

早わかり
世界の原子力発電開発の動向 2017
(2016年実績)

2017年5月
(一社)日本原子力産業協会
国際部

目次

1. 世界全体の動き

最近の世界の原子力開発状況	3
2016年の世界の原子力開発状況	4
世界の原子力発電所 着工基数の推移(1)	5
世界の原子力発電所 着工基数の推移(2)	6
世界の原子力発電所 運転中(国別)	7
世界の原子力発電所 建設中(国別)	8

2. 2016年の各国の主な動き

英国	9-10
インド	11-13
中国	14-16
パキスタン	17
韓国	18-19
台湾	20
ベトナム	21
ロシア	22-24
米国	25-29
フランス	30-31
日本	32-34

3. 先進炉開発の動き

世界の主な高速炉開発	35
世界の主な小型炉開発	36

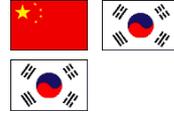
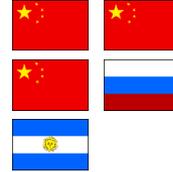
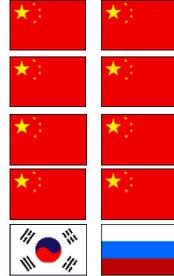
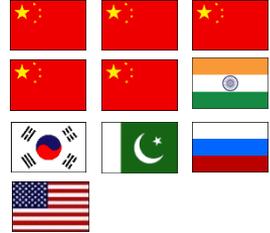
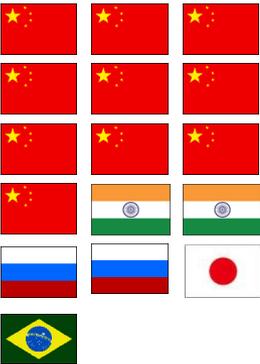
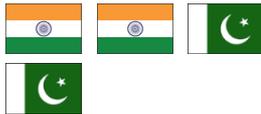
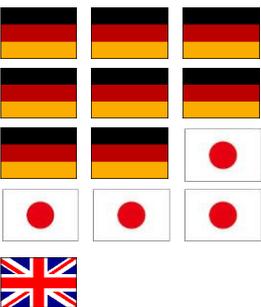
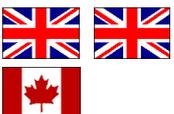
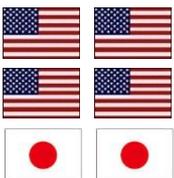
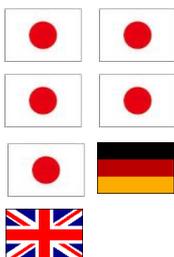
4. 今後の原子力発電規模見通し

IAEA	37
世界の原子力発電予測	38-39

※各国別資料中の出力(万kW)は、グロス出力を記載。
(出所:「世界の原子力発電開発の動向2017」)



最近の世界の原子力開発状況

2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
 <p>送電開始</p>						
 <p>建設開始</p>						
 <p>運転終了 /閉鎖</p>						





2016年の世界の原子力開発状況

送電開始
(10基・1,014.58万kW)



中国:寧徳4号機



中国:紅沿河4号機



中国:昌江(海南)2号機



中国:防城港2号機



中国:福清3号機



インド:クダンクラム2号機



韓国:新古里3号機



パキスタン:チャシュマ3号機



ロシア:ノボボロネジ6号機



米国:ワッツ・バー2号機

建設開始
(3基・333.7万kW)



中国:田湾6号機



中国:防城港4号機



パキスタン:カラチ3号機

運転終了
/閉鎖
(3基・151.3万kW)



日本:伊方1号機



ロシア:ノボボロネジ3号機



米国:フォートカルホーン1号機

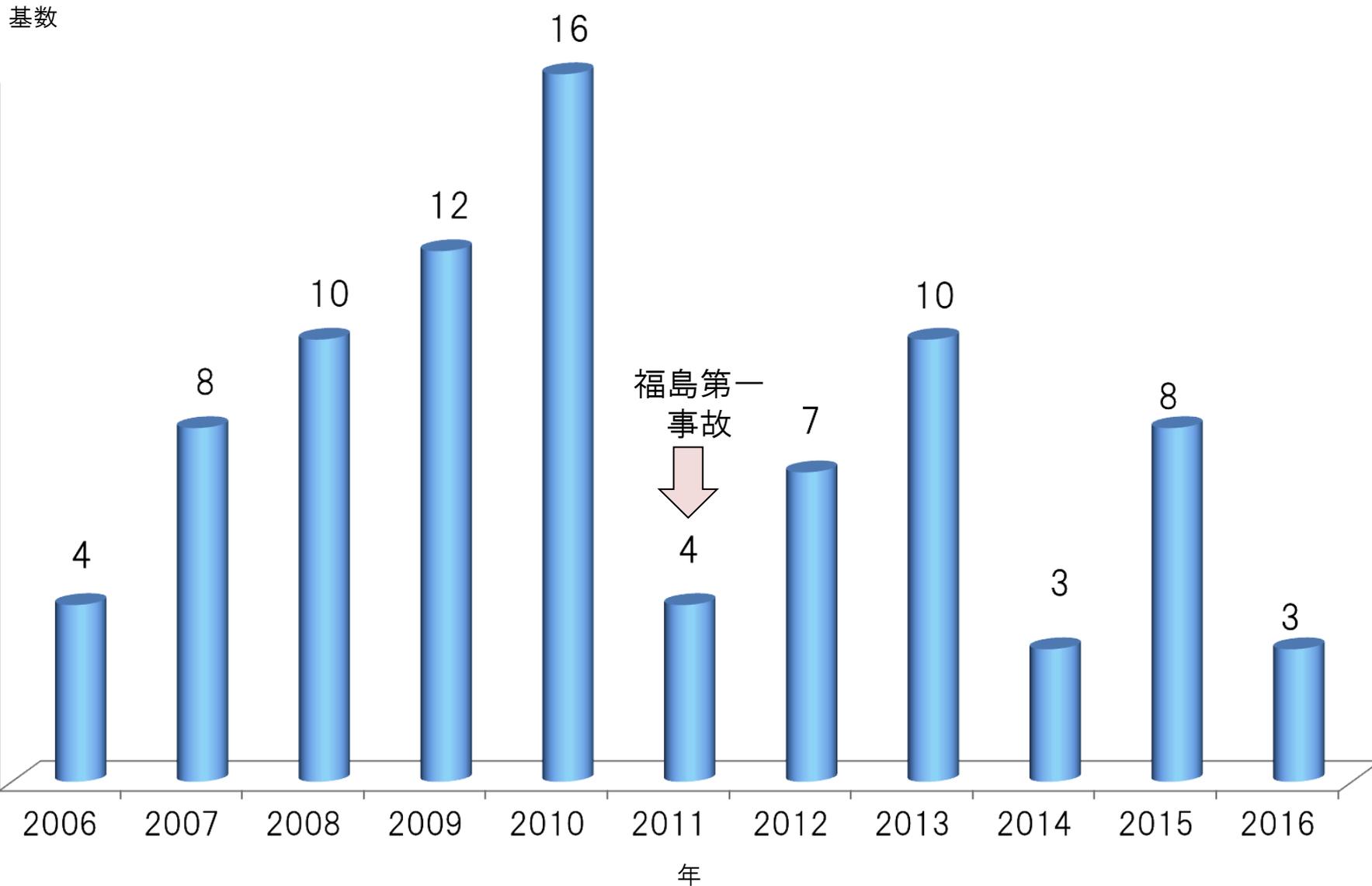
※政府が2016年12月に廃炉を決定したもんじゅについては、現在廃止措置計画策定中につき、ここでは閉鎖扱いとしない。

出所:IAEA/PRIS、WNA

※表中の出力(万kW)は、グロス出力(出所:「世界の原子力発電開発の動向2017」)

