



# ヨルダンの原子力発電開発計画

(社)日本原子力産業協会



原子力発電所の導入に向け、動きが活発化するヨルダン。すでにFSに着手しているだけでなく、2009年11月には原子力発電所の建設前コンサルティングで、豪ウォーリー・パーソンズ社と契約を締結している。当協会では、ヨルダン原子力委員会の協力を得て、同国の原子力発電開発計画を探った。

## 1. ヨルダン概観

ヨルダンの正式名称はヨルダン・ハシム王国。立憲君主制でアブドゥラー・ビン・フセイン国王（アブドゥラーII世）が最高権力者。議会は上下院の2院制で、首相と上院は国王が任命する。親欧米のアラブ穏健派で、イスラエル／パレスチナとイラクに挟まれ、中東和平やイラク情勢が自国の安定に直結する。

ヨルダンは非産油国で、脆弱な経済構造にある。そのため慢性的な貧困問題、高い失業率やインフレーションに悩まされているが、アブドゥラーII世の下、失業対策や社会改革を推進しており、アラブ諸国における民主化のモデル国家を目指している。2006年と2008年には、非効率な国営企業の民営化の推進により負債（対GDP比）を大幅に削減することに成功した。

こうしたことからヨルダンは近年、生産性を向上させており、海外投資家に魅力的な環境を提供している。2008年には予算削減の観点から、石油や消費材への補助金を撤廃した。特に、繊維輸出を中心とした好調な対米貿易（2001年12月の米国との自由貿易協定以降、対米貿易が飛躍的に拡大）、国際原油価格高騰を背景とした湾岸諸国からの投資増大、イラク戦争に伴う多くのイラク人富裕層の流入、イラク復興支援関連需要が、好調なヨルダン経済を支えている。

課題としては、海外諸国からの無償資金援助への依存の低減、増大する赤字予算の改善、海外資本からの投資拡大や雇用創設が挙げられている。なおヨルダンの金融部門は保守的で知られており、それが功を奏して世界的な金融危機の影響をさほど受けていない。ただし、観光部門や不動産部門では後退が予測されている。

国土の大半が砂漠で、水資源の開発はエネ



ルギー開発と並んで重要な案件となっている。海への唯一のアプローチはアカバ湾だ。

日本は、ヨルダンとの良好な二国間関係に加え、同国が中東和平の当事国であることや、民主化および経済改革を着実に実施していることなどを鑑み、ヨルダンを重点支援国に位置づけている。ヨルダンの対外債務の約3分の1は日本が占めており、日本はヨルダンの最大の債権国の一つである。

## 2. エネルギー・電力事情

非産油国であるヨルダンでは、エネルギー需要の95%を輸入に依

存しており、エネルギー問題が最重要課題となっている。特に近年、化石燃料消費量が急増しており、環境悪化が問題視されている。また国土の砂漠化も深刻で、年間5億m<sup>3</sup>の水資源が失われている。

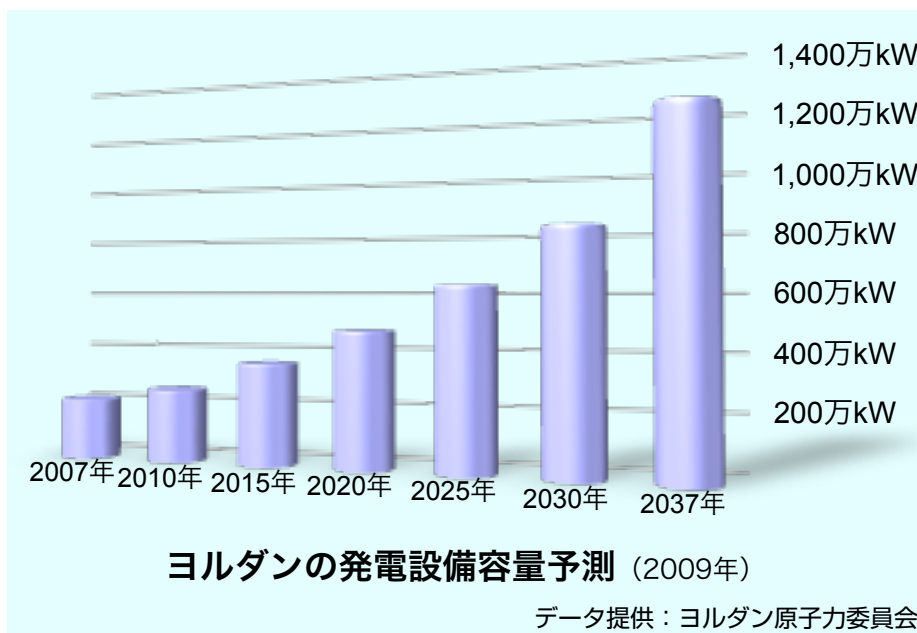
ヨルダンの総発電設備容量（2007年実績）は213万kW。2009年の予測では、2030年に822万kW、2037年には1,209万kWの発電設備容量が必要と見込まれている。

