

# 韓国の原子力



2018年8月  
JAIF 国際部

# 目次

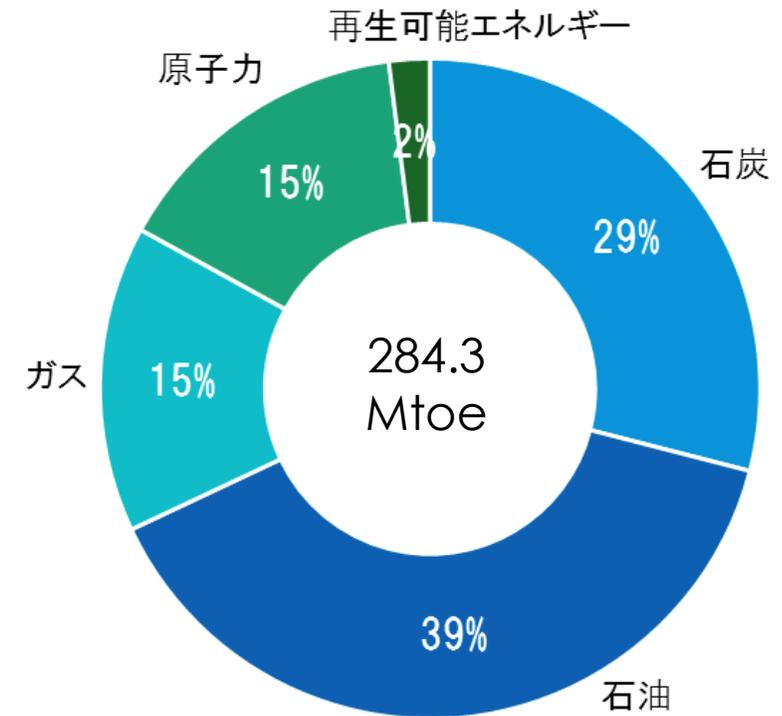
- 韓国概観
- 韓国の電源構成
- 韓国の原子力の特徴
- 韓国の原子力発電所（1）～（3）
- 韓国の設備利用率推移
- 韓国の主な原子力関係機関
- 韓国のサプライチェーン
- 韓国の原子炉技術自立の歩み
- 韓国の原子力発電所着工推移
- 韓国初の原子力発電所・古里1号機
- 福島第一原子力発電所事故後の安全対策
- 米韓原子力協力協定改定
  - －パイロプロセッシング（乾式再処理技術）
- 慶州地震
- 文在寅政権下の原子力政策
  - －脱原子力政策に転換（1）（2）
  - －第8次電力需給基本計画
  - －UAE・バラカ1号機 竣工式
  - －UAEへの原子力輸出プロジェクトの概略
  - －韓国の主な原子力国際展開
  - －SMART（一体型モジュール先進炉）
  - －月城1号機の早期閉鎖
- 韓国の廃止措置
  - －古里1号機の廃止措置
  - －廃止措置によって発生する廃棄物の予想量
  - －中・低レベル放射性廃棄物処分施設の概要
  - －使用済燃料管理の現状と今後
  - －高レベル放射性廃棄物管理計画のスケジュール

# 韓国概観

項目	
面積	約10万km <sup>2</sup> (日本の約4分の1)
人口	約5,127万人(2016年韓国統計庁)
首都	ソウル
主要産業	電気・電子機器, 自動車, 鉄鋼, 石油化学, 造船
GDP	1兆7,900億ドル(2016年)
経済成長率	3.1%(2017年)
一次エネルギー供給量	284.3 Mtoe(石油換算100万トン)(2016年)
一人当たりの一次エネルギー供給量	5.59 toe(石油換算トン)(2016年)
エネルギー生産量	51.42 Mtoe(石油換算100万トン)(2015年)
エネルギー自給率	17% (原子力を含まない場合2%)

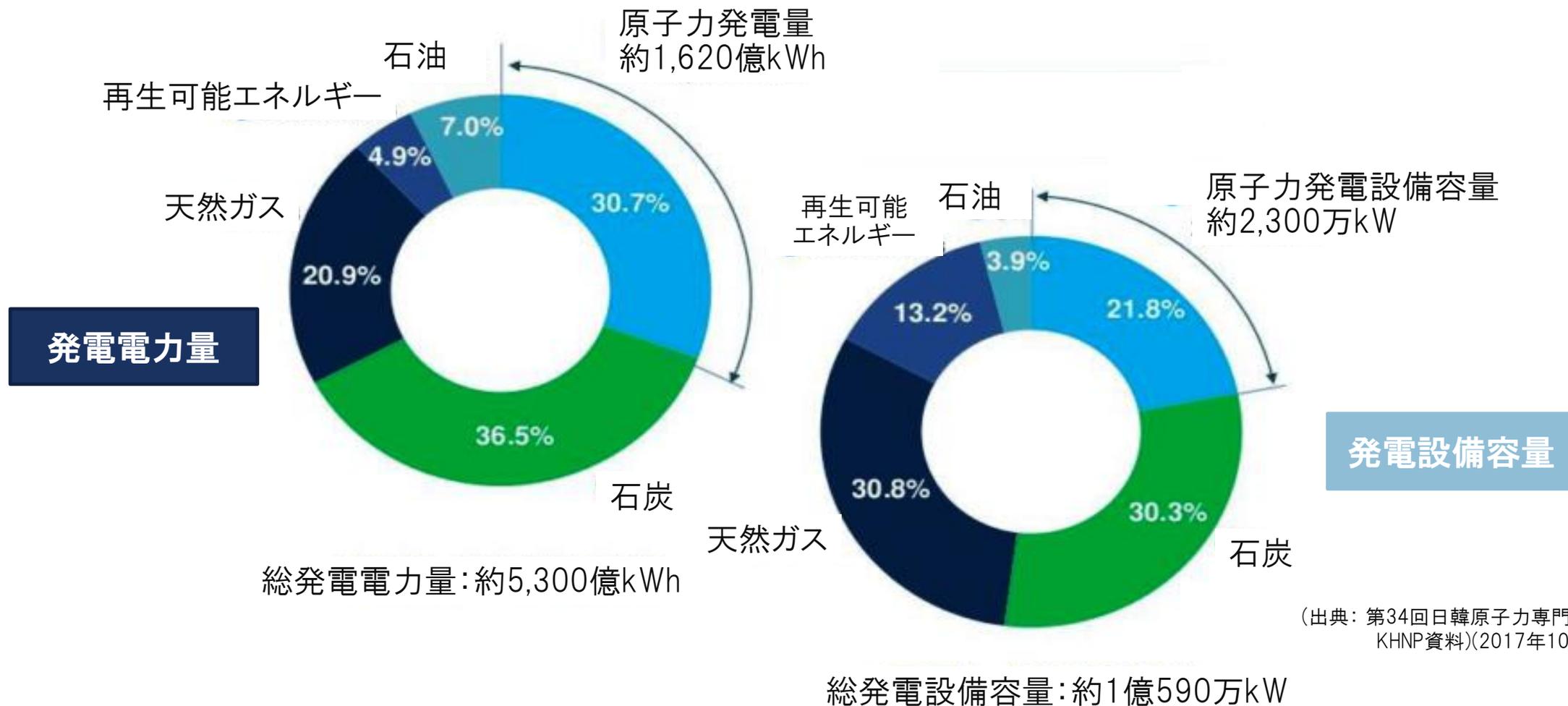
(出典: 外務省ウェブサイト  
IEA Korea-Energy System Overview  
IEA Statistics“Korea”: Indicators for 2015)

韓国の一次エネルギー供給構成(2016年)



(出典: IEA Korea-Energy System Overview)

# 韓国の電源構成（2016年）



(出典: 第34回日韓原子力専門家会合  
KHNP資料)(2017年10月)

