

## 水循環の高度化に関する技術動向と展望 ～ 水処理ビジネスの新たな展開 ～

### 【要 旨】

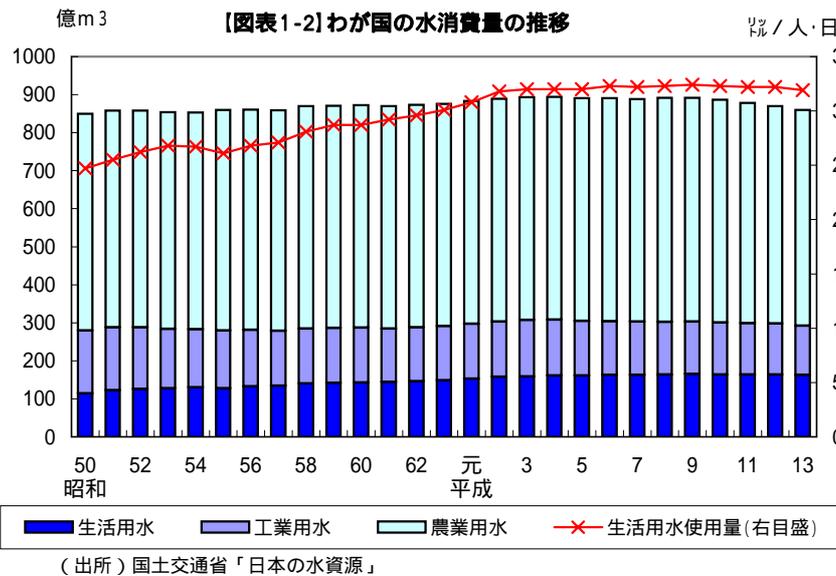
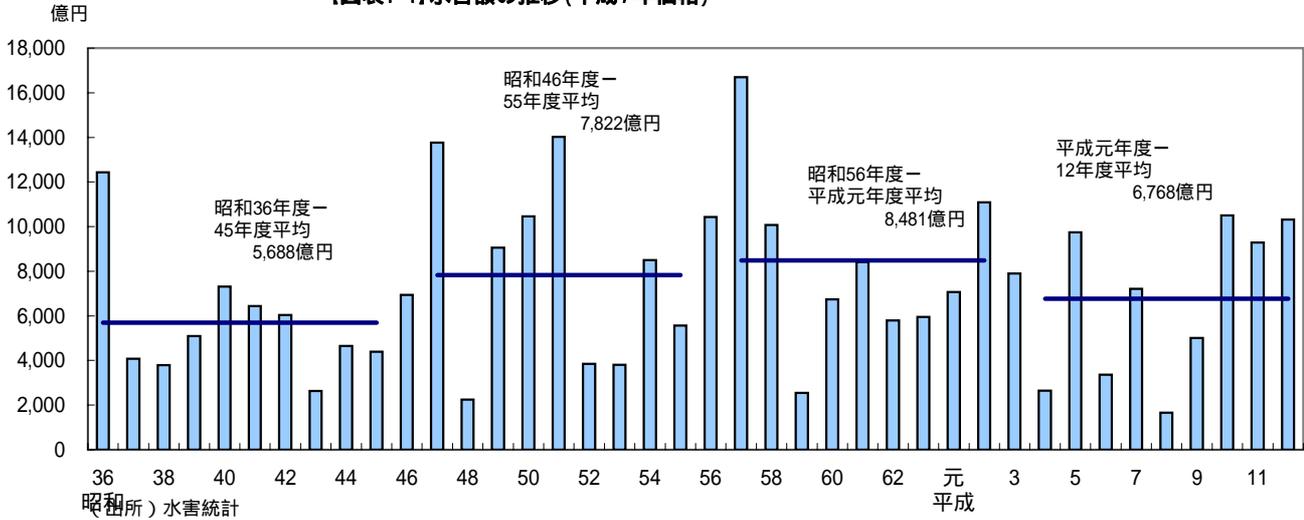
1. 都市型水害の増加、淡水資源の稀少化への懸念、一層の高度化が求められる環境対策など、水資源をとりまく課題が複雑さを増している。治水、利水、環境のバランスを取りながら、質・量両面から水資源を効率的に確保・利用するために、水循環の高度化を進める取り組みがますます求められるようになってきている。
2. 水資源の循環利用を考えるうえでは、政策的に低価格に設定されている水道料金との比較において経済合理性を確保することが最大の課題である。この点、わが国の産業部門は排水処理レベルを改善する過程で様々な工程転換を進め長期間に亘り水資源の回収率を上昇させてきた実績がある。ここで培われた経験・ノウハウは今後の水循環の高度化を考えるうえで大きな財産である。
3. 水循環の高度化に寄与する技術面に目を向ければ、確立した技術の組合せを競う性格が強い水処理技術にあって、近時、膜処理の広がりや高度化、バイオマスエネルギーの利用を含めた汚泥処理技術の進展が注目される。膜処理は、世界的な需要の拡大と市場環境の変化を受けて価格低下が進み、伝統的な海水淡水化など造水分野から浄水処理、そして下排水処理に適用分野を拡大している。汚泥処理も、民生と官公需で方向性は異なるものの、経済性を改善すべくエネルギー回収など付随効果を追求する方向が鮮明になっている。また、表流水と並んで水循環の重要な構成要素である地下水に目を向ければ、近時は政策的な対応の影響も加わり、雨水貯留・浸透、有効利用、浄化など多面的に企業活動が活発化している。
4. わが国の水処理ビジネスは、官公需における性能発注へのシフトや民需における更なる効率性追求といった国内市場環境の変化、膜メーカーとエンジニアリングメーカーとの連携強化やリース機能の活用、エネルギーとの接点拡大などに伴うバリューチェーンの見直し、質量両面で水問題が深刻さを増す中国など海外市場への展開などを主因に、現在大きな転換期を迎えている。個々の技術は優れているものの、官主導の市場特性に縛られ、コスト効率など総合力でみた競争力に劣るといわれてきたビジネス像は早晩大きく修正され、ユーティリティビジネスとしての性格を強めていくものと考えられる。今後は、水循環の高度化がもたらす便益とリスクを総合的に評価し、水処理ビジネスが持つ潜在力を一層引き出すような政策的な対応が重要となろう。

