



クリーンエネルギー検討合同会合

**炭素中立型の経済社会実現に向けた
文部科学省における取組の方向性について**

令和4年 4月22日

◆炭素中立型の経済社会の実現に向けた、文部科学省としての貢献方策

○化石エネルギー主体の経済・社会構造から炭素中立型の構造への社会システム全体の変革(GX)に向けて、文部科学省としては、科学技術や教育の振興の観点から貢献。

○具体的には、

- ・中長期的な視点での技術革新を支える**基礎・基盤的な研究開発**
- ・将来に渡って経済社会を担っていく**人材育成**の推進
- ・公共施設の大きな割合を占める**学校施設のZEB化**の推進

といった取組についてより一層の貢献を果たすべく検討を進めている。

1. 技術革新を支える基礎・基盤的な研究開発

- － 成長が期待される重点産業分野につながるシーズ創出のための基礎・基盤研究及び人材育成
- － 革新的な原子炉や核融合技術などクリーンエネルギー社会に不可欠な非炭素電源の研究開発
- － 気候変動リスク評価のための科学的知見創出

2. 教育機関における人材育成

- － 大学等におけるグリーン等の重点分野に関する人材育成
- － 大学等が自治体、企業等との連携強化、地域における大学等の機能強化のためのネットワーク形成

3. 学校施設のZEB化の推進

- － 公立学校や国立大学等におけるZEB化の推進及び横展開（地域への普及拡大）

◆炭素中立型の経済社会の実現に向けた、文部科学省としての貢献方策

1. 技術革新を支える基礎・基盤的な研究開発
2. 教育機関における人材育成
3. 学校施設のZEB化の推進

炭素中立型社会に向けた重要産業分野の飛躍的成長へつなぐ基盤技術（革新的GX技術）への集中的投資 ～独創性・優位性あるシーズ創出を行うアカデミアの研究基盤強化～

[背景]

- 国際的なカーボンニュートラルの動きやESG投資の流れを受けて、関連する世界市場が、「蓄電池」では2050年に約**100兆円**¹、「水素関連」では約**270兆円**²、バイオテクノロジーを活用した「バイオエコミー」の世界市場が2030年に**200兆円～400兆円**³に成長するとの予測。
- 世界全体：クリーンテック関連のスタートアップへの投資が急拡大（2021年上半期で600億ドル⁴）。
欧州：今後10年間、欧州投資銀行を主軸として官民合わせて少なくとも1兆ユーロの投資の動員を目指す（欧州グリーン・ディール投資計画）。
- 日本では2021年3月にグリーンイノベーション基金が造成されるなど、企業中心の研究開発等、グリーン関連の産業基盤の底上げが進みつつある。その中で、近年、日本では、**個々の研究分野の間に垣根があり、研究内容も近視眼になりやすく、若い研究者の潜在能力をいかし切れていない、企業による具体的ニーズを念頭に置いていない、といった問題点が指摘されている。**また、**関連分野の基礎研究推進に係る事業規模は約30億円**（2022年度）。
- 加速するグリーン投資の流れの中で、GI基金等と連動しつつ、**飛躍的に成長を遂げる分野（グリーンエネルギーやバイオものづくり）の基盤となる研究開発**において、優れた研究シーズの実用化や、将来の関連分野をけん引する人材を育成する**アカデミアのエコシステムを形成**することが**公的投資を中長期的に効果の高いものにする上でも極めて重要**。

1) 第5回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 産業構造転換分野ワーキンググループにおける経済産業省作成資料より、2) グリーン成長戦略（R3年6月）。Hydrogen Council「Hydrogen Scaling up」等を基に推計。、3) マッキンゼーレポート2020: <https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/the-bio-revolution-innovations-transforming-economies-societies-and-our-lives>、4) PwCレポートState of Climate Tech 2021

アカデミアにおけるR&D・人材育成（文科省）

- グリーン成長戦略の重点産業分野につながり、日本のアカデミアが強みをもつ技術領域（「蓄電池」「水素・燃料電池」「バイオ」等）において**従来技術の延長線上にはないシーズ創出のための基礎・基盤研究及び人材育成**を行い2050カーボンニュートラルを目指す。
- 単に要素技術の基礎研究ではなく、**DXも積極的に活用し、複数技術のすり合わせが必要となるエンジニアリングや、評価解析技術・メカニズム解明等の統合的研究開発と幅広い領域でのチャレンジングな提案によるシーズ創出**に取り組み、革新的GX技術を生み出すアカデミアのエコシステムを形成。
- 企業への**人材供給源となる育成拠点**としての役割。
⇒ 上記を実現するための、**新たな施策展開**が必要

企業等におけるR&D・社会実装（経産省等）

- グリーン成長戦略の実行計画を策定している重点分野において、2050年カーボンニュートラルを目指すGI基金等により、企業中心の研究開発・実証・社会実装を継続的に支援し、グリーン関連の産業基盤の底上げを図る。

【グリーン成長戦略における重点産業分野（全14分野）】

- | | |
|-----------------|--------------------|
| ● 洋上風力、太陽光・地熱産業 | ● 船舶産業 |
| ● 水素・燃料、アンモニア産業 | ● 物流・人流・土木インフラ産業 |
| ● 次世代熱エネルギー産業 | ● 食料・農林水産業 |
| ● 自動車・蓄電池産業 | ● 航空機産業 |
| ● 半導体・情報通信産業 | ● カーボンサイクル・マテリアル産業 |
- 等

※ GI基金はあくまで一例。技術毎に、関連する公的投資との連携。

【**文科省**（大学等における研究基盤強化・人材育成）と**経産省等**（NEDO等による企業等の開発力強化）の**緊密な連携・協働**】

我が国はアカデミアの基礎研究に伝統的に高いポテンシャル。その強み・長所を活かした技術開発と関連産業の育成がカギ。

原子力の今後の方向性

- 原子力は、グリーンエネルギー社会の実現に向け、脱炭素電源としての貢献が可能であり、昨今のウクライナ危機や電力需給逼迫の状況に鑑み、**クリーンな準国産エネルギー源としてエネルギー安全保障の観点**が再認識されている。また、高熱を利用した水素製造や製鉄の観点からも活用可能であるなど、**供給・需要の両面から固有の新たな価値の提供が可能**。
- 米英仏では、**小型モジュール炉、高温ガス炉、高速炉等の革新炉の研究開発に注力**し、中長期を見越した技術の主導権獲得を志向。こうした原子力の研究開発の必要性の高まりを踏まえれば、将来に向け、**原子力分野の研究開発を強力に推進することは喫緊の課題**。

【必要な取組】

- ① 高温工学試験研究炉（HTTR）や高速実験炉「常陽」の安定的な運転**を通じた、世界的にも貴重な高温ガス炉や高速炉の運転経験を有する人材や技術の維持及び研究開発の加速化による**経済安全保障上の優位性の確立**
- ② 革新原子力システムの開発推進に向けた基盤（DXによる研究開発の高度化、安全性実証環境等）の早急な整備**

高温工学試験研究炉（HTTR）

- 化学的に安定なヘリウムによる冷却、耐熱性の高いセラミックスで被覆した燃料、構造材に耐熱温度の高い黒鉛を用いたガス冷却炉
- 平成22年に**安全性実証試験**（定格出力30%でガス循環機を停止した際の挙動を試験）を実施し、**冷却機能が停止した際にも原子炉が物理現象のみで自然に静定・冷却されることを実証**
- 現在東電福島第一原子力発電所事故を踏まえた**新規制基準への対応**を経て、**令和3年7月に運転再開**
- 発電のみならず、**950℃の高温熱の供給によるカーボンフリー水素製造、製鉄への利用が可能**
- 西側諸国唯一の高温ガス炉**



