

日本の科学技術力の現状と課題 ～環境・エネルギー分野～

(独) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター
上席フェロー

笠木 伸英*

(* 東京大学教授, 日本学術会議会員)

- ◆ 2011年版科学技術・研究開発の国際比較
- ◆ 環境・エネルギー分野の国際科学技術比較
- ◆ エネルギー分野の今後の研究開発

研究開発戦略センターによる 科学技術・研究開発の国際比較について

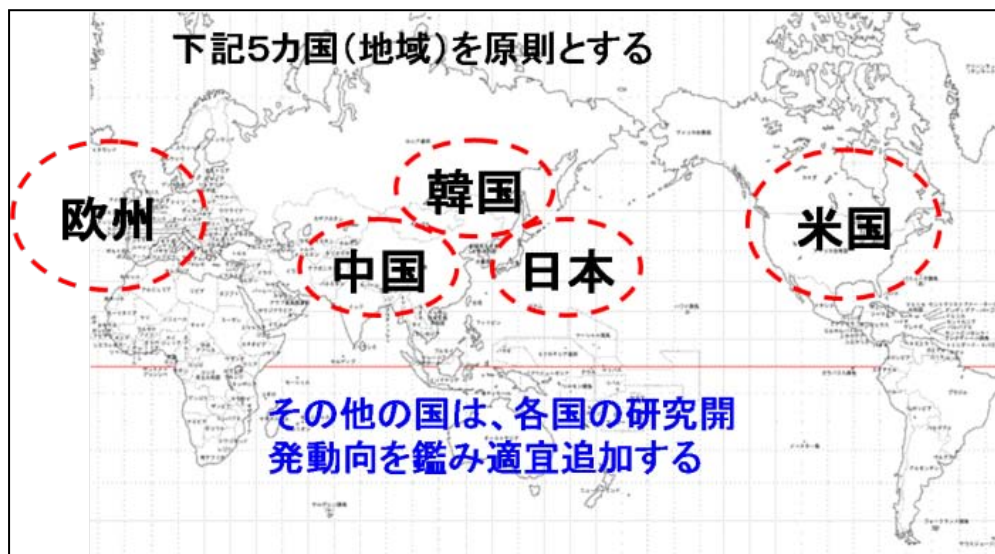
1. 目的

- (1) 日本の技術力の国際的なポジション把握: 「国際技術力比較」
該当分野の**専門家集団の主観評価(見識)**により、各国の技術力を技術カテゴリごとに評価する。
- (2) 新しい技術の芽への注視: 「注目すべき研究開発の動向」
今後重要性が増してきそうな技術の芽や新しい研究開発の動向を、専門家の視点でいち早く把握する。

2. 対象

- ・ 環境・エネルギー
- ・ 電子情報通信
- ・ ナノテクノロジー・材料
- ・ ライフサイエンス
- ・ 臨床医学

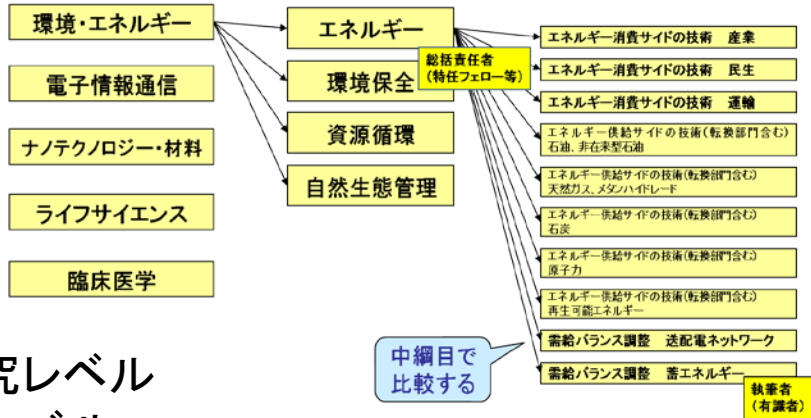
3. 国・地域



研究開発戦略センターによる 科学技術・研究開発の国際比較について

4. 方法

- ・【系】を【分野】に分け、さらに【中綱目】を設定
- ・【中綱目】ごとに技術力を比較



◆主な比較の視点◆

- ・研究水準..... 大学・公的研究機関の研究レベル
- ・技術開発水準..... 企業における研究開発のレベル
- ・産業技術力..... 企業における生産現場の技術力

