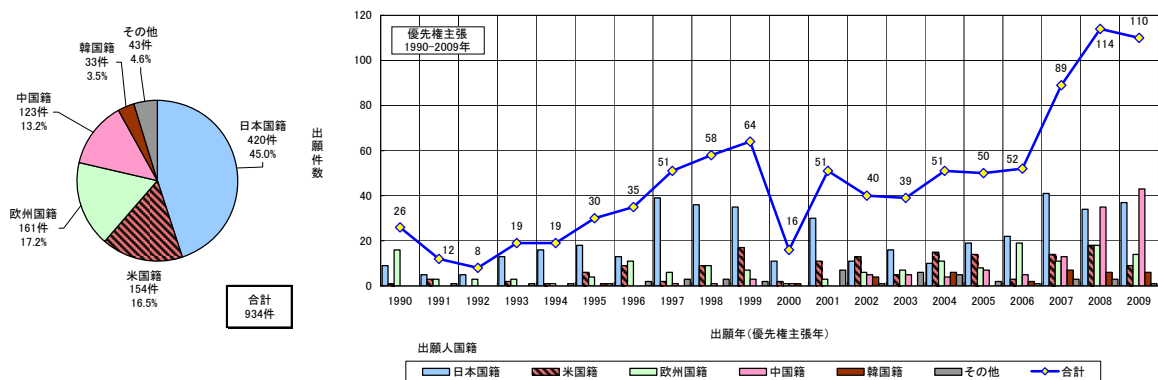


※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

(2) 省エネ型膜処理プロセスの開発

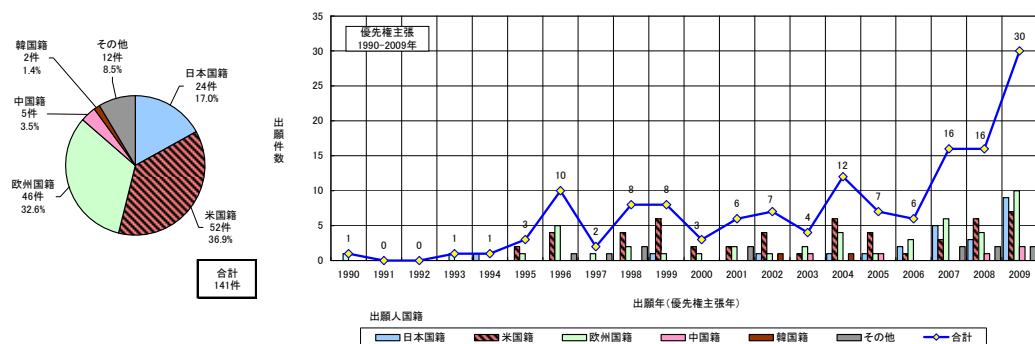
省エネ型膜処理プロセスの開発にかかる特許は増加傾向にある。特に2007年頃からは急増しており、各国への出願数については日本、中国籍出願人が、PCTへの出願数については欧州、米国籍出願人がその原動力となっている。

図 23 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、省エネ型膜処理プロセスの開発）



※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

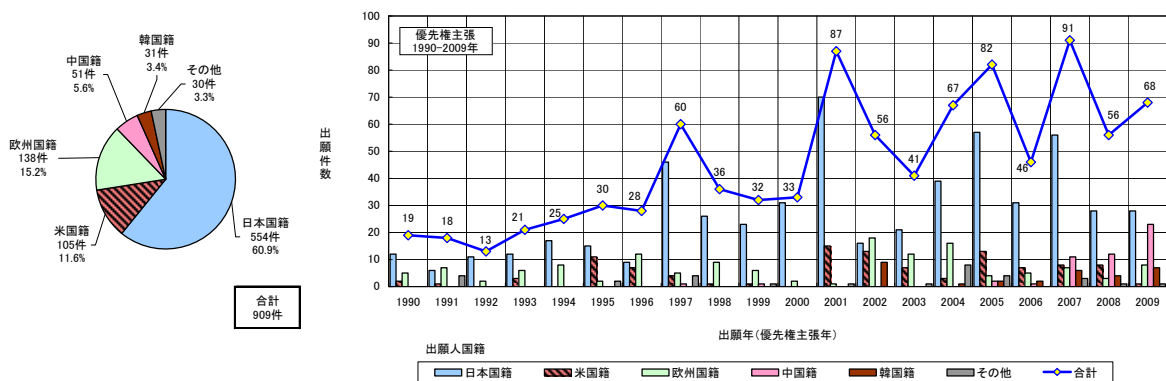
図 24 出願人国籍別出願件数推移（PCT出願、省エネ型膜処理プロセスの開発）



(3) 環境負荷低減型膜処理プロセスの開発

環境負荷低減型膜処理プロセスの開発については、他のテーマに比べて特許出願数は比較的少ないが、日米欧中韓への出願数では変動が大きいものの概ね増加傾向にある。本テーマでは日本国籍出願人による出願数が全体の60%以上を占めている。