たけがはら けいすけ

[ 担当：政策企画部 竹ヶ原 啓介 (e-mail: ketakeg@dbj.go.jp) ]

・都市型水害の増加、淡水資源の稀少化への懸念、一層の高度化が求められる環境対策など、水資源をとりまく課題が複雑さを増している。治水、利水、環境のバランスをとりながら、質・量両面から水資源を効率的に確保・利用するために、水資源の高度化を進める必要性が高まっている。

【図表1-1】水害額の推移(平成7年価格)



地球上に存在する水総量: 14億km<sup>3</sup>

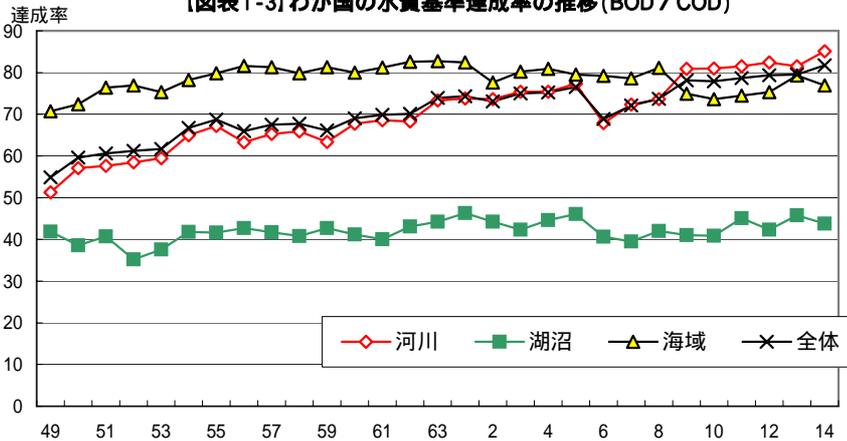
うち淡水2.5% (海水97.5%)  
北極南極の氷を除く淡水0.8%  
地下水を除き利用可能な淡水量

**0.01% = 0.001億km<sup>3</sup>**

(仮想水: ヴァーチャルウォーター)

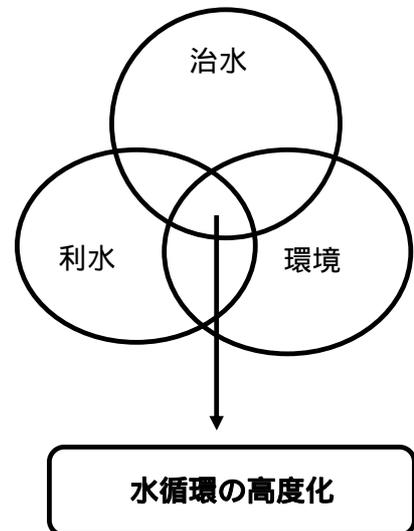
品目	輸入量(千t/年)	水資源原単位(m <sup>3</sup> /t)	仮想水量(億m <sup>3</sup> /年)
米	749	2,500	19
麦類	27,589	1,000	276
豆類	5,066	1,000	51
肉類(牛肉)	974	7,000	68
計			<b>413</b>

【図表1-3】わが国の水質基準達成率の推移(BOD / COD)



