

持続可能なエネルギー安全保障戦略 ：原子力の役割

2020年2月12日

原子力人材育成ネットワーク報告会

笹川平和財団会長

元国際エネルギー機関(IEA)事務局長

田中伸男

Koizumi's lack of COP 25 coal commitments 'wins' Japan 2nd 'Fossil' award



日本経済新聞

脱石炭示さぬ日本に再び「化石賞」 COP25で環境団体: 日本経済新聞



Table 1 The Global Gender Gap Index 2020 rankings

Rank	Country	Score	Rank change	Score change	
		0-1		2018	2006
1	Iceland	0.877	-	+0.018	+0.095
2	Norway	0.842	-	+0.007	+0.043
3	Finland	0.832	1	+0.012	+0.036
4	Sweden	0.820	-1	-0.002	+0.007
5	Nicaragua	0.804	-	-0.005	+0.147
6	New Zealand	0.799	1	-0.002	+0.048
7	Ireland	0.798	2	+0.002	+0.065
8	Spain	0.795	21	+0.049	+0.063
9	Rwanda	0.791	-3	-0.013	n/a
10	Germany	0.787	4	+0.011	+0.034
11	Latvia	0.785	6	+0.027	+0.076
12	Namibia	0.784	-2	-0.005	+0.098
13	Costa Rica	0.782	9	+0.033	+0.089
14	Denmark	0.782	-1	+0.004	+0.036
15	France	0.781	-3	+0.002	+0.129
16	Philippines	0.781	-8	-0.018	+0.029
17	South Africa	0.780	2	+0.025	+0.068
18	Switzerland	0.779	2	+0.024	+0.079
19	Canada	0.772	-3	+0.001	+0.055
20	Albania	0.769	14	+0.035	+0.108
21	United Kingdom	0.767	-6	-0.007	+0.031
22	Colombia	0.758	18	+0.029	+0.053
23	Moldova	0.757	12	+0.023	+0.044
24	Trinidad and Tobago*	0.756	n/a	n/a	+0.076
25	Mexico	0.754	25	+0.034	+0.108
26	Estonia	0.751	7	+0.017	+0.057
27	Belgium	0.750	5	+0.012	+0.042
28	Barbados	0.749	-7	-0.004	n/a
29	Belarus	0.746	-1	-	n/a
30	Argentina	0.746	6	+0.014	+0.063
31	Cuba	0.746	-8	-0.004	n/a
32	Burundi	0.745	-1	+0.004	n/a
33	Lithuania	0.745	-9	-0.005	+0.037
34	Austria	0.744	19	+0.026	+0.046
35	Portugal	0.744	2	+0.011	+0.052
36	Slovenia	0.743	-25	-0.041	+0.069
37	Uruguay	0.737	19	+0.023	+0.082
38	Netherlands	0.736	-11	-0.010	+0.012
39	Serbia	0.736	-1	+0.006	n/a
40	Poland	0.736	2	+0.008	+0.056
41	Jamaica	0.735	3	+0.012	+0.034
42	Bolivia	0.734	-17	-0.014	+0.101
43	Lao PDR	0.731	-17	-0.017	n/a
44	Australia	0.731	-5	+0.001	+0.015
45	Zambia*	0.731	n/a	n/a	+0.095
46	Panama	0.730	-1	+0.008	+0.037
47	Zimbabwe	0.730	-	+0.009	+0.084
48	Ecuador	0.729	-7	-	+0.085
49	Bulgaria	0.727	-31	-0.029	+0.040
50	Bangladesh	0.726	-2	+0.004	+0.099
51	Luxembourg	0.725	10	+0.013	+0.058
52	Cape Verde	0.725	20	+0.023	n/a
53	United States	0.724	-2	+0.004	+0.020
54	Singapore	0.724	13	+0.017	+0.069
55	Romania	0.724	8	+0.013	+0.044
56	Mozambique	0.723	-7	+0.003	n/a
57	Chile	0.723	-3	+0.006	+0.077
58	Honduras	0.722	10	+0.016	+0.074
59	Ukraine	0.721	6	+0.013	+0.042
60	Croatia	0.720	-1	+0.008	+0.006
61	Bahamas	0.720	-31	-0.021	n/a
62	Madagascar	0.719	22	+0.027	+0.080
63	Slovak Republic	0.718	20	+0.026	+0.043
64	Israel	0.718	-18	-0.004	+0.029
65	Uganda	0.717	-22	-0.008	+0.037
66	Peru	0.714	-14	-0.006	+0.052
67	Venezuela	0.713	-3	+0.005	+0.047
68	Tanzania	0.713	3	+0.008	+0.009
69	Bosnia Herzegovina	0.712	-7	-0.001	n/a
70	North Macedonia	0.711	-4	+0.003	+0.013
71	Montenegro	0.710	-2	+0.004	n/a
72	Kazakhstan	0.710	-12	-0.002	+0.018
73	Botswana	0.709	-18	-0.006	+0.020
74	Georgia	0.708	25	+0.030	+0.038
75	Thailand	0.708	-2	+0.006	+0.024
76	Italy	0.707	-6	+0.001	+0.061
78	Czech Republic	0.706	4	+0.014	+0.035
79	Mongolia	0.706	-21	-0.007	+0.024
80	El Salvador	0.706	7	+0.016	+0.022
81	Russian Federation	0.706	-6	+0.004	+0.029
82	Ethiopia	0.705	35	+0.049	+0.111
83	Eswatini	0.703	-3	+0.009	+0.043
84	Greece	0.701	-6	+0.004	+0.047
85	Indonesia	0.700	-	+0.010	+0.046
86	Dominican Republic	0.700	-12	-0.001	+0.036
87	Viet Nam	0.700	-10	+0.001	n/a
88	Lesotho	0.695	-7	+0.001	+0.014
89	Cambodia	0.694	4	+0.011	+0.065
90	Malta	0.693	1	+0.008	+0.042
91	Cyprus	0.692	1	+0.008	+0.049
92	Brazil	0.691	3	+0.010	+0.037
93	Kyrgyz Republic	0.689	-7	-0.002	+0.014
94	Azerbaijan	0.687	3	+0.007	n/a
95	Brunei Darussalam	0.686	-5	+0.001	n/a
96	Cameroon	0.686	-39	-0.028	+0.099
97	Liberia	0.685	-1	+0.004	n/a
98	Armenia	0.684	-	+0.006	n/a
99	Senegal	0.684	-5	+0.002	n/a
100	Paraguay	0.683	4	+0.011	+0.028
101	Nepal	0.680	4	+0.009	+0.132
102	Sri Lanka	0.680	-2	+0.004	-0.040
103	Fiji	0.678	3	+0.008	n/a
104	Malaysia	0.677	-3	+0.002	+0.027
105	Hungary	0.677	-3	+0.003	+0.007
106	China	0.676	-3	+0.003	+0.020
107	Ghana	0.673	-18	-0.016	+0.007
108	Korea, Rep.	0.672	7	+0.014	+0.056
109	Kenya	0.671	-33	-0.029	+0.023
110	Belize	0.671	1	+0.008	n/a
111	Sierra Leone	0.668	3	+0.007	n/a
112	India	0.668	-4	+0.003	+0.066
113	Guatemala	0.666	-6	-0.002	+0.059
114	Myanmar	0.665	-26	-0.024	n/a
115	Mauritius	0.665	-6	+0.002	+0.032
116	Malawi	0.664	-4	+0.002	+0.020
117	Timor-Leste	0.662	7	+0.025	n/a
118	Angola	0.660	7	+0.027	+0.056
119	Benin	0.658	-1	+0.003	+0.080
120	United Arab Emirates	0.655	-	-0.012	+0.062
121	Japan	0.652	-11	-0.010	+0.008
122	Kuwait	0.650	4	+0.020	+0.016
123	Maldives	0.646	-10	-0.016	n/a
124	Tunisia	0.644	-5	-0.004	+0.015
125	Guinea	0.642	-9	-0.014	n/a
126	Vanuatu*	0.638	n/a	n/a	n/a
127	Papua New Guinea*	0.635	n/a	n/a	n/a
128	Nigeria	0.635	5	+0.015	+0.025
129	Burkina Faso	0.635	-	+0.006	+0.049
130	Turkey	0.635	-	+0.007	+0.050
131	Bhutan	0.635	-9	-0.003	n/a
132	Algeria	0.634	-4	+0.005	+0.032
133	Bahrain	0.629	-1	+0.002	+0.040
134	Egypt	0.629	1	+0.015	+0.051
135	Qatar	0.629	-8	-	n/a
136	Gambia, The	0.628	-16	-0.015	-0.017
137	Tajikistan	0.626	-14	-0.012	n/a
138	Jordan	0.623	-	+0.018	+0.012
139	Mali	0.621	4	+0.039	+0.021
140	Togo	0.615	-6	-0.003	n/a
141	Mauritania	0.614	-5	+0.006	+0.030
142	Côte d'Ivoire	0.606	-11	-0.021	n/a
143	Morocco	0.605	-6	-0.002	+0.022
144	Oman	0.602	-5	-0.003	n/a
145	Lebanon	0.599	-5	+0.004	n/a
146	Saudi Arabia	0.599	-5	+0.010	+0.075
147	Chad	0.596	-2	+0.016	+0.071
148	Iran, Islamic Rep.	0.584	-6	-0.005	+0.004
149	Congo, Dem. Rep.	0.578	-5	-0.003	n/a
150	Syria	0.567	-4	-0.001	n/a
151	Pakistan	0.564	-3	+0.014	+0.020
152	Iraq	0.530	-5	-0.021	n/a
153	Yemen	0.494	-4	-0.006	+0.034

“Shame on us,
Japan.”

Japan is ranked
121st in global
gender gap index
2020 by WEF.
144th in Political
Empowerment



World
Energy
Outlook
2017

The cover of the 2017 report features a dark background with a vertical orange and yellow abstract graphic on the left side. The IEA logo is in the top right corner.



World
Energy
Outlook
2018

The cover of the 2018 report features a dark background with a large, flowing orange and yellow abstract graphic that curves across the middle. The IEA logo is in the top right corner.



World Energy
Outlook
2019

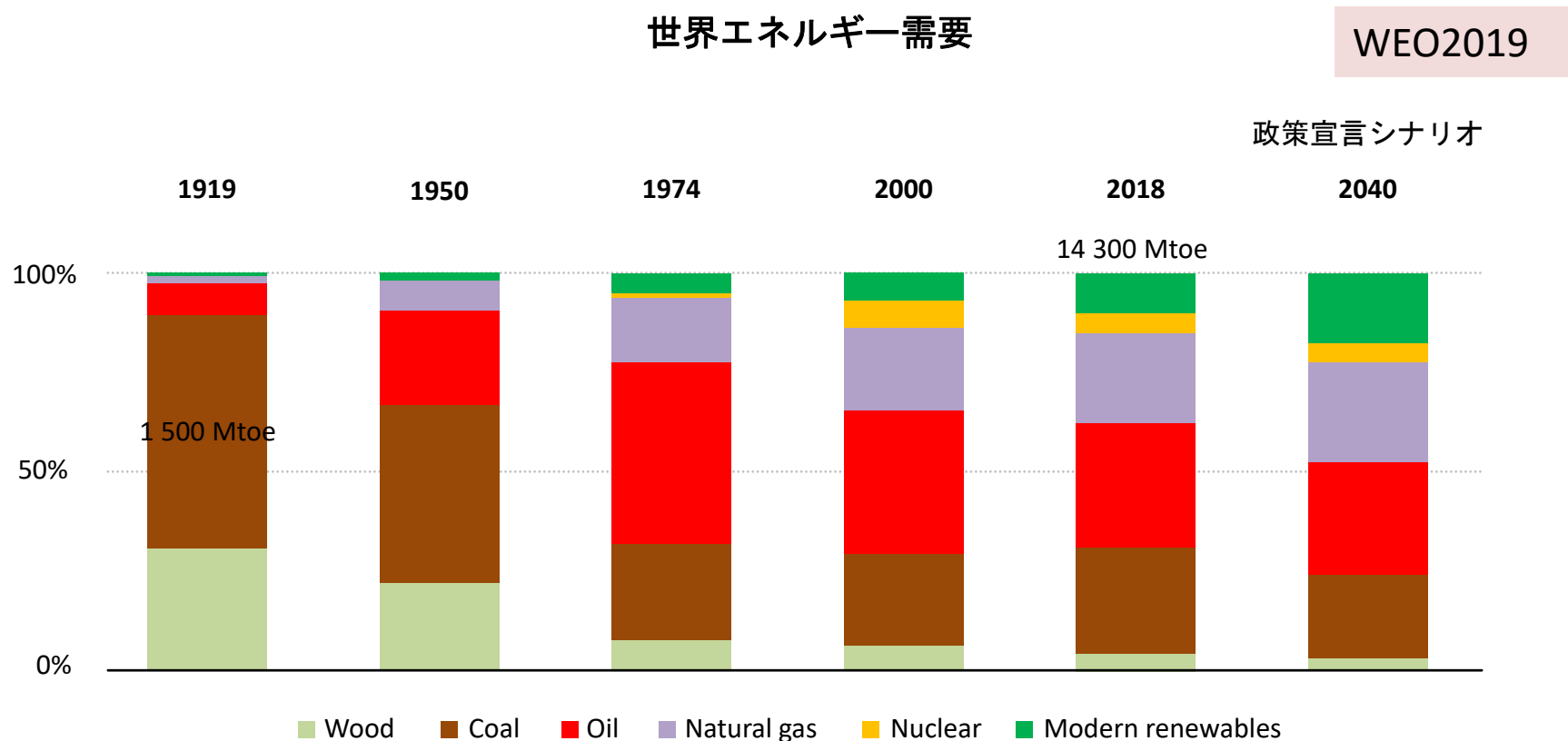
The cover of the 2019 report features a dark background with a large, swirling orange and yellow abstract graphic that dominates the right side. The IEA logo is in the bottom left corner, and the text 'International Energy Agency' is written vertically on the right side.

International
Energy Agency

iea

4

エネルギーの歴史的視点;この百年間を振り返る



この百年間で異なるエネルギー源が異なる技術革新によって様々な変革を経験してきた。
現代の挑戦はその規模である。: 今の世界需要は1919年の10倍である。... そしてさらに増大していく。

今、エネルギー世界の大転換が進行中

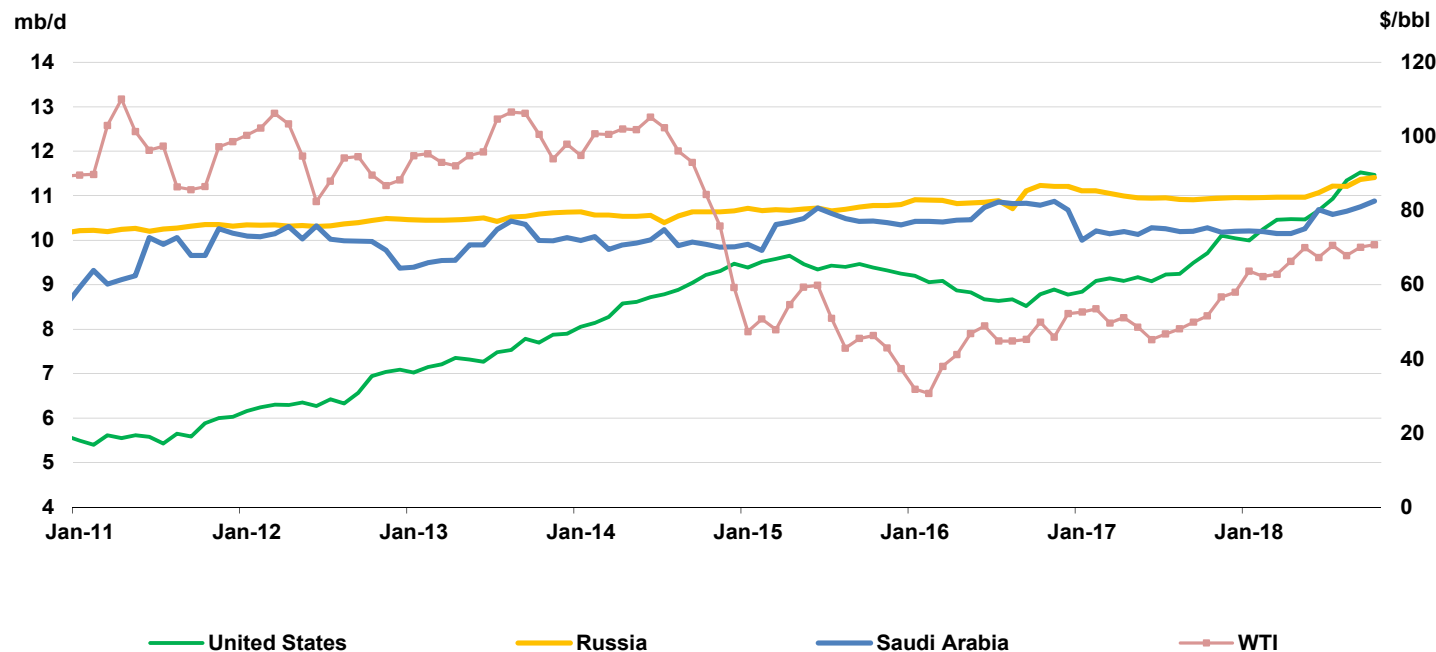
WEO2017

- WEO 2017の背景にある、世界のエネルギーにおける 4 大変化 (Upheavals) ・ 革命とは:
 - **米国のシェール革命** : 米国は石油・ガスにおける世界のリーダーへ
 - **ソーラー革命** : **太陽光発電** は多くの国で最も安価な電源になりつつある
 - **中国のクリーン革命** : 習政権の新たな動きが中国の役割を変える
 - **電力化革命** : 冷房や電気自動車、デジタル化により、未来は**電化**しつつある

- 全ての国でエネルギー安全保障に対するアプローチの再評価が必要となっている。

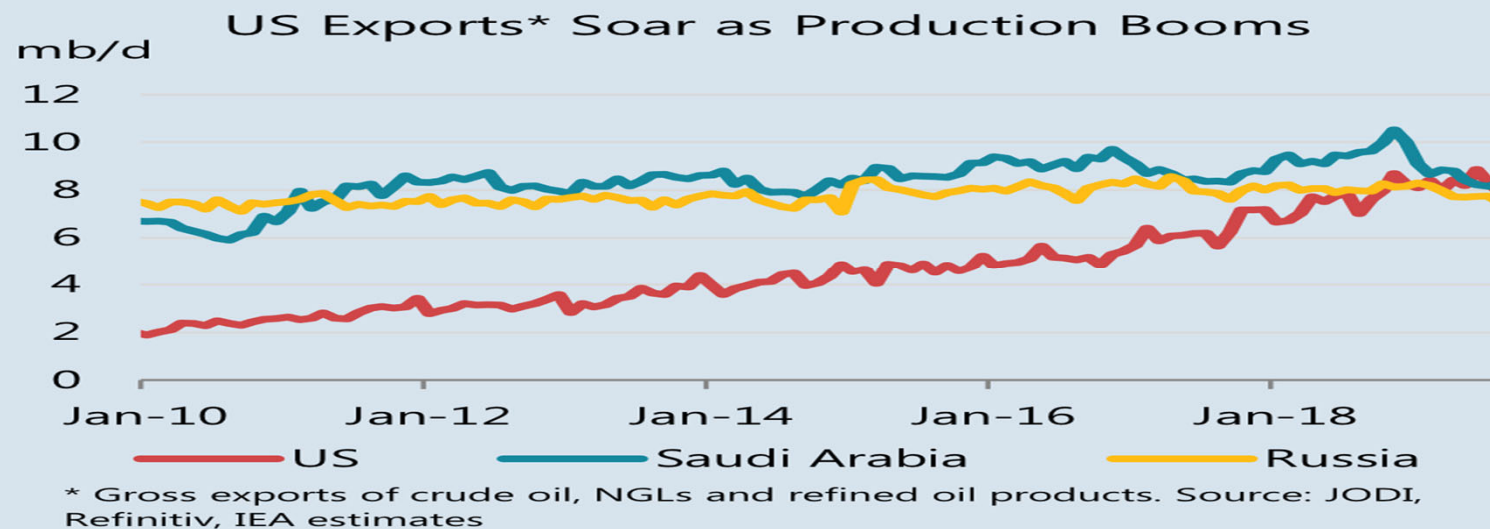
- エネルギーがたどる道筋は多いが、政府や産業が変化の兆しの読み取りを誤れば、思わぬ危険も存在する。

世界三大石油生産国、米露サウジアラビアの攻防

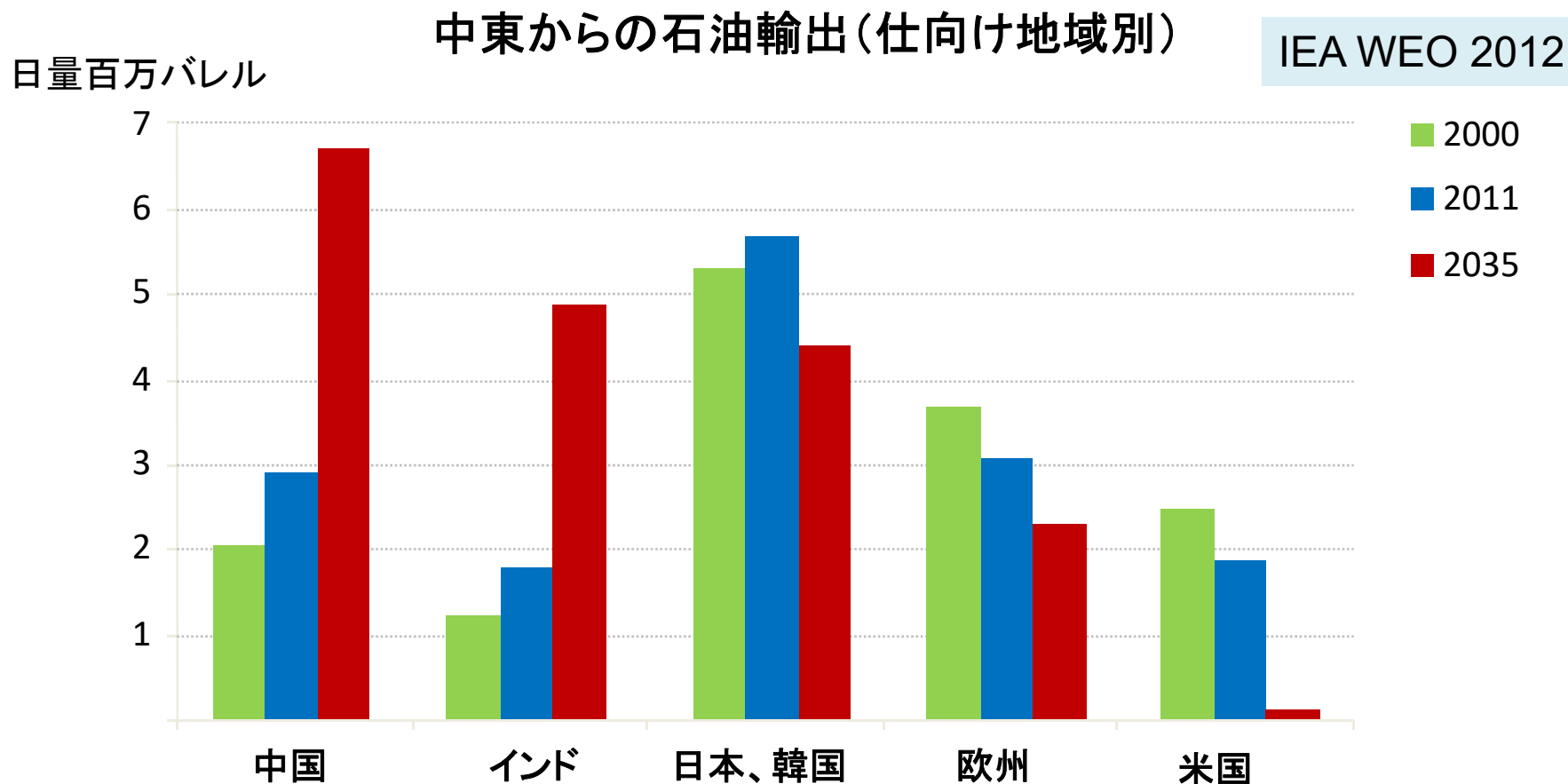


米国はサウジアラビアとロシアを追い抜き、今や世界最大の原油生産国と輸出国になった。石油やガスなどの化石燃料を戦略的に使う**エネルギー支配(ドミナンス)戦略**。

ロシアはサウジOPECと同盟し、米国のシェールに対抗する戦略。生産量は最も安定。



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



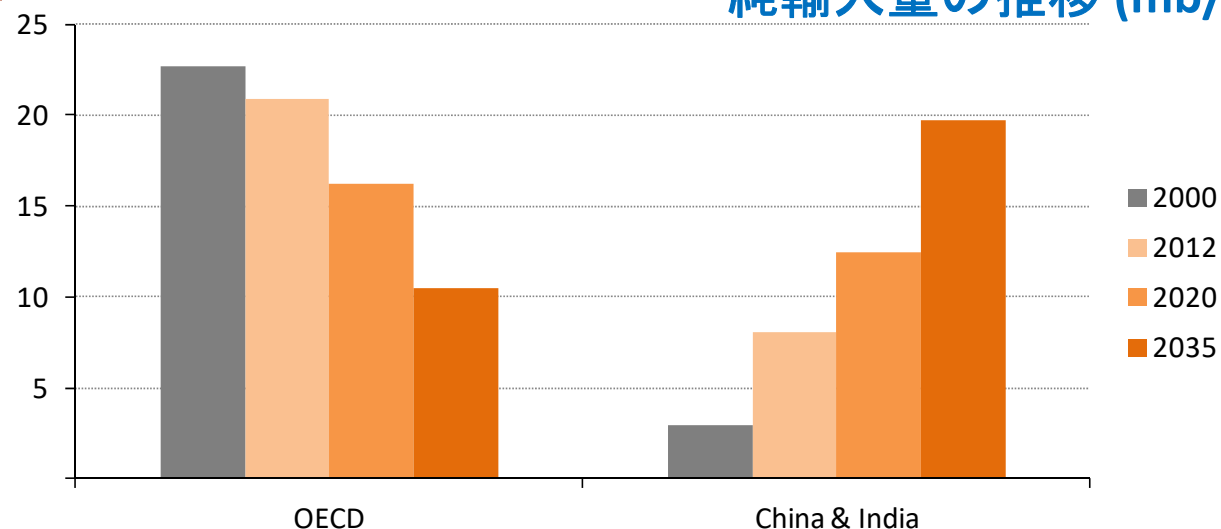
**2035年までに、中東産石油の90%近くがアジアへ輸出される。
北米の純輸出地域としての台頭がこの東方シフトを加速**



国際エネルギー機関
(IEA)の強化には
石油輸入大国中国とインド
のIEA加盟が必要。
インドは2019年、正式加盟
を要請。

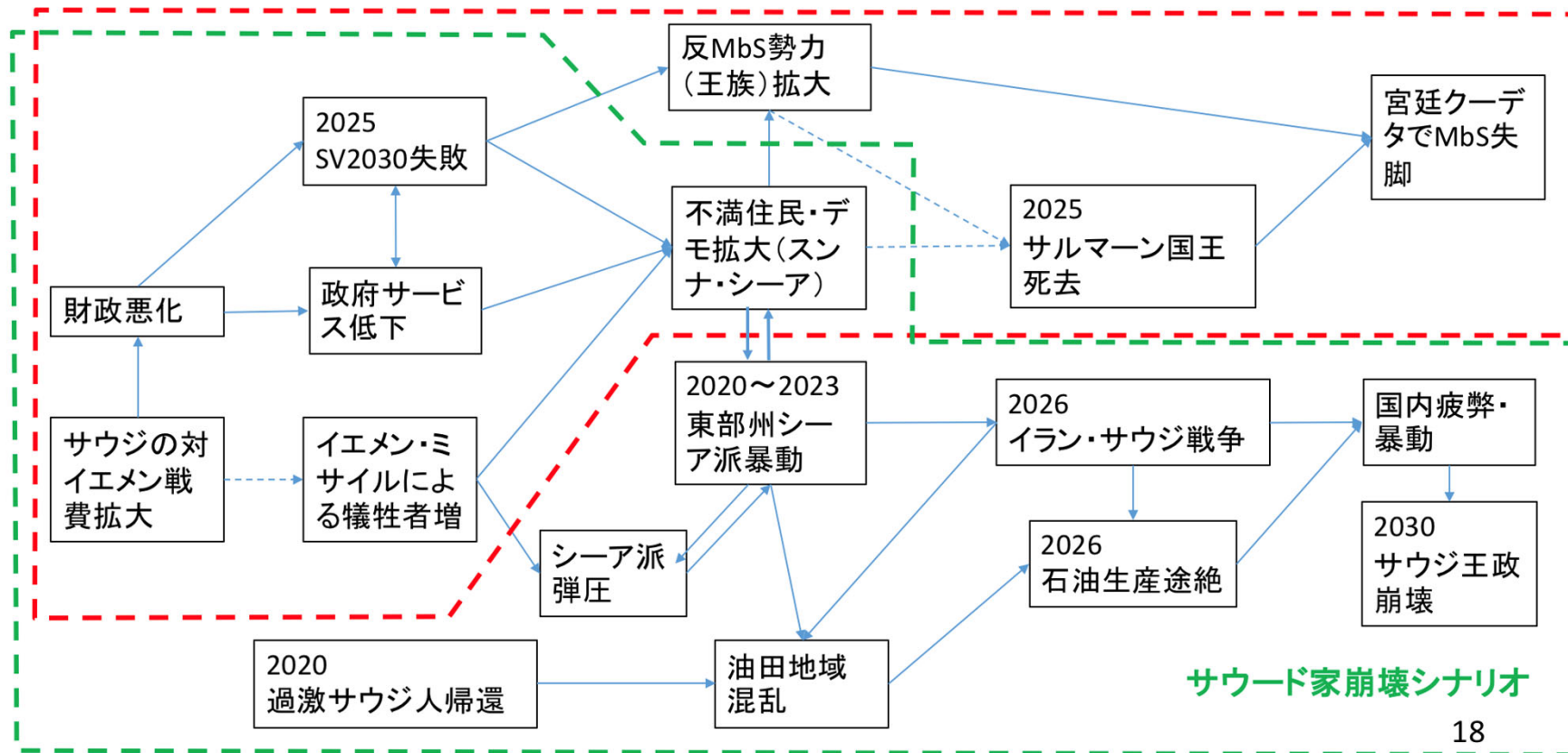
新政策シナリオでの各国の石油
純輸入量の推移 (mb/d)

