

大韓民国（韓国）の原子力研究開発利用状況

2010年4月23日更新版 Rev.1 (社)日本原子力産業協会・国際部

- 韓国の基礎データ.....4
 - I. 経済・エネルギー・電力事情.....4
 - 1. 経済.....4
 - 2. エネルギー事情とエネルギー基本計画.....5
 - 3. 電力の需給の現状と将来計画.....7
 - II. 原子力発電所の現状.....9
 - 1. 原子力発電施設等の分布状況.....9
 - 2. 原子力発電所の運転、建設、準備状況.....9
 - 3. 韓国の原子力発電所の稼働率.....11
 - III. 原子力開発体制と原子力関係機関.....12
 - 1. 原子力開発体制.....12
 - 2. 韓国の主要原子力関係機関.....13
 - 1) 行政機関.....13
 - 2) 研究開発機関.....14
 - 3) 原子力産業.....15
 - IV. 原子力発電開発の歴史.....20
 - 1. 韓国の重化学工業近代化と、その後の原子力産業の育成の経緯.....20
 - 1) 重化学工業の近代化.....20
 - 2) 韓国の原子力発電開発.....20
 - 3) 軽水炉国産化・標準化に向けての取り組み.....20
 - ①韓国の加圧水型軽水炉（PWR）の国産化・標準化計画の策定：1983年.....22
 - ②「原子力研究開発中期計画」で国産化目標を設定：1992年.....23
 - ③韓国標準型原子炉（KSNP）としての「システム80+」の開発.....24
 - ④韓国次世代炉 KNGR*の開発：設計寿命は60年、建設単価は15%低減.....24
 - 2. 韓国「国産炉」に対するWEからのライセンス問題の提起.....26
 - 1) WEからの韓国標準型原子炉開発での知的財産権の主張.....26
 - 2) 韓国とWEの知的財産権の争いの波及.....26

V. 韓国の原子力産業の国際展開	27
1. 早期からの国際展開の努力	27
1) 国際原子力機関 (IAEA) 等への協力	27
2) 中国への協力	27
3) トルコへの協力	28
2. 李明博政権 (2008 年 2 月 25 日～) の新たな原子力発電所等輸出の国際展開	29
1) ヨルダンへの接近	29
2) アラブ首長国連邦 (UAE) の原子炉建設計画で 4 基の建設と運転を受注	29
3) その他	30
3. 原子力発電の輸出産業化戦略を策定：2030 年までに 80 基を輸出へ	32
VI. 核燃料サイクル	34
1. ウラン探鉱・ウラン購入	34
2. ウラン濃縮	34
3. 重水調達	34
4. 核燃料の製造	34
5. 放射性廃棄物の管理	35
1) 中低レベル放射性廃棄物管理の現状	35
2) 中低レベル放射性廃棄物処分場の選定：住民投票による「立地方式」の成功	35
3) 「韓国放射性廃棄物管理公団 (KRMC)」の設立	36
6. 使用済燃料の管理	36
○再処理問題	36
VII. 国際条約等への加盟状況と二国間協力協定等	38
1. 国際条約等への加盟状況	38
2. 二国間原子力協力協定等	38
3. 韓国の原子力損害賠償制度	41
参考資料 1：韓国の原子力発電所の高稼働率に学ぶ	42
参考資料 2：韓国の 4 基の研究炉のリスト	45
参考資料 3：KAERI の HANARO や SMART の開発	47
参考資料 4：韓国の原子力発電関係主要企業の事業データの紹介	49
参考資料 5：韓国の PWR 国産化・標準化計画の概要	52

参考資料 6 : 「システム 80+」 と韓国標準型原子炉 (KSNP) の混乱	55
参考資料 7 : 韓国標準型炉に関する「CE のライセンス」の取り扱い問題	57
参考資料 8 : 韓国原子力産業の早期からの国際展開志向 (IAEA、中国、ならびにトルコ)	59
参考資料 9 : 李明博政権の積極的な国際展開	62
参考資料 10 : 韓国の「原子力発電輸出産業化戦略」詳細報告	64
参考資料 11 : 2005 年 11 月の中低レベル放射性廃棄物処分施設の選定	67
参考資料 12 : 韓国の原子力研究開発利用の年表	68

大韓民国（韓国）の原子力研究開発利用状況

2010年4月12日 （社）日本原子力産業協会・国際部

韓国の基礎データ

面積	9万9千km ²	
人口	4,851万人	*2009年7月推定
首都	ソウル	
実質GDP	1.343兆米ドル（世界第14位）	*2009年推定
一人当たりGDP	27,700米ドル（世界第50位）	*2009年推定
実質経済成長率	-0.8%	*2009年推定
一人当たり年間電力使用量	7,938.6 kWh	*2008年推定
通貨（略称）	ウォン(KRW)	
対米ドル為替レート	US\$1=KRW 1,296.88	*2009年推定
会計年度	1月1日-12月31日	

（出典：CIAのThe World Factbook 2010年1月26日版

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ks.html>）

I. 経済・エネルギー・電力事情

注：以下の記述では、個人名、役職名、機関名等は、すべてその時点での表記である。

1. 経済

・物価上昇は2009年推定で2.8%と鈍化が継続している。国際金融危機（リーマンブラザーズ・ショック）等で、2008年9月半ばから市場でのすさまじいウォン売りにより、ウォン安および株価下落が進み、四半期別のGDP成長率が前期比で6年ぶりにマイナスとなる等、経済は深刻な影響を受けた。このため、2008年に2.2%であった成長率は、2009年度には-0.8%になった。しかし、2009年の第三四半期には、輸出の伸展、低金利、経済拡大政策が奏功し、景気回復の兆しを見せ始めた。経済上の課題としては、人口の高齢化の急速な進展、労働市場の非流動性、製品輸出に過度に依存する経済構造がある。

図表1：韓国の輸出入の概況

	金額（2009年推定）	主要品目	主要相手国（2008年実績）	備考
輸出	3,551億ドル （世界第9位）	半導体、無線通信装置、自動車、コンピュータ、鉄鋼、船舶、石油化学製品	中国21.4%、米国10.9%、日本6.6%、香港4.6%	2008年推定時は4,335億ドル
輸入	3,134億ドル （同第12位）	機械、電気・電子装置、原油、鉄鋼、輸送装置、有機化学製品、プラスチック	中国17.7%、日本14%、米国8.9%、サウジアラビア7.8%、UAE4.4%、豪4.1%	2008年推定時は4,274億ドル

(出典 : CIA の The World Factbook 2010 年 1 月 26 日版

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ks.html>)

- ・輸出入の合計 (6,685 億ドル) が実質 GDP (1.343 兆ドル) に占める割合は約 50% (日本は輸出 5,163 億ドル、輸入 4,906 億ドルで、実質 GDP 4.141 兆ドルの約 24%) であることから、韓国が輸出に過度に依存していることがわかる。なお、対日貿易は慢性的に赤字となっている (2008 年は過去最大の約 327 億ドル)。

2. エネルギー事情とエネルギー基本計画

- ・韓国のエネルギー需給バランスを示すデータをあげる。

図表 2 : 韓国のエネルギー需給のバランス

	生産量	消費量	備考
石油	3 万バレル/日 (2008 年)	217 万バレル/日 (2008 年)	石油輸入量は世界第 5 位。石油使用量はほぼ全量輸入
天然ガス	140 億立方フィート (2007 年)	1 兆 2,300 億立方 フィート(2007 年)	日本に次いで世界第 2 位の天然ガス輸入国
石炭	318.1 万ショート・ トン (2007 年)	9,827.8 万ショート・ トン (2007 年)	国内炭は質が悪い
一次エネルギー総量	1,514 兆 Btu (2006 年)	9,447 兆 Btu (2007 年)	生産量は世界第 43 位、消費量は同第 11 位

電気	3,797 億 3 千万 kWh (2007 年)	3,651 億 5 千万 kWh (2007 年)	<ul style="list-style-type: none"> ・2007 年の発電量と消費電力量は、各世界第 10 位。 ・2008 年の発電量は 4,126 億 8 千万 kWh。消費電力量は不明
----	------------------------------	------------------------------	---

(出典 : 米国エネルギー情報局 (EIA) の HP の 2010 年 1 月 6 日版

http://tonto.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=KS)

- ・一次エネルギーは、圧倒的に輸入に依存しており、経済・環境の両面で韓国の大きな負担になる。

<国家エネルギー基本計画>

- ・大統領を委員長とする「国家エネルギー委員会」は、2008 年 8 月 27 日の第 3 回会合で、「第 1 次国家エネルギー基本計画 (2008~2030 年)」を策定した。

図表 3 : 「第 1 次国家エネルギー基本計画」

特徴	<p>a. 建国以来初めてである、20 年間にカバーする長期エネルギー計画。</p> <p>b. エネルギー部門の各種計画に対して原則と方向を提示する最高の計画。</p> <p>c. エネルギー政策の長期ビジョンとして「低炭素、グリーン成長」をめざす。</p> <p>d. 安定供給主眼のエネルギー政策とは異なり、エネルギー需要節減も目標とする。</p> <p>e. 「環境」、「効率」、「安全保障」等を考慮した長期エネルギー・ミックスをめざす。</p>
施策	<p>この計画は、「原子力発電と再生可能エネルギーの利用拡大」を重点化している。</p> <p>a. 国全体のエネルギー効率を 46%改善し、エネルギー使用量を大幅に削減する。</p> <p>b. 化石燃料比率を大幅に減らし、低炭素・グリーンエネルギーの比率を拡大する。</p> <p>c. 次のような、温室効果ガスを削減する「グリーンエネルギー産業」を育成する。</p> <ul style="list-style-type: none"> －温室効果ガスを排出しないエネルギー源（再生可能エネルギー、原子力等） －化石燃料のクリーン化（効率の高い石炭火力、CO₂の回収・貯留技術等） －エネルギー使用効率の向上（LED 照明、エネルギー有効利用建築物等） <p>d. エネルギー自立ならびにエネルギー福祉社会を実現する。</p>

図表 4 : 1 次エネルギーに占める各エネルギーの供給割合

	1 次エネルギーに占める比率		備考
	2008 年	2030 年	
化石燃料	83 %	61 %	
再生可能エネルギー	2.4 %	11.0 %	
原子力	14.9 %	27.8 %	<p>・全発電設備容量に占める比率では 26 % (2007 年) → 41 % (2030 年)</p> <p>・全発電量に占める比率では 36 % (2007 年) → 59 % (2030 年)</p>

(出典 : 「第 1 次国家エネルギー基本計画 (2008～2030 年)」)

「第 1 次国家エネルギー基本計画」の中での原子力に関する特記事項

①原子力発電促進策

原子力発電に関しては、140 万 kW 級×10 基の新たな建設が必要で、それを促進するために、次の方針を決定した。

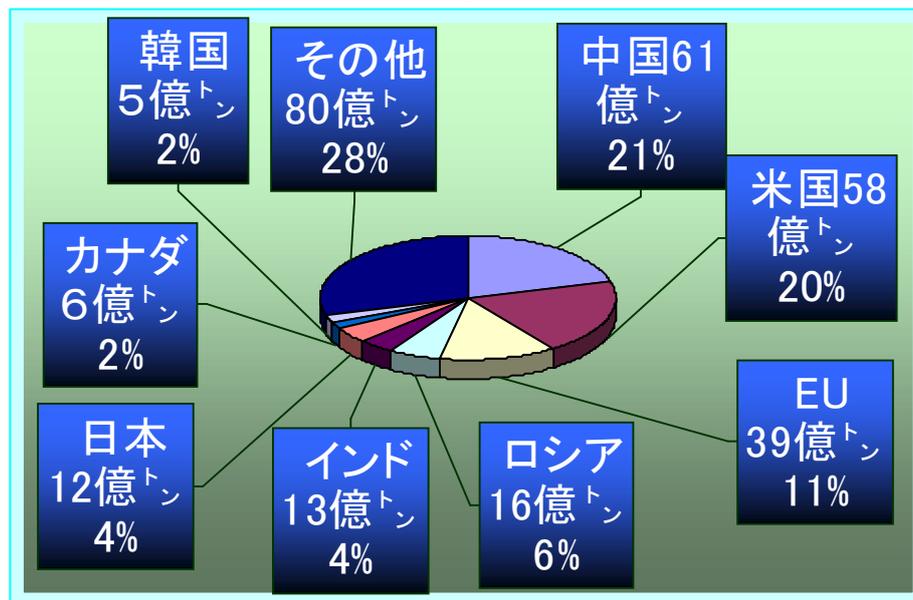
- －国際機関と連携して、世界最高の原子力発電の安全性を確保していく。
- －原子力発電の建設により周辺地域が繁栄する「地域共存型の原子力発電所建設」を推進する。
- －新規原子力発電所の用地確保や、使用済燃料管理問題は、民主的かつ透明な手順を経て準備を進める。

②原子力の輸出産業化

また原子力産業を輸出産業化する重要性から、次世代型 140 万 kW 級炉「APR+」の技術開発を当初計画の「2015 年に完成」から「2012 年に完成」に前倒しすることを決定した。

- ・ちなみに、2007年のCO₂排出量の国・地域別統計では、韓国の排出量は年間5億トンで、EUを含めて世界の第8位となっている。

図表5：世界の主要国のCO₂排出量（合計は290億トン）



(出典：2009年10月6日のOECD/NEAの発表)

3. 電力の需給の現状と将来計画

<第4次電力需給基本計画>

- ・2008年12月29日、知識経済部(MKE)は、15年間の電力需要の見通しと、発送変電の設備建設計画等を盛り込んだ「第4次電力需給基本計画(2009-2022年)」を発表した。2008年8月の「国家エネルギー基本計画」の一部となるもの。
- ・この電力需給基本計画によると、韓国では2022年までに電力需要が年率2.1%で増加していくと見込まれるため、2022年までに(老朽化して廃止する施設388万kW分を勘案すると3,341万kWを新設し)総計1億89万kWの発電設備容量を確保する必要がある。その際、CO₂排出量の削減を重要な目的に掲げ、また各発電方式の経済性を分析して、構成比率を検討した結果、次の表の構成にすることが最適と結論した。この中では、2022年までに原子力による発電量を総発電量の47.9%(現在34.0%)に拡大するとの目標も決定された。

図表6：第4次電力需給基本計画での電源構成見通し

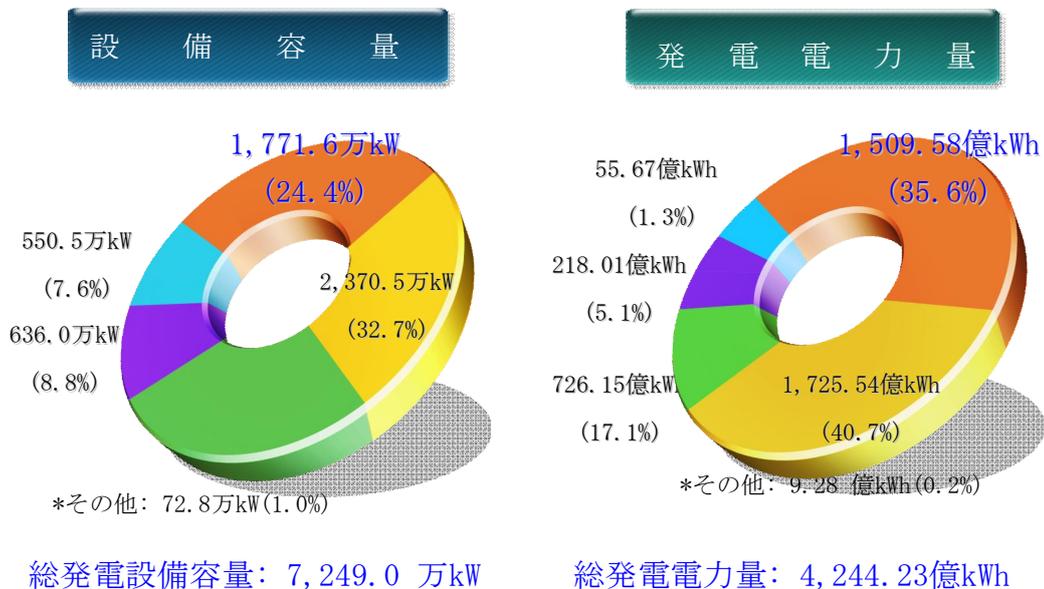
区分		原子力	石炭火力	LNG	石油	揚水	その他	合計	
設備容量	2008年	万kW	1,771.6	2,370.5	1,796.9	534.0	390.0	273.4	7,136.4
		比率	24.8%	33.2%	25.2%	7.5%	5.5%	3.8%	100%
	2015年	万kW	2,591.6	2,942.0	2,306.2	429.1	470.0	617.9	9,356.8
		比率	27.7%	31.4%	24.6%	4.6%	5.0%	6.6%	100%
	2022年	万kW	3,291.6	2,942.0	2,306.2	359.1	406.0	720.2	10,089.1
		比率	32.6%	29.2%	22.9%	3.6%	4.7%	7.1%	100%
発電量比率	2008年	34.0%	39.3%	21.7%	1.9%	0.4%	2.7%	100%	
	2015年	38.6%	39.9%	12.9%	0.2%	0.6%	7.8%	100%	
	2022年	47.9%	36.0%	6.2%	0.2%	1.3%	8.4%	100%	

*その他は再生可能エネルギー等

・2008年末の発電設備容量と発電量の実績値は、以下のようであった。

図表7：韓国の電力需給状況

■原子力 ■石炭 ■ガス ■石油 ■水力



(出典：2009年10月26-27日「第30回日韓原子力産業セミナー」開会セッションでのキム・ジュンスKHNP 上席副社長の発表「韓国の原子力発電の現状と将来展望」)

II. 原子力発電所の現状

1. 原子力発電施設等の分布状況

韓国の原子力発電所等、主要な原子力関係施設の分布状況は次のとおりである。

図表 8：韓国の主要原子力関係施設 (2010年2月現在)



2. 原子力発電所の運転、建設、準備状況

- ・韓国では、2010年2月現在の原子力発電所は、運転中 20 基 (合計 1,771 万 6 千 kW)、建設中 8 基 (合計 960 万 kW)、計画中 4 基 (合計 560 万 kW) である。所有・運転者は韓国水力原子力(株) (KHNP)。

原子力発電所の出力、型式、運転開始日あるいは予定等を次の表で示す。

図表9：韓国の原子力発電所（2010年2月現在）

状態	発電所名	号機	出力 (万 kW)	型式	主契約者	運転	備考
運転中	古里 (Kori)	1	58.7	PWR	WH (米) 注：現 WE (米)	1978・4・29	2008年に廃炉
		2	65.0			1983・7・25	
		3	95.0			1985・9・30	
		4				1986・4・29	
	蔚珍 (Ulchin)	1	95.0	PWR	FRAMATOME (仏) 注：現 AREVA (仏)	1988・9・10	
		2				1989・9・30	
		3	100.0	PWR (OPR)	韓国重工業 注：現斗山重工業	1998・8・11	OPR：最適化炉。 当初「韓国標準型 (KSNP)」と呼称
		4				1999・12・31	
		5				2004・7・29	
		6				2005・4・22	
	月城 (Wolsong)	1	67.9	PHWR	AECL (加)	1983・4・22	2013年に廃炉
		2	70.0			1997・7・1	
		3				1998・7・1	
		4				1999・10・1	
	靈光 (Yonggwang)	1	95.0	PWR	WH (米) 注：現 WE	1986・8・25	
		2	100.0			1987・6・10	
		3		韓国重工業 注：現斗山重工業	1995・3・31	米 CE (後 ABB-CE 次 に WE) がサブ契約者	
		4			1996・1・1		
		5		PWR (OPR)	斗山重工業	2002・5・21	
		6	2002・12・24				
運転中(20基)		1,771.6					
建設中	新古里 (New Kori)	1	100.0	PWR (OPR)	斗山重工業	2010・12	
		2				2011・12	
		3	140.0	PWR (APR1400)		2013・9	APR1400：改良型炉。 当初「韓国次世代型 炉(KNGR)」と呼称。
		4				2014・9	
	新月城 (New Wolsong)	1	100.0	PWR (OPR)		2012・3	
		2				2013・1	
	新蔚珍 (New Ulchin)	1	140.0	PWR (APR1400)		2015・12	
		2				2016・12	
建設中(8基)		960.0					
計画中	新古里 (New Kori)	5	140.0	PWR (APR1400)	未定	2018・12	2008年12月の「第 4次電力需給基本計 画」で追加
		6				2019・12	
	新蔚珍 (New Ulchin)	3				2020・6	
		4				2021・6	
	計画中(計4基)		560.0				

3. 韓国の原子力発電所の稼働率

出典：「第30回日韓原子力産業セミナー」（2009年10月）での金漢睦（キム ハンモク）韓国水力原子力（株）部長の発表「韓国水力原子力（株）における原子力発電プラント停止の最適化」。

また「日台原子力安全セミナー」の歴代報告書（最新は2009年11月開催の第24回セミナー。ともに（社）日本原子力産業協会刊行）。

- ・ 韓国の原発の設備利用率は、2000年以降90%以上の優れた実績を上げている。ちなみにこの間の世界の原発の平均設備利用率は79%に過ぎない。

図表 10：韓国の原子力発電プラントの設備利用率 (%)

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
韓国	90.4	93.2	92.7	94.2	91.4	95.5	92.3	90.3	93.4
台湾	86.0	79.8	87.1	87.0	88.4	88.4	88.9	90.3	89.0
世界	76.4	78.9	78.9	76.5	78.8	79.3	79.5	77.8	79.4
日本	81.7	80.5	73.4	59.7	68.9	71.9	69.9	60.7	60.0

* 日本は会計年度での設備利用率

- ・ 上記金漢睦部長の発表によると、韓国の高稼働率の理由は、以下のとおりであった。
 - ①停止日数の短い理由は、保守・運転技術と機器を改良、停止作業管理方法の開発の成功
 - ②燃料交換の間隔は、20ヶ月以内（古里1・2号機と重水炉は15ヶ月）。停止管理を時間的スパンや作業目的に応じて、計画的に実施
 - ③停止作業の進展状況管理のため、「停止管理センター」の設置、作業の標準化、現場状況の把握等でのさまざまな工夫
 - ④計画段階からフォローまで規制機関・検査機関・電力会社が密接に協調
 - ⑤今後の目標は「9402」。これは、国産最適化炉で、2014年に「設備利用率94%、停止回数0.2回/基」を達成の意味

