

第4期科学技術基本計画及び科学技術イノベーション
総合戦略のフォローアップに係る調査報告
グリーンイノベーション分野
(うち環境分野に係る報告)

2014年3月28日

環境ワーキンググループ 事務局

目次

調査の手順	2
1. 第4期基本計画レビューの対象を選定した考え方	3
2. 環境分野の技術体系案	4
3. 技術の進捗の把握のための評価指標の設定状況①（既存）	5
技術の進捗の把握のための評価指標の設定状況②（追加提案）	6
4. 基本計画の課題領域・個別課題と施策状況①（各府省庁の施策）	7
基本計画の課題領域・個別課題と施策状況②（研究開発プログラム）	8
5. 第4期基本計画レビューの総合分析	10
6. 第5期策定に向けた調査①（国際比較）	13
第5期策定に向けた調査②（トップダウンとボトムアップ）	14
7. 総括・今後の課題	15

調査の手順

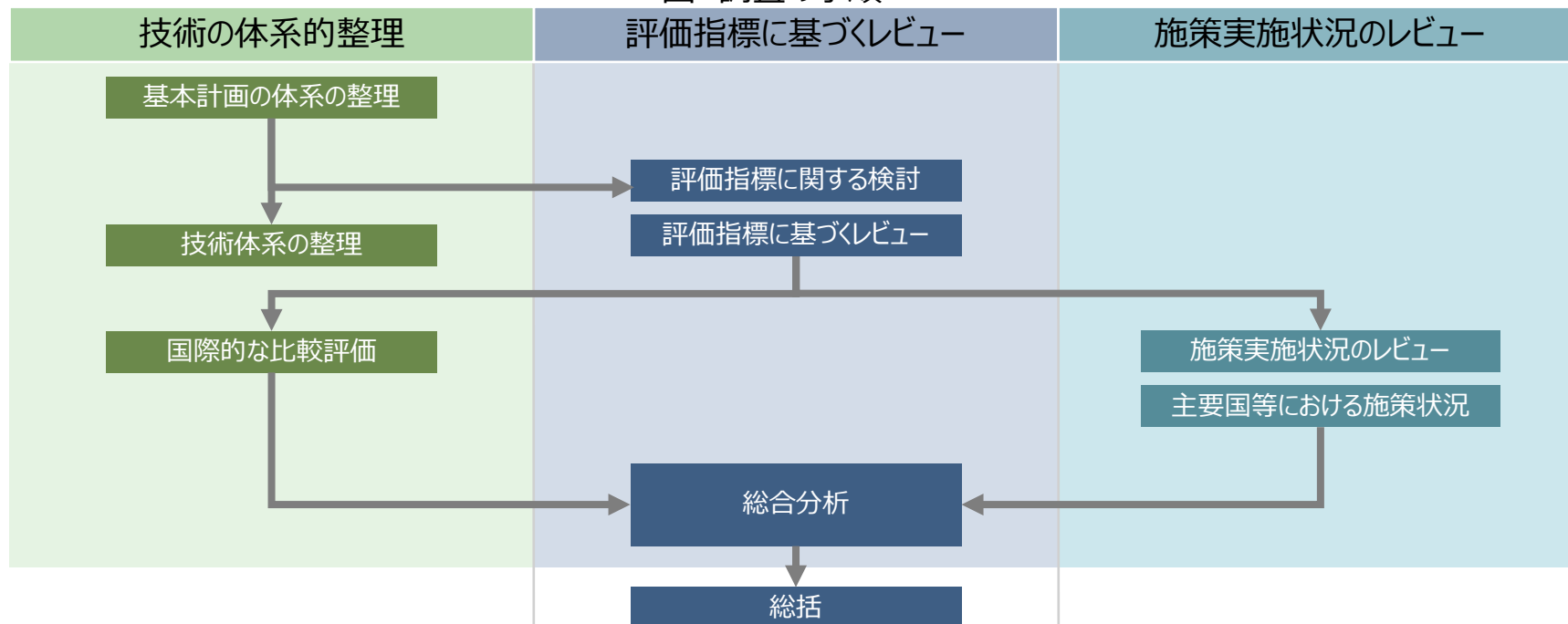
●ねらい

- 第4期科学技術基本計画及び科学技術イノベーション総合戦略に掲げた技術の進捗状況を適切に把握する。
- 技術の進捗や、現在の社会状況を考慮し、今後取り組むべき課題・事項を検討する。

