嵐の中のエネルギー・地球環境戦略

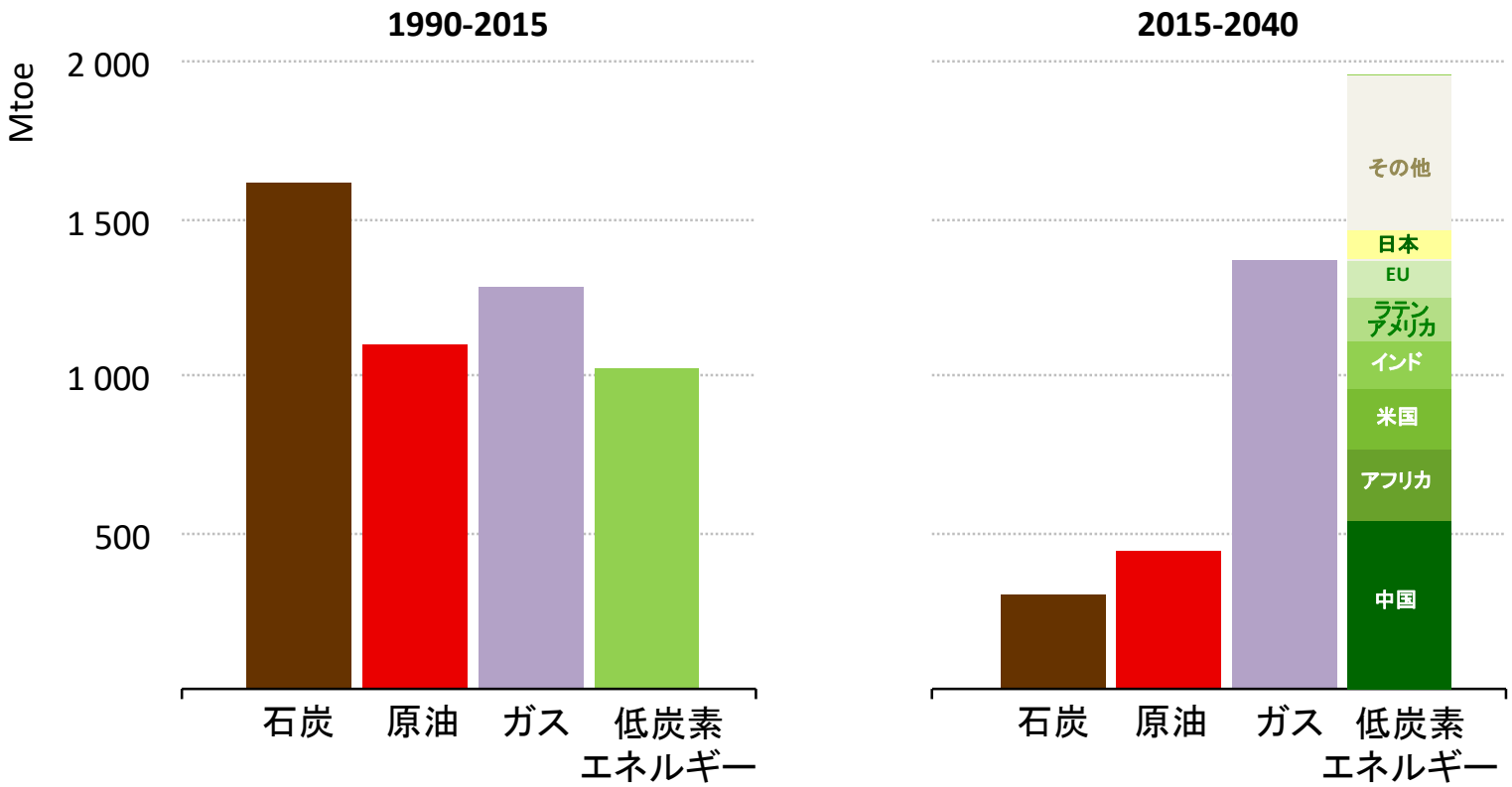
１００％自然エネルギー依存は可能か？

2017-10-27 自然エネルギー財団
元国際エネルギー機関（IEA）事務局長
笹川平和財団会長
田中伸男

将来はグリーンな電力の安定供給こそがイシュー

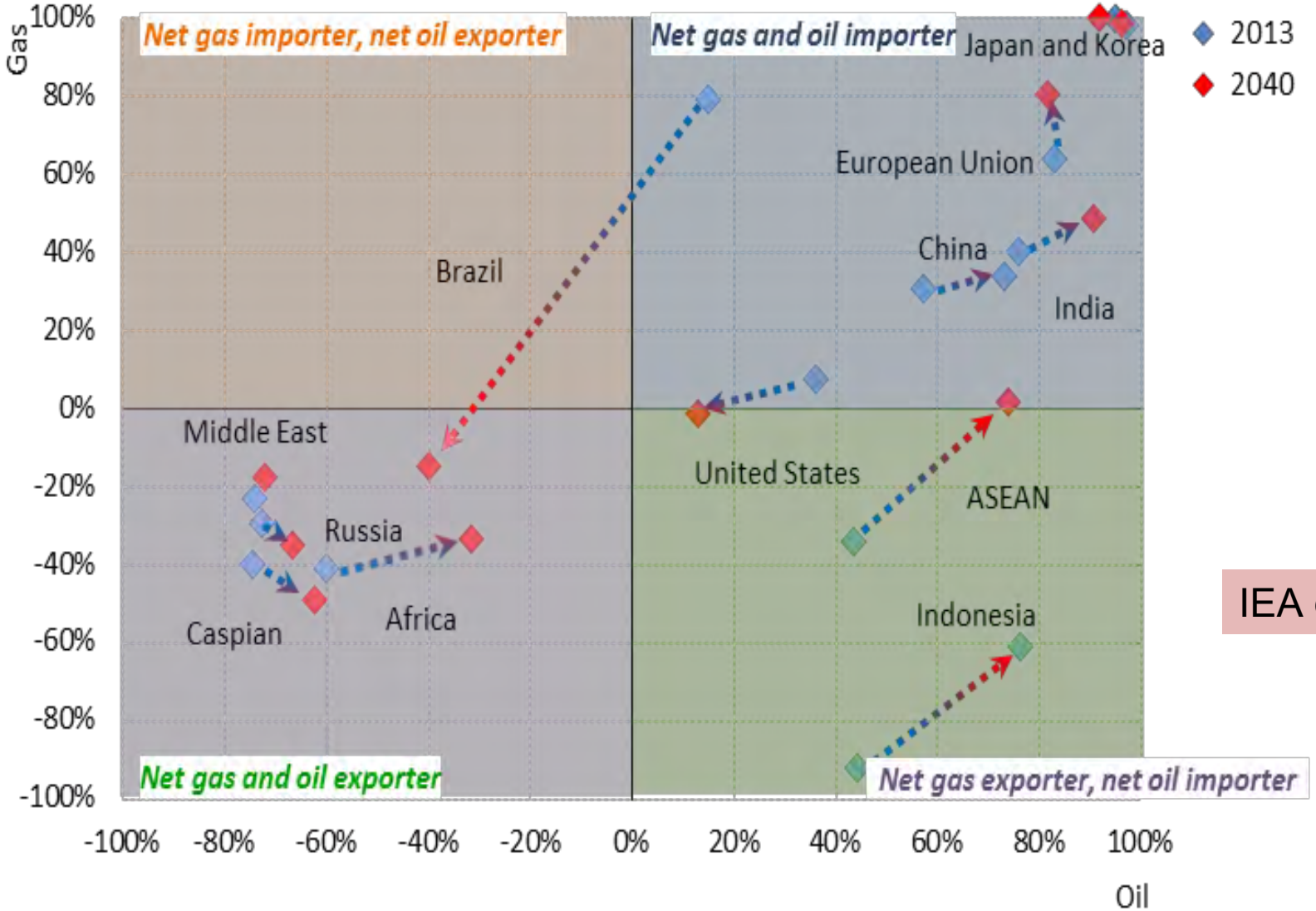
WEO2016

一次エネルギー需要の変化



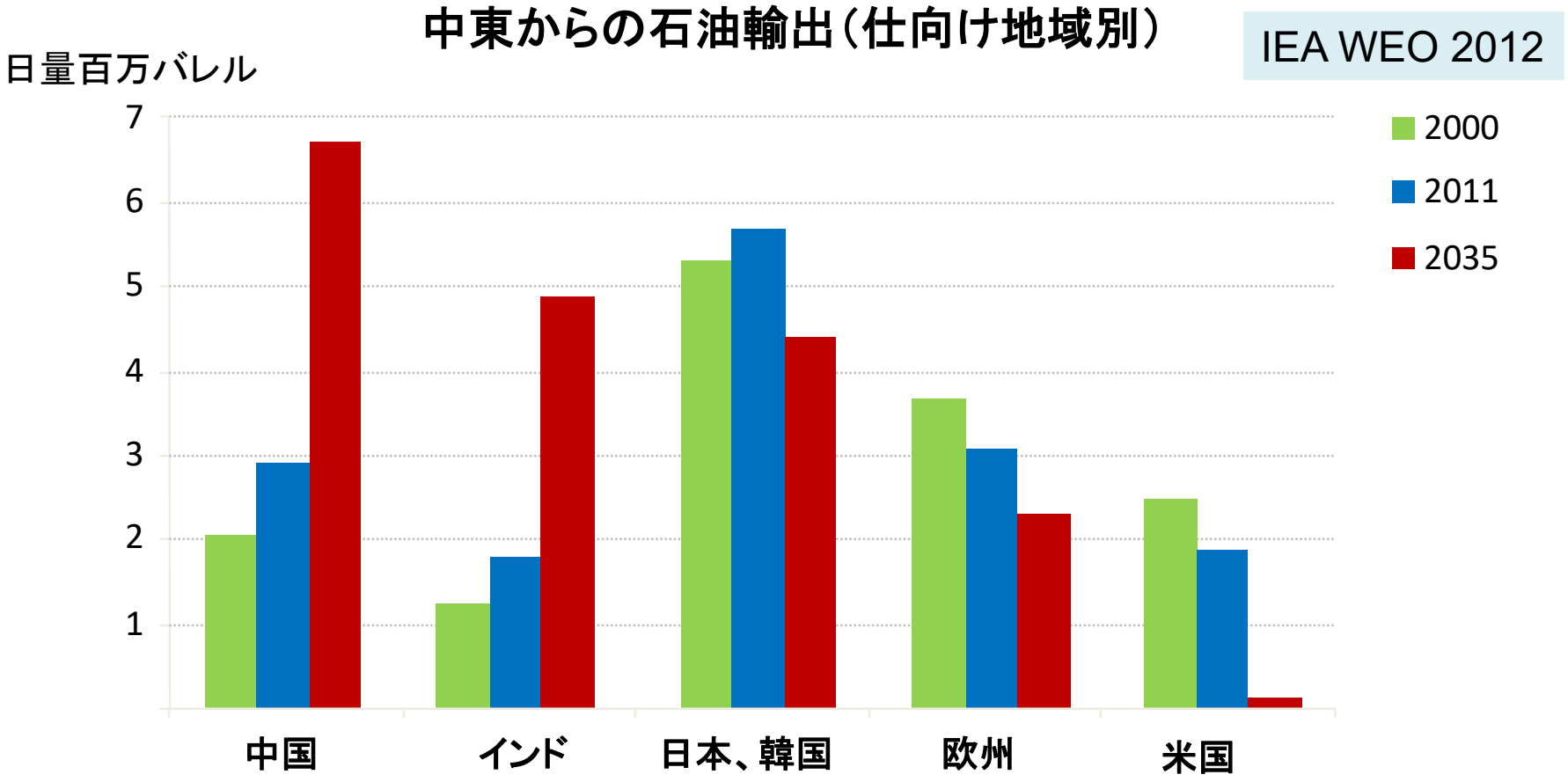
低炭素燃料・技術が2040年までのエネルギー需要の増加のほぼ半分を供給し、その大部分を再生可能エネルギーが占める。

