

俯瞰報告書2017に向けた活動概要 (2015-2016の取組み)

2013年版

化石資源エネルギー区分
再生可能エネルギー区分
エネルギー利用技術・システム区分



2015年版

エネルギー供給区分
エネルギー利用区分
原子力区分
環境区分



2017年版（暫定）

エネルギー分野

- ・エネルギー供給区分
- ・エネルギーNW・統合システム区分
- ・エネルギー利用区分

環境分野

- ・気候変動区分
- ・環境汚染・健康区分
- ・生態系サービス・生物多様性区分
- ・循環型社会区分（資源循環、産業、都市・開発、インフラ）

- ・震災後のエネルギーに関する課題の顕在化
- ・エネルギーと不可分の地球温暖化問題への対応

エネルギー分野を中心に俯瞰検討
（要素技術の視点から区分を設定）

- ・多様性を基軸としたエネルギーのベストミックスの重要性

エネルギー3区分を供給・利用に再編成
前回検討できなかった原子力と環境を追加
（社会的期待の視点から区分を設定）

2回の俯瞰を終えての問題意識

- ・社会課題 システム 要素技術・科学技術（基礎研究）への連結
- ・電力自由化（発送電分離）、再生可能E大量導入時代を見据えた将来への対応
- ・気候変動をはじめとした環境分野の俯瞰の充実

- ・供給から利用までに関わるエネルギーシステム（スマートグリッド、エネルギーキャリア等）の観点を区分として分離
- ・原子力は供給区分のサブ区分として位置づけ
- ・環境分野については4つの区分を設置

環境分野俯瞰図【暫定版】

定義

人と関わりあう物理空間および生態系をシステムとして理解し、顕在化した事象への対処のみならず起こりうる事象を予測し対処することで、人と自然の営みを維持・発展させるための研究開発分野

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、経済性評価）

循環型社会

水循環

- ・地域循環・全球循環
- ・水システム（上下水、循環・再利用、浄化等）

リサイクル・廃棄物処理

- ・物理的・化学的・生物学的処理技術
- ・中間・最終処理技術

製造業の環境技術

- ・環境負荷物質分解除去、排出削減（触媒、プラズマ、微生物等）

農林水産業の環境技術

- ・省エネルギー・省水・省肥料農業
- ・畜産廃棄物管理

資源・生産・消費管理

- ・ゼロエミッション
- ・環境配慮設計（DfE）
- ・クリーナープロダクション
- ・サプライチェーンマネジメント
- ・ライフサイクルアセスメント
- ・物質フロー・ストック分析

都市・開発

- ・都市・地域計画
- ・交通（人流・物流）
- ・環境影響評価
- ・適正技術

構成技術

気候変動

影響評価・適応策

- ・農林水産業
- ・水資源・水環境（淡水域・海水域）
- ・生態系
- ・健康
- ・防災・減災
- ・都市

緩和策

- ・エネルギー（再生可能エネルギー、高効率発電、CCS・CCSU、省エネ等）
- ・農林水産業・生態系
- ・ヒートアイランド対策
- ・（海外技術移転・経済取引）