高速実験炉「常陽」

- 我が国初のナトリウム冷却、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料による高速中性子炉（実験炉）
- 平成19年まで運転。現在東電福島第一原子力発電所事故を踏まえた**新規制基準への適合性審査中**
- 早期の原子炉設置変更許可の取得を目指しており、原子力機構は**令和6年度の運転再開を目指し準備中**
- 運転再開すれば**西側諸国唯一の稼働中の高速炉**
- 高速炉等の革新炉開発の材料照射に不可欠**



核融合発電のための基幹技術を世界に先駆けて確保するために

核融合は、エネルギー自給など、将来のエネルギー安全保障にも資する将来のグリーンエネルギーとして期待されており、その政策的重要性の高まりから、主要国は**核融合エネルギー開発に関する各国の取組を一斉に加速**するとともに**核融合ベンチャーへの投資も拡大**するなど、**国際競争の時代に突入**している。このため、**我が国としても核融合発電に必須な機器の研究開発を加速**し、諸外国に対する**技術的優位性を確保**するとともに、**産業競争力強化**につなげる。

ITER計画を基盤とした更なる展開

これまで：国際協調の時代

ITER計画



■ 第一段階

模擬燃料による超高温、大規模、高密度の核融合級プラズマの点火(～2025年)

■ 第二段階

核融合実燃料によるプラズマからの**エネルギー取り出し**(～2035年)

BA活動

(茨城県那珂市
青森県六ヶ所村)

ITER計画の
補完・支援

世界情勢の変化：国際協調から国際競争へ

- ✓ ITER調達で技術を獲得しつつ、各国が核融合発電炉建設に向けたマイルストーンを発表※1
- ✓ 核融合ベンチャーへの投資拡大※2

※1 米国の大統領府が、エネルギー省と共催した会合(2022年3月)において、「商業核融合エネルギーの実現を加速するための10年戦略」を、民間セクターとの連携の下で策定することを表明。「英国政府の核融合戦略」(2021年10月)によれば、将来的に年間約520～1,670億ポンド(約8～25兆円)の市場規模の見積り。英国は2040年までに商用利用可能な核融合発電炉の建設を目指す。

※2 主要国では、米国Commonwealth Fusion Systems(高温超伝導磁石技術に着目し、核融合炉の小型化を模索。累計投資額は2000億円以上)のような核融合ベンチャーが誕生。我が国では、ITER計画の中でブランケット(熱取り出しのための基幹技術)開発に携わった小西京都大学教授はベンチャー企業「京都フュージョニアリング」を創業。ITER技術を基に各国に対してブランケットを輸出する計画。

核融合機器産業という
新たな国際市場の創出

イーター調達を基にした
海外展開事例

国内では、大和合金(特殊銅合金メーカー、中小企業)が高い技術力が求められるイーター調達で獲得した技術を基に、国際調達で欧州研究機関との契約を獲得。(2021年3月)



我が国の方向性

核融合発電の実現に向け、ITER計画やBA活動を最大限活用することにより、核融合発電に必要な重要技術の研究開発と人材育成を進め、国際市場の獲得を目指す

【参考：岸田総理の発言】

第208回国会 岸田内閣総理大臣施政方針演説
(令和4年1月17日)

「核融合など、多くの論点に方向性を見出していきます。」

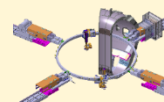
新しい資本主義実現会議(令和4年3月8日)

「グリーンエネルギー分野では、再エネや水素に加え、小型原子力や核融合など非炭素電源の研究開発を進めます。」

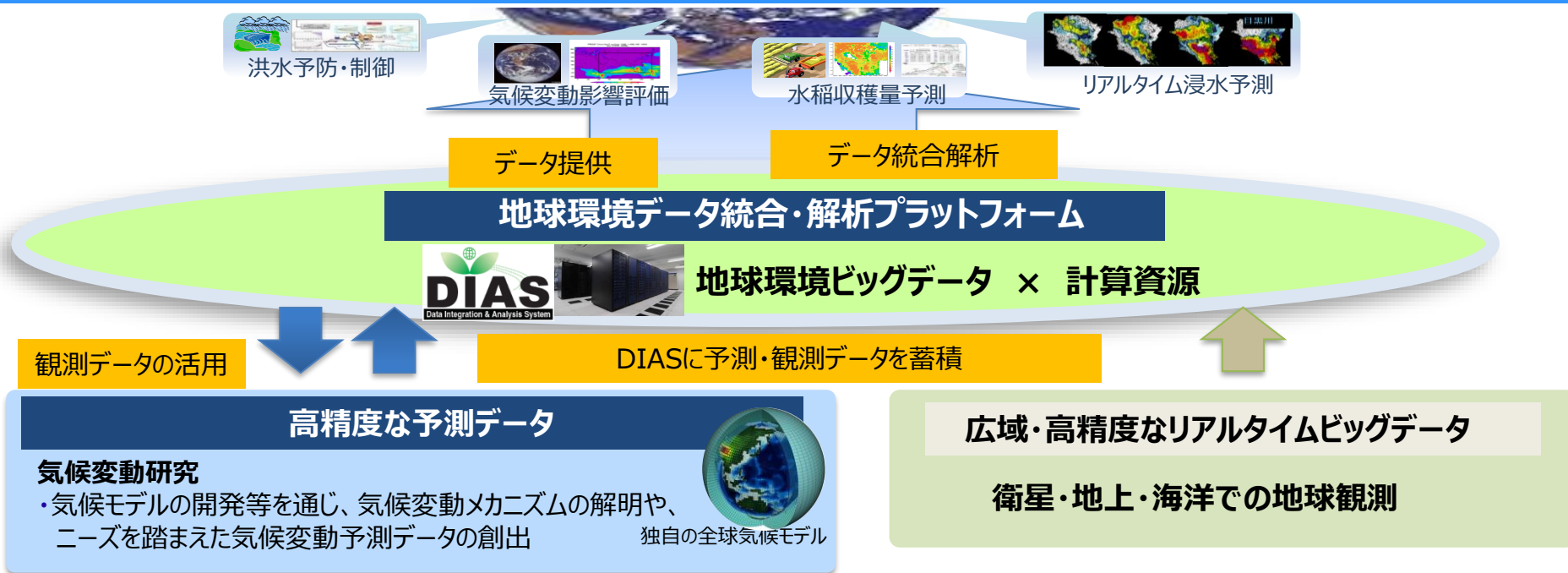
ITER計画



BA活動



気候変動リスク評価に資する予測・観測データ等の利活用強化



- ✓ 気候変動財務リスク・グリーンファイナンス・サステナブルファイナンス評価に必要な科学的知見（気候変動予測データ・ハザード予測データ）を創出するとともに、これらの科学的知見を活用した分析手法、評価手法、共通指標等の研究開発を実施。
- ✓ 気候変動財務リスク評価等での活用を視野に入れた気候変動予測データ等の利活用に関するガイドラインの検討を実施。

【期待される効果】

国内企業等による気候リスク軽減の動きの促進

- ・我が国において、科学的知見に基づく適切な気候変動リスク評価が実施されることで、国内外の投資家や金融機関が、開示されたリスク情報等をもとに企業等の気候リスク対応を評価し、投融資の判断を行うことが可能となる。
- ・気候リスクを軽減しリスク情報を開示した企業等は、ファイナンスを呼び込むことが可能となる。