* 中綱目: 技術力の比較が可能なレベルにカテゴリライズされた技術領域

5. 比較数

	【分野】	【中綱目】
環境・エネルギー	4	30
電子情報通信	6	64
ナノテクノロジー・材料	13	67
ライフサイエンス	8	79
臨床医学	6	12
合計	37	252

※ ご協力いただいた
産・官・学の専門家(執筆者) :
のべ354名

研究開発戦略センターによる 科学技術・研究開発の国際比較について

6. 比較表

分野		エネルギー分野																			
		エネルギー供給サイドの技術（転換部門含む）										需給バランス調整				エネルギーの消費サイドの技術					
		石油、非在来型石油		天然ガス、メタンハイドレード		石炭		原子力		再生可能エネルギー		送配電ネットワーク		蓄エネルギー		産業		民生		運輸	
国・地域	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	研究水準	△	→	◎	→	◎	↗	◎	↘	◎	↗	◎	↗	○	→	○	→	◎	↗	○	→
	技術開発水準	△	→	◎	↗	◎	↗	○	→	◎	→	◎	↗	◎	→	○	↘	◎	↗	◎	↗
	産業技術力	○	↗	◎	→	◎	↗	○	→	○	→	◎	↗	◎	↘	○	↘	◎	↗	◎	↗
米国	研究水準	○	→	◎	↘	◎	↗	◎	→	◎	↗	◎	↗	○	↗	○	↘	◎	↗	◎	↗
	技術開発水準	◎	↗	◎	→	◎	↗	○	↗	○	→	◎	↗	△	↗	◎	→	◎	↗	○	→
	産業技術力	◎	↗	◎	→	○	→	△	↗	○	→	◎	↗	×	↗	◎	→	◎	→	○	↘
欧州	研究水準	△	→	◎	→	◎	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	○	↗	○	↘	◎	↗	◎	→
	技術開発水準	△	↗	○	→	◎	↗	○	→	◎	→	◎	↗	△	↗	○	→	◎	↗	○	→
	産業技術力	○	→	○	↘	○	→	◎	→	◎	→	◎	↗	×	↗	○	→	○	↗	○	→
中国	研究水準	■	■	△	↗	○	→	○	↗	△	↗	○	↗	○	↗	◎	↗	△	↗	△	↗
	技術開発水準	△	↗	△	↗	○	↗	○	↗	○	↗	○	↗	○	↗	○	↗	△	→	△	↗
	産業技術力	○	↗	△	↗	○	→	○	↗	◎	↗	○	↗	○	↗	◎	↗	△	→	△	↗
韓国	研究水準	■	■	○	→	○	→	○	↗	○	↗	○	↗	△	→	△	→	△	↗	○	↗
	技術開発水準	△	→	○	↗	○	↗	◎	→	○	↗	○	↗	○	↗	○	↗	△	↗	○	↗
	産業技術力	○	↗	△	↗	△	↗	○	↗	△	→	○	↗	◎	↗	○	↗	○	↗	○	↗
インド										○	↗									○	↗
										○	↗									○	↗
										△	↗									△	↗