シェール革命による地政学的変化
エネルギー自立を実現する米国の一人勝ちへ



IEA data

米国の中東からのエネルギー自立。
中東の石油がアジアへ: 新たなエネルギー地政学



2035年までに、中東産石油の90％近くがアジアへ輸出される。
北米の純輸出地域としての台頭がこの東方シフトを加速

ホルムズ海峡の地政学リスク

海峡封鎖は日本経済、特に中部地方にとってガス途絶が死活問題。

- 石油通行量：1700万B/D超

（世界の石油生産の約2割）

（日本の石油輸入の85%）

- LNG通行量：8260万トン超

（世界のLNG生産の約3割）

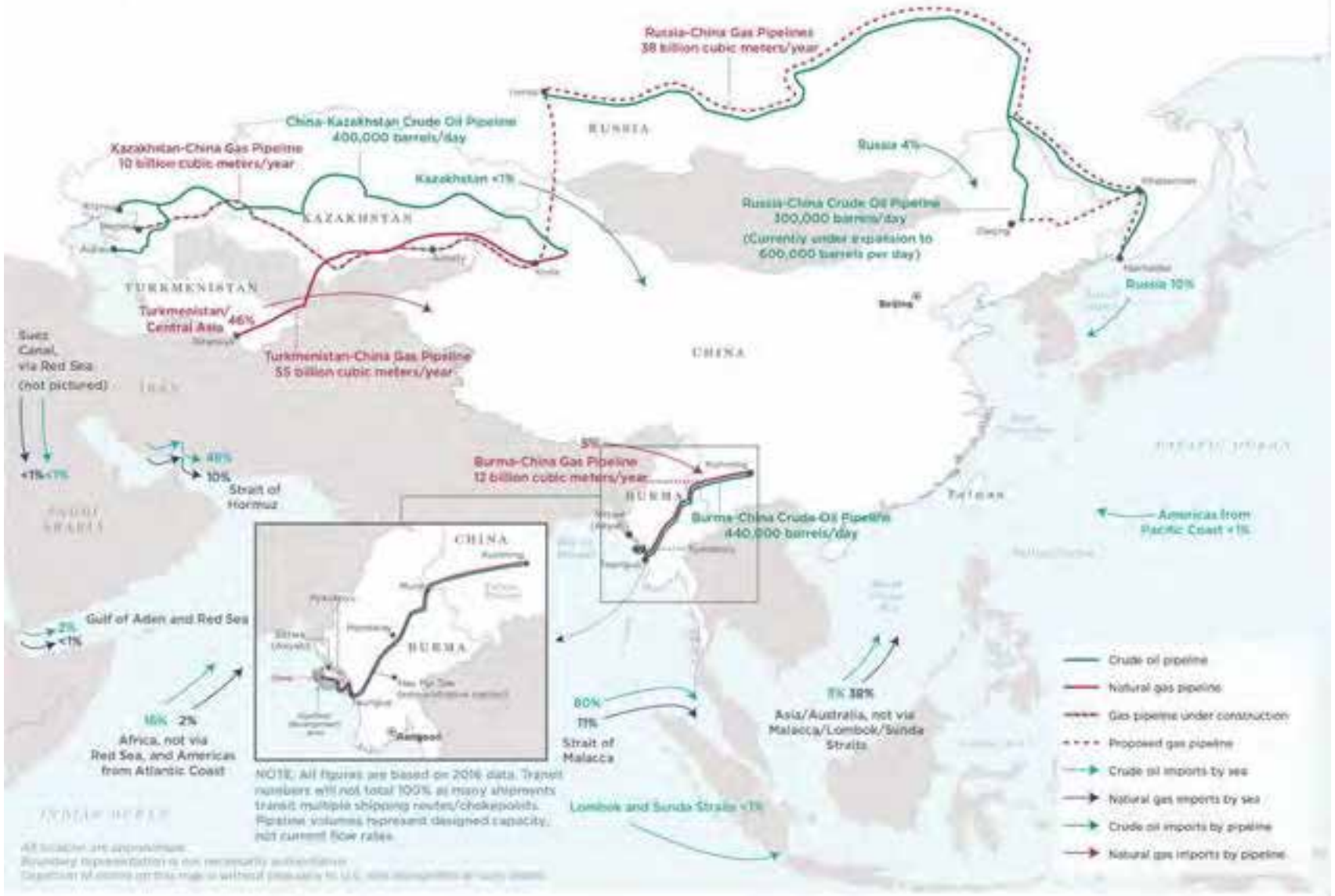
（日本のLNG輸入の18%）

※日本は2010年、貿易統計より
イラン、イラク、バーレーン、サウジ、クウェート、カタール、UAEからの輸入分を「ホルムズ通過」と仮定

カタールはLNGで中部電力の全発電量の四割を供給

中東危機は千年に一度よりは頻繁に起こる可能性が高いが、準備は大丈夫か。

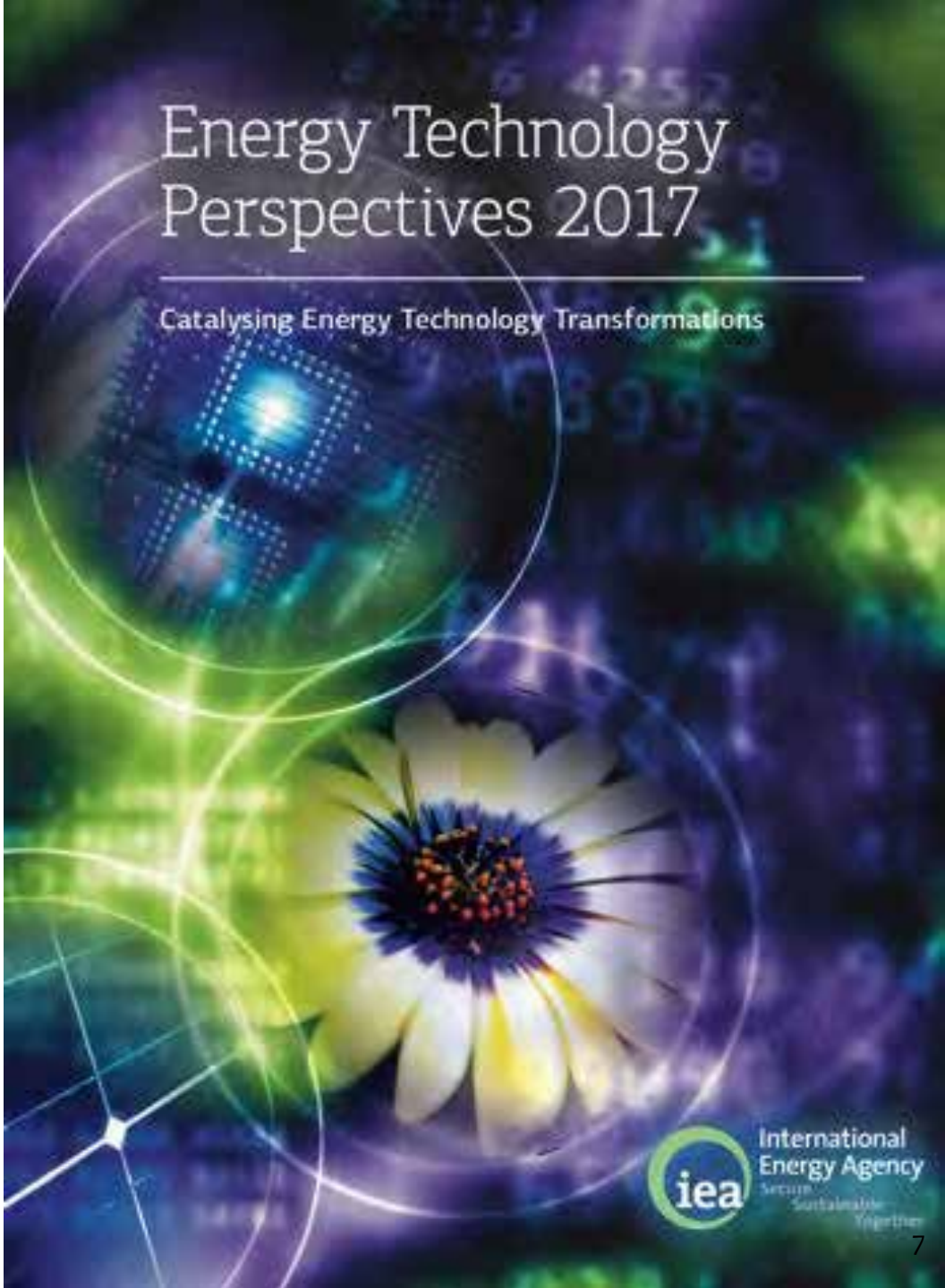
中国の石油・ガス輸入戦略：一帯一路



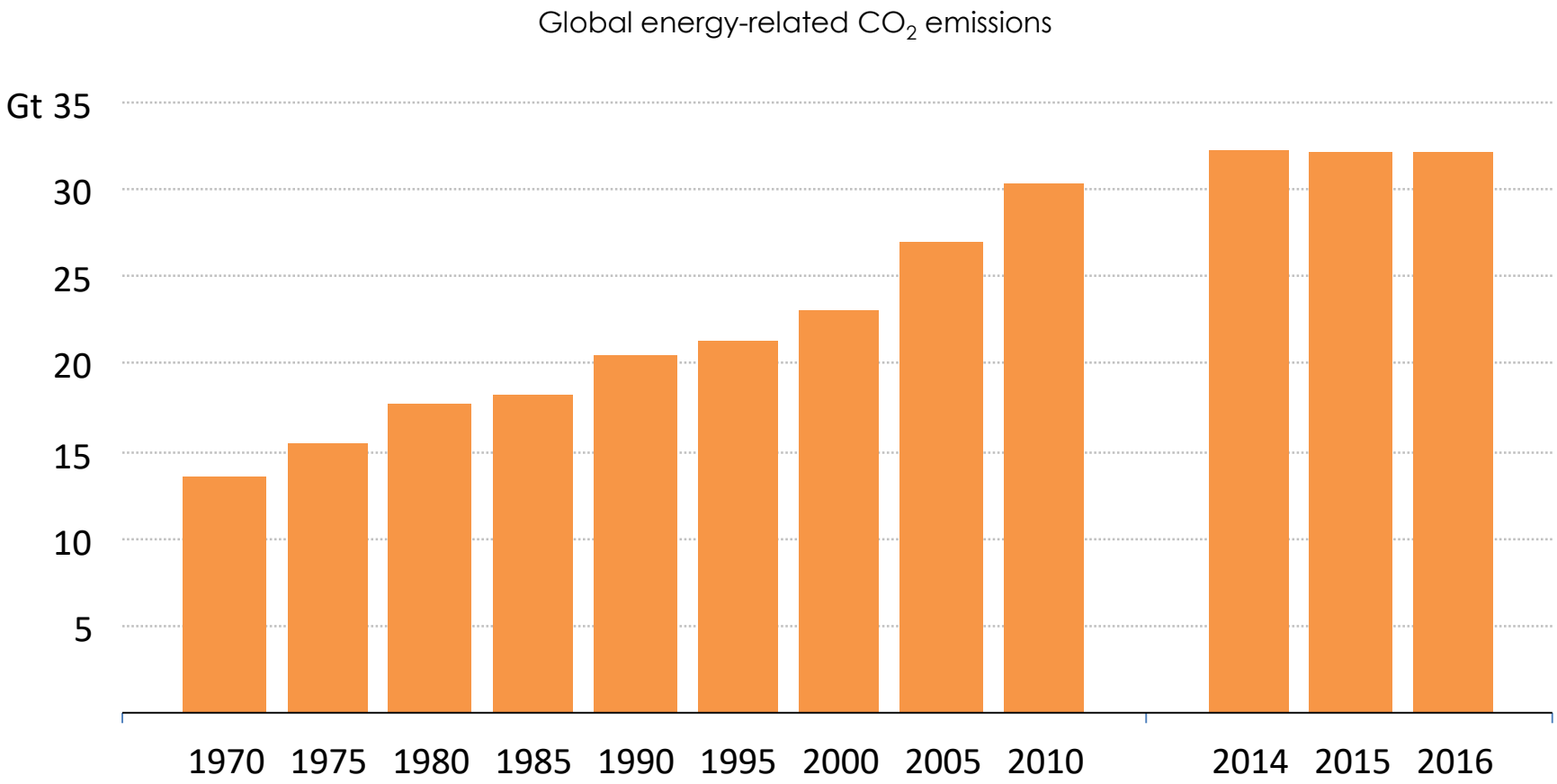
USDOD China Report 2017

エネルギー技術見通し 2017

Catalysing Energy Technology Transformations



全世界の二酸化炭素排出量はフラット化。 デカップルは今後も続くのか？

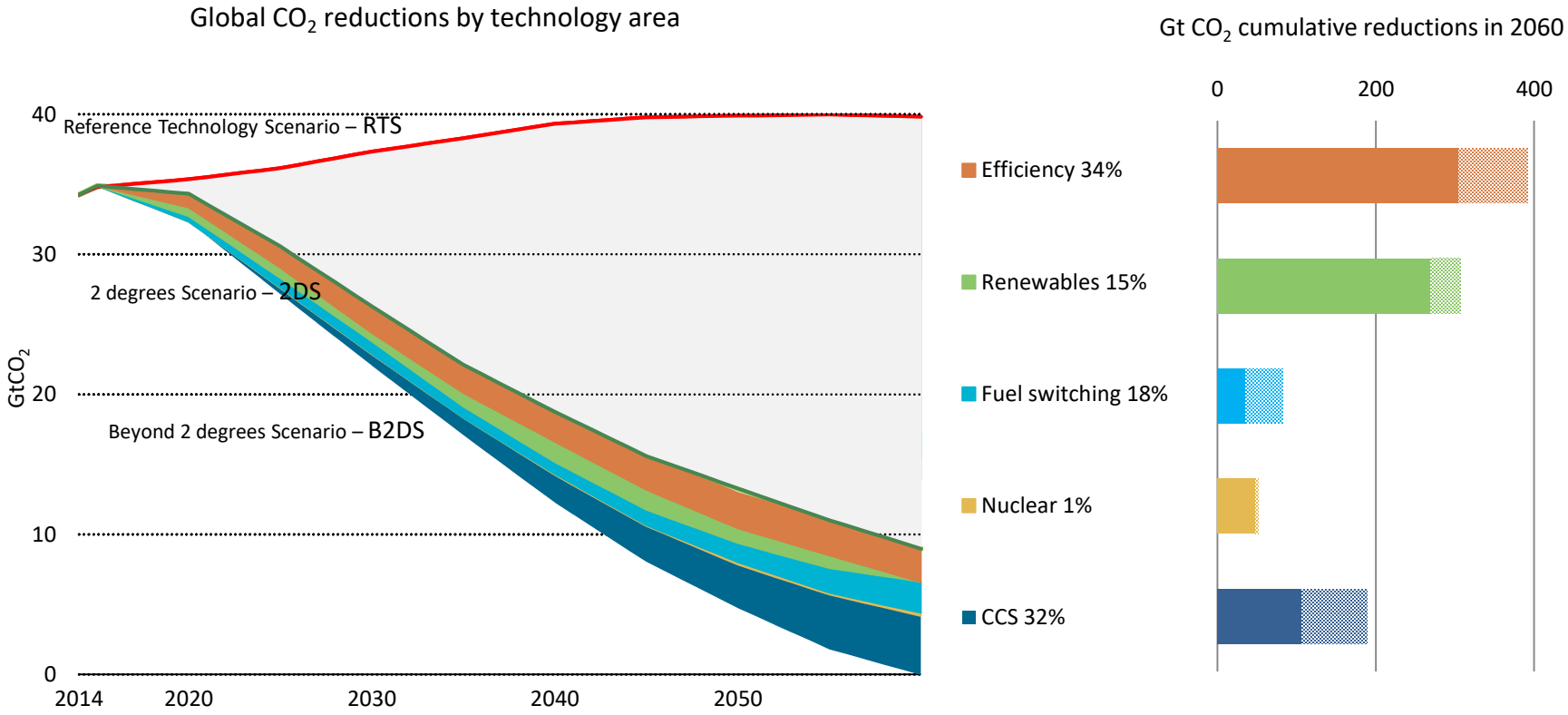


ETP2017

IEAの分析によれば全世界の二酸化炭素排出量は2016年まで経済成長にもかかわらず三年間フラットに。これは米国のガスによる石炭代替と中国の石炭発電縮小のおかげ。

技術革新でどこまでCO2削減が可能か？　二度超シナリオ（Beyond2DS）とは。

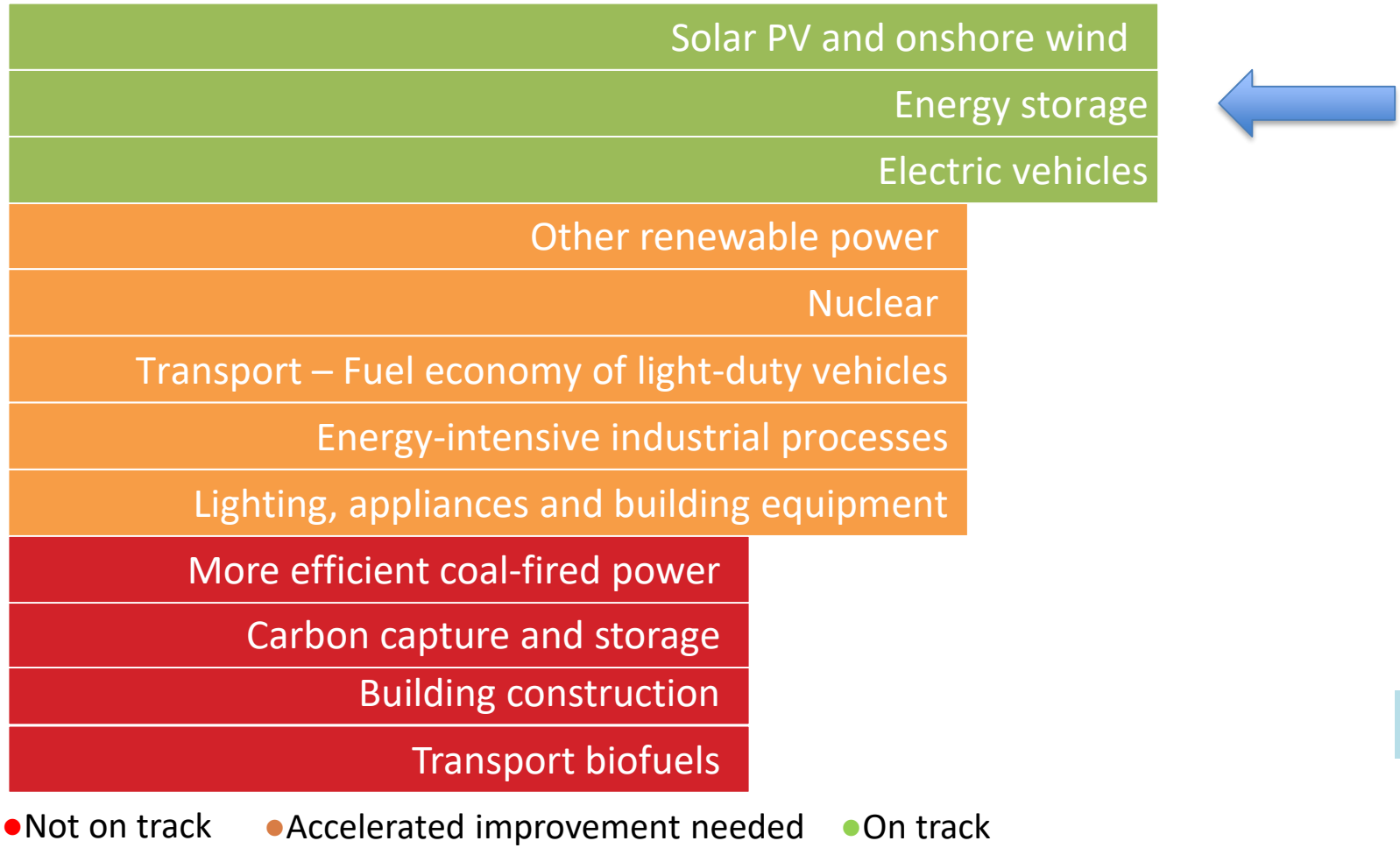
Technology area contribution to global cumulative CO_2 reductions