気候変動把握・予測

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

環境汚染・健康

化学物質管理

- ・スクリーニング評価
- ・健康リスク評価
- ・生態リスク評価

大気汚染

- ・観測・計測
- ・予測・評価
- ・排出源特定
- ・浄化・回復

水質汚染

- ・観測・計測
- ・予測・評価
- ・排出源特定
- ・浄化・回復

健康・環境影響

- ・有害物質
- ・病原微生物、衛生
- ・都市環境（高温等）
- ・疫学調査

多媒体動態・物質循環

- ・観測・計測
- ・予測・評価（拡散、分解、変態、蓄積（極地蓄積・生物濃縮））
- ・元素循環（CNP等）

土壌・地下水汚染

- ・観測・計測
- ・予測・評価
- ・排出源特定
- ・浄化・回復

生態系・生物多様性

陸域

- ・環境応答・遷移・相互作用・物質循環
- ・生態系サービス・生物多様性評価
- ・管理（保全・利用・再生、外来種）

陸水・流域

- ・環境応答・遷移・相互作用・物質循環
- ・生態系サービス・生物多様性評価
- ・管理（保全・利用・再生、外来種）

沿岸域・海洋

- ・環境応答・遷移・相互作用・物質循環
- ・生態系サービス・生物多様性評価
- ・管理（保全・利用・再生、外来種）

共通要素技術

観測・計測技術

- ・衛星観測・航空機観測（リモートセンシング）
- ・観測網・センサー・モニタリング
- ・微量分析・組成分析
- ・一斉分析・網羅分析

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
- ・ダウンスケール
- ・影響評価・リスク評価

対策技術

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

環境情報基盤・利活用

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

学術研究

【人文社会科学】

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

【自然科学】

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

非常時（災害時等）の視点の導入

第5期科学技術基本計画（案）に挙げられた環境WGで議論すべき課題

資源の安定的な確保と循環的な利用

資源の安定的な確保を図りつつ、ライフサイクルを踏まえ、資源生産性と循環利用率を向上させ最終処分量を抑制した**持続的な循環型社会の実現**を目指す。

省資源化技術や代替素材技術、環境負荷の低い原料精製技術、資源の回収・分離・再生技術の研究開発を推進する。さらに、バイオマスや廃棄物等からの燃料や化学品等の製造・利用技術及び廃棄物処理技術の研究開発等にも取り組む。

生活環境における安全・安心の確保

越境汚染を含むPM_{2.5}等の**大気汚染**や、化学物質等の**水・土壌汚染**や**生物への影響**、東日本大震災からの復興の障害となっている**放射性物質による汚染等への対応**が求められている。

遠隔分析技術等を用いた広域の大気汚染現象の解明や、健全な水循環、土壌及び生態系を保全するための評価・管理技術の開発、放射性物質の環境中の動態解明・分布予測等の研究と効果的な除染・減容等処理技術の開発を推進する。

地球規模課題への対応と世界の発展への貢献

気候変動、生物多様性の減少、食料・水資源問題、感染症など、世界人類が直面する地球規模課題の解決に対して、我が国のポテンシャルを生かして国際連携・協力を積極的に関与し、戦略性を持ちつつ、世界の発展へ貢献することが重要である。このため、以下の二つの課題を重要政策課題として更に設定し、研究開発の重点化を行う。

地球規模の気候変動への対応

地球規模課題の一つである地球温暖化の主な要因は、人為的な温室効果ガスの排出増加とされ、地球温暖化に伴う気候変動が今後更に経済・社会等に重大な影響を与えるおそれがある。

このため、地球規模での**温室効果ガスの大幅な削減**を目指すとともに、我が国のみならず世界における**気候変動の影響への適応**に貢献する。

具体的には、気候変動の監視のため、人工衛星、レーダ、センサ等による地球環境の継続的観測や、スーパーコンピュータ等を活用した**予測技術の高度化**、気候変動メカニズムの解明を進め、**全球地球観測システムの構築**に貢献するとともに、気候変動の緩和のため、**二酸化炭素回収貯留技術や温室効果ガスの排出量算定・検証技術**等の研究開発を推進し、さらには、**長期的視野に立った温室効果ガスの抜本的な排出削減を実現するための戦略策定**を進める。また、気候変動が顕著に表れる北極域は、北極海航路の利活用等もあいまって国際的な関心が高まっており、**北極域観測技術の開発**を含めた観測・研究や北極海航路の可能性予測等を行う。さらに、気候変動の影響への適応のため、**気候変動の影響に関する予測・評価技術と気候リスク対応の技術**等の研究開発を推進する。加えて、地球環境の情報をビッグデータとして捉え、気候変動に起因する経済・社会的課題の解決のために**地球環境情報プラットフォーム**を構築するとともに、**フューチャー・アース**構想等、国内外のステークホルダーとの協働による研究を推進する。

