

研究開発の俯瞰から見えてきた 環境・エネルギー分野動向、 エマージングテクノロジー

2021年8月5日（木）

環境・エネルギーユニット 中村亮二

「研究開発の俯瞰報告書 環境・エネルギー分野（2021年）」



- 特徴：**
- (1) 関連学協会との連携**
-25法人（原稿作成協力, 俯瞰ワークショップ参加）
 - (2) 専門家・有識者による協力**
-原稿作成協力 / 俯瞰ワークショップ参加：**109名**
 - (3) 俯瞰ワークショップにおける議論**
-対話と客観性の確保を目的としたワークショップの開催
-環境分野：2020年11～12月（計3回）
-エネルギー分野：2020年10～12月（計3回）

（設定した研究開発領域）

領域名		領域名		領域名		領域名	
1	エネルギー資源探査・開発技術、CCS	9	電気エネルギー利用（電力貯蔵）	19	気候変動観測	26	生態系・生物多様性の観測・評価・予測
2	火力発電	10	熱エネルギー利用（産業熱利用）	20	気候変動予測	27	社会－生態システムの評価・予測
3	原子力利用	11	熱エネルギー利用（民生熱利用）	21	水循環（水資源・水防災）	28	循環利用とライフサイクル評価
4	太陽光発電	12	化学エネルギー利用	22	水利用・水処理	29	都市環境サステナビリティ（気候変動適応、感染症、健康）
5	風力発電	13	地域熱供給（地域冷暖房）	23	除去・浄化技術（大気、土壌、地下水）	30	農林水産業における気候変動適応・緩和
6	バイオマス利用	14	エネルギーシステム評価	24	有機化学物質分析・毒性評価		
7	その他の再生可能エネルギー（水力、海洋、地熱、太陽熱）	15	反応性熱流体	25	無機化学物質分析・動態把握		
8	電気エネルギー利用（エネルギーマネジメントシステム）	16	トライボロジー				
		17	破壊力学				
		18	計算工学				

1. 分野を取り巻く状況

世界は2050年までに温室効果ガス排出正味ゼロ（カーボンニュートラル）を実現するための取組みを強化

- 人類共通の喫緊課題であると同時に、**将来社会における主導権をめぐる争いの様相**。
- **社会の移行を加速し、その過程、および将来社会における優位性を確保することが各国の狙い**。
- 一方、**エネルギー安定供給も不可欠であり、したたかに両立を目指す**。

気候変動の影響が顕在化しつつあり、自然災害の脅威への対応も待たなし。

- 異常気象の頻発化など**各地で顕在化している影響への対応が急務**に。
- **影響の程度や内容は多様**であり、**地域ごとの対応が必要な状況**。
- **ただし気候変動への適応は新たな機会でもあり研究開発は活発**。

今後10年間で発生
の可能性が高いグローバル
リスク上位5位

今後10年間で発生した
場合の影響が大きい
グローバルリスク上位5位

1	異常気象	感染症
2	気候変動の緩和や 適応への失敗	気候変動の緩和や 適応への失敗
3	人為的な環境損害	大量破壊兵器
4	感染症	生物多様性の喪失
5	生物多様性の喪失	天然資源の危機

世界経済フォーラム, 第16回グローバルリスク
報告書2021年版 (2021年1月公開) 参照。

EU

「**欧州グリーンディール**」を推進。法規制、取引制度、基金、戦略などからなる総合的なイニシアチブ。2021年からの7年間で少なくとも6,500億ユーロを投入見込み。
「**タクソノミー規則**」が施行され、今後、適用を順次開始予定。

ドイツ

「**連邦気候保護法**」により炭素税の導入を法制化。「**脱石炭法**」などにより石炭火力の段階的廃止の道筋を明確化。
「**国家水素戦略**」を推進。水素の製造・活用拡大を促す産業政策。

フランス

「**国家水素戦略**」を推進。70億ユーロを研究開発支援や実装・産業化に投資する計画。

中国

国連総会にて「**2060年までにCNを実現するよう努める**」との表明。
「**国家経済・社会発展第14次5ヵ年計画と2035年長期目標の制定に関する建議**」を発表。

米国

パリ協定への復帰。
前政権下でも「**原子リーダーシップを取り戻すための戦略**」
「**水素プログラム計画**」を策定。

英国

「**ネットゼロエミッション法**」により排出削減義務を法制化。
「**グリーン産業革命のための10項目計画**」を策定。雇用創出、再エネ・水素・モビリティ・建物・原子力・CCUS・環境保全など。

2. 研究開発の潮流

① 科学的知見や技術の総合化・統合化、技術間の協調・調和

- ・ **システムとしての高度化**を目的とした個別技術の高度化（高効率化、高性能化）や技術間の協調・調和
（例：再エネ変動電源との協調、エネルギーマネジメントシステム間の協調・連携）
- ・ **多様な観測・計測手段の統合的な利用、得られたデータの統合的な解析**
（例：新しい計測機器を搭載した衛星、無人航空機などの小型・自律的観測技術、データ相互利用プラットフォームの整備・普及）
- ・ 理工学的知見に人の行動や価値観、経済・社会システムとの関わりに関する科学的知見なども加えた**知の総合化**
（例：生態系サービスや自然資本の価値の評価、社会－生態システムの評価・ガバナンス、IPCCやIPBESにおける科学的知見の網羅的評価・統合化）

② 観測・計測、分析、予測などの高精度化・高解像度化

- ・ **観測・計測技術の高精度化**
（例：オペランド観測、静止地球観測衛星による観測、フェーズドアレイ気象レーダー）
- ・ **新興または従来分析ニーズへの対応**
（例：下水中の病原ウイルス濃度検出、安定同位体比分析、微小試料分析、オンサイト分析、多成分一斉分析、ノンターゲット分析）
- ・ **予測の高解像度化**
（例：エネルギー需要予測、異常予兆検知、トライボシミュレーター、気象予測、気候変動影響予測、計測データとモデルを融合した状態推定）