●調査の進め方

- ① 第4期科学技術基本計画において例示されている個別課題別の関連分野を整理
- ② 個別課題との対応関係を確認しながら、環境分野の技術体系を整理
- ③ 整理された技術項目の中で、第4期科学技術基本計画において明示された技術を中心に、評価指標を検討し、指標値を調査
- ④ 整理された技術項目の中で、第4期科学技術基本計画において明示された技術を中心に、国が実施した取り組みを研究開発・導入促進の両観点から調査
- ⑤ 技術開発に関する国際的な比較評価等を実施して総合分析、総括。

図 調査の手順



1. 第4期基本計画レビューの対象を選定した考え方（基本計画上の位置付け）

第4期基本計画では、我が国の将来にわたる成長と社会の発展を実現するための主要な柱として「グリーンイノベーションの推進」を位置づけており、（2）重要課題達成のための施策」として、**iii) 社会インフラのグリーン化**、（3）推進のためのシステム改革として、**技術等成果の海外展開促進**を掲げている。

また、「重要課題達成のための施策の推進」として、（1）安全かつ豊かで質の高い国民生活の実現、（3）地球規模の問題解決への貢献の柱が立てられている。環境分野WGでは（1）**i) 生活の安全性と利便性の向上**、**ii) 食料、水、資源、エネルギーの安定的確保**、（3）**i) 地球規模問題への対応促進**、に言及された施策を検討の対象とした。

2. 【参考】環境分野の技術体系案

- 環境分野における技術体系については、構成員からの指摘も踏まえて、分野間の詳細さの調整等を実施したが、引き続き検討が必要である。

<技術体系案と個別課題との対応関係>

分野	大分類	第4期科学技術基本計画において例示されている個別課題														【個別課題領域】
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	
地球観測	観測体制・観測データ			●	●											【個別課題領域】 ①高度水処理技術を含む総合水資源管理システム ②資源再生技術 ③地球観測・予測・総合解析技術 ④地球観測等から得られる情報の多様領域における活用 ⑤気候変動や大規模自然災害に対応した都市や地域の形成 ⑥気候変動や大規模自然災害に対応した自然環境や生物多様性の保全 ⑦気候変動や大規模自然災害に対応した森林等における自然循環の維持 ⑧気候変動や大規模自然災害に対応した自然災害の軽減 ⑨気候変動対応に関する技術移転とシステム改革を総合的に推進 ⑩人の健康保護や生態系の保全に向けた大気、水、土壌における環境汚染物質の有害性やリスクの評価、管理、対策 ⑪資源の効率的、循環的な利用 ⑫廃棄物の抑制や適正管理、再利用 ⑬生物多様性の保全に向けた生態系に関する調査や観測、外的要因による影響評価、その保全、再生 ⑭資源、エネルギーの循環的な利用
	資源	●		●	●			●								
	防災				●				●							
気候変動対応(緩和策)	CO2固定化・有効利用															
	低炭素化															
	フロン対策															
気候変動対応(適応策)	気候変動対応(適応策)					●										
気候変動予測	分析			●												
資源循環	最終処分量削減技術												●			
	建設ストック											●				
	金属資源											●				
	エコデザイン再生生産技術											●				
	プラスチック											●				
	バイオマス											●				
	シュレッターダスト											●				
	複合素材											●				
	代替フロン											●				
	ナノテク素材											●				
水環境(水循環)	水再生	●														
	資源・エネルギー生産		●											●		
	健康リスク低減											●				
	水環境負荷低減・修復											●				
	水環境診断・リスク管理											●				
土壌環境	リスク削減技術開発										●					
	リスク評価・管理技術開発										●					
大気環境	リスク削減技術開発										●					
その他	国土・水・自然資源の持続的な保全と利用											●	●			
	生物多様性の確保						●									
	長期的な国家ビジョンの中でのあるべき社会(持続可能社会)に係る研究									●						
	持続可能社会への転換に係る研究										●					
	アジア地域を始めとした国際的課題への対応										●					

3.技術の進捗の把握のための評価指標の設定状況①（既存）

- 環境分野においては、評価指標の設定が難しいものが多い。これは、研究や技術開発の内容と個別課題との関連性は認められるものの、その関連性を定量的に評価することが困難であるため。

