

世界の持続的発展を目指す 環境・エネルギーの挑戦

2017年8月31日

JST研究開発戦略センター(CRDS)

環境・エネルギーユニット

中村亮二



国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

禁無断転載

環境・エネルギー分野をどう捉えているか

- **基本的認識：**

- 人間社会の持続的発展を支える基盤分野**

- ①人間社会の持続的発展に必要な動力・熱・電気等のエネルギーの生産・流通・利用
 - ②人間社会の持続的発展に必要な土地や生活環境の確保・維持・改善（地球環境への負荷低減、環境変化への適応、大規模災害からの回復など）

- **特徴：**

- 1) 経済、社会、政治等の影響を受けやすい**

- 研究開発の方向性が政策的に大きく方向転換することがある。

- 2) グローバルな視点とローカルな視点の両方で問題を捉える必要がある**

- エネルギーや環境は人類共通の課題である。同時に地理的条件が変われば前提が大きく異なるため国・地域的課題でもある。

- 3) システム的思考が不可欠**

- 単一の要素や技術によって状況が一変することは起きにくく、複数要素の複雑な組み合わせによっていることが多いため、知識や技術の統合的活用が極めて重要。

エネルギー分野の俯瞰： 俯瞰図



エネルギー分野の俯瞰： 取り上げた研究開発領域

	研究開発領域	適用区分		研究開発領域	適用区分
1	資源開発技術	供給	16	蓄電技術	NW/利用
2	火力発電	供給	17	蓄熱技術	NW/利用
3	CCUS	供給/利用	18	エネルギーキャリア	供給/NW/利用
4	新型原子炉	供給	19	燃料電池	供給/NW/利用
5	核融合炉		20	モータ・トランス磁石材料	NW/利用
6	原子力安全		21	スマートビル・ハウス	利用
7	燃料等の処分・廃止措置		22	断熱・遮熱・調光	利用
8	風力発電	供給	23	照明・ディスプレイ	利用
9	地熱発電	供給	24	熱再生・利用技術	利用
10	太陽光	供給/利用	25	触媒	供給/利用
11	バイオマス	供給/利用	26	分離	利用
12	エネルギーシステム評価	供給/NW/利用	27	燃焼（全般）	供給/利用
13	分散協調型EMS	NW/利用	28	エンジン燃焼（自動車）	利用
14	直流送配電・超電導送配電	NW/利用	29	トライボロジー	供給/利用
15	パワーエレクトロニクス	NW/利用	30	耐熱材料	供給/利用
			31	高強度軽量材料	利用