③ DX・CPSによる仮想化・知能化

- ・ 多様な観測・計測手段から得られたデータの解析、**AI応用を通じた帰納的アプローチの導入**
（例：衛星探査、発電所の運用・保守、水道管路更新、気象予測、燃焼ダイナミズム、生態系・生物多様性解析、都市デジタルツイン）

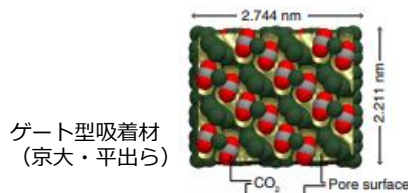
CRDSが注目する 16の動向：

<u>CO₂分離回収技術</u>	<u>P2X技術</u>	<u>持続可能な航空燃料（SAF）</u>	<u>バイオマスを通じたネガティブエミッション</u>
<u>電力貯蔵技術</u>	<u>アンモニア燃焼</u>	<u>デジタルツイン</u>	<u>その場（in situ）観測技術</u>
<u>GHGと大気質の統合観測</u>	<u>気象予測技術</u>	<u>十年規模変動予測</u>	<u>無人機による観測</u>
<u>トレーサー技術</u>	<u>下水疫学</u>	<u>マイクロプラスチック</u>	<u>ネクサス分析、社会－生態システム評価</u>

CRDSが注目する環境・エネルギー分野の16の動向

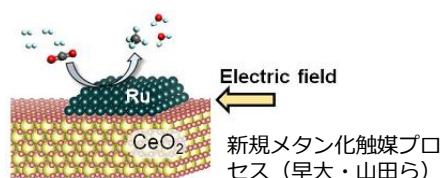
CO₂分離回収技術

CCUSのためには安価なCO₂分離回収が必須。このための新規吸収液・固体吸着剤、分離膜などの材料開発が活発。大気中CO₂回収DACにも注目。回収コストの2050年目標は1,000円/tCO₂。



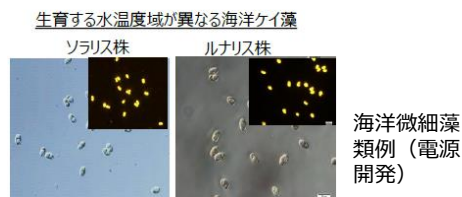
P2X技術

再生可能エネルギーを用いて燃料や化学品を製造する技術。水の電気・光分解による水素製造やCO₂利用による炭化水素製造。中低温域作動の固体電解質、電気化学や光化学反応の利用に期待。



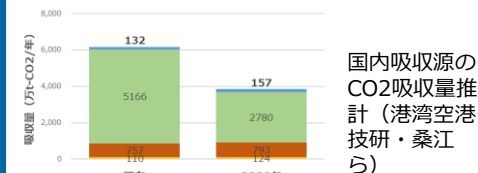
持続可能な航空燃料 (SAF)

2019年CO₂排出量の2.8%を占める航空燃料の脱炭素化を目指した動きとして、微細藻類由来、バイオマス由来、廃棄物由来の低炭素航空燃料の研究開発が進展。



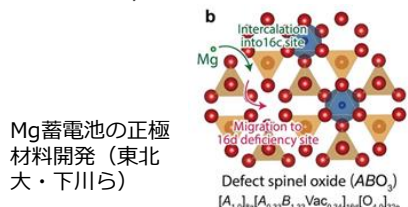
バイオマスを通じたネガティブエミッション

カーボンニュートラル実現のために森林資源やブルーカーボン（マングローブ林、湿地、海草/海藻類）の吸収源としての積極活用がこれまで以上に重要なオプションに。



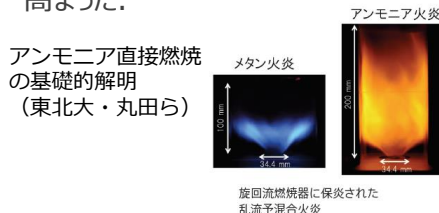
電力貯蔵技術

車載用電池利用に加え、再生可能変動電源の需給調整のための大型電力貯蔵技術の研究開発が世界的に競争激化。全固体電池、Liイオン、NAS、レドックスフロー型など。大型貯蔵は現在の200GWhから2040年10,000GWhへ。



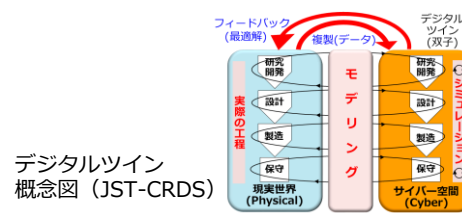
アンモニア燃焼

SIP「エネルギーキャリア」を契機に基礎や実証試験が進展。アンモニア燃焼の科学的理解が進み、NOx排出抑制に目途が付いたことで直接利用、ならびに発電部門の脱炭素化への寄与に対する期待が高まった。



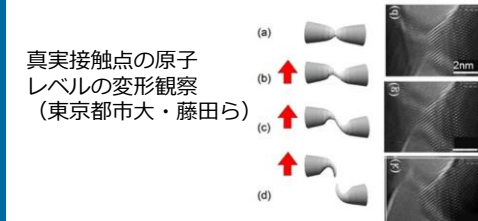
デジタルツイン

機械工学の研究開発における新しいプラットフォームとして、また計算工学の発展を牽引するニーズとして注目されている。数値モデルのパラメタを計測データにより修正する方法「データ同化」の研究が活発。



その場 (in situ) 観察技術

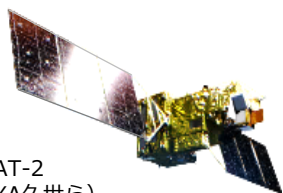
X線、電子線、中性子、赤外線などの分光分析によりリアルタイムに観察・計測する技術が進展し、微小で複雑なプロセスの解明に寄与。摩擦面や異種材料界面など。



