# 最近の原子力国際動向

2015年8月 日本原子力産業協会 国際部



# 目次



#### 1.世界の原子力開発動向概観

- (1) 世界の原子力開発の推移
  - 開発の流れ・原子力発電導入国の推移
  - ・新規着工/閉鎖の推移・原子力発電国/導入検討国
  - 最近の原子力開発状況
  - ・建設中の原子力発電所(国別)
- (2) 世界の原子力発電予測
  - •IAEA •IEA(WEO2014)
  - (参考)IEA(エネルギー技術展望ETP2014)
- (3) 世界の原子力発電所の廃炉状況
  - ・廃炉見通し(IEA、IAEA、国別廃炉基数)
  - •運転年数別原子炉基数
- (4) 各国別原子力開発状況(一覧表)(WNA)
- (5) EUの動向
  - エネルギー同盟・気候・エネルギー政策
  - 原子力安全関係の取組み

#### 2.各国の原子力開発状況

- (1) 欧州
  - フランス・英国・スウェーデン
  - ・フィンランド・ドイツ・イタリア

- ・スイス ・ベルギー ・オランダ
- ・スペイン ・チェコ ・ハンガリー ・ブルガリア
- ・ルーマニア ・スロベニア/クロアチア
- ・リトアニア
- ・ポーランド

- (2) 旧ソ連
  - ・ウクライナ・ロシア ・ベラルーシ
- (3) 北米 •米国
- (4) アジア
  - 中国韓国 •台湾
  - ・ベトナム・インド・バングラデシュ
- (5) 中東・アフリカ・中南米
  - ・UAE ・サウジアラビア・トルコ
  - ヨルダン ・南アフリカ ・ナイジェリア
  - ・アルゼンチン ・ブラジル

#### 3.原子力国際展開

- ロシア(強み、輸出実績・見通しなど)
- ・仏アレバ(国際戦略、EPR輸出等を巡る状況)
- 中国の原子力輸出
- ・米中原子力通商の意味合い
- 韓国の原子力輸出
- ・新型LWR、SMR、新型炉、将来炉の開発

# 世界の原子力開発の流れ(1)



	年代/期末の原子力発電規模	主な出来事
	1950年代	1953 アイゼンハワー米大統領、原子力平和利用演説
草創期		1954 ソ連オブニンスクLWGR(6000kW) <b>運転開始</b>
		1956 英コールダーホールGCR (6万kW) <b>発電開始</b>
		1957 国際原子力機関(IAEA)発足
<b>*</b>		1957 米シッピングポートPWR (10万kW) 発電開始
成長期	1960年代 (8基/年)	1964 中国、初の核実験
	85基、1,564万kW	1965 日本、東海原子力発電所GCR(16.6万kW)発電開始
	1970年代 (26基/年)	1970 核不拡散条約(NPT)発効
(成長		1973 第4次中東戦争勃発、第1次石油危機
促進期)		1977 米大統領、再処理凍結、高速炉開発延期政策発表
		1978 第2次石油危機
<b> </b>	228基、1億3,106万kW	1979 米TMI原子力発電所事故
減速期	1980年代 (11基/年)	1980 スウェーデン国民投票で2010年までの原子力廃止方針
		1986 旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故
↓		1987 イタリア国民投票で原子力廃止、開発凍結を決定
	425基、3億3,568万kW	1989 世界原子力発電事業者協会(WANO)発足

(注)()内は年平均の新規着工基数。IAEA·PRIS、「世界の原子力発電開発の動向」(原産協会)のデータ等を参照。



# 世界の原子力開発の流れ(2)



	年代/期末の原子力発電規模	主な出来事
	1990年代 (3基/年)	1990~91 東西ドイツ統一、ソ連崩壊
停滞期		1996 原子力安全条約、発効
	405 甘 2/辛5 402 〒 LW	1997
	425基、3億5, 493万kW 	1998 インド、再核実験。パキスタン、初の核実験
	2000年代 (5基/年)	2001 ブッシュ米大統領、国家エネルギー政策発表
<b>*</b>		ドイツ政府と4電力、脱原子力協定に正式署名
復活期		2005 フィンランド、新規着工(欧では10数年ぶり)
		2008 イタリア政府、原子力凍結政策の転換方針を表明
		2009 スウェーデン政府、脱原子力政策の転換発表
		2010 独、原子力発電所の運転期間延長の原子力法改正
	432基、3億8,916万kW	法案成立
新規	2010年代	2011 福島第一原子力発電所事故
	(2010-14年8基/年)	サウジ、原子炉16基建設計画発表、他
導入国	(2010 1110 227 17	独、伊、脱原子力/原子力発電開発凍結へ逆戻り
(新興国)		英、原子力発電所新設計画推進方針を公表
時代		2012, 13 米で30数年ぶり新規建設許可、
	2020年代	UAEとベラルーシで初の原子力発電所着工、
		トルコ、ヨルダン等複数国で新規建設具体化

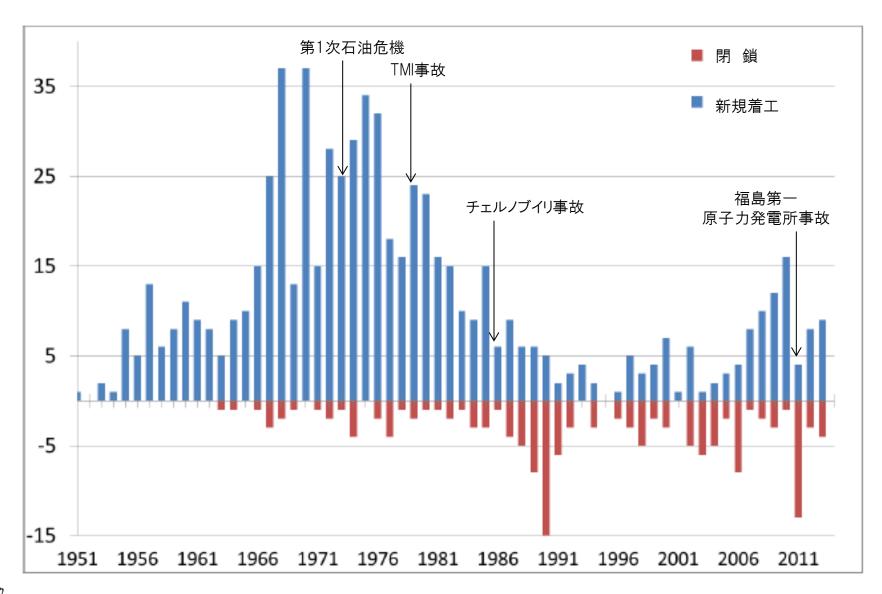
# 世界の原子力発電導入国の推移



	年代/新規原子力発	電国(最初の商業炉発電年)
草創期	1950年代 3国	ソ連 (ロシア) (1954)、英 (1956)、米 (1957)
↓  成長期	1960年代 9国	仏 (1964)、伊 (1964)、日本 (1966)、独 (1967)、加 (1968) 印 (1969)、オランダ (1969)、スペイン (1969)、スイス (1969)
(成長 (促進期)	1970年代 12国・地域	パキスタン (1972)、スロバキア (1972)、スウェーデン (1972) ソ連 (カザフスタン) (1973)、アルゼンチン (1974)、ブルガリア (1974) ベルギー (1975)、フィンランド (1977)、ソ連 (アルメニア) (1977) 韓国 (1978)、台湾 (1978)、ウクライナ (1978)
減速期	1980年代 6国	ハンガリー (1983) 、ソ連 (リトアニア) (1983) 、スロベニア (1983) 南アフリカ (1984) 、ブラジル (1985) 、チェコ (1985)
1字/市州	1990年代 3国	メキシコ(1990)、中国(1994)、ルーマニア(1996)
復活期	2000年代	_
→ 新規 導入国	2010年代 数国	イラン (2011) UAE (2017)、ベラルーシ (2017)・・・
(新興国) 時代	2020年代 約10国	ー ー ー ー ー トルコ、ヨルダン、ベトナム、バングラデシュ、カザフスタン、リトアニア ポーランド、サウジアラビア・・・

# 世界の原子力発電所の新規着工と閉鎖の推移

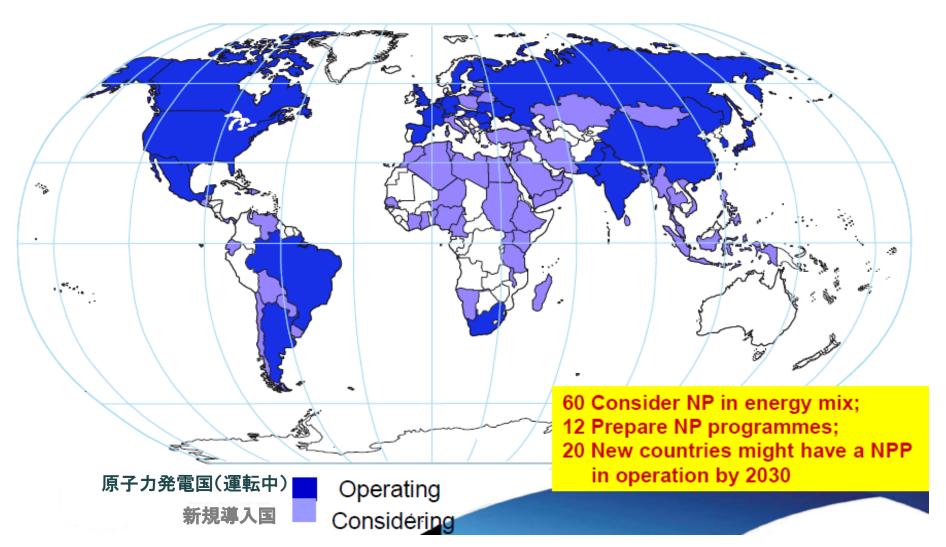






# 世界の原子力発電国と導入検討国





ソコロフ前IAEA事務局次長(原子力 発電担当)資料(2011年)



# 最近の世界の原子力開発状況



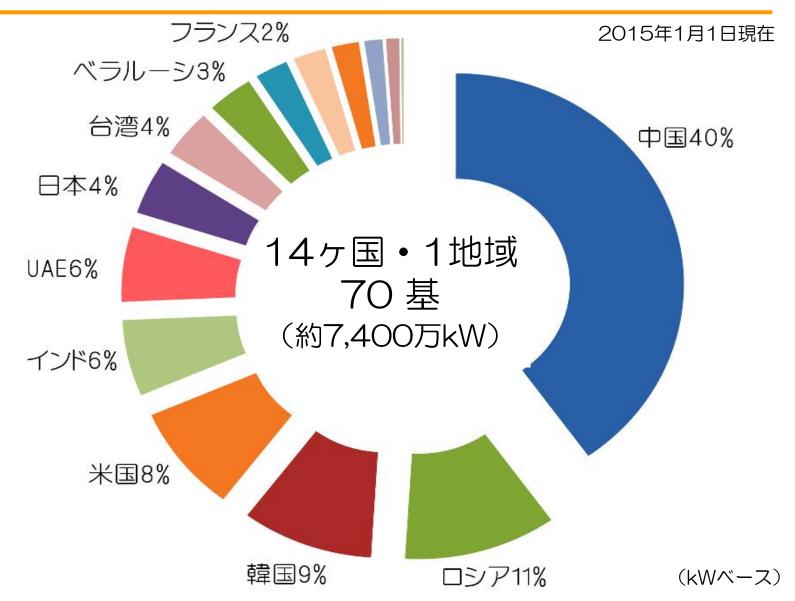
2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
送電開始		# i		*) *)	*) *)	*) *) *) *) *) *) *) *) *) *) *) *) *) *) *) *
*************************************	*1 *1 *1 *1 *1 *1 *1 *1 *1 *1 *1 *1 *1 *		* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *			*1
運転終了/閉鎖			*			

出所: IAEA/PRIS (2015年は8月16日までの分)





# 世界の原子力発電所 建設中(国別)





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



# IAEA世界の原子力発電予測(2014年8月) ※

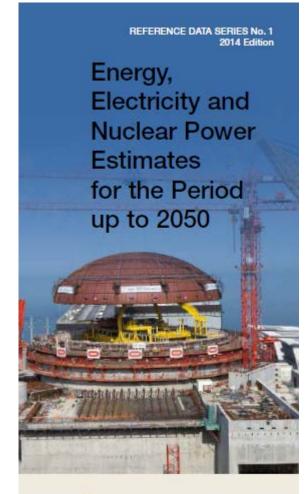


单位:GW=100万kW

地 域	2013	203	0年	2050年		
	年	低予測	高予測	低予測	高予測	
北米	112.6	92	139	60	157	
中南米	4.1	7	15	13	59	
西欧*	113.5	68	120	33	131	
中東欧**	48.6	64	103	66	142	
アフリカ	1.9	2	10	7	42	
中東・南アジア	6.9	28	55	48	142	
東南アジア・太平洋	_	0	4	5	20	
極東	84.1	139	255	181	399	
世界合計	371.7	401	699	413	1092	

\*西欧:ベルギー、フィンランド、仏、独、伊、蘭、スペイン、スイス、 スウェーデン、墺、トルコ、英など。

\*\*中東欧:アルメニア、ベラルーシ、ブルガリア、チェコ、ハンガリー、 カザフスタン、リトアニア、ポーランド、ルーマニア、ロシア、 スロバキア、スロベニア、ウクライナなど









# IAEA世界の原子力発電予測

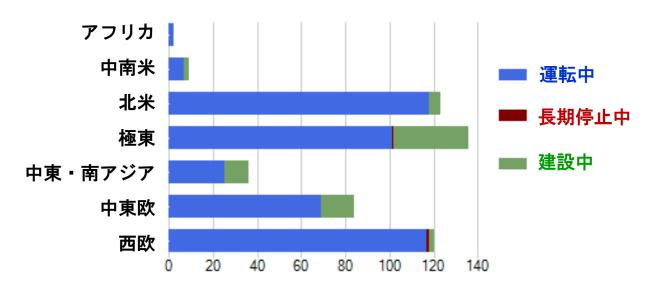


(2014年版)

### 地域別の主な特徴

- ・「中・韓を含む極東」…原子力増加が著しい
- •「中東欧」「印・パキを含む中東・南アジア」…強い成長ポテンシャル
- •「西欧」…原子力予測に乖離が見られる。低予測では減少、高予測では微増
- ・「北米」…原子力予測に乖離が見られる。 2013年の113GWが、2030年には、低予測では92GWに若干減少、高予測では139GWに増加。

#### 世界で運転中・建設中等の原子力発電所(IAEA/PRIS、2015年8月16日現在)



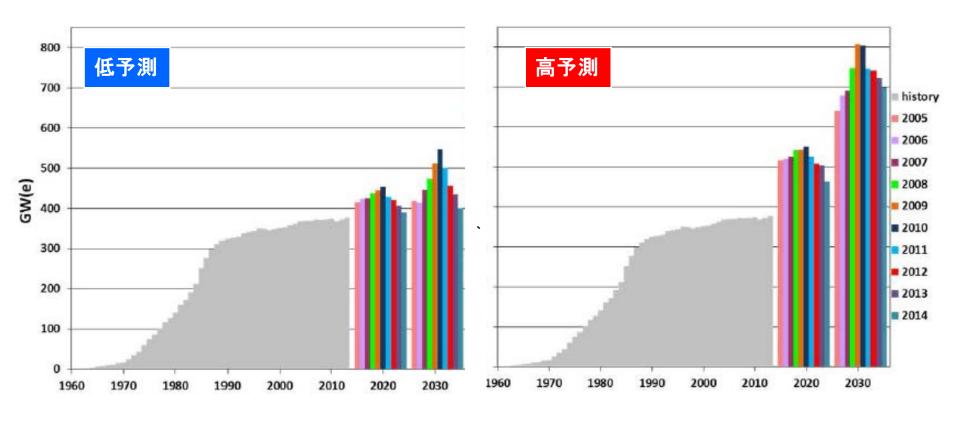




# IAEA世界の原子力発電予測の推移



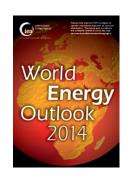
#### 実績値と過去10年間の予測値 (2005年時点の予測~2014年時点の予測)



	2020年	2030年
2010年時点の予測	453GW	546GW
2014年時点の予測	390GW	401GW

	2020年	2030年
2010年時点の予測	550GW	803GW
2014年時点の予測	464GW	699GW





### 世界の地域別原子力発電設備見通し



(新政策シナリオ)

#### 出典:IEA「世界のエネルギー見通し2014」(WEO2014)

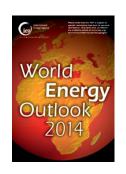
	201	2年	2020年	2030年	204	0年	2012-	-40年
	GW	シェア	GW	GW	GW	シェア	倍増	年率
OECD計 北米 米国 <b>欧州</b> アジア太平洋 日本	321 124 108 129 68 46	81% 31% 27% 33% 17% 12%	314 124 108 123 67 38	313 129 113 112 72 30	326 134 118 111 82 33	52% 21% 19% 18% 13% 5%	1.0倍 1.1倍 1.1倍 0.9倍 1.2倍 0.7倍	0.1% 0.3% 0.3% -0.6% 0.7% -1.2%
非OECD計 東欧・ユーラシア ロシア アジア 中国 インド 中東 アフリカ 中南米	73 43 25 25 14 5 1 2	19% 11% 6% 6% 4% 1% 0% 1%	137 47 30 79 60 10 3 2 5	230 58 37 151 114 24 10 4 7	297 65 44 202 149 39 16 7 8	48% 10% 7% 32% 24% 6% 3% 1% 1%	4.1倍 1.5倍 1.8倍 10.6倍 16.0倍 3.5倍 2.7倍	5.1% 1.5% 2.0% 7.8% 8.9% 7.7% 10.5% 4.5% 3.8%
世界	394	100%	451	543	624	100%	1.6倍	1.7%

