

【産業競争力懇談会 2007年度推進テーマ報告】

# 環境修復技術

【日本型環境経営を活かした国際貢献】

アジア・中東における日本の環境修復技術の展開戦略

2008年3月18日

産業競争力懇談会（COCN）



最近の急速な産業発展により、複合的に汚染あるいは損なわれた土壌・水・自然環境などに、体系的な環境修復技術を開発・適用しその回復を図ることは、環境先進国である我が国の大きな使命である。特に、急速な発展が進むアジア・中東地域に、我が国の調和のとれた環境修復技術を産学官が協力して移転し、各国が自立して環境汚染防止及び修復に取り組む道筋をつけ、その汚染拡大防止・修復に寄与する意義は大きい。

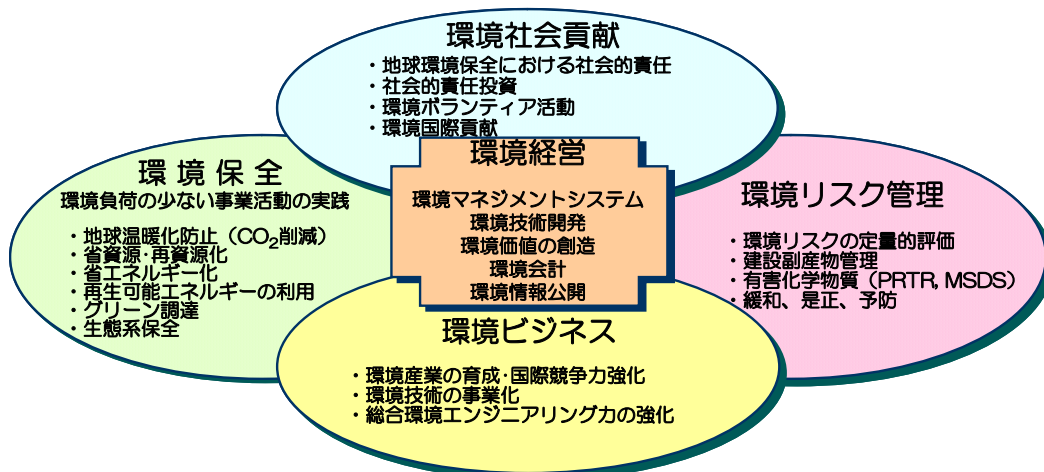
### 1. 環境修復の位置づけ

環境修復については、日本産業の現地における事業活動展開のリスク低減・イメージアップ及び資源確保のための友好関係の強化などの環境社会貢献の側面と、環境事業そのもののビジネス化の側面の二面から、その推進方策を考える必要がある。

もともと、環境修復は汚染者負担原則(原因者負担原則/polluter-pays principle)にもとづいて実施すべきであり、先進国以外でも環境規制や予防保全にかかわる法制度が整備されている。しかしながら、経済発展を優先している地域では、法制度を策定してもその施行令の制定が遅れている、若しくは制定されていない、先進国に比べ環境施策を実施するための予算、人材及び技術が不足している等の問題が指摘されている。

従って、わが国としては、相手国における実施体制の整備及びそれにもとづく市場化・産業化の見通しが立つまでは、日本型環境経営の取組みにもとづく環境貢献を通じてイメージアップを図り、モデル事業の推進等を通じて現地での競争優位性を確立しながら、将来(5年～10年先)の事業化を目指すことを基本方策とする。

特に、我が国のものづくり企業は、環境経営として環境保全・環境リスク管理・環境社会貢献と合わせて環境ビジネスの展開を図っており、こうした取組みは海外諸国が持続的発展を遂げる上でも参考になると考える。



日本企業における環境経営への取組み

## 2. 対象とする地域及び汚染

急激な産業化・都市化を進めているアジア・中東諸国では、**産業公害・都市型公害・地球規模の環境悪化**といった環境問題に対処しつつ開発を進めることが必要である。

例えばタイでは、農薬の製造と使用によって砒素を中心とする地下水・土壌の汚染が深刻な問題となっている。同様の問題は中国等の他のアジア諸国でも報告され、深刻な問題となっている。アジア諸国の環境関連法の整備状況を見ると、日本と同様に、土壌に関連する法以外はほぼ制定されている。ただ、制度が整備されていてもその実効性が問題となっている。この原因としては、法を策定してもその施行令の制定が遅れている若しくは制定されていない、環境施策を実施するための予算、人材及び技術が不足している、といったこと等が指摘されている。これに対して、独立行政法人科学技術振興機構(JST)や独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による国際共同研究・共同技術開発が実施されている。

対象地域・環境汚染及び取り組みの現状と対応戦略(案)

		対象とする環境 汚染・ニーズ	取り組みの現状	対応戦略
中国		大気汚染 水質汚染 土壌汚染	・日本企業による取り組みは顕著には進んでいない。	・ビジネス化はむずかしい ・二国間協定に基づく共同研究が既に進んでおり、これを推進する。
インド		大気汚染 水質汚染 土壌汚染	・日本企業による取り組みは進んでいない。	・中国と同様の二国間協定に基づく共同研究の可能性を検討する。
東南 アジア	シンガポール	土壌汚染 水質汚染	・現地大学等との共同研究がおこなわれている。	・現地大学・研究機関との共同研究等を通じて現地で対応可能なように技術移転を図る。
	マレーシア	水質汚染 土壌汚染	・現地大学等との共同研究がおこなわれている。	・現地大学・研究機関との共同研究等を通じて現地で対応可能なように技術移転を図る。
	タイ	水質汚染 土壌汚染	・現地大学等との共同研究がおこなわれている。	・現地大学・研究機関との共同研究等を通じて現地で対応可能なように技術移転を図る。
	ベトナム	水質汚染 土壌汚染	・急速な工業化による水域の汚染が問題となっている。	・現地大学・研究機関との共同研究等を通じて現地で対応可能なように技術移転を図る。
中東	U A E	水質汚染 (海洋汚染) 土壌汚染 水質汚染 (油汚染)	・急速な都市開発により海洋汚染が進んでいる。 ・油汚染調査及び修復の需要は多い。	・具体的ビジネスとして産業界が中心となって検討する。
	オマーン、他	土壌汚染 水質汚染 (油汚染)	・JCCPを通じて油汚染の調査が実施され、ビジネス化の可能性はある。 ・油汚染調査及び修復の需要は多い。	・具体的ビジネスとして産業界が中心となって検討する。

中東地域においても、インフラが未整備なまま急激な都市化が進んでいるため、UAEでは**海洋汚染**が進んでいる。また、石油産出国では資源開発に伴う**重質油汚染土壌**の修復や湾岸戦争での油田破壊で生じた**オイルレイク**の除去が課題であり、財団法人**国際石油交流センター(JCCP)**を通じた**油汚染の調査**が実施されるなど、ここには我が国としての環境ビジネスの機会が存在する。

一方、大気汚染については、例えば脱硫等の技術開発が行われその成果は製品化されており、当該地域にはODA等を活用して普及させることが望まれる。

### 3. 関連技術の国際競争力評価

この分野の技術は**米国**が先行しており、既に**バイオレメディエーション**を含め**関連技術**が成熟し、周辺のリスクアセスメントなど**評価・管理技術分野**に研究の主流が移行している。ヨーロッパにおいても、**関連技術は成熟**しつつあり、その特徴としてはできるだけ**環境に負荷をかけずに汚染を減衰**させる**ファイトレメディエーション**などの**低コスト・環境適合型**の技術に関わる研究が主流となっている。

日本が強い技術としては、**地盤改良機械**を用いた**原位置浄化**、あるいは**固化・不溶化工法**が挙げられる。スラリー系では**セメント系深層混合処理工法**、粉体系では**粉体噴射攪拌工法**、が**機械攪拌式**の代表的な工法である。また、**高圧噴射式**の**地盤改良工法**も多用されている。地盤改良技術を鍵に海外展開をもくろむことで、**アジア地域**の地盤状況を把握している**日本勢**が**土壌汚染対策**の**主導権**を握りやすくなると考える。

### 4. 市場予測

・日本の環境ビジネスの市場規模及び雇用規模の現状と将来予測についての推計(環境省)によれば、我が国における環境修復に関する主な環境ビジネスの規模は、**土壌・水質浄化用装置及び汚染防止用資材の製造(土壌浄化プラント)**(2010年:855億、785人)、**土壌・水質浄化サービスの提供**(2010年:4、973億、4、169人)とされる。

・これに**環境測定・分析・アセスメント関連装置及び汚染防止用資材の製造**、**廃棄物処理及び分析・データ収集・測定・アセスメント**に関連するサービスの提供、**緑化事業**を加えると、**4兆円程度**の規模が想定される。

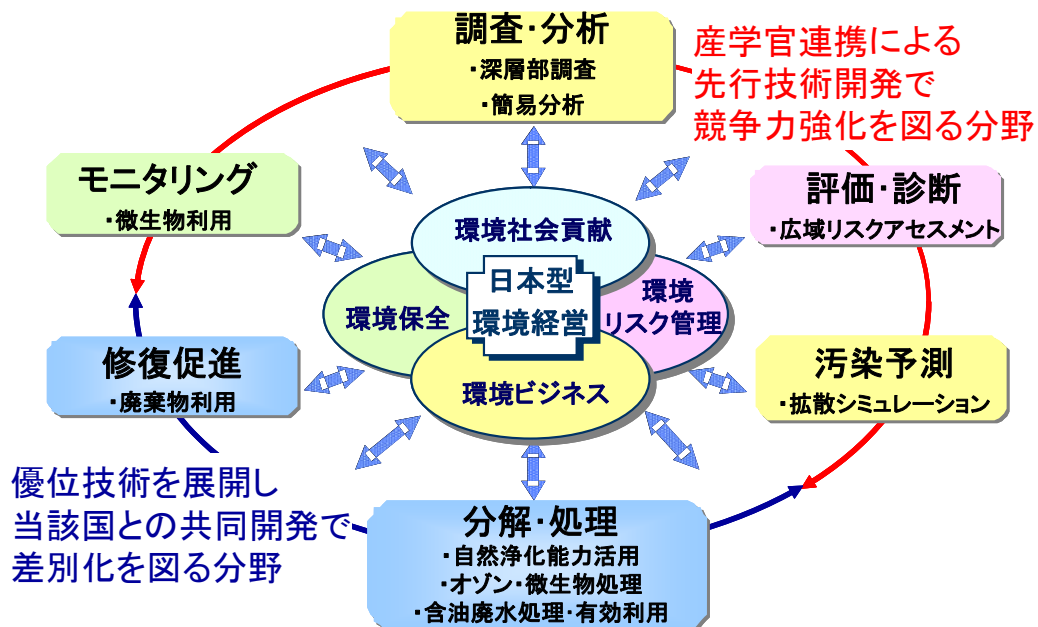
・今後、不動産取引および利用に関する**各国の関連法律・制度**が**厳格化**されると、**廃棄物の排出抑制・減量化**を目指して**土壌・地下水浄化**、**有害化学物質処理**、**揮発性有機化合物処理**が求められ、これまで想定されていたものの**数倍**の市場が顕在化するとともに、民間の資金、経営能力、技術的能力を活用する**PFI(Private Finance Initiative)**や**PP(Public Private Partnership)**等による**廃棄物処理の民間との協業・民間シフト**が進むとされる。

### 5. 産業競争力強化のための技術開発課題

今後の国際競争力強化のためには、我が国の高性能な**浄化技術・地盤改良技術**などの直接的な**浄化・処理**などの**修復技術**だけではなく、**調査・分析**、**リスク評価**、**モニタ**

リングなどのライフサイクル対応での修復技術を強化し、ライフサイクルでのビジネス展開につなげていく必要がある。

なお、これらの技術開発は、分野により取組み状況に差異があるため、現状の技術開発プロジェクトの重点的推進、官民協力による現地調査にもとづく新規技術開発プロジェクトの設立、分野横断的な技術開発プロジェクトの検討に分類して体系的に推進する必要がある。