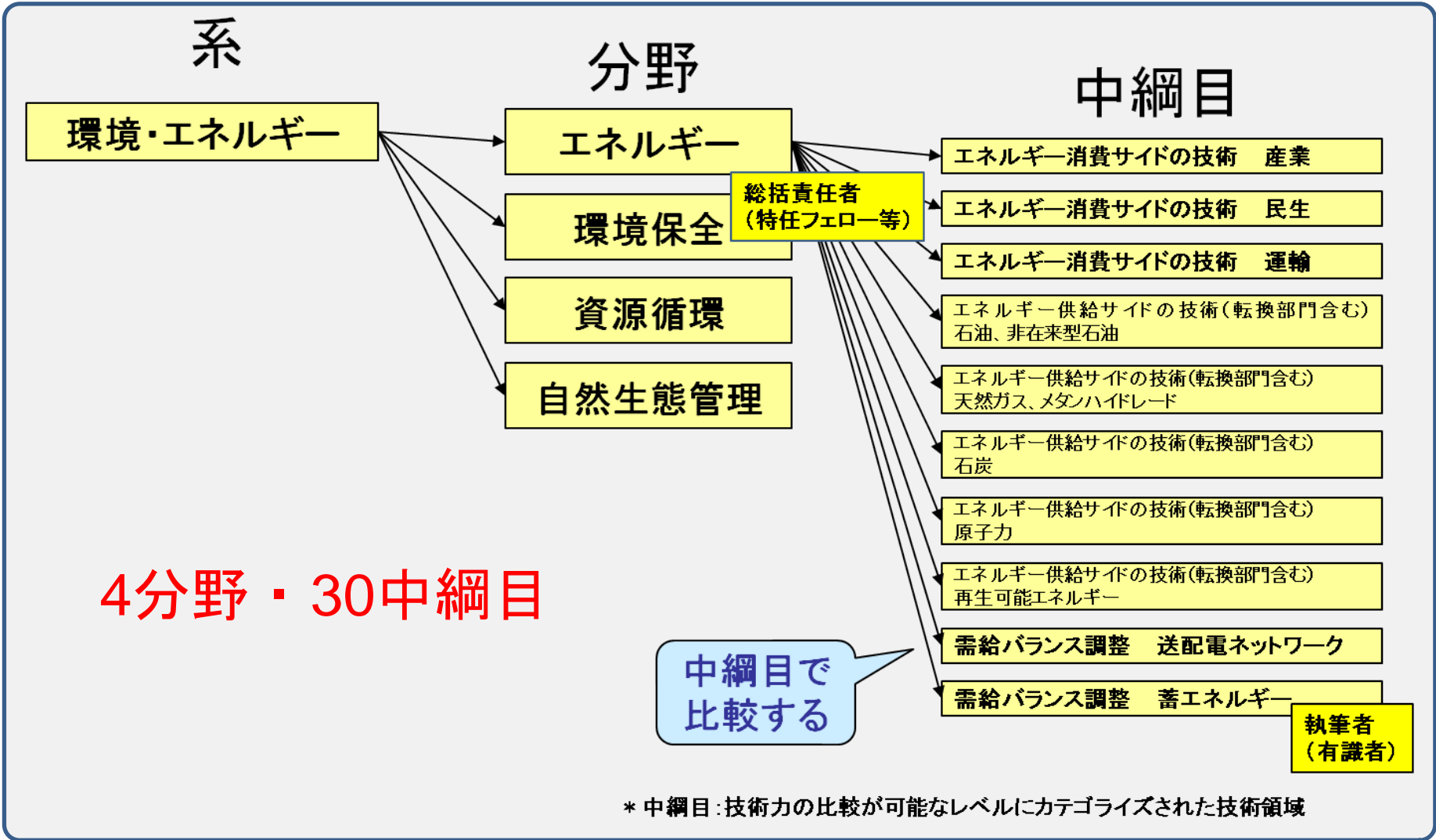
現状: 4段階
 ◎・○・△・×

トレンド: 3段階
 ↗・→・↘

- ◆ 2011年版科学技術・研究開発の国際比較
- ◆ 環境・エネルギー分野の国際科学技術比較
- ◆ エネルギー分野の今後の研究開発

環境・エネルギー分野の調査対象

■ 全体総括：笠木伸英 上席フェロー



中綱目		キーワード	
消費サイドの技術	産業	コージェネ、コプロダクション 産業間連携 産業用ヒートポンプ	開発研究・応用研究 基礎・基盤研究 グリーンプロセス(低エネルギー製造副生成物や共生成物の生成減少) 伝熱・流体制御 軽量化材料 断熱・遮熱材料 相界面技術 熱電変換デバイス、 超潤滑技術 廃棄物処理技術、安全技術 パワーデバイス(低損失、高耐圧等) エネルギーハーベスト技術 希少元素代替材料
	民生	ヒートポンプ、地域冷暖房 太陽熱利用、断熱 コージェネ、グリーンIT (業務、家庭)	
	運輸	HV、PHV、クリーンディーゼル EV、FCV モーダルシフトITS(貨物)	
供給サイドの技術 (転換部門含む)	石油、非在来型石油	改質、クリーン燃焼 合成燃料	重質油改質技術 新機能材料 高性能触媒技術 GTL技術(CO2含有) 材料機能劣化機構解明 超高温耐熱材料 ナノ構造解析 [先端計測機器・技術] [計算機科学] ガス化複合発電技術 CCS技術 (原子力エネルギー技術) (原子力安全技術) 超微細(ナノ加工)・デバイス技術 新型太陽電池(有機系、量子ドット) バイオリファイナリー(化石資源代替) 太陽エネルギーの化学変換技術
	天然ガス、メタンハイドレード	トリプルサイクル コージェネレーション	
	石炭	IGCC、A-USC、IGFC バイオマス混焼、ガス化	
	原子力	次世代軽水炉 高速増殖炉 核融合	
	再生可能エネルギー	太陽光発電、太陽熱、バイオマス、風力、小型水力、地熱、黒液、波力、等(超高効率・低コスト化)	
