
カーボンニュートラルに向けた エネルギーtransition協力戦略

2023年11月

JICA社会基盤部資源・エネルギーグループ

“その国にあったカーボンニュートラルと安価なエネルギーの安定供給の両立”

背景

- 火力から再エネに急激に移行させる先進国の動きに途上国は警戒。
- 経済成長を阻害するトランジションに途上国は合意しない。エネルギーは安価でなければならない。ウクライナ侵攻でエネルギー安全保障の重要性が再認識。
- 脱炭素を今ある技術で実現することは不可能。先進国には、途上国が次世代脱炭素技術の恩恵を享受できるようにする責務がある。
- 中露が積極的な原発輸出（露だけで運開から発注まで合わせると45GW輸出）。
- その国の事情に寄り添いながら、カーボンニュートラルと安価なエネルギーの安定供給を両立。日本らしい支援を行う。

主要な取り組み

クラスター

アフリカ電力アクセス

- 大水力の開発・アフリカパワープール促進
- 生活の質の改善を伴う電力アクセス率の向上（マルチセクターアプローチ）
- 政策・制度、資金メカニズム構築

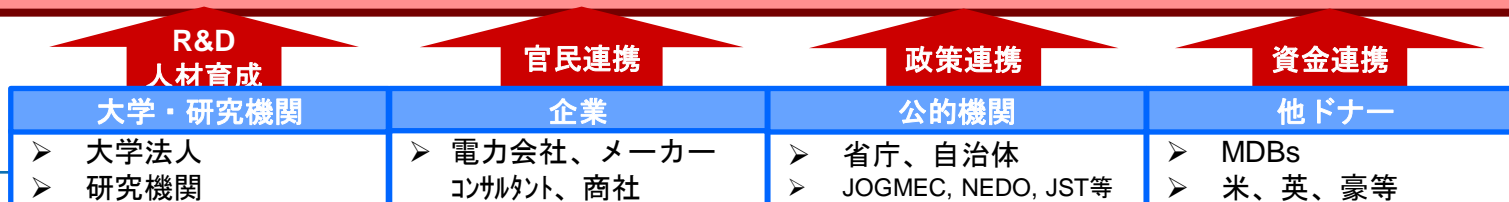
エネルギートランジション

- 我が国政策や次世代脱炭素技術の紹介
- エネルギートランジションのロードマップ策定支援
- 次世代技術の研究開発支援
- 次世代技術の導入支援（社会実験）

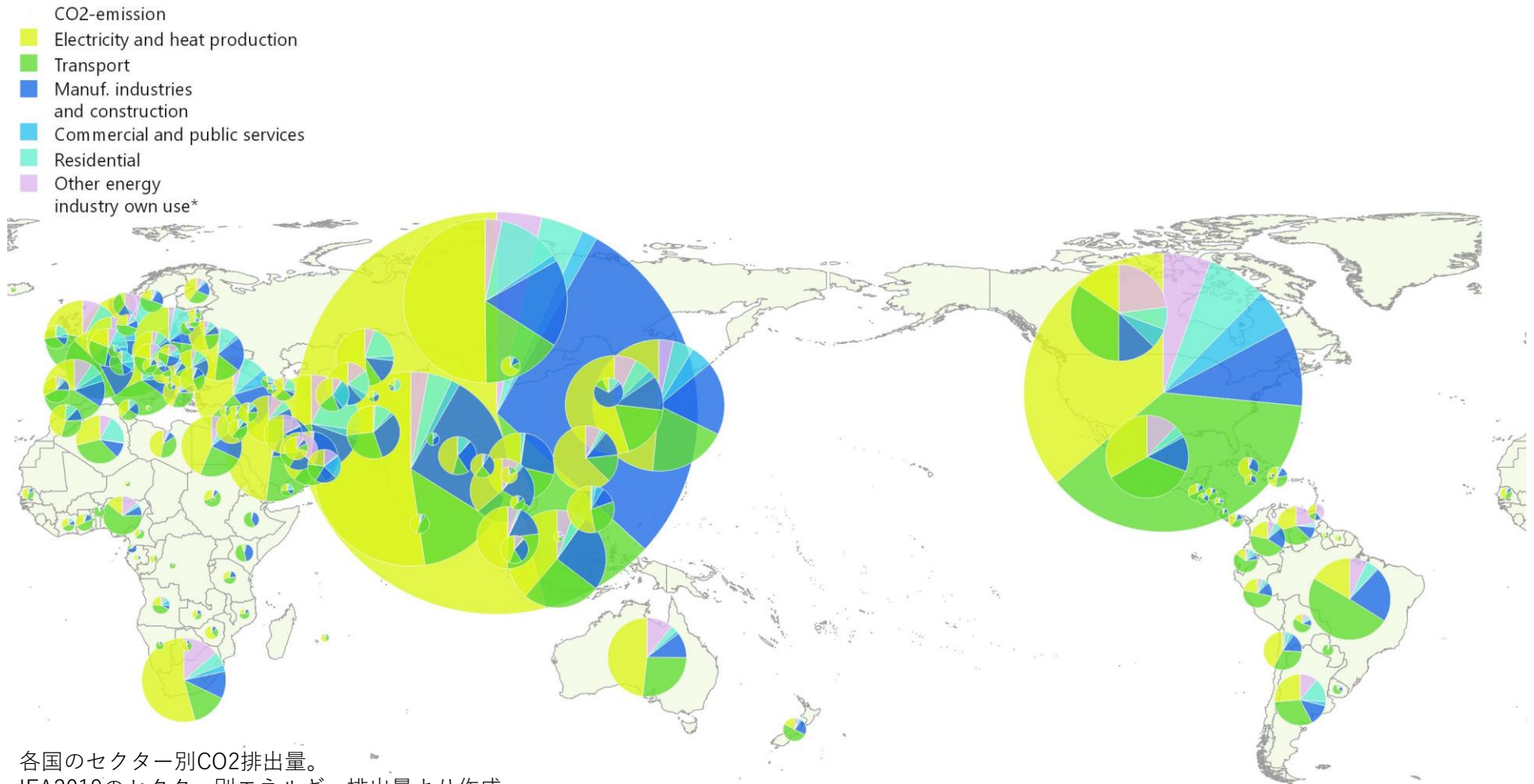
資源の絆

- 人材育成・人的ネットワーク強化（資源の絆）
- 我が国開発経験の体系化・発信強化
- 経済安全保障の観点を踏まえた戦略的案件的形成

パートナーとの連携



国別・産業別排出量



各国のセクター別CO2排出量。
IEA2019のセクター別エネルギー排出量より作成。
円の面積は総排出量に比例。

全世界のセクター別CO₂排出量

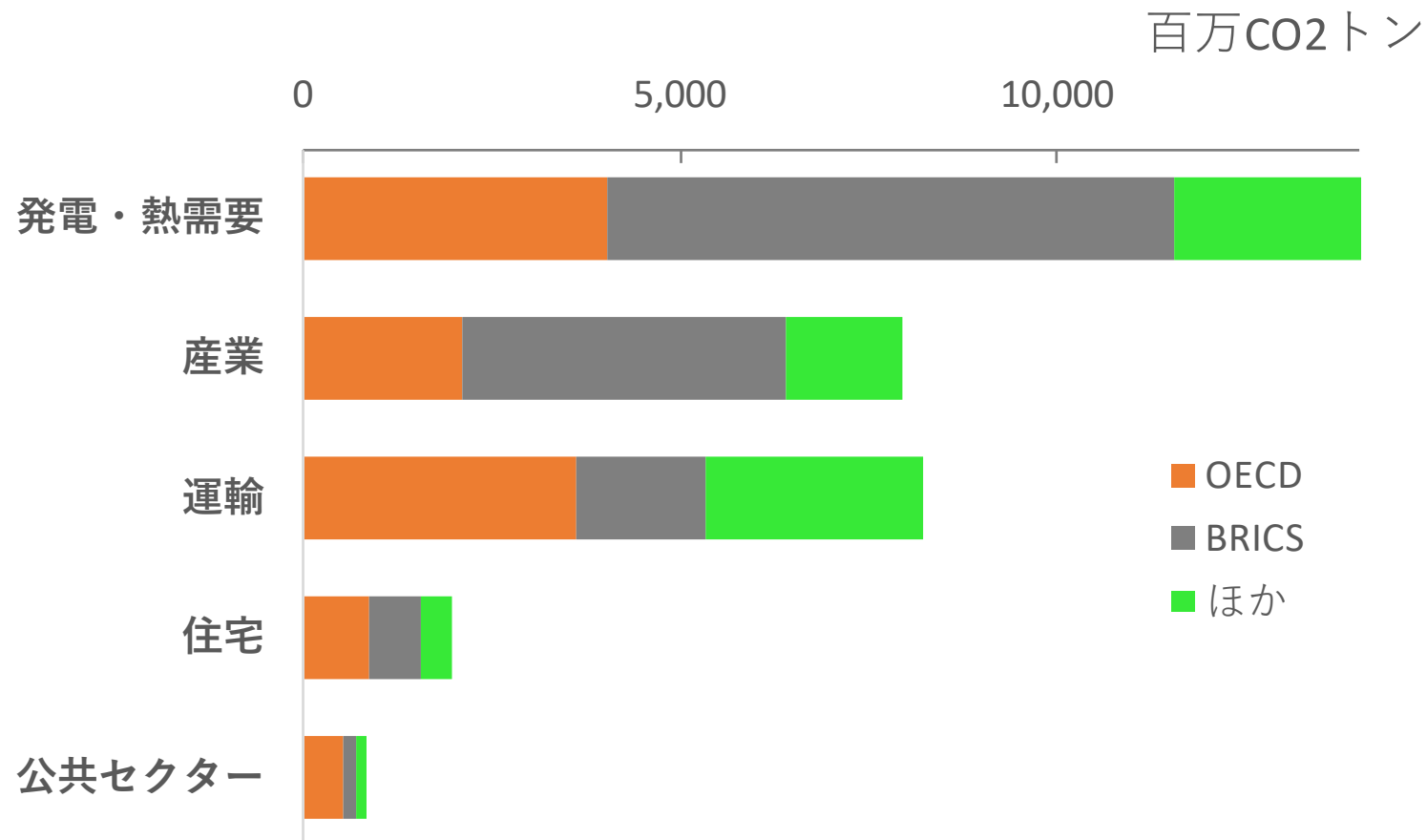


図:全世界のセクター別CO₂排出量 (IEAより2019実績)