図 25 出願人国籍別出願件数推移（出願先：日米欧中韓、環境負荷低減型膜処理プロセスの開発）

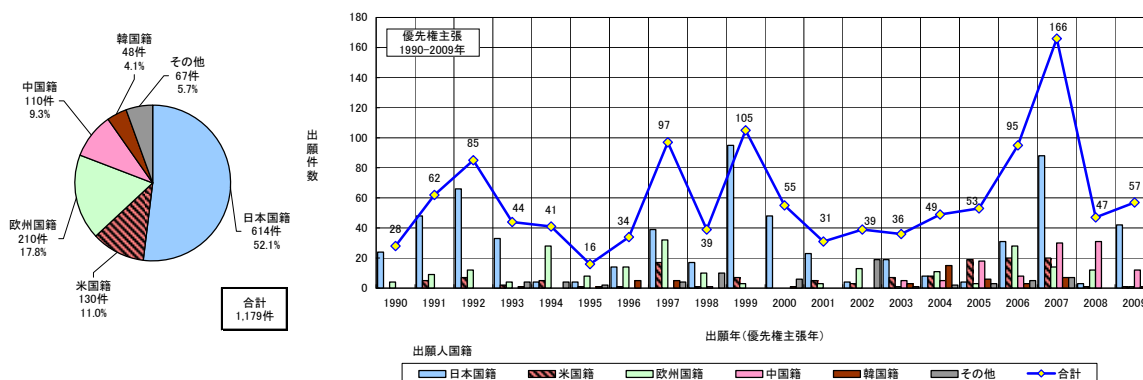


※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

(4) 複数膜処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発

複数膜処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発については、出願件数が2005年から急増している。各国への出願は日本国籍出願人を中心に行われているが、2004年以降は米国籍や中国籍出願人による出願も増加傾向にある。

図 26 出願人国籍別出願件数推移
(出願先：日米欧中韓、複数膜処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発)

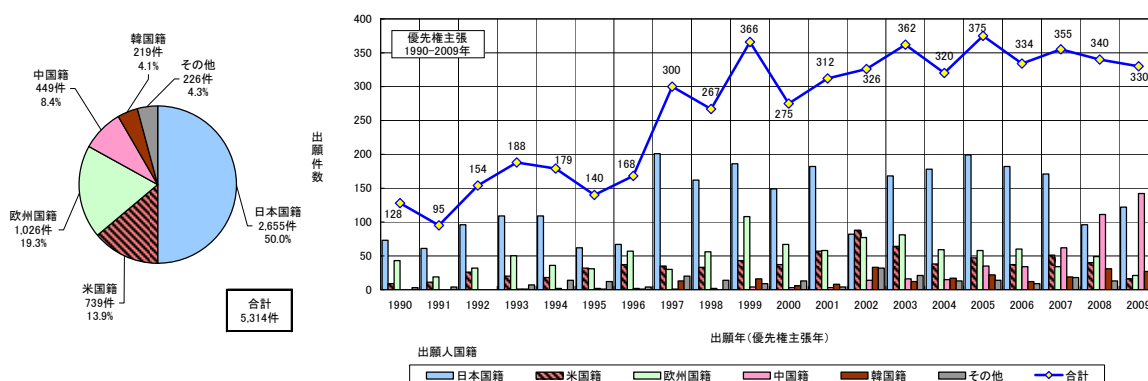


※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

(5) 膜処理プロセスとその他の水処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発

膜処理プロセスとその他の水処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発については、出願数は1999年ごろより年間300件程度で概ね横ばいで推移している。各国への出願については2007年頃までには日本国籍出願人が、以降は、日本国籍に加え中国籍出願人による特許が大きな割合を占めている。

図 27 出願人国籍別出願件数推移
(出願先：日米欧中韓、膜処理プロセスとその他の水処理プロセス組み合わせによるパッケージシステム開発)



※2008年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

第3章 研究開発動向分析

第1節 調査概要および情報収集方法

本調査が対象とする文献は 1990 年～2010 年までに特定の論文誌、研究会、国際会議で発表された、水処理膜に関する学術論文である。

独立行政法人科学技術振興機構（JST）の論文データベース検索サービス JDreamII において対象論文の抽出を行った。また、本分野における主要誌ではあるものの、JDreamII に含まれていなかった Desalination and Water Treatment Science and Engineering（ISSN: 1944-3994）については、個別の条件で絞込みを行い、調査の対象とした。

上記の結果抽出された合計 7,745 件の論文について、特許と同様の軸で分析を行った。なお、水処理膜と関係のないものに関しては除外を行い、結果として 6,309 件の論文が集計対象となった。また、国籍別の集計に際しては、筆頭著者の所属機関の国籍のみを集計対象とした。

第2節 全体究動向分析

集計対象とした 6,309 件について、論文が掲載されている論文誌や研究会報告書の解析を行った。論文誌や研究会報告書総数は 800 件であった。これらのうち、集計対象とした論文数の上位 30 誌を表に示す。日本で発行されている論文誌/研究会報告書は、上位 30 位の中で 5 誌、論文数にして 132 件（全体の 2%）を占めている。