さらにガス、電力
など包括的エネル
ギー安全保障シス
テム構築へ。



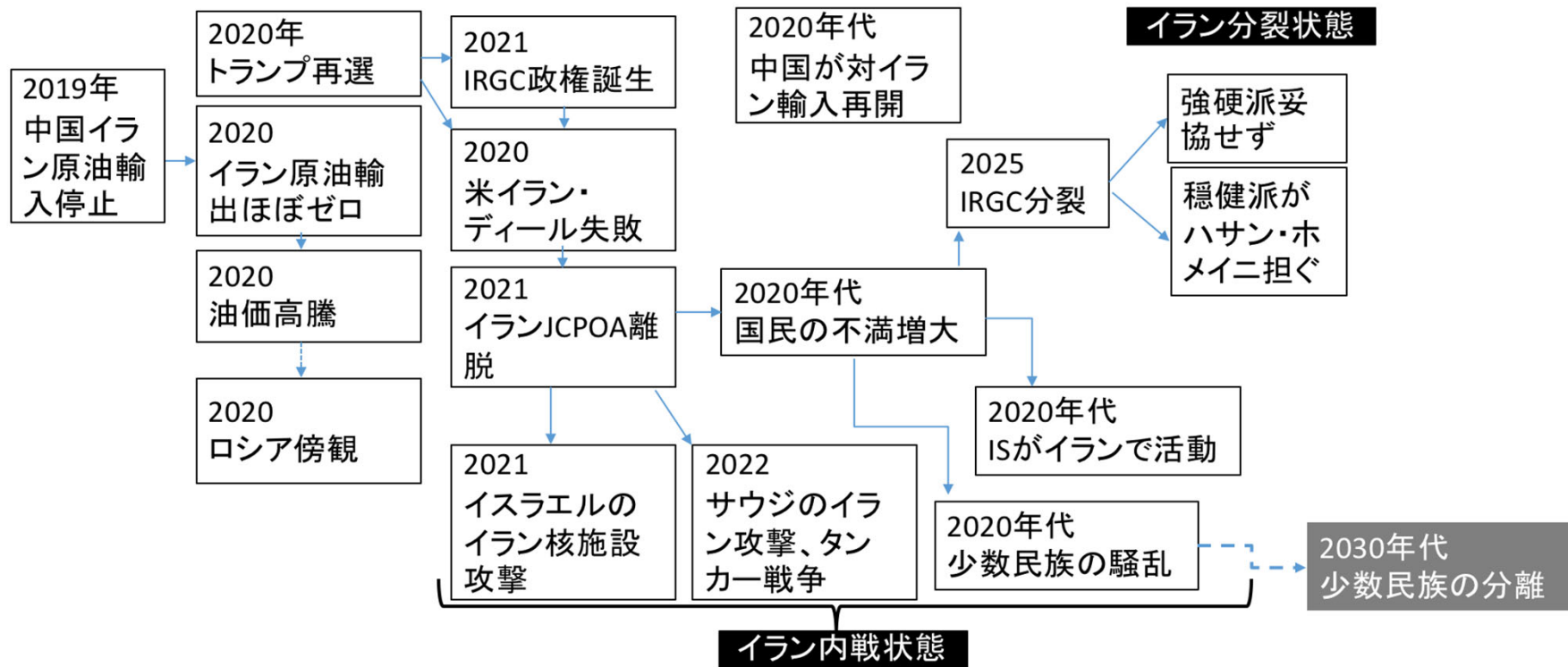
サウジアラビア危機シナリオの枠組み

宮廷クーデタ・シナリオ

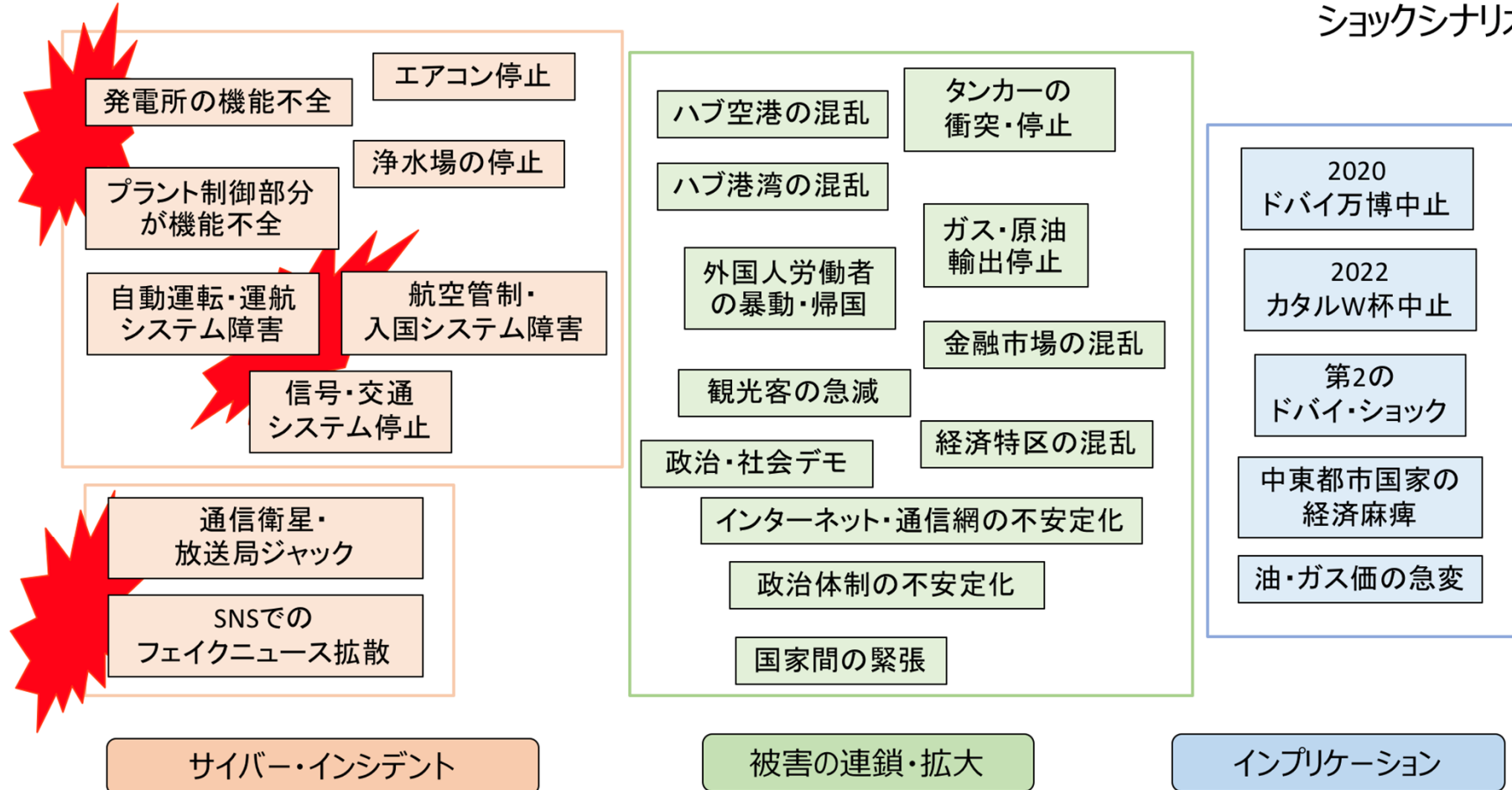


18

イラン内戦シナリオ



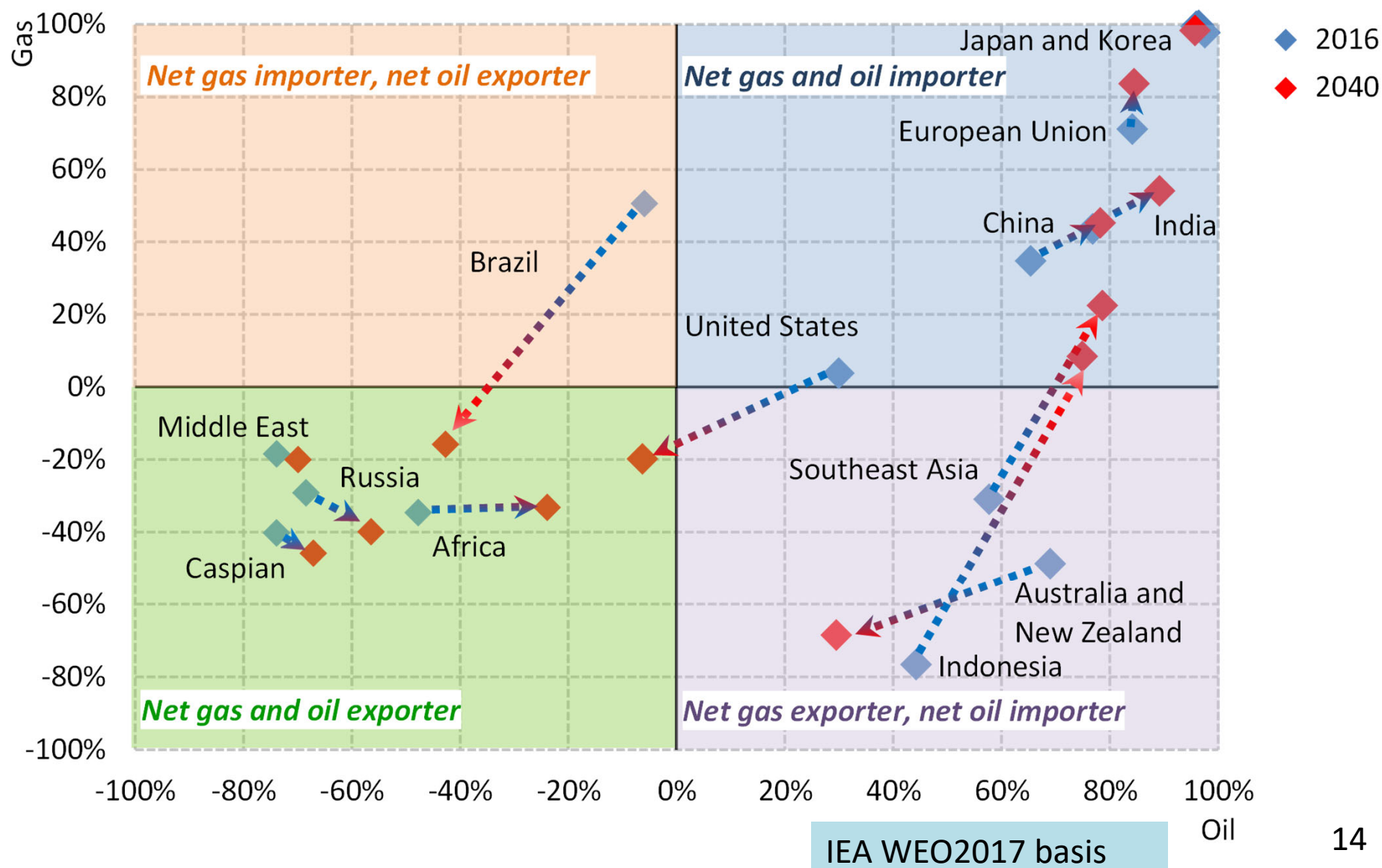
ショックシナリオ



提言1：中東危機に備えよ

- 米国の中東への関心が薄れる中で中国及びインドを中東に関与させる。例えばインドに続き中国を国際エネルギー機関（IEA）への加盟に誘導
- イランとサウジアラビアの対話を図り、フランスと協力し米国をイラン核合意に復帰させる道を探るなどの中東外交
- ペルシャ湾危機対応におけるシーレーン確保の準備のため自衛艦派遣などを米国とは一線を画しながらも実施する。
- 官民において中東危機シナリオを作成し最悪事態に対し準備する。 日本版FEMAの設立を検討する。 原発の緊急再稼働の方法も検討する。

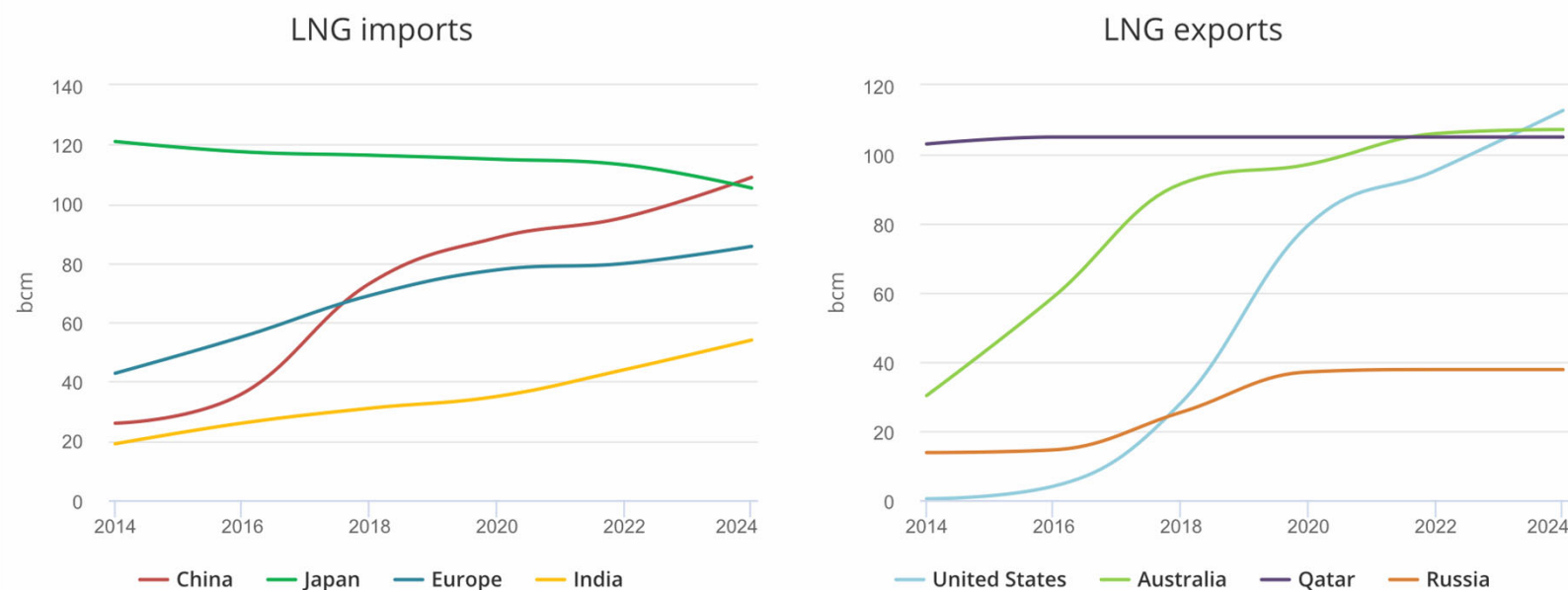
米国はロシア、サウジと石油ガス生産者連合へ。中国は再生可能エネルギー自立で対抗。日本は？



2024年には米国が最大のLNG輸出国に、中国が最大の輸入国になる。

World LNG trade for a selection of importers and exporters, 2014-24

Gas Market
Report 2019 IEA

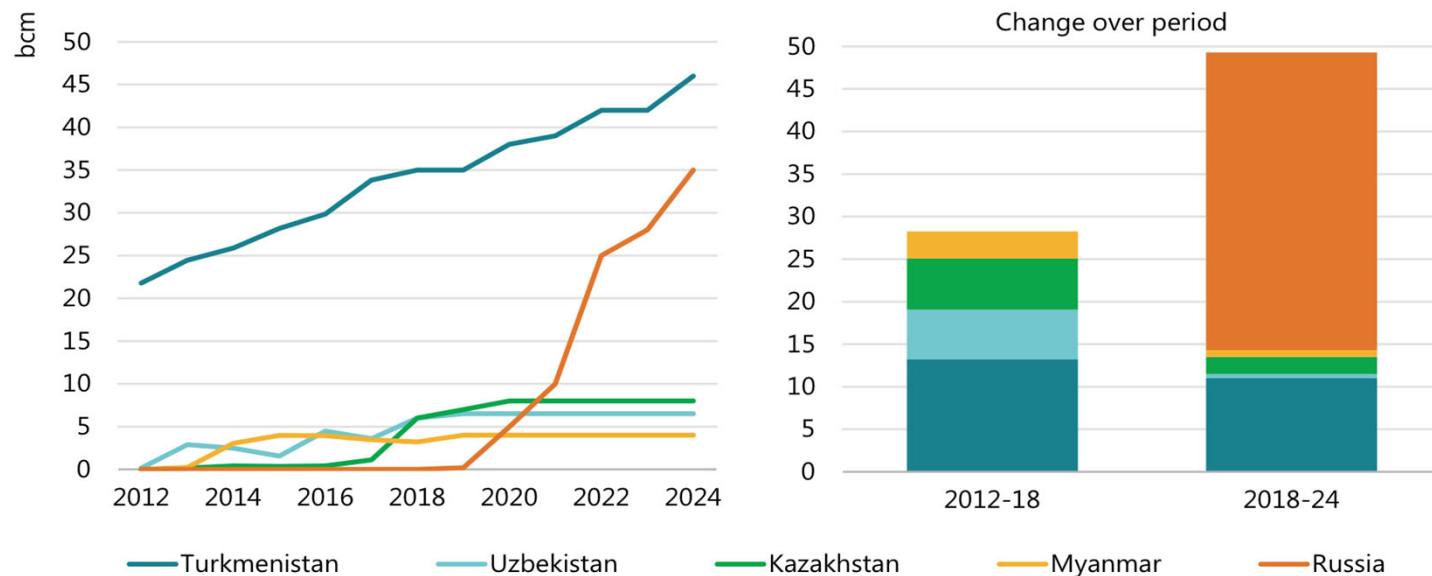


The global gas trade's expansion is mainly driven by LNG .

China is set to become the world's largest LNG importer by 2024 – and the largest pipeline gas importer by 2022. And the US is the largest exporter of LNG ahead of Australia and Qatar.

中国は最大のパイプラインでのガス輸入国に。 ロシアが大きな役割を果たす。

Figure 3.6 Pipeline imports by source, China, 2012–24



IEA, 2019. All rights reserved.

Turkmenistan is expected to remain the largest pipeline exporter to China to 2024, with Russia being the largest source of incremental supply through the forecast period.

Gas Market Report
2019 IEA

The 38 bcm/y Power of Siberia from eastern Russia is expected to start operations in December 2019. China's total pipeline gas imports are therefore expected to double from 50 bcm in 2018 to 100 bcm by 2024, making China the world's largest gas pipeline importer.

ロシアのエネルギー政策は東を向く。 ウクライナ危機を契機に中国へのパイプラインで合意。次は日露エネルギーブリッジやLNG輸出。

Russian Gas Infrastructure



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.

Source: IEA

ロシアは北極海航路を抑える動き。



ヤマルLNGプロジェクト用の
砕氷型タンカー、クリス
トフ・デマジェリ号の命名
式に臨むプーチン大統領

建造中の原子力
砕氷船アーク
ティカ号



LNG一本槍でなくパイプラインによる輸送の多様化も安全保障に資する。 ロシアから日本へのガスパイプラインはLNGに比べコストも安いにもかかわらず、未だに実現されていない。

Figure 1. Proposed Subsea Pipeline Route*



* Only the Ishikari-Tomakomai section has onshore PL.

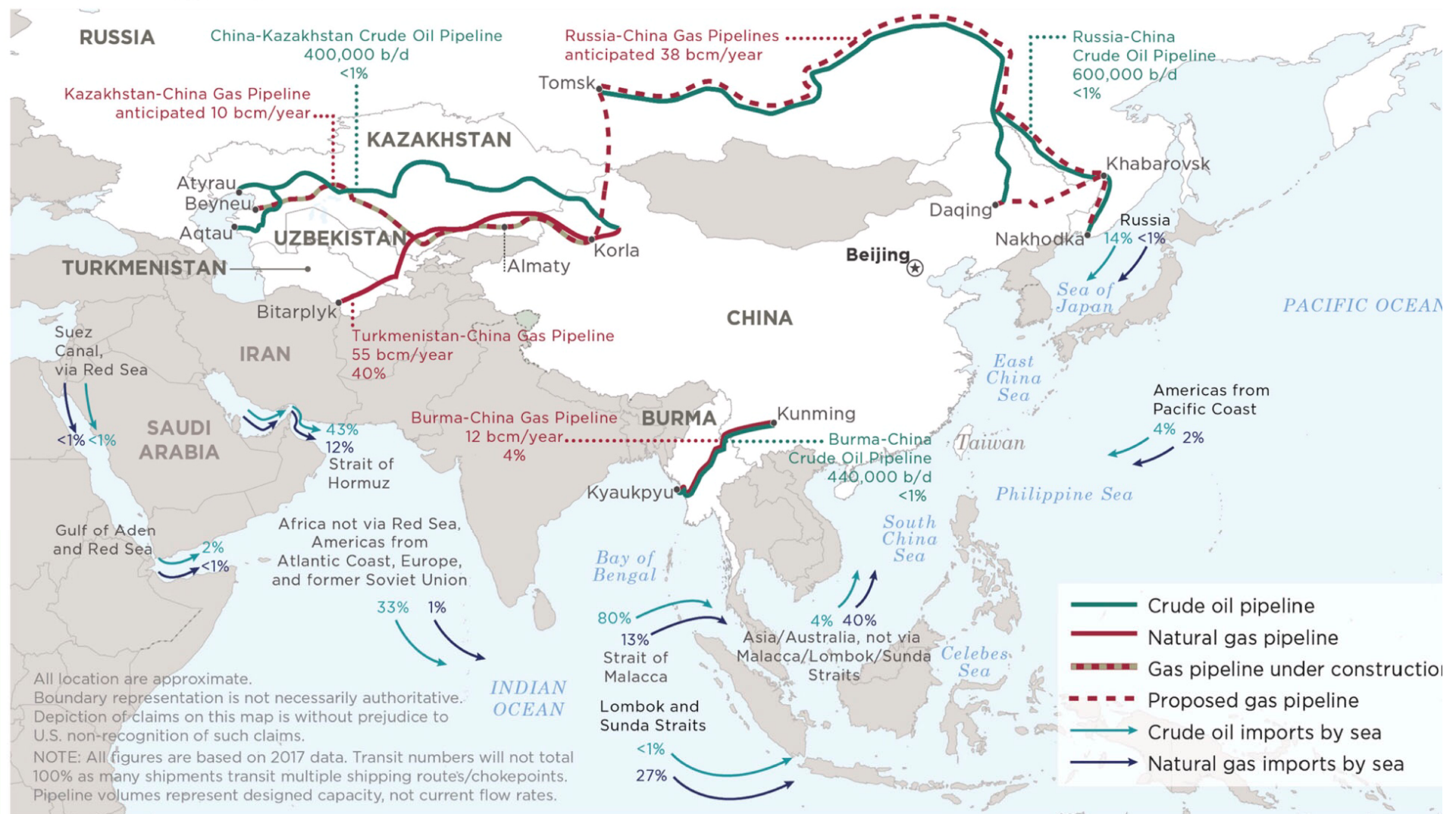
提言2: 天然ガスにおいてロシアの安定性 に着目せよ

- ロシアを天然ガスの安定的供給国と位置付け、LNG計画への参画、パイプラインによる輸入に道をひらけ。
- ガスプロムに電力市場参入を認め、例えば北海道電力を買収させ、パイプラインで輸入するガスを電力化する。
- 北極海航路へのプレゼンスを高めるためにロシアと協力して原子力砕氷船を建造する。国後又は択捉島に基地を置く。
- 四島を含む北海道全域を共同経済開発地域として日露平和条約締結への道を開く。
- LNGの仕向地規制や石油価格連動などを廃止してガスのコモデティ化を進めるとともにアジアの貿易ハブを作る。国内パイプラインの規制緩和や海外との連携も図る。アジアで日本企業がガスメジャーとなることを後押し。

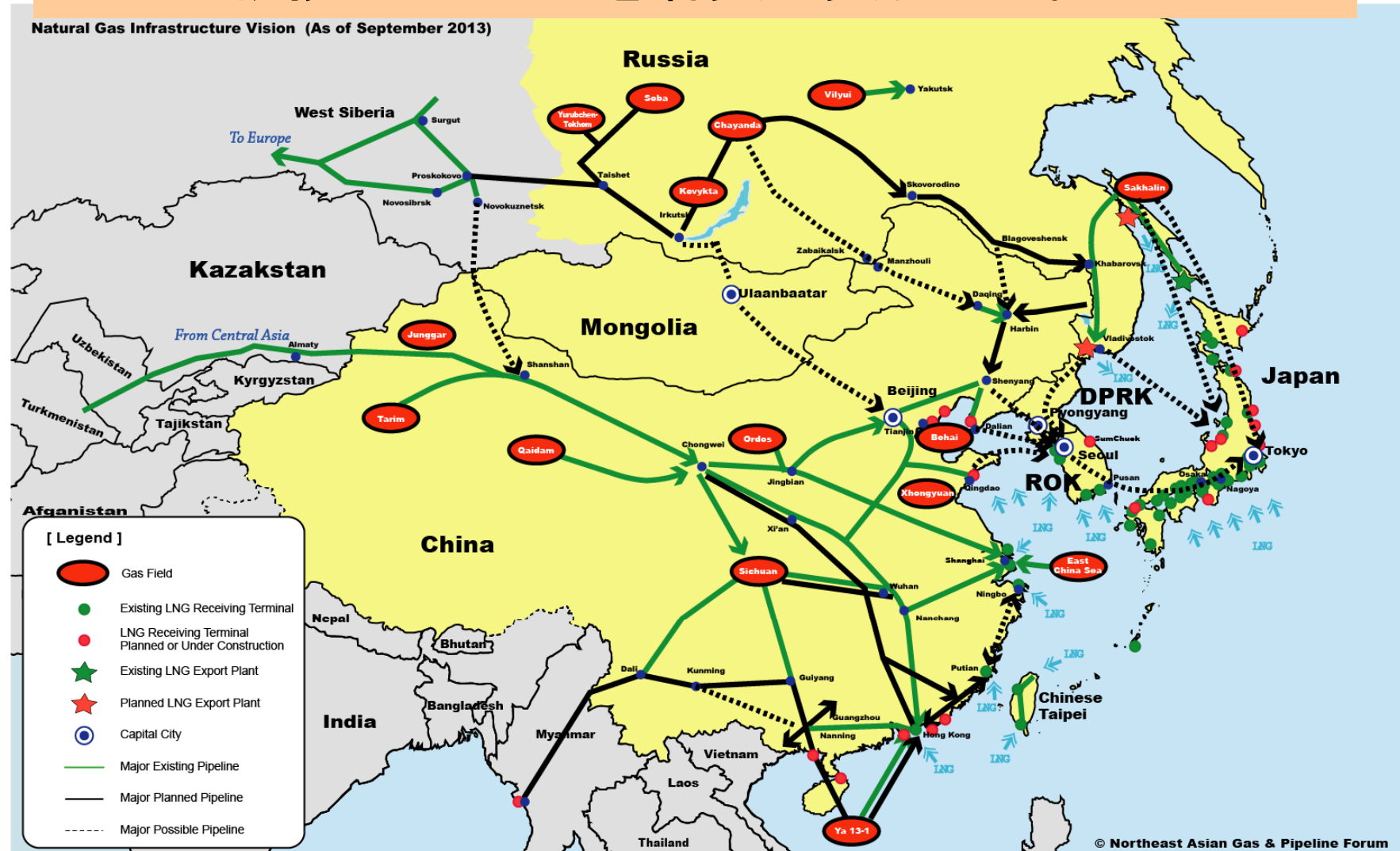
中国の石油・ガス輸入戦略：一帯一路

積極的なシーレーン防衛は米国や周辺国の危惧を招いている。

China's Energy Import Transit Routes



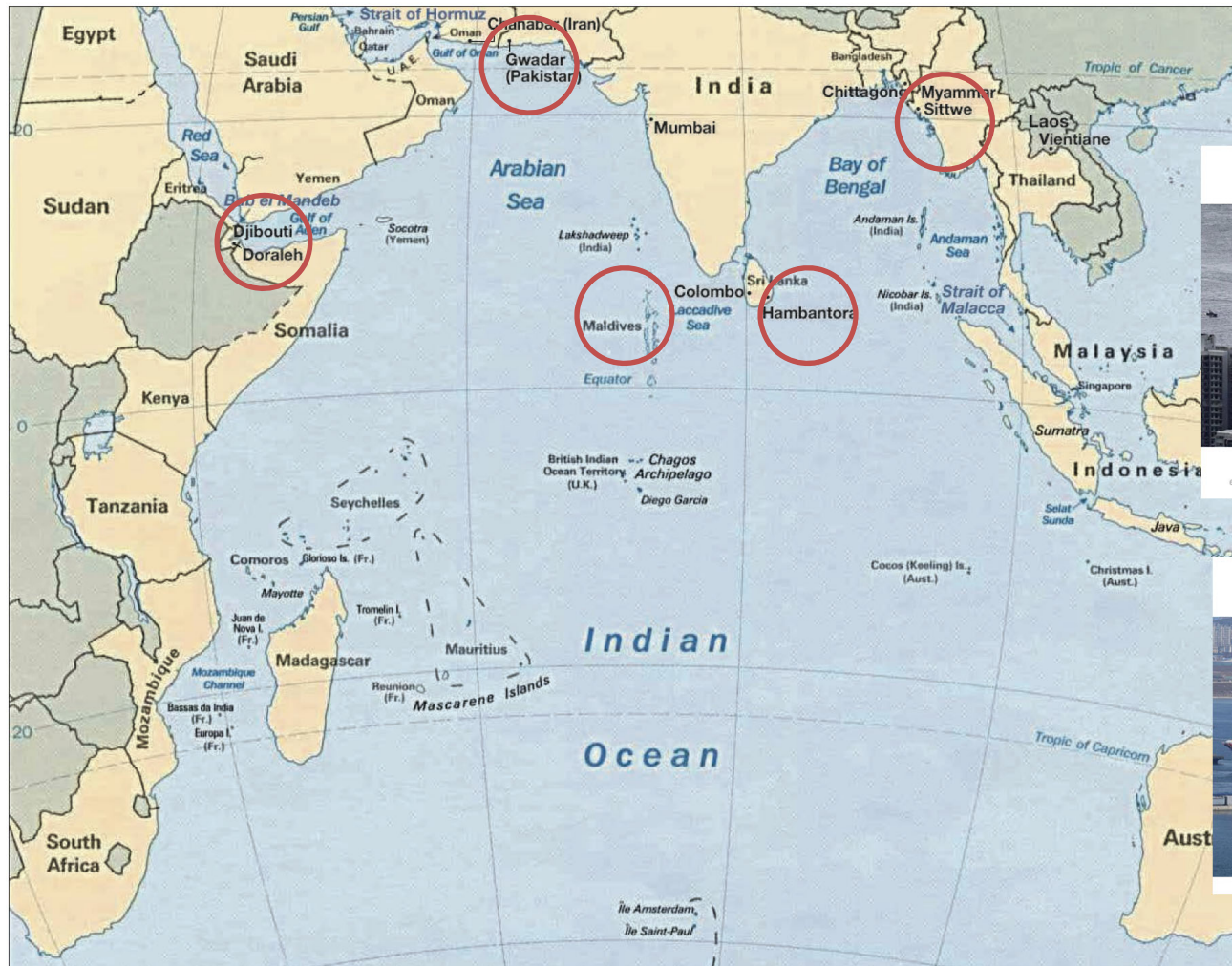
「北東アジアガスパイプライン構想」(NAGPF): 中国は平田教授のビジョンを着実に実現した。



Proposed by the 13th NAGPF Conference in Chengdu, China

中国のインド洋一帯一路戦略：真珠の首飾り作戦

Indian Ocean Area



CNS Liaoning (CV-16) entering Hong Kong (July 2017)



Shandong (launched April 2017)



中国は沿岸防衛から沿岸＋外洋防衛へと展開を急いでいる

インド洋のシーレーン防衛のため日本は原子力推進の潜水艦建造を検討すべきではないか？

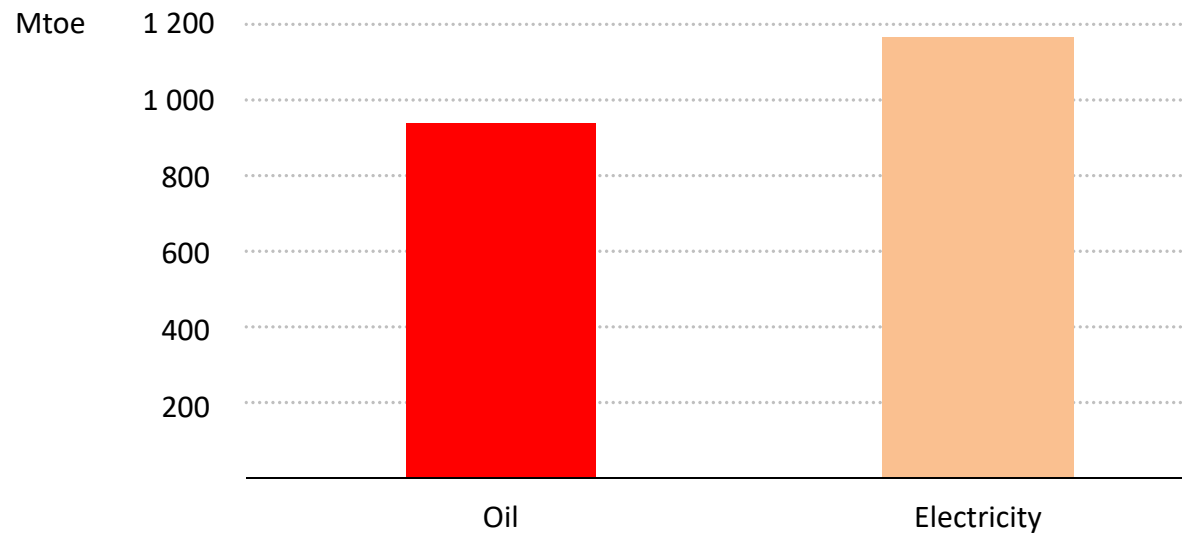


Recommendation 18:
Australia, India, Japan and the U.S. should enhance sea lane defense capabilities in the Indian Ocean. Each nation will need to make judgments about its capabilities based on its interests. For instance, naval fleets will need to evolve to allow increasingly long-range operations. **This may require consideration in Japan of new options such as nuclear propulsion for its submarines.**

Nobuo Tanaka, Chairman, The Sasakawa Peace Foundation (Chair)
Rory Medcalf, Head of College, National Security College, ANU
Kanwal Sibal, Member, VIF Advisory Council, VIF
Dennis Blair, Chairman, Sasakawa Peace Foundation USA

石油の時代から電気の時代へ;二十年間の転換

2018 から 2040 年までの世界策定石油と電力消費量の比較変化するか

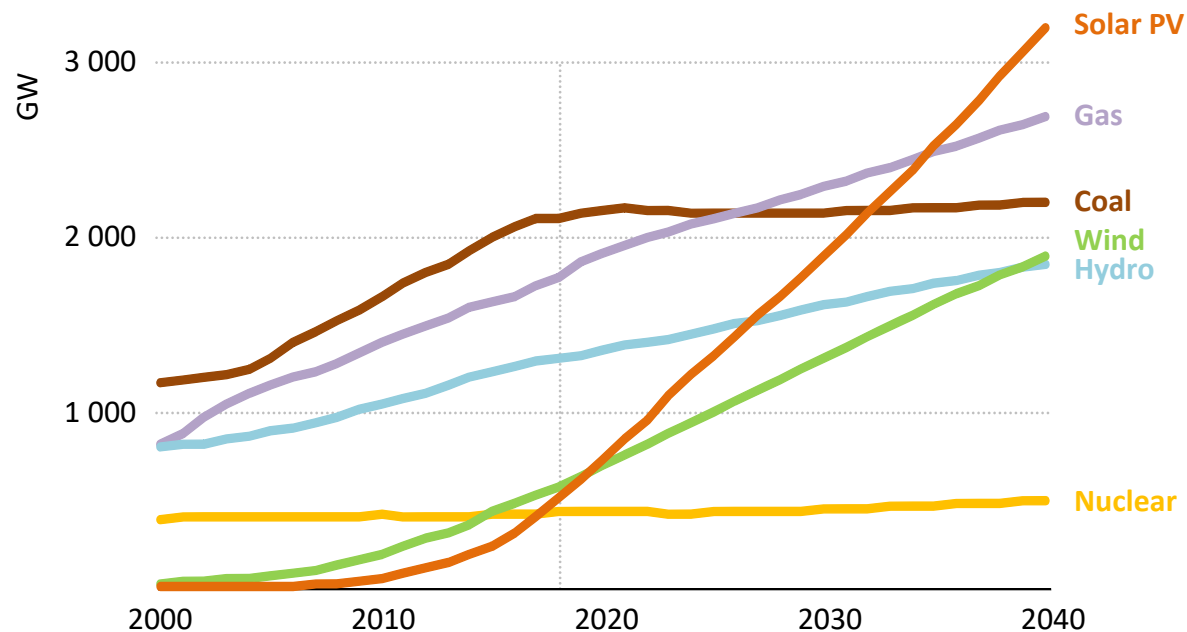


WEO2019

過去にはエネルギー源といえば石油が頼りだった。しかし将来は 電力にとって変わられる。SDSならもっとそうなる。インドは2040年までに現在の欧州と同じ発電量を追加し、中国は現在の米国の発電量を追加する。