OECD欧州: ベルギー、チェコ、フィンランド、仏、独、ハンガリー、伊、蘭、ポーランド、スロバキア、スロベニア、スペイン、

スウェーデン、トルコ、英など

非OECD東欧・ユーラシア: アルメニア、ベラルーシ、ブルガリア、カザフスタン、リトアニア、ルーマニア、ロシア、ウクライナなど

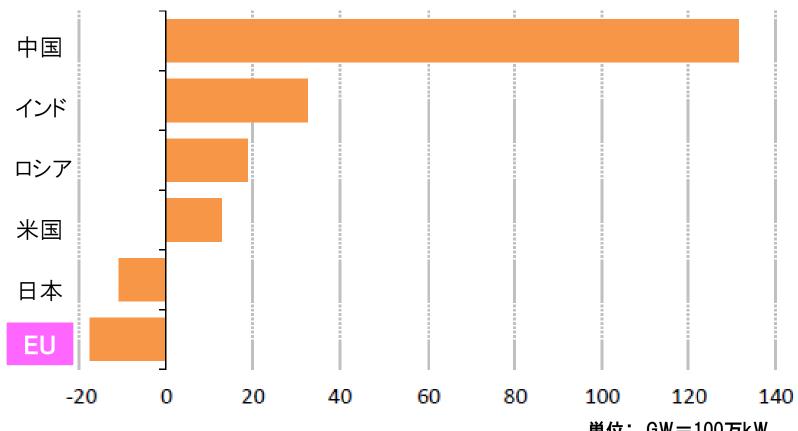




### 主要国・地域の原子力発電設備容量 の変化 (新政策シナリオ)



### 2013~40年の正味増加量



単位: GW=100万kW

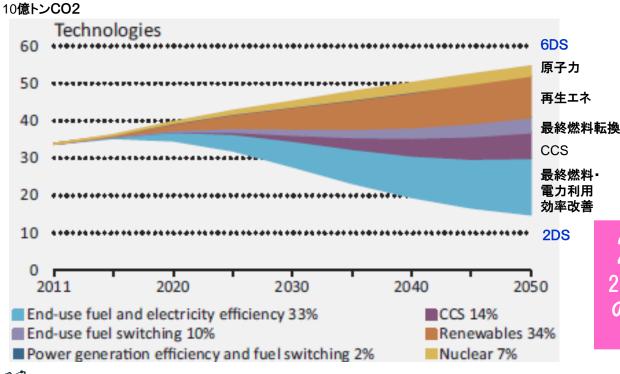


# エネルギー技術展望(ETP2014)



#### 標準シナリオ(2℃シナリオ)達成

- ・世界の電力シェア: 2011年17% → 2050年26%
- •化石燃料比率 2011年80% → 2050年40%強
- ・エネルギー効率、再生可能エネルギー、 CCS(炭素回収貯留)、最大の役割
- ・原子力、最終使用燃料転換、発電効率改善が不可欠
- 年間約2,300万kWの原子力発電所の増設が必要



Energy Technology
Perspectives 2014

Harnessing Electricity's Potential

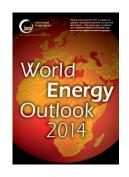
23GW 2020~30年 の年間増設 必要規模

原子力



15





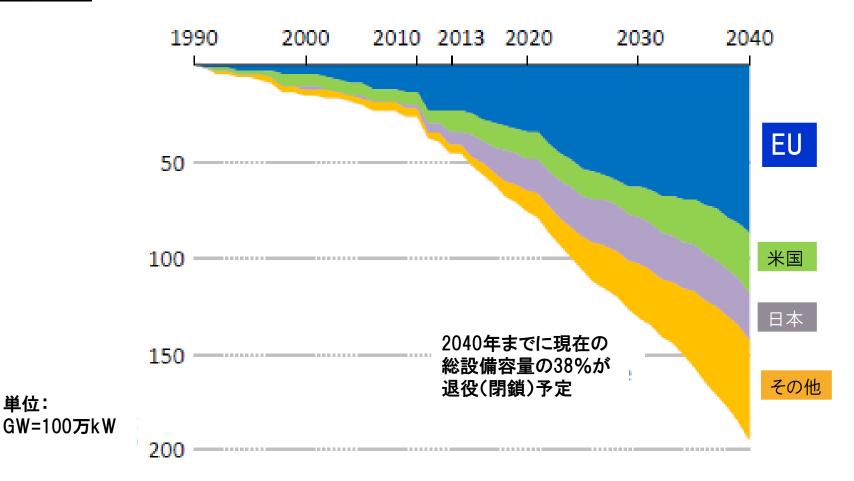
### 1990~2040年に退役する原子力発電



### 設備容量

(新政策シナリオ)

出典: EA「世界のエネルギー見通し2014」



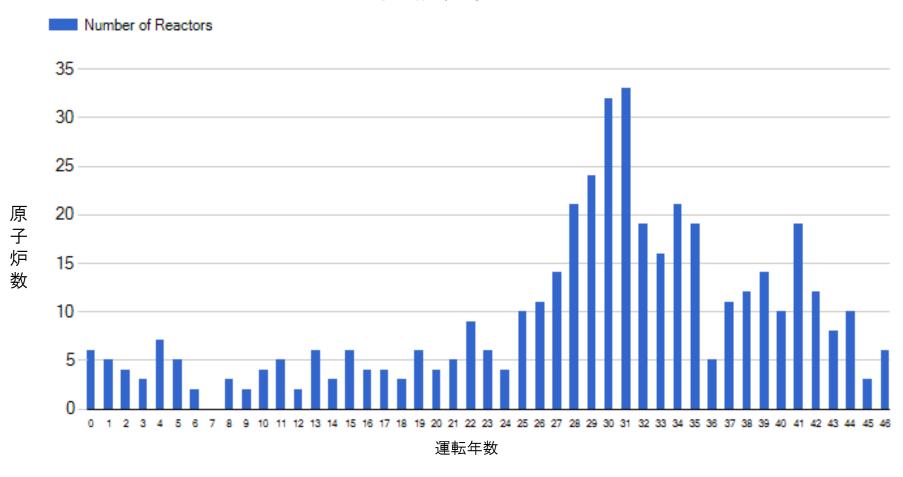


単位:

## 世界の運転中原子力発電所の運転年数



#### 原子炉数 合計438基



#### (出所)IAEA · PRIS 2015年8月16日現在

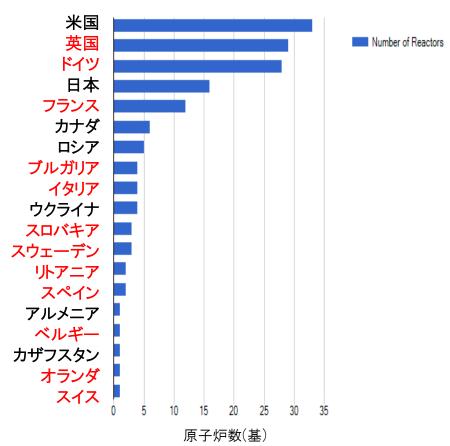
- ・運転年数は初送電から計算
- ・最近送電開始した原子炉は運転年数ゼロ



# 世界の原子力発電所の廃炉状況







#### <備考>

- ・日本の廃炉は、JPDR、ふげん、東海1、浜岡1,2、福島第一1,2,3,4,5,6、 敦賀1、美浜1,2、島根1、玄海1の計16基。
- ・ドイツの廃炉は、福島第一原子力発電所事故後の2011年内に閉鎖された8基も含む。

	国名	基	万kW
アジア 16基	日本	16	826.2
欧州 90基	スウェーデン	3	121.0
	英国	29	422.5
	フランス	12	378.9
	ドイツ	28	1557.6
	スイス	1	0.6
	ベルギー	1	1.0
	オランダ	1	5.5
	スペイン	2	62.1
	ブルガリア	4	163.2
	スロバキア	3	90.9
	<b>リトアニア</b>	2	237.0
	イタリア	4	142.3
旧ソ連 11基	ロシア	5	78.6
(CIS等)	ウクライナ	4	351.5
	アルメニア	1	37.6
	カザフスタン	1	5.2
北米 39基	米国	33	1394.5
	カナダ	6	214.3
	合計	156	6090.5

# 原子力発電国の開発状況(1)



		į	重転中	建	設中	Ē	画中	提案	(検討)中
	国・地域名	基	万kW	基	万kW	基	万kW	基	万kW
	中国(5)	26	2, 314. 4	25	2, 739. 3	43	4, 997. 0	136	15, 300. 0
	日本(3)	43	4, 048. 0	3	303. 6	9	1, 294. 7	3	414. 5
アジア	韓国 (6)	24	2, 167. 7	4	560. 0	8	1, 160. 0	0	0
	台湾(15)	6	492. 7	2	270. 0	0	0	0	0
	インド (14)	21	530. 2	6	430. 0	22	2, 130. 0	35	4, 000. 0
	パキスタン(28)	3	72. 5	2	68. 0	2	230. 0	0	0
中東	イラン(27)	1	91. 5	0	0	2	200. 0	7	630. 0
旧ソ連	ロシア連邦(4)	34	2, 526. 4	9	796. 8	31	3, 326. 4	18	1, 600. 0
(CIS)	ウクライナ(8)	15	1, 310. 7	0	0	2	190. 0	11	1, 200. 0
	アルメニア (31)	1	37. 6	0	0	1	106. 0	0	0
北 米	<b>米国</b> (1)	99	9, 879. 2	5	601. 8	5	606. 3	17	2, 600. 0
	カナダ(7)	19	1, 355. 3	0	0	2	150. 0	3	380. 0
	メキシコ(25)	2	160. 0	0	0	0	0	2	200. 0
中南米	ブラジル (20)	2	190. 1	1	140. 5	0	0	4	400. 0
	アルゼンチン(24)	3	162. 7	1	2. 7	2	195. 0	2	130. 0
アフリカ	南アフリカ(22)	2	183. 0	0	0	0	0	8	960. 0

出典: WNA、2015年8月1日現在、国·地域欄の()内の数字は運転中原子力発電規模の世界順位を示す。



# 原子力発電国の開発状況(2)



		運	転中	建	設中	Ē	†画中	提案	(検討)中
地 域	国・地域名	基	万kW	基	万kW	基	万kW	基	万kW
	スウェーデン(10)	10	948. 7	0	0	0	0	0	0
	ドイツ (9)	8	1, 072. 8	0	0	0	0	0	0
	ベルギー (13)	7	594. 3	0	0	0	0	0	0
	スペイン(12)	7	700. 2	0	0	0	0	0	0
	オランダ(30)	1	48. 5	0	0	0	0	1	100. 0
	スイス (17)	5	333. 3	0	0	0	0	3	400. 0
55 JU	フランス (2)	58	6, 313. 0	1	175. 0	0	0	1	175. 0
欧州	英国(11)	16	937. 3	0	0	4	668. 0	7	892. 0
	フィンランド(18)	4	274. 1	1	170. 0	1	120. 0	1	150. 0
	チェコ共和国(16)	6	390. 4	0	0	2	240. 0	1	120. 0
	ハンガリー(21)	4	188. 9	0	0	2	240. 0	0	0
	ブルガリア(19)	2	190. 6	0	0	1	95. 0	0	0
	スロバキア(23)	4	181. 6	2	94. 2	0	0	1	120. 0
	ルーマニア (26)	2	131. 0	0	0	2	144. 0	1	65. 5
	スロベニア(29)	1	69. 6	0	0	0	0	1	100. 0
合 計	31カ国・地域	436	37, 899. 5	67	7, 010. 7	166	18, 670. 4	322	36, 492. 0

出典: WNA、2015年8月1日現在、国・地域欄の()内数字は運転中原子力発電規模の世界順位を示す。





# 新規導入国の開発状況



		建	設中	計	·画中	提	 案中
地域	国	基	万kW	基	万kW	基	万kW
	北朝鮮	0	0	0	0	1	95.0
	インドネシア	0	0	1	3.0	4	400.0
   アジア	ベトナム	0	0	4	480.0	6	670.0
	タイ	0	0	0	0	5	500.0
	マレーシア	0	0	0	0	2	200.0
	バングラデシュ	0	0	2	240.0	0	0
	トルコ	0	0	4	480.0	4	450.0
	イスラエル	0	0	0	0	1	120.0
中東・北ア フリカ	UAE	3	420.0	1	140.0	10	1440.0
	サウジアラビア	0	0	0	0	16	1700.0
	ヨルダン	0	0	2	200.0	0	0
	エジプト	0	0	2	240.0	2	240.0
	リトアニア	0	0	1	135.0	0	0
欧州	ポーランド	0	0	6	600.0	0	0
	イタリア	0	0	0	0	0	0
旧ソ連	ベラルーシ	2	238.8	0	0	2	240.0
(CIS)	カザフスタン	0	0	2	60.0	2	60.0
中南米	チリ	0	0	0	0	4	440.0



# エネルギー同盟(Energy Union)



#### 主な経緯:

#### 2014年6月

●欧州理事会(EU首脳会議) 長期戦略の一つとして採用

#### 2014年11月

- ●新欧州委員会(EC)発足
- ■ユンカー委員長、10の優先課題の一つに「エネルギー同盟」位置付け
- ●シェフショビチ副委員長: 「エネルギー同盟」専任

#### 2015年2月25日

●EC、「エネルギー同盟パッケージ」発表:将来を見据えた気候変動政策を有し耐性のあるエネルギー同盟のための枠組戦略

#### 2015年3月19日

●欧州理事会:「エネルギー同盟」 構築の決議採択



Brussels, 25.2.2015 COM(2015) 80 final

#### ENERGY UNION PACKAGE

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, THE COMMITTEE OF THE REGIONS AND THE EUROPEAN INVESTMENT BANK

A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy

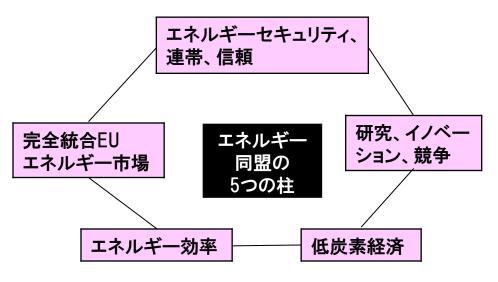




# エネルギー同盟の戦略(5本柱)



#### より大きなエネルギーセキュリティ、持続可能性、競争力 をもたらすためのエネルギー同盟の5本柱



#### 【原子力関連部分の記述】

- •EUは、原子力発電国の核燃料・関連サービスの輸入依存度が高い。供給の多様化は、供給保障を確保するためにも重要である
- ・再生可能エネルギー分野で世界1にならねばならない。スマート技術、クリーン輸送、クリーン化石燃料、世界で最も安全な原子力利用で、先頭に立つことは、エネルギー同盟を成長、雇用、競争力のエンジンにする目的の中核である
- •EUは、幾つかのクリーンな低炭素技術について、世界の他の地域と比べて既に遅れている
- ・原子力はEUの電力の約30%を供給している。 EUは、加盟国が、安全性、セキュリティ、廃棄物管理、 核不拡散で最高水準を維持するよう確保しなければならない。 EUは又、エネルギー・技術依存度を 増加させないために、ITERを含め、原子力分野で技術的リーダーシップを維持するよう確保しなけれ ばならない。





### ■EUの気候・エネルギー政策



- ●2010年11月 EC、エネルギー新戦略「エネルギー2020」発表
  - ー温暖化ガス20%削減(1990年比)、再生エネ20%、エネ効率20%
- ●2011年12月 EC、「エネルギーロードマップ2050」発表
  - -2050年の温暖化ガス排出削減80~95%(1990年比)
- ●2013年3月12日 EU加盟12ヶ国による原子力支持閣僚級共同声明
  - ーブルガリア、チェコ、フィンランド、仏、ハンガリー、蘭、ルーマニア、スロバキア、英、スペイン、リトアニア、ポーランド
  - 一原子力安全性が優先することを強調し、安全性及び規制の絶えざる改善を維持し推進する。・・・原子力は 供給保障と炭素排出削減で重要な役割を果たし、経済的便益を提供し、コスト効率的な電力を供給できる。
- ●2014年5月28日 EC、「エネルギーセキュリティ確保に関する研究報告書」発表
  - ーウクライナ紛争契機にエネルギーセキュリティに懸念
  - 一原子力発電利用拡大も勧告、核燃料供給の多様化も指摘
- ●2014年6月25日 EU10ヶ国のエネ大臣、原子力支持の書簡(ECエネ担当委員宛)
  - ーブルガリア、チェコ、仏、ハンガリー、リトアニア、ポーランド、ルーマニア、スロバキア、スロベニア、英
  - ーEUエネルギー市場における原子力発電の役割(セキュリティ、脱炭素化)に関する共通見解表明
  - 一全ての低炭素エネに公平な競争環境の構築を提案
- ●2014年10月23日 欧州理事会、 「2030年気候変動エネ政策枠組」決定
  - ーECが1月に提案
  - ー温暖化ガス40%削減(1990年比)、 再生エネ27%以上 エネ効率27%以上(努力目標)

	2020年	2030年	2050年
温暖化ガス削減 (1990年比)	20%	40%	80-95%
再生エネ比率	20%	27%以上	
エネ効率	20%	27%以上	



### EUの原子力安全関係の取組



#### ●2011年放射性廃棄物管理指令(7月)

- 一最終処分場の建設場所と管理方法を示した国家計画の策定を義務付け
- 一実施報告書を2015年8月までに提出(以後3年ごとに提出)

#### ●2014年EC原子力安全指令改正(7月8日)(2009年EC原子力安全指令の更新版)

- ーEU全体のハイレベルの原子力安全目標導入(原子力事故影響の抑制、全ライフサイクルの安全性)
- 一規制機関の独立性強化(法的権限、スタッフ、専門知識・経験、財源)
- ー個別評価とピアレビューの導入
- -3年以内に各国の国内法として法制化
- -EU全体の調和の取れた安全ガイドラインと共通の許認可手続き策定の提案は削除
- -2017年7月までに実施報告書をECに提出(次回は2020年7月)

#### ◆WENRA(西欧原子力規制者協会)

- -1999年にEU加盟国を中心に設立(規制機関のトップのネットワーク組織)
- 一欧州全体の安全基準の調整、加盟国の安全性の独立評価など実施

#### ◆ENSREG(欧州原子力安全規制者グループ)

- ー原子力安全指令を復活させるためにEC決定によって2007年に創設された独立の権威ある専門家グループ
- -全EU加盟国の原子力安全·放射性廃棄物安全·放射線防護規制機関等の高官及びEC代表で構成
- 一原子力安全·放射性廃棄物管理分野における継続的改善や共通理解の構築に寄与。ECに勧告
- -2011年の欧州ストレステストに関する国別報告書刊行

#### ★欧州復興開発銀行(EBRD)

- ー旧共産圏諸国向け開発銀行として1991年設立
- ー原子力安全3基金:①原子力安全支援基金、②国際廃止措置支援基金、③チェルノブイリシェルター基金





### フランスの原子力開発



高レベル廃棄物

#### 2012年5月15日、オランド大統領(社会党)、就任

#### 9月28日、国家原子力政策会議(CPN)

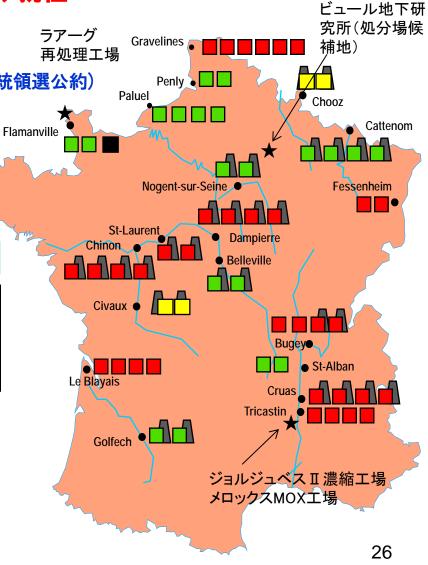
- -2025年までに原子カシェアを50%に低減
- ーフェッセンハイム原子力発電所を2016年末までに閉鎖(大統領選公約)
- ーフラマンビル3号機、5年以内に完成・電力供給開始 (パンリ原子力発電所着工可能性には触れず)
- ー第4世代高速炉アストリッドの設計・建設計画に触れず
- 一原子力海外展開を確認
- ー再処理・MOX燃料製造戦略を是認 高レベル廃棄物処分計画を確認、他

