

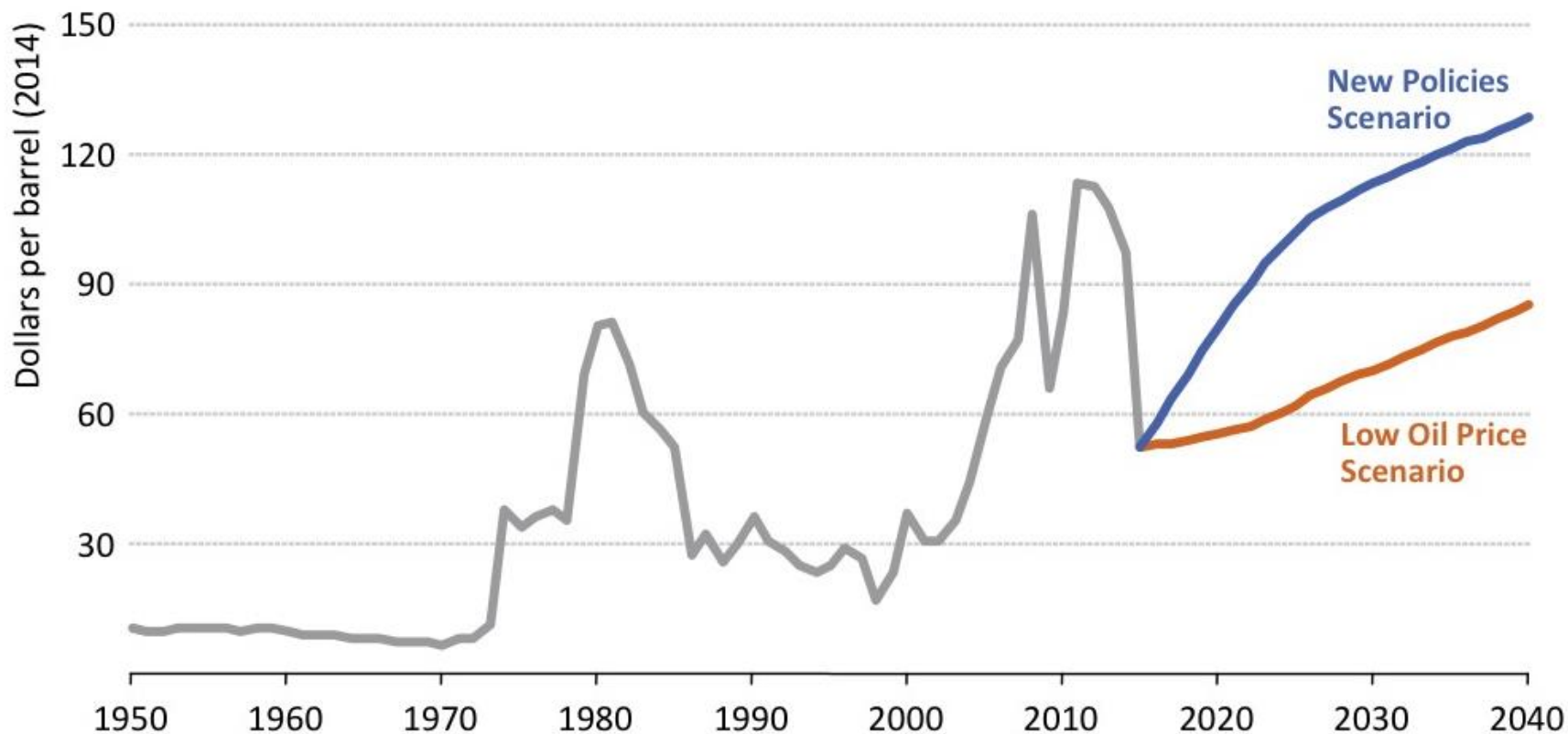
嵐の中のエネルギー戦略 持続可能な原子力技術とは

2016-6-21 キヤノングローバル戦略研究所

国際エネルギー機関(IEA) 前事務局長
笹川平和財団理事長
田中伸男

低石油価格シナリオ

Figure 4.1 ▶ Average IEA crude oil import price by scenario

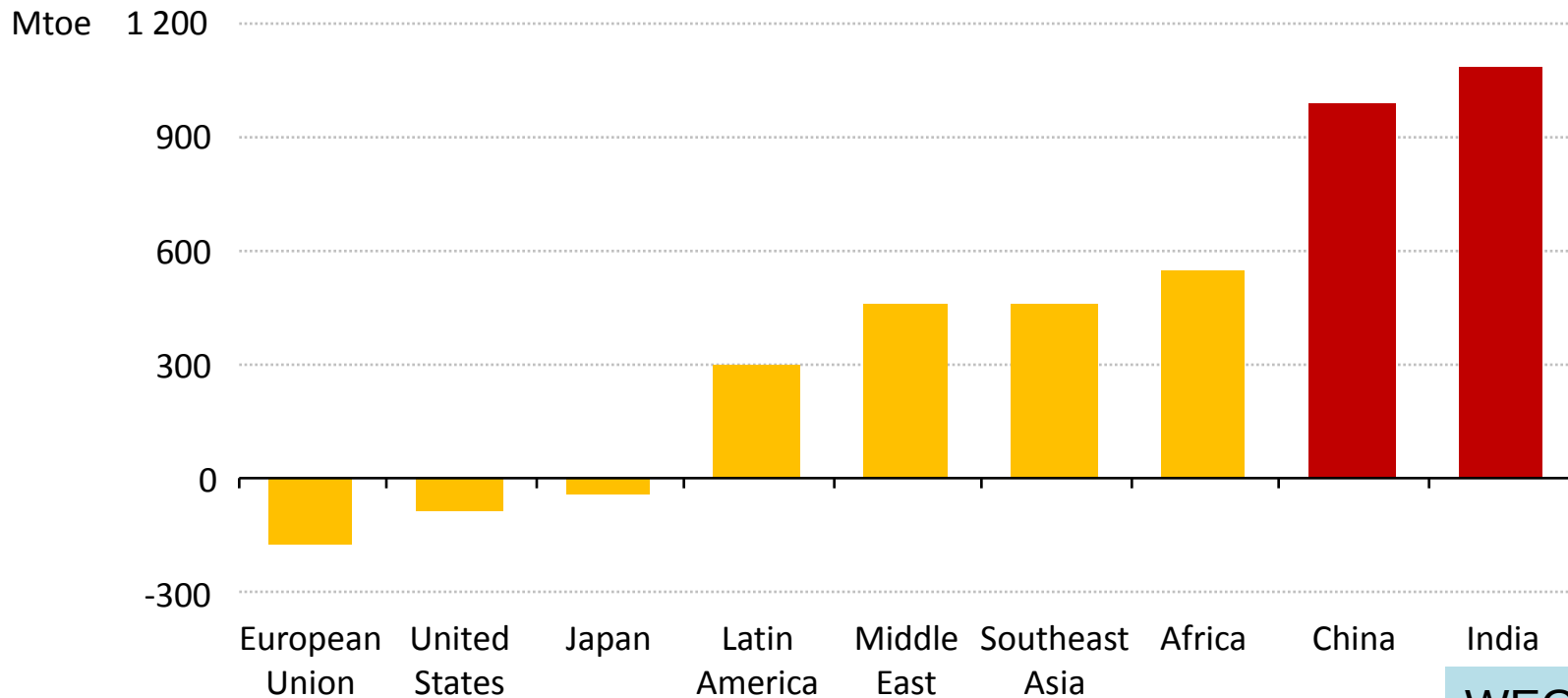


バレル50ドル程度の価格が2020年代まで続くと何が起こるか？

WEO2015

アジアでのエネルギー需要増加: その帰結

Change in energy demand in selected regions, 2014-2040



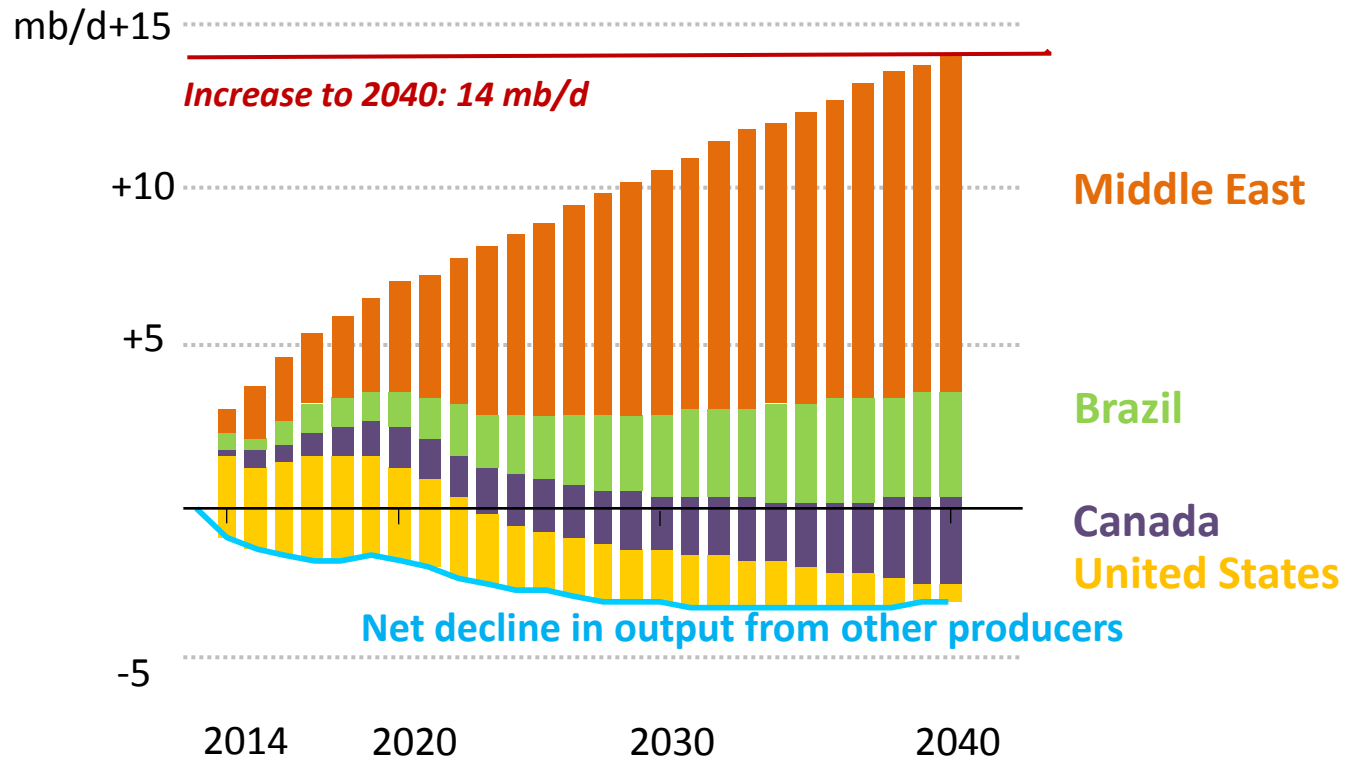
WEO2015

**2040までにインドのエネルギー需要は米国並みに。
一人当たりでは世界水準の四割に満たないが。**

中東の不安定性が石油市場にとって より大きなリスクとなる。 低価格ならなおさら。

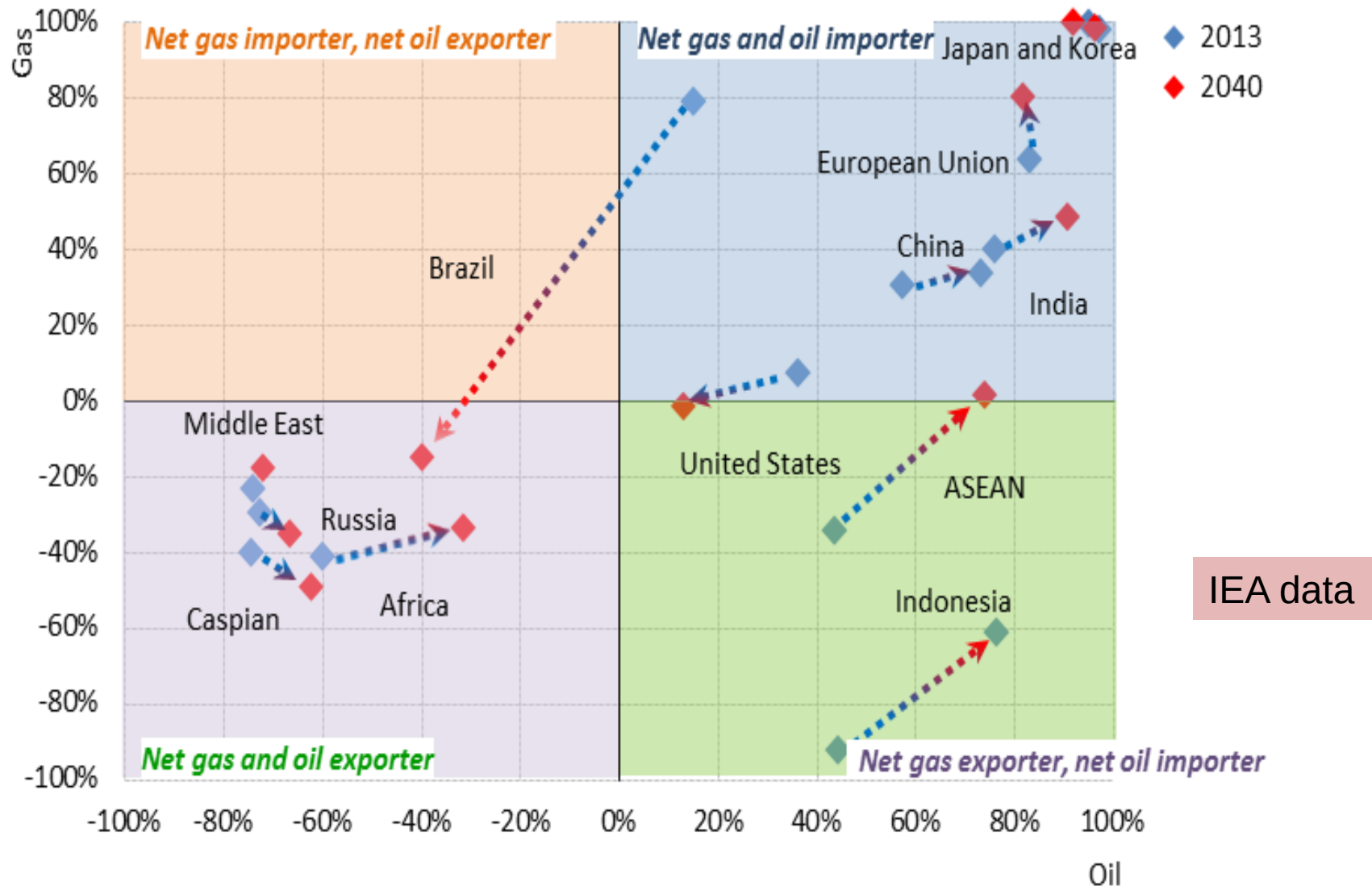
Oil production growth
in United States, Canada, Brazil & the Middle East