◆炭素中立型の経済社会の実現に向けた、文部科学省としての貢献方策

1. 技術革新を支える基礎・基盤的な研究開発
2. 教育機関における人材育成
3. 学校施設のZEB化の推進

基本的考え方

- ・日本の社会と個人の未来は教育にある。教育のあり方を創造することは、教育による未来の個人の幸せ、社会の未来の豊かさの創造につながる。
- ・様々な課題に向き合い、新たな価値を創造しながら豊かな未来を切り拓いていくため、一人一人の生産性を高め、生きていく力、柔軟な知を育むことが必要。
- ・働くことと学ぶことのシームレスな連携ができる生涯能力開発社会、生涯学習社会の実現に向けて取り組む。
- ・人への投資を通じた「成長と分配の好循環」を教育・人材育成においても実現し、「新しい資本主義」の実現に資する。

ありたい社会像

- ◎ **多様な人材が能力を最大限発揮でき、適切に評価される社会の実現**
一人一人の多様な幸せと社会全体の豊かさ（ウェルビーイング）を実現。ジェンダーギャップ指数や貧困・社会的分断の改善、グローバル化進展
- ◎ **社会課題への対応、SDGsへの貢献**
国民全体のデジタルリテラシーの向上。地球規模の課題への対応
- ◎ **生産性の向上と産業経済の活性化**
労働生産性の向上を通じた一人一人の稼働力の強化による我が国全体の産業経済の発展、地域産業・経済の活性化
- ◎ **全世代学習社会の構築**
誰もが生涯にわたって、意欲があれば学び、スキルを身につけることができる全世代学習社会の実現



目指したい人材育成

◎ 未来を支える人材像

好きなことにめり込んで高い専門性や技術力を身に付け、**自分自身で課題を設定して、考えを深く掘り下げ、多様な人とコミュニケーションをとりながら、新たな価値やビジョンを創造し、社会課題の解決を図っていく人材**
<必要な資質・能力>

基礎学力・素質/リテラシー/論理的思考力・規範的判断力/課題発見・解決能力/未来社会を構想・設計する力/高度専門職に必要な知識・能力

◎ 今後特に重視する人材育成の視点 → 産学官が目指すべき人材育成の大きな絵姿の提示

- ・ **文理の壁を超えた普遍的知識・能力を備えた人材育成**
- ・ デジタル、人工知能、グリーン（脱炭素化など）、農業、観光など科
学技術や地域振興の重点分野をけん引する**高度専門人材の育成**
- ・ **理工農系を専攻する女性の増加**
- ・ 高い付加価値を生み出す**修士・博士人材の増加**
- ・ すべての子供が**努力する意思があれば学ぶことができる環境整備**
- ・ **一生涯学び続ける意識、学びのモチベーションの涵養**
- ・ 年齢、性別、地域等にかかわらず**誰もが学び活躍できる環境整備**
- ・ 幼児期・義務教育段階から**企業内までを通じた人材育成・教育への投資の強化**

1. 未来を支える人材を育む大学等の機能強化

（1）我が国の成長に向けた大学等の再編促進と産学官連携の強化

- ① デジタル・グリーン等重点分野（STEM等）の学部等への再編・統合・拡充を促進する仕組み構築（再編に向けた初期投資、開設年度からの継続的な運営への支援、定員未充足大学への私学助成の厳格化、撤退等も含めた経営指導の徹底、専任教員数や校地・校舎の面積基準、標準設置経費の見直し 等）
- ② 高専、専門学校、大学校、専門高校の機能強化
（高専や専攻科、専門学校の充実、高専への改編等も視野に入れた専門高校充実 等）
- ③ 企業、自治体による大学の教育プログラム策定等への参画促進
- ④ 企業における人材投資に係る開示の充実 等

（2）学部・大学院を通じた文理横断教育の推進と卒業後の人材受け入れ強化

- ① 文理横断による総合知創出
（大学入学者選抜の出題科目見直しの推進、ダブルメジャー等促進、レイトスペシャライゼーションの推進 等）
- ② 大学院教育の強化 ③ 博士課程学生向けジョブ型研究インターンシップの検証
- ④ 企業や官公庁における博士人材の採用・任用強化 等

（3）理工農系をはじめとした女性の活躍推進

- ① 理工農系を学ぶ女性増など女性活躍プログラムの強化
（大学入試でのポジティブアクションの推進、女性の在籍・登用状況などの情報開示の促進 等）
- ② 女子中高生の理系選択者の増加に向けた取組の推進

（4）グローバル人材の育成強化

- ① コロナ禍で停滞した国際的な学生交流の再構築 ② 産学官をあげてのグローバル人材育成
- ③ 高度外国人材の育成・活用強化

（5）デジタル技術を駆使したハイブリッド型教育の転換

- ① 知識と知恵を得るハイブリッド型教育への転換促進 等（オンライン教育の規制緩和と特例の創設）
- ② オンラインを活用した大学間連携促進 ③ 大学のDX促進

（6）大学法人のガバナンス強化

- ① 社会のニーズを踏まえた大学法人運営の規律強化
- ② 世界と伍する研究大学の形成に向けた専門人材の経営参画の推進 等

（7）知識と知恵を得る初等中等教育の充実

- ① 文理横断教育の推進（高校普通科改革等による文理横断的・探究的な教育の推進）
- ② 課題発見・解決学習の充実（STEAM教育の充実、高い資質を有する教員の採用促進 等）

2. 新たな時代に対応する学びの支援の充実

（1）大学後の所得に応じた「出世払い」を含む、教育費等への支援

- ① ライフイベント等も踏まえ、大学卒業後の所得に応じた「出世払い」を行う仕組みに向けた奨学金返還の在り方の見直し
- ② 高等教育修学支援新制度の検証と改善の検討 ③ 大学院生に対する支援の充実

（2）自治体や企業による奨学金の返還支援

- ① 若者が抱える奨学金の返還を地方公共団体が支援する取組の推進
- ② 企業による代理返還制度の活用推進

（3）早期からの幅広い情報提供

3. 学び直し（リカレント教育）を促進するための環境整備

（1）学び直し成果の適切な評価

- ① 学修歴や必要とされる能力・学びの可視化等
（個人の学修歴・職歴等に係るデータ基盤整備、ジョブ・カードの電子化、スキル標準・評価手法整備 等）
- ② 企業における学び直しの評価（計画的な人材育成、通年・中途採用等の促進 等）
- ③ 学び直し成果を活用したキャリアアップ（就職・転職）の促進
（学び直しと就職・転職支援とを併せて行う仕組み構築、兼業・副業の支援 等）