太陽光発電とガスが世界の電力ミックスを変える

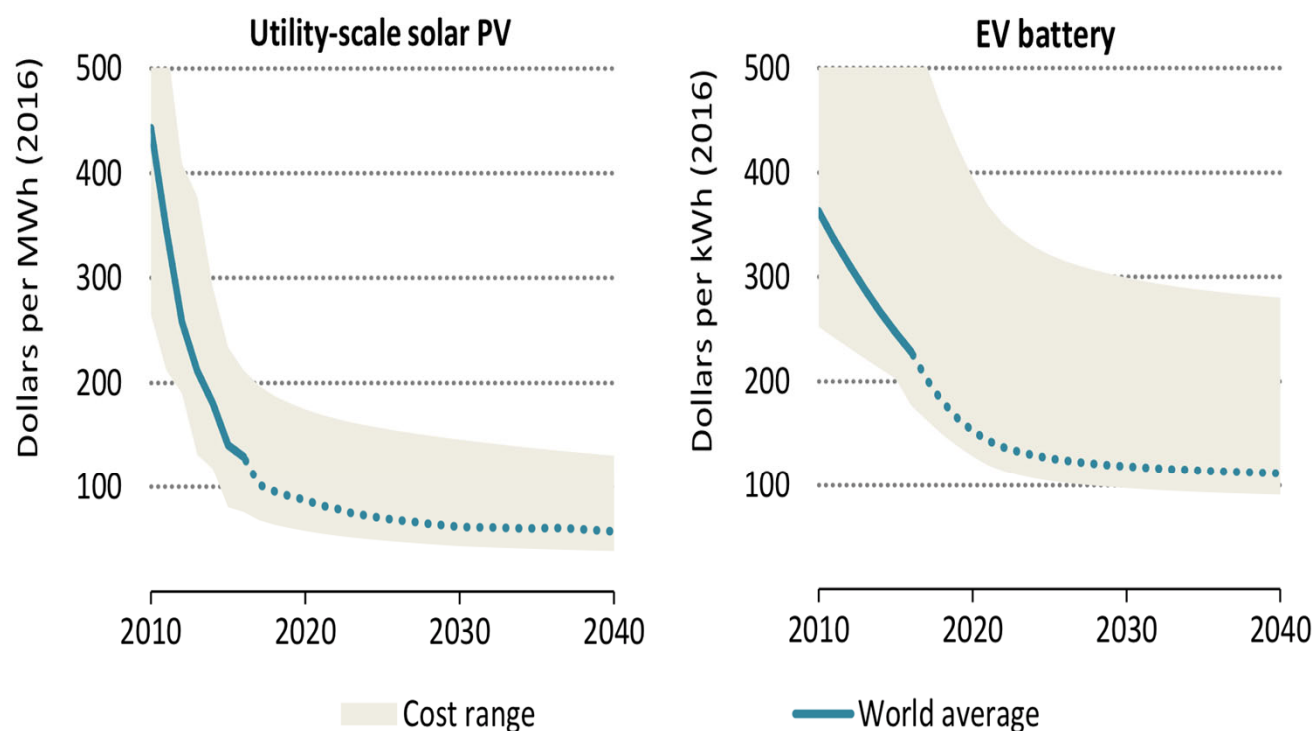
Global power capacity by source in the Stated Policies Scenario



WEO2019

- 再生可能エネルギーとガスが大きく伸びる。中国、インド、米国が太陽光をリード、他方欧州が風力のトップランナー。 2040年には再生可能エネルギーが全電源の約半分になる。

太陽光発電と電気自動車用蓄電池 のコストは大幅に低下

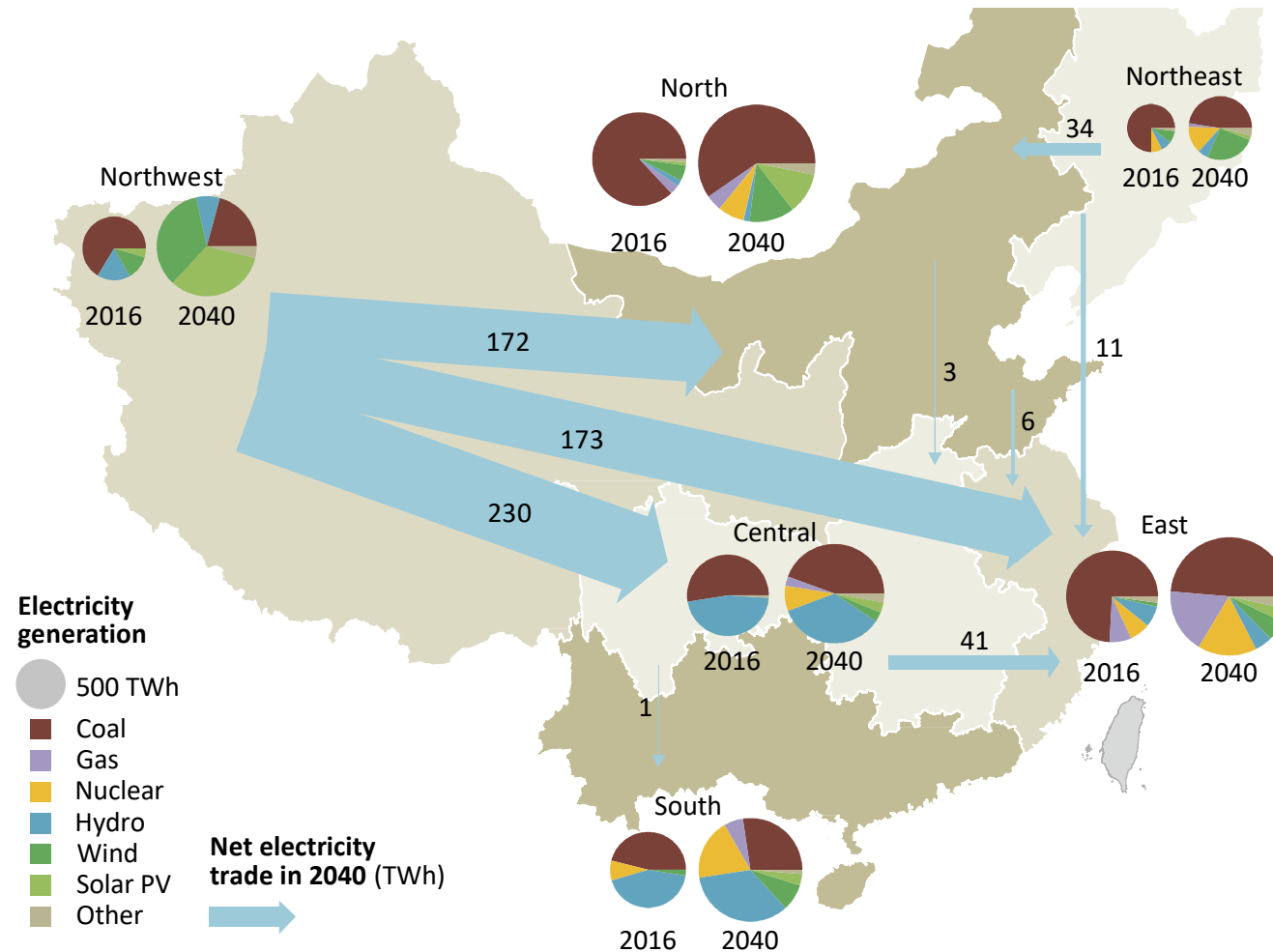


*Reductions in costs of key technologies continue to give
strong impetus to the energy transition*

WEO2017

Note: PV = photovoltaic; EV = electric vehicle.

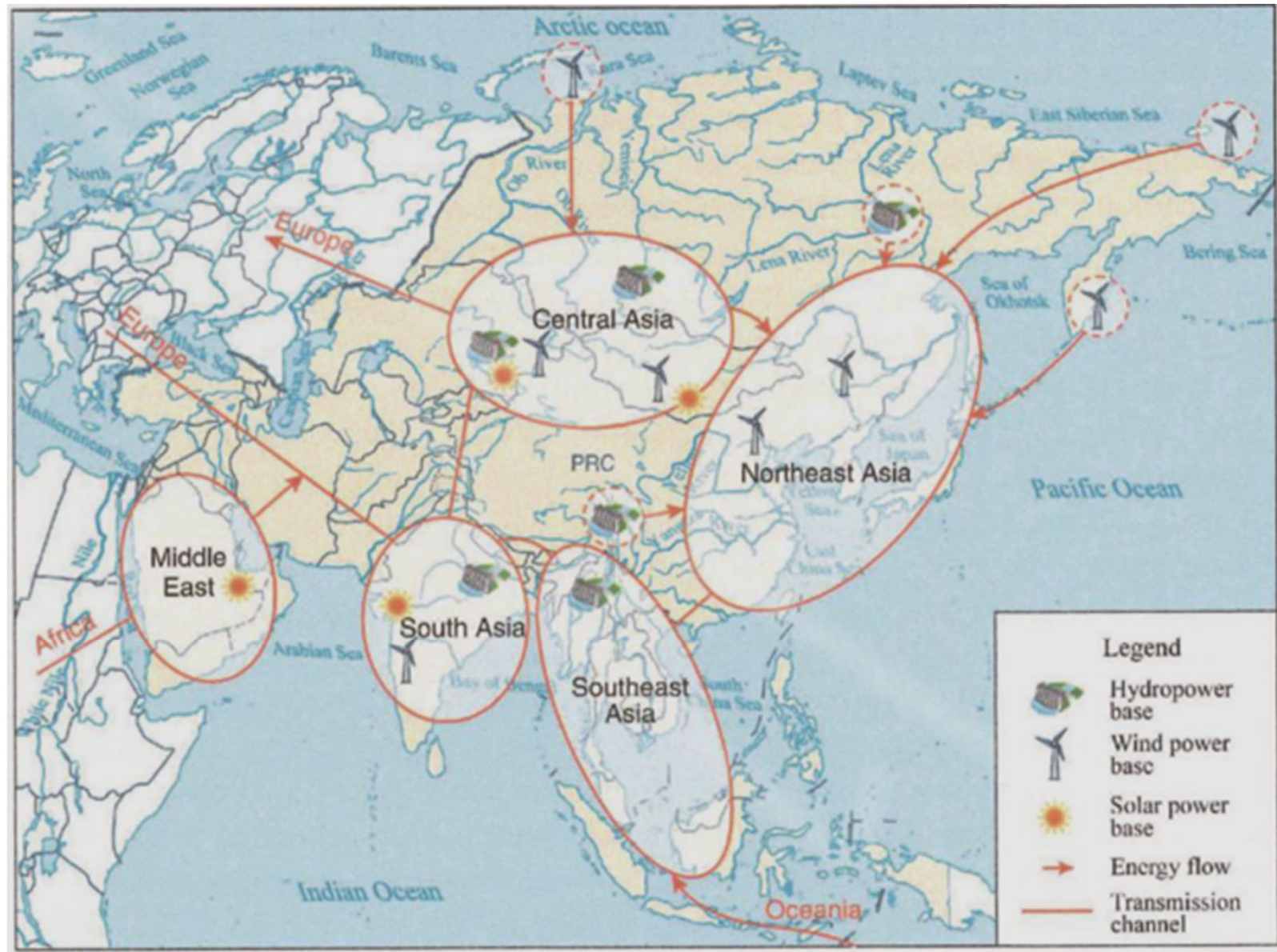
中国における電カトレードの試み



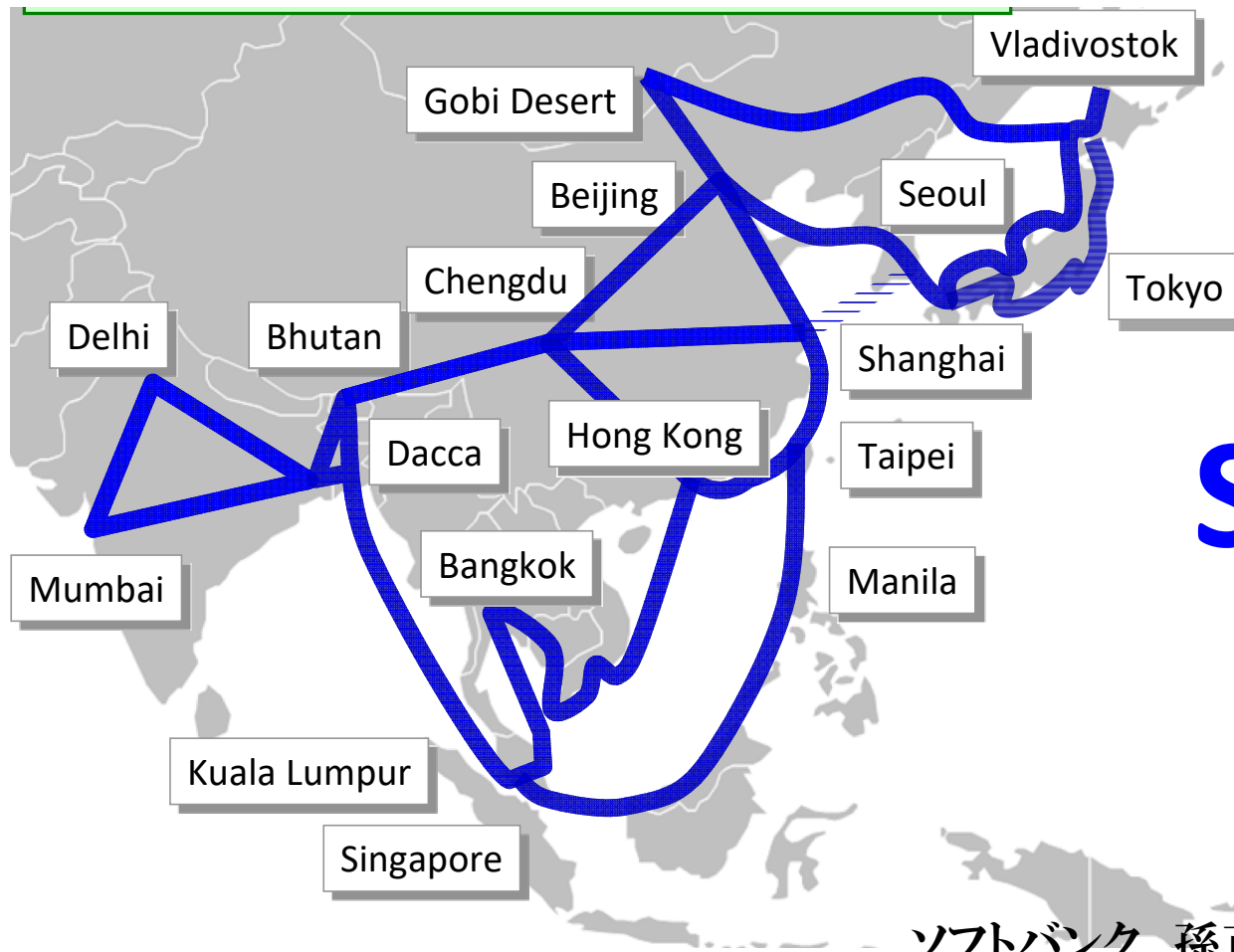
The map presents data of provinces in China.
This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

WEO2017

中国国家電網によるGlobal Energy Interconnection/ GEIDCO : 電力線の一帯一路戦略



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



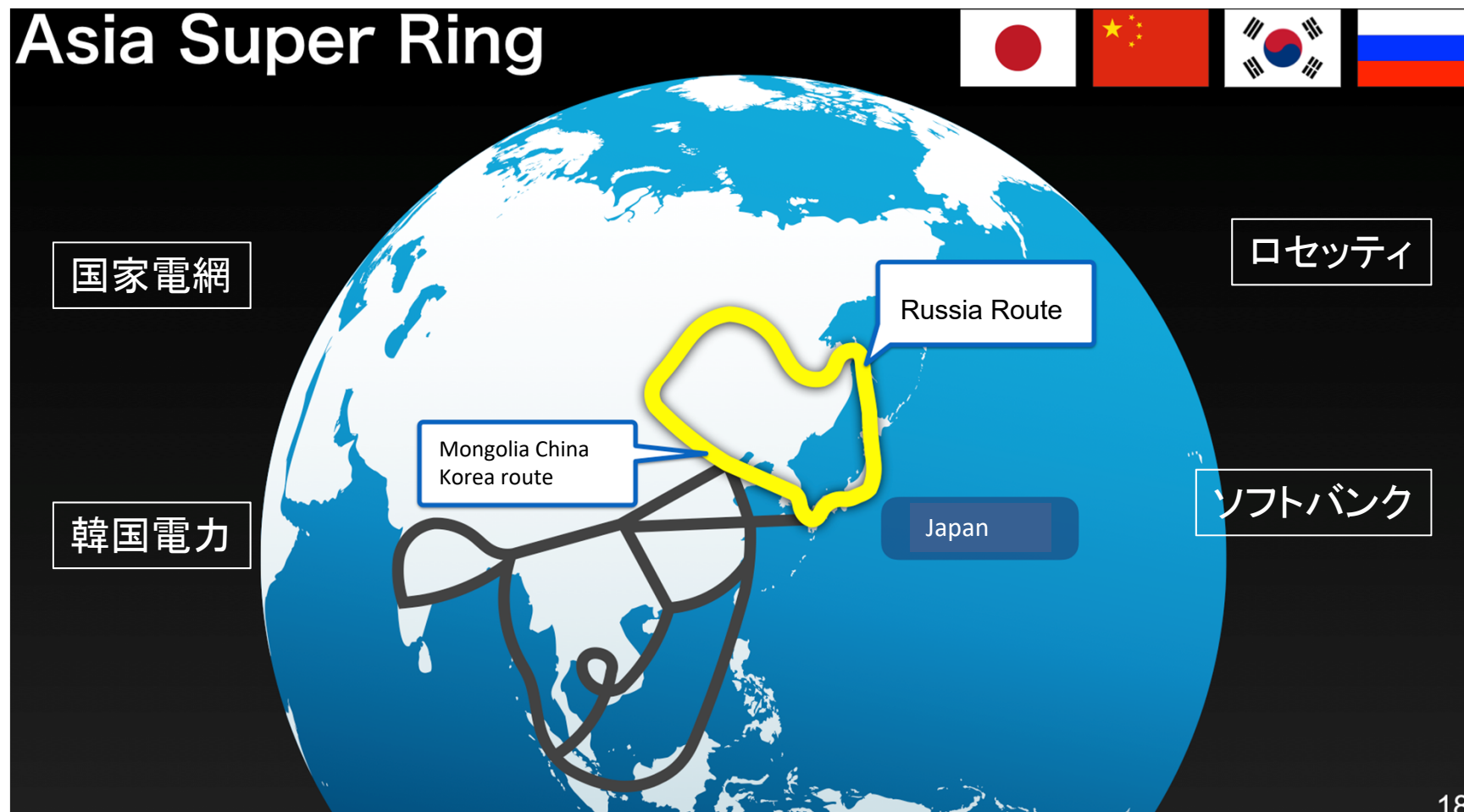
Phase 3

**Asia
Super Grid**

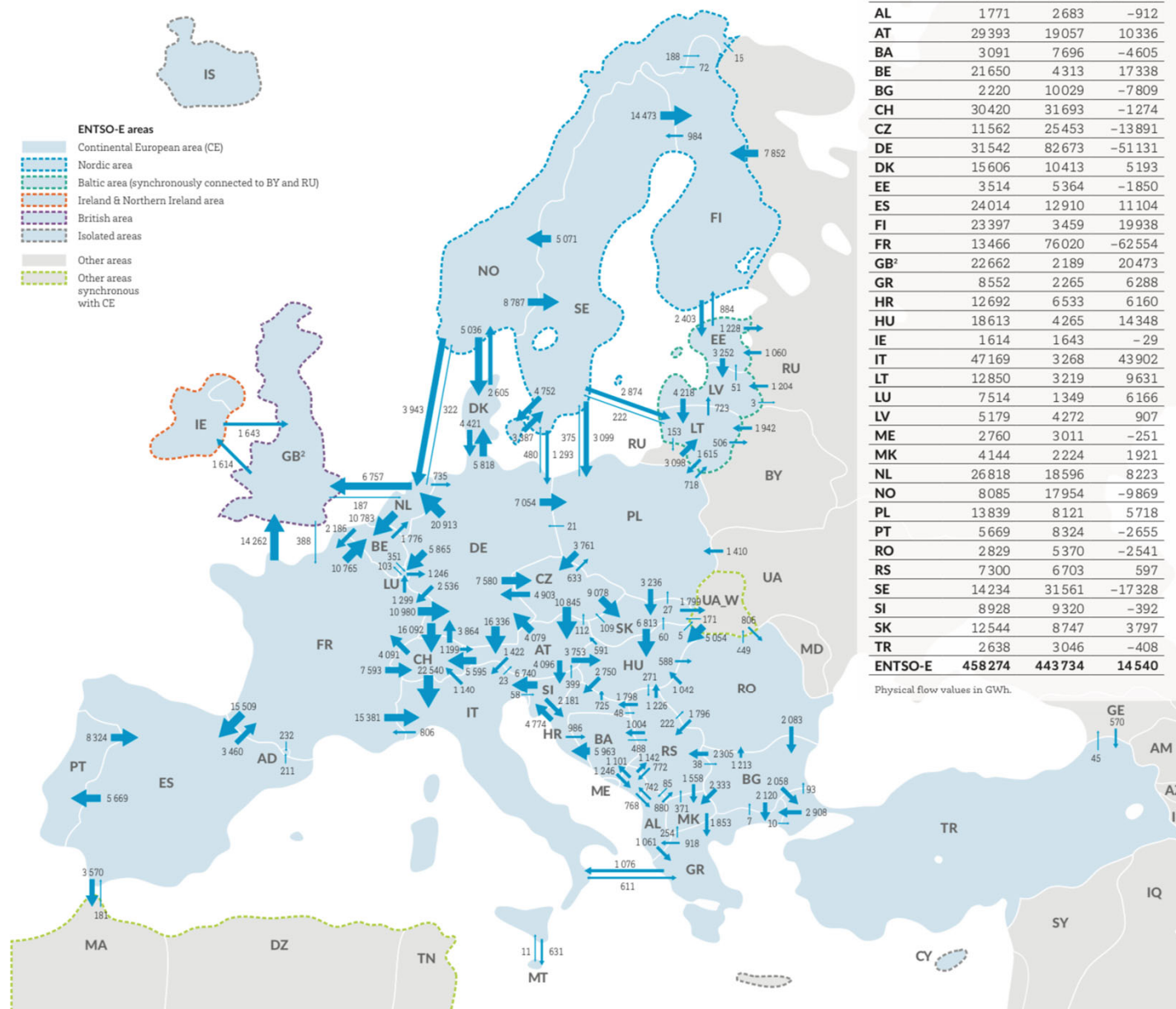
Total 36,000km

ソフトバンク 孫正義氏のプレゼンテーションから

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。



Physical energy flows between European countries, 2018 (GWh)



¹ Consolidated yearly values might differ from detailed flow data from the ENTSO-E database due to ex-post consolidation taking into account national statistical resources.

² All data with the country code GB represents monthly statistical data as sum of England, Northern Ireland, Scotland and Wales.

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 (European Energy Union)

Source: Statistical Factsheet 2018 by ENTSO-E

電力化が進む中での集团的エネルギー安全保障がEUのエネルギーユニオンモデル: 多様な電源と持続可能性の同時達成

2013年自給率とエネルギーミックス



Source: Energy Data Center, IEA.

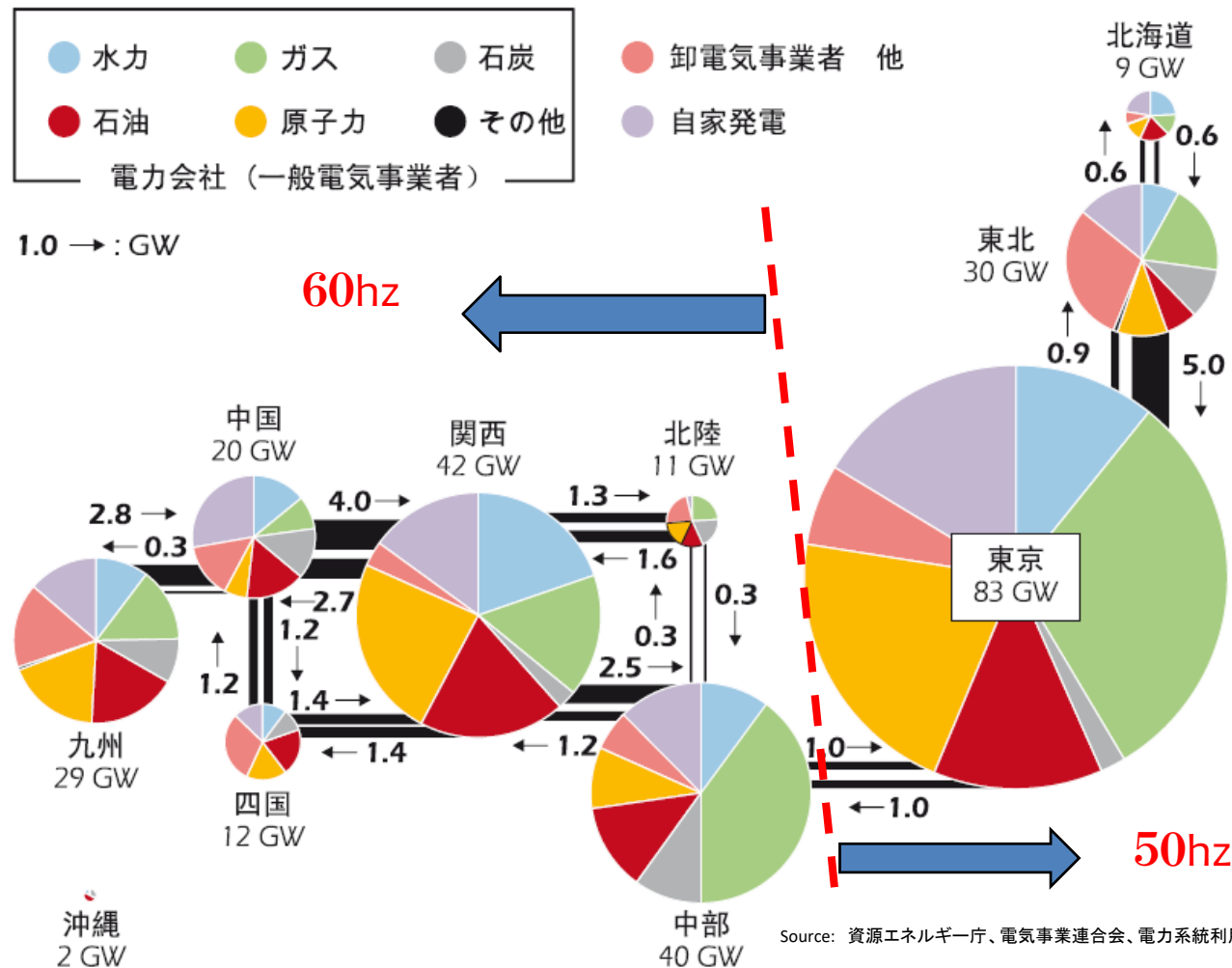
Note: Does not include fuels not in the fossil fuels, renewables and nuclear categories.

提言3：中国とは集团的エネルギー安全保障の枠組みの中で協力していく

- 「天然ガスパイプラインフォーラム（NAGPF）」の活用。
- IEAに加盟させ石油備蓄の共同利用、ペルシャ湾アラビア海でのシーレーン確保協力も視野に。
- 中国の大量の再生エネルギー活用に協力し安くて脱炭素な電力を輸入する。（GEI、アジアスーパーグリッド構想など）ロシアの水力も安価に調達可能。
- 中国での水素経済建設に協力。
- 欧州をモデルにした集团的エネルギー安全保障を北東アジアでも目指す。朝鮮半島非核化後を視野に入れる。
- 他方で日本は北極海、インド洋まで海上自衛隊のプレゼンスを高めるために原子力潜水艦の保持を検討すべし。

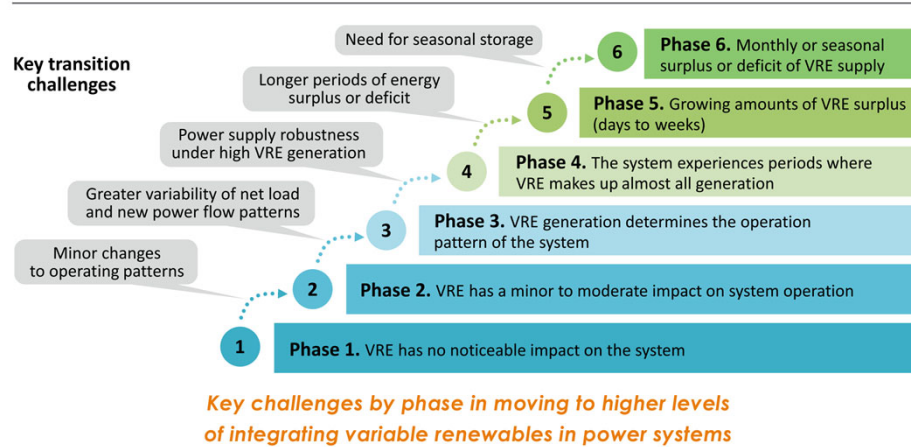
安全保障と持続可能性向上のため日本では電力市場改革と系統網の周波数統一が必要と I E A は福島以前から提言してきた。

地域・事業者・発電種別設備容量と地域間連系線



もしロシアと系統線が繋がっていれば福島事故後の関東の停電や最近の北海道の停電は防げたかもしれない。東南海地震が起これば西日本に停電のリスク。³⁵

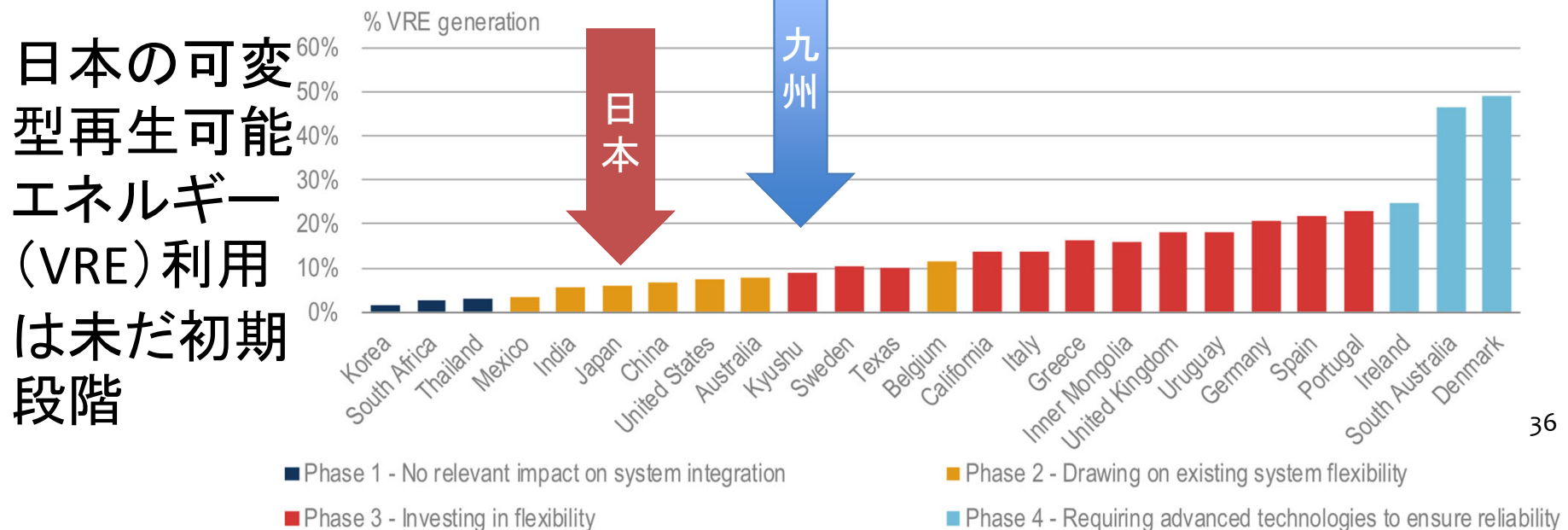
Figure 7.17 ▶ Characteristics and key transition challenges in different phases of integration of renewables



再生可能エネルギーの利用レベルを上げるためには様々な電源を統合するための技術やシステム改革が欠かせない。最終的には電力供給システムの変革やエネルギー供給全体を変える必要があるだろう。