CRDSが注目する環境・エネルギー分野の16の動向

GHGと大気質の 統合観測

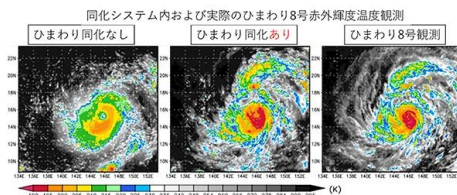
GOSAT-2衛星により二酸化炭素などの温室効果ガスに加え、一酸化炭素などの大気汚染物質を同時に観測可能に、産業活動のマーカーとする新たな排出状況把握手法の開発にも期待。



GOSAT-2
(JAXA久世ら)

気象予測技術

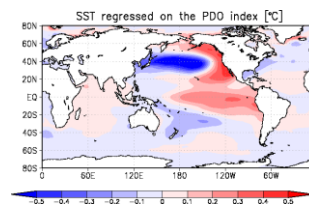
短時間降雨予測技術が進展。降水を3次元で測定するフェーズドアラレイ気象レーダーの開発、スパコンを使って30秒ごとにデータ同化を行う「ビッグデータ同化手法」の開発などが進む。



ビッグデータ同化 (理研・三好ら)

十年規模変動予測

グローバルストックテイクの実施に備えて研究が活発化。温暖化予測のような比較的長い時間スケールでもデータ同化を使おうとする動きが広がっている。



太平洋十年規模振動 (気象庁HPより)

無人機による観測

無人航空機 (UAV) などの小型・自律的な観測技術の応用が拡大。風車の運転保守、河川流量観測、陸域・海洋の生態系観測など多様な分野の現業や研究に不可欠なツールとなっている。



ドローンによる観測 (防災研・井上ら)

トレーサー技術

多重検出型誘導結合プラズマ質量分析法でほぼ全ての元素のイオン比・同位体比の精密測定が可能になりフィールド科学の一大潮流。環境DNAやバイオリギングからも多様な情報。



安定同位体比分析技術の開発 (米国地質調査所HP)

下水疫学

下水中の病原性ウイルス検出による感染状況把握のための技術確立や分析精度向上に向けた研究開発が活発化。サービス提供も一部で既に開始。



下水疫学 (北大・北島ら)

マイクロプラスチック

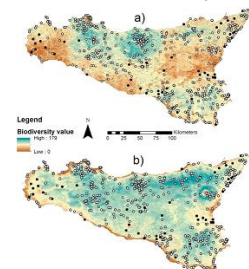
海洋のみならず陸域や大気からも検出されるなど実態把握が進む。同時に標準的分析手法の開発も。環境リスク評価のプロジェクトも欧州中心に進行中。



生態的側面の研究 (EU JPI Oceans)

ネクサス分析、社会 — 生態システム評価

食料・水・エネルギーの相互依存性の分析、生態系サービスや自然資本の評価など、多面的な影響や価値を評価する研究が増加。



機械学習を用いた生態系サービスの可視化 (Willcockら)

3. 日本の研究力： 2019年版と2021年版の比較*

◎/○/△/×：現状
↗/→/↘：トレンド

	領域名	2019		2021	
		基礎	応用	基礎	応用
1	エネルギー資源探査・開発技術、CCS	○→	○↗	◎↗	○↗
2	火力発電	○→	◎→	○→	○→
3	原子力利用	○→	○→	○→	○→
4	太陽光発電	○→	○→	○→	○→
5	風力発電	△↗	△→	△↘	△→
6	バイオマス利用	○↗	△→	○↗	△→
7	その他の再生可能エネルギー (水力、海洋、地熱、地中熱)	○↗	○↗	○→	○→
8	電気エネルギー利用 (エネルギーマネジメントシステム)	○→	◎↗	○→	◎↗
9	電気エネルギー利用 (電力貯蔵)			◎→	◎↗
10	熱エネルギー利用 (産業熱利用)	◎↗	△→	◎↗	△→
11	熱エネルギー利用 (民生熱利用)	◎↗	◎→	○→	◎↗
12	化学エネルギー利用	○↗	◎↗	◎↗	◎↗
13	地域熱供給 (地域冷暖房)			△↘	○→
14	エネルギーシステム評価	○↗	○→	○→	○→
15	反応性熱流体	◎→	○→	○→	◎→
16	トライボロジー	◎↗	◎↗	◎↗	◎↗

	領域名	2019		2021	
		基礎	応用	基礎	応用
17	破壊力学			△↘	○→
18	計算工学			○↗	○↗
19	気候変動観測	○→	○→	○→	○→
20	気候変動予測	◎→	○↗	◎→	○↗
21	水循環 (水資源・水防災)	◎→	○↗	◎→	○↗
22	水利用・水処理	○→	○→	○→	○→
23	除去・浄化技術 (大気、土壌、地下水)	◎→	◎→	◎→	◎→
24	有機化学物質分析・毒性評価	○→	○→	○→	○→
25	無機化学物質分析・動態把握	○→	○→	○→	○→
26	生態系・生物多様性の観測・評価・予測	○→	○→	○→	○→
27	社会－生態システムの評価・予測	○→	○→	○↗	○↗
28	循環利用とライフサイクル評価	△→	○↗	○→	○→
29	都市環境サステナビリティ (気候変動適応、感染症、健康)	○↗	○↗	○↗	○→
30	農林水産業における気候変動適応・緩和			○→	○↗

CCU関連

メーカー撤退余波

脱石炭

SIP燃焼

LCA活発化

基盤研究低下

*注釈：
 ・有識者による主観的評価に基づく。
 ・2019年と2021年で評価者が異なる場合もある。
 ・従って単純な比較が意味を持たない場合もある。

3. 日本の研究力： 強み・弱み

- 政策的に力をいれているカーボンリサイクルや蓄電池などで強みを維持. 気候変動予測、水循環、大気環境分析、除去・浄化技術といった環境関連技術にも強み.
- 多くは欧米に準ずる中位. 全体を底上げしていくための方策が必要.