ETP2017

2060年までにカーボンニュートラル（ネットゼロ排出）になれば
2100年に大気温度上昇を1．75度に抑えられる。

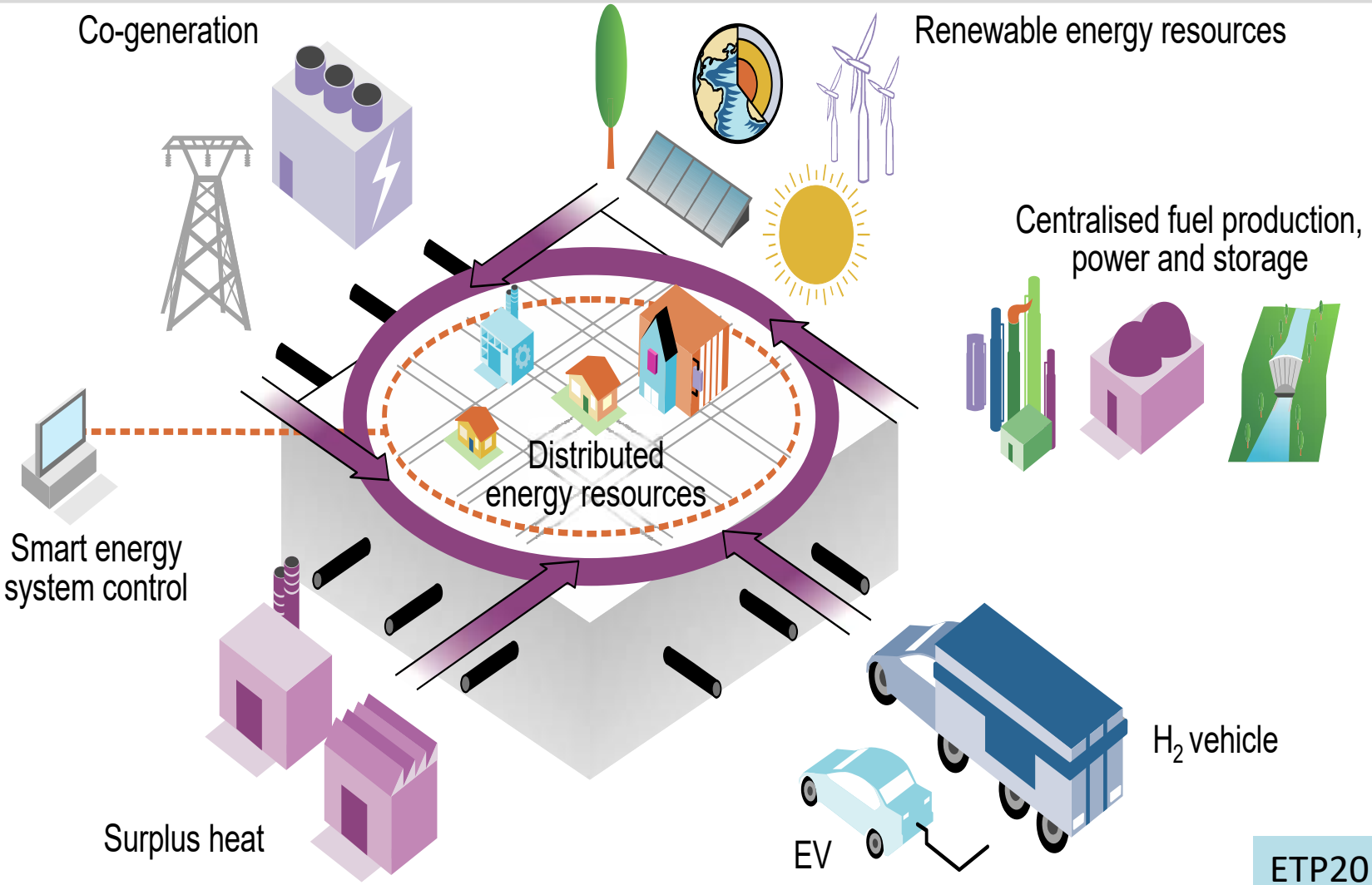
クリーンテクノロジーは十分活用されていないのか？



ETP2017

2016年版では太陽光、風力、電気自動車がOn Trackと評価されたが、2017年版ではエネルギー貯蔵が新たに追加された。 原子力は更なる努力が必要。

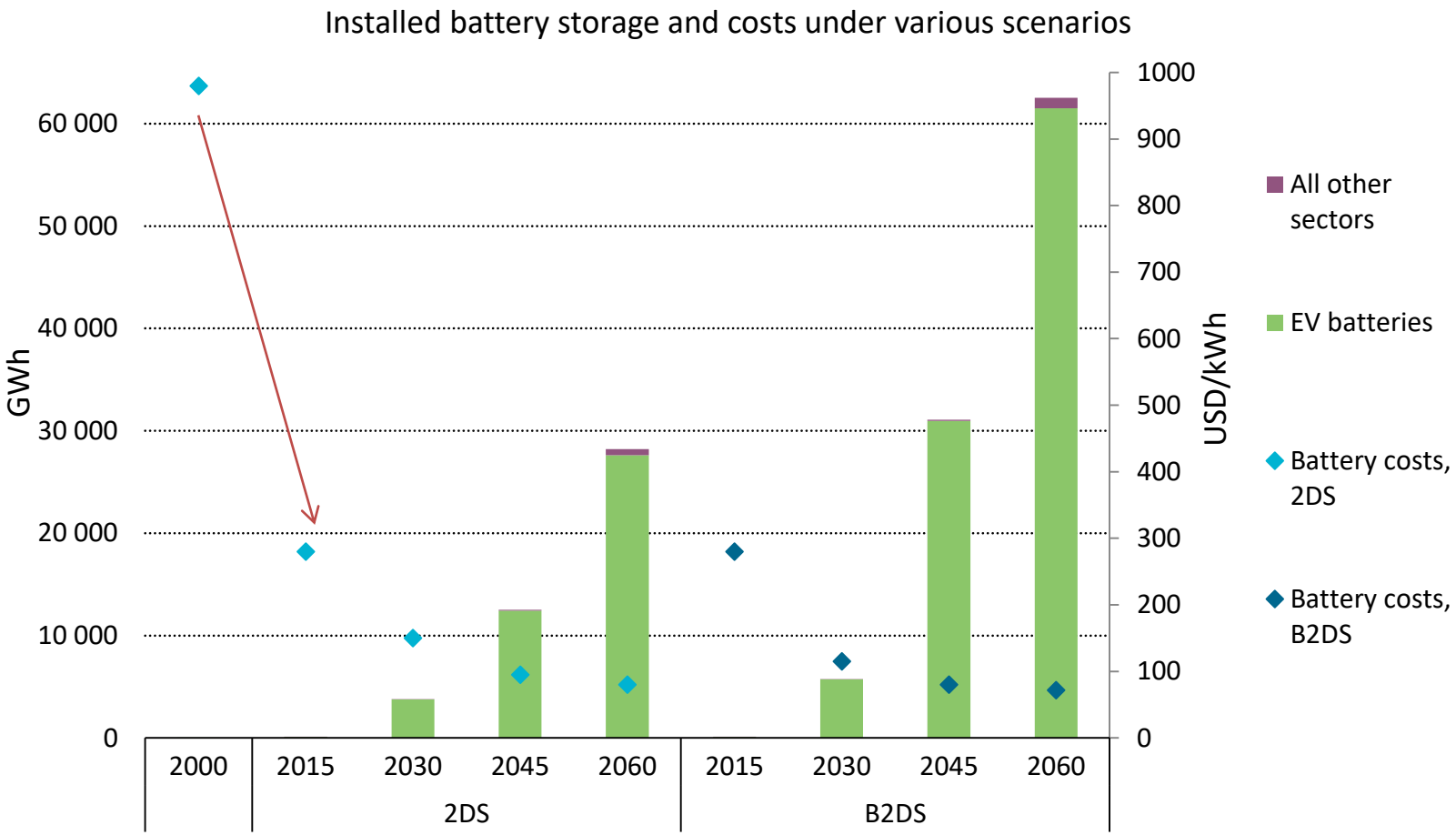
再生エネルギーの活用には地域分散型のシステム思考が必要。



ETP2017

We need to move away from a one-directional energy delivery philosophy to a digitally-enhanced, multidirectional and integrated system that requires long-term planning for services delivery

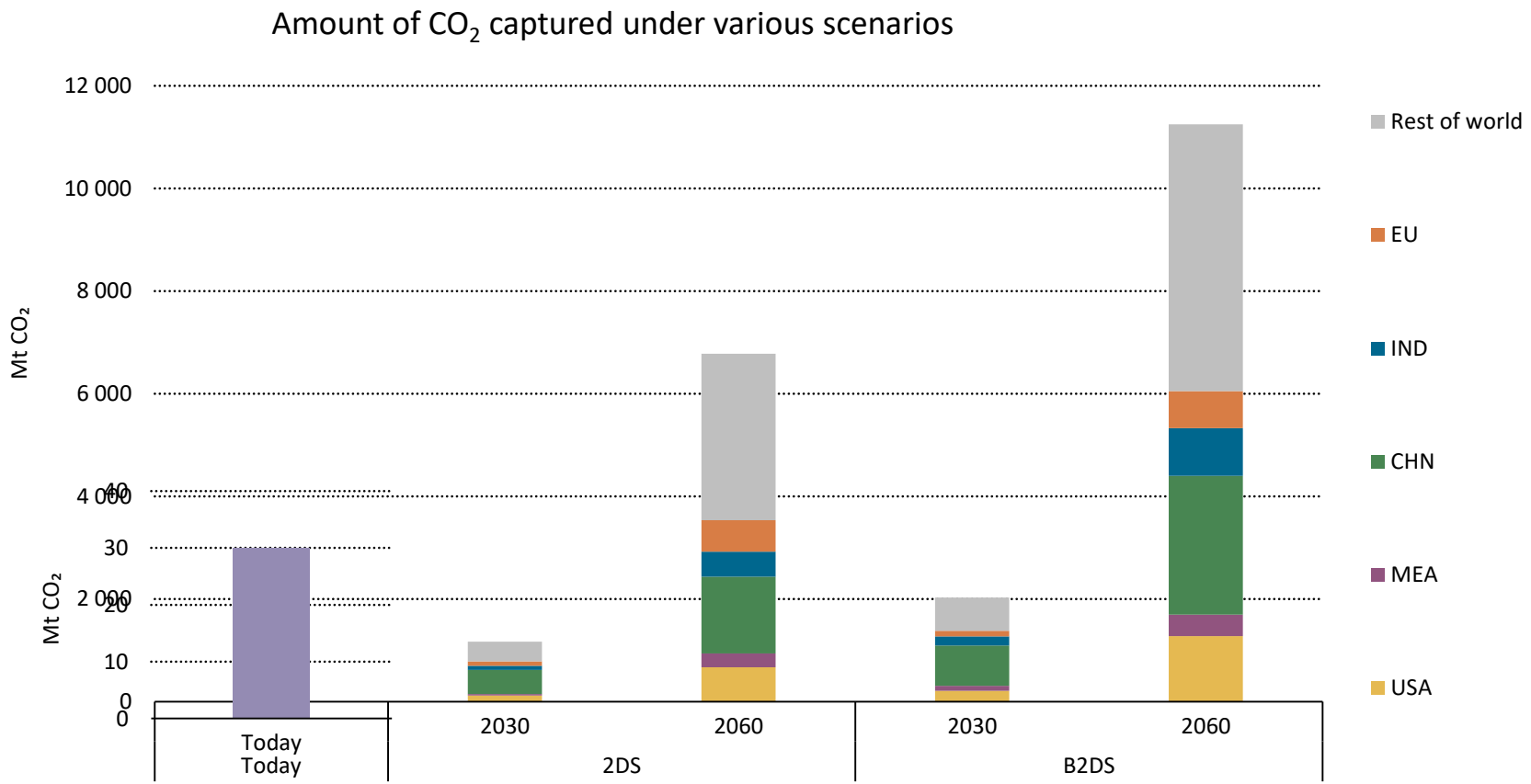
貯蔵コストは大幅に低下しているが、二度、二度超シナリオには電力貯蔵革命が必要だ。



ETP2017

Batteries experience a huge scale-up in the B2DS, with EV battery markets leading other sectors in size

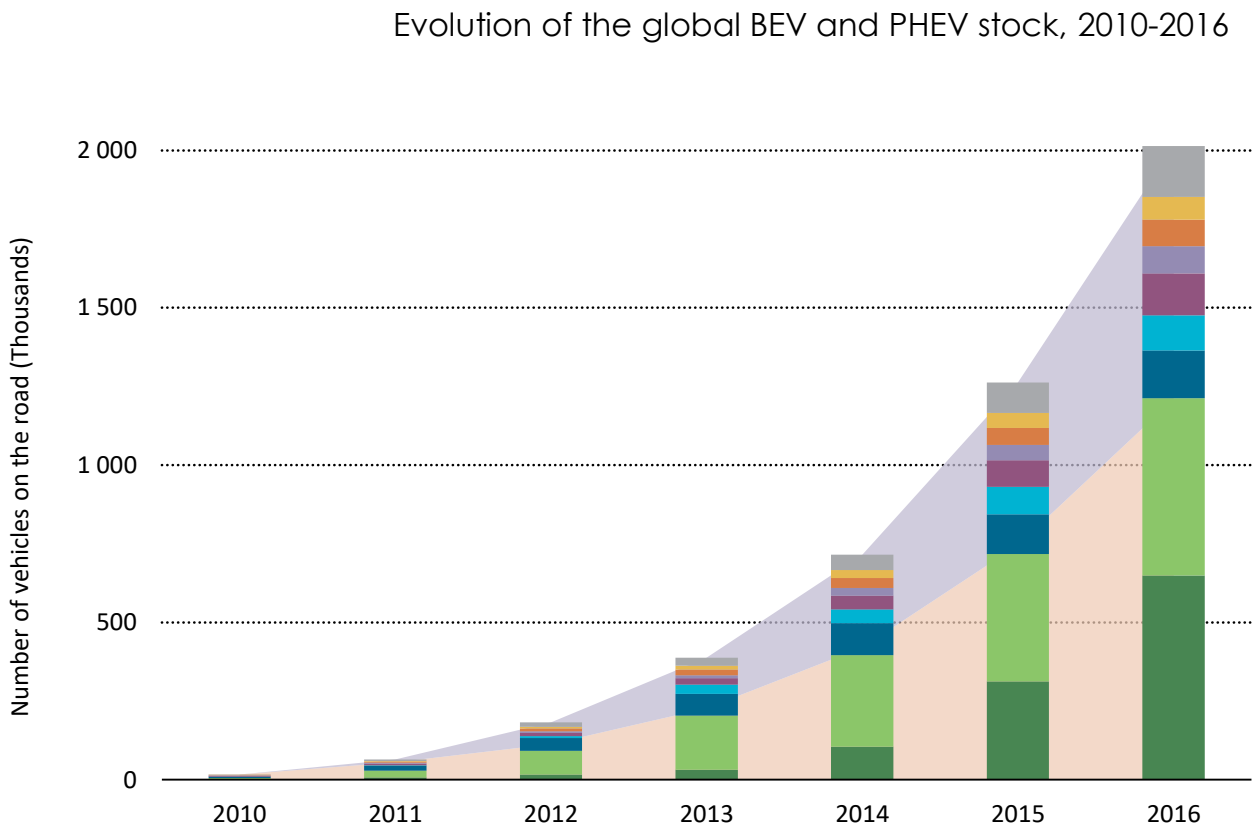
二酸化炭素分離貯蔵（CCS）はまだまだ努力不足。



ETP2017

CCSは現在３千万トン規模。これを７０億トンから１１０億トンにする必要がある。 これは技術ではなく政策の問題。ノルウェーは＄６０の炭素税でスレイプナーガス田でのCCSを実現。

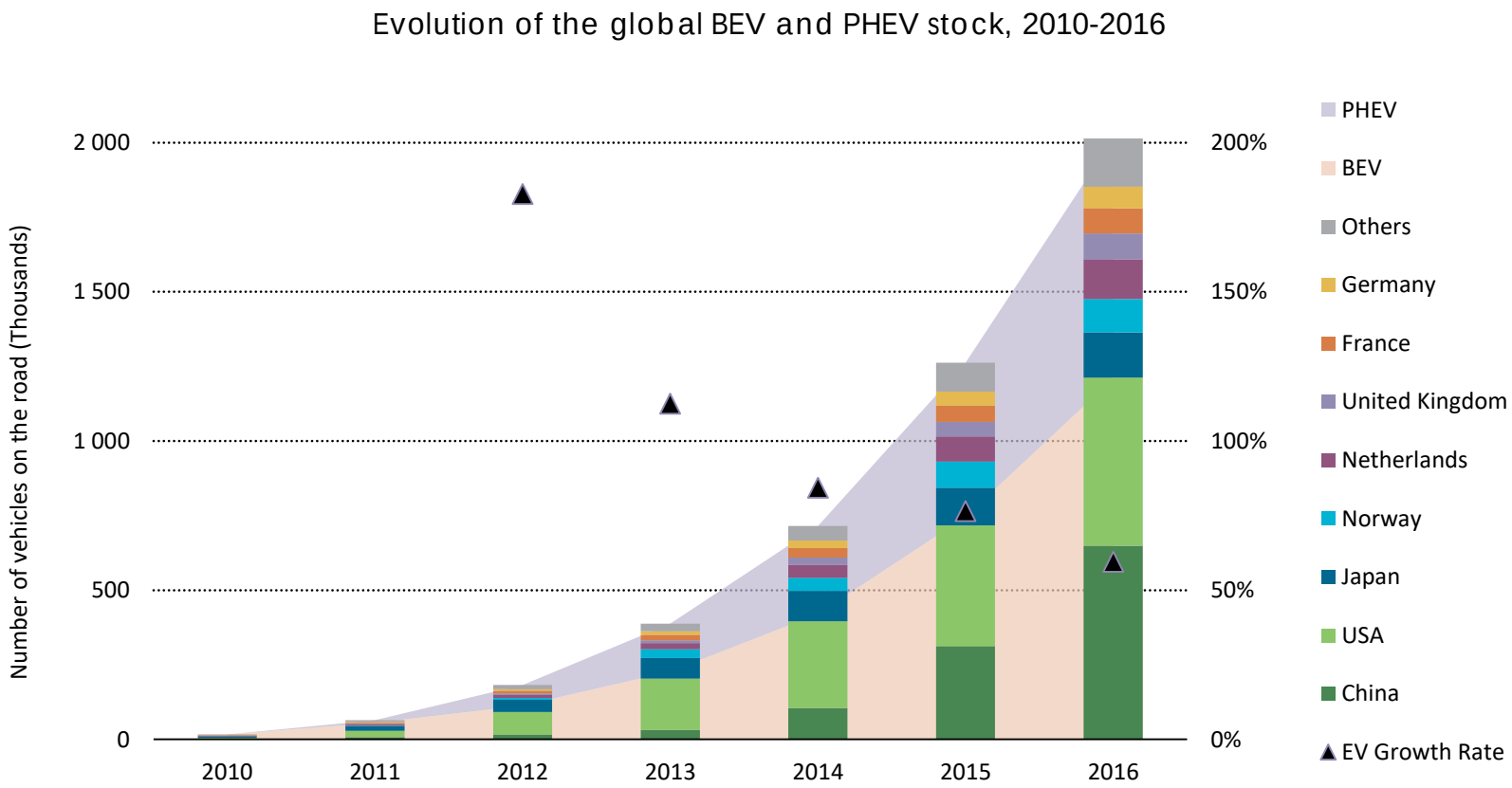
電気自動車は順調に伸びて来たが、



ETP2017

PEVは2016年に200万台に到達したが、

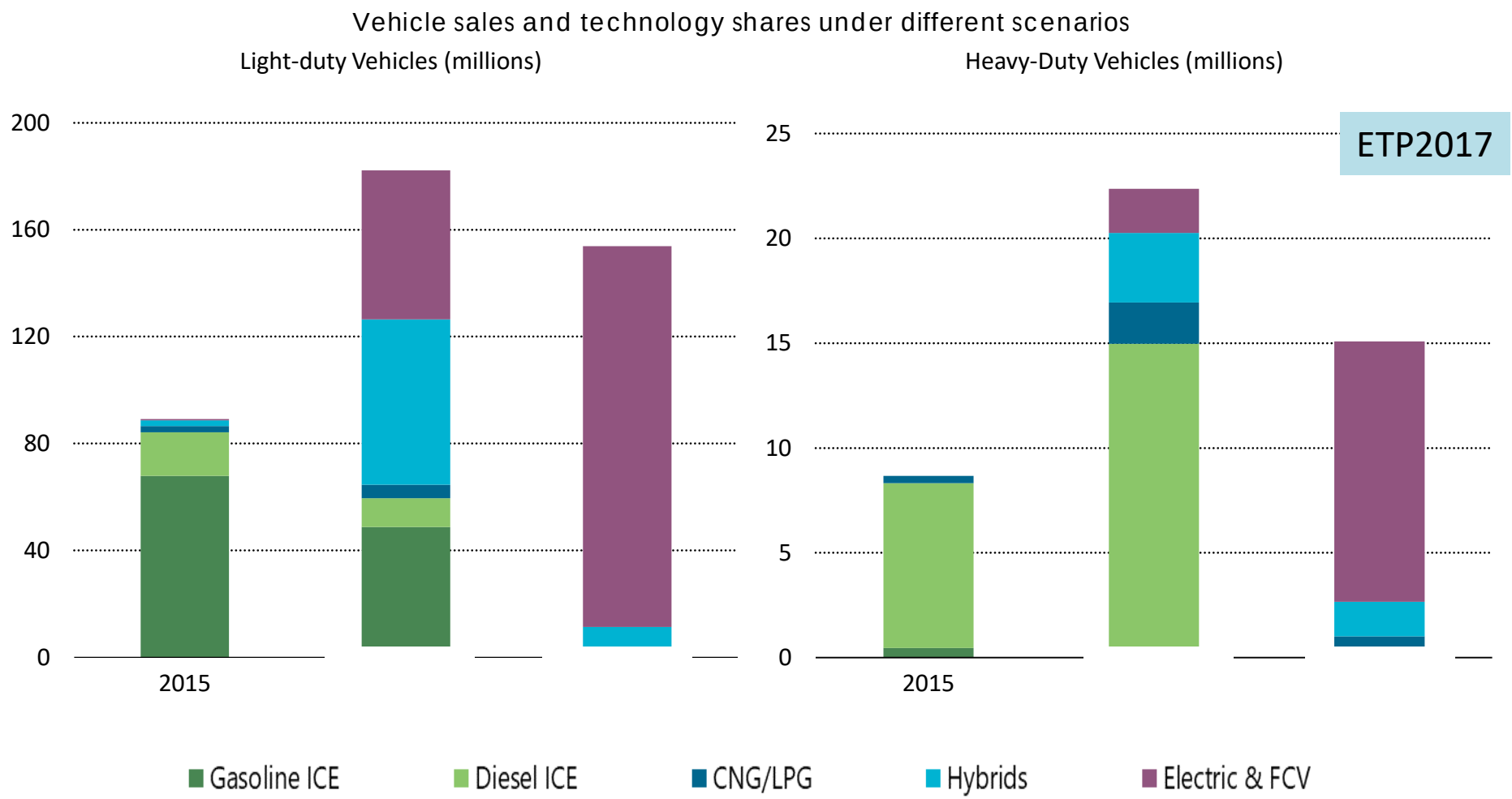
電気自動車は順調に伸びて来たが、引き続き政策努力が必要。



ETP2017

PEVは2016年に200万台に到達したが、販売は減速（＋ 70%から 40%へ）。標準シナリオで2030年に 5600万台、2DS では1.6億台、B2DS では2億台になる必要が。