環境修復のライフサイクルにおける対応技術力の強化

## 5.1 汚染物質の調査・評価技術の効率化

### 1) 確度が高く簡易な分析技術にもとづいた深層部における汚染の効率的な調査技術

現在、土壌・水質汚染調査については、サンプリング採取による従来型の方法とともにコスト低減を目指して簡易な表層ガス調査技術が開発され使用されている。しかし、この方法は浅層部汚染についてはその有効性が確認されているが、深層部汚染についてはその適用が課題となっている。特に深層油汚染に対する調査については産油国においてニーズが高く、産油国においてこの技術を共同開発する意義は大きい。

### 2) 環境汚染およびその修復による周辺地域のリスクアセスメントなどの評価技術

米国企業は、ブラウンフィールド問題(汚染された土地の浄化が進まず、塩漬けになる問題)に対応するため、環境リスクを評価して浄化とメリットのバランスを採る方法が検討されるなどソフト面での技術が重視されている。我が国においても環境修復を海外においてビジネス化していく上で、このような評価技術の確立は重要である。

## 5.2 汚染拡散等のシミュレーション技術の精度向上

### 1) 汚染拡散等の高精度シミュレーション技術

数値モデルを用いたシミュレーションにより汚染状況の再現や浄化技術の効果予測を行い、今後予想される汚染サイトの調査、浄化、汚染拡散防止対策に有効な技術システムを構築することが急務である。特に、シミュレーション技術の高精度化は地下水汚染問

題を持つ中東諸国の環境保全に大きく貢献することが期待されており、我が国の環境修復技術を海外展開する際の鍵となるものと考えられる。

### 5.3 特定汚染物質の分解・処理技術の体系化

#### 1) 自然浄化能力を活用した土壤汚染対策技術の開発

バイオレメディエーションや植物を利用したファイトレメディエーションなど自然のもつ浄化能力を利用して環境負荷をできるだけかけずに修復する環境浄化の方向が重視されつつある。特に低コストで管理の容易な植物を用いた浄化技術については海外からのニーズもあり、現地の植物種を利用した浄化技術を確立し、我が国の技術対応力を強化していくことが必要である。

#### 2) 難分解性排水・堆積物のオゾン・微生物処理による分解浄化技術の開発

例えば、ベトナムにおける生物分解が難しい染色排水や染色ヘドロ堆積物を、低コストで分解する技術の開発は、ベトナムの産業の支援、新規産業の創出、生活の安定に貢献するものである。ここには、産総研で開発されたマイクロバブリングを始めとしてオゾン酸化、微生物等による分解技術が現地の汚染状況に対して適用され効果を上げることが期待されている。

#### 3) 含油排水の処理・有効利用技術の開発

原油生産の約 3 倍量に相当する原油随伴水の処理と再利用に関する技術開発は、現在オマーン南部において注目されている随伴水の廃棄による地下水汚染問題の解決と、再利用による灌漑用水資源の確保に不可欠である。

### 5.4 廃棄物等を利用した環境修復技術の開発

#### 1) 廃棄物を活用した土壤改良材料の開発

産油国では緑化事業を進めており、クウェート国のようにアルカリ土壤の改質が必要な地域がある。これに対して、石油精製時に副生する硫黄と、硫黄酸化細菌を用いたアルカリ土壤の改良技術の検討が行われている。このような土壤改良により、食糧の増産が可能となれば、環境問題のもう一つの側面である貧困問題の解消にもつながると考えられ、合わせて改良土壤に適した食糧用植物品種の開発も推進すべきと考える。

また、アラブ首長国連邦では、現地で発生する産業副産物と硫黄とから成る新規材料を、コンクリート代替として現地の建設材料として用いる検討が進められている。このような現地の廃棄物を活用した土壤改良材料や建設材料の開発に取り組むことも、我が国の環境経営に基づく環境修復技術の展開という点から重要である。

### 5.5 長期的モニタリング技術の開発

#### 1) 微生物等を利用したモニタリング技術の開発

土壤・水環境の修復後の状況については、長期的なモニタリングが必要である。特に、バイオレメディエーションの利用に伴い、利用する微生物および対象土壤中に存在する複数の微生物の遺伝子を抽出し、短時間に解析する技術の確立が課題である。

## 6. 産業競争力強化のための提言

先に掲げた対象地域で、環境修復市場が形成されるまでには5年から10年程度の時間を要すると思われるため、わが国は現段階から、明確な戦略方針と目標を掲げて対象国及び課題を重点化し、事業化に取り組むべきである。当面、5年先の先導モデル事業の実施を目標に、以下に示す産業競争力強化のための施策と海外における具体的事業化方針にもとづき、環境修復技術による事業化を推進することを提案する。

### 6.1 産業競争力強化のための施策

#### 1) 対象市場の分析

- ・アジア・中東地域における市場動向・規模・市場メカニズムの明確化
- ・環境国際貢献のシナリオ検討
- ・対象地域及び対象修復分野の設定

#### 2) 国際的な技術競争力の評価

- ・対象地域を絞った国際的な技術競争力の調査・分析
- ・技術戦略マップにもとづく関連技術の整理・体系化
- ・現状の関連プロジェクトの評価と重点化

#### 3) 技術移転方策の検討

- ・技術移転可能な現地研究機関等との連携策の検討
- ・共同研究開発プロジェクトのニーズ調査及び推進方法の検討
- ・既存の枠組みを活用した技術移転のための助成方法の検討

#### 4) 事業化の検討

- ・事業スキームの検討
- ・先導的モデル事業の検討

### 6.2 海外における具体的事業化方針

#### 1) 対象国の海外大学・研究機関等との連携

環境修復に限らず、現地の実情に対応しリスクの低減を図るには現地の法規・制度に通ずる必要があり、現地の国立・公立大学及び公的研究機関に提携先を設定し、連携した研究・技術開発活動を展開する。

#### 2) 現地の政府出先機関等による支援

海外で環境ビジネスを展開する場合、民間側の取組みだけでは汚染状況の把握など情報収集に限界があり事業化が進まない。現地政府及び企業に対する日本企業の技術紹介及び事業化を進めるための現地先行調査等については、国の出先機関など官側の協力が必要である。

#### 3) NEDO、JCCP、JST等の共同研究開発補助制度の活用

環境に関するODAは水資源事業がほとんどであり、環境修復に関しては極めて少ない。環境修復に対する補助は、NEDO、JCCP、JST等の補助制度を利用した共同技術開発あるいは共同研究として進める。



## 目次

はじめに .....	1
1. 基本的な考え方 .....	3
2. 環境汚染及び対策の現状 .....	4
2.1 我が国の現状 .....	4
2.2 アジア地域の現状 .....	5
2.3 中東地域の現状 .....	5
3. 環境修復に関わる市場予測 .....	6
4. 技術動向 .....	6
4.1 特許分析にみる我が国の環境修復技術の現状 .....	9
4.2 研究開発動向 .....	12
4.3 土壌汚染対策技術の国際評価 .....	13
5. 環境修復に関わる国際研究開発支援 .....	15
5.1 提案公募型開発支援研究協力(NEDO) .....	15
5.2 戦略的国際科学技術協力推進事業(JST) .....	17
5.3 産油国石油産業等基盤整備事業(JCCP) .....	18
5.4 環境修復に関わる ODA .....	19
6. 産業競争力強化のための技術課題 .....	20
6.1 汚染物質の調査・評価技術の効率化 .....	20
6.2 汚染拡散等のシミュレーション技術の精度向上 .....	20
6.3 特定汚染物質の分解・処理技術の体系化 .....	21
6.4 廃棄物等を利用した環境修復技術の開発 .....	22
6.5 長期的モニタリング技術の開発 .....	22
6.6 技術開発ロードマップ .....	23
7. 産業競争力強化のための提言 .....	24
7.1 産業競争力強化のための施策 .....	24
7.2 海外における具体的事業化方針 .....	24
7.3 事業化推進ロードマップ .....	25

## はじめに

近年、アジア・中東地域においては、急速な経済発展・産業発展により環境汚染が深刻化している。我が国は、1980年代から1990年代にかけて、経済発展・産業発展とともに環境保全及び環境修復に取り組んできた。その結果、環境保全・創造に関わる活動や環境社会貢献を事業活動と一体化させた日本型の環境経営の中で、環境汚染防止、環境修復に関わる技術が産業横断的に開発され適用されてきた。

本提案では、このようにして形成された我が国の調和のとれた環境修復技術を、急速な経済発展・産業発展が進んでいるアジア・中東地域に移転し、現地の状況に合わせた環境修復技術として現地の大学・研究機関等と共同開発することにより、各国が自立して環境汚染防止及び環境修復に取り組む道筋をつけ、その汚染除去及び汚染拡大防止を推進することを目的としている。

この推進においては、現地の大学・研究機関等との連携、現地政府機関等による支援及び既存の技術開発等の助成事業の活用が重要であり、わが国の産学官が協力して取り組むことにより、我が国の環境技術力のみならず環境国際貢献に対する評価を高めていくことができると考える。

2008年3月吉日  
産業競争力懇談会  
会長 野間口 有

## プロジェクト推進メンバー

リーダー	清水建設 株式会社
メンバー	鹿島建設 株式会社
	新日本石油 株式会社
	株式会社 東芝
	日立プラント 株式会社
	松下電器産業 株式会社

## 1. 基本的考え方

最近の急速な産業発展により、複合的に汚染あるいは損なわれた土壌・水・自然環境などに、体系的な環境修復技術を開発・適用しその回復を図ることは、環境先進国である我が国の大きな使命である。特に、急速な発展が進むアジア・中東地域に、我が国の調和のとれた環境修復技術を産学官が協力して移転し、各国が自立して環境汚染防止及び修復に取り組む道筋をつけ、その汚染拡大防止・修復に寄与する意義は大きい。

環境修復については、日本産業の現地における事業活動展開のリスク低減・イメージアップ及び資源確保のための友好関係の強化などの環境社会貢献の側面と、環境事業そのもののビジネス化の側面の二面から、その推進方策を考える必要がある。

もともと、環境修復は汚染者負担原則(原因者負担原則/polluter-pays principle)にもとづいて実施すべきであり、先進国以外でも環境規制や予防保全にかかわる法制度が整備されている。しかしながら、経済発展を優先している地域では、法制度を策定してもその施行令の制定が遅れている、若しくは制定されていない、先進国に比べ環境施策を実施するための予算、人材及び技術が不足している等の問題が指摘されている。

従って、わが国としては、相手国における実施体制の整備及びそれにもとづく市場化・産業化の見通しが立つまでは、日本型環境経営の取組みにもとづく環境貢献を通じてイメージアップを図り、モデル事業の推進等を通じて現地での競争優位性を確立しながら、将来(5年～10年先)の事業化を目指すことを基本方策とする。

特に、我が国のものづくり企業は、環境経営として環境保全・環境リスク管理・環境社会貢献と合わせて環境ビジネスの展開を図っており、こうした取組みは海外諸国が持続的発展を遂げる上でも参考となると考える。

一方、我が国の代表的な環境修復技術を見ると、油汚染に対するバイオレメディエーション、重金属に対するファイトレメディエーション及びダイオキシン、VOC、砒素等の難分解性物質の除去・分解技術が確立しつつある。今後、これらの技術の現地での利用可能性を調査し、その適用可能性を検証した上で、対象地域に合わせた技術体系を開発しつつ、現地との連携で普及・展開を促進する仕組みを整備していくことが重要である。