#### 現在、仏の原子力発電、全電力の約75%供給

	運転中(58基)			建設中
NPP	PWR 900 MW	PWR 1300 MW	PWR N4 1450 MW	EPR 1630 MW
基数	34	20	4	1

#### 高レベル廃棄物地層処分場(CIGEO)

- ・全ステークホルダーを含めた国民的議論実施。 (途中インターネット会議実施)
- •2015年、建設許可申請予定
- •2025年、操業開始予定



### フランスの最近の動向



#### フェッセンハイム原子力発電所をめぐる動向

- ・仏最古の原子力発電所1,2号機(1977,78年運転開始)、まもなく運転40年
- -2012年1月、原子力規制機関(ASN)、同1号機に条件付 (ベースマット改修等)で10年の延長運転許可
- ・労組は早期閉鎖に反対、異議申し立て

#### エネルギー転換(国民的議論と法案)

- •2012~13年、全国討論
- 2014年10月14日、議会下院、「グリーン転換のための エネルギー転換(移行)法案」可決

原子力発電設備容量	上限6,320万kW (現在規模に抑制)	
原子力発電量比率	50%(2025年)	
再生エネ発電量比率	40%(2030年)	
温暖化ガス排出量	40%削減(2030年、1990年比)	
最終消費エネルギー	半減(2050年、2012年比)	

#### ●2015年2月、上院審議、修正案提示

- 一原子力発電設備上限を 6.485万kWに引き上げ
- ー原子力発電量比率50%達成時期を明確化せず

#### →2015年夏、最終的に下院案採択

···現在建設中のフラマンビル3号機完成·運転時には、 同規模の既存炉の閉鎖が必要?···

#### フェッセンハイム原子力発電所





フラマンビル3号機へのアレバ製原子炉 圧力容器据付作業(2014年1月)





# 美国の原子力開発



#### ▶現在運転中の原子力発電所

- ·16基(GCR 1基、AGR 14基、PWR 1基、計1004万kWnet)
- ·全電力の18%供給、 PWR 1基を除く全炉、2023年までに閉鎖予定 (最近、AGRの運転延長計画中)
- ・ウィルファ1号機(GCR)、2015年末までの運転延長認可(44年運転)
- ・サイズウェルB(PWR、1995年運転開始)以来、新規建設ゼロ



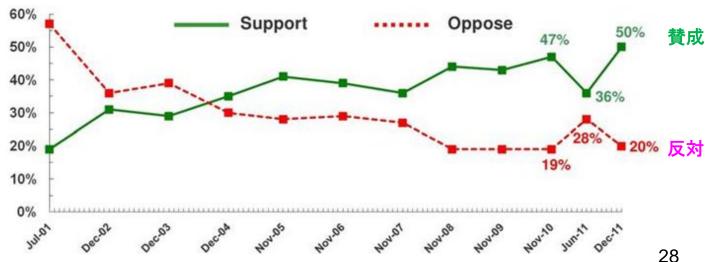
サイズウェルB原子力発電所

#### **▶新規建設計画推進中 ← 気候変動対策とエネ安全保障**

- ・1998年気候変動法: 2050年までに温室効果ガスを1990年比80%削減義務付け
- ・2011年6月 政府、原子力発電所新設計画堅持方針を公式表明、サイト候補地8ヶ所提示
- ·2011年7月 議会下院、原子力発電所に関する国家政策声明承認、8サイトを特定
- ・2013年3月 エネルギー気候変動省とビジネス・技術革新・技能省、戦略報告書 「英国の原子力の将来」共同発表(原子力の役割、経済成長、雇用への貢献)

### (参考)英国の 原子力世論

英国の今後閉鎖される 原子炉の建て替えとし て、新規原子力発電所 の建設に賛成ですか、 反対ですか?





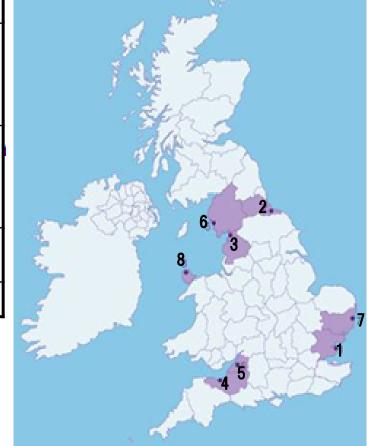
世論調査機関: lpsos MORI(2011年12月2~8日実施)



# 美国の新規原子力開発計画



事業者	予定地	炉型	万kW	運転
EDFエナ	ヒンクリーポイントC1	EPR	167	2023年
ジー	ヒンクリーポイントC2	EPR	167	2024年
	サイズウェルC1	EPR	167	?年
	サイズウェルC2	EPR	167	?年
ホライ	ウィルヴァ・ニューウィッド1	ABWR	138	2025年
ズン	ウィルヴァ・ニューウィッド2	ABWR	138	2025年
	オールドベリーB1	ABWR	138	2020年代末
	オールドベリーB2	ABWR	138	2020年代末
= = -	ムーアサイド(セラフィールド)	AP1000	340	2024年以降
ジェン		×3		
合計		11基	約1600	



- 1. ブラッドウェル
- 2. ハートルプール
- 3. ヘイシャム
- 4. ヒンクリーポイント
- 5. オールドベリー
- 6. ムーアサイド (セラフィールド)
- 7. サイズウェル
- 8. ウィルファ (ウィルヴァ・ニューウィッド)





# 美 英国の原子力開発



#### EDFエナジー



- ・2011年10月 ヒンクリーポイントC原子力発電所(2基)建設・運転許可申請
- ·2012年12月 規制当局(ONR、EA)、UK-EPRの設計承認確認書(DAC)と設計容認証明書 (SODA)発行
- ·2013年3月 DECC、ヒンクリーポイントCの開発合意指令(計画認可書)を発給
- ·2013年10月 政府、ヒンクリーポイントC建設の投資条件等でEDFと合意
  - 差額契約方式、35年間、89.50 € /MWh(サイズウェルCも建設) 92.50 £/MWh(サイズウエルC建設しない場合)
- ・2013年10月、EDF、ヒンクリーポイントC投資割合発表

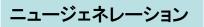
(EDF45~50%、アレバ10%、中国CNNC·CGN30~40%など)

- ・2014年10月 EC、ヒンクリーポイントC計画に対する 英政府の国庫補助計画(一部修正)を承認
- ・2015年4月 サイト準備工事はほぼ完了と発表 (最終投資決定(FID)待ちの状態)



- ・2012年11月日立、独E.OnとRWEからホライズン買収
- ·2013年4月 UK-ABWRの包括設計評価(GDA)を申請
- ·2014年8月 GDAの第2段階終了
- ·2014年9月~12月、ウィルファ計画の第1段階の地元 公開協議
- ・2015年7月23日 現地でサプライヤーチェーンイベント開催

(右写真、ホライズン・ニュークリア・パワーのHPから)





·2013年12月 所有者変更:

イベルドローラ(50%),GDFスエズ(50%)

→ 東芝(60%)、GDFスエズ(40%)

- ·AP-1000のGDA承認後、
  - 2016年頃には建設許可申請予定
- ・2015年5月~7月 10週間の公開協議





## - スウェーデンの原子力開発



- ●1980年3月 原子力発電の是非に関する国民投票 原子力反対(10年以内に全廃)38.7%、条件付容認39.1%、容認18.9%、無効3.3%
- ●1980年6月 議会、2010年までの段階的廃止を決議 既存炉(建設中含む)を除き新規建設しない。但し、代替電源開発条件
- ●1997年12月 議会、「エネルギー 政策法」(脱原子力法)可決
  - -2010年の原子力発電廃止期限明示せず
  - 代わって、バーセベック1.2号機の 閉鎖を明示 1号機:1999年閉鎖

2号機:2005年閉鎖

- ●2009年2月 政府 (穏健党中心の4党連立政権) 「脱原子力政策」転換を発表
- **●2010年6月 議会「脱原子力」** 撤回法案を174対172で可決

既設炉10基は寿命後、同サイト でリプレース可

既設炉の出力向上 (原子力代替電源見つからず)

#### スウェーデンの原子力発電所

	炉型	万kW	運開年	備考
オスカーシャム1	BWR	48.7	1972	
オスカーシャム2	BWR	63.0	1974	
オスカーシャム3	BWR	120.5	1985	(1980年時点建設中)
バーセベック1	BWR	61.5	1975	1999年閉鎖
バーセベック2	BWR	61.5	1977	2005年閉鎖
リングハルス1	BWR	88.8	1976	
リングハルス2	PWR	91.0	1975	
リングハルス3	PWR	103.4	1981	(1980年時点建設中)
リングハルス4	PWR	98.4	1983	(1980年時点建設中)
フォルスマルク1	BWR	101.6	1980	
フォルスマルク2	BWR	102.8	1981	(1980年時点建設中)
フォルスマルク3	BWR	121.2	1985	(1980年時点建設中)





# **スウェーデンの原子力開発**





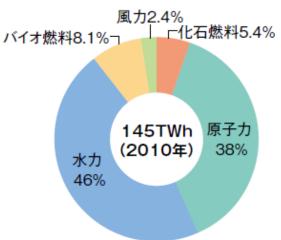
▶2014年9月 2014年10月 総選挙で穏健連立政権敗北 社民党-緑の党連立政権発足

#### 脱原子力路線

- 「将来的に100%再生エネの電力システム構築 を任務とするエネルギー委員会設置」で合意
- )2015年4月 バッテンフォールCEO 「リングハルス1,2号機の前倒し閉鎖」発言 (2025年予定を2018/2020年に前倒し)

背景:原子力発電設備容量税引き上げ、 電力市場価格の低迷、

SSMの新安全基準(独立炉心冷却系の設置)



スウェーデンの発電電力量構成

出所: IEA, Energy Balances of OECD Countries 2011



# フィンランドの原子力開発



#### <福島第一原子力発電所事故前> 着実に原子力推進

#### ●原子力発電所

- -運転中 4基(オルキルオト1,2、ロビーサ1,2) 好稼働率
- -建設中 1基(オルキルオト3)

#### ●高レベル廃棄物対策で世界を先導

- -使用済み燃料最終処分場(オルキルオト・サイト)
- -2000年政府決定、2001年国会承認
- (2012年12月 ポシバ社、政府に建設許可申請)(2020年 操業開始予定)

#### ● 欧州での原子力発電ルネサンスの先駆け

- --2005年 同国5基目のオルキルオト3号機着工(EPR) 欧州では15年ぶり、フィンランドでは35年ぶりの新設
- -2010年4月 政府、同国6,7基目の計画申請を承認 (フェンノボイマ社:1基、TVO:1基)

#### <事故後> 2基新設(6,7基目)計画は継続

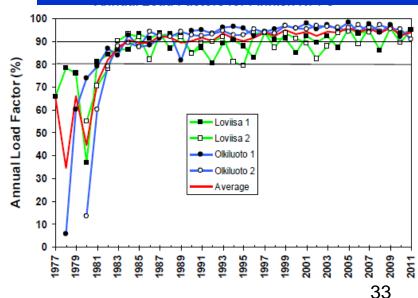
- ◇フェンノボイマ社の(ハンヒキビ)原子力発電所建設計画 2011年4月14日 新設計画堅持を表明
- ◇TVO:オルキルオト4号機計画 2013年1月31日 5社が入札(GE日立ニュークリア、東芝、 三菱重工業、アレバ、韓国水力原子力)



#### 建設中のオルキルオト3号機(EPR)

度重なる建設遅延とコスト超過問題に遭遇。 最新の想定では、当初の2009年の運開予定は2018年の見込み。

#### フィンランドの原子力発電の設備利用率の推移







# フィンランドの原子力開発



▶2010年4月 政府、同国6.7基目計画申請承認

(フェンノボイマ社:1基、TVO:1基)

#### ◇フェンノボイマ社の(ハンヒキビ)原子力発電所計画

2011年 7月 アレバと東芝に入札案内書送付

10月 建設サイトとしてピュハヨキ選定

2012年 1月 アレバと東芝からの商業ビッド受領。

2013年 2月 東芝に大型炉建設の優先交渉権付与(EU-ABWR)

中型炉としてロシア企業選択(東芝炉は中止)

2014年 3月 ロスアトムがフェンノボイマ株の34%所有で合意

2014年 9月 政府、ハンヒキビ原子力発電所原則決定の補正申請

承認(露製AES-20006設計)

(フィンランドが株式60%以上保有が前提条件)

2014年10月 ストゥブ首相、ハンヒキビ原子力発電所は露が1/3所有するが、

全体的に露への電力、輸入電力依存減少になると強調

2015年 6月 フェンノボイマ、ハンヒキビ1号機の建設許可申請を

雇用経済省に提出(フィンランド株主所有権の要件クリア)

2024年 運転開始予定

#### ◇TVO: オルキルオト4号機計画

2013年 1月 5社が入札(GE日立N、東芝、三菱重工、アレバ、韓国KHNP)

政府、オルキルオト4の原則決定延長申請を却下 2014年 9月

2015年 5月 TVO、オルキルオト4の原則決定の有効期限である6月末までの建設許可申請を断





# オルキルオト原子力発電所エリア・マップ





オルキルオト・サイトの各施設の配置状況



# 独の原子力発電廃止計画の推移



#### 1. 脱原子力へ

- ・1986年チェルノブイリ事故:放射能汚染、放射線不安
- ・1998年9月 社会民主党(SPD)と緑の党による初の左派連立政権発足
- ·2002年4月 脱原子力法施行(平均運転期間32年)
- ・2005年9月 総選挙、左派連合も中道保守連合も過半数に達せず
- ・2005年11月 第1次メルケル(CDU/CSU, SPD大連立)政権発足 脱原子力路線は継続



#### 2. 脱・脱原子力へ

- 総選挙、CDU/CSU(キリスト教民主・社会同盟)、FDP(自由民主党)勝利 ・2009年9月
- ・2009年10月 第2次メルケル(CDU/CSU/FDP)政権発足
- ・2010年11月 原子力発電所の運転期間延長の原子力法改正法案成立(平均12年延長)



- 3月14日 メルケル首相、「脱原子力政策」再策定の方針表明
- 3月15日 首相、1980年以前運転開始の7基+1基の停止を発表
- 原子炉安全委員会(RSK)、国内原子炉17基は基本的に健全との調査結果 ・5月17日
- 政府の倫理委員会、「2021年までの脱原子力は可能」との提言を提出 ・5月30日
- 政府、2022年までに全原子炉17基の廃止方針を閣議決定 •6月 6日
- ・改正原子力法(脱原子力法)6,7月 連邦議会/参議院で可決、 8月5日
- ・2013年12月17日 第3次メルケル大連立(CDU/CSU, SPD)政権発足、脱原子力政策堅持



### 独の原子力発電所廃止計画(2011年6月閣議決定)



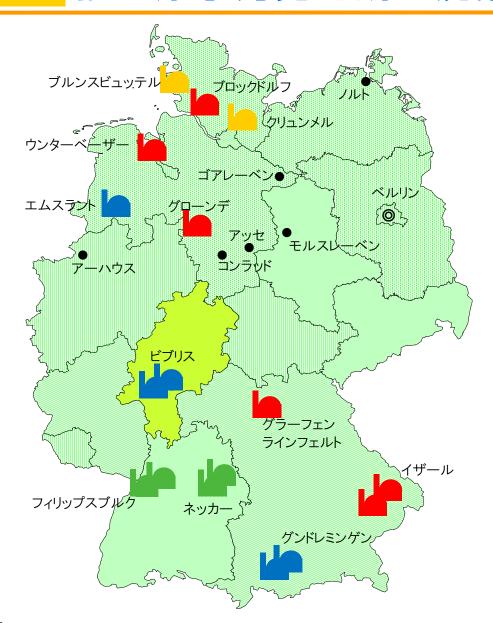
原子炉名	所有者	炉	出力	運開		閉鎖年		運転
		型	万kW	年	当初	2010年合意	2011年決定	期間
ビブリスA	RWE	Р	122.5	1975	2008年	2016年	2011年	36年
ビブリスB	RWE	Р	130.0	1977	2011年	2018年	2011年	34年
ネッカー1	EnBW	Р	84.0	1976	2009年	2017年	2011年	35年
ブルンスビュッテル	バッテン66.7%、E.On33.3%	В	80.6	1977	2009年	2018年	2011年	34年
クリュンメル	バッテン50%、E.On50%	В	140.2	1984	2016年	2030年	2011年	27年
イザール1	E.On	В	91.2	1979	2011年	2019年	2011年	32年
ウンターベーザー	E.On	Р	141.0	1979	2012年	2020年	2011年	32年
フィリップスブルク1	EnBW	В	92.6	1980	2012年	2026年	2011年	31年
グラーフェンラインヘルト	E.On	Р	134.5	1982	2014年	2028年	2015年	33年
グンドレミンゲンB	RWE75%、E.On25%	В	134.4	1984	2016年	2030年	2017年	33年
フィリップスブルク2	EnBW	Р	146.8	1985	2018年	2032年	2019年	34年
グローンデ	E.On83.3%	Р	143.0	1985	2017年	2031年	2021年	36年
グンドレミンゲンC	RWE75%、E.On25%	В	134.4	1985	2016年	2030年	2021年	36年
ブロックドルフ	E.On 80%、バッテン20%	Р	148.0	1986	2019年	2033年	2021年	35年
イザール2	E.On75%、ミュンヘン電力25%	Р	148.5	1988	2020年	2034年	2022年	34年
エムスラント	RWE87.5%、E.On12.5%	Р	140.0	1988	2021年	2035年	2022年	34年
ネッカー2	EnBW	Р	140.0	1989	2022年	2036年	2022年	33年
計17基、 2152万kW					平均 33年			

(注) 運転期間は、単純に閉鎖年から運開年を差し引いて計算。



### 独の原子力発電所・廃棄物関連施設所在地







ビブリスA原子力発電所とビブリスB原子力発電所2011年の福島第一原子力発電所事故後、 閉鎖命令を受ける

#### 電力会社

- RWE
- E.On
- EnBW
- バッテンフォール・ヨーロッパ





### 独の最近の動き



#### エネルギーヴェンデ(エネルギー大転換)

- ⇒ 再生エネルギー重視、脱原子力
- ・再生可能エネルギー法(EEG): 2000年制定、その後数回改正、 2014年改正(同年8月発効)
- エネルギー構想 (エネルギーコンセプト): 2010年9月閣議決定

	2010年実績	2020年	2050年
温室効果ガス排出量 (1990年比)	-22.2%	-40%	-80~95%
再生可能エネルギー (最終エネ消費割合)	10.9%	18%	60%
(総電力消費量割合)	17%	35%	80%
1次エネルギー消費量(2008年比)		-20%	-50%
電力消費量(2008年比)		-10%	-25%