二度超シナリオ実現には輸送セクターでEV革命が必要



B2DS（二度超シナリオ）実現にはゼロエミッション地域指定や内燃機関エンジン車の販売禁止などの強力な規制導入が必要になる。

サウジアラムコの株式公開の裏にEV化など温暖化対策の脅威がある。

Figure 2.5 ▷ World primary energy demand by fuel in the New Policies Scenario

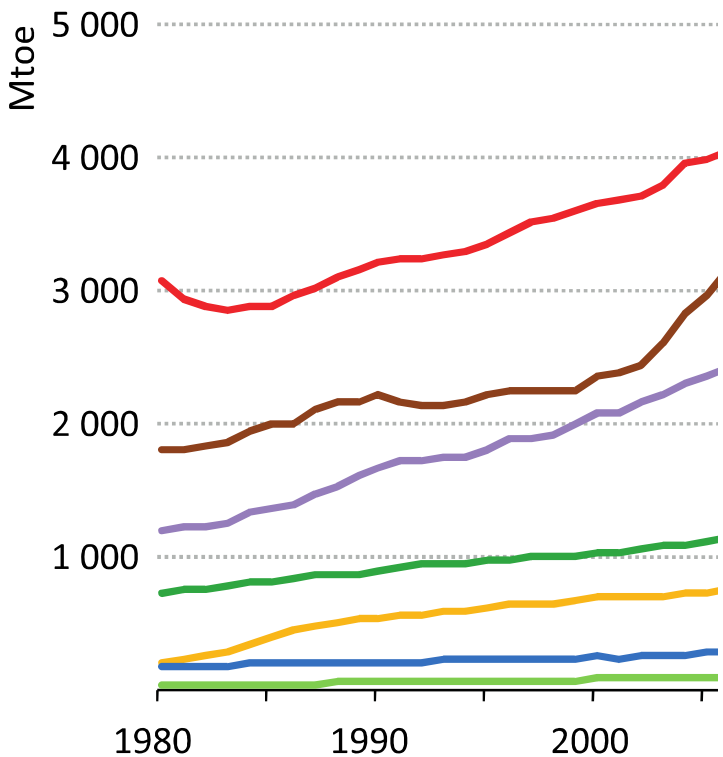
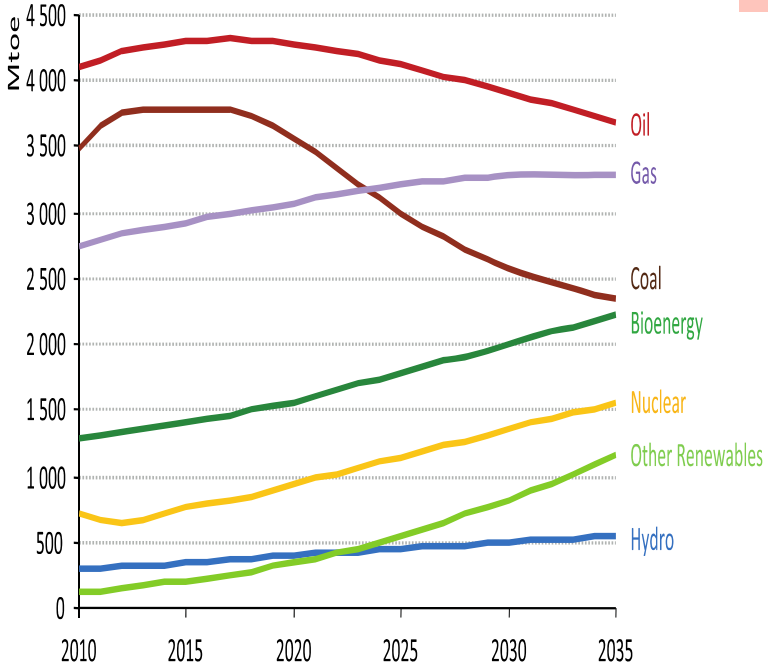


Figure 8.5 ▷ Primary energy demand in the 450 Scenario by fuel



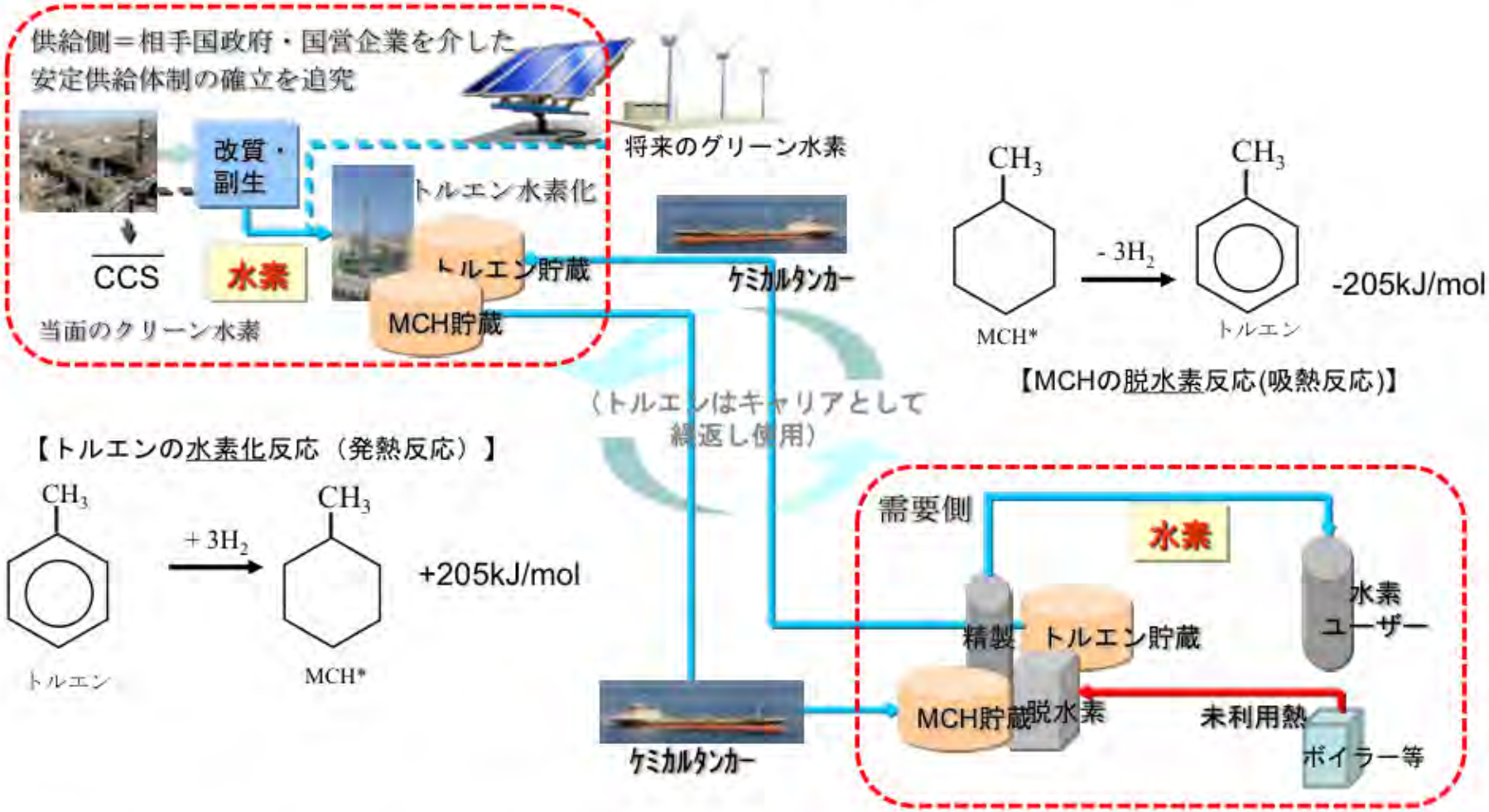
WEO 2013

newables

石器時代は石がなくなったので終わったわけではない。

水素経済の可能性：千代田化工建設の提案するスペラ水素計画

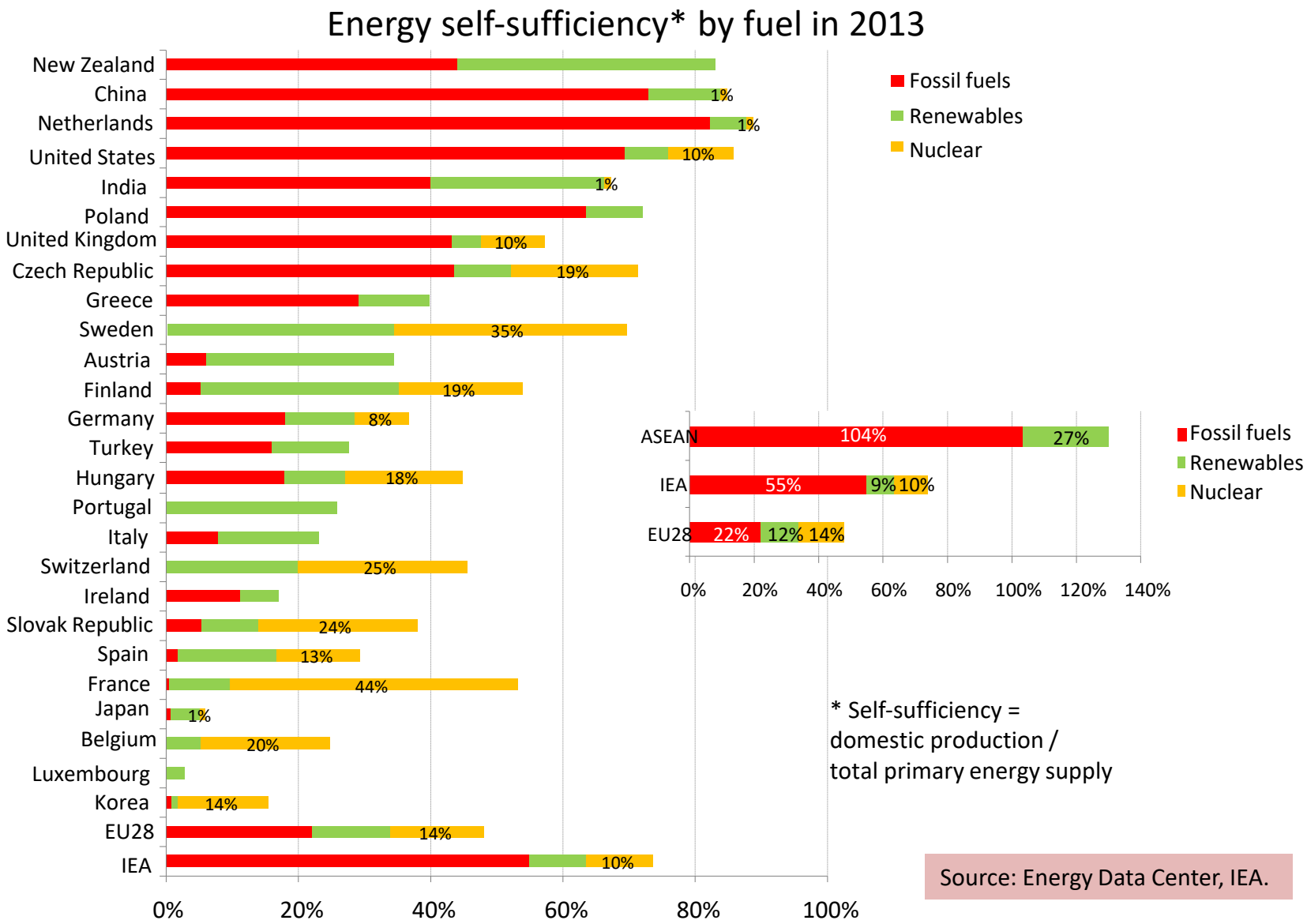
- 有機ケミカルハイドライド法は、常温・常圧での水素輸送・貯蔵を可能とする、世界初の実用技術。
- 既存インフラが活用できるため、経済性をもった水素の導入が可能となる。



＊用語註：　MCH=メチルシクロヘキサン

エネルギー安全保障＝多様性＋連係＋原子力

2013年自給率とエネルギーミックス

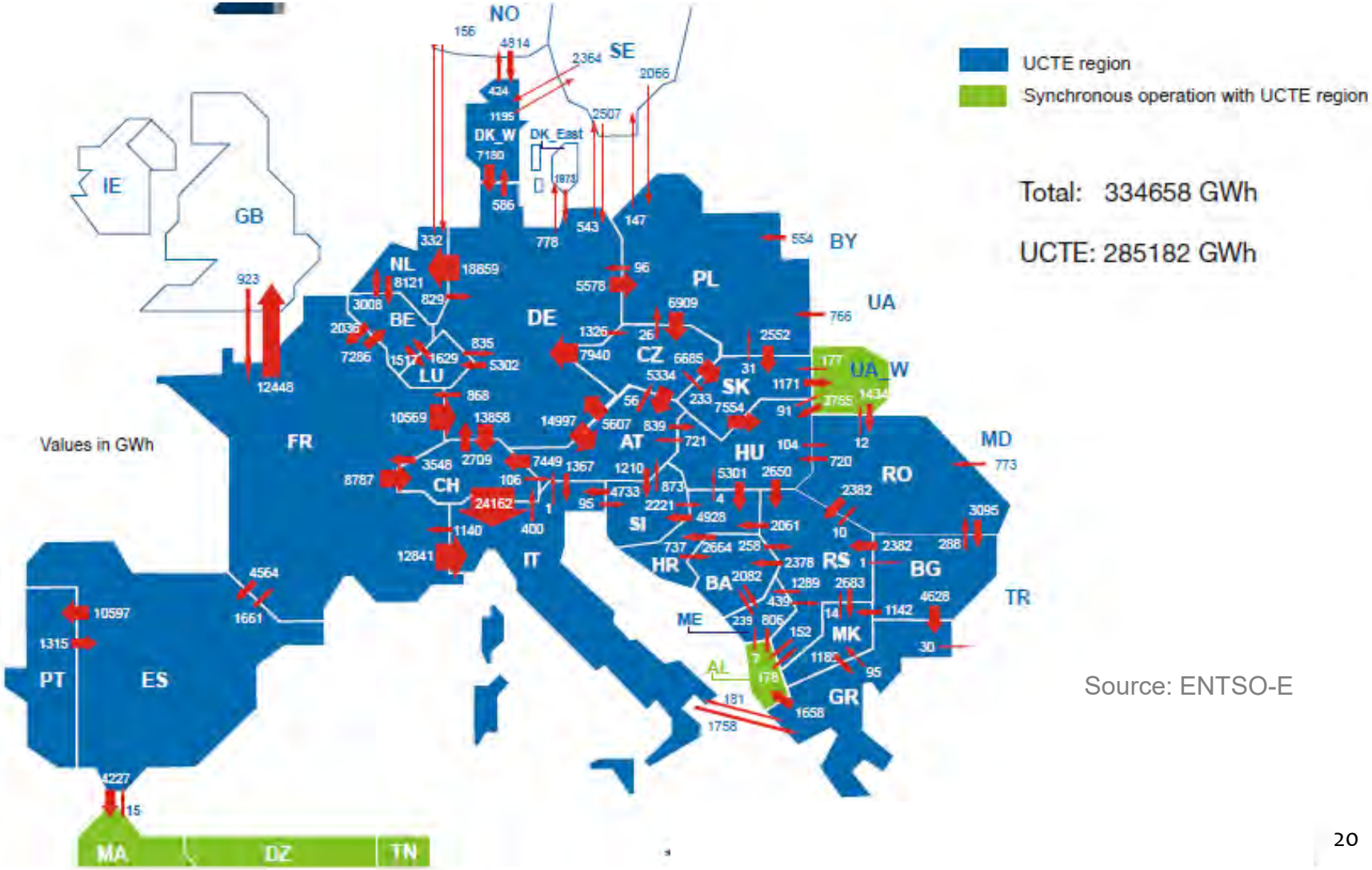


Source: Energy Data Center, IEA.

Note: Does not include fuels not in the fossil fuels, renewables and nuclear categories.

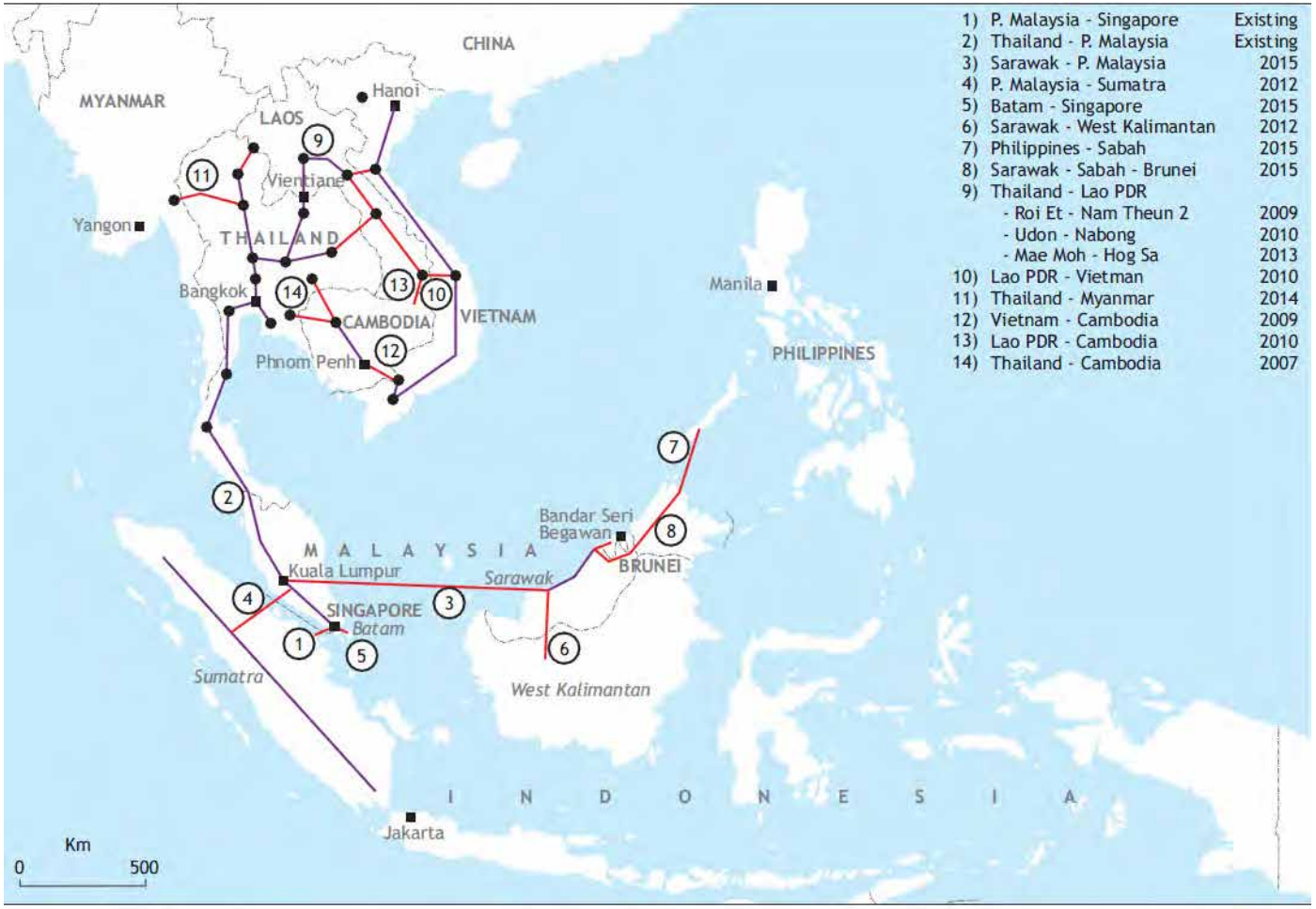
ヨーロッパは系統線連係で集団的エネルギー安全保障と持続可能性実現を目指す

Physical energy flows between European countries, 2008 (GWh)



Source: ENTSO-E

ASEAN諸国の系統線連係



The boundaries and names shown and the designations used on maps included in this publication do not imply official endorsement or acceptance by the IEA.