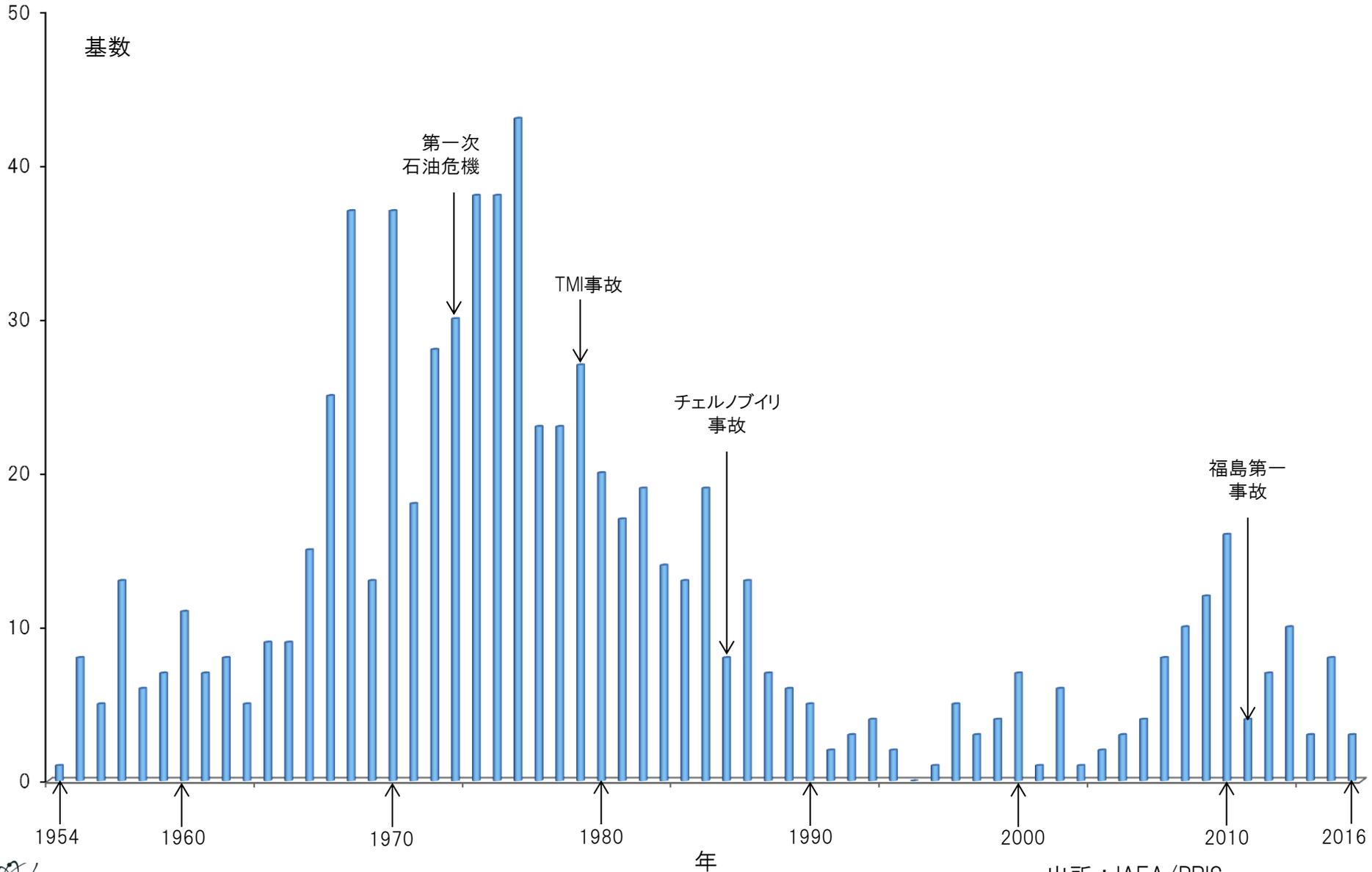


世界の原子力発電所 着工基数の推移 (1)





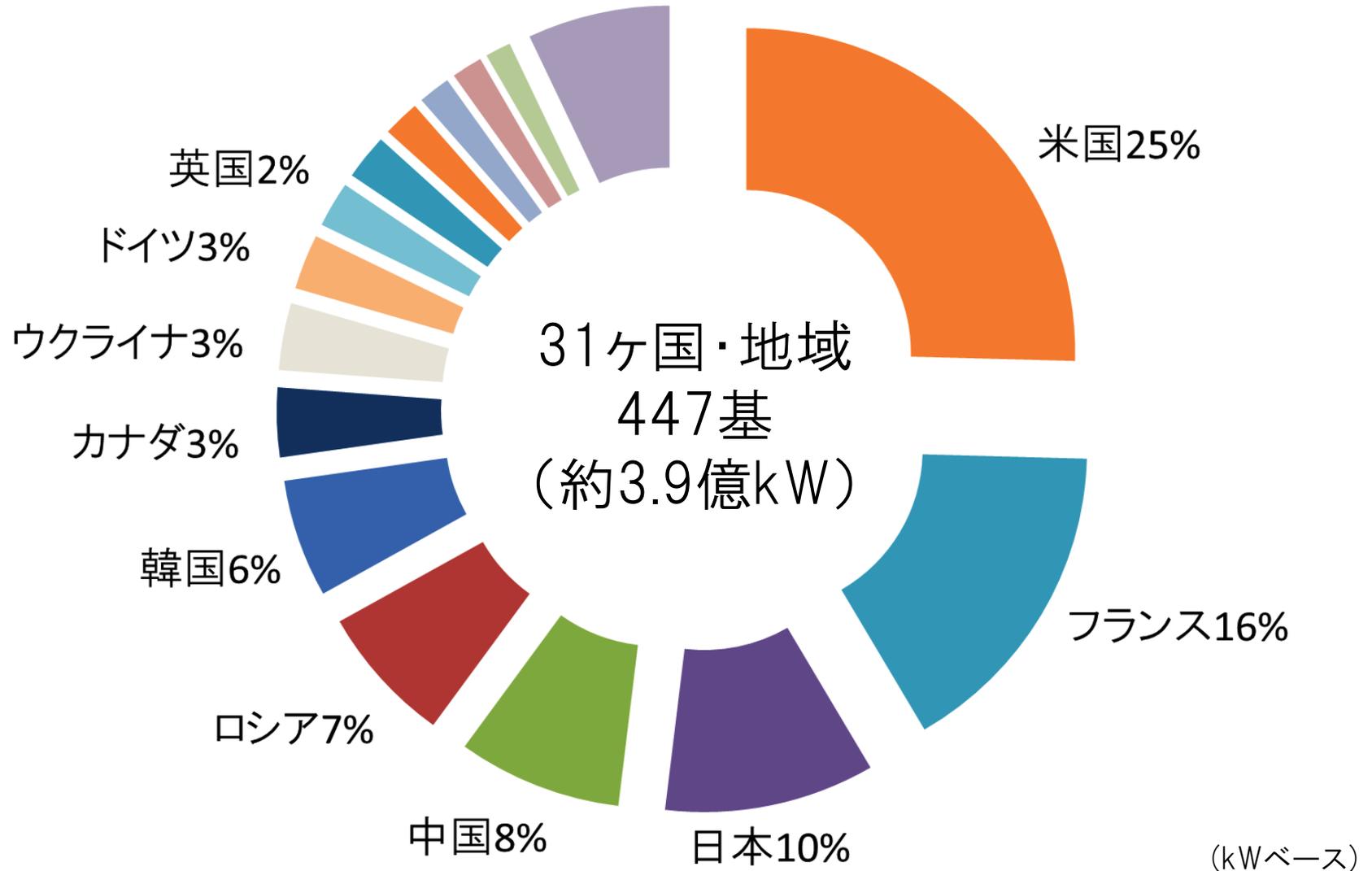
世界の原子力発電所 着工基数の推移 (2)





世界の原子力発電所 運転中 (国別)

2017 年1月1日現在

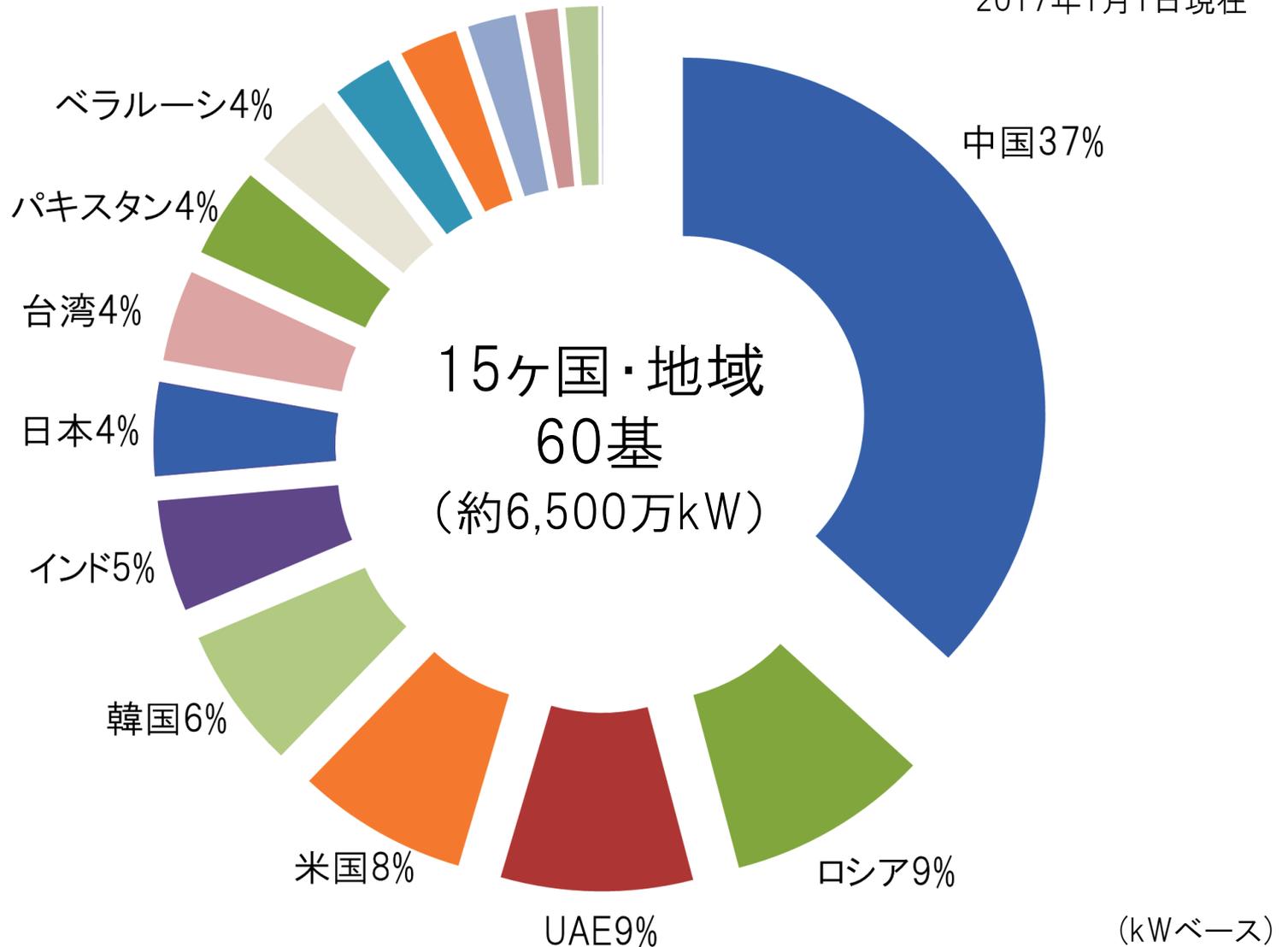


出所: WNA "World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements"



世界の原子力発電所 建設中 (国別)

2017年1月1日現在



出所: WNA "World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements"