応用研究・開発フェーズ

◎ 特に顕著な活動・ 成果が見えている		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">核融合</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">民生熱利用</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">エネルギー マネジメント システム</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">反応性熱流体</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">原子力安全</div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CO₂分離回収</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">除去・浄化</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">化学エネ利用</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">電力貯蔵</div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">トライボロジー</div> </div>
○ 顕著な活動・成果 が見えている	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">都市における 感染症防御</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">破壊力学</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">地域熱供給</div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">火力発電</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">計算工学</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">社会- 生態システム</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">再処理</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">水利用・水処理</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">太陽光発電</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">分析・毒性 評価 (有機)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">生態系・ 生物多様性</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">宇宙太陽光</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">分析・動態 把握 (無機)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">農林水産業に おける適応・ 緩和</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">海洋発電</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">循環利用・LCA</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">都市における 健康・暑熱</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">地熱発電</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">大気・陸域観測</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">衛星観測</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">エネルギー システム評価</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">水循環</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">エネ資源開発 時の環境保全</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">気候変動予測</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">都市における 適応</div>
△ 顕著な活動・成果 が見えていない	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">風力発電</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">水力発電</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">新型炉</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">太陽熱発電</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">海洋観測</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">バイオマス利用</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">産業熱利用</div>
	△ 顕著な活動・成果が 見えていない	○ 顕著な活動・成果が見えている	◎ 特に顕著な活動・成果が 見えている

注釈：有識者による
主観的評価に基づく。

基礎研究フェーズ

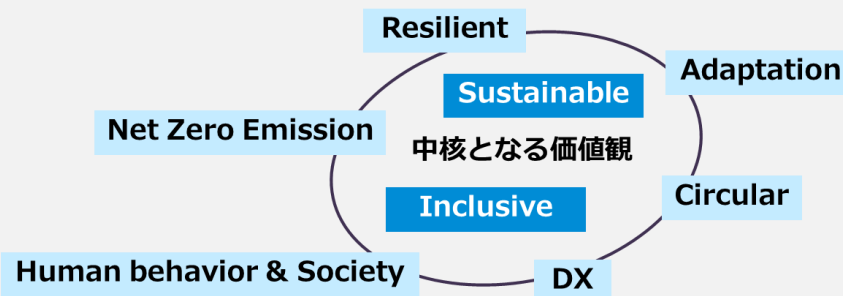
4. 今後の展望・方向性

社会の移行 (transition) を促進する研究開発

- ・ ネットゼロエミッションな社会 (緩和) へ
- ・ アダプティブな社会 (適応) へ
- ・ レジリエントな社会 (強靱) へ
- ・ サーキュラーな社会 (循環) へ

移行を進める上でのキー・ドライバー

- ・ 人の行動や社会との関わりの深化
- ・ DX化



注力すべき課題

ネットゼロエミッションな社会 (緩和) へ

- ・ 全方位的なGHG排出大幅削減 (電化、省エネ、電源の化石燃料依存低減)
- ・ CO2の回収・貯留
- ・ 行動変容や新しい社会変化を組み込んだ移行
- ・ エネルギー安定供給との両立
- ・ 体系的な実態把握

アダプティブな社会 (適応) へ

- ・ 予測の高度化、高解像度化
- ・ 地域の適応方策立案と実践支援
- ・ NbSの可能性開拓と持続的な管理・活用

レジリエントな社会 (強靱) へ

- ・ 変動環境下での安定的なエネルギー供給
- ・ 化学物質の安全な管理・活用
- ・ リスクマネジメント

サーキュラーな社会 (循環) へ

- ・ 包括的な評価
- ・ ライフサイクル全体を考慮した素材・製品開発

DX化 | 人の行動や社会との関わり深化

蓄エネ、発電の低炭素・ゼロエミッション化、カーボンサイクル

ネガティブエミッション技術 (DAC、バイオマス活用)

需要家資源の活用 (エネルギーデータサイエンス)、トランザクティブエナジー、EMS間の連携・データ活用

再エネ変動電源との協調 (発電予測精度向上、慣性力確保など)

将来エネルギーシステムのデザイン・評価 (サプライチェーン構築、シナリオ構築、経済性評価、制度設計)

統合的な地球環境観測、影響分析・評価、データ活用基盤構築

地球システムモデルの統合化 (気候変動緩和、適応)

感染症のリスクマネジメント (下水道学、大気疫学、ヒトと自然/well-being)

日本・アジアの地理的性質を踏まえた適応研究

自然環境、農林水産環境の多面的な機能の効果的活用と持続可能なマネジメント

多様なニーズを支える環境分析機器・技術開発

資源の「価値」の評価、LCAのためのサプライチェーンDX

LCA・リスク評価と一体的に進める素材・製品開発

研究開発体制の在り方

ネットゼロエミッションの実現に向けた研究開発体制

- ・ 実装加速 (アジャイル開発、インセンティブ付与)
- ・ 状況把握 (ストックテイキング)
- ・ 横断的取組 (分野横断、マルチステークホルダーとの共創)
- ・ 次世代育成 (次世代人材、次世代技術)
- ・ 基礎・基盤強化 (ポートフォリオ)
- ・ 国際連携的なスタンス (トランジションを支えるという立ち位置)

適応、レジリエントに向けた体制

- ・ 科学的知見の統合化
- ・ モデルケースの創出・蓄積・応用展開

社会とともにあるDXプラットフォーム

- ・ 地球観測・計測基盤 (観測・計測、データ処理、解析)
- ・ エネルギー関連データ基盤 (データ収集・蓄積・利活用)
- ・ プロ技術者の確保・育成 (継続的予算措置、キャリアパス創造)