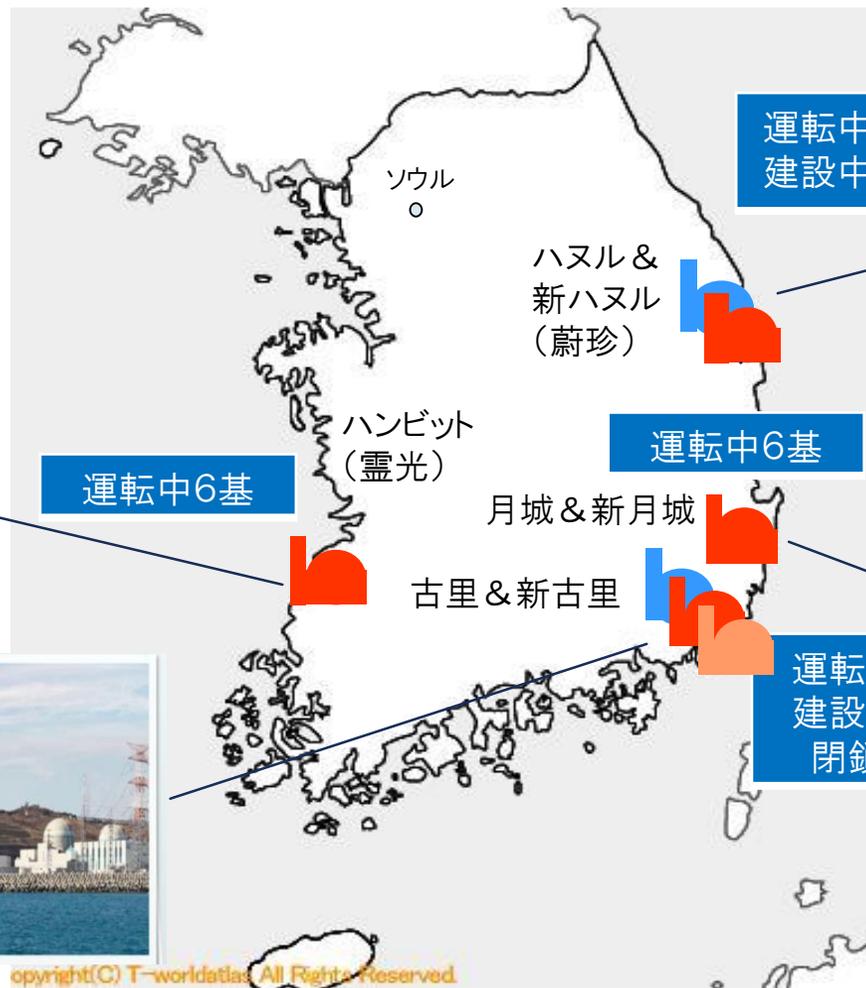
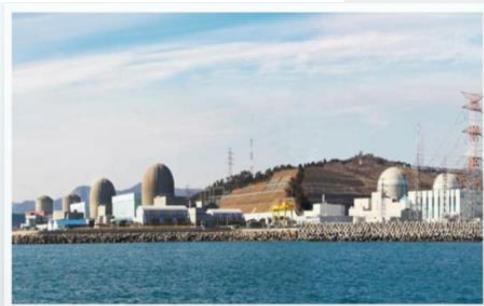
# 韓国の原子力の特徴

- 世界でも主要な原子力発電国（設備容量世界第6位）であり、原子力輸出国。現在、UAEで4基（APR1400＝韓国第三世代炉）が建設中（総額200億ドル）
- 24基が稼働中で、原子力シェアは約1/3（原子力発電設備容量は約2,250万kW）
- 原子力発電はこれまで戦略的に優先度が高いものであったが、現在の文大統領は脱原子力政策にシフト
- 米韓原子力協定において韓国は再処理とウラン濃縮が禁止されているが、韓国政府はその制約を取り払うことを悲願としている

# 韓国の原子力発電所 (1)

運転中		24基	2252.9万kW
建設中		5基	700.0万kW
閉鎖		1基	58.7万kW

注: 運転中には早期閉鎖が決定した月城1号機も含む



運転中6基  
建設中2基



運転中6基

運転中6基  
建設中3基  
閉鎖1基



## 韓国の原子力発電所（2）

発電所名	出力（万kW） グロス出力	炉型	着工 （年/月）	営業運転開始 （年/月/日）	主契約者
ハンビット-1（靈光-1）	95.0	PWR（WH F）	1980.10	1986.8.25	WE
ハンビット-2（靈光-2）	95.0	PWR（WH F）	1980.10	1987.6.10	WE
ハンビット-3（靈光-3）	100.0	PWR（OPR1000）	1989.6	1995.3.31	HANJUNG
ハンビット-4（靈光-4）	100.0	PWR（OPR1000）	1989.6	1996.1.1	HANJUNG
ハンビット-5（靈光-5）	100.0	PWR（OPR1000）	1996.9	2002.5.21	DOOSAN
ハンビット-6（靈光-6）	100.0	PWR（OPR1000）	1996.9	2002.12.24	DOOSAN
ハンウル-1（蔚珍-1）	95.0	PWR（France CPI）	1981.1	1988.9.10	FRAMATOME
ハンウル-2（蔚珍-2）	95.0	PWR（France CPI）	1981.1	1989.9.30	FRAMATOME
ハンウル-3（蔚珍-3）	100.0	PWR（OPR1000）	1992.5	1998.8.11	HANJUNG
ハンウル-4（蔚珍-4）	100.0	PWR（OPR1000）	1992.5	1999.12.31	HANJUNG
ハンウル-5（蔚珍-5）	100.0	PWR（OPR1000）	1999.1	2004.7.29	DOOSAN
ハンウル-6（蔚珍-6）	100.0	PWR（OPR1000）	1999.1	2005.4.22	DOOSAN
古里-2	65.0	PWR（WH F）	1978.7	1983.7.25	WE
古里-3	95.0	PWR（WH F）	1979.6	1985.9.30	WE
古里-4	95.0	PWR（WH F）	1979.6	1986.4.29	WE
新古里-1	100.0	PWR（OPR1000）	2005.1	2011.2.28	DOOSAN