エネルギートランジション協力戦略

＜目標＞その国の事情に合った、カーボンニュートラルと安価なエネルギーの安定供給の両立

＜ターゲットイヤー＞2070年（多くの途上国が2060年か2070年にカーボンニュートラルを宣言）

＜対象＞電力部門、輸送部門、産業・住宅部門

＜JICAの役割＞ JICAは協力戦略の趣旨に賛同頂けるパートナーと共に目標の実現に取り組む。

＜想定パートナー＞開発途上国、大学・研究機関、民間企業、公的機関、援助機関、財団、小中高等学校、個人

エネルギートランジション協力戦略

＜目標へのシナリオ＞カーボンニュートラルを実現するためには長期的な戦略・計画が必要。

- ① エネルギー政策・計画が策定・更新され、実施される。（長期的なカーボンニュートラルの実現に向けて政府が担うべき新たな役割と視座）
- ② 次世代脱炭素技術が開発され、社会実装される。
- ③ 地域共同体内で資源・エネルギー供給の適度な依存関係が構築される。（AZECやアフリカパワープール等）
- ④ カーボンニュートラルを実現するための戦略物資が市場に安定供給される。
- ⑤ 政策実施、設備投資、技術開発に必要な資金が導入される。
- ⑥ 本協力戦略の取り組みが広く知られ、賛同するパートナーや次世代層が増える。

脱炭素に向けたエネルギーtransition協力

➤ 我が国のCN政策・制度の紹介

➤ 我が国の次世代脱炭素技術の紹介

例：水素利用に関する本邦研修を実施中。transitionに必要な技術全般を紹介する研修を準備。（水素・アンモニア、次世代原子力、核融合、宇宙太陽光、バイオマス、揚水等）

➤ エネルギーtransitionに向けたマスタープラン作成支援

例：バングラディッシュ、ラオス、カンボジア、インドネシア、ソロモン、エクアドル等

➤ エネルギーtransition政策・計画を担う中核人材育成

例：GX長期研修（修士課程）。エネルギー政策において適切な価値判断を行う人材を育成

➤ 次世代脱炭素技術の研究開発及び導入支援

例：南ア 再エネ水素を用いた新しいアンモニア合成システムの研究開発（グリーンアンモニア製造の小型化、効率化）

➤ 次世代技術導入にかかる社会実験支援（アイデア）

民間や大学・研究機関による次世代技術導入に係る社会実験を支援。JICAは受入国側の実施支援と社会実験の結果を踏まえた法制度整備を支援。

エネルギートランジション長期戦略

途上国のカーボンニュートラルの目標年が2060年や2070年であることを考えると、今まで以上に長期的なトランジション戦略・計画づくりが重要になっている。

- 短期計画(投資に馴染みやすい太陽光や風力)と長期計画(水力、地熱、次世代脱炭素技術)のバランスをとったトランジション戦略・計画の策定。
- 次世代脱炭素技術の共同開発と導入に向けた制度・規制作り。



MP調査や中核人材育成を促進。加えて、社会科学の観点から、エネルギートランジション政策研究を大学・研究機関と共に進め、途上国エネルギー政策関係者にフィードバック。日本に知の蓄積。

研究テーマ例：「アンバンドリングといった電力市場改革は成功したと言えるのか。カーボンニュートラルに向けた官と民の役割は。」

英国政府は原子力を「信頼性が高く、大規模発電が実証された唯一の低炭素電源」と位置づけ、小型モジュール炉や高温ガス炉（JAEAと共同）の開発を推進することにした。併せて、電力自由化政策を見直し、原子力発電所の新設においては総括原価方式を採用することにした。途上国の電力市場改革を総括し、見直す必要があるのではないか。