英国（英政府、HPC建設計画承認）

2016年9月、英政府、ヒンクリーポイントC原子力発電所建設計画を正式承認

—EPR(163.0万kW)×2基、英国における電力の7%を供給可能
建設総額は180億£、仏EDF66.5%、中国CGN33.5%出資



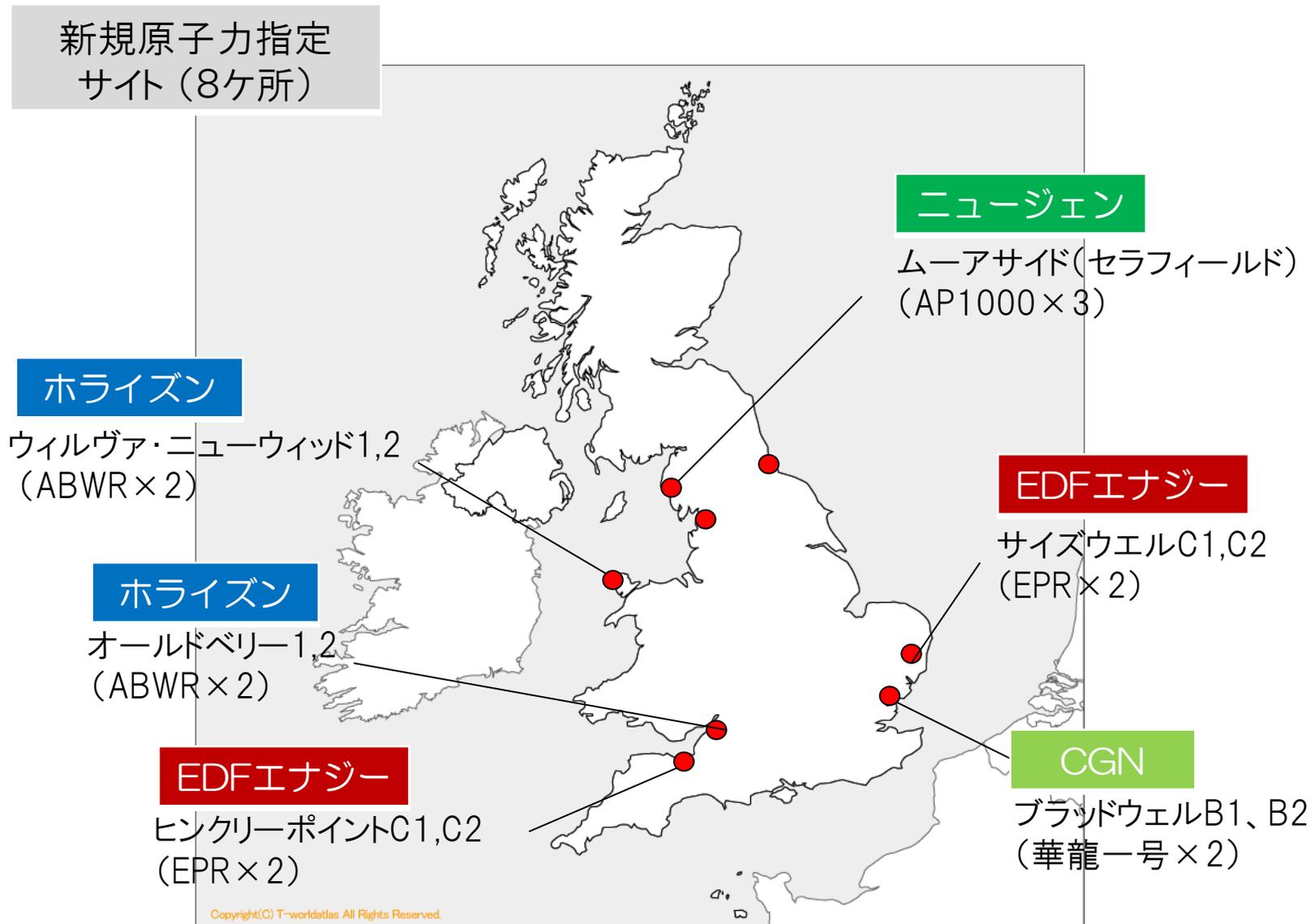
英政府、EDF、CGNによるヒンクリーポイントC建設に係る調印式。
ビジネス・エネルギー・産業戦略省のクラーク大臣声明発表
「英国はエネ供給のアップグレード必要。原子力が将来の低炭素
のエネ安全保障確保の上で重要な役割を果たすと確信している」
(出所: EDF Energy)



ヒンクリーポイントC原子力発電所の完成予想図
(出所: EDF Energy)



英国（日仏中の事業者が推進中）





インド（1基送電開始）

2016年8月、クダンクラム2号機（露製、100.0万kW）、送電開始*
一運転中22基、建設中5基、原子カシェア3.5%



クダンクラム1、2号機

出所：Rosatom

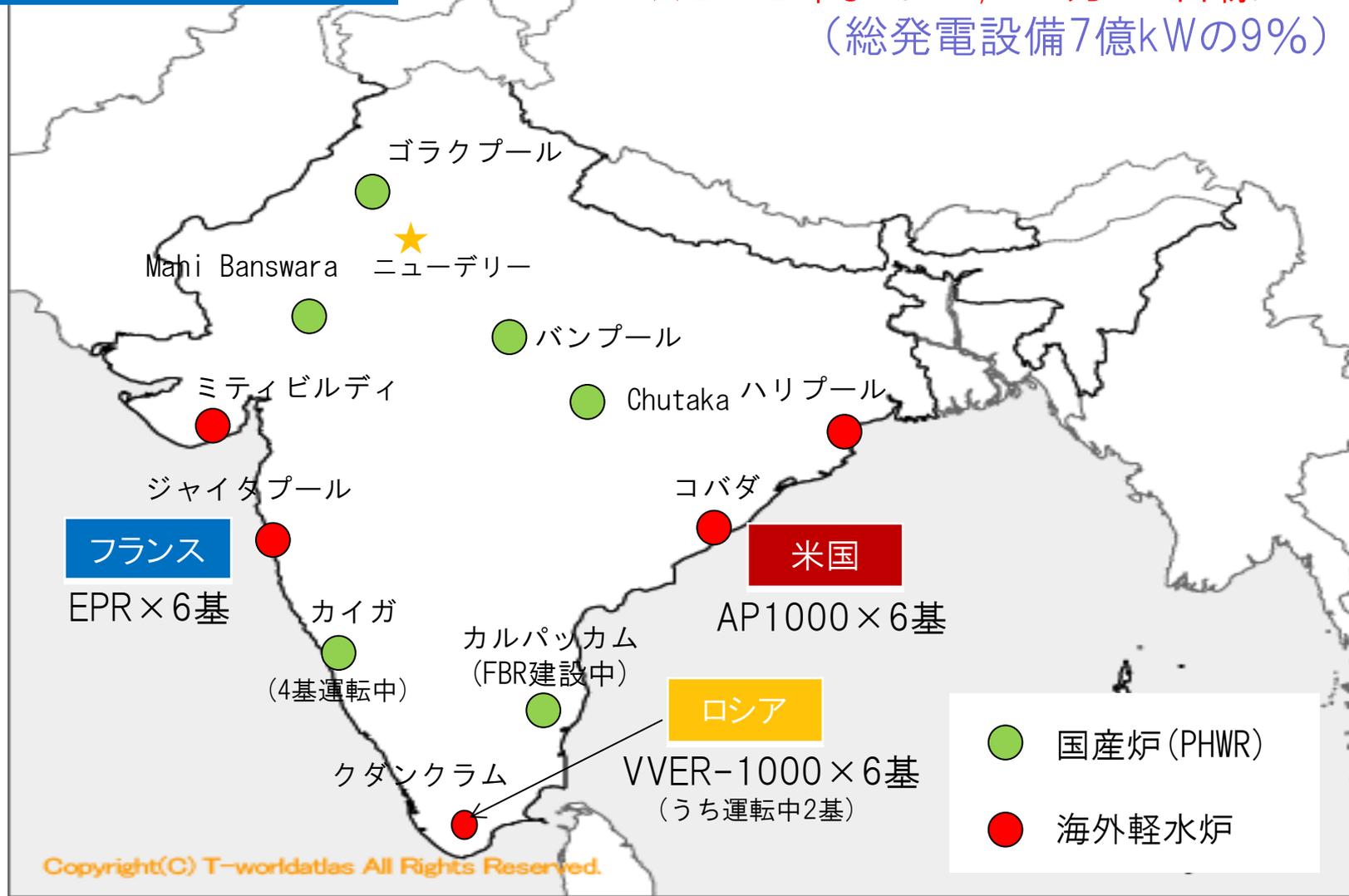
*2号機は2017年3月、営業運転開始。



インド（国産炉＋海外の大型軽水炉導入）

計画中の主なサイト

★2032年までに6,300万kW目標
(総発電設備7億kWの9%)



Copyright(C) T-worldatlas All Rights Reserved.

インド（日印協定締結）

2016年11月、日印原子力協定調印

一原子力平和利用を前提に、日本からインドへの原子力関連
資機材や技術の輸出が可能に



モディ首相と安倍首相

出所：首相官邸HP



中国 (5基送電開始、2基着工)

2016年送電開始

- ・3月 寧徳4号機 (108.0万kW) (7月営業運転開始)
- ・4月 紅沿河4号機 (111.0万kW) (9月営業運転開始)
- ・6月 昌江(海南)2号機 (65.0万kW) (8月営業運転開始)
- ・7月 防城港2号機 (108.0万kW) (10月営業運転開始)
- ・9月 福清3号機 (108.7万kW) (10月営業運転開始)

→運転中、計35基、3,349.3万kWに
(世界第4位の規模)

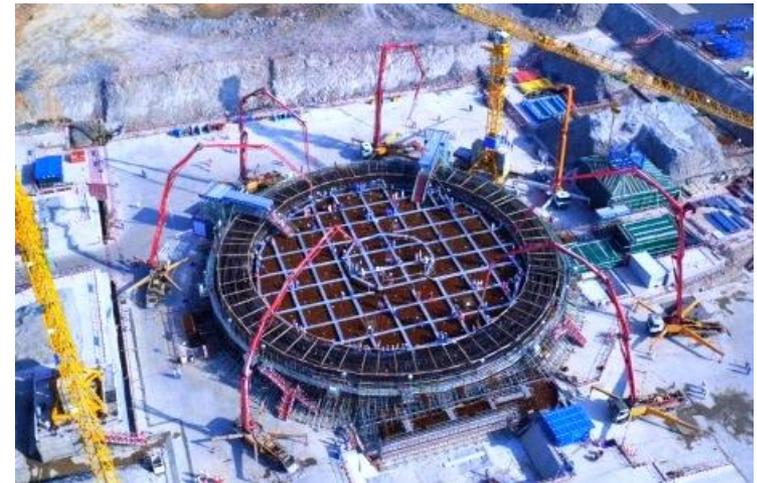


紅沿河原子力発電所
(出所:CGN)