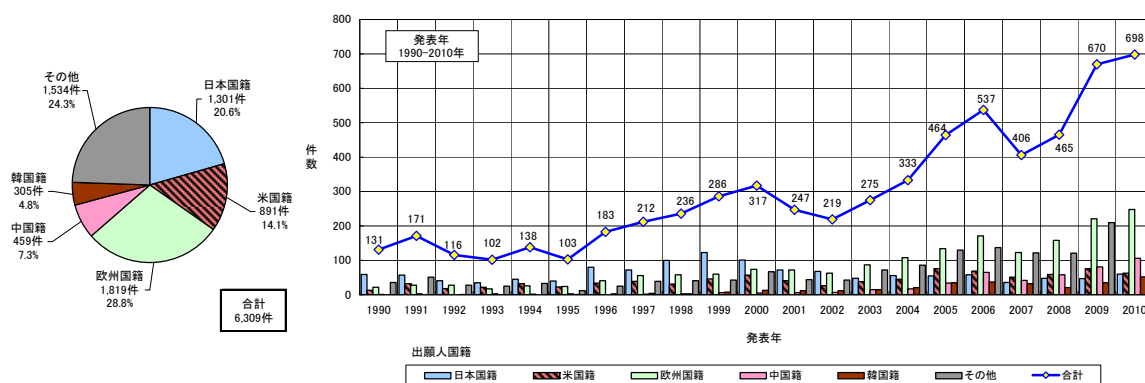
表 9 論文誌/研究会報告書別論文件数（上位 30 誌）

順位	論文誌/研究会報告書	件数
1	J Membr Sci	1,020
2	Desalination	946
3	Water Sci Technol	459
4	Desalination and Water Treatment Science and Engineering	401
5	Water Res	275
6	Sep Sci Technol	159
7	Sep Purif Technol	126
8	Environ Sci Technol	114
9	Khim Tekhnol Vody	66
10	J Appl Polym Sci	63
11	J Hazard Mater	53
12	Bioresour Technol	51
13	Water Sci Technol Water Supply	49
14	Proc AWWA Annu Conf (Am Water Works Assoc)	42
15	水道協会雑誌	40
15	Water Environ Res	38
17	Process Biochem	37

順位	論文誌/研究会報告書	件数
18	Chem Eng J	36
18	Ind Eng Chem Res	36
20	J Environ Eng	34
21	Environ Prot Eng	27
21	日本海水学会誌	25
23	Environ Technol (Lett)	24
24	Off Proc Int Water Conf	24
25	日本水環境学会年会講演集	24
26	水環境学会誌	23
26	J Chem Technol Biotechnol	20
28	Proc Membr Technol Water Ind	20
29	日本工業用水協会研究発表会講演要旨	20
30	Environ Prog	19

全ての技術区分における、研究者所属機関国籍別論文件数推移を図に示す。1990年～2000年前後まで、論文数は日本国籍が全体をリードする形で、漸増傾向にあった。2002年を境に、論文数は増加のペースを増したが、日本国籍は横ばいに転じ、代わって欧州、その他の国籍、そして中国籍による論文が増加傾向を見た。累積件数では、欧州国籍、日本国籍、その他の国籍がほぼ同等で、合わせて75%程度を占めている。

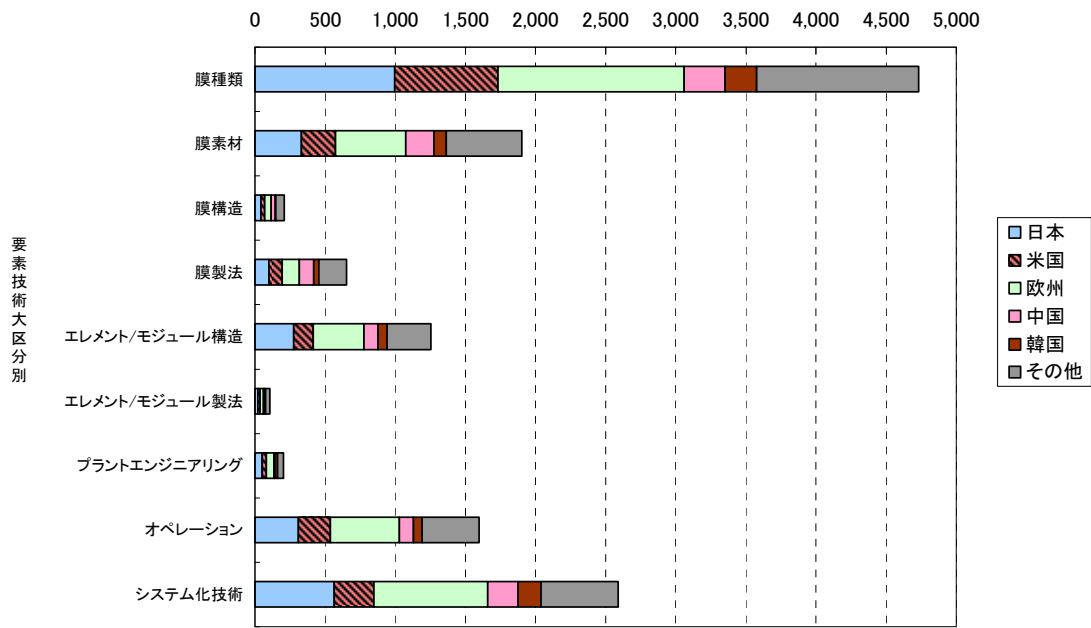
図 28 研究者所属機関国籍別論文件数推移



第3節 技術区分別動向分析

技術区分（大区分）別の研究者所属機関国籍別論文件数を図に示す。技術区分別では、膜種類に関する論文が圧倒的に多い。国籍の分布は、ほとんどの技術区分において、全体傾向と同様、欧米、日本、その他が同程度に多くなっている。