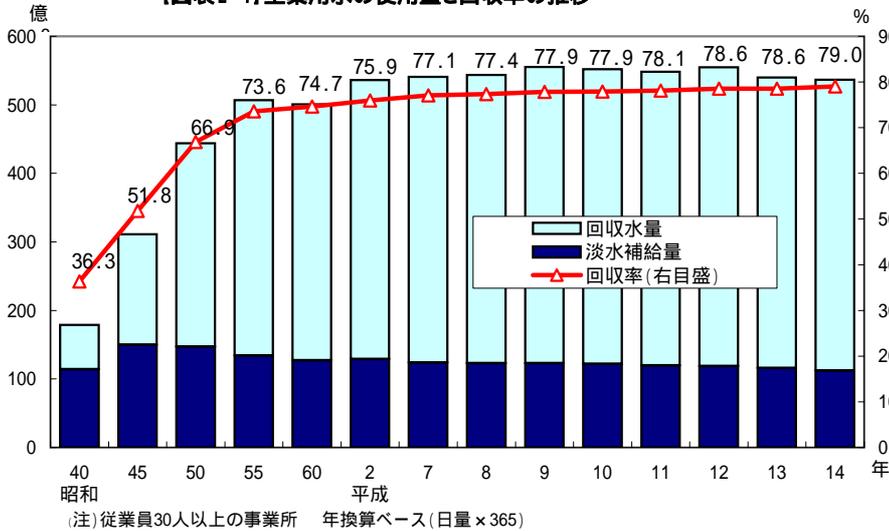
(出所) 環境省資料

(備考) 1. 河川はBOD、湖沼及び海域はCOD  
2. 達成率(%) = (達成水域数 / あてはめ水域数) × 100

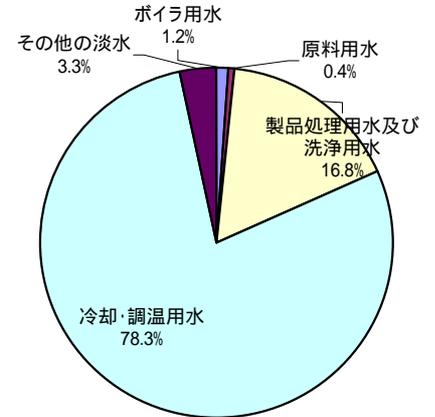


・水資源の循環利用を考えるうえでは、政策的に低価格に設定されている水道料金との比較で経済合理性を確保することが最大の課題である。この点、わが国の産業部門は排水処理レベルを改善する過程で様々な工程転換を進め長期間に亘り水資源の回収率を上昇させてきた実績がある。ここで培われた経験・ノウハウは今後の水循環の高度化を考えるうえで大きな財産である。