2016年着工

- ・9月 田湾6号機 (108.7万kW)
- ・12月 防城港4号機 (115.0万kW) (華龍一号)

- ・2014年11月、「エネルギー戦略行動計画」
2020年規模、運転中:5,800万kW
建設中:3,000万kW



建設中の防城港4号機
(出所:CGN)



中国の原子炉輸出 (実績と見通し)

国	名称	炉型	建設費(推)	中国企業、現状・資金調達など
パキスタン	チャシュマ1,2,3	CNP-300		CNNC、運転中
	チャシュマ4	CNP-300	\$23億7,000万*	CNNC、建設中、融資82%
	カラチ2,3	華龍一号	\$96億	CNNC、建設中、融資82%
ルーマニア	チェルナボーク3,4	Candu 6	€77億	CGN、計画中(建設途中を完成)、中国融資
アルゼンチン	アトーチャ3	Candu 6	\$58億	CNNC、計画中、地元調達、\$20億中国融資
	アトーチャ4 その他サイト	華龍一号	\$70億	CNNC、供給者融資を想定
英国	ブラッドウェル	華龍一号		CGN、将来の可能性
イラン	マクラン沿岸	2×100MWe		CNNC、2015年7月合意
トルコ	イグネアダ	AP1000&CAP1400		SNPTC、WHと共に独占交渉、2014年合意
南アフリカ	Thypunt	CAP1400		SNPTC、入札準備中
ケニア		華龍一号		CGN、2015年7月MOU締結
エジプト		華龍一号		CNNC、2015年5月MOU締結
スーダン		ACP600?		CNNC、2016年5月大筋合意
アルメニア	メツアモール	1基		CNNC、協議継続中
国名不詳		HTR600		CNEC、輸出の意向

CNNC: 中国核工業集团公司

CGN: 中国広核集团有限公司

CNEC: 中国核工業建設集団

出所: WNA等

SNPTC: 国家核電技術公司

*建設費(推)は、チャシュマ3号機を含む。

Copyright © JAPAN ATOMIC INDUSTRIAL FORUM, INC





パキスタン（中国が積極支援）

2016年5月 カラチ3号機、着工

→カラチ2、3号機は、中国国産の「華龍一号」を採用、海外で初

同年12月 チャシュマ3号機、営業運転開始 →国内4基目

2030年までに原子力発電設備容量890万kW導入目標
(総発電設備1億6,000万kWの5.6%)

★NPT・原子力供給国会議(NSG)未加盟(IAEA・WANOには加盟)



カラチ2、3号機(華龍一号)完成予想図(出所:PAEC)

パキスタンの原子力発電所

	発電所名	炉型	万kW	運転開始	備考
運転中	カラチ1	PHWR	13.7	1972年	運転期限:2019年
	チャシュマ1	PWR	32.5	2000年	運転期限:2040年
	チャシュマ2	PWR	32.5	2011年	運転期限:2051年
	チャシュマ3	PWR	34.0	2016年	運転期限:2056年
建設中	チャシュマ4	PWR	34.0		着工:2011年12月
	カラチ2	華龍一号	110.0		着工:2015年8月
	カラチ3	華龍一号	110.0		着工:2016年5月

※カラチ2、3号機は60年運転を想定 出所:WNA、「世界の原子力発電開発の動向2017」



2016年12月、シャリフ首相がチャシュマ3号機完成記念式典で植樹(出所:パキスタン首相府)



韓国の原子力発電所

2016年時点

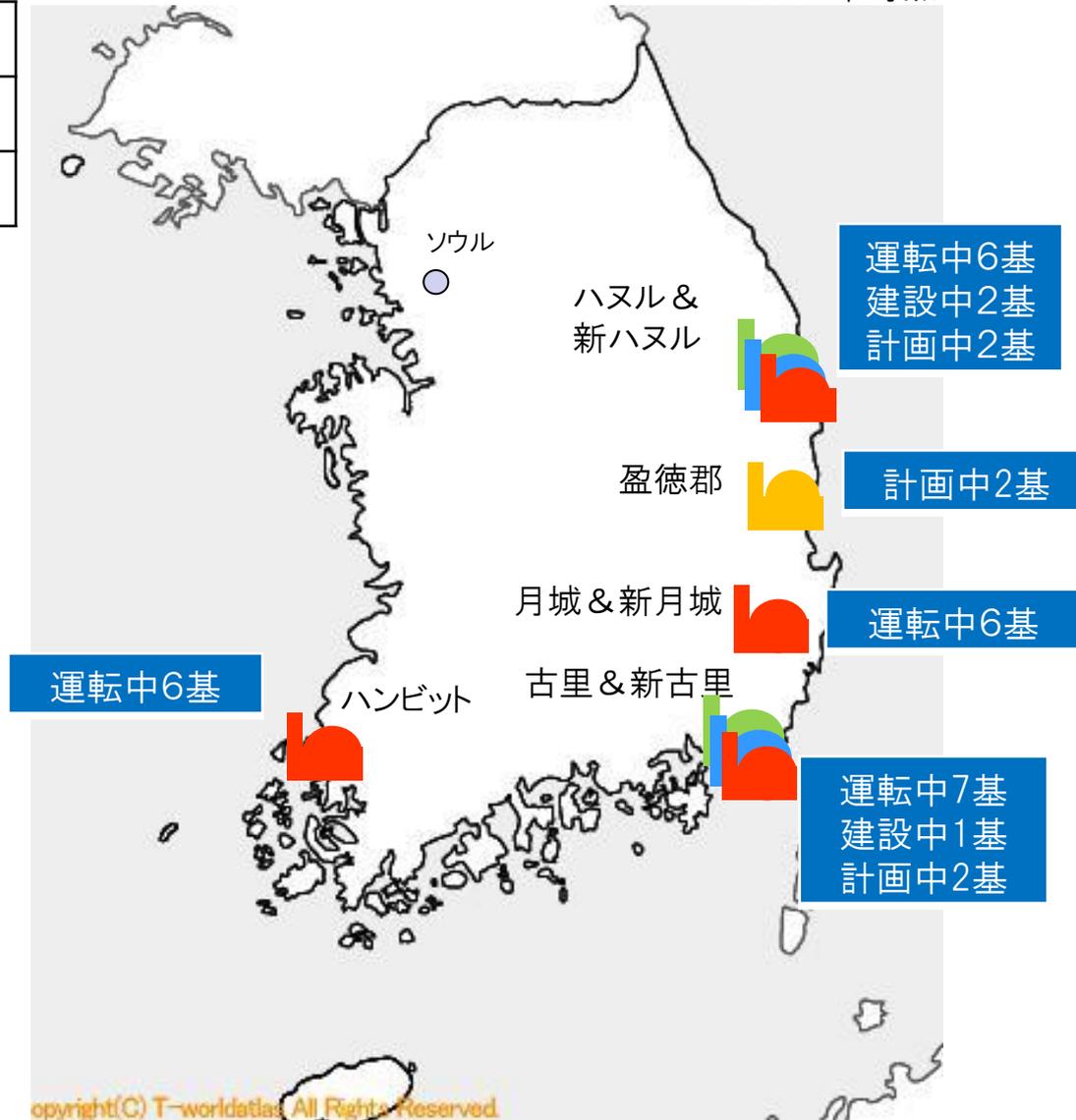
	: 運転中	25基	2,311.6 万kW
	: 建設中	3基	420.0万kW
	: 計画中	6基	872.0万kW

 : 国内5番目となる計画中の新規サイト

2016年12月

新古里3号機、営業運転開始

→国内で25基目、初のAPR-1400(韓国標準型炉、140.0万kW)、原子力発電設備シェア22%に



copyright(C) T-worlddata All Rights Reserved



韓国（福島後も原子力堅持）

第7次電力需給基本計画(2015年7月、政府発表)

— 2029年時点の運転中原子力発電所35基(全発電設備における比率28.2%)



2016年12月に営業運転開始した新古里3号機と
建設中の同4号機(出所:KHNP)



2017年6月に閉鎖予定の古里1号機(出所:KHNP)

台湾（アジア初の脱原子力法を可決）

2016年10月: 立法院、脱原子力に向けたエネルギー政策を立案

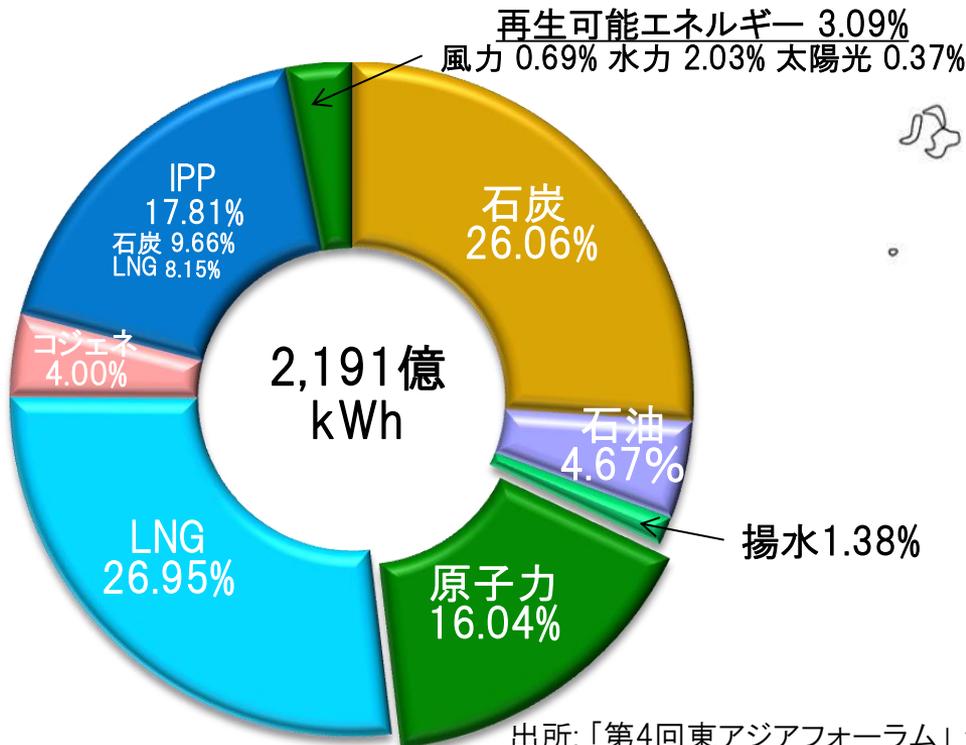
2017年 1月: 2025年までの「非核家園」の実現を定めた電気事業法
改正案を可決