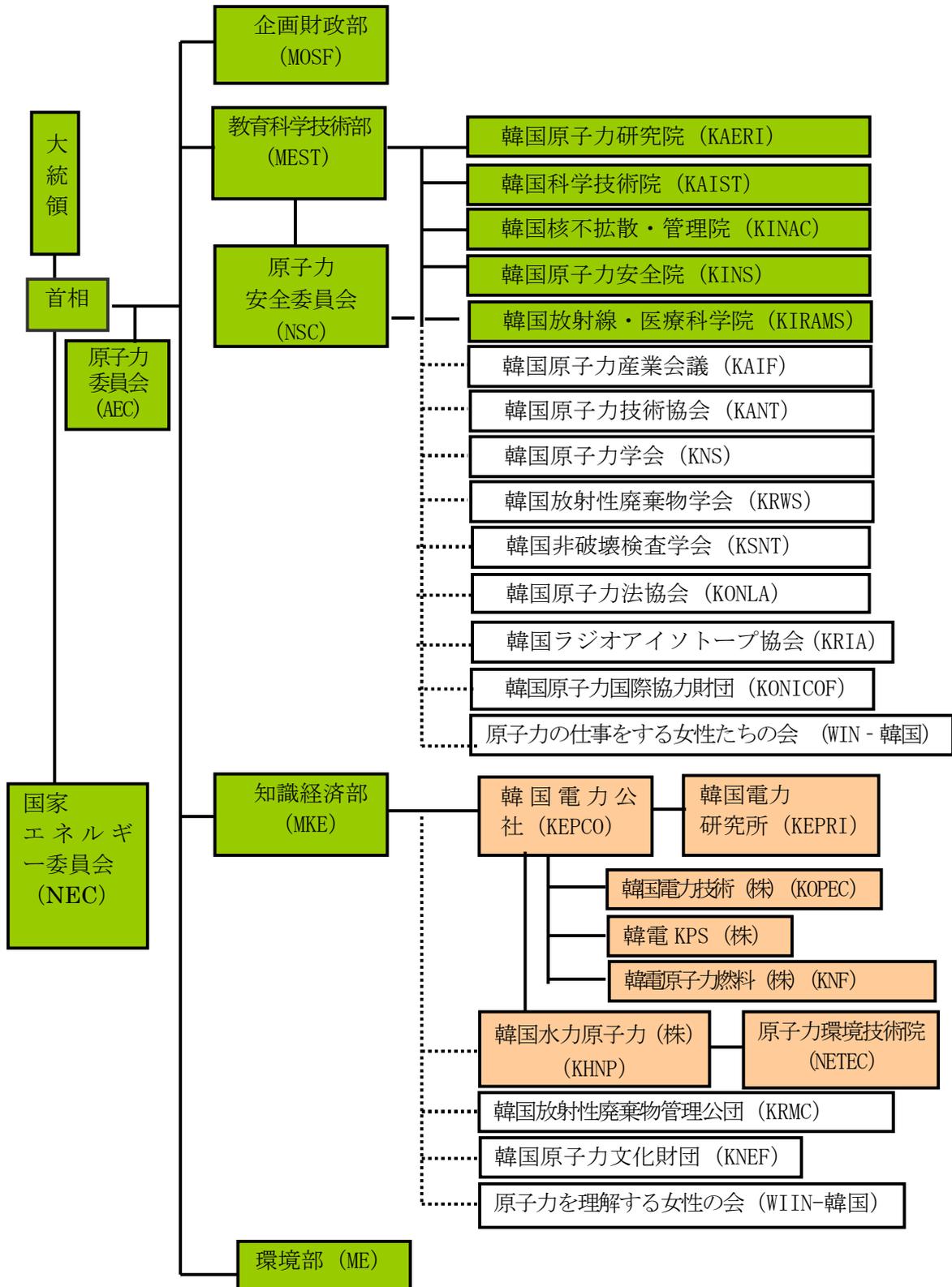
注：金漢睦部長発表の概要は巻末の参考資料1：韓国の原子力発電所の高稼働率に学ぶを参照（（社）日本原子力産業協会のhttp://www.jaif.or.jp/melmag_db/2009/1130.htmlと大略は同じ内容）。

III. 原子力開発体制と原子力関係機関

1. 原子力開発体制

2010年2月現在

図表 11：原子力開発体制



2. 韓国の主要原子力関係機関

(主な出典：2009年韓国原子力産業会議(KAIF)刊“Vendors for Nuclear Industry in Korea”等)

1) 行政機関

① 国家エネルギー委員会 (NEC)

- ・2006年2月9日制定の「エネルギー基本法」に基づき、同年11月28日に発足した、韓国におけるエネルギー政策に関する最高意思決定機関。構成は、大統領を委員長に、国務総理、産業資源部 MOCIE (現司式經濟部 MKE)、財政經濟部 (現企画財政部)、環境部等7つの関連省庁や市民団体からの推薦委員5名、管理例、民間の専門家11名等総勢25名で構成されている。
- ・役割としては、以下の事項の審議：
 - － 国家エネルギー基本計画と非常時のエネルギー需給計画の策定
 - － 国内外エネルギーの開発と原子力発電政策
 - － エネルギー政策および事業の調整、エネルギーをめぐる社会的摩擦の予防および解決策
 - － エネルギーに関する交通、物流計画および予算の効率的な運用、気候変動に関する国連枠組条約に対する対策のうちエネルギーに関する事項等
- ・傘下に、以下の4つの専門部会を設置。
 - － エネルギー政策
 - － エネルギー技術基盤
 - － 資源開発
 - － 核管理

② 原子力委員会 (AEC)

- ・委員構成は7～9名(1994年12月の原子力法改正による)。委員長は国務総理が兼任。常任委員には企画財政部(MOSF)長官、教育科学技術部(MEST)長官、知識經濟部(MKE)長官。それ以外の委員は委員長の推薦により大統領が任命。事務局機能は、MEST 原子力局長が統括。

③ 原子力安全委員会 (NSC)

- ・原子力安全規制の制度上の独立を保障するため、1996年11月の原子力法改正により1997年5月に発足。委員長はMEST長官。

④ 教育科学技術部(MEST: Ministry of Education, Science and Technology)

<http://english.mest.go.kr/>

- ・教育科学技術部(前科学技術部 MOST)は、韓国におけるすべての教育科学技術分野の政策立案、計画調整、評価を担当。原子力の研究開発および施設の許認可をはじめとする安全規制を所管する。韓国原子力研究院(KAERI)等を監督している。

⑤ 知識經濟部(MKE: Ministry of Knowledge Economy)

- ・前産業資源部(MOCIE)の産業・貿易・投資・エネルギー政策と、前情報通信部のIT産業政策・郵政事業、前MOSTの産業技術研究開発政策、財政經濟部(MOFE)の経済地域区域企画・地域特化企画機能を統合し、2008年に新政権下で新設された。(5室16官59課10チーム、2委員会、3院、5所、3団、1本部)

⑥ 韓国原子力安全院(KINS: Korea Institute of Nuclear Safety)

<http://www.kins.re.kr/english/>

- ・原子力施設の安全規制のための専門組織。MEST および NSC の委託を受け原子炉、燃料サ

イクル施設等の検査、および安全基準コードの開発業務等を担当。旧称は韓国原子力安全技術院。

2) 研究開発機関

注：韓国の研究炉4基の仕様リストは、巻末の参考資料2：韓国の4基の研究炉のリストを参照。

① 韓国原子力研究院(KAERI: Korea Atomic Energy Research Institute) www.kaeri.re.kr

- ・1959年設立。2005年頃に韓国原子力研究院と改称。韓国の原子力の各分野の研究開発を主導。とくに各種タイプの燃料技術開発やPWR設計を行った。また放射線技術の研究開発に不可欠な役割を果たしている多目的研究炉 HANARO の設計と建設を実施した。改良型 HANARO の開発も行っている。
- ・2009年12月、ヨルダンから5MWの研究炉を受注したため、この改良型 HANARO のスケールダウンで対処する予定。
- ・実用発電炉・燃料の設計、放射性廃棄物管理方法の研究は専門機関に移管された。
- ・現在は、新型炉、アイソトープ利用を中心に研究開発を行っており、「革新的原子炉および燃料サイクル国際プロジェクト (INPRO)」、「第四世代炉国際フォーラム (GIF)」、高温ガス炉開発プロジェクト (含水素経済) に参加している。
- ・また海水脱塩などへの利用が可能な「システム一体型・先進モジュラー炉 (SMART)」の開発を行っている。

注：KAERIによるHANAROやSMARTの開発については、別途、巻末の参考資料3：KAERIのHANAROやSMARTの開発を参照のこと。

② 原子力環境技術院(NETEC: Nuclear Environment Technology Institute)

- ・放射性廃棄物処理処分の研究開発およびサイト確保事業を担当している。韓国水力原子力(株)(KHNP)の傘下の機関。

③ 韓国電力研究所(KEPRI: Korea Electric Power Research Institute)

<http://www.kepri.re.kr/>

- ・韓国電力公社(KEPCO)が技術の研究開発のために設立した組織で、原子力分野では次世代原子炉(APR1400+)開発等を行っている。

④ KAIST (前は「韓国科学技術院(Korea Advanced Institute of Science Technology)」の略称がKAISTであったが、現在はKAISTが略称ではなく、正式名称になった)

(出典：<http://www.ifs.tohoku.ac.jp/liaison/KAIST/KAIST%20Liaison/summary.html> また <http://www.wowkorea.jp/news/Korea/2008/1009/10049280.html> 等)

- ・MEST所管の韓国最大の大学院と研究所を兼ねる。特別立法で設立された一流研究者の育成などを目的とする国立特殊大学。大田に本部、ソウルにビジネス分校がある。韓国政府は、KAISTに2015年までに世界のトップ大学10位内に入ることを求めている。

- Asia Week 誌でのアジア地域の理工系大学評価で連続 1 位に選ばれたこともあり、マサチューセッツ工科大学 (MIT) やミシガン大学、スタンフォード大学等と国際共同教育・研究事業を実施している。自立的カリキュラムで研究できる。全員奨学金がもらえ、兵役も免除されるが、世界的ジャーナルに論文掲載が義務付けられる。
- 2008 年 10 月、KAIST が英紙ザ・タイムズが選ぶ世界大学ランキングで 95 位にランクインした。2007 年の評価では 132 位だった。分野別評価では、工学および IT 分野で 34 位 (2007 年 48 位)、自然科学分野 46 位 (同 86 位)、生命科学およびバイオ科学分野 134 位 (同 166 位)、社会科学分野 299 位だった。
- 2007 年 51 位のソウル大は、50 位にランクイン。世界 100 位中に韓国ではソウル大と KAIST が入った。

• 原子力関係では、新型炉技術の蓄積を図っている新型炉研究センター (CARR) 等がある。

⑤ 韓国核不拡散・管理院 (KINAC: Korea Institute of Nuclear Non-Proliferation and Control)

- 韓国の原子力産業が国内外の評価と信頼を得るべく、原子力平和利用の促進および核不拡散 (国際条約および国際規制の遵守) の確保を目的に活動する機関として 2006 年 6 月に設立された。

- 2004 年 9 月の IAEA 理事会で、エルバラダイ事務局長は、「韓国原子力研究所が、1980 年代に、150kg の金属状の天然ウランの転換を行い、さらに 1980 年代初期に 2.5kg の減損ウランの照射と、少量のプルトニウムの分離を行った」疑いを指摘し、これらが、保障措置協定に定められた IAEA への通報なしに行われことに「重大な懸念」を表明、韓国に IAEA への協力と最大限の透明性を求めた。
- 韓国は、「韓国は、核兵器の開発もしくは所有する意図を一切もたないことを再び断言する。・・原子力の透明性の原則を固く保持する」等の声明を出した。
- この疑惑は、同年 11 月の IAEA の理事会で、それまでの韓国の IAEA への協力の姿勢を評価して不問に付すことになったものの、1992 年 1 月に北朝鮮と調印した「朝鮮半島非核化共同宣言」で、自発的に再処理と濃縮の施設の保有を放棄していた韓国の国際社会での信用は大きく揺らいだ。この信用を取り戻すために韓国が設立したのが KINAC である。

3) 原子力産業

- 5 大原子力公企業と呼ばれる韓国電力公社 (KEPCO)、韓国水力原子力 (株) (KHNP)、韓国電力技術 (株) (KOPEC)、韓電原子力燃料 (株) (KNF)、韓電 KPS を軸に、原子力発電産業が確立している。
- 2010 年 1 月 13 日の韓国政府の「原子力発電輸出産業化戦略」では、中長期的には原子力発電技術産業の垂直系列化の検討が示唆されている。

① 韓国電力公社 (KEPCO: Korea Electric Power Corporation)

<http://www.kepco.co.kr/>

- MKE 傘下の最大の国有企業で、電源の開発促進や電力事業の合理的運営により安定した電力需給と韓国経済に資する役割を担う。原子力発電設備保有者としては、世界第 6 位の 1,771.6 万 kW の容量をもつ (2008 年末現在)。
- 国営企業の民営化計画により、発電部門を韓国水力原子力 (株) と 5 つの火力発電会社に分割された。

国営企業の民営化

- a. 1991年1月、次のような内容の「電力事業再編成基本計画」を公表した。
 - －2002年までに、発電部門を原子力・水力発電事業者と地域別の火力発電事業者5社に分割する
 - －その後火力発電事業者5社の株式を売却し民営化する
 - －2009年までに配電部門を分割・民営化する
 - －2009年以降に、電力市場を完全自由化する
- b. 1998年7月、韓国政府は国営企業の民営化計画を発表。KEPCOなど6つの国営企業の段階的民営化、と韓国重工業（KHIC。後にはHANJUNG）など11社の即時民営化を内容とするものだった。
- c. この方針に基づき韓国政府は、2000年12月に「民営化法」を制定した。

KEPCO の、この他の 4 つの子会社である、韓国電力技術(株) (KOPEC)、韓電原子力燃料(株) (KNF)、韓電 KPS(株)、韓国電力データ・ネットワーク(株) (KDN) も民営化の予定。

- ・ KEPCO では、新規発電プラントの建設やプラントの再生、またエンジニアリングやメンテナンスのサービスによる商機を求めて、トルコ、アラブ首長国連邦 (UAE)、南アフリカ、中国、インドネシア、ヨルダン、ウクライナ、フィンランド、ベトナム、ルーマニア、カナダ等に積極的にアプローチしている。
(出典：2009年韓国原子力産業会議 (KAIF) 刊 “Vendors for Nuclear Industry in Korea” 等)
- ・ KEPCO は 1993 年 4 月の時点で、アジア等でのビジネス参入（コンサルタントから運転支援まで）をめざす「国際ビジネス開発チーム」を設置している。

② 韓国水力原子力(株) (KHNP : Korea Hydro & Nuclear Power Co.) www.khnp.co.kr

- ・ 2001年4月のKEPCO分割により発足、韓国唯一の水力*と原子力の公共発電事業者。韓国の総発電設備容量の1/4をもち、総発電量の36%を生産する。
 - *KEPCO 分割では、採算性の悪い水力発電所には民間の引き受け手がいないことを恐れ、原子力発電事業と抱き合わせにして公共事業者として残したといわれる。
- 注：韓国の原子力発電所は現在すべてKHNPが所有。その詳細は前出の図表8、9を参照。
- ・ 原子力発電所の建設計画策定から運転までの総合管理を行っている。また、資材の国産化など原子力産業の育成、プラントの標準化や次世代炉の開発の責任を担っている。

③ 斗山重工業(株) (DHIC または DOOSAN: Doosan Heavy Industries & Construction Co., Ltd.) www.doosanheavy.com

- ・ DOOSAN は、主要重電機器を製造する総合プラントメーカーで、総合建設会社でもある斗山社は1962年の創立。昌原には本社と主工場が所在。
- ・ 2000年12月、国営企業の韓国重工業 (HANJUNG) の株式が公開され、新株主は KEPCO 40.5%、斗山社 (Doosan Corporation) 36%、韓国為替銀行 15.7%、韓国開発銀行 7.8% となり、斗山社は、韓国為替銀行が保有する HANJUNG 株式の選択売買権をもつため、事実上 HANJUNG の 51.7% の株を支配することができるようになった。その結果、2001年3月に、HANJUNG は斗山重工業となった。

- ・主要製品は発電用重機で、原子力（ほとんどすべてのコンポーネントを製造）の他、火力、コンバインドサイクル、水力、コジェネレーション等の設計・建設・エンジニアリング・制御を手がけている。この他、風力発電や燃料電池等、環境にやさしい次世代型エネルギーの開発も重点化している。

注：海水淡水化では、MSF、MED、RO という脱塩 3 大特許を全部所有し、水・廃水処理でも特許をもち、世界でもトップクラスのシェアを占めている。このため中近東諸国には海水淡水化装置の販売実績から、原子力商談の足掛りをもつのが強みである。

- ・内外で、各種発電プラントを 300 基以上建設の実績がある。現在韓国、米国、インド、中国等で 60 基以上の発電プラントを建設中である。これらプラントの基礎素材である鋳造品や鍛造品も供給している。

2009 年 2 月、DOOSAN は初めて原子炉圧力容器を輸出した。

2005 年に中国核工業集团公司（CNNC）から受注した中国秦山原子力発電所第Ⅱ期の 3 号機（60 万 kW 級 PWR）用のもの。

DOOSAN は CNNC とは、2008 年 5 月に、中国の次世代炉建設計画への全面的協力について、覚書を締結している。

DOOSAN 昌原の主工場の概要

昌原の主工場には原子力工場、タービン発電機工場、鋳造工場、鍛造工場、船舶用機器工場、タービンブレードの加工・研磨工場等 15 の工場があり、基礎素材から完成品までの一貫生産体制をとっている。昌原工場の人員は、4,300 人、うち 2,000 人が設計・プロジェクト・営業等の間接員、2,300 人が製造部門である

<鋳鍛鋼工場>

鋳造製品はレールに乗って鍛造工場に運ばれ、加熱・鍛造される。鍛造工場は、13,000 トン・プレス、4,200 トン・プレス、1,600 トン・プレス、加熱炉 3 基等を有し、100 万 kW 原子力の一体タービンローターの製作が可能。13,000 トン・プレスは、高さ 12 メートルの製品まで対応できる。

*DOOSAN は、WE から、米国内向け AP1000 用の蒸気発生器と圧力容器 4 基分と、また 2007 年 4 月に、中国海陽向け AP1000 用の蒸気発生器 4 基や圧力容器 2 基を受注したことから、2011 年末までに 4,050 億ウォン（当時 3.95 億ドル）で鍛造用 17,000 トン・プレスを購入する（2009 年 2 月 9 日の WNN 記事等）。

<タービン工場>

5 製造ラインをもつ。工作機械は大型のミリングマシン、ボーリングマシンを始め、計 46 台設置されている。主なタービン加工設備は Plano Miller という 360 度どの角度からも加工可能な工作機械（幅 7 m）であり、米国 GE に納入するタービン発電機が製作されている。タービンブレード加工・研磨工場もある。

<原子力工場> 3 製造ラインをもつ。

（出典：（社）日本原子力産業協会「第 29 回日韓原子力産業セミナー報告書」（2008 年 1 月刊）。ロシア関係データは同協会「ATOMCON2008 参加原産協会代表団報告書」（2008 年 9 月刊）。また鋳鍛造設備能力の一部データは World Nuclear News [WNN] の 2009 年 2 月 9 日記事。さらに（社）日本電機工業会原子力 PA 女性分科会「平成 14 年度 韓国・原子力 PA 調査報告書」（2003 年 1 月刊）

<https://www.jema-net.or.jp/Japanese/genji/img/houkoku06.pdf>)

参考：原子力鍛造製品・部材製造企業の能力比較

－ 鍛造部材のもととなるインゴット(鋼塊)の大きさでの比較 －

- ・日本製鋼所
(600 トンのインゴット→650 トン製造に増強中。2011 年度中に原子炉容器 (RV) と蒸気発生器 (SG) で年間 12 セット以上の製造をめざす)
- ・日本鑄鍛鋼 (510 トンのインゴット)
- ・韓国 DOOSAN (400 トンのインゴット)
- ・ロシア「合同機器製造工場 (OMZ)」イジョーラ工場
(420 トンのインゴット。RV+SG で年間 2 セット→2011 年ころから同 4 セットに)
- ・AREVA 傘下の仏スファースチール (最大 200～250 トン)
- ・インド原子力発電公社
(NPCIL) とラーセン&トップロ社 (L&T) のハジラ合弁工場 (2009 年 11 月 30 日の覚書による。2011 年 4 月竣工予定。600 トンのインゴット)
- ・英シェフィールド・フォージマスターズ・インターナショナル社 (SFIL)
(2013～2015 年に、500 トンのインゴット)

出典：(社) 日本原子力産業協会 2008 年 9 月刊「ATOMCON2008」参加原産協会代表団報告書、
ならびに経済産業省資源エネルギー庁エネルギー調査会電気事業分科会国際戦略検
討小委員会 (第 1～5 回) 資料をベースに同小委員会事務局にて編集の「参考資料」

・WE からの資機材・サービスの調達

2006 年 8 月 28 日、WE が新古里 3・4 号機 (APR1400) の一次冷却材ポンプ、炉内構造物、
制御棒駆動機構、計装制御システムや支援サービスを提供することで、WE と DOOSAN、KOPEC
が合意した。

注：DOOSAN の海外への輸出実績は、巻末の参考資料 4：韓国の原子力発電関係主要企業の
事業データの紹介を参照。

- ④ 韓国電力技術(株) (KOPEC : Korea Power Engineering Company, Inc.) www.kopec.co.kr
- ・1981 年に KEPCO と KAERI の出資で設立。韓国の発電所総合設計能力開発の中心機関となり、主契約者の役割を担う期待で設立された。現在は KEPCO が株式の 97.9%を保有。
 - ・ヒューマニティ、環境、エンジニアリングの 3 つの調和を図るという意味を込めて「Humaneering」というキャッチフレーズを掲げている。
 - ・原子力発電プラントでは、NSSS や BOP の設計を手がけ、アーキテクト・エンジニア (A/E) の役割も担っている。新型炉の設計・建設も KOPEC の役割となっている。運転・保守のエンジニアリング・サービスでも、最先端技術を使い受注している。放射性廃棄物管理や研究炉も取り扱い事業に上げている。

注：KOPEC の海外への輸出実績も、巻末の参考資料 4：韓国の原子力発電関係主要企業の事
業データの紹介を参照。

- ⑤ 韓電原子力燃料(株) (KNF : Korea Nuclear Fuel Co.) www.knfc.co.kr
(1982 年に、韓国核燃料(株) KNFC として設立。次に韓電原電燃料(株) KNFC と改称)