（2）学ぶ意欲がある人への支援の充実や環境整備

- ① 費用、時間等の問題を解決するための支援 ② 高齢世代の学び直しの促進

（3）女性の学び直しの支援

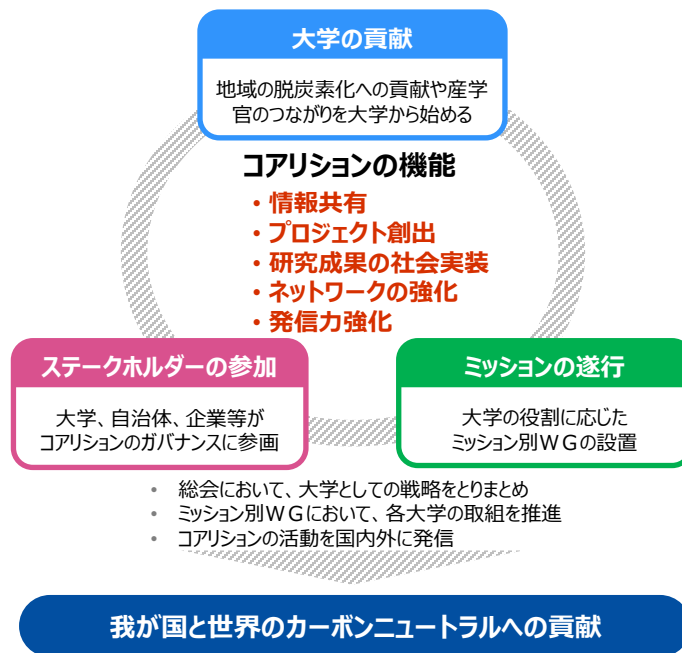
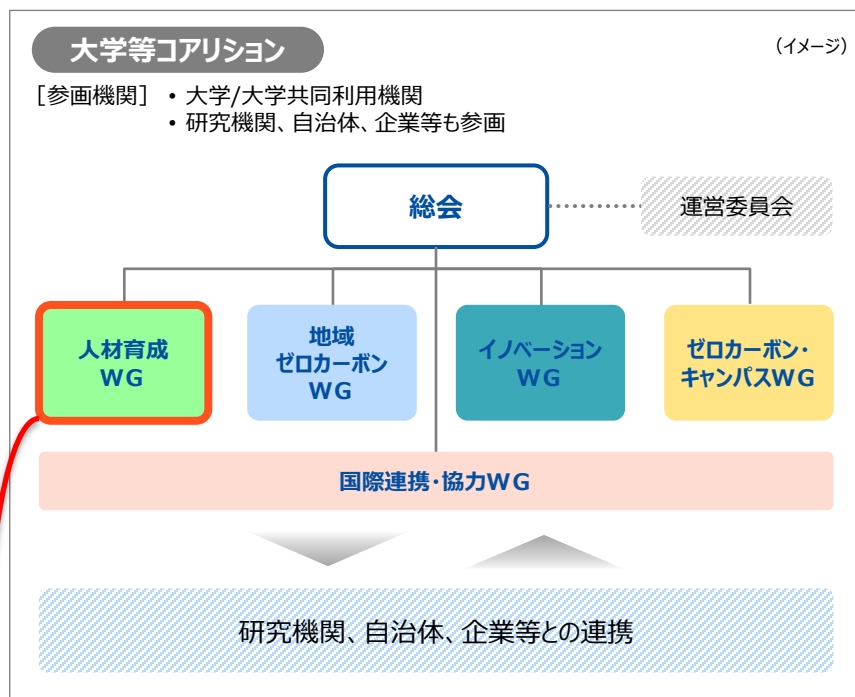
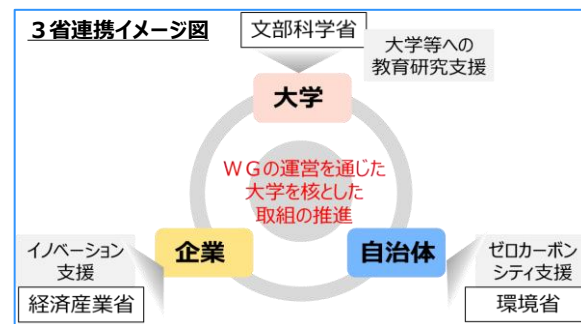
- ① 女性の学び直しを促進するための環境整備 ② 女性の学び直しのためのプログラムの充実

（4）企業・教育機関・自治体等の連携による体制整備

- ① リカレント教育について産学官で対話、連携を促進するための場の設置
- ② 企業におけるリカレント教育による人材育成の強化
（受講する社員への経済支援、中小企業等の人材育成強化、企業と大学等の共同講座設置支援 等）
- ③ 大学等におけるリカレント教育の強化（リカレント教育推進に向けた出資の促進 等）
- ④ 地域におけるデジタル・グリーン分野等の人材育成

カーボン・ニュートラル達成に貢献する大学等コアリション【文科省・経産省・環境省】

- 大学は、人文社会科学から自然科学までの幅広い知見を有し、イノベーションのシーズ創出や、将来の炭素中立型経済社会を支える人材の育成・輩出（環境に関する意識醸成含む）といった極めて重要な役割を担う。
- 大学が、国、自治体、企業、国内外の大学等との連携強化を通じ、その機能や発信力を高める場として、文科省と経済産業省、環境省が、「カーボン・ニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」（大学等コアリション）を令和3年7月に立ち上げ、192の大学等が参画(R4.4月時点)。



- 人材育成WGでは、一般向け教育、教養・共通教育、専門教育、課外・実践活動のそれぞれで各大学が取組事例を共有。
- 今後、企業や自治体等と議論し、意見を聞きながら、以下に取り組んでいく予定。
 - ・CN人材像・育成方法の整理・提示
 - ・大学等間連携による教材・プログラム開発

◆炭素中立型の経済社会の実現に向けた、文部科学省としての貢献方策

1. 技術革新を支える基礎・基盤的な研究開発
2. 教育機関における人材育成
3. **学校施設のZEB化の推進**

学校施設のZEB化の推進

【現状・課題】

2050年のカーボンニュートラル実現のためには、建築物の**ネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）**化が不可欠。しかしながらZEBの認知度の低さ、ZEB化にかかる費用負担、既存施設におけるノウハウ不足等が課題となっている。このため、公共施設の中で大きな割合を占める学校施設について、**既存施設も含め、率先してZEB化を図ることにより、地域への普及拡大をしていくことが必要**である。

これらの取組においては脱炭素先行地域への積極的な支援を図るなど、関係省庁(環境省、国交省、経産省、農水省)と連携し支援する。

【施策概要】

～公立学校～

- 財政支援制度等を通じ、学校施設のZEB化を積極的に推進する。
- 具体的には、脱炭素先行地域などの学校におけるZEB Readyを達成する事業に対し、通常の建築単価に8.0%を加算している（R4年度から）。また、これまで、既存施設の断熱改修、高効率空調・照明や太陽光発電設備の導入等に対しても国庫補助を行っている。

【公立学校施設の整備】

- ・対象：公立義務教育諸学校（幼稚園、小学校、中学校、義務教育学校、中等教育学校（前期課程）、特別支援学校）
- ・補助率：①新築、太陽光発電設備：1/2 ②改築、長寿命化改修等：1/3
- ・総額：1,312億円の内数（R3補正）、688億円の内数（R4当初）

～国立大学等～

- 国立大学等施設におけるカーボンニュートラルに向けた取組として、社会の先導モデルとなる徹底した省エネルギー対策等を図った施設整備を推進する。
- 特に全学的にカーボンニュートラルに取り組む法人に対して、ZEBの先導モデル（『ZEB』、Nearly ZEB）の構築等を支援するとともに、他大学や地域への横展開を図ることで、脱炭素の先導的な役割を果たす。

【国立大学・高専等施設整備】

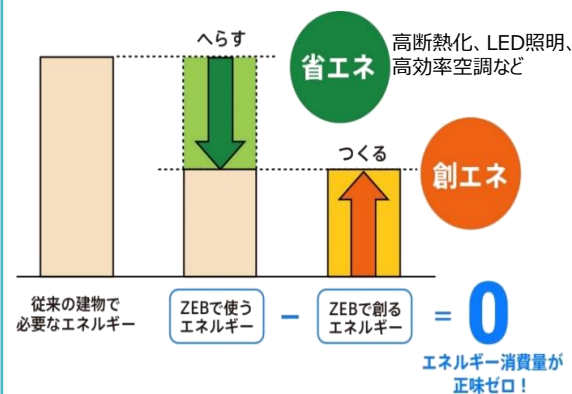
- ・対象：国立大学・高専等 補助率：定額
- ・総額：646億円の内数（R3補正）、363億円の内数（R4当初）