IEA data



足下の石油価格下落で目を曇らせるな。 需要が日量1千4百万バレルを超えたときのリスクは大きい。 より不安定化するイラクとその他の中東への依存が上昇するからだ。

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

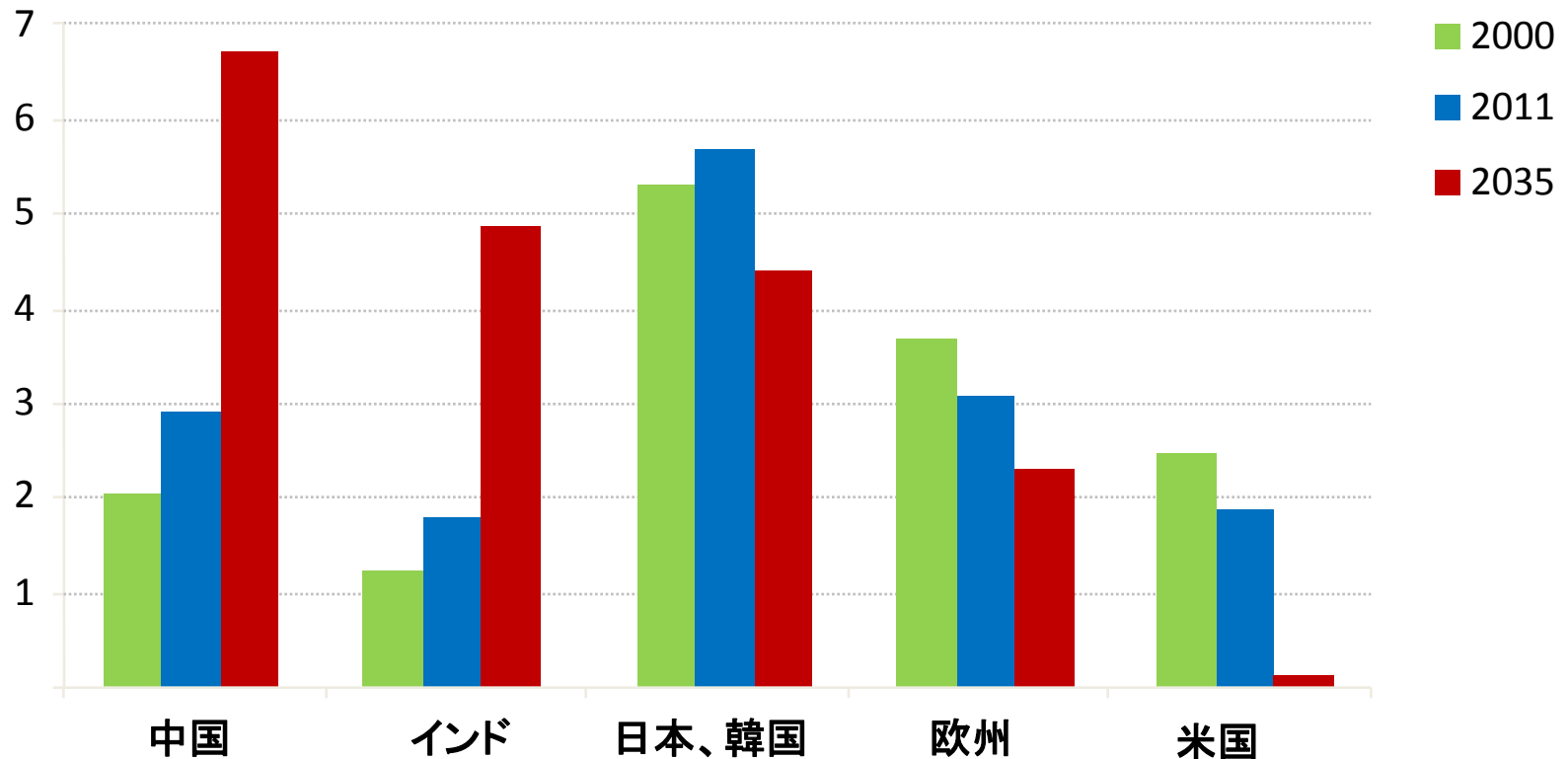


米国の中東からのエネルギー自立。 中東の石油がアジアへ: 新たなシルクロード

中東からの石油輸出(仕向け地域別)