→全ての原子力発電所は2025年までに運転停止、と明記

★代替となる再生可能エネルギーの発電シェア

現在: 3% → 2025年: 20%に引き上げへ

2015年の台湾の発電電力量構成



出所: 「第4回東アジアフォーラム」台湾電力資料



ベトナム（同国初の原子力発電所建設計画を白紙撤回）

2016年11月、越国会は同国初の原子力発電所建設計画中止 を賛成多数で承認

→福島第一事故を受けたコスト増加や 財政難が理由

ベトナムの原子力発電プロジェクト

- 中南部ニトゥアン省に100万kW級2基x2サイト
- ・第1サイト: フォックディンはロシア受注
- ・第2サイト: ビンハイは日本に選定

<これまでの主な動き>

2009年11月	越国会、ニトゥアン省の2カ所への原子力発電所計4基建設計画を承認
2009年12月	ロシアが第一原子力発電所(2基)の建設受注で合意
2010年10月	日本が第二原子力発電所(2基)の建設受注で合意
2011年3月	福島第一事故
2014年	最初の着工、2020年稼働予定(着工せず、遅延)
2015年7月	越政府、福島第一事故を受け計画見直し、設置場所を内陸方向に変更
2016年3月	越政府、「最初の稼働は2028年になる」との見通しを発表
2016年11月	越国会、原子力発電所建設計画中止を決定





ロシア（1基送電開始、1基閉鎖）

2016年8月

ノボロネジ6号機(119.88万kW)
送電開始（初の露製第3+世代炉）

2016年12月

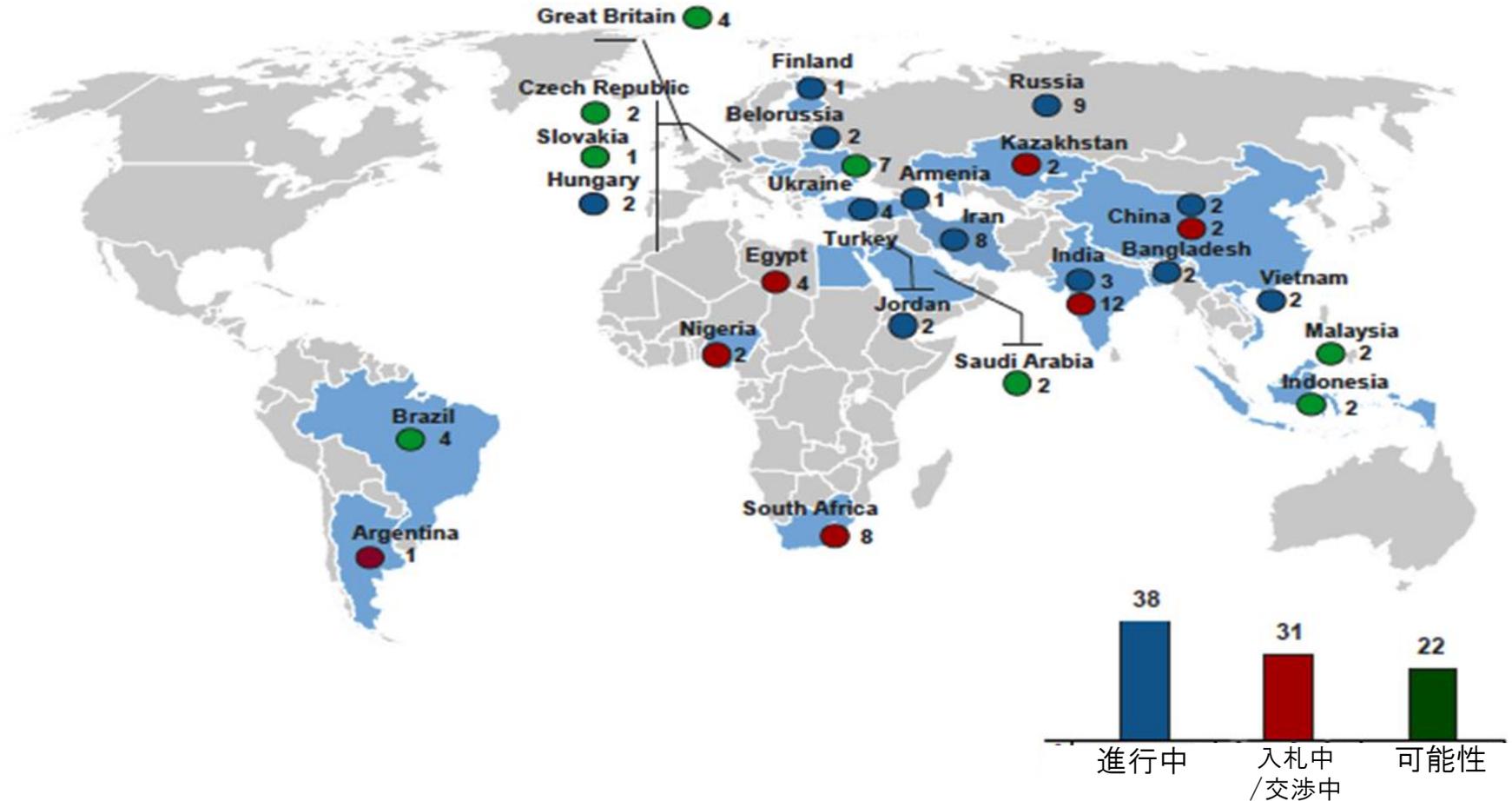
ノボロネジ3号機(41.7万kW)、閉鎖
最古のVVER-440(露製の炉型)



ノボロネジ6、7号機(出所:ロスエネルゴアトム)



ロシアの国際展開



ロスアトム(露国営企業)の今後の受注見込み数—90基以上

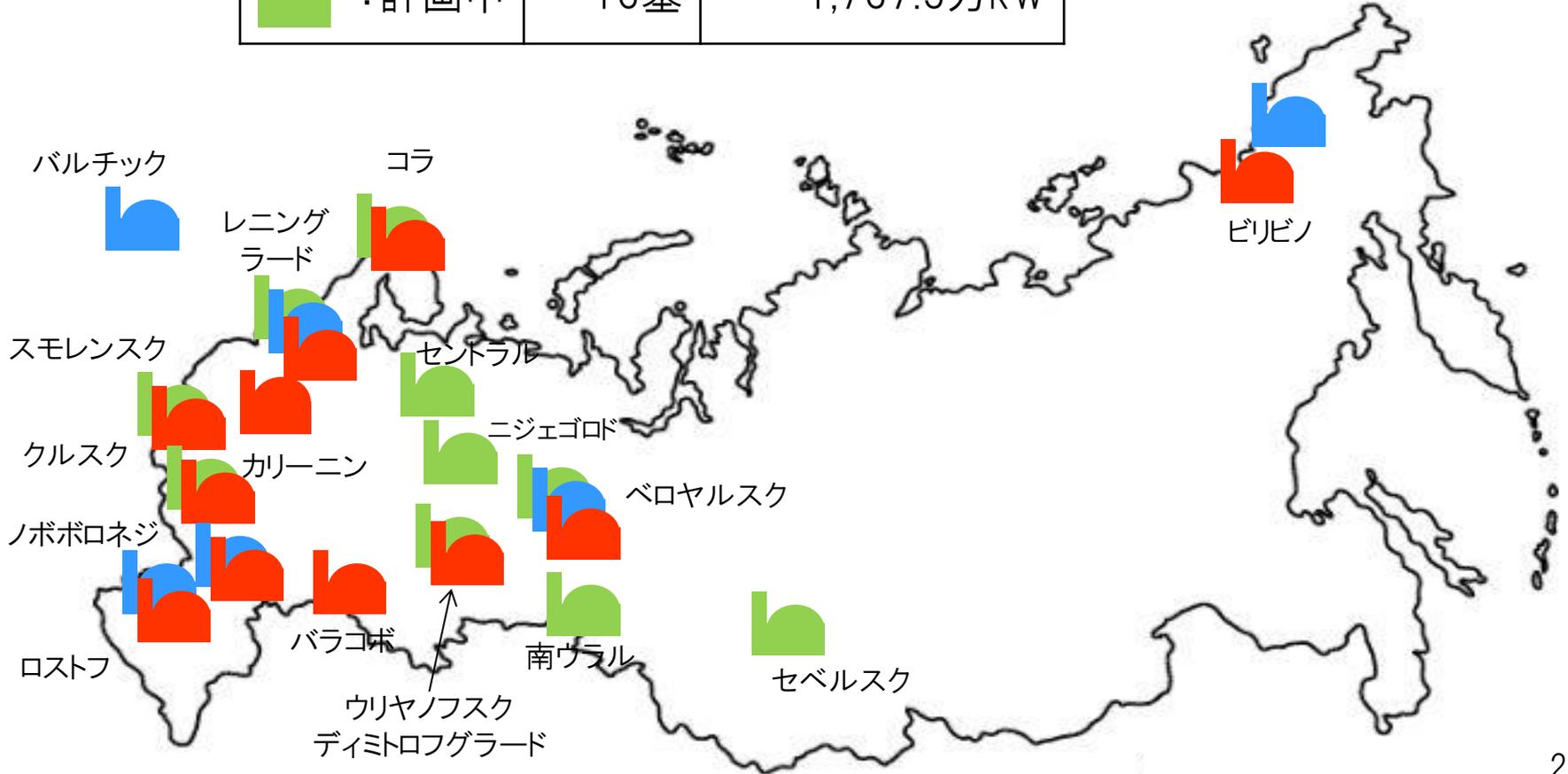
出所: N. ドロジドフ・ロスアトム国際ビジネス局長講演資料(ATOMEXPO2015、6月1日、モスクワ)