【施策の目標】

- 2030年度までに学校施設の新築建築物の平均でZEB Ready相当となることを目指す。
- 2050年度までに学校施設のストック平均でZEB基準の水準の省エネルギー性能が確保されていることを目指す。
- 大規模改修を実施する場合は建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律に定める省エネ基準に適合する省エネ性能向上のための措置を講ずるものとし、省エネ基準を超えるZEB等の省エネ性能を満たすことが可能な建築物においては、当該性能を積極的に満たすことを目指す。

ネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）

年間で消費する建築物のエネルギー量を大幅に削減するとともに創エネでエネルギー収支「ゼロ」を目指した建築物



出典：環境省ホームページ

參考資料

背景・課題

- 政府として掲げている2050年カーボンニュートラルの目標の達成には、現状の削減努力の延長上だけでなく、世界全体の排出量の抜本的な削減を実現するイノベーションを創出することが不可欠。
- そのためには、産業界における取組と同時に大学等の技術シーズの探索・育成の強化し、我が国が強みとするアカデミアのポテンシャルを最大限活用することが鍵となる。

【政策文書における記載】

- ・電力の脱炭素化（再生可能エネルギーの最大限の導入に向けた技術の加速度的普及、安全最優先での原子力利用）を進めるとともに、次世代型太陽電池、CCUS/カーボンリサイクル、水素等の革新的イノベーションを強力に推進する。 <第6期科学技術・イノベーション基本計画（令和3年3月）>
- ・2050年カーボンニュートラルを実現する上で不可欠な重点分野ごとに、①年限を明確化した目標、②研究開発・実証、③規制改革・標準化などの制度整備、④国際連携、などを盛り込んだ「実行計画」を策定し、関係省庁が一体となって、取り組んでいく。 <2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和2年12月）>

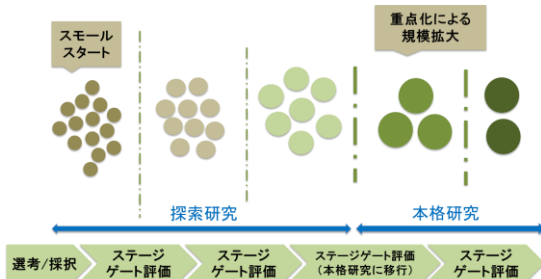
事業内容

【事業の目的・目標】

- ・2050年の社会実装を目指し、温室効果ガス大幅削減というゴールに資する、従来技術の延長線上にない革新的エネルギー科学技術の研究開発を強力に推進。

【事業概要・イメージ】

- ・少額の課題を多数採択し、途中段階で目標達成度及びCO₂排出量大幅削減の可能性の判断に基づく厳しい評価（ステージゲート評価）を経て、評価基準を満たした課題のみ次のフェーズに移行する仕組みを採用。
- ・低炭素社会の実現に向けた開発テーマに関連が深い有望な他事業等の技術シーズを融合する形での研究開発を実施。
- ・社会・経済的なインパクトや産業ニーズが大きく、分野共通のボトルネック課題が存在する領域をFAで特定し、連携して支援する仕組みを構築。基礎研究から実用化まで切れ目のない支援により、研究開発を強力に加速。



※ 先端的低炭素化技術開発（ALCA）事業の仕組みを発展させ、2050年までの温室効果ガス削減に向けた研究開発を未来社会創造事業「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域として推進。

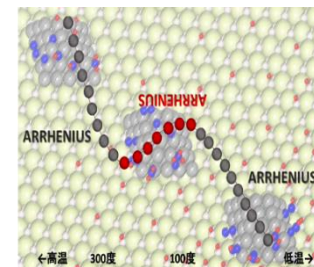
【事業スキーム】

- ✓ 支援対象機関：大学、国立研究開発法人等
- ✓ 事業規模：探索研究 3千万円程度/課題/年 → 継続16課題、新規3課題
 本格研究 1億円程度/課題/年 → 継続2課題、新規2課題
- ✓ 事業期間：平成29（2017）年度～
 研究期間は原則5年間とし、ステージゲート評価を経て本格研究へ移行（さらに最長5年間）



【これまでの成果】低温で化学反応が速進む手法を世界で初めて発見

- ・外部から固体触媒に電位を与えることで、低温で化学反応が速進む手法を世界で初めて発見（化学反応は高温ほど速く進むというアレニウスの法則を打ち破る新しい概念）。
- ・再生可能エネルギー等を利用し、室温などの低い温度で物質変換が可能となり、化学反応の世界にパラダイムシフトをもたらす可能性。



100～200度の低温域では低温にするほど反応速度が速くなることを発見

背景・課題

- 政府として「2050年カーボンニュートラル」及び「2030年に温室効果ガス46%削減」の目標が掲げられている。
- これらの目標の実現に向けて、産業部門、運輸部門、民生部門において温室効果ガス排出を大幅に削減する革新的な技術の開発が必要。

【政策文書における記載】

- ・電力の脱炭素化（再生可能エネルギーの最大限の導入に向けた技術の加速度的普及、安全最優先での原子力利用）を進めるとともに、次世代型太陽電池、CCUS/カーボンリサイクル、水素等の革新的イノベーションを強力に推進する。 <第6期科学技術・イノベーション基本計画（令和3年3月）>
- ・「革新的環境イノベーション戦略」を策定し、克服すべき技術面での課題を示し、その検討を深めてきている。これら革新的技術の確立に加え、更なる課題は社会実装であり（後略） <2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和2年12月）>

事業内容

【事業の目的・目標】

- ・2030年の社会実装を目指し、低炭素社会の実現に貢献する革新的な技術シーズ及び実用化技術の研究開発や、優れた機械的特性をもつ軽量材料の開発、リチウムイオン蓄電池に代わる革新的な次世代蓄電池等の世界に先駆けた革新的低炭素化技術の研究開発を推進。

【事業概要・イメージ】

○ 実用技術化プロジェクト

- ・2030年の社会実装を目指し、温室効果ガス削減に大きな可能性を有する世界に先駆けた革新的な技術シーズを発掘。
- ・要素技術開発を統合しつつ実用技術化の研究開発を加速。

○ 特別重点プロジェクト

- ・2030年の社会実装を目指して取り組むべきテーマについて、文部科学省と経済産業省が合同検討会を開催して設定し、産学官の多様な関係者が参画して共同研究開発を実施（「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」を実施中）。

ALCA-SPRING

次世代蓄電池研究加速プロジェクト（平成25(2013)～令和4(2022)年度） （リチウムイオン蓄電池に代わる新しい蓄電池の研究開発）

リチウムイオン蓄電池の延長線上にはない、全く新しいタイプの蓄電池を開発し、従来のリチウムイオン蓄電池の10倍のエネルギー密度、1/10のコストを目指す。



充電中の電気自動車

NIMS、東京都立大学、大阪府立大学、横浜国立大学等で実施

【事業スキーム】

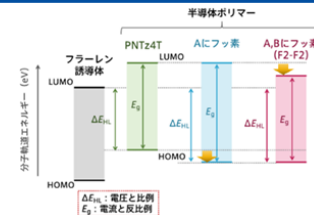
- ✓ 支援対象機関：大学、国立研究開発法人等
- ✓ 事業規模：実用技術化プロジェクト 3.7億円程度（継続2プロジェクト）
特別重点プロジェクト 16億円程度（継続1プロジェクト）
- ✓ 事業期間：平成22（2010）～令和4（2022）年度
研究期間は原則5年間とし、ステージゲート評価を経て「実用技術化プロジェクト」へ移行（さらに最長5年間）