- ・現在は、KEPCOが株式の96.4%を保有。1984年から軽水炉(PWR)用燃料また1998年からCANDU用燃料の設計・成型・加工を行っている。現在世界でPWRとCANDUの燃料の成型・加工を行っている唯一の会社となっている。
- ・PWR燃料では、14×14、16×16、17×17の各タイプのWHタイプの燃料集合体と国産炉OPR1000やAPR1400の16×16タイプの燃料集合体を供給している。
- ・製造設備では、先端レーザー溶接装置などをもつ。
ウラン探鉱、UO₂粉末の製造、PWRの初装荷炉心・取替炉心の設計や安全解析も行う。CANDU燃料は400トン/年、PWR燃料は400トン/年を製造している。
- ・2009年2月5日に、WEは、ABB-CE社製PWRの制御棒製造で、韓電原子力燃料(株)(KNF)と、「KWニュークリア・コンポーネント社(KWN)」(WEとKNFの出資比率は55対45)を大田のKNFの燃料加工製造工場の敷地内に設立した。KWN設立で、APR1400への技術的対応に万全を期すためと見られる。

注：KNFの新型核燃料の開発状況は、巻末の参考資料4：韓国の原子力発電関係主要企業の事業データの紹介を参照。

- ⑥ 韓電KPS(株)(Korea Plant Service & Engineering Co., Ltd.) www.kps.co.kr
- ・前身の会社は1974年設立。1984年に韓国電力補修(株)(KEPOS)となる。さらに1993年に韓電機工(KPS)となる。現在KEPCOが株式の80.0%を保有。
 - ・原子力発電所をはじめとする発電・送配電施設や工業施設のメンテナンスを行う。
とくに各種発電プラントの起動時からルーティン・メンテナンス、計画停止時メンテナンス、運転中の改造から復帰など、全耐用期間にわたるサービスを実施できる。改造、計装制御システム・サービス、メンテナンス訓練サービス等も実施。

注：韓電KPS(株)の内外での受注実績は、巻末の参考資料4：韓国の原子力発電関係主要企業の事業データの紹介を参照。

- ⑦ (社)韓国原子力産業会議(KAIF: Korea Atomic Industrial Forum)
- <http://www.kaif.or.kr/eng/about/01.asp>
- ・1972年、原子力の平和利用促進の総合民間団体として設立。主要活動は原子力産業発展のための連携・協力の促進、原子力政策に関する各界意見の調整、国際会議・セミナーの開催。
- ⑧ (財)韓国原子力文化財団(KNEF: Korea Nuclear Education Foundation)
- ・原子力パブリック・アクセプタンス分野で体系的で専門的な広報体制を促進するため、1992年3月に設立(当時の英語呼称はOrganization for Korea Atomic Energy Awareness: OKAEA)。
- ⑨ 韓国放射性廃棄物管理公団(KRMC: Korea Radioactive Waste Management Corporation)
- ・2009年1月、知識経済部(MKE)所轄下の放射性廃棄物管理機関として設立。
低中レベル廃棄物の輸送、処分、使用済燃料の中間貯蔵、処分、放射性廃棄物管理施設の立地、建設、操業や放射性廃棄物処分、使用済燃料管理に関する研究開発、放射性廃棄物管理基金の運営管理を担当する。

IV. 原子力発電開発の歴史

1. 韓国の重化学工業近代化と、その後の原子力産業の育成の経緯

1) 重化学工業の近代化

- 韓国は、1965年6月に結ばれた「日韓基本条約」による、日本からの3億ドルの無償供与、2億ドルの借款供与、3億ドル以上の民間借款で、朝鮮戦争の荒廃からの復興に向かう原資を得た（当時の韓国の国家予算は3.5億ドルだった）。
- 1973年になり朴正熙大統領は「重化学工業政策宣言」を発表、軽工業から重化学工業への転換を図った。この過程で政府は、重点産業への参入は特定の財閥にのみ認め、そこに限られた資源を集中投入した。金融や税制などでも優遇措置をとった。また政府の保証による格安また巨額の借入れが可能となったことから、主要な財閥は傘下にあらゆる業種のいわゆる「フルセット型」の企業群を抱えることになった。

2) 韓国の原子力発電開発

- 韓国の原子力発電開発では、日本の企業との資本や技術の提携はなされず、「欧米企業との提携+自力更新」の基本方針がとられた。
注：原子力関係の制度や法令・基準等は日本から多くをとり入れながら、採用した原子力技術は、米（かつてのWH、またCE）、加（AECL）、仏（かつてのFRAMATOME）であった。
- 1980年、政府は「一業種一社育成方針」により、原子力機器製造分野で先行していた現代洋行(株)を核に韓国電力(株)の子会社として、韓国重工業(株) (KHIC または韓重 HANJUNG の略称)を設立した。さらに2001年にKHICの民営化で株式を公開し、斗山重工業(株) (DOOSAN) が設立された。

3) 軽水炉国産化・標準化に向けての取り組み

・まず、韓国の原子力発電プラントの国産化・標準化の歩みを、図により概括する。

図表 12：韓国の原子力発電開発の軌跡



(出典：2009年10月26-27日「第30回日韓原子力産業セミナー」開会セッションでのキム・ジュンス KHNP 上席副社長の発表「韓国の原子力発電の現状と将来展望」等)

①韓国の加圧水型軽水炉（PWR）の国産化・標準化計画の策定：1983年

・韓国では、原子力発電所標準化計画を1983年に策定、100万kW級PWRの国産化・標準型炉*開発から開始した。

*当初、「韓国標準型原子炉（Korea Standard Nuclear Plant: KSNPあるいはKSN）」と呼称、その後「最適化炉（Optimized Power Reactor: OPR）」と改称。

図表13：韓国の100万kW級PWR標準化の計画とその実際の進展の概要

開発段階	時期	計画事項	実際の進展
フェーズⅠ	1983年4月～85年7月	・標準化プラント（KSNP）の概念のF/S	
フェーズⅡ	1985年9月～87年8月	・建設・運転の経験をレビュー ・先端技術を調査 ・設計改善項目を特定	
フェーズⅢ	1989年2月～91年4月	・霊光3・4号炉（1989年6月着工）を、標準炉のベースとなる参照炉（Reference Reactor）/基本炉（Base Reactor）に決定 ・国産化設計項目の絞込み	・米国電力研究所（EPRI）の新型軽水炉電力要求文書を検討 ・韓国標準化要求文書（電力からの要求）と韓国標準化安全解析報告書（KSSAR。サイト条件は含まず）を作成
フェーズⅣ	1991年4月～2006年	・霊光3・4号の建設を利用、KSNPの第一次設計を終了	
		・標準型先行炉（とりあえずKSNPとみなせるもの）として蔚珍3・4号機を着工（1992年5月）。	・蔚珍3・4号機の建設過程で設計を改良、標準化を完成。一応「実証炉」の扱いながら、過剰に安全装置を付けた「試行錯誤機」のためコスト高。
		・コピ-生産向け炉の設計は、霊光5・6号機（1996年9月着工）や蔚珍5・6号機（1999年1月着工）から。	

・とくにフェーズⅢで「EPRIの新型軽水炉電力要求文書」検討の結果、霊光3・4号機の設計作業からのフィードバックも取り入れて、韓国標準型炉の設計を次のように進めた。

<設計の考え方>

- －（運転性、保守性の観点から）単純化を図る。
- －（システムやコンポーネントの）信頼性を高める。
- －（モジュール化等）建設工法の効率化を図る。
- －（事故防止や過酷事故対応のために）設計裕度を十分にとる。また許可設計基準と安全裕度基準を統合する。
- －（運転員に適切な応答時間を確保する等）マン・マシーン・インターフェイスの改良を図る。
- －（いままでの建設や運転の経験により）実証された技術を採用する。設計者が陥りがちな「革新的な機器・システム」の採用は抑制する。

<性能目標の設定>

- 核燃料の熱的余裕度：5 %以上
- 炉心損傷の防止：
 - + 停電時の保持時間は8時間
 - + また代替交流電源確保と安全系統の機能強化
- 過酷事故に対する十分な損傷低減対策が施されている設計
- 安全裕度基準を過酷事故におく
- 稼働率：80～87 %
 - *これは核燃料取替周期（当時12～15カ月）の長期化（12～24カ月を目標）により変動した。
- 計画外停止回数：年1回以内
- 設計耐用年数：40年（在来炉では30～40年）
- 計画的負荷追従運転：可能に

②「原子力研究開発中期計画」で国産化目標を設定：1992年

- ・1992年6月、韓国原子力委員会は「原子力研究開発中期計画（1992～2001年）」で、「2006年以前に完成する原子力発電所を対象に軽水炉の改良を進め、これを基に経済性と安全性に優れた次世代原子炉技術を開発する」ことを発表した。

その作業スケジュールは次のとおり。

- 1994年末まで：過酷事故対応、制御、設計寿命延長の各技術開発
- 1997年末まで：基本設計の完了
- 2001年末まで：標準詳細設計の完了、標準安全性に関する解析報告書作成
- 2007年：初号商用炉の運転開始

- ・これに基づき、「95 in 95」（1995年に95%の国産化を！）のスローガンの下に、次の目標が設定された。

図表 14：「95 in 95」国産化計画

担当機関	分野	国産化目標（1995年）
韓国電力公社 (KEPCO)	総合プロジェクト管理	98 %
韓国原電燃料(株) (KNFC)	核燃料製造	100 %
韓国原子力研究所 (KAERI)	原子炉系統設計	100 %
	核燃料設計	95 %
韓国重工業(株) (HANJUNG=KHIC)	原子炉系統機器製造	87 %
	タービン発電機設計・製造	98 %
韓国電力技術(株) (KOPEC)	総合設計	95 %
建設業各社	土木・施工	100 %
		全体の国産化率 95%

- ・この計画による実績は、以下ようになった。

図表 15：韓国原子力発電プラントでの国産化率の推移

(%は技術料を加味した金額ベース。1995年6月現在)

原発	古里 1	古里 2	月城 1	古里 3&4	霊光 1&2	蔚珍 1&2	霊光 3&4
運転開始年	1978	1983	1983	1985/86	1986/87	1988/89	1995/96
国産化率	8.0 %	12.8 %	13.9 %	29.0 %	35.0 %	40.0 %	74.0 %

注：図表 14 も 15 も、ともに KEPCO 提供の資料ながら、霊光 3・4 の国産化率に相違がある。1994年

6月の報道では、霊光3・4号機の初装荷燃料は、韓国での製造能力不足により、WHから購入せざるを得なくなったことによるとされる。

注：国産化計画遂行過程で、敢えて国産化を遅らせた資機材についての説明は、以下のとおりであった。

- － 蔚珍3・4号機（各1998年8月/1999年12月に運開）まで、ジルコニウム燃料管、PWR用の主冷却材ポンプ（RCP）、CANDU用の特製弁が必要な1次伝熱ポンプ、圧力管、重水精製装置、重水等が製造されなかった。理由は、製造設備購入費等を考えると、購入するほうが経済的だった品
- － 制御棒駆動装置（CRDM）とRCPは、霊光5・6号機（202年5月・12月運開）では国産化した。
- － 圧力容器は霊光3・4号機（1995年3月/1996年1月運開）から、鍛造材料から国産化している
- － 蒸気発生器（SG）も霊光3・4号機で国産化を達成した。

（出典：1995年6月時点でのKEPCO 対外電力事業団長の説明）

注：以上の、韓国でのPWR国産化をめぐる動きのさらなる詳細データは、巻末の参考資料5：韓国のPWR国産化・標準化計画の概要を参考。

③韓国標準型原子炉（KSNP）としての「システム80+」の開発

- ・前述のように、1987年4月の霊光3・4号機の発注では、米国のコンバッション・エンジニアリング社（CE）をサブ・コントラクターとして選任した。
- ・これにより韓国側は、CEが開発し、米国アリゾナ州パロヴェルデ原子力発電所1～3号機で採用された「システム80」（130万kW級炉PWR）を、韓国の国情に合うように100万kWにスケールダウンする等の改良で、韓国標準型原子炉とする方針を立てた。
- ・この開発では、KEPCOが運転管理者、KAERIが炉心設計者、KOPECが2次系設計者の役割を担うことになった。
- ・この時期に、CEが同じく「システム80」の安全性と経済性を大きく向上させる「システム80+」という名称の改良型炉開発プロジェクトを実施中であったため、米英のエンジニアリング社や電力に混じってKEPCOも参加した。

注：「システム80」は、原子炉冷却系統2ループ構成（蒸気発生器2基、一次冷却材ポンプ2基）の炉で、後にこの2ループ構成の特徴はウェスチングハウス・エレクトリック社（WE）のAP1000にも採用された。

注：韓国でもこの「システム80」の韓国導入用改良炉を「システム80+」と命名したため、「システム80+」の米国版は130万kW級、韓国版は100万kW級と容量は異なるが、混乱があった。

注：この開発作業の詳細は、参考資料6：「システム80+」と韓国標準型原子炉（KSNP）の混乱を参照。

④韓国次世代炉KNGR*の開発：設計寿命は60年、建設単価は15%低減

*次世代炉は、当初Korea Next Generation Reactor（KNGR）と呼称、後に1400MW（140万kW）のAdvanced Power Reactor（APR1400）と改称。

- ・2000年4月、経済危機により中断していた大型次世代炉開発の再開が発表された。

- 韓国では、1992 年末から「次世代原子炉技術開発事業」として、改良型大容量 PWR の開発が行われていた。当初は 130 万 kW 級「韓国次世代型炉 (KNGR)」、後に 140 万 kW 級「改良型炉 (APR1400)」という名称が付けられた。
KHNP、KAERI、KOPEC、DOOSAN など、産学および研究機関から約 2,300 名が研究開発に参加し、計 2,340 億ウォンが投入された。
- APR1400 は、KSNP と同じく、CE の「システム 80+ (米国版)」(130 万 kW) をベースに開発したものもある。
- 開発スケジュールでは、1999 年 2 月に基本設計を完了、2001 年 12 月に詳細設計を完了、2010 年に初号機運転開始となっていた。
- この開発スケジュールに則り、新古里 3・4 号機 (2007 年 9 月着工) および新蔚珍 1・2 号機 (2010 年 6 月掘削開始予定) に APR1400 が採用された。

図表 16 : 新古里 3・4 での APR1400 の建設風景



(出典 : 2009 年 10 月 26-27 日「第 30 回日韓原子力産業セミナー」開会セッションでのキム・ジュンス KHNP 上席副社長の発表「韓国の原子力発電の現状と将来展望」等)

- 韓国側では、CE との建設によって、PWR の国産化を推進したが、その過程で「炉心設計コード、一次冷却材ポンプ RCP、計測制御システム MMIS」の 3 大コア技術の自立化の重要性を認識し、これを「APR+」という炉として達成することにした。
- 2008 年 8 月 27 日の「第一次国家エネルギー基本計画」の中で、原子力を輸出産業化するとの明確な目標によって、「APR+」の開発を当初計画の 2015 年完了から、2012 年完了に前倒しすることが決定された。
- 2010 年 3 月 30 日、KHNP は、原子力発電プラント設計の要である炉心設計コードを韓国原子力燃料(株) (KNF) を中心とする研究開発機関が、韓国の力のみで開発したことを発表した。

注 : 炉心設計コードは、炉内の核燃料の状態を把握・予測するソフトウェアで、核燃料の装填量や交換時期等の決定に重要な役割を果たす。KHNP では、今回開発した炉心設計コードを新古里 3・4 号機に適用する予定でいる。

2. 韓国「国産炉」に対する WE からのライセンス問題の提起

- ・2009 年の年の瀬に、(現代建設の CEO を務めた) 李明博大統領のトップセールスの手腕を華々しく伝える「アラブ首長国連邦 (UAE) での 400 億ドルの原子力発電プロジェクトを韓国受注」の衝撃的なニュースが世界を駆け巡った (詳細は後述)。
- ・しかし米国 WE 側は、韓国と UAE の交渉段階から、これまで曖昧にされてきた韓国の「国産炉技術」は、輸出に関しては、ライセンス上 WE に規制権があることを強調していた。

1) WE からの韓国標準型原子炉開発での知的財産権の主張

①従来からの韓国と WE の主張は次のとおりであった。

- － WE : OPR や APR1400 は、CE の「システム 80+」(130 万 kW 級 PWR) の技術をベースにしたものであり、その輸出には、(CE を吸収統合した) WE の承認が必要。
- － 韓国側 : OPR も APR1400 も、純然たる韓国の国産開発技術である。

注：韓国の PWR 国産化ならびに標準化は、靈光 3・4 号機の発注 (1987 年 4 月) に際して、韓国重工業 (HANJUNG) を主契約者とし、技術的に進んだ米国の CE や GE 等をサブ・コントラクターとする技術移転によって具体化した。当時の協力関係は、以下のとおりである。

- － 原子炉本体 : CE-HANJUNG
- － タービン発電機 : GE-HANJUNG
- － アーキテクト・エンジニアリング (AE) : サージェント&ランディ (S&L) -KAERI/KEPCO (後に KOPEC)

② (韓国の UAE への超大型原子力商談の成功によってこの決着が必要となった)

2010 年 1 月 21 日、米国連邦議会調査局 (CRS) が、「米国—韓国の世界原子力市場における協力：政策上の主要検討事項」*と題する報告書を公表した。

* U.S. and South Korean Cooperation in the World Nuclear Energy Market: Major Policy

Consideration Mark Holt. 11p. (R41032) http://assets.opencrs.com/rpts/R41032_20100121.pdf)

- ・CRS の報告書の執筆者は、「KSNP は 1997 年 5 月に米国 NRC の標準設計承認を受けた CE のシステム 80+ をベースにしている」と判断してる。

2) 韓国と WE の知的財産権の争いの波及

- ・現段階の米国政府の解釈では、アラブ首長国連邦 (UAE) を含め、OPR や APR の輸出は「米国オリジンの原子力発電技術の移転」とされ、米国政府の「810 承認」といわれる個別承認が必要となる。

- ・2014 年の米韓原子力協力協定の改訂に際しても、原子力貿易を規定した「原子力法 123 条」に抵触する部分の修正が求められる。

- ・2009 年 11 月 18 日、KEPCO は米国内への APR1400 の輸出に備えて、米国 NRC と APR1400 の標準設計承認を申請するための「予備的会談」をもち、「システム 80+ (米国版)」と韓国の APR1400 の開発の経緯、設計の違い等を説明した。NRC 側では、予算・人員の制約から APR1400 の審査は少なくともここ 2 年間は無理としている。

注：この問題のさらに詳細な情報は、巻末の参考資料 7：韓国標準型炉に関する「CE のライセンス」の取り扱い問題を参照。

V. 韓国の原子力産業の国際展開

1. 早期からの国際展開の努力

1) 国際原子力機関（IAEA）等への協力

①IAEA の技術協力活動への支援

・韓国は、1990年代初めより政府主導の下に、IAEA を通じての技術協力を積極的に取り組んでおり、中国やパキスタンの原子力発電所建設プロジェクトでの、設計・機器製造品質保証、サイトの安全解析、また運転品質保証等に、韓国人の専門家を派遣している

②RCA 活動への支援

・RCA*地域事務所（RCA-R0）を韓国の資金で開設し、地域の原子力教育・訓練活動支援を強化した。

*RCA とは、「原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定」の略称。

2002年、韓国の費用負担で、ソウルにRCA-R0を暫定開設し、2004年に正式開設した。

③2004年からは「アジア原子力技術教育ネットワーク（ANENT）」の立ち上げや「国際原子力安全学校」（2008年1月に韓国原子力安全院（KINS）内に設置）等を通じても、IAEA への協力を約している。

2) 中国への協力

・初期のKAERI と KEPCO が協力した形でのコンサルタント契約受注努力や、近年の産業間協力（技術提携等）が特徴である。

①1993年12月、KEPCO は大亜湾原子力発電所の2年間の運転・保守のコンサルタント契約を受注。中国のエンジニアの受入も実施した。

注：KEPCO は1993年4月、アジア等でのビジネス参入（コンサルタントから運転支援まで）をめざす「国際ビジネス開発チーム」を設置した。

さらに2003年3月から2008年3月まで、中国広東核電集团有限公司（CGNPC）の嶺東原発建設プロジェクトの技術コンサルタント契約を受注した。

②中国との原子力協定は1994年10月、ソウルで調印。中国の原子力発電所計画への韓国の専門家協力、機器供給等を定めている。

さらに同年12月には韓国科学技術処（MOST）と中国核安全局（NNSA）の間で原子力安全関係の議定書を締結した。

③1995年1月、HANJUNG と中堅財閥の高合（Gohap）グループは共同で中国秦山2期工事の圧力容器2つを受注。1基目はHANJUNG が単独製造、もう1基は中国原子能工業公司（CNEIC）と共同製作で技術移転を行う内容（契約額は2千万ドル）であった。

注：1996年6月、この輸出での韓国政府の輸出信用供与が降りず、中国側がこの契約を破棄、発注先を三菱重工業（株）に変えた。

④1995年2月、中国核工業公司（CNNC）副総経理を団長とする中国代表団がソウルを訪問、韓国電力公社（KEPCO）と会談、中国沿海部での原子力発電所建設での協力を協議した。

⑤1997年2月、HANJUNG がカナダ原子力公社（AECL）の下請として秦山3期 CANDU 炉建設に参加。蒸気発生器、加圧器、熱交換器等19品目を受注した。

⑥1999年10月、韓国 MOST と中国核工業集团公司（CNNC）が原子力平和利用取極めを結び、合同原子力委員会を設置した。これに加えて、2000年以降、合同原子力調整委員会を開催している。

⑦2009年2月、DOOSAN は初めて原子炉圧力容器を輸出した。中国秦山原子力発電所第Ⅱ期の3号機（60万kW級PWR）用のもの。

3) トルコへの協力

・初期の KAERI が中心となつての原子力発電プロジェクトでの入札評価のコンサルタント契約受注が特徴的であった。

①1994年12月、KAERI 共同事業体 (KAERI、韓国検査開発(株) [HIDECO]、現代建設(株)) はトルコ発送電会社 (TAES) と、アックユ原子力発電計画に関し、次のような入札書類作成と評価を支援するコンサルタント契約を締結した。

－ 第一段階：国際市場で調達できる各種原子力発電技術についての評価を、トルコの国情に合わせて分析し、TAES に報告する。

－ 第二段階：各ベンダーからの入札仕様書を評価し、推薦できる仕様内容を取りまとめる。

－ 第三段階：入札評価と契約交渉で TAES を支援する。

②1996年12月に、60万kW～140万kWの原子炉複数基を2007年以降に完成する計画に関し国際入札が行われた。これに対し、(1)仏フラマトムと独シーメンス等、(2)加 AECL 主導のグループ、(3)米国 WH 主導のグループの3グループが応札した。