一人あたりの年間電力消費量は2,000 kWhで、欧州の6,000 kWh、北米の14,000 kWhに比べて著しく低い。ヨルダンは2030年までに一人あたりの年間電力消費量を4,000 kWhへ倍増させることを目標にしている。

ヨルダンの国産エネルギー資源は、天然ガス、再生可能エネルギー、オイルシェール（油母頁岩）の3つだ。天然ガスの埋蔵量はそれほど多くなく、短期的なエネルギー需要にしか対応できない。再生可能エネルギーはコストが高い上に、ベースロード電源とはならない。オイルシェールは油母を多く含む岩石だが、抽出に課題

面積	89,342km <sup>2</sup>
人口	634万3,000人（2009年7月推定）
首都	アンマン
GDP（購買力平価）	316.8億ドル（2008年推定）
GDP（為替レート）	212.3億ドル（2008年推定）
一人あたりGDP	5,200ドル（2008年推定）
実質経済成長率	5.6%（2008年推定）
失業率	12.6%（2008年推定）
歳入予算	56.7億ドル（2008年推定）
歳出予算	76.6億ドル（2008年推定）
年間電力輸出量	1億7,600万kWh（2007年推定）
年間電力輸入量	2億kWh（2007年推定）
石油輸入量	108,200バレル／日（2007年推定）
年間天然ガス輸入量	27.2億m <sup>3</sup> （2008年推定）

出典：CIA “The World Fact Book”



が多い。

### 3. 原子力発電開発計画

ヨルダンで原子力発電の導入プロジェクトの検討が開始されたのは、2006年のことだ。

2006年11月、バヒート首相（当時）は原子力発電開発計画を主導する2委員会を設立した。その一つである閣僚級運営委員会は首相自らが委員長に就任し、①原子力発電開発計画の承認、②政策面での支援、③諸外国との協力協定締結、④資金手当および人材育成—などを検討。もう一つの技術委員会は関連省庁の次官または副大臣級から構成され、運営委員会による決定事項の実施や、産業／水利／環境／公共事業など省庁間にまたがる事項の調整を担当している。

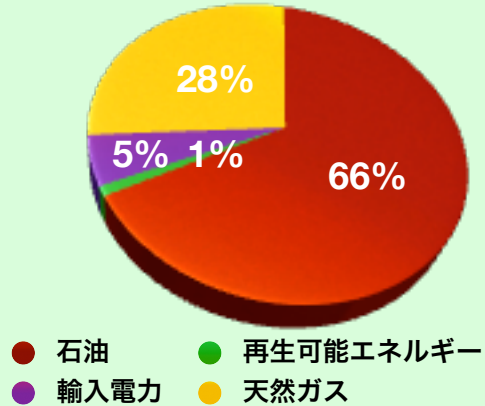
2007年には原子力・放射線防護法（2001年制定）が改正され、原子力法と原子力安全・セキュリティ・放射線防護法の2法が成立。それに伴い旧ヨルダン原子力委員会（JNEC）は、ヨルダン原子力委員会（JAEC）とヨルダン原子力規制委員会（JNRC）に分離された。