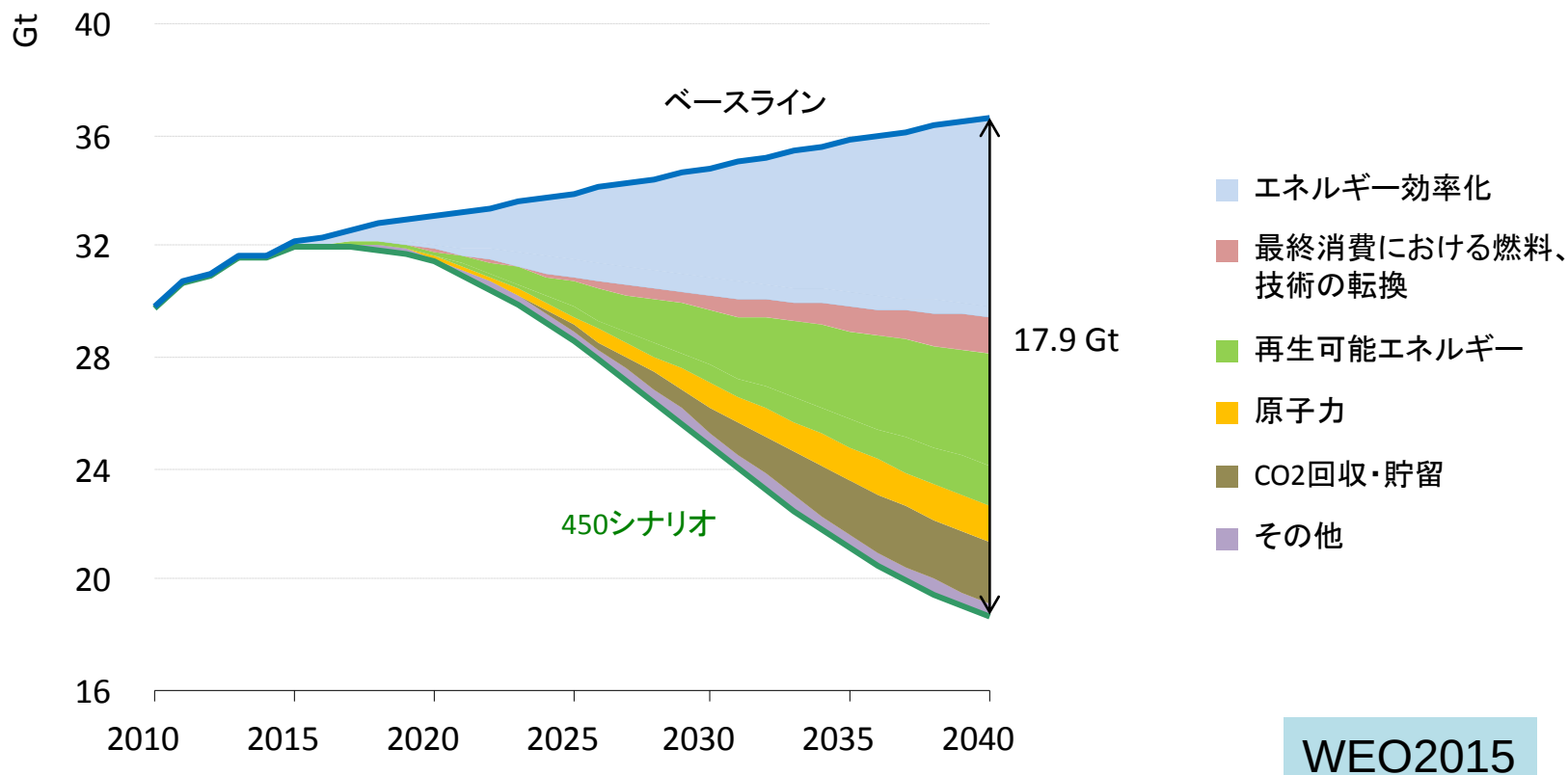
IEA WEO 2012

日量百万バレル



**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**

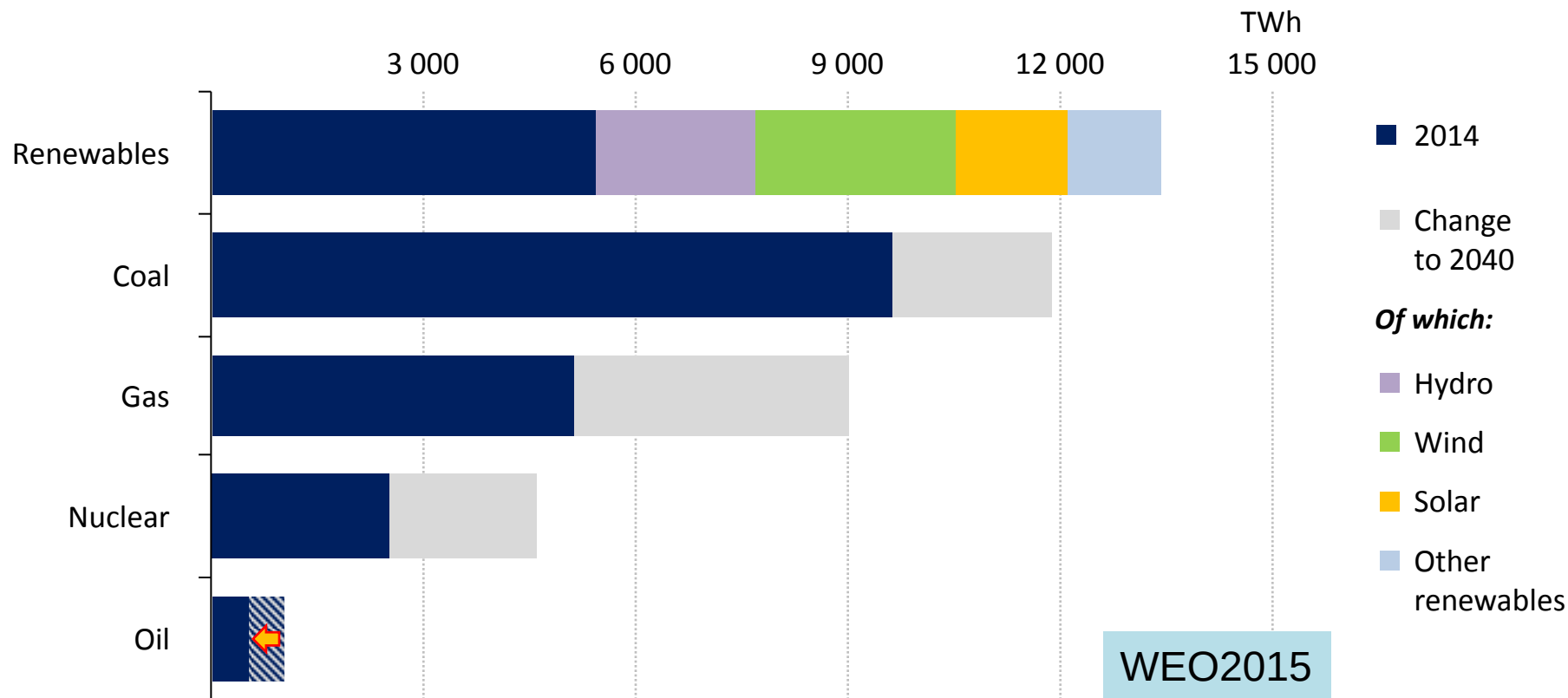
2°Cへの道のりには依然としてさらなる努力が必要



現行の政策と技術の利用により、2020年頃に排出量をピークとすることは可能であるが、長期目標の達成には、技術革新と研究開発・普及が鍵となる

電力がエネルギーシステムを変える。

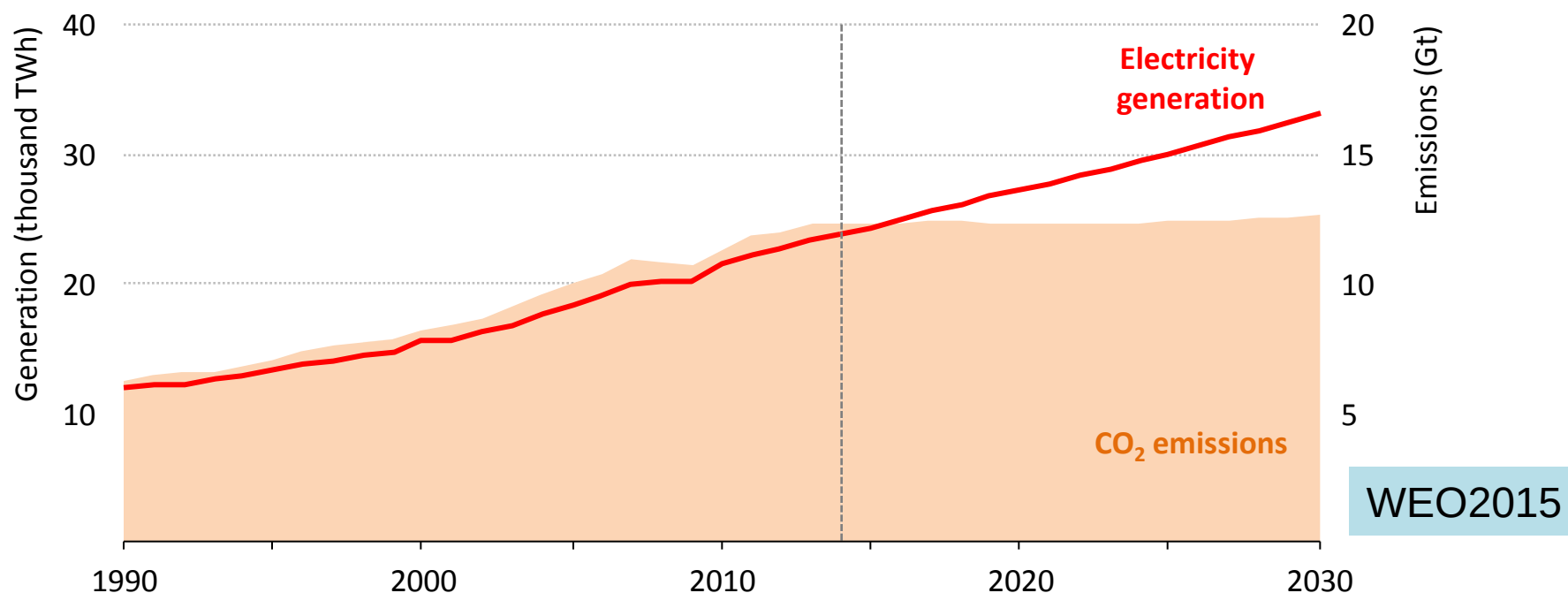
2040年までの世界の電源別電力供給増加量



各国の政策により再生可能エネルギーが電力供給増加の半分を占める。
2030年には石炭を抜いて最大の電力源に。

各国の気候変動約束により電力需要と電力部門による二酸化炭素排出をデカップルできる。

世界の電力供給 と二酸化炭素排出

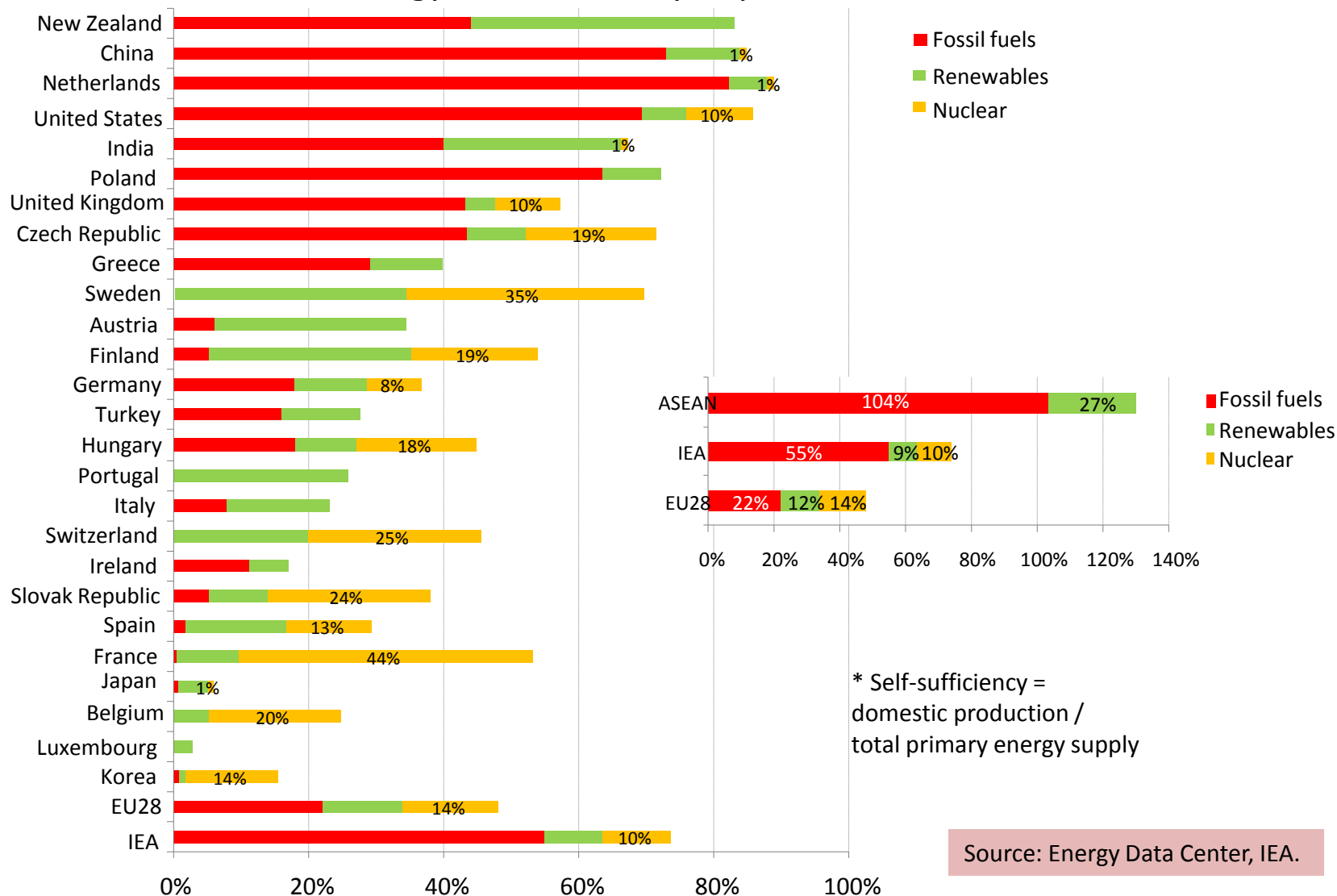


低炭素電力のシェアは2030年に45%に達する。それによって電力供給は40%増加しても、それに伴う二酸化炭素排出はフラット化する。

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

Energy self-sufficiency* by fuel in 2013

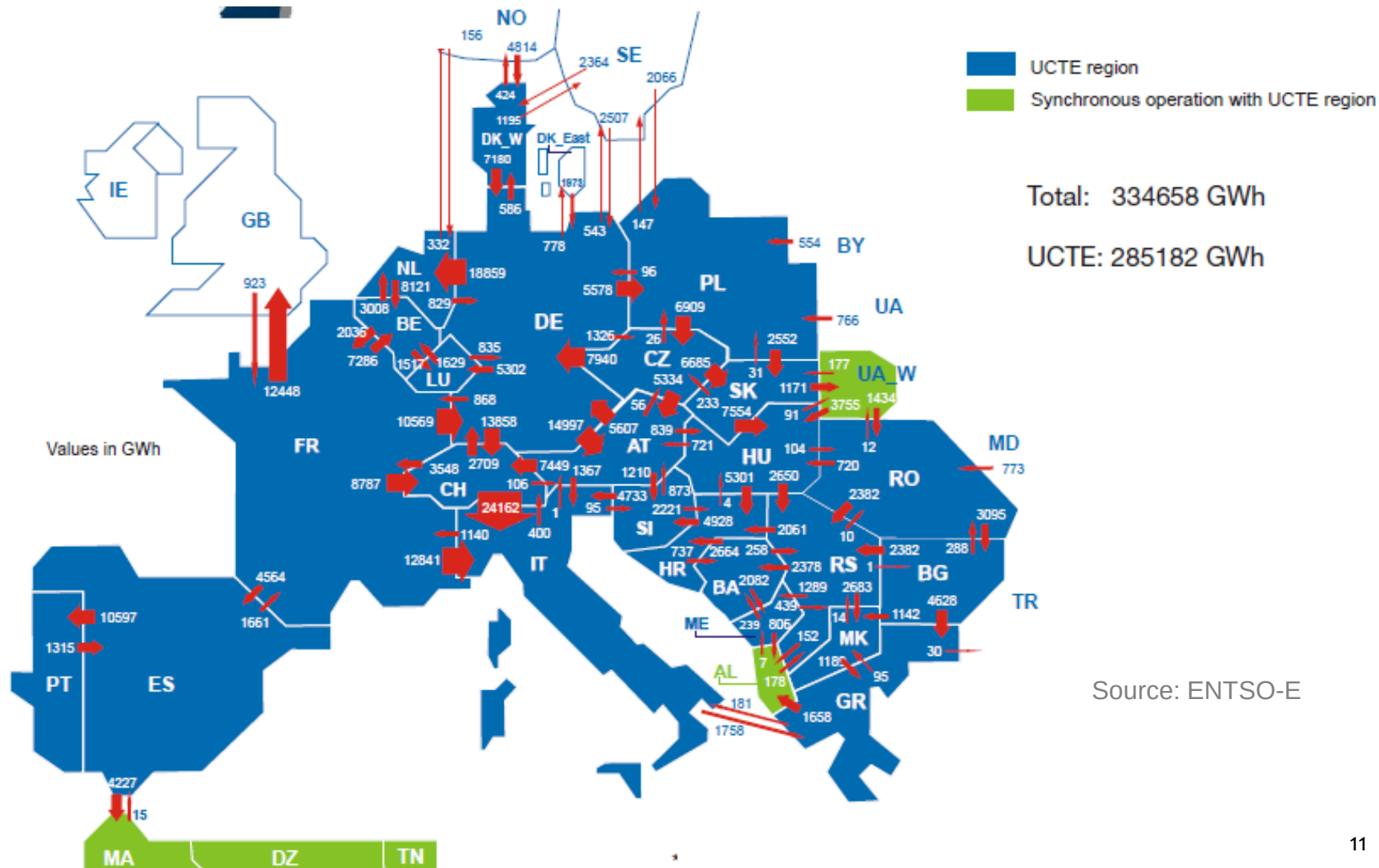


Source: Energy Data Center, IEA.

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

ヨーロッパは系統線関係で集团的エネルギー 安全保障と持続可能性実現を目指す

Physical energy flows between European countries, 2008 (GWh)

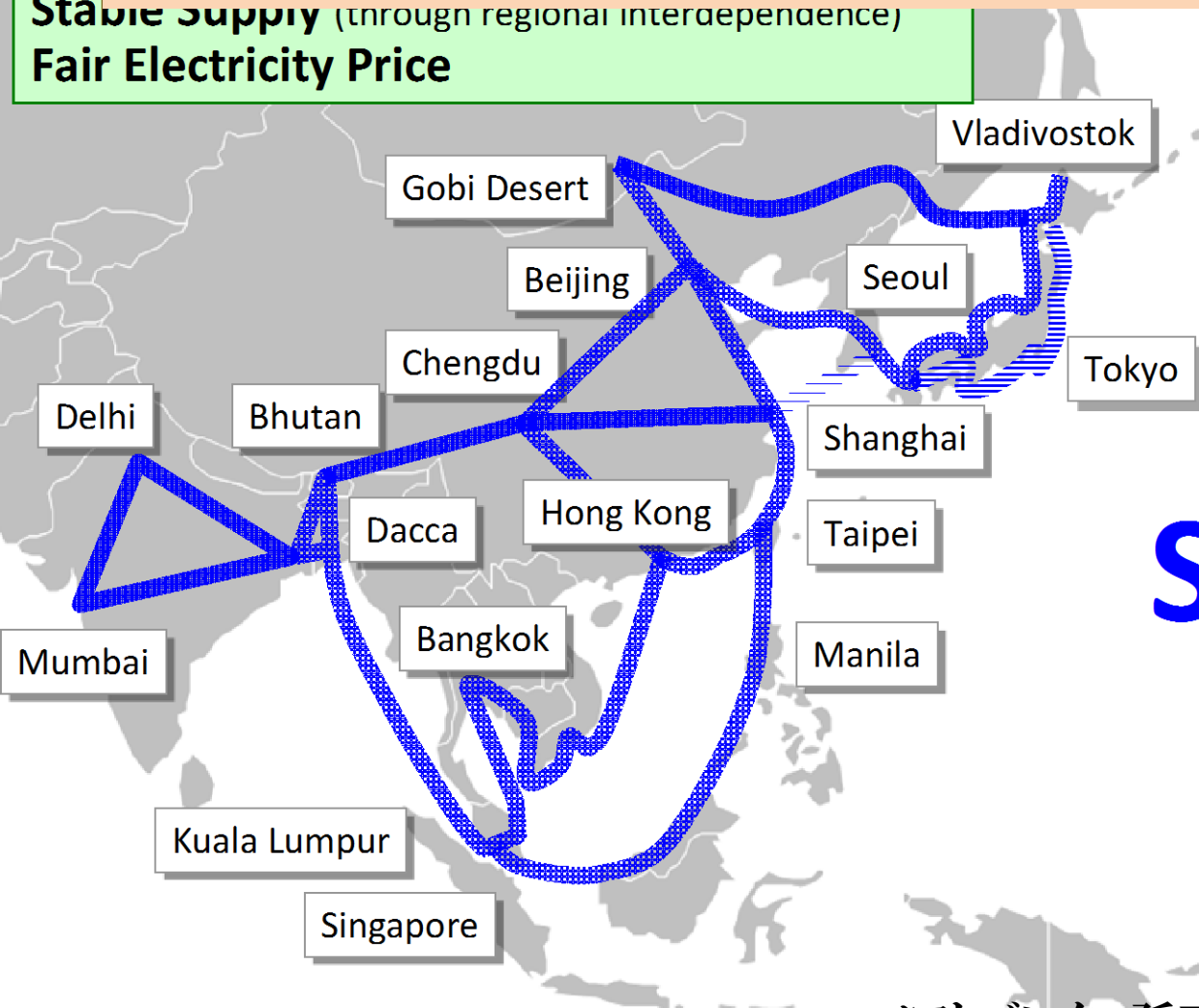


アジアスーパーグリッド構想

“Energy for Peace in Asia”

New Vision?