応札内容の評価を終えたころの1999年8月のトルコ北西部の大地震発生と、その後の経済危機から、トルコ政府は2000年7月、計画の凍結を宣言した。

③2008年、トルコ政府は再度、アックユに建てる初号原子炉(60万kW以上)建設に関する国際入札を招請した。

しかし、トルコ側は、IPPの形で完成後売電による建設コストの回収をめざす方式としたため、民間企業グループにとってはリスクが大き過ぎたことから、2008年9月の入札では、露のアトムストロイエクスポート社 (ASE) 主導のグループのみが応札した。しかし、トルコ側と売電交渉中に、一社だけの入札で事業を進めることを違法とする NGO の訴えで、トルコの最高行政裁判所が同入札の停止を裁定、この入札はキャンセルとなった。

④2010年3月10日、トルコは黒海沿岸のシノップ地方での立地事前調査で韓国と合意トルコの発電公社 (EUAS:。かつての TAES から2001年に分離) は、韓国製 APR1400 建設を念頭に、KEPCO と共同で研究調査を行う協力議定書に調印した。

注：IAEA、中国、ならびにトルコへの韓国の早期からの接近についての詳細情報は、巻末の参考資料8：韓国原子力産業の早期からの国際展開志向 (IAEA、中国、ならびにトルコ) を参照。

2. 李明博政権（2008年2月25日～）の新たな原子力発電所等輸出の国際展開

1) ヨルダンへの接近

- ①2008年10月、韓国はヨルダンと原子力発電協力仮覚書に調印、
2007年8月、国王のアブドゥラー2世は、長期的な視点から原子力発電導入計画を早期に策定するよう政府に要請した。
- ②2008年12月1日、李明博大統領と訪韓中のヨルダンのアブドラ2世国王は、政府間原子力協力協定を締結した。ヨルダンでの原子力発電所建設も含め、ヨルダン経済および地域開発のための国家的な大型インフラ整備プロジェクトの一環として結ばれたもの。
- ③ヨルダン原子力委員会（JAEC）は2009年11月15日、原子力発電所の建設前コンサルティング業務を、豪州のウォーリーパーソンズ社に発注した。契約期間は3年間で、原子炉選定や放射性廃棄物管理等（具体的には原子炉メーカーの入札準備や選定評価の他、原子炉を所有・運転する電力会社の官民両セクターでの設立）を支援する。
注：ヨルダンは2015～17年までに発電・海水淡水化の二重目的炉1基の完成をめざす。仏・中・韓・加とは二国間の原子力協力協定を調印済みである。建設候補地はヨルダン南端のアカバ市の南25km。

④研究炉建設受注

JAECは2009年12月3日、同国初の研究炉（出力5MW）建設で、韓国のKAERIと大宇建設（株）の企業連合を建設業者に選定した。ラムサ市近郊のヨルダン科学技術大学（JUST）の研究炉を建設する。契約総額は約200億ウォン（約1億7300万ドル）と伝えられる。韓国の原子炉輸出は初めてで、出力30MWのHANAROを5MWに縮小して建設する。2010年6月に着工し、2015年2月の完工をめざす。

2) アラブ首長国連邦（UAE）の原子炉建設計画で4基の建設と運転を受注

・この受注により、李明博政権への支持率が、10%台から一挙に57%に跳ね上がった。

- ①2009年6月22日、UAEで政府間原子力協力協定が締結された。UAEは2017年までに第3世代炉で少なくとも400万kWの導入を計画していた。
- ②2009年12月27日、UAEの首長国原子力エネルギー会社（ENEC）は、同国初の原子力発電所の設計、建設、運転する業者としてKEPCOが率いる韓国企業連合（KEPCO、三星物産、現代建設、DOOSAN、KHNP、KOPEC、KNF、韓電KPS、また米国のWEで構成した）を選択した。「仏AREVAのグループ」と「米国GE/日本日立の連合」は、敗れた。

李明博大統領主導の韓国のUAE原子力発電商談受注内容

- (1) 総計400億ドルの契約のうち、韓国チームは約200億ドルでAPR-1400（140万kW級炉4基を設計・建設する。初装荷燃料（3年分）も含む。
注：KEPCOの200億ドルは、AREVAの応札価格（GE日立より安い）より30%安かった（AREVAより160億ドル安かったとの報道もある）。1基あたりの平均価格は、韓国国内での（新古里の建設コスト）31.5億ドルよりも高い50億ドルとなっている（2010年1月21日の米国CRS報告）。
注：200億ドルは、KEPCOの年度売上高の70%に相当し、2010年1月15日にMKEは、韓国輸出保険公社によるUAEプロジェクトの工事金額調達のための前払金返還保証、契約履行保証状の発給、海外事業資金貸付保険、中長期貿易保険支援等での全面支援を公表。また2010年2月の輸出保険公社の貿易保険公社への改組に当たっての、原子力発電産業専従チーム新設も発表した。
- (2) また、残りの200億ドルで耐用寿命の60年にわたり原子炉の運転支援、保守、検査を請け負う。初号機は2017年に送電網併入を予定、残りの3基も2020年までに完成し、国内電力需要の25%を賄う計画。
- (3) 提示価格（仏連合の2割減）と工期の短さが決め手になり、加えて、李明博大統領自らがUAE側と電話で直接協議、軍事支援等での長期的パートナーとしての関係を提案したことが奏効したといわれる。

- ③契約では韓国チームを計画の出資者とし、事業パートナーとして連携強化を約束した。

図表 17：李明博大統領と UAE 大統領が見守る中、ENEC 社長と KEPCO 社長が契約書に署名



(出典：在日大韓民国大使館公式サイト)

注：ヨルダンとアラブ首長国連邦 (UAE) への李明博政権のアプローチのさらに詳細な情報については、巻末参考資料 9：李明博政権の積極的な国際展開を参照。

3) その他

2008 年に入り、韓国の原子力産業は次のように国際展開に向けて顕著な動きを示し出した。

- ・ 韓国電力技術 (KOPEC) が WE 下で米国市場での AP1000 の設計・製造に参加 (4 月)
- ・ ハン・スン首相のウズベキスタン訪問によるウラン購入契約 (5 月)
- ・ 斗山重工業 (株) (DOOSAN) の WE への (中国三門、海陽用や米国内への) 蒸気発生器等の原発機器納入契約 (5 月、7 月と 8 月)
- ・ 李明博大統領が、カザフスタンの原子力発電所導入計画に韓国企業の参入を支持するよう要請 (8 月)
- ・ 韓国電力公社 (KEPCO) と露ウラン採鉱アトムレドメトゾラト社 (ARMZ) の提携 (9 月)
- ・ KEPCO のフィリピンの原子力発電コンサルタントへの応募 (10 月)

2009 年に入ると、国際展開の動きがさらに活発化した。

- ・ 韓国原子力安全院 (KINS) に国際原子力安全学校 (INSS) を設置 (3 月)
- ・ KEPCO とウクライナ・エネルギーアトムが原子力開発プロジェクトでの覚書に署名 (5 月)
- ・ カザフスタンと中小型炉の開発・建設の強化を含む行動計画を採択 (5 月)
- ・ 韓国外交通商部次官がバングラデシュに原子力発電所建設を提案 (5 月)
- ・ マレーシアとの原子力発電協力に関する覚書の締結 (KEPCO が原子力発電導入計画のコンサルティング・サービス受注) (6 月)
- ・ 韓首相が、ウクライナのティモシェンコ首相に、原子力発電協力の拡大を要請 (7 月)
- ・ ポーランドとの原子力を含むエネルギー分野等での協力強化で合意 (7 月)
- ・ KEPCO はインド原子力発電公社 (NPCIL) と原子力発電分野での二国間協力 (APR1400 の KERPCVO との共同建設 FS) のための覚書を締結 (8 月)
- ・ KAERI、KOPEC、大宇、斗山とオランダの 3 企業の連合が、オランダのペッテン炉の後継ラジオアイソトープ生産炉の入札に参加 (11 月)

2010年の動きも記す。

- 李明博大統領とシン首相はニューデリーで、両国の協力を「長期的協力パートナー」から「戦略的パートナー」に強化することで合意、二国間の民生用原子力協力協定締結に向けて協議を開始することで合意した（1月）
- 韓国国際協力財団（KOICA）は、エジプト政府の要請により、今後3～5年にわたりエジプトの原子力エンジニアの育成を支援する計画を発表（1月）
- KEPCOはフィリピンの国家電力公社（NAPOCOR）の委託調査として、バターン原子力発電所（BNPP。出力62万1千kWのPWR。1986年に閉鎖）を補修により再生できるかについてフィジビリティ・スタディ（FS）を実施。「再生は可能だが補修費用に10億ドル必要」との報告をNAPOCORに提出した（1月）
- インドと韓国の原子力専門家団が2月と3月に相互訪問することを発表（2月）

3. 原子力発電の輸出産業化戦略を策定：2030年までに80基を輸出へ

- ・2010年1月13日、韓国の知識経済部（MKE）は、2030年までに原子炉80基を輸出し、世界の三大原子力輸出国となることをめざした「原子力発電輸出産業化戦略」を李明博大統領に提出した。
- ・2009年末のUAEでの原子力発電所輸出商戦に勝利したことを踏まえ、原子力産業をさらに世界有数の競争力をもつ輸出産業に育成するために必要な、人材育成や機器国産化等に大規模な投資を含む、国家としての戦略を示したものの。

○「原子力発電輸出産業化戦略」の内容

図表 18：原子力発電プラント輸出目標と期待効果

	受注基数 (累計)	受注額 ¹⁾ (累計)	雇用効果 ²⁾ (累計)	韓国内での重機売上増大効果 ³⁾ (累計)
2012年	10基	500億ドル	4万9,000名	8,460億ウォン
2030年	80基*	4,000億ドル	156万7,000名	26兆8,370億ウォン

(出典：MKE発表の「原子力発電輸出産業化戦略」)

注：2030年時点で、世界の新規原子炉建設シェアの20%（米仏に次ぐ世界第3位の原子力輸出国）をめざす。

1) UAEでのAPR1400原発受注では1基当たり50億ドル

2) 原発1基輸出による雇用効果は延べ27,450名

3) 原発1基国内建設時の韓国内の原発資機材中小企業の売上高は約4,700億ウォン

- ・MKEでは、戦略を実現する上での重要事項を、大きく次の6項目に絞り、その具体的対応を実施しないしは実施しようとしている。

① 輸出対象国別オーダーメイド型での輸出戦略

注：相手国の状況に合わせ、ターンキー契約での受注以外にも、(総額88兆ウォン規模と見られる) 運転・保守サービス市場への進出や、運転実績低調もしくは高経年原発の買収・再生事業への進出も。

② 原発技術の自立化およびグローバルな競争力の確保

注：2012年までに炉心設計コード、一次冷却材ポンプ(RCP)、原発計装制御システム(MMIS)等、基幹技術を完全国産化。また「APR+」開発。

③ 原発専門技術人材の養成

注：「国際原子力専門大学院(2011年9月設立)」の活用等で韓国型原発の進出先国の人材基盤の強化も視野に。

④ 核燃料の安定的確保

注：韓国内ならびに輸出用原発のウラン所要量見込みは、以下のとおり。

－ 2010～2012年：約5,000トン/年

－ 2013～2016年：約6,000トン/年

－ 2017年：約8,000トン/年

これに対して、韓国側では長期契約等で2012～2013年までは確保し、KHNPは濃縮ウランおよび精鉱形態で2年間分を別途備蓄中。また、海外鉱山の共同探鉱等で自主開発率を6.7%(2010年)

→25%(2016年)→50%(2030年)にまで大幅拡充。

⑤ 原発原子力中核的資機材の供給能力拡充

注：KHNP等は優秀な中小企業の技術開発、資金、品質管理、海外共同進出等の「相互協力パートナーシップ体系」構築をめざす。

⑥ 輸出型原発産業体制の強化

注：短期的には、KEPCO内の原発輸出専門組織新設で輸出の総括調整機能を強化。併せてKHNP、KOPEC等の原子力公企業の輸出支援組織も補強。中長期的には、垂直系列化された原子力事業体系の構築原子力も検討。主要な世界原発企業との戦略的提携も検討する。

注：UAEの豊富な資金と韓国の技術力を連携させ、原発基盤と財源が不足する国への原発ビジネスの共同展開も考える。

注：この「原子力発電輸出産業化戦略」の詳細報告は、参考資料 10：韓国の「原子力発電輸出産業化戦略」詳細報告を参照。

VI. 核燃料サイクル

1. ウラン探鉱・ウラン購入

- KEPCO は、1970 年代後半から海外で共同ウラン探鉱を行ってきたが、大きな成果はなかった。
2002 年からカザフスタンのカザトンプロムとウランの購入を図り、2004 年 9 月に盧武鉉大統領がカザフスタンを訪問し、ウラン鉱山の共同開発に関する議定書を結んだ。しかし、精鉱のままでのウラン受け取りを求める韓国と、自国の施設や技術を使うことを求めるカザフスタンの主張が折り合わず、結局この共同開発計画は凍結になった。
- 現在は、KEPCO、KNF、KHNP 等がカナダ、オーストラリアなどと共同探鉱を行い、年間 3,100 トン（2008 年）を購入している。
- 2008 年 5 月、韓昇洙（ハン・スンス）首相がウズベキスタンを訪問し、ウラン購入契約を締結した。
- 2010 年 2 月、KEPCO は仏 AREVA とニジェールのイモーラレン・ウラン鉱山の開発で、パートナー契約を結んだ。同鉱山は、アフリカ最大のウラン鉱山で、世界でも豪州のオリンピック・ダム鉱山に次ぐ有望な鉱山と見込まれ、2013 年に年産 5,000 トンで操業を開始し、少なくとも 30 年間操業する予定である。KEPCO は、AREVA とニジェール政府が合弁で運営するイモーラレン鉱業の株式の 10%を間接的に取得し、同鉱山で生産されるウランの 10%を無期限に独占的に供給される。

2. ウラン濃縮

- ウラン濃縮では、主に米 DOE/米ウラン濃縮会社(USEC)（古里・霊光用）・仏 COGEMA（現 AREVA。古里・霊光・蔚珍用）から濃縮役務を受けていたが、1990 年よりソ連（当時）から備蓄あるいは新規用に濃縮ウランを購入するなど、供給源の多様化を図った。
- USEC は 2000 年 2 月 15 日、同社が KEPCO に濃縮ウランを供給する契約を 2007 年終了から 2009 年まで 3 年間延長することに合意したことを明らかにした。これらにより、USEC の KEPCO との濃縮ウラン供給契約は、総額 1 億 5 千万ドルになった。
- その後ロシアの TENEX（アトムエネルゴプロム傘下の濃縮ウランの販売・役務会社）、欧州の URENCO、米国の USEC から年間 1,800 tSWU（2006 年）輸入している。
- さらに 2007 年から仏 AREVA NC と 10 年強の濃縮役務契約を締結、2009 年には AREVA の濃縮子会社（トリカスタン地域に GB-2 円新分離濃縮工場を建設中）の株式の 2.5%を取得した。

3. 重水調達

- KEPCO は CANDU 炉で使う重水に関しては、インドと中国から各 100 トンを購入する契約を結び、オンタリオ・ハイドロ社への一社依存からの脱却を図った。

4. 核燃料の製造

- CANDU 燃料製造とウラン転換技術は、当初カナダの原子力公社（AECL）と提携、CANDU 燃料の KAERI による国産化（設計・製造）は 1987 年に開始（その後フランスとの提携に移行）。1989 年に、韓国核燃料*（株）（KNFC）が KAERI から受け継いで、CANDU 燃料製造を始めた。

注：韓国核燃料（株）（KNFC）は 1982 年に設立。名称が韓電原電燃料（株）KNFC、次に韓電原子力燃料（株）KNFL と変わり、現在は英文略称がさらに KNF となった。

- PWR 燃料製造は、独ジーメンス（KWU）と提携。KAERI は設計を、KNFC は製造を担当し、KNFC 製造の PWR 燃料は 1989 年に国内需要を満たすようになった。

- ・ 2007 年末までに、KNF は総計 4,418tU の PWR 燃料と、3,724tU の CANDU 燃料を製造した。
- ・ PWR 用燃料については、ガドリニウム棒の生産ラインが 2002 年に完成した。2005 年末にはガドリニウムペレット製造ラインが 30 トン/年になった。2007 年から乾式転換とペレット製造工場の能力を拡大した。2009 年初めからジルカロイ管の国産化も始めた。
- ・ KNF は、年間 400 tU の PWR 燃料と 400tU の CANDU 燃料の生産能力をもっている。

(「タンデム・サイクル」路線の開発)

- ・ 韓国では、軽水炉で使用した核燃料を重水炉で再活用する「タンデム・サイクル路線」を何度か米国やカナダと共同で研究開発を行った。

注： KAERI はまた、カナダおよび米国の支援で、DUPIC (Direct Use of PWR-Fuel in CANDU: PWR の使用済燃料ペレット 3 基分を再加工し、CANDU1 基分の燃料集合体に組み立てる構想) の実験を行った。実用には放射能レベルが高すぎる等の課題が明らかになった。

注： KAERI は AECL とともに、CANFLEX 燃料 (低濃縮ウランや回収ウランを用いた酸化物燃料) の利用による燃料寿命の延長 (既存の天然ウラン燃料の 3 倍) と、それに伴う使用済燃料の低減の研究も行った。

5. 放射性廃棄物の管理

1) 中低レベル放射性廃棄物管理の現状

(出典：第 30 回日韓原子力産業セミナー報告書。セッション 2 の KHNP 原子力政策部安載敏次長の発表)

- 中低レベル放射性廃棄物の発生量
 - － 2008 年時点で 2000 ドラム缶で 106,644 本 (約 8 割が原子力発電所で発生)。
 - － 2020 年には 196,000 本に達する見通しである。
- 中低レベル放射性廃棄物の貯蔵状況
 - － 原子力発電所で発生した廃棄物は、各原子力発電所サイトに貯蔵されている。一月城および蔚珍発電所では、2009 年に満杯になる。
 - － 比較的貯蔵容量の大きい古里発電所においても 2014 年には満杯になる見通し。

2) 中低レベル放射性廃棄物処分場の選定：住民投票による「立地方式」の成功

- ・ 2005 年 11 月に処分場として慶州市が選定された。

(出典：2009 年 1 月 (社) 日本原子力産業協会刊「第 29 回日韓原子力産業セミナー報告書」等)

a. 過去の失敗：

- ・ 韓国政府は 1986 年以来、「中低レベル廃棄物処分場」立地をめぐり失敗を重ねた。
 - － 蔚珍(Uljin)、盈徳(Yeongdeok)、迎日(Yeongil)：文献調査後の地質調査段階で反対運動が起きた (1989 年)
 - － 忠清南道の安眠島 (Anmyeon Island)：研究施設建設の偽装下の調査が住民の不信を呼び起こした (1990 年)
 - － 掘業島 (Gureop Island)：手続きは公表して進めたが、海底断層の存在が判明した (1995 年末)
注：政府はこれらの失敗は当事者意識の問題もあると見て、1997 年 1 月、放射性廃棄物処分事業の推進担当機関を韓国原子力研究所 (KAERI) から KEPCO に移管した。
 - － 扶安郡蝟島 (Wi Island)：誘致を単独応募したが、住民の反対で難航した (2003 年 7 月)

b. 教訓を踏まえて：

- ・ 韓国政府は政策を転換し、2005 年 3 月に「中低レベル放射性廃棄物処分場財政支援特別

法」を制定した。この法律で定められた公募・住民投票を、2005年11月2日に実施し、中低レベル放射性廃棄物処分場の慶州を成功裏に選定した。

注：この選定プロセスと投票の結果、慶州市への支援策の詳細は、[参考資料 11：2005年11月の中低レベル放射性廃棄物処分施設の選定](#)を参照。

- ・この処分施設は公募で「月城原子力環境管理センター」と命名され、慶州市陽北面奉吉里に建設されることになった。2007年11月9日、盧武鉉大統領夫妻臨席の下に、着工式典が執り行われた。第1ステージとしての10万本の中低レベル廃棄物の処分施設を、KHNPが建設中である。施設方式は80～130mの深さの岩盤の中に人工洞窟をつくりサイロ方式で廃棄物を処分する。2012年6月に完成予定である。

3) 「韓国放射性廃棄物管理公団 (KRMC)」 の設立

- ・2009年1月、政府は、「2008年放射性廃棄物管理法」に基づき、公衆の安全性確保と環境保護のために放射性廃棄物を中期的に管理する専門機関として、「韓国放射性廃棄物管理公団 (KRMC)」を設立した。KRMCは、以下の役割を担う。
 - － 中低レベル廃棄物の輸送・処分
 - － 使用済燃料の中間貯蔵・処分
 - － 放射性廃棄物管理施設の立地・建設・運転
 - － 放射性廃棄物処分、使用済燃料管理に関する研究開発

6. 使用済燃料の管理

①使用済燃料管理の原則

- ・原子力委員会決定（2004年12月17日）により、使用済燃料は2016年まで原子力発電所のサイトに貯蔵する。また、使用済燃料管理に関する将来の国家政策は、国際動向を考慮しつつ、公衆の参加を通じて決定する。
- ・韓国における使用済燃料管理システムは以下のようになっている。
 - a. 一時貯蔵 (Temporary Storage) は MKE/KHNP が所轄
 - b. 中間貯蔵・処分 (Interim Storage & Disposal) は、MKE・MEST/KHNP が所轄

②使用済燃料管理の現状

- a. 使用済燃料の発生量
 - － 2008年時点では10,083トン（そのうちの5,481トンがCANDU炉から発生）。
 - － 2020年には20,000トンに達する見通し。
- b. 使用済燃料の貯蔵状況
 - － 使用済燃料も（中低レベル廃棄物と同じく）各原子力発電所内に貯蔵中。
 - － 2016～2018年までに各発電所の貯蔵施設が満杯になる見通しで、切迫した状況。
- c. 使用済燃料管理プログラム
 - － 使用済燃料に関する国家政策の策定プロセスが始まっている。
 - － 発電所での貯蔵施設が満杯になる2016年以降については、国民のコンセンサスを得ることが最も重要で、次に場所の選定が問題になる。

○再処理問題

- ・韓国は、再処理実施に向けて動くにはさまざまな成約を受けている。
1991年11月8日、盧泰愚政権が北朝鮮と「朝鮮半島の非核化と平和構築のための宣言」に署名、再処理・濃縮施設の保有を放棄した。