ロシアの原子力発電所

 : 運転中	30基	2,674.1万kW
 : 建設中	9基	827.3万kW
 : 計画中	16基	1,767.5万kW

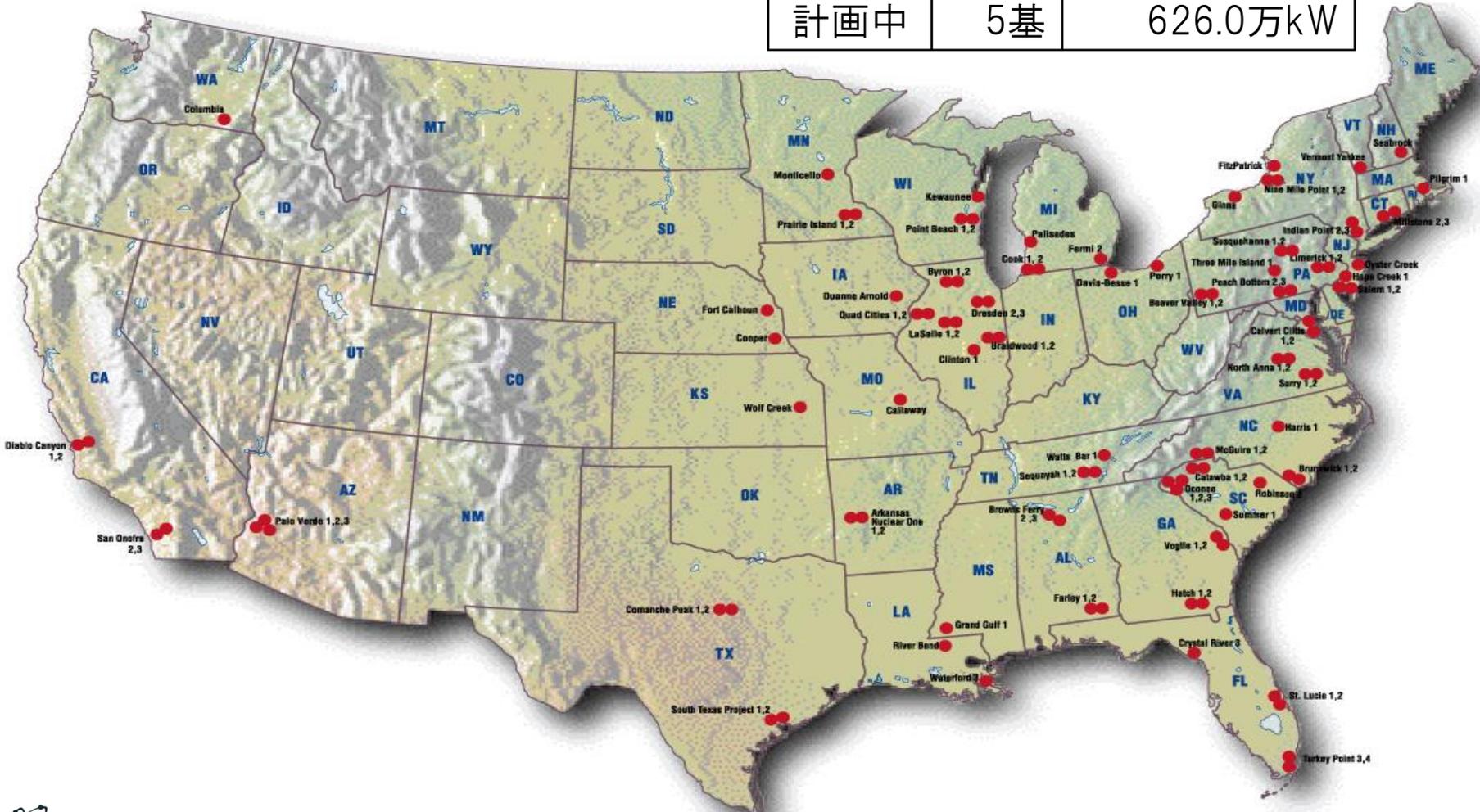
アカデミック・ロモノソフ
(浮揚型原子力発電プラント)





米国の原子力発電所

運転中	99基	10,356.0万kW
建設中	4基	440.0万kW
計画中	5基	626.0万kW



出所: WNA HP等



米国（約20年ぶりの新規運開）

2016年10月、ワッツー・バー2号機(PWR, 120.0万kW)
営業運転開始



出所：TVA



米国（1基閉鎖）

2016年10月、フォートカルホーン1号機(PWR, 53.0万kW)、閉鎖
米国で最も小さい原子力発電所

—安価な天然ガスや電力需要の低迷等、経済的理由が主



出所：OPPD



米国（既存炉の有効活用）

① 出力向上

承認済累計157件、734.6万kW(原子炉7基分に相当)

② 運転寿命延長

40年を60年に →承認済86基(80年運転も視野に)

③ 設備利用率向上

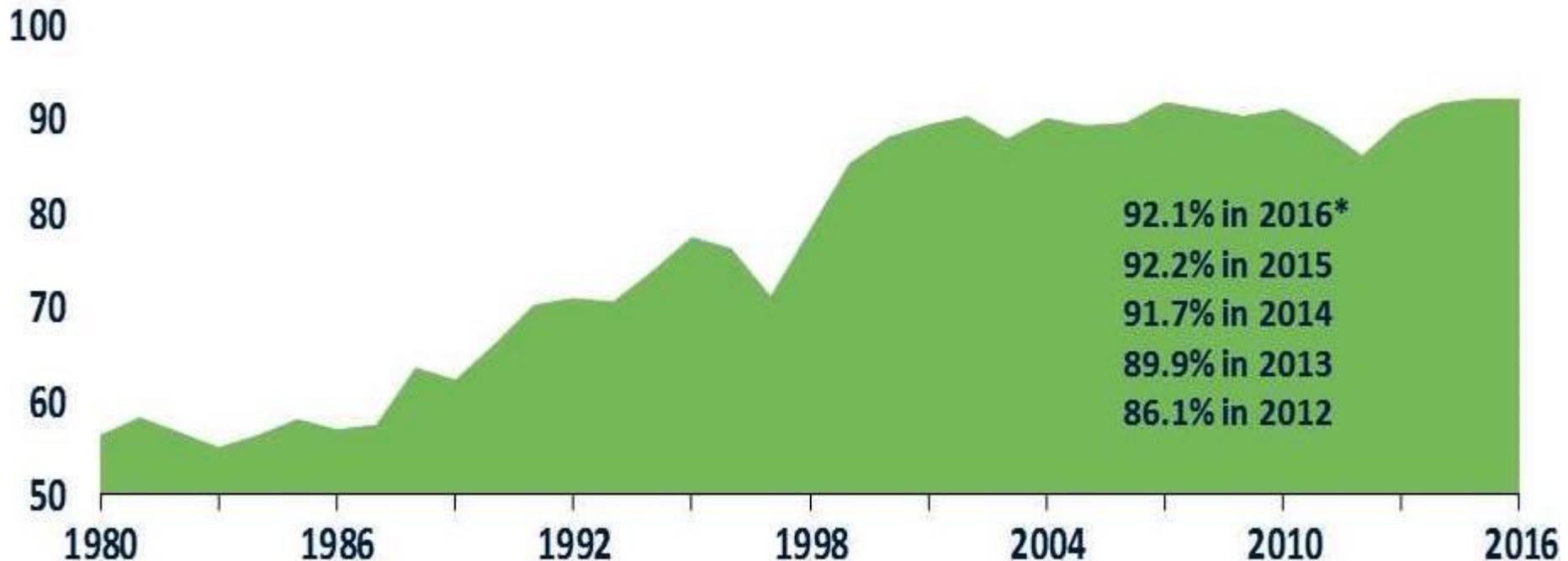
過去30年間に大幅改善

1980年代（60%弱）

→1990年代（70%前後）

→2000年代（90%前後）

設備利用率(%)





米国（原子力を低炭素電源として活用）

2016年8月、NY州公益事業委員会

クリーンエネルギー基準(CES)を正式承認(2017年4月施行)

— 原子力のゼロカーボンへの寄与を明確に認め、継続的運転を財政面で支援

ジェームズ・A・フィッツパトリック、ナインマイルポイント、ロバート・E・ギネイの各発電所、早期閉鎖を免れる



出所: Environmental Progress

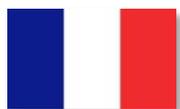
2016年12月、イリノイ州知事、原子力支援策を含む包括的エネルギー法案に署名(2017年6月施行予定)