これらの課題も含め、地球規模課題の解決に当たっては、経済協力開発機構（OECD）、国際連合（UN）、地球観測に関する政府間会合（GEO）等の国際機関等の活用も視野に入れつつ世界規模で協力関係を構築し、アジェンダ設定、研究開発、社会実装に向けた取組を戦略的に展開する。また、国際機関等との連携を通じて、2015年に策定されたUNの持続可能な開発目標（SDGs）をはじめとする**国際的・地域的な目標**に関し、その進捗状況や目標達成に向けた計画などを、科学的な客観的根拠に基づき、我が国が優位性を持つ技術と有機的に組み合わせて提示していく。さらに、このような活動での活用も含め、関連する研究開発の実施を通じて得られた地球観測データ等については、**適時的確に課題解決に資するよう取り扱うこと**に留意する。

生物多様性への対応

豊かな生物多様性と健全な生態系は、人間社会の存立基盤をもたらす**自然資本**として重要である。近年、地球規模での生物多様性の減少や生態系サービスの劣化が生じていることから、**自然と共生する世界の実現**は、国内だけでなく国際社会でも重要な目標となっており、生物多様性の損失の防止を図ることが求められている。また、自然に対する働きかけの縮小による影響が生じており、国土の価値の向上に資するために里地里山等の二次的自然の保全活用も課題となっている。

このため、**絶滅危惧種の保護**に関する技術や、**侵略的外来種の防除**に関する技術、二次的自然を含む生態系の**モニタリング**や**維持・回復技術**等の研究開発を推進し、生物多様性の保全を進める。また、**遺伝資源を含む生態系サービスと自然資本の経済・社会的価値の評価技術及び持続可能な管理・利用技術**、気候変動の影響への適応等の分野における**生態系機能の活用技術**の研究開発を推進する。

環境WGでは、赤字の目標と緑字の取組を担当する。下線部は、エネルギー・環境イノベーション戦略策定WGで担当する。

環境分野俯瞰図【暫定版】

定義
社会実装技術

人と関わりあう物理空間および生態系をシステムとして理解し、顕在化した事象への対処のみならず起こりうる事象を予測し対処することで、人と自然の営みを維持・発展させるための研究開発分野

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、経済性評価）
------------------	----------------------------

循環型社会

水循環 <ul style="list-style-type: none"> 地域循環・全球循環 水システム（上下水、循環・再利用、浄化等） 	リサイクル・廃棄物処理 <ul style="list-style-type: none"> 物理的・化学的・生物学的処理技術 中間・最終処理技術 	製造業の環境技術 <ul style="list-style-type: none"> 環境負荷物質分解除去、排出削減（触媒、プラズマ、微生物等） 	農林水産業の環境技術 <ul style="list-style-type: none"> 省エネルギー・省水・省肥料農業 畜産廃棄物管理 	資源・生産・消費管理 <ul style="list-style-type: none"> ゼロエミッション 環境配慮設計（DfE） クリーンプロダクション サプライチェーンマネジメント ライフサイクルアセスメント 物質フロー・ストック分析 	都市・開発 <ul style="list-style-type: none"> 都市・地域計画 交通（人流・物流） 環境影響評価 適正技術
--	---	--	---	--	--