- 外国に再処理を委託するにしても、米国の域外移転同意が得られる見通しが立たず、さらに英仏等では外国の使用済燃料再処理引き受けへの反対が高まっている。
- 一方、国内の使用済燃料貯蔵施設は、上記のとおり 2016～2018 年間に満杯になる差し迫った状況にある。
- これもあって、韓国では韓米原子力協定の 2014 年の改訂に向けて、これまで禁止されてきた再処理への道を開くことを交渉でも強く要求、従来から研究してきた「ピュロ・システム」という使用済燃料からの有用成分取り出し先進工程の選択も含め、米国への働きかけをしている。

VII. 国際条約等への加盟状況と二国間協力協定等

1. 国際条約等への加盟状況

図表 19：韓国の原子力分野での国際枠組みへの加入状況

条約名		条約批准時期
原子力安全条約		1995. 09. 19
使用済燃料安全管理・放射性廃棄物安全管理合同条約		2002. 09. 16
原子力事故早期通報条約		発効 1990. 07. 09
原子力事故または放射線緊急事態における援助条約		発効 1990. 07. 09
原子力 損害賠 償諸条 約	ウィーン条約	未加盟
	ウィーン条約改正議定書	未加盟
	ウィーン条約とパリ条約の適用に関する共同議定書	未加盟
	原子力損害の補完的補償条約	未加盟
核不拡散条約 (NPT)		1975. 04. 23 米国に寄託
IAEA 加盟		発効 1962. 01. 17
IAEA 保障措置協定		発効 2004. 02. 19
IAEA 追加議定書		発効 2004. 02. 19
包括的核実験禁止条約 (CTBT)		1999. 09. 24
核物質防護条約		1982. 04. 07
核物質防護条約改定条約		未加盟

(出典：<http://ola.iaea.org/FactSheets/CountryDetails.asp?country=KR>
追加議定書関連は IAEA の「Additional Protocols to Nuclear Safeguards Agreements」
http://www.iaea.org/OurWork/SV/Safeguards/sg_protocol.html
NPT 関連は
[http://disarmament.un.org/TreatyStatus.nsf/NPT%20\(in%20alphabetical%20order\)?openView&Start=1.116](http://disarmament.un.org/TreatyStatus.nsf/NPT%20(in%20alphabetical%20order)?openView&Start=1.116)
CTBT 関連は http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kaku/ctbt/pdfs/list_0909.pdf)

2. 二国間原子力協力協定等

1) 韓国が政府間で「原子力」の平和利用協力関係の公的な協定や取極等を結んでいる国として、次の国々が挙げられている（アルファベット順）。

図表 20：韓国のバイラテラル原子力協力協定等

	相手国	協定、取極、覚書等区分	締結時期	備考
1	オーストラリア	政府間協定	1979年5月2日	1990年2月以来、韓豪原子力政策協議会合を開催
		行政協定	1983年11月25日	
2	ブラジル	政府間協定	2001年1月18日	
3	カナダ	政府間協定	1976年1月	KEPCO と AECL の協力は 1975 年 1 月に開始

		覚書	1982年9月	韓 MOST と加 AECL が、原子力材料と原子力規制情報の交換のため締結
			1983年4月	韓外務部と加発電鉱物資源省が、韓加原子力合同調整委員会の設置・運営で締結。同委員会の第1回会は1983年4月、ソウルで開催
			1998年10月	韓 MOST と加原子力安全委員会(CNSC)が、原子力安全・規制に関する情報交換と討議、合同研究協議を行うために締結。これにより、新たに「MOST-CNSC 原子力安全委員会」を創設
4	中国	政府間協定	1994年10月	国交回復は1992年8月
		覚書	1994年12月	韓 MOST と中国国家核安全局(NNSA)が、原子力安全に関する協力のため締結
		機関間取極	1999年10月	韓 MOST と中国国家原子能機構(CAEA)が締結。合同原子力委員会を設置・運営
5	エジプト	政府間協定	2001年8月14日	
6	フランス	政府間協定	1974年10月19日	1981年4月に改定
		保障措置協定	1975年9月22日	IAEA・韓・仏の3者間協定
		行政協定	1982年2月18日	・韓仏原子力合同調整委員会の設置・運営のため。1982年2月に第1回をパリで開催。以来毎年交互に年次ベースで開催 ・情報交換と原子力安全規制の協力のため
7	インドネシア	覚書	2007年7月25日	KHNP とインドネシアの PT. MedcoEnergi International が「インドネシアにおける可能な原子力発電所開発のための研究に関する覚書」を交換
8	日本	覚書	1990年5月	日韓の原子力平和利用協力は、首脳会談の折に両国外務省(部)の覚書の形で開始。これ以降、この覚書に基づく会議を開催
		覚書	1991年2月	原子力安全規制協力のため、韓 MOST と日本の経済産業省が締結
		機関間取極	1991年12月	原子力安全協力のため、韓 MOST と日本の文部科学省が締結
		政府間協定	交渉中	2009年1月14日、麻生・李明博会談で交渉開始に合意
9	ヨルダン	政府間協定	2008年12月30日	KEPCO とヨルダン AEC が締結 大韓貿易投資振興公社(KOTRA) とヨルダン投資庁が締結
		覚書		
		覚書		
10	カザフスタン	政府間協定	2004年9月20日	
11	モンゴル	覚書	2009年4月28日	韓国の「国会の気候変動・エネルギー政策研究協議会」議長と、モンゴルの原子力委員長が「原子力エネルギー平和利用協力に関する覚書」を締結
12	ロシア	覚書	1990年12月14日	重水とウランを韓国に提供する用意があるとのロシア側提案を契機に、韓 MOST と露原子力省が締結。これに基づき両国の合同原子力調整委員会がほぼ年次

				ベースで開催されている？
		政府間協定	1999年5月28日	
13	アラブ首長国連邦(UAE)	政府間協定	2009年6月22日	20年間にわたり UAE の原子力平和利用に必要な技術と装置を移転することを約束
14	英国	政府間協定	1991年11月	韓英原子力エネルギー協議会を設置
15	ウクライナ	覚書	2009年5月	韓 KEPCO とウクライナのエネルギー原子力開発プロジェクトの協力のため締結
16	米国	政府間協定	1956年2月3日	<ul style="list-style-type: none"> その後何回か改定。1974年改定の現行協定を2012年3月*に改定（韓は濃縮・再処理の技術保有を認めるよう要求中） *韓国外務貿易部（MOFAT）白書2009の記載。他の情報では、期限切れの2014年までに改定とする。 現行協定では、米国提供の核物質の形状または内容の変更では両国の「共同決定」が必要となっているが、米国側ではこれを「米国の同意」と変えたい意向をもつ。
		保障措置協定	1968年1月5日	IAEA・韓・米の3者間協定
		覚書	1976年8月	韓米の原子力エネルギーとその他のエネルギー省に関する技術的・経済的協力を促進する合同常設委員会の設置・運営のため。年次で交互開催
			1995年6月	<ul style="list-style-type: none"> 韓 MOST と米原子力規制委員会（NRC）の原子力安全技術情報交換のため 韓 MOST と米エネルギー省（DOE）傘下の研究所の協力のため
17	ベトナム	政府間協定	1996年11月	名称は「原子力エネルギー省の平和利用に関する協力と研究に関する協定」
		機関間取極	2002年2月	両国の科学技術部（省）が締結。これに基づき、原子力協力協議会合を開始、またベトナム人の原子力研修プログラムを2005年から実施

出典：

- a. IAEA の「Country Nuclear Power Profiles : 2007 Edition」（2006 年末現在）ならびに同サイトの相手国情報からの検索
- b. 韓国外務貿易部（MOFAT）の「Whitepaper（外交白書）」。
「Whitepaper 2009」には記載されたアラブ首長国連邦（UAE）、南アフリカ、ヨルダンの記載がある。また2006年～2008年のWhitepaperの2国間外交の項目の検索。

2) この他、アルゼンチン、ベルギー、チェコ、チリ、ドイツ、ルーマニア、スペインとも協力のための公文が存在すると上記 IAEA 文書ではなっているが、内容記述がない。

3. 韓国の原子力損害賠償制度

- ・アジア諸国での原子力損害賠償制度の整備状況は、以下のようになっている。

図表 21：韓国の原子力損害賠償法の各国との比較

国名	電力事業者の責任限度額	賠償措置額	備考
中国	3億元（約41.2億円）	3億元（約41.2億円）	
韓国	3億SDR*（約422.5億円）	500億ウォン（約42億円）	
フィリピン	500万ドル（約6,600万ドル）	政府が条件を決定	
マレーシア	5,000万リンギット（約14.7億円）		
日本	無限責任	1,200億円	2009年末までは賠償措置額は600億円

（出典：経済産業省資源エネルギー庁エネルギー調査会電気事業分科会国際戦略検討小委員会（第1～5回）資料をベースに同小委員会事務局にて編集の「参考資料」）

*SDR（特別引出権）：加盟国の既存の準備資産を補完するために1969年にIMFが創設した国際準備資産。SDRの価値は主要4大国・地域の国際通貨バスケットに基づいて決められ、自由利用可能な通貨と交換できる。SDRの価値は当初、純金0.888671グラム相当と決められた。これは当時、1米ドルに相当した。しかし、1973年のブレトン・ウッズ・システムの崩壊に伴い、SDRは通貨バスケットとして再定義され、今日、バスケットはユーロ、日本円、英ポンド、米ドルで構成される。その価値は、ロンドン市場における正午の為替相場をもとに、4通貨の特定金額を米ドルに換算したものの合計として毎日計算される。

注：2010年4月9日のレートは、
 1 中国元＝¥13.7280
 1 韓国ウォン＝¥0.0841
 1 米国ドル＝¥93.15
 1 リンギット＝¥29.3710
 1 SDR＝¥141.84

参考資料 1：韓国原子力発電所の高稼働率に学ぶ

－第 30 回日韓原子力産業セミナー（2009 年 10 月）での韓国水力原子力(株)の報告から－

注：さらに詳細な報告は、「第 30 回日韓原子力産業セミナー」か、当協会の会員に限りの「会員ホームページ」で見られる。

【セッション 1：原子力発電所の運転・保守】
「韓国水力原子力(株)における原子力発電プラント停止の最適化」



金漢睦 (キム ハンモク)
韓国水力原子力(株)
保守計画・エンジニアリング部部长

○ 韓国の原子力発電所では 2000 年以來、90%を超える高い設備利用率を維持している。

参考図表 1-1：韓国の高い設備利用率

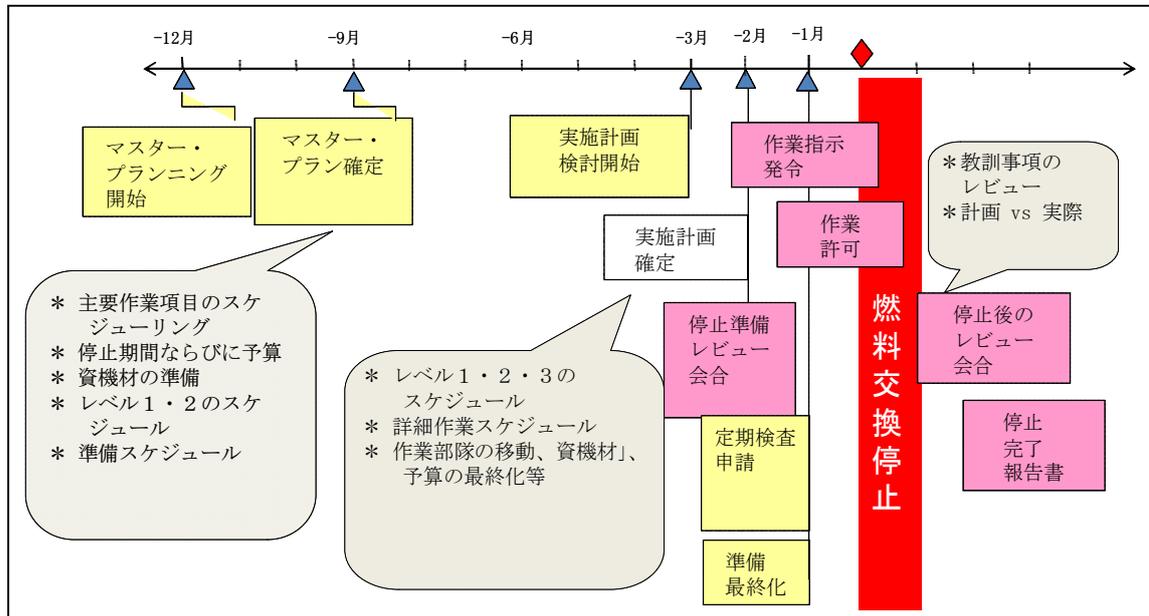
年	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
設備利用率	87.3	90.4	93.2	92.7	94.2	91.4	95.5	92.3	90.3	93.4
停止日数	66.4	49.6	40.8	39.8	38.7	44.7	36.7	33.3	43.1	32

(編者注：日本の稼働率の一例 2005 年=71.9% 2008 年=60.0%)

- 停止時の「平均停止日数」でも欧米各国よりも短い (2008 年 IAEA データ)。
 - ・ 韓国 32 日 ドイツ 31 日 米国 37 日 スウェーデン 38 日 フランス 45 日
 - ・ 韓国で停止期間が短いのは、「保守・運転技術の改良」、「機器の改良」、「停止管理プロセスの開発」の 3 つの理由による。
- 停止計画プロセスの開発：燃料交換停止管理を計画的に実施
 - ・ 燃料交換間隔は、20 ヶ月以内 (古里 1・2 号機と重水炉は 15 ヶ月) である。
 - ・ プラント保全を時間軸で区分して計画 (実施時期、改修・交換、検査・試験、予算、資機材、手順等) を策定する。
 - a. 長期計画：燃料交換サイクル 10 回分をカバーする期間
 - b. 中期計画：同 3 回分
 - c. マスター・プラン：計画停止 12 ヶ月前時点での基本計画
 - d. 実施計画：同 2 ヶ月前時点での詳細計画
 - ・ また、「燃料交換」、「メンテナンス」、「10 年ごとの大規模改修」と停止目的別に分けて考え、停止時期と相互の作業内容の連携・最適化を図っている。

- 燃料交換停止の12ヵ月前からの、KHNP 内部での準備手順と、関係者の確認会合等の頻度を図示する。

参考図表 1-2：KHNP での燃料交換停止に向けた準備の進め方



○停止中の進捗管理の徹底

- 複数の契約会社が作業を行う現場では、KHNP の担当部署（機械、電気、計装制御等）が調整を行う。これと並行して、「停止管理センター」が、「スケジュール管理（含外部契約会社の人員）」、「異物混入防止」、「作業区域管理」、「産業安全」、「運転支援」の各チームの工程管理を統括するために設置されている。

- 停止スケジュール策定の基本的手法として標準テンプレート（打ち込みプログラム）を使用する。

これには、各工程の標準作業時間が、これまでの最短作業完了時間をベースに表示されており、定期的に更新されている。たとえば、現在の OPR1000 の燃料交換標準テンプレートでは、作業時間設定は以下のようになっている。

—原子炉冷却系(RCS)の冷却と排水：	25 時間	} 総作業時間：415 時間 (17. 3 日)
—炉ヘッド設備の分解：	59 時間	
—燃料装荷と炉心マッピング：	52 時間	
—その他（8 項目あるが、詳細は割愛）：	279 時間	

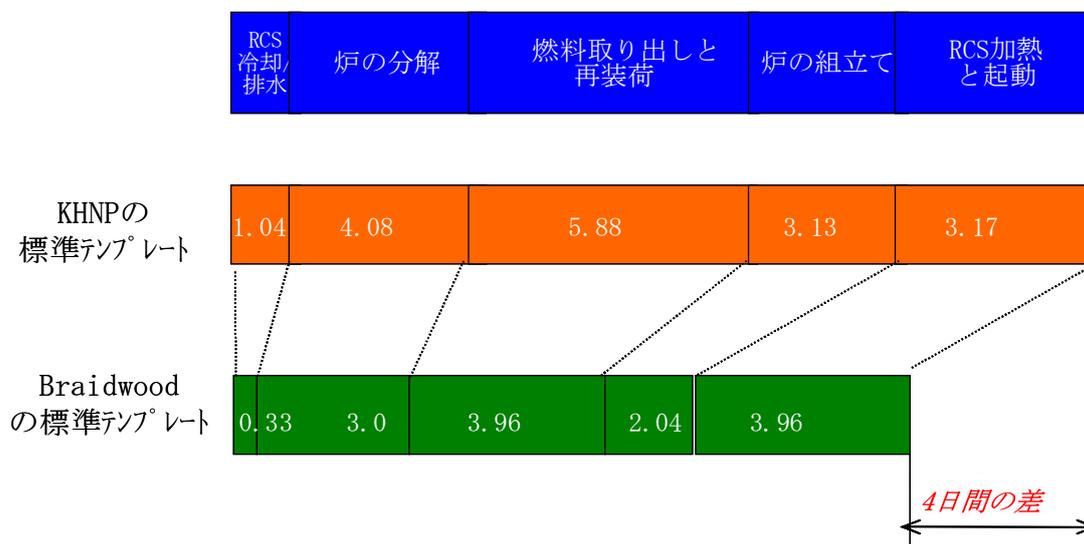
- このテンプレートにより、これまでの当該作業の実施記録と、自分たちのチームの作業の進展状況が比較できる。

KHNP 本部では、契約企業にタッチ・スクリーン／リアル・タイム報告システム（NPOMS）による、現場状況のオンライン報告を求め、停止作業管理を効率的に実施している。

○ 海外模範事例との比較

- ・海外専門家に停止時間評価を依頼、さらなる改善点洗い出しを実施している。

参考図表 1-3：海外の模範事例との比較分析



○管理手法改善を実施

- ・最高経営者（CEO）の方針明示と設定目標の社内浸透
- ・目標管理（MBO）計画の精度向上
- ・目標達成部署への1~2日の特別休暇。「1サイクル無トラブル運転」への奨励金、それに加えての停止作業優秀実績発電所への特別奨励金

○検査における規制機関との協調

- ・規制当局、検査機関、事業者の3者が協調。事業者の申請に対して検査当局が立てた検査計画について両者が事前に協議。再臨界前に3者で確認のために会合実施

○今後の目標 = 「9402」

- ・韓国標準型炉（OPR1000）で、2014年に「設備利用率94%、停止回数0.2回/基、燃料交換停止平均21日」を達成（安全性・信頼性の確保を前提）

参考資料 2 : 韓国の 4 基の研究炉のリスト

参考図表 2-1 : 韓国の研究炉の仕様

名称	所在地	仕様・利用状況	
TRIGA Mark II -Seoul IAEA の識別コード番号 KR-0001	KAERI	着工/臨界 型式/出力 最大熱中性子束 最大高速中性子束 燃料 減速材/冷却材/反射材 制御棒材質/本数 設置費/年間運転費 総スタッフ数/運転員数 現状	1959年7月14日/1962年3月19日 TRIGA Mark II /250 kW 1.0 E13 (n/cm ² -s) 1.5 E13 (n/cm ² -s) 米国製・米国濃縮 H ₂ O, ZrH/軽水(自然循環冷却)/黒鉛 B ₄ C/3本 75万ドル/2万ドル 2/1 1995年12月31日に停止
TRIGA Mark III -Seoul IAEA の識別コード番号 KR-0002	KAERI	着工/臨界 型式/出力 最大熱中性子束 最大高速中性子束 燃料 減速材/冷却材/反射材 炉心での冷却材流速 制御棒材質/本数 設置費/年間運転費 総スタッフ数/運転員数 現状	1968年12月1日/1972年4月10日 TRIGA Mark III /2,000 kW 6.5 E13 (n/cm ² -s) 4.5 E13 (n/cm ² -s) 米国 GENERAL ATOMICS 社製, 米国濃縮, ウラン密度 0.484 g/cm ³ 燃料棒 37.5mm×27.4×36.5 厚 UO ₂ , ZrH/軽水(自然循環冷却)/黒鉛 20 cm/秒 B ₄ C/5本 250万ドル/8万ドル 6/3 1995年12月31日に停止
AGN-201K IAEA の識別コード番号 KR-0003	Kyung Hee 大 学	着工/臨界 型式/出力 最大熱中性子束 最大高速中性子束 燃料 減速材/冷却材/反射材 制御棒材質/本数 設置費/年間運転費 総スタッフ数/運転員数 実験設備 炉心照射施設 炉心最大中性子束	1980年10月1日/1982年12月4日 均質炉(固体燃料)/10 W 4.5 E6 (n/cm ² -s) 6.8 E6 (n/cm ² -s) UO ₂ (米国 AEROJET GENERAL NUCLEAR 社製, 米国濃縮), ウラン密度 0.2813 g/cm ³ , 燃料板 250 D×250 H ポリエチレン/なし/黒鉛 UO ₂ + ポリエチレン/4本 15万ドル/7万ドル 4/2 水平チャンネル 8(熱中性子実験用) 垂直チャンネル 1(未使用) 1 4.5 E8 (n/cm ² -s)

<p>高中性子束 多目的研究 炉 HANARO IAEA の識 別コード番 号 KR-0004</p>	<p>KAERI</p>	<p>着工/臨界 型式 出力 最大熱中性子束 最大高速中性子束 燃料 減速材 冷却材/反射材 炉心での冷却材流速 制御棒材質/本数 設置費/年間運転費 総スタッフ数/運転員数 実験設備 炉心照射施設 炉心最大中性子束</p>	<p>1987年6月1日/1995年2月8日 プール型炉 (Open-Tank-In-Pool 型とも呼称) 30 MW 4.5 E 14 (n/cm²-s) 3.0 E 14 (n/cm²-s) 19.75%濃縮ウラン燃料 (U₃Si-Al 燃料 Al 被覆)。 米国供与, 米国濃縮, 燃料製造者は KAERI。燃料棒 のデ ィメンション 7.86 D×700 H 被覆管は Al 合金, 密度 3.15 g/cm³ H₂O, D₂O 注: 軽水・重水減速 (内側炉心格子部は軽水で冷 却また減速、外側炉心格子部は重水で冷却ま た減速) 軽水 (自然循環冷却+703kg/秒の強制冷却)/D₂O 7.3m/秒 HF/4 本 15 万ドル/7 万ドル 57/25 水平チャンネル 7 (最大中性子束 2.0E14/cm²-s) 注: 中性子散乱、ラジオグラフィ、ボロン中性子捕獲療法 (BNCT) 垂直チャンネル 32 (最大中性子束 4.5E14/cm²-s) 注: アイソトープ 生産、中性子放射化分析、材料試験、非 破壊検査 7 4.5 E14 (n/cm²-s)</p>
---	--------------	--	--