さらに2008年2月、議会は原子力法を改正し、JAECは首相直轄の政府委員会となった。

閣僚級運営委員会が2006年12月に発表したロードマップでは、以下が明記されている。

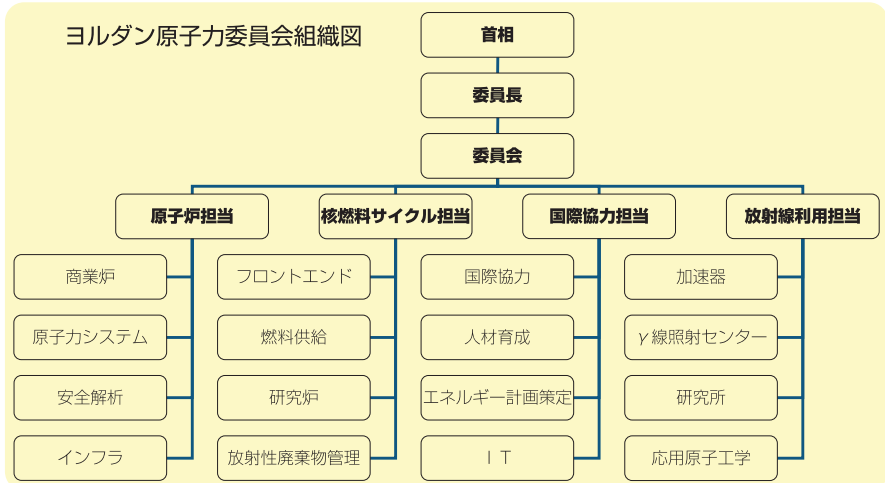
- 原子力発電開発に関するプロジェクトチームの発足
- 原子力発電開発実施における問題点の洗い出し
- 大学での原子力学科の開設と国内専門家の育成
- 国内ウラン資源の開発を実施する国営会社の発足
- 原子力発電所建設のための詳細なフィージビリティ・スタディの実施
- 原子炉のサイズ選定に向け、詳細な電力需要（海水脱塩含む）予測の実施
- 炉型および供給者選定に向けた手続きの整備
- キーとなる諸国や供給者（米国、フランス、カナダ、ロシア、中国、南アフリカ、韓国、インド、日本など）との並行協議開始
- 米国／ユーラトム／カナダ／ロシアとの原子力協力協定締結に向けた交渉
- サイト予備調査の実施

総発電電力量に占める電源別シェア（2007年）



データ提供：ヨルダン原子力委員会

ヨルダン原子力委員会組織図



### ④ 資金手当の模索

そして、①2030年までにヨルダンを電力の純輸入国から純輸出国へ脱皮させる、②経済成長を加速させるに十分な電力を低コストで発電する、③化石燃料依存を大幅に低減する--との国家ビジョンがヨルダン政府によって示され、それに基づき以下の原子力開発戦略が策定された。

- ④燃料供給保証の確保
- ④国内ウラン資源開発の実施
- ④官民協力による事業実施
- ④効率的な技術移転を進め、全分野での国産化を目指す
- ④海水脱塩／水素製造の実施
- ④原子力周辺産業の発展
- ④電力輸出の強化
- ④エネルギー集約産業の競争力強化

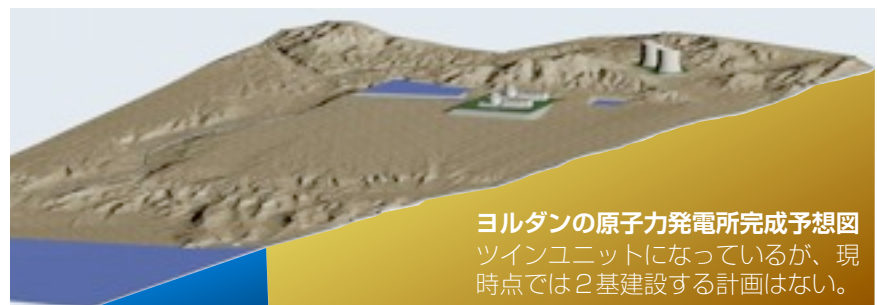
JAECは現在直面している課題として、①立地サイトや炉型選定および必要な送電網の整備、②ウラン資源開発、③燃料サイクルと放射性廃棄物管理、④人材育成、⑤資金手当、⑥政治面での環境整備--等を挙げている。