環境分野の俯瞰： 俯瞰図

社会実装技術

システム・設計・エンジニアリング

人文社会技術（法・規制・制度、社会受容、経済性・社会性評価）

循環型社会

水循環

- ・水供給・汚水処理・再生水
- ・水システム
- ・水文モデル（全球・地域）

農林水産業の環境研究

- ・気候変動の影響把握・緩和・適応
- ・資源管理
- ・生物多様性

リサイクル・廃棄物処理

- ・都市鉱山
- ・プラスチックリサイクル
- ・焼却残渣資源化

資源・生産・消費管理

- ・ライフサイクルアセスメント（LCA）
- ・物質フロー分析（MFA）
- ・物質ストック・フロー分析（MSFA）

環境都市

- ・環境都市評価

気候変動

適応策

- ・水循環・自然災害
- ・自然生態系
- ・農林水産業
- ・健康・都市生活 等

緩和策

- ・再エネ導入
- ・省エネ
- ・CCUS
- ・森林吸収 等

気候変動影響予測・評価

- ・水循環
- ・自然生態系
- ・健康・都市生活
- ・自然災害
- ・農林業
- ・極地

気候変動予測

- ・観測（リモートセンシング・実測）
- ・モデルリング・シミュレーション

環境汚染・健康

化学物質リスク管理

- ・環境分析
- ・理論毒性学
- ・大規模モデル開発、大規模疫学

健康・環境影響

- ・有害物質
- ・社会的要因
- ・地球環境・地域環境要因
- ・毒性学・疫学

大気汚染

- ・観測・計測
- ・予測・評価
- ・排出源対策

水質汚染

- ・観測・計測
- ・予測・評価
- ・浄化・修復

物質循環・環境動態

- ・観測・計測
- ・予測・評価
- ・炭素、窒素、汚染物質

土壌・地下水汚染

- ・観測・計測
- ・予測・評価
- ・浄化・修復

生物多様性・生態系

生態系サービスの評価・管理

- ・サービスのプロセス説明・定量評価
- ・経済評価
- ・管理技術
- ・社会システム構築

生物多様性・生態系の把握・予測

- ・観測・計測（リモートセンシング、トラッキング・ロギング、ゲノム情報等）
- ・データベース構築、データ解析
- ・予測・評価

災害時の視点の導入

構成技術

観測・計測技術

- ・衛星・航空機観測（リモートセンシング）、船舶観測
- ・観測網・モニタリング
- ・定性分析・定量分析
- ・形状・組成・状態・動態把握
- ・センサ
- ・網羅分析・一斉分析
- ・同位体分析

予測・評価技術

- ・モデリング・シミュレーション
- ・データ同化・高精度化・精緻化
- ・高解像度化・ダウンスケーリング
- ・モデル統合、モデル比較
- ・影響評価・リスク評価

対策技術

- ・緩和・適応
- ・未然防止・浄化・修復
- ・保全・管理
- ・資源回収・リサイクル

環境情報基盤

- ・データ収集・共有・管理
- ・ネットワーク・インタフェース
- ・データ統合・解析・利活用
- ・高速度処理

共通要素技術

学術研究

【人文社会科学】
【自然科学】

法学、経済学、社会学、政治学、国際関係、行政学、哲学、教育学、倫理・道徳 等
土木工学、建築学、統計学、材料工学、化学工学、生態学、農芸化学、保健・衛生、情報学、システム科学、防災学、物理学、化学、生物学、地球惑星科学、工学、農学、医学、数学 等

環境分野の俯瞰： 取り上げた研究開発領域

	研究開発領域	適用区分
1	気候変動予測	気候変動
2	気候変動影響予測・評価	
3	大気汚染	環境汚染・健康
4	水質汚染	
5	土壌・地下水汚染	
6	物質循環・環境動態	
7	健康・環境影響	
8	化学物質リスク管理	生物多様性・生態系
9	生物多様性・生態系の把握・予測	
10	生態系サービスの評価・管理	
11	水循環	循環型社会
12	農林水産業の環境研究	
13	リサイクル・廃棄物処理	
14	資源・生産・消費管理	
15	環境都市	

「世界の持続的発展を目指す環境・エネルギー分野の挑戦」

- ① エネルギー分野：CO₂排出の大幅削減への取り組み（パリ協定）
- ② 環境分野：日本および世界の持続可能性に関する諸課題への取り組み（Sustainable Development Goals, SDGs）



ロゴ出所:

在加仏大使館HP、<https://ca.ambafrance.org/COP-21-Paris-Conference-Logo>

国際連合広報センターHP、http://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/sdgs_logo/

①パリ協定

	京都議定書	パリ協定
採択時期	1997年12月採択（COP3）	2015年12月採択（COP21）
全体目標等	2008～2012年の約束期間中に先進国全体で5%削減（1990年比）。	2020年以降、長期目標として世界の平均気温上昇を工業化以前から2℃以内に抑制。1.5℃に抑える努力も継続。今世紀後半の人為的な排出と吸収を均衡させるよう、世界の排出量を早急にピークアウト。
個別目標	対象国に法的拘束力のある数値目標を割り当て。	排出削減目標を各国が自主的に設定し、国内措置を遂行。世界全体としての実施状況の検討を5年ごとに実施。
対象国	先進国（米国はのちに離脱）	すべての締約国
日本の対応	6%削減（1990年比） ※2016年4月に目標達成を公表。2013年以降の第二約束期間（2013～2020年）には不参加。	約束草案：2030年に26%削減（2013年比）（2005年比では25.4%削減）。

俯瞰に基づくエネルギー分野の研究開発の潮流

- ① 低炭素化（エネ高効率化・省エネ化）への対応
- ② 再生可能エネルギーの大量導入時（負荷変動、分散、直流など）への対応
- ③ エネルギー資源変遷への対応
（石炭、石油 → 天然ガス、バイオマス資源、再生可能E由来電力）
- ④ 原子力の安全性や廃炉などへの対応

国内外での様々な社会的状況

発送電分離(国内)