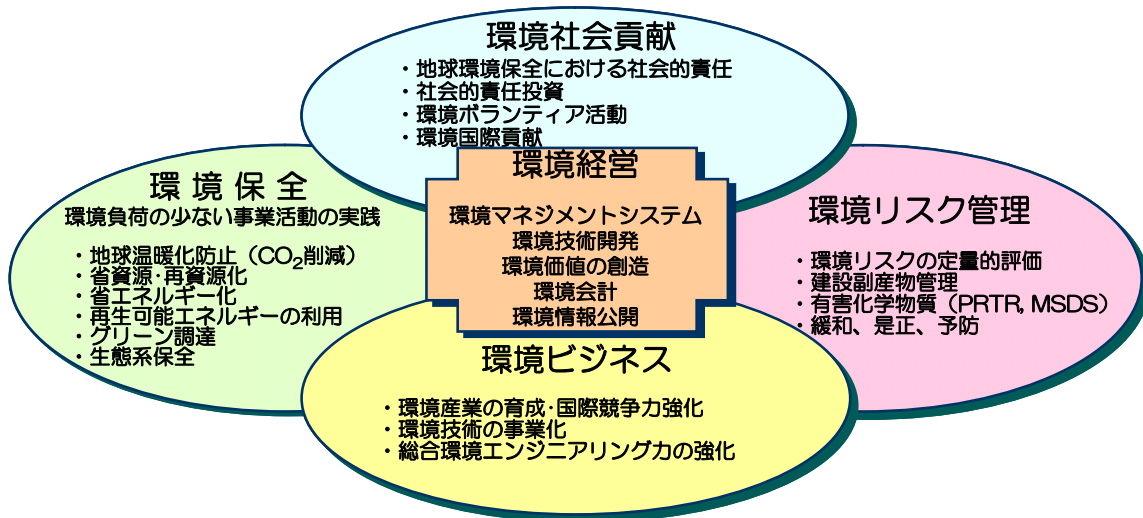


図 1-1 日本企業における環境経営への取組み

## 2. 環境汚染及び対策の現状

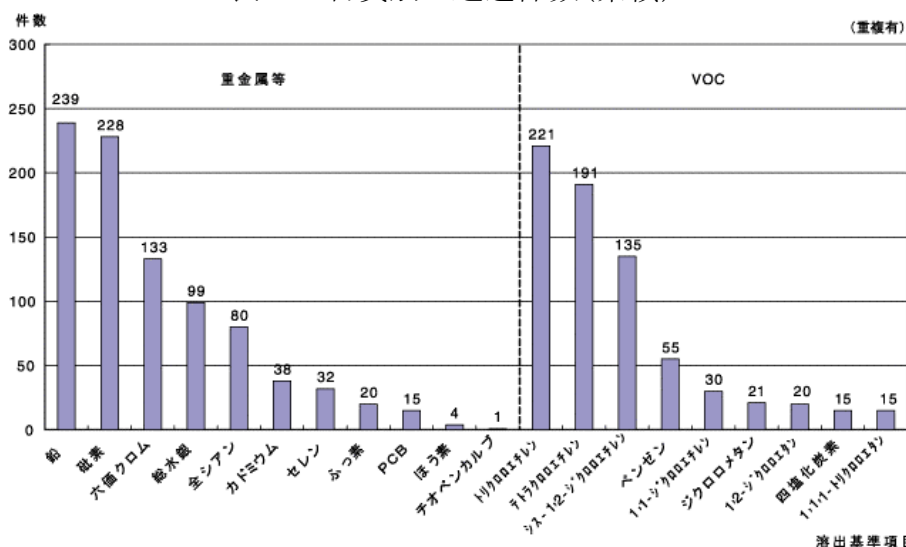
### 2.1 我が国の現状

土壌汚染による健康影響の懸念や対策の確立への社会的要請が強まっていることを踏まえ、国民の安全と安心の確保を図るため、土壌汚染の状況の把握、土壌汚染による人の健康被害の防止に関する措置等の土壌汚染対策を実施することを内容とする「土壌汚染対策法」(以下「土壌法」という。)が、平成14年5月22日に成立し、同月29日公布され、平成15年2月15日に施行された。

この土壌の汚染に係る環境基準には、土壌の水質を浄化し地下水を涵養する機能を保全することを目的とした溶出基準と、食料を生産する機能を保全することを目的とした農用地基準があり、汚染の有無を判断するとともに、汚染の改善対策を講ずる際の目標として用いられている。

対象物質(特定有害物質)としては、地下水に溶出してその飲用等に伴う健康被害を生ずるおそれがあるものとして、鉛、砒素、トリクロロエチレン等の25物質を指定して土壌溶出量基準を定め、このうち9物質については、汚染土壌を直接摂取することによる健康被害のおそれがあるものとして土壌含有量基準を定めている。また科学的な知見の集積により、適宜見直しが行われている。

表 2-1 物質別の超過件数(累積)

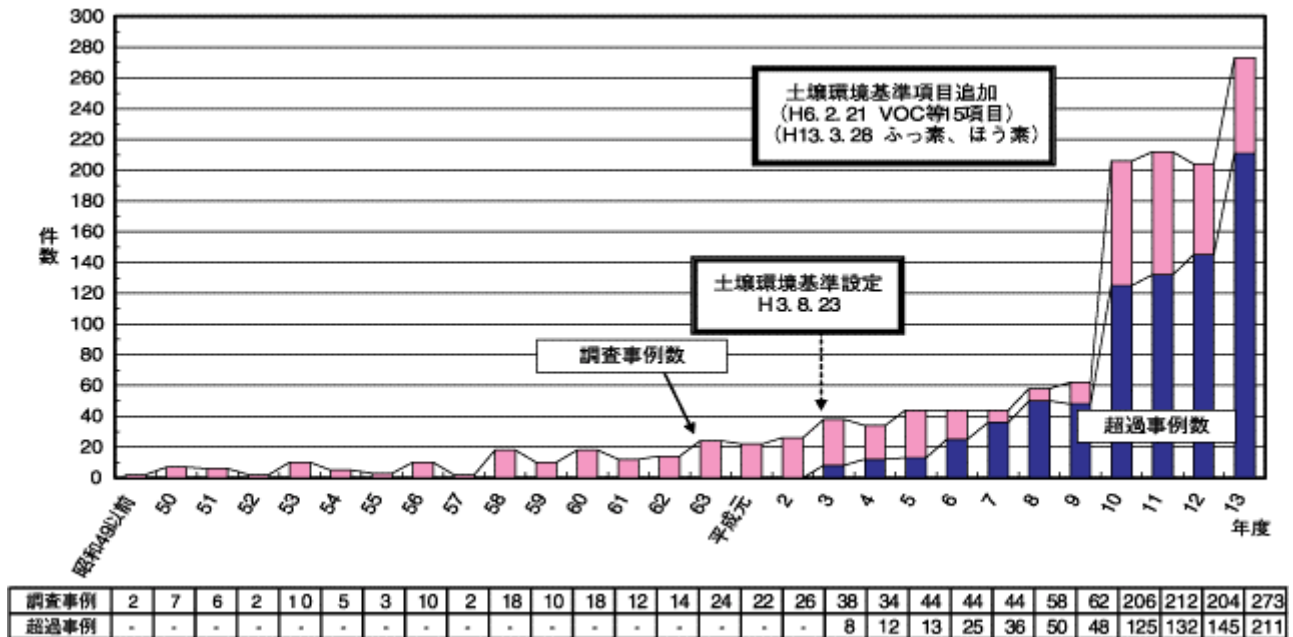


市街地等における土壌汚染については、これまで明らかになることが少なかったが、近年、企業の工場跡地等の再開発や事業者による汚染調査の実施、都道府県等による地下水の常時監視の拡充等にともない、重金属、揮発性有機化合物(VOCs)等による土壌汚染が顕在化してきている。

特に最近における汚染事例の判明件数の増加は著しく、ここ数年で新たに判明した土壌汚染の事例数は高い水準で推移している。

汚染が判明した経緯としては、土地所有者が自ら調査を行った事例が多く、汚染物質は鉛、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン等が多くなっている。

表 2-2 市街地土壌汚染事例の判明件数の推移



## 2.2 アジア地域の現状

急激な工業化・都市化を進めているアジア諸国では、産業公害・都市型公害・地球規模の環境悪化といった環境問題に対処しつつ開発を進めることが必要である。

例えばタイでは、農薬の製造と使用によって砒素を中心とする地下水・土壌の汚染が深刻な問題となっている。同様の問題は中国等のアジア諸国でも報告されている。また、西インド、バングラディッシュでは、地層から溶出砒素で汚染された地下水を推定 1700 万人が飲用しているとされ、深刻な事態にある。

アジア諸国の環境関連法の整備状況を見ると、日本と同様に、土壌に関連する法以外はほぼ制定されている。ただ、制度が整備されていてもその実効性が問題となっている。この原因としては、法を策定してもその施行令の制定が遅れている若しくは制定されていない、先進国に比べ環境施策を実施するための予算、人材及び技術が不足している、等の問題が指摘されている。これに対して、独立行政法人科学技術振興機構(JST)や独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による共同研究・共同技術開発が実施されている。

## 2.3 中東地域の現状

中東地域においても、インフラが未整備のまま急激な都市化が進んでいるため、UAEでは海洋汚染が進んでいる。また、石油産出国では資源開発に伴う重質油汚染土壌の修復や湾岸戦争での油田破壊で生じたオイルレイクの除去が課題であり、財団法人国際石油交流センター(JCCP)を通じた油汚染の調査が実施されるなど、ここには我が国としての環境ビジネスの機会が存在する。

表 2-3 対象地域・環境汚染及び取り組みの現状と対応戦略(案)

対象地域・国	対象とする環境汚染・ニーズ	取り組みの現状	対応戦略
中国	大気汚染 水質汚染 土壌汚染	・日本企業による取り組みは顕著には進んでいない。	・ビジネス化はむずかしい ・二国間協定に基づく共同研究が既に進んでおり、これを推進する。
インド	大気汚染 水質汚染 土壌汚染	・日本企業による取り組みは進んでいない。	・中国と同様の二国間協定に基づく共同研究の可能性を検討する。
東南アジア	シンガポール	土壌汚染 水質汚染	・現地大学・研究機関との共同研究等を通じて現地で対応可能なように技術移転を図る。
	マレーシア	水質汚染 土壌汚染	・現地大学・研究機関との共同研究等を通じて現地で対応可能なように技術移転を図る。
	タイ	水質汚染 土壌汚染	・現地大学・研究機関との共同研究等を通じて現地で対応可能なように技術移転を図る。
	ベトナム	水質汚染 土壌汚染	・急速な工業化による水域の汚染が問題となっている。 ・現地大学・研究機関との共同研究等を通じて現地で対応可能なように技術移転を図る。
中東	UAE	水質汚染(海洋汚染) 土壌汚染 水質汚染(油汚染)	・急速な都市開発により海洋汚染が進んでいる。 ・油汚染調査及び修復の需要は多い。
	オマーン、他	土壌汚染 水質汚染(油汚染)	・JCCPを通じて油汚染の調査が実施され、ビジネス化の可能性がある。 ・油汚染調査の需要は多い。

### 3. 環境修復に関わる市場予測

日本の環境ビジネスの市場規模及び雇用規模の現状と将来予測についての推計(環境省)によれば、環境配慮製品や事業形態(環境誘発型ビジネス)の市場が世界中に広まり、環境ビジネスは2025年には100兆円以上の市場と200万人以上の雇用の創出が見込まれる。

- ・市場規模:約52兆円(2001年)→78兆円(2010年)
- ・雇用規模:約144万人(2001年)→約191万人(2010年)

このうち、環境修復に関する主な環境ビジネスの規模は、土壌・水質浄化用装置及び汚染防止用資材の製造(土壌浄化プラント)(2010年:855億、785人)、土壌・水質浄化サービスの提供(2010年:4,973億、4,169人)とされる。これに環境測定・分析・アセスメント関連装置及び汚染防止用資材の製造、廃棄物処理及び分析・データ収集・測定・アセスメントに関連するサービスの提供、緑化事業を加えると、4兆円程度の規模が想定されている。