## 4. サイト選定

ヨルダンは予備調査の結果、候補サイトとしてアカバ、アラバ溪谷など4地点を特定。さらに①地質面での適性、②取水可能性、③送電網への接続、④発電所の安全性を人為的に阻害する可能性、⑤環境影響評価--などのIAEA指針に従い、アカバ・サイトを選定した。アカバ・サイト内では4地点が候補に挙げられていたが、アカバ湾東方9km地点（海拔450m サウジアラビアとの国境沿い 花崗岩質で堅牢な地盤）を最適サイトに、アカバ湾東方6km地点（海拔300m 平地だが地盤が脆い）を代替サイトに定めた。

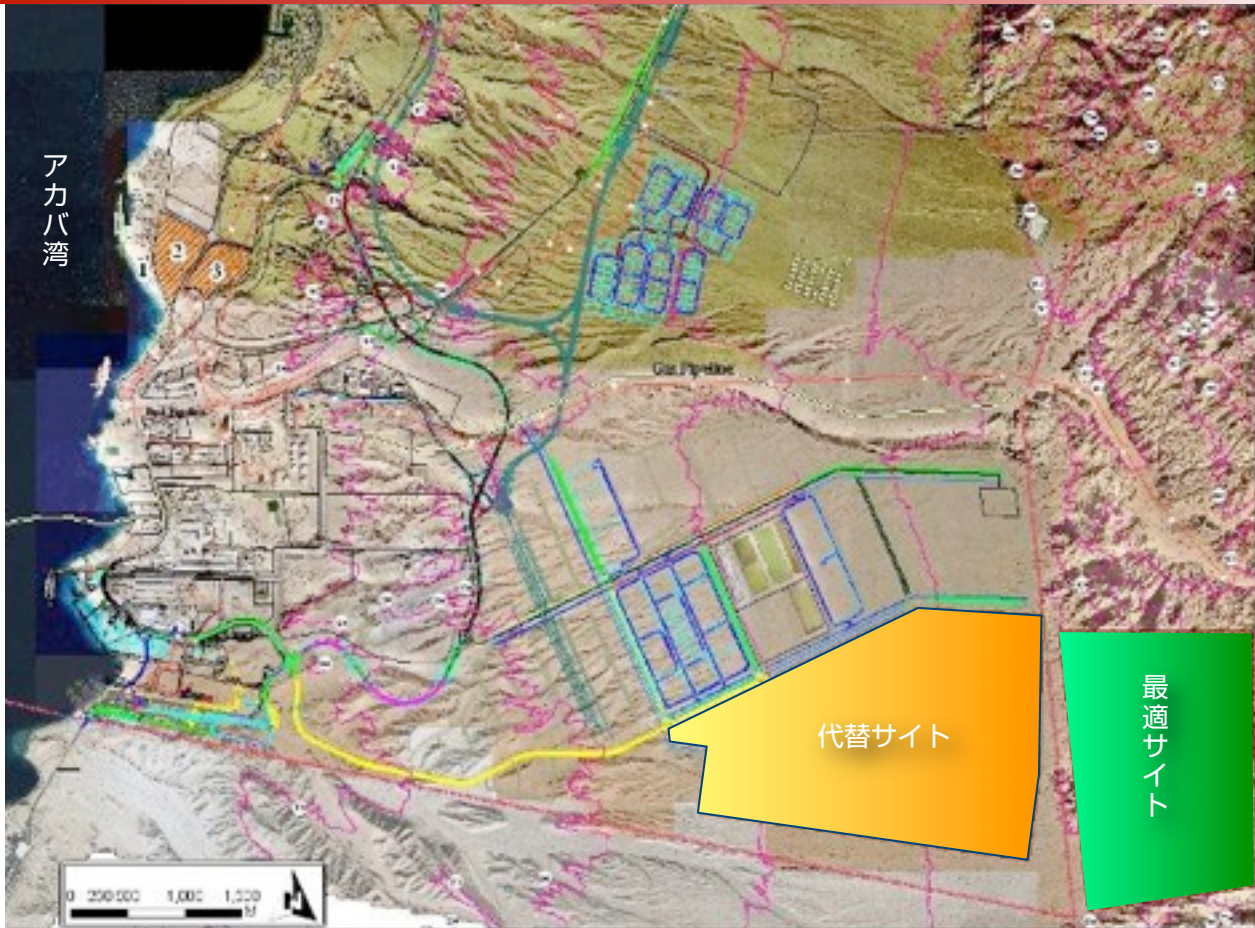
このアカバの2サイトを対象とした適合性に関するフィージビリティ・スタディの実施が決定したのは、2008年12月28日。JAECは海外の17社に案内を出し、うち8社が関心を示し、2009年2月1日に実施されたサイト現地視察に参加。同4月15日に6社から提案書が提出され、同9月12日にベルギーのトラクテベル・エンジニアリング社（GDFスエズ社の傘下）と契約を締結した。