孫正義さんのアジアスーパーグリッド構想
“Energy for Peace in Asia”　New Vision?

Stable Supply (through regional interdependence)
Fair Electricity Price

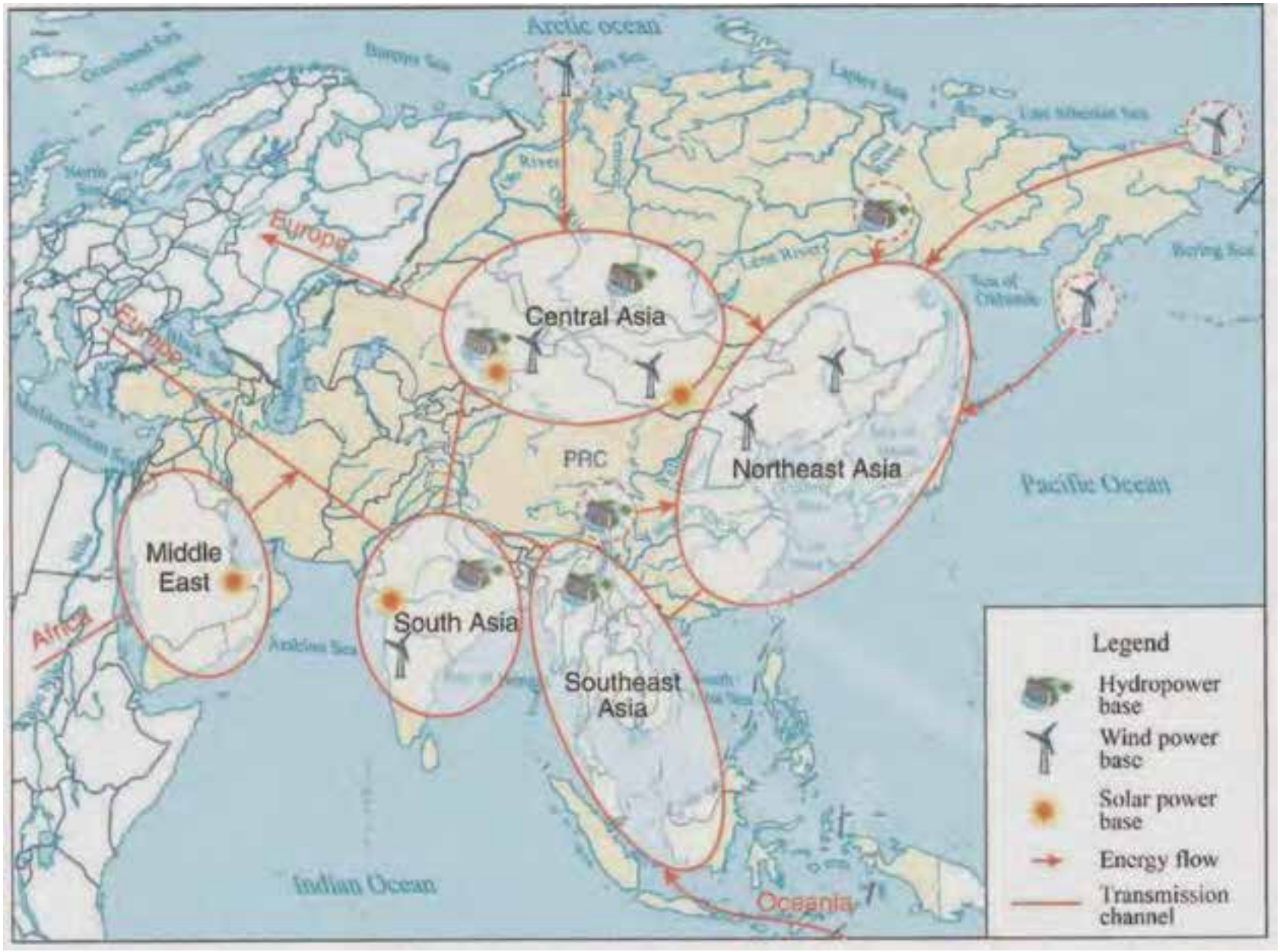
Phase 3

Asia Super Grid

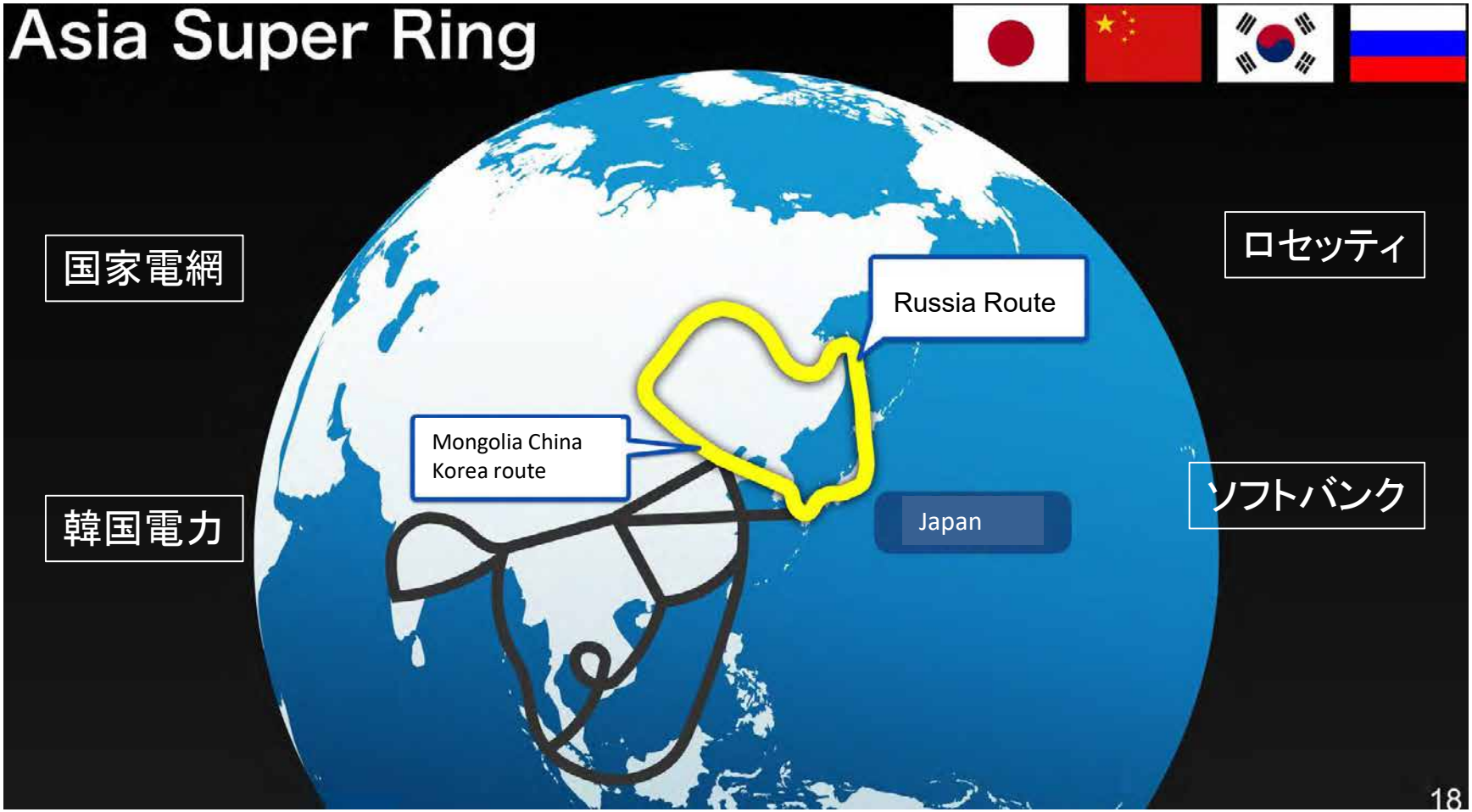
Total 36,000km

ソフトバンク　孫正義氏のプレゼンテーションから

Global Energy Interconnection/ GEIDCO by State Grid CC



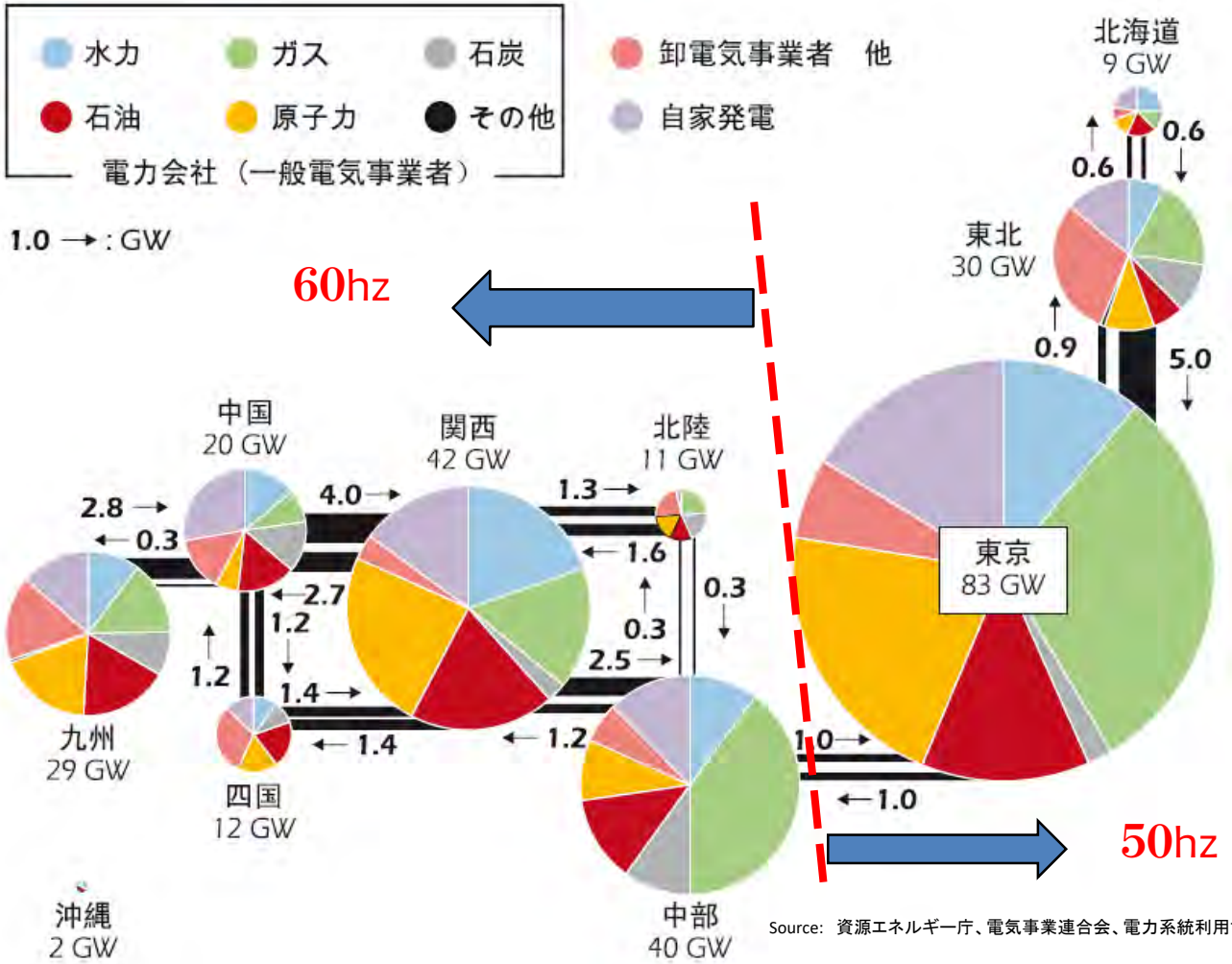
プーチン大統領はアジアスーパーリング構想への支持を表明。



Masayoshi SON's proposal

「日本では電力市場改革と系統網の周波数統一が必要。」とＩＥＡは福島以前から提言してきた。

地域・事業者・発電種別設備容量と地域間連系線



Source:　資源エネルギー庁、電気事業連合会、電力系統利用協議会、　IEA算定

国内のエネルギー市場が一層統合されることで、変動型の再生エネルギー発電利用を拡大しつつ、供給の安定性及び経済効率性が確保される。

私見卓見 OPINION

原子力事業、関西電力に集約を

笹川平和財団理事長・元国際エネルギー機関事務局長 田中伸男

原子力発電所の再稼働はなかなか進まず、日本はエネルギーの9割を中東に依存する状態が続く。万が一、ホルムズ海峡が通航停止になれば国内は大混乱に陥るが、新潟県知事選の結果を見ると、東京電力は福島第1原発の事故から5年が過ぎた今も国民の信頼を回復できていない。

温暖化ガス削減の国際的枠組みであるパリ協定は各国の約束のレベルこそ低いが、今後のピアレビュー(相互評価)で削減圧力が強まろう。再生可能エネルギーの利用拡大が必要だが、思ったほど発電が伸びない状況だ。

一方、アジアの地政学はエネルギーを巡る構図を一変させる可能性がある。ロシアのプーチン大統領は最近、中国、モンゴル、ロシア、韓国、日本を電力線で結んでロシアの電力を輸出する構想への支持を表明した。サハリンと北海道を海底ケーブルでつなぐ構想はこの一部になる可能性がある。ロシアは日本と連携しつつ、中国をハブとする国際連携を目指す中国に対抗しようとしているのだ。

こうしたなか、日本はどんなエネルギーの将来図を描くべきなのか。

原子力事業の再編に関する報道が出ているが、信頼を失った東電は原子力事業を関西電力に売却し、関電を原子力中核会社として人材を集約したらどうだろう。原子力は廃炉や廃棄物対策、新型炉の開発などを進めるために人材や知識の共同活用が必要だ。

東電には発送電の法的分離の次の段階で送電会社を統合する。日本は電力の周波数が東の50ヘルツ、西の60ヘルツと分かれており、地域独占の9電力会社の連携が弱い。これが再生可能エネルギーの利用拡大が進まない理由にもなっている。統合すれば系統連携への投資が進むはずだ。東電の株価は上がり、国の出資も回収できる時が来るだろう。

ガスの調達も共同で行う必要がある。すでに東京電力と中部電力はガスの調達を共同して行う共同出資会社JERAを作り、そこに火力事業を集約しようとしている。

他の電力会社は風力、太陽光を中心とする発電に注力したら良い。隣国と系統線を結んでアジア広域市場ができても、それぞれが得意とする分野に特化することで勝ち残る強い電力会社ができる。

エネルギーはグローバルで動く。国内事情だけで小手先の解決策を探るのではなく、アジアの市場を見ながら大きなビジョンを描くことが答えを導く近道ではないか。

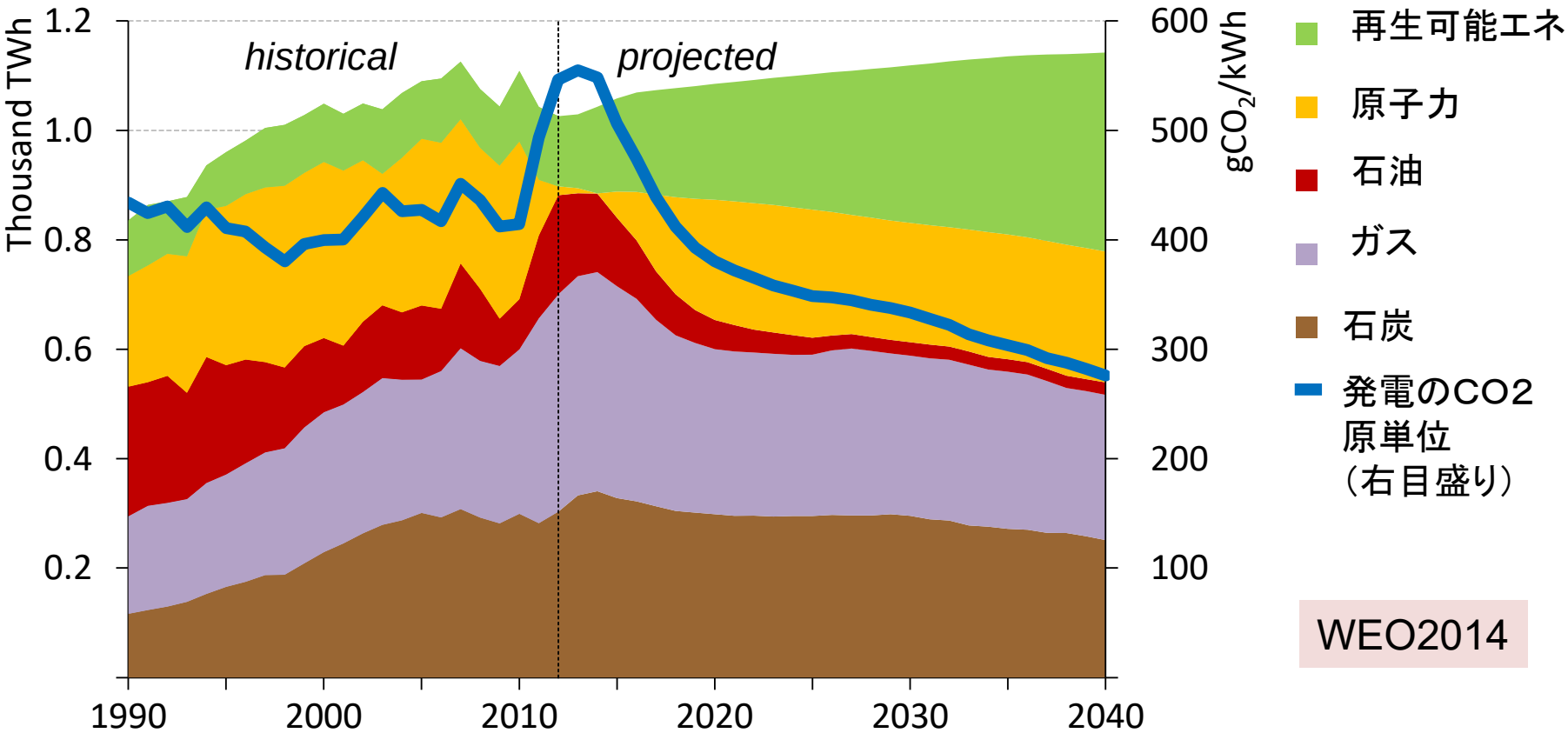
当欄は投稿や寄稿を通じて読者の参考になる意見を紹介します。〒100－8066東京都千代田区大手町1－3－7日本経済新聞社東京本社「私見卓見」係またはkaisetsu@nex.nikkei.comまで。原則1000字程度。住所、氏名、年齢、職業、電話番号を明記。添付ファイルはご遠慮下さい。趣旨は変えずに手を加えることがあります。電子版にも掲載します。