エネルギートランジションMP調査

	インドネシア	カンボジア	ラオス
調査名	エネルギートランジションMP策定支援プロジェクト	炭素中立社会に向けたクリーンエネルギー転換ロードマップ策定プロジェクト	炭素中立社会に向けた統合的エネルギーマスタープラン策定プロジェクト
期間	2023年10月～2025年10月	2023年4月～2025年4月	2023年1月～2025年4月
CP	国営電力会社（PLN）、エネルギー鉱物資源省（MEMR）	鉱業エネルギー省（MME）	エネルギー鉱業省（MEM）
コンサルタント	調達中	京都大学、日本工営、中国電力JV	東京電力パワーグリッド株式会社、パシフィックコンサルタンツ株式会社、東電設計株式会社、東電設計株式会社、株式会社三菱総合研究所
調査内容	<ul style="list-style-type: none"> ①2060年に向けたカーボンニュートラル・ロードマップのレビュー ②ロードマップに沿ったエネルギー転ジション（火力発電）のマスタープラン策定 ③マスタープラン実現に向けたアクションプラン策定 ④脱炭素技術の火力発電設備への応用に関する能力強化（本邦研修を含む） 	<ul style="list-style-type: none"> ①CNに向けたエネルギー・トランジションロードマップの作成 ②①の実施に必要な優先技術・手段の導入を促進するための政策措置、制度的枠組み、投資プロジェクトの提言 ③将来のロードマップ更新に向けた、エネルギー統計にアクセスし管理するための戦略とガイドラインの策定 ④国際的な協力と資金調達が必要な優先分野の特定 	<ul style="list-style-type: none"> ①現行のエネルギー政策・計画をレビューし、本調査の前提条件を確認する。 ②ラオス及び近隣国のエネルギー需要予測・供給計画をレビューする。 ③経済性・信頼性を確保しつつ炭素中立に向けたエネルギー移行シナリオを複数策定する。 ④複数のシナリオの長所短所を検討し、最善策を提言する。
有識者メンバー	METI、大学・研究機関	METI、大学・研究機関	METI、大学・研究機関

エネルギートランジション研修（電力）

＜目標＞ カーボンニュートラルに向けたエネルギートランジション政策・計画を策定する上で必要な政策や技術に関する知識を習得する。

＜研修期間案＞2週間

＜主な研修内容案＞

- ① 日本のトランジション政策・計画/日本のエネルギー基本計画やAZEC等の取り組みを紹介(エネ庁)
- ② トランジション政策・計画/日本のエネルギー政策史/電力事業体史(国際大学・橘川学長)
- ③ トランジション計画・発電コスト(APU・松尾先生)
- ④ 次世代脱炭素技術開発の状況及びNEDOの役割(NEDO)
- ⑤ 脱炭素技術紹介・見学/水素・アンモニア、次世代原子力(SMR及び高温ガス炉)、核融合、宇宙太陽光、バイオマス、可変速揚水等(電力会社、大学・研究機関、スタートアップ等)

GX長期研修プログラム

＜目標＞ エネルギー政策・計画の策定・実施、次世代脱炭素技術の開発・導入において適切な価値判断を行う中核人材を育成

＜研修期間＞ 修士課程あるいは博士課程

- 2023年度は2名から（インドネシア、バングラディシュ）。今後は年間20名以上を目指す。
- 長期休暇を活用し、研修員横串で特別プログラムを実施。METIIにも講義依頼予定。
- 留学生が母国で行う現地フィールド調査に指導教官が同行。SATREPSの案件形成。
- GXエネルギー政策のためのコースを国際大学が2026年度を目途に新設予定。
- トランジションモデル計量分析はAPUや横国。
- 次世代脱炭素技術（水素・アンモニア、次世代原子力、核融合、宇宙太陽光等）

幹事大学

IUJ

APU

横国大

京都大

GRIPS

九大

工学院大

(IUJ) 特別プログラム

資源の絆

協力目標：

途上国における持続的鉱業開発が世界市場への鉱物資源の安定供給に不可欠との認識の下、我が国の資源外交の観点から鉱種と対象国を絞り、以下の2点の強化に取り組む。

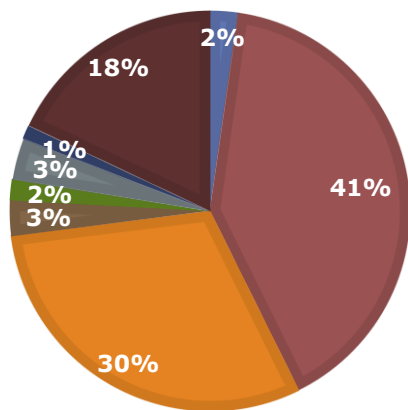
- ① 人的ネットワーク強化（親日派、知日派の育成）
- ② ハード・ソフト両面での投資環境整備

資源の絆プログラム(大学院留学)