図 29 要素技術大区別研究者所属機関国籍別論文数推移件数



第4章 政策動向

第1節 我が国の政策動向

経済産業省では、世界的な水問題に対し、我が国企業の強みを生かしてその解決に貢献するべく、2009年10月より「水ビジネス国際展開研究会」（座長：伊丹敬之 東京理科大学大学院教授）を開催し、課題及びその解決のための具体的方策について議論を行った。研究会では具体的方策の検討にあたって、現状認識として、我が国民間企業は、「部材・部品・機器製造」では水処理機器メーカーが、「装置設計・組立・建設」ではエンジニアリング企業が、「事業運営・保守・管理」では商社等が分野毎に分かれて参画している点、これまで海外市場のプロジェクトにおいては、水メジャー等がプライム・コントラクターとなり事業権を獲得し、我が国企業は、出資としての参加や、サブ・コントラクターとしての機器納入やEPCが主体となっている点、我が国水ビジネス関連産業の強みとして、海水淡水化等に用いる水処理膜の分野をはじめ、特殊な産業用途向けの超純水製造、ポンプ、配管等の分野に競争力のある技術を有する点を挙げている。また加えて、耐震技術、漏水防止に関連する技術、下水再生利用等の「省水」の分野においても高度な技術を有する（海水淡水化に不可欠とされるRO膜では、我が国企業の世界市場におけるシェアが約5割）と整理している。一方、弱みとしては、我が国の水事業が長らく公営事業として実施されてきたため、我が国企業には、海外事業案件の入札に際し必要とされる程度（給水量・給水人口、年数）の水事業の運営・管理にかかる経験がないことが指摘されている。また、従来公共事業を中心に原価主義で事業を行ってきた企業の、顧客ニーズに応えつつ国際的に競争力のある価格を提示するための低コスト化も課題となっている、と整理している。

上記認識を踏まえて、我が国企業が事業チャンスを狙うべき分野として、伝統的な上下水分野である「ボリュームゾーン」では、事業の運営・管理、日本の優位な水循環技術の活用が求められる分野である「成長ゾーンでは」、事業の運営・管理に加え、システム心臓部（ブラックボックス化）の設計・建設、日本企業がシングルソースとなりうる付加価値の高い機器・部材と特定している。

経済産業省「水ビジネス国際展開研究会報告書」において示された通り、水処理膜は水ビジネスの領域において我が国が高い国際競争力を有する分野として認識され、今後ともその競争力を強化していく方向性の政策が示されている。

以下は、我が国でこれまで実施されてきた水処理膜に関連する国の予算による研究開発プロジェクトの一覧である。

表 9 水処理膜に関する我が国の国家プロジェクト

年度	プロジェクト名	分野	機関
1975～	茅ヶ崎研究所における実証実験	淡水化	通産省（現経済産業省）・（財）造水促進センター
1985～1990	水総合再生利用システムの研究開発：アクアルネッサンス'90計画	下水・廃水	NEDO
1991～1993	膜利用新浄水システム開発研究（MAC21計画）	上水	厚生労働省・（財）水道技術研究センター他
1994～1996	膜利用型新高度浄水技術開発研究（高度処理 MAC21）		
1997～2001	高効率浄水技術開発研究（ACT21）		
2002～2004	環境影響低減化浄水技術研究（e-Water）		
2005～2007	安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究（e-Water）		
2009	日本版次世代 MBR 技術展開プロジェクト（A-JUMP プロジェクト）	下水	国土交通省
2009～2013	省水型・環境調和型水循環プロジェクト	上下水/廃水/淡水化	NEDO
2009～	戦略的創造研究推進事業：持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム	上下水/淡水化	JST
2009～	先端研究助成基金最先端研究開発支援プログラム：Mega-ton Water System	上下水/淡水化	学術振興会
2011	下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）	下水	国土交通省

第2節 諸外国の政策動向

欧州委員会では研究技術開発プログラムとして、1980年代から水分野の研究開発にとりくんでいる。その後2002年からの第6次枠組みプログラム（2002年～2006年）の中の優先分野である地球規模変化・エコシステム分野の中に、水処理膜技術に関連するテーマとして、「欧州および発展途上国における地球規模変化の文脈での統合的都市水管理」、「膜分離活性汚泥技術の下水処理における発展」、「飲料水の浄水・配水に関する技術およびシステム」、「下水処理における新しいコンセプト、プロセス」、「海水淡水化の発展」、の各テーマについてプロジェクトが実施された。また、第7次枠組みプログラム（2007年～2013年）では、「水処理におけるナノテクノロジー」のテーマが実施されている。上記のうち膜分離活性汚泥法に関するプロジェクトについては第6次枠組みプログラムで約1300万ユーロの予算が投入され4件のプロジェクトが実施されるなど重点的に実施されている。以下に4プロジェクトの概要を示す。下記の4プロジェクトでは、MBRネットワークを構築し、相互に情報共有、発信を行っている。

米国では水処理膜の初期から開発が積極的に行われている。政府による研究開発施策としては内務省が中心となり、大学を中心とした研究機関への研究費の拠出を行なっている。1996

年から実施されている研究開発プロジェクト（Desalination and Water Purification Research Program）では米国および世界全体での飲料水需要増加に対応するために、効率的、効果的、実現可能な海水淡水化・再利用の技術開発を目的として行われた。2010年からの研究開発として、新たに約130万ドルの研究資金が拠出され、特に海水淡水化における環境負荷削減、省エネルギーに関する技術開発が行われている。

中国では1986年以降本格的に国家科学技術計画を策定し、科学技術に関する国家プロジェクトを推進している。第11次5カ年計画の期間に策定された、「十一五国家科学技術計画体系」では、科学技術重大専門プロジェクトとして、「水質汚染の抑制と管理体制の確立」が示されている。中国では2011年より第12次5カ年計画が実行されている。同計画においても環境対策の中で水質汚濁防止が重視されていることから、今後も重点分野とされることが予想される。