需給バランス調整	送配電ネットワーク	分散システム スマートグリッド 情報制御	電力システム技術 超伝導技術 SMES技術 エレクトロニクスデバイスの省エネ化 二次電池(高電圧・高容量化) 次々世代二次電池 燃料電池(高出力化) 材料界面3次元構造設計・制御
	蓄エネルギー	電池、蓄熱等	

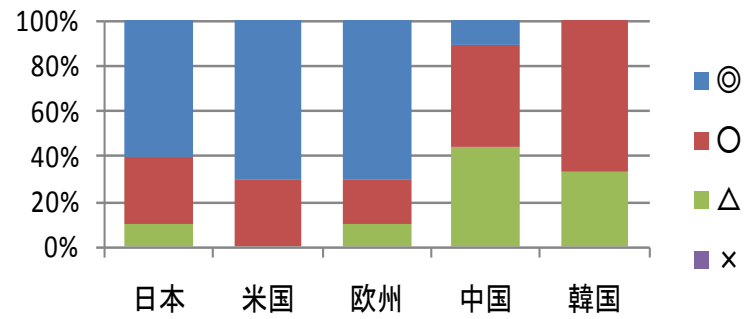
環境・エネルギー分野全体に関する動向

- 各国ともに**グリーン・グロース**、**グリーン・イノベーション**を指してエネルギー政策と経済成長を強くリンクさせ、関連技術の研究開発の戦略強化を推進。(OECD, G20, ASEAN)
- **低炭素社会(or クリーンエネルギー)**への移行は世界の潮流となり、化石資源利用を前提にした技術体系や産業構造の抜本的な改革の要請が高まる方向。(Cool Earth 50, COP15, COP16, G8, ASEAN)
- 開発技術の効率や環境負荷を見極め、さらに経済性、社会的受容性などに応じて適材適所の導入を目指すと共に、日本、世界各国、地域ごとの総合的な**中長期的プランニング**の要請。
- **福島第一原子力発電所事故**以降、各国で原子力導入政策に対する論議が高まると共に、安全性に対する研究要請。

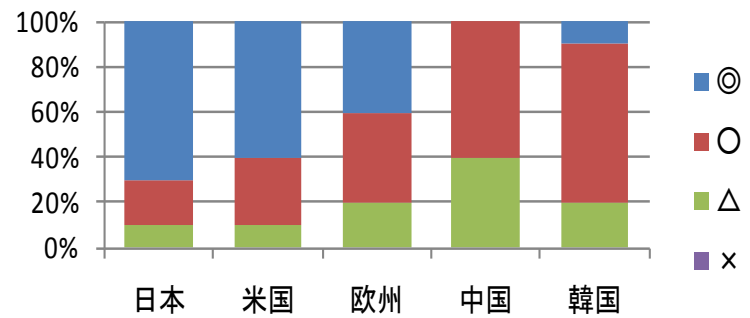
エネルギー分野のマクロな傾向

- **発電・転換技術**: 日米欧が基礎・開発研究を推進、中国・韓国がキャッチアップ。
 - 日本では福島第一原子力発電所事故を受け、自然災害に対する安全性、放射線被曝、汚染除去などに関する研究強化の傾向。
- **送配電・蓄エネルギー技術**: グリッド技術の研究開発が欧米日韓で活発化、ポスト・リチウムイオン電池としてリチウム-空気電池が欧米を中心に注目。
- **産業・民生・運輸エネルギー利用技術**: 住宅、家電機器、空調機器、自動車のいずれの技術も日本は優位だが、国際競争が激化。