(出典: IAEA の Nuclear Research Reactors in the World <http://www.iaea.org/worldatom/rrdb/> 他)

参考資料 3 : KAERI の HANARO や SMART の開発

1. HANARO(High-Flux Advanced Neutron Application Reactor) の開発

注： HANARO という名称は韓国語での「ハナ=1」からの「国内唯一」という意味と、(韓国の原子力関係者の心を)「ひとつに合わせて」の意味をかけており、公募により選ばれた。

- 1995年4月7日に鄭根謨 MOST 長官、ブリックス IAEA 事務局長の出席のもとに竣工式を執り行った。
- 国産技術で建設し、総工費 1 千億ウォン (当時の為替レートで約 1.25 億ドル)。設計は KAERI が行った。初装荷燃料は KAERI が設計し、カナダ原子力公社 (AECL) が製造。
- 材料試験、中性子物理研究、アイソトープ生産、シリコン・ドーピングに使われる。長寿命核種の変換の研究にも使われる。
- アイソトープ生産 (Tc-99、I-131、Ir-192、Co-60) では、国産化率を 40%に高めることにより 30 億ウォンの外貨支払を節約できる。

2. システム一体型・先進モジュラー炉 (SMART*) の開発

* SMART : System Integrated Modular Advanced Reactor

- SMART は、元々 1996 年に韓国原子力研究所 (KAERI) が中心となって開発を開始した加圧水炉 (熱出力 30~33 万 kW。電気出力 10 万 kW) で、蒸気発生器や加圧器がすべて原子炉に収納される一体型設計となっている。海水脱塩 (1 万トン/日) あるいは熱併給と発電の二重目的炉である。
- 科学技術部 (MOST。現教育科学技術部 MEST) 主導下で、2003 年 6 月からの 6 年間で、韓国政府 750 億ウォン (30%) と民間 (斗山重工業(株)等) 1,750 億ウォン (70%) で開発費を共同負担した。韓国電力技術(株) (KOPEC) がタービン発電機 (BOP) を、また斗山重工業(株)が計装・制御 (I&C)、システム設計、炉心、コンポーネントシステム、安全解析を、ロシアの物理エネルギー研究所 (IPPE) が熱水力学試験を、米国のコロンビア大学が臨界評価を、それぞれ担当した。

注：この時点では、技術の実証を次のステップで考えていた。

- 2005 年までに基本設計を完了し、それ以降は詳細設計に入る。
 - 2008~09 年に実機の 1/5 規模のパイロット・プラント (SMART-P と略称) を韓国内に建設し、技術を実証する。
- SMART-P ではインドネシアとの協力が突出していた。

• 2000 年 10 月、KAERI/インドネシア原子力庁 (BATAN) /国際原子力機関 (IAEA) が、海水脱塩・発電併用プラントの経済性評価フェジビリティスタディ (FS) 実施で覚書を締結、共同研究を開始した。注:2002 年に KAERI/BATAN/IAEA で INT/4/134 という IAEA の技術協力プロジェクトとして共同研究が始まった。2003 年 12 月には、韓国 MOST とインドネシア原子力規制庁 (BAPETEN) が、SMART プロジェクトでの許認可手続や両国参加機関の役割分担、政府間原子力協力協定の締結等を協議した。

- FS の結果が有望ならば、インドネシアと協力してジャワ本島北東部のマドゥラ島で実機 2 基 (20 万 kW の電力と 4 千トン/日の淡水を供給) を設置し技術を実証することで合意、2015 年の建設開始、2018 年の運転開始をめざした。
- この協力は、インドネシアは資金負担をほとんどしないで先端技術と SMART 炉の実機を入手でき、韓国はインドネシアで実機により技術の実証ができ、将来の中東や北アフリカへの輸出につながることから、両者の利益が一致したかに見えた。しかし、マドゥラ島で激しい反原発運動が起こり、ユドヨノ大統領は「マドゥラ島での建設はない」と声明せざるを得なくなった。このため韓国では、自国の海岸沿いに熱出力 65 万 kW の SMART 炉を建設する計画の修正を余儀なくされた。

- 2008年12月22日、韓国政府は、韓昇洙（ハン・スンス）首相の主宰で原子力委員会を開催し、2012年までに SMART 標準設計認可を獲得し、2020年までに約10基を海外に輸出する目標に沿った計画を立て、2050年までに世界中に500～1000基の SMART を建設する構想の検討を行った。SMART が、人口10万人規模の都市に水と電気を同時に供給できることを強調した。

参考資料 4：韓国原子力発電関係主要企業の事業データの紹介

(出典：2009年韓国原子力産業会議 (KAIF) 刊 “Vendors for Nuclear Industry in Korea” 等)

1. 斗山重工業(株)DOOSAN

・DOOSAN の 2009 年中期時点での海外からの原子力発電関連の受注実績は以下のとおり。

参考図表 4-1：DOOSAN の海外への原子力関係受注実績

納入先	国名	時期	受注品
秦山Ⅲ-1・2号機(AECLのCANDU)	中国	1997年1月～2003年7月	NSSS
セコヤ-1号機(WEのPWR)	米国	1999年9月～2002年12月	取替え用蒸気発生器(RSG)
ワット・ハー-1号機(WEのPWR)		2002年8月～2006年9月	RSG
ア-カンゾ-ニュークリア-ワン-2号機 (ABB-CEのPWR)		2005年2月～2006年6月	取替え用加圧器
(エンタジ-社)		2005年5月～製造中	4基分の原子炉圧力容器 ヘッド冷却系(RVH)
秦山Ⅱ-3号機(CNNCのPWR)	中国	2005年9月～製造中	炉圧力容器(RPV)
パロベルテ-1・2・3号機 (ABB-CEのPWR)	米国	2006年3月～製造中	RVHと制御棒駆動装置 (Control Element Drive Mechanism: CEDM)
セコヤ-2号機(WEのPWR)		2006年2月～製造中	RSG
三門-1号機と海陽-1号機 (WEのAP-1000)	中国	2007年7月～製造中	炉容器(RV)とSGを複数セット
(東京電力)	日本	2007年10月～製造中	むつでの輸送可能貯蔵キャスク
アルビン・W.ボ-グナル-3・4号機 (WEのAP-1000)	米国	2008年5月～製造中	RVとSGを複数セット
バーニルC.サマ-2・3号機 (WEのAP-1000)		2008年5月～製造中	
レビ-イ・カウンティ-1・2号機 (WEのAP-1000)		2008年7月～製造中	

2. 韓国電力技術(株)(KOPEC)の海外受注実績

参考図表 4-2：韓国電力技術(KOPEC)の主要海外受注実績

プロジェクト名	受注先	プロジェクト期間
原発計装制御系と人員訓練のためのF/S契約	独 Siemens 社	1999年3月～2001年5月
台湾の龍門原発のエンジニアリング役務	米 S&W 社	1999年7月～2007年7月
S&Lへの技術支援	米 S&L 社	1999年10月～2001年6月
CANDU9のNSSSのフィジビリティ解析	加 AECL	2000年1月～2000年6月
CANDU9の独立安全性・設計評価、また国産化促進の予備エンジニアリングへの参加	加 AECL	2000年1月～2001年2月
OECD/NEAの国際炉物理実験プロジェクト(IRPE)のための技術コンサルテーション	OECD/NEA	2002年12月～2005年2月
中国嶺東原発建設プロジェクトの技術コンサルテーション	中国 CGNPC	2003年3月～2008年3月
S&W社への技術サービス	米 S&W 社	2003年12月～2010年12月

		月
米 NuStart への米 WE 社参加の下請	米 WE 社	2005 年 10 月～2007 年 12 月
嶺澳 II 期原発の主コントロール・ルームのための環境設計	中国 LDNPC	2006 年 6 月～2008 年 12 月
米 PaR ニュークリアへの技術支援	米 PaR ニュークリア社	2006 年 6 月～2008 年 8 月
米 Bechtel 社への技術支援	米 Bechtel 社	2007 年 6 月～2014 年 9 月
ACR-1000 炉物理関連技術コンサルテーション	加 AECL	2007 年 6 月～2007 年 11 月
AP-1000 設計のためのパッケージ・プロジェクト	米 WE 社	2008 年 3 月～2010 年 12 月
ITER での電気関係設計	ITER	2008 年 10 月～2010 年 10 月
ギリシャの研究炉 GRR-1 の設計改良プロジェクト	希 NCSR デモクリトス	2009 年 6 月～2011 年 5 月

・これで見ると、1990 年代末より積極的な海外展開の布石を打っていることが分かる。

3. 韓電原子力燃料(株)KNF の燃料開発

- ・ KNF は、現在世界で PWR と CANDU の燃料の成型・加工を行う唯一の会社となっている。
- ・ PWR 燃料では、14×14、16×16、17×17 の各タイプの WH タイプの燃料集合体と国産炉 OPR1000 や APR1400 の 16×16 タイプの燃料集合体を供給している。

a. OPR1000 向けの 16×16 タイプの燃料集合体の開発

「PLUS7」燃料集合体

2002 年に KNF が開発した「PLUS 7」という名称の先進燃料集合体で、それまで OPR1000 で使われていた「GUARDIAN」に替わるもので、次のような 7 つの特徴をもつ。

- － 熱裕度が 10%以上増強
- － 高燃焼度 55,000 MWD / MTU (バッチの平均)を達成
- － 中性子経済が増強
- － 耐震性が改良
- － 擦過性損傷の減少
- － 崩壊燃料棒のろ過回収性能の増強
- － 燃料生産性の向上

b. 国内の WH 製 PWR 向けの先進 16×16 あるいは 17×17 タイプの燃料集合体の開発

「ACE7」燃料集合体

KNF は、韓国国内の WH タイプの PWR のために「ACE7」と呼ばれる先進 16×16 あるいは 17×17 タイプの燃料集合体を 2004 年に開発した。従来燃料に比べて、次の性能向上をもたらした。

- － 熱裕度を 10%以上増強
- － 高燃焼度 55,000 MWD / MTU (バッチの平均)の達成
- － 中性子経済の増強
- － 擦過性損傷の減少
- － 燃料集合体のたわみ防止
- － 溶融・崩壊燃料棒のろ過回収性能の増強

c. 「CANFLEX」燃料集合体

CANDU 向けの最新設計燃料集合体であり、従来の「37 要素標準燃料集合体」に比べて、より高性能で、運転性や安全性裕度に優れている。CANFLEX は、現行 CANDU に完全にコンパクトである。

d. 次世代燃料「X-Gen」燃料集合体

さらに燃料技術先進国でグローバルに使える次世代燃料も開発中である。高燃焼度 65,000 MWD / MTU (バッチの平均)、GUARDIAN 燃料に比べて 15%の過出力裕度、高耐震性、更なる信頼性向上による無欠陥燃料化が目標である。

4. 韓電 KPS (株)の受注実績

参考図表 4-3：韓電 KPS の内外からの受注実績

		火力	コンバインド サイクル	原子力	水力	ディーゼル	独立発電 事業者 IPP	総計
国内	基数	74	45	22	28	48	141	358
	容量 (万 kW)	2,650	1,230	1,970	430	8	320	6,608
海外	基数	43	52	—	18	1	—	114
	容量 (万 kW)	1,000	525	—	31	4	—	1,560

- ・ 韓電 KPS はその主要事業の 4 分の 1 くらいを、海外に展開していることがわかる。

参考資料5：韓国のパWR 国産化・標準化計画の概要

1. 海外企業との提携による原子炉の国産化・標準化

- ・1987年4月の霊光3・4号機の建設では、韓国の企業（韓国重工業(株)KHIC）が初めて主契約者になった。このためKHICは、炉本体は米国のコンバッション・エンジニアリング社（CE）（後ABB-CE、さらに統廃合があり現在はWE）、またタービン発電機は米国のGEをサブ・コントラクターとして共同設計・製造・建設を通して国産化をめざした。
- ・韓国側から大幅な技術移転を求められたCEでは、韓国がやがて原子力輸出国になるとみて、競争者よりも協力パートナーになることを選択した。このCEの協力を得て、韓国のPWR国産化が大きな進展を見せる。

2. 「原子力研究開発中期計画」で国産化目標を設定

- ・1992年6月、韓国の原子力委員会は「原子力研究開発中期計画（1992～2001年）」で、「2006年以前に完成する原子力発電所を対象に軽水炉の改良を進め、これを基に経済性と安全性に優れた次世代原子炉技術を開発する」ことを発表した。
- ・これに基づき、「95 in 95」（1995年に95%の国産化を！）のスローガンの下に、1995年に向けて、各機関の役割と次の目標が設定された。

韓国電力公社（KEPCO）	総合プロジェクト管理	98 %
韓国原電燃料(株)（KNFC）	核燃料製造	100 %
韓国原子力研究所（KAERI）	原子炉系統設計	100 %
	核燃料設計	95 %
韓国重工業(株)（HANJUNG=KHIC）	原子炉系統機器製造	87 %
	タービン発電機設計・製造	98 %
韓国電力技術(株)（KOPEC）	総合設計	95 %
建設業各社	土木・施工	100 %

3. 原子力発電所の設計を巡るKAERIと韓国電力公社KEPCOの対立

- ・韓国の原子力発電開発の中心は韓国原子力研究所(KAERI)と韓国電力公社(KEPCO)だった。KAERIは、韓国の原子力研究開発の歴史の中で一貫して主導してきた巨大機関であった。発電炉関係でもKEPCOの委託を受け、原子炉系統や燃料の設計を担当。韓国にとって標準型となる原子炉の開発も、当初はKAERIが中心となっていた。

KEPCOは韓国最大の公益事業者であり、原子力発電技術については多くの専門子会社を抱える巨大企業であった。

この巨大な2機関が、原子力発電技術の国産化の進展につれて対立を深め出した。

- ・双方の言い分を次の表にて原子炉示す。

参考図表5-1：KAERIとKEPCOの原子力発電プラント国産化についての対立

争点	KAERIの主張	KEPCOの主張
原子力発電所 国産化	・能力的に可能なので、高く ついても完全国産化すべき	・完全国産化は、経済性に加え信頼性でも問題となる恐 れがあり、外国との提携は必要
韓国標準型炉 (KSNP)の開発	・KEPCOはスポンサーでありKSNP プロジェクトの基本的戦略の決 定権限をもつが、原子炉設 計のデータの蓄積等もあり、 実質的な炉心の設計作業が できるのはKAERIのみであ	・1981年に韓国電力技術(株)(KOPEC)を、韓国の発電所 総合設計の中心機関として、KEPCOとKAERIの共同出 資で設立した段階で、KAERIの原子力発電プラント設 計者の役割は変わった。実用炉の設計・エンジニアリングは KOPECに任せるべき。 ・1992年の原子力委員会の「原子力研究開発中期計画」

	る。 ・韓国重工業(株)は製造能力はあるが設計はできない。	でも、KAERI の機能を研究開発に特化するため、事業機能の民間への移管を決定*をしている。 ・KAERI は発電炉の実態に弱く、炉を2次系とつないだときの負荷条件等が分っていない。
KEDO**事業の契約主体	・KEPCO/KAERI の共同プロジェクトにすべき。	・KEPCO 単独での対応で十分。

* KAERI の事業機能の民間への移管決定：

実用発電炉の炉系統の設計は KOPEC へ、CANDU 燃料の設計や製造は KNF へ、また放射性廃棄物管理のあり方の研究は、原子力環境技術院 (NETEC) といったそれぞれの専門機関に移管された。

** KEDO: 朝鮮半島エネルギー開発機構

- ・ KAERI と KEPCO のこういった対立は、上記の事業移管で 1990 年代の半ばに解消した。

4. 計画に対する国産化実績

参考図表 5-2：「95 in 95」国産化計画の目標と実績

担当機関	分野	国産化目標 (1995 年)	霊光 3・4 号機実績 (1996 年 3 月時点)
韓国電力公社 (KEPCO)	総合プロジェクト管理	98 %	100 %
韓国原電燃料(株) (KNFC)	核燃料製造	100 %	100 %
韓国原子力研究所 (KAERI)	原子炉系統設計	100 %	95 %
	核燃料設計	95 %	100 %
韓国重工業(株) (HANJUNG=KHIC)	原子炉系統機器製造	87 %	87 %
	タービン発電機設計・製造	98 %	98 %
韓国電力技術(株) (KOPEC)	総合設計	95 %	95 %
建設業各社	土木・施工	100 %	100 %
			全体の国産化率 80%

- ・参考図表 5-2 で見ると、総合プロジェクト管理能力は目標 98%を 2%、また核燃料設計では 5%上回っている。

- ・一方、同じ KEPCO からこれとは違う次の数値も発表されている。

参考図表 5-3：韓国原子力発電プラントでの国産化率の推移

(%は技術料を加味した金額ベース。1995 年 6 月現在)

原発	古里 1	古里 2	月城 1	古里 3&4	霊光 1&2	蔚珍 1&2	霊光 3&4
運転開始年	1978	1983	1983	1985/86	1986/87	1988/89	1995/96
国産化率	8.0 %	12.8 %	13.9 %	29.0 %	35.0 %	40.0 %	74.0 %

注：参考図表 5-2 と 5-3 の霊光 3・4 の国産化率に相違がある。1994 年 6 月の報道では、霊光 3・4 号機の初装荷燃料は、韓国での製造能力不足により、WH から購入せざるを得なくなったことによるとされる。

注：しかし、参考図表 5-1-2 の最右端の実績は 1996 年 3 月時点のものであり、参考図表 5-3 の期日より後であることを考えると、その後核燃料関係のリカバーができた可能性もある。

部材やパーツを輸入して製造 (含組立・加工) したコンポーネントの納入金額の全額を国産化分とするのか、部材・パーツ購入分を差し引くのか等の算定方式の違いも部分的にはあると思われる。

- ・国産化しなかった品目とその理由は、以下のようである。

韓国で敢えて国産化を遅らせた資機材

・韓国ではPWR用では蔚珍3・4号機（各1998年8月/1999年12月に運開）まで、ジルコニウム燃料管、PWR用の主冷却材ポンプ（RCP）が製造されず、CANDU用では特製弁が必要な1次伝熱ポンプ、圧力管、重水精製装置、重水等が製造されなかった。

⇒ 製造設備購入費等を考えると、これらの資機材は購入するほうが経済的なことが大きな理由。

・しかし、制御棒駆動装置（CRDM）とRCPは、霊光5・6号機（202年5月・12月運開）では国産化した。
 ・圧力容器はすでに霊光3・4号機（1995年3月/1996年1月運開）から、鍛造材料から国産化している。
 ・蒸気発生器（SG）も霊光3・4号機で国産化を達成した。

*CEの蒸気発生器（SG）は、WHのSGより大型化が容易だったという。

（出典：1995年6月時点でのKEPCO対外電力事業団長の説明）

・1994年9月時点でのKEPCOの発表では、主要国産化品目は、以下のようになっている。

- a. NSSS：圧力容器、蒸気発生器、加圧器、熱交換器、タンク、配管他
- b. タービン発電機：タービン発電機、室分離再加熱器（MSR）
- c. BOP：主コンデンサ、熱交換器、ポンプ、配管、バルブ、変圧器、スイッチヤード、SW/ギア、モータコントロールセンター（MCC）
- d. 燃料：製造と組立て

・1992年4月の原子力技術専門誌等での情報では、ABB-CEが納入する機材は、炉容器内部構造物、一次系炉冷却ポンプ、同ケーシング、炉心電気保護&制御装置、主安全バルブ類、主制御版機器であった。

5. 標準化計画による建設費の推移

・韓国標準型原子炉の開発では、「安全性・経済性」に重点を置いたとのことであったが、下記の結果だけでは、顕著な経済性向上とは見えない。

参考図表 5-4：100万kW級PWRの標準化による建設費の推移（1997年1月時点の数値）

	着工時期	2基合計の建設費	備考
霊光 3・4号機	1989年6月	3兆700億ウォン（4,170億円）	当初見積もりは3兆3,227億ウォン（4,590億円） =国産2兆7,775億ウォン+輸入約8億ドル
蔚珍 3・4号機	1992年5月	3兆3,500億ウォン（4,660億円）	・蔚珍の6基分の基礎インフラ整備費は1・2号機建設時に計上（1989年価格で、1,000億ウォン） ・2年分のスア・パーツも含む（韓国の慣行）
霊光 5・6号機	1996年9月	見込み額 3兆2,000億ウォン（4,450億円）	

・このうち蔚珍3・4号機の同型炉が、KEDOを通して北朝鮮に供与されることになったが、その後、2005年2月に北朝鮮が核兵器保有宣言を行う等、KEDO事業を推進する条件が崩壊したため、2006年5月、KEDOは軽水炉供与プロジェクトを終了した。

参考資料6：「システム 80+」と韓国標準型原子炉（KSNP）の混乱

1. 「システム 80+」とは？

- ・韓国では、コンバッション・エンジニアリング社（CE）（後 ABB に買収され ABB-CE）が開発した「システム 80」*に、韓国の国情を加味（100 万 kW にスケールダウン等）した改良を加え標準化炉「システム 80+」を開発することを決めた。

この「システム 80+」開発では、KEPCO が運転管理者、KAERI が炉心設計者、KOPEC が 2 次系設計者の役割を担った。

注：「システム 80」：米国アリゾナ州パロヴェルデ原子力発電所 1～3 号機で採用された 130 万 kW 級炉。

- ・「システム 80+」は、同名称で次の 2 つのモデルがあり、情報が混乱している。

- a. 「システム 80+（韓国版）」（100 万 kW 級）
- b. 「システム 80+（米国版）」（130 万 kW 級）

注：当時の CE のエンジニアの論文では「システム 80」と「システム 80+」は、炉心部が同じだが、2 次系が違い、トータルなシステムとしての違いを区別した名称にただけ、との説明もあった。

- ・「システム 80+（米国版）」は、ABB-CE が中心になり*、以下の要件を満たす設計改良をしたものであった。

- － 米国電力研究所（EPRI）の新型軽水炉電力要求書（電力サイドの観点で、過酷事故・安全への対策等、新型軽水炉への要求事項をまとめたもの）
- － 米国原子力規制委員会（NRC）の過酷事故に対する新基準
- － 10CFR の Part-52（新型標準設計許認可の手続きを新たに規定したもの）

注：ABB-CE 以外に、デュークパワー社のエンジニアリング子会社（Duke Engineering & Services）、ストーン&ウェブスター・エンジニアリング社、ABB-パワー・ジェネレーション社、さらに米韓英の 12 の電力会社が参加した。