#### 電力体制の変化

- •RWEとE.On、英原子力発電所建設会社ホライズンを日立に売却(2012年11月完了)
- ・E.On、フィンランドの原子力発電新設会社フェンノボイマの株34%売却(2013年2月完了)
- ・E.On、事業体制改革、原子力・火力を別会社化、新エネに注力する方針表明(2014年11月) → E.On+Uniper
- ・バッテンフォール、組織体制改革、風力など重視(2015年1月発表、4月実施)

#### 脱原子力を巡る訴訟

脱原子力法	E.On、連邦憲法裁に提訴(財産権侵害)
	バッテンフォール、投資紛争国際解決センターに提訴(投資保護違反)
停止(閉鎖)命令	RWE、州政府によるビブリスA,B停止命令は違法として提訴(2013年2月) 最高行政裁、手続き違反で違法判決
核燃料税	(2010年法で導入の核燃料税は運転期間延長が前提。前提条件がなくなったので違法か否か) RWE、E.On、EnBWが提訴。違憲と合憲の2種類の判決。憲法裁と欧州司法裁の判断待ち。



### イタリアの原子力開発の歴史



#### 1. 原子力発電開発の歴史は古い

- 第1号原子力発電所(ラティナ、GCR)は1964年元旦に運転開始(参考:東海1号機は1966年運転開始)
- •1981年までに計4基、約148万kWが運転開始

### 2. チェルノブイリ事故(1986年)→原子力廃止へ

- 1987年11月 国民投票、原子力発電開発反対票が約8割
- 1990年 国内4基の全原子力発電所、全サイクル施設の閉鎖



トリノ・ベルチェレッセ原子力発電所 (PWR、27万kW、1965年運転開始、1990年 閉鎖、現在廃炉作業中)

#### 3. 原子力発電再開へ動き

- ◆停電等、電力不足問題発生ー→原子力に再注目 (2009年 フランス、スイス等から差し引き450億kWhの電力輸入。多くは原子力)
- ◆2008年5月 ベルルスコーニー政権発足、原子力発電再開の方針表明 2009年8月 イタリア電力公社(ENEL)、4基の建設計画発表

#### 4.2011年、歴史は繰り返す! 福島第一原子力発電所事故で「国民投票」再来

- •3月23日 閣議、原子力発電所再開計画の1年間凍結決定、安全基準などを再点検
- •6月12,13日 将来の原子力利用の是非を問う国民投票

暫定投票率約57%、暫定開票結果:原子力発電凍結賛成票が約94.5%

-6月13日 ベルルスコーニー首相、敗北宣言

「イタリアは原子力発電にさようならを言わなければならない」と敗北宣言



### □ スイスの原子力開発



#### 福島第一原子力発電所事故以前

・繰り返す原子力国民投票

1979年 僅差で原子力支持

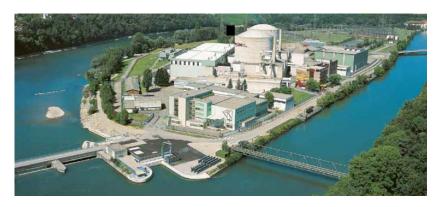
1984年 反原子力2法案を否決

1990年 新規建設禁止案を否決

10年間モラトリアム案採択

2003年 原子カモラトリアム案否決

2007年2月 政府「2035年までのエネルギー見通し」 (新規原子力発電所が必要と結論)



ベツナウ原子力発電所

#### 事故後

- 2011年5月25日 政府、国内原子力発電所を2034年までに全面廃止すると発表

> 議会も段階的廃止計画の動議を承認(全エネルギー技術について教育、訓練、研究、国際協 力の継続条項含む)

2014年5月18日 ベルン州、ミューレベルク原子力発電所の即時停止を問う住民投票(反対63.3%、賛成36.7%で

否決) スイスの原子力発電所(原子力発電所寿命50年想定!)

名 前	炉型	グロス出力	運開年	所有/ 運転者	1998-2007 の稼働率
ベツナウ1	PWR	38.0万kW	1969年	AXPO	84. 3%
ベツナウ2	PWR	39. 0万kW	1972年	AXPO	87. 0%
ミューレベルク	BWR	39. 0万kW	1972年	BKW	87. 5%
ゲスゲン	PWR	103.5万kW	1979年	KKG	89. 2%
ライプシュタット	BWR	122. 0万kW	1984年	KKL	86. 8%



ミューレベルク原子力発雷所



## ベルギーの原子力開発



- ●原子力発電所7基が運転中: エレクトラベル(仏GDFスエズの子会社)が所有・運転原子力発電シェア: 52% (仏の72%に次いで世界2位)
- ●2003年1月 脱原子力法制定(原子力発電所の運転期間40年に制限、新規建設禁止)
  - ・2011年10月 政府、ドール1,2は2015年までに、その他は2025年までに閉鎖と決定(代替電力供給条件)
  - 冬季の電力需給対応で紆余曲折の末2014年12月18日、政府、ドール1,2の10年運転延長決定を確認、法案提出へ

#### トピックス

- ★原子炉圧力容器ひび割れ(水素白点):ドール3とチアンジュ2で発見、停止(2012年) 再稼動したが2014年3月から停止中 (ロッテルダム・ドライドック社製)
- ★ドール4のサボタージュ疑惑:タービン潤滑油喪失事象

(暫定調査の結果サボタージュではない可能性)



<b>ا</b> ــــ	ル原	子力	力発言	官所
	1 - 1/1		コンしゅ	ニノノト

名 前	炉型	ネット 出力	発電 開始	運転終了 (閉鎖)
ドール1	PWR	43. 3万kW	1974年	2025年提案
ドール2	PWR	43. 3万kW	1975年	2025年提案
ドール3	PWR	100.6万kW	1982年	2022年
ドール4	PWR	104. 7万kW	1985年	2025年
チアンジュ1	PWR	96. 2万kW	1975年	2025年
チアンジュ2	PWR	100.8万kW	1982年	2022年
チアンジュ3	PWR	105. 4万kW	1985年	2025年
合 計		594. 3万kW		



## オランダの原子力開発



#### ●原子力発電所

分類	発電所名	炉型(MWe)	備考
廃炉	ドーデバルト	BWR(55)	1968年送電開始 1997年閉鎖
運転中	ボルセラ	PWR(484)	1973年送電開始(2033年閉鎖予定) 2014年6月 MOX燃料発電開始
検討中	第2ボルセラ	(1000~1600)	2020年代初期の運転

- ●URENCOアルメロ濃縮工場(1972年運転、5400tSWU/年)
- ●放射性廃棄物中央機構(COVRA)
  - 集中中間貯蔵施設(於ボルセラ)
  - 一低中レベル: AVG、LOG、VOG、COG、
  - ー高レベル:HABOG
- ●ペッテンの高中性子束炉(HFR)

1960年運転開始、45MW 基礎研究、人材育成 医療用RI生産 PALLAS炉への建替計画中

●デルフト工科大学プール 型研究炉(1963年運転) 2014年、改造工事を韓国 KAERI・現代Gr受注



ボルセラ原子力発電所





ドーデバルト原子力発電所



### スペインの原子力開発



•運転中原子力発電所: 7基(PWR6基、BWR1基)、計740万kW、 全発電電力量の約20%を供給

(総発電電力量に占める原子カシェアは、他電源のなかで最大!)

出力増強と運転認可延長(10年毎の更新・延長)が主流

•FIT導入による財政悪化に伴い、政府は原子力発電オプションは堅持するものの、新規建設計画なし

-2011年2月 議会下院、運転期間の40年制限条項を削除する持続可能経済法を可決

→CO<sub>2</sub>削減やエネルギー供給等を考慮し、適宜運転期限を決定(40年超運転可能に)

#### スペインの原子力発電所



運転休止中のガローニャ原子力発電所

	運転中	炉型	万kW	運転開始	運転期限
	アルマラス1	PWR	104.9	1983年	2020年6月
	アルマラス2	PWR	104.4	1984年	2020年6月
	アスコ1	PWR	103.2	1984年	2021年10月
運転中	アスコ2	PWR	102.7	1986年	2021年10月
	コフレンテス	BWR	109.2	1985年	2021年3月
	トリリョ	PWR	106.6	1988年	2024年11月
	バンデリョス2	PWR	108.7	1988年	2020年7月
休止中	サンタ・マリアデガローニャ	BWR	46.6	1971年	2012年12月停止*
閉鎖	ホセカブレラ(ゾリタ)	PWR	16.0	1969年	2006年4月閉鎖
	バンデリョス1	GCR	50.0	1972年	1990年5月閉鎖

(出典:WNA)

\*新規課税等による財政悪化を懸念し運転停止したが、その後、最近、規制当局に再稼動計画を申請。2031年までの運転を希望。





# スペインの原子力開発



#### ◆放射性廃棄物管理

- ・使用済み燃料(SF)は直接処分の方針
- 実施主体は、ENRESA(放射性廃棄物管理公社、1984年設立)
- ・中低レベル廃棄物はエル・カブリル施設で貯蔵(コルドバ、1961年操業開始)
- ・2011年11月、HLWとSFの集中中間貯蔵施設建設地にビジャルデカニャスを選定(公募) (蘭HABOG施設がモデル) 2018年操業開始、60年間の操業予定

#### ◆ホセカブレラ原子力発電所の解体計画(ENRESA実施)





### チェコの原子力開発



#### チェコスロバキア (1918~1992年)

1993年1月1日「チェコ」と「スロバキア」に分離(ビロード分離) → 原子力発電所も夫々の国に分離

### チェコ

- ●原子力発電所6基、381万kW運転中、 全電力の1/3供給
- ●長期エネルギー戦略案(2011年)

原子力拡大:1,390万~1,890万kW

全電力の60%供給(2012年改訂版でも最低50%供給)

●出力向上、運転期間延長

#### チェコの原子力発電所

	名前	炉型、モデル	MWe	着工	初発電	備考
	ドコバニ1	VVER-440 V-213	471	1978年	1985年	出力向上実施、40年運転(~2025年)、60年運転検討中
	ドコバニ2	VVER-440 V-213	471	1978年	1986年	出力向上実施、40年運転(~2026年)、60年運転検討中
運転中	ドコバニ3	VVER-440 V-213	471	1978年	1986年	出力向上実施、40年運転(~2026年)、60年運転検討中
	ドコバニ4	VVER-440 V-213	471	1979年	1987年	出力向上実施、40年運転(~2027年)、60年運転検討中
	テメリン1	VVER1000 V-320	963	1987年	2000年	1990年建設中断、1993年再開(WHのデジタルI&C設置など)
	テメリン2	VVER1000 V-320	963	1987年	2003年	1990年建設中断、1993年再開(WHのデジタルI&C設置など)
計画/	テメリン3	VVER1000 V-320	963	1987年		1990年建設中止、2009年新規建設へ国際入札
検討中	テメリン4	VVER1000 V-320	<del>-963</del> -	1987年		1990年建設中止、2009年新規建設へ国際入札
	ドコバニ5	?	約1200			





# チェコの原子力開発



#### 新規建設計画(テメリン3,4)

- ●2009年8月 チェコ電力CEZ、国際入札
- ●2012年7月までに3グループ応札
  WH(AP1000)、スコダ/露ASE(AES-2006)、仏アレバ(EPR)
  ・その後、アレバを失格扱い、WHが上位評価と報道
- ●2014年4月 CEZ、テメリンの入札取り止めを発表 (新発足の中道左派連立政権から価格保証得られず)
- ●新規建設計画、政府、CEZ等、調整中 CEZ主導でCEZ子会社が建設・運転 テメリンとドコバニに1基ずつ、又はいずれか優先 新規建設の最終投資判断は2025年までの予定
  - →上記3Grの他に中・韓も受注競争に参加見込み

#### バックエンド対策

- ●チェコ電力 (CEZ)
  - ・使用済み燃料中間貯蔵施設ードコバニに2ヶ所(乾式) ーテメリンに1ヶ所(乾式)
- ●放射性廃棄物管理機関(RAWAR/SURAO)
  - ・低中レベル廃棄物処分場(ドコバニ、ボールト式)
  - ・高レベル廃棄物地層処分場 2014年10月、環境省、初期調査の7候補サイトを承認 政府目標、2025年までの候補サイト選定、2050年着工、 2065年操業開始



ドコバニ使用済み燃料中間貯蔵施設(ISFSF Dukovany)



テメリン使用済み燃料中間貯蔵施設 (SFSF Temelin)



### ハンガリーの原子力開発

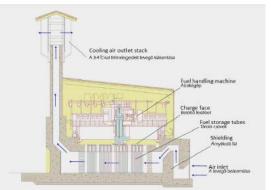


- ●4基が運転中(パクシュ1~4)、全発電電力量の46%供給
  - 一政府、原子力発電電力量シェアを約60%に高める計画
  - ー原子力発電所の設計寿命は30年。これまで、パクシュ1,2に50年寿命認可
  - -運転中の4基について、10%強の出力向上

#### 新規2基建設計画(パクシュ5,6)

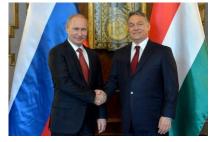
- -2009年3月 議会、パクシュ2基増設計画を圧倒的多数で承認
- パクシュ原子力発電会社、当初、5種類のPWRを候補検討: アレバ(EPR)、アレバ・三菱(Atmea1)、ASE(VVER-1000)、 WH(AP1000)、韓国(APR-1400)
- •国際入札方針を突然中止
  - → 2014年1月 政府はロスアトムと建設契約締結 (露が80%融資、約100億€)
- •オルバン首相のロシア寄り姿勢(2015年2月17日、オルバン・プーチン首脳会談、右写真) 「ロシアはエネルギーの面で重要であり、戦略的パートナーである」
- ★パクシュ5.6契約に関するEU問題:
  - ・ローン返済への政府関与の可能性
  - 燃料供給契約(ロシア企業独占) → 2015年4月20日、EC承認

	原子炉名	炉型/モデル	MWe	発電開始
運転	パクシュ1	VVER-440 V-213	470	1982 <b>年</b>
中	パクシュ2 VVER-440 V-213		473	1984 <b>年</b>
	パクシュ3	パ <b>ク</b> シュ3 VVER-440 V-213		1986 <b>年</b>
	パクシュ4	VVER-440 V-213	473	1987 <b>年</b>
計画	パクシュ5 VVER-1200		1200	2023年
中	パクシュ6	VVER-1200	1200	2025 <b>年以降</b>





パクシュ原子力発電所



#### パクシュ使用済み 燃料中間貯蔵施 設(乾式)

- ·放射性廃棄物管理 機構(PURAM)運営
- ・モジュール・ボールト 方式

48



# ブルガリアの原子力開発



●2基運転中(コズロドイ5,6号機)、全電力の約35%供給

#### ベレネ建設計画(頓挫)

(コズロドイ4基閉鎖の代替としてスタート)

- 2006年10月 国営電力、ベレネ1,2号機建設で露企業と契約
- -2009年10月 ベレネ発電会社の戦略的投資家としての独RWE撤退
- •2012年3月 政府、建設中止決定
- -2013年1月 国民投票実施するも必要投票率に達せず無効

#### コズロドイ7号機計画

■2014年8月 AP1000建設でWH/東芝と基本合意 (2015年4月現在 詳細について交渉継続中)

	名前	モデル	MWe	発電開始	備考
運転	コズロドイ5	VVER-1000 V-320	953	1987年	寿命30年、50年に延長計画中
中	コズロドイ6	VVER-1000 V-320	953	1991年	寿命30年、50年に延長計画中
計画/	ベレネ1	VVER-1000 V-466	1000	取消	
│検討 │中	ベレネ2	VVER-1000 V-466	1000	取消	_
'	コズロドイ7	AP1000	1200	2016年頃	(2022年運転予定)
廃止	コズロドイ1	VVER-440 V-230	405	1974年	2002年末閉鎖(EU加盟条件)
	コズロドイ2	VVER-440 V-230	405	1975年	2002年末閉鎖(EU加盟条件)
	コズロドイ3	VVER-440 V-230	405	1980年	2006年末閉鎖(EU加盟条件)
	コズロドイ4	VVER-440 V-230	405	1982年	2006年末閉鎖(EU加盟条件)







コズロドイ使用済み燃料中間貯蔵施設(乾式、2011年操業開始)

49



### ルーマニア



●2基運転中(CANDU-6)、全電力の約20%を供給

(運転開始: 1号機1996年、2号機2007年)

●計画中: チェルナボーダ3,4号機(CANDU-6)

2013年11月 中国CGNとニュークリアエレクトリカ、建設協力覚書 2014年7月 中国CNPECと加Candu Energy、協力協定

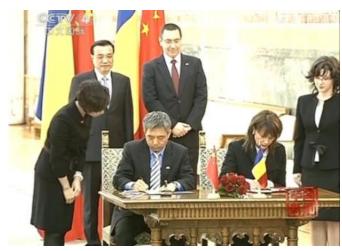
(中国が投資し、一部建設担当、原子炉系は加企業担当)

- ●燃料成型加工工場(FCN、於ピテスチ、CANDU燃料工場)
- ●中間乾式貯蔵施設(於チェルナボーダ)50年間貯蔵、AECL設計のMacstorシステム、2003年操業開始
- ●先進鉛冷却欧州高速実証炉(ALFRED)計画 EUイニシアチブ、ピテスチに建設、120MWe(2017年着工、25年運転)

#### チェルナボーダ原子力発電所(CANDU-6)

状態	名前	MW	着工	備考(発電開始等)
運転	1号機	655	1980年	1996年発電開始
中	2号機	655	1982年	1991年建設中止、2000年建設再開決定、 2007年発電開始
計画	3号機	720	1982年	1991年建設中止、2002年頃から建設再開
中	4 <del>号</del> 機	720	1982年	模索(複数企業による共同投資)、結局、中 国CGNが投資に関心表明、3号機2019年、4 号機2020年運転開始予定
中止	5 <del>号</del> 機	720	1982年	1991年建設中止、取消決定の模様





2013年11月、中国CGNの贺禹董事長とニュークリアエレクトリカのルランチ社長 がチェルナボーダ2基建設協力覚書に署名 (Image: CGN)





## **スロバキア**

JAIF

- ●4基運転中、2基建設中
- ●原子力発電は、全電力の約半分を供給
- ●政府のエネルギー政策: 原子カシェア50%維持
- ●新ボフニチェ原子力発電所計画:

6メーカーが関心表明

AP1000、Atmea1000、APWR1700、MIR200、APR1400、EPR1600

●使用済み燃料中間貯蔵施設(湿式、於ボフニチェ) 1680トン、1986年操業開始



	名前	モデル	MWe	着工	発電開始	備考
	ボフニチェV2-1	V-213	505	1976年	1984年	
運転中	ボフニチェV2-2	V-213	505	1976年	1985年	出力向上実施、閉鎖予定2025年(60年運転を計画中)
	モホフチェ1	V-213	470	1081年	1998年	出力向上実施
	モホフチェ2	V-213	470	1981年	1999年	出力向上実施
建設中	モホフチェ3	V-213	471	1987年	(2016年)	1992年建設中断、2009年建設再開
	モホフチェ4	V-213	471	1987年	(2017年)	1992年建設中断、2009年建設再開
計画/	新ボフニチェ	?	1200-1750	(2021年?)	(2025年?)	
検討中	ケセロフチェ	?	1200	-	(2025年以降)	
廃止	ボフニチェA-1	HWGCR	144	1958年	1972年	1979年閉鎖(燃料取替時の事故で)
	ボフニチェV1-1	V-230	440	1974年	1979年	2006年末閉鎖(EU加盟条件)
	ボフニチェV1-2	V-230	440	1974年	1980年	2008年末閉鎖(EU加盟条件)





### スロベニア、クロアチア



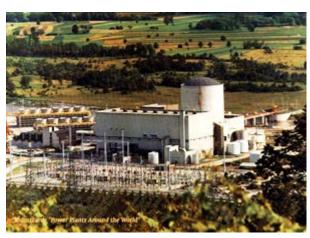


#### <u>クルスコ1号機(WH製PWR)</u>

- ユーゴスラビア時代: 1975年着工、1981年発電開始、1983年営業運転開始
- •1990年1月 ユーゴスラビア分裂
- 1991年6月 スロベニア、クロアチア独立 → クルスコ原子力発電所共同所有(50%:50%)
- -2001年 蒸気発生器取替 出力向上 6%+3%アップ
- 運転寿命期間 目下40年 → 20年延長を検討中

#### クルスコ2号機建設計画(検討中、メーカー未定)





クルスコ原子力発電所



### **リトアニアの原子力開発**



#### ●ソ連時代に原子力発電所建設・運転→ EU加盟で閉鎖

- ・イグナリナ1,2号機(各150万kW・RBMK)、1983年、87年運転開始
- ・1990年、ソ連から独立後も運転
- · 当時、原子力発電量シェアは約8割で世界1位! 原子力発電電力は、一部輸出
- ・2004年5月EU加盟(加盟条件として原子力発電所閉鎖)1号機:2004年末閉鎖2号機:2009年末閉鎖
- ●新規原子力発電所 (ビサギナス)建設・運転へ 戦略的投資家を国際募集 (2009年12月)
  - <基本的考え方>
    - ・ロシアへのエネ依存からの独立(ガスの90%、電力の60%を依存)
    - ・バルト3国は西欧志向、ロシアからの独立志向高い
- ●戦略的投資家として日立と交渉中
  - ・2011年7月14日 戦略的投資家として日立を選択
  - ・2012年3月30日 エネルギー省、日立と原子力発電所建設の事業権 付与契約に正式合意
  - ·2012年10月14日 原子力発電所建設国民投票で建設反対63% (法的拘束力ないが影響大)
  - ・2012年10月14日 総選挙で政権与党敗北 野党社会民主党中心の新政権発足 原子力発電所建設見直し→日立と再交渉
  - •2014年7月30日 リトアニア政府と日立、ビサギナス原子力発電事業会社設立協議開始で合意(リトアニア4割、日立2割出資見通し)





イグナリナ原子力発電所(1,2号機とも閉鎖) 隣接してビサギナス原子力発電所を建設予定…



### ポーランドの原子力開発

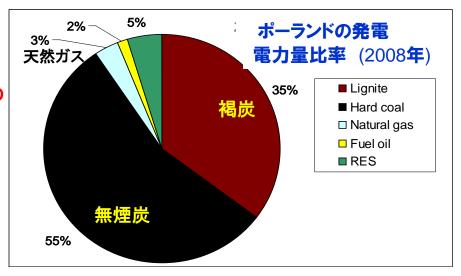


#### ●福島第一原子力発電所事故前

- 1980年代にザルノビエツにVVER、4基建設中 だったが、1990年に中断
- 2005年、政府、エネ源多様化とCO2削減のため 原子力発電導入準備開始
- -2009年8月、政府、原子力発電開発 ロードマップ承認 (2016年着工目標)
- -2010年3月、政府、27候補サイト公表 (ザルノビエツが最有力)



かつて原子力発電所建設が行われた ザルノビエツ・サイト



#### ●事故後

- 2012年3月 政府高官、「原子力発電推進によりロシア依存から 脱却し、温暖化ガス削減目標を達成する」と強調
- 2012年6月 PGE、原子力発電所建設公開入札若干遅れる旨表明
- 2013年1月 PGE EJ1、サイト特性調査・許認可業務サービス契約 を豪ウォーリーパーソンズと契約 (約6.600万ドル、その後解約)
- -2014年1月28日

経済省作成の原子力発電所建設計画案を閣議承認

- -2016年末 サイトと炉型選定
- -2025年末 第1原子力発電所の運転開始
- -2035年 第2原子力発電所完成
- 2015年4月 国営3企業(KGHM、タウロン、エネア)、PGE EJ1株 10%ずつ購入



# ウクライナの原子力開発





チェルノ ブイリNPP

Kyiv

東部2州制圧 新露派組織 (ロシア支援)

ルハーンシク州

・1986年4月26日 チェルノブイリ事故

- ・1991年8月24日 ウクライナ独立
- ・1994年12月5日 NPT加盟

(非核兵器国へ)







Zaporizhzhya NPP 6 WWER-1000

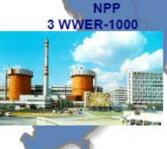


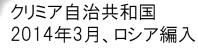


昭和の流行語: 巨人・大鵬・卵焼き

在日ウクライナ大 使館の大使応接 室にある横綱・大 鵬の写真

大鵬の父親はウ クライナ人、母親 は日本人









### ウクライナの原子力開発



発電所名	炉型	運開年月
運転中		
フメルニツキ1	VVER-1000/320	1988.08
フメルニツキ2	VVER-1000/320	2005.09
ロブノ1	VVER-440/213	1981.09
ロブノ2	VVER-440/213	1982.07
ロブノ3	VVER-1000/320	1987.05
ロブノ4	VVER-1000/320	2006.01
南ウクライナ1	VVER-1000/302	1982.12
南ウクライナ2	VVER-1000/338	1985.01
南ウクライナ3	VVER-1000/320	1989.09
ザポロジエ1	VVER-1000/320	1985.12
ザポロジエ2	VVER-1000/320	1986.02
ザポロジエ3	VVER-1000/320	1986.12
ザポロジエ4	VVER-1000/320	1987.12
ザポロジエ5	VVER-1000/320	1989.10
ザポロジエ6	VVER-1000/320	1996.09
建設中		
フメルニツキ3	VVER-1000/392	
フメルニツキ4	VVER-1000/392	

- ・チェルノブイリ4号機事故後 G7, EU等からのRBMK炉閉鎖圧力受け 財政支援条件に閉鎖
- ・しかし、原子力発電開発は継続 チェル事故後、9基、計900万kWが運転開始
- ・2006年3月「2030年までのエネルギー戦略」 閣議承認。原子力シェア50%維持目標
- 現在:運転中15基、計約1,300万kW (世界8位の原子力発電国)

#### チェルノブイリ原子力発電所(RBMK)

	営業運転	閉鎖
1号機	1978.05.27	1996.11.30(事故後も運転継続)
2号機	1979.05.28	1991.10.11(事故後も運転継続)
3号機	1982.06.08	2000.12.15(事故後も運転継続)
4号機	1984.03.26	1986.04.26(事故発生)



### ウクライナの原子力開発(福島後)



- ·2011年6月 EUのストレステストに自主参加(同12月、安全性向上計画承認)
- ·2012年3月 来日のリトビン国会議長「今後も原子力推進」、「疫病を克服したように原子力発電の安全問題も解決可能」
- ・2012年4月 アザロフ首相「原子力を放棄した国もあるが、ウクライナはできない」
- ・2012年4月 チェルノブイリ4号機の新シェルターの起工式
- ・2012年10月 ロシアとの協力で燃料成型加工工場の建設工事の開始式典

#### ウクライナ危機(2014年初頭)→脱ロシア化の加速

#### 2014年

・2月23日 ヤヌコビッチ政権崩壊

- ・2月27日 ヤツェニュク首相の連立政府発足
- ・3月18日 ロシア、クリミアをロシアに編入
- •4月11日 エネルゴアトム、米WHと燃料供給契約 (2008年締結契約を2020年まで、5年間延長)
- -8月26日 中央使用済み燃料貯蔵施設(CSFSF)の建設開始式典
  - 米ホルテック・インターナショナルが受注。ザポロジエ以外の全原子力発電所のSF貯蔵
- 9月3日 ヤツェニュク首相、フメルニツキ3,4号機建設計画について露以外への発注方針表明

#### 2015年

- ・エネルゴアトム、ブリュッセル事務所開設 (EUエネルギー市場への統合目指す)
- ・3月10日 エネルゴアトム、米WHとの協力関係拡大発表
- ・3月17日 ウクライナ、ポーランドと送電網接続で合意
- ・4月24日 エネルゴアトム、仏アレバから初の濃縮U購入契約
- ·6月23日 エネルギー石炭省原子力局次長、ロシアとのフメルニツキ2基完成契約(2010年)の取消に向け法的文書を準備中と発言



ネダシコフスキー・エネルゴアトム社長と ロデリックWH社長の記者会見(2015年3月10日)

# チェルノブイリ第二石棺



# Chernobyl New Safe Confinement (NSF)

- 2017年末完成予定
- 寿命最低100年
- ・建設ピーク時作業員1200人
- ・計画全体21.5億€ (内シェルター15億€)
- 高さ110m、長さ165m アーチ幅257m



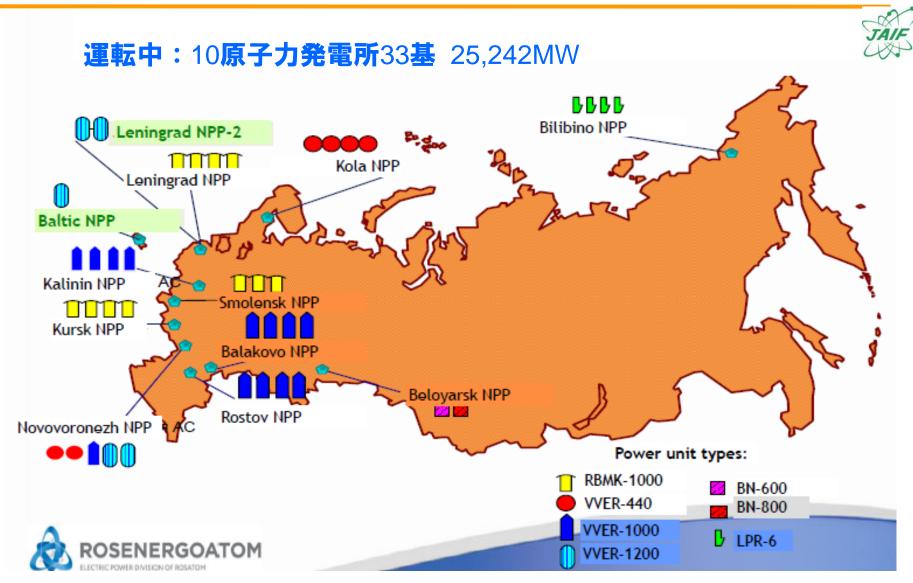


#### Chernobyl NPP modular type SFSF

- ・RBMK-1000使用済み燃料用モジュラー型 水平コンクリート乾式貯蔵施設
- •フラマトムATEA設計



# ロシアの原子力発電所(運転中、建設中)





# ロシアの多彩な原子力開発(1)



#### ①在来型炉(VVER, RBMK, EGP)



カリーニン原子力発電所 (VVER1000×4基)運転中



ビリビノ原子力発電所(1.2万 kW×4基、EGP)1974~76年運転開始、熱電併給、極北の僻地に建設

#### レニングラード原子力発電所 (RBMK1000×4基)

法定寿命30年だが、15年の延長許可 隣接地ではレニングラード第二原子力発 電所が建設中。VVER1200(AES2006) 二重格納容器、コアキャッチャー等設置





#### ②原子力砕氷船開発 (北極海航路に注力)



#### ③浮揚型原子力発電所 (僻地向けに熱電併給)

舶用炉KLT-40S、2×(35MWe, 25Gcal/h)







# ロシアの多彩な原子力開発(2)



### 4高速炉開発を強力に推進

- ・原子力開発初期より高速炉開発に邁進
- ・高速炉開発予測:
  - -2030年1,400万kW
  - -2050年3,400万kW



ベロヤルスク3号機(高速炉BN600) 近くで4号機(BN800)建設中

#### ロシアの高速炉開発

冷却材	名称	電気出力	運転年	場所、特徴など
Na	BOR-60	1.2万kW	1969	ディミトロフグラード
	BN-350	15万kW	1973	現力ザフスタン・アクタウ、
				1999年閉鎖、海水淡水化も実施
	BN-600	60万kW	1980	ベロヤルスク、近年の稼働率約80%
	BN-800	80万kW	(2015予定)	建設中、ベロヤルスク(06.27初臨界)
	BN-1200	120万kW	(2020予定)	設計開発中
Pb	BREST-300	30万kW	(2020予定)	トムスク
Pb-Bi	SVBR-100	10万kW	(2017頃予定)	ディミトロフグラード
	MBIR	15万kW		多目的炉、(2019年までの建設期待)



## ベラルーシの原子力開発



#### ●福島第一原子力発電所事故前

・1986年 チェルノブイリ事故による大規模 放射能汚染

・1991年 ベラルーシ共和国として独立

·2008年 (原子力発電所建設の国際入札で露、 仏、米、中から提案)

・2008年 オストロベツを建設サイトに選定

・2009年 建設に向け、ロシアと二国間原子力 協定締結



オストロベツ1号機原子炉建屋の基礎コンクリート初打設(2013年11月6日)



原子力発電所建設サイトで記念カプセルの埋設式典ルカシェンコ大統領が出席(2012年8月9日)

#### ●事故後

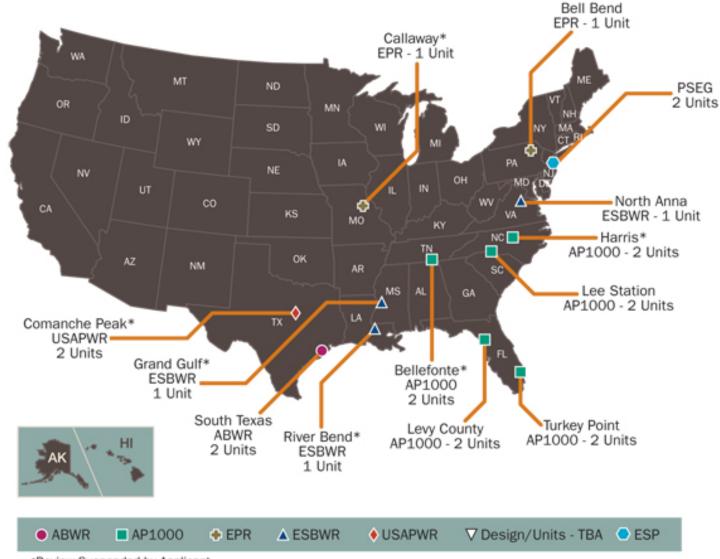
- ・2011年3月、2基建設でロシアと合意
- -2013年11月オストロベツ1号機着工(2018年発電開始予定)
- -2014年4月オストロベツ2号機着工 (2020年発電開始予定)





## 米国の新規大型LWR (許認可手続き中)





#### 米原子力発電 開発の現状

#### 2015年1月1日現在 (原産協会調査)

- ●運転中 99基 1億268万kW 全発電量の約2割供給
- ●建設中 5基
- ワッツバー2 (2008年建設再開)
- サマー2,3 (2013年着工)
- ボーグル3,4 (2013年着工)
- ●計画中 5基
- ⇒原子力開発の第1波 ……第2波の行方?
- **●閉鎖(廃炉)** 
  - 2013年、4基
  - 2014年、1基

#### <u>★原子力開発影響因子</u>

- ・電力需要の伸び鈍化
- シェールガス革命
- 気候変動対策
- クリーン電力規則
- . . .

- \*Review Suspended by Applicant
- +Large LWRs—Large Light-Water Reactors, generally on the order of 1000 MW(e) or more as of July 28, 2015





### | 米国既存炉の有効活用

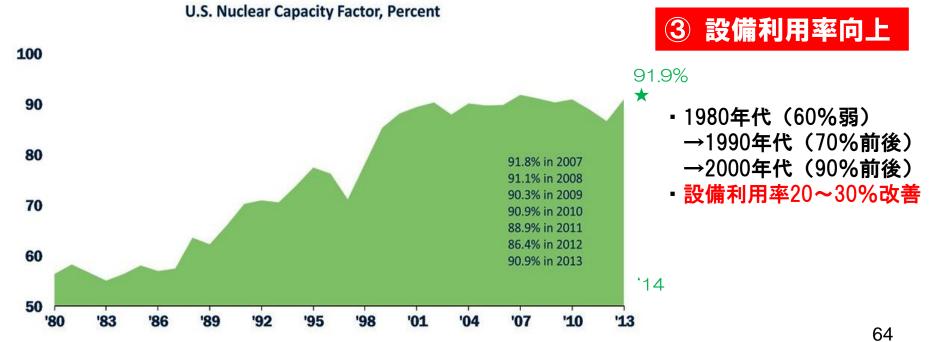


### 出力向上

- ・測定精度改善型MU:~2%増加、ストレッチ型S:~7%増加、設備拡張型E:~20%増加
- 承認済み出力向上は累計156件、7,326MW、承認待ち4件、61MW

### 運転寿命延長

- ・運転寿命40年を60年に延長 →運転寿命延長承認済み77基、審査中17基
- 運転寿命の更なる延長へ検討中 →80年運転(60年超運転、ビョンド60)視野に、 NRCが評価手法確立へ検討着手。DOEも研究プログラム推進中





# 米DOE主導で小型炉開発



#### 2012年1月、小型モジュール炉(SMR)開発支援計画(公募)案発表



**Energy Secretary Steven Chu** on the draft SMR Funding Opportunity Announcement January 20th, 2012

「米国の選択は明確だ。何千人もの新規雇用と輸出機会を創出する 次世代のクリーンエネルギー技術を開発できるのか、それとも他国 が指導権を握るのを待つだけかのいずれかである。」(チュー長官)

- ・政府予算は2012~16年度、4億5200万ドル(12年度6700万ドル)
- ・官民折半でNRCによるSMR初号機の設計認証、許認可取得を支援
- ·実用化2022年目標

- ≪SMRの特徴≫・出力は30万kW以下(小さな需要や需要変動に対応)
  - ・安全性、立地、建設、経済性等のメリット
  - ・プラグ・アンド・プレイ方式
  - ・既存電源の補完、老朽火力の代替、熱供給、輸出