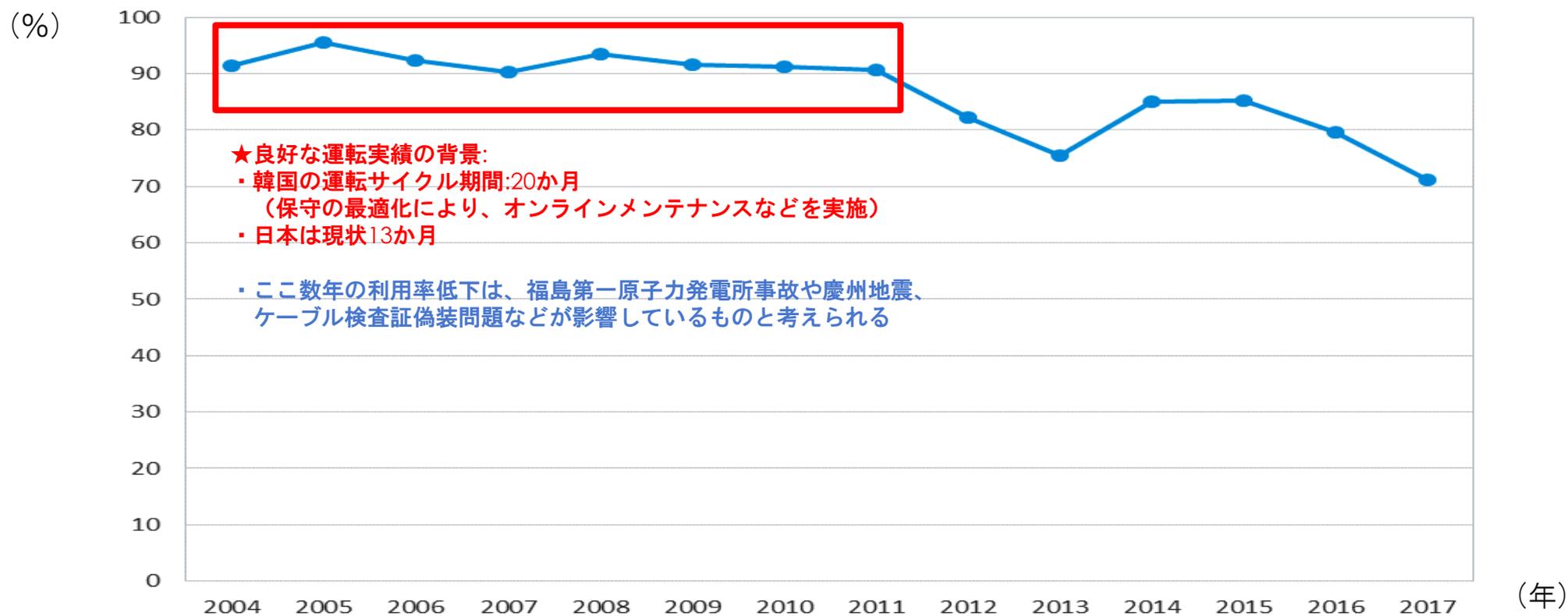
（出典：JAIF「世界の原子力発電開発の動向2018」）

## 韓国の原子力発電所（3）

発電所名（運転中）	出力（万kW） グロス出力	炉型	着工 （年/月）	営業運転開始 （年/月/日）	主契約者
新古里-2	100.0	PWR（OPR1000）	2005.1	2012.7.20	DOOSAN
新古里-3	140.0	PWR（APR1400）	2007.9	2016.12.20	DOOSAN
新月城-1	100.0	PWR（OPR1000）	2005.10	2016.7.31	DOOSAN
新月城-2	100.0	PWR（OPR1000）	2005.10	2015.7.24	DOOSAN
月城-1（2018年6月閉鎖決定）	67.9	PHWR（CANDU-6）	1977.6	1983.4.22	AECL
月城-2	70.0	PHWR（CANDU-6）	1991.10	1997.7.1	AECL
月城-3	70.0	PHWR（CANDU-6）	1993.8	1998.7.1	AECL
月城-4	70.0	PHWR（CANDU-6）	1993.8	1999.10.1	AECL
発電所名（建設中）	出力（万kW） グロス出力	炉型	着工 （年/月）	営業運転開始（予定） （年/月/日）	主契約者
新ハンウル-1（新蔚珍-1）	140.0	PWR（APR1400）	2010.4	2018.12	DOOSAN
新ハンウル-2（新蔚珍-2）	140.0	PWR（APR1400）	2010.4	2019.10	DOOSAN
新古里-4	140.0	PWR（APR1400）	2007.9	2018.9	DOOSAN
新古里-5	140.0	PWR（APR1400）	2017.4.3	2022.3	DOOSAN
新古里-6	140.0	PWR（APR1400）		2023.3	DOOSAN
閉鎖					
古里-1（2017年6月永久閉鎖）	58.7	PWR（WH 60）	1971.8	1978.4.29	WE