・2014年開始。2023年10月時点で28カ国から累計200名を受入。

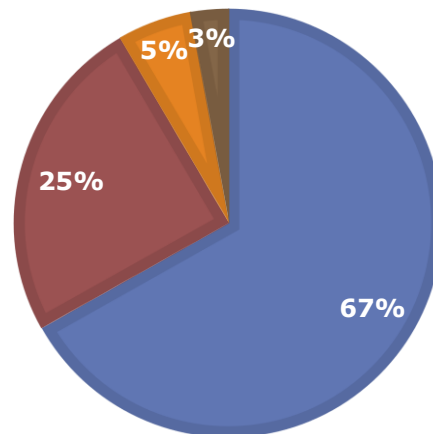
受入れ大学別

■ 京都大学 ■ 九州大学 ■ 秋田大学 ■ 早稲田大学
■ 筑波大学 ■ 東北大学 ■ 富山大学 ■ 北海道大学



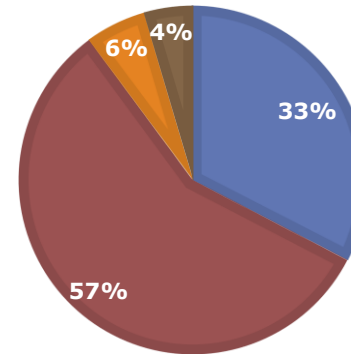
研究分野別

■ 鉱業 ■ 地熱 ■ 石炭 ■ 石油・ガス



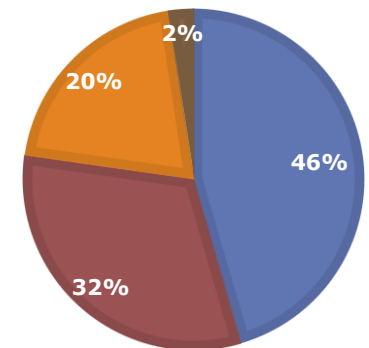
出身地域

■ アジア ■ アフリカ ■ 大洋州 ■ 中南米



出身機関別

■ 政府機関 ■ 教育機関 ■ 国営企業・公社 ■ 民間企業



グラフは2022年10月来日2022年10月時点で来日済みの178人を対象に分析したもの

活躍する卒業生

マダガスカル／Desire Alphonse Rakotondravaly氏（2018年秋田大修士）

- 帰国後、首都圏の鉱山開発・環境維持の責任者を務めた後、鉱山・戦略資源省の鉱山局長に就任。
- 母国大学にて博士課程に入学し研究を継続中。



モンゴル／Purevdorj Khurelkhoo（2016年秋田大学修士）

- 資源の絆第一期生。石油分野の技師として、石油鉱床の評価や精油所建設計画に従事。
- モンゴル政府資金で後輩技師を秋田大学に留学生として派遣。



モザンビーク／Luis Andre Magaia（2018年京都大学博士）

- 資源の絆博士取得第一号。帰国後は母国のエデュアルド・モンドラーネ大学にて講師を務める。
- フォローアップ協力やSATREPS新規案件形成に取り組み中。



ザンビア／Lawrence Kalaba氏（2019年北海道大学修士）

- 鉱山鉱物資源開発省地質調査局の地質技師。
- 北海道大学によるSATREPS（鉛汚染対策）と連携した研究を行い、帰国後はザンビア側カウンターパートとして活躍。



実施中／検討中の協力案件

<実施中案件>

- (カンボジア／ラオス／ザンビア／マダガスカル／モザンビーク) 環境調和的鉱業開発のためのモニタリング情報収集・確認調査

<検討中案件>

- (ザンビア／ジンバブエ／ナミビア／ボツワナ) 重金属汚染に対するモニタリングシステムと人的能力の強化を通じた持続可能な鉱物開発の確立 (ZAZINAMBOプロジェクト) (社会実装型技プロ) (要請中)
- (ASEAN) 資源循環プロジェクト形成にかかる情報収集・確認調査 (JOGMEC連携)
- (ザンビア／マダガスカル／カンボジア／ラオス) 資源の絆卒業生と連携した資源分野開発ニーズにかかる情報収集・確認調査
- (全世界) 核融合開発に必要な希少鉱物資源にかかる情報収集・確認調査
- マダガスカル鉱業人材育成能力強化プロジェクト

特に注目する技術

温暖効果ガスを排出しないベースロード電源

- 水力、地熱、次世代原子力・水素(SMRや高温ガス炉)、核融合、宇宙太陽光、海洋温度差発電

温暖効果ガスを排出しない調整力

- 可変速揚水、蓄電池、超電導フライホイール、水素・アンモニア、バイオマス

温暖効果ガスを排出しないモビリティ燃料

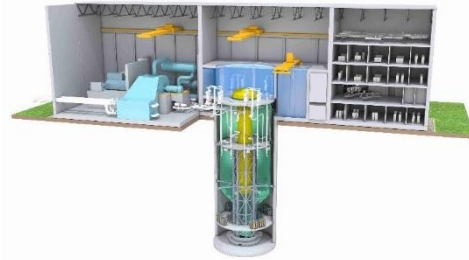
- 水素、蓄電池、バイオ燃料・合成燃料

次世代原子力(SMR、高温ガス炉)

SMR

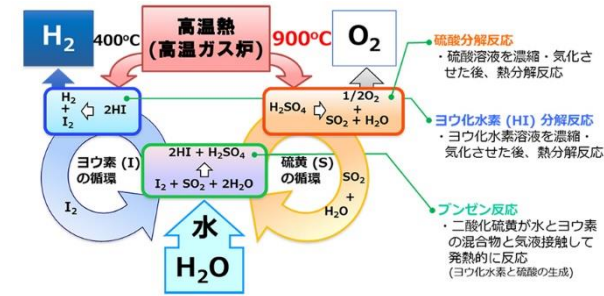
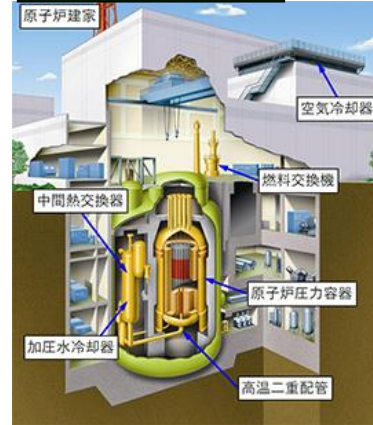