フィージビリティ・スタディは2010年末に完了する見込みで、2011年中旬にはJNRCがサイトを認可する運びとなるだろう。



ヨルダンの原子力発電所完成予想図  
ツインユニットになっているが、現時点では2基建設する計画はない。





## 5. 炉型選定

ヨルダンでは炉型を選定するにあたって、大型炉は不要と判断。電気出力が70万～120万kW級で、安全実績から第三世代炉を採用することとした。その他、海水脱塩が可能であることも要件とされた。そして、建設コスト、廃棄物問題、燃料サイクル等も総合的に判断することとした。

その結果、新型軽水炉として

- \* 138万kW ABWR (東芝) ; 136万/150万kW ABWR (GE日立)
- \* 170万kW ABWR-II (GE日立あるいは東芝)
- \* 154万kW APWR ; 170万kW APWR+ (三菱重工)
- \* 60万kW AP600 ; 110万kW AP1000 ; 33.5万kW IRIS (ウェスチングハウス)
- \* 155万kW ESBWR (GE日立)
- \* 154.5万kW EPR ; 125万kW SWR-1000 (アレバ)
- \* 110万kW ATMEA-1 (アレバ&三菱重工)
- \* 100万kW OPR ; 140万kW APR (韓国)
- \* 100万kW CPR (中国広東核電集团有限公司) ; 65万kW CNP (中国核工業集团公司) ; 60万kW AC600 (中国核動力研究設計院)

## ヨルダンの原子力発電開発計画

- \* 100万kW VVER-1000/1200(V-392) ; VVER-1500 ; VVER-640(V-407) (アトムストロイエクスポルト)

が候補に挙がり、新型重水炉としては

- \* 70万kW CANDU-6 ; 100万kW ACR (カナダ原子力公社)
- \* 54万kW HWR ; 70万kW HWR (インド原子力発電公社)
- \* 70万kW AHWR (バーバ原子力研究センター)