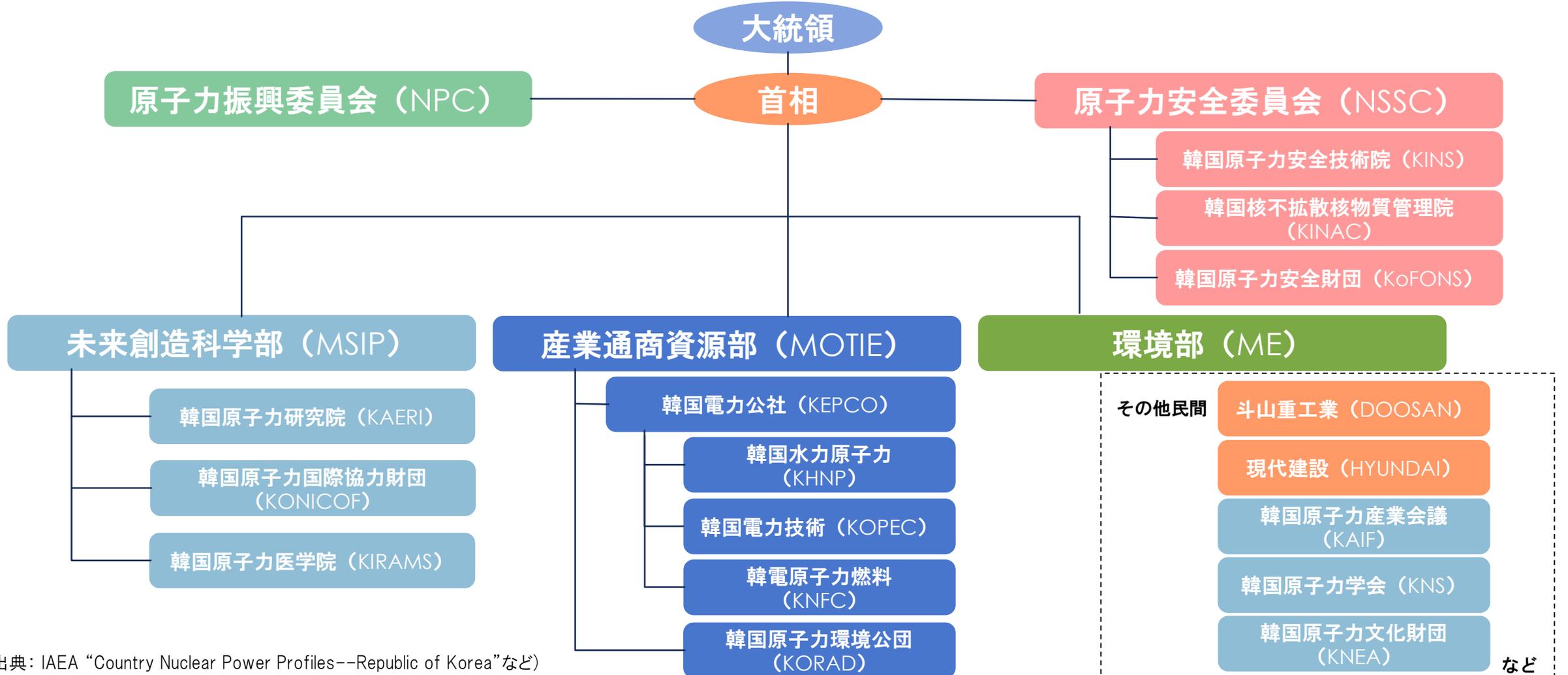
（出典：JAIF「世界の原子力発電開発の動向2018」）

# 韓国設備利用率推移

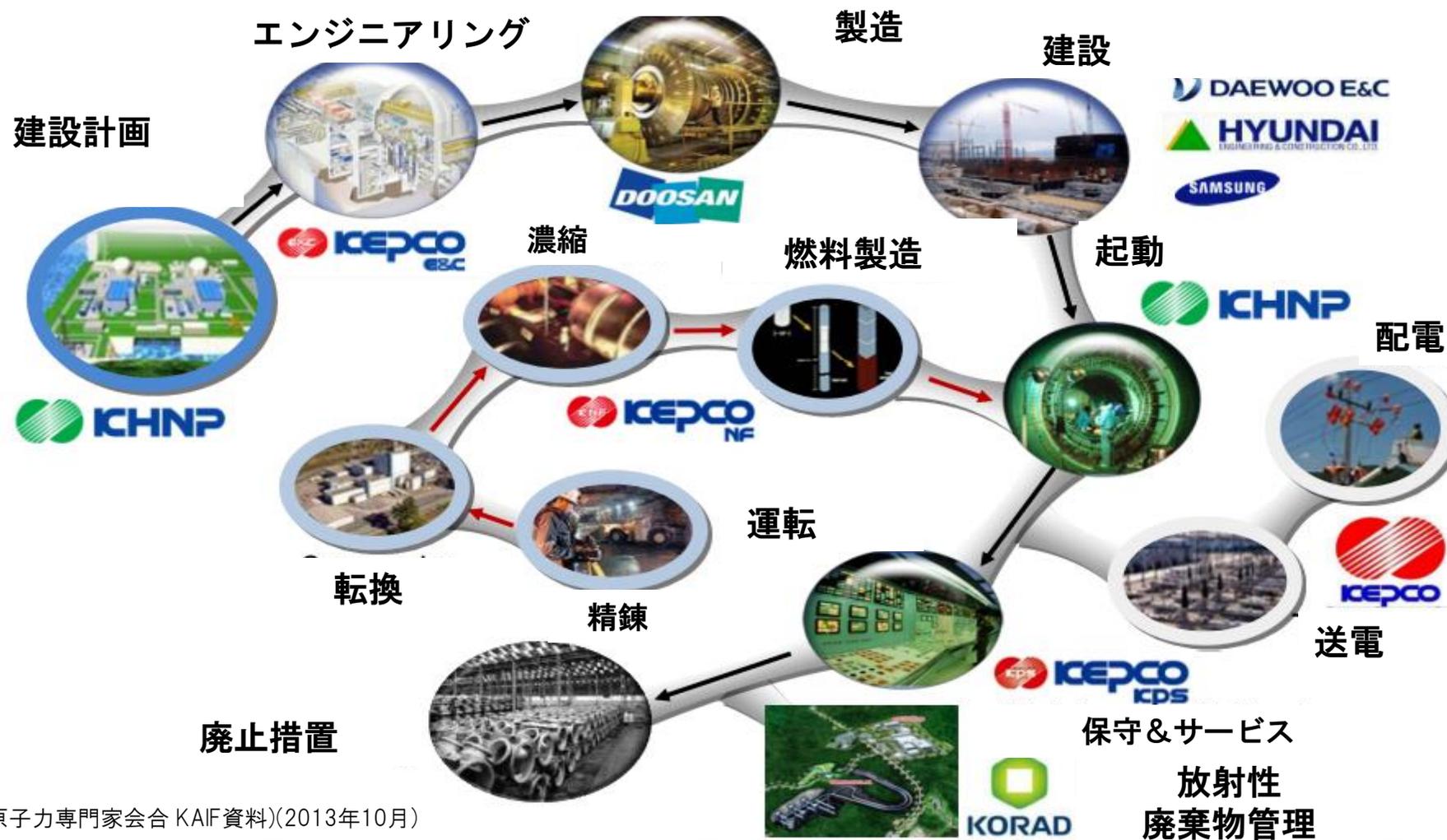


年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
設備利用率(%)	91.4	95.5	92.3	90.3	93.4	91.7	91.2	90.7	82.3	75.5	85.0	85.3	79.7	71.2

# 韓国の主な原子力関係機関



# 韓国のサプライチェーン



製造 : Doosan  
 建設 : Hyundai  
 Daewoo  
 Samsung

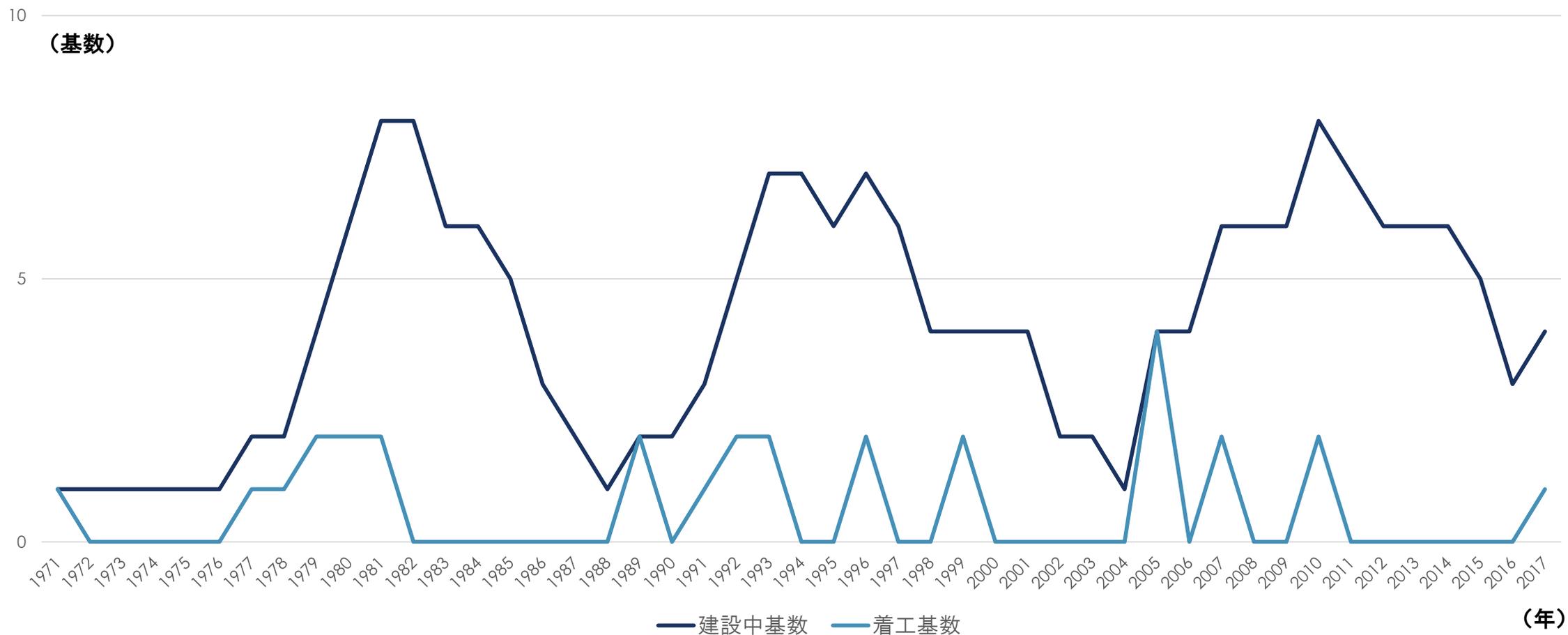
(出典: 第32回日韓原子力専門家会合 KAIF資料)(2013年10月)

# 韓国の原子炉技術自立の歩み



(出典: 第34回日韓原子力専門家会合 KHNP資料など)  
(2017年10月)

# 韓国の原子力発電所着工推移



(出典: JAIF「世界の原子力発電開発の動向2018」の情報などを基に作成)

## 韓国初の原子力発電所・古里1号機（1978年）

- 設備容量：58.7万kW
- 建設期間：6年8カ月（'71.8～'78.4）
- プロジェクト形式：ターンキー契約（米国ウェスチングハウス）
- 建設コスト：1,560億ウォン（外国資本：1億7,000万ドル）

→ 当時、国家最大の建設プロジェクト

（ソウル－釜山高速道路建設費：420億ウォン）



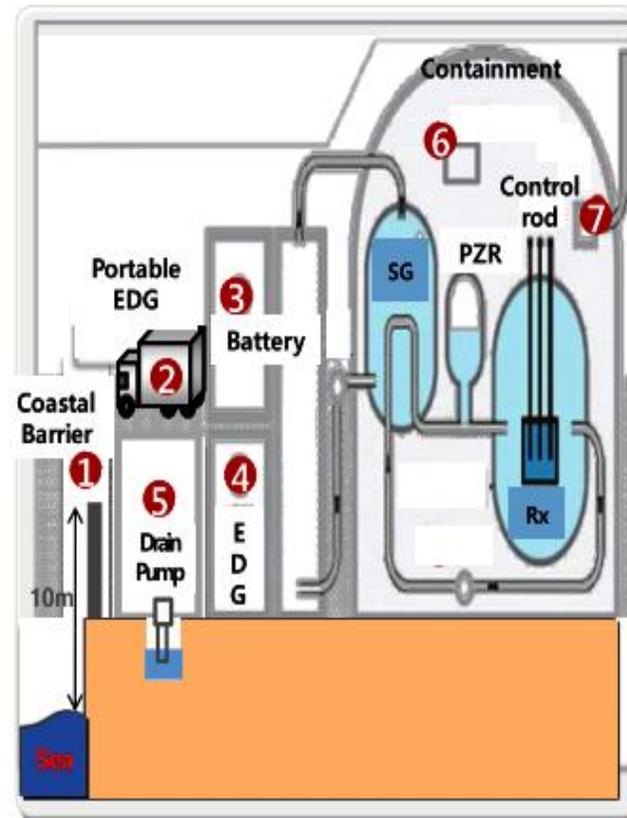
（出典：第30回日韓原子力産業セミナー KHNP資料）（2009年10月）ならびに  
（第33回日韓原子力セミナー KEPCO資料）（2015年10月）を一部編集

# 福島第一原子力発電所事故後の安全対策

- 事故直後、韓国は直ちに原子力発電所の安全点検を実施。調査に基づき、(巨大地震・津波等)重大な自然災害対策として56項目の中短期的計画を立案

## ■ 安全確保・自然災害対策の基本

- 一 自然災害発生時には、原子炉を自動停止させ、安全を確保
- 一 浸水時には、非常電源システムを確保、原子炉を冷却
- 一 過酷事故発生時には、被害を最大限減らす努力をする
- 一 放射線緊急事故時には、迅速な安全対応能力を整える



## <安全性向上の取組>

### 56の中短期的計画

- ① 海岸の防潮堤を波の高さよりも高く改築@古里サイト
- ② 移動型非常用電源車輛の準備
- ③ 洪水による緊急時電源の安全性確保
- ④ 主要建物における防水扉の整備
- ⑤ 防水排水ポンプの整備
- ⑥ 電源なしでも作動する水素除去装置の配備
- ⑦ フィルターベント設備の設置