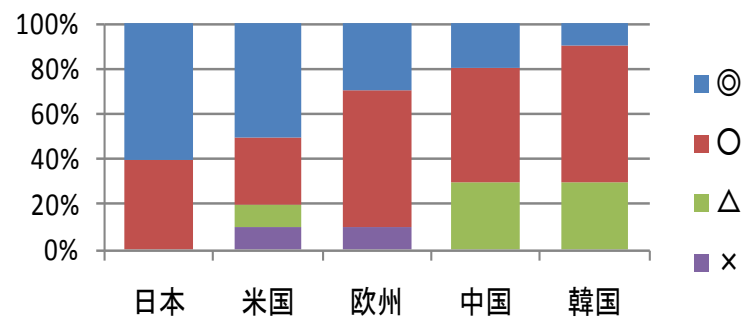
■ 研究水準



■ 技術開発水準



■ 産業技術水準

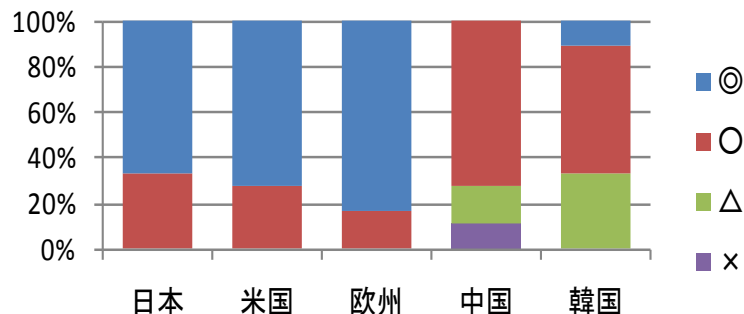


右図: 現状認識についての評価

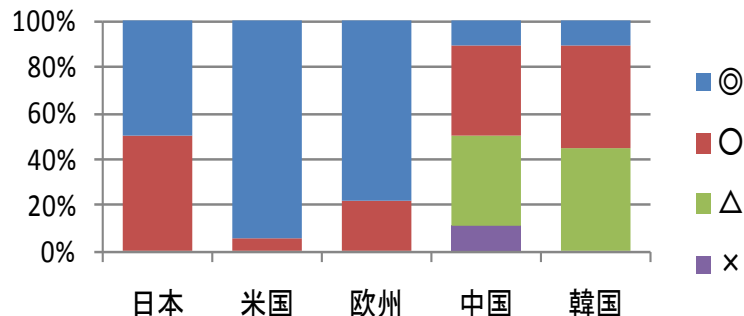
環境保全分野のマクロな傾向

- 各中綱目において、研究水準、技術水準、産業技術力のいずれにおいても米国、欧州、日本の技術力が世界をリード。
- 中国、韓国はともに進展が著しく、近い将来、日米欧に並ぶ力をつけるものと予測。
- 日本は、環境保全に関わる法規制の整備、関連技術の実証研究およびビジネスとしての国際展開の推進が必要。