IEA Renewables 2018

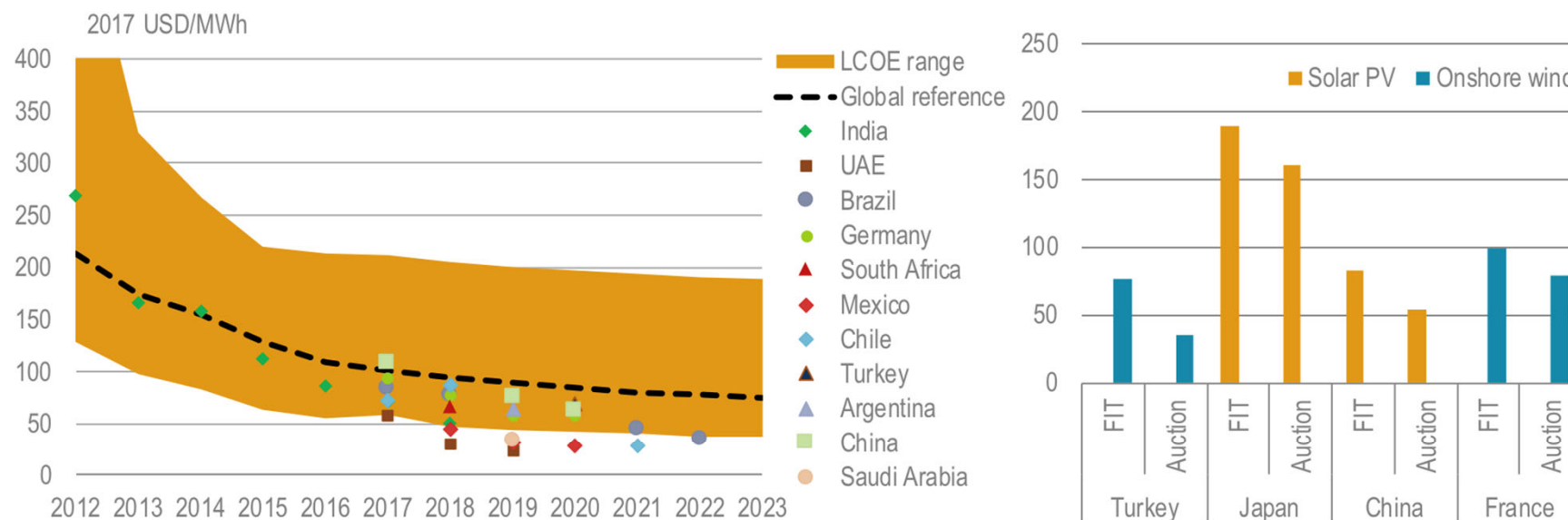
Figure 5.12 Selected countries by integration phase and share of VRE, 2017



FITからオークションに移行しても日本の太陽光発電は未だにコスト高

IEA Renewables 2018

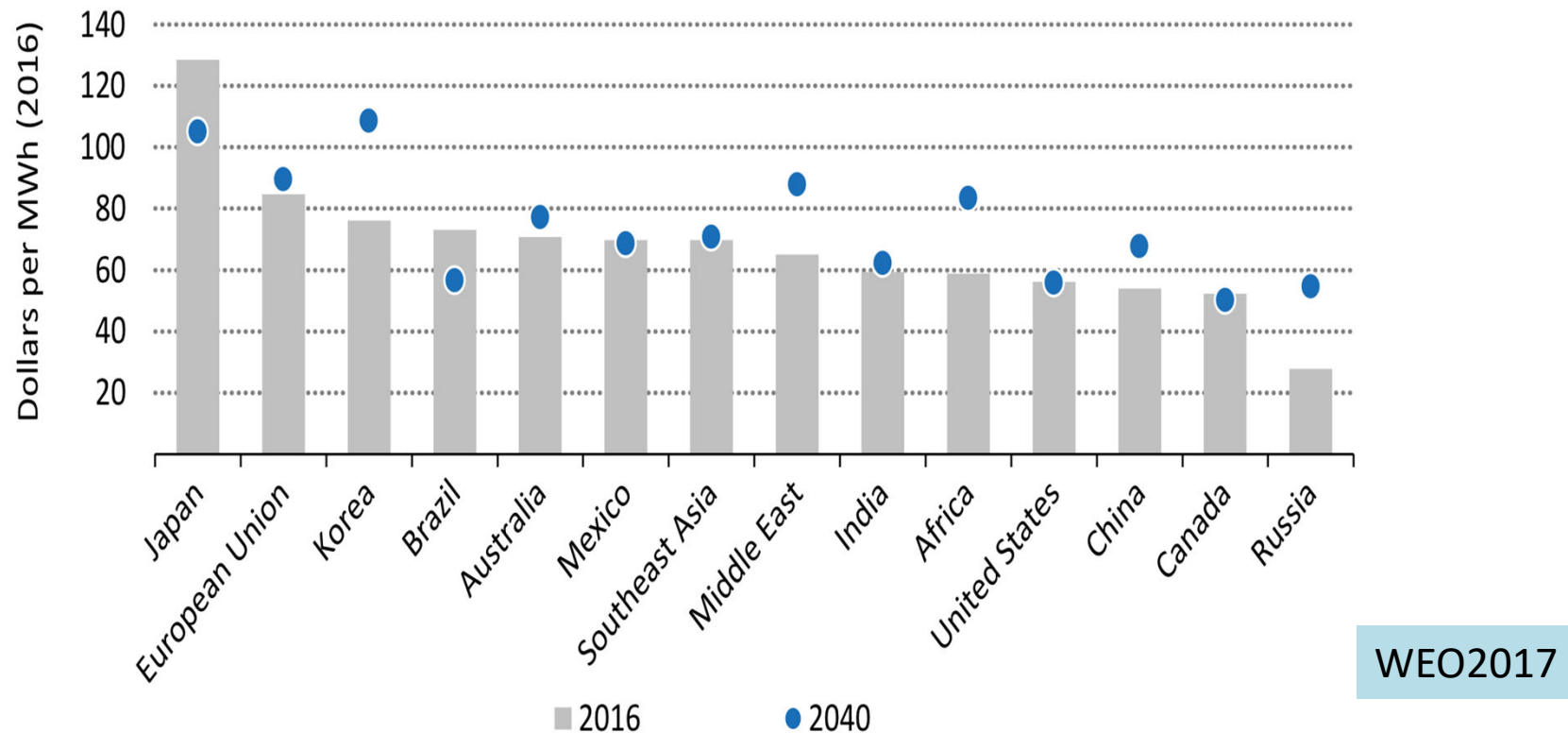
Figure 5.4 Global average LCOEs and auction results for utility-scale PV by commissioning date (left) and FITs versus auction prices for selected countries, 2017 (right)



Notes: UAE = United Arab Emirates. All LCOE assumptions are country-specific. LCOE ranges reflect high and low assumptions for inputs such as investment costs, full-load hours and the weighted average cost of capital.

Source: Historical LCOE analysis based on investment costs from IRENA (2018b), *Renewable Cost Database*, dataset provided to the IEA.

地域別総発電コスト比較（新政策シナリオ）



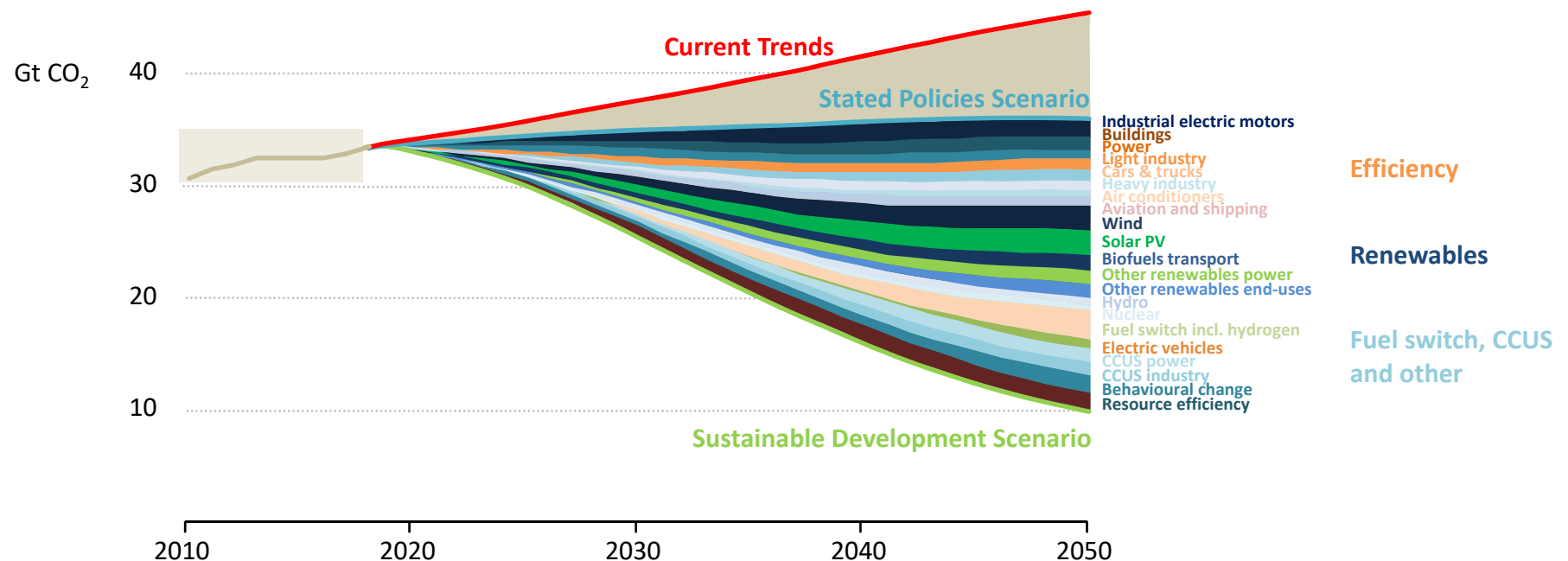
デジタル化、電気自動車利用、サービス経済など電力化は世界中で進む。電力コストの最も高い日本の電源選択は持続可能な範囲で低コストの追求であるべき。原発の再稼働と安い自然エネルギー（ロシアの水力、中国のPV、風力など）なら輸入することも考えるべし。

提言4:再生可能エネルギーの活用と国際連携のために国内で抜本的電力市場整備を進める

- 東西50ヘルツ、60ヘルツの周波数帯を60ヘルツに徐々に統一する
- 発送電分離を徹底し全国で唯一の送電会社を作る（東京電力をベースとする）：電力システムの柔軟化投資を進める
- 再生可能エネルギーを優先的に安く調達できるシステム改革（優先的買取、固定価格買取から入札制度、フィードインプレミアムなどへ）
- 地方で分散型電力システムの実験を

持続可能性目標を達成するにはありとあらゆる方法を動員する必要がある

エネルギー関連二酸化炭素排出トレンドと持続可能成長シナリオを達成する技術革新



A host of policies and technologies will be needed across every sector to keep climate targets within reach, and further technology innovation will be essential to aid the pursuit of a 1.5°C stabilisation

WEO2019

40



ICEF 2019のメッセージ

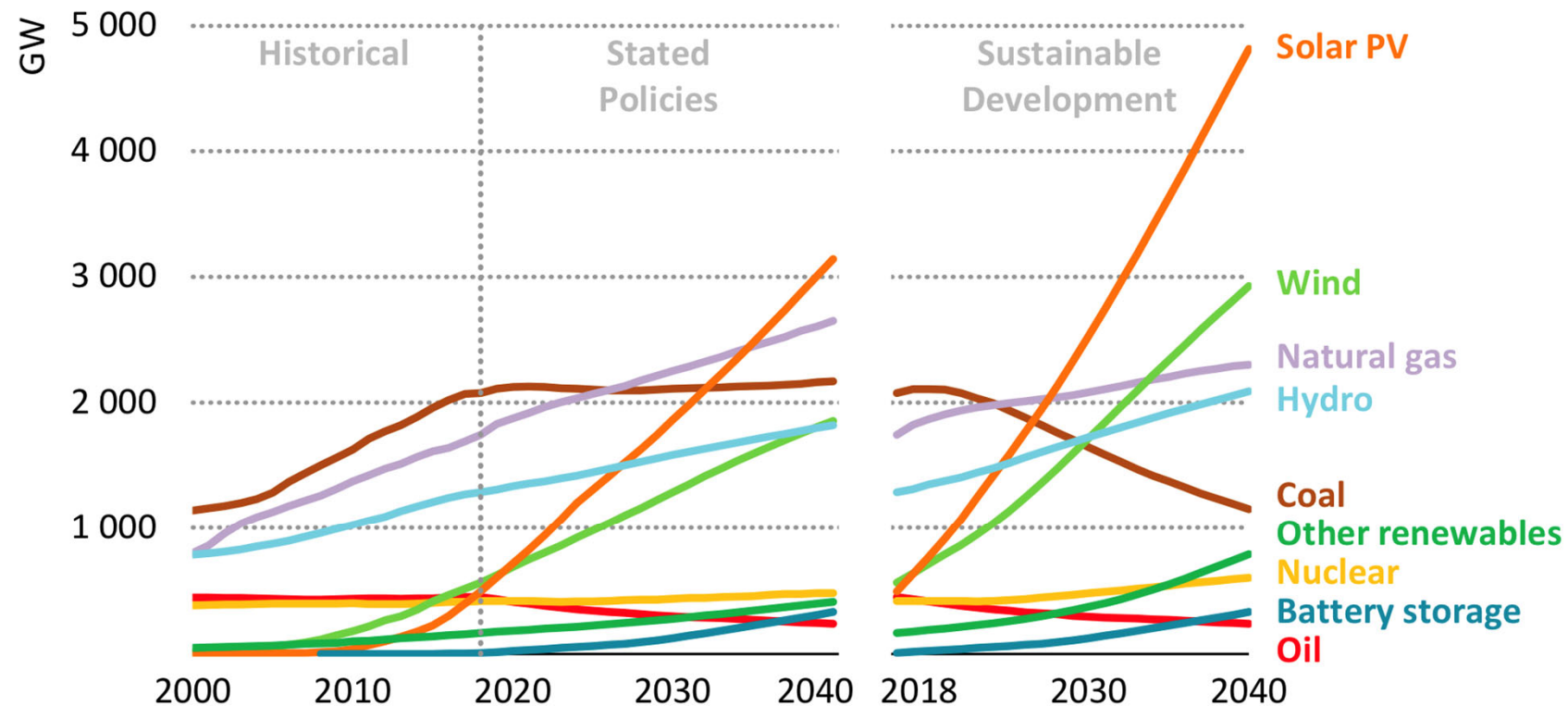
“非連続な技術革新とグリーンファイナンスでCO2排出レベルを押し下げろ”

出来るだけ早くCO2排出のピークを実現し、その後急速に削減するには **女性**のリーダーシップも重要。



IEAの政策宣言シナリオと持続可能性シナリオでは太陽光、風力、石炭の将来は大きく変わる

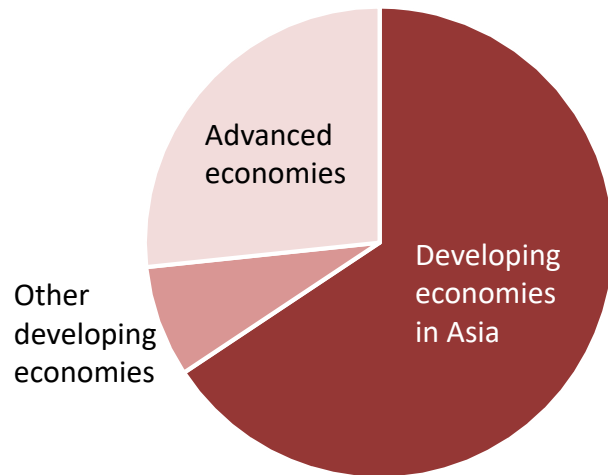
Figure 6.5 ▶ Global power generation capacity by source and scenario



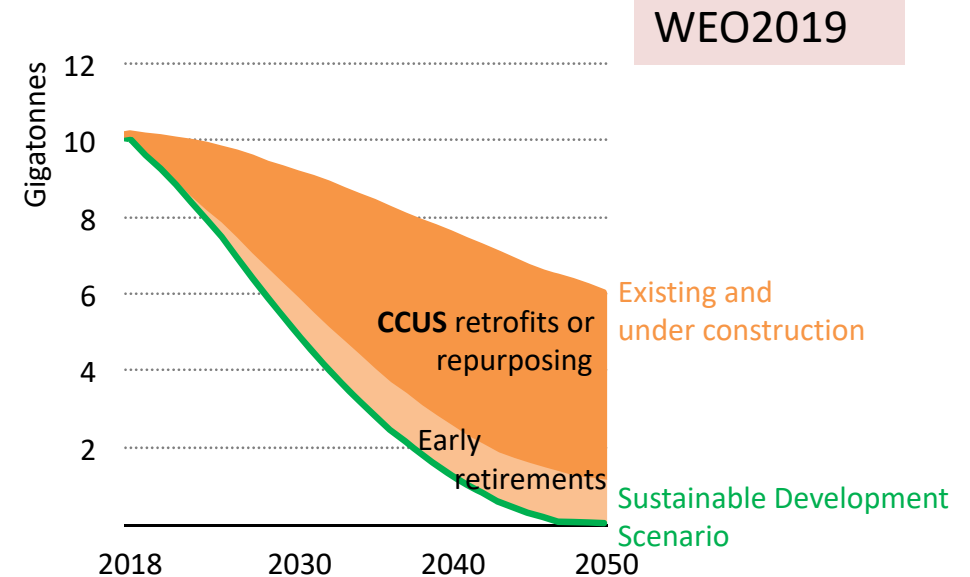
Policy support and improving competitiveness of solar PV lead to rapid growth, and by 2040 its total capacity is higher than any other technology

石炭発電の継続はCCUS(二酸化炭素分離貯蔵)が条件

Coal-fired capacity, existing and under construction:
2 250 GW

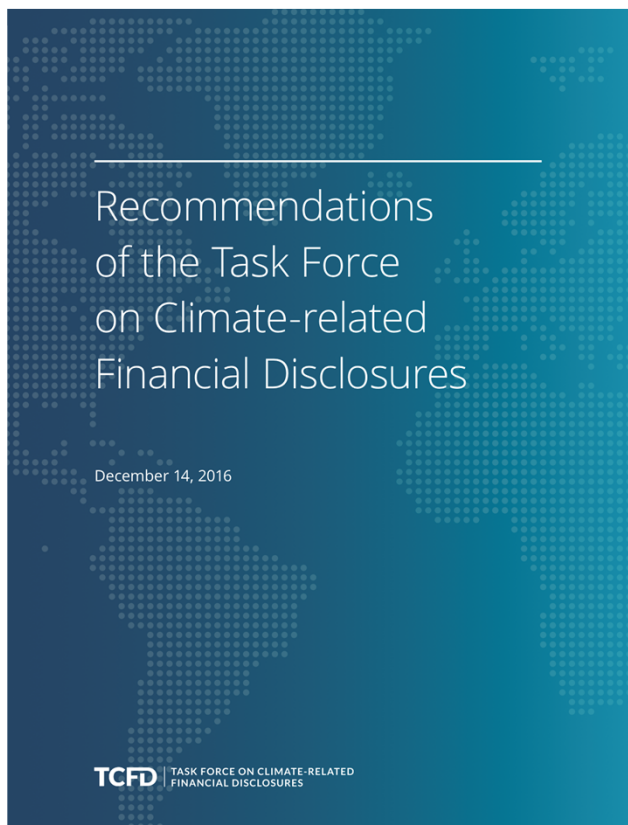


Annual CO₂ emissions from coal-fired power plants



Investment in CCUS will be critical to ensure that the young coal fleet is compatible with climate targets, while repurposing them to provide flexibility can reduce CO₂ and pollutant emissions, and help integrate renewables

金融 (49社)	- 日本政策投資銀行 - 三菱UFJフィナンシャル・グループ - 三井住友フィナンシャルグループ - みずほフィナンシャルグループ - 三井住友トラスト・ホールディングス - りそなホールディングス - 滋賀銀行 - 日本取引所グループ - 第一生命ホールディングス - 東京海上ホールディングス - MS&ADインシュアランスグループホールディングス - SOMPOホールディングス - 野村ホールディングス - 大和証券グループ本社 - 日興アセットマネジメント - 日本生命保険相互会社 - 年金積立金管理運用独立行政法人				- 三井住友トラスト・アセットマネジメント - 格付投資情報センター - ニッセイアセットマネジメント - 明治安田生命保険相互会社 - 住友生命保険相互会社 - 野村アセットマネジメント - アセットマネジメントOne - 農林中央金庫 - 東京海上アセットマネジメント - T&Dホールディングス - 損保ジャパン日本興亜アセットマネジメント - 日本郵政 - かんぽ生命保険 - ゆうちょ銀行 - 芙蓉総合リース - 三菱UFJ信託銀行 - 日本貿易保険				- 商工組合中央金庫 - 日本政策金融公庫 - ジャパンリアルエステイトアセットマネジメント - 朝日生命保険相互会社 - 富国生命投資顧問 - 日立キャピタル - 九州フィナンシャルグループ - 三菱商事・ユービーエス・リアルティ - リコーリース - 国際協力銀行 - オリックス・アセットマネジメント - 日本バリュー・インベスターズ - 海外交通・都市開発事業支援機構 - 明治安田アセットマネジメント - 朝日ライフ アセットマネジメント											
	- 三菱商事 - 双日 - 三井物産 - 日立製作所 - NEC - リコー - コニカミルタ - ニコン - 三菱ケミカルホールディングス - 住友化学 - ジェイテクト - キリンホールディングス - 丸井グループ - 住友林業 - 大和ハウス工業 - 積水ハウス - 日本郵船 - 商船三井 - 川崎汽船 - 国際航業 - 野村総合研究所 - 富士フイルムホールディングス - 積水化学工業 - 三井化学 - ニューラル - イースクエア - CSRデザイン環境投資顧問 - オムロン - 横河電機 - エッジ・インターナショナル				- ナル - 東急不動産ホールディングス - 帝人 - 住友商事 - 三菱重工業 - グリッド&ファイナンス・アドバイザーズ - ANAホールディングス - 花王 - アスクル - LIXIL - 大日本印刷 - 資生堂 - 富士通 - 東京電力ホールディングス - チャレナジー - 東北電力 - 小松製作所 - 第一三共 - トヨタ自動車 - ダイフク - 信越化学工業 - 大東建託 - TOTO - デンソー - ライオン - PwC - 東芝 - 日産自動車 - マツダ - ヤマハ発動機				- 日本製鉄 - JFEホールディングス - 東京製鐵 - IHI - ソニー - 三菱電機 - 島津製作所 - 沖電気工業 - パナソニック - TDK - ダイキン工業 - 荏原製作所 - 凸版印刷 - 関西電力 - 中部電力 - 北陸電力 - JXTGホールディングス - 東京ガス - 大阪ガス - 電源開発 - 伊藤忠商事 - 丸紅 - 豊田通商 - AGC - DIC - 三菱ガス化学 - ユニ・チャーム - YKK AP - 旭化成 - 昭和電工 - 東レ - サントリーホールディング				- ガス - サッポロホールディングス - 日清食品ホールディングス - 味の素 - アサヒグループホールディングス - 不二製油グループ本社 - J.フロントリテイリング - SGホールディングス - イオン - 戸田建設 - アマタホールディングス - エンビプロ・ホールディングス - グリーン・パシフィック - パシフィックコンサルタンツ - ユーグレナ - 小林製薬 - 豊田合成 - ナブテスコ - 西村あさひ法律事務所 - 明電舎 - 九州電力 - アシックス - NTTドコモ - サンメッセ - ベネチアドリーム - 太平洋セメント				- 東亜合成 - ヤマハ - 中国電力 - エーザイ - セブン&アイ・ホールディングス - ベネッセホールディングス - セコム - 安川電機 - 北海道電力 - フジクラ - YKK - 川崎重工業 - 四国電力 - 沖縄電力 - 清水建設 - 森・濱田松本法律事務所 - 小野薬品工業 - セイコーエプソン - 高砂香料工業 - 大陽日酸 - 明治ホールディングス - アイシン精機 - 東ソー - ジーエス・ユアサコーポレーション - 千代田化工建設			
非金融 (141社)	- 三菱商事 - 双日 - 三井物産 - 日立製作所 - NEC - リコー - コニカミルタ - ニコン - 三菱ケミカルホールディングス - 住友化学 - ジェイテクト - キリンホールディングス - 丸井グループ - 住友林業 - 大和ハウス工業 - 積水ハウス - 日本郵船 - 商船三井 - 川崎汽船 - 国際航業 - 野村総合研究所 - 富士フイルムホールディングス - 積水化学工業 - 三井化学 - ニューラル - イースクエア - CSRデザイン環境投資顧問 - オムロン - 横河電機 - エッジ・インターナショナル				- ナル - 東急不動産ホールディングス - 帝人 - 住友商事 - 三菱重工業 - グリッド&ファイナンス・アドバイザーズ - ANAホールディングス - 花王 - アスクル - LIXIL - 大日本印刷 - 資生堂 - 富士通 - 東京電力ホールディングス - チャレナジー - 東北電力 - 小松製作所 - 第一三共 - トヨタ自動車 - ダイフク - 信越化学工業 - 大東建託 - TOTO - デンソー - ライオン - PwC - 東芝 - 日産自動車 - マツダ - ヤマハ発動機				- 日本製鉄 - JFEホールディングス - 東京製鐵 - IHI - ソニー - 三菱電機 - 島津製作所 - 沖電気工業 - パナソニック - TDK - ダイキン工業 - 荏原製作所 - 凸版印刷 - 関西電力 - 中部電力 - 北陸電力 - JXTGホールディングス - 東京ガス - 大阪ガス - 電源開発 - 伊藤忠商事 - 丸紅 - 豊田通商 - AGC - DIC - 三菱ガス化学 - ユニ・チャーム - YKK AP - 旭化成 - 昭和電工 - 東レ - サントリーホールディング				- ガス - サッポロホールディングス - 日清食品ホールディングス - 味の素 - アサヒグループホールディングス - 不二製油グループ本社 - J.フロントリテイリング - SGホールディングス - イオン - 戸田建設 - アマタホールディングス - エンビプロ・ホールディングス - グリーン・パシフィック - パシフィックコンサルタンツ - ユーグレナ - 小林製薬 - 豊田合成 - ナブテスコ - 西村あさひ法律事務所 - 明電舎 - 九州電力 - アシックス - NTTドコモ - サンメッセ - ベネチアドリーム - 太平洋セメント				- 東亜合成 - ヤマハ - 中国電力 - エーザイ - セブン&アイ・ホールディングス - ベネッセホールディングス - セコム - 安川電機 - 北海道電力 - フジクラ - YKK - 川崎重工業 - 四国電力 - 沖縄電力 - 清水建設 - 森・濱田松本法律事務所 - 小野薬品工業 - セイコーエプソン - 高砂香料工業 - 大陽日酸 - 明治ホールディングス - アイシン精機 - 東ソー - ジーエス・ユアサコーポレーション - 千代田化工建設			
その他機関 (22)	- 金融庁 - 環境省 - 全国銀行協会 - 日本公認会計士協会 - 経済産業省 - 投資信託協会 - 日本投資顧問業協会 - 日本証券業協会				- 生命保険協会 - 日本経済団体連合会 - 日本損害保険協会 - 日本海事協会 - 日本貿易会 - 新エネルギー・産業技術総合開発機構 - 産業技術総合研究所				- 中小企業基盤整備機構 - 日本貿易振興機構 - 笹川平和財団 - 環境金融研究機構 - 日本証券アナリスト協会 - 信金中央金庫 - 学校法人上智学院											



TCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）提言を支持する企業は世界で920社、うち日本企業は最大の212社（2019-12）

RE100 Corporations: 需要サイドからの変革

世界で203社、日本では23社が将来的には再生エネルギー100% にコミットしている。これらの企業は自らだけでなくサプライチェーン企業にも同様の要求している。将来多くの企業が石炭発電の電気を買わなくなる。

Finance: Swiss Re Group, alstria, Amalgamated Bank, Aviva, AXA, Bank of America, Bankia, BBVA, British Land, CaixaBank, Canary Wharf Group, Capital One, Citi, Commerzbank, Credit Agricole, Danske Bank, DBS Bank Ltd, DNB, Equinix, Fifth Third Bancorp, **Fuyo General Lease Co., Ltd.**, Goldman Sachs, Helvetia, HSBC, ING Group, Iron Mountain Incorporated, **Johnan Shinkin Bank** JPMorgan Chase & Co., Jupiter Asset Management, Land Securities, Mace, Morgan Stanley, Nordea, Prudential plc, RBS group, Schroders, TD Bank, UBS, Voya Financial, Wells Fargo, **Asset Management One**, **Nomura Research Inst**,

Durable Goods and Services : IKEA Group, **AEON Co., Ltd**, BMW, Burberry, **Coop Sapporo**, Crown Estate, **Daiwa House Group**, Decathlon, Dentsu Aegis Network, Etsy, FIA Formula E, General Motors, Gürmen Group, H&M, Interface, Kingspan, LEGO Group, Mahindra Holidays & Resorts India, Marks & Spencer, **Marui Group**, Nike, Inc., Pearson, PVH, **Sekisui House**, Signify, Sky, Starbucks, Tata Motors Limited, Vail Resorts, VF Corporation, **Watami Co., Ltd.**, YOOX Group

Non-Durables and Services : Anheuser-Busch InBev, Califia Farms, Carlsberg Group, Clif Bar & Company, Coca-Cola Enterprises, Colruyt Group, Danone, Diageo, Estée Lauder Companies, Grupo Bimbo, Hatsun Agro Products Ltd, International Flavors and Fragrances Inc., Kellogg, L'OCCITANE Group, Mars, Incorporated, Nestle, Organic Valley, Procter & Gamble, Reckitt Benckiser (RB), TCI Co., Ltd, Tesco, TRIDL, Unilever, Walmart

Technology: Adobe, Apple, Autodesk, eBay, Facebook, **Fujitsu**, **Fujifilm Holdings Corp** ,Google, Hewlett Packard Enterprise, HP, Inc., Infosys, Lyft, Microsoft, Rackspace, **RICOH Company, Ltd.**, Salesforce, SAP, **Sony Corporation** , Visa, VMWare, WeWork, Workday, **Konica-Minolta**

Other Services; **ASKUL Corporation**, Bloomberg, BROAD Group, **ENVIPRO HOLDINGS Inc.**, Gatwick Airport Limited, Heathrow Airport, IHS Markit, La Poste, McKinsey & Company, PwC, RELX Group, SAVE S.p.A Group, Schneider Electric, SGS, Steelcase, Swiss Post, Vaisala, **Tokyu Land Corp**, **Daito Trust Construction Co Ltd**, **Toda corp**

Material: AkzoNobel, Corbion, Dalmia Cement, Elion Resources Group, Elopak, Givaudan, Royal DSM, Tetra Pak , **Asahikasei**

Telecom Services: BT Group, KPN, Proximus, Telefonica S.A., T-Mobile US, Inc., Vodafone Group

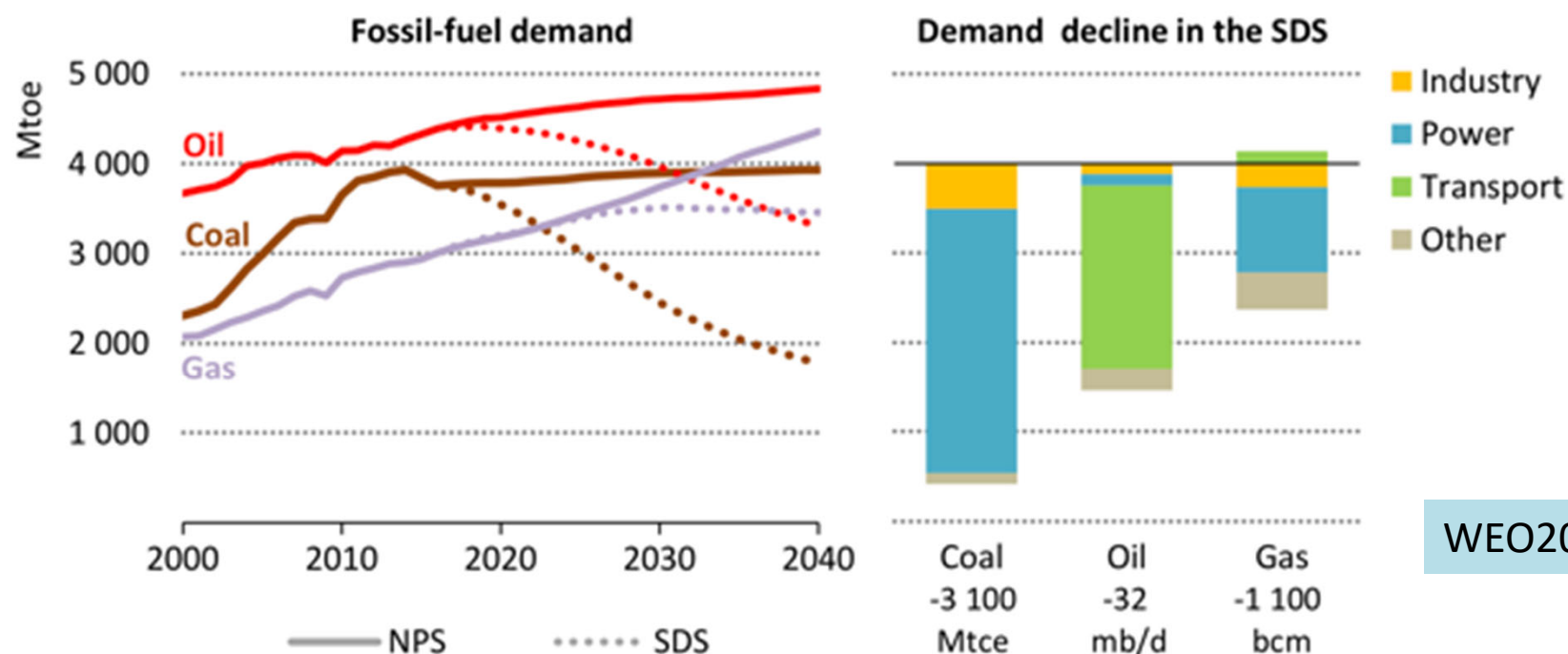
Health care: AstraZeneca, Biogen, Johnson & Johnson, Novo Nordisk, Royal Philips

Energy: Vestas

Others; etc etc

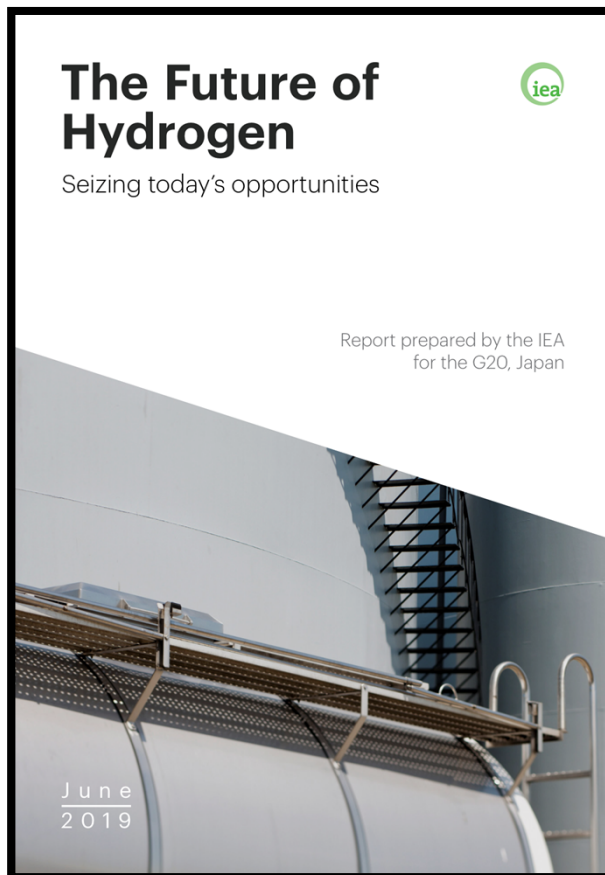
サウジアラムコの株式公開の裏にEV化など温暖化対策の脅威がある

2040年までの化石燃料需要推移：持続可能な成長シナリオと新政策シナリオの比較



石器時代は石がなくなったので終わったわけではない。

水素が将来の様々なエネルギー問題解決への共通項になる？



- Momentum currently behind hydrogen is unprecedented, with more and more policies, projects and plans by governments & companies in all parts of the world
- Hydrogen can help overcome many difficult energy challenges
 - **Integrate more renewables**, including by enhancing storage options & tapping their full potential (Green H2)
 - **Decarbonize hard-to-abate sectors** – steel, chemicals, trucks, ships & planes
 - **Enhance energy security** by diversifying the fuel mix & providing flexibility to balance grids
 - **Help Oil Gas & Coal producers** by providing a cleaner alternative with CCS (Blue H2)
- But there are challenges: **costs** need to fall; **infrastructure** needs to be developed; **cleaner hydrogen** is needed; and **regulatory barriers** persist

中国は余剰の太陽光、風力で作った電力を水素で貯蔵することを検討している。中国版「水素経済」の実現。

●●● China Hydrogen Alliance & H₂ in China Energy



- **China Hydrogen Alliance**, National-level Hydrogen Industry Organization, established in February, 2018 in Beijing, chaired by China Energy.