今後、不動産取引および利用に関する各国の関連法律・制度が厳格化されると、廃棄

物の排出抑制・減量化を目指して土壌・地下水浄化、有害化学物質処理、揮発性有機化合物処理が求められ、これまでの想定の数倍の市場が顕在化するとともに、民間の資金、経営能力、技術的能力を活用するPFI(Private Finance Initiative)やPPP(Public Private Partnership)等による廃棄物処理の民間との協業・民間シフトが進むとされる。

**【土壌浄化事業の市場規模】**

土壌環境修復ビジネスの市場規模は、米国の約 60 億ドル(115 円/ドルで日本円に換算すると約 6900 億円)に対して、2000 年における日本国内では 400～500 億円程度とされたが、土壌汚染対策法が導入された結果、2008 年には国内市場で約 2000 億円と推定されている。米国では当面、この市場規模が維持されると考えられている。なお、対象分野には、調査、分析、浄化修復、モニタリング、その他サービス(環境保険、リスク保証等)が含まれる。

表 3-1 過去における我が国の土壌環境修復市場規模予測

出典	市場規模	対象
通産省環境立地局「産業環境ビジョン」(1994 年)	2000 年 900 億円 2010 年 1、800 億円	環境修復事業
日本産業機械工業会(通産省委託)「2010 年環境ビジネス予測」(1998 年)	1996 年 30 億円 2010 年 240 億円	土壌浄化プラント、広義の環境修復・環境創造分野で 4 兆 2700 億円
日本政策投資銀行「わが国環境修復産業の現状と課題 -地下環境修復に係る技術と市場-(1999 年)	2010 年 5 兆 3、517 億円 (最大 42 兆 8、140 億円)	

環境汚染は、産業・経済発展に伴って市場化・ビジネス化すると考えられており、我が国でのビジネス形成は、米国に約 10 年遅れたとされている。したがって、今後は、産業・経済発展が急速に進むアジア・中東地域においては、環境修復に関わる市場はビジネス化が可能な規模に拡大する可能性がある。

4. 技術動向

4.1 特許分析にみる我が国の環境修復技術の現状

国内企業の動向については、技術戦略マップをもとに関連技術分野を設定し、それにもとづき特許情報を分析し全体像を把握した。この分析結果からすると、環境修復分野の全体にわたって単独で有用技術を有する企業は無いと判断される。したがって、有効な環境修復システムを構築するには、企業あるいは研究機関を含めた連携対応が必要である。

**【国内企業の保有する環境修復に関わる特許件数調査結果】**

- (1):「汚染物質の調査・評価技術の効率化」・・・7、292 件
- (2):「汚染拡散等のシミュレーション技術の精度向上」・・・185 件
- (3):「特定汚染物質の分解・処理技術の体系化及び不足技術の開発」・・・15、382 件
- (4):「廃棄物等を利用した環境修復技術の開発」・・・489 件
- (5):「長期的な安全性・安定性確保のためのモニタリング技術の開発」・・・2、147 件



表 4-1 環境修復に関わる特許件数調査の対象とした国内企業

	特許集合	小集団	ベンチマークに用いた企業名
1	汚染物質の調査・評価技術の効率化	—	オルガノ, 島津製作所, 東亜ディーケーケー, 堀場製作所, 紀本電子工業, 京都電子工業, 東芝, 清水建設, 富士電機システムズ, 明電舎, 山武, 横河電気, 理研機器
2	汚染拡散等のシミュレーション技術の精度向上	—	日立エンジニアリング, 清水建設
3	特定汚染物質の分解・処理技術の体系化及び不足技術の開発	排水処理	石川島播磨重工業, オルガノ, クボタ, JFEエンジニアリング, タクマ, ハイモ, 日立製作所, 日立造船, フジタ, 三菱重工業, 三菱レイヨン, ユニチカ
		汚染土壌処理	大林組, 鹿島建設, 環境エンジニアリング, 熊谷組, 栗田工業, 清水建設, 竹中工務店, 竹中土木, 同和鉱業, 日工, 間組, バブcock日立
		有害物質への化学的処理	栗田工業, 三菱重工業, 日本触媒, 日立造船, 東ソー, 同和鉱業
		バイオレメディエーション・ファイトレメディエーション	国際航業, クボタ, 荏原総研, フジタ, 清水建設, 大林組
4	廃棄物等を利用した環境修復技術の開発	—	九州電力, 戸田建設, 鹿島建設, 中部電力, 西松建設
5	長期的な安全性・安定性確保のためのモニタリング技術の開発	—	日立製作所, 島津製作所, 東亜ディーケーケー, 堀場製作所, 紀本電子工業, 東芝, 富士電機システムズ, 明電舎, 横河電気,

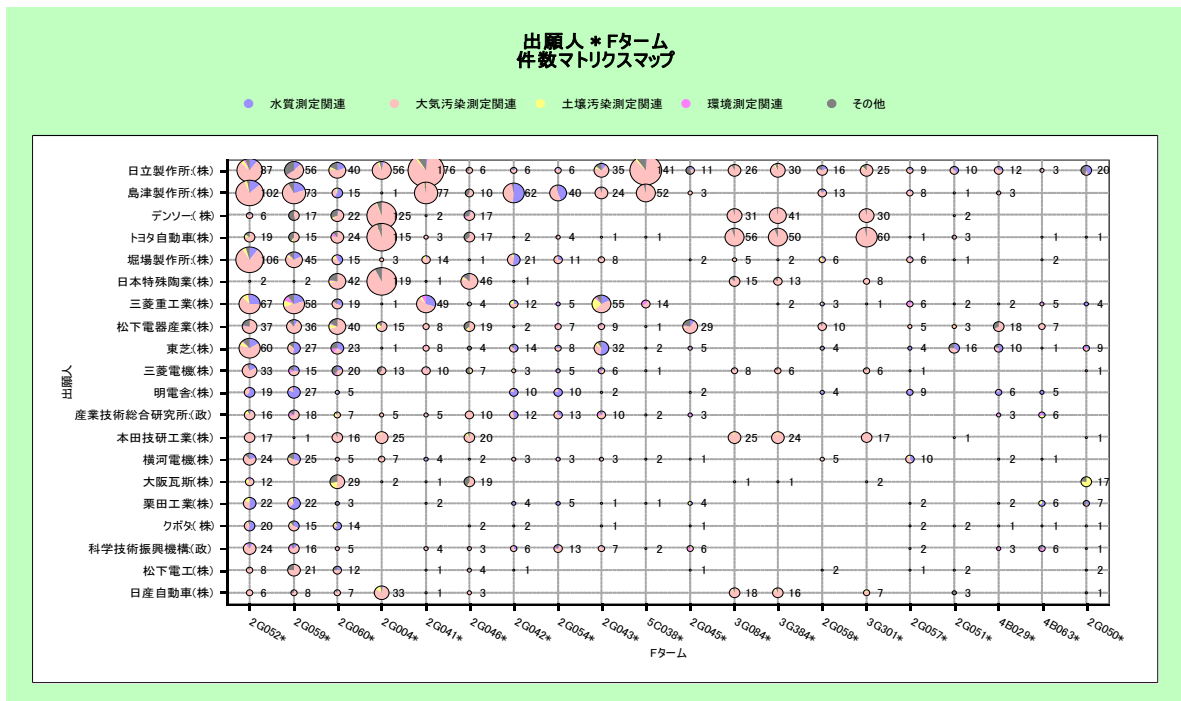


図 4-2 上位 20 社の出願数 (特定汚染物質の分解・処理技術)

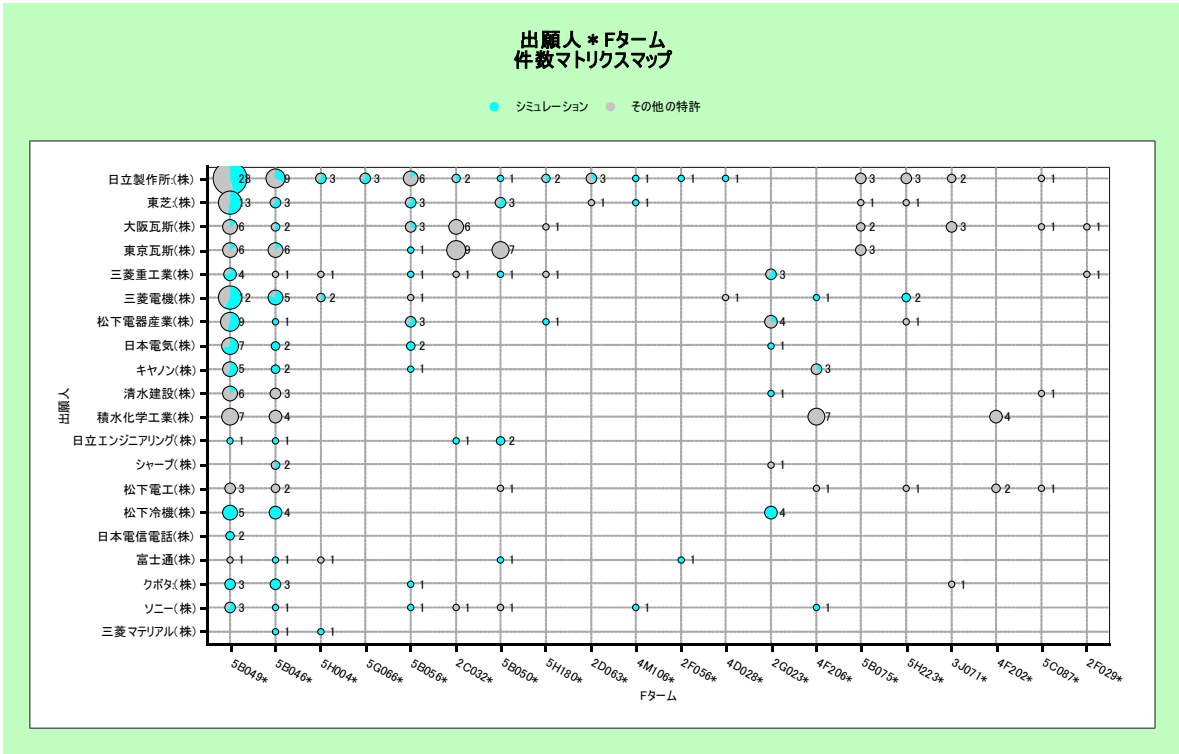


図 4-3 上位 20 社の出願数 (汚染拡散等のシミュレーション技術の精度向上)

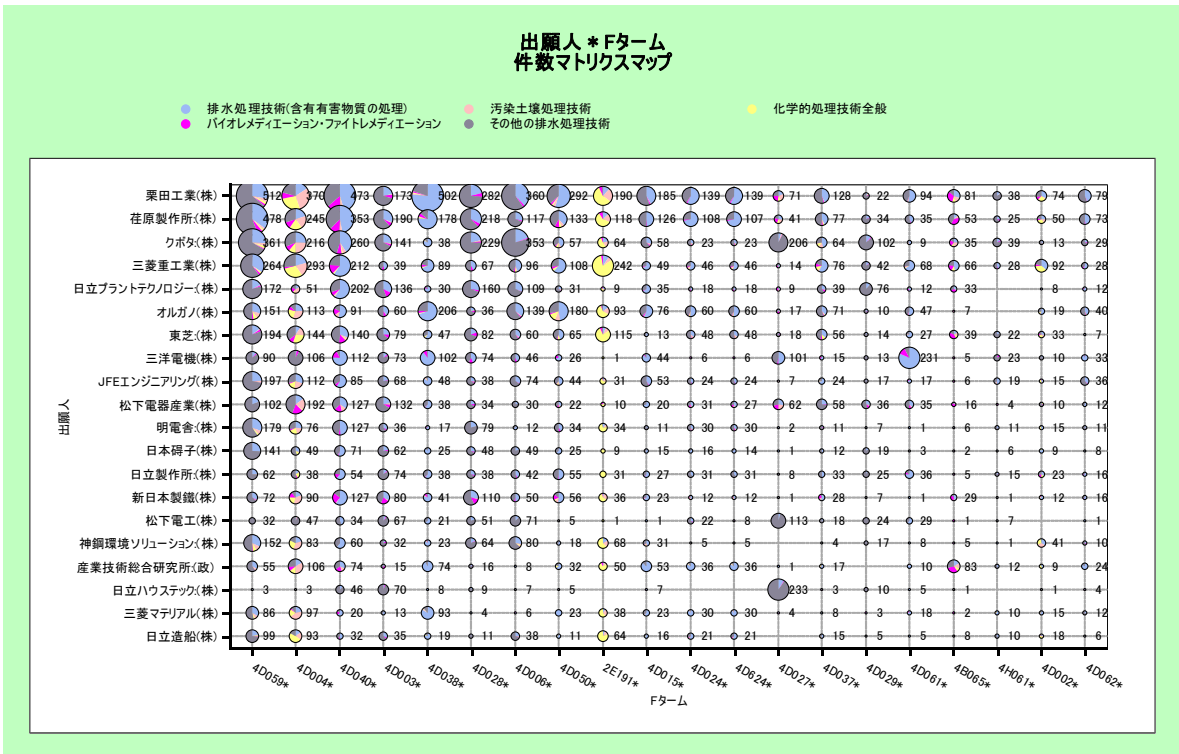


図 4-4 上位 20 社の出願数 (特定汚染物質の分解・処理技術の体系化及び不足技術の開発)