韓国では2007年7月に「水産業育成5カ年細部推進計画」を発表し、「現在11兆ウォン程度の国内水関連産業の規模を2015年までに20兆ウォン以上に育て、世界10位圏に入る企業を2つ以上育成する」という野心的な計画を打ち出している。国内水関連産業を育成する具体的な方法として、水関連分野の研究開発支援による国際競争力向上の促進も積極的に行われている。特に、2006年に開始された海水淡水化関連技術開発プロジェクト「SEAHERO」は、期間5年8ヶ月、予算規模1600億円の大規模なプロジェクトとなっている。「SEAHERO」が終了する2011年以降に新たなプロジェクトとして、エコイノベーションプロジェクトが2011年～2020年の期間で実施される予定であり、プロジェクトでは水処理膜を海水淡水化用途だけでなく、工業排水処理、下水処理、再生処理への適用についても研究がなされる予定となっている。

第3節 水処理関連技術に関する標準化動向

排水再生利用分野での市場拡大が期待されるMBRについては、現状では国際標準化には至っていないものの、欧州、中国、日本において標準化に向けた動きが見られる。

EUでは、下水処理に用いるMBRに着目し、2004年にEU委員会にMBR検討委員会を設置し、フレームワークプロジェクトの一貫として標準化に向けた検討を進めた。本検討の主導権はドイツが握っているとされ、2008年11月にはCEN（欧州規格）合意文CWA15897として公表している。この合意文書は3年後（2011年11月）に、①廃止、②有効期間の延長、③上位の基準等に向けた検討、のいずれかを選択することとされていたが、2012年2月時点で関連する情報は得られていない。

中国では、MBRについて国家標準、業界標準（化学工業分野、環境保護分野）等、7種類の規格、基準類を制定している。中国でのMBR関連規格・基準類は、政府の関連部署が各々の立場から別々に作成しているものとの見解もある。特に中空糸MBRについては流入水質、管理パラメーター、放流水質に関する詳しい規定が定められているが、平膜についての標準化は見当たらない。なお、これら規格を定める過程では、大学、公的機関が参画している。

我が国では2009年に「下水道への膜処理導入のためのガイドライン（第1版）」を策定している。ガイドラインは、地方公共団体が下水道への膜処理技術導入あたって検討すべき事項や留意事項を示したものであり、以下の検討項目を含んでいる。

- ・ 膜処理技術の概要や下水道への膜処理技術導入の意義等

- ・ MBR を主として新設の下水処理場に導入する場合の検討事項
- ・ MBR を既設の下水処理場に導入する場合の検討事項
- ・ 膜処理技術を再生水利用のために導入する場合の検討事項

同ガイドラインは2011年3月に、国の実施した実証事業(A-JAMP)や研究開発の成果、国内外における最新の知見をもとに、維持管理情報とコスト情報を充実させた第2版が出されている。またNEDOは、2010年からMBRの国際標準化への対応に向けた基礎調査を開始している。

第5章 市場動向

水処理膜の市場動向として、MF膜、UF膜、NF/RO膜、MBRの動向を整理した。

第1節 MF膜 UF膜の市場動向

Global Water Intelligenceによると、MF膜UF膜を合計した市場規模は2007年に344百万ドルに上り、そのうち産業分野が100百万ドルを占めるとしている。

MF膜は国内よりも海外での需要が圧倒的に高く、国内メーカーによるMF膜モジュール生産額のうち国内向けは18%にとどまり、残りは海外輸出である。国内では浄水場における高度水処理技術としての導入が多いが、海外では下水・排水施設での採用が増加している。市場規模は年々拡大傾向で推移している。ただし、数量ベースでは毎年10%以上の高い伸長率である一方、金額ベースでは6~7%の伸びであり、価格競争が激化していることが考えられる。需要分野は浄水場や下水処理施設等の公共分野での利用が3割、残りは民間分野で、食品・飲料、製薬、化学分野等では製造プロセスとして、半導体・FPD分野では純水・超純水製造等で利用されている。今後とも世界的な需要拡大が予想されるが、競争激化による価格低下が懸念される。特に海外の下水処理等の官需分野においてMBRを用いた大規模案件が発生するものと予想され、普及が進む中国や米国での受注獲得に国内外メーカーによる競争が始まっている。

UF膜市場規模はMF、RO膜市場に比べて規模は小さいが、浄水場の高度ろ過、純水・超純水の製造等の分野で利用されている。近年、民間分野における超純水やプロセス水製造分野での需要が高まっているが、水道用膜ろ過装置ではUF膜よりMF膜の比率が高まりつつあることから、国内公共分野の需要は減少傾向にある。UF膜市場は拡大傾向にあるが、他の膜と同様シェア獲得に向けた価格競争が激化している。

半導体製造や医療分野等でのプロセス水製造用途は拡大傾向だが、水道用膜ろ過装置ではMF膜へのシフトが進んでいる。しかし、UF膜は、単独での使用は少なく、RO膜等膜との組み合わせで利用されることから、今後RO膜の需要拡大に伴ってUF膜の需要も増加すると予想される。なお、他の膜と同様、価格競争は継続するものと予想される。

第2節 NF膜 RO膜の市場動向

Global Water Intelligenceによると、NF膜RO膜を合計した世界市場規模は上下水分野で313百万ドル、RO膜に限った産業分野で156百万ドルにのぼる。市場の大半はRO膜で、NF膜は市場全体の数%である。

RO膜は水中の塩分除去、超純水製造、濃縮水精製、発電所の復水処理装置、下水・排水再利用等の幅広い分野で利用されるが、需要は国内（日本メーカー販売量の1割）よりも海外（同9割）が圧倒的に大きい。