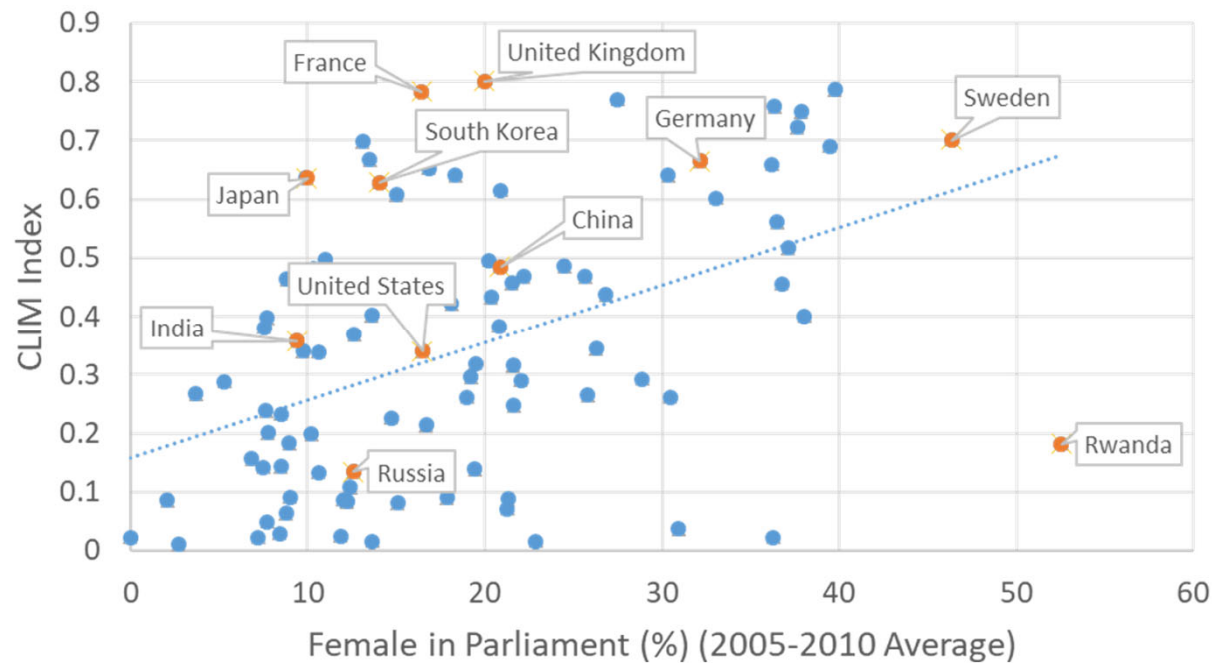
- Coordinating and promoting hydrogen-related ecological development
- *Releasing White Paper on China's Hydrogen Energy*
- Establishing an innovation platform for the hydrogen industry
- *Strengthening international cooperation*
- Building a hydrogen society in China



China Energy: H₂ Source Advantage in wide range sources, low cost, low foot print of carbon.

- With total installed capacity of wind power and solar cells over **35 GW**, hydropower over **10 GW**, holding a sound fundamental condition to produce hydrogen from renewable energy .
- With the capacity of Coal to H₂: over **4 million tons** per year.
- Build up a **300 thousand tons** CCS demonstration project, great beneficial to take down the capital cost of coal to hydrogen project.

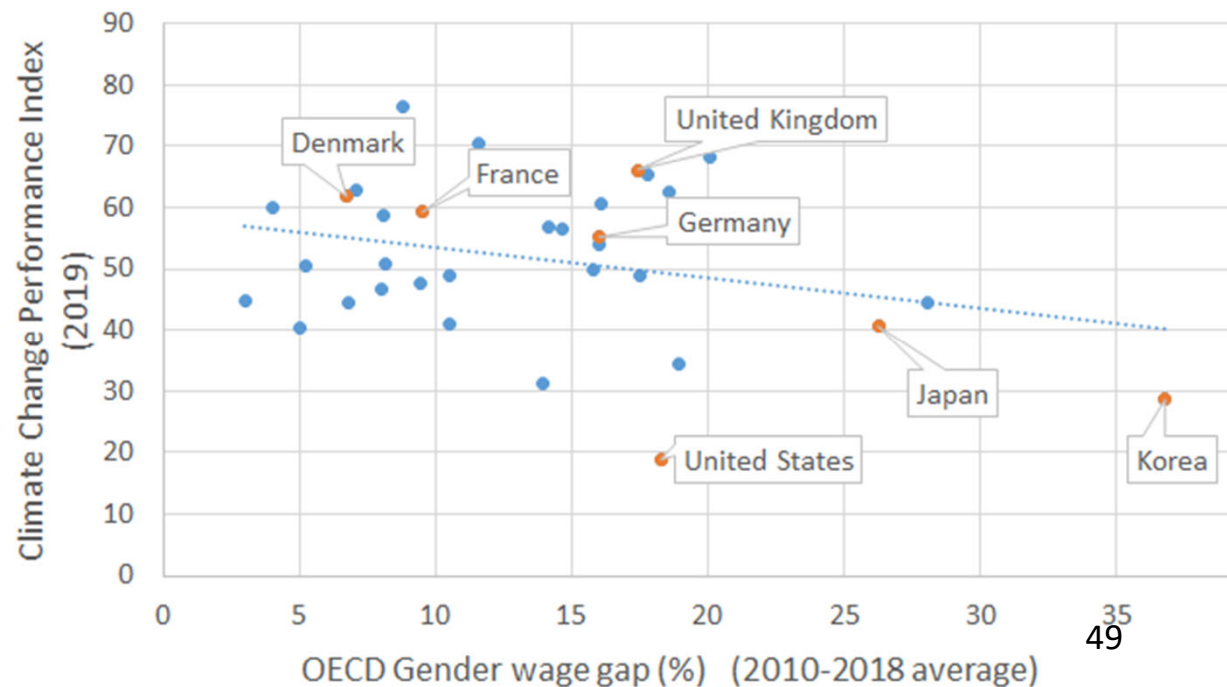




Climate is NOT Gender Neutral

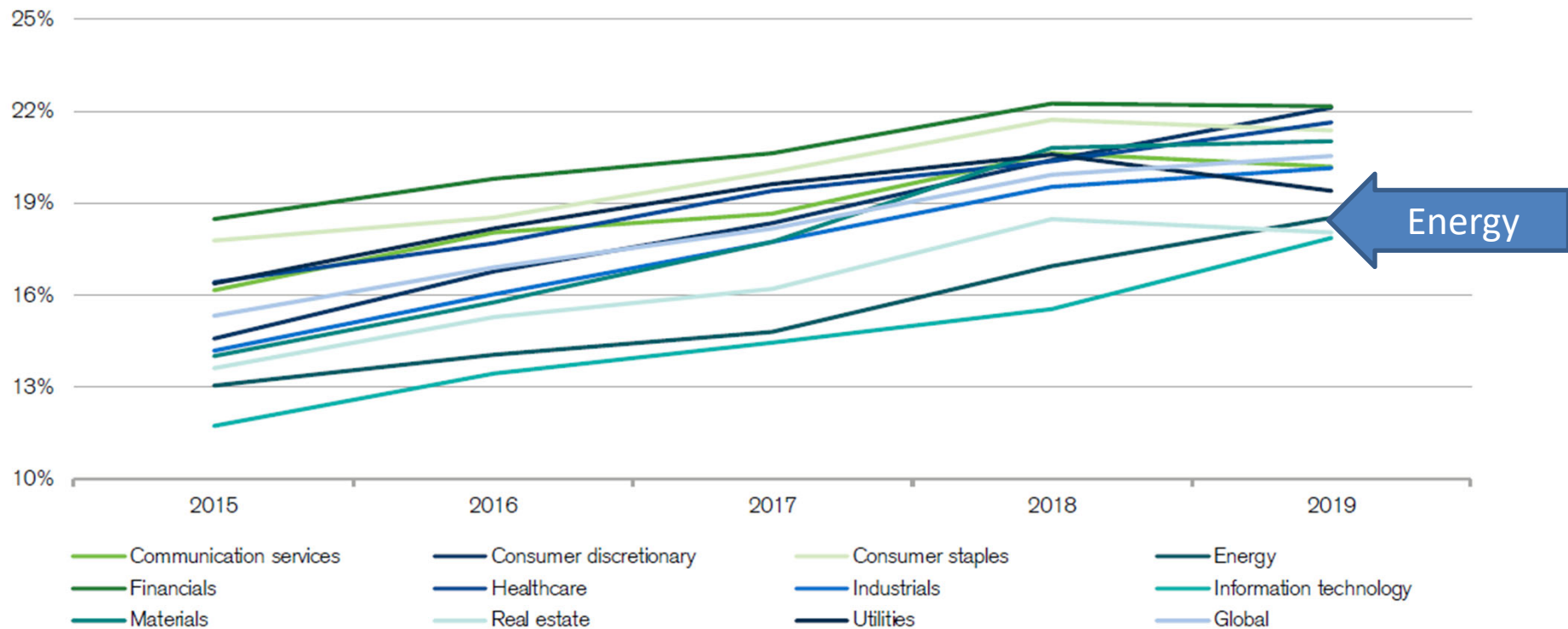
Female representation in Parliament (World Bank) and CLIM index (EBRD & Oxford Univ)

Gender Wage Gap (OECD) and Climate Change Performance index (Germanwatch, NewClimate Institute, Climate Action Network)



エネルギー産業での女性取締役比率の低さは地球環境問題にマイナス

Figure 2: Diversity in the boardroom by sector

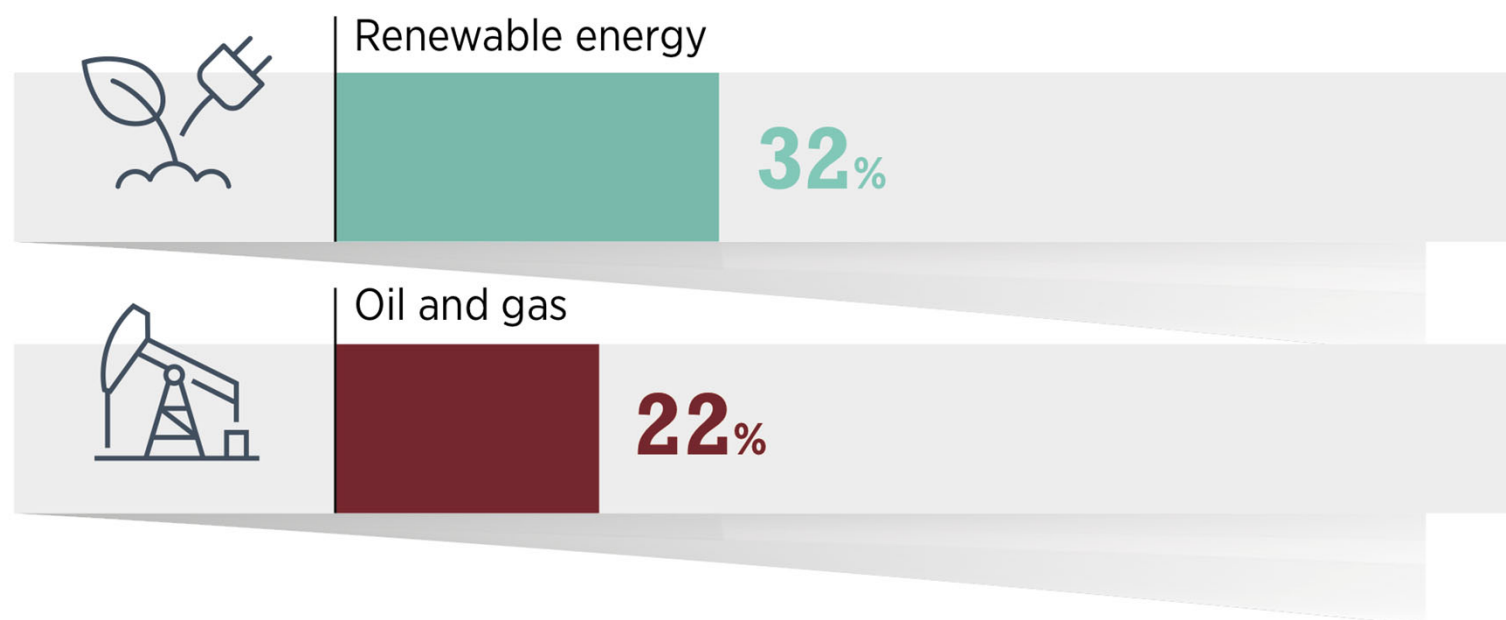


Source: Credit Suisse Research, CS Gender 3000, The BLOOMBERG PROFESSIONAL™ service

“There is a clear parallel between the progress we’ve seen on gender equality and climate change over the last six years,” by Christiana Figueres (2016)

再生可能エネルギー業界は在来型エネルギー産業より女性の雇用が多い

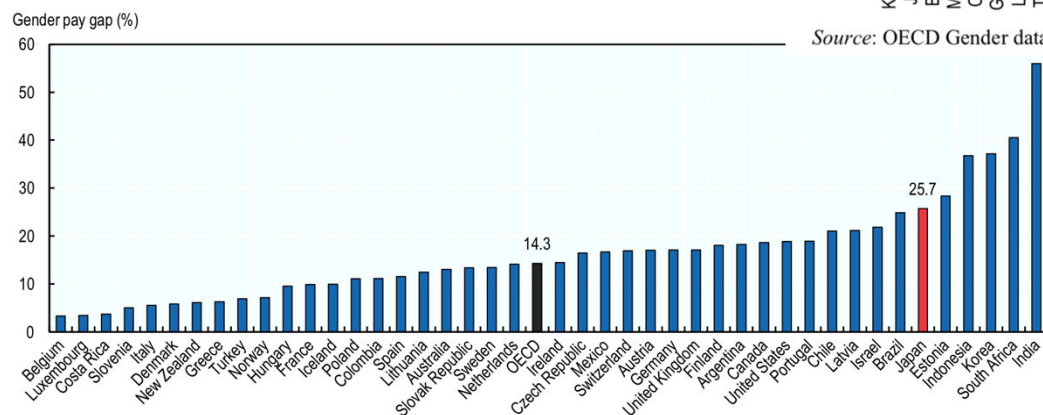
Figure 2.2 Share of female full-time workforce in renewable energy and oil and gas



Sources: IRENA online gender survey, 2018;
Rick *et al.* (2017).

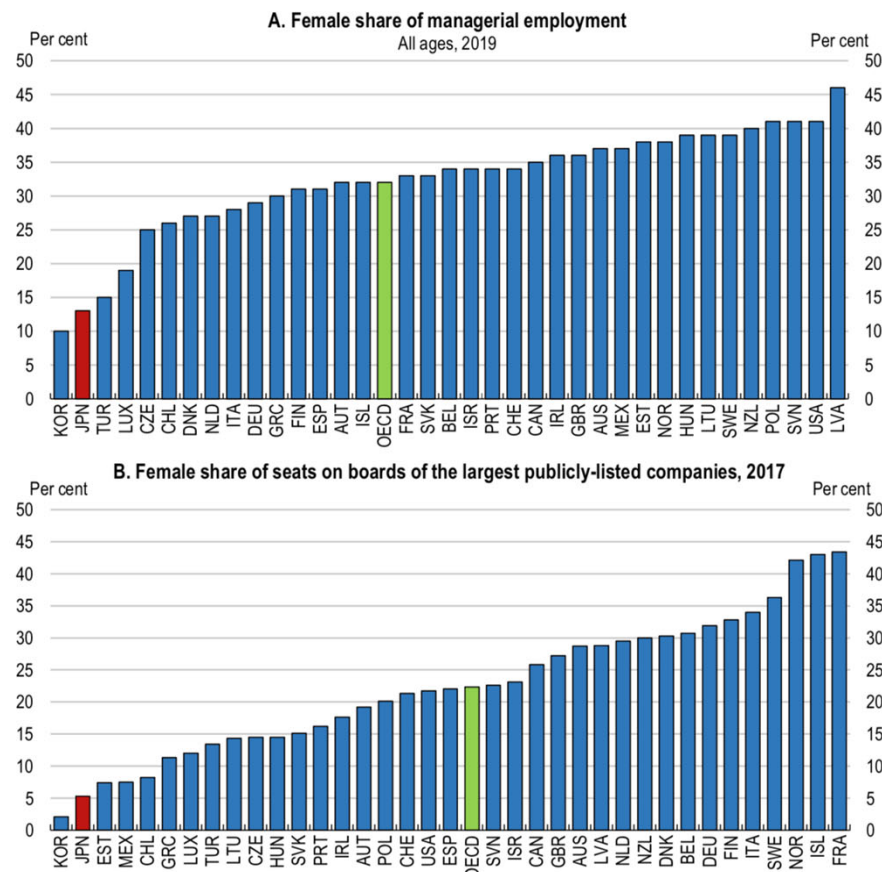
IFC の報告書によれば
ジェンダーバランスのとれた取締役会や管理職をもつ企業はそうでない企業に比べ**ESG**（**E**nvironmental, **S**ocial, **G**overnance）感応度が高いだけでなく業績が良いことは間違いないとされている。

Gender pay gap, 2015 or latest available year



Notes: Gender gap in median earnings for full-time employees. The gender gap is defined as the difference between male and female median monthly earnings divided by male median monthly earnings for full-time employees. See [Figure 1.3](#)

Figure 22. Japanese women are under-represented in leadership positions

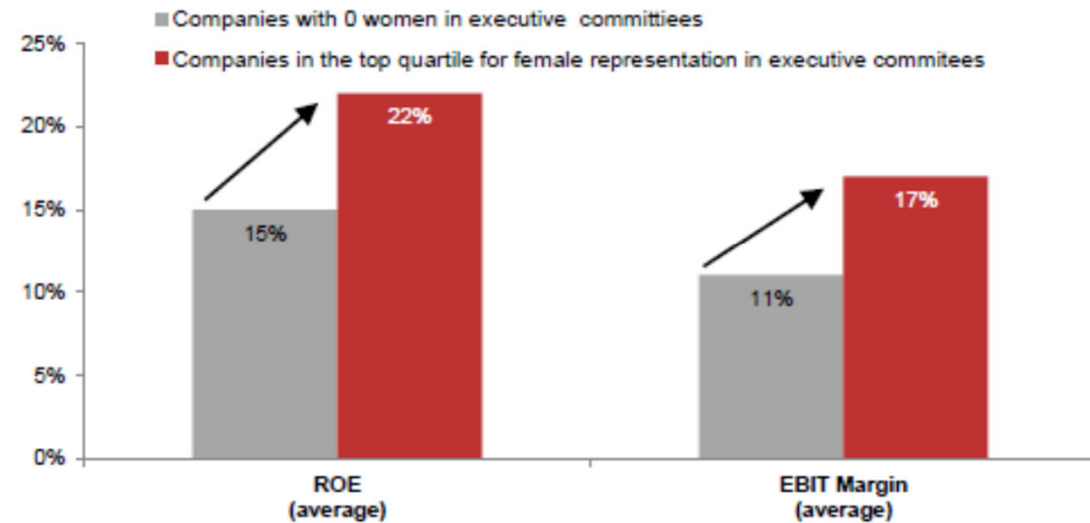


Source: OECD Gender database.

女性のリーダーシップ、ダイバーシティの進展と企業パフォーマンスには正の相関関係がある。

Exhibit 11: Positive correlation between diverse leadership and business performance

Gap between companies with high vs. zero female leadership representation, 300 companies in 10 countries, 2007-2009

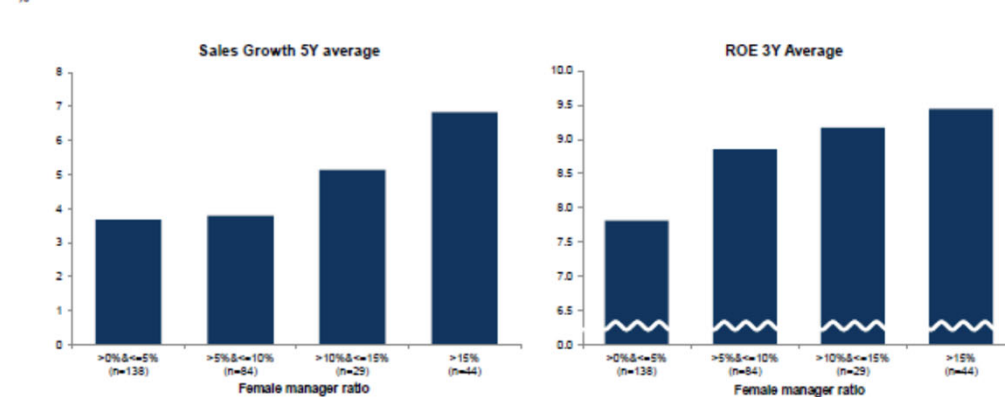


Case of Japan

Goldman Sachs

Japan Portfolio Strategy

Exhibit 10: Japanese firms with the highest ratios of female managers post higher sales growth and ROEs

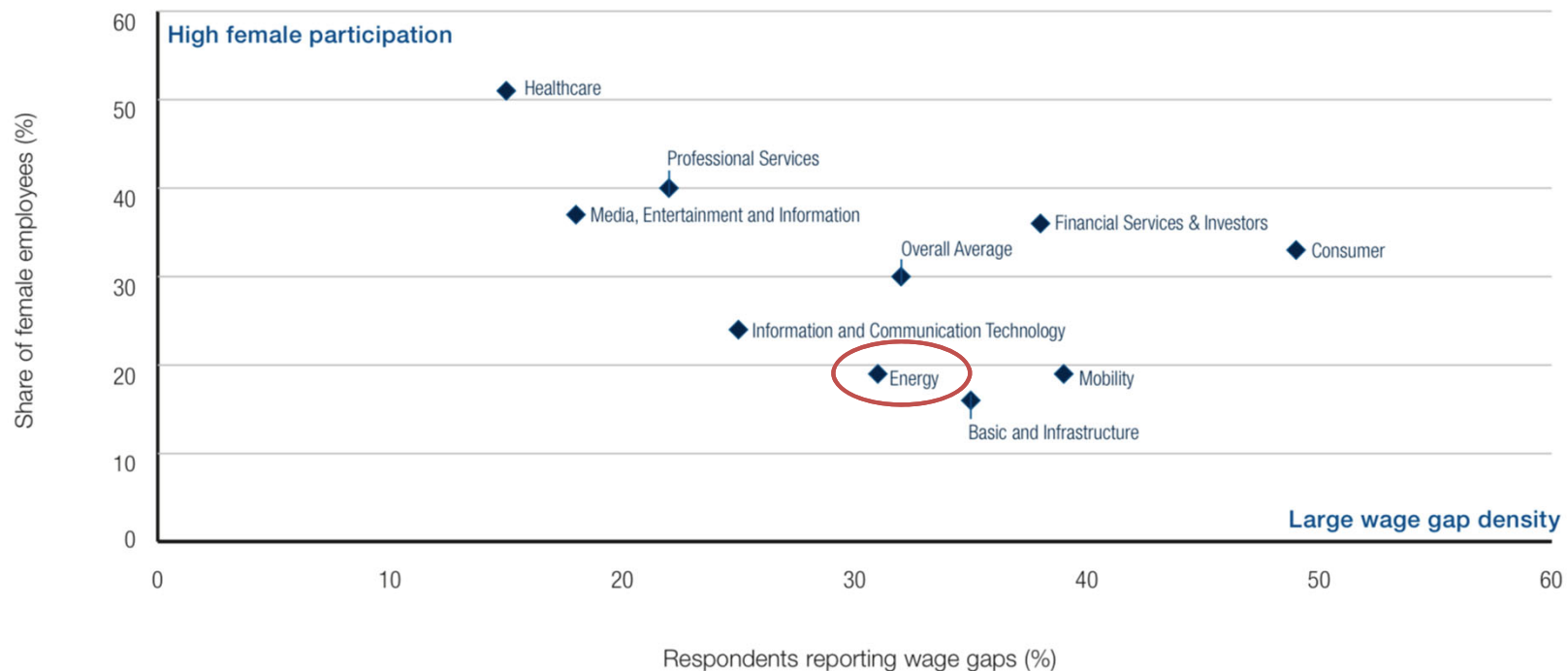


Source: Nikkei Valuesearch, QUICK, FactSet, data compiled by Goldman Sachs Global Investment Research

Goldman Sachs

女性の雇用とジェンダーペイギャップは負の相関。 エネルギー産業の成績は悪い。

Gender wage gap and women's participation, by industry



Source: Future of Jobs Survey, World Economic Forum.

WEF. The Industry Gender Gap
Women and Work in the Fourth Industrial Revolution (January 2016)

各国でジェンダーペイギャップの開示措置が始まっている

Gender wage gap disclosure practices

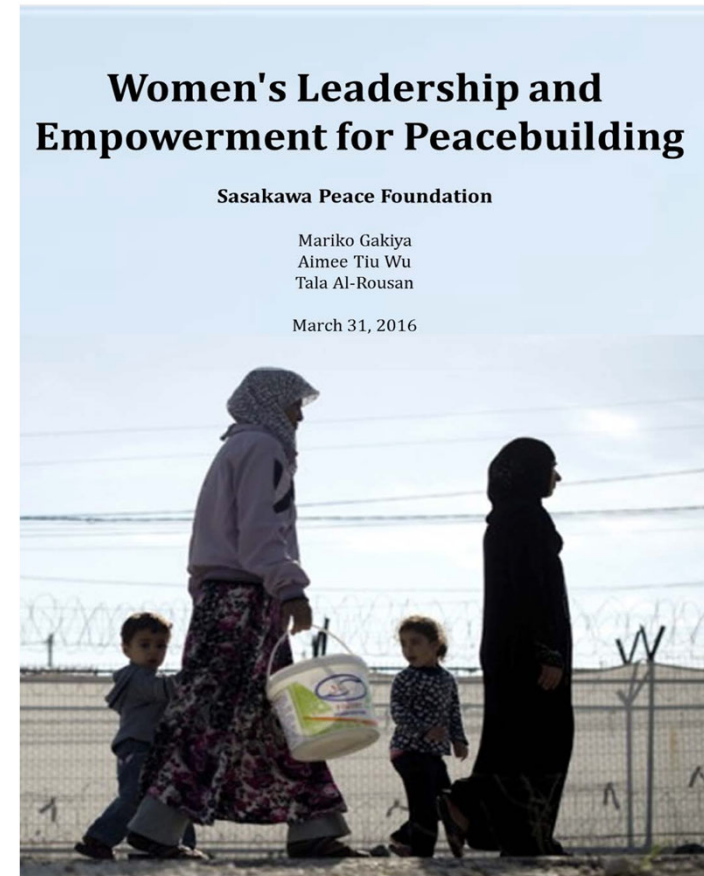
Europe	Wage gap disclosure practice since
Ireland	In process
Netherlands	In process
Switzerland	In process
France	2019
Portugal	2019
Spain	2019
Germany	2018
Iceland	2018
Norway	2018
United Kingdom	2017
Croatia	2015
Denmark	2006
Italy	2006
Finland	2005
Americas	
Canada	In process
United States	2019
Colombia	2011

- Many countries across the world have laws which promote the principle of equal pay for equal work, but only few of them have policies to check if this principle is actually being practiced
- Disclosing information about gender wage gap to employees and general public is a useful measure to understand how firms are holding up to the principle
- Just in the last few years, several countries - especially in Europe have started to deploy laws mandating disclosure about gender wage gap
- Such transparency brings visibility to the issues contributing to inequality at workplace, and points us towards potential solutions ¹
- Early evidence from Europe suggests that this transparency has led to reduction in gender wage gaps ²

1: Bank of England, 2019, [Understanding Wage Gaps](#); 2: Bennedsen et.al, 2018, [Do firms respond to gender pay transparency?](#)

平和構築における女性の活躍と リーダーシップが世界を変える

- 様々な調査から持続可能な平和は女性が数においても権限においても十分に参加している場合に限られることは明らかである。
- 他の調査では女性がその成立に関与した平和協定は35%高い確率で少なくとも15年以上継続する。(O'Reilly, Suilleabhain, & Paffenholz, 2015).
- 実際のところ女性が参加し影響力を行使した平和協定は必ず締結される。さらに交渉過程で女性が強い影響力を行使した場合にはその協定が実際に実効される可能性がより高くなる。

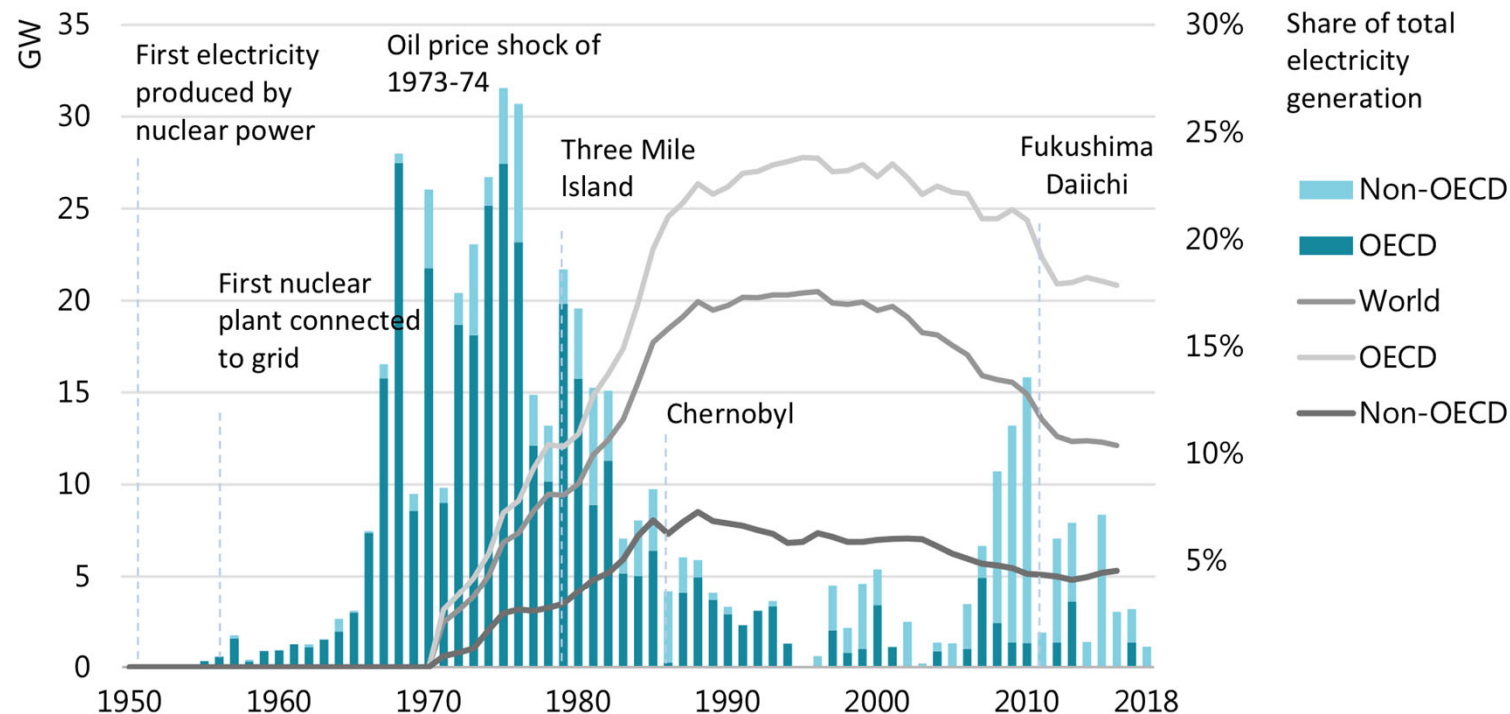


提言5：地球環境問題解決に非連続的なイノベーションを起こせ

- 需要サイドの変化に注目し新しいビジネスモデルを可能にする制度変革を速かに実現する。
- TCFDの成功は第一歩。地球環境問題における女性の活用をさらに進めるためGender Pay Gapの開示や組織内での一定割合の女性活用を義務付ける。
- 石炭利用はCCUS(炭素分離貯蔵利用)併用が条件
- 水素利用で石油、ガス、石炭生産国の脱炭素に貢献する。
- MCHによる水素備蓄を検討せよ。

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。

Figure 5. Reactor construction starts and share of nuclear power in total electricity generation



Note: OECD = Organisation for Economic Co-operation and Development.