図 4-5 上位 20 社の出願数（廃棄物等を利用した環境修復技術の開発）

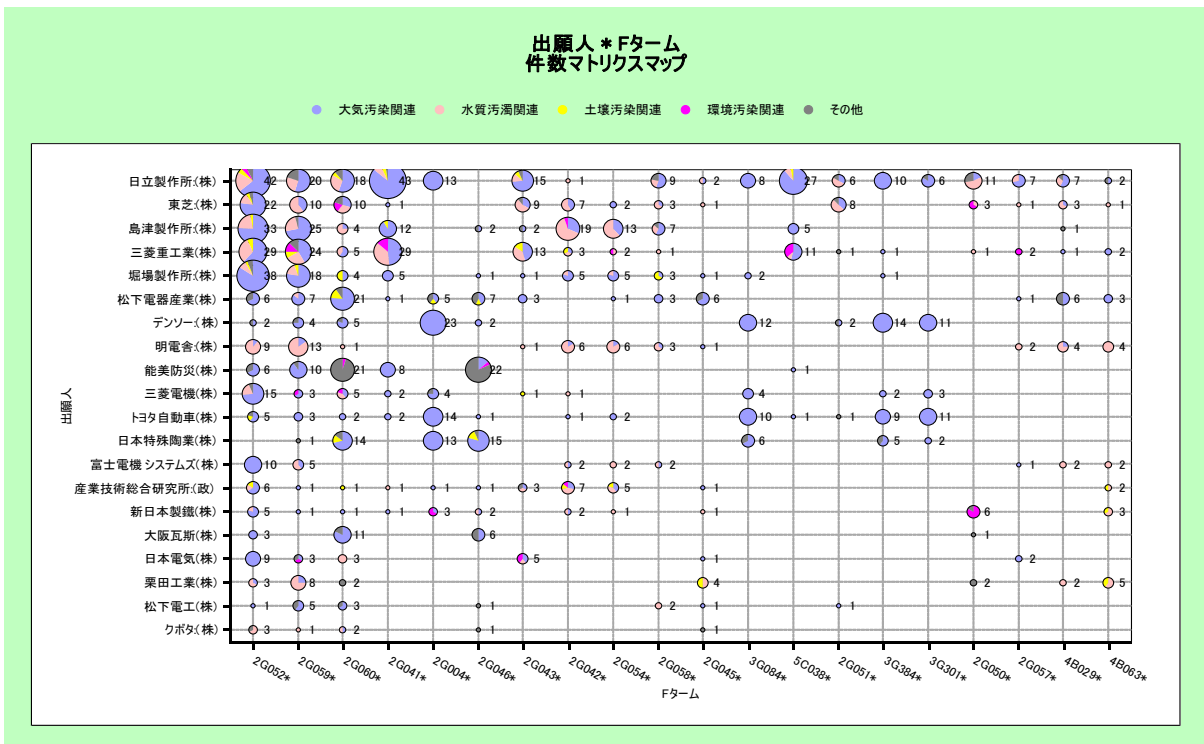


図 4-6 上位 20 社の出願数（長期的な安全性・安定性確保のためのモニタリング技術の開発）

## 4.2 研究開発動向

環境修復に関わる研究開発を欧・米・日で比較する。

この分野の技術は米国が先行しており、既にバイオレメディエーションを含め関連技術が成熟し、周辺のリスクアセスメントなど評価・管理技術分野に研究の主流が移行している。

ヨーロッパでも、関連技術は成熟しつつあり、その特徴としてはできるだけ環境に負荷をかけずに汚染を減衰させるファイトレメディエーションなどの低コスト・環境適合型の技術に関わる研究が主流となっている。

日本では、特性分析・解析・材料・実験・予測等の技術と対策技術の高精度化・高性能化が研究の主流になっており、総じて企業における研究の占める割合が多い。

### 1) 国内における研究開発動向

地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会をもとに調査

主催：地盤工学会・日本地下水学会・日本水環境学会・土壌環境センター  
年1回開催(6月)

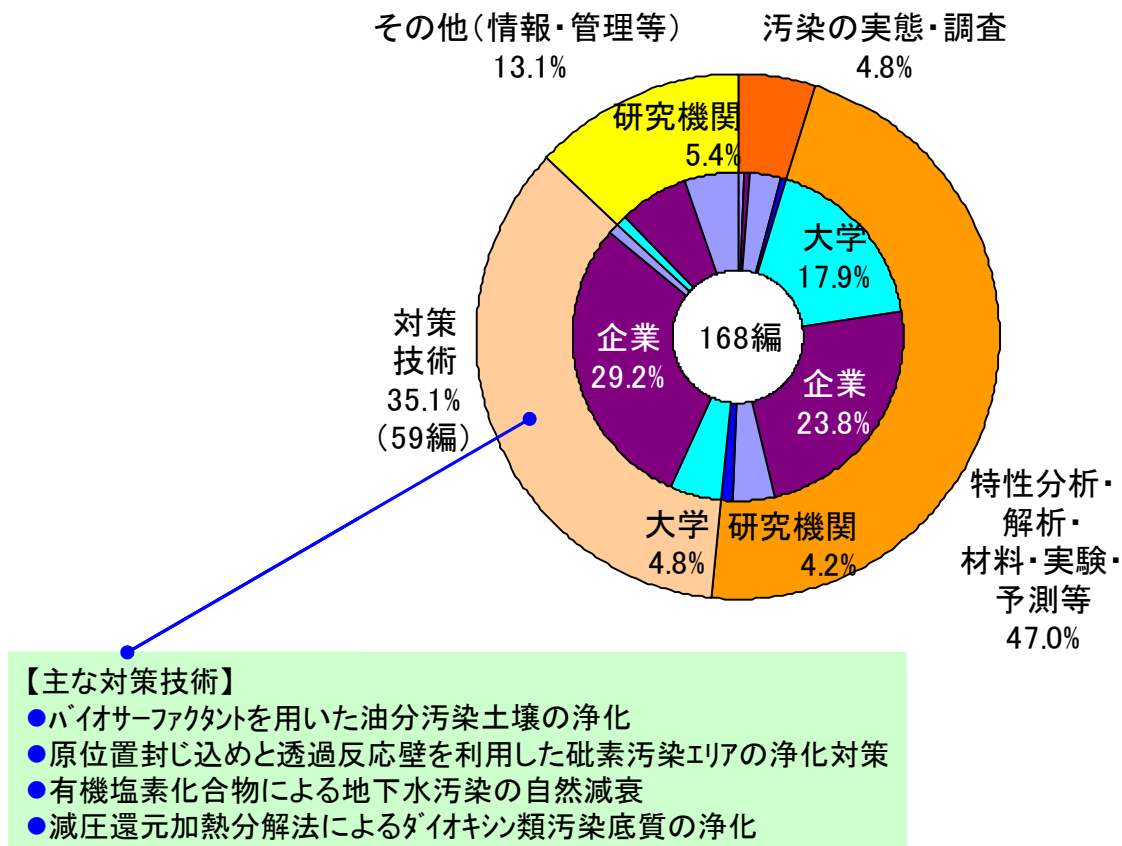


図 4-7 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会における発表分析

### 2) 海外における研究開発動向

#### (1) Consoil(Conference on Contaminated Soil) (ヨーロッパ)

・FZK(ドイツ)、TNO(オランダ)が主催するヨーロッパ最大の水・土壌浄化関連の会議

・直近開催は、2005年(第9回・フランス)で次回は2008年(ミラノ)。

<b>【Consoil2005のテーマ内訳と件数】</b>	計163件
テーマA:政策・水と土壌のシステム	・・・15件
テーマB:水と土壌のシステムの機能と価値ープロセスの理解	・・・20件
テーマC:サイト特性とリスク評価	・・・44件
テーマD:修復のコンセプトと技術	・・・52件 (32%)
➤ 強化自然減衰法(Enhanced Natural Attenuation)	・・・4件
➤ 科学的自然減衰法(Monitored Natural Attenuation)	・・・12件
➤ 透過性反応壁(Permeable Reactive Barriers)	・・・12件
➤ ファイトレメディエーション	・・・4件
➤ 環境源の処理ー熱処理	・・・4件
➤ 環境源の処理ー原位置の化学的処理	・・・4件
➤ 環境源の処理ー生物・微生物処理	・・・4件
➤ 環境源の処理ー物理化学的処理	・・・4件
➤ その他	・・・4件
テーマE:リスクを基盤とした土地管理	・・・12件
テーマF:修復事例	・・・12件
テーマG:汚染物質	・・・8件

(2) Internatinal Conference on Remediation of Contaminated Sediments(アメリカ)  
(汚染堆積土の浄化に関する国際会議)

・主催:Battelle (USA)

・2001年から2年に1回開催。

開催地:ベネチア(第1回、第3回)、ニューオリンズ(第3回)、サバナ(第4回)

<b>【第2回(2003年)のテーマ内訳と件数】</b>	計:121件
Part A :有益な再利用(Beneficial Reuse)	・・・4件
Part B :原位置外の処理法	・・・8件
Part C :科学的自然減衰法	・・・8件
Part D :物理化学的処理技術	・・・10件
Part E :バイオレメディエーション	・・・10件
Part F :金属類の特性解析と浄化	・・・10件
Part G :汚染堆積土の特性解析	・・・12件
Part H :リスクアセスメント	・・・10件
Part I :革新的評価技術	・・・8件
Part J :堆積土の毒性測定	・・・6件
Part K :堆積土の管理	・・・16件
Part L :港湾管理	・・・5件
Part M :陸および水域環境における浚渫土捨て場	・・・6件
Part N :反応性表土	・・・8件

#### 4.3 土壌汚染対策技術の国際比較

##### 1) 日本

図 4-8 に平成 15 年度までに環境省が把握している土壌・地下水環境基準超過事例 1,458 件について、VOC、重金属、複合汚染に分類した対策の概要と件数をまとめた。VOC については浄化が最も多く、重金属、複合汚染については、掘削除去が最も多く、有力な対策手法であることがわかる。また、地下水質測定、舗装、不溶化、封じ込め、盛土事例も多く見られ、浄化事例が必ずしも多いわけではない。