クアド シティーズ、クリントンの両発電所、早期閉鎖を免れる



早期閉鎖を免れたクアド シティーズ原子力発電所

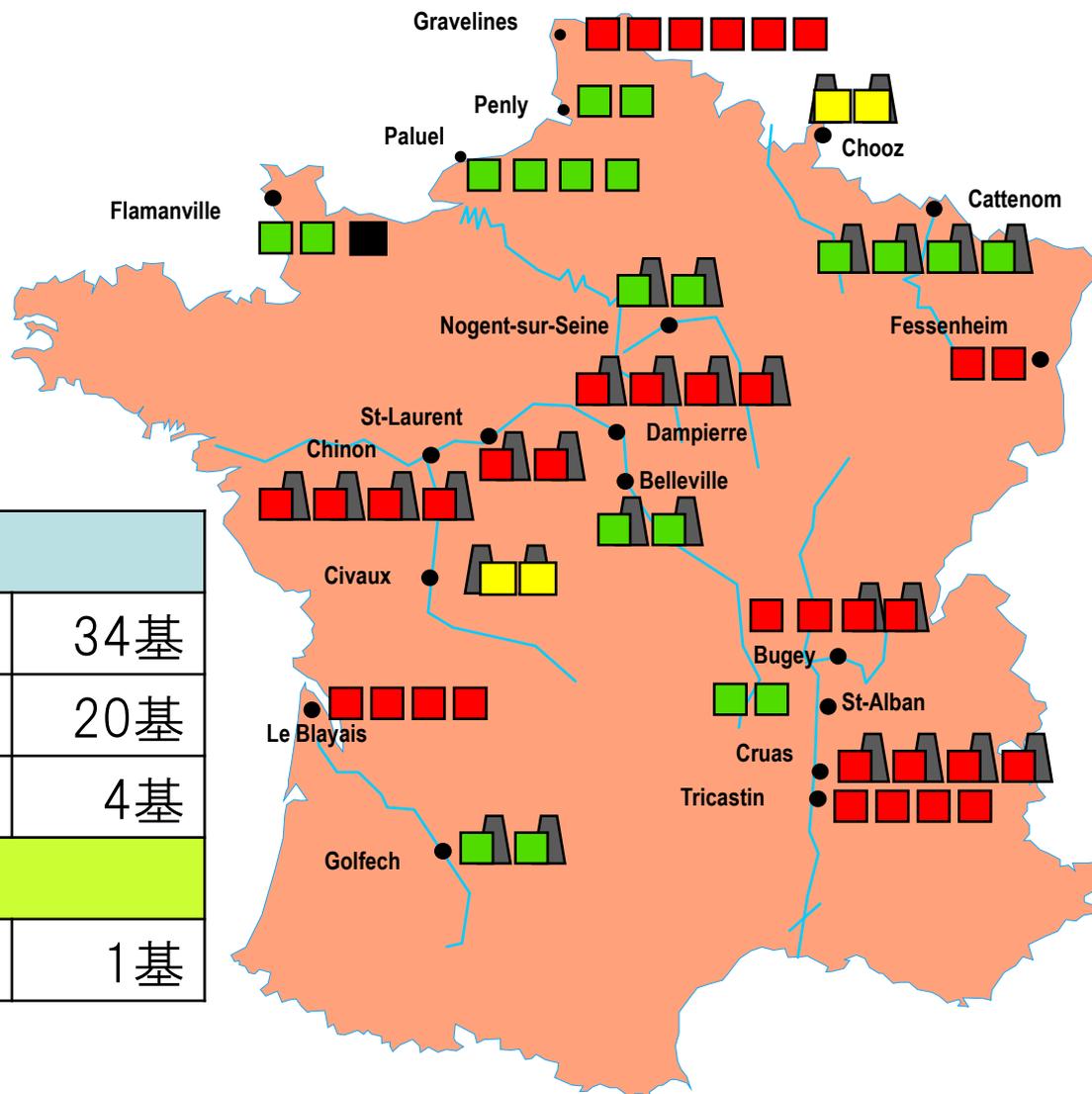
出所: エクセロン社



フランス（原子力大国）

原子力発電量シェア72%*
(世界最高)

運転中(58基)		
PWR 900 MW		34基
PWR 1,300 MW		20基
PWR N4 1,450 MW		4基
建設中		
EPR 1,630 MW		1基



*出所: IAEA/PRIS

フランス (AREVA社再編)

✿ 2016年7月 AREVA SA(持株会社)、主力事業を2分割することを決定

—フィンランドで建設中のオルキルト3号機(OL3)プロジェクトの遅延や福島第一事故後の事業環境の変化等により、経営が悪化

<2つの主力事業>

AREVA NP

<原子炉、燃料製造、サービス事業>

2017年中に移行 ↓

新生NP(OL3除く)

<出資比率>
EDF: ≥51%

NewCo

<燃料サイクル事業>

<出資比率>
AREVA SAおよび仏政府: ≥67%

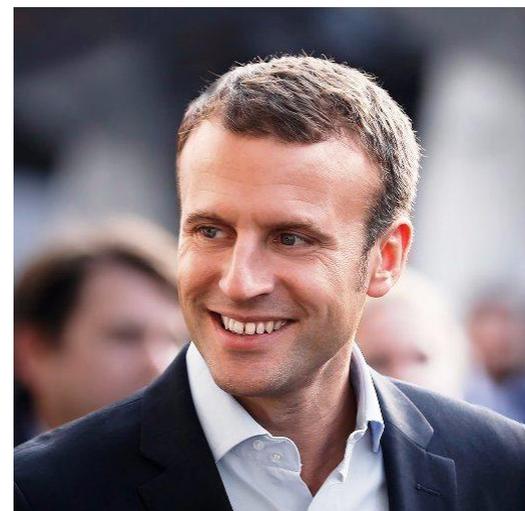
✿ 2017年5月 マクロン新仏大統領が就任

—現行のエネルギー移行政策を踏襲へ

<現行のエネルギー移行法 2015年7月成立>

原子力発電設備	上限 6,320万kW (現状規模に抑制)
原子力シェア	2025年 50% (2016年 72%)

※上記法律に基づき、今後、建設中のフランビル3号機の完成に伴い、国内最古のフェッセンハイム1,2号機 (PWR、92.0万kW × 2基)は閉鎖される予定(2018年頃)。



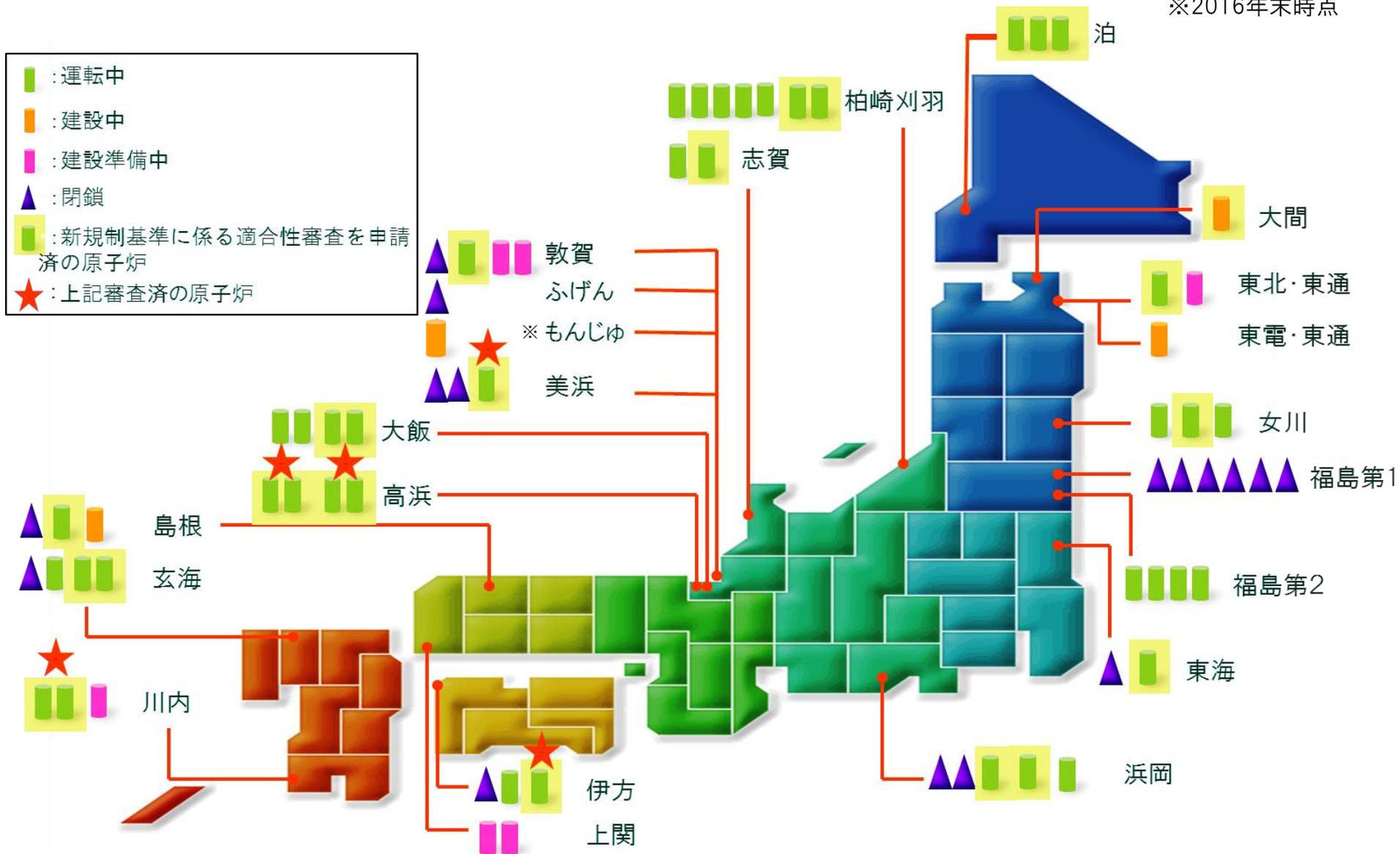
マクロン新仏大統領
出所: フランス大統領府



日本の原子力発電所の状況

※2016年末時点

- : 運転中
- : 建設中
- : 建設準備中
- : 閉鎖
- : 新規規制基準に係る適合性審査を申請済の原子炉
- : 上記審査済の原子炉



※廃炉が正式決定したもんじゅについては、
現在廃止措置計画を策定中につき、建設中扱いとしている。



日本（1基が閉鎖）

2016年5月、伊方1号機(PWR, 56.6万kW)、
閉鎖(運転期間:38年7ヶ月)
—安全対策費用の増大により、経済性が見合わないため



出所: NRA



日本（もんじゅの廃炉が決定）

2016年12月、政府、もんじゅ(FBR, 28.0万kW)の廃炉を正式決定
一核燃料サイクルおよび高速炉の研究開発は堅持



出所：JAEA



世界の主な高速炉開発

国	原子炉名	電気出力	備考
ロシア 	ベロヤルスク3 (BN600)	600MW	1980年より運転、近年順調に運転
	ベロヤルスク4 (BN800)	800MW	2014年6月初臨界、2016年8月全出力運転、2016年11月、営業運転開始
	トムスク (BREST300)	300MW	鉛冷却、2020年完成目標
	多目的高速研究炉MBIR	150MW	国際研究炉構想、2020年完成目標
	ディミトロフグレード (SVBR100)	100MW	鉛ビスマス冷却、モジュール炉計画遅延
中国 	高速実験炉 CEFR	20MW	2011年発電開始
	BN800	800MW	ロシアから今後導入予定
インド 	高速実験炉 FBTR	13MW	1985年運転開始
	高速原型炉 PFBR	500MW	2017年初臨界予定
フランス 	高速実証炉ASTRID	600MW	2019年基本設計終了予定(2025年頃運転開始予定)、日本は目下、ASTRIDの設計および研究開発で協力中