Der
Stable Supply (through regional interdependence)
Fair Electricity Price



Phase 3

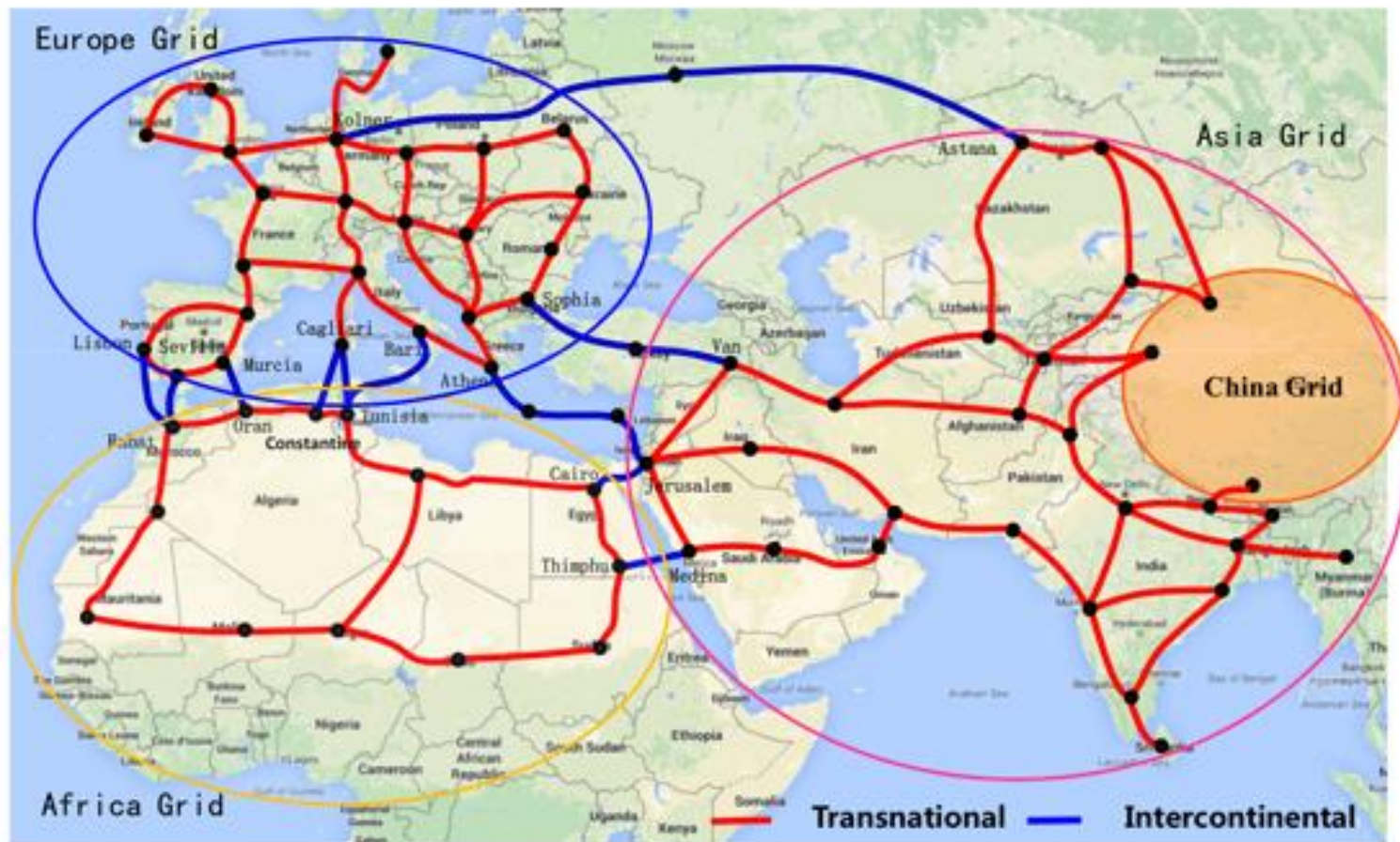
**Asia
Super Grid**

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

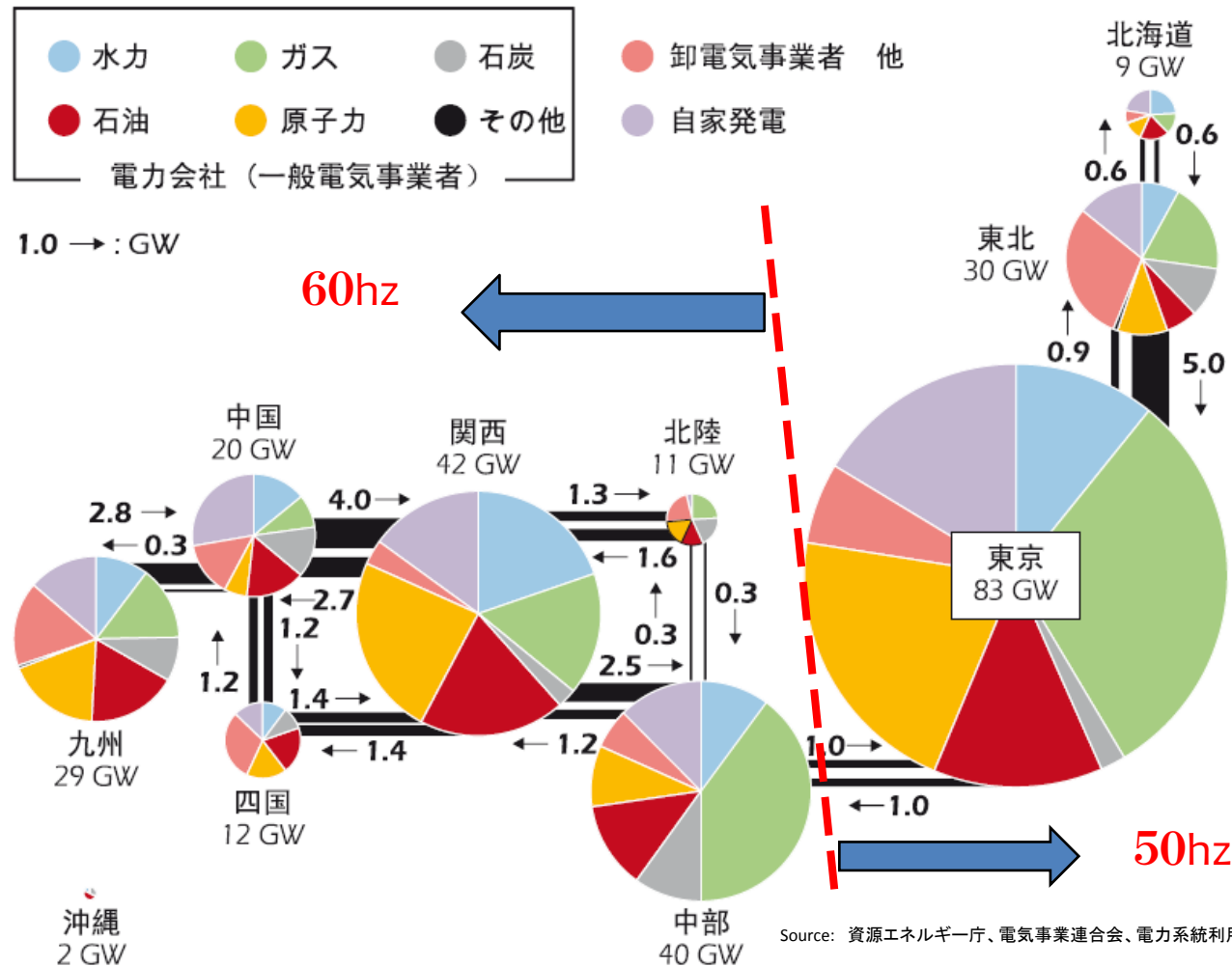
Global Energy Interconnection

Transcontinental Grid Interconnection of Asia, Europe and Africa



「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が、

地域・事業者・発電種別設備容量と地域間連系線

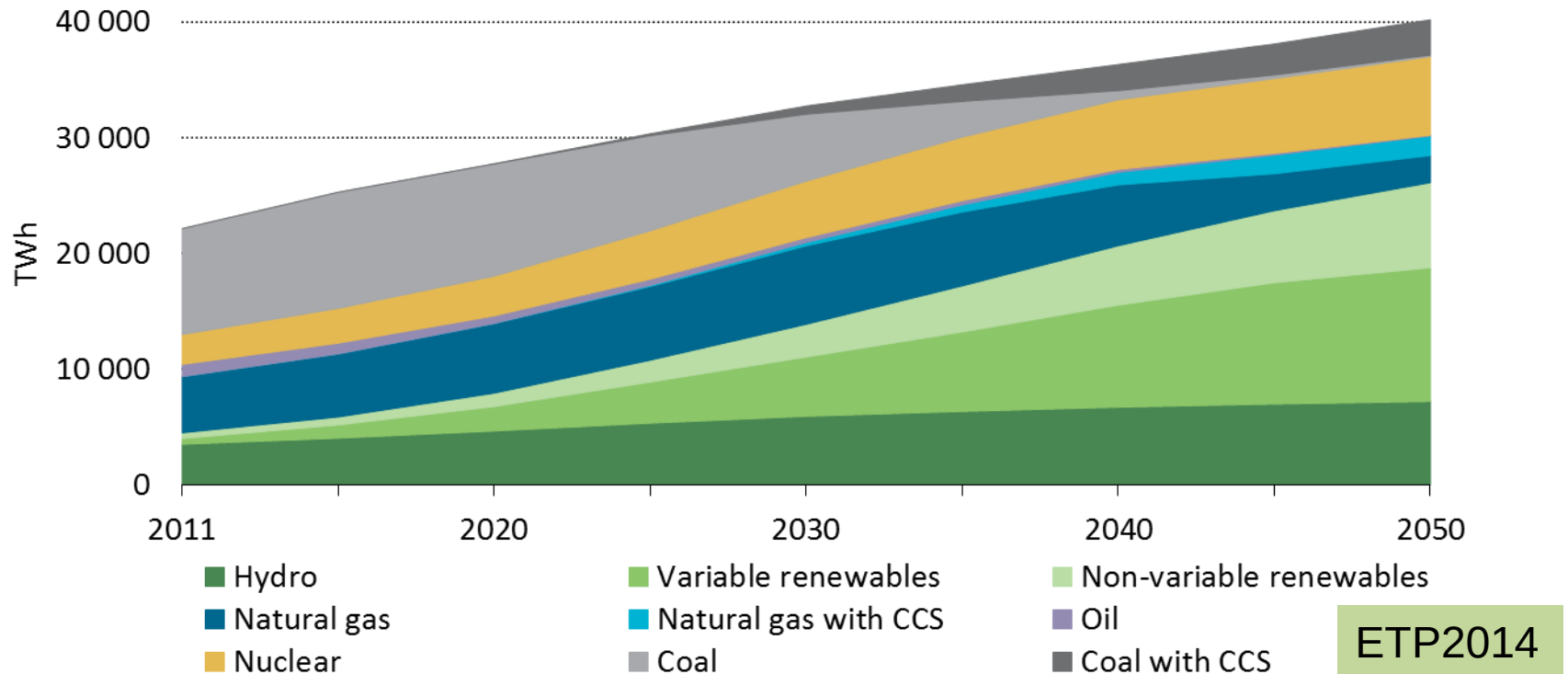


国内のエネルギー市場が一層統合されることで、変動型の再生エネルギー発電利用を拡大しつつ、供給の安定性及び経済効率性が確保される。

持続可能な原子力技術とは？

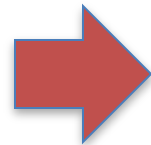
福島事故を踏まえたグローバルな
視点からの一試案

IEAエネルギー技術見通しは化石燃料と再生エネルギーの逆転の2DS(摂氏2度)シナリオも用意。
この場合原子力発電は毎年2300万KWの設備追加が必要。



● 現在の発電シェア

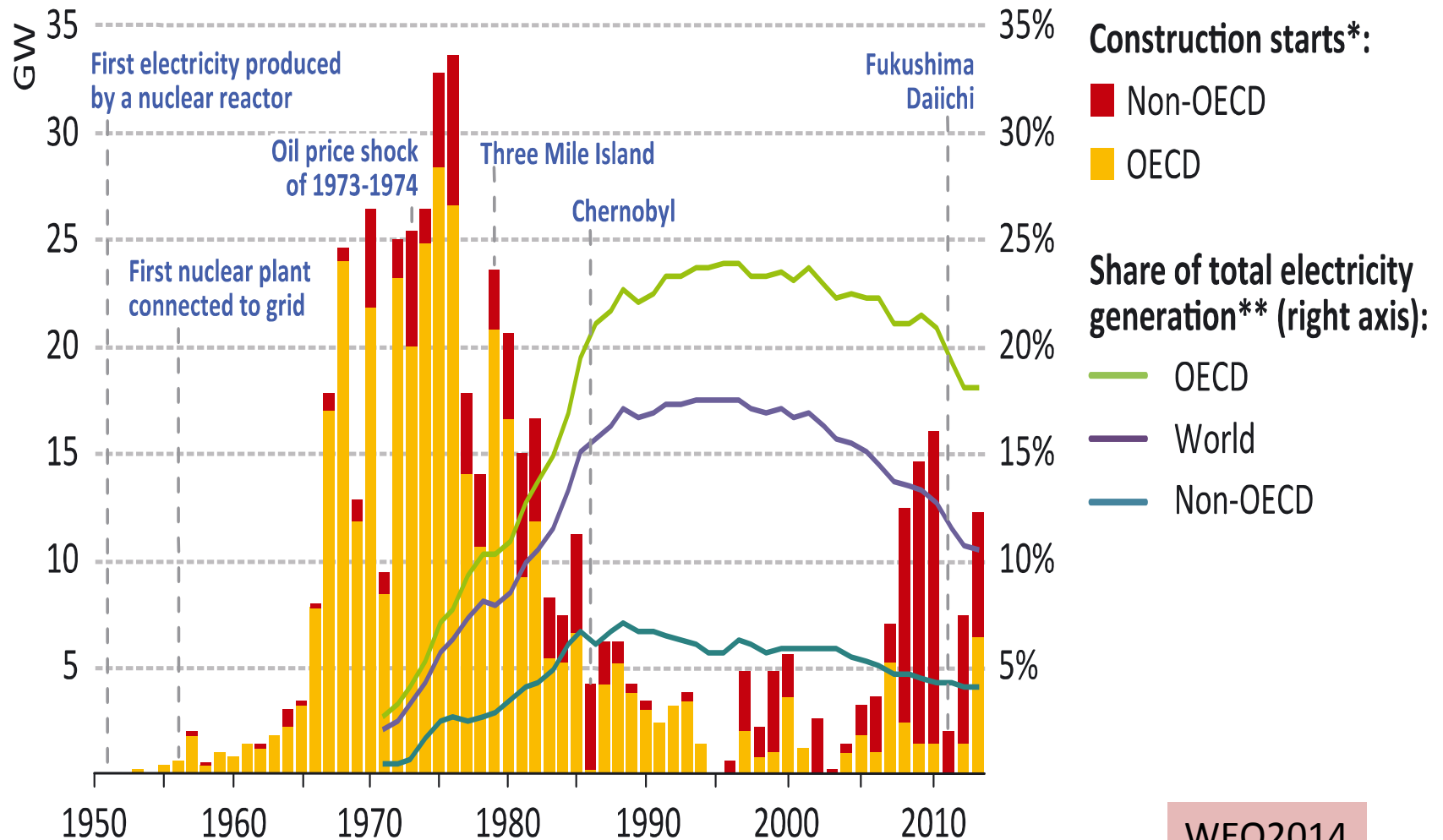
- － 化石燃料: 68%
- － 再生可能エネ: 20%
- － 原子力: 12%



■ 2DS 2050の発電シェア:

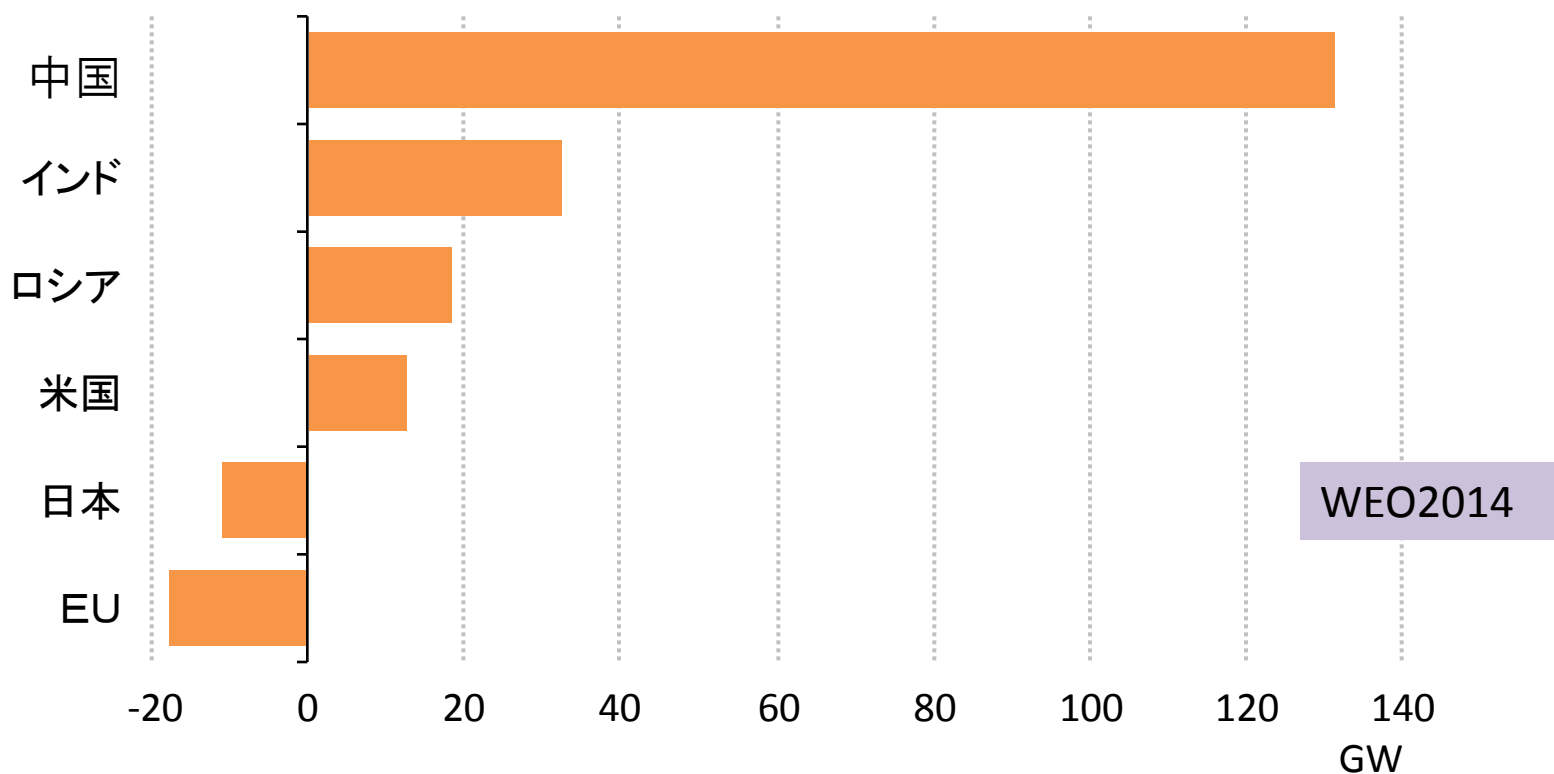
- 再生可能エネ: 65%
- 化石燃料: 20%
- 原子力: 15%

原子炉建設の推移



原子力発電能力は60%増加するが、 「原子カルネッサンス」とは言いがたい。

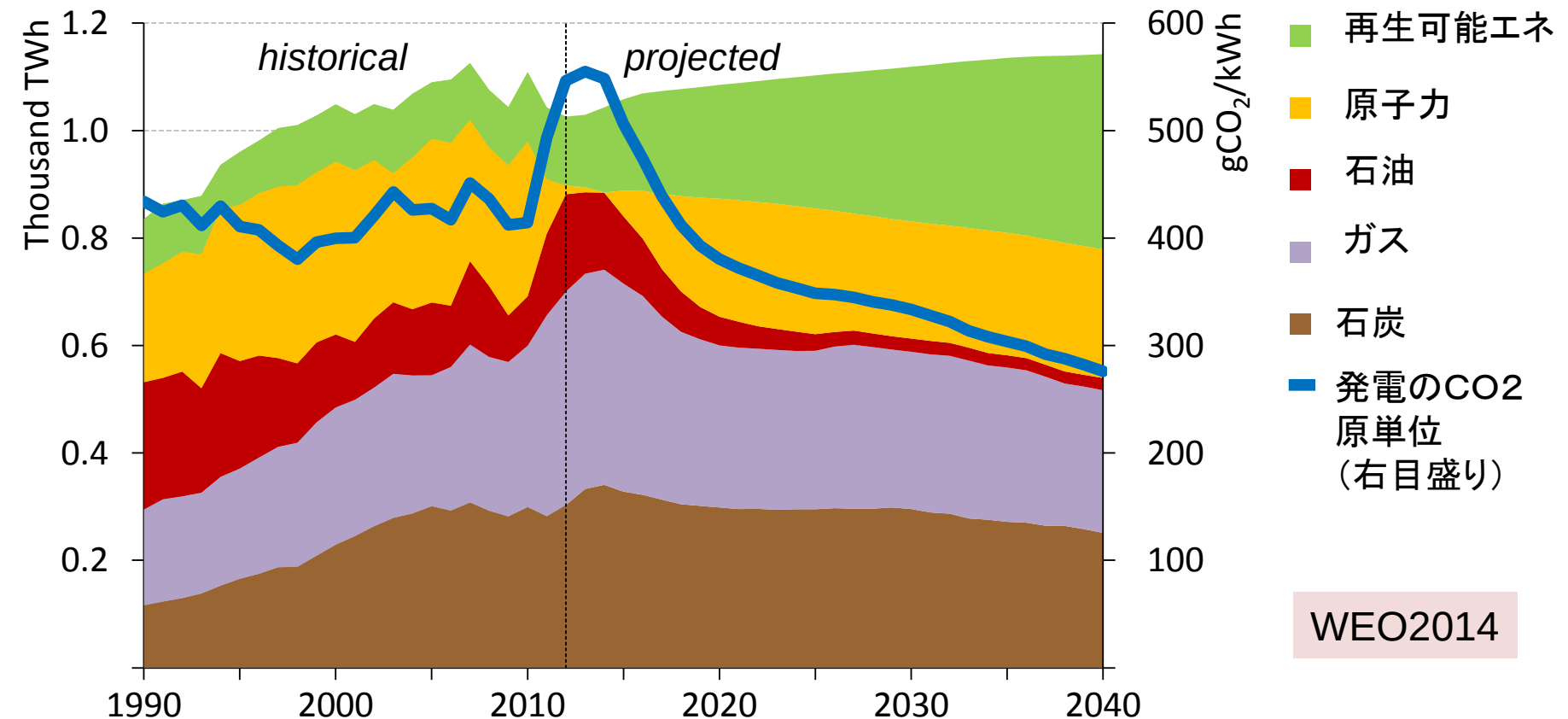
発電能力(ネット)変化, 2013-2040 (ネット=新設-廃炉)