既存データを活用した指標設定が可能な分野

①高度水処理技術を含む総合水資源管理システム	【社会指標】 水循環観測システムの対象範囲[km] 【技術指標】 MBRにおけるエネルギー消費量従来技術比、有用金属・有害物質の分離・回収技術におけるエネルギー消費量従来技術比、高効率難分解性物質分解技術におけるエネルギー消費量従来技術比、難分解性有害化学物質の除去率[%]
②資源再生技術	【社会指標】 最終処分量[t-種類別レアメタル等/年]、資源生産性[円/t]（GDP/天然資源等投入量）、循環利用率[%]（循環利用量 / （循環利用量 + 天然資源等投入量））、金のリサイクル率[%]、銀のリサイクル率[%]、自動車部品の部品/素材としてのリユース率[%] 等
③地球観測・予測・総合解析技術	【社会指標】 データ結合率、データ整備対象面積[km ²]、水循環観測システムの対象範囲[km] 【技術指標】 空間分解能[m]
④地球観測等から得られる情報の多様領域における活用	【社会指標】 衛星自動観測システムの対象面積[km]、定常的実時間監視観測網の対象地域[km]
⑥気候変動や大規模自然災害に対応した自然環境や生物多様性の保全	【社会指標】 絶滅危惧種の保全実施種数[種]、防除ニーズの高い外来種のうち防除技術等の開発件数[件]
⑨気候変動対応に関する技術移転とシステム改革を総合的に推進	【社会指標】 ミレニアム開発指標、国民幸福度指数、持続可能性社会指標、環境勘定、低炭素社会シナリオがNAMA（国家の適切な削減行動）の基盤として活用されているアジアの途上国数[ヶ国]、アジア地域の温暖化に脆弱な途上国等における温暖化影響評価・適応策の実証事業の数[件]
⑩大気、水、土壌における環境汚染物質の有害性やリスクの評価、管理、対策	【社会指標】 自然由来の有害物質による汚染地下水等の浄化量[t/年]、殿物処理コスト削減率[%]、ランニングコスト削減率[%]、発生殿物量削減率[%]、中和剤使用量削減率[%]、VOC排出量対[-] 【技術指標】 底層DO[mg/L]、透明度[m]
⑪効率的、循環的な利用	【社会指標】 リグノフェノール使用製品出荷量[t/年、円/年]、リグノフェノール使用・販売製品種類数
⑫廃棄物の抑制や適正管理、再利用	【社会指標】 有価物回収量[t-素材/年、t/年、百万円/年]
⑬生態系に関する調査や観測、外的要因による影響評価、その保全、再生	【社会指標】 PM2.5最大濃度[μg/m ³]、PM2.5濃度が一定レベルを超えた地点数、生物多様性の重要性の認知度[%] 【技術指標】 日数[地点・日]
⑭循環的な利用	（個別課題「②資源再生技術」を参照）

指標設定が困難な分野

- ⑤気候変動や大規模自然災害に対応した都市や地域の形成
- ⑦気候変動や大規模自然災害に対応した森林等における自然循環の維持
- ⑧気候変動や大規模自然災害に対応した自然災害の軽減

3.技術の進捗の把握のための評価指標の設定状況②（追加提案）

- 環境ワーキンググループでの議論では、各構成員から追加的な評価指標案も頂いた。
- 一方で、個別課題ごとに評価指標の設定が難しいもの、評価指標の設定自体が研究テーマになっているもの（例：生物多様性の分野）が存在することが確認された。
- 第5期科学技術基本計画の検討に当たっては、研究開発を通じてモニタリング可能な評価指標を設定することを念頭に置き、評価方法及び評価指標について予め検討する必要がある。

表 構成員より提案された評価指標（具体的に挙げられたもののみ）

例示されている個別課題	構成員より提案された評価指標
①高度水処理技術を含む総合水資源管理システム	<ul style="list-style-type: none">・ 「エネルギー消費率(造水量あたりエネルギー消費量)」・ 「水リサイクル率(水回収率)」・ 「処理コスト」「管理コスト」・ 「漏水率」・ 「耐震化率」・ 「アセットデータベース化率」・ 「水道普及率(人口ベース)」・ 「循環利用率」「リサイクル率」・ 「人口一人当たりの最大利用可能水資源量」
②資源再生技術	<ul style="list-style-type: none">・ 「回収率」・ 「回収コスト」・ 「エネルギー消費率」「GHG排出率」・ 「循環利用率」「リサイクル率」