2016年11月、
ベロヤルスク4号機(高速炉BN-800)
営業運転開始



(出所: WNA等)

(出所: Rosatom)



世界の主な小型炉開発

国	種類等	電気出力	備考
ロシア 	浮揚型原子力発電プラント (名称:Academic Lomonosov)	70MW	僻地向け熱電併給、海水脱塩 2007年建設開始
中国 	浮揚型原子力発電プラント	60MW	熱電併給、海水脱塩 島嶼部や沖合でのガス・石油探査時に利用可能。2016年建設開始、2020年完成予定
	高温ガス炉@石島湾	20MW	2012年着工、2017年運転開始予定
アルゼンチン 	CAREM-25	29MW	2014年着工、2017年燃料装荷予定
韓国 	SMART(System-integrated Modular Advanced Reactor)	90～ 100MW	電熱併給、海水脱塩 韓国原子力安全委員会、SMARTの標準設計認可
米国 	mPower炉(B&W社)	18万kW	現在、B&W社がプロジェクトへの投資を減少させたため、DOEの資金提供が中断
	DOEが開発支援計画 (2020年代半ば実用化目標) NuScale Power社の小型PWR	4.5万kW	2017年3月、NRCが設計認証申請受理

※その他英国では、自国でのSMR開発はせず、
米国または中国が開発しているSMRの導入を検討中



(出所: WNA等)

2016年11月に建設開始した中国の浮揚型原子力発電プラントイメージ図

(出所: CGN)



IAEA総会演説(2016年9月)

Nuclear power can make a significant contribution to reducing greenhouse gas emissions and improving energy security, while delivering energy in the large and growing quantities needed for development.

原子力発電は、温室効果ガスの排出削減やエネルギー安全保障の向上に貢献するとともに、発展に必要なエネルギーを供給することができる



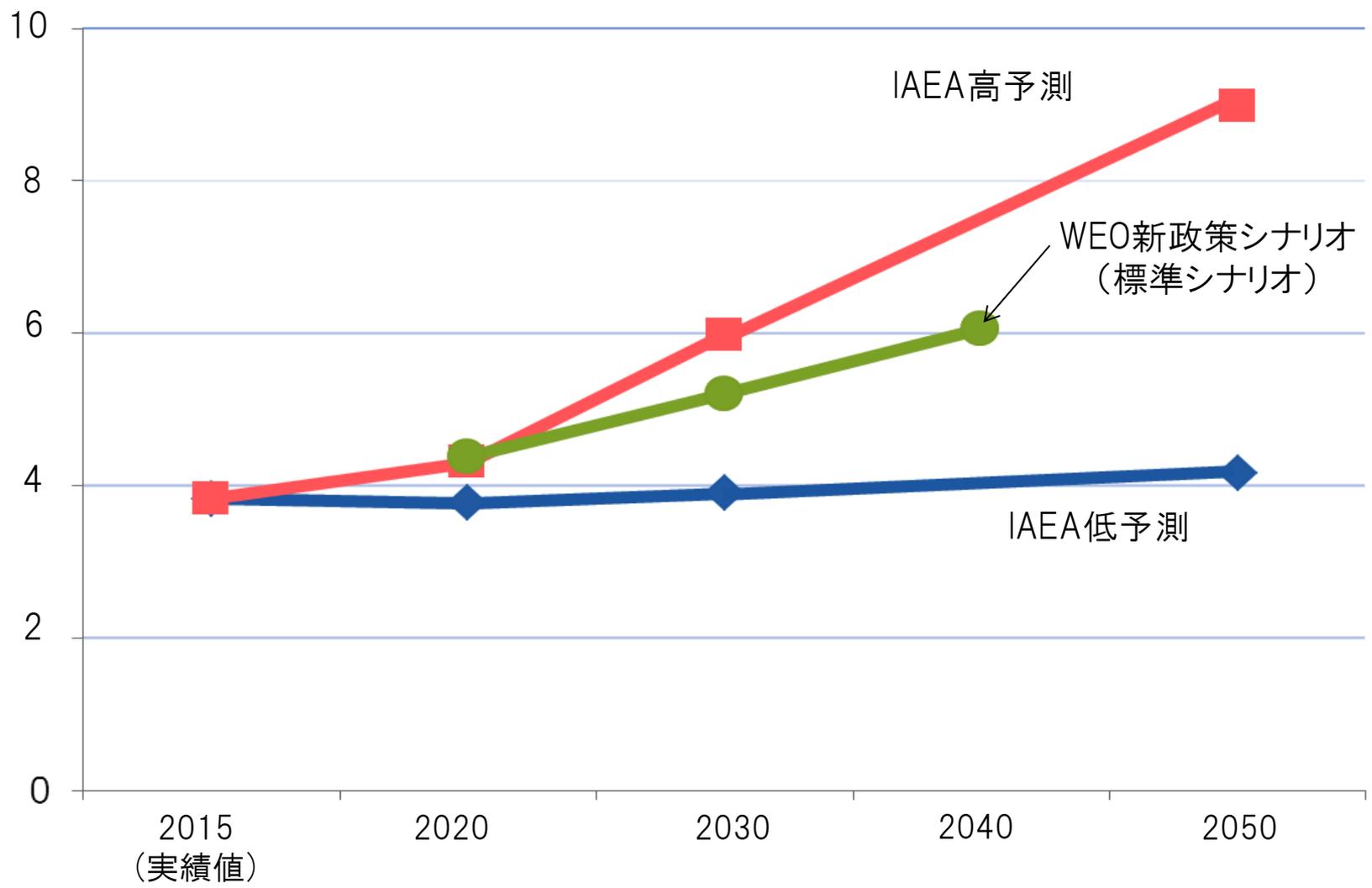
IAEA総会時のJAPANブース



(出所: IAEA)

世界の原子力発電予測

単位: 億kW

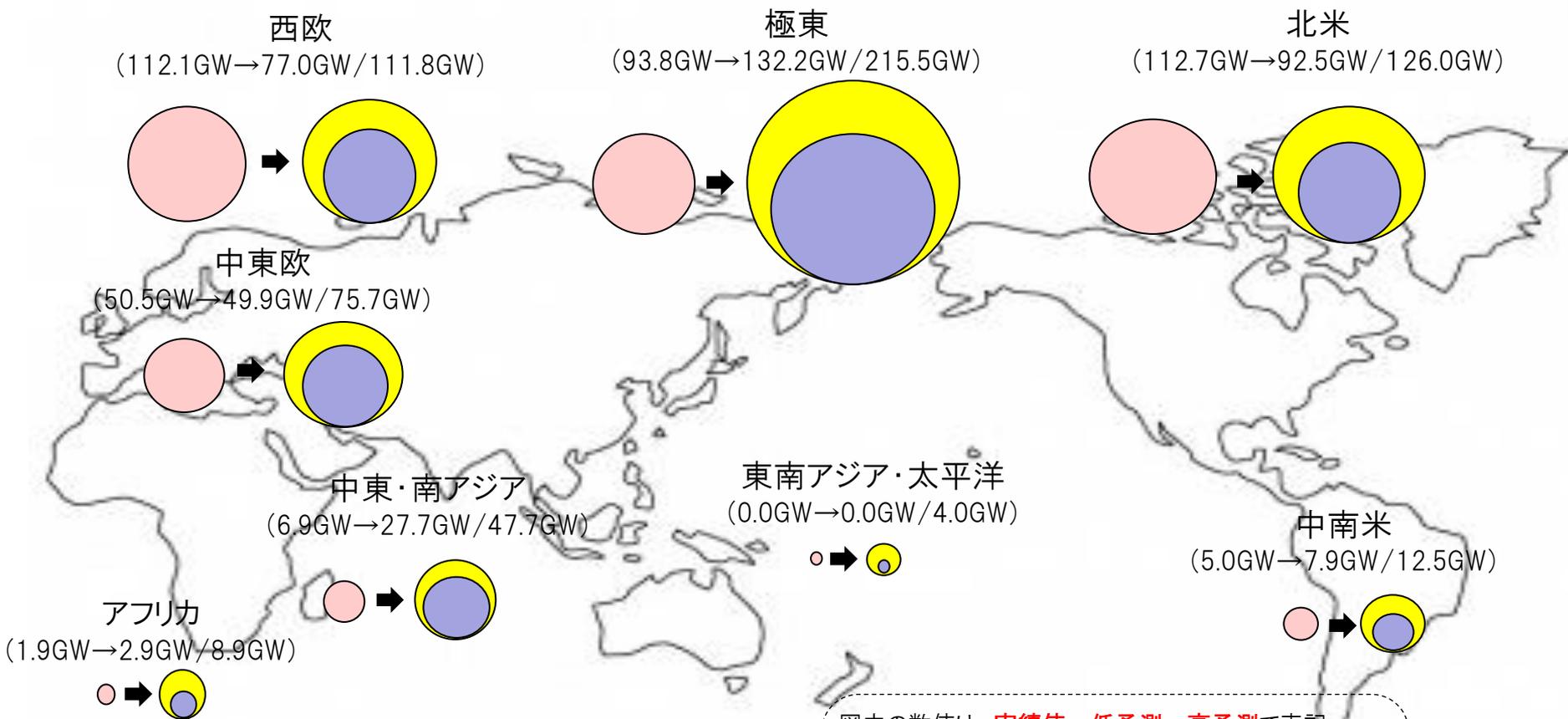


出所: IAEA「世界の原子力発電予測2016」、IEA「WEO2016」



世界の原子力発電予測(2030年時点の図)

- ✓ 2030年までに世界の原子力発電所の設備容量は、約1.9%~56%増加すると予測。
- ✓ 特に、極東*で大きな伸びが予想される。



* 極東: カンボジア、中国、日本、北朝鮮、韓国、ラオス、モンゴル、フィリピン、ベトナム(台湾含む)

出所: IAEA「世界の原子力発電予測2016」

図中の数値は、実績値→低予測→高予測で表記

単位: 1GW=100万kW

なお円の大きさは、概略である。

● 2015年実績値

● 2030年低予測

● 2030年高予測