【図表2-1】工業用水の使用量と回収率の推移



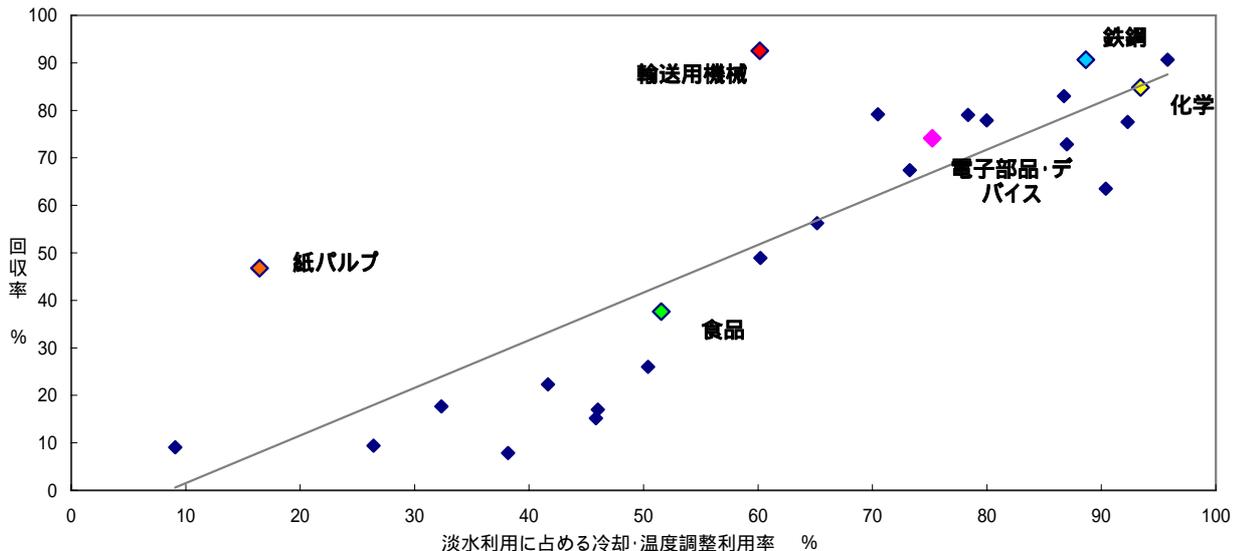
【図表2-2】工業用水の用途構成



(出所) 図表2-1に同

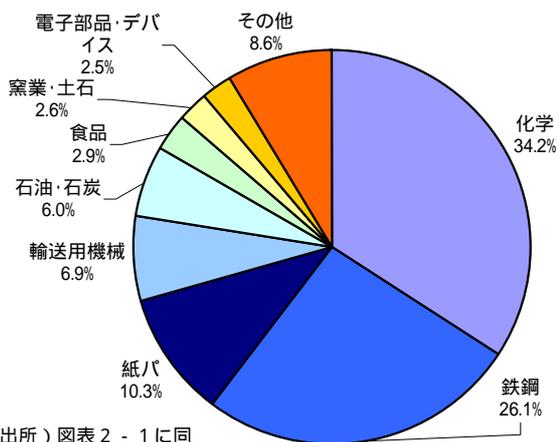
(出所) 経済産業省「工業統計表(用地・用水編)」より作成

【図表2-3】冷却水用途と回収率との関係



(出所) 経済産業省「工業統計表(用地・用水編)」平成14年版より作成

【図表2-4】産業別の淡水使用量構成



(出所) 図表2-1に同

紙パルプ:

- ・排水対策の高度化に向けた工程転換(黒液回収率の改善、漂白工程の転換)

輸送用機械:

- ・塗装の品質向上による水洗工程の廃止、漏れ防止等の徹底
- ・工程転換による排水対策によりコスト削減と回収率の向上(水質の改善)を実現

電子部品(半導体)

- ・高価な超純水を利用しているため、もともと循環利用に経済的なインセンティブと環境配慮。
- ・近時は、「薬品洗浄 超純水による洗浄」という工程の見直しも始まる

食品

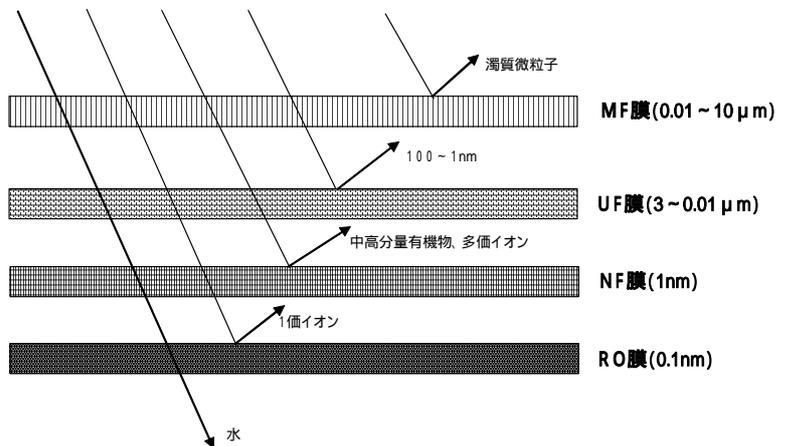
- ・使用量は多いが業界構造から循環利用進まず、潜在的に有望な市場

・水循環の高度化に寄与する技術に目を向ければ、確立した技術の組合せを競う性格が強い水処理技術にあって、近時、膜処理の広がりや高度化、バイオマスエネルギーの利用を含めた汚泥処理技術の進展が注目される。膜処理は、世界的な需要の拡大と市場環境の変化を受けて価格低下が進み、伝統的な海水淡水化など造水分野から浄水処理そして下排水処理に適用分野を拡大している。また、汚泥処理も、民生と官公需で方向性は異なるものの、経済性の向上を目指しエネルギー回収など付随効果を追求する方向が鮮明になってきている。

【図表3-1】水処理技術の要素技術

区分	主要な要素技術
物理化学的処理	・スクリーニング
	・pH調整
	・凝集沈殿
	・磁気分離
	・浮上分離
	・ろ過・吸着
	・膜分離
	・酸化処理
	・フェライト化
	・熱処理
生物化学的処理	・イオン交換
	・溶媒抽出
	・浮遊型活性汚泥
	・嫌気・好気
	・固定床活性汚泥
	・光合成細菌
	・酵母
	・脱窒・脱りん
	・固定床式嫌気性処理
	・流動床式嫌気性処理
	・UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