「注力すべき課題」

(参考) 直近の戦略プロポーザル・調査報告書

ネットゼロエミッションな社会（緩和）へ

- ・全方位的なGHG排出大幅削減（電化、省エネ、電源の化石燃料依存低減）
- ・CO2の回収・貯留
- ・行動変容や新しい社会変化を組み込んだ移行
- ・エネルギー安定供給との両立
- ・体系的な実態把握

アダプティブな社会（適応）へ

- ・予測の高度化、高解像度化
- ・地域の適応方策立案と実践支援
- ・NbSの可能性開拓と持続的な管理・活用

レジリエントな社会（強靱）へ

- ・変動環境下での安定的なエネルギー供給
- ・化学物質の安全管理・活用
- ・リスクマネジメント

サーキュラーな社会（循環）へ

- ・包括的な評価
- ・ライフサイクル全体を考慮した素材・製品開発

DX化

人の行動や社会との関わり深化

蓄エネ、発電の低炭素・ゼロエミ化、カーボンサイクル

ネガティブエミッション技術（DAC、バイオマス活用）

需要家資源の活用（エネルギーデータサイエンス）、トランザクティブエネルギー、EMS間の連携・データ活用

再エネ変動電源との協調（発電予測精度向上、慣性力確保など）

将来エネルギーシステムのデザイン・評価（サプライチェーン構築、シナリオ構築、経済性評価、制度設計）

統合的な地球環境観測、影響分析・評価、データ活用基盤構築

地球システムモデルの統合化（気候変動緩和、適応）

感染症のリスクマネジメント（下水疫学、大気疫学、ヒトと自然/well-being）

日本・アジアの地理的性質を踏まえた適応研究

自然環境、農林水産環境の多面的な機能の効果的活用と持続可能なマネジメント

多様なニーズを支える環境分析機器・技術開発

資源の「価値」の評価、LCAのためのサプライチェーンDX

LCA・リスク評価と一体的に進める素材・製品開発

- ・二酸化炭素資源化に関する調査報告書（2019年度）
- ・反応・分離を技術革新する電子・イオンの制御科学（2017年度）
- ・革新的デジタルツイン（2017年度）
- ・複雑な流れ現象の解明と統合的制御（2021年度予定）
- ・機器の安全性を高める破壊・寿命予測の科学技術基盤構築（検討中）
- ・未来エネルギーネットワークの基盤技術とエネルギー需要科学（2016年度）
- ・環境・エネルギー分野における非連続的なイノベーションを支える工学研究基盤強化（2020年度）
- ・社会とSTIをつなぐ「地球環境の観測と予測の統合基盤」の構築と利活用（検討中）
- ・環境や社会の変化に伴う水利用リスクの低減と管理（2019年度）
- ・中山間地域の持続可能性の維持・向上に向けた課題検討（2019年度）
- ・持続可能な資源管理のための文理融合研究のあり方とその推進方策（検討中）
- ・バイオマスをCO2吸収源としたネガティブエミッション技術（検討中）
- ・環境調和型プラスチック戦略（2019年度）

5. 基礎・基盤強化の必要性

- 研究開発投資のバランスが出口に寄っている。
- カーボンニュートラルの実現に向けて候補技術の社会実装の加速は最重要課題。個別の科学・技術（シーズ）を実証フェーズへとまとめ上げていく体制の構築が急務。
- 一方、現在の候補技術を前提とした出口志向の研究開発支援のみでは技術シーズが枯渇する可能性もある。将来技術や基礎・基盤を育てる土壌の強化が急務。

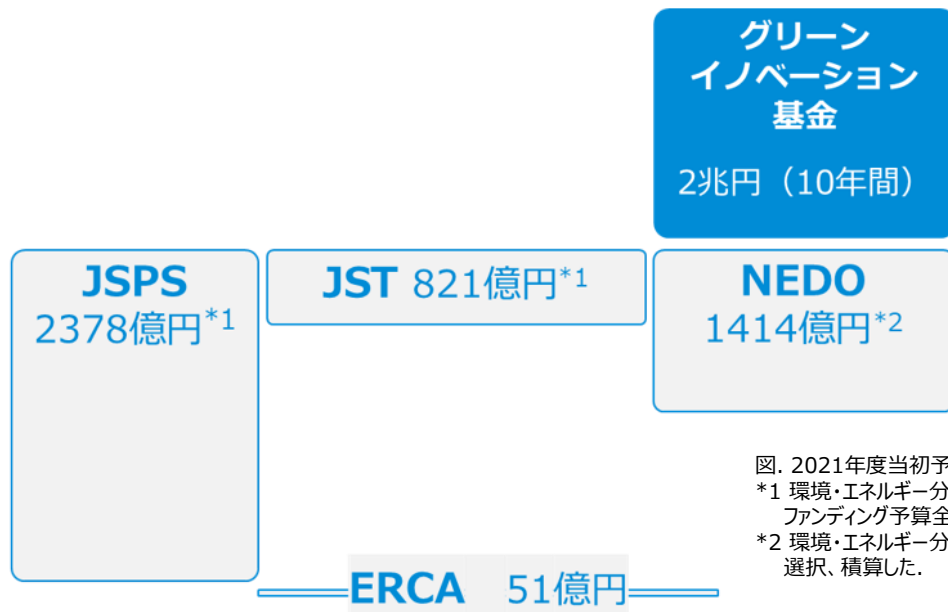


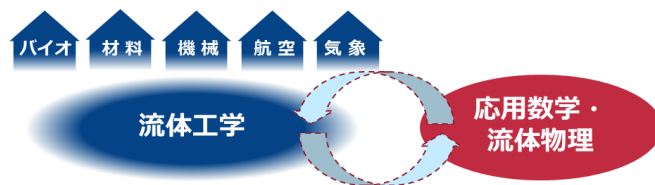
図. 2021年度当初予算額に基づき作成
 *1 環境・エネルギー分野はファンディング予算全体のポートフォリオの一部。
 *2 環境・エネルギー分野と関連が深い事業を選択、積算した。