2015年までの実施に約10億ドル投入

# 米韓原子力協力協定改定

- 米韓原子力協定締結(1973年3月発効、2014年3月期間満了)
  - ※米国原子力法(1954年)第123条において二国間原子力協定について規定
  - 一核物質の供給を制約し、韓国での再処理および濃縮禁止を規定
- 改定米韓原子力協定に正式署名(2015年6月15日、同11月25日発効)
  - ・2010年に始まった協定の改定交渉で、韓国は乾式再処理(パイロプロセッシング)が可能になるよう米国側と折衝
  - ・米国は、韓国の要求に否定的立場
    - 限定条件付きで、韓国に濃縮・再処理に一定の道筋

## <改定米韓原子力協定の骨子>

- ・次官級の常設協議体を設置
- ・韓国は、再処理の一部工程を米国の個別同意なく実施できる(場所は既存の研究所に限定)
- ・韓国による将来の20%未満のウラン濃縮は常設協議体で検討
- ・韓国は、米国の個別同意なく、米国産の原子力関連設備を第三国に再輸出できる
- ・協定の有効期間:20年



協定に署名した韓国の尹炳世外務部長官(当時)とモニッツDOE長官(当時)

# パイロプロセッシング（PYROPROCESSING、乾式再処理技術）

- 高温かつ電気化学的手法で、使用済燃料に含まれるさまざまな核物質を分離、精錬（韓国原子力研究院が研究）
  - ウランを回収し、次世代原子炉「ナトリウム冷却高速炉(SFR)」の燃料に利用
  - 使用済燃料の処分サイトの容積や設置面積の大幅減が可能
  - 工程上Puが抽出される恐れがない（核拡散抵抗性が高い）
  - 2025年までにプロトタイプ設備（100 t/年）を、2028年までにSFR（実証炉）をそれぞれ完成予定
- 2011年、米国とパイロプロセッシングを10年間共同研究することで合意



パイロプロセッシング一貫工程試験施設「PRIDE（PyROprocess Integrated inactive DEMonstration facility）」

（出典: KAERI 韓国原子力研究院）

# 慶州地震（2016年9月12日）

- 2016年9月12日、慶州市でM5.1とM5.8の地震がそれぞれ発生  
M5.8は、1978年の観測開始以来、朝鮮半島では最大規模
    - －12日深夜、地震の規模が発電所の手動停止基準(0.1G、98ガル以上)を超えていたことから、月城1～4号機を手動停止し、安全点検を実施
    - －隣接する新月城は、敷地の地盤や地質の状態が異なるため地震分析値は停止基準を超えておらず、通常運転を継続
    - －他の原子力発電所も点検を実施、施設に安全上の問題はなく、通常運転を確認
  - 同9月13日、国民安全庁(当時)、  
月城1～4号機に異常はないと発表
  - 同12月5日、原子力安全委員会(NSSC)、  
安全点検の結果、月城1～4号機の再稼働を許可
- ★KHNPは慶州地震後、原子力発電所の耐震性に関する国民の不安を和らげるべく、安全関連の設備の補強に取り組む



月城1～4号機 (出典: KHNP)

# 文在寅政権下の原子力政策 脱原子力政策に転換（1）

- 2017年6月19日\*、文在寅大統領(大統領就任日:2017年5月10日)、古里1号機(PWR、58.7万kW)の永久停止式典で、脱原子力宣言
  - 一新規建設を全面白紙化し、設計寿命を超えた原子力発電所の運転期間延長せず
  - 一新古里5、6号機(PWR=APR1400、140.0万kW×2基)の建設工事中断。中止の最終決定は、公論化委員会(市民陪審員)に委ねる



古里1号機の永久停止式典で演説する文大統領  
(出典: 韓国大統領府)

★世界の科学者や環境保護者ら、  
文大統領に脱原子力政策の再考を  
促す書簡を發出(2017年7月)

Dear President Moon,

We are writing as scientists and conservationists to urge you to consider the climate and environmental impacts of a nuclear energy phase-out in South Korea.

Over the last 20 years, South Korea has earned a global reputation for its ability to build well-tested and cost-effective nuclear plants. South Korea is the only nation where the cost of nuclear plant construction has declined over time. And in United Arab Emirates, South Korean firm Kepco has proven it can build cost-effective nuclear power plants abroad just as it can at home.

There is a strong consensus among climate policy experts that an expansion of nuclear energy will be required to significantly reduce carbon emissions and improve air quality. The Intergovernmental Panel on Climate Change, the International Energy Agency, and dozens of climate scientists and energy experts have affirmed the importance of nuclear energy to climate mitigation.

South Korea's nuclear industry is especially important given the financial failures of French nuclear giant Areva and Japanese-owned and U.S.-based Westinghouse. If South Korea withdraws from nuclear then only Russia and China would be in the global

出典: Environmental Progress

\*: KHNPは2015年6月、理事会で古里1号機を2017年6月で廃炉とすることを決定。同機は2017年に10年の運転期間延長済。  
2度目の運転期間延長をめぐるっては、様々な議論があり、賛成、反対の意見が拮抗するなか、最終的に政府がKHNPに対して「廃炉勧告」を出していた(2015年6月)

## 脱原子力政策に転換（2）...原子力輸出は支援継続

- 2017年10月20日、公論化委員会、新古里5、6号機(APR1400)の工事継続を政府に勧告  
〈討論型世論調査による最終結果〉
    - ・建設再開59.5%、中止40.5%
    - ・今後のエネ政策について、原子力縮小53.2%、維持35.5%、拡大9.7%
  - 2017年10月24日、新古里5、6号機の建設再開と脱原子力政策を実現するためのロードマップを閣議決定
    - 一老朽化した原子炉の閉鎖や再エネの拡大で、現在の24基から2031年に18基、2038年に14基へと段階的に削減、新設6基の建設も白紙化

★一方、韓国企業による原子力輸出の支援継続も併せて表明
  - 2017年10月、KHNP、EU-APR(欧州向け輸出原子炉)の設計認証取得
  - 2017年12月、KEPCO、東芝傘下の英ニュージェン社株100%買収の優先交渉権獲得\* 一英ムーアサイドに韓国製原子力発電所建設の可能性
    - \*東芝は2018年7月、KEPCOのニュージェン社買収(100%)の優先交渉権を解除、但し交渉自体は継続
- ★なお韓国は今後、廃止措置技術開発にも注力する方針  
(韓国政府は2015年10月、安全で経済的な廃炉と関連産業振興のため、原子力発電所の廃止措置産業育成に関する政策を発表)



新古里5、6号機の建設再開を発表するMOTIE長官  
(出典: MOTIE 産業通商資源部)



新古里5、6号機の完成予想図(出典: KHNP)

# 第8次電力需給基本計画（2017～2031年）

- 再生可能エネルギーと天然ガスを大幅に拡大、段階的に石炭と原子力の縮小めざす(2017年12月29日閣議決定)
- 現在建設中の原子炉5基はそのまま完成させる一方、6基の新設の全面白紙化や老朽原子炉10基の運転寿命\*延長禁止、延長運転中の月城1号機の早期閉鎖を盛り込む

## 2030年の発電設備容量

単位:1GW=100万kW カッコ内は2017年の数値

再エネ	天然ガス	石炭	原子力
58.5 (11.3)	47.5 (37.4)	39.9 (36.8)	20.4 (22.5)

## 2030年の発電シェア

単位:% カッコ内は2017年の数値

再エネ	天然ガス	石炭	原子力
20 (6.2)	18.8 (16.9)	36.1 (45.3)	23.9 (30.3)

(出典: MOTIE 産業通商資源部、原子力産業新聞)

\*古里1号機と月城1号機の設計寿命は30年。それ以外の原子炉の設計寿命は40年

# UAE・バラカ1号機 竣工式

- 2018年3月26日、文在寅大統領、UAEのバラカ1号機(APR1400)の竣工式に出席  
—原子力輸出に注力する方針を表明

ユニット名	出力 (グロス、万kW)	着工年月日	運転開始予定
バラカ1号機	139.0	2012.7.18	2019年末 /2020年初頭
バラカ2号機	139.0	2013.5.28	2020年?
バラカ3号機	139.0	2014.9.24	2021年?
バラカ4号機	139.0	2015.7.30	2021年?