4. 第4期基本計画の課題領域・個別課題と施策の状況①（各府省庁の施策）

第4期基本計画における課題領域		第4期基本計画における個別課題	関係省庁の施策			
Ⅱ. 3. グリーンイノベーション	(2)重要課題達成のための施策	iii)社会インフラのグリーン化	①高度水処理技術を含む総合水資源管理システム	FIRST(内閣府 総合科学技術会議) CREST(科学技術振興機構)		
			②資源再生技術	環境研究総合推進費(環境省) 東北発 素材技術先導プロジェクト(文部科学省)		
			③地球観測・予測・総合解析技術	衛星による地球環境観測の強化(環境省) 南極地域観測事業(文部科学省) 地球環境変動研究(文部科学省) 地球環境問題への対応に必要な基盤情報の創出:H24AP、地球温暖化への適応計画策定に必要な科学的知見の創出:H25AP(文部科学省) 「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス」(GRENE)事業 北極気候変動分野(文部科学省) CREST(科学技術振興機構)		
			④地球観測等から得られる情報の多様領域における活用	CREST(科学技術振興機構)		
			⑤気候変動や大規模自然災害に対応した都市や地域の形成	科学技術戦略推進費 社会システム改革と研究開発の一体的推進プログラム「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム」(文部科学省)		
			⑥気候変動や大規模自然災害に対応した自然環境や生物多様性の保全	生物多様性情報プラットフォームの構築と保全政策の戦略的推進(環境省) 環境研究総合推進費(環境省)		
			⑦気候変動や大規模自然災害に対応した森林等における自然循環の維持	—		
			⑧気候変動や大規模自然災害に対応した自然災害の軽減	地球環境変動研究(文部科学省)		
			(3)推進のためのシステム改革	技術等成果の海外展開促進	⑨気候変動対応に関する技術移転とシステム改革を総合的に推進	二国間オフセット・クレジット制度(外務省・経済産業省・環境省) 気候変動対策途上国支援(短期支援)(外務省) 気候変動問題の解決に向けた国際交渉への積極的な参画(外務省) 水質事故に備えた危機管理・リスク管理の推進(環境省) 土壌汚染対策のための技術開発(VOCの微生物等を利用した環境汚染物質浄化技術)(経済産業省) CREST(科学技術振興機構)
					⑩人の健康保護や生態系の保全に向けた大気、水、土壌における環境汚染物質の有害性やリスクの評価、管理、対策	—
Ⅲ. 2. 重要課題達成のための施策の推進	(1)安全かつ豊かで質の高い国民生活の実現	i)生活の安全性と利便性の向上	⑪効率的、循環的な利用	—		
		ii)食料、水、資源、エネルギーの安定的確保	⑫廃棄物の抑制や適正管理、再利用	—		
	(3)地球規模の問題解決への貢献	i)地球規模問題への対応促進	⑬生態系に関する調査や観測、外的要因による影響評価、その保全、再生	地球環境問題への対応に必要な基盤情報の創出:H24AP、地球温暖化への適応計画策定に必要な科学的知見の創出:H25AP(文部科学省) 海洋生物資源確保技術高度化(文部科学省) 環境研究総合推進費(環境省)		
			⑭循環的な利用	環境研究総合推進費(環境省) 東北発 素材技術先導プロジェクト(文部科学省)		

4. 基本計画の課題領域・個別課題と施策状況②（研究開発プログラム）

- 第4期基本計画上に位置付けられた施策以外にも、下記のような研究開発プログラムが取り組まれている。
- 科学技術振興気候が実施する提案型研究開発プログラムである「戦略的創造研究推進事業（CREST, Core Research for Evolutionary Science and Technology）」
- 研究者最優先の研究支援制度である「最先端研究開発支援プログラム（FIRST, Funding Program for World-Leading Innovative R&D on Science and Technology）」

表 個別課題に対応する研究テーマ(例:水資源)

個別課題	関連する研究テーマ
①高度水処理技術を含む総合水資源管理システム	<ul style="list-style-type: none">● CREST研究テーマ(例) 「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム研究領域研究領域研究領域」「地域水資源利用システムを構築するための Integrated Intelligent Satellite System(IISS)の適用」「多様な水源に対応できるロバスト RO/NF 膜の開発」「世界の持続可能な水利用の長期ビジョン作成」等● FIRST研究テーマ(例) 水循環の基盤となる革新的水処理システムの創出