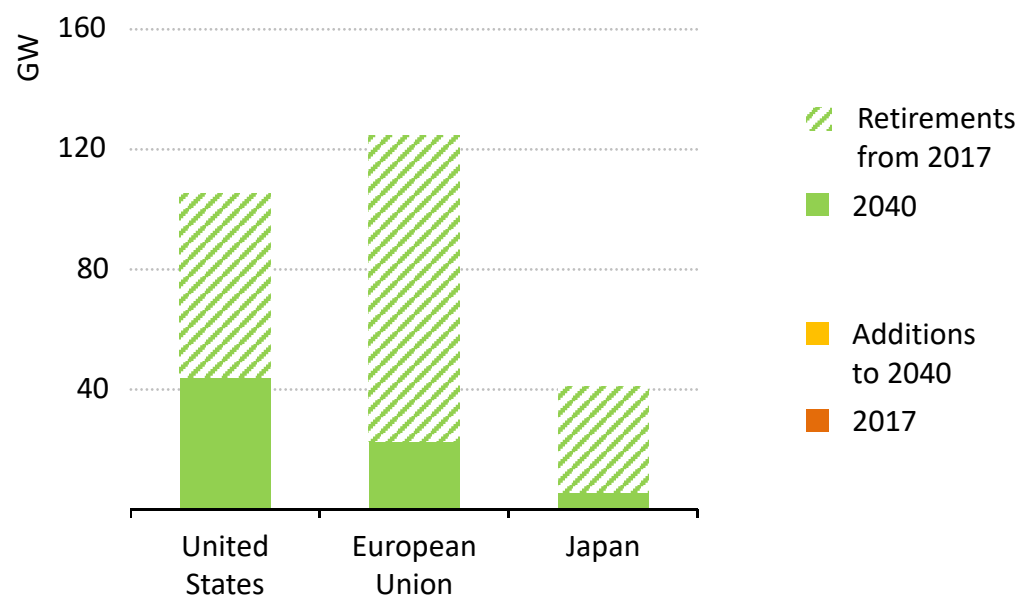
Sources: IAEA (2019), Power Reactor Information System (PRIS) (database); IEA (2018a), Electricity Information 2018 (database).

Most of the nuclear reactors in operation today in advanced economies were built before 1990.

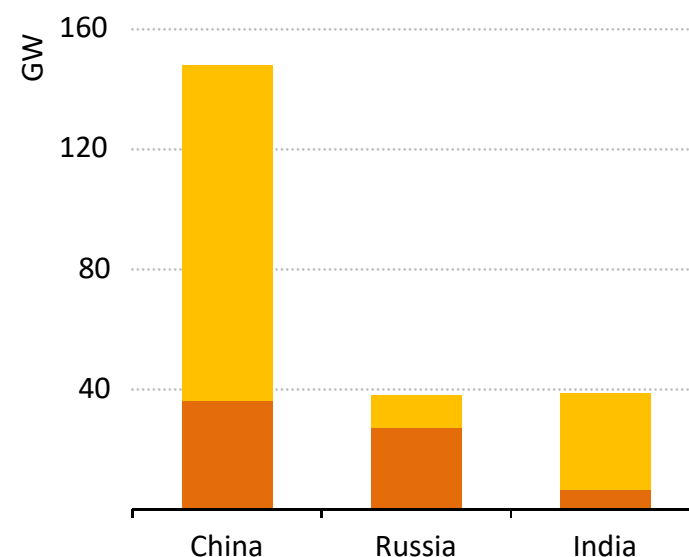
Nuclear Power in a Clean Energy System
IEA 2019 May

世界の原子力発電は二極化

Without policy changes



Growth markets



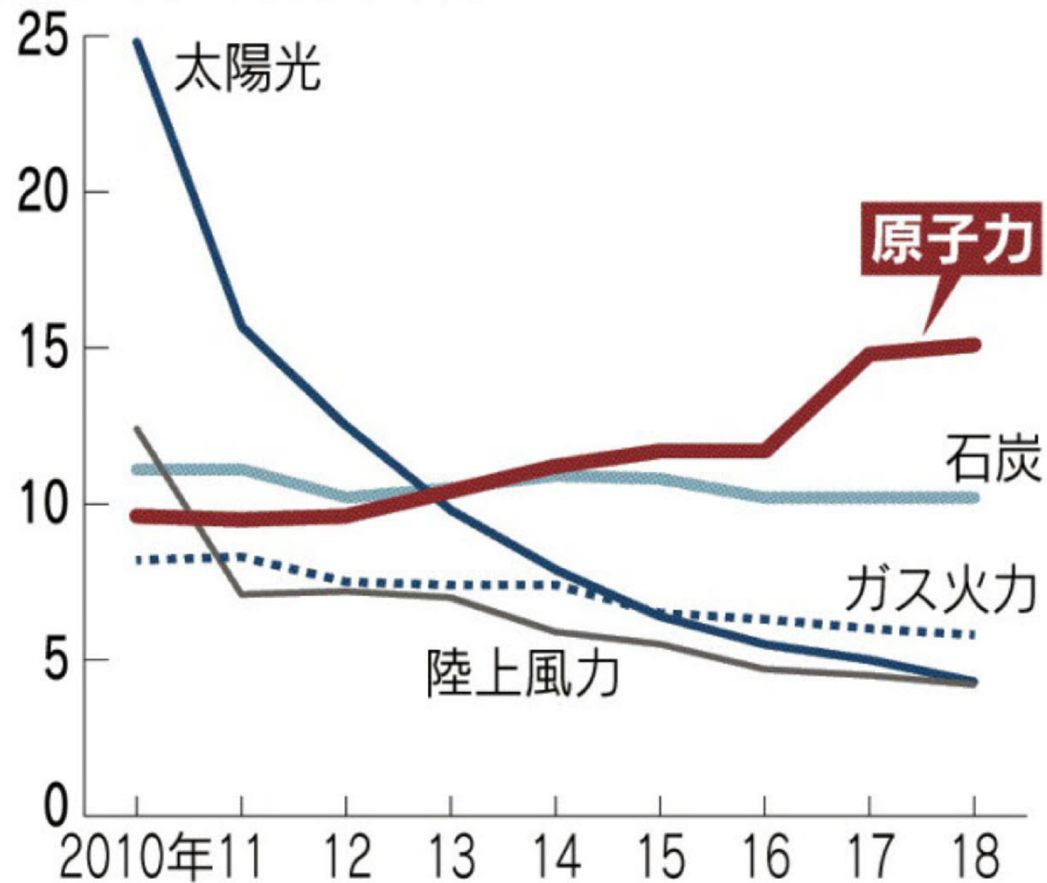
WEO2018

The contribution of nuclear power could decline substantially in leading markets, while large growth is coming, as China takes first position within a decade

世界で原発の発電コストが上昇している

米セント／キロワット時

(新設案件)



(注) 米投資銀行ラザードの資料から作成。
助成、廃炉・廃棄物処分コストは含まない

日経新聞より

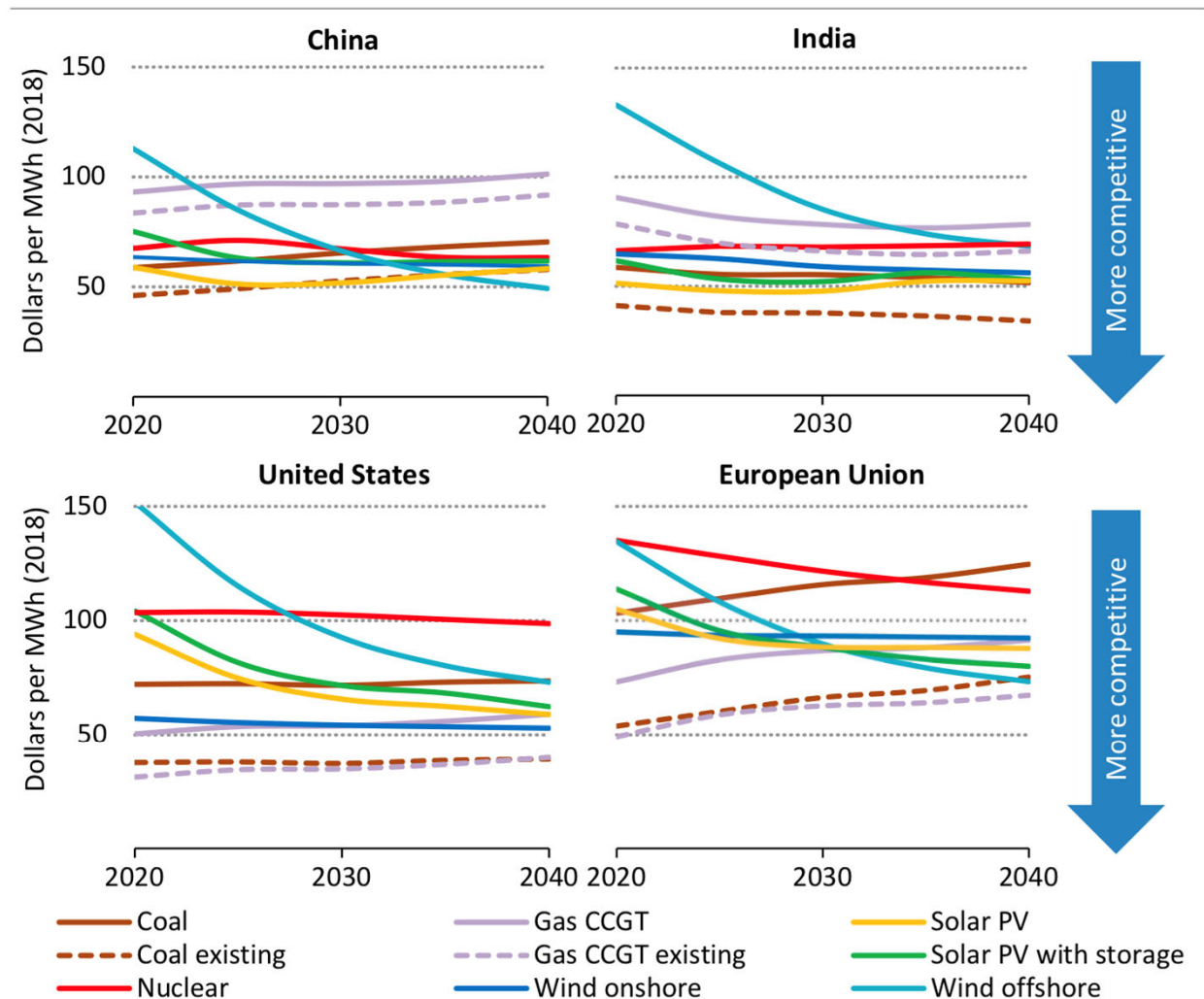
各種電力技術の競争力は国によって異なる。

競争力は電源として安価な燃料があるかなどの市場条件や、政府の政策や規制にかかる。

例えば二酸化炭素へ賦課される価格(税)レベルや他の汚染源の排出規制が競争力を根本的に変えてしまう。

WEO2019

Figure 6.10 ▶ Value-adjusted levelised cost of electricity by technology in selected regions in the Stated Policies Scenario, 2020-2040



Considering both the changing technology costs and system value, solar PV is set to become one of the most competitive new sources of electricity by 2030

Note: CCGT = combined-cycle gas turbine.

中国は計画通り原子力発電所を建設するだろうか？

JEPIC

2. 中国の電源開発：建設コスト

④ 各電源の平均建設単価の推移

単位：千元/kW

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018参考 (万円)
石炭火力	3.33	3.20	3.16	3.16	3.23	3.15	5.3
水力	9.73	11.51	11.27	10.99	11.36	9.35	15.6
原子力	15.25	12.18	18.08	19.16	16.72	12.04	20.1
風力	7.76	7.47	7.59	7.70	7.72	7.59	12.7
太陽光	9.18	8.62	8.47	8.39	7.26	7.41	12.4

出所：中国電力行業年度發展報告（中国電力企業聯合会編）各年版

注1：2017年まではモデルプラントの単価、2018年は該当プラントの決算単価の平均

注2：石炭火力は、超々臨界圧1000MWユニット2基

注3：原子力は算定方式の変更により、公表単価が大幅に低下

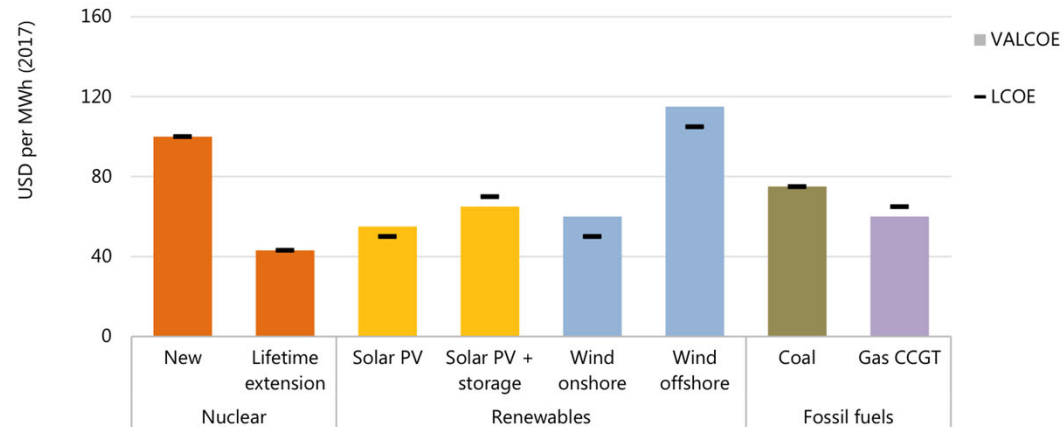
注4：2018参考は、2018年の平均為替レート（16.7円/元）で人民元を日本円に換算

IEA の試算によれば原子炉の新規建設は米欧において風力、太陽光、ガスなどよりコストが高いが、稼動延長なら低くなる。

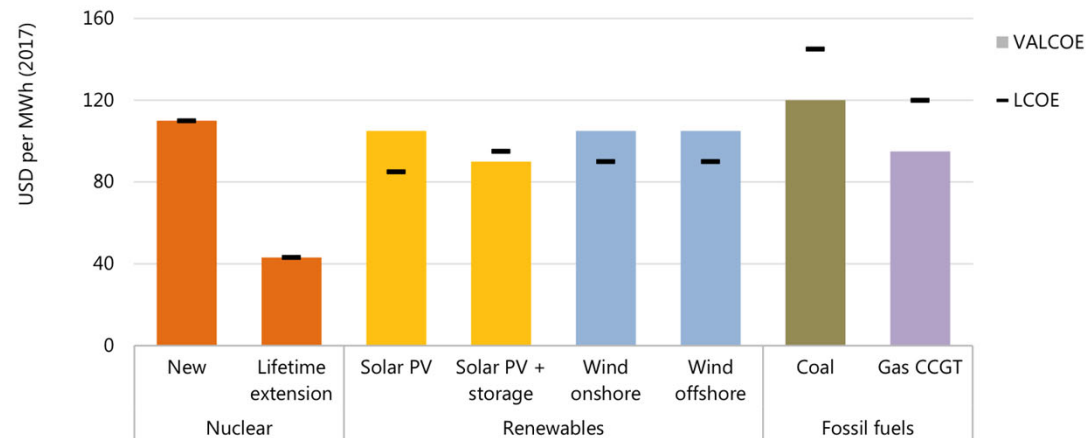
Nuclear Power in a
Clean Energy System
IEA 2019 May

Figure 11. Projected LCOE and value-adjusted LCOE by technology, 2040

a) United States



b) European Union



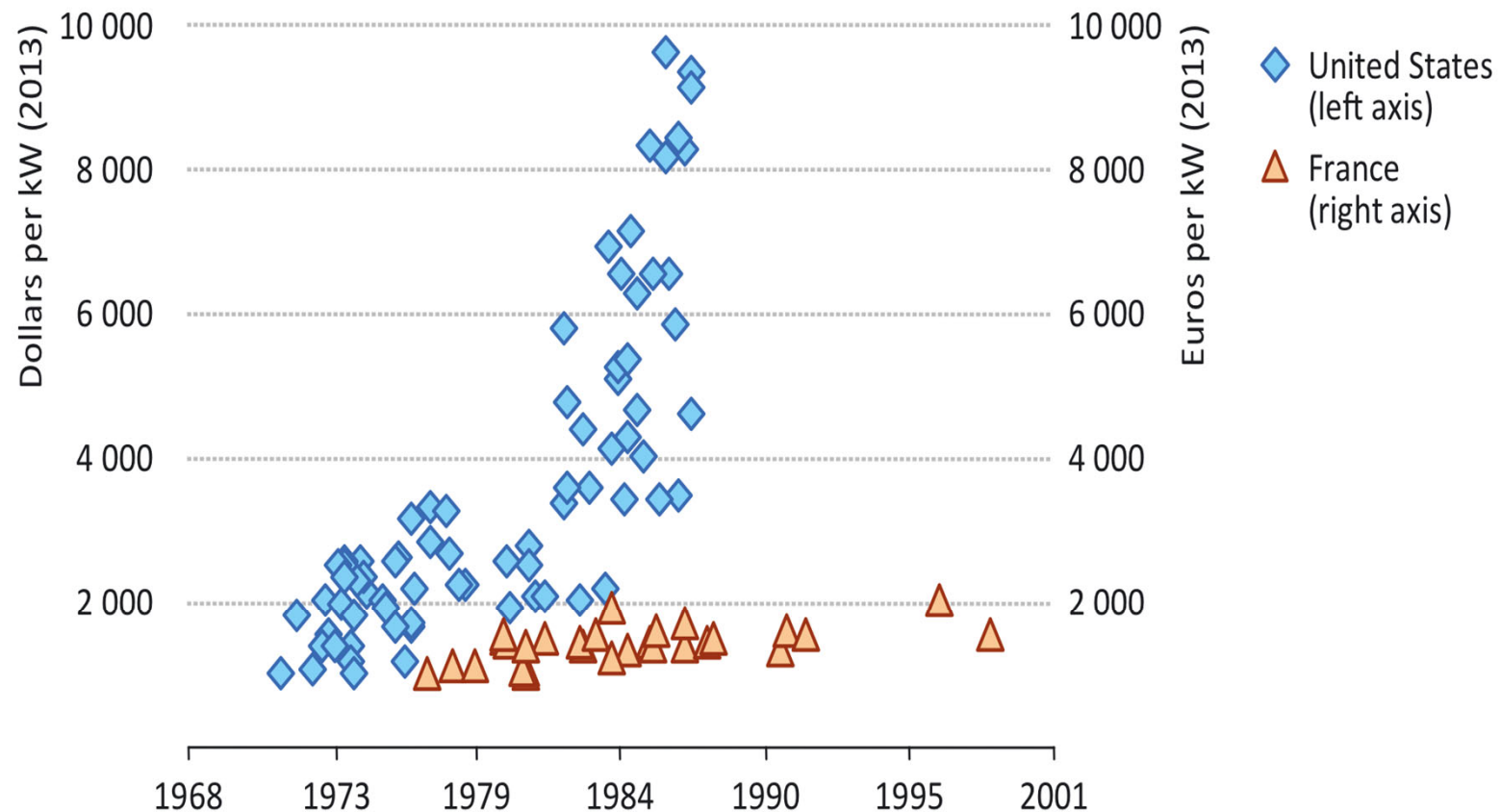
IEA (2019). All rights reserved

Notes: VALCOE = value-adjusted levelised cost of electricity; LCOE = levelised cost of electricity; PV = photovoltaics; coal = coal supercritical; CCGT = combined-cycle gas turbines. Nuclear lifetime extension LCOE is based on 1.1 billion USD investment to extend operations for 20 years. Storage paired with solar PV is scaled to 20% of the solar capacity and 4-hours duration. LCOEs are calculated based on an 8% weighted-average cost of capital for all technologies. Other cost assumptions are from the World Energy Outlook 2018 and are available at <https://www.iea.org/weo/weomodel/>.

Nuclear lifetime extension is competitive with any generation of new build in the United States, and more so in the European Union.

軽水炉建設単価の米仏比較： 炉型スタンダード化の差

Figure 10.6 ▶ Historical overnight cost of construction for nuclear power plants in France and the United States



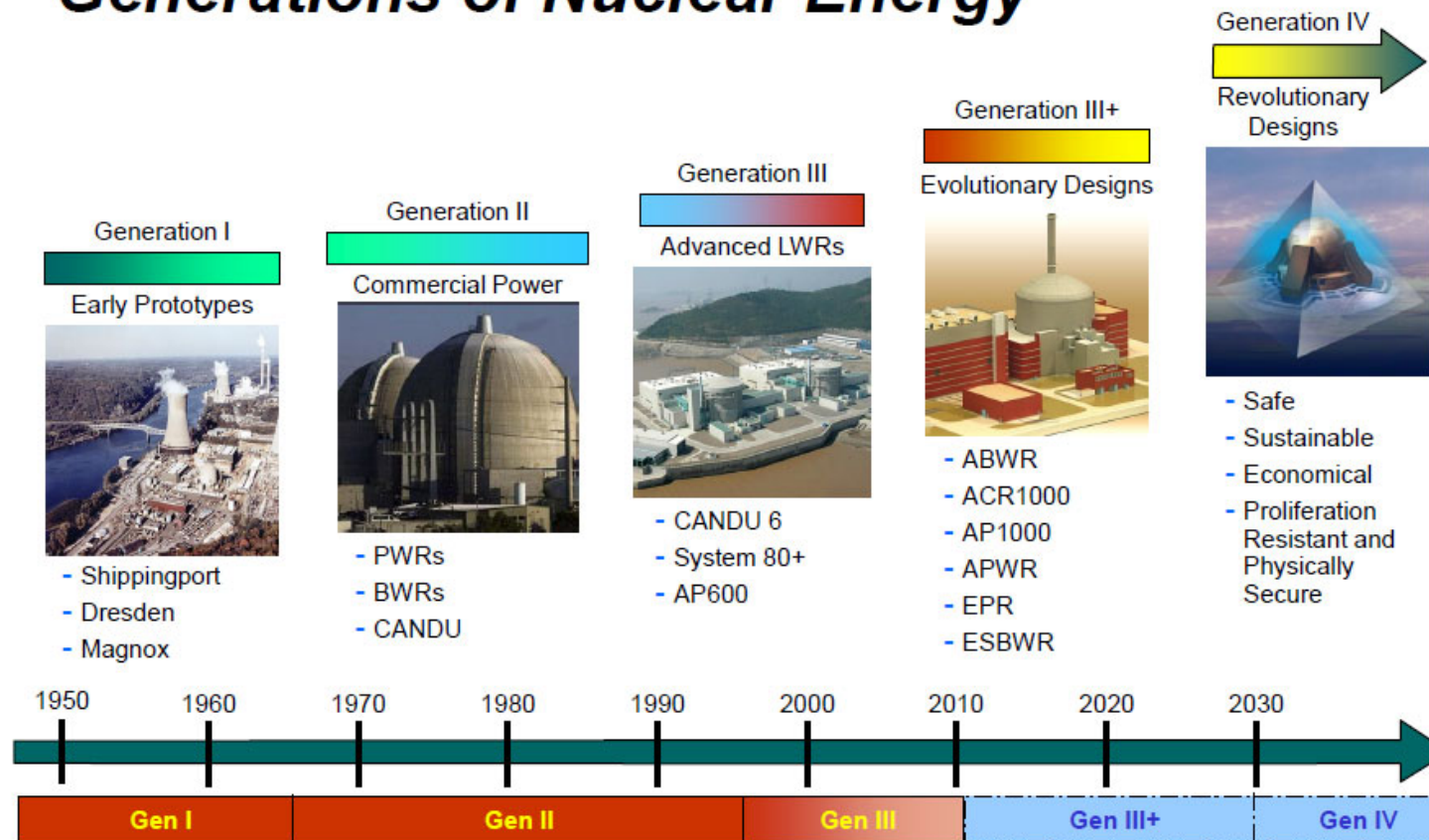
Note: Overnight costs are shown for the year in which plants came online.

Sources: Cour des Comptes (2012), US CBO (2008) and US DOE/EIA (1986).

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。

Generations of Nuclear Energy



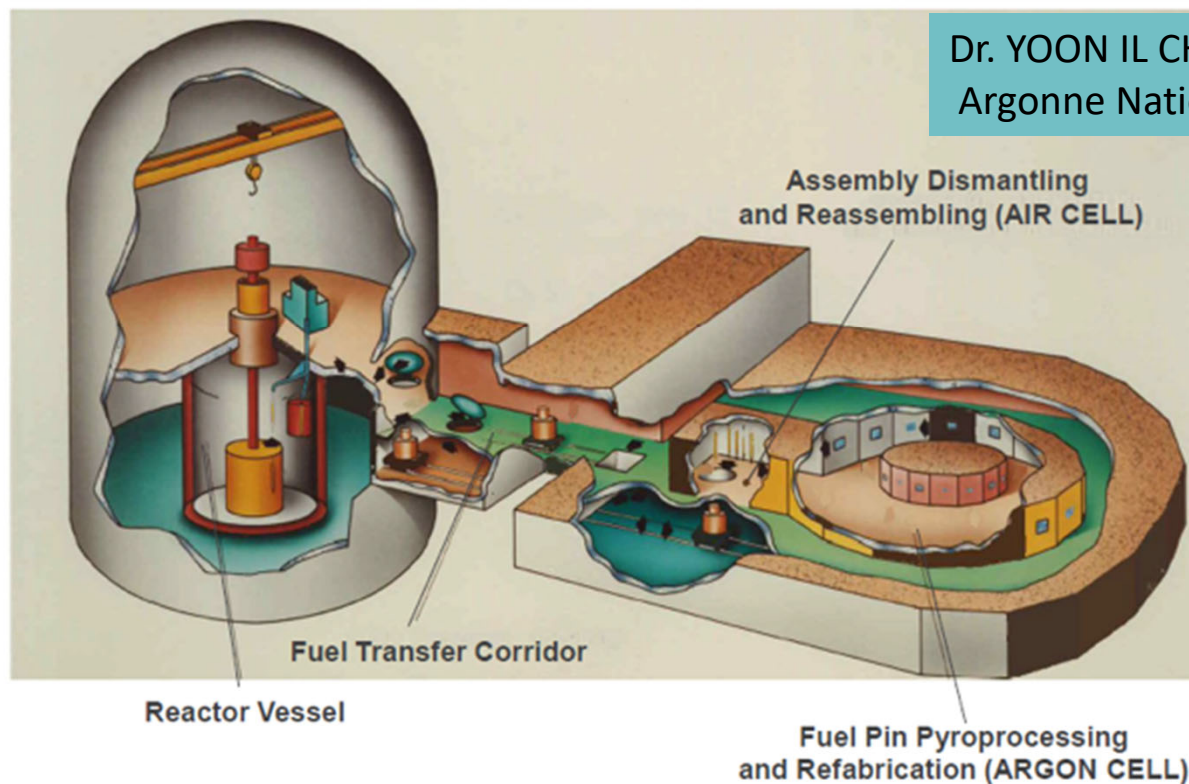
米国でも様々なベンチャーが第四世代SMR炉を開発中である。

State of play among nuclear fission innovators



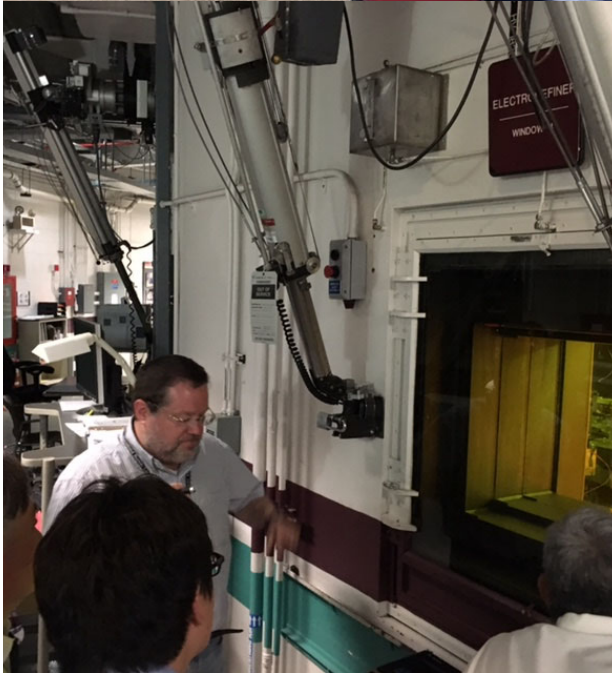
安全性、核不拡散性、廃棄物処理に優れた統合型高速炉 (Integral Fast Reactor)と電解型乾式再処理施設 (Pyroprocessing)

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。

Idaho National Laboratory



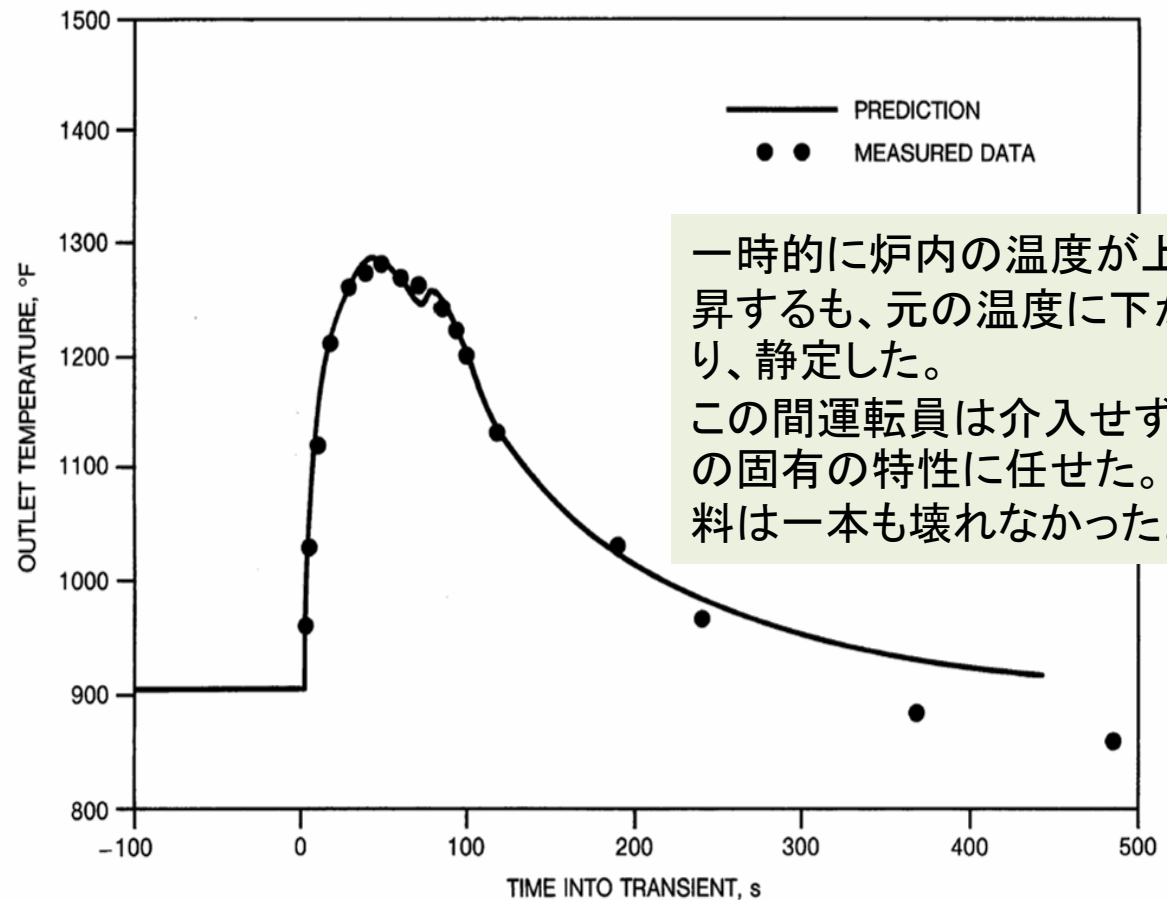
統合型高速炉の技術特性

- ✓ 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
- ✓ 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年に行なわれた全電源喪失とスクラム失敗が重なる過酷事故の実証実験。 炉内温度の推移。