**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。**

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



WEO2014

2040年に再生可能エネルギー32%、ガス23%、石炭22%、原子力21%。

福島第一原発事故の教訓

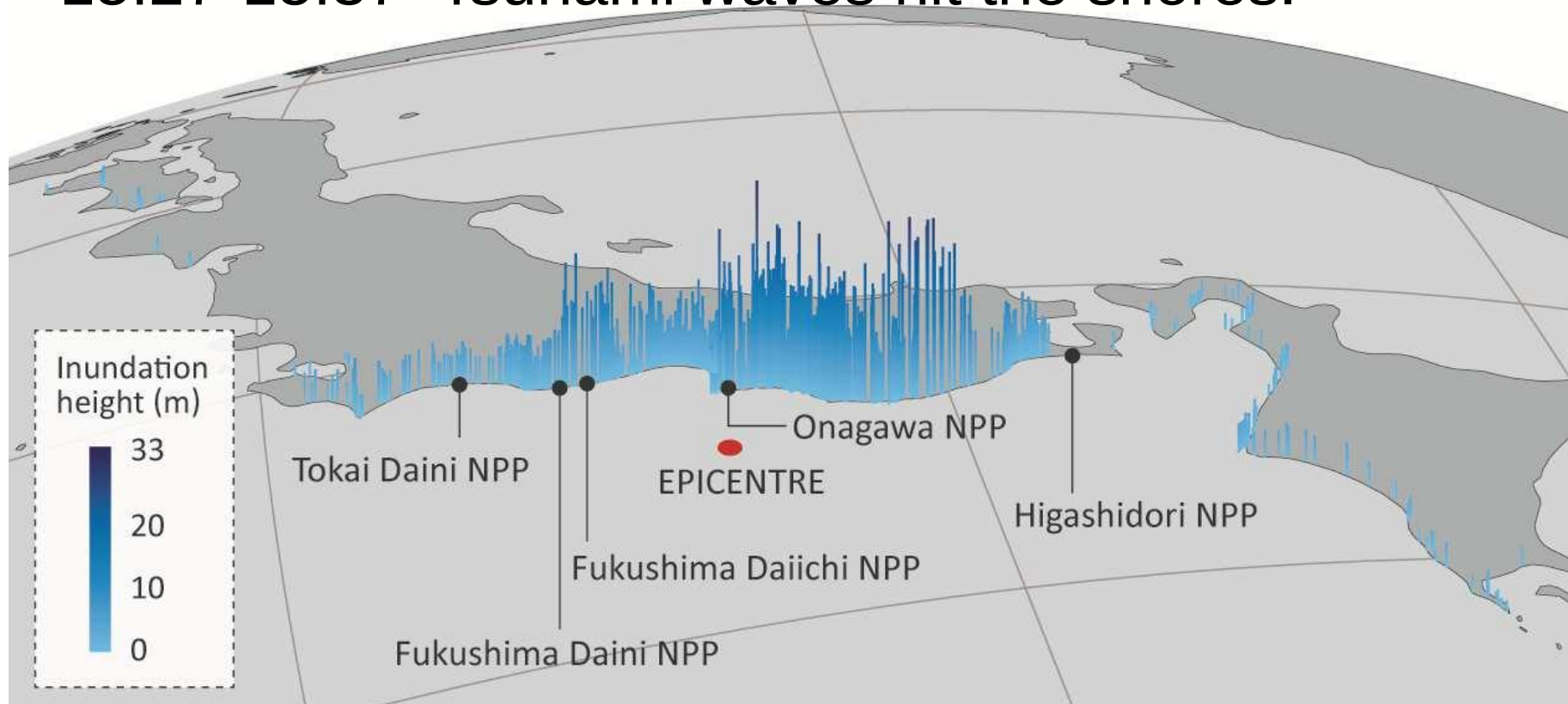
- 国際的に共有すべき原則的教訓
 - 安全文化の確立。想定外のものを想定する。（津波、全電源喪失、テロ、大規模電源喪失）
 - 過酷事故に対する深層防護、同一事象による危機、複合災害などへの準備。安全に加えテロ対策への重点化。（NRCのB5b条項問題の反省）
 - なぜ他の発電所（福島第二（HBR）、女川（IAEA）、東海第二）で防げた事故が、福島第一発電所で防げなかったのかを客観的に明らかにすべし。
- 安全性を確立する措置
 - 「人災であり、防げたはず。」（畑村政府事故調委員長、国会事故調報告）
 - NRC, IAEA などとの国際協力。共同委員会によるピアレビューなど。国際的サイクルメカニズム。失われた信頼回復措置。
 - 安全の科学的判断のためのNRC型独立規制委員会による基準及び規律。
 - 安全規制の透明性、プライオリティ付け、バックフィットなど。
- 電力供給の安定性確立
 - 発電所の分散と集中のバランス
 - 系統線連携強化、50hz・60hz問題、国際的関係も視野に
- それでも災害が起こってしまったからの回復措置: 安心のための措置
 - 米国で同じことが起こったらどうだったのか？ FEMA（米国連邦緊急事態管理庁）型緊急時対応組織。専門スタッフの訓練育成。原子力技術への自衛隊の参加。現場力。スマートメーターによる停電回避。

14:46, 11 March 2011

Great East Japan Earthquake

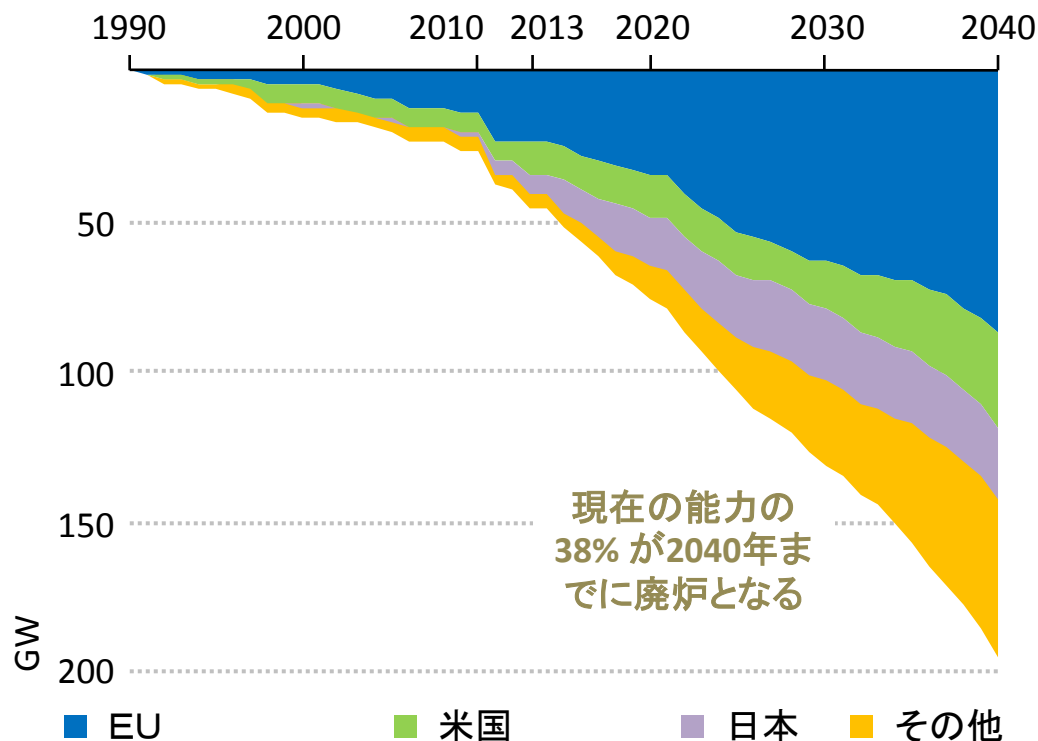
Loss of off-site power, all operating reactors automatically shut down .

15:27-15:37 Tsunami waves hit the shores.



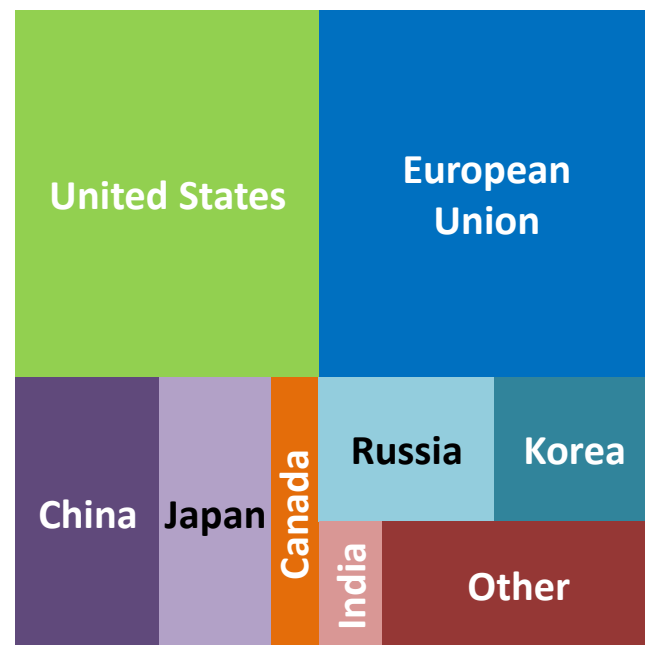
原子力発電に関する国民の関心事項に答える必要がある。 安全、廃炉、核不拡散、使用済み燃料問題など。

原子力炉の廃炉 1990-2040



使用済み燃料

1971-2040: 70万5 千トン



WEO2014

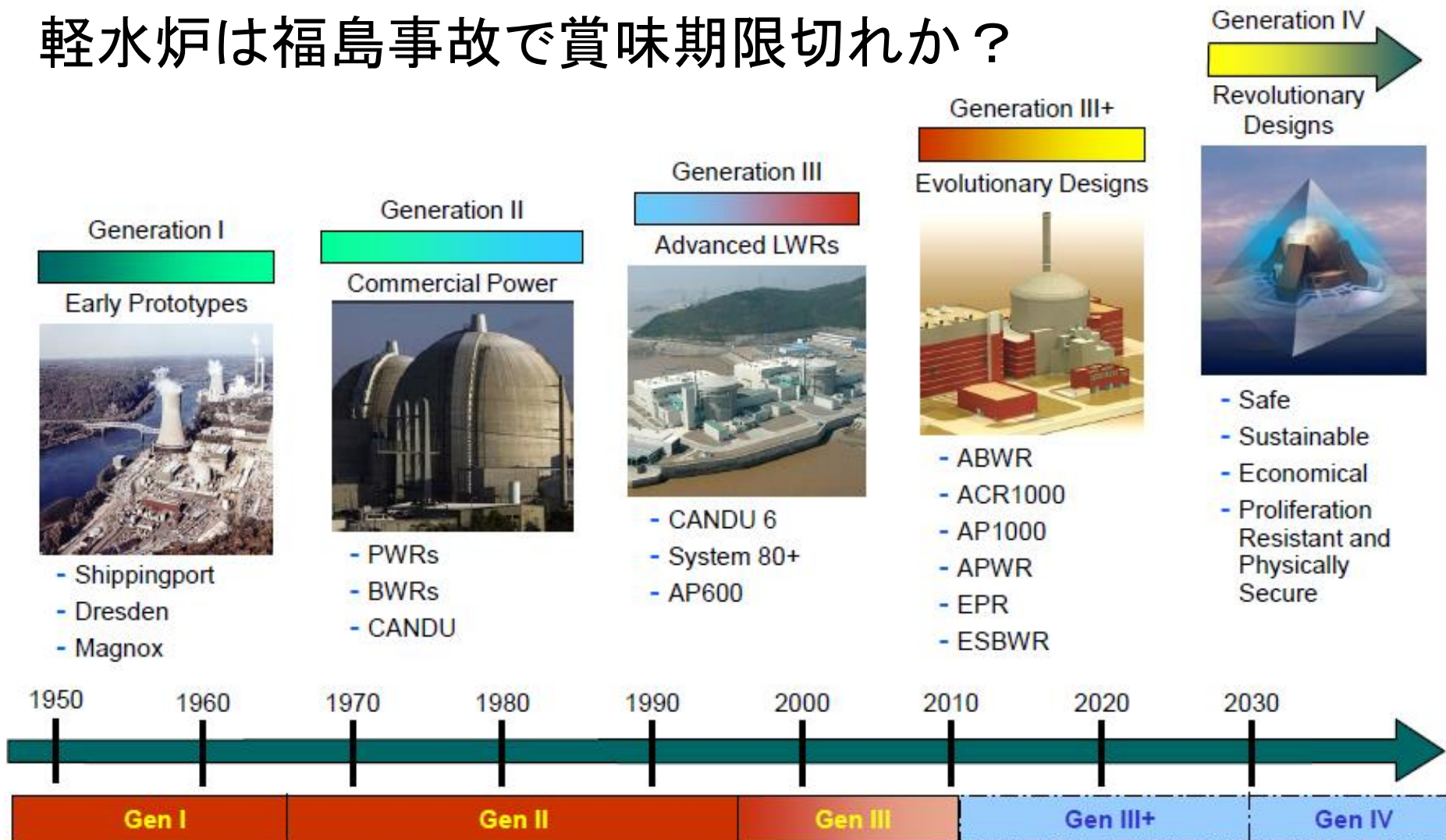
国民の関心はプラントの安全、廃炉、廃棄物処理、核不拡散など。

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賞味期限切れか？





"WHEN WAS THE LAST TIME YOU SAW A DOCUMENTARY
THAT FUNDAMENTALLY CHANGED THE WAY YOU THINK?"
OWEN GLEIBERMAN, *ENTERTAINMENT WEEKLY*



(ACTUAL SIZE)

WHAT IF THIS CUBE COULD
POWER YOUR ENTIRE LIFE?

FROM ACADEMY AWARD® NOMINATED DIRECTOR ROBERT STONE

PANDORA'S PROMISE

AT THE BOTTOM OF THE BOX SHE FOUND HOPE.