【参考】主要国等における研究開発状況の例

- 欧州における環境分野の研究開発予算（FP7）は増加傾向であり、2013年は2007年の1.7倍となる約337百万ユーロの予算が割り当てられている。
- 米国EPAによる環境分野の研究プログラムの予算も増加傾向であり、2013年度は約557百万ドルの予算が割り当てられている。

欧州フレームワーク計画（FP7）

- 気候変動、汚染、リスク
 - 環境と気候、環境と健康、自然災害
- 持続可能な資源管理
 - 天然・人工資源および生物の多様性の保護と持続可能な管理
 - 海洋環境の管理
- 環境技術
 - 自然環境および人工環境に関する観察、シミュレーション、予防、緩和、適応、治療、回復のための環境技術
 - 人の居住環境を含む文化的遺産の保護・維持・強化
 - 技術の評価・検証・試験
- 地球観測と調査ツール
 - 環境と持続可能な開発のための地球・海洋観測システムおよびモニタリング手法開発
 - 持続可能な開発のための予測方法と評価ツール開発

EPA2011~2015年度戦略計画

- 気候変動への行動と大気質の確保
 - 大気
 - 気候
 - エネルギー
- 水資源の保全
 - 安全で持続可能な水資源
- コミュニティの改善
 - 持続可能で健康的なコミュニティ
- 化学物質の安全保障
 - 持続可能な化学安全
 - 健康リスク管理
 - 国土安全保障

5. 第4期基本計画レビューの総合分析①

- 第4期基本計画の課題領域別に今後の課題を整理すると下記の通り。

1) 社会のインフラのグリーン化

- 総合水資源管理システムとしては、水循環モニタリング等の大規模観測システム構築の他、個別技術として膜分離活性汚泥法（MBR）が下水道事業のコア技術として開発が進められることが期待される。
- 地球観測・予測・総合解析技術については、地球観測のセンサーネットワークのグローバル化が今後進展することにより、早期での警戒体制を整備することが求められる。また、このような観測技術の向上により、地球規模での関連データが入手可能となるため、そのようなビッグデータの解析技術の開発も重要となると考える。観測データの向上は気候変動問題に関するものに限らず、大規模災害への対応や特定有害物質のモニタリング等、その対象に応じた技術開発が必要である一方で、共通基盤となる技術開発が必要である。我が国は、非静力学全球大気モデルや動的植生モデル、統合的水資源モデル、河川流下モデル等において世界をリードしており、ハード、ソフトの両面の技術開発が求められる。
- 気候変動や大規模災害への対応については、森林等も含めた自然環境の保全と念頭にいた生態系インフラストラクチャーという概念も重要となる。多様な生態系サービスを同時に享受しうる多義的空間利用を重視することで、生態系を基板とした災害リスクを低減させることが可能となる。
- 資源再生技術については、不純物除去や希少金属回収技術、代替技術等の開発が中期的な視点で求められている。至近のマイルストーンとしては「2020年東京オリンピック」が挙げられ、この機会を活用することにより、3Rとエネルギーリサイクルを組み合わせたゼロエミッション循環システムの実証等も考えられる。

5. 第4期基本計画レビューの総合分析②

2) 技術等成果の海外展開の促進

- 我が国の水処理技術や水環境保全技術は、進行国や途上国にアピールすることができる分野横断的な技術である。一方で、価格競争では勝てないという理由の他に、実績がないため入札資格が与えられないという理由もある。そこで、我が国でのファンドプログラム等を利用した開発援助等で日本企業に実績を積ませて、海外展開を後押しするような施策が求められる。これは、開発援助による海外貢献と、日本国企業の海外展開による国内への利益還元につながるものである。
- また、今後途上国の経済はますます活性化していき、その経済成長に伴い都市化も急速に進行していくことが見込まれる。このような都市化により人々の居住、水、大気、廃棄物等の生活環境の確保で求められる。我が国においては、都市化に伴う生活環境の変化に順応するための最先端技術も開発・導入されてきており、これらの技術についてもシステム輸出等の海外展開施策の一つとして位置づけることが重要である。