再生可能エネルギー導入拡大

COP21での「2°C目標」合意と
世界全体での抜本的な排出削減

エネルギーシフト

現在

'10s 3E+S（安全性）の重視（'11：東日本大震災）

'00s 3E同時達成志向の高まり（資源価格の高騰）

'90s 温暖化対策の要請の高まり（'92：地球サミット、'97：京都議定書）

'70・'80s 脱石油機運の高まり（'73・'79：石油危機）

俯瞰に基づく今後の研究開発の方向性

■エネルギーの高効率利用（低炭素化）に資する先進設計・製造基盤研究

- 日本のものづくりを支える工学系の研究基盤の弱体化にどう対応するか？
- Industrie4.0をはじめ世界のものづくりが転換期を迎える中、エネルギー機器や輸送機器の設計・製造に係る技術で日本企業の国際競争力を高めるために必要なものとは？
- 低炭素化をはじめとした付加価値につながるエネルギー機器・輸送機器の設計・製造に必要な技術とは？

■再生可能E大量導入時代（2040~2050年）を見据えた研究

□新しいエネルギーネットワークのデザイン・技術実証

- 2030年頃を想定したこれまでの研究開発の“次”を考える。
- 一般家庭が消費者（需要）であり電力生産者（供給）になる社会のエネルギーネットワークをどう設計・構築するか？
- 人々のエネルギー消費行動はどう変わるか？
- 従来型の電力網でない、たとえばICTを利用した分散管理型の電力潮流制御方法とは？

□高度な炭素・水素循環利用（電力・基幹物質コプロダクション）を支える革新的な制御科学技術

- 2030年頃を想定したこれまでの研究開発の“次”を考える。
- 再生可能エネルギー由来の電気及び水素が今よりもっと導入されるようになった社会において、より高度な循環的利用の仕組みの構築に必要な技術とは？
- 水素に限らず、炭素の循環的利用と統合した「高度炭素・水素循環利用」の絵姿とは？

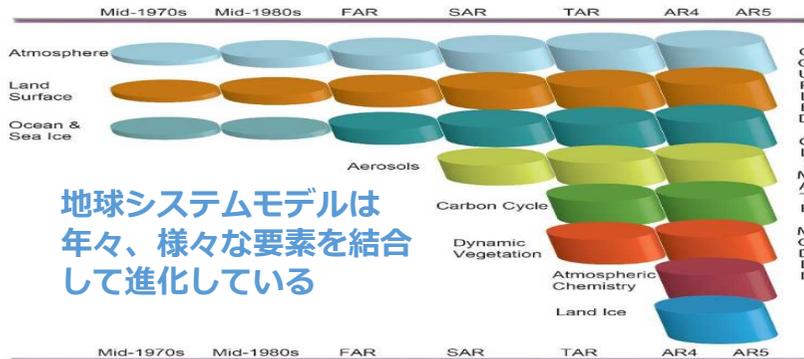
②持続可能な開発目標（SDGs）

	ミレニアム開発目標（MDGs）	持続可能な開発目標（SDGs）
期間	2001年～2015年	2016年～2030年
目標	8目標・21ターゲット・60指標 ※開発援助等に係る課題	17目標・169ターゲット・230指標 ※MDGsの未達成課題、MDGs期間中に顕在化した都市・気候変動・格差などの課題 ※指標の議論はまだ流動的
対象	主に途上国	途上国のみではなく 先進国内での経済格差も考慮
策定経緯	国連の専門家主導で策定	国連加盟193カ国による8回に及ぶ政府間の交渉で策定，かつ全てのステークホルダーへ開かれた交渉プロセス
その他	<ul style="list-style-type: none"> 世界共通の目標を設定 	<ul style="list-style-type: none"> 法的拘束力を持たないが、各国・地域の目標到達度を指標を使って測ろうとしている。 国連が示した指標を受けて各国・地域も指標を設定できることにはなっている。