2016-10-28
日経新聞

持続可能な原子力発電技術とは

日本の電力システムは福島原発事故以来危機的状況にあるが、原発再稼働と再生エネルギー拡大で多様性かつ持続可能性を高めることができる。

日本の発電量構成と二酸化炭素原単位

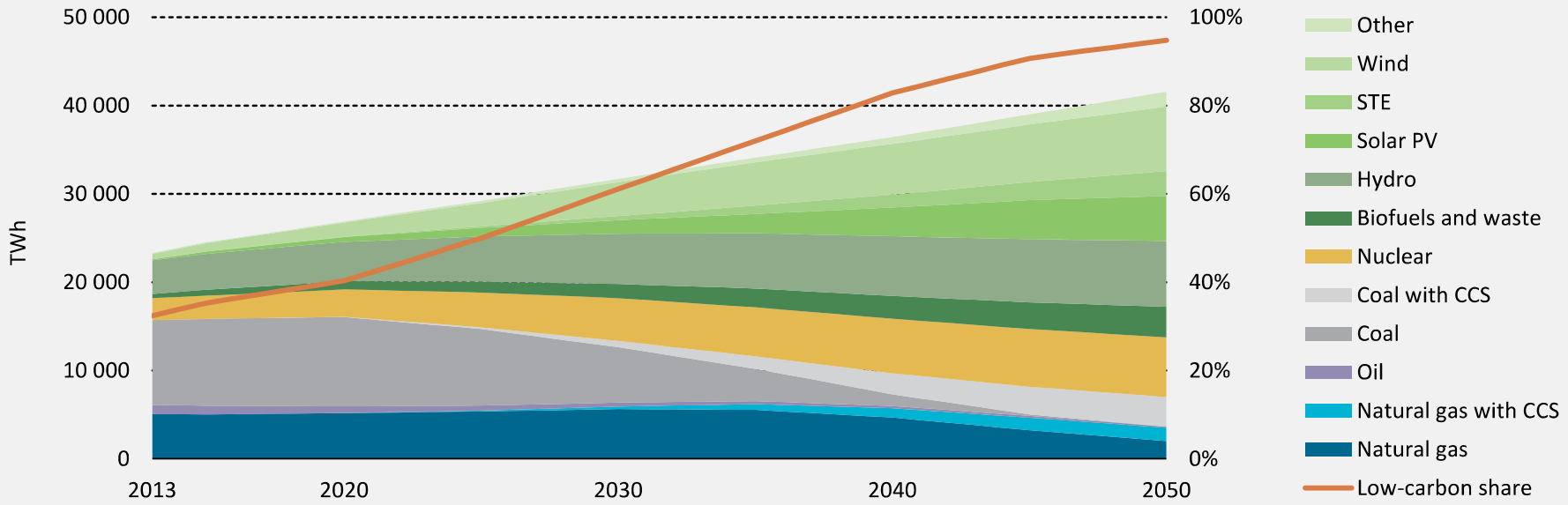


2030年に再生可能エネルギーが20%、ガス20%、石炭28%、原子力21%

With nuclear plants expected to restart & increased use of renewables, Japan's electricity mix becomes much more diversified by 2040

Figure 1.7 Global electricity generation mix in the 2DS, 2013-50

ETP2016



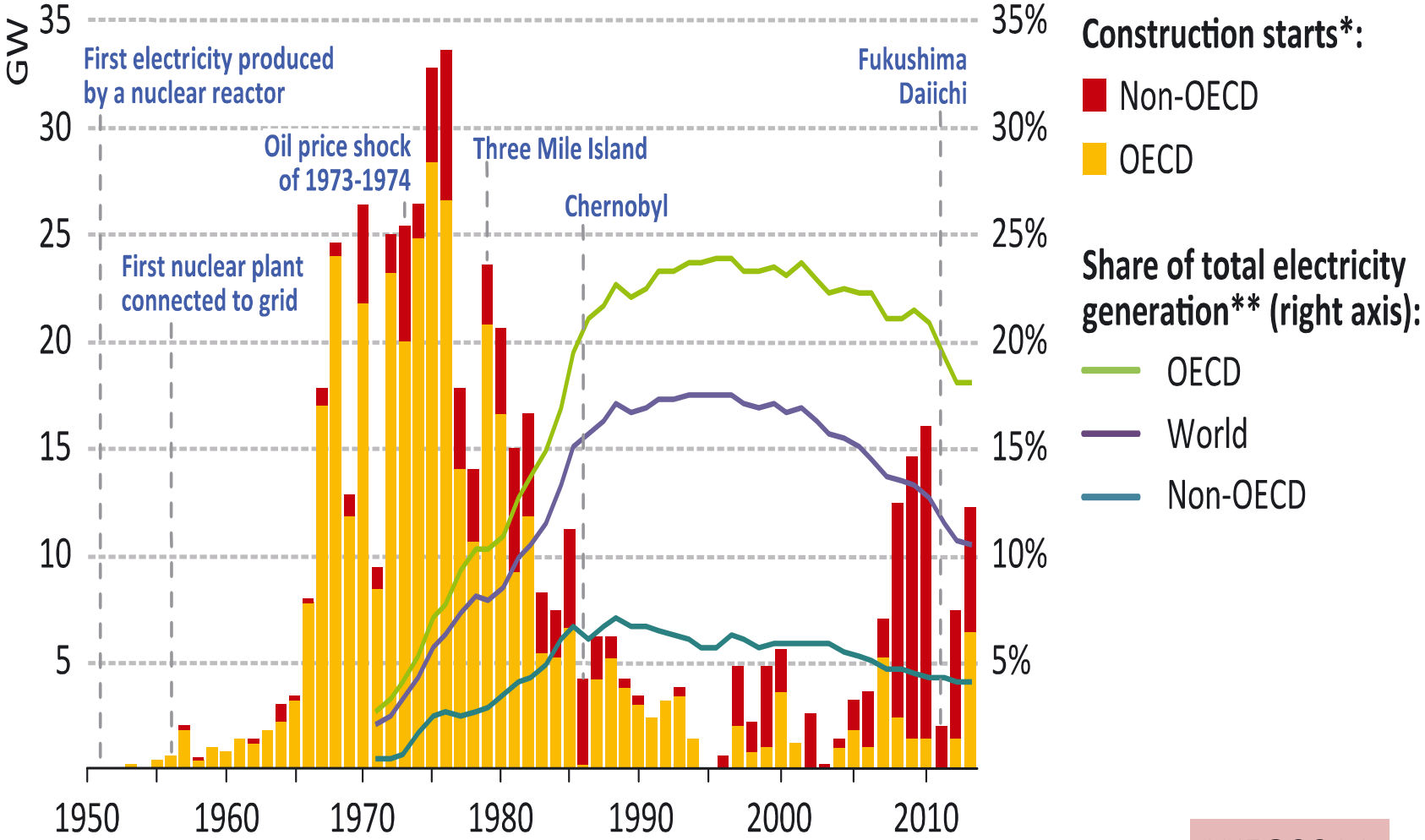
Notes: STE = solar thermal electricity. Low-carbon share refers to the combined share of the generation of electricity from renewables, nuclear and CCS.
Source: IEA analysis and IEA (2015f), *World Energy Statistics and Balances*, www.iea.org/statistics.

Key point *Today fossil fuels dominate electricity generation with 68% of the generation mix; by 2050 in the 2DS, renewables reach a similar share of 67%.*

- 2013の発電シェア
  - 化石燃料: 68%
  - 再生可能エネ: 22%
  - 原子力 : 11%

- 2DS 2050の発電シェア:
  - 再生可能エネ: 67%
  - 化石燃料: 17% (CCS12%)
  - 原子力: 16%

原子炉建設の推移：年20基以上建設した時代もあったが、2030年代には多くの軽水炉が廃炉へ。

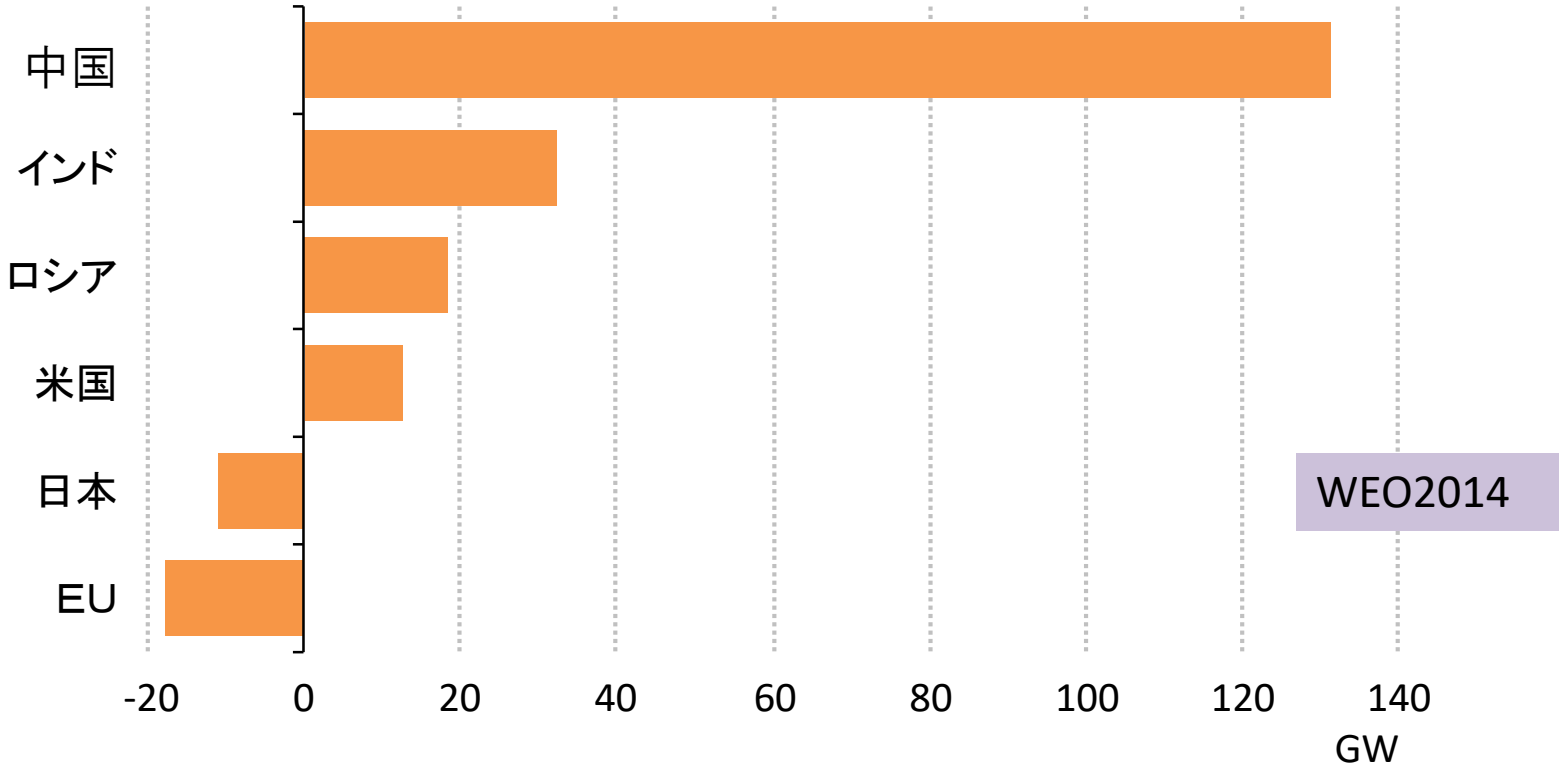


WEO2014

IEAによれば2040年までに200基（現能力の40%）の軽水炉が廃炉になる。

原子力発電能力は60%増加するが中国、インド、ロシアに集中。 WH事件後、OECD地域では軽水炉建設は難事に？

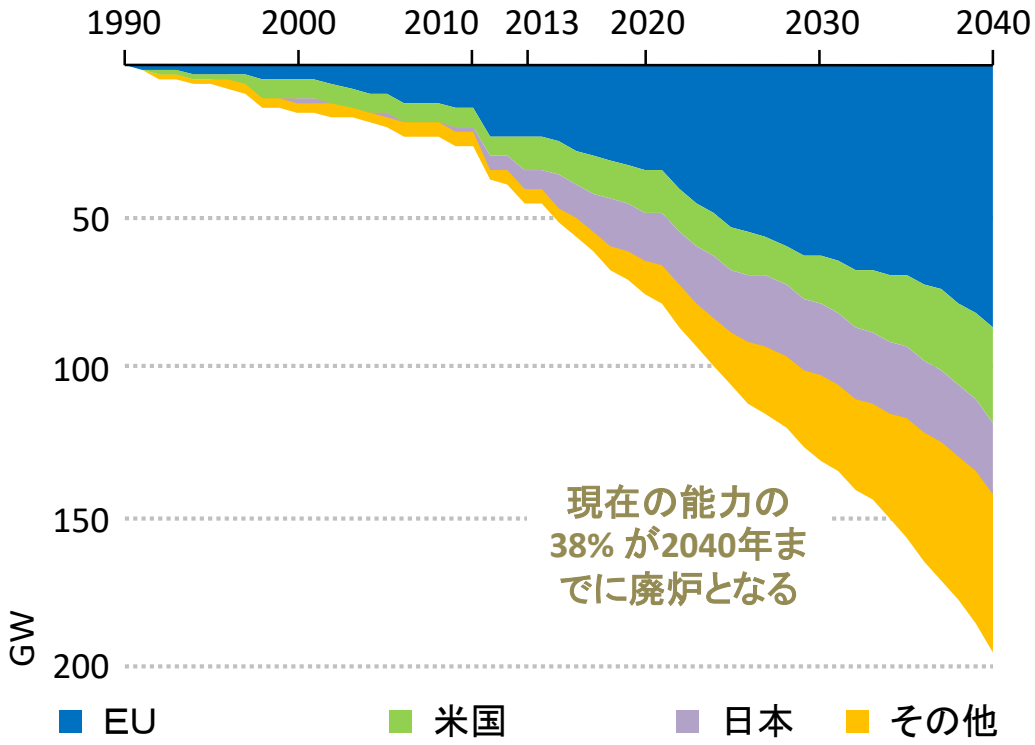
発電能力（ネット）変化, 2013-2040 （ネット＝新設–廃炉）



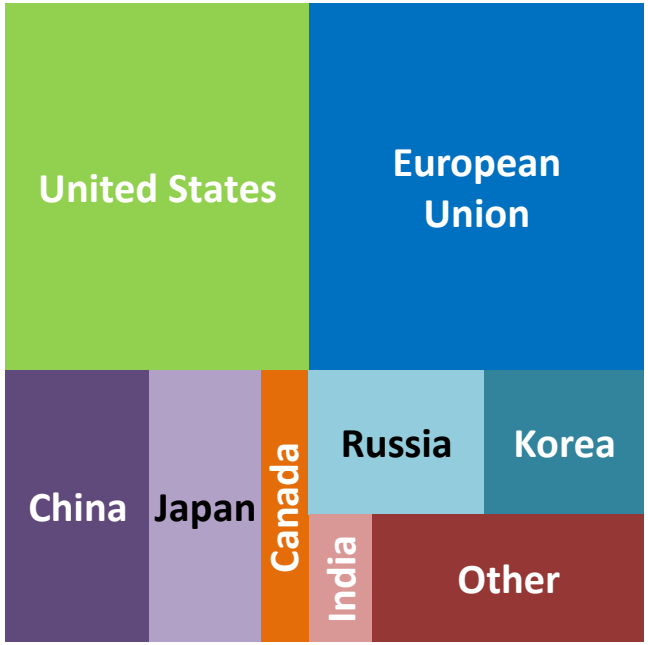
2040までに原子力発電の拡大で現在の二酸化炭素排出量四年分を削減、また、ある国にはエネルギー安全保障の向上と貿易収支改善をもたらす。