3) 生活の安全性と利便性の向上

- 大気、水、土壌と関係する各インフラ整備について、環境負荷の少ない対策技術の開発が重要である。特に、土壌環境対策については、土壌汚染がもたらす環境リスク、土地価格の下落や売買対象とならない遊休汚染サイト（ブラウンフィールド）の増加等による社会経済的なリスクの軽減という視点からの施策構築が求められている。
- また、技術革新により新たに生み出される化学物質に対する監視・分析技術、自然環境や人間生活へのリスク評価、処理技術の確立が後手に回りがちとなるのが課題である。新規化学物質はその開発・生産企業が当該物質の特性情報を保有するため、効果的・効率的な監視・分析・処理技術を早く生み出すことができる立場にあるため、それらの環境技術を企業が率先して開発しようと動機づけるための施策が求められる。

5. 第4期基本計画レビューの総合分析③

4) 食料、水、資源、エネルギーの安定的確保

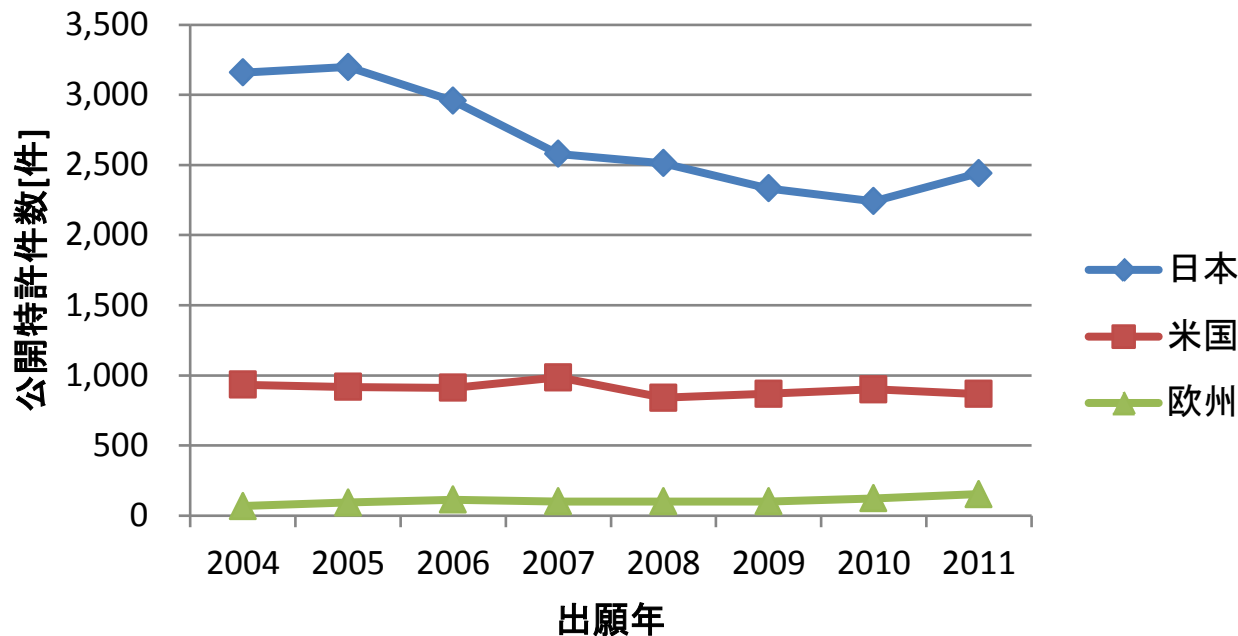
- 効率的な物質利用を念頭に、資源性の高い物質、有害性の高い物質を含む製品の管理・回収のための社会システム構築が必要となる。我が国は資源制約が大きいため、限られた資源でより大きな付加価値を生み出すための技術開発は継続的に実施されてきており、今後も、そのような資源生産性向上を下支えする技術、例えば材料の性能評価技術、リサイクルのための材料の選別・分離技術等が有望な技術となる。これらの技術が導入されることで、廃棄物発生量の少ない上流プロセスを構築することが可能となる。
- また、今後大規模なバイオマス利用が推進されることを想定して、食料利用とエネルギー利用のトレードオフの関係に加えて、生物多様性保全との調和を含めた研究開発が求められている。