(流体分野の例)

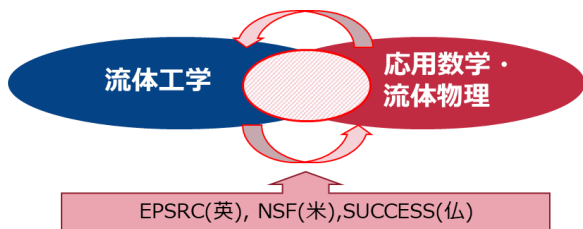
日本

- 普遍的な乱流モデルに対する研究が少なく、パラメータによって個別問題に対応。
- 流体工学と流体に関わる応用数学・流体物理が繋がっていない。

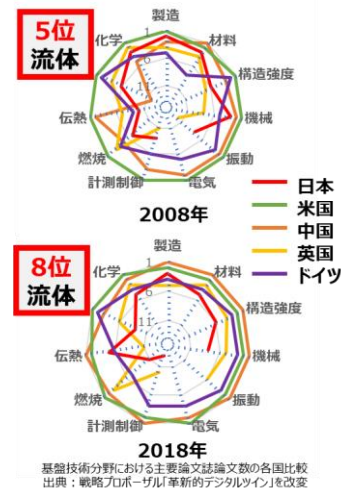


欧米

- 流体分野が数学・物理のニーズやシーズとなり、サイエンスとしても進化。

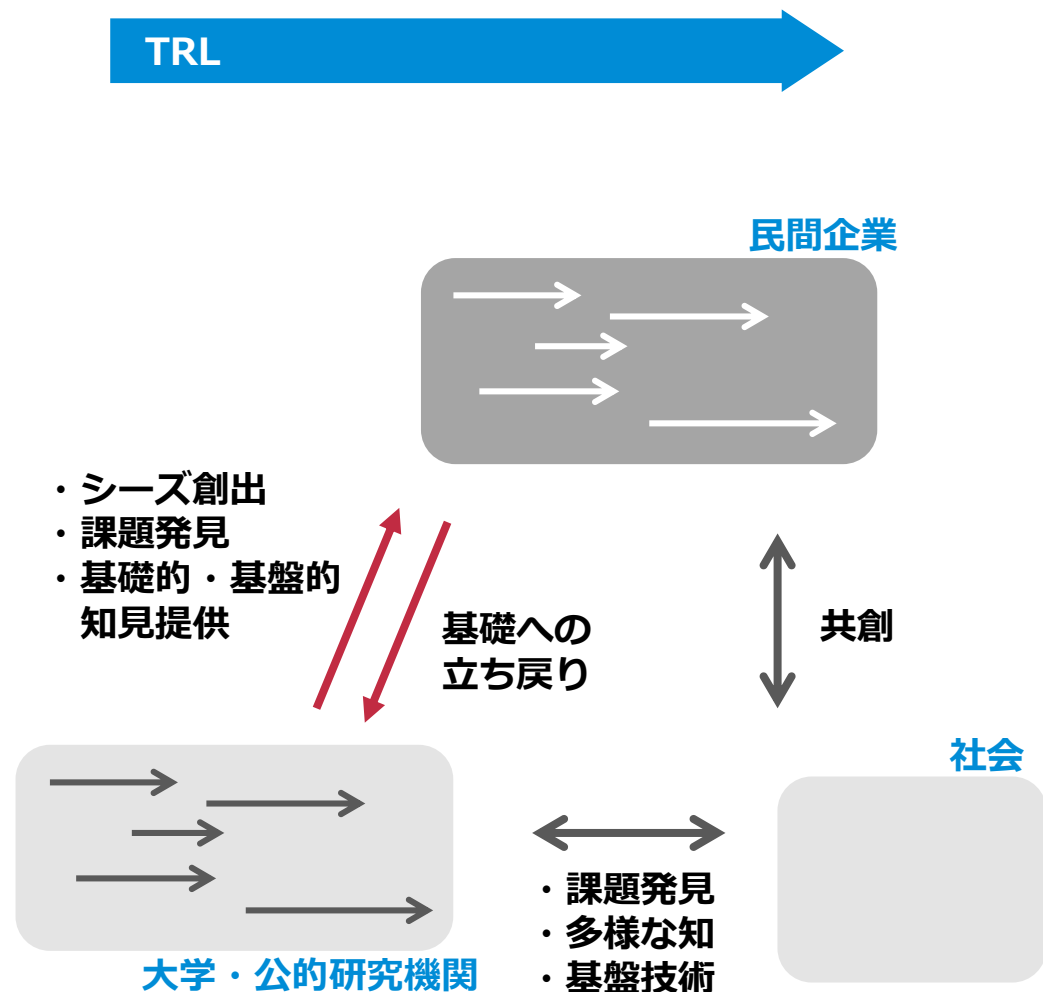


結果として流体分野の研究は過去10年で国際的な地位低下。



大学・公的研究機関と国内民間企業の関係性

- 我が国の工学基礎・基盤の現状に関するインタビューを行ったところ、日本の民間企業が自社の技術開発を進める際のパートナーとして海外の大学・公的研究機関を選ぶ傾向が過去十年、二十年の間で一段と強まっている印象。
- 個々の技術開発案件を進める際、国内よりも海外の機関からのほうが有益な基礎的・基盤的知見が得られるとの期待が高いと多くの国内民間企業が考えている可能性がある。
- 国内の大学および公的研究機関の基礎・基盤強化を進め、大学・公的研究機関と国内企業の関係性の改善・向上を通じて、持続可能な研究開発エコシステムを国内に作り上げていくことが急務。



英国の公的な研究資金助成*の主要ポートフォリオ

* 官民合わせた総研究開発費は日本の3分の1程度。

一定のバランスが維持されている。

英国研究・イノベーション機構 (UKRI) :