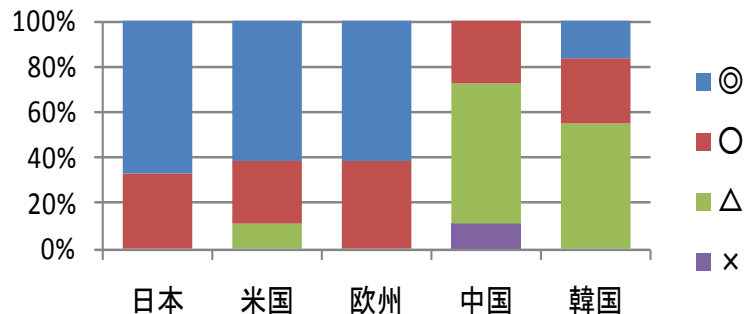
■ 研究水準



■ 技術開発水準



■ 産業技術水準

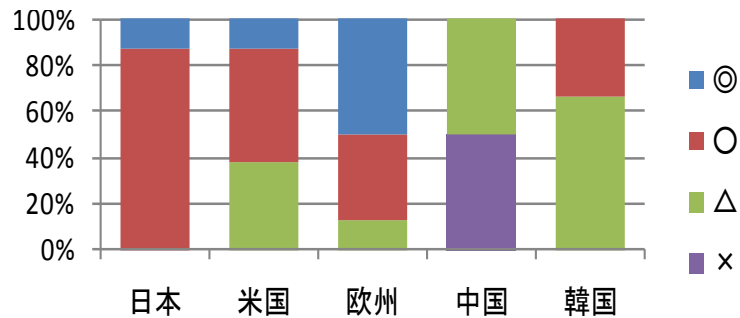


右図：現状認識についての評価

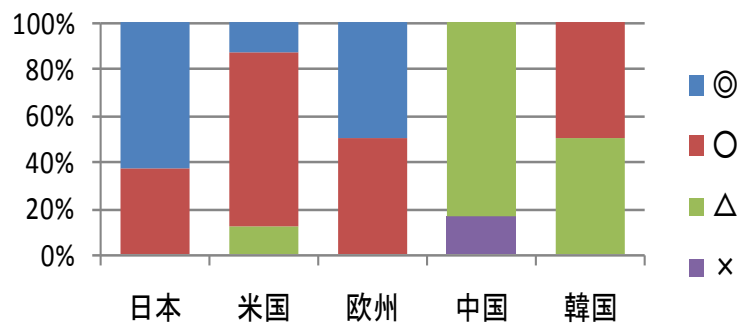
資源循環分野のマクロナ傾向

- 素材のリサイクル技術をはじめ、日本の技術は高水準。
- 低コストで新興国・発展途上国の需要に応える技術の供給、技術のシステム化およびパッケージ化による海外展開、研究成果の英語での情報発信が重要。
- 製品中の有害物質の使用規制においては、日本が進めてきた3Rの国際的普及を、**静脈産業の国際競争力強化につなげる努力が必要。**

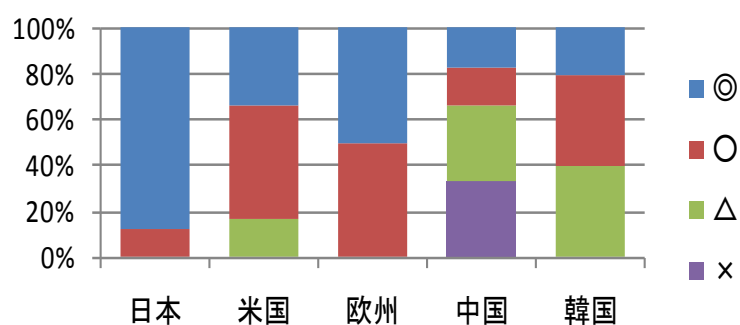
■ 研究水準



■ 技術開発水準



■ 産業技術水準

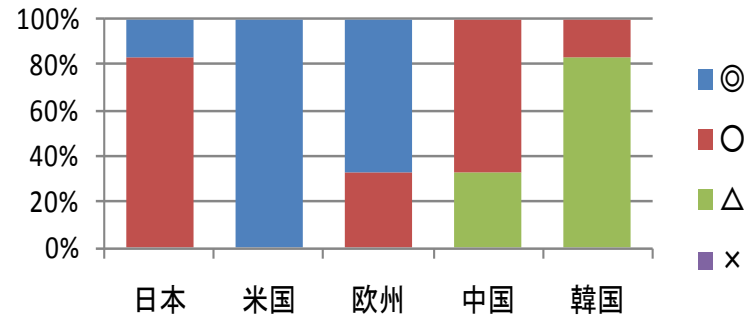


右図：現状認識についての評価

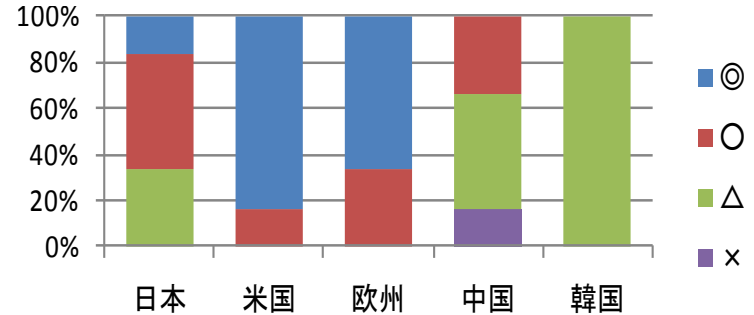
自然生態管理分野のマクロな傾向

- 米国が圧倒的な優位を誇る分野であると同時に、**日本が最も遅れている分野**。
- 中国では、米国から帰国した多くの研究者によって、近年の研究開発水準が著しく向上。
- 外来種管理や生物資材では、欧州が優位。
- 日本は、海洋観測、衛星による観測、地球シミュレータなどに関連する分野では国際競争力を維持、他の分野では中国と大差のない水準。