が候補に挙がった。

そのうち、実際にヨルダンへの供給に意欲を示し、JAECにプレゼンを行ったのは

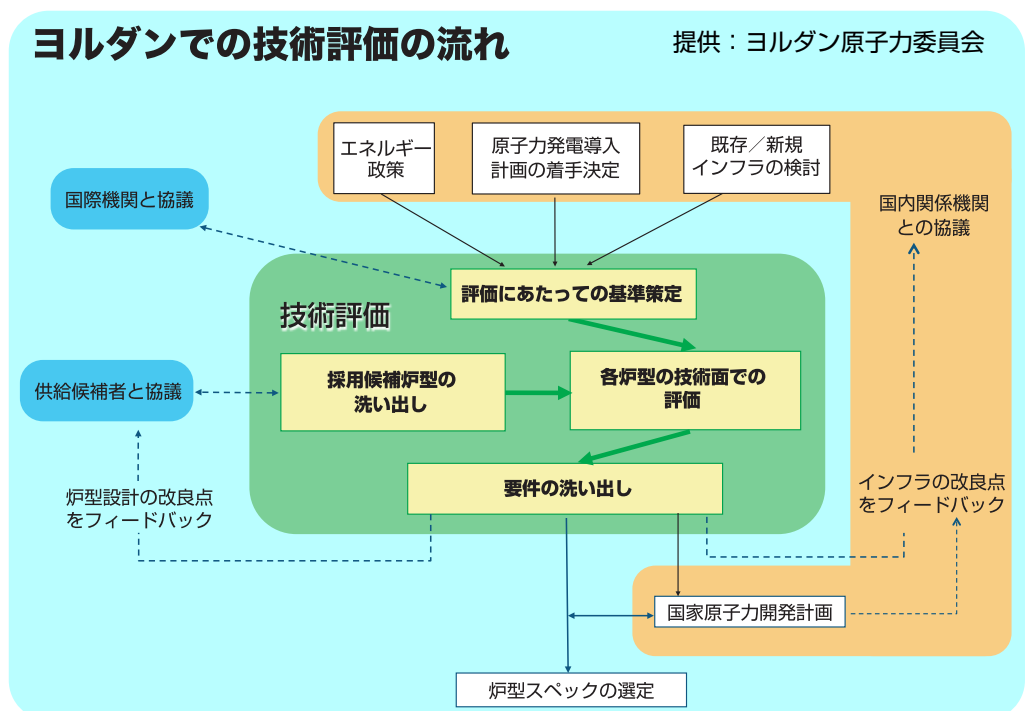
- \* 110万kW ATMEA-1 (アレバ&三菱重工)
- \* 100万kW OPR ; 140万kW APR (韓国)
- \* 100万kW VVER-1000/1200(V-392) ; VVER-1500 ; VVER-640(V-407) (アトムストロイエクスポルト)
- \* 70万kW CANDU-6 ; 100万kW ACR (カナダ原子力公社)