- 同国最大の公的ファンディング機関
- 7分野の研究会議などからなる

工学・物理科学研究会議 (EPSRC) :

- 基礎・基盤の維持・強化に貢献

	UKRI傘下組織	百万£
工学・物理	EPSRC	953
研究施設	STFC	609
医学	MRC	628
自然環境	RCs NERC	370
バイオテク・生物	BBSRC	391
経済・社会	ESRC	169
芸術・人文学	AHRC	92
	Innovate UK	723
	Research England	1952
	合計	5907

(2019UKRI配分予算案より)

テーマ別 Top10	百万£
人材教育 (博士)	1335
物理科学	524
未来の製造業	351
工学	345
情報通信技術	336
エネルギー	298
研究施設	290
医療技術	268
量子技術	211
数理学	101

(2020.2現在進行中プロジェクトの総予算)

研究分野別 Top10	百万£
流体力学・航空力学	41.6
機械の性能・検査	31.3
施設・都市システム	19.4
構造工学	17.3
材料工学 (複合材)	17.1
ロボティクス	16.2
合成生物	15.6
センサ・計測	14.3
地盤工学	13.4
構築環境	13.4

(2020.2現在進行中プロジェクトの総予算)

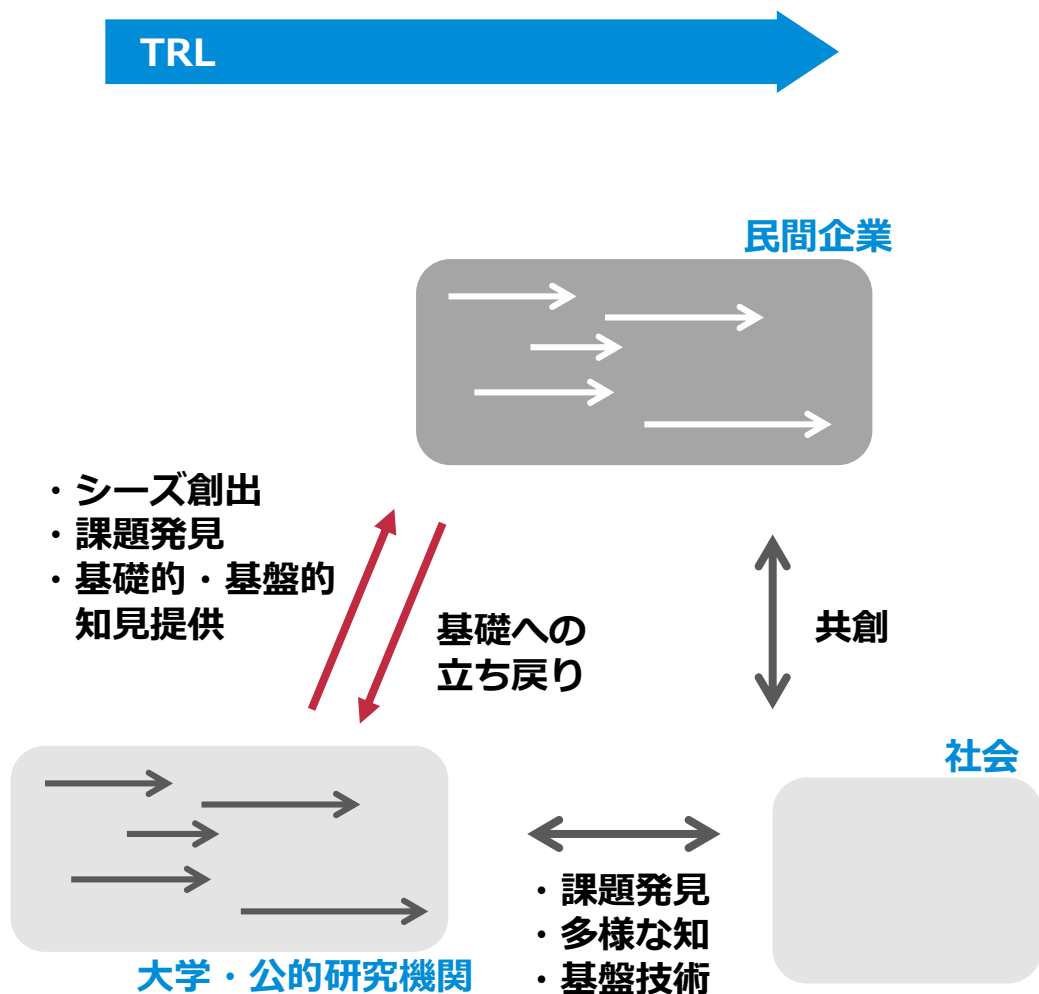
「調査報告書 環境・エネルギー分野における非連続的なイノベーションを支える工学研究基盤」(JST-CRDS, 2020年度)

基礎・基盤強化のテーマ例

表. 機械工学を中心とした基礎・基盤研究テーマ例（日本機械学会「協調領域技術懇談会」の2018年度・2019年度技術調査結果ならびにCRDSの俯瞰調査に基づき作成.）

番号	分野	テーマ例
1	計算力学	マルチフィジックス連成・最適化
		データ同化の工学的利用
		現代数学理論を取り入れた解析制御技術の確立
2	流体	微細凹凸表面による流体抵抗の低減
3		シールメカニズムの解明
4		高圧下の二相流挙動
5	破壊力学 ・疲労	内部欠陥を有する材料の強度に対する寸法効果の影響解明
		表面硬化材料の疲労強度推定技術
		マイナー則による損傷評価の精度向上
6	界面	メゾ領域での力学の記述
7		接触熱抵抗の解明
8	燃焼	燃焼ダイナミクスの解明とモデル化
9		燃料多様化と詳細化学反応機構の構築
10		ノッキング現象の科学的・物理的解明と制御
11		摩擦・摩耗・潤滑の基礎メカニズム解明と計測分析技術
12	トライボロジー	分子シミュレーションとマクロな連続体力学シミュレーションの融合
13	計測・デバイス	3次元温度非接触計測
14		メタマテリアル利用の輻射・音制御デバイス