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



Dr. YOON IL CHANG
Argonne National Laboratory

乾式再処理施設は湿式と比べ施設がコンパクトなので建設コストがかなり安いと考えられる。

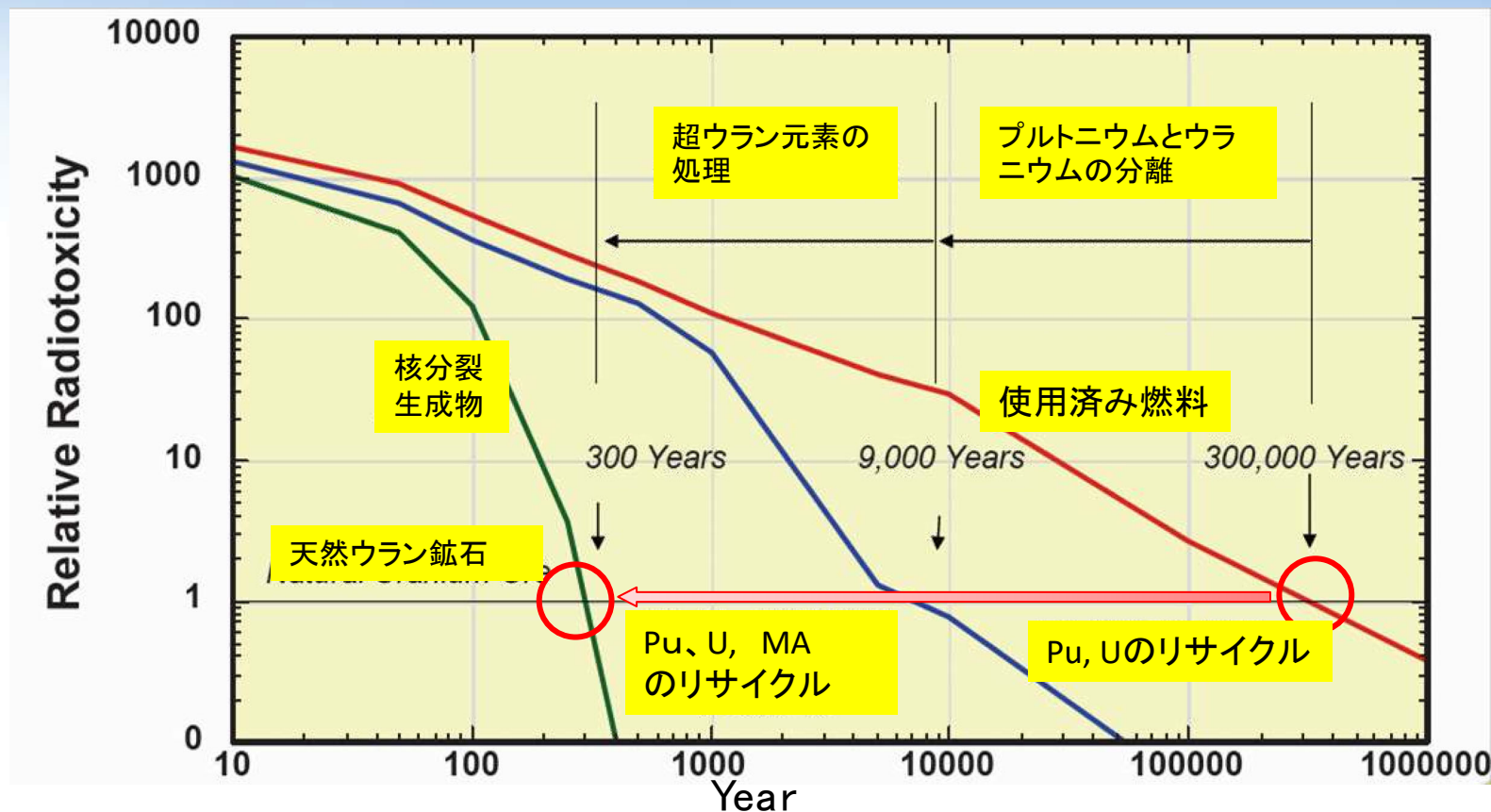
Capital Cost Comparison (\$million) Fuel Cycle Facility for 1400 MWe Fast Reactor

	Pyroprocessing	Aqueous Reprocessing
<u>Size and Commodities</u>		
Building Volume, ft ³	852,500	5,314,000
Volume of Process Cells, ft ³	41,260	424,300
High Density Concrete, cy	133	3,000
Normal Density Concrete, cy	7,970	35-40,000
<u>Capital Cost, \$million</u>		
Facility and Construction	65.2	186.0
Equipment Systems	31.0	311.0
Contingencies	<u>24.0</u>	<u>124.2</u>
Total	120.2	621.2

(五分の一という試算)

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

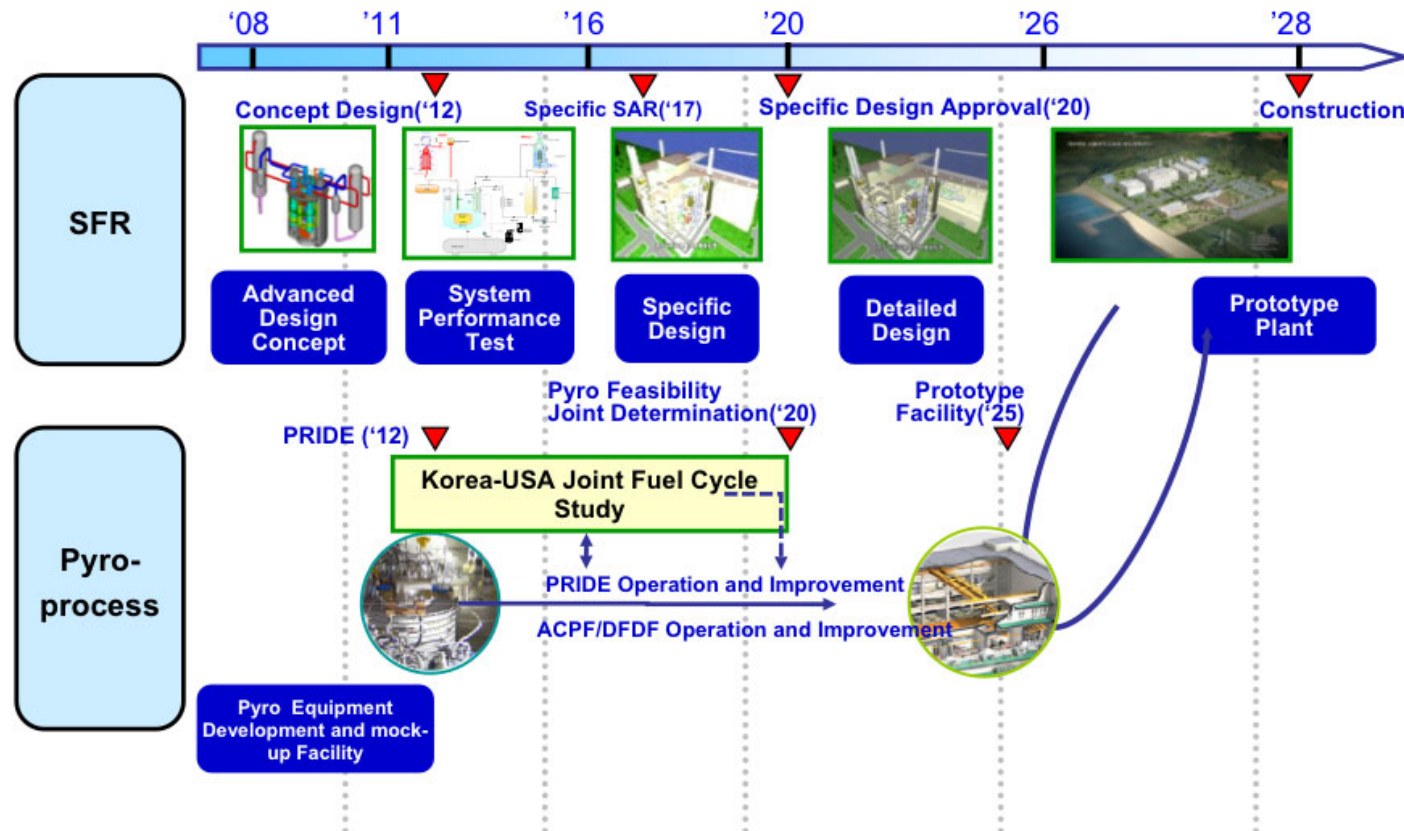


HITACHI

ウランウム、プルトニウム、MA(超ウラン元素)のリサイクルにより30万年の問題を三百年の問題に変えることができる。LLFPの核種変換も行えば更に短くしうる。

IFRと乾式再処理に熱心な国は韓国

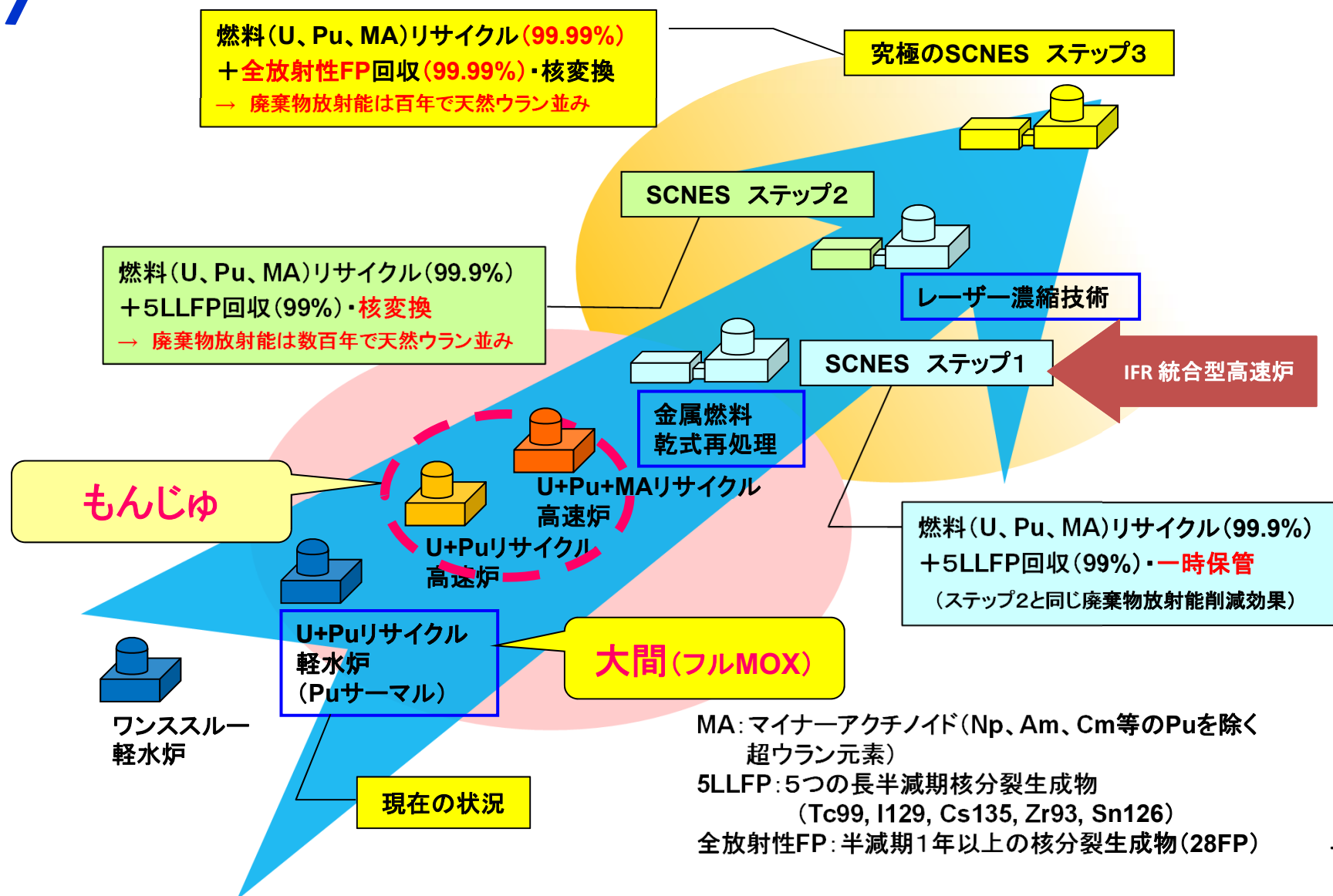
Long-term Plan for SFR and Pyroprocess



SCGI Conference, UC Berkeley, October 2-3, 2012

核分裂エネルギーシステムのあるべき姿

究極の目標への段階的アプローチ



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！

- 福島第一原発の汚染された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。またデブリの石棺方式は取らない方針が決まっている。
- 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)
- 統合型高速炉での燃焼実証。まず汚染された使用済み燃料でテスト。
- 高レベル廃棄物(300年型)の貯蔵管理廃棄実験。
- 従来の核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。北朝鮮のプルトニウムを焼却することも可能。
- 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。日米で統合型高速炉共同研究開始で合意。(2019年6月)
- 2018年7月に自動延長された日米原子力協定下でのとPu焼却の解決策。

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。

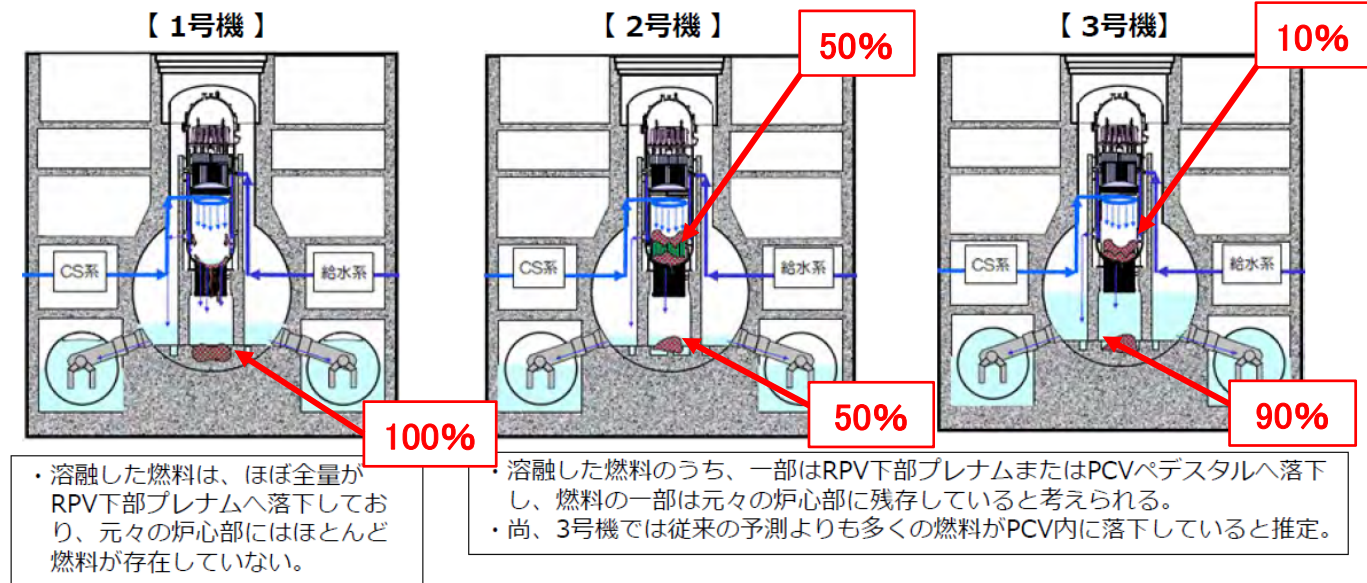
事故の前まで、福島県のキャッチコピーは、美しい島という意味で、「**うつくしま、福島**」だったのです。事故後に、そのポスターも言葉も消えました。私は科学技術に尽くすという意味で、「**つくすしま、福島**」でいいのではないかと、これは決して後ろ向きの決意ではなく、福島の誇りだと思います。是非とも実現に向けて頑張りたいし、ご協力できることがあればやらせていただければ嬉しく思います。私は身体障害者ですが、自由な時間はたくさんありますので、社会のお役に立てることがあるなら、身体が動く限り何でもやってみたいと思っています。

将来の高速炉サイクルオプションとしての
小型金属燃料高速炉と乾式サイクル施設を統合した
統合型高速炉(IFR)の技術的可能性調査

ニュークリア・サロン(NSF)

検討例：福島第一原子力発電所の各号機の燃料デブリと核物質量（推定）

SAMPSONコードによる解析*2等を参考にして、炉心デブリの移行率を右記の数字のように仮定



1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定*1

各号機の炉心燃料、制御棒、構造材の存在量*3等を踏まえて、デブリ量と主要組成を以下のように推定

	【1号機】	【2号機】	【3号機】
炉心領域デブリ量（約120トン）：	0	約100トン	約20トン
MCCIデブリ量（740トン）：	約260トン	約170トン	約310トン

- ・ 炉心構造材(SUS、Zry)等と溶融混合した炉心領域デブリの主要組成：(U,Zr)O₂、SUS-Zry合金
- ・ 圧力容器外にてコンクリート等と溶融混合したMCCIデブリの主要組成：(Zr,U)SiO₄、CaAl₂Si₂O₈等

- 1～3号機のデブリ中の核物質の平均組成として、経過年数が最長（20年）で、マイナーアクチニド（MA）含有率が最大で、ボイド反応度が厳しくなる組成を使用

⇒超ウラン元素（TRU：Pu+MA）重量は1.94トン、重金属（HM）重量は251トン

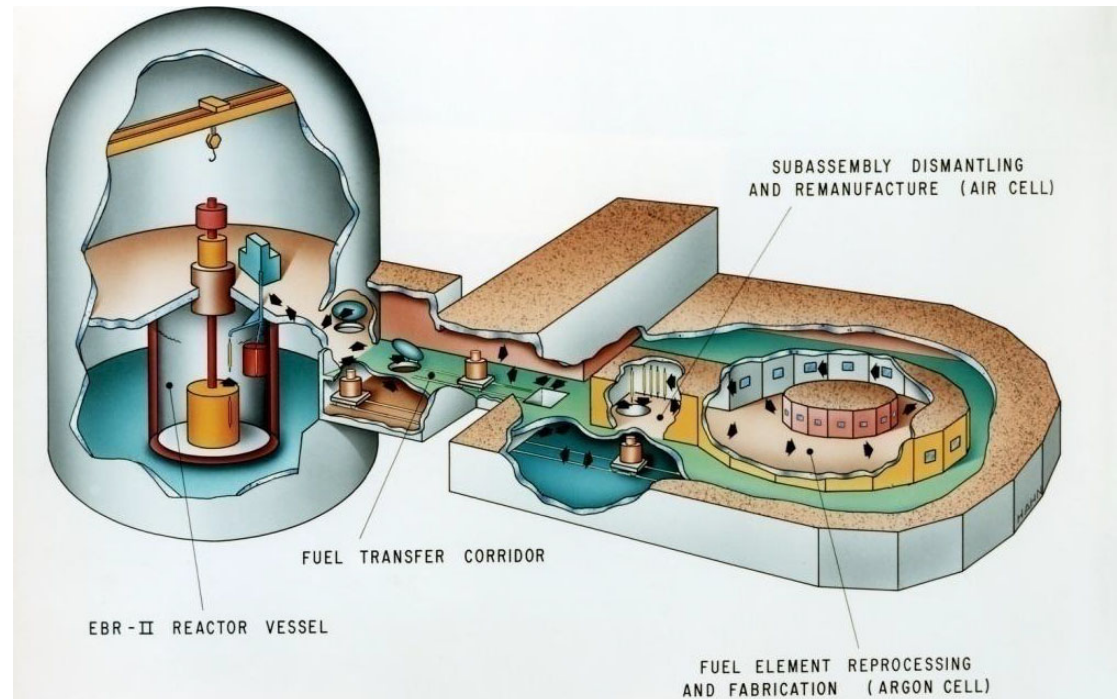
* 1：東京電力ホームページ（平成25年12月13日）「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する 検討第1回進捗報告」より抜粋

* 2：SAMPSONコードによる事故事象進展の解析，日本原子力学会，秋の大会，平成27年9月11日，内藤正則，一般財団法人エネルギー総合工学研究所

* 3：T. Washiya et.al, Study of treatment scenarios for fuel debris removed from Fukushima Daiichi NPS, Proc. of ICON-23, May 17-21, 2015, Chiba, Japan

金属燃料炉＋乾式再処理一体型概念(IFR)の可能性

- ✓ 燃料デブリからTRU燃料を製造
小型高速炉でTRU燃料を燃焼、
使用済燃料を再処理してリサイ
クルする「高速炉と燃料サイク
ル施設を統合した統合型(一体
型)高速炉(IFR)概念」
- ✓ 燃料デブリ中に存在するウラン
等の重金属(HM)量:約250トン
その内超ウラン元素(TRU)量:
約1.9トン
- ✓ 構想
 - 固有安全性に優れたナトリウム冷却小型金属燃料高速炉(原子炉の熱出力19万kWt)
 - デブリ処理が可能な金属燃料乾式法を適用

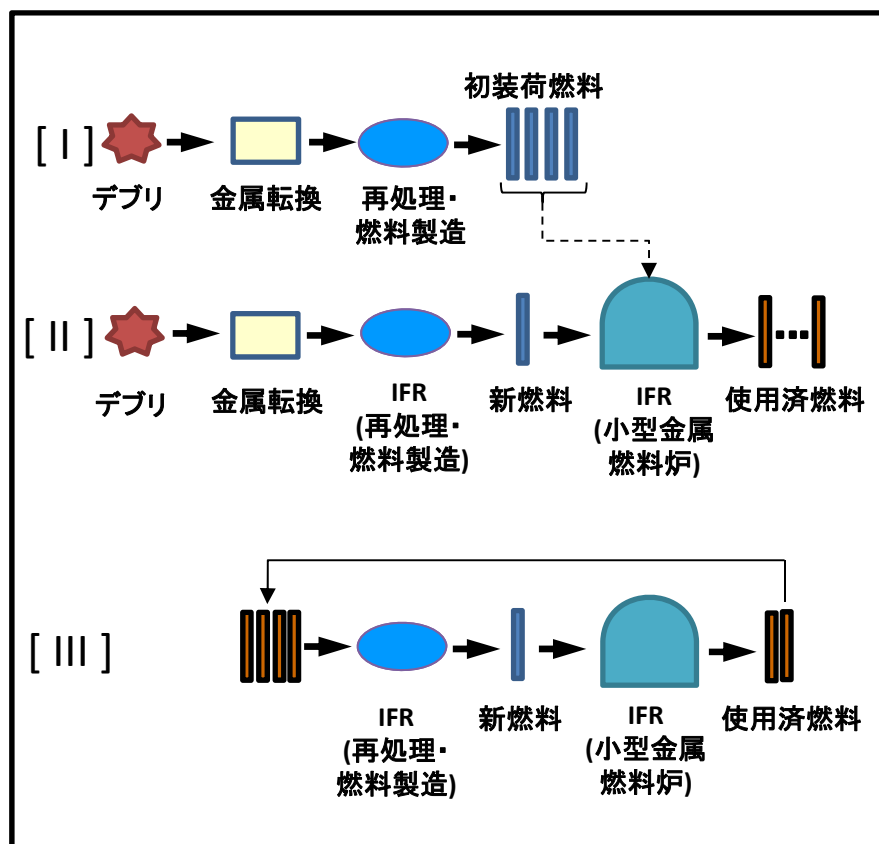


高速炉と燃料サイクル施設を統合したIFR概念図
(米国アルゴンヌ国立研究所の高速増殖実験炉EBR-IIと乾式
サイクル施設(FCF)の例)

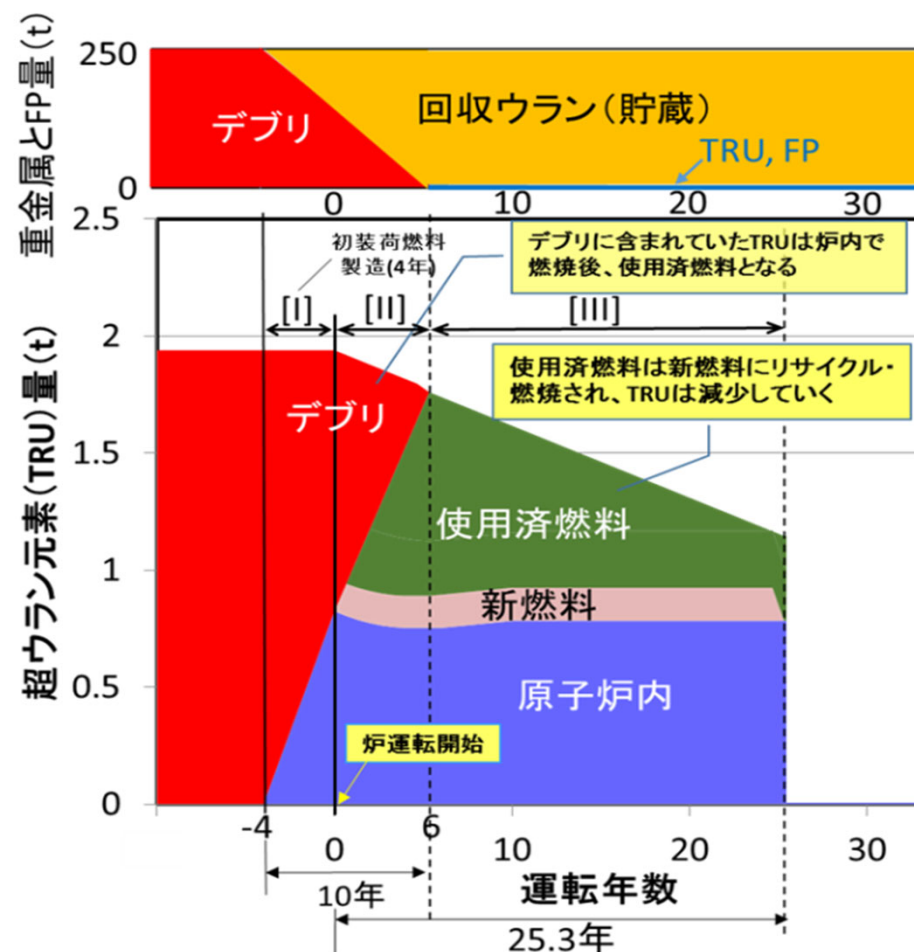
(出典: Y. I. Chang, "Integral fast reactor – a next-generation reactor concept," in Panel on future of nuclear Great Lakes symposium on smart grid and the new energy economy, Sept. 24-26, 2012.)

デブリの処理スキームと超ウラン元素の減少

- TRU燃焼特性を評価した結果、当初15年を想定したデブリの処理期間は10年となった。
- **IFRの運用から25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（TRU）は、使用済燃料中と炉内残留分を合わせて1.2トンまで減少。**
それ以降は、燃料製造に必要なTRU量が不足するため、運転継続のためには外部からTRUを調達する必要がある。



デブリ処理スキーム概念図



炉とサイクル施設のコスト評価

[原子炉施設]

- 熱出力19万kWt(電気出力7万kWe)の小型金属燃料高速炉の建設コストを、以下の手順で概略評価
 - ・ 主要仕様を設定し、概略主系統図、原子炉構造概念図、原子炉建屋概念図を作成
 - ・ 既往研究の物量データを参考に、物量を算出
 - ・ JAEAの経済性評価コードを用いて建設費を概略評価
- 評価結果： 建設費 約1,100億円（建設単価 約160万円/kWe）
（但し、設計した結果ではなく大きな不確定性がある）

[サイクル施設]

- 年間再処理容量約30tHM、年間燃料製造容量0.72tHMの乾式リサイクル施設の建設コストを、以下の手順で概略評価
 - ・ 概略プロセスフロー、マスフローを設定し、主要機器の処理容量から主要機器数を概算
 - ・ リサイクルプラントセル容積及び建屋容積を既往の研究例を参考に概略評価
- 評価結果：建設費を数百億円程度にできる可能性はあるが、再処理設備の不確かさは大きく、設計検討も実施していないことから、処理量が同等な他の設計研究での評価値も参考にしておく必要がある。

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ルオ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、復興の後押しするはずだ。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。

提言6: 原子力は今後とも必要だが従来通りの路線では国民は受け入れない。

- 大型軽水炉は徐々に廃炉にすると宣言。福島以降、安全で、きれいで、安い電源とはいいがたい。新設や大型炉によるリプレイスも諦め既存の炉をできるだけ長く使う方向に転換。
- 使用済み燃料処理、高レベル廃棄物や福島デブリの量及び毒性の減容に小型高速炉(統合型高速炉IFR)を日米協力により開発
- JAEAは廃炉、福島除染に集中。NEDOを新型炉担当に。
- 小型分散型電源として再生エネルギーとの共存を図る。
- 船舶用小型軽水炉の開発に着手。「むつ」の失敗を総括。
- 東電再建、福島の廃炉、再生エネルギー活用、電力市場改革、国際系統線連携と包括的エネルギー政策のマスタープランの中に原子力を位置付けるべき。
- これらの大変革を進めるためにはまず東電さらには関電による**原発の国への大政奉還でケジメをつける。**

L'Aquila G8 Summit, 2009



地政学リスクのリンケージ: リビアから北朝鮮へ

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。福島の教訓に立ち、安全な炉設計や厳しい規制実践で世界をリードしなければならない。

リッコーバー提督の伝説：軽水炉の成功は彼の原潜乗務員に対する安全への厳しい規律があったから





横須賀に寄港 中のUSSイリノ イを訪問

日本もインド・太平洋・
北極海などで中国を牽
制するために原子力潜
水艦を保有すべきでは
ないか？



プルトニウム国際管理に関する日本政府への提言

プルトニウム国際管理に関する日本政府への提言
～プルトニウム在庫量の削減を目指し、新たな国際規範を～

2019年5月

公益財団法人 笹川平和財団

新たな原子力・核不拡散に関するイニシアチブ研究会

- 提言 1. プルトニウム国際貯蔵の追求：
「余剰」なプルトニウムを国際原子力機関（IAEA）の管理下におく。
- 2. 現在の国際規範である国際プルトニウム管理指針の強化：日本の原子力委員会の決定に基づき既存在庫量の削減を新たな国際規範として提言し、再処理を抑制する。
- 3. 既存の在庫量削減に向けての国際協力：処分のための国際フォーラムを設置する。
- 4. 使用済み燃料管理として「乾式貯蔵」を最優先にすすめ、核燃料サイクルの選択肢評価を第三者機関が実施する。
- 5. プルトニウムの新たな国際規範を世界に普及すべく主導的役割を果たす。

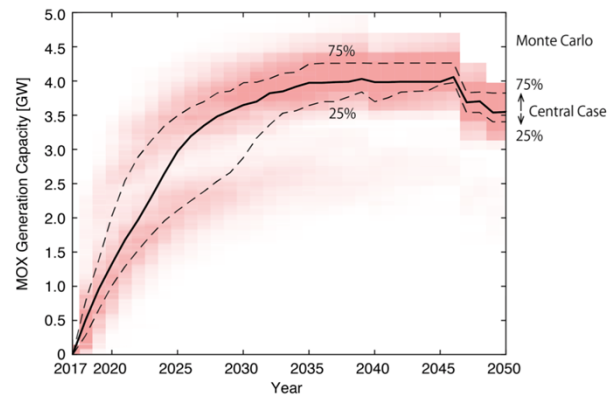
プルトニウムバランスの試算

(武田秀太郎京都大学特任助教と笹川平和財団の共同研究)

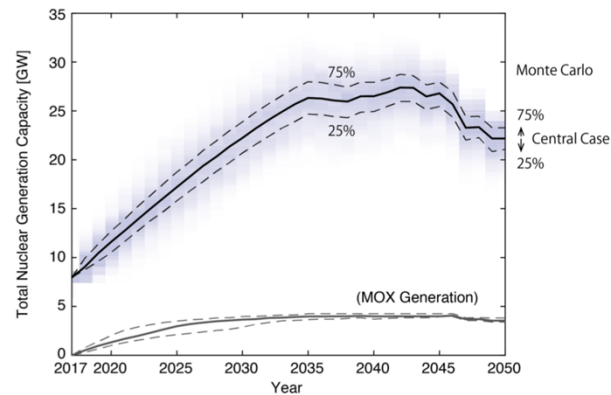


モンテカルロ法による原発・MOX発電容量シナリオ試算

MOX発電量



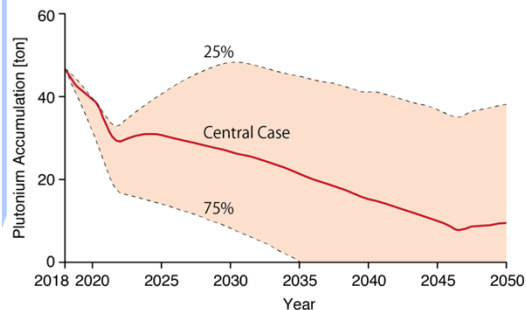
原子力発電全体



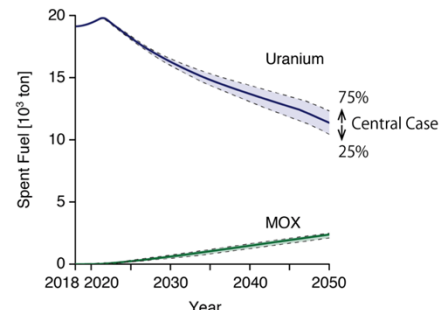
プルトニウムバランス・使用済核燃料見通し

1. 2021年六ヶ所再処理工場稼働ケース(BAUシナリオ)