RO/NF膜市場はここ数年10%以上の高い伸長率で成長している。特に、近年は海水淡水化装置での需要が急増している。RO膜市場については、この2~3年で大きな伸びを見せているが、今後とも、水資源の限定的な地域における海水淡水化案件の増加により更なる拡大が

予想されている。既に各社とも海水淡水化用 RO 膜の増産を開始しており、今後、海水淡水化分野での価格競争、技術開発競争が激化するものと考えられる。一方、半導体分野等での超純水製造用途での伸びは鈍化しつつある。また、今後は、下水再生や工業排水再生に分野での需要も期待されている。二次処理水の再生プロセスでは MBR+RO が主流となっており、MBR 市場と連動した RO 膜市場の拡大も予想される。

地域別に RO 膜 NF 膜の市場規模をみると、東アジア・太平洋、中東・北アフリカ地域、北米地域の順に市場規模が大きい。特に、中東・北アフリカ地域および東アジア・太平洋地域の中では今後も海水淡水化施設を中心として大きな市場規模の伸びが見込まれる。

第3節 MBR（膜分離活性汚泥法）

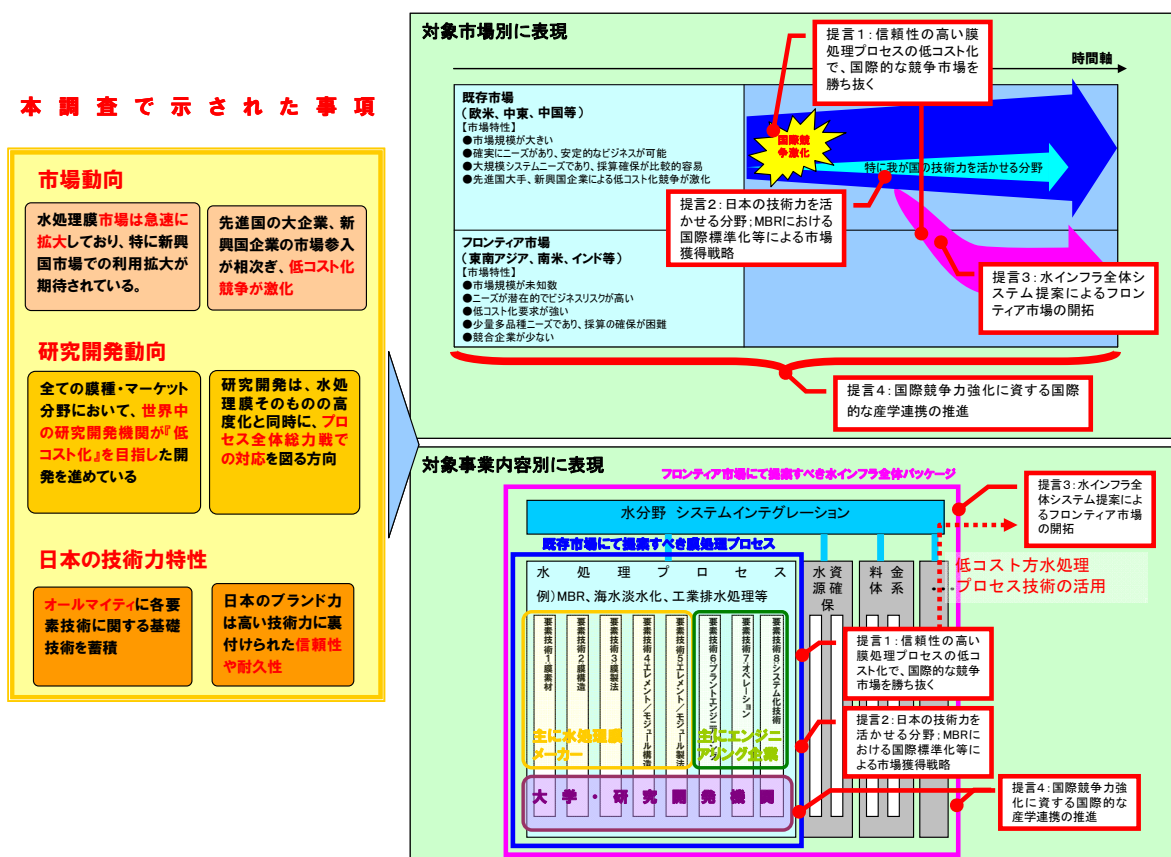
水不足の深刻な地域で下水・排水再利用ニーズが高まっており、活性汚泥法と MF 膜・UF 膜を組み合わせた MBR（膜分離活性汚泥法）の市場が増加傾向にある。日本メーカー販売量のうち、国内需要は 3 割程度で、海外需要が大きな分野である。MBR 市場はここ数年で急成長しており、2006 年度は金額ベースで前年比 27% 増の高い成長率を示している。需要分野では、3 割以上が海外を中心とした下水処理場・浄水場等の公共分野である。残りの民間需要では、食品・飲料分野での排水処理用途が比較的大きい。特に水不足の懸念が高い地域において、下水再生・排水再生分野の需要が拡大すると予想される。現在では欧米や中国、韓国等が主要な市場だが、今後は中東での普及も期待されている。ただし、市場拡大が期待されている MBR 事業には参入企業が相次いでおり、競争激化が予想される。

第6章 総合分析

第1節 日本が取り組むべき課題、目指すべき研究開発・技術開発の方向性

これまでの各動向分析・調査に基づいて、今後、我が国の水処理関連産業がさらなる発展を遂げるために取り組むべき課題、目指すべき研究開発、技術開発の方向性について 4 つの提言をまとめた。