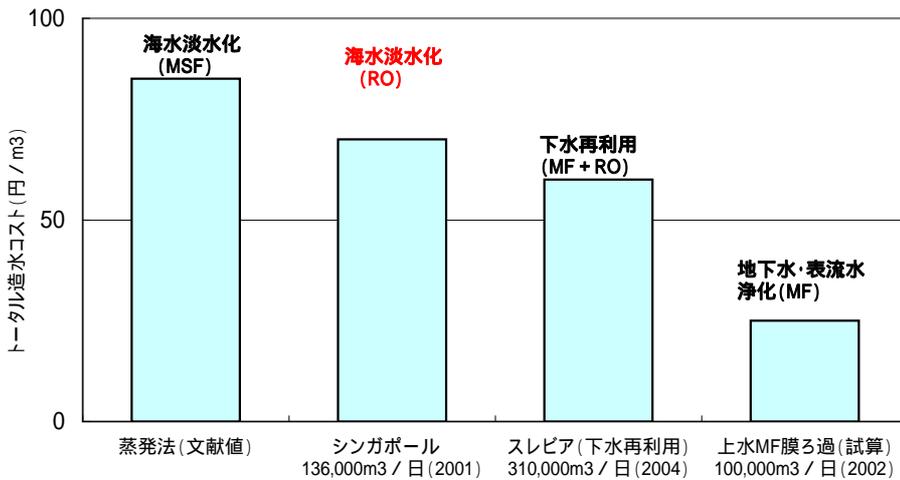
【図表3-2】主な膜処理とその用途



(出所) 環境機器2001/2号 8頁「産業排水処理の基礎知識」より作成

(出所) 吉村二三隆「これでわかる水処理技術」、栗原優「期待される膜利用水処理技術」等より作成

【図表3-3】コスト動向



(出所) 東レ株式会社IR資料「期待される膜利用水処理技術」(平成15年9月3日)17頁より引用

ROによる海水淡水化コストはこの10年ほどで1/3に低下

- ・市場変化(売り切り BOT等)
- ・規模の経済(water factory)
- ・技術革新(高耐圧化)
- ・Integrated Membrane System

大規模浄水処理施設への適用拡大

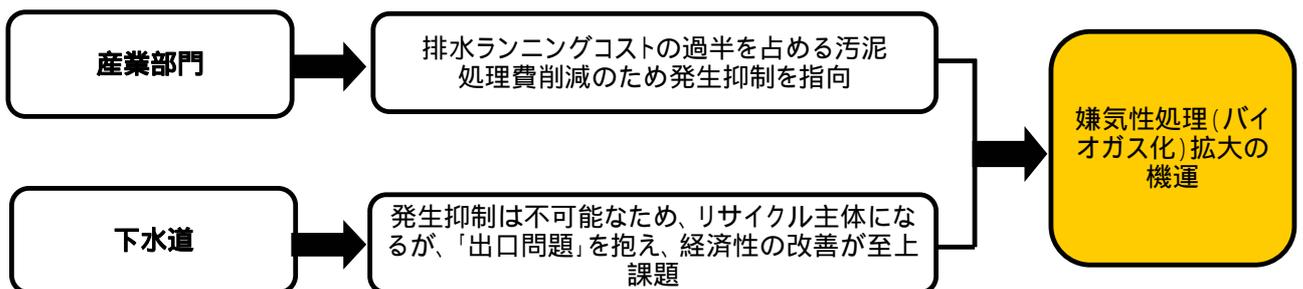
下排水処理への適用拡大  
・クリプト原虫による食中毒の影響(対塩素性菌)