蓄積プルトニウム量



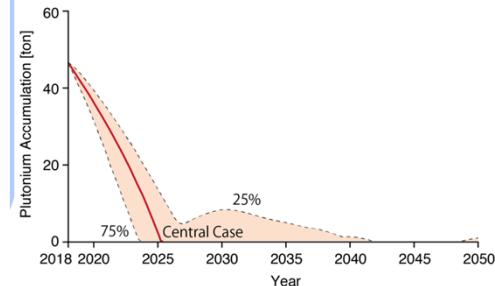
使用済核燃料



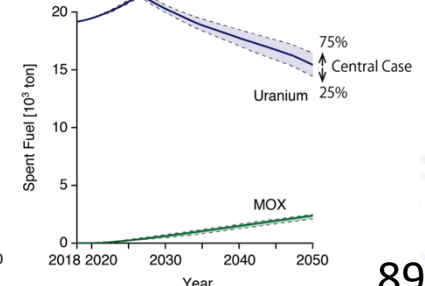
プルトニウムバランス・使用済核燃料見通し

2. 2026年六ヶ所再処理工場稼働ケース(5年延期シナリオ)

蓄積プルトニウム量



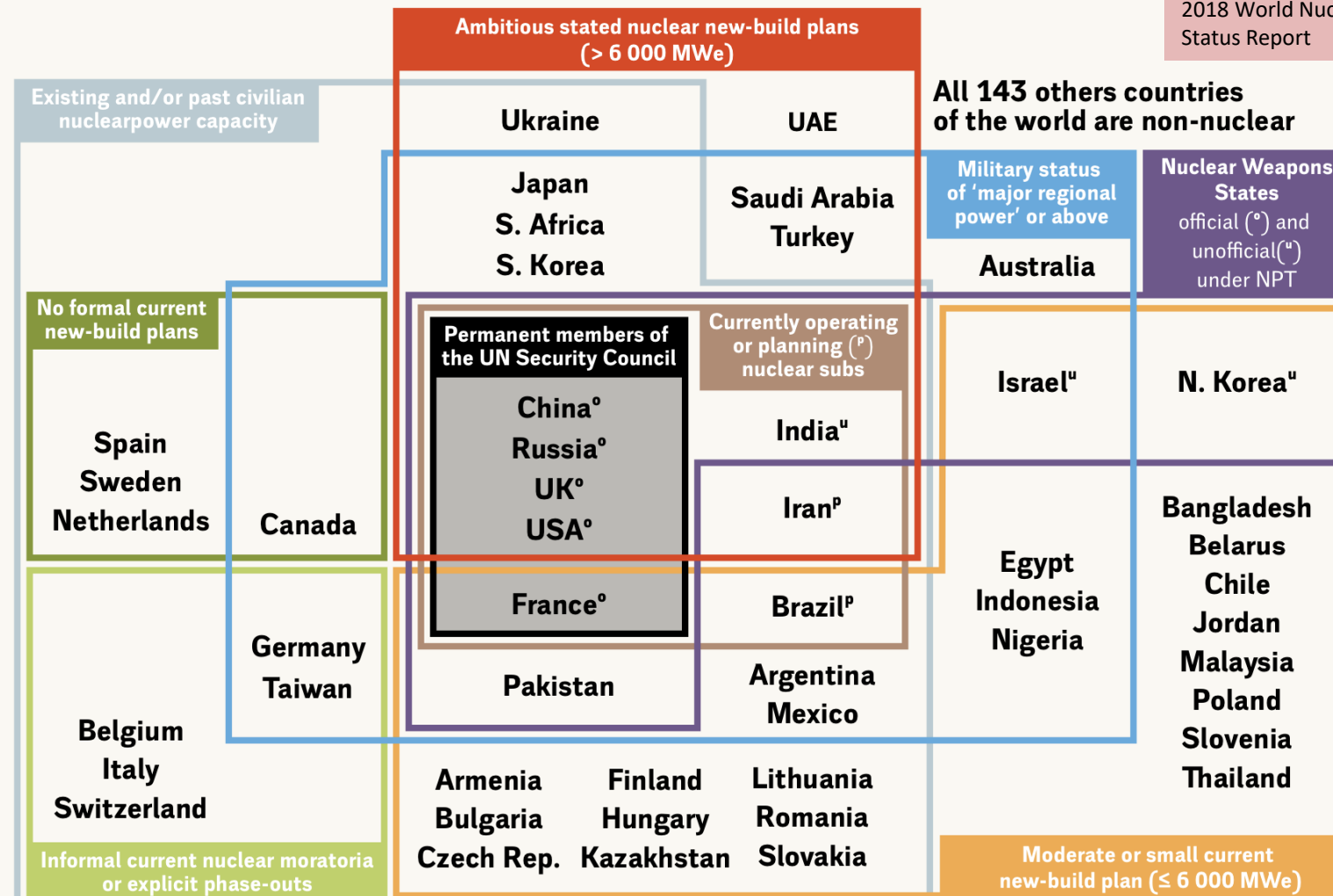
使用済核燃料



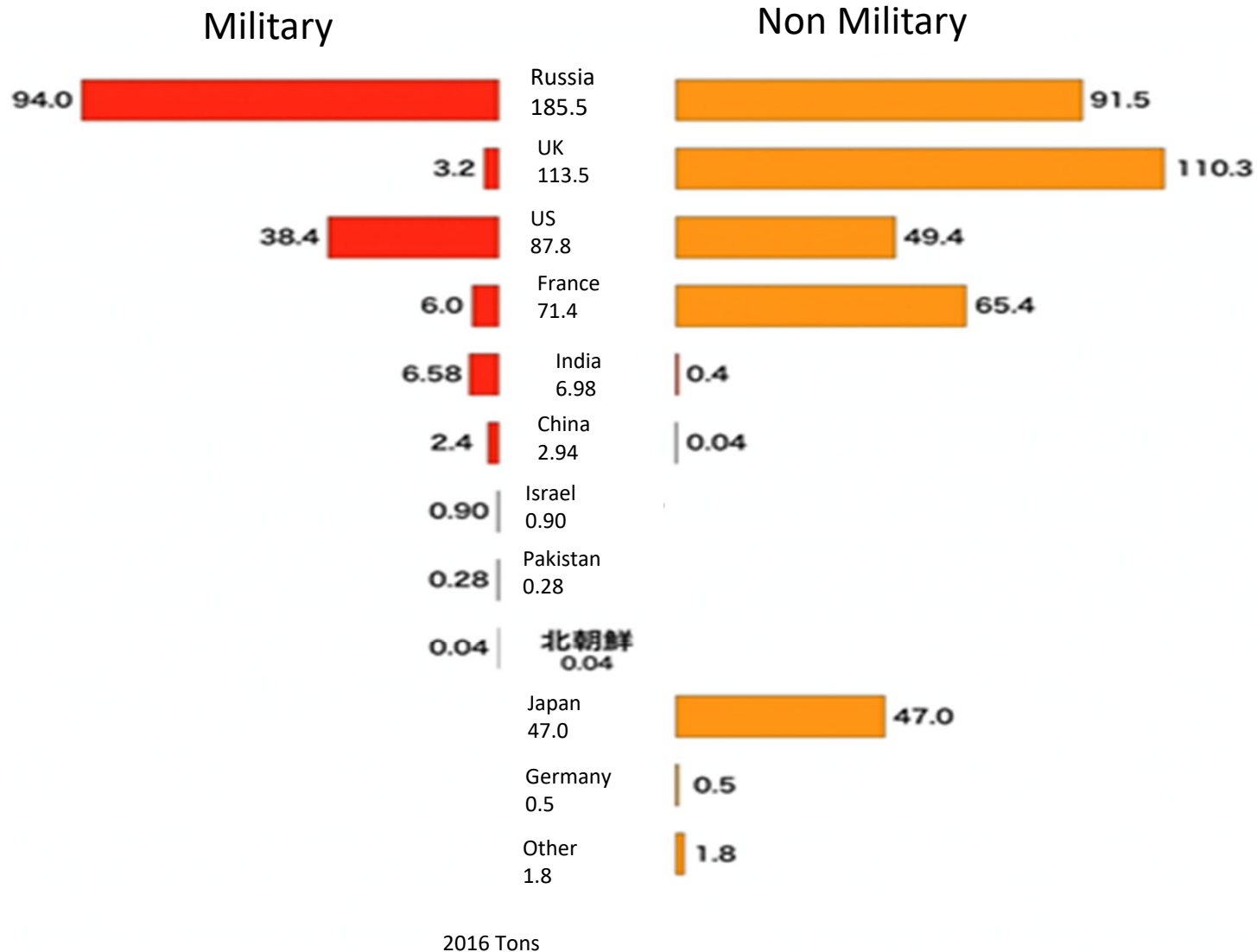
世界で五十カ国が原子力能力を保有するが、核爆弾を持つのは紫で囲まれた九カ国。非保有国の力をどう結集するか？

Circumstantial Relationships Between WNA-Reported Civil Nuclear Ambitions and Different Categories of International Military and Geopolitical Status

2018 World Nuclear Industry
Status Report



各国のプルトニウム保有量



世界の分離プルトニウム保有量(長崎大学核兵器廃絶研究センターデータ)

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。」

提言7： 核兵器非保有国のリーダーとして 日本独自の核不拡散外交を

- 広島長崎の被爆国として原子力平和利用に徹し、当面は米国の核の傘のもとにあることを確認しつつも核兵器禁止条約に署名。
- 余剰プルトニウムはIAEAによる国際管理制度を確立。
- 東アジアの地政学的変化に対応して原子力推進の潜水艦（通常型クルーズミサイルを装備して抑止効果を狙う）の開発も検討する。同様に原子炉搭載バルジ、砕氷船建造など船用原子炉の研究を。
- 核不拡散＋固有安全型新型炉（IFR）モデルを米韓と共同開発。さらに非核化後の北朝鮮、イラン、サウジなどとも非核化、平和利用を前提に協力。
- 北朝鮮のプルトニウムを購入し、プルサーマルで焼却すると申し出ることで米国に協力しつつ朝鮮半島の非核化に関与する。韓国が濃縮ウランの焼却を分担。日米韓で北東アジアの核管理体制を主導。
- インド、パキスタン、イスラエル、英、仏との原子力協力にあたっては核兵器放棄又は削減を求める。
- 米露中にも新INF条約を締結し北東アジアでの核兵器の削減を進めるよう求める。北東アジア非核兵器地帯構想を目指す。

日刊工業新聞
2020年1月20日
講壇

Opinion

オピニオン



笹川平和財団会長

田中 伸男

たなか・のぶお 東大経卒、通商産業省（現経済産業省）入省。通商政策局総務課長、経済協力開発機構（OECD）科学技術産業局長などを経て07年に欧州出身者以外で国際エネルギー機関（IEA）事務局長に就任。16年から現職。69歳。

2つの核問題、イランと北朝鮮そして日本——

平和利用の経験を世界に

講壇

トランプ米大統領と北朝鮮の金正恩朝鮮労働党委員長の歴史的合意はどのようなものか。2020年における世界の懸案事項の一つながら、金氏はリビアのカダフィ大佐の失敗から学び、簡単には核を手放さないだろう。

私が国際エネルギー機関（IEA）の事務局長を務めていた09年7月、イタリアのラクイラで開かれた主要国首脳会議（G8）のランチに招待された。多くのアフリカ首脳を招いての席で、私の隣に着席したのがカダフィ大佐であった。彼が最初に発言を求め、アフリカの現状は欧州による植民地主義だと20分以上にわたって演説した。次にエジプトのムバラク大統領が続ぎ、議論は植民地主義批判の嵐になりそうだった。その時立ち上がったのがサミット初出席のオバマ大統領だ。

彼は「アフリカのことならよく知っている。自分のことはケニア人だから。彼によればアフリカの問題は汚職だとうんだが、汚職は植民地主義とは関係ないよね」と言ったのだ。会場は静まりかえる。沈黙後、ドイツのメルケル首相ら西側首脳

北朝鮮の金正恩氏とトランプ米大統領（18年6月、シンガポールIIAP時事）



北朝鮮の核へのこだわりはここから始まる。リビア侵攻を決めた時のホワイトハウスでの決定過程が、当時国防長官だったロバート・ゲイツの備忘録に出てくる。彼自身は反対したがオバマ大統領いわく「51対49」くらいの僅差で侵攻が決まったという。北朝鮮への影響は議論されなふしがない。積極的であった

のがヒラリー・クリントン國務長官だった。イランとの核合意からの米国離脱を決めたトランプ大統領もオバマ、ヒラリーと同様の失敗を犯す可能性が高く、核合意したイランを制裁すれば、彼らを核開発に再び走らせる懸念が強い。

この結果、「核を持たないかたたかたかた」「核は絶対手放せない」と北朝鮮を確信させることになる。あるイランの政府高官は「自分たちはドイツ、日本、インド、ブラジルの仲間になりたい」と言っていた。イランもそんな地域大国として認められたいのだ。「核兵器を持たない日本の原子力平和利用の経験が役に立つのでは」と述べたところ、「その通り。包括的共同努力計画（JCPOA）で示された15年間は、世界にイランの平和利用に対する決意を認めてもらうための期間だと考えている」とのことだった。

核不拡散条約（NPT）が発効してから今年で50周年である。5月には第10次NPT再検討会議が開催される。また核兵器禁止条約が34カ国の批准を得ている。非兵器国・日本がこの条約に加盟しイランと北朝鮮の非核化に向けて貢献するチャンスが来た。前回の本紙講壇で取り上げた北朝鮮からのアルトリウム引き取りと統合船高速炉の活用がそれである。

（次回はMedicine JAPANESE AN理事長の近藤達也氏です）



たなか・のぶお 東大経卒、通商産業省（現経済産業省）入省。通商政策局総務課長、経済協力開発機構（OECD）科学技術産業局長などを経て07年に欧州出身者以外で国際エネルギー機関（IEA）事務局長に就任。16年から現職。69歳。

北朝鮮のプルトニウム買い取りを —————

核不拡散技術、日米韓で主導

講壇

トランプ米大統領と金正恩北朝鮮総書記の電撃的なシンガポール会談以来、朝鮮半島非核化が進みかけている。わが国はこのプロセスに何らかの形で積極的に関与することが必要である。

受け身では対話には参加できないばかりか、気がついたら米朝の間で大陸間弾道ミサイルの撤廃だけでデイルが出来上がってしまいかもしれない。私はその切り札が北朝鮮の持つブルトニウム約40%¹⁴を買い取り、日本のアルサマー計画の中で消化しようとする北朝鮮に提案することだと考えている。

日本が現在持つブルトニウム在庫47tを消化することを考えれば40^{キログラム}の追加は何ら難しくない。新潟県の柏崎刈羽原子力発電所のプルサーマル計画で消化できれば新潟県出身の拉致家族を取り返す一助ともなう。

笹川平和財団では5月、鈴木達治郎座長の下で「プルトニウム国際管理に関する日本政府への提言」をまとめた。「余剰」なプルトニウムを国際原子力機関（IAEA）の管理下に置くプ

ルトニウム国際貯蔵を提案した。北朝鮮が反目する日本に虎の子のプルトニウムを簡単に渡すとは思えないが、プルトニウムが「国際管理下に置かれる」と言えは北朝鮮を説得する理屈となる。米国も賛同するはずだ。米国には現在プルトニウムを焼却する炉はない。以前ロシアとの合意で解体した爆弾用のプルトニウム在庫はサンナリバー国立研究所に貯蔵保管されている。少量といえども軍が解体した爆弾のプルトニウムも、日本が軽水炉でともに消化するなら感謝されるだろう。

韓国はプルトニウム処理を米国から許されていないが、そのため施設はないが、ウラン型原爆の原料である高濃縮ウランを希釈し軽水炉で消化できる。米国が解体した核爆弾の材料を日韓が協力して消化するという「日米韓プロジェクト」だ。日韓が北朝鮮の非核化検証のために人材を提供するところまである。

日米韓はもう一つ、原子力平和利用で協力できる。米国はアイダホ国立研究所で、安全で兵

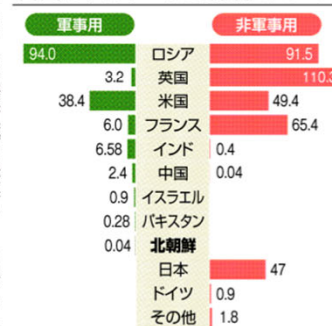
目指して乾式再処理技術の共同研究を米国とタイタホで行っている。日本韓が3カ国協力で核不拡散型原子力システムモデルをつくる道が見えてくる。

この炉は福島原発事故のデブリ処理に応用できる。核不拡散性だけでなく受動的安全性、廃棄物処理に優れた画期的な技術だ。最終的に出てくる高レベル廃棄物が天然ウラン並みに毒性が低減するに使用済み燃料なら30万年かかるころへ、これなら300年で済む。

「ミ」の最終処分場はほかに見つけやうとするはずだ。日本もそうだが平和利用の権利はどの国にも認められている。核拡散防止条約(NPT)体制は、核兵器保有国が非保有国にいろいろ注文をつけて核拡散を防ぐためにできたが、その公平性から非保有国の不満や反発を招き、不拡散の実を上げることはできなかった。日本と韓国がリーダーシップをとって米国の協力のもとで核不拡散型の技術開発を主導したらどうだろう。

（次回はMedical
excellence JAP
AN理事長の近藤達也氏です）

各国のプルトニウム保有量 (トン)



長崎大学核兵器廃絶研究センターのデータを基に作成

器転用しにくい先端原子炉を開発してきた。統合型高速炉（IFR）と乾式再処理（パイロプロセッシング）技術だ。この実験炉建設に日米政府間でこの5月に覚書が調印され共同研究が始まった。韓国も2020年を



笹川平和財団会長

田中 伸男

たなか・のぶお 東大経卒、通商産業省（現経済産業省）入省。通商政策局総務課長、経済協力開発機構（OECD）科学技術産業局長などを経て07年に欧州出身者以外で国際エネルギー機関（IEA）事務局長に就任。16年から現職。69歳。

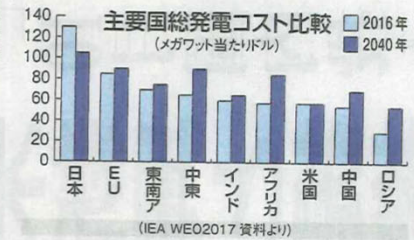
原発・大政奉還論

令和のエネルギー維新に

講壇

中国雲南省で開かれた持続可能性会議に参加した。雲南省政府の持続可能な開発に対する強い意気込みが感じられた。

国際エネルギー機関（IEA）は世界のエネルギー市場で4つの革命が起りつつあるという。第1に米国のシェール革命。トランプ外交を支えるエネルギー自立が実現しそうだ。第2は太陽光革命。太陽光発電が多くの国で最も安い新規電源になるという。第3は中国のグリーン革命。ガスと再生可能エネルギーで石炭を代替し大気汚染を減らす。そして第4は電力化革命。人工知能（AI）、ビッグデータ、電気自動車、デジタル化などエネルギー源として電気が主流になるといふものだ。このうちの3つは中国が先導している。中国の持続可能性と産業戦略であるが、同時に化石燃料によるエネルギー支配を米国の対抗して、太陽光と原子力によって中東、ロシア、米国の石油やガスの輸入依存を減らすという地政学的戦略でもある。中国での再生可能エネルギー利用目標は毎年上方修正されている。そのおかげで石



炭需要は2013年にピークを打った。今回の会議で二酸化炭素の排出ピークは22年という専門家がいた。石油需要も25年ピークを目指すという。目標年がそれぞれ10年ほど早まった。

IEAは日本が世界一電力コストの高い国だというグラフ参照。これは福島事故以降原子力発電所の再稼働が遅々として進まないため大量にガスを輸入してきたためである。安くなるはずの太陽光も高い固定価格買い取り制度に守られて安くならない。計画はあっても買いたい電力会社がなく、原発再稼働に備えて系統能力を維持したり、連携コストの負担を求められたりするため一向に太陽光・風力が伸びない。

第5の革命、ともいうべき需要サイドの変化も起きている。地球環境財務リスクの開示ルール（TCFD）に同意する企業や、将来は再生エネルギーしか使わないという「RE100

0」企業群である。この際安い電力なら風力太陽光だろうと海外と系統線を連携して輸入するものだろうと構わず買っつ会社を作るべきだろう。発電電分離を厳格にし発電部門を持たない送電会社を作るのが早道だ。

私は新生・東京電力がその役割を果たすべきであると考えている。既に火力発電部門は中部電力と協業し「JERA」に移管した。次は原子力部門である。

福島で過酷事故を引き起こした東電に原発を運営する資格はない。ケジメをつけないことが全国の原発の再稼働を難しくしている。ここは自ら原発の運営を国にお返ししたらどうか。国は関西電力を中心として原子力発電会社を作り、同社が運用する。送電網は東電に集中する。福島原発は東電から切り離し、廃炉機構を作り、東電が発電各社に均等にかかるフィーによって福島原発はか全ての軽水炉の廃炉を徐々に進めればよい。

また福島第一原発のデブリや使用済み燃料処理ができる小型高速炉、乾式再処理施設の建設も行う。この日米で研究が始まる統合型高速炉（HTTR）システムは、コスト的に新規立地が難しくなる大型軽水炉システムに代わる小型で安全な原発のモデルになりうる。東電会長が徳川慶喜のように原発の大政奉還を行うことが令和日本のエネルギー維新の第一歩になるはずだ。

（次回はMedicare Japan AN理事長の近藤達也氏です）

東京電力は原発を大政奉還せよ！



田中 伸男 (たなか のぶお)
 笹川平和財団会長
 1973 通商産業省入省、OECD 科学技術産業局長、在米日本国大使館公使、経済産業省通商機構部長などを経て 2007 年国際エネルギー機関 (IEA) 事務局長、東京大学公共政策大学院客員教授、帝人社外監査役、千代田化工建設社外取締役などを兼任。

国際エネルギー機関 (IEA) が去年発表した「世界エネルギー見通し 2017」は四つの革命的变化がエネルギー分野で起こりつつあるという。第一が北米のシェール革命。これで米国はダントツの石油ガス大国になる。第二がソーラー革命。これには驚いたが太陽光発電のコストが毎年急速に下がっており、まもなく電源中で最も安くなるという。第三が中国の緑色革命。習近平の号令で北京の空は真っ青になりマスクをしている人もいなくなった。石炭から天然ガスへの転換を進めたためだ。第四が電化革命。低炭素の電源を使って電気自動車、デジタリゼーション、AI、バッテリーが中心の社会が生まれる。これらの四つの革命の内三つは中国で起こりつつある。2000 年代前半に中国が産業化を進める中で大量に石炭や石油を使う一方で供給が間に合わず石油価格が 100 ドルを超えて上昇する時代が来たが、今回はエネルギー消費大国とは質の違うグリーンな中国が引き起こすエネルギー革命である。すでに中国での石炭消費はピークを打ったと言われる。これによってよりクリーンなガスを大量に使う経済になる。今は日本が最大の液化天然ガス (LNG) 輸入国だがまもなく中国に取って代わられる。今から 2040 年までの中国の電力消費増分は現在のアメリカの消費量に匹敵する。その電気の八割が太陽光や風力などの自然エネルギーによる。太陽光のコストは急速に下げており kWh あたり 2 セントを切るものが出始めている。バッテリーのコストを加えても 3 円代のものである。この傾向は世界中でますます強まるだろう。中国が大量の電気自動車を作り、ライドシェアしてそのバッテリーを AI 利用で電力の貯蔵システムにするのは

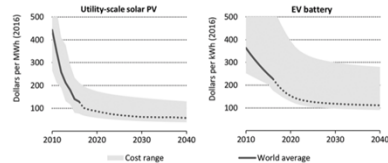


図 1 太陽光発電とバッテリーのコスト低減見通し (国際エネルギー機関の WEO2017 から)

間違いない。今やスマホ利用サービスやフィンテックなど AI を使うデジタル化のリーダーになりつつある中国だ。安い自然エネルギーが中国の持続可能性と経済成長の鍵となる。RE100 という再生エネルギー (RE) 100% を標榜する世界企業集団 122 社にはアップル、グーグル、フェイスブック、マイクロソフトだけでなく GM、BMW や名だたる銀行が名を連ねる。これらが自らのサプライチェーンにも RE100 を要求を始めれば中国企業も動く。世界的企業が競い合って安い自然エネルギーを使うときに石炭の電気を使う企業が生き残るだろうか？ また電力コストが高い国はデジタル化で電力を大量に消費するサービス競争にも負けてしまう。

ではもう一つの低炭素エネルギーである原子力はどうか。中国における電源の建設コスト比較を見れば大型軽水炉による原子力発電は競争力を無くしており将来は暗いと言わざるを得ない。1970 年代にベースロードとして登場した大型軽水炉は安全で安くクリーンな電源であることを売りにして来たが東京電力福島第一原子力発電所の事故によって安全性とクリーンさに疑義が付き、安

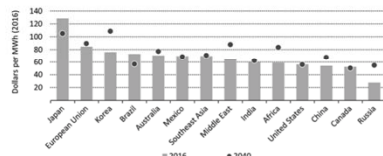


図 2 各国の発電コスト見通し (国際エネルギー機関の WEO2017 から)

表 1 中国の電源建設単価比較 (円/Wh)

	2013	2014	2015	2016
石炭 (USC)	53	55	61	52
水力	154	198	219	179
原子力	241	209	351	313
風力	123	128	147	126
太陽光	145	148	166	137

JEPIE 海外電力調査会 / China Federation of Power Company

いガスや太陽光の出現でコスト競争にも負けてしまいそう。これは世界中で起こっている。東芝の子会社であった原発の老舗ウェスチングハウス社が倒産したのも安全コストが上がる中でシェールガスとの競争に敗れたことにある。英国が建設中の原発シンクリーポイント C は中国とフランスが建設を請け負うが 92.5 ポンド /MWh (14 円 /kWh) という高い買取価格が付いている。この高負担は BREXIT で悩む英国は続けられそうもない。中国は 2020 年までに 20GW の原発を建設中である。これらは完成させるだろうがそれ以上建てるかはわからない。むしろ安い風力太陽光を北西部から直流高圧送電網で運んで来た方が安いと考えているようだ。安くクリーンな電源を求め大企業を支援するのに無理に高コストな大型軽水炉建設を継続する必要はないように思える。中国国家電網が主導するグローバルエネルギーインターコネクション構想も国内送電網を周辺国と連携してより広い範囲の市場を作り、変動と価格の乱高下を抑えようと言う電力版一帯一路の企てと考えれば合点がいく。モンゴルから風力で発電された電気を日本に運ぶソフトバンクの構想があるが中国韓国を経由しても日本着 6 円 /kWh と言う。シベリアの水力なら 5 円 /kWh である。日本国内の新設軽水炉の発電コストである約 10 円 /kWh よりはるかに安い。海外から安い電力を輸入する時代がもうそこまで来ている。国内での発電にこだわると高い発電コストが工業品やサービスの高コストを招き国際競争力の低下を招く。今でも日本は世界一発電コストが高いのである。どうやったら安い太陽光や風力をもっと使えるか？ 使う意欲のある送電会社を作ればよい。現在の地域独占型電力体制は電気の安定供給を実現したが結果として大型軽水炉や石炭、ガス発電などの大型施設を活用した集中型システムを作った。再生エネルギーは分散型である。その変動を吸収するため現在東西で 50 ヘルツと 60 ヘルツに周波数が分断されたシステムを改め日本全国を一つの卸電力市場にすることが望ましい。東京電力は福島原発事故を起こし国民の信頼を失った。7 年経ってもその状態は変わらない。もはや軽水炉は政府にお返しして全国唯一の送電会社になるべきだろう。私はこれを原発の大政奉還と呼ぶ。政治も役所も東電に責任を押し付けて原子力の未来を考えようとしなかった。完全な発電分離を実現し関電、原電を中心とした原子力発電会社、東電と中電が作った JERA が火力会社、などと様々な発電会社が風力や太陽光会社と競争する市場ができる。また韓国やロシアと送電線を結べば送電会社東電は安い電力を自由に輸入できるだろう。また余った電力を売る道も開かれる。欧州の電力会社は EU の電力市場が連係する中で隣国へ出て競争し強くなった。日本の電力にも地方の殿様はやめてアジアの広

い市場で競争してもらいたい。グリッドの連係こそ日中韓の首脳会議や日露首脳会議で議論するのにふさわしいテーマだろう。また廃炉処理を分離し送電会社東電が発電会社に平等にフィーををかけて福島の除染廃炉の費用を調達することができる。発電分離後の新東電の株価は上がり政府に借金を返せるだろう。

原子力に生き残る道はあるのか。Yes. 大型軽水炉をベースロードとして使うのとは違う道がある。原子力は安全保障、国防上の理由からも必要である。広島長崎を経験した日本は核兵器を持つつもりは毛頭ないが北朝鮮の核ミサイルが頭上を飛ぶ時代に核能力を放棄することは彼の国からなめられることになる。また軽水炉からすでに生まれた使用済み燃料や福島の高レベル燃料デブリを処理し毒性を落とすため燃やす原子力のゴミ処理炉は必要である。この技術は米国が開発した小型の統合型高速炉 (IFR) と乾式再処理施設である。受動的安全性が証明され、核不拡散性が高く、最終的なゴミは六ヶ所の高レベル廃棄物が地層処分して 10 万年置かねば天然ウラン並みに毒性が落ちないのに対し 300 年ですむ。福島の高レベル燃料デブリ処理のためにこの施設を建てる FS をやったが 2,000 億円で施設はできる。福島県のある学校でこの話をしたところそんな技術があるならぜひやってほしいと言われた。福島県民は 7 年を経て現実的に何ができるのか前向きに考えている。政府や政治家は勇気を持って原子力の将来を説明すべきだろう。この炉の実験が成功すれば軽水炉のある地方にも建てて使用済燃料を燃やし 300 年のゴミに変えれば良い。捨てる場所も原発の側に見つけやすくなるはずだ。これこそ地産地消型の原子力だ。この小型炉は出力調整が頻繁にできるという特徴を持つ、まさに変動する風力太陽光と共存できる夢の原子力だ。原子炉建設コストを下げるためには同じデザインの高レベル燃料デブリを包括的ライセンスを前提にたくさん建てる必要があるが、工場生産型小型炉 (SMR) の狙いはそこだ。それが実証されれば新しい原子力のパラダイムが生まれる。大型軽水炉を卒業し次世代の小型炉を日米で協力して開発すれば世界のエネルギーと核平和利用に貢献できる。日米原子力協定は今年の 7 月に自動延長されそうだが、日米協力で福島の高レベル燃料処理を実現し、新しい原子力パラダイムを作れば今後原子力を使いたい途上国のモデルにもなる。韓国が統合型高速炉 (IFR) を米国と共同開発している。日米韓三ヶ国の協力を原子力平和利用の世界でやってみせるのが北朝鮮に対する我々の回答にもなる。このようなグローバルかつ包括的エネルギー戦略を政府は考えるべきだが、まずは東京電力による原発の大政奉還が日本のエネルギー維新への道を開くだろう。

(2018 年 3 月 3 日 記)

東京電力の
けじめのつけ方
の一試案

菅川平和財団理事長・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、今後のヒアレビュー（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

原子力事業、関西電力に集約を

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。

東電には発電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、それぞれが得意とする分野に特化すること勝ちな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先を探るのではなく、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書く近道ではないか。

原子力発電の
「大政奉還」を。2016-10-28
日経新聞

98

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。

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

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。

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。

一見通して注目すべきは「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。さらに石油輸出機構OPEC

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

經濟教室

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

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」へのISによるテロの拡散など、

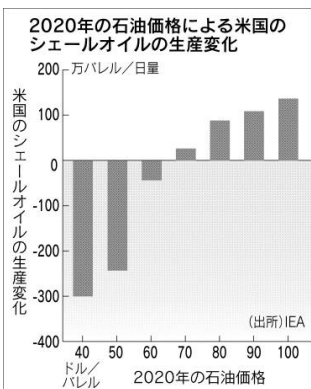
中東情勢は予断を許さない。
日本は昨年、ベルシヤ湾な
どでの緊急事態に対応するた
め安全保障法制を強化した。
今後は同じく中東依存が高ま
る中国、インドとの安全保障
協力も視野に入れるべきだ。
米国からの液化天然ガス（L

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、シェアは結構し
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」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



い越し、最大の電源になるとみてゐる。そのために化石燃料から低炭素エネルギー——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増設と排出規制が強化されれば困つたことになる。

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

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、いざとになれば隣国のフランスから原

たなかのぶお 50年生まれの東京大卒、旧通産省（へい）笹川平和財団理事長

酸炭素（ CO_2 ）の回収・貯留技術（CCS）を広く適用する必要がある。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、欧米の企業多くは将来的な CO_2 価格を1、当たり1トン30～60ドルと想定して、投資決定のハートフルに加えていると聞く。一方、日本企業にこうした動きは受け取られていない。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から
だ。これは欧州は電力クリッ
ドが緊密に連係してエネルギー
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。欧州はこ
まに集团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たい。

隣国と連係がないうえ、国
内の電力網すら90％と50％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が安

今でもなお多くの国が安全を保つ、地球環境貢献、経済活性化という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。その条件とは、第1つが「事故が起きても放射能がまきまき散らない」という原炉の冷却の安全性、第2に「使用済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「核不拡散性である」とも核兵器に転用されない」とも核不拡散性である。

実はこうした技術はすでに米国内に存在する。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。