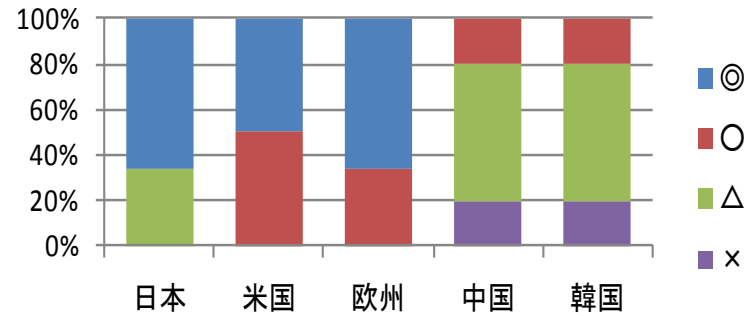
■ 研究水準



■ 技術開発水準



■ 産業技術水準



右図：現状認識についての評価

- ◆ 2011年版科学技術・研究開発の国際比較
- ◆ 環境・エネルギー分野の国際科学技術比較
- ◆ エネルギー分野の今後の研究開発

「第4期科学技術基本計画」見直し案 グリーンイノベーションの重点テーマ

総合科学技術会議

(総合科学技術会議の調整の下で、重要課題ごとに科学技術イノベーション戦略協議会(プラットフォーム)を創設)

+ 「復興, 再生」

グリーンイノベーション

ライフイノベーション

(「基本政策」中の大項目)

エネルギー安定供給と
低炭素化

エネルギー利用の
高効率化・スマート化

社会インフラの
グリーン化

(「基本政策」中の大項目内の記述)

太陽光, 風力,
バイオマス, 地熱

革新的製造プロセス
(製鉄等)

高効率な
交通・輸送
システム

燃料電池, 蓄電池,
スマートグリッド

コージェネ, 高効率給湯,
定置用燃料電池

レアメタル
代替材料

エネルギー基本計画

(平成22年6月18日閣議決定)

- ◆ 3E(エネルギーセキュリティ、温暖化対策、効率的な供給)に加え、エネルギーを基軸とした経済成長実現と、エネルギー産業構造改革
- ◆ 2030年目標として、エネルギー自給率及び化石燃料の自主開発比率を倍増して、**自主エネルギー比率**を現状の38%から70%程度まで向上
- ◆ **ゼロエミッション電源**の比率を現状の34%から約70%に(原子力50%, 再生可能20%)
- ◆ **家庭部門**のCO₂を半減、産業部門での世界最高の**エネルギー利用効率**の維持・強化
- ◆ 日本のエネルギー製品等が国際市場でトップシェアを獲得

復興に向けた具体的戦略(1)

- ◆ 環境制約下で、安全・安定で競争力あるエネルギー需給を実現する基本計画策定と継続的な見直しの仕組み
 - 国の**総合戦略策定**と一体的な研究開発推進の必要性
 - **エネルギー基本計画策定**のための、産学官セクターが参画する、開かれた場の形成
 - 公正なプロセスで科学的な政策立案を可能とするツールとしての、**エネルギー・環境・経済モデル**の研究開発

エネルギー政策の評価指標

(エネルギー, 環境, 経済の3E)

安定供給性

- 国別資源埋蔵量(偏在度)と可採年数(化石資源, 核燃料資源)
- エネルギー資源供給安定性(海外依存率, 自主開発率)
- 国際市場での燃料価格安定性
- 時間変動, 年間平均設備利用率(自然エネルギー)
- プラント稼働率(点検期間, 修繕期間)
- 負荷変動追従性
- 災害緊急時, 孤立地域のエネルギー供給などの防災対応

環境性(安全性)

- 大気汚染(NO_x, SO_x, 煤塵), オゾン層破壊(フロン系冷媒), 温排水
- 気候変動(温暖化効果ガス)
- 放射性廃棄物, 放射性汚染(原子力)
- 食料供給との整合性, 窒素, リンなど特定元素の高濃度化(バイオマス)
- 生態系, 生物多様性への影響