の4社で、今後この中から採用炉型が選定される見込みだ。

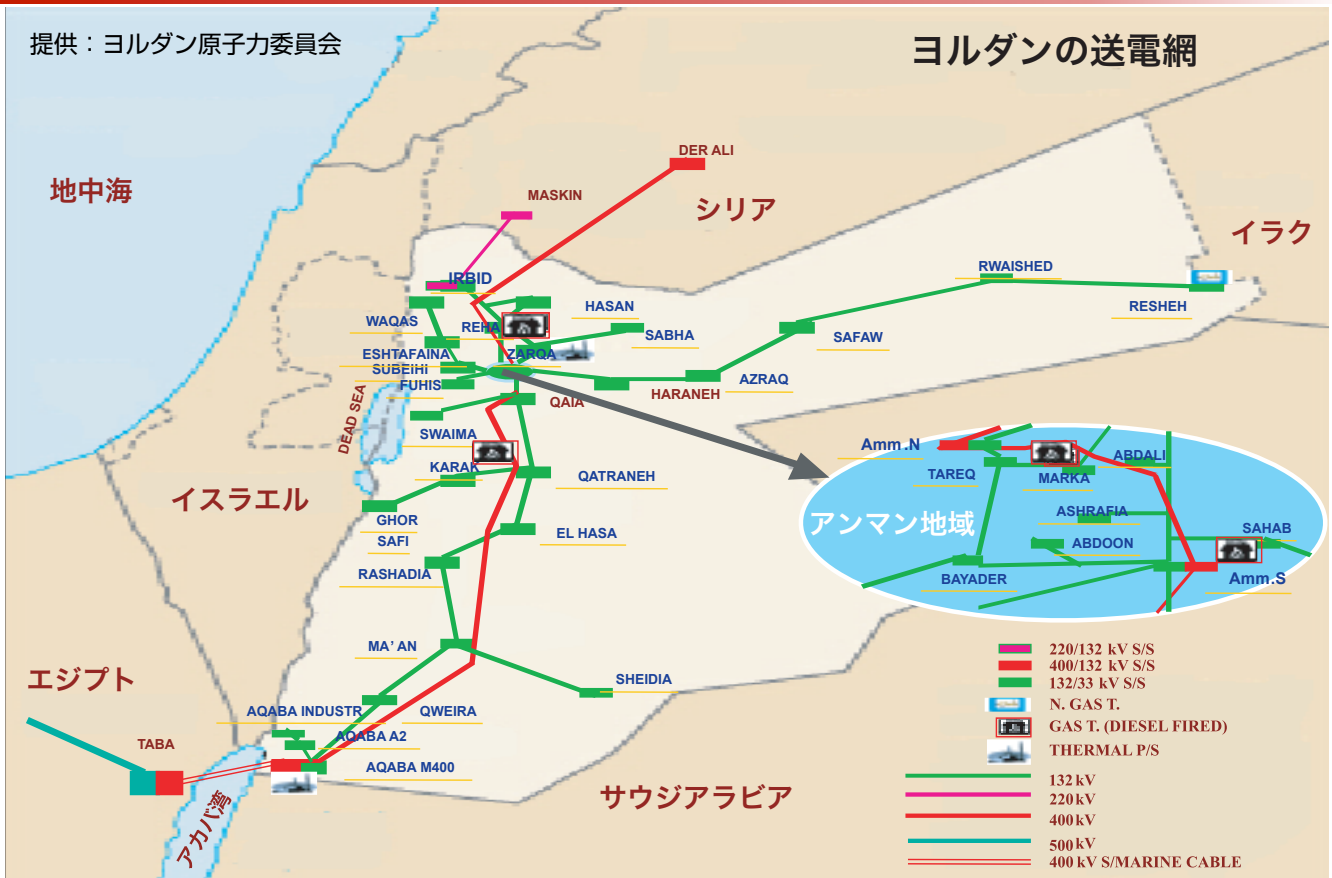
JAECは2009年11月、オーストラリアのウォーリー・パーソンズ社と建設前コンサルティング契約を締結。トラクテベル・エンジニアリング社が実施しているフィージビリティ・スタディが完了次第、ウォーリー・パーソンズ社の推薦を受けた原子炉供給者と協議を開始したい考えだ。

建設前コンサルティングに関してJAECは2009年3月、16社に見積を要請した。同6月までに10社から受注申請が提出された(米バーンズ&ロー社やベクテル社は申請してこなかった)。その後JAECは、パーソンズ・プリンカホフ社、トラクテベル社、ウォーリー・パーソンズ社の3社に絞った後、最終的にウォーリー・パーソンズ社に決定した。同社は原子力発電分野では、ブルガリアのベレネ原子力発電所建設プロジェクトや、エジプト、アルメニアでの新規建設プロジェクトなどの案件で実績がある。ちなみに日本企業は申請していない。

また原子力発電所の建設に伴い必要と



## ヨルダンの原子力発電開発計画



なる送電網の整備に関しては、電力公社（NEPCO）が2009年8月から検討作業を開始している。NEPCOはこれに先立つ2009年2月、原子力発電導入に伴う国内送配電網の安定化をめぐり、仏ELEC PROMOTION社と協力協定を締結。なお、仏財務省はこれに50万ユーロ（約6,500万円）の補助金を拠出している。

## 6. 進行中の原子力発電所建設プロジェクト

当初ヨルダンは2015年の運開を計画していた。しかしコンサルティング契約締結が遅れたことなどから、現在では2019年をターゲットに定めている。それによると、フェージビリティ・スタディが2010年末に完了。その後、入札方式ではなくコンサルタントの推薦を受けて原子炉供給者と協議を開始し、供給者選定後2013年に着工。2018年には初臨界を達成し、2019年の運開を目指している。