(出典: JAIF「世界の原子力発電開発の動向2018」  
WNA "Nuclear Power in the United Arab Emirates")

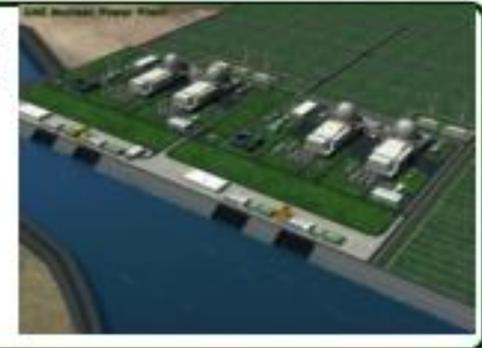


(出典: 韓国大統領府)

# UAEへの原子力輸出プロジェクトの概略



- 契約締結日: 2009年12月27日
- 設計・調達・建設: APR1400×4基
- 参考プラント: 新古里3、4号機
- 完成目標: 2017年3月（契約当初）



## プロジェクト実施体制



# 韓国の主な原子力国際展開

国名	名称	炉型	現状など
アラブ首長国連邦(UAE)	バラカ1～4号機	APR1400	建設中。プロジェクト総額204億ドル。初号機の運転開始は2019年末/2020年初頭を予定
サウジアラビア		SMART	導入に向けて事前検討中。少なくとも2基建設。第三国への輸出協力も視野
		APR1400	大型炉2基建設に向け入札中
ヨルダン	研究炉JRTR		運転中。ヨルダン初の5000kW研究炉。KAERIと大宇建設が2010年、ヨルダン科学技術大学内で建設に着手。韓国が建設費の55%を低利融資
英国	ムーアサイド	EU-APR	KEPCO、東芝傘下のNuGen社買収の優先交渉権を獲得(2017年12月) 東芝、KEPCOのNuGen社買収の優先交渉権を解除(2018年7月)
ウクライナ	フメルニツキ3、4号機	VVER1000	建設中断中の3、4号機完成に向け、協力覚書締結(2016年)
チェコ	テメリン3、4号機 & ドコバニ5、6号機		入札に関心表明。100万kW級×1～2基、あるいはそれ以上
ポーランド	Choczewo又は他サイト & 東部		入札に関心表明
ケニヤ			ケニア原子力発電委員会(KNEB)とKEPCO、ケニア政府の原子力発電所建設計画(2033年までに400万kW分を導入)への協力に関する覚書締結(2016年4月)
ブラジル			Eletrobas/EletronuclearとKEPCO、原子力発電分野で協力覚書締結(2015年4月)
エジプト			KEPCO E&C、エルダバに4基のAPR1400建設提案書をエジプト政府に提出済(2015年7月)
インドネシア			石油企業メドコとKHNP、インドネシアでの原子力発電開発で覚書締結(2007年7月)

## その他の国際展開活動

※KINGS (KEPCO International Nuclear Graduate School、国際原子力大学院大学): 韓国産業界が主導する教育訓練機関。リーダーレベルの原子力職業人の育成を目的に設立(2012年3月)。毎年100人を受入(50%韓国人、50%外国人)

※原子力機器輸出実績の例…中国向け: 秦山Ⅲ-1、2(NSSS)、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)など

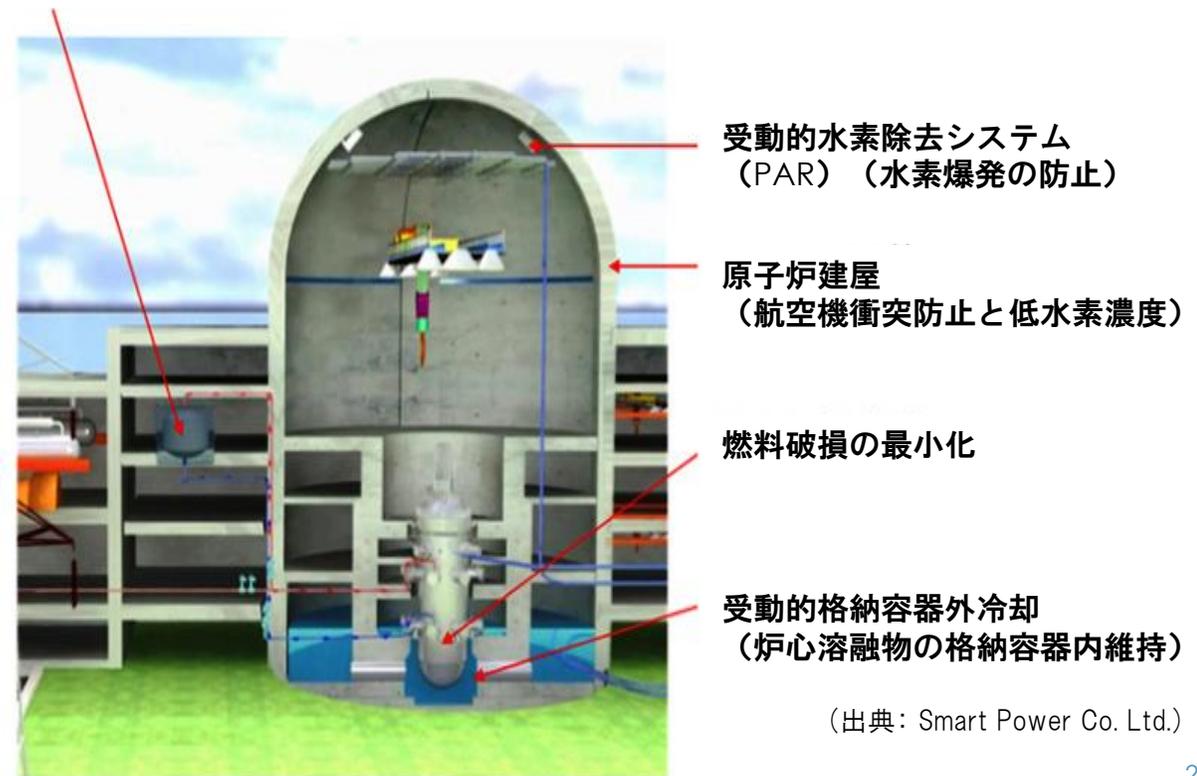
# SMART (SYSTEM-INTEGRATED MODULAR ADVANCED REACTOR 一体型モジュール先進炉)

- 韓国の未来創造科学部(MSIP)ーサウジアラビアのアブドラ国王原子力・再生可能エネルギー都市(KA-CARE)、少なくとも2基のSMART建設で協力覚書締結(2015年3月3日)
  - ー1基あたり10億ドルと推定。3年間のFS実施
  - ー将来的には第三国輸出も視野に
  - ー海水脱塩のニーズが高い、中東地域に市場を焦点

## 《SMARTの特徴》

- 33万kWtの一体型加圧水型炉で海水脱塩装置を兼ね備える
- 固有安全性・受動安全性による安全性向上、液体廃棄物の最少化、優れた経済性、などが特長
- 1日あたり40,000トンの淡水供給が可能
- 60年の設計寿命と3年間の燃料交換サイクル

受動的残留熱除去システム  
(福島事故タイプで20日間の猶予期間)



(出典: Smart Power Co. Ltd.)