構成技術

気候変動 影響評価・適応策 <ul style="list-style-type: none"> 農林水産業 水資源・水環境（淡水域・海水域） 生態系 ・防災・減災 ・都市 健康 緩和策 <ul style="list-style-type: none"> エネルギー（再生可能エネルギー、高効率発電、CCS・CCSU、省エネ等） 農林水産業・生態系 ・ヒートアイランド対策 （海外技術移転・経済取引） 気候変動把握・予測 <ul style="list-style-type: none"> 観測・モニタリング（リモートセンシング・実測等） モデルリング・シミュレーション 	環境汚染・健康 化学物質管理 <ul style="list-style-type: none"> スクリーニング評価 健康リスク評価 生態リスク評価 大気汚染 <ul style="list-style-type: none"> 観測・計測 予測・評価 排出源特定 浄化・回復 水質汚染 <ul style="list-style-type: none"> 観測・計測 予測・評価 排出源特定 浄化・回復 	健康・環境影響 <ul style="list-style-type: none"> 有害物質 病原微生物、衛生 都市環境（高温等） 疫学調査 多媒体動態・物質循環 <ul style="list-style-type: none"> 観測・計測 予測・評価（拡散、分解、変態、蓄積（極地蓄積・生物濃縮）） 元素循環（CNP等） 土壌・地下水汚染 <ul style="list-style-type: none"> 観測・計測 予測・評価 排出源特定 浄化・回復
3回の検討会を実施		
生態系・生物多様性 陸域 <ul style="list-style-type: none"> 環境応答・遷移・相互作用・物質循環 生態系サービス・生物多様性評価 管理（保全・利用・再生、外来種） 陸水・流域 <ul style="list-style-type: none"> 環境応答・遷移・相互作用・物質循環 生態系サービス・生物多様性評価 管理（保全・利用・再生、外来種） 沿岸域・海洋 <ul style="list-style-type: none"> 環境応答・遷移・相互作用・物質循環 生態系サービス・生物多様性評価 管理（保全・利用・再生、外来種） 		

共通要素技術

観測・計測技術 <ul style="list-style-type: none"> 衛星観測・航空機観測（リモートセンシング） 観測網・センサー・モニタリング 微量分析・組成分析 一斉分析・網羅分析 	予測・評価技術 <ul style="list-style-type: none"> モデリング・シミュレーション データ同化・高精度化 ダウンスケーリング 影響評価・リスク評価 	対策技術 <ul style="list-style-type: none"> 緩和・適応 未然防止・修復・浄化 保全・管理 資源回収・リサイクル
環境情報基盤・利活用 <ul style="list-style-type: none"> データ収集・共有・管理 データ統合・解析・利活用 ネットワーク・インタフェース 高速度処理 		

学術研究

【人文社会科学】 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
 【自然科学】 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

非常時（災害時等）の視点の導入

① 観測・計測技術の主なトレンド (1)

A) サンプル量の微小化

(ナノ化)

- 単一分子、細胞レベル
- 超極微量試料

B) 分析対象の拡大

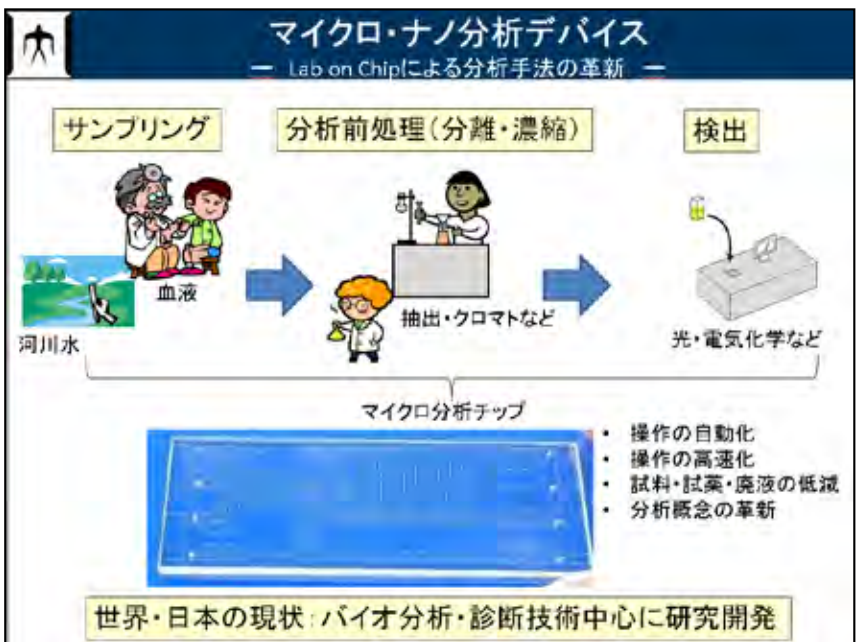
- 細胞、細菌から大気粉塵、プラスチック、鉱物まで
- 微粒子の形状や組成、状態