米国ニュースケール社SMR完成予想図 日揮HPより



日立GEニュークリア・エナジー社HPより

高温ガス炉



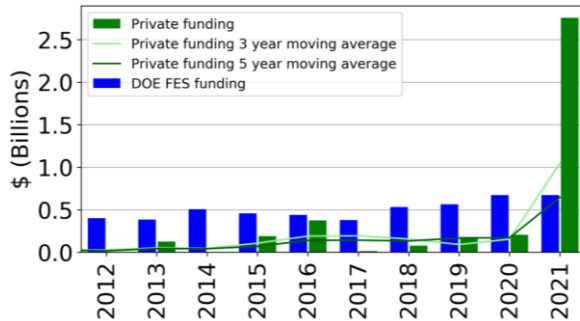
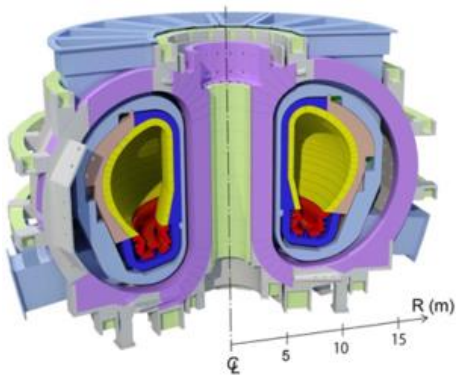
大洗高温工学試験研究炉 (HTTR) JAEAのHPより

- 300MW以下の小型モジュール炉(通常炉は1000MW程度)。送電インフラ不要の分散型として都市の電池として利用することが可能。
- 工場で製造したプラントを利用地に運搬。
- 地下に埋められる。小型のため放射性物質の量は少ない。
- 中露の原発輸出に対抗し、米国はSMRの輸出を促進。インドネシア、タイ、フィリピン、トルコ、ウクライナ、ヨルダン、サウジアラビアなどが導入を検討中。
- メーカーは米国、英国、ロシア、中国、韓国、日本 (IHI、日揮、三菱電機、日立GEなど)。

- 冷却材に水ではなくヘリウムガスを用いた原子炉。このため、水蒸気爆発は起こらない。
- 炉心の主な構成材が耐熱性に優れたセラミックのため、事故時でも溶融せず、自然冷却で停止する。
- 1000°C程度の熱を取り出すことができ、45%以上の発電効率を得ることができる。
- 高温熱を利用した水素製造の研究が進められている。カーボンフリーで安価な水素を大量に製造可。
- JAEAは英国とポーランドで技術協力。
- メーカーは三菱重工。

- 将来取り得る技術オプションの一つとして途上国に紹介する。
- 中核人材育成 (GX長期研修など)

フュージョンエネルギー(核融合)



<https://science.osti.gov/-/media/fes/pdf/fes-presentations/2022/Wurzel---PPP-Lightning-round-talk.pdf>

原型炉 量子科学技術研究開発機構HPより

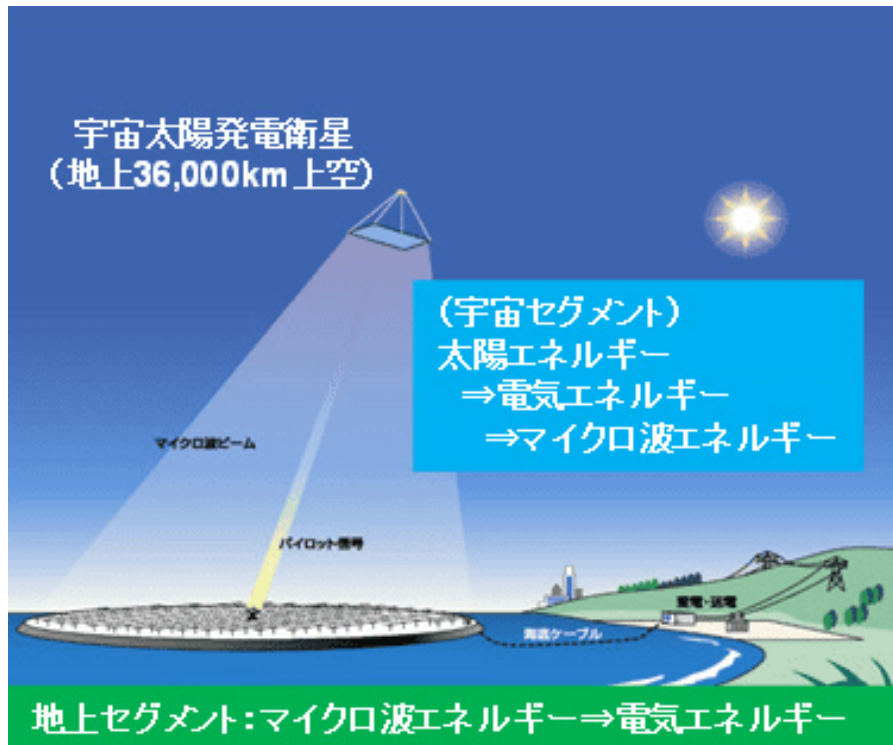
- 人工の太陽。量的にエネルギー問題を解決できる究極のエネルギー。
- 暴走しない。高レベル廃棄物は生成されない。
- 加熱する、閉じ込める、冷却するなど、日本は全ての要素技術で世界トップクラス。
- 世界の投資額は2021年に民間が公共を上回った。
- 日本は2035年から原型炉(1500MW)を建設開始予定。原型炉に必要なベリリウムは342t。世界の年間流通量は300t(ほぼ米国)。資源開発と精錬技術の開発が重要。