2012年11月、B&WのmPower炉 (18万kW) を商業化 支援対象設計に選定

●2013年3月、DOE、SMR開発支援の第2回公募発表 実用化目標時期2025年、革新性を重視

2013年12月、ニュースケールパワー(フルアー、英ロール スロイス等)の小型PWR (4.5万kW) 選定



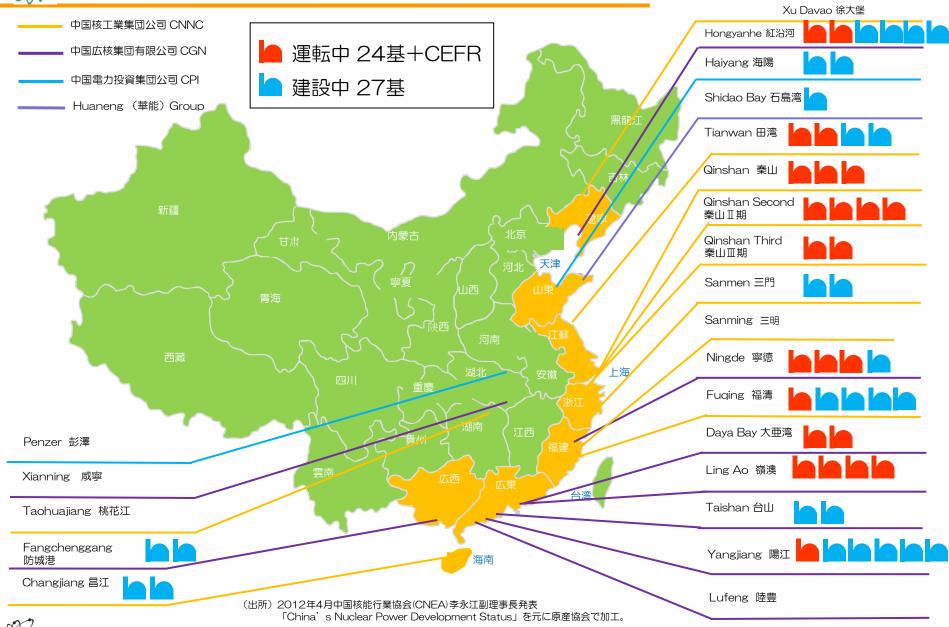
B&WのmPower炉: 原子炉モジュールは 地下格納容器内に設置





## 中国の原子力発電所









# 中国の原子力発電所



嶺澳Ⅱ-2号機(CPR-1000)2011年8月運転開始福島第一原子力発電所事故後世界最初の運開



<u>海陽1号機(AP-1000)</u> 韓国製RPV据付(2012年1月)



台山1号機(EPR) (2011年10月) CNNCと仏EDFの共同所有。 2016年運転開始予定



#### ●高速炉開発

·実験炉「中国高速炉実験炉(CEFR)」(下写真) CNNC中国原子能科学研究院(北京)が自主開発。 タンク型、2.5万kWe、2011年7月21日 発電開始

·原型炉:露BN-800、 2基導入計画推進中



#### ●高温ガス炉開発

- ·実証炉HTGR-PM (右写真、石島湾)
- ・2014年3月29日基礎コンクリ打設完了
- · 高温ガス炉2基で20 万kWを駆動







### 中国の福島第一原子力発電所事故後の主な動き



68

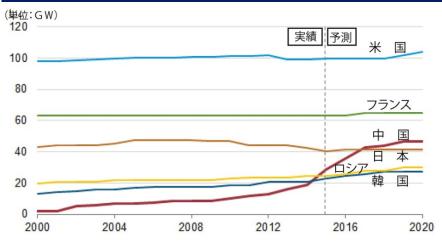
- ●2011年3月16日 国務院常務会議、福島第一原子力発電所事故後対応決定
  - ①運転中原子力発電所の安全検査 ②原子力安全計画の策定 ③新規計画審査の暫定的凍結(建設中炉は継続)
- ●2012年10月24日 国務院常務会議 「原子力発電中長期発展計画」 「原子力発電安全計画」「エネルギー発展第12次5カ年計画」承認
  - -2020年までに世界トップレベルの安全性確保めざす
  - 一複数の炉型・技術・基準、安全研究人材、事故対応体制、安全規制機関などの課題も指摘
  - 一内陸部には原子力発電所を建設しない方針を決定
  - ー凍結していた<u>新規計画の承認手続きを再開</u> (→新規着エヘ)
  - ・2013年10月11日、国家能源局 原子力輸出を国家戦略とする方針発表
- ●2014年11月19日 国務院「エネルギー開発 戦略行動計画2014-2020」発表
  - 一石炭依存の減少とクリーンエネルギー促進
  - 一原子力発電規模 2020年運転中5,800万kW (建設中3,000万kW以上)

HTR、FRの利用促進

#### ●中国・国産炉開発(輸出も視野)

- ·「CAP1400」(SNPTC): AP1000の大型中国版、 初号機=石島湾1,2号機
- ·「華龍1」(CNNC、CGN): ACP1000とACPR1000+の組合せ·発展型(国家能源局と国家核安全局が設計承認) 初号機=福清5,6号機、防城港3,4号機
- ・2015年6月1日、国家電力投資集団公司(国電投)発足 (国家核電技術公司と中国電力投資集団が合併) →3大原子カグループ体制(CNNC、CGN、SPI)

#### 今年中に中国は世界3位の原子力発電保有国に (米DOEエネルギー情報局予測)





### 中国の運転中・建設中の原子力発電所



#### 建設基数は世界の約半分に相当(2015年7月24日現在)

事業		運転	中	建設中		
者	発電所名	基·万kW	炉型	発電所名	基•万kW	炉型
CNNC	秦山Ⅰ	29.8	PWR(CNP-300)	福清2,3,4	3×108	PWR(CPR-1000)
	秦山Ⅱ-1,2,3,4	4×61	PWR(CNP-600)	福清5	115	PWR(華龍1)
	秦山Ⅲ-1,2	2×65	PHWR(CANDU)	三門1,2	2×108	PWR(CPR-1000)
	田湾-1,2	2×99	PWR(VVER-1000)	昌江1,2	2×125	PWR(AP-1000)
	福清1	108	PWR(CPR-1000)	田湾3,4	2×65	PWR(CNP-600)
	方家山1,2	2×106	PWR(VVER-1000)			
	高速炉CEFR	2.0	実験炉(CIAE運転)			
CGN	大亜湾1,2	2×94.4	PWR(仏M310)	紅沿河3,4	2×119	PWR(CPR-1000)
	嶺澳 I -1.2	$2 \times 93.8$	PWR(仏M310)	紅沿河5.6	108.7×2	PWR(ACPR-1000)
	嶺澳Ⅱ-1,2	2×102	PWR(CPR-1000)	寧徳4	108	PWR(CPR-1000)
	寧徳1,2	2×102	PWR(CPR-1000)	陽江2,3,4	3×108	PWR(CPR-1000)
	寧徳3	108	PWR(CPR-1000)	陽江5,6	2×108.7	PWR(ACPR-1000)
	紅沿河1,2	2×106	PWR(CPR-1000)	台山1,2	2×175	PWR(EPR)
	陽江1	106	PWR(CPR-1000)	防城港1,2	2×108	PWR(CPR-1000)
СРІ				海陽1,2	2×125	PWR(AP-1000)
CHNG				石島湾	21	HTR
合計	25基	2,134.2		27基	2,955.8	

CNNC:中国核工業集団公司

CGN:中国広核集団(前CGNPC:中国広東核電集団有限公司) CHNG:中国華能集団公司 CIAE: 中国原子能科学研究院





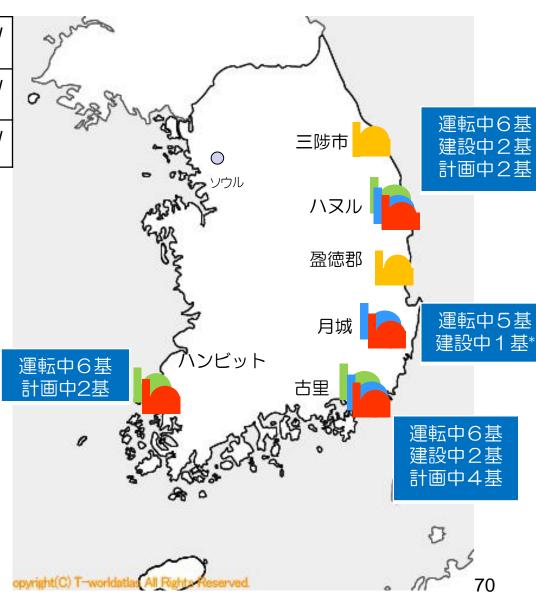
# 韓国の原子力発電所



:運転中	23基	2,065.6 万kW
:建設中	5基	687万kW
:計画中	8基	1,164万kW

・国内5番目、6番目と なる計画中の新規サイト

\*新月城2号機が2015年2月、 送電開始





出所: WNA HP



### 韓国、福島第一原子力発電所事故後も原子力継続



●2011年3月、原子力委員会(委員長:首相)、

「2008年計画」の原子力政策維持を確認。安全最優先に推進。

同年11月、政府、2012~16年の第4次総合原子力推進計画発表 世界一流の模範国家になる目標。

- ●新原子力安全委員会発足(2011年10月26日):大統領直轄機関に変更
- ●原子力発電輸出政策推進を継続

「原子力発電輸出産業化選略」(2010年)

輸出目標:2012年までに10基、2030年までに80基(2009年12月、UAEに4基輸出に成功)

#### 最近のトピックス

- ★品質証明書偽造問題
- ★韓水原(KHNP)、古里1号機を2017年6月で廃炉とすることを決定(2015年6月発表)
  - ・1978年運転開始、韓国最古の原子力発電所
- ★第7次電力需給基本計画(2015年7月22日、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%)
- ★韓米原子力協定交渉(2014年3月で期限切れ)
  - ・2013年4月、2年延長で合意。2015年6月15日、両国政府、改正原子力協定に正式署名。
- ★使用済み燃料(貯蔵・処分)問題
  - ・各発電所での貯蔵満杯予定(拡張前): 古里(2016年)、月城(2018年)、霊光(2019年)、蔚珍(2021年)
  - ・短期的にはAR貯蔵で2024年までの延命を計画。
  - ・公論化委員会(2013年10月発足)、2015年6月29日、最終勧告を政府に提出
- ★サムチョク市での原子力発電所設計画に関する住民投票(2014年10月)
- <sub>プ</sub>・反対85%、 賛成14.4%(2014年6月の市長選、計画撤回公約の候補が当選)

# 台湾の原子力発電所



発電所	炉型	万kWe	運開年	主契約者(備考)			
運 転 中							
第1(金山)-1	BWR	65.7	1978	GE(タービンはWH)			
第1(金山)-2	BWR	65.7	1979	GE(タービンはWH)			
第2(国聖)-1	BWR	100.0	1981	GE(タービンはWH)			
第2(国聖)-2	BWR	99.0	1983	GE(タービンはWH)			
第3(馬鞍山)-1	PWR	96.0	1984	WH(タービンはGE)			
第3(馬鞍山)-2	PWR	96.0	1985	WH(タービンはGE)			
建設中							
第4(龍門)-1	ABWR	135.0	_	GE(主要機器は日本)			
第4(龍門)-2	ABWR	135.0	_	GE(主要機器は日本)			



・原子炉圧力容器: 1号機 バブコック日立

2号機 石播(Ⅲ)

·ニュークリアアイランド: GE

·BOPアーキテクトエンジニアリング: ストーン&ウエブスター

・タービン発電機: 三菱重工業 ・放射性廃棄物システム: 日立





# 福島事故後の台湾の原子力動向



### 反対運動の盛り上がり

- ・2011年7月21日、馬英九総統「安全第一であるが、廃炉は 考えていない」
- ・第1、第2原子力発電所の寿命延長申請の棚上げ

### 原子力発電依存減少へ

- 2011年11月3日、馬総統、新エネルギー政策
  - -徐々に原子力発電の依存を下げていく
  - -既存の3原子力発電所6基は段階的廃止(寿命40年)
  - -建設中の第4原子力発電所は2016年までに運転 (第4原子力発電所運転により、旧式炉は早期閉鎖も)
- -2012年1月14日、総統選挙、立法院選挙

馬総統、51.6%得票し再選 立法院、与党国民党が過半数の64議席獲得

## 国民投票の動き

- ・2013年春にOECD/NEA、秋にECがピアレビュー
- ・2014年4月27日、馬総統、第4原子力発電所の建設を停止した 上で、国民投票で運転の是非を決める方針を発表

1号機: 運転前の安全検査終了後、密閉停止所帯に置く

2号機: 直ちに建設中止

・今後、国民投票が行われる予定

一但し、実施時期や内容は未定



#### 建設中の第4原子力発電所(龍門)

- ・日本以外で建設される最初のABWR
- ・民進党(脱原子力)政権時に一時建設中断
- ・台湾電力主体の個別発注方式
- (参考)2011年11月の新エネ政策発表までは、
  - ・出力向上や寿命延長が進行中
  - •9基目以降の計画も予備調査中





# ベトナムの原子力開発

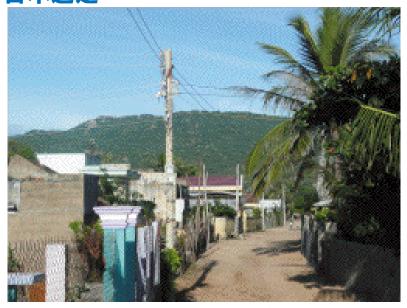


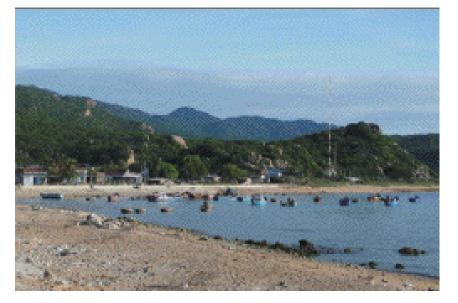
### ●福島第一原子力発電所事故前

- ・2009年12月、ニントゥアン第1原子力発電所 (2基)をロシアが受注(潜水艦とセット)
- ・2010年6月、ズン首相、2030年までに 原子炉14基建設計画を発表
- ・2010年10月、日越首脳会談、ニントゥアン 第2原子力発電所(2基)の建設パートナーに 日本選定



636型非原子力潜水艦2隻。(2013年2月、VOR)





ベトナムのニントゥアン省ビンハイ村(ニントゥアン第2原子力発電所サイト)の海岸部と集落内の様子。





## ベトナムの原子力開発



### ●福島第一原子力発電所事故後

- •2011年3月29日、ニャン副首相、「事故を教訓に更に安全性の 高い原子力発電所を日本とロシアの協力で建設する」考え表明
- ·2011年9月、商工省、2011~20年国家電力開発計画発表
- -2011年9月、日本原電とベトナム電力公社(EVN)、FS契約締結
- **-2011年9月、国際原子力開発(JINED)**とEVN、ニントゥアン第2計画に 関する協力覚書締結

#### ベトナム側提示の6条件

- ①最新で実証済みの、高度な安全性を持つ原子炉の提供
- ②ベトナムの原子力産業の育成支援
- ③人材育成支援
- 4資金支援
- ⑤安定した燃料供給
- ⑥放射性廃棄物処分に関する支援
- ·2012年1月、日越原子力協定発効
- ·2012年3月29日、韓越追加協力約定締結 韓国、5,6号機計画の優先交渉権獲得
- •2013年5月31日、日本原電、FS報告書提出 (炉型候補: ATMEA1、MPWR+、ABWR、AP1000)
- ·2014年9月、EVN第1期生、東海大学で2年間の研修修了
- •2014年1月16日、ズン首相、安全性最優先で初の原子力発電所着 エ 遅れる可能性示唆

#### ベトナムの原子力発電プロジェクト

中南部ニントゥアン省に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





## **ニインドの原子力開発**



### ●独自開発路線を推進(重水炉中心に3段階開発計画)

- ·初期は輸入:軽水炉タラプール1,2(米GE、1969年運転開始)、アジア初 重水炉ラジャスタン1.2(加AECL、1973.81年運開)
- ·1974年の第1回核実験実施 → 国際的に孤立 → 国産炉PHWRを中心に建設 3段階計画:少量のU資源、大量のTh資源
- ・2032年までに原子力発電設備容量6.300万kW目標(総発電設備7億kWの9%)

### ▶国際社会の仲間入り(LWR導入拡大を追加)

- ·2008年9月、原子力供給国会議(NSG)の臨時総会 NPT未加盟のインドへの核技術や燃料の輸出を解禁
- ·外国からのLWR導入: 2032年までに計4,000万kW(米WH、GEH、仏アレバ、

露ASE)(建設中のロシア炉2基以外に)

## ●福島第一原子力発電所事故後も原子 力推進路線変わらず

- ・2011年4月、シン首相、「エネ需要は増大」 しており、クリーンエネルギーである 原子力は重要な選択肢」との声明
- -2011年7月、ラジャスタン7,8号機、起工式
- ・2013年7月、露製クダンクラム1号機、初臨界 (2014年12月 営業運転開始)



クダンクラム原子力発電所 (2002年着工)



## ◎ インドの原子力開発



## 海外からの軽水炉導入計画(提案中含む)

国名	プラント名	炉型	出力規模	状態
ロシア	クダンクラム1	VVER	100万kW	2013年運転開始
	クダンクラム2	VVER	100万kW	建設中(2015年運開予定)
	クダンクラム3~8	AES92又は AES2006	105-120万kW×6基	2014年以降着工(可能性)
	ハリプール1~4	VVER1200	120万kW×4基	2014年以降着工(可能性)
フランス	ジャイタプール1~6	EPR	170万kW×6基	2014年以降着工(可能性)
米国	ミティビルディ1~6	AP1000	125万kW×6基	2014年以降着工(可能性)
	コバダ1~6	ESBWR	135-155万W×6基	2014年以降着工(可能性)

(出典)WNA



高速実験炉FBTR、今後20年間運転可能

(備考)2010年成立のインド原賠法(メーカー責任条項) 2015年1月、米印首脳会談でメーカー責任カバーの保険制度創設で合意

### 高速炉計画も進捗中

- ·高速実験炉(FBTR、1.3万kWe)、1985年より運転中
- ·高速原型炉(PFBR、50万kWe)、2015年運転予定
- ·高速炉(PFBR、50万kWe)、複数基、計画/提案中





## バングラデシュの原子力開発



1947年 インドからパキスタン独立

1961年 ダッカ原子カセンター(AECD)設立 (1986年よりトリガMark-2研究炉稼動)

1963年 ルプール原子力発電所建設サイト選定、サイト取得

### 1971年 バングラデシュ、パキスタンから独立

・・・ロシア、中国、韓国が原子力発電所輸出働きかけ・・・

2010年5月 ロシアと2国間原子力協力協定締結 2011年11月 ロシアと原子力発電所建設に関する協定 締結

●2012年2月 科学技術省、原子力規制委員会、 ロシア規制機関と安全・規制関係で協定締結





バングラ初の原子力発電所建設に関する協定締結 (2011年11月2日)。ハシナ首相が見守る中、オスマン 科学技術相とロスアトムのキリエンコ総裁が署名。

### ルプール原子力発電所建設計画

発電所名	炉型	出力	着工	運転
ルプール1	露AES-92	100万kWe	2015年	2020年
ルプール2	露AES-92	100万kWe	2016年	2022年