C) 二極化

- 研究用 (超高感度・精密)
- モニタリング・可搬用 (低コスト・小型化)

研究事例

- n 抽出・分離・濃縮・検出をワンチップに集積化したマイクロ分析チップの開発
- n 河川水等の分析を自動化、高速化、省資源化



出典：東京工業大学・火原彰秀准教授

研究事例

- n 大気圧低温プラズマによるフラグメントの少ないソフトイオン化
- n フェムト秒レーザーによる分析対象の拡大 (固体、液体、気体すべて) と高感度化



出典：東京工業大学・沖野晃俊准教授

出典：京都大学・平田岳史教授



①観測・計測技術の主なトレンド(2)

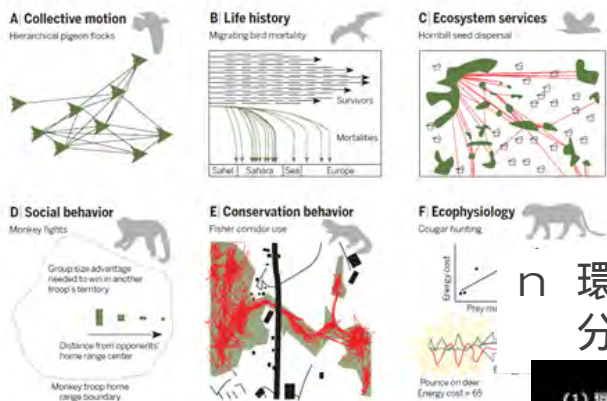
D) 新しい実測ツールによる発展

- ツール開発や計測機器の発展により入手可能となったデータの活用
- 長期的モニタリングによる進展と新たな知見獲得

研究事例

n ロガー、センサによる生物動態の可視化・把握

トラッキングデータからわかること



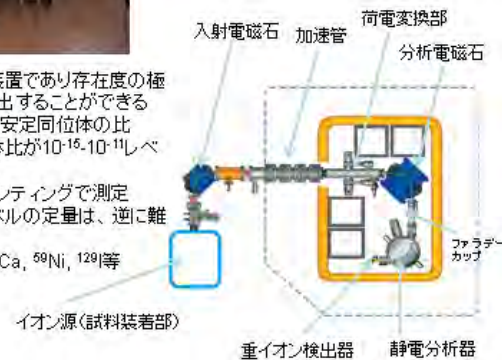
出典：九州大学・矢原徹一教授

n 放射性核種をトレーサーとした年代計測手段による地球表層動態や生物動態等の把握



AMS@AORI

- ・ 超高感度の分析装置であり存在度の極めて低い核種を検出することができる
- ・ 長半減期の核種と安定同位体の比
- ・ 測定対象の同位体比が 10^{-16} ~ 10^{-11} レベル(フェムト~ナノ)
- ・ 希少同位体をカウンティングで測定
- ・ しかし 10^{-4} ~ 10^{-9} レベルの定量は、逆に難しい
- ・ ^{14}C , ^{10}Be , ^{26}Al , ^{41}Ca , ^{59}Ni , ^{129}I 等