# 月城1号機の早期閉鎖

- 2018年6月15日、韓国水力原子力(KHNP)、月城1号機(PHWR、67.9万kW)の早期閉鎖を決定
  - 2022年まで運転可能だが、経済性に劣ると判断、前倒しで閉鎖
  - 別途、設計・敷地購入段階のチョンジ1・2号機ならびにテジン1・2号機(計2サイト・4基)の新規建設計画を白紙化も決定
  - 政府が2017年10月と12月にそれぞれ決定していた「エネルギー転換(脱原子力)ロードマップ」と「第8次電力需給基本計画」に沿った措置

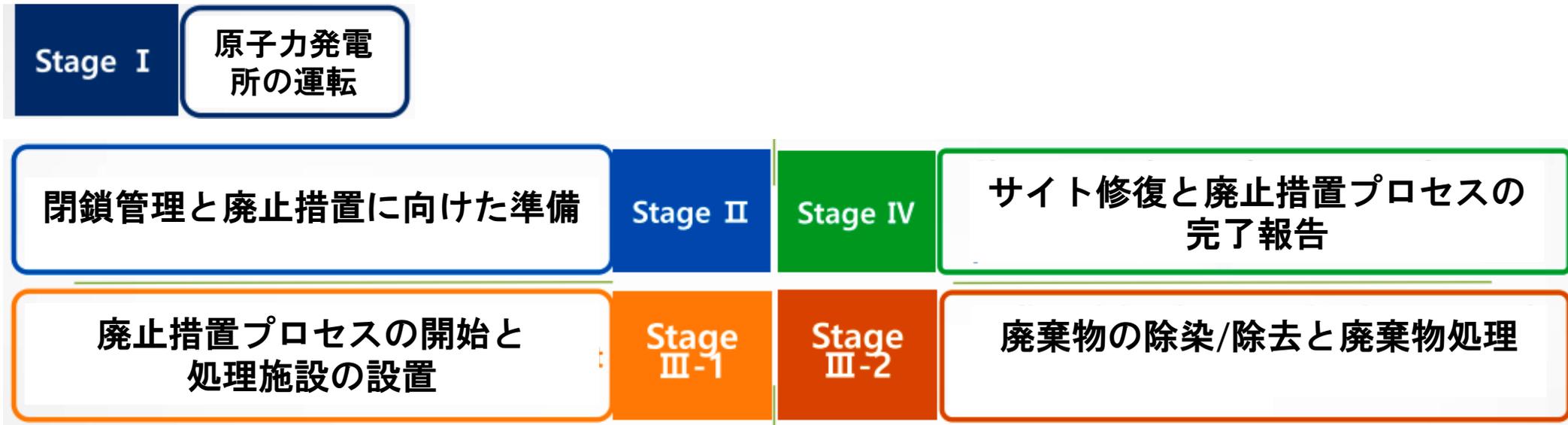


早期閉鎖が決まった月城1号機 (出典: KHNP)

# 韓国の廃止措置

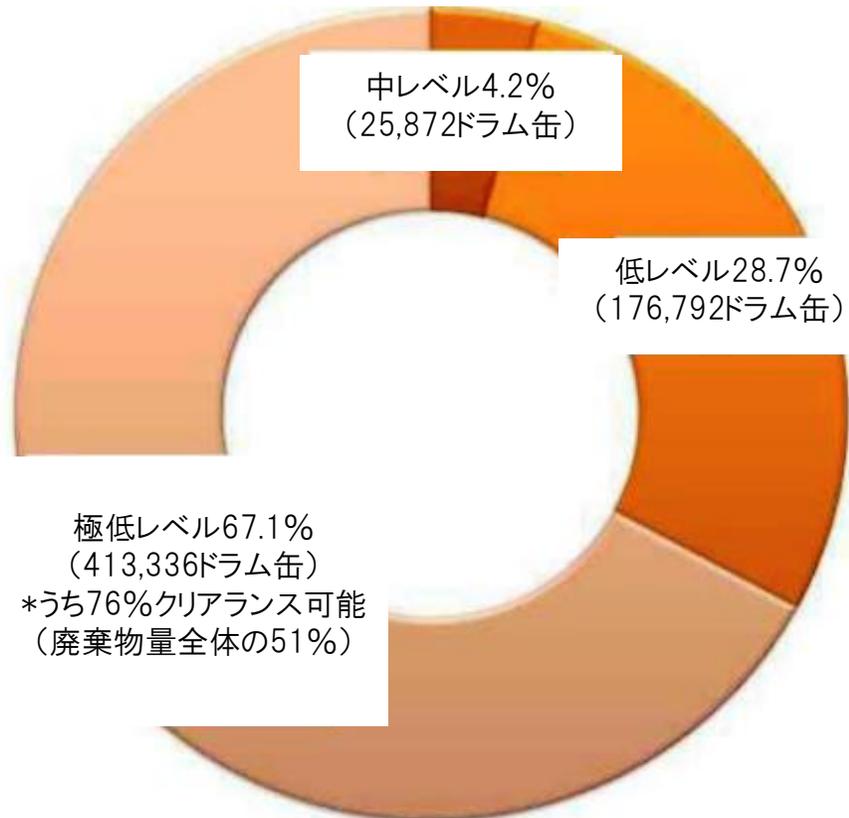
## 古里1号機の廃止措置

- 廃止措置の原則: 即時解体
- 廃止措置の期間: 15.5年
  - ー 移行期間: 5年
  - ー D&D(除染&解体): 8.5年
  - ー サイト修復: 2年
- 敷地復元: ブラウンフィールド
- 1基あたりの廃止措置コスト試算: 約6,437億ウォン(約658億円) \*2014年時点韓国政府試算

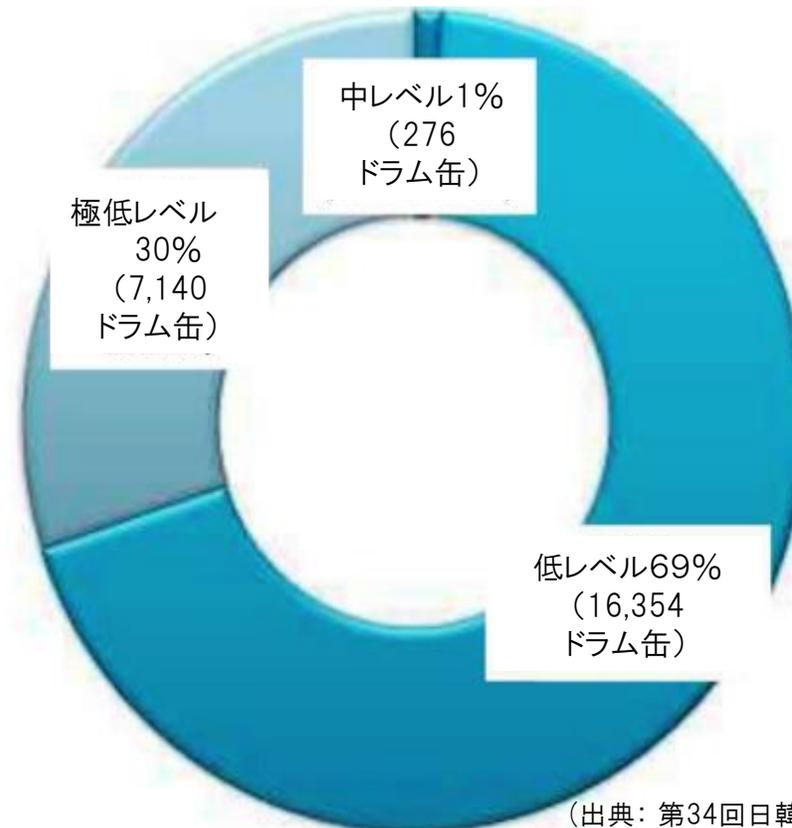


# 廃止措置によって発生する廃棄物の予想量

2090年までに発生すると予想される  
累積廃棄物量



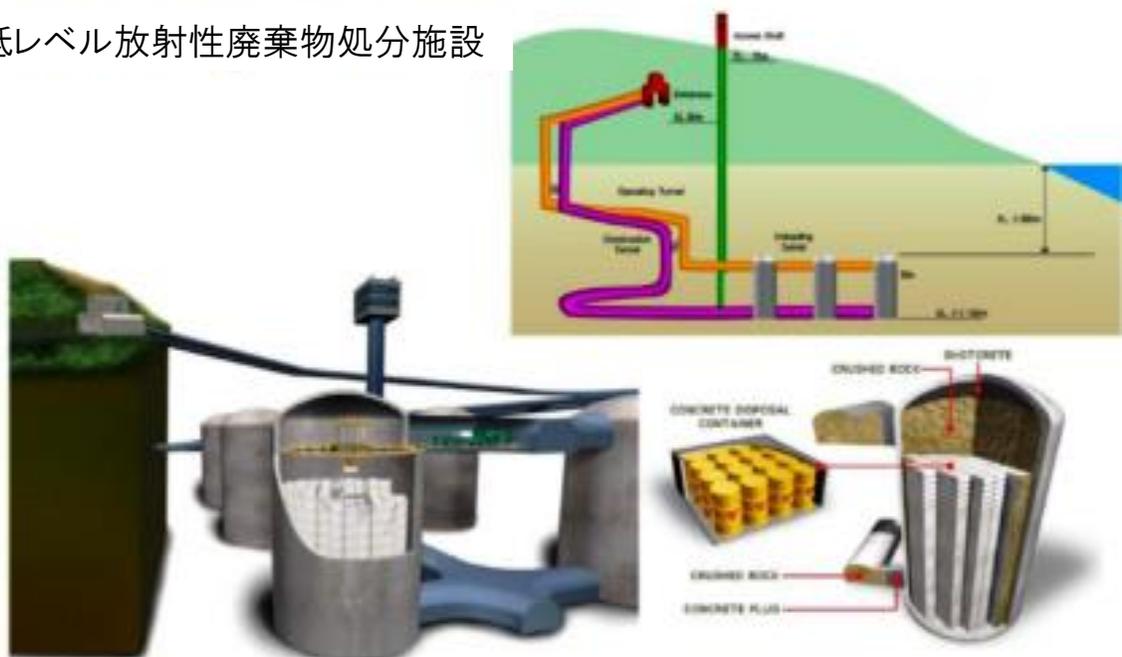
大型のコンポーネント  
(全体の廃棄物量の4%)