【これまでの成果】

塗布型有機薄膜太陽電池の高効率化技術を開発

- ・フッ素原子を有する独自の半導体ポリマーを開発。このポリマーを塗布して作製した有機薄膜太陽電池（OPV）は出力電圧が高まり、エネルギー変換効率がフッ素導入前の既存ポリマーに比べ10%向上することを発見。
- ・軽量で柔軟、透明化や薄膜化が可能なOPVの課題である変換効率を、フッ素導入により向上できることになり、太陽電池の新たな応用展開が期待できる。



半導体ポリマーとフラレン誘導体における分子軌道（HOMOとLUMO）が持つエネルギー準位の関係

※2050年までの温室効果ガスの抜本的削減を目指す革新的エネルギー技術については、本事業の仕組みを発展させた未来社会創造事業「地球規模課題である低炭素社会の実現領域」において研究開発を推進。

ITER(国際熱核融合実験炉)計画等の実施

背景・課題

- 核融合エネルギーは
 - 燃料となる資源が海水中に豊富に存在し、少量の燃料から膨大なエネルギーが発生すること
 - 連鎖反応でエネルギーを発生させるものではないため、燃料の供給を止めるとすみやかに反応が停止するという固有の安全性を有すること
 - 地球温暖化の原因となる二酸化炭素を発生しないこと
- これまで国際協力で行ってきたITER計画の進捗も踏まえながら、2020年頃から、核融合エネルギー開発に関する各国独自の取組が加速、核融合ベンチャーへの投資の活性化により、国際競争の様相に突入している。

➡ 我が国としても核融合発電に必須な機器の研究開発を推進し、諸外国に対する技術的優位性を確保するとともに、産業競争力強化する必要

【直近の閣議決定文書等における記載】

- 核融合エネルギーの実現に向け、国際協力で行われているトカマク方式のITER計画や幅広いアプローチ活動については、サイトでの建設や機器の製作が進展しており、引き続き、長期的視野に立って着実に推進するとともに、技術の多様性を確保する観点から、ヘリカル方式・レーザー方式や革新的概念の研究を並行して推進する。/「第6次エネルギー基本計画」(令和3年10月22日閣議決定)
 - 具体的には、2030年までに、国際連携による小型モジュール炉技術の実証、高温ガス炉に係る要素技術確立等を進めるとともに、核融合研究開発を着実に推進する。/「成長戦略実行計画」(令和3年6月18日閣議決定)
 - 多様なエネルギー源の活用のため、「エネルギー基本計画」等を踏まえ、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力、核融合等に関する必要な研究開発や実証、国際協力を進める。/「統合イノベーション戦略2021」(令和3年6月18日閣議決定)
- その他、科学技術・イノベーション基本計画(令和3年3月)や/リ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(令和3年10月)に記載あり。また、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(令和3年6月18日策定)等にも記載あり。

目的・概要

エネルギー問題と環境問題を根本的に解決することから経済安全保障を確保し、カーボンニュートラル実現の鍵として期待される核融合エネルギーの実現に向け、国際約束に基づき、核融合実験炉の建設・運転を行うITER計画及び原型炉に向けた先進的研究開発を国内で行う幅広いアプローチ(BA)活動等を、長期的視野に立って実施し、科学的・技術的実現性の確立を目指すとともに、ITER主要機器開発を担当する我が国の技術的優位性を生かし、研究開発の推進、さらには我が国の核融合発電への動きを推進し、関連産業の国際競争力の維持・向上に取り組む。

ITER計画

- 協定：2007年10月発効 ○ 参加極：日、欧、米、露、中、韓、印
- 各極の費用分担(建設期)：

欧州	日本	米国	ロシア	中国	韓国	インド
45.5%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%

 ※各極が分担する機器を調達・製造して持ち寄り、ITER機構が全体を組み立てる仕組み
- 計画：運転開始：2025年12月、核融合運転：2035年12月
- 成果：ITERサイトの建設作業が進捗する(2021年10月末時点で約75%)とともに、超大型で高性能の超伝導コイルの実機製作が進むなど、機器製作が着実に進展。
- 2025年の運転開始に向けて超伝導コイル等の製作を着実に進める。



- 量子科学技術研究開発機構(QST)におけるITER機器の製作試験、人員派遣等
- ITER機構の活動
 - ※超伝導コイルの実機製作や、他の主要機器の実機製作(設計、試作、試験段階を含む)を継続

BA活動

- 協定：2007年6月発効 ○ 実施極：日、欧
- 実施地：青森県六ヶ所村、茨城県那珂市
- 計画：フェーズⅠ：2020年3月まで、フェーズⅡ：2020年4月～
- 実施プロジェクト
 - ① 先進超伝導トカマク装置(JT-60SA)の建設と利用
 - ② 国際核融合材料照射施設(工学実証・工学設計活動(IFMIF/EVEDA))
 - ③ 国際核融合エネルギー研究センター活動(IFERC)
- 成果：令和2年3月にJT-60SAの組立完了するなど、主だった研究環境の整備が進展。令和2年4月からBAフェーズⅡとしてITER計画を補完・支援する研究成果を創出する段階に移行。
- JT-60SAの運転本格化に向けた取組を実施



- QSTにおけるITER計画の補完・支援及び核融合原型炉に必要な技術基盤の確立に向けた先進的研究開発等
 - ① 先進超伝導トカマク装置(JT-60SA)の運転と整備
 - ② 原型加速器の連続運転に向けた整備等
 - ③ 原型炉設計活動や計算機シミュレーション活動等

カーボンニュートラル実現に向け各国で加速する核融合開発競争

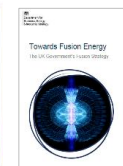


文部科学省

核融合はエネルギー問題と環境問題を根本的に解決することから、カーボンニュートラル実現の鍵となるエネルギー源。これまで、世界7極35か国による国際協力で実施してきたITER計画が順調に進捗していることを受け、主要国はカーボンニュートラルの実現に向けて、**核融合エネルギー開発に関する各国独自の取組みを2020年頃から一斉に加速**。国際競争の様相に突入している。また、米国ではバイデン政権下において更なる加速も見込まれる。併せて、各国において**核融合ベンチャーへの投資も活性化**。