この「システム 80+（米国版）」は、1994 年 7 月に NRC によって最終設計承認（FDA）が発給された。NRC は 1994 年末にさらにこの FDA を 2009 年 7 月まで有効とする決定を下した。

2. 韓国標準型炉 KSNP と「システム 80+（韓国版）」の関係は？

- ・韓国側では、「システム 80+（韓国版）」と KSNP は同じものをさすのか、どの原子力発電プラントから KSNP と呼ぶのかについては、ばらつきがある。
- ・ここでは、KSNP の標準化設計は「靈光 3・4 号機から部分的に採用」し、「蔚珍 3・4 号機で一応完成」とみておく。

注：靈光 3・4 号炉（1989 年 6 月着工）を、標準化のベースとなる「参照炉（Reference Reactor）あるいは基本炉（Base Reactor）」に決定して、プロジェクトを開始した。しかし、蔚珍 3・4 号機に「標準型先行炉（ほぼ KSNP とみなせる炉）」の役割を与え、また「鋳型生産向け炉」としては、靈光 5・6 号機（1996 年 9 月着工）や蔚珍 5・6 号機（1999 年 1 月）を挙げており、区分を複雑にしている。ちなみに ABB-CE の「システム 80」から靈光 3・4 号機への改良項目は 800 であった。

注：1995 年 3 月に設立された「朝鮮半島エネルギー開発機構（KEDO）」のプロジェクトでは、米朝会談で「韓国型原子力発電所」を北朝鮮に供与することが話し合われた。これは、最終的には「蔚珍 3・4 号機に準拠する 100 万 kW 級炉」と表明されたので、KSNP は「蔚珍 3・4 号機から」をさすと見られる。

- ・さらに、これらの後継機である新古里 1・2 号機や新月城 1・2 号機（いずれも 100 万 kW 級 PWR）は一時期「KSNP+」と呼称され、事態を一層複雑にした。

- その後、100 万 kW 級「韓国標準型原子炉 KSNP」は「最適化炉 OPR」に、また後述の大型「韓国次世代炉 KNGR」は「次世代原子炉 APR もしくは APR1400」と呼称を変更した。

注：KOPEC は、霊光 3～6、蔚珍 3～6、KEDO の 2 基は「OPR1000 = KSNP」、新古里-1・2 や新月城-1・2 は「OPR+」との名称区分も用いている。

3. 「システム 80+（韓国版）」開発での米国の協力

- CE の「システム 80」をベースに霊光 3・4 号機的设计を開発した折、次の手順がとられた。
 - － CE が KAERI のアイデアを装置化したときの各種パラメータを計算し、KAERI はそれを設計図にした。
 - － 実際のプラントでの負荷条件を KEPCO がチェックした。
 - － 最後に KINS がレビューし、科学技術部（MOST）が審査した。
 - － これらの各段階で、韓国側は、非公式に CE を通じて、米国の NRC やエネルギー省（DOE）のアイダホ・フォールズ工学研究所の支援も一部受けた。

（出典：1995 年 6 月 15 日、韓国霊光原子力発電所での聴取）

4. その後

- 韓国では、1992 年末から「次世代原子炉技術開発事業」として、改良型大容量 PWR の開発が行われていた。KSNP と同じく、ABB-CE の「システム 80+」（130 万 kW）をベースにしたもので、当初は 130 万 kW 級、後に 140 万 kW 級とされた大型炉で、最初「韓国次世代原子炉（KNGR）」、次に「改良型炉（APR1400）」という名称が付けられた。KHNP、KAERI、KOPEC、DOOSAN など、産学および研究機関から約 2,300 名が研究開発に参加し、計 2,340 億ウォンが投入された。
- APR1400 は、CE の「システム 80+（米国版）」（130 万 kW）をベースに開発したもので、次の特徴をもつ。

－ 原子炉格納容器の安全度向上	－ 炉心損傷頻度 10^{-5} /炉年
－ 中央制御室のデジタル化	－ プラント稼働率 90%
－ 作業員被ばく量 1 人・Sv/炉年	－ 建設工期の短縮（48 ヶ月）
－ 建設単価の約 15%節約	－ 反復建設による建設費の約 50%節約
－ 設計寿命は 60 年（従来は 40 年）	
- 開発スケジュールは次のとおりであった（1992 年の「原子力研究開発中期計画（1992～2001 年）」の決定を再調整したもの）。
 - － 1992 年末： KNGR 開発開始
 - － 1999 年 2 月： 基本設計完了。規制当局に安全審査のための報告書を提出
 - － 2001 年 12 月： 詳細設計を完了
 - － 2010 年： 初号機運転開始
- この開発スケジュールに則り、新古里 3・4 号機（2007 年 9 月着工）および新蔚珍 1・2 号機（2010 年 6 月掘削開始予定）に APR1400 が採用された。

参考資料 7 : 韓国標準型炉に関する「CE のライセンス」の取り扱い問題

(出展 : 多くは、2010 年 1 月 21 日の米国連邦議会調査局 (CRS) 報告「U. S. and South Korean Cooperation in the World Nuclear Energy Market: Major Policy Consideration Mark Holt. 11p. (R41032) http://assets.opencrs.com/rpts/R41032_20100121.pdf)

1. 韓国の PWR 国産化ならびに標準化に向けての開発体制

- ・1987 年 4 月の霊光 3・4 号機の発注に際して、韓国重工業 (HANJUNG) を主契約者とし、技術的に進んだ米国の CE や GE 等をサブ・コントラクターとする形態で技術移転を図った。このときの協力関係は、以下のとおりである。

- － 原子炉本体 : CE－HANJUNG
- － タービン発電機 : GE－HANJUNG
- － アーキテクト・エンジニアリング (AE) : サージェント&ランディ (S&L)－KAERI/KEPCO(後に KOPEC)

注 : この過程では、韓国側と CE、GE 等は非常に友好的であり、協力して開発した技術についても、(恐らく当時の日本のメーカーに求めたほどの厳密な観点で) 財産権の確認をしなかった可能性がある。

また、韓国においては HANJUNG が 2001 年に DOOSAN に移行し、また炉設計での KAERI と KOPEC の主導権争いがあり、プラントの総合設計機関となる KOPEC がこの契約の 3～4 年後に設置され、さらに「95 in 95」の国産化計画に動員された (厳密には多分 CE との契約の当事者ではない) 多くの組織が、この契約下での「オリジナル技術」や「開発された技術」等に関する帰属規定をどう認識していたのかの問題の可能性も考えられる。

CE の側も、下記の図に見る頻繁な統廃合に加え、所属国籍の変転等もあり、ライセンス契約の内容や当事者企業同士の所属国の法律での解釈の変遷等、新しい会社に引き継がれた契約内容の確認が韓国側と十分できたのかの問題も想像できる。

2. 韓国標準型炉と CE のライセンスとの関係についての認識の違い

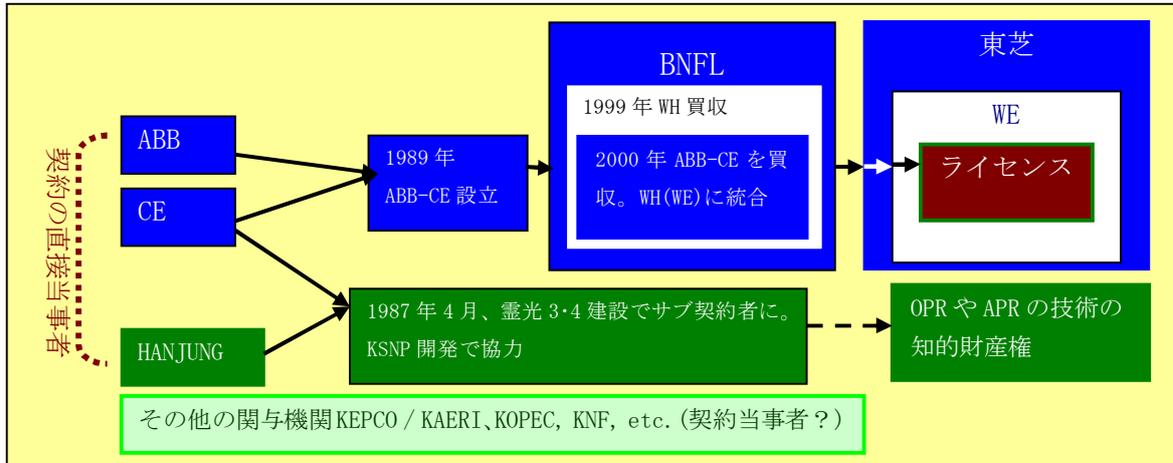
- ・この流れの中で WE は、「韓国が国産炉としている OPR も APR1400 も CE の技術をベースにしたことを 2001 年に、韓国側と確認した」としている。

注 : 報道では、1995 年 3 月 9 日に、KEPCO と米国 ABB-CE が技術移転のロイヤリティの支払いに関する覚書に調印したとされる。内容は、「韓国がシステム 80 をベースにした炉を第三国に輸出する場合には、設計・建設総コストの合意された割合 (4～5%) を ABB-CE に支払う。北朝鮮に建設する場合は、ABB-CE へのロイヤリティの支払いは不要」といわれる。

注 : ここでも、後述の 2009 年 11 月 18 日の NRC への「APR1400 の標準設計承認」でも、KEPCO が韓国側の代表として出てくるが、KEPCO がかつての CE とのライセンス契約でどういう立場にあったのか不明。

- ・一方 KEPCO では、「KSNP の設計契約では、当時の CE から全面的に技術移転を受けた。GE のタービン発電機、S&L の AE の契約も同様に、完全に技術移転を受けた」と主張しているが、CRS の報告では「KSNP は 1997 年 5 月に米国 NRC の標準設計承認を受けた CE の『システム 80+』をベースにしている」と指摘している。

参考図表 7 : ウェスチングハウス・エレクトリック社 (WE) のライセンス継承問題



3. 韓国と WE の知的財産権の争いの波及

- 韓国の新型 PWR (含「APR」や「APR+」) の開発をどうするかは、この WE のライセンスがどの程度の範囲まで及ぶのかに大きく依存している。
- また、現段階の米国政府の解釈では、アラブ首長国連邦 (UAE) を含め、OPR や APR の輸出は「米国オリジンの原子力発電技術の移転」とされ、米国政府の「810 承認」といわれる個別承認が必要とされる。
- 2014 年の米韓原子力協力協定の改訂に際しても、原子力貿易を規定した「原子力法 123 条」に抵触する部分の修正が求められる。
- 2009 年 11 月 18 日、KEPCO は米国内への APR1400 の輸出に備えて、米国 NRC と APR1400 の標準設計承認を申請するための「予備的会談」をもち、「システム 80+ (米国版)」と韓国の APR1400 の開発の経緯、設計の違い等を説明した。NRC 側では、予算・人員の制約から APR1400 の審査は少なくともここ 2 年間は無理としている。

参考資料 8 : 韓国原子力産業の早期からの国際展開志向 (IAEA、中国、ならびにトルコ)

(1) 国際原子力機関 (IAEA) 等への協力

① IAEA の技術協力活動への支援

- ・韓国は、1990 年代初めより政府主導の下に、IAEA を通じての技術協力を積極的に取り組んでおり、中国やパキスタンの原子力発電所建設プロジェクトでの、設計・機器製造品質保証、サイトの安全解析、また運転品質保証等に、韓国人の専門家を派遣している

② RCA 活動への支援

- ・RCA*地域事務所 (RCA-RO) を韓国の資金で開設し、地域の原子力教育・訓練活動支援を強化した。

*RCA とは、「原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定 (Research Cooperative Agreement for Research, Development and Training to Nuclear Science and Technology)」の略称。

IAEA 活動の一環として、アジア・太平洋地域の開発途上国を対象とした原子力科学技術に関する共同の研究、開発および訓練の計画を、締約国間の相互協力および IAEA との協力により、適当な締約国内の機関を通じて、促進および調整することを目的とする。

2002 年、韓国の費用負担で、ソウルに RCA 地域事務所を暫定開設し、2004 年に正式開設した。

- ③韓国原子力国際協力財団 (KONIKOF) という途上国協力専門組織を 2004 年 1 月に設置した。
- ④2004 年からは「アジア原子力技術教育ネットワーク (ANENT)」の立ち上げや「国際原子力安全学校」(2008 年 1 月に韓国原子力安全院 (KINS) 内に設置) 等を通じて、IAEA への協力を約している。

(2) 中国への協力

- ・初期の KAERI と KEPCO が協力した形でのコンサルタント契約の受注努力や、近年の産業間協力 (技術提携等) が特徴である。

- ①1993 年 12 月、KEPCO は大亜湾原子力発電所の 2 年間の運転・保守のコンサルタント契約を受注。中国のエンジニアの受入も実施した。さらに 2003 年 3 月から 2008 年 3 月まで、中国広東核電集团有限公司 (CGNPC) の嶺東原発建設プロジェクトの技術コンサルタント契約を受注した。

- ②KEPCO は 1993 年 4 月、アジア等でのビジネス参入 (コンサルタントから運転支援まで) をめざす「国際ビジネス開発チーム」を設置した。

- ③中国との原子力協定は 1994 年 10 月、ソウルで金泳三大統領と李鵬首相臨席の下に調印された。中国の原子力発電所計画への韓国の専門家協力、機器供給等を定めている。さらに同年 12 月には韓国科学技術処 (MOST) と中国核安全局 (NNSA) の間で原子力安全関係の議定書が締結され、放射線防護とモニタリングでの共同研究、原子力発電所事故時の相互通報での協力、原子力安全・規制の専門家と情報の交換を定めた。

- ④1995 年 1 月、HANJUNG と中堅財閥の高合 (Gohap) グループは共同で中国秦山 II 期工事の圧力容器 2 つを受注。1 基目は HANJUNG が単独製造、もう 1 基は中国原子能工業公司 (CNEIC) と共同製作で技術移転を行う内容 (契約額は 2 千万ドル) であった。1996 年 6 月、この輸出での韓国政府の輸出信用供与が降りず、中国側がこの契約を破棄、発注先を三菱重工業 (株) に変えた。

- ⑤1995 年 2 月、中国核工業公司 (CNNC) の李玉崙 (Li Yulun) 副総経理を団長とする中国代表団がソウルを訪問、韓国電力公社 (KEPCO) と会談、中国沿海部での原子力発電所建設での事前調査、新型原子力発電所の共同開発や輸出での協力を協議した。このフォローでは、中国側が、韓国がファイナンスをするなら韓国製炉を購入してもいいとの話も出たが、韓国側では KEDO のファイナンスだけで手が一杯だったため、その後の進展はなかった。

- ⑥1997年2月、HANJUNGがカナダ原子力公社(AECL)の下請として秦山Ⅲ期CANDU炉建設に参加。1億2千万ドル以上で、蒸気発生器、加圧器、熱交換器等19品目を受注した。
- ⑦1999年10月、韓国MOSTと中国核工業集团公司(CNNC)が原子力平和利用取極めを結び、合同原子力委員会を設置した。これに加えて、2000年以降、合同原子力調整委員会を開催している。
- ⑧2009年2月、DOOSANは初めて原子炉圧力容器を輸出した。中国秦山原子力発電所Ⅱ期の3号機(60万kW級PWR)用のもので、2005年にCNNCから受注したもの。DOOSANはCNNCとは2008年5月に、中国の次世代炉建設計画への全面的協力について覚書を締結した。

(3)トルコへの協力

- ①トルコのアックユ(シリフケ南西役43kmの地中海沿岸地)での原子力発電所建設計画は、1967年に始まる。
- ②1994年12月、KAERI共同事業体(KAERI、韓国検査開発(株)[HIDECO]、現代建設(株))はトルコ発送電会社(TAES)と、アックユ原子力発電計画に関し、次のような入札書類作成と評価を支援するコンサルタント契約を締結した。
 - － 第一段階：国際市場で調達できる各種原子力発電技術についての評価を、トルコの国情に合わせて分析し、TAESに報告する。
 - － 第二段階：各ベンダーからの入札仕様書を評価し、推薦できる仕様内容を取りまとめる。
 - － 第三段階：入札評価と契約交渉でTAESを支援する。

契約締結から第三段階までで14ヵ月、全体として20ヵ月を予定し、契約額は35万ドル。トルコ側では、2010年までに少なくとも200万kWの原子力発電容量をもつことを希望した。1994年時点では、エバスコやベクテル等が、TAESにアプローチしていた。また、カナダのAECLでは、KEPCOと組み、HANJUNGも大型コンポーネントの製造パートナーにして、CANDUを売り込む構想を検討していた。

- ③1996年12月に、60万kW～140万kWの原子炉複数基を2007年以降に完成する計画に関し国際入札が行われた。これに対し、(1)仏フラマトム社と独シーメンス社等の企業グループ(148万2,000kW×1基で建設コスト23億9,300万ドル、または2基で296万4,000kW、44億8,000万ドル)、(2)加AECLが主導する日本の(株)日立製作所も入ったグループ(2基で合計出力133万9,000kW。25億7,200万ドル等の複数の案を提出)、(3)米国WHが主導する日本の三菱重工業(株)等のグループ(120万kW級炉×1基。32億7,900万ドル)の3グループが応札した。応札内容の評価を終えたころの1999年8月に、トルコ北西部で大地震が発生し、耐震性を危ぶむ声が強くなり、さらにその後の経済危機から、トルコ政府は2000年7月、この建設計画の10～20年間の凍結を宣言した。
- ④2008年、トルコ政府は再度、同年9月締め切りでアックユに建てる初号原子炉(60万kW以上)建設に関する国際入札を招請した。同4月時点で(TEASが2001年に電力自由化で分割されてできた)電力取引公社(TETAS)はAECL、仏建設大手VINCI社、仏スエズ社、伊藤忠の4社が応札し、また仏AREVA、韓KEPCO、露ならびに米の企業に関心を示していることを明らかにした。

しかし、トルコ側は、IPPの形で完成後売電による建設コストの回収をめざす方式としたため、民間企業グループにとってはリスクが大き過ぎたことから、2008年9月の入札では、露のアトムストロイエクスポルト社(ASE)また国際事業・電力輸出機関のインターRAO社およびトルコ企業の連合グループのみが応札、約480万kW分の原子力発電所建設の資金調達を請け負い、完成後はトルコ側が固定価格で電力を買い取ることを提案した。ASEは2009年2月からの交渉で、1kWh当たりの価格を、当初の0.21ドルから、最終的

には 0.1533 ドルまで引き下げて妥結を図ったという。

しかし、トルコの入札法では、一社だけの入札で事業を進めることは許されておらず、これをついた NGO の訴えで、11 月中旬、トルコの最高行政裁判所が同入札を違法として、同入札の停止を裁定。これを受けて、TETAS はこの入札のキャンセルを決めた。

- ⑤2010 年 1 月 13 日、訪露中のトルコのエルドゥアン首相が露プーチン首相との共同記者会見の席で、トルコの初号原子力発電所建設計画について、改めてロシアと協力するため交渉中であることを明らかにした。エルドゥアン首相は、建設計画を今後、法の適用を受けない二国間の直接的な合意に基づいて進めるための協議が進行中で、間もなく締結されると述べた。プーチン首相も、「ロシアは欧州のパートナー（独シーメンス社）に 15～20% の作業を外注する他、クレジットの利用も認める」と強調、トルコの業者への契約総額の 30% までの作業発注、核燃料供給や廃棄物処理等のサービスも示唆した。

- ⑥2010 年 3 月 10 日、トルコは黒海沿岸のシノップ地方での立地事前調査で韓国と合意トルコの発電公社（EUAS：。かつての TAES から 2001 年に分離）は、韓国製 APR1400 建設を念頭に、KEPCO と共同で研究調査を行う協力議定書に調印した。調印式は、イスタンブールで開催されていた両国のビジネス・フォーラムに合わせて行われ、同フォーラムの閉幕演説の中で発表された。2009 年 12 月にアラブ首長国連邦（UAE）での超大型商談成約で、韓土両国の関心が高まったことによると見られる。

この議定書締結について韓国知識経済省（MKE）は、「法的、制度的な面での事前基盤調査」と説明。トルコ・エネルギー天然資源省（MENR）のユルドゥズ大臣も、「今後、作業グループを複数設置し、双方が受け入れ可能と判断すれば、3～4 カ月以内に政府間協定締結の準備を整えたい」と表明している。

トルコは、2020 年までに総電力需要の少なくとも 1 割を原子力で賄いたいとしている。

参考資料 9 : 李明博政権の積極的な国際展開

(1) ヨルダンへの接近

- ①2008年10月、韓国はヨルダンと原子力発電協力覚書に調印、
2007年8月26日、ヨルダン国王のアブドゥラー2世は、エネルギー問題がヨルダンの主要課題であるとの認識から、エネルギー需要の95%を輸入に依存する体質からの脱却のため、長期的な視点から原子力発電導入計画を早期に策定するよう政府に要請した。
- ②2008年12月1日、李明博大統領と訪韓中のヨルダンのアブドラ2世国王は、政府間原子力協力協定を締結した。ヨルダンでの原子力発電所建設も含め、ヨルダン経済および地域開発のための国家的な大型インフラ整備プロジェクトの一環として結ばれたもの。ヨルダンは2040年までに電力需要の3割を原子力発電で賄うことを計画しており、アブドラ国王は、韓国企業が多数、このプロジェクトに参加することを期待すると述べた。
なお、KEPCOとヨルダン原子力委員会(JAEC)の原子力協力覚書も調印された。
- ③JAECは2009年11月15日、原子力発電所の建設前コンサルティング業務を、豪州のウォーリーパーソンズ社に1,130万ドルで発注した。契約期間は3年間で、原子炉選定や放射性廃棄物管理等(具体的には原子炉メーカーの入札準備や選定評価の他、原子炉を所有・運転する電力会社の官民両セクターでの設立)を支援する。ヨルダンは2015~17年までに発電・海水淡水化の二重目的炉1基の完成をめざしている。すでに、仏・中・韓・加とは二国間の原子力協力協定を調印済みである。建設候補地はヨルダン南端のアカバ市の南25kmで、ベルギーのトラクテベル・エンジニアリング社(GDFスエズ社の子会社)が2009年9月にJAECからサイト調査を1,200万ドルで受注。2年契約で、環境・安全性影響報告書作成の下準備を実施する。
(研究炉建設受注)
- ④ヨルダン原子力委員会(JAEC)は2009年12月3日、同国初の研究炉(出力5MW)建設で、韓国のKAERIと大宇建設(株)の企業連合を建設業者に選定した。
- ⑤アルゼンチンのINVAP、中国核工業総公司(CNNC)、ロシアのアトムストロイエクスポルト(ASE)との競争入札の結果で、ラムサ市近郊のヨルダン科学技術大学(JUST)の研究炉を建設する。契約総額は約200億ウォン(約1億7300万ドル)と伝えられる。
- ⑥韓国の国産炉輸出は初めてで、出力30MWのHANAROを5MWに縮小して建設する。
- ⑦2010年3月30日、アンマンで、韓国企業連合が研究炉建設事業契約書に署名した。2010年6月に着工し、2015年2月の完工をめざす。