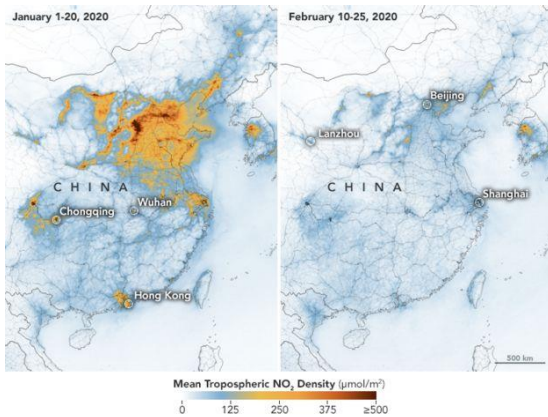
まとめ



1. 今後の研究開発の方向性は「社会の移行（Transition）を促進する研究開発」.
2. 日本の研究力を底上げし、産業競争力強化に繋げていくためには、基礎・基盤研究の強化が必要.
3. 特定技術テーマへの注力のみならず、それらを支えることのできる基礎・基盤強化のためのポートフォリオ構築を目指すべき.

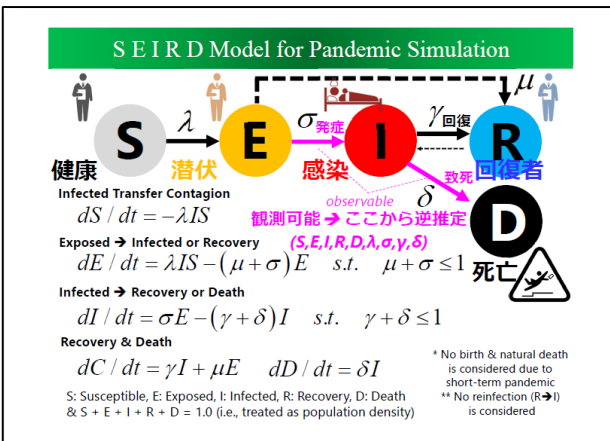
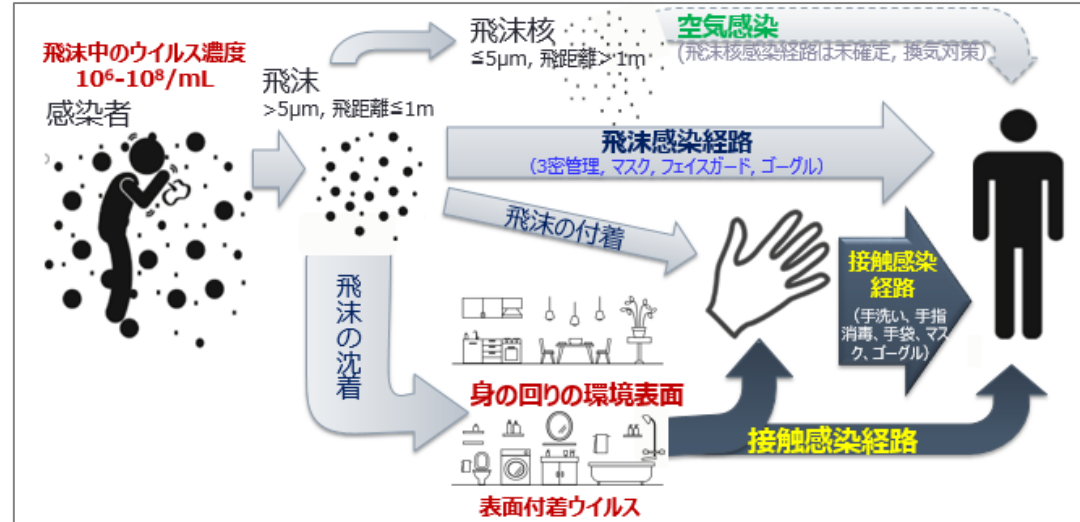
参考資料

COVID-19関連の研究開発動向



NASA
 (https://earthdata.nasa.gov/learn/articles/feature-articles/health-and-air-quality-articles/find-no2-data)

JST-CRDSショートレポート「都市環境と感染症」編
 (第二版) から抜粋



JST-CRDSショートレポート「地球観測と感染症」編 (第二版) から抜粋



JST-CRDS
 ショートレポート
 「水と感染症」編
 (第一版) から
 抜粋

報告書のまとめ方の特徴

対話と客観性の確保を目的として俯瞰ワークショップを開催

○エネルギー分野

- グループA 令和2年11月9日（月） 12:00～15:30
- グループB 令和2年10月26日（月） 13:00～16:00
- 全体議論 令和2年12月7日（月） 13:00～15:30

○環境分野

- グループC 令和2年11月20日（金） 13:00～16:00
- グループD 令和2年11月4日（水） 9:00～12:00
- 全体議論 令和2年12月4日（金） 13:00～15:30

グループ別議論

全体議論



- ・ 重点テーマ
- ・ 研究開発体制・システムのあり方



重点テーマ素案の抽出のための3つの視点

- ・ 領域ごとの研究開発動向の俯瞰
- ・ 領域を超えた研究開発の潮流（トレンド）や重点テーマ素案の抽出

環境・エネルギー分野の「今後の展望・方向性」に関する各種アイデア、示唆など



ZACSS

	急速に顕在化しつつあり、多方面に影響を及ぼす可能性のあるテーマ	産業界や社会における潮流やニーズに応えていくために必要なテーマ	様々な分野の科学技術の更なる進展に資する横断的なテーマ
ゼロエミッション			
アダプテーション			
サーキュラー			
スマート			
セーフティ			
...			

ワークショップで得られた意見、提案、示唆等をCRDSにて再整理