5) 地球規模問題への対応促進

- 地球温暖化が進行することによる生態系サービスの確保が重要であり、それに資する技術開発が求められている。生態系は大気汚染の緩和、ヒートアイランド効果の低減、人々のストレスレベルの下げ健康福利向上効果、災害リスクの低減等の様々な観点からの効果が期待できる。これらの生態系特有の機能についての調査や観測、影響評価、保全、再生およびそれらの循環的な利用が求められる。
- また、資源とエネルギーの循環的な利用の観点からもレアメタル回収等の高付加価値化資源化や廃熱等のエネルギー回収について継続的な技術開発が重要である。

6. 第5期策定に向けた調査①（国際比較）

- 海外展開を視野に入れており、かつ、特許との親和性が高い水環境分野を対象に、特許分析による国際競争力分析を実施。
- 公開特許件数では日本が米国及び欧州を大きく引き離していたものの、日本が漸減傾向にあることから、その差は縮小傾向。



- 水分野での日本技術の国際シェアが高い分類としては「水処理膜」が挙げられ、世界市場の約5割を占めている
- 一方で、特許出願件数が、必ずしも国際競争力として体现されていない場合が存在する点にも留意が必要である。
- 例えば、水分野は、上水、海水淡水化、工業用水・工業下水、再利用水、下水（処理）と各分類で市場が異なっており、その中でも「技術自体」の優位性とは別に、導入技術の「管理・運営サービス」という部分も大きな市場となる。この管理・運営サービスの市場を獲得することにより、導入する技術の設備設計・建設にも踏み込んで市場を獲得することができる。

図 WIPO国際公開特許件数の最先出願年別推移【水循環（水環境）】

- ※ 日本の特許件数は、日本の事業者が日本国内で出願した特許件数。
- ※ 日本の特許件数は、科学技術全般に、米国や欧州より出願件数が高い特徴がある。
- ※ 国際競争力を分析するにあたっては、その技術の国際特許件数に基づいた評価も合わせて行うことが望ましい。

6. 第5期策定に向けた調査②（トップダウンとボトムアップ）

- 第5期基本計画策定に向けて、今後、重要な課題領域及び個別課題を特定して行くためには、大きく2種類のアプローチが考えられる。
 - トップダウン型のアプローチ：
 - 「3.技術体系案」で整理した環境分野の技術体系に照らして、現状の施策の実施状況を整理した上で、抜けや漏れがないか、あるいはより一層強化すべき領域がないか検討。
 - 留意点としては、分野間の詳細さを調整した上で、詳細過ぎない単位、例えば技術体系の中分類レベルで精緻に進捗を把握することが必要。
 - ボトムアップ型のアプローチ：
 - 4期基本計画の個別課題に関する施策等の実施状況に照らして、今後、新たに取り組むべき領域あるいはより一層強化すべき領域を抽出。
 - 留意点としては、「4.第4期基本計画レビューの総合分析」で述べたような課題領域及び個別課題への対応が重要。

7. 総括・今後の課題

本調査結果に関する留意事項、第5期基本計画策定に向けた留意事項

1 本調査結果に関する留意事項

- 1 **環境分野全体の視点**：第4期科学技術基本計画の個別課題に関係する分野に限定をして、技術開発・普及の進捗について整理することを重点的に行っており、環境分野全体を俯瞰したうえでの考察が必要。
- 2 **技術体系の構造整理**：環境分野での各技術の多様性を鑑み、技術開発・普及の進捗についてレビューすることを目的として、各技術の粒度感を整理したうえで網羅的かつ継続的に調査することが必要。
- 3 **指標数値の位置づけ**：環境分野における技術の特性上、定量化された「数値」としての評価が馴染みにくい技術が大部分であるのが実際であり、定性的な評価も含めて指標設定を検討する必要がある。

2 第5期基本計画策定に向けた留意事項

- 1 **基本計画の基盤としての技術体系の整備**：優先順位や施策の強弱を検討する基盤として技術体系を整理することで、基本計画を合理的に策定し、効率的に実施・進捗管理することが可能となる。
- 2 **個別課題に応じた評価指標の整備**：個別課題と評価指標のあり方、具体的には評価指標の粒度、進捗管理方法、及びその責任者について計画策定段階より検討することが重要。
- 3 **個別課題と対応する施策実施状況の十分な把握**：各省庁における施策の検討状況及び実施状況に関する情報収集整理分析機能と、その結果を各省庁にフィードバックしてコミュニケーションを図る機能を強化することが重要。