2013年10月3日、ルプール原子力発電所定礎式 (ハシナ首相、ロスアトムのキリエンコ総裁ら出席)





## UAEの原子力開発



- ・2008年4月、原子力総合政策を発表(計14基、2,000万kW)
- ・2009年12月、4基建設で韓国企業連合選定
  - →世界に韓国ショックの大波紋(仏アレバ、日立・GE敗退) 《韓国の勝因》
    - ・低価格、・顧客要求の全面的受入れ、・軍事協力
    - ·大規模な国の資金支援、·人材の受入れ·教育(KINGS)
    - ・トップセールス、・政・官・産の一体体制(半国営)など
- ・2011年3月14日、バラカ原子力発電所起工式
- -2012年7月18日、1号機着工(初コンクリ打設)
- 2013年5月28日、2号機着工(初コンクリ打設)
- -2014年9月24日、3号機着工(初コンクリ打設)
- ·2017年、1号機運開(予定)



バラカ原子力発電所の完成予想図



バラカ原子力発電所起工式(2011年3月14日) 李明博韓国大統領も出席。





## サウジアラビアの原子力開発



- ・2010年4月、「アブドラ国王原子力・再生可能エネルギー都市」(KA-CARE) 創設
- ・2011年6月、KA-CARE幹部、2030年までに原子炉16基の建設計画を発表 10年後に2基保有、その後毎年2基ずつ保有

### 持続可能なエネルギー国際シンポジウム

- -KA-CARE主催、2013年4月23.24日、リヤド
- 世界の主要ベンダーが発表。約1.000人参加
- •KA-CARE発表: サウジの初号機は2016年着工、2022年発電開始目標 ローカリゼーション目標 原子力60%、再生エネルギー80%

### サウジアラビアの原子力開発への各国の関心

- •原子力協力協定: (締結) フランス、アルゼンチン、韓国、中国 (交渉中) ロシア、チェコ、英国、米国、日本
- -2013年9月、GE日立ニュークリアエナジーと東芝/WH、 米エクセロン・ニュークリア・パートナーズと協力契約締結。
  - 前者はABWRとESBWRをサウジに提案
  - ー後者はAP1000とABWRをサウジに提案









## トルコの原子力開発



- ・1970年代以降、何度か原子力発電所建設を計画するも、その都度中断
- ・2010年5月、アックユへの原子力発電所建設でロシアと合意(4基、B00方式)
  - ・・・韓国との交渉中断、東電・東芝Gr撤退など・・・
- ・2012年6月、エネルギー相、2023年までに3地域で23基の建設めざすと発言
  - ・・・シノップ計画(4基)について中国、韓国、日本、カナダが競合・・・
- -2013年5月3日、安倍首相、エルドアン首相と会談

シノップ原子力発電所建設計画で三菱重工・アレバの企業連合に優先交渉権を与

- えるなどの共同宣言発表、二国間協定交換
- ・第3サイト原子力発電所計画

(2014年11月、中国SNPTC、米WH、トルコ·EUAS、4基)







ロシア受注のアックユ原子力発電所の想像図



## ニニョルダンの原子力開発



- ・2010年5月、政府、原子力発電所建設の優先交渉企業に日仏連合、露、加を選定
- ・2010年 末、政府、原子力発電所建設サイトを紅海沿岸アカバから内陸部に変更
- ・2011年3月、エネ相、エネ国外依存削減のため原子力発電導入計画堅持を表明
- ・2012年4月、原子力委、原子力発電所建設の優先交渉権を日仏アトメアと露ASEに与える と決定
- ・2013年9月、原子力委、原子炉2基の建設者として露ASEを選定 ルスアトム・オーバーシーズが戦略的パートナー・運転者 1号機は、2023年運転めざす



★ヨルダン研究訓練炉(JRTR、5MWt) ヨルダン科学技術大学で建設中。2015年運開予定 韓国原研・斗山重工が供給、仏アレバが燃料供給

### ヨルダンの原子力開発の基本方針

- ・エネルギーの95%以上を輸入。GDP約2割占める
- エネルギー安全保障向上と低価格電力の供給
- ・ 増大する電力と海水淡水化に原子力を利用
- ・豊富な国産ウラン資源の活用





# 一 南アフリカの原子力開発



- 1984-85年、クバーグ1,2号機が運転開始(仏フラマトム製) ⇒アフリカ唯一の原子力発電保有国、南アの全電力の約5%を供給
- 1990年、アパルトヘイト(人種差別)政策の廃止
- •1993年、NPT加盟前に核兵器の自主的廃棄を公表 (1970年代、80年代に秘密裏に核兵器6発を製造配備)
- ・国営電力エスコム(南アの約95%、全アフリカの約45%供給)



### 将来の原子力発電計画

- •2010年10月、電力統合資源計画(IRP: 2010-30年)案発表
- •2011年3月、閣議決定 原子力については6基超、合計960万kWの検討開始 仏、米、露、日、韓、中の企業が原子力発電所建設に関心表明



クバーグ原子力発電所

### PBMR導入計画(中止)

- -ペブルベッド・モジュール型高温ガス(PBMR): ベースは独の高温ガス炉技術
- ・南ア政府、エスコム、南ア産業開発公社、WH等 が開発に参画。
- -2010年9月、南ア政府、資金確保難等の理由で 計画中止を発表。
- ・日本の三菱重工(タービン)、原子燃料工業(燃 料製造)も関与。

#### 南アフリカの原子力発電所(運転中、提案中)

	名称	炉型	出力	初発電	閉鎖予定
運転中	クバーグ1	PWR	930MWe	1984年4月	2024年
ALTA I	クバーグ2	PWR	930Mwe	1985年7月	2025年
提案中	Thyspunt	6基超、PWR、計9600MWe、初発電2023-30年			

(注)運転中炉はネット出力、提案中炉はグロス出力。





## ナイジェリアの原子力開発

原子力規制庁(NNRA)



### 基礎情報

- ・面積 92.4万km2、 人口 1億7,400万人(アフリカ最大)
- ・発電設備 約600万kW、電力量 270億kWh(ガス63%、水力21%、石油16%)
- ・1人当たり電力 約34W/人、約150kWh/人

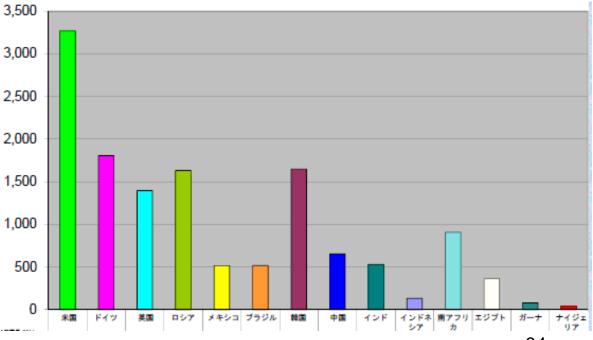
### 原子力発電計画

- ・2007年 政府、原子力計画技術枠組(ロードマップ)承認
- · 2009年 戦略計画採択:原子力発電 2020年100万kW、2030年400万kW
- ・ナイジェリア原子力委員会(NAEC)、
- ・2010年10月 詳細調査4サイト選定
- ・2009年3月/6月 ロシアと原子力 協力協定締結
- ・2011年7月 露口スアトムと原子力
- 発電所の建設・運転等に関する協力協定 2500
- ・2012年6月 露ロスアトムと原子力
- 発電所建設計画準備覚書締結、融資提案 2,000



アフマド・ベロ大学(ナイジェリア初の 研究炉がある)(同大学はアフリカでは カイロ大学に次ぐ規模)







# ※アルゼンチン(1基送電開始、1基着工)



(出所: Nucleoelectrica)

## 2014年2月、

小型炉Carem-25、着工

国産、機器の70%は国内企業が供給 2017年に燃料装荷予定

### 現在2基、100.5万kW運転中

2014年6月 アトーチャ2号機、送電開始 アルゼンチンで3基目 (アトーチャ3号機は中国が受注)







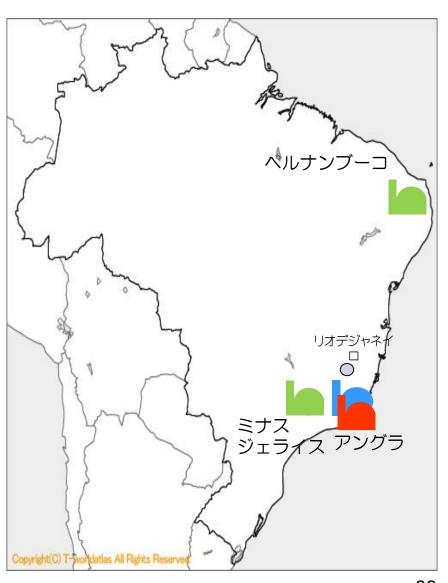
# ブラジル (3基目建設中)



:運転中	2基	189.6 万kW
:建設中	1基	140.5万kW
:計画中	8基	1,000~1,260 万kW



建設中のアングラ3号機の完成予想図 (*出所: Eletronuclear*)









# ロシアの原子力国際展開



### 1.ロシア(ソ連)の原子力開発の特徴

- ・幅広い基礎研究・開発研究
- ・クローズド燃料サイクル、高速増殖炉開発
- ·原子力発電拡大、国際展開(輸出拡大)
- ・エネルギー資源戦略の3本柱(石油、ガス、原子力)

### 2. 国営原子力企業ロスアトムの強み

- ・原子力全体を統括(燃料サイクル、廃棄物、メーカー、発電、R&Dなど)
- ・原子力輸出は、政府首脳外交の一つ。政府支援背景に融資提供。
- ·2030年目標

(収入:5倍増、原子力設備容量:2.5倍増、海外原子力発電所建設:30基)

## 3. 最近の輸出事例

- (0)ソ連時代は、世界の共産圏(主に東欧諸国)に原子炉を輸出
- (1)イラン・ブシェール1(運転中)、中国・田湾1,2(運転中)、 インド・クダンクラム1.2(近く運転予定)
- (2)建設中・建設契約など: ウクライナ・フメルニツキ3,4 ベラルーシ・オストロベツ1,2、インド・クダンクラム3,4 中国・田湾3,4、 バングラデシュ・ルプール1,2、 フィンランド・ハンヒキビ1 ベトナム・ニントウアン I -1,2、 ハンガリー・パクシュ5,6
- (3)初のB00(建設・所有・運転)方式採用: トルコ・アックユ1~4

## 4. 輸出・国際活動の専門機関、他

- ·輸出·国際活動の専門部隊(ASE、TENEX、Rusatom Overseas)
- ·国際人材育成 :中央先進訓練研究所(CICET) 、長期研修生受入れ
- ・(その他特徴)ファイナンシングにも強み、トップセールス、軍事とのセットも。



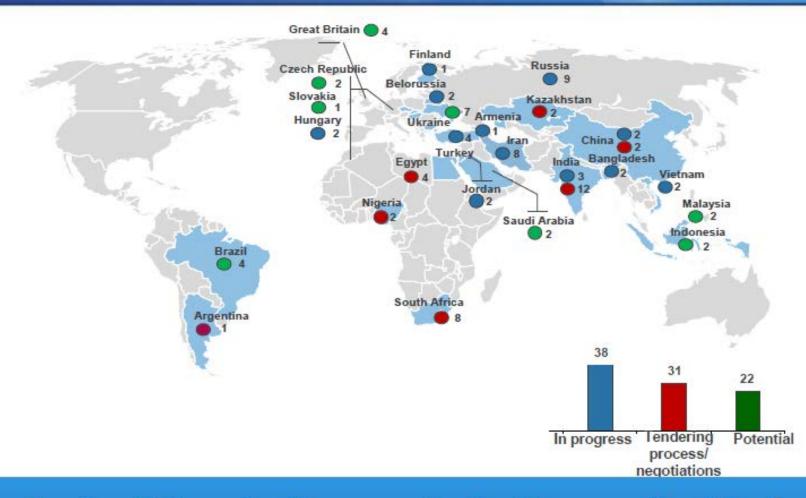
ロシアの遠心分離濃縮工場 (濃縮能力は世界のほぼ半分を占める)



ロシアが中国に建設した田湾1,2号機(3,4号機の建設も決まっている)

## ロスアトムのVVERの国際展開状況



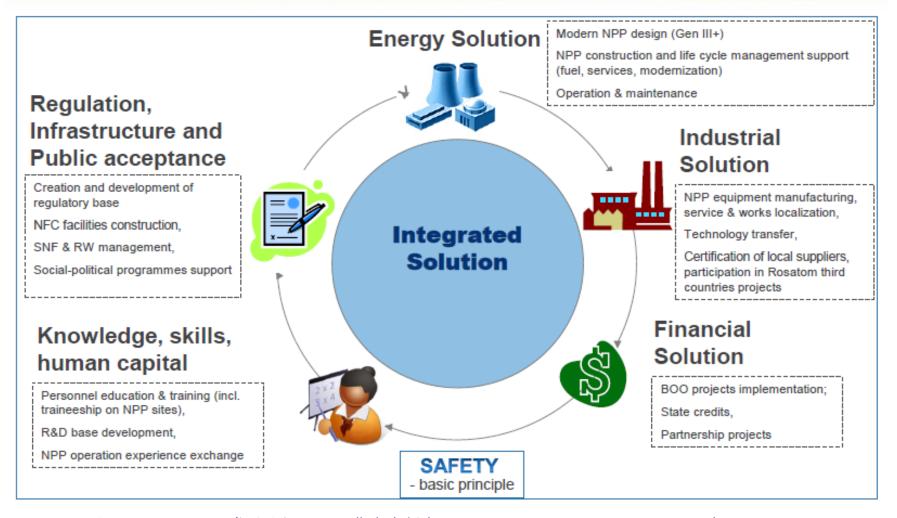


Rosatom NPP construction perspective backlog – more than 90 units





## ロスアトムのプラント建設ソリューション







# ロシアの原子炉輸出(実績と見通し)①



国	名称	炉型	建設費(推)	現状・資金調達など
ウクライナ	フメルニツキ2 ロブノ4	2×V-320 1000MW		運転中
イラン	ブシェール1	V-446、1000MW		運転中
中国	田湾1,2	2×AES-91		運転中
インド	クダンクラム1			運転中
インド	クダンクラム2	2×AES-92	30億\$	建設中
中国	田湾3,4	2×AES-91	40億\$	2012年12月から建設中
ベラルーシ	オストロベツ1,2	2×AES-2006	100億\$	融資90%、2013年建設開始
インド	クダンクラム3,4	2×VVER-TOI	58億\$	確認、融資85%、建設開始2014年?
バングラデシュ	ルプール1,2	2×AES-2006	40億ドル	確認、融資90%、建設開始2015年
トルコ	アックユ1~4	4×VVER-TOI	250億ドル	確認、BOO、建設開始2016年
ベトナム	ニントゥアン I - 1,2	2 × AES-2006	90億ドル	確認、融資85%、 建設開始2017年以降
フィンランド	ハンヒキビ1	1 × AES-2006	60億€	契約、ロスアトム34%、資本費75%、 融資アレンジ、建設開始2018年?
イラン	ブシェール2,3	2×VVER		建設契約2014年11月、NIAEP-ASE、 石油バーター/現金払い
アルメニア	メツァモール3	1 × AES-92	50億\$	契約、融資50%

90



# ロシアの原子炉輸出(実績と見通し)②



国	名称	炉型	建設費(推)	現状・資金調達など
中国	田湾7,8	2×AES-2006		計画中
ベトナム	ニントゥアン I - 3,4	2×AES-2006		計画中
ハンガリー	パクシュ5,6	2×AES-2006	125億€	計画中、融資80%
スロバキア	ボフニチェV3	1×AES-2006		計画中、ロスアトム51%所有可能性
ヨルダン	アルアムラ	2×AES-92	100億\$	計画中、BOO、資金手当て49.9%
エジプト	エルダバ	2×AES-2006		計画中、ロシアによる信用融資
インド	クダンクラム5,6	2×AES-92?		計画中
ブルガリア	ベレネ コズロドイ7	2×AES-92		取消、復活の可能性
ウクライナ	フメルニツキ	2×V-392完成	49億\$	(建設開始予定2015年、融資85%)
南アフリカ	Thyspunt	最大8×AES- 2006		大筋合意、詳細未定、融資、BOO
ナイジェリア		AES-2006?		大筋合意、詳細未定、融資、BOO
アルゼンチン		AES-2006		大筋合意、詳細未定、融資
アルジェリア	?	?		協定締結、詳細未定



# 仏アレバの原子力国際戦略例(数年前)



### ◆新規プラント建設(EPR/ATMEA)

交渉中	入札進行中	入札予定
中国CGNPC:台山3,4 インドNPCIL:ジャイタプール1,2	英ホライズン・ニュークリアパワー:ウィルファ3,4 芬フェンノボイマ:ビュハヨキ	南ア・エスコム、 芬TVO 英GDFスエズ・イベルドローラ
英EDF:ヒンクレーポイントC,D	チェコCEZ:テメリン3,4	東GDFスエス・イベルドローフ   蘭デルタ、 波PGE
▲ 仏EDF:パンリ3 *EDF:カルバートクリフス3	ョルダンJAEC	瑞バッテンフォール 加ニューブランズウィックパワー
米PPL:ベルベンド		米アメレン、 サウジアラビア
米デュークエナジー:パイクトン		

#### ◆2016年までに利益倍増

- ・フロントエンドサイクル供給の拡大
- ・福島第一原子力発電所事故後の安全作業市場の35%を確保(10年間で35億€と推定)
- ・一次系機器のリプレース、デジタルI&Cシステムの据付
- ・プール内の使用済み燃料の減量化(リサイクル又は乾式貯蔵)、プールの安全性改善

### ◆第3世代+炉(EPR)建設の世界リーダー(教訓の反映)

- ·現状の建設進捗率(オルキルオト3:82%、フラマンビル3:56%、台山1.2:63%)
- ・オルキルオト3と比較して、台山では、エンジニアリング期間約60%、コンクリ打設・ドーム据付期間約50%、調達期間約65%改善などにより、総合建設期間は約40%改善。
- ・台山の人員数は、オルキルオト3、フラマンビル3の50%。

### ◆◆仏政府の原子力国際戦略

- ・トップ外交を含む総合的アプローチ
- ·EDF、GDF-スエズの国際戦略と連携
- ·新規導入国向けの基盤整備支援の中核組織をCEAの下に国際原子力協力機構(AFNI)設置。