- 戦略物質ベリリウムの確保に向け、マダガスカルやモザンビークで探査を行う。資源の絆卒業生と協働。
- 将来取り得る技術オプションの一つとして途上国に紹介する。
- 中核人材育成(GX長期研修など)



オールジャパンでの開発体制 量子科学技術研究開発機構HPより

宇宙太陽光発電



一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構HPより

- 天候により変動しないベースロード電源。
- 民間主導による打ち上げコストの低減(スペースX/イーロン・マスク)
- 先進国主導でルール作りが進んでいる。静止衛星軌道の場所と周波数の取り合い。将来的には途上国の巻き込みが重要になる。
- 日本が受電するには、インドネシアやフィリピン上空の静止衛星軌道を確保する必要あり。

- 将来取り得る技術オプションの一つとして途上国に紹介する。
- 中核人材育成(GX長期研修、インドネシアとフィリピンから)
- インドネシアやフィリピンと共同研究を進められないか検討する。

「島を元気に！」 大洋州におけるエネルギーtransition

- ▶ 海洋深層水を活用してクリーンエネルギーのみならず、産業振興と飲料水を供給。緩和策と適応策を目指す。
- ▶ 久米島モデルを島嶼国に展開。まずは大洋州、パラオから。

久米島モデル

- 海洋温度差発電(100kW)を中心にクリーンな電力のみならず、海洋深層水を利用した複合産業(車エビ・牡蠣・海ブドウの養殖、微細藻類・葉野菜の栽培、化粧品製造・販売)が興っている。久米島に140名(島人口7,000名)の雇用を創出していると共に、年間25億円の売上を達成。
- 商船三井が久米島モデルを活用したビジネスをモーリシャスなどで展開予定。
- 一般に、島嶼地域は燃料代が高く、産業が限られる。干ばつに対して脆弱。久米島モデルはこれら複合課題の解決に貢献し得る。島を元気にする試み。

今後の展開

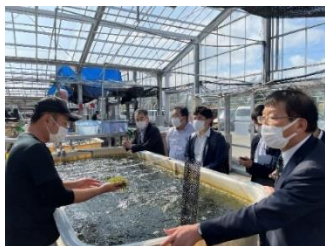
- 適地調査や電力、深層水ビジネスの収益性などを確認するための情報収集調査(補正予算)を5月から開始。まずはパラオで1MWから。
- 連携協定を締結している沖縄県とパラオの友好強化にも貢献。



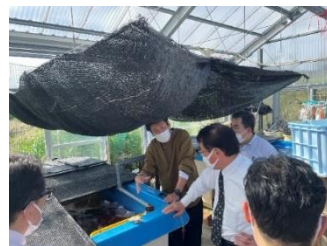
海洋温度差発電実証機(100kW)