経済性

- LCA, エネルギープロフィット比, エネルギーペイバック年数
- 燃料費(原価, 転換, 輸送, 貯蓄), 材料費, エネルギー単価, 発電単価
- 燃料などの価格変動に対する事業安定性
- 研究開発費, 機器製造費, プラント建設費, プラント面積, 設置工事費, 環境対策費
- 環境アセスメント期間, 設置・建設期間
- プラントメンテナンス費, 廃棄物処理費, プラント廃棄費
- 災害, テロに対する対策コスト, 復旧費と復旧時間, 事故被害の補償費
- エネルギー産業としての経済効果, 雇用

「第4期科学技術基本計画」見直し案 グリーンイノベーションの重点テーマ

総合科学技術会議

+ 「復興, 再生」

(総合科学技術会議の調整の下で、重要課題ごとに科学技術イノベーション戦略協議会(プラットフォーム)を創設)

中長期エネルギー計画に基づく
戦略的エネルギー研究開発の仕組み

ライフイノベーション

(「基本政策」中の大項目)

エネルギー統合モデルの
研究開発

CRDS戦略提言「エネルギー
分野研究開発の戦略性強
化」(平成23年7月予定)

エネルギー安定供給と
低炭素化

エネルギー利用の
高効率化・スマート化

社会インフラの
グリーン化

(「基本政策」中の大項目内の記述)

太陽光, 風力,
バイオマス, 地熱

革新的製造プロセス
(製鉄等)

高効率な
交通・輸送
システム

燃料電池, 蓄電池,
スマートグリッド

コージェネ、高効率給湯、
定置用燃料電池

レアメタル
代替材料

復興に向けた具体的戦略(2)

- ◆ 課題解決型基礎・基盤研究の推進と知の融合・連携
 - 国のエネルギー戦略の実現を目的とする**基礎・基盤研究の継続的推進**
 - 目的基礎・基盤研究を実現する**拠点の構築**
 - 研究開発拠点の**ネットワーク化**

戦略に位置付けられた研究開発課題

- 市場競争力ある再生可能エネルギーへの研究開発, 太陽光・熱, 風力, 地熱, 水力など
- エネルギー超高効率利用, 超高効率発電(SOFCトリプル発電, IGFCなど), 省エネ生産プロセスなど
- 小型分散エネルギーシステム, 家庭用太陽電池, 家庭用燃料電池, ヒートポンプ, マイクロ水力、マイクロ風力など
- 蓄電・蓄熱, 電気エネルギー・化学エネルギー変換など, エネルギー・キャリアの超高効率相互変換のための新技術
- 省エネルギー機器, HEMS, BEMSなど
- 新交通システム、PHV、EVなど
- ホロニック・エネルギーシステム, コンパクトシティ, スマートグリッド
- ...

- 大震災被災地において, 地域密着型新エネルギーシステムの導入

「第4期科学技術基本計画」見直し案 グリーンイノベーションの重点テーマ

総合科学技術会議

(総合科学技術会議の調整の下で、重要課題ごとに科学技術イノベーション戦略協議会(プラットフォーム)を創設)

中長期エネルギー計画に基づく
戦略的エネルギー研究開発の仕組み

(「基本政策」中の大項目)

エネルギー統合モデルの
研究開発
エネルギー利用の

エネルギー安定供給と
低炭素化

エネルギー利用の
高効率化・スマート化

社会インフラの
グリーン化

(「基本政策」中の大項目内の記述)

太陽光、風力、
バイオマス、地熱

革新的製造プロセス
(製鉄等)

高効率な
交通・輸送
システム

燃料電池、蓄電池、
スマートグリッド

コージェネ、高効率給湯、
定置用燃料電池

レアメタル
代替材料

基礎・基盤研究の推進

+ 「復興、再生」

ライフイノベーション

日本の科学技術力の現状と課題

～環境・エネルギー分野～

- ◆ 国際的に高い研究水準，技術開発水準，産業技術力を保つ日本
- ◆ エネルギーに関する総合計画立案の場と，国民合意を図る科学的ツール
- ◆ 総合計画を基に，目的基礎研究を戦略的に推進，堅持