政策動向の変化

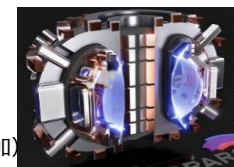
- 欧州連合関連機関（EUROfusion）が策定した「核融合エネルギー実現に向けた欧州研究ロードマップ」（2018年）において、22世紀に世界で1テラワット（100万kW発電所 1,000基分）の核融合発電所が必要と記載。フォン・デア・ライン欧州委員長（2019年発足）の「欧州グリーンディール」政策の下で核融合は推進され、2020年5月-11月に3段階による中間評価を行い、**2050年頃に発電を行う核融合原型炉（DEMO）を建設**すべきと評価。
- 米国ではエネルギー省（DOE）の核融合エネルギー科学諮問委員会（FESAC）は、**2040年代までに核融合パイロットプラント（発電炉）を建設するための準備を整える**ことを提言（2021年2月）。全米科学アカデミーは、**2028年までに実施判断し、2035～2040年に発電を目指す**と提言（2021年2月）。安全規制について、原子力規制委員会（NRC）を中心に検討を開始。このような活動を受けて、大統領府がDOEと共催した会合が共催した会合（2022年3月）において、「**商業核融合エネルギーの実現を加速するための10年戦略**」を、民間セクターとの連携の下で策定することを表明。
- 英国は、ジョンソン首相による新政策「グリーン産業革命に向けた10項目の計画」（2020年11月）、「英国政府の核融合戦略」（2021年10月）において、**2040年までに核融合原型炉の建設を目指す**と明記。発電炉の立地地域を募集し、5つの候補地を公表（2021年10月）。政府の規制政策諮問会議による今後の**核融合規制に関する勧告**（2021年5月）に対し、**政府が核融合規制に関する討議資料（グリーンペーパー）を公表**（2021年10月）し、意見募集を実施（パブリックコメントに相当）。
- 韓国政府（国家核融合委員会）が策定した「第4次核融合エネルギー開発振興基本計画（2022-26）」（2021年12月）において、**2050年代に核融合電力生産実証炉（K-DEMO）による発電実証**という目標を設定するとともに、**発電の実証に必要な8つのコア技術群の確保、安全規制について、2024年までに核融合規制体系の基本的な方針を策定**すると記載。
- 中国においても、国産の核融合発電実現に向け、イーターと並行して、イーターと同規模の**核融合工学試験炉（CFETR）を1基建設**した後、これを2030年代までに**発電炉（原型炉）に改造**する計画を推進中。



項目	核融合エネルギー開発の推進
目的	核融合エネルギーの開発を促進し、持続可能なエネルギー供給を実現すること
目標	2050年代に核融合電力生産実証炉（K-DEMO）による発電実証を実現すること
重点領域	① 核融合エネルギー開発の推進 ② 核融合エネルギー開発の推進 ③ 核融合エネルギー開発の推進 ④ 核融合エネルギー開発の推進 ⑤ 核融合エネルギー開発の推進 ⑥ 核融合エネルギー開発の推進 ⑦ 核融合エネルギー開発の推進 ⑧ 核融合エネルギー開発の推進



General Fusion



Commonwealth Fusion systems (米)

核融合ベンチャーへの投資活性化：諸外国において、核融合ベンチャーの数および投資額が増加中

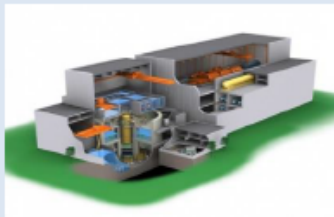
- マサチューセッツ工科大学で設立されたCommonwealth Fusion Systems社は2021年12月に2050億円以上の追加資金調達を公表(累計2200億円以上)。2025年に核融合実験炉を稼働させることを目指す。
- カナダのGeneral Fusion社も2021年11月に140億円以上の追加資金調達を公表(累計330億円以上)。英国原子力公社(UKAEA)とFusion Demonstration Plant を英国内に建設するための協定を締結(2021年6月)。

3-0. 革新炉による安全性の革新

- 革新炉では、事故等により外部電源を喪失した場合でも、炉心を冷却するシステムを備えるなどの **固有の安全性**を有する。

<軽水炉 (ESBWR) >

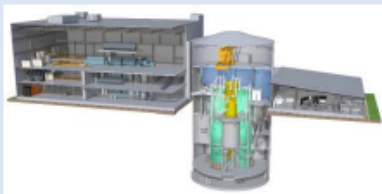
- ・ BWR型電気出力150万kW級。
- ・ **自然循環**により、**電源なしで受動的に原子炉の冷却が可能**。



ESBWR

<SMR (BWRX-300) >

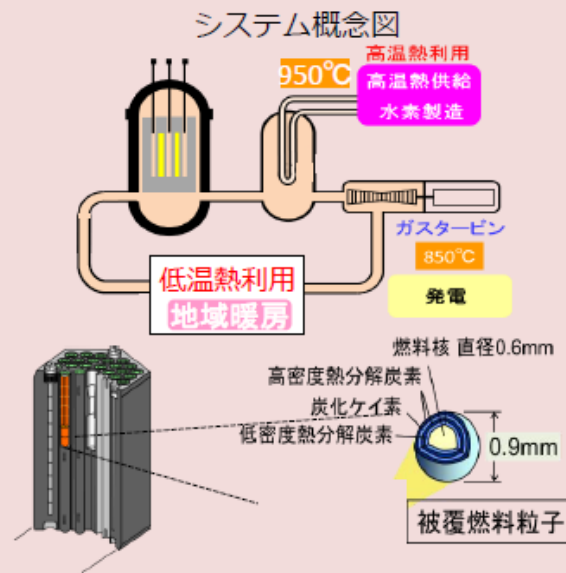
- ・ ESBWRベースに安全性と経済性を進化させたBWR型SMR。
- ・ **自然循環**により電源・注水設備なしで受動的に原子炉の冷却が可能。



BWRX-300概略図

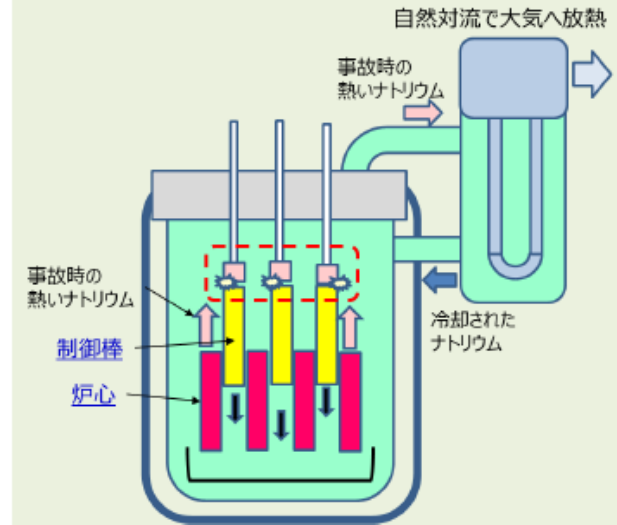
<高温ガス炉 (HTTR) >

- ・ **高温**で**安定**なヘリウム冷却材。**水素爆発しない**。
- ・ 高温に耐性のある燃料を使用するため、**炉心溶融しにくい**。
- ・ 万が一、**冷却材を喪失**しても、黒鉛構造材が**熱を吸収・放熱**するので、**自然に冷却**が可能。



<ナトリウム冷却高速炉>

- ・ ナトリウムは熱を伝えやすく、**自然循環**により、電源なしでも受動的に原子炉の冷却可能。
- ・ 高温になると**制御棒が自然に落下し、反応停止**。
- ・ 万が一、炉心溶融しても**炉容器内で冷却・収容**。



背景・課題

- 平成28年11月の「パリ協定」発効や平成30年12月の「気候変動適応法」施行等を踏まえ、**科学的知見に基づき**、具体的な温室効果ガスの削減取組や、気候変動の影響への適応等の対策の推進が強く求められている。
- 各国の気候変動政策等の基礎となる科学的知見を提供する**気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の活動に貢献**する必要。
- 国内において、**昨今の自然災害の激甚化・頻発化への対応をはじめとする気候変動対策やカーボンニュートラルに向けた取組を加速**する必要。