膜メーカーとエンジニアリングとの連携

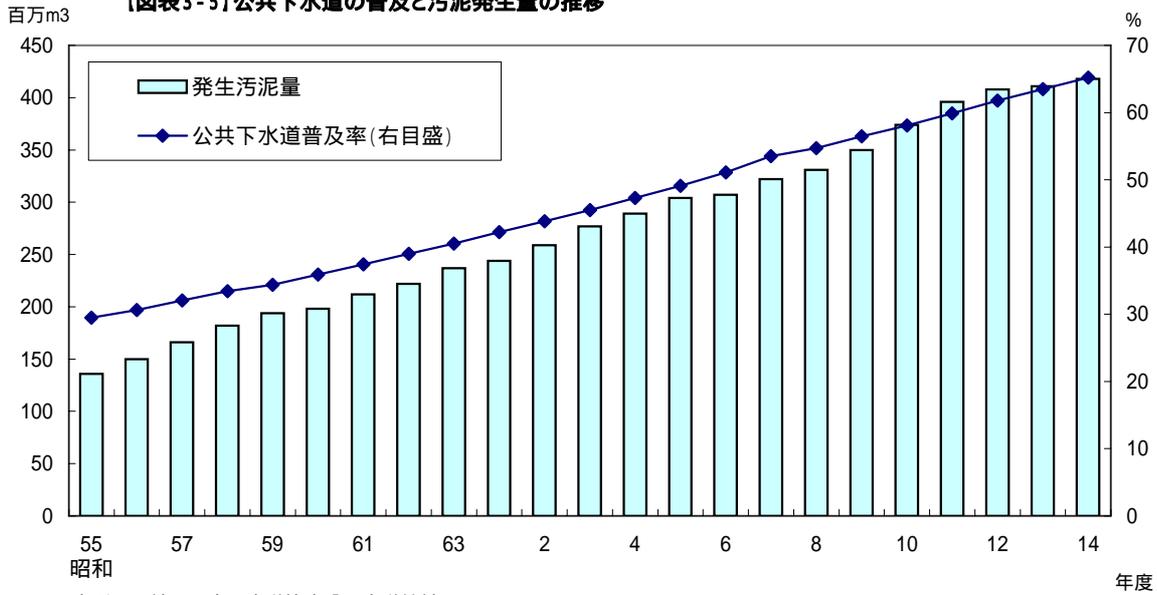
ex. 東レによる水道機工の子会社化

【図表3-4】汚泥処理の高度化

排水処理 = 汚濁物質の分離プロセス    分離された固形物(汚泥)処理も重要なコストファクター

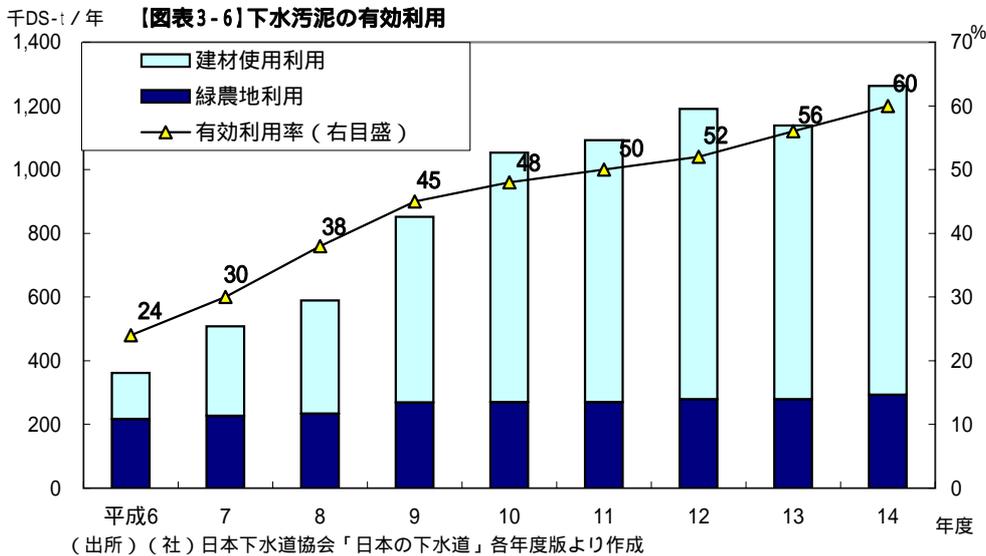


【図表3-5】公共下水道の普及と汚泥発生量の推移



(出所) (社) 日本下水道協会「下水道統計」

【図表3-6】下水汚泥の有効利用



(出所) (社) 日本下水道協会「日本の下水道」各年度版より作成

**〔建材利用〕**  
 ・高コストによる出口問題  
 ・セメント生産量の減少  
 炭化等の新たな方向性の模索

**〔緑農地利用〕**  
 ・品質懸念からくる市場受容性の問題  
 ・肥料法改正による負担増(普通肥料化)  
 ・他のバイオマス資源との競合

【図表3-7】嫌気性処理(バイオガス化)技術の進展

**汚泥発生量の削減 + エネルギー回収による経済性の改善**

		第1世代 浮遊法	第2世代 UASB法*1	第3世代 EGSB法*2
微生物	利用形態	浮遊	グラニュール状	グラニュール状
	大きさ(粒径)	< 10um	0.3~5mm	0.3~3mm
	濃度(wt%)	0.5~1	5~7	7~10
許容COD負荷(kg/m3/日)		~5	~15	~30
消費電力(除く原水ポンプ)		x		
敷地面積(同量処理)		x		
余剰汚泥量(投入CODcr1t当たり)		~50	10~25	10~25
回収エネルギー(重油換算 L/t)		220~250	270~310	270~310