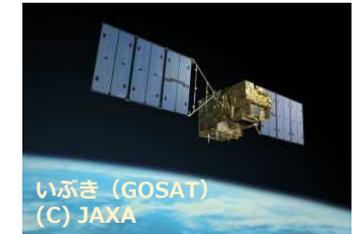
俯瞰に基づく環境分野の研究開発の潮流

科学的助言を行う国際的な専門家集団：
IPCC（気候変動）やIPBES（生物多様性）

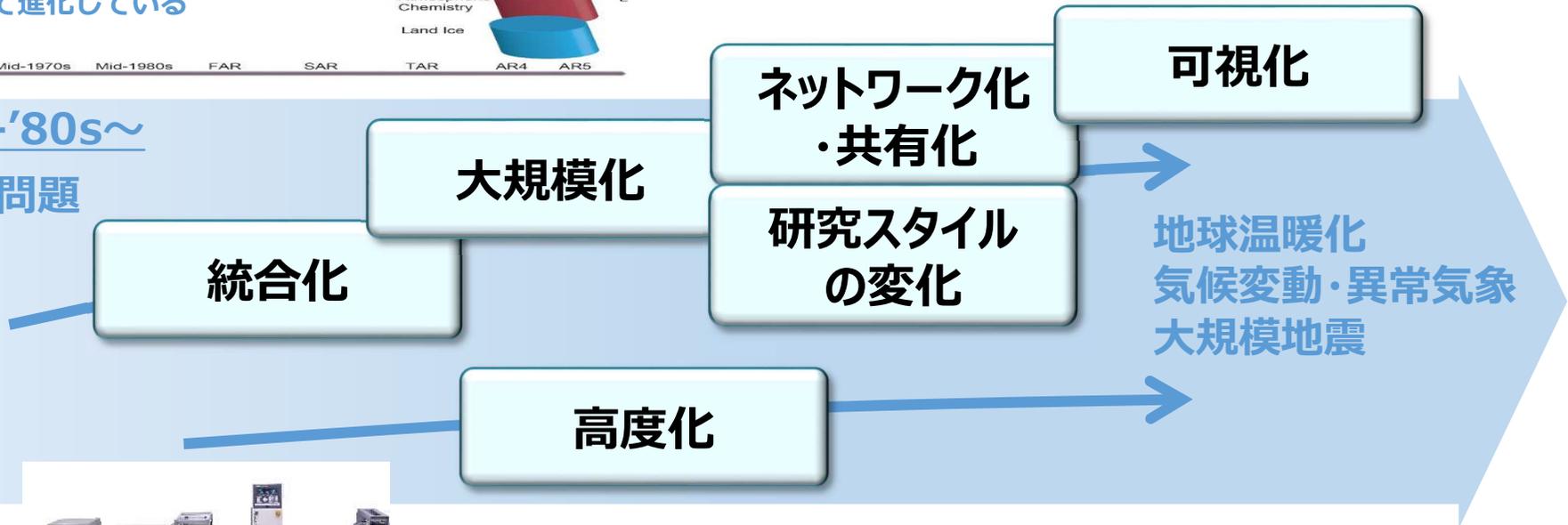
データの共有・比較・統合



衛星による観測技術の進展



'70s-'80s~
公害問題



分析技術や選別技術の高度化

(例) 製品の形態特徴量からニューラルネットワークにより
個体認識が可能なARENNAソータ（産業技術総合研究所）

図出典：（上左図）Climate Change 2013: The Physical Science Basis (IPCC AR5 WG I)、（上右図）JAXA、（下図）産業技術総合研究所

俯瞰に基づく今後の研究開発の方向性

□ 統合的な研究開発の実施

気候変動や環境汚染、健康影響、生態系管理、資源利用と循環、経済、社会等の関連要素全体を扱う統合的な研究開発への発展

- 対策間のトレードオフ・シナジー効果の解明
- 社会的側面も含む多面的な影響や価値の可視化、経済や社会への反映
- 社会・経済データを含むビッグデータや地球観測データの活用
- エクスポソームの把握
- 持続的な土地、水、生物資源の利用
- 資源循環研究や技術の高度化・システム化（水、希少資源、廃プラ、廃素材や廃機器等）

□ 地球システムモデル・気候変動影響予測モデルの開発と応用

- 予測精度向上：人間活動を含む多様な要素の取込み、ESMでは炭素排出に対する気候過渡応答（TCRE）の評価精度向上や高度な海洋生態系モデルの結合等
- データ保管・配信・解析やモデル結合作業を支援するシステム開発
- ダウンスケーリング、アンサンブルシミュレーション
- 影響予測・評価の強化と対象の拡大
- その他の環境変動予測・評価

□ 観測や評価の低コスト化・省力化

- 効率的かつ省メンテナンスで統計学的にも優れた観測手法の開発
- AOP研究の推進（毒性試験の省力化・迅速化）