出展：東京大学・横山祐典教授

n 環境DNAによる生物量・生物分布・生物相の把握



出典：龍谷大学・近藤倫生教授

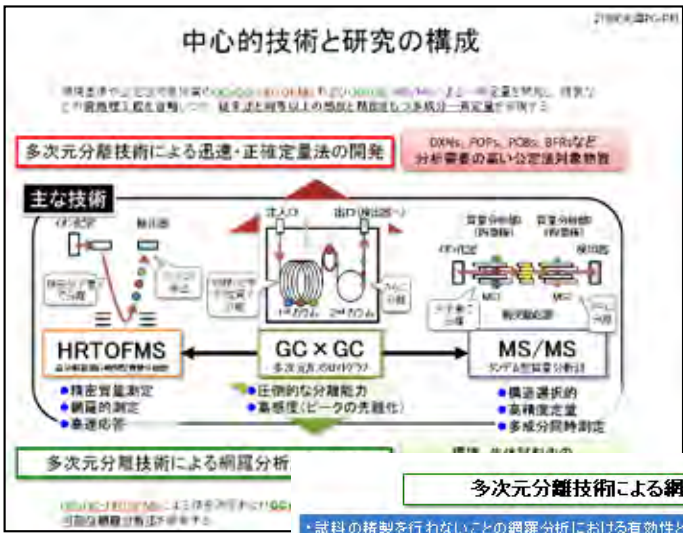
①観測・計測技術の主なトレンド(3)

E) 網羅的分析とインフォマティクスとの融合

研究事例

n 試料中の化学物質の網羅(ノンターゲット)分析および検索定量ソフトウェア開発とDB整備

n NMR等を用いた試料の一斉分析とインフォマティクスによる環境の状態評価



多次元分離技術による網羅分析法の開発

- 試料の精製を行わないことの網羅分析における有効性と精密質量を使用することのデータ検索や解析における有効性を確認
- 多様な揮発性・半揮発性物質に対し、未知物質の検索も可能な環境、生体試料の網羅分析法を開発
- 測定後のデータから自作ソフトウェアによる塩素化合物、臭素化合物の選択的抽出に成功

取りにばしのない網羅分析のために前処理を完全に台帳

TDU-GC-MS産産測定による試料の網羅分析の実現(大気中の例)

データから任意の物質を取り出すためのソフトウェアの開発

↑ 精密質量を利用したマスベクトルフィルタリング(質量欠損の活用例)
塩化水素の除去と有機ハロゲンの選択的抽出

物質同定の高精度化のためのデコンボリューションと精密マスライブラリの整備

↑ 精密質量を利用した目的物質のデータ抽出の実現(揮発性有機化合物: CBEs, NGIs, TSEsの例)

→ GCxGC-HRTOFMSによる標準品測定による精密質量スペクトル及び検出情報データベース構築(検出230同時測定の実例)

問題物質検索のための手法と基盤の準備

出典：国立環境研究所・橋本俊次室長

1.1. "環境分析"のパラダイムシフト

王道：毒等の特定物質追跡

環境試料は振動が大きく、"状態評価"に高感度は要求されない

分類精度が前提

ターゲット分析 (仮説駆動型アプローチ)

私達："健康的"な環境状態評価

時系列(または空間)の多検体での比較が必要

混合物組成の変化から特徴抽出を行う

一斉分析 (データ駆動型アプローチ)

1.3. 環境研究におけるNMR法の利用

Environmental Science & Technology

Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy and Its Key Role in Environmental Research

Andre J. Simpson,* Myrna J. Simpson, and Ronald Soong

国・液界面の状態評価

氷/水中DOM

大気成分

土壌成分の3D-NMR

化合物・位置情報相関

土壌のNMR/MRI

植物個体

構造・組成

拡散運動性

相互作用

会合・多層状態

Scale I: Angstrom

Scale II: Nanometer

Scale III: Micrometer

Scale IV: Micrometer to Millimeter

Scale V: Micrometer to Centimeter

cm

出典：理化学研究所・菊地淳チームリーダー 24