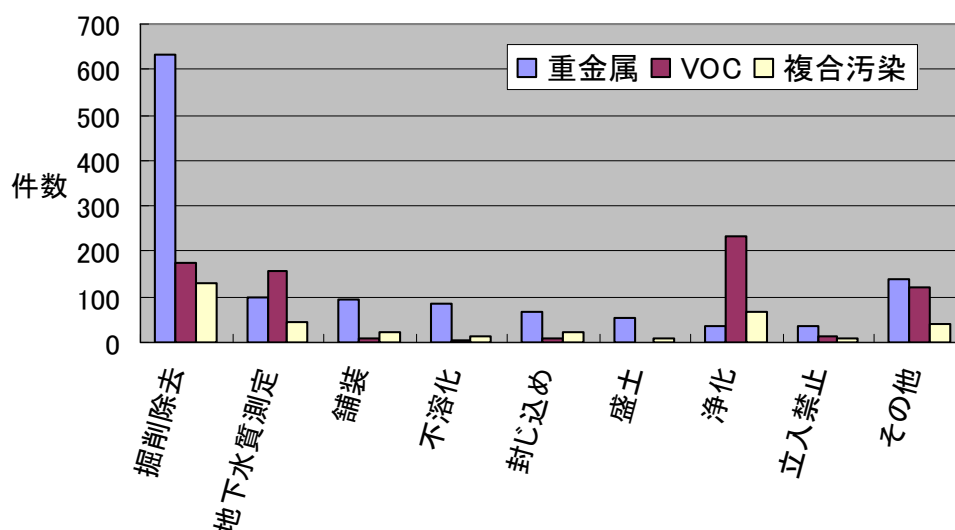


図 4-8 土壌汚染対策の実施内容と件数(~H15 年度)

日本が強い技術としては、地盤改良機械を用いた原位置浄化、あるいは固化・不溶化工法であろう。スラリー系ではセメント系深層混合処理工法、粉体系では粉体噴射攪拌工法、が機械攪拌式の代表的な工法である。また、高圧噴射式の地盤改良工法も多用されている。地盤改良技術を鍵に海外展開をもくろむことで、アジア地域の地盤状況を把握している日本勢が土壌汚染対策の主導権を握りやすくなるを考える。

##### 2) アメリカ

スーパーファンド法が 1980 年に施行されて、30 年弱が経過し、汚染土壌対策を実施する企業は数多くある。NPL (National Priority List; 汚染のランク付け) が定められており、浄化技術開発が行われ、土壌ガス吸引、反応性バリア、バイオレメディエーション等、一般的に利用されている浄化方法の開発が行われた。掘削除去、封じ込めが多いのは日本と同様の傾向である。

ブラウンフィールド問題(汚染された土地の浄化が進まず、塩漬けになる問題)が 10 年ほど前から起こった。現在、環境リスクの評価により、浄化とメリットのバランスを採る方法が検討されている。自然減衰、原位置バイオレメディエーション等の手法がとられているのが特徴である。

## 米国で採用されている浄化手法

適用された浄化対策	件数	割合
掘削除去	2,505	36.1%
自然減衰(ナチュラルアテニュエーション)	1,214	17.5%
原位置封じ込め	923	13.3%
原位置バイオレメディエーション	701	10.1%
現場バイオレメディエーション	180	2.6%
土壌ガス吸引	1,714	24.7%
化学的酸化分解	583	8.4%
固化・不溶化	472	6.8%
加熱脱着	83	1.2%
反応性透過壁	90	1.3%
土壌洗浄	35	0.5%
オンサイト焼却	28	0.4%
合 計	8,527	122.9%

2006年行政に届け出られたサイト数6,938のうち22.9%のサイトは複数の手法を適用

### 3)ヨーロッパ

オランダの企業は鉱山技術を有しており、国立研究所であるオランダ応用科学研究機構を始め、洗浄技術等の優れた浄化技術を持つ企業が見られる。技術ライセンスを海外に販売する事業を実施している。ドイツの例を挙げるが、掘削除去、固化不溶化が多いのは他の地域と傾向が似ている。基本的な浄化手法がとられている。

## ドイツで採用されている浄化手法

Northrhine Westfalia 州の例

適用された浄化対策	割 合
掘削除去	50.3 %
固化・不溶化	20.0 %
地下水の揚水処理	10.9 %
土壌ガス吸引法等の物理的処理	10.2 %
生物処理	1.6 %
熱処理等の物理的処理	3.3 %
土壌洗浄等抽出法	0.5 %
その他	4.0 %
合 計	100 %

注：2001年のNorthrhine Westfalia州の浄化完了及び浄化中サイトの総数は約6,300となっている

## 5. 環境修復に関わる国際研究開発支援

環境修復に関わる国際研究開発支援の枠組みとしては、提案公募型開発支援研究協力(NEDO)、戦略的国際科学技術協力推進事業(JST)及び産油国石油産業等基盤整備事業(JCCP)が利用されている。しかしながら、環境修復については対象国における市場形成が進んでいないことから、実施件数が少ないのが現状である。将来の市場化を目指すには、提案公募型開発支援研究協力(NEDO)を活用した現地の大学・研究機関等との共同開発等について産業界からの積極的な提案が必要である。

また、戦略的国際科学技術協力推進事業(JST)は、政府間協定や大臣会合での合意等に基づき文部科学省が設定した協力対象国・分野の国際研究交流プロジェクトを支援するトップダウン型の事業であり、戦略的に設定された協力対象国・分野における我が国と各国の研究者との活発な研究交流の推進を通じて、我が国の科学技術のさらなる発展に貢献するもので、産業界としては環境修復分野の協力対象国を拡充して取り組んでいただきたい事業である。

さらに、財団法人国際石油交流センター(JCCP)では、産油国石油産業等基盤整備事業により、わが国の技術やノウハウの移転、およびその応用や共同開発を通して、安全操業、近代化、合理化、経済性向上、環境保全等に資する事業を行っている。

その他、独立行政法人、公益法人、公的研究機関、大学などで幅広い研究が取り組まれている。

### 5.1 提案公募型開発支援研究協力(NEDO)

目的: 開発途上国の研究開発能力のみでは解決・達成困難な開発途上国固有の技術開発課題、技術ニーズについて、我が国の技術力を活用しつつ、相手国の自立的発展に不可欠となる研究開発能力の向上を図るとともに近い将来での技術開発課題の実用化を目的とする。(H18年度から公募開始)

対象国: 東アジアを中心としたODA対象国

期間: 2年度以内

費用: 1件当たり7,000万円(税込み)／年

表 5-1 提案公募型開発支援研究協力の例(環境修復技術に関連する分野の抜粋)

件名	対象国	実施者	期間(年度)
普及型水浄化ソリューションの開発	インドネシア	三洋電機	H18～H19
タイにおける新活性汚泥法の適用に関する研究開発	タイ	ベネアス	H18～H19
ベトナムにおけるエネルギー回収型排水処理技術の共同研究	ベトナム	大阪産業大	H18～H19
自然浄化能力を活用した土壌汚染対策技術の開発	タイ	清水建設	H19～H20
難分解性排水・堆積物のオゾン・微生物処理による合理的分解技術の開発	ベトナム	産総研	H19～H20



【提案公募型開発支援研究協力(NEDO)の事例】

難分解性排水・堆積物のオゾン・微生物処理による合理的分解技術の開発(ベトナム)  
(H19～H20)

実施者:産総研

目的:ベトナムでは、繊維、石油・石炭、農業、水産などの主産業から、難分解性成分の排水が流出し、環境汚染が表面化している。ベトナム政府は、排水処理装置の設置率を向上させるとともに、規制強化を進めている。これに対して、生物分解が難しい染色排水や染色ヘドロ堆積物を、オゾン・微生物処理等による低コストの合理的分解技術を開発し、ベトナム産業の支援、新規産業の創出、生活の安定に貢献する。

目標処理コスト: 染色排水 240 円/m<sup>3</sup> 染色堆積物 4,200 円/m<sup>3</sup>

主要適用技術:オゾン酸化分解、マイクロバブリング、バブリングヘドロ浄化、バイオレメディエーション等

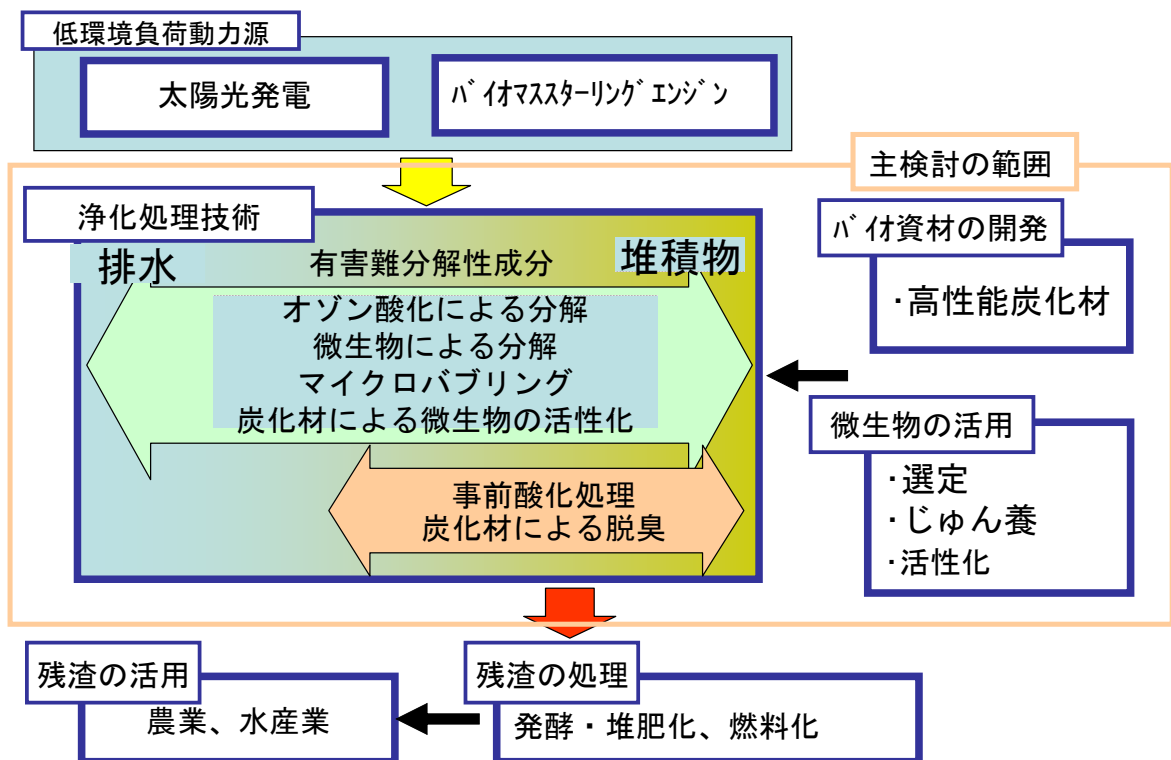


図 5-1 処理システムの概要

## 5.2 戦略的国際科学技術協力推進事業(JST)

1) 目的: 政府間協定や大臣会合での合意等に基づき文部科学省が設定した協力対象国・分野の国際研究交流プロジェクトを支援する「トップダウン型」の事業。戦略的に設定された協力対象国・分野における我が国と各国の研究者との活発な研究交流の推進を通じて、我が国の科学技術のさらなる発展に貢献する。

2) 期間: 3年度以内

3) 費用: 1プロジェクト当たり1000万円/年

### 【環境修復技術に関連する分野】

1) 対象国: 中国

2) 協力分野: 「環境保全及び環境低負荷型社会の構築のための科学技術」

深刻な環境問題に対処するための科学技術に関わる研究交流を推進する。

3) 支援対象:

H16年度・・・大気環境関連技術、水環境関連技術、自然エネルギー利用に関する技術

H17年度・・・生活環境の健康への影響、環境に配慮した新エネルギー技術

H18年度・・・流域圏の汚染・劣化に関する影響評価と対策技術

表 5-2 戦略的国際科学技術協力推進事業(JST)採択プロジェクト  
(環境修復技術に関連する分野の抜粋)