\*1 UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket

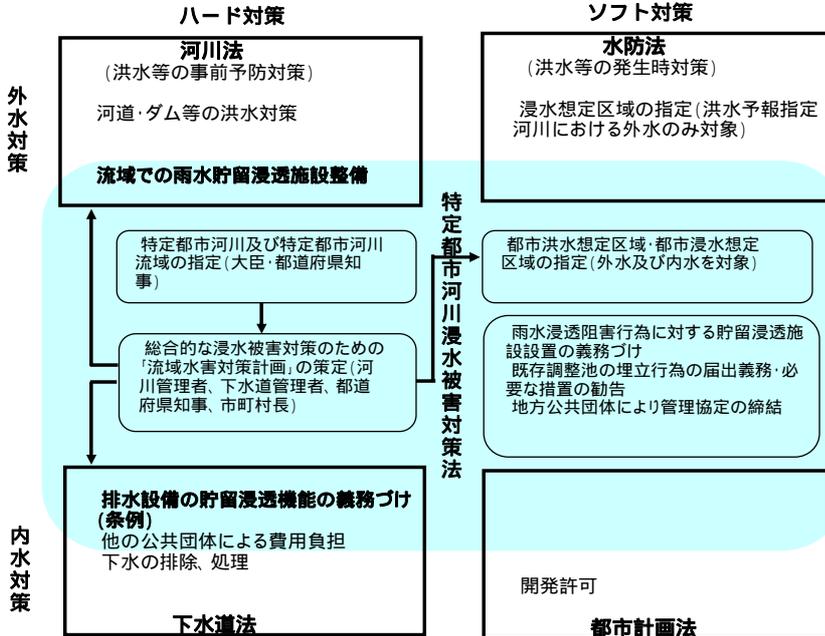
\*2 EGSB: Expanded Granular Sludge Bed

(出所) 廣田「高効率型嫌気性排水処理について」紙パ技協誌第55巻第1号p89(2001年1月)より抜粋

・発酵効率の改善  
 ・バイオガス精製・濃縮技術の改善  
 ・MGT等発電設備の改善  
 ↓  
 ・産業:  
 ビール業界から他産業への拡大  
 ・下水:  
 LOTUS\*プロジェクトの始動

・また、表流水と並んで水循環の重要な構成要素である地下水についても、近時は政策的な対抗の影響を受けて、雨水貯留・浸透、有効利用、浄化など多面的に企業活動が活発化している。地下水は過去の過剰取水による地盤沈下や塩化への反省から現在でも多くの自治体で汲み上げが規制されており、単純に表流水と同じ議論は出来ないが、ここにも水循環の高度化を睨んだ新しい事業の芽を見いだすことができる。

【図表3-8】特定都市河川浸水被害対策法(平成16年5月施行)



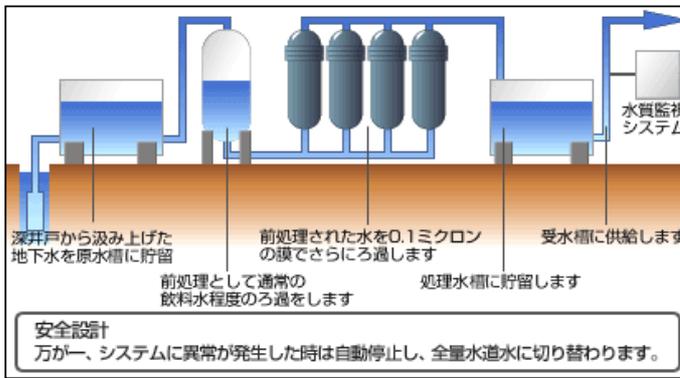
(出所) 国土交通省

涵 養

- ・都市河川流域における浸水被害対策への新スキーム
- ・「特定都市河川地域」、「特定都市河川流域」の指定と、「流域水害対策計画」の策定
- ・山林の宅地造成や土地舗装など雨水浸透阻害行為に対して貯留浸透施設の設置義務化
- ・住民、事業者へも雨水貯留浸透を努力義務化

雨水利用のかん水設備  
低コスト型貯留・る過設備  
等の企業活動が活発化

【図表3-9】地下水有効利用に向けた新しい動き ~ 韓国ウエルシの事例 ~



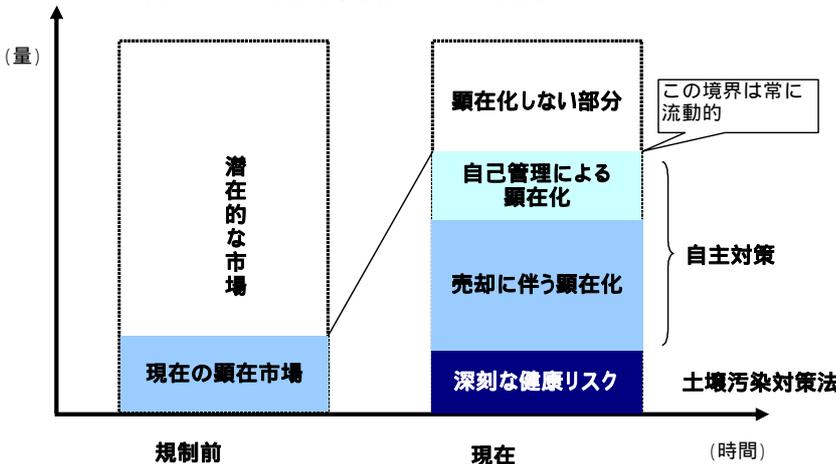
(出所) ウェルシ

有効利用

- ・オンサイト型の給水システムの開発・提供
- ・深井戸 + 膜処理 (MF膜)
- ・平時は水道水を代替、有事は文字通り自立分散型の水道として機能

環境に加えて、防災対策で  
経済性を備えた新しいビジネス  
モデル

【図表3-7】地下水汚染浄化ビジネスの動向



(出所) 政策銀作成

浄 化

- ・民主導の市場構造、過当競争による価格下落局面
- ・最も効率のよい原位置浄化における技術進歩(バイオレメディエーションの加速技術・栗田工業他)