原子力発電に関する国民の関心事項に答える必要がある。 安全、廃炉、核不拡散、使用済み燃料問題など。

原子力炉の廃炉 1990-2040



使用済み燃料
1971-2040: 70万5 千トン



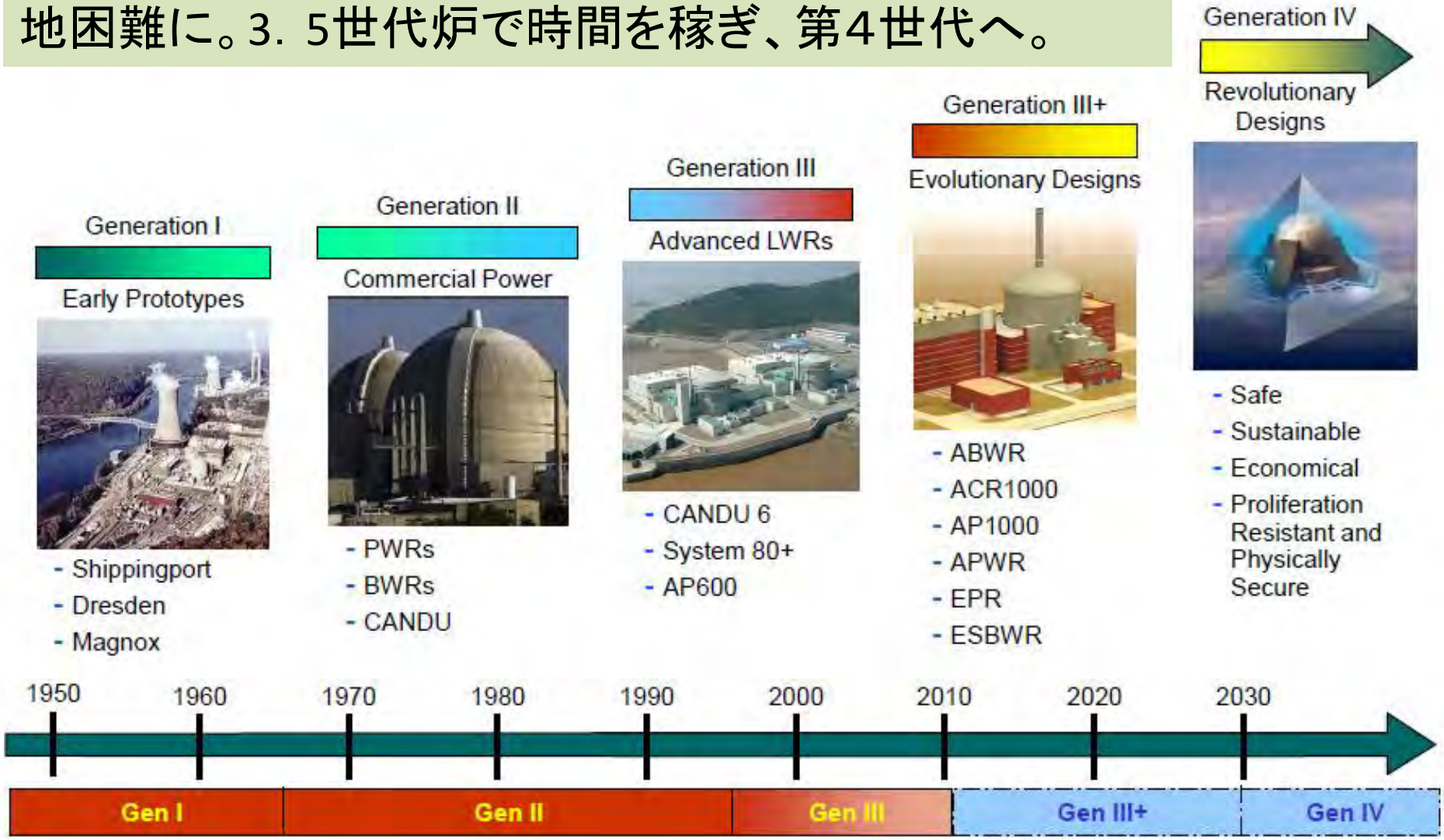
WEO2014

国民の関心はプラントの安全、廃炉、廃棄物処理、核不拡散など。

2040年までに軽水炉200基が廃炉に、　使用済み燃料は倍増。

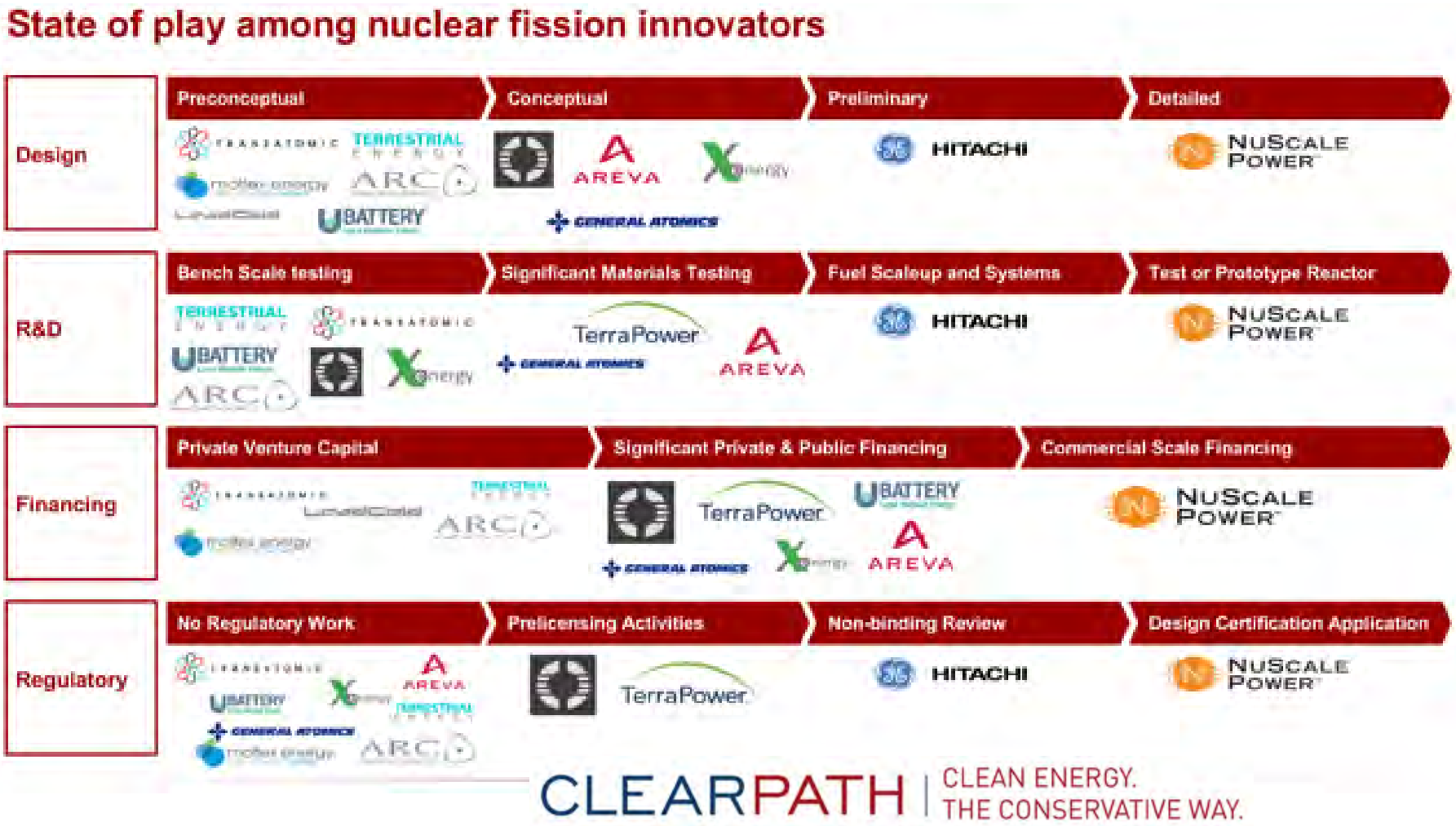
原子炉の技術的進化の歴史

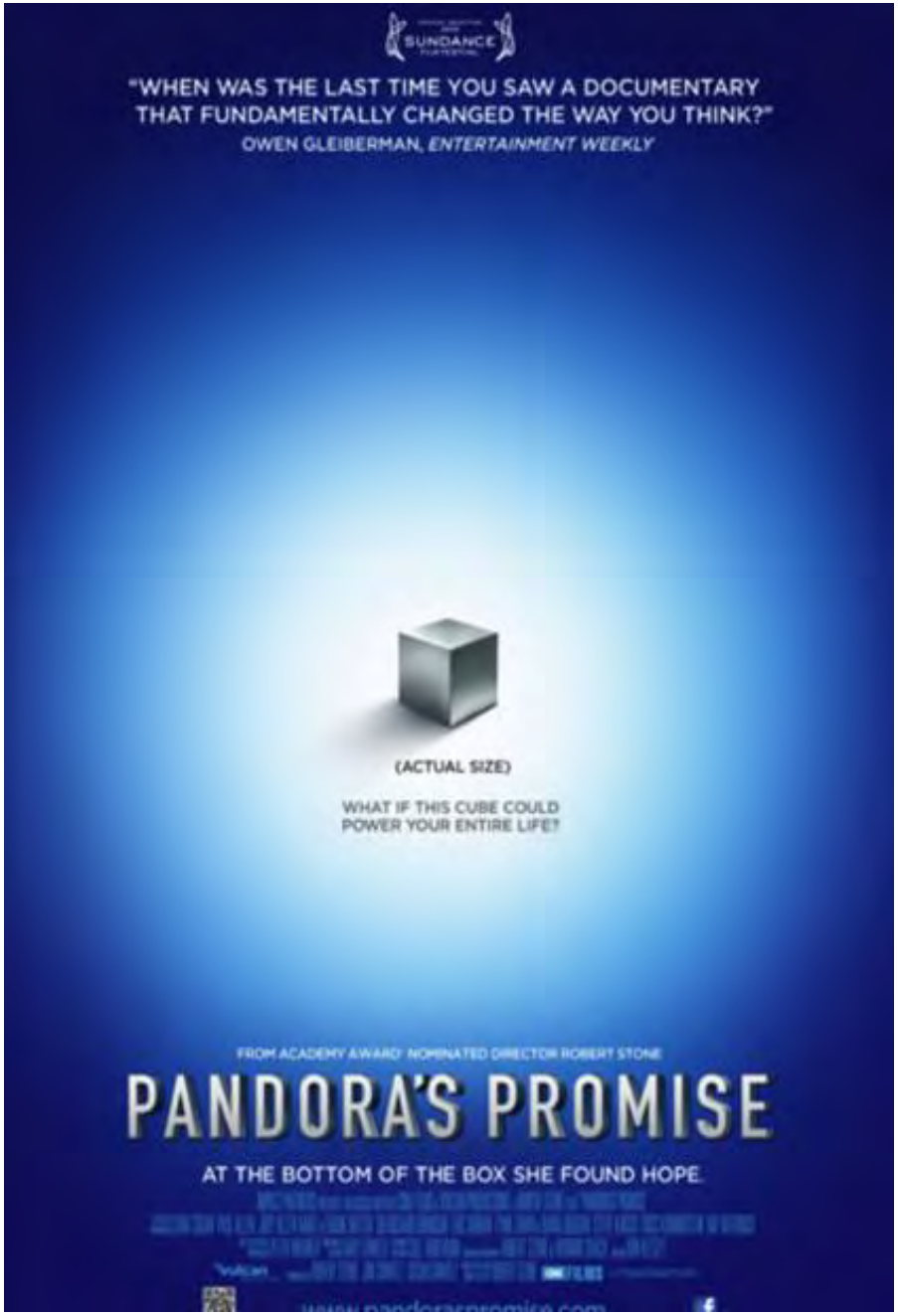
軽水炉は福島事故で建設遅延、西側諸国での新規立地困難に。3．5世代炉で時間を稼ぎ、第4世代へ。



http://www.gen-4.org/Technology/evolution.htm

米国でも様々なベンチャーが第四世代炉を開発中である。





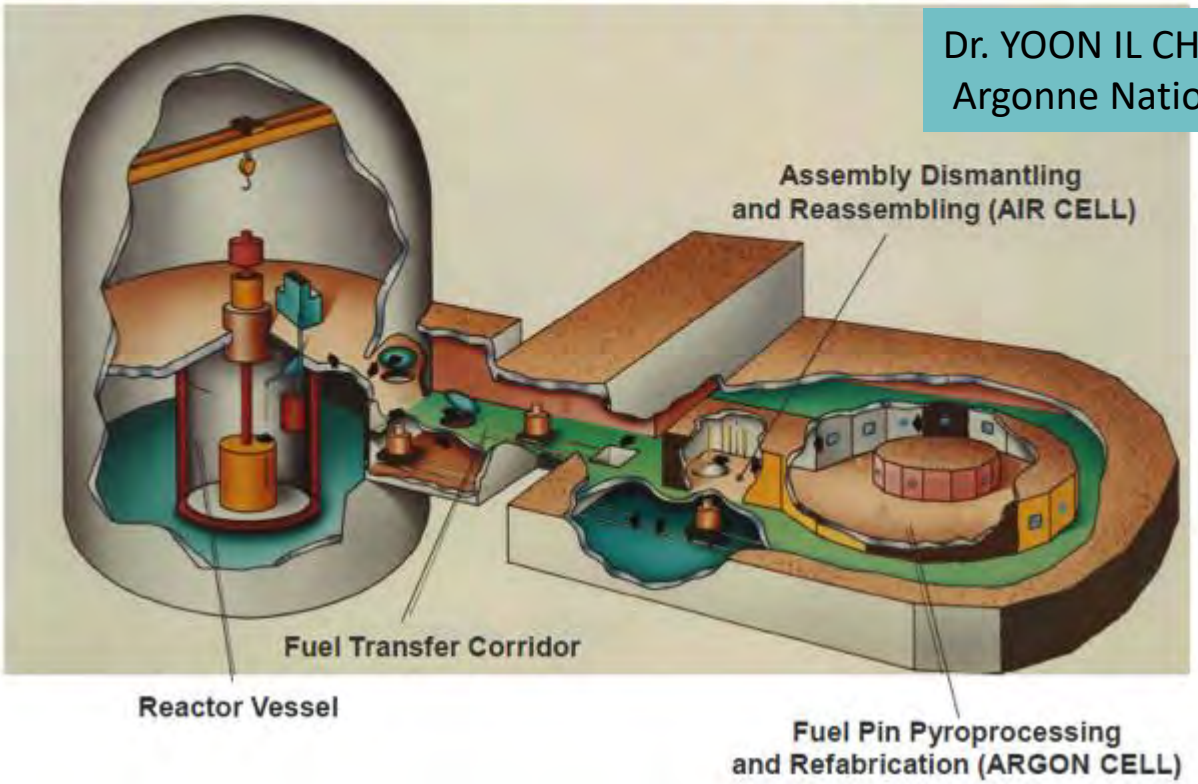
地球環境問題も待ったなし。

ロバートストーン監督の映画「パンドラの約束」は環境派の中で原子力が切り札と考える人たちの物語。 映画の中で受動的安全性を持つ高速炉（統合型高速炉IFR）が紹介された。

「パンドラの約束」に登場する安全性に優れた統合型高速炉（Integral Fast Reactor）と電解型乾式再処理施設（Pyroprocessing）

Pyroprocessing was used to demonstrate the EBR-II fuel cycle closure during 1964-69

Dr. YOON IL CHANG
Argonne National Laboratory



統合型高速炉と電解型乾式再処理はウラン資源の効率的利用、受動的安全性、放射性廃棄物処理の容易性、核不拡散性において軽水炉システムより優れている。

統合型高速炉の技術特性

✓ 次世代炉として革命的進化:
- –ほぼ無限なエネルギー源
- – 固有（受動的）安全性が実証された（１９８６年の実験）
- – 長期廃棄物処理技術
- – 核不拡散性
- –閉じられた核燃料サイクル
- -湿式再処理と比べ施設がコンパクトでコストも安い
- -頻繁な出力調整ができる