図 28 日本が取り組むべき課題、目指すべき研究開発・技術開発の方向性



提言 1 : 信頼性の高い膜処理プロセスの低コスト化で、国際的な競争市場を勝ち抜く

水処理膜市場は、新興国市場を中心に急速に拡大しつつあり、同時に大きな低コスト化圧力にさらされている。特に、大きな市場規模を有する先進国や中東、中国等既存市場においては安定的なニーズはあるものの、先進国の水メジャー、エンジニアリング系大手事業者、新興国企業による低コスト化競争が年々熾烈になっている。一方、これから市場創出が期待される東南アジア、南米、インド等フロンティア市場については、現段階では競争はさほど激しくはないものの、官需・民需ともに顧客からの低コスト化要求が強い。いずれにしても、今後、水処理膜にかかる世界市場において国際競争を勝ち抜いていくためには、低コスト化が市場獲得の最大のポイントになるのは間違いない。

水処理膜プロセスにおける大きなコスト要因は、エネルギー使用、薬品消費、膜モジュール費用等が挙げられるが、特に日本企業が海外市場でビジネス拡大を期待する RO 膜、MBR 分野においては、エネルギーコストが最大のコスト要因となる。エネルギーの多くは膜に付着する汚染物質の除去等(ファウリング物質)に対する膜の性能維持のために消費されている。そのため、汚染物質を確実に除去して目的品質の処理水を得るという「信頼性」を膜処理のみで確保しようとする、エネルギー使用量を抑えて「低コスト化」することが困難となり、日本企業による水処理膜プロセスは「信頼性は高いが、高コスト」との評価を受けやすい。その中で、一部新興国事業者等に散見される「低コストだが、信頼性は低い」水処理膜プロセスの台頭は、水処理膜プロセス全体に対する信用低下につながる懸念もある。我が国水処理関連産業は信頼性と低コストの両立という難題を早急にクリアして健全な市場の勝者にな

ることを目指す必要がある。

特許動向分析、研究開発動向分析によると、世界各国の水処理関連事業者・研究者が水処理膜の低コスト化を目指す開発を進めている。その中でも日本勢は、膜素材・構造・製法、エレメント/ジュール構造・製法、プラントエンジニアリング、オペレーション、システム化等、偏りなくあらゆる視点からの開発が進められてきたという特徴を持つ。その主体は、化学メーカーを中心とする膜メーカー、エンジニアリングメーカー、化学系研究者、機械系研究者等多岐にわたるが、いずれの分野でも省エネルギー、ファウリング対策等低コスト化を目指した研究ストックを有している。信頼性を維持したままさらなる低コスト化を図るためには膜単体の低コスト化努力では限界があるため、プロセス全体の総力戦で低コスト化を図る必要がある。各分野の水処理膜関連事業者による技術ストックの持ち寄りと統合によって信頼性と低コスト化両立に向けた取組が加速すると期待される。

具体的なアクション例

- ・ 水処理膜に関わる各要素分野における「信頼性維持+低コスト」実現に向けた研究開発の推進
- ・ 水処理膜プロセス全体での低コスト化を実現するために、各要素技術を有する関連事業者間・研究者間での積極的な連携を図る
- ・ 水処理膜プロセスにかかるイニシャル・ランニングコストの低減を実現することを目指し、現地事業者との連携など価格の現地化に向けたビジネスモデルを構築する
- ・ 「信頼性維持+低コスト」技術にかかる、国際市場展開を念頭に置いた知財戦略の検討 等

提言2：日本の技術力を活かせる分野：MBRにおける国際標準化等による市場獲得戦略

前述のとおり、水処理膜にかかる国際市場は競争激化の一途をたどっている。特に、ドイツや韓国、シンガポールなどでは、水ビジネス海外展開が国策によって強力に推進されており、強力なライバルになっている。このような中で、日本勢が存在感を高めていくためには、特に、日本の得意とする分野について強力な Made By Japan ブランドを確立することが期待される。

市場動向調査結果によると世界的に日本が高いシェアを誇っているのはRO膜であるが、RO膜分野は技術開発が一定程度成熟段階にあり、技術力による市場獲得は難しい。一方、1990年代初期より我が国が国家プロジェクトとして研究開発投資を継続してきたMBRについては、今だ研究余地が大きく、我が国の技術力を活かせる可能性がある分野である。MBRをRO膜に次ぐ我が国得意分野とするために、本分野での技術開発と市場獲得に注力することが考えられる。なお、RO膜とMBRについて優位性を獲得すれば、『海水淡水化による浄水供給と、MBRによる下水再生』というパッケージを有利に提案できることになると期待される。

なお、MBRは、徐々に海外市場で適用例が生まれつつあるものの、本格的な市場拡大は今後数年の間と想定される。この間、より普及しやすい次世代MBRの開発や、戦略的な市場獲得が求められる。新しい技術だからこそ、顧客が技術に対する理解不足から誤った設置や運用により十分に機能を発現できないリスクや、信頼性の低い低コストな類似プロセスの登場によって技術自体の信用低下を招く等の事態も懸念される。我が国の蓄積する技術的知見や運用ノウハウ等の棚卸によるガイドラインの策定や、さらには国際標準化提案等の方向性も考えられる。

インフラ分野では、一般的に欧米主導による国際標準化が目立ち、仕様への対応困難から日本勢は困難を強いられている。国際標準化は、健全な市場育成と同時に、自国仕様の適用

地域拡大による競争上のメリットが期待できる。なお、MBR については欧州においても標準化の動きがみられるものの、国際標準化までは至っておらず、スピード感のある取組が求められる。