SPYGLASS ENTERTAINMENT PRESENTS A FILM BY ROBERT STONE "PANDORA'S PROMISE" CASTING BY JAMES NEWTON HOWARD COSTUME DESIGNER JAMES NEWTON HOWARD EXECUTIVE PRODUCERS JAMES NEWTON HOWARD AND JAMES NEWTON HOWARD PRODUCED BY JAMES NEWTON HOWARD AND JAMES NEWTON HOWARD WRITTEN BY JAMES NEWTON HOWARD AND JAMES NEWTON HOWARD DIRECTED BY ROBERT STONE

© 2012 SPYGLASS ENTERTAINMENT. ALL RIGHTS RESERVED. "PANDORA'S PROMISE" IS A TRADEMARK OF SPYGLASS ENTERTAINMENT. "AT THE BOTTOM OF THE BOX SHE FOUND HOPE" IS A TRADEMARK OF SPYGLASS ENTERTAINMENT.



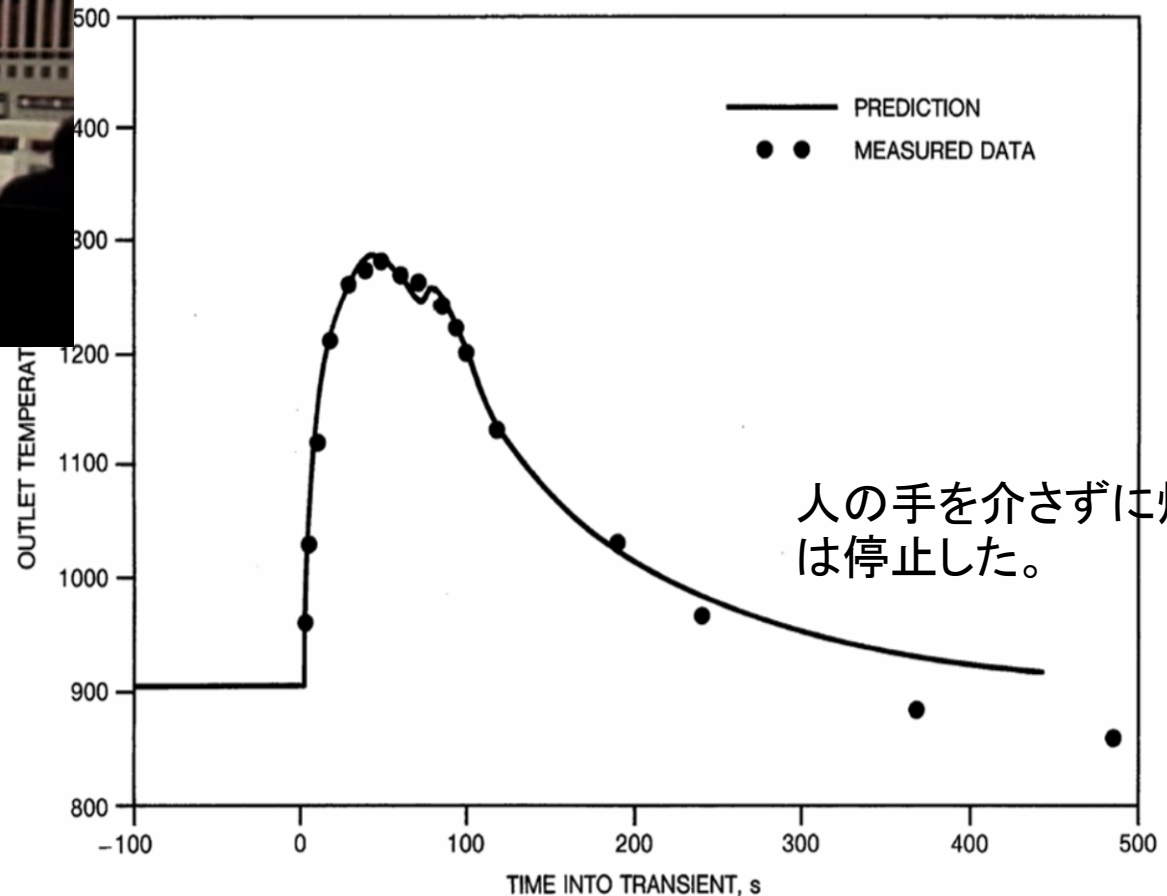
www.pandoraspromise.com



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が紹介された。

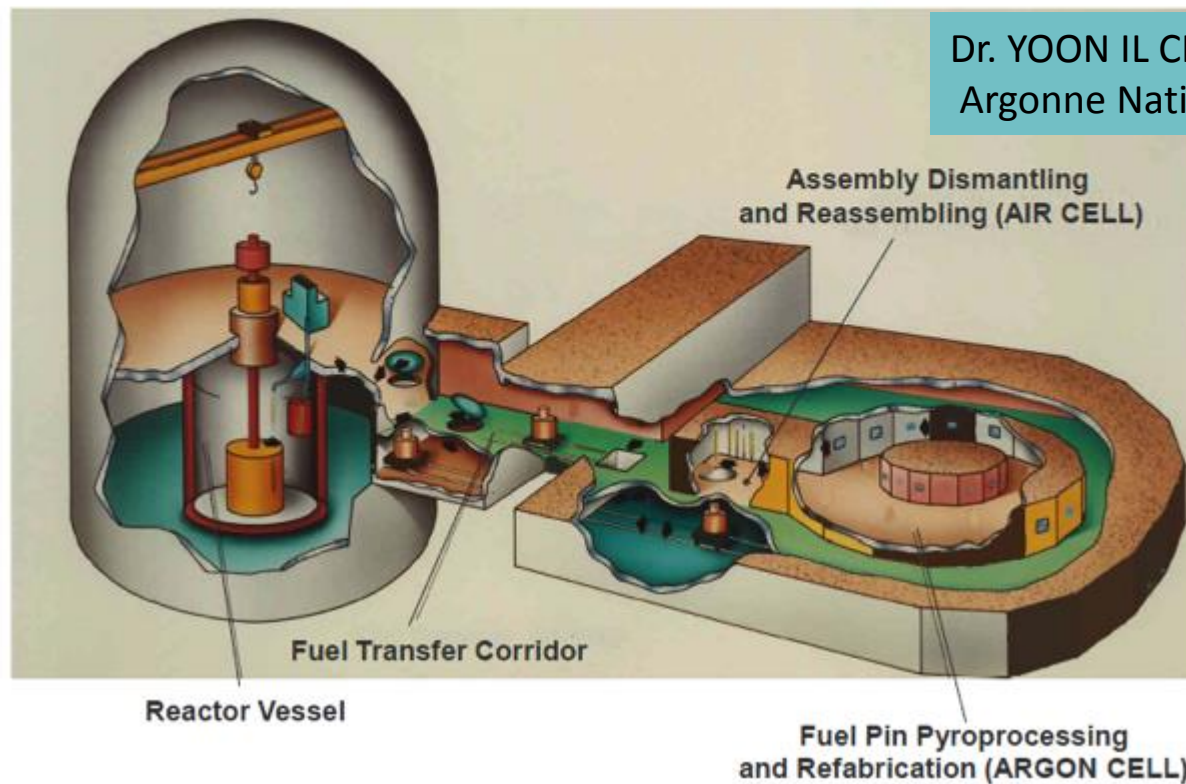
映画に登場する1986年に行なわれた福島事故に酷似する全電源喪失実験。 炉内温度の推移。

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



「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



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
- 固有安全性
- 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

✓ 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。

Pyroprocessing equipment and facility are compact More favorable capital cost and economics



Pyroprocessing



Aqueous Reprocessing



Uranium utilization is $<1\%$ in LWR



Uranium Ore

170 tons



Enrichment

150 tons



Depleted Uranium

20 tons



1000 MWe
LWR

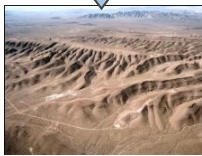
Dr. YOON IL CHANG
Argonne National Laboratory

18.73 tons U

0.25 tons Pu

Used Uranium
Reserve

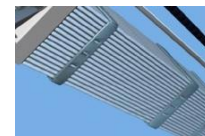
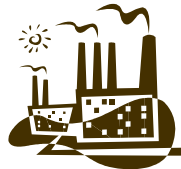
1.00 tons F.P.
0.02 tons M.A.



Disposal

(300,000 years)

Reprocessing



Spent Fuel

18.73 tons Uranium
1.00 tons Fission Products
0.25 tons Plutonium
0.02 tons Minor Actinides



Disposal

(300,000 years)

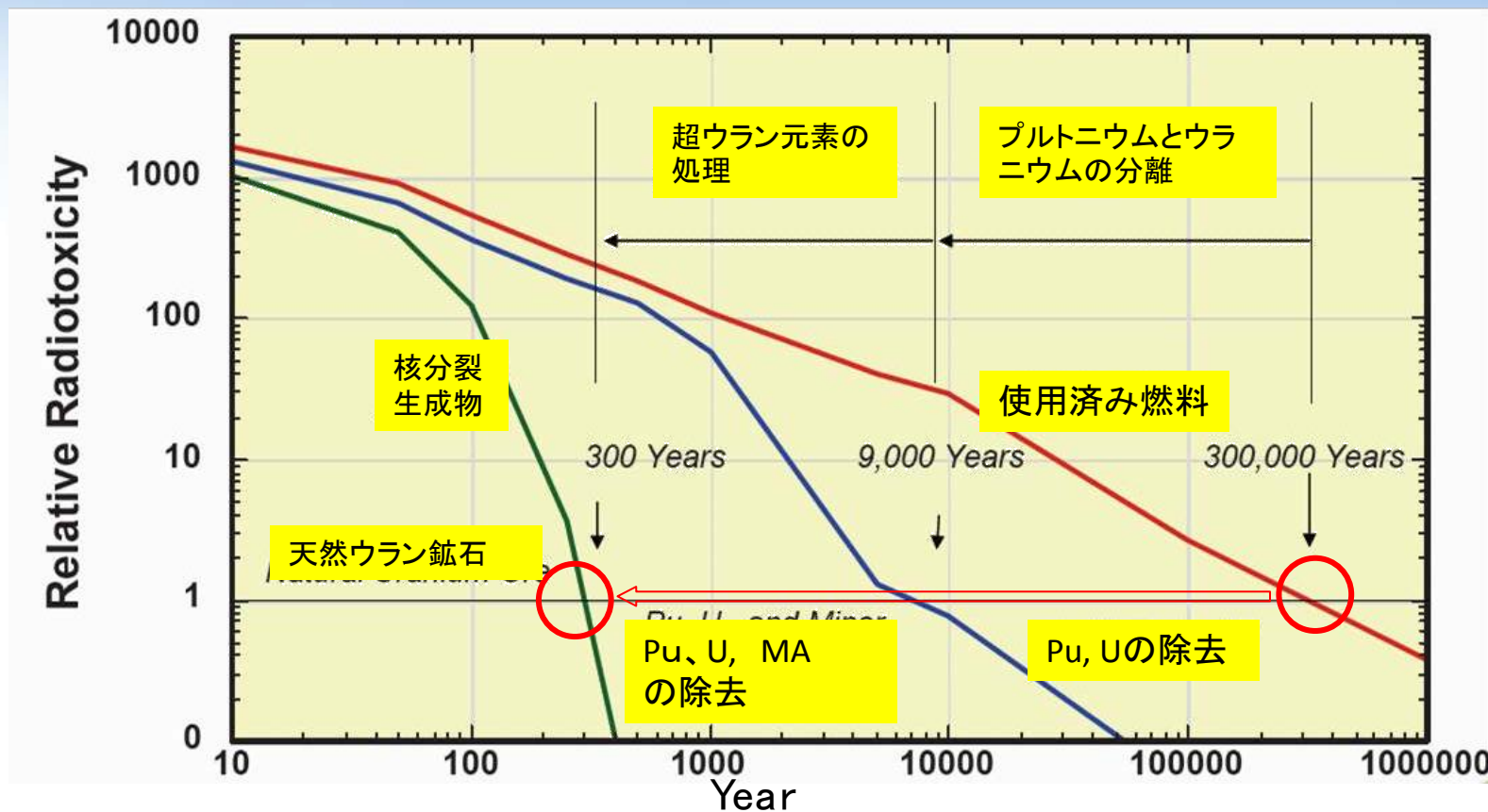
European recycle

- Saves 15% uranium
- But no reduction in waste life

Direct disposal is
the current U.S. policy

高放射性超ウラン元素の廃棄問題

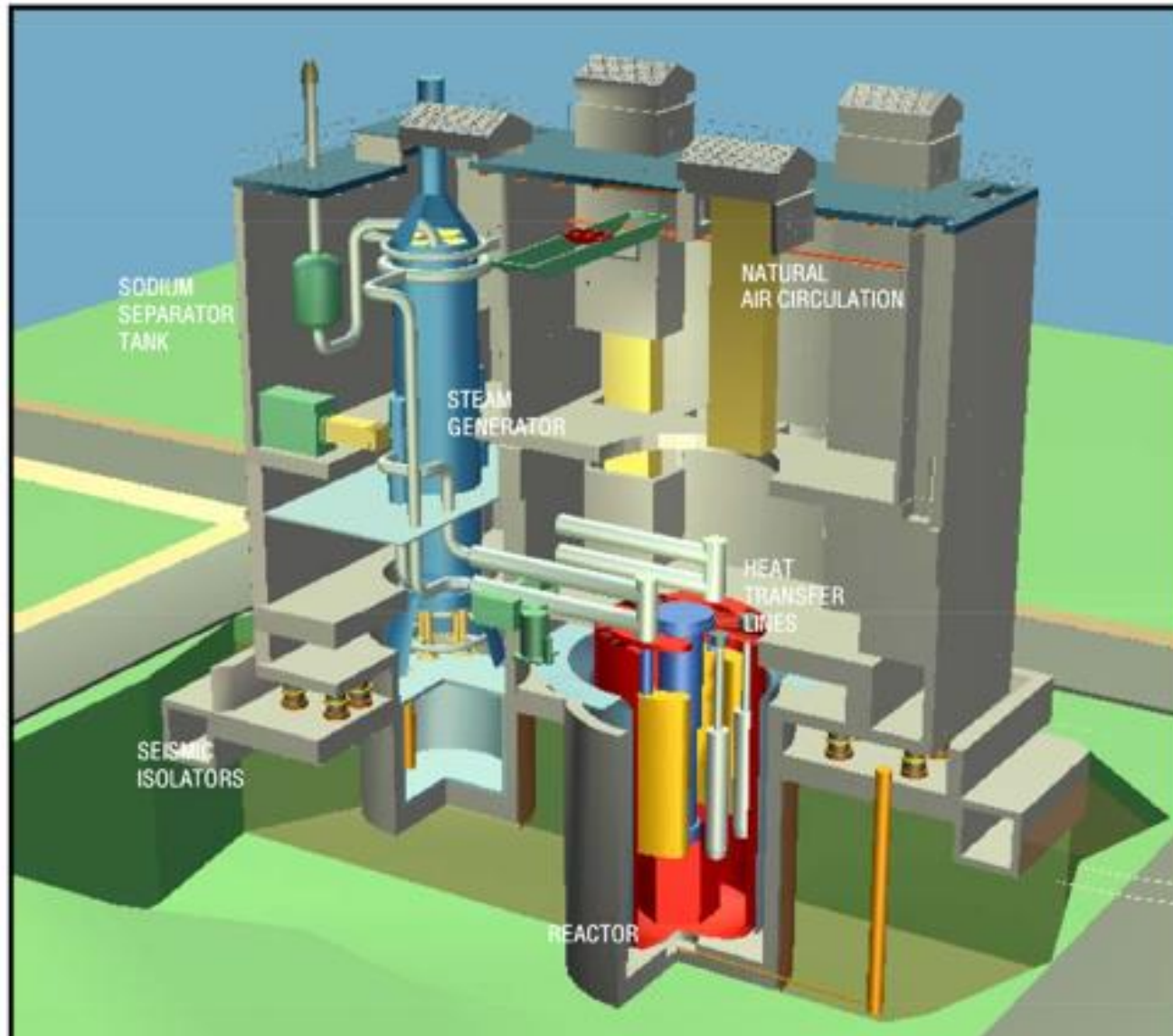
The 1% transuranic (TRU) content of nuclear fuel is responsible for 99.9% of the disposal time requirement and policy issues