✓金属燃料と乾式電解再処理法

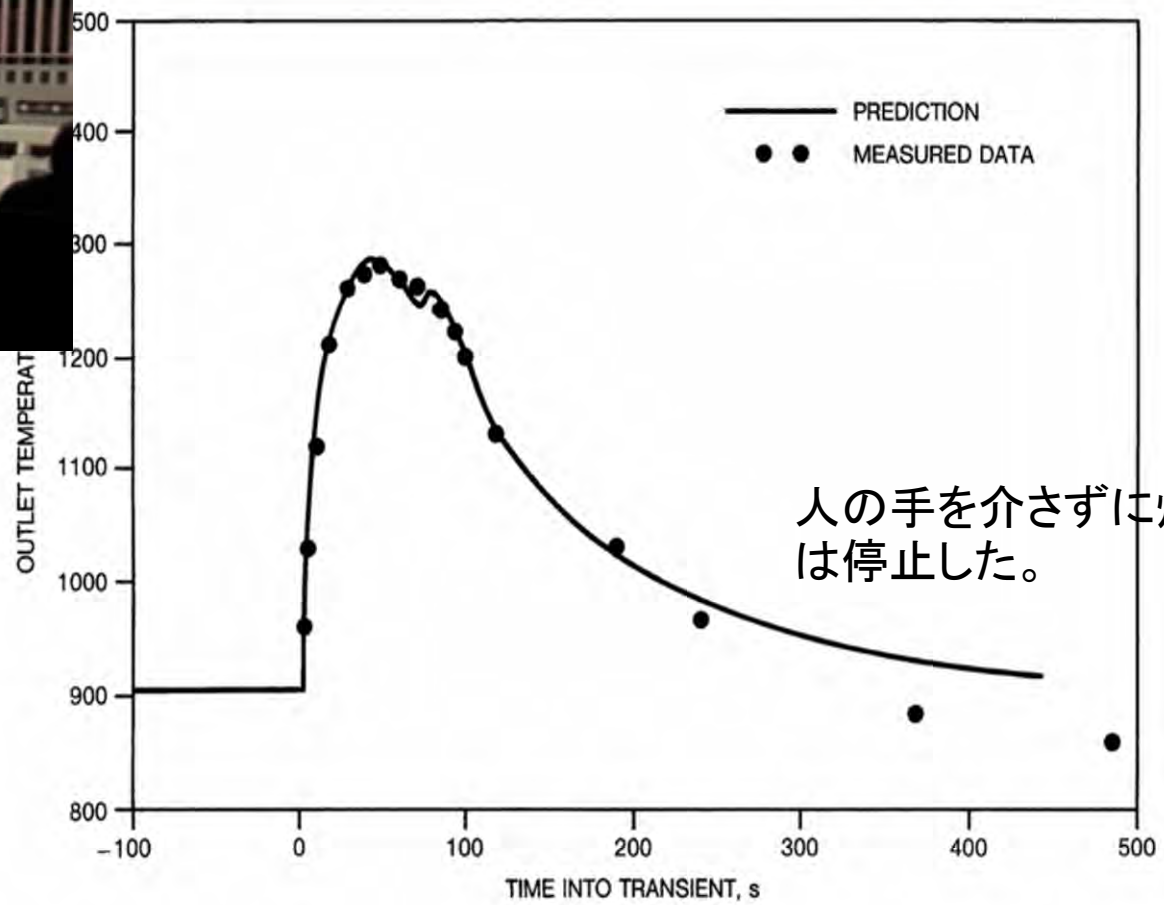
福島第一燃料デブリ処理に有効な技術

✓軽水炉の使用済み燃料処理を補完

日本も電力中央研究所が乾式再処理開発に参加したが、クリントン政権が1994年に研究を中止したため停止。

映画に登場する1986年に行なわれた福島事故に酷似する全電源喪失実験。 炉内温度の推移。

Loss-of-Flow without Scram Test in EBR-II

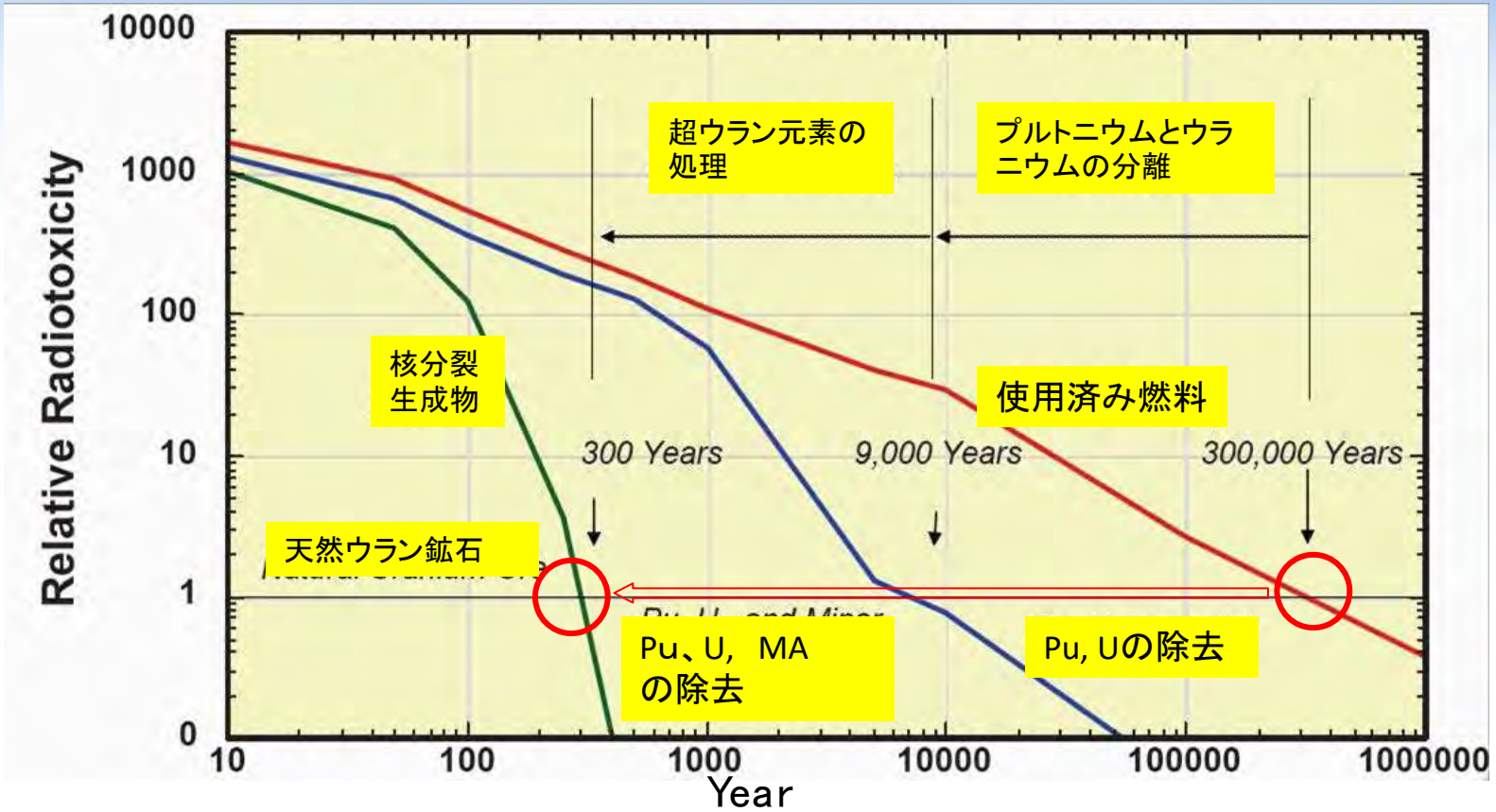


人の手を介さずに炉は停止した。

Dr. YOON IL CHANG
Argonne National Laboratory

高放射性超ウラン元素の廃棄問題

The 1% transuranic (TRU) content of nuclear fuel is responsible for 99.9% of the disposal time requirement and policy issues



Removal of uranium, plutonium, and transuranics makes a 300,000 year problem a 300 year problem

Copyright 2011 GE Hitachi Nuclear Energy Americas LLC
All rights reserved

提案：日米協力で福島第一原子力発電所の使用済み燃料とデブリ処理システムの実証実験を！

- 福島第一原発の使用済み燃料と炉心デブリは県外に持ち出すことは難しい。
- デブリの石棺方式は取らない。
- 福島第二原発は廃炉でない別の活用の道がある。
- 電解型乾式再処理システムはデブリ処理にも有効。（再利用できるPu, U, MAと高レベル廃棄物（300年型）の分離）
- 統合型高速炉（GE のSPRISM炉）での燃焼実証。
- 高レベル廃棄物（300年型）の貯蔵管理廃棄実験。
- 従来の各燃料サイクルを補完するモデル開発と人材育成。
- 米国、韓国などとの国際協力プロジェクト。 日韓関係改善の切り札。 原子力平和利用のモデルを提示。
- 米国は商業再処理を推進しない国策を取るが、この技術で福島復興には協力したいという立場。
- 2018年に来る日米原子力協定延長の環境整備。

地産地消の小型原子力発電モデル：発電、廃炉、廃棄物処理は同じところで

前国際エネルギー機関事務局長　田中 伸男

経済観測

福島のエンドゲーム

2013. 10. 10

米マンスフィールド財団が主催する日米原子力ワーキンググループのメンバーと一緒に、東京電力福島第1原発を訪問した。20キロ離れた「Jヴィレッジ」で毎時0・2マイクロシーベルトだった放射線量は、3号機の側で900マイクロシーベルトを超えた。現場には津波でへこんだタンク、流された車両、倒れた送電塔が今でも見られる。多くの職員が汚染水の処理や漏えい防止、地下水遮蔽（しゃへい）など水にからむ難題と向き合っているが、最後に残るトリチウムを含む水の海への放出については方針が未定のまま、タンクを建てる場所がなくなりつつある。

4号機の使用済み核燃料を運び出す巨大な建屋ができ、別の保管場所に移す準備が進む。放射能と闘いながら作業をしておられる方々の苦労には頭が下がる。安倍晋三首相は政府の関与を世界に公約したが、この発電所全体を最後にどういう状態にするのかは明確ではない。メンバーの米国の専門家からは「まさか、更地にして公園にしようということではないでしょうね」と言われた。そのためのコストと時間は計り知れない。米国の廃炉は、燃料を取り出した後、原子炉をコンクリートで固めて管理するという。地元の理解を得るための説明も徹底して行う。

周辺の高汚染の帰還困難区域全てを年間1ミリシーベルトのレベルに下げるコストは何兆円にもなるだろう。被災者が希望するなら早く土地を買い上げて生活再生を手助けする一方で、長い期間かけて放射能を下げて行くのが合理的解決策ではないか。現場を見たグループのメンバーから「外国の専門家を長期にわたって招き、助言を求めるべきだ」と言われた。政府が最前線に立ち日本人皆が総力を挙げて取り組まない限り、この未曽有の危機は乗り越えられないと知った。

（毎日新聞経済観測2013－10－10　）

うつくしま、福島

昨日はとても勉強になりましたし、何よりも明るい気持ちになりました。福島は日本の科学技術のために使っていただいた場所なのですから。　思いがけない傷を負ってしまった福島ですが、これからも技術者たちの挑戦を見届け、世界の技術発展と人類の未来のために使っていただく地になること、それこそが福島の前向きな選択であると感じました。
5年間悲観的な感情論を山ほど聞いて、どちらに向けて顔を上げていったらいいのか、福島の人間はずっと模索してきたのだと思います。
昨夜、田中様のお話しを聞いて、私は原発が街に初めてやってきた子供の頃のことを思い出しました。田中様のお話は、私にその時と同じ気持ちを思い出させるものでした。そのようなお話を聞いたのはの初めてです。ありがとうございます。
事故の前まで、福島県のキャッチコピーは、美しい島という意味で、「うつくしま、福島」だったのです。事故後に、そのポスターも言葉も消えました。私は科学技術に尽くすという意味で、「つくすしま、福島」でいいのではないか、これは決して後ろ向きの決意ではなく、福島の誇りだと思います。是非とも実現に向けて頑張っていただきたいし、ご協力できることがあればやらせていただければ嬉しく思います。私は身体障害者ですが、自由な時間はたくさんありますので、社会のお役に立てることがあるなら、身体が動く限り何でもやってみたいと思っています。

リッコーバー提督の伝説：軽水炉の成功が高速炉をクラウディングアウトした。

CSIS　ナイ・アーミティジ報告　から抜粋　(2012/8/10)

両国は、より強力で対等な同盟にするためには、一流国家(tier-one nations)の見方から臨むことが必要。一流国家とは、重要な経済的な重み、能力ある軍事力、世界的なビジョン、国際的な関心事項への民主的な指導性を持たなければならない。米国は間違いなく一流国家だが、日本の場合は、決断すべき事がある。つまり、日本は、なお一流国家であり続けたいのか、あるいは二流国に漂流しても構わないのか？

１、エネルギー・セキュリティ
（原子力）
福島事故が原子力そのものに大きな負の影響をもたらした。我々は、安全審査と地元の同意を前提として、原発を慎重に再開する事が正しく、また、責任あるやり方だと考える。　日本はエネルギー利用効率では巨大な進歩を遂げており、エネルギーでの研究開発では世界のリーダー。　短期的に、原子力なしでは、CO2排出量削減目標達成や基盤発電量の確保日本に深刻な反作用が生ずる。国家エネルギー政策の策定が延びると、日本にとって重要でエネルギー消費型の産業が国外に去り、国家の生産性を危うくする。中国が、世界的な民生原子力発電国家となってロシア、韓国、さらにはフランスの仲間に入るつもりなので、日本にはその動きに遅れる余裕など無いはずだ。　福島からの教訓を立って、安全な炉設計やキチンとした規制実践で世界をリードしなければならない。

永井隆　長崎医科大学教授、「長崎の鐘」の著者

1945年(昭和20年)8月9日、長崎市に原子爆弾が投下され、爆心地から700メートルの距離にある長崎医大の診察室にて被爆。右側頭動脈切断という重傷を負うも、布を頭に巻くのみで救護活動にあたった。救護活動の合間に「原子爆弾救護報告書」(第11医療隊)を執筆し、長崎医大に提出した。　その結語で彼はこう述べている。

「すべては終った。祖国は敗れた。吾大学は消滅し吾教室は烏有に帰した。余等亦夫々傷き倒れた。住むべき家は焼け、着る物も失われ、家族は死傷した。今更何を云わんやである。唯願う処はかかる悲劇を再び人類が演じたくない。原子爆弾の原理を利用し、これを動力源として、文化に貢献出来る如く更に一層の研究 を進めたい。転禍為福。世界の文明形態は原子エネルギーの利用により一変するにきまっている。そうして新しい幸福な世界が作られるならば、多数犠牲者の霊も亦慰められるであろう。」

日経新聞一月二十一日

経済教室

持続可能な原子力を探れ

日本、米独と事情違う

原油安続いても原発必要

大震災から5年 エネルギー政策 ㊦

ポイント

- 原油安続くと中東依存が一層高まる懸念
- エネルギー安全保障と温暖化回避両立を
- 日米原子力協定改定を見据え未来図描け

田中 伸男 元国際エネルギー機関事務局長

東日本大震災から5年がたった今、エネルギー情勢は様変わりしている。

例えば石油価格。2014年の夏からみて国際石油価格は約3割の水準だ。国際エネルギー機関（IEA）が15年11月に発表した世界エネルギー見通しで注目すべきは「石油低価格シナリオ」だ。5年前に北米のシェールオイル生産が日量400万㌭を超え、天然ガスでも米国が輸出国になると予想する者はいなかった。さらに石油輸出国機構（OPEC）のリーダー、サウジアラビアが減産せず価格支配を放棄したのも驚きだ。

サウジは北米産シェールオイルがどの程度の価格弾力性を持つのか試している。原油価格低迷でシェール減産を予想する者が多かったが、リグ（掘削設備）などの価格低下、効率的な油田への資源集中により、シェールは結構しぶといことが分かってきた。

IEAはシェールオイルの価格弾力性を分析し、市場価格にあわせて素早く供給を調節する機能はOPECから北米のシェールに移ったと結論付けている（図参照）。「エネルギー新時代」の幕開けだ。

日本は震災後5年間、大半の原子力発電所が停止し、ガスと石油の輸入増で国富を流出させてきた。しかし最近の原油価格低迷が貿易収支を改善し、安倍政権の経済政策アベノミクスを支えている。これは日本にとって極めて幸運だが、一体いつまで維持できるのか。一方で、長引けば良いことばかりではなくなる。

IEAは2年連続で石油の上流投資が減るとみる。石油低価格シナリオの第1の問題は、北米やブラジルなど非OPECの高コスト生産地域で投資が減るため、将来は低コストの中東のOPEC諸国に過度に依存することになる点だ。このシナリオでは世界の石油貿易量の半分以上がホルムズ海峡経由になる。最近のサウジとイランの対立激化や過激派組織「イスラム国」（IS）によるテロの拡散など、中東情勢は予断を許さない。

日本は昨年、ペルシャ湾などでの緊急事態に対応するため安全保障法制を強化した。今後は同じく中東依存が高まる中国、インドとの安全保障協力も視野に入れるべきだ。米国からの液化天然ガス（LNG）輸入に加え中東外の大供給国、ロシアとの関係強化が重要だ。ロシアも日本との安定した取引を求めている。この際、ガスパイプラインや電力グリッド（送電網）への連係など思い切った経済連携を進めるべきだろう。

ガスパイプラインによるドイツとロシアの経済統合が、東西ドイツの再統合を可能にしたと考えれば、日ロ間のエネルギーブリッジがいずれ北方領土問題解決への一里塚になると考えられる。政府がアジアと一体のエネルギー安全保障を考え、産業界は国内市場が縮小する中で広くアジアと一体となったエネルギービジネスを考えるべきだ。

原油価格低迷がもたらす第2の問題は地球環境問題への取り組みの遅延だ。温暖化ガス削減問題は5年間全く進展がなかったが、15年末の第21回国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP21）の合意が転機となるかもしれない。

今回は米中を含む主要国すべてが参加するメカニズムができた。また各国の約束を5年ごとに見直し、徐々に目標に近づくボトムアッププロセスが誕生した。5年前の震災を理由にした義務免除はもう通用しないし、将来削減が一層強化される可能性がある。

IEAは再生可能エネルギーが将来石炭、天然ガスを追い越し、最大の電源になるとみている。そのためには化石燃料から低炭素エネルギー一人一挙にシフトを起こす必要がある。しかし低価格の石油、ガス、石炭はこれに水を差す。

特に石炭は今安いからといって、低効率の石炭発電設備投資をすると排出規制が強化されれば困ったことになる。解決のためには石炭ガス複合発電（IGCC）など高効率発電技術や、将来実現する二酸化炭素（CO_2）回収・貯留技術（CCS）を遡及適用することが必要になる。

将来に炭素価格が高くなれば、水素技術は逆に日本のお家芸になりうる。こうしたリスクをコストとして認識するため、欧米の企業の多くは将来のCO_2価格を1㌧当たり30～60㌦と想定して、投資決定のハードルレートに加えていると聞く。一方、日本企業でこうした動きはほとんどないようだ。パリ合意を受けて早く日本企業も同様の準備を始めるべきだろう。

原油価格低迷の第3の課題は、原子力の将来をどう描くかだ。中東危機は千年に一度の津波より頻繁に起きる可能性が高く、原子力は準国産の電源として重要だ。原発事故から5年がたち、厳しい安全基準の下で原発再稼働が徐々に進む中で、政府は30年に原子力発電が全電源の20～22%を占めるとの目標を立てた。

これはエネルギー安全保障と温暖化ガス排出削減目標の達成を可能にする最低限の目標だ。今後も原油価格低迷が続くなら、原発は不要との声があるがそう単純ではない。

シェール革命で天然ガスが極めて安い米国では、ガスが石炭より割安になったためガス発電が石炭発電に取って代わり、CO_2排出削減と経済成長の両立が可能になった。また米国では、シェール革命で従来の石炭に加え石油やガスが今後数十年間は豊富に生産されるので、安全保障上の理由から割高な原子力発電を進める必要性は乏しい。残念ながらシェール革命のない日本にこんな余裕はない。

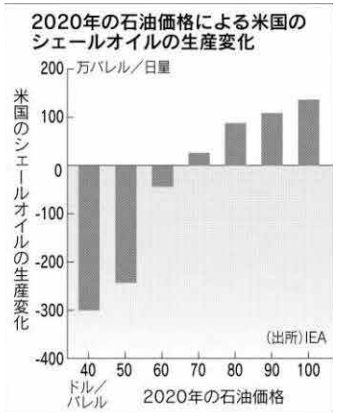
ドイツが22年までに原発を順次廃止できるのも、いざとなれば隣国のフランスから原子力の電気を輸入できるからだ。さらに欧州は電力グリッドが緊密に連係して大市場を形成することで、変動する風力・太陽光の利用度を上げることも目指している。欧州はまさに集団的な連係プレーでエネルギー安全保障と持続可能性を同時に達成している。

隣国と連係がないうえ、国内の電力網すら50㌭と60㌭で東西に分断されている日本で同じことはできない。

今でもなお多くの国民が安全保障、地球環境貢献、経済性といったメリットだけでは原子力推進に賛成できないようだ。確かに、他のエネルギーよりも厳しい持続可能性条件が原子力には求められる。その条件とは、第1に万が一事故が起きても放射能がまき散らされないという原子炉の受動的安全性、第2に使用済み核燃料や高レベル廃棄物が安全に処分されること、第3に日本が途上国に技術輸出しても核兵器に転用されないという核不拡散性である。

実はこうした技術はすでに米国に存在する。アルゴンヌ国立研究所が開発した統合型高速炉（IFR）と電解型乾式（空冷式）再処理技術だ。この技術は福島第1原発の炉心で溶け落ちた核燃料（デブリ）の処理に必須である。高速増殖炉「もんじゅ」も、この炉で使う金属燃料の燃焼実験に使える。

日米原子力協定の改定が18年に迫っている。日米国民が納得する協定延長のためには持続可能な原子力システムの未来図が必要だ。この際、日米共同で炉心デブリ処理技術の実証実験を福島で進めることが近道ではないか。

震災から5年がたつが、世界のエネルギー情勢は嵐のまっただ中にある。立ち止まっているわけにはいかない。

たなか・のぶお 50年生まれ。東京大経卒、旧通産省へ。笹川平和財団理事長