(2) アラブ首長国連邦(UAE)の原子炉建設計画で4基の建設と運転を受注

・この受注によって、(現代建設株のCEOを務めた辣腕国際ビジネスマンとして)李明博大統領の支持率が、10%台から一挙に57%に跳ね上がるほどの韓国民を歓喜させた。

- ①2009年6月22日、UAEを訪問中の韓昇洙首相とUAEのシェイク・モハメッド首相の立ち会いの下、両国の外相が原子力協力協定に署名をした。UAEは2017年までに第3世代炉の原子力発電所を少なくとも400万kWの導入を計画。濃縮や再処理を実施しないことを明言。すでに米、仏とは同様の協力協定を結んだ他、英国とも了解覚書を締結済み。
- ②2009年12月27日、UAEの首長国原子力エネルギー会社(ENEC)は、同国初の原子力発電所の設計、建設、運転する業者としてKEPCOが率いる韓国企業連合を選択した。同年7月3日の入札には仏AREVAのグループ、米国GE/日本日立の連合も参加し、それぞれの政府が政治的に働き掛ける熾烈な競争となったが、官民の総力を結集した(KEPCO、三星物産、現代建設、DOOSAN、KHNP、KOPEC、KNF、韓電KPS、また米国のWEで構成した)韓国チームが初めて原子力発電所の輸出に成功した。

- ③総計 400 億ドルの契約のうち、韓国チームは約 200 億ドルで APR-1400(140 万 kW 級炉 4 基を設計・建設する。初装荷燃料 (3 年分) も含む。

注： KEPCO の 200 億ドルは、AREVA の応札価格 (GE 日立より安い) よりさらに 30%安かった。KEPCO の応札価格は AREVA より 160 億ドル安かったとの報道もある。また、1 基あたりの平均価格は、韓国国内での (新古里の建設コスト) 31.5 億ドルよりも高い 50 億ドルとなっている (2010 年 1 月 21 日の米国 CRS 報告)。

- ④また、残りの 200 億ドルで耐用寿命の 60 年にわたり原子炉の運転支援、保守、検査を請け負う。初号機は 2017 年に送電網併入を予定、残りの 3 基も 2020 年までに完成し、国内電力需要の 25%を賄う計画。

- ⑤契約では韓国チームを計画の出資者とし、事業パートナーとして連携強化を約束した。

注： 200 億ドルは、KEPCO の年度売上高の 70%に相当し、2010 年 1 月 15 日に MKE は、韓国輸出保険公社が、UAE プロジェクトに対し、工事金額調達のための前払金返還保証、契約履行保証状の発給、海外事業資金貸付保険、中長期貿易保険支援等での全面支援を公表した。また 2010 年 2 月に輸出保険公社が貿易保険公社に改正されるが、このとき原子力発電産業専従チームが新設されることも発表された。

- ⑥韓国政府は提示価格 (仏連合の 2 割減) と工期の短さが決め手になったと説明。

注： 米国議会調査局 (CRS) 報告では、「WE は、韓国の UAE での成約総額のうち 10 億ドル (約 5%) を得るが、この額は、新古里の APR1400×2 基での WE の契約額の約 3 億ドルと変わるものではなく、『プラント・コンポーネントの供給、マンマシン・インターフェイス・システム、計装制御系、技術ならびにエンジニアリング支援サービスはこの契約額には含まれていない』とのことである。2006 年の新古里の建設契約では、WE が供給する特別なコンポーネントは、一次冷却材ポンプとモータ、炉容器内部構造物、制御棒駆動装置 (CEDM) である」とも説明している。

- ⑦加えて、現代建設の CEO を務めた李明博大統領自らが UAE 側と電話で直接協議、軍事支援等での長期的パートナーとしての関係を提案したこと等が奏効したといわれる。

注： 今回の韓国と UAE の原発建設協力商談の成功譚では、李明博大統領の陣頭指揮や相手の立場に立っての提案内容等、日本にとっての教訓も多々報じられている。一方、次のような懸念も指摘されている。

- ・韓国応札値では、ダンピングでコスト割れのため、長期の約束が履行できるのか。
- ・とくに 60 年にわたる燃料、スペアパーツ、役務の供給責任が果たせるか。
また、長期供給保証では、他の供給者やスポット市場からの購入も可能にし、技術の改良の取り入れもできる余地を残すことが双方のメリットになるのではないか。
- ・UAE は、韓国側に原発の運転・保守を全面委託したように見える。自分での運営努力をしないのであれば、多少コスト高についても原子力以外の発電方式の方が、長期的な問題を回避する上では望ましいのではないか。

参考資料 10：韓国の「原子力発電輸出産業化戦略」詳細報告

「韓国は、2030年までの原発の輸出 80 基、世界の新規原発建設でのシェア 20%をめざす！」

○ 韓国の知識経済省（MKE）は 2010 年 1 月 13 日、大統領主催の第 4 2 回臨時経済対策会議で「原子力発電輸出産業化戦略」を報告、今後予想される世界の原発ニーズの中で、韓国の原子力産業を輸出産業として本格的に育成する方針を表明した。

○ チェ・ギョンファン MKE 長官は、今回の原発輸出産業化戦略を次のように規定している。

- ・ 今後 50 年間の新たな基幹産業を育成する礎を築いた。
- ・ 絶え間ない技術革新と新たな人材育成が成功の鍵であり、このため政府の力を集中する計画である。
- ・ 就職難に直面している若者たちが原子力という専門分野で働き、海外へ進出できるようになり、若年失業の問題解決にも大きな助けになる。
- ・ 原発資機材に関連する中小企業にも多くの恩恵がもたらされ、市民経済および中小企業に多くの活力を吹き込むことを期待した計画である。

○ 今回の「原子力発電輸出産業化戦略」の期待効果

- a. 2030 年までに新規原発 80 基、受注規模は総額 4,000 億ドル
注：2009 年度の韓国全体の輸出規模（総額 3,638 億ドル）を上回る輸出拡大を予想。
- b. これにより、総計 156 万 7 千名（毎年平均 7 万 5 千名）の雇用創出
- c. 中小企業による総額 26 兆 7,000 億ウォンの原発資機材の売上拡大を期待

○ 「原子力発電産業輸出化戦略」の内容

- ① 国別オーダーメイド型原発の輸出および原発運転・保守市場への積極的進出
 - － 今回の UAE のようにターンキー発注の原発建設が可能な国家に対しては、政府間協同等を通して原発プラント輸出を持続して推進
 - － 技術移転等を要求する隙間市場に対しては、資機材および役務輸出に注力
 - － 原発導入基盤が脆弱な国家に対しては、（後述の「国際原子力船管理原子力大学院」等の活用による）人材養成等により韓国型原発の進出基盤を造成
 - － 韓国の世界最高水準の原発運転・保守能力を活用し、高経年原発の運転・保守市場（総額 88 兆ウォン規模）に積極的に進出
 - － ユニット設備改良および保守技術の輸出を推進し、中長期的に運転実績が低調もしくは高経年原発の買収（または持分参与）後、運転・保守により利益を創出

② 原発技術の自立化およびグローバル競争力の向上

- － 2006 年から着手したコア技術（炉心設計コード、一次冷却材ポンプ（RCP）、計測制御システム MMIS）の自立化および国産新型原発（APR+）開発（3 大コア技術ならびに APR+ の技術開発進捗率は、2009 年 11 月現在では平均 49%）を、追加財源投入（総額 996 億ウォン）および研究開発の人材補充等により、2012 年までに早期達成
- － 韓国型原発を世界的な「プレミアム原発」にアップグレードするための新規研究開発プロジェクト*（2011～2017 年、官民共同で総額 4,000 億ウォン投入）を推進

注：長寿命化：中核機器の耐食性等材料の改良、統合疲労管理技術の開発等

建設工期の短縮：建設容積の最適化、建設のモジュール化、設計システムの高度化等

安全性向上：シビアアクシデントの現象糾明および解析コードの開発等

これらを通じ、原発寿命を 60 年から 80 年に延長。建設工期も現行 52 カ月から 36

カ月へ短縮。炉心損傷頻度も10倍改善の見込み。

- － 欧米等へ進出するため、韓国型原発を欧州および米国の設計基準に合わせ補完する研究開発支援も拡大

注：韓国型原発が欧州および米国の設計要件を充足するための技術開発支援の拡大（対欧州は225億ウォン→350億ウォン等）

- － 中小型原発および研究炉の輸出モデルを早期開発し、超高温ガス炉（水素生産用）等未来型原発開発も推進

③ 原発専門技術人材の養成

- － 輸出、技術開発等のため、原子力公企業（韓国電力公社 KEPCO、韓国水力原子力 KHNP、韓国電力技術 KOPEC、韓電原子力燃料 KNF、韓電 KPS）は、2011年までに約2,800名（輸出要員550名、技術開発要員500名、国内新規建設要員449名、国内新規運転要員1,280名）を追加確保する必要がある（2009年12月～2010年1月の原子力公企業の組織診断）。

- － 原発輸出および研究開発の人材は定員調整以前でもすぐに充員する。

- － 理工系の卒業予定者および卒業者をインターン社員として選抜して教育訓練させ、現場ですぐに活用可能な原発技術人材予備軍を確保する（若年失業解消にも奏功）。

注：KHNPは2012年までに計1,000名を選抜する計画（2010年上半期に200名を第1回選抜。選抜された人員は3カ月の集合教育と6カ月の現場教育を受け、その後の新規採用時に総人員の50～60%内で優先的に採用）。

- － 世界最初の「国際原子力専門大学院」を2011年9月*に開校し、年100名（韓国人50名、外国人**50名）の博士級専門人材を養成する。

*当初計画は2012年3月開校。

**外国人材は東南アジア等の原発の導入基盤が脆弱な国家を対象に選抜。韓国型原発の海外輸出基盤強化の一環で行う。

- － 原発に特化する大学を指定し（10カ所）、原子力産業界の需要に合った実務型人材養成等も推進

④ 核燃料の安定的確保

- － 国内原発および海外原発輸出に必要な核燃料（ウラン）所要量は、2010～2012年には約5,000トン/年、2013～2016年には約6,000トン/年、2017年には約8,000トン/年の見通し。

注：韓国側では長期契約等で2012～2013年までは確保。

KHNPは濃縮ウランおよび精鉱形態で2年間分を別途備蓄中。また、海外鉱山の共同探鉱等で自主開発率を6.7%（2010年）→25%（2016年）→50%（2030年）にまで大幅拡充。

海外濃縮工場の持分参与の拡大および国内の成型加工生産施設の拡充（KNFは2009年の950トン→2015年に1,400トン）等を通して、安定的供給能力の拡充を推進。

⑤ 原発の中核的資機材の供給能力拡充

- － 原発の供給能力で最も重要なものは原子炉設備であり、原子炉設備とタービン発電機は約200万個の部品にて構成されている。

- － 現状の供給能力では大きな問題がなくとも、追加の原発受注に備え供給能力を拡充する必要があるため、外国の事業者との戦略的提携および国内企業との合作投資等を通じた競争供給体制の導入・誘導等を推進する。

- － 同時に、人材育成、技術開発、事業化に関する支援を通して（原子力発電分野の高付加価値の）中核的資機材に関して、専門企業や中小企業の育成を推進する。

注：当該中小企業での研究開発のため、政府が出資する研究所の指導的研究人材を優先派遣（2010年には、計200名の研究人材のうち30名を派遣）。

注：蒸気発生器のチューブ、発電機の遮断機、一次冷却材ポンプ用電動機等の技術開発も支援。

- 一 重機製品の購入側企業での韓国製品購入拡大の努力等により、韓国国内企業間の相互成長を促進する。

注：KHNP等は優秀な中小事業者に対する技術開発、資金、品質管理、海外共同進出計画等での相互協力パートナーシップ体系を構築する。KHNPは重機購入枠を1,800億ウォン（2009年）→2,512億ウォン（2010年）に拡大し、DOOSANでは主要機器分野での中小企業と共同技術開発等の協力拡大を図る。

⑥ 輸出型原発産業体制の強化

- 一 短期的には、KEPCO内の原発輸出専門担当組織の新設により、輸出の総括調整機能を強化、併せてKHNP、KOPEC等原子力公企業の輸出支援組織も補強する。
- 一 中長期的には、垂直系列化された原発事業体系の構築等も検討する。
- 一 同じく中長期的には、米国、中国等の大型市場への進出のため、主要な世界原発企業との戦略的提携等も検討する。
- 一 UAE事業を機会に、豊富なUAE資金と韓国の技術力を連携させ、原発基盤と財源が不足している国家へ共同進出する方案等も推進する。

参考資料 11：2005 年 11 月の中低レベル放射性廃棄物処分施設の選定

中低レベル放射性廃棄物処分施設立地選定の成功例

ア. 公募・住民投票の実施

- ・2005 年 8 月 31 日までに、慶州（キョンジュ）市、郡山（クンサン）市、浦項（ポハン）市、盈徳（ヨンドク）郡、の 4 自治体が地方議会の同意を得て、産業資源部(MOCIE)へ誘致申請書を提出した。
- ・2005 年 11 月 2 日、これら 4 地区において住民投票が実施され、事前公示の選定基準のとおり、市民の賛成率が最も高率(89.5%)であった慶州市が選定された。

表 20：中低レベル放射性廃棄物処分施設誘致での賛成率

誘致自治体	賛成率	賛成者数	総投票者数	総選挙人数	総人口
慶州市	89.5%	132,134 人	147,636 人	208,607 人	276,060 人
郡山市	84.4%	116,634 人	138,192 人	196,980 人	266,541 人
浦項市	67.5%	120,546 人	178,586 人	374,697 人	508,937 人
盈徳郡	79.3%	23,875 人	30,107 人	37,536 人	45,372 人

イ. 立地成功の主要因

- ・国民、地域のニーズに合うように政府の政策・制度を変更
- ・公衆の認識と信頼の向上
- ・住民の賛成度が高い 4 地点による誘致競争
- ・廃棄物処分場は必要という理解（迷惑施設という認識を解消させた）。
- ・中低レベル廃棄物施設を使用済燃料貯蔵施設と分離。公衆の安全性への懸念が緩和
- ・特別法による地元への経済的メリットの保証が施設立地への支持にリンク
- ・政策の透明性：住民投票の実施等

ウ. 慶州市へのインセンティブ

- ・財政支援：3,000 億ウォン（2006 年 5 月に払い込み）
また放射性廃棄物搬入手数料（年平均約 85 億ウォン）、
- ・KHNP 本社の慶州市への移転：移転完了予定は 2010 年 7 月
- ・陽子加速器プロジェクト：完成予定は 2012 年 5 月
- ・地域プロジェクトに対する政府支援：
「地方自治体支援委員会」承認の地域支援計画は 55 プロジェクト

参考資料 12：韓国の原子力研究開発利用の年表

時期	事項
1956年 2月	米国と原子力協力協定調印
1957年 8月	IAEA加盟
1958年 3月	原子力法公布, 原子力委員会発足
1959年 3月	原子力研究所設立
1962年 1月 17日	IAEAに加盟
1962年 3月 19日	TRIGA-Mark II 研究炉臨界
1968年 1月	米・IAEA・韓保障措置協定発効
1970年 9月	古里1号(PWR 58.7万kW)発注
1971年 3月	古里1号(PWR 58.7万kW)着工
1972年	韓国原子力産業会議(KAIF)設立
1972年 5月	TRIGA-III 研究炉臨界
1974年 10月	RCA協定発効
1974年 10月	韓仏原子力協力協定調印
1975年 4月 23日	NPT批准(米国に寄託)
1975年 9月	フランス・IAEA・韓保障措置協定発効
1975年 11月	IAEA保障措置協定発効(INFCIRC 236)
1976年 1月	COGEMAとの再処理試験プラント契約白紙還元
1976年 1月	カナダとの原子力協力協定発効
1977年 6月	月城1号(CANDU 67.9万kW)着工
1978年 4月	韓国初の原子力発電所である古里1号機運開
1979年 4月	第1回日韓原子力産業セミナー開催
1979年 5月	韓・豪原子力協力協定調印
1980年	政府の「一業種一社育成方針」により、現代洋行(株)を核に韓国重工業(株)を設立
1980年 12月	KAERI、核燃料開発公団を統合し、韓国エネルギー研究所と改称
1981年	KEPCOとKAERIの共同出資で発電所総合設計機関となる韓国電力技術(株)(KOPEC)設立
1982年 11月	韓国核燃料(株)(KNFC。現韓電原子力燃料(株)KNF)設立
1983年	政府は「原子力発電所標準化計画」を策定
1983年 4月	月城1号運開
1987年	CANDU炉用燃料製造プラント(100トン/年)完成
1987年 4月	霊光3・4の発注で、サブ・コントラクターにコンバッション・エンジニアリング社(CE)を選定。PWR国産化・標準化に乗り出す
1989年 1月	PWRの燃料製造工場(200MTU/年)完成
1990年 4月	原子力安全技術院、原子力研究所より分離独立
1991年 11月 8日	北朝鮮と「朝鮮半島非核化共同宣言」に調印
1992年 3月	(財)韓国原子力文化財団(当時OKAEA、現KNEF)発足
1992年 6月	原子力委員会が「原子力研究開発中期計画」公表。これを踏まえて「95 in 95」(1995年までに95%を国産化)計画策定

1993年4月	KEPCO内に「国際ビジネス開発チーム」を設置
1993年12月	KEPCOは大亜湾原子力発電所の2年間の運転・保守コンサルタント契約を受注
1994年10月	米朝間で「枠組み合意」に署名。北朝鮮の主要核施設凍結
1994年10月	韓中原子力協力協定締結
1994年12月	掘業島を低レベル放射性廃棄物および使用済核燃料の中間貯蔵施設のサイトとして選定(95年12月、建設計画の撤回)
1994年12月	KAERI 共同事業体、トルコ発送電会社(TAES)とアックユ原子力発電計画の入札・評価関連のコンサルタント契約締結。
1995年1月	HANJUNGと中堅財閥の高合(Gohap)は中国秦山II工事で圧力容器2基を受注。(政府信用供与が降りず、1996年6月、中国側から契約破棄)
1995年2月	HANJUNGが加AECLの下請けとして秦山III期のCANDU炉建設に参加。蒸気発生器、加圧器、熱交換器等19品目を受注。
1995年2月8日	多目的研究炉「ハナロ」(KMRR)初臨界(4月7日に竣工記念式典)
1995年3月	朝鮮半島エネルギー開発機構(KEDO)設立
1996年11月	原子力法改正
1997年5月	「原子力安全委員会」発足
1998年7月	韓国電力公社(KEPCO)を分割し韓国水力原子力㈱発足決定(実施は2001年4月)
1999年9月24日	包括的核実験禁止条約(CTBT)批准
1999年10月	韓国MOSTと中国中国核工業集団公司(CNNC)が原子力平和利用取極めを締結し、合同原子力委員会を設置。これに加えて、2000年から合同原子力調整委員会を開催
2000年12月	国営の韓国重工業(HANJUNG)の株式が公開され、斗山社が買収。
2001年3月	斗山重工業(株)発足
2001年4月	第2次電力需給基本計画策定
2003年3月～	KEPCOは、中国広東核電集団有限公司(CGNPC)の嶺東(嶺澳II期)プロジェクトの技術コンサルタント契約を受注
2008年3月	第1回六者間協議会合開催
2003年8月27日	RCA地域事務所を韓国の拠出でソウルに正式開設
2004年	韓国原子力国際協力財団(KONIKOF)設置
2004年2月19日	IAEA追加議定書発効
2005年2月10日	北朝鮮が核保有国宣言
2005年11月2日	中・低レベル放射性廃棄物処分施設サイトを住民投票で慶州に決定
2006年2月9日	「エネルギー基本法」制定
2006年11月28日	「国家エネルギー委員会(NEC)」発足
2006年5月	KEDOは軽水炉供与プロジェクトの終了を正式決定
2006年8月28日	WEがDOOSAN、KOPECと、新古里3・4号機の一次冷却材ポンプ、炉内構造物、制御棒駆動機構、計装制御システムや支援サービス提供で合意
2007年11月9日	「月城原子力環境管理センター」起工式
2008年5月	DOOSANはCNNCとは、2008年5月に、中国の次世代炉建設計画への全面的協力について、覚書を締結
2008年8月27日	DOOSANは中国核工業集団公司(CNNC)と次世代炉建設計画での協力覚書を締結 「国家エネルギー委員会」が「第一次国家エネルギー基本計画(2008～2030年策定)」
2008年10月	KEPCOがフィリピン電力公社(NAPOCOR)の原子力発電コンサルタントに応募。2010年初めに「パターン原発は再生可能だが、10億ドル必要」と報告
2008年12月1日	韓国・ヨルダンの原子力協力協定を締結

2008年12月29日	知識經濟部（MKE）「第4次電力需給基本計画（2009～2022年）」発表
2009年1月	韓国放射性廃棄物管理公団（KRMC）設立
2009年2月	DFOOSANは原子炉圧力容器を初輸出（中国秦山II-3号炉。60万kW）用
2009年2月5日	WEとKNFと55対45でKWニュークリア・コンポーネント社を設立
2009年6月	KEPCOがマレーシアの原子力発電所導入計画への協力覚書を締結
2009年12月3日	ヨルダンから5MWの研究炉を受注
2009年12月27日	韓国企業グループがアラブ首長国連邦（UAE）からAPR1400×4基等総計400億ドルを受注
2010年1月	李明博大統領は訪印シシン首相と会談、両国の協力を[長期的協力パートナー]とすることで合意。原子力平和利用協力協定締結に向けての協議開始で合意
2010年1月	韓国国際協力財団（KOICA）は、エジプト政府の要請により、原子力エンジニアの育成支援計画を発表
2010年1月13日	「原子力発電輸出産業化戦略」公表
2010年1月21日	米国連邦議会調査局（CRS）が「米国—韓国の世界原子力市場における協力：政策上の主要検討事項」を発表
2010年3月10日	トルコ発電公社（EUAS）とKEPCOはAPR1400の建設に関するFS協力議定書に調印
2010年3月30日	韓国水力原子力（株）（KHNP）は、KNFを中心とする韓国の原子力開発機関が、韓国の力のみで「炉心設計コード」を開発したと発表