HITACHI

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

S-PRISM Nuclear Steam Supply System

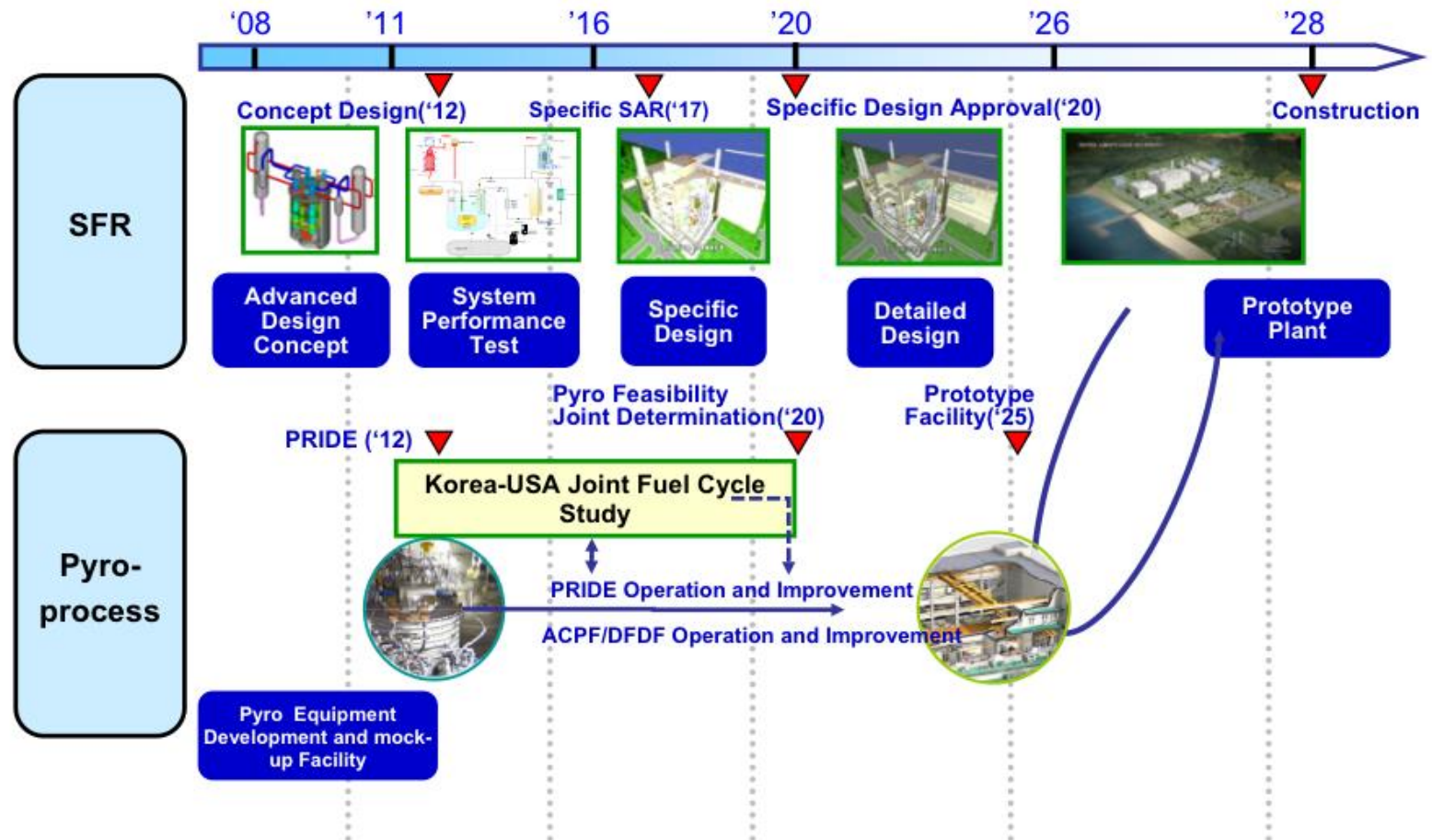


GEがデザインした商業型
小型モジュラー高速炉
S-PRISM

GE Hitachi

IFRに熱心な国は韓国

Long-term Plan for SFR and Pyroprocess



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、第一流国家(tier-one nations)の見方から臨むことが必要。第一流国家とは、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)

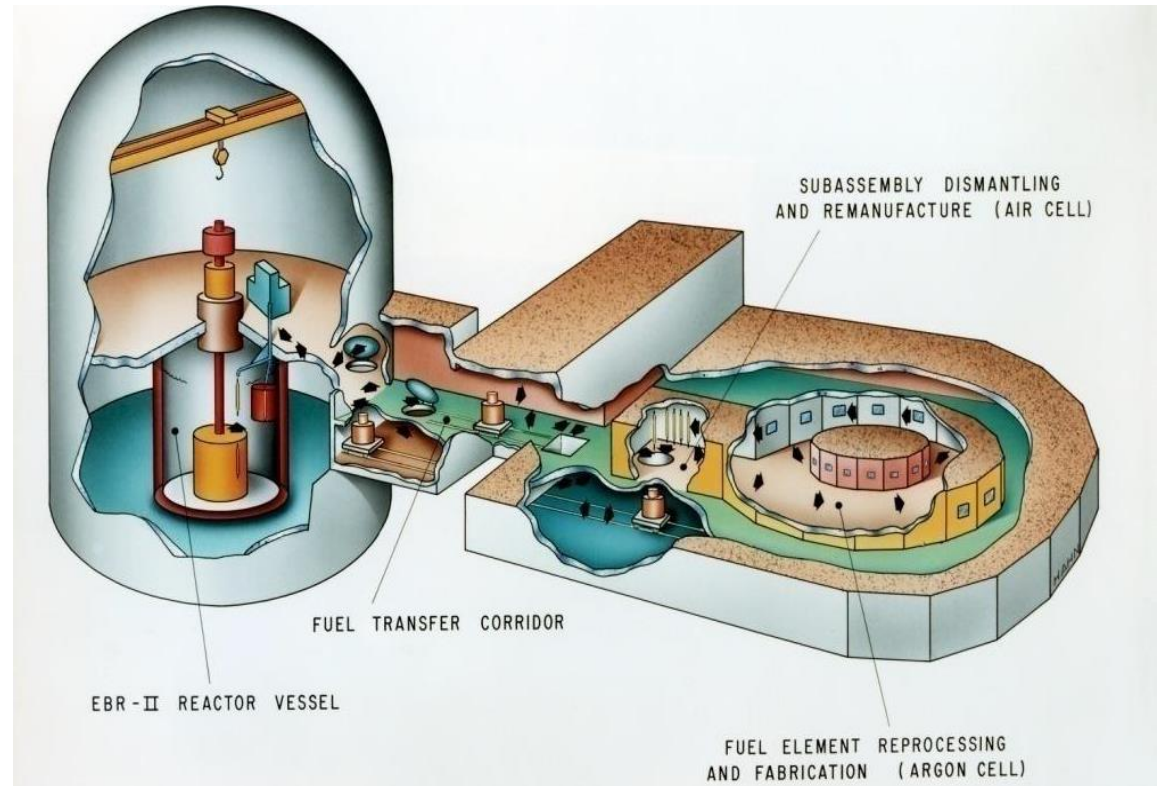
福島事故が原子力そのものに大きな負の影響をもたらした。我々は、安全審査と地元の同意を前提として、原発を慎重に再開する事が正しく、また、責任あるやり方だと考える。日本はエネルギー利用効率では巨大な進歩を遂げており、エネルギーでの研究開発では世界のリーダー。短期的に、原子力なしでは、CO2排出量削減目標達成や基盤発電量の確保日本に深刻な反作用が生ずる。国家エネルギー政策の策定が延びると、日本にとって重要でエネルギー消費型の産業が国外に去り、国家の生産性を危うくする。中国が、世界的な民生原子力発電国家となってロシア、韓国、さらにはフランスの仲間に入るつもりなので、日本にはその動きに遅れる余裕など無い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

提案：福島第二原子力発電所を活用し福島第一のデブリ処理、使用済み燃料、高レベル廃棄物処理システムの実証実験を！

- 福島第一原発の炉心デブリは県外に持ち出すことは難しい。
- 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)
- 福島第一、第二の使用済み燃料、さらにMOX使用済み燃料を乾式再処理し高速炉の金属燃料に加工する実験。
- 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。
- 2018年に来る日米原子力協定延長交渉の環境整備。

東京電力(株)福島第一原子力発電所事故で発生した 燃料デブリの処理に関する一方策

- ✓ 燃料デブリ中に存在するウラン等重金属 : 約250トン
内超ウラン元素: 約1.9トン
- ✓ デブリを処理し、超ウラン元素量を低減するために、統合型高速炉(IFR)概念を適用
- ✓ 構想
 - 固有安全性の高い小型高速炉での超ウラン元素燃焼
(炉の出力19万kWt)
 - 燃料は金属燃料
 - デブリ処理に乾式法を適用

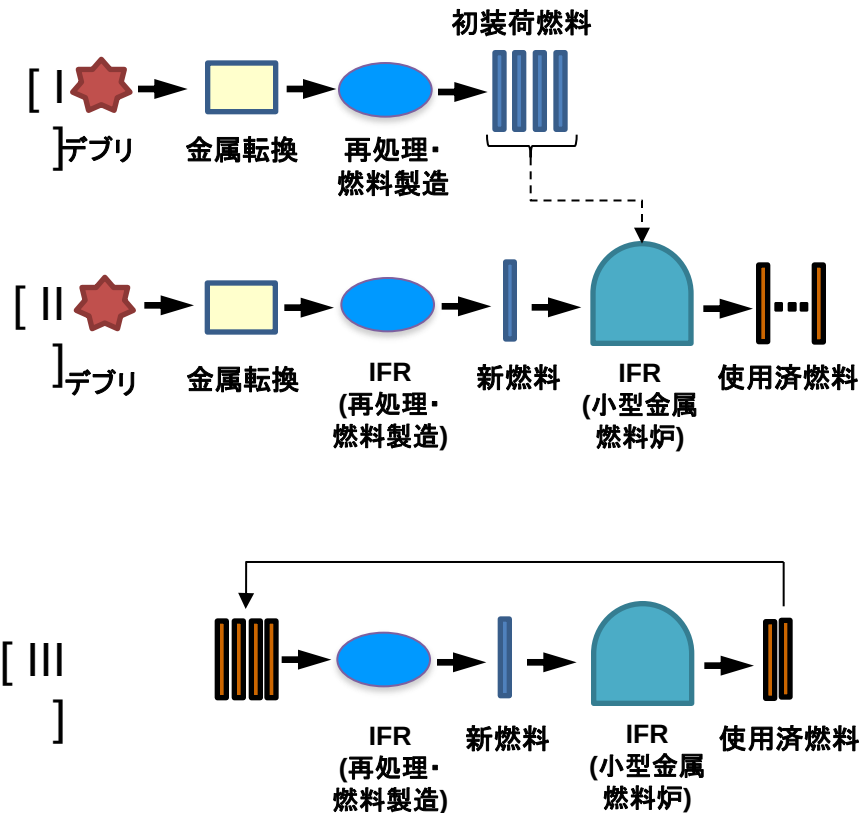


高速炉と燃料サイクルの一体施設からなるIFR概念
(EBR-IIと燃料サイクル施設(FCF)の例)

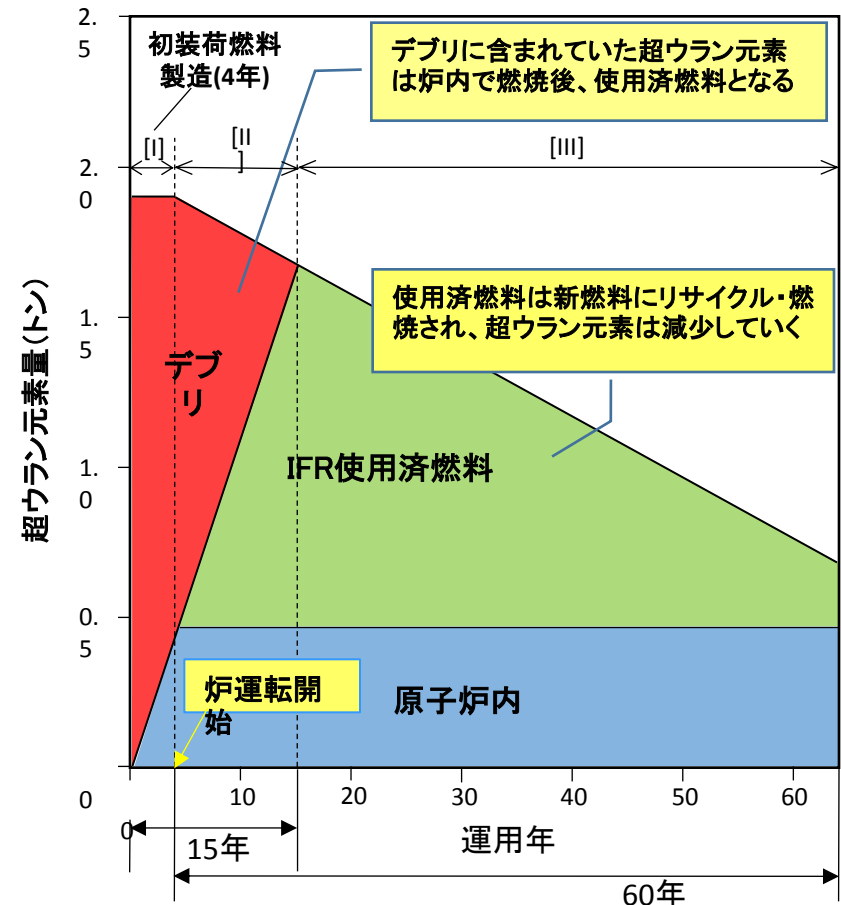
(出典: Y. I. Chang, "Integral fast reactor – a next-generation reactor concept," in Panel on future of nuclear Great Lakes symposium on smart grid and the new energy economy, Sept. 24-26, 2012.)