今後の不動産再開発事業における  
リスク管理のキーデバイス

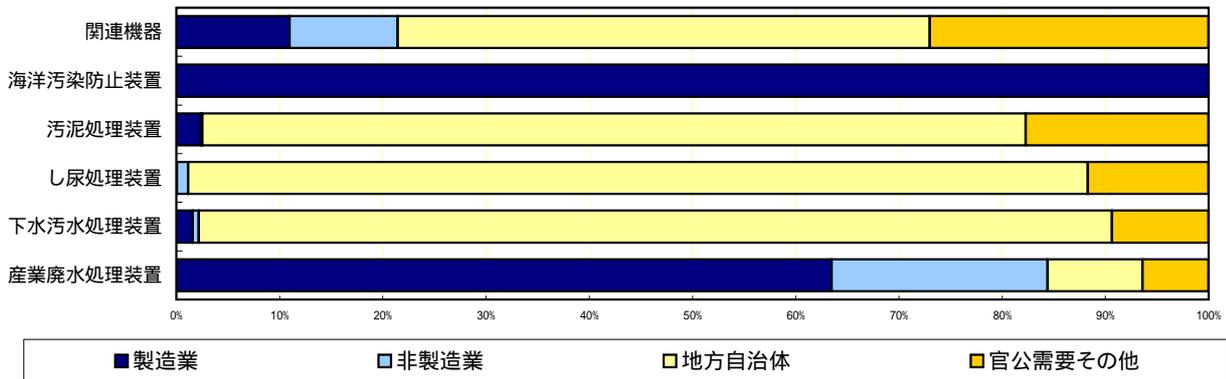
・わが国の水処理ビジネスは、官公需における性能発注へのシフトや民需における一層の効率性追求といった国内市場環境の変化、膜メーカーとエンジニアリング企業との連携強化やリース機能の活用、エネルギーとの接点拡大などに伴うバリューチェーンの見直し、質量の両面で水問題が深刻さを増す中国など海外市場への展開、などを主因に現在大きな転換期を迎えている。個々の技術では優れているものの、官主導の市場特性に縛られてコスト効率など総合力でみた競争力に劣るといわれてきたビジネス像は早晩大きく修正され、ユーティリティビジネスの性格を強めていくものと考えられる。

【図表4-1】わが国水処理ビジネスの市場規模

	金額(億円)			平均伸び率(%)	
	2000	2010	2020	00-10	10-20
環境防止装置	49,030	64,039	65,085	2.7	0.2
装置及び汚染防止用資材の製造	7,392	15,482	15,583	7.7	0.1
排水処理用	7,297	14,627	14,728	7.2	0.1
土壌・水質浄化用(地下水を含む)	95	855	855	24.6	0.0
サービスの提供	7,545	12,720	13,665	5.4	0.7
排水処理用	6,792	7,747	7,747	1.3	0.0
土壌・水質浄化用(地下水を含む)	753	4,973	5,918	20.8	1.8
排水処理設備	34,093	35,837	35,837	0.5	0.0
資源有効利用(2.水供給)	475	945	1,250	7.1	2.8
<b>水処理ビジネス計</b>	<b>49,505</b>	<b>64,984</b>	<b>66,335</b>	<b>2.8</b>	<b>0.2</b>
環境ビジネス市場規模総額	299,444	472,266	583,762	4.7	2.1
水処理ビジネス構成比	16.5	13.8	11.4	-	-

(出所) 環境省「わが国の環境ビジネスの市場規模及び効用規模の現状と将来予測についての推計」より作成

【図表4-2】水質汚濁防止の機種別需要構成(13年度)



巨大ではあるが成熟した装置関連産業 / 個々の装置技術では優れているがコスト効率など総合力で劣位

水処理ビジネスを巡る3つの変化

1. 国内市場環境の変化：官公需の性能発注へのシフト (PPP、PFI)  
民需の裾野拡大への対応 (低コスト、分散)
2. ビジネスモデルの変化：バリューチェーンの見直しの進展
  - ・膜メーカーとエンジニアリングの結合
  - ・メーカー機能指向のエンジニアリング
  - ・「清浄な水」の提供へのシフト (リース等)
3. 海外市場の拡大：淡水資源量確保 + 深刻な水質汚濁対策 (特に中国)
  - ・膜以外のユニットについても比較優位性の改善を探る動きが活発化

マルチ・ユティリティ・ビジネス化の加速