具体的なアクション例

- ・ 我が国得意分野における技術的知見、運用ノウハウの棚卸しと整理
- ・ 国際市場獲得に向けた、我が国得意分野における技術の最適化と価格の現地化に向けた研究開発とビジネスモデルの検討
- ・ 我が国得意分野における関係者連携による国際標準化に向けた検討と、欧州、中国等他国における標準化検討状況のウオッチ

提言 3：水インフラ全体システム提案によるフロンティア市場の開拓

世界の水処理膜市場のうち、先進国、中東、中国等の既存市場における競争が過熱する中で、東南アジア、南米、インド等のフロンティア市場の創出に期待が集まっている。しかし、資金力に乏しいこれら新興国では低コスト化要求が強い。また、既存市場ほどの大都市圏を持たないため中小都市向けニーズが高い一方、水質や水量は地域ごとに千差万別であることから逐一カスタマイズが必要であり、採算確保の難しい『小規模多品種』市場になりやすい。

提言 1 に示した「高い性能+低コスト」技術を武器に中長期的視点でフロンティア市場開拓に先鞭をつけることが期待される。フロンティア市場では、既存の処理システムが存在せずにゼロからの水関連インフラの整備が求められる可能性が高い。ゆえに 1 プロセスでのコストではなく、インフラ全体としてのトータルコスト低減が評価されると期待される。提言 1 に示したとおり、我が国には、関連事業者や研究開発機関において、膜素材からモジュール、プラントエンジニアリング、システム化等各要素技術についてオールマイティな基礎的研究ストックが蓄積されている。さらには、本調査の対象外ではあるが、我が国には水処理膜以外の分野においても水処理関連プロセスに関する技術力が万遍なくストックされていると言われる。我が国の有する水処理関連技術・ノウハウを結集することで信頼性を維持したまま水関連インフラ全体の低コスト化努力が進められれば、水関連分野の総合力の高い我が国のフロンティア市場の開拓が可能になる。

フロンティア市場開拓に向けた全体システム提案の前提として、当該市場において顕在化が予想されるニーズを捉えることが重要になる。水関連規制や基準の制定・執行状況、資金力、水の利用形態等を調査し、当該市場で顕在化するであろうニーズに対応できる水インフラ全体システムを検討する。その上で、現地ニーズに適合すべく、要素技術の技術開発、要素技術を組み上げるシステムインテグレーションの高度化の両面で努力を行う必要がある。

なお、水処理分野において、欧米系メジャー企業の多くは、関連技術を有する事業者の買収や案件毎でのコスト上最適な事業者との連携という形でプロセス全体を制御する力を結集し、ゼロからの水関連インフラ整備を進めてきた歴史がある。一方、日本勢は中堅規模の技術分野別事業者が多数併存しており、国際競争において企業規模や限定的な守備範囲の面で不利になるケースもあるとされる。特許出願状況等をもとをはじめとする各社の技術を基に、フロンティア市場獲得に資する国際競争力向上のための国内外関連事業者間の協力体制の構築が求められる。

具体的なアクション例

- ・ フロンティア市場において顕在化が予想されるニーズの把握
- ・ フロンティア市場のニーズに対応可能な水インフラ全体システムの検討
- ・ 水処理膜に関わる各要素分野におけるニーズ対応に向けた研究開発の推進
- ・ 水関連プロセスのシステムインテグレーションを担う人材、組織の育成
- ・ 水処理膜プロセス全体、さらには、水関連インフラ全体で現地市場のニーズに対応するため、各要素技術を有する関連事業者間・研究者間での積極的な連携を図る 等

提言 4：国際競争力強化に資する国際的な産学連携の推進

既存市場、フロンティア市場ともに、海外市場への展開を円滑に行うために、戦略的な産学連携体制の構築が期待される。例えば、進出に際して十分な足がかりを持たないフロンティア市場展開にあたっては、現地の水を巡る状況や事業環境について知見を有し、関連する人的ネットワークを有する現地研究機関との産学連携が考えられる。現地研究機関研究者と情報交換を重ねつつ、現地に最適な水処理膜プロセスを共同開発することで、参入ハードルを低くすることも期待される。特にフロンティア市場については、提言 2 で示したように現地ニーズの予想・把握が非常に重要であり、産学連携を通じたニーズ把握に資する情報収集が期待される。

また、欧州をはじめ先進国の有力研究開発機関との産学連携を強化することで、共同開発技術の有用性を認識・評価し、既存市場、フロンティア市場展開に向けた後押しとなる可能性もある。

加えて、我が国水処理関連産業が国際競争力を高めるためには、研究開発人材やエンジニア確保の観点も欠かせない。研究開発動向分析では、我が国では 1995～2000 年に水処理膜研究開発は盛んに行われて以降、論文発表数の減少が見られている。有識者ヒアリングでも、水処理膜分野研究人材の層の薄さを懸念する声が聞かれた。また、我が国水処理関連研究者においては、特許出願、論文発表ともに「国内重視」あるいは「内向き」の傾向が見られる。

上述した各提言 1～3 を実現し国際競争力を強化していくためには、国際競争を先導できるグローバル標準の研究者（大学・研究機関、民間企業ともに）や開発成果の実用化を担うエンジニアの活躍が期待される。海外研究機関との人材交流等を通じて国際競争力の原動力となるような世界で通用する研究者を養成することが急務であると同時に、海外研究機関を通じたグローバル標準の研究者層やエンジニアの確保を検討することも 1 つの選択肢と考えられる。