# 主な建設中、計画中のEPR



	原子炉名	玉	着工	営業運転	所有•運転者
	オルキルオト3	フィンランド	2005年8月	2018年?	TVO
建設中	フラマンビル3	フランス	2007年12月	2017年?	EDF
	台山1	中国	2009年11月	2016年末	CGNPC/TNPJVC
	台山2	中国	2010年4月	2017年	CGNPC/TNPJVC
	パンリ3	フランス	(建設中止)	_	EDF
   計画•	ヒンクリーポイントC-1	英国	_	2023年	EDF Energy/NNB Gen
計画・  提案中	ヒンクリーポイントC-2	英国	_	2024年	EDF Energy/NNB Gen
	サイズウェルC-1	英国	_	_	EDF Energy/NNB Gen
	サイズウェルC-2	英国	_	_	EDF Energy/NNB Gen
	ジャイタプール1	インド	2015,16?	_	NPCIL
	ジャイタプール2	インド	2015,16?	_	NPCIL
	カルバートクリフス3	米国	COL審査中	_	ユニスター
	ベルベンド1	米国	COL審査中	_	PPL(ユニスター)
	••••				

TNP/JVC(広東台山核電合営有限公司):中国広核集団(CGNPC)70%、仏電力公社(EDF)30%



## EPR初号機と2号機をめぐる状況



### オルキルオト3号機

2003年12月: TVO、アレバ・シーメンス企業連合に発注 (ターンキー契約、固定価格、32億€)

-2005年8月: 着工 (2009年5月の商業運転予定)

・数次に及ぶ遅延: 基礎コンクリートの品質問題、 二重格納容器構造の構築、デジタル計測制御問題等

・2014年8月: アレバ、商業運転開始を2年遅れの 2018年と発表。(試運転段階を2年間予定)

見積額 約32億€(当初)→ 約85億€

追加コスト負担で国際商業会議所(ICC)に仲裁手続き中 2014年10月:アレバの損害賠償請求26億€→35億€ TVOの損害賠償請求18億€→23億€

### フラマンビル3号機

-2007年12月: 着工 (2012年5月商業運転予定)

・数次に及ぶ遅延:

•2014年11月: EDF、運転開始予定変更 (2016年→2017年)

遅延の原因は機器納品、現場組み立ての遅れ等

•見積額 33億€(2005年当初) → 85億€

★2015年4月~: EPRのRPV上下部で高炭素濃度検出





(アレバHP掲載写真を引用)

# EPRの主な特徴・諸元



- ・仏のN4型炉と独のコンボイ型炉の進展型炉、 2004年に仏の設計承認を取得、 第3世代+炉
- •N4型炉より約10%経済性向上、 負荷変動に柔軟に対応、 フルMOX可能

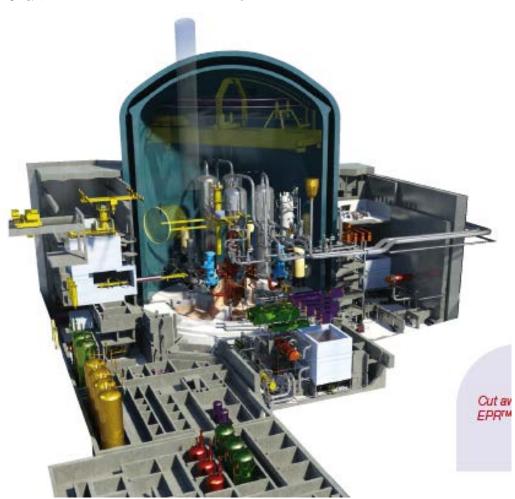
#### ●安全性:

- -二重格納容器(耐航空機衝突)
- •4系列の安全系(完全分離、冗長)
- ・コアキャッチャー(炉心燃料デブリ対応)
- •炉心溶融確率:10-6/年、

格納容器外放射性物質放出確率10-7/年

熱出力/熱出力	4590MWt/1650MWe
燃焼度	65GWD/t
熱効率	37%
稼働率(設計目標)	92%
ループ数	4
2次系蒸気圧力	77バール
運転サイクル期間	最大24ヶ月
集団線量	<0.5人Sv/年
設計供用期間	60年
1&C	フルデジタル

出典:WNA情報、アトミカ、アレバHP



## 中国、原子力輸出に注力



#### 仏独英日米韓豪加露、アルゼンチン、パキスタンなど25カ国と原子力協定締結

●パキスタンに供給(NPT非加盟国、NSG対象外国)

運転中:チャシュマ1、2号機は中国CNNCが供給(各32.5万kW·PWR、2000、11年運転開始) もう1基の運転炉はGE Canada製のCANDU炉のみ(13.7万kW、1972年運転)

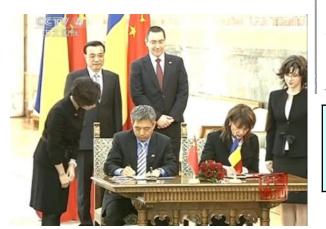
建設中:チャシュマ3.4号機も中国CNNC製(各34万kW·PWR、2011年着工)

2013年8月、中国CNNC、カラチ原子力発電所建設契約締結(ACP1000、2基、華龍1号に変更)。

- ●トルコへの原子力発電所輸出で競争
- ●イランに研究炉輸出、一時期、30万kW原子炉輸出商談
- ●2013年1月29日、CNNC、アルゼンチン・ニュークリア・エレクトリカと協力覚書締結 (従来の協力拡大)アルゼンチン4基目の原子炉受注を狙う
- ●2013年10月21日、CNNCとCGN、英ヒンクリーC原子力発電所建設に30~40%出資
- 合意 (2012年、中国は英ホライズン買収も計画したが、失敗)
- ●2013年11月29日、CNNC幹部、サウジのアブドラ国王科学技術都市訪問、サウジ技術開発 投資会社(TAQNIA)と協力覚書締結。
- ●2015年2月4日、 アルゼンチンのド・ビド計画相と中国国家能源局長、華龍1号建設協力協定に 署名、2016年末までの商業契約めざす。

毎日新聞、2013年10月22日

### 英原発受注 日中が火花



#### 東京新聞、2013年11月29日

東欧に原発、高速鉄道

#### 中国、セールス攻勢

中国とルーマニアの両首相

の見守る中、原子力発電協 力合意書に署名(2013年11 月25日)



96



# 中国の原子炉輸出(実績、見通し)※



围	名称	炉型	建設費(推)	ベンダー・現状・資金調達など
パキスタン	チャシュマ1,2	2×CNP-300		CNNC 運転中
パキスタン	チャシュマ3,4	2×CNP-300	23.7億\$	CNNC 建設中、中国融資82%(19\$)
パキスタン	カラチ2,3	2×華龍1号	96億\$	CNNC 計画中、ベンダー融資65億\$
ルーマニア	チェルナボーダ3,4	CANDU6		CGN 計画中、中国融資
アルゼンチン	アトーチャ3	CANDU6		CNNC 計画中、地元企業参画、 中国融資20億\$
アルゼンチン	アトーチャ4/他	華龍1号		CNNC ベンダー融資想定
英国	ブラッドウェル	華龍1号		CNNC/CGN
トルコ	第3サイト	華龍1号又はAP1400		SNPTC又はCGN 排他的交渉
南アフリカ		HTR600		CNEC



### CNNC、華龍1号の輸出方針発表

- •2015年5月6日 北京
- ・外国メディア9社含む46社が参加
- 銭智民総経理他が説明
- 輸出契約2件、協力枠組協定5件を締結済み
- ・約20カ国に積極的に売り込み展開中



## 米中原子力通商の意味合い



出所: 米原子力協会(NEI)資料

### 米中原子力協定(123協定、1985年成立、本年12月期限切れ)

- 2015年8月6日 協定更新の議会審議期間90日クリア
- •外交文書交換で正式発効へ

#### <米中協定更新の意義>

中国は世界最大の原子力市場としての重要性

中国の原子力発電規模: 2020年5.800万kW、2030年1.5億kW (米国を抜き世界最大の原子力国)

・米国に経済的メリット(Ux Consulting調査)

中国市場は、米企業に年間30億~70億ドル(計700億~2040億ドル)の価値、年間45,000人の直接雇用をもたらす

中国の安全・核不拡散にも貢献

米国の原子力安全文化や運転経験を共有、核セキュリティ、核不拡散政策にも影響

中国の地球温暖化対策に貢献

#### <米中の原子カビジネス関係>

- ·WH: 2007年7月 AP1000、4基の供給契約(推定80億ドル) 2014年9月 中国でのAP1000、8基追加建設に期待表明(数十億ドルの契約)、さらに追加建設も予想 関係企業 シカゴ・ブリッジ&アイロン(CB&I)、カーチスライト、SPXコーポレーション、ホルテック・インタ<sup>\*</sup>ナショナル、 プレシジョン・カスタム・コンポーネント(PCC)
- ·CB&I: 2014年7月 CNNCと覚書締結(運転保守)
- ·テラパワー: 2013年12月 両国政府間でテラパワーの進行波炉(TWR)協力で合意
- ·フルアー: 2014年12月 CNNCと覚書締結(広範な分野)
- ・エネルテック: 2013年 中国NNSAからバルブ認証を取得、など





# 韓国の原子力輸出



#### ●機器輸出の実績(斗山重工業)(1997~)

・中国向け:秦山Ⅲ-1、2 (NSSS) 、 秦山Ⅱ-3 (RV) 、三門1、海陽1 (RV、SG)

・米国向け:セコヤー1(取替用SG)、 ワッツバー1(取替用SG)、ANO2(取替用加圧器)
 エンタジー社(取替用RV蓋)、パロベルデ1、2、3(取替用RV蓋・CEDM)、セコヤー2(取替用SG)、 ボーグル3、4(RV、SG)、VCサマー2、3(RV、SG)、レビ・カウンティ1、2(RV、SG)

・日本向け: 東電(キャスク)

### ●ヨルダンから研究炉受注 (2009年12月優先交渉権、2010年3月契約)

韓国原子力研究所、大宇建設の企業連合

#### ●アラブ首長国連邦(UAE)から4基受注 (2009年12月) 初の原子力発電所輸出

#### ●韓国の原子力発電輸出産業化戦略(2010年1月)

- ◆背景 · 今後、原子力産業は自動車、半導体、造船などに続く最も有望な輸出分野。
  - ・過去30年間の経験と技術開発により、韓国型原子炉は世界的な競争力を確保。
- ◆輸出目標:・2012年までに10基、2030年までに80基輸出。
  - ・世界の新規原子力発電所建設の20%を占有(世界3大原子炉輸出大国へ跳躍)
- ◆期待効果(累計):・受注額、2012年500億ドル、2030年4000億ドル
  - ·雇用効果、2012年49,000人、2030年1,567,000人

#### ●最近の政府による原子力外交展開(例)

- ・2011年3,4月、モンゴルと原子力協力覚書締結。マレーシアと原子力協力強化で合意。
- ・2011年7月、インドと原子力協定締結。
- ・2011年11月、トルコの原子力発電所建設交渉入りで合意。サウジアラビアと原子力協定締結。 ベトナムの原子力発電所建設協力で一致。
- ・2012年3月、南アと原子力協力推進で合意。ベトナムの5,6号機建設計画の優先交渉権獲得。
- ・2012年5月、フィンランドと原子力協定に仮署名。

#### ★韓国電力「国際原子力大学院」(KINGS)

- ・リーダーレベルの原子力職業人育成を目的。2012年3月に最初の学生受入れ。
- ・毎年、韓国人50人、外国人50人受入方針。授業料、滞在費等は全てKINGS負担。英語で教育。

#### ♦ Qinshan Phase III #1&2 Steam Generator



#### ♦ Arkansas Nuclear One #2 Pressurizer





UAEのバラカ原子力発電所の起工式に 出席した李明博大統領(2011年3月14日)



# 新型軽水炉の国際市場展開動向



現状	開発者	原子炉名	MWe	進捗状況
運転中	GE日立 東芝	ABWR	1380	1996年以来、日本で複数基商業運転、台湾で2基建設中、米で設計認証1997年、英で設計認証申請中
建設中	WH	AP1000	1200-1250	中・米で各4基建設中、中で多数計画中、米で設計 認証2005年、加の設計認証手続き中
	アレバ	EPR	1750	仏で設計承認、芬1基・仏1基・中2基建設中
	韓KHNP	APR1400	1450	韓・新古里、新ハヌルで各2基建設中、UAEバラカで 3基建設中、米で設計認証申請中
	CNNC&CGN	華龍1号	1150	中国の主要輸出炉設計、福清5,6で建設中
	ギドロプレス	VVER-1200	1200	レニングラード II 、ノボボロネジ II で建設中 (AES-2006)
計画中	GE日立	ESBWR	1600	米フェルミ、ノースアナで計画中 米で設計認証2014年
	三菱重工	APWR	1530	敦賀で計画中、米でUS-APWR設計認証申請中 EUでEU-APWR設計承認2014年
	アレバ/三菱 重エ	Atmea1	1150	トルコ・シノップで計画中、仏で設計承認2012年 加で設計認証手続き中
	ギドロプレス	VVER-TOI	1300	露ニジニノブゴロド、トルコ・アックユで計画中 EUR認証手続き中





# JAIF

**Nuclear Energy** 

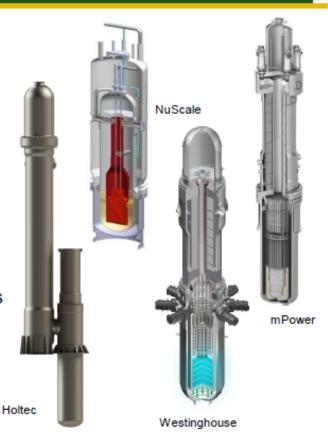
## 小型モジュール炉(SMR) 技術への関心の高まり

### ■ Safety benefits

- Passive decay heat removal by natural circulation
- Simplified design eliminates/mitigates several postulated accidents
- Below grade reactor sites
- Potential for reduction in Emergency Planning Zone

#### ■ Economic benefits

- Reduced financial risk
- · Flexibility to add units
- Right size for replacement of old coal and other plants
- Frees up hydrocarbons for export or reduce need for fuel imports
- Job and skill creation



mPower and NuScale have been selected for the Department of Energy \$452M SMR Licensing Technical Support Program





# JAIF

## 世界的に開発進むSMR技術

#### Nuclear Energy

#### Russia

- KLT-40S is a 35 MWe barge mounted PWR Available for commercial deployment
- Other SMR designs: VBER-150/300, VK-300, ABV & SVBR-100 (lead-bismuth variant)

#### ■ Korea

- SMART is a 90-100 MWe PWR
  - Plan to begin operation of a demonstration plant in 2017
  - Could be used for electricity and/or non-electric applications such as desalination

#### ■ China

- ACP100 is a 100 MWe PWR
  - Plan to begin construction of a 2 module plant in 2015
  - Could be used for electricity, heat or desalination
- HTR-PM is a High Temperature Gas-Cooled Reactor
  - First nuclear concrete poured December 2012

### Argentina

- CAREM-25 is a 25 MWe PWR
  - Plan to complete construction of a prototype in 2017
  - Could be used for electricity, desalination or as a research reactor
- Full scale 200 MWe CAREM reactor to follow in early 2020's
   Copyright © JAPAN ATOMIC INDUSTRIAL FORUM, INC



~ CAREM-25's Basemat February 2014 © Ministry of Federal Planning





## 第4世代原子カシステム 国際フォーラム(GIF)

### **Nuclear Energy**

#### Generation I



Bla Rock Point, GE BWR

#### Early prototypes

- · Calder Hall (GCR)
- Douglas Point (PHWR/CANDU)
- · Dresden-1 (BWR)
- Fermi-1 (SFR)
- · Kola 1-2 (PWR/VVER)
- Peach Bottom 1 (HTGR)
- Shippingport (PWR)

#### Generation II



Diablo Canyon, Westinghouse PWR

#### Large-scale power stations

- Bruce (PHWR/CANDU)
- Calvert Cliffs (PWR)
- Flamanville 1-2 (PWR)
- · Fukushima II 1-4 (BWR)
- · Grand Gulf (BWR)
- Kalinin (PWR/VVER)
- Kursk 1-4 (LWGR/RBMK)
- · Palo Verde (PWR)

#### Generation III / III+



Kashiwazaki, GE ABWR



Olkiluoto 3 AREVA PWR

#### Evolutionary designs

- ABWR (GE-Hitachi: Toshiba BWR)
- ACR 1000 (AECL CANDU PHWR)
- AP1000 (Westinghouse-Toshiba PWR)
- APR-1400 (KHNP PWR)
- APWR (Mitsubishi PWR)
- Atmea-1 (Areva NP) -Mitsubishi PWR)
- CANDU 6 (AECL PHWR)

- EPR (AREVA NP PWR)
- · ESBWR (GE-Hitachi BWR)
- Small Modular Reactors
- B&W mPower PWR
- CNEA CAREM PWR
- India DAE AHWR
- KAERI SMART PWR
- NuScale PWR OKBM KLT-405 PWR
- VVER-1200 (Gidropress PWR)

#### **Generation IV**

Safe Secure Sustainable Competitive Versatile

Arriving - 2030

#### Innovative designs

- GFR gas-cooled fast reactor
- · LFR lead-cooled fast reactor
- . MSR molten salt reactor
- · SFR sodium-cooled fast reactor
- · SCWR supercritical watercooled reactor
- · VHTR very high temperature reactor

Copyright © JAPAN ATOMIC INDUSTRIAL FORUM, INC

2090

# 高速炉開発 進行中



玉	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
	トムスク (BREST300)	300MW	鉛冷却、2020年完成目標
	ディミトロフグラード (SVBR100)	100MW	鉛ビスマス冷却、2019年発電開始目標
中国	高速実験炉 CEFR	25MW	2011年発電開始
	高速原型炉 BN800	800MW	ロシアから導入、近く着工の可能性
インド	高速実験炉 FBTR	13MW	1985年運転開始
	高速原型炉 PFBR	500MW	2015年運転開始予定
フランス	プロトタイプ炉ASTRID	600MW	基本設計中(2025年頃運転開始予定)



2014年6月、 ベロヤルスク4号機(高速炉BN-800)、初臨界達成



# 将来炉開発も進行中



ロシア

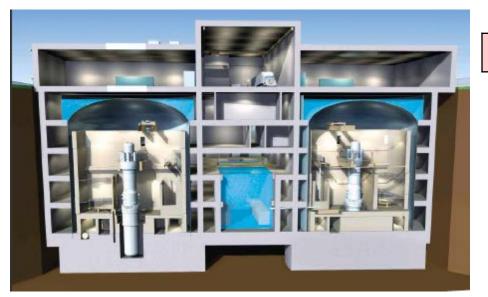
浮揚型原子力発電プラント

僻地向けに熱電併給 舶用炉KLT-40S利用 2016年の引渡し予定

中国

高温ガス炉

2012年 石島湾(20MW)着工 2017年 運転開始予定





浮揚型原子力発電プラント (出所: Rosatom)

米国

小型モジュール炉(SMR)開発

#### DOEが開発支援計画(2022年実用化目標)

- B&WのmPower炉(18万kW)
- ニュースケールパワーの小型PWR (4.5万kW)
  - •

(出所: B&W)