# 中・低レベル放射性廃棄物処分施設の概要

- 立地: 慶尙北道 慶州市(月城原子力発電所に隣接)
- 敷地: 約210万m<sup>2</sup>
- 収容能力: 800,000 ドラム缶
- 処分方法: 地下サイロ(100,000 ドラム缶)、浅地層(125,000 ドラム缶)
- 建設: 地下サイロ: 2006~14年、浅地層ボルト(半地下の貯蔵スペース): 2012~19年

中・低レベル放射性廃棄物処分施設

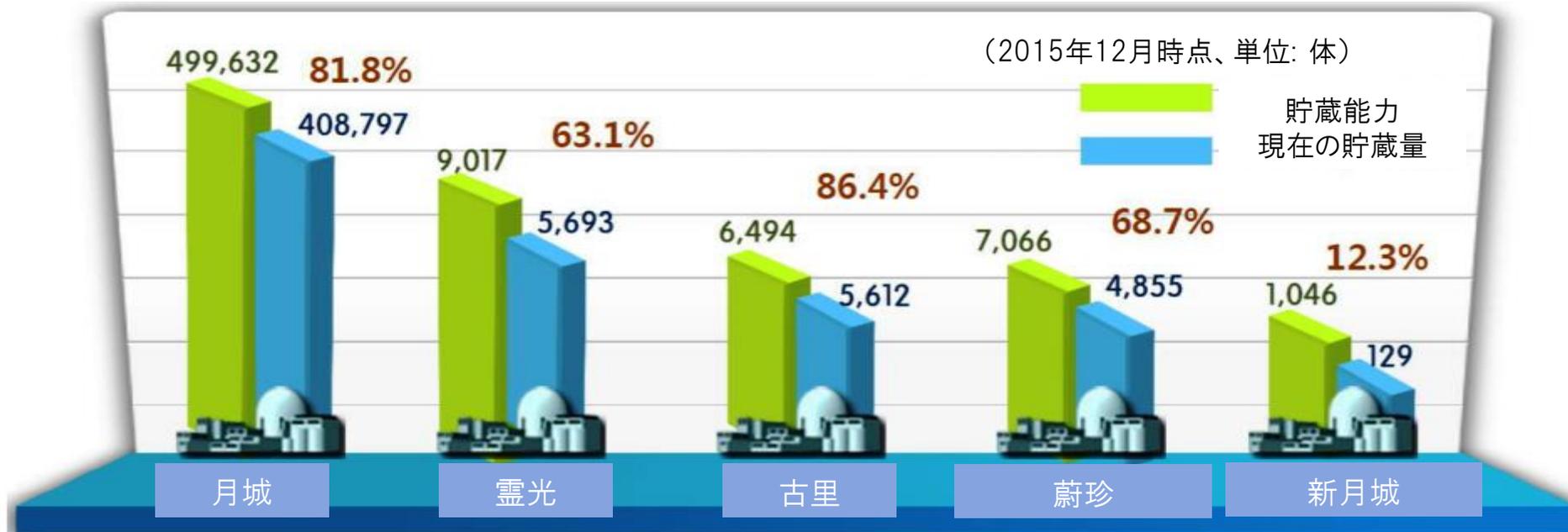


浅地層処分城施設イメージ図

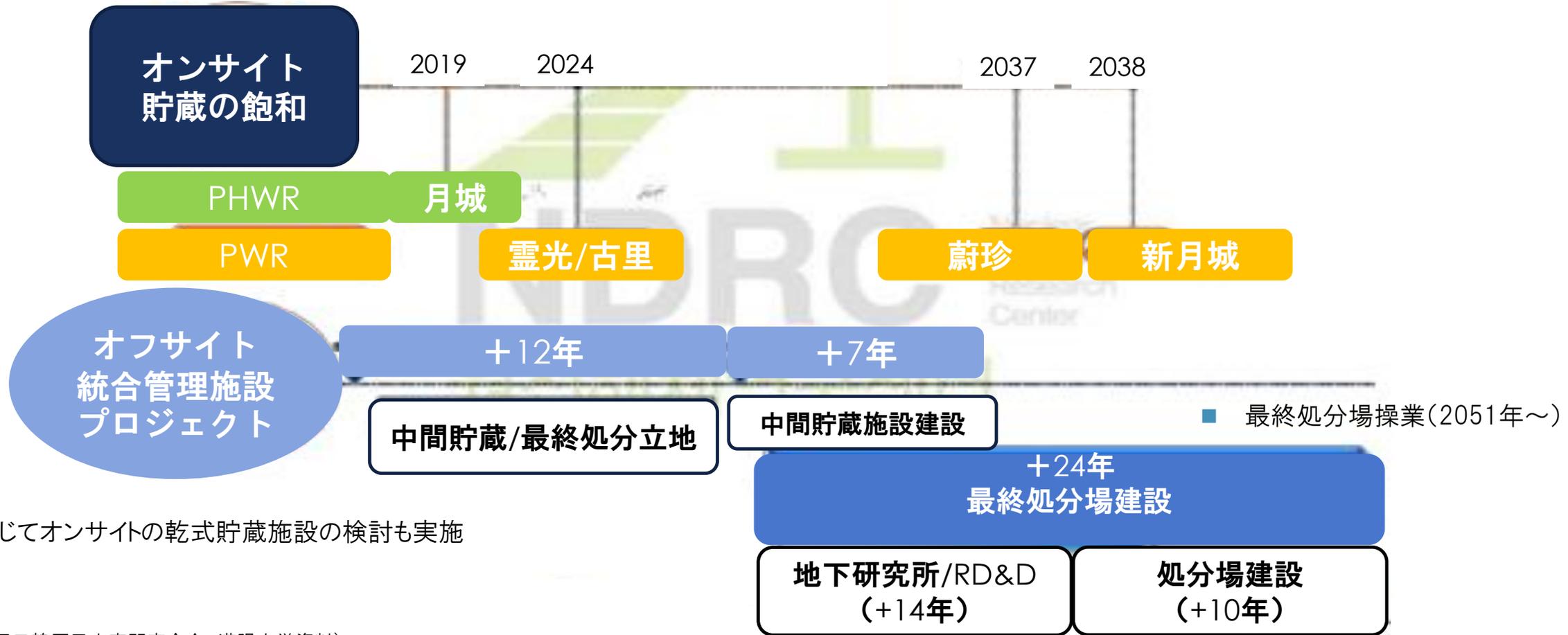
(出典: 第34回日韓原子力専門家会合 漢陽大学資料)  
(2017年10月)

# 使用済燃料管理の現状と今後

- 現状の発生量: PWR=16,297体(湿式貯蔵)、PHWR=408,797体(湿式+乾式貯蔵)(2015年12月末時点)
- 今後の発生量見通し:  
 2016年以降の発生量: PWR=79,110体 PHWR=255,840体 \* 運転中の36基が認可期間のみ運転と仮定した場合  
 - PHWRの月城のオンサイト貯蔵が2019年に満杯に  
 - PWRは、ハンビット(靈光)(2024年)→古里(2024年)→ハヌル(蔚珍)(2037年)→新月城(2038年)の順に満杯になると予想:



# 高レベル放射性廃棄物管理計画のスケジュール



※必要に応じてオンサイトの乾式貯蔵施設の検討も実施