【参考：パリ協定の主な内容】

- ・ 気温上昇を産業革命以前比 +2℃より十分低く保つとともに、+1.5℃に抑える努力を追求。
- ・ 気候変動への適応能力の向上、強靱性の強化。



【政策文書における記載】

- ・ 高精度な気候変動予測情報の創出や、気候変動課題の解決に貢献するため温室効果ガス等の観測データや予測情報などの地球環境ビッグデータの蓄積・利活用を推進する。<第6期科学技術・イノベーション基本計画（令和3年3月）>
- ・ 観測技術や、モデリング技術、シミュレーション技術の高度化により、気候変動メカニズムの解明を進め、不確実性の低減を図り、CO2 排出量のより正確な推定を目指している。<2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和3年6月）>

事業内容

【事業の目的・目標】

- IPCCの活動への貢献や、過去データに加え科学的な将来予測データも活用した気候変動対策へのパラダイムシフト等に向けて、気候モデルの開発等を通じた気候変動メカニズムの解明や気候変動予測データの高精度化等による科学的知見の充実を図る。
- 地球環境データを蓄積・統合解析するデータ統合・解析システム（DIAS）を活用した地球環境分野のデータ利活用を推進するとともに、国、自治体、企業等の意思決定に貢献する気候変動対策を中心とした地球環境データプラットフォーム（ハブ）の実現を目指す。



【事業概要・イメージ】

	気候変動予測先端研究プログラム 550百万円（新規） ※「統合的気候モデル高度化研究プログラム」の後継事業	地球環境データ統合・解析プラットフォーム事業 379百万円（379百万円）
事業概要	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 全ての気候変動対策の基盤となる気候モデルの開発等を通じ、気候変動メカニズムの解明やニーズを踏まえた気候変動予測データの創出を実施 ・ 人為的な活動や短期の自然変動等も考慮した気候変動モデルの開発や、それを活用した、脱炭素シナリオに係る評価やカーボンバジェット等の前提にもなる近未来予測情報の創出 ・ 多様な社会ニーズに応じた、日本域の気候変動予測データの高解像度化 <p>独自の地球気候モデル</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ DIASにおいて、大容量ストレージに地球環境ビッグデータ等をアーカイブ ✓ 地球環境ビッグデータを利活用した気候変動、防災等の地球規模課題の解決に貢献する研究開発を推進 ✓ これまでの成果を生かし、GEO(地球観測に関する政府間会合)やIPCC等を通じた国際貢献、学術研究を一層推進 ✓ データ利活用を強化するための計算資源等の設備整備や利用拡大等を推進 <p>データ統合・解析システム (DIAS)</p>
主な成果 (前身事業の成果)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 将来の降雨や気温等の気候変動予測データ等が、国交省の治水計画等の適応策のエビデンスとして活用 ✓ 気象庁と連携して「日本の気候変動2020」を作成公表 ✓ 解明した気候メカニズムについて、Nature関連誌（14本）、Science（関連誌も含む）（2本）に掲載。（令和3年7月時点） ✓ IPCCにおいて、開発した気候モデルが世界で最も多く活用 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国内外の幅広い利用者・分野での活用により、気候変動研究等の取組が加速 ※ユーザー数が直近5年で約5倍 ✓ 道路や街区等の浸水状況を予測するリアルタイム浸水予測システムや台風等による洪水予測をDIAS上で解析 ✓ DIASに蓄積されている気候変動予測データ、マラリア患者数データ等を統合解析し、マラリア流行のリアルタイム予測を実施
事業スキーム	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 支援対象機関：大学、国立研究開発法人等 <p>国 → 委託 → 大学、国立研究開発法人等</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 事業期間：令和4～8年度（5年間） 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 支援対象機関：JAMSTEC <p>国 → 補助 → JAMSTEC</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 事業期間：令和3～12年度（10年間）

教育未来創造会議論点整理案におけるグリーン関係の主な記載抜粋

Ⅲ. 具体的方策

1. 未来を支える人材を育む大学等の機能強化

(1) 我が国の成長に向けた大学等の再編促進と産学官連携の強化

①課題解決が必要な重点分野への再編・統合・拡充を促進する仕組みの構築

- ・ 学部・大学院の設置要件となる専任教員数や校地・校舎の面積の基準、標準設置経費等の見直し
- ・ 教員審査における多様な経験・業績についての評価の観点の明確化
- ・ 各大学におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）や、課題解決が必要な重点分野への再編等を行う際の初期投資、開設年度からの継続的な運営への支援
- ・ 再編等に関する先進的なベストプラクティスの周知、ガイドブックの策定、個別事案へのきめ細かな相談対応などを通じた各大学の主体的な取組の促進

②高専、専門学校、大学校、専門高校の機能強化

- ・ 産業界や地域のニーズ等を踏まえた高専や専攻科の充実、専門学校における職業実践専門課程の取組推進、専攻科制度の活用や大学校との連携、高専への改編も視野に入れた専門高校の充実など機能強化のためのソフトとハードが一体となった教育環境整備の促進

③重点分野を扱う国内外大学等、研究機関、自治体等のネットワークの構築

- ・ 上記①及び②に掲げる大学等の取組をより一層効果的なものとするための国内外の大学、研究機関、地方自治体等によるネットワークの構築

④大学の教育プログラム策定等における企業、自治体の参画促進

- ・ デジタル、グリーン等の急激な産業構造の変化に対応する高度な専門性を有する研究開発人材の育成が急務となっていることを踏まえた、大学・高専等における企業による共同講座の設置や、自社の人材育成に資するためのコース・学科等の設置促進

(3) 理工農系をはじめとした女性の活躍推進

①理工農系を学ぶ女性増など女性活躍プログラムの強化

- ・ 大学入学者選抜における多様性を確保する観点から、例えば理工農系の女子学生卒の確保等といったポジティブアクションに関する取組の推進

②女子中高生の理系選択者の増加に向けた取組の推進

- ・ 保護者や学校、社会による理数への学びや性別役割分担にかかるジェンダーバイアスの排除、社会的ムーブメントの醸成
- ・ 大学の出前講座、ロールモデルに出会う機会充実など理系選択者の増加に向けた取組の推進
- ・ 理工農系に進学する学生への官民共同の修学支援プログラムの創設

(7) 知識と知恵を得る初等中等教育の充実

①文理横断教育の推進

- ・ 高校普通科改革等による文理横断的・探究的な教育の推進

②問題発見・解決能力等を育む学習の充実

- ・ 初等中等教育段階から、児童生徒が主体的に課題を自ら発見し、多様な人と協働しながら課題を解決する探究学習や、STEAM教育、ものづくり教育、気候変動問題をはじめとした地球環境問題に関する教育、自然への興味関心を育む体験活動などの充実
- ・ 理数・情報教育の充実や専門高校における時代の変化に対応した専門教育の強化
- ・ 企業や大学、研究機関等と学校・子供をつなぐ探究・STEAM・アントレプレナーシップ教育のためのオンラインプラットフォームの構築や、全国の科学館や「対話・協働の場」等におけるサイエンスに触れる場の提供の推進理数教育やプログラミング教育・情報教育について、魅力ある授業により児童生徒がより高い興味関心を持って学ぶことができるようにするための専門性を持った教員による理数科目の担当（小学校高学年における教科担任制の推進など）、教員研修の充実や、各都道府県等による博士課程修了者等の高い資質・能力を有する教員の採用促進

3. 学び直し（リカレント教育）を促進するための環境整備

③大学等におけるリカレント教育の強化

- ・ 大学の本業としての位置付けの明確化、教育の質・出口の保証
- ・ デジタル・グリーン等成長分野やスタートアップ、新規事業創出等新たな価値創造人材育成に関するプログラムの開発支援

④地域におけるデジタル・グリーン分野等の人材育成

- ・ 地方自治体における課題解決のためのグリーン人材の育成・確保