件名	日本側代表者 中国側代表者	支援期間 (年度)
湖沼の富栄養化防止・修復のための持続可能な生態環境保全技術の確立	前川 孝昭氏(国際科学振興財団) Prof. Yang Jifu (CIWRHR)	H16～H19
廃水からの栄養塩除去プロセスへの微生物学的な視点の導入とその数学的モデル化	味埜 俊教授(東大) Prof. Peng Yongzhen (BUT)	H16～H19
持続性と環境生態インパクト低減を目指した高度排水浄化・リサイクル技術システムの開発と性能評価	藤江 幸一教授(豊橋科技大) Prof. Min Yang (Chinese Academy of Science)	H16～H19
水の反復利用によるリスク低減のためのモニタリング評価と対策技術に関する研究	津野 洋教授(京大) Prof. Xia Huang (Tsinghua Univ.)	H18～H21
日本と中国の農業生態系流域における窒素循環およびその水質に及ぼす影響に関する比較研究	斎藤 雅典氏(農業環境技術研究所) Prof. Zucong Cai (Chinese Academy of Science)	H18～H21
水利構造物による淮河流域の水環境劣化の実態把握と対策に関する研究	村上 正吾氏(国立環境研) Prof. Xia Jun (Chinese Academy of Science)	H18～H21
持続可能な流域水環境保全/物質・エネルギー生産融合システム及びその基盤技術の開発	迫田 章義教授(東大) Prof. Hong-Ying Hu (Tsinghua Univ)	H18～H21

戦略的国際科学技術協力推進事業は政府主導で実施されており、産業界にとっても技術的解決課題を把握し、将来の市場化・産業化を睨む上で重要であり、一層の推進が望まれる。

### 5.3 産油国石油産業等基盤整備事業(JCCP)

財団法人国際石油交流センター(JCCP)では、相手国石油産業等のニーズを調べる調査事業をまず行い、その中から製油所の省エネ、経済性向上、近代化計画検討等の具体的支援案件としてまとまったものをFS事業、コンサルタント事業として、また適用にあたり必要な研究開発事業を行っている。カウンターパートとの3~4年の事業として共同で実施している。

#### 1) クウェート国における石油精製副生硫黄の有効利用実証化に関する調査

クウェート国は緑化事業にも注力しているが、高い気温や水不足に加え、植物の生育に不適とされるアルカリ性の土壌が広がっている。JCCPでは出光興産(株)の協力を得て、クウェート科学技術研究所(KISR)とともに石油精製時に副生する硫黄と、硫黄酸化細菌を用いたアルカリ土壌の改良技術の検討を行ってきた。硫黄酸化細菌とは、文字どおり硫黄を酸化し硫酸を生成する作用を持つ微生物である。すなわち、硫黄と硫黄酸化細菌を土壌中で共存させると、微生物の作用により硫酸が生成され、土壌のアルカリ性を中和し、その結果植物の生育が促進(改善)される効果が期待できる。

このようなコンセプトの下、平成11年度から平成17年度までの7年間で2つのフェーズに分け、フェーズ1では要素技術(菌の研究や、硫黄や硫黄酸化細菌の製剤化、植物への処理試験など)の確立と検証を、フェーズ2では開発した要素技術の実証化試験を行ってきた。特にフェーズ2では、設置した土壌改良材製造機器を用いて、土壌改良材を数百Kg規模で製造し、KISRの研究圃場にて緑化植物の生育試験を行った結果、10~50%の成長促進効果を確認できた。加えて、4トン/日を想定した製造プロセスでのコスト試算に基づき経済性評価を行うとともに、農業用資材を含む広い分野に普及させるための課題も導き出している。

#### 2) オマーン国における地下水の汚染とその対策に関する調査

本事業は、原油生産の約3倍量に相当する原油随伴水の処理と再利用に関する調査研究であり、現在オマーン南部において注目されている随伴水の廃棄による地下水汚染問題の解決と、再利用による灌漑用水資源の確保を目指している。この事業は、JCCP技術協力関係を通じた、オマーンと日本の関係強化につながるものとしている。

JCCPでは清水建設(株)と出光エンジニアリング(株)に委託して、平成12年度~21年度の予定でオマーン国立スルタンカブース大学、自治環境水資源省をカウンターパートとし、オマーン国における地下水汚染の現状調査、最適な浄化技術の選択、その技術の現地への適用性と効果を把握する調査を行っている。

さらに、数値モデルを用いたシミュレーションにより汚染状況の再現や浄化技術の効果予測を行い、今後予想される汚染サイトの調査、浄化、汚染拡散防止対策に有効な技術システムを構築する予定で、オマーン国だけでなく同様な地下水汚染問題を持つ中東諸国の環境保全に大きく貢献することが期待されている。

表 5-3 平成 17 年度～19 年度技術協力部基盤整備事業  
(中東地域の環境修復に関連するものを抜粋)

事業名	国名	相手先
カタール国国営石油における環境改善に関する調査	カタール	カタール国 国営石油会社
クウェート国における石油精製副生硫黄の有効利用実証化に関する調査	クウェート	クウェート科学技術研究所
アラブ首長国連邦(UAE)の製油所における廃水処理に関する調査	UAE	UAE 大学
オマーン国における油田随伴水の処理とその利用に関する調査	オマーン	スルタン・カブール大学

#### 5. 4 環境修復に関わるODA

環境修復分野としての統計は、「水と衛生に関する拡大パートナーシップイニシアティブ」において水処理に関する統計が示されており、水環境修復に関する統計はここから推定できる。土壌環境の修復については、データを探索中であるが、水処理に比べるとかなり小規模と推定される。

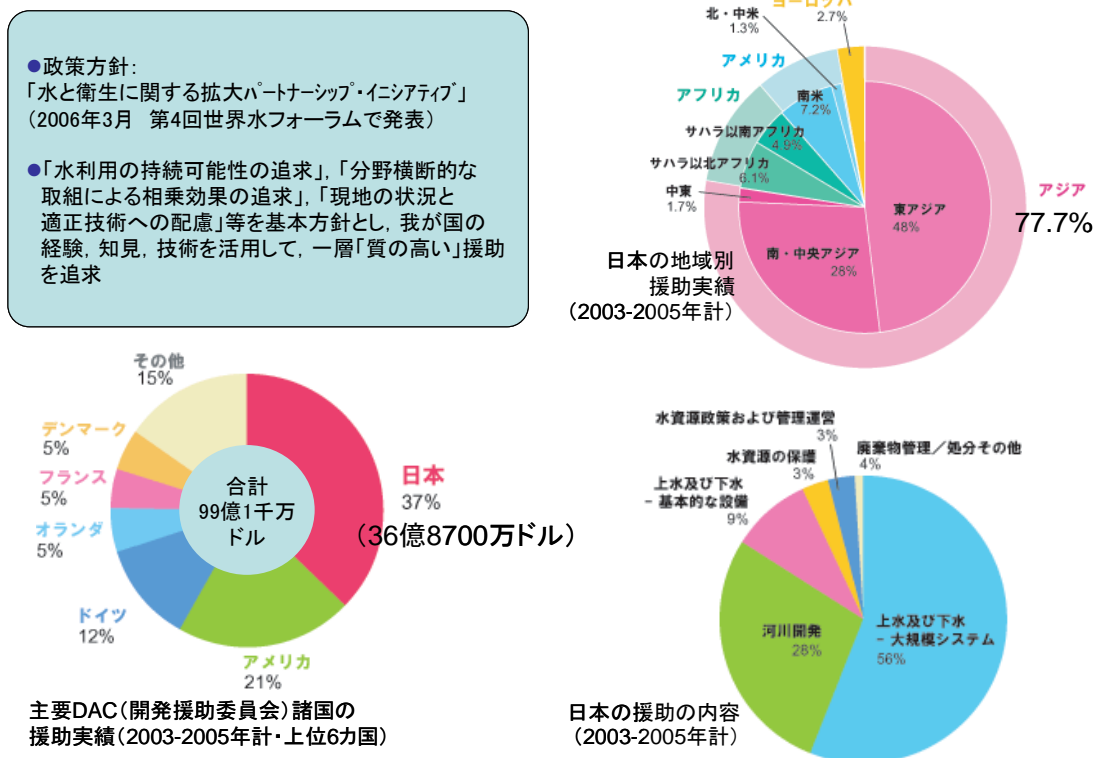


図 5-3 水処理に関する統計  
(水と衛生に関する拡大パートナーシップイニシアティブ)

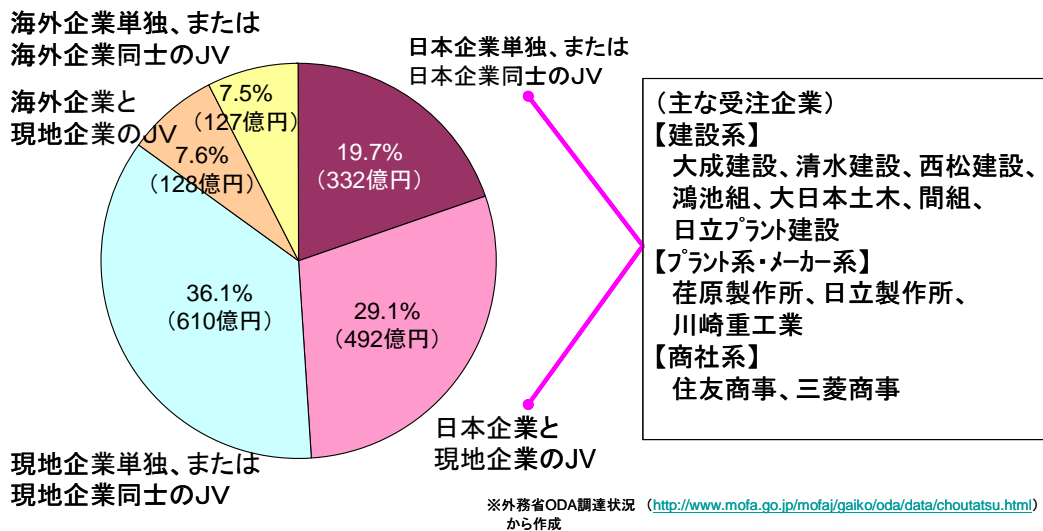


図5-4 主なODA事業における実施企業の内訳 (ODA)

環境改善・上下水道整備工事(2002年～2004年(3年間))総額10億円以上の契約(コンサル契約等を除く)(無償資金協力・円借款)(計45件、1689億円)

#### 6. 産業競争力強化のための技術開発課題

今後の国際競争力強化のためには、我が国の高性能な浄化技術・地盤改良技術などの直接的な浄化・処理などの修復技術だけではなく、調査・分析、リスク評価、モニタリングなどのライフサイクル対応での修復技術を強化し、ライフサイクルでのビジネス展開につなげていく必要がある。