車エビ養殖@海洋深層水研究所



海ブドウ養殖



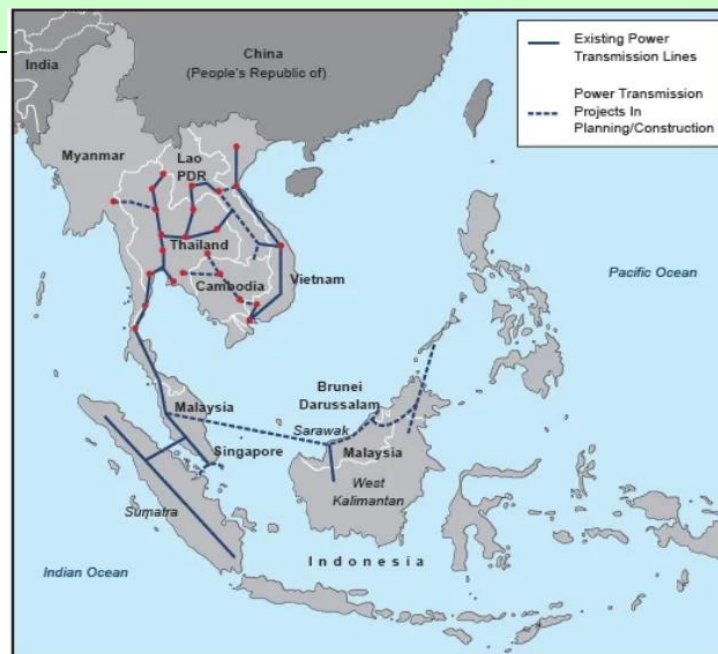
牡蠣養殖



微細藻類・葉野菜栽培

AZEC連携

- アジアの国々を中心に、エネルギートランジションMP調査を実施する。
- ASEANパワープール(ASEAN Center for Energy)支援を検討する。域内で最適な電源計画・系統計画など、まずはレビューから。
- エネルギー政策・計画や次世代脱炭素技術の中核人材を育成する。GX長期研修など。
- 我が国のエネルギートランジション計画や次世代脱炭素技術の紹介。
- 水素・アンモニア戦略を検討する。

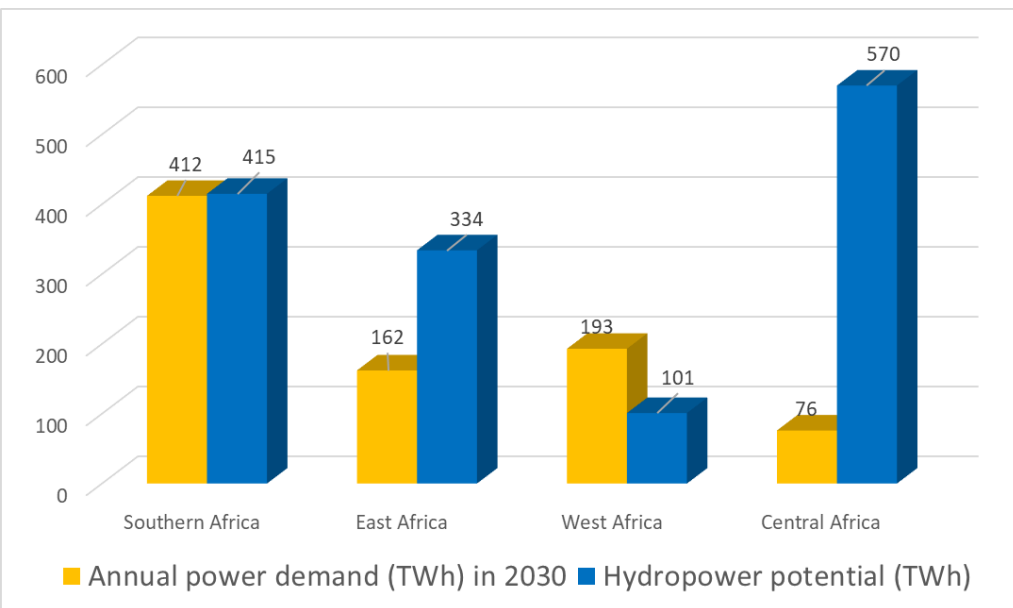


ASEAN Center for Energyより

アフリカ電力アクセス(大水力+パワープール開発)

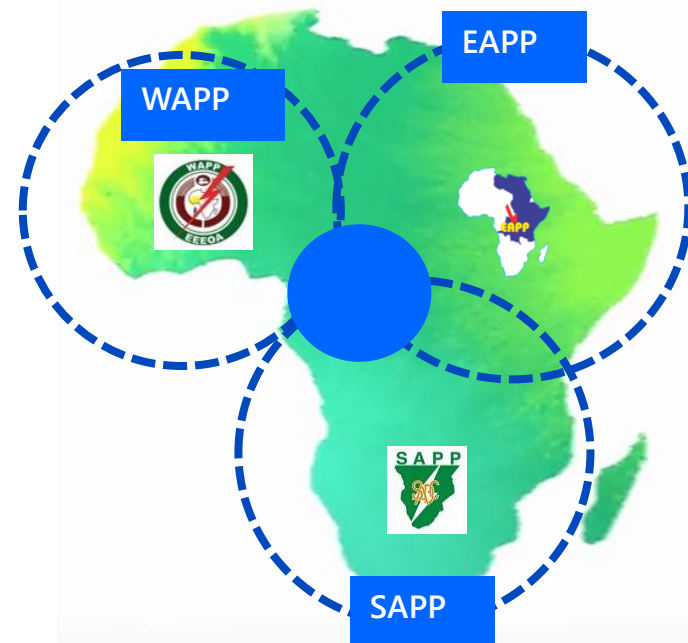
- アフリカは水力資源が極めて豊富。DRCインガだけで49GWのポテンシャル。南アへの送電。水素変換・輸出の可能性は？
- アフリカは送配電ネットワークが脆弱。水力や地熱等の豊富な再エネを域内で享受できていない。国単位よりも、**域内でエネルギーベストミックスを検討**したほうが経済合理的。

膨大な水力ポテンシャル



(Source) The Renewable Energy Transition in Africa (IRENA, 2018)

パワープール計画の策定、財務メカニズム、システム運用、市場運用に関する能力強化



モザンビーク政府はMphanda Nkuwa水力発電プロジェクト(1500MW)で住友商事JVをパートナーに選定。