デブリの処理スキームと超ウラン元素の減少

IFRの運用から60年後には、当初1.9トン存在したデブリ中の超ウラン元素は、使用済燃料中と炉内残留分を合わせて0.69トンまで減少可能



デブリ処理スキーム概念図



IFR運用と超ウラン元素の減少

田中 伸男

前国際エネルギー機関事務局長



東京電力福島第2原発は、事故を起こした第1原発から南に10キロのところにある。地震と津波に襲われながらも何とか持ちこたえた。建屋の中に非常用電源を設置していたことが大きい。1000年に1度の津波に耐え、事故中も第1の所員が一時避難するなど、安全な原発であることを実証したとも言える。

しかし地元では東電への信頼が失われ、第2原発も再稼働せず廃炉にすべしとの意見が多数と聞く。私は再稼働以外にももう少し違った利用法があると思う。

それは第1原発の溶けた炉心燃料（デブリ）や使用済み核燃料を処理して廃棄物の量や毒性を減らして管理しやすくする「包括的ゴミ処理技術」

の実証実験だ。

この技術は米アルゴンヌ国立研究所で開発された。ゴミを再

デブリ処理を福島第2原発で

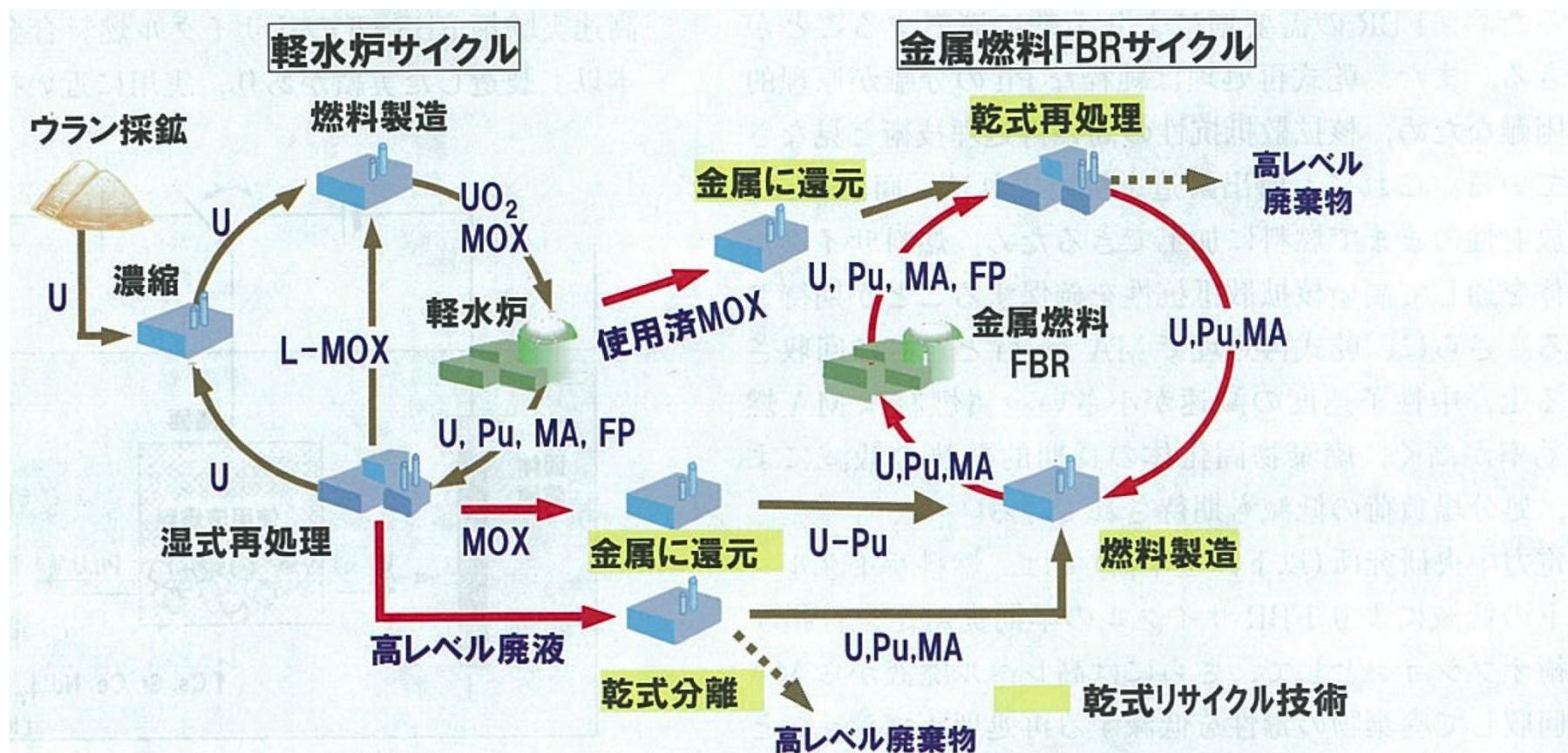
2015.1.15

利用して発電する統合型高速炉の安全性は研究所による全電源喪失実験で証明されている。使用済み核燃料を再処理のために外に持ち出す必要がないので、核不拡散性でも軽水炉より優れている。放射性廃棄物の毒性は、軽水炉のよ

うに10万年ではなく300年で落ちるので、地層処分よりも貯蔵管理をしやすくなる。デブリや廃棄物、廃炉に伴う汚染機材を県外に持ち出すことへの理解を得るのは難しい。それなら第1原発の近くで安全に処理する方法を考えるべきだ。フィンランドのオルキロト原発と隣接するオンカロ処理場のように、原発サイトごとの現地処理も検討すべし。福島第2はそのモデルになりうる。韓国もこの技術に着目し、米ゼネラル・エレクトリック（GE）が商業化を目指している。

日米韓の国際プロジェクトを福島で行えば、世界の最先端の研究者が集まり、復興を後押しするはずだ。原発事故の教訓を世界で共有することにもつながるだろう。

日本の既存核燃料サイクルへのIFRサイクルの応用



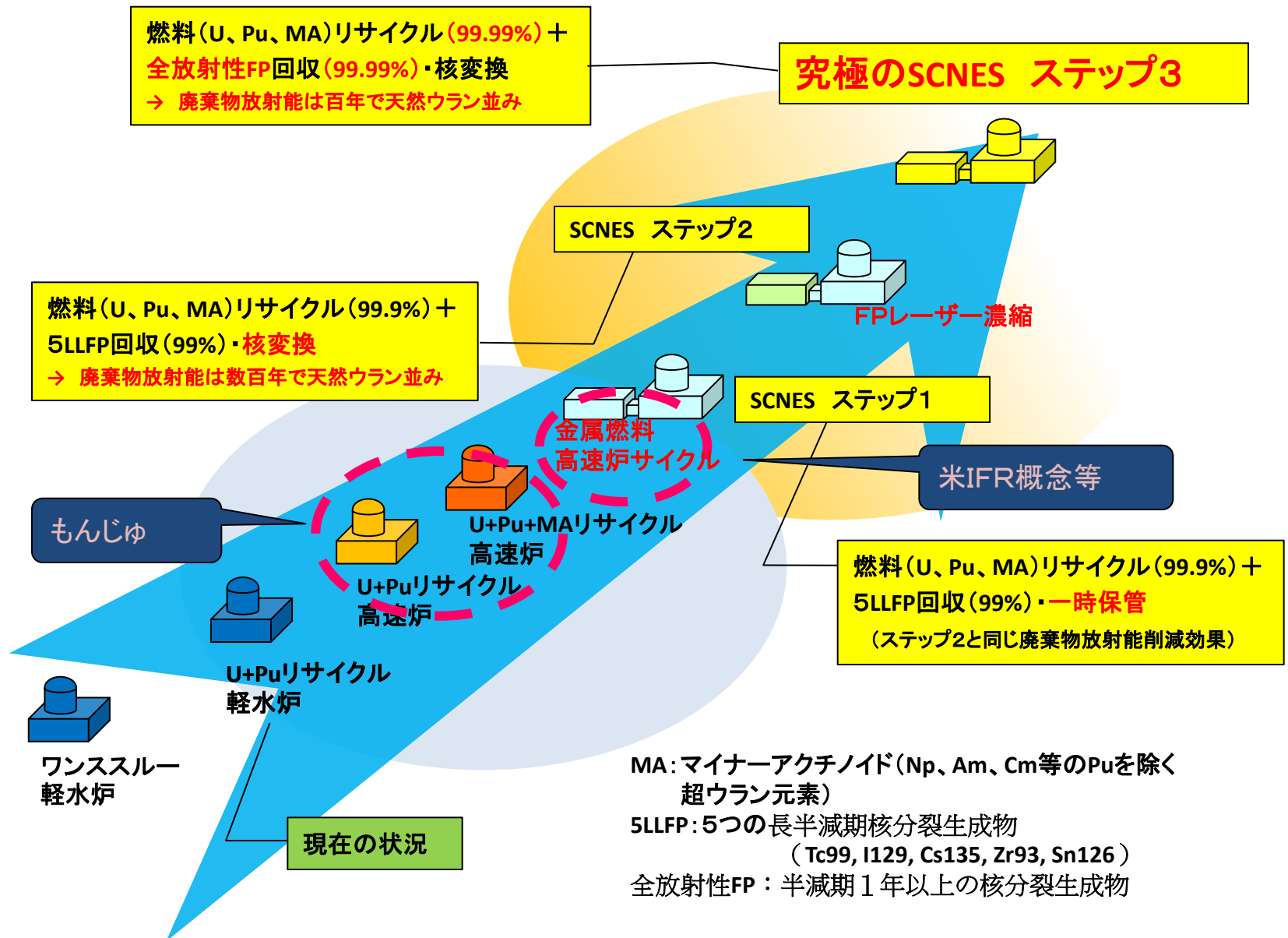
第6図 乾式リサイクル技術による燃料サイクル概念

(30)

日本原子力学会誌, Vol. 52, No. 7 (2010)

(財)電力中央研究所 小山 正史, 尾形 孝成

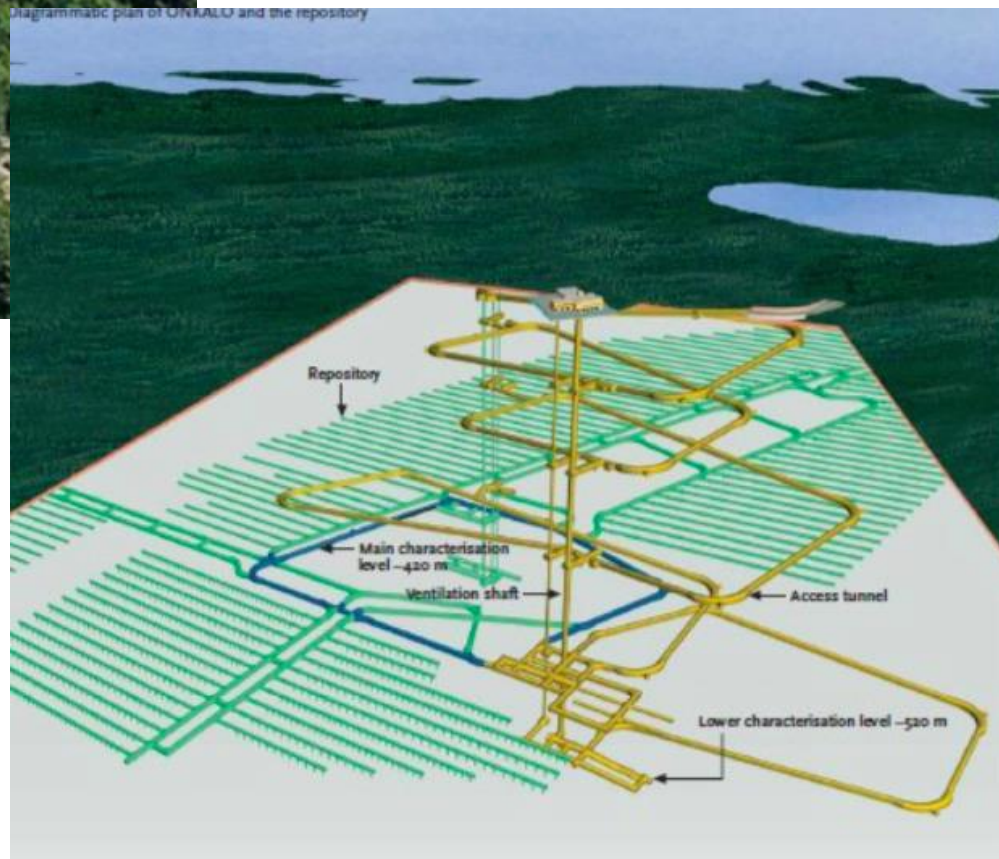
SCNESへの段階的アプローチ（藤家洋一先生）





フィンランド モデル オルキルト原発と 使用済み燃料長期地下貯 蔵設備(オンカロ)

オルキルト原発を所有する
Teollisuuden Voima Oyj (フィン
ランド産業電力) 本社は原
発施設内に立地する。



廃炉と高レベル廃棄物処理は同じ場所で。



前国際エネルギー機関事務局長

田中 伸男

経済
観測

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^キ離れた「Jヴィレッジ」で毎時0・2^ギの放射線量だった放射線量は、3号機の側で900^ギを超えた。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

福島のエンドゲーム

2013. 10. 10

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^ギ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、この未曾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）

リッコーバー提督の伝説

©Pandora's Promise, LLC
映像提供：フィルムヴォイス



軽水炉の成功が高速炉をクラウドディングアウトした。福島事故を経験した日本は軽水炉体系を補完する新しいパラダイム作りをリードすべきである。



前国際エネルギー機関事務局長

田中 伸男

経済 観測

ロバート・ストーン監督のドキュメンタリー映画「パンドラの約束」に興味深い場面が出てくる。海軍士官が初の原子力潜水艦ノーチラス号の模型を前に原子力の素晴らしさを説明しているところだ。若い頃のハイマン・リッコーバー提督である。米海軍の原潜乗りで彼の名前を知らないものはいない。

加圧水型軽水炉（PWR）は、酸素を必要としない動力源として潜水艦用に開発された。蒸気発生器も乗組員を被ばくから守るための技術だ。提督は乗組員に原子炉知識の共有と安全管理を徹底した。小さくてもミスを犯したものは原潜から放逐されたという。1人の間違いが全乗組員の死に直結するからだ。これが海軍でリッコーバー提督の伝説となり、今もその安全ルールが徹底されている。

リッコーバー提督の伝説

20 2014.2.20

と聞く。退役した乗組員が米原子力規制委員会の委員やスタッフになり、原子力発電所にも派遣されて原子炉の安全を守っている。水を冷却材とする軽水炉は、原潜に載せるのに都合の良い技術だ。万が一の事態が起こっても海中に投棄すれば原子炉は停止するからだ。それを陸に上げれば冷却水が途絶えるリスクがあることは福島で明らかになった。軍事技術の転用として商業用軽水炉の普及が急速に進んだのはリッコーバー提督の功績である。しかし軽水炉と同時に開発されていた高速炉は、原子力利用の本命と言われながら過渡的な技術のほずの軽水炉との実用化競争に敗れいまだに研究段階にある。問題は軽水炉実用化を急ぎすぎ、炉の安全性や使用済み核燃料処理などバックエンド技術が未完のまま走り始めたことだ。福島事故後の日本こそ、安全で核不拡散型かつ廃棄物処理の楽な「統合型高速炉」を平和利用の伝説にする責任があるのではないか。

（毎日新聞 経済観測2014-2-20）

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。

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。



「すべては終わった。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。」

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



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。

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10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400万バレルを超え、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（O

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

NGV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）の連携など思い切った経済連携を進めるべきだろう。
ガスベイ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、日中間のエネルギー協力も一里塚になる。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たべきだ。

酸化炭素（CO₂）回収・貯留技術（CCS）を普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、欧米の企業との多くは将来のCO₂価格を1当たり30〜60ドルと想定して、投資決定のハドルレール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。

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携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携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。隣国と連携がないうちは、国内の電力網すら50〜60年たて東西に分断されている日本と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に。ただ、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。アルゴン国立研究所が開発した統合型高速炉（HFR）と電解型乾式（空冷式）再処理技術だ。この技術は福島第一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。

日本、米独と事情違う

原油安続いても原発必要

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、中東情勢は予測を許さない。日本は昨年、ペルシヤ湾などの緊急事態に対応するための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（L

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。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、天然ガスを追いつき、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へ一挙にシフトを促す必要がある。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いという。低効率の石炭発電設備投資をするとか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

に進む中で、政府は30年に原子力発電が全電源の30〜22%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、CO₂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携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携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。隣国と連携がないうちは、国内の電力網すら50〜60年たて東西に分断されている日本と同じことはできない。

経済教室

持続可能な原子力を探れ

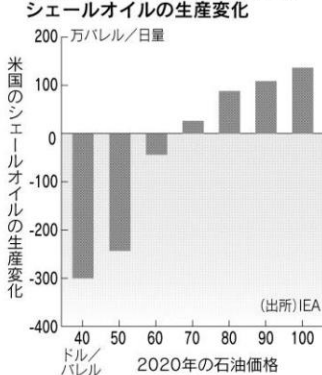
大震災から5年

エネルギー政策

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

2020年の石油価格による米国のシェールオイルの生産変化



米国のシェールオイルの生産変化

(出所) IEA

たなかのぶお 50年生まれ。東京大経営・通産省へ。笹川平和財団理事長