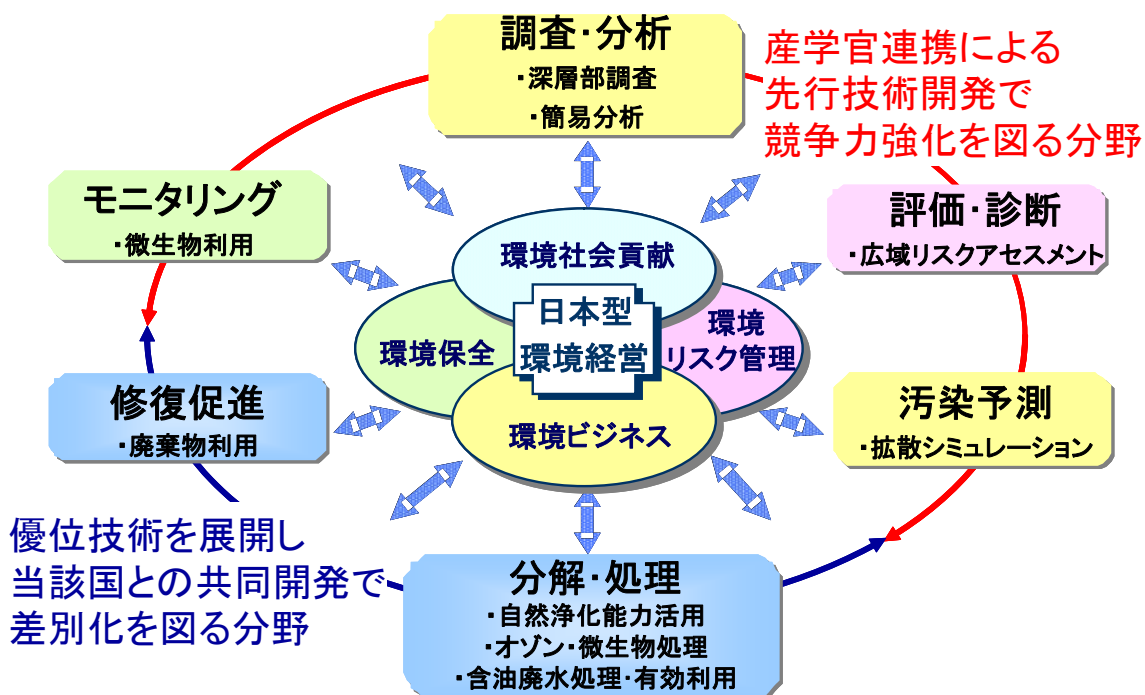


図6-1 環境修復のライフサイクルにおける対応技術力の強化

## 6. 1 汚染物質の調査・評価技術の効率化

### 1) 確度が高く簡易な分析技術にもとづいた深層部における汚染の効率的な調査技術

現在、土壌・水質汚染調査については、サンプリング採取による従来型の方法とともにコスト低減を目指して簡易な表層ガス調査技術が開発され使用されている。しかし、この方法は浅層部汚染についてはその有効性が確認されているが、深層部汚染についてはその適用が課題となっている。特に深層油汚染に対する調査については産油国においてニーズが高く、産油国においてこの技術を共同開発する意義は大きい。

### 2) 環境汚染およびその修復による周辺地域のリスクアセスメントなどの評価技術

米国企業は、ブラウンフィールド問題(汚染された土地の浄化が進まず、塩漬けになる問題)に対応するため、環境リスクを評価して浄化とメリットのバランスを採る方法が検討されるなどソフト面での技術が重視されている。我が国においても環境修復を海外においてビジネス化していく上で、このような評価技術の確立は重要である。

## 6. 2 汚染拡散等のシミュレーション技術の精度向上

### 1) 汚染拡散等の高精度シミュレーション技術

数値モデルを用いたシミュレーションにより汚染状況の再現や浄化技術の効果予測を行い、今後予想される汚染サイトの調査、浄化、汚染拡散防止対策に有効な技術システムを構築することが急務である。特に、シミュレーション技術の高精度化は地下水汚染問題を持つ中東諸国の環境保全に大きく貢献することが期待されており、我が国の環境修復技術を海外展開する際の鍵となるものと考えられる。

## 6. 3 特定汚染物質の分解・処理技術の体系化

### 1) 自然浄化能力を活用した土壌汚染対策技術の開発

バイオレメディエーションや植物を利用したファイトレメディエーションなど自然のもつ浄化能力を利用して環境負荷をできるだけかけずに修復する環境浄化の方向が重視されつつある。特に低コストで管理の容易な植物を用いた浄化技術については海外からのニーズもあり、現地の植物種を利用した浄化技術を確立し、我が国の技術対応力を強化していくことが必要である。

### 2) 難分解性排水・堆積物のオゾン・微生物処理による分解浄化技術の開発

例えば、ベトナムにおける生物分解が難しい染色排水や染色ヘドロ堆積物を、低コストで分解する技術の開発は、ベトナムの産業の支援、新規産業の創出、生活の安定に貢献するものである。ここには、産総研で開発されたマイクロバブリングを始めとしてオゾン酸化、微生物等による分解技術が現地の汚染状況に対して適用され効果を上げることが期待されている。

### 3) 含油排水の処理・有効利用技術の開発

原油生産の約3倍量に相当する原油随伴水の処理と再利用に関する技術開発は、現在オマーン南部において注目されている随伴水の廃棄による地下水汚染問題の解

決と、再利用による灌漑用水資源の確保に不可欠である。

#### 6. 4 廃棄物等を利用した環境修復技術の開発

##### 1) 廃棄物を活用した土壌改良材料の開発

産油国では緑化事業を進めており、クウェート国のようにアルカリ土壌の改質が必要な地域がある。これに対して、石油精製時に副生する硫黄と、硫黄酸化細菌を用いたアルカリ土壌の改良技術の検討が行われている。このような土壌改良により、食料の増産が可能となれば、環境問題のもう一つの側面である貧困問題の解消にもつながると考えられ、合わせて改良土壌に適した食料用植物品種の開発も推進すべきと考える。

またアラブ首長国連邦では、現地で発生する産業副産物と硫黄とから成る新規材料を、コンクリート代替として現地の建設材料として用いる検討が進められている。

このような現地の廃棄物を活用した土壌改良材料や建設材料の開発や改良土壌に適した食料用植物品種の開発に取り組むことも、我が国の環境経営に基づく環境修復技術の展開という点から重要である。

#### 6. 5 長期的モニタリング技術の開発

##### 1) 微生物等を利用したモニタリング技術の開発

土壌・水環境の修復後の状況については、長期的なモニタリングが必要である。特に、バイオレメディエーションの利用に伴い、利用する微生物および対象土壌中に存在する複数の微生物の遺伝子を抽出し、短時間に解析する技術の確立が課題である。

#### 6. 6 技術開発の進め方

技術開発ロードマップを表6-1に提案する。なお、これらの技術開発は分野により取り組み状況に差異があるため、以下のような体系で推進することを提案する。

##### 1) 現状の技術開発プロジェクトの重点的推進

既に開発プロジェクトとして設定されている、特定汚染物質の分解・処理技術や廃棄物等を利用した環境修復技術の開発については、現地での要素実験、実証実験を進め、5年後の技術移転を目指すこととし、産学官協力の下で資源を重点配分し推進する。

##### 2) 官民協力による現地調査にもとづく新規技術開発プロジェクトの設立

まず、現地での実態調査等による課題確認を必要とする汚染物質の調査・評価技術の効率化や汚染拡散等のシミュレーション技術の精度向上については、国の出先機関等の支援の下で官民協力して現地調査を行い、その分析の下に技術開発目標を設定し、5年後の実用化を目指した技術開発プロジェクトを提案する。

##### 3) 分野横断的な技術開発プロジェクトの検討

他分野の科学技術上の知見を必要とする長期的モニタリング技術の開発は、まずその基礎的検討を行い、分野横断的な技術開発プロジェクトの設立を検討する。

表6-1 環境修復技術開発ロードマップ

	H20	H21	H22	H23	H24
<p>1. 汚染物質の調査・評価技術の効率化</p> <p>1) 確度が高く簡易な分析技術にもとづいた深層部における汚染の効率的な調査技術</p> <p>2) 環境汚染およびその修復による周辺地域のリスクアセスメントなどの評価技術</p>	調査/FS	技術開発		検証	展開
<p>2. 汚染拡散等のシミュレーション技術の精度向上</p> <p>1) 汚染拡散等の高精度シミュレーション技術</p>	調査/FS	技術開発		検証	展開
<p>3. 特定汚染物質の分解・処理技術の体系化</p> <p>1) 自然浄化能力を活用した土壤汚染対策技術の開発</p> <p>2) 難分解性排水・堆積物のオゾン・微生物処理による分解浄化技術の開発</p> <p>3) 含油排水の処理・有効利用技術の開発</p>	現地実験	実証実験			技術移転
	室内実験	実証実験			技術移転
	室内実験	実証実験			技術移転
<p>4. 廃棄物等を利用した環境修復技術の開発</p> <p>1) 廃棄物を活用した土壤改良材料の開発</p>	予備実験	要素実験		実証実験	
<p>5. 長期的モニタリング技術の開発</p> <p>1) 微生物等を利用したモニタリング技術の開発</p>	実現性検討	要素実験		実証実験	



## 7. 産業競争力強化のための提言

先に掲げた対象地域で、環境修復市場が形成されるまでには5年から10年程度の時間を要すると思われるため、わが国は現段階から、明確な戦略方針と目標を掲げて対象国及び課題を重点化し事業化に取り組むことが、技術競争力や産業競争力の強化につながり、将来市場における日本産業・企業の競争優位性の確保につながると考える。

当面、5年後の先導モデル事業の開始を目標に、以下に示す産業競争力強化のための施策と海外における具体的事業化方針にもとづいて、表7-1に示すロードマップにより、環境修復技術による事業化を推進することを提案する。

### 7.1 産業競争力強化のための施策

#### 1) 対象市場の分析

- ・アジア・中東地域における市場動向・規模・市場メカニズムの明確化
- ・環境国際貢献のシナリオ検討
- ・対象地域及び対象修復分野の設定

#### 2) 国際的な技術競争力の評価

- ・対象地域を絞った国際的な技術競争力の調査・分析
- ・技術戦略マップにもとづく関連技術の整理・体系化
- ・特許分析にもとづく有用技術の抽出と強化策の検討
- ・現状の関連プロジェクトの評価と重点化

#### 3) 技術移転方策の検討

- ・技術移転可能な現地研究機関等との連携策の検討
- ・共同研究開発プロジェクトのニーズ調査及び推進方法の検討
- ・既存の枠組みを活用した技術移転のための助成方法の検討

#### 4) 事業化の検討

- ・事業スキームの検討
- ・先導的モデル事業の検討

### 7.2 海外における具体的事業化方針

#### 1) 対象国の海外大学・研究機関等との連携

環境修復に限らず、現地の実情に対応しリスクの低減を図るには現地の法規・制度に通ずる必要があり、現地の国立・公立大学及び公的研究機関に提携先を設定し、連携した研究・技術開発活動を展開する。

#### 2) 現地の政府出先機関等による支援

海外で環境ビジネスを展開する場合、民間側の取組みだけでは汚染状況の把握など情報収集に限界があり事業化が進まない。現地政府及び企業に対する日本企業の技術紹介及び事業化を進めるための現地先行調査等については国の出先機関など官側の協力が必要である。

### 3) NEDO、JCCP、JST等の共同研究開発補助制度の活用

環境に関するODAは水資源事業がほとんどであり、環境修復に関しては極めて少ない。当面は、環境修復についてはODAではなくNEDO、JCCP、JST等の補助制度を利用した共同技術開発あるいは共同研究として進め、事業化への目処がつけばそれに見合った資金を市場から調達して進める。

表7-1 事業化推進ロードマップ

	H20	H21	H22	H23	H24
1) 対象市場の分析	調査企画 予備調査	市場動向・ 規模の調査分析  環境国際 貢献シナリ オの検討  対象地域・ 分野設定			
2) 国際的な技術競争力の評価	関連技術 の整理・ 体系化  対象地域別の競合技術 調査・分析  現状の関連プロジェクト の評価と重点化	有用技術の 抽出と強化 策の検討	国際競争力があり、 現地のニーズに合った 環境修復技術の開発・ 体系化		
3) 技術移転方策の検討	現地研究 機関等の 予備調査  共同研究開発プロジェクトの ニーズ調査  技術移転に関わる助成 方法の検討	現地研究 機関等の 現地調査			
4) 事業化の検討		事業フィー ジビリティ スタディ I	事業フィー ジビリティ スタディ II	先導的モデル事業の 検討・準備	先導モデ ル事業 開始

## 産業競争力懇談会（COCN）

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 〒100-8280

日本生命丸の内ビル（株式会社日立製作所内）

Tel : 03-4564-2382 Fax : 03-4564-2159

E-mail : cocn.office.aj@hitachi.com

事務局長 中塚隆雄