また許認可関連では、事前サイト許可を2011年中旬をメドに発給。2012年末までに建設を認可、試運転を開始する2017年中に運転を認可する段取りだ。

原子力発電の実施主体は、原子力発電所を所有・運転する原子力発電会社を設立して対応する。同社は官民共同の形態をとり、ヨルダン政府だけでなく海外企業からの出資を想定している。ロシアが海外企業と設立する合弁企業のようなモデルだ。同社の設立にあたっては、ウォーリー・パーソンズ社がアレンジを担当することになっている。

原子力発電所の建設費用は、ウォーリー・パーソンズ社を交え、現在あらゆる形式のファイナンスを検討している。最終的には原子力発電会社がNEPCOと締結する電力調達契約から得た資金



を、支払いにまわす  
考えだ。

## 7. 規制体制

規制／原子力安全  
／保障措置等は  
JNRCが担当してお  
り、現在策定中であ  
る。

当初ヨルダンは、  
米国原子力規制委員  
会（NRC）が採用し

ている安全基準等をモデルに検討を進めたが、あまりにも複雑なため断念。現在では欧州型の安全基準の考え方を取り入れ、IAEAの指針をベースにさらにシンプルな体系を目指している。

## 8. 人材育成

ヨルダンでは国内大学に原子力工学や医学・放射線防護関連の学科を設置し、人材育成を開始している。また日本をはじめ、米国、カナダ、フランス、EU、韓国などの関連機関にも協力を求めているほか、チェコには研修員を派遣している。

原子力発電所運開後の10年間は、国内人材が十分に育っていないことから、原子炉供給者にその間の運転員等の確保について保証を求めており、原子炉供給者との契約に人材育成を盛り込む考えだ。

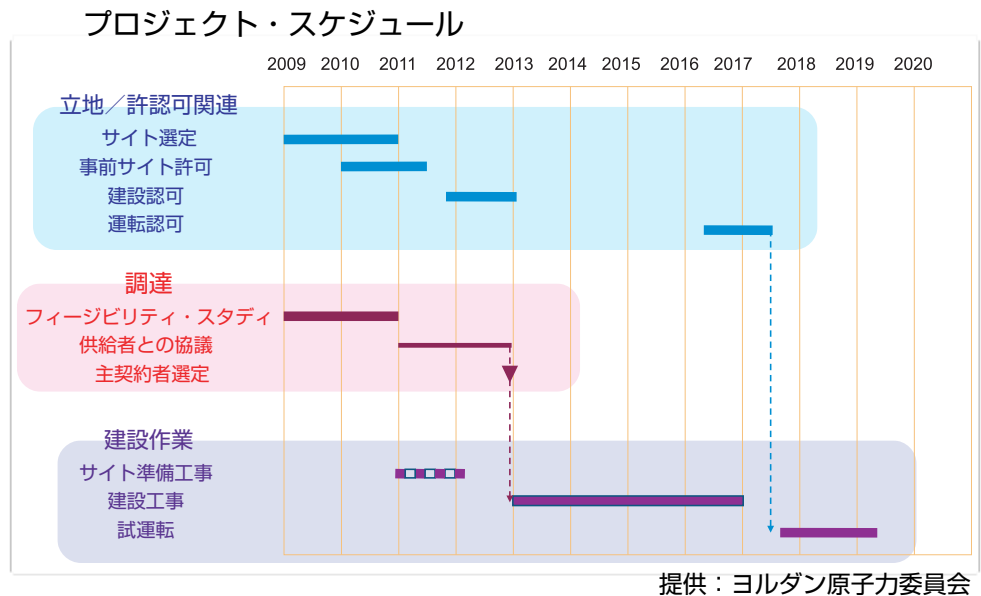
プロジェクト・マネージメントについては、ウォーリー・パーソンズ社とのコンサルタント契約の中に、人材育成の項目が盛り込まれている。

もちろんIAEAの技術協力プログラムにも協力を要請している。

## 9. 研究炉

人材育成の上で重要となる研究炉について、JAECは2009年1月、同国初となる研究炉建設について見積を要請。同4月に、INVAP社（アルゼンチン）、中国核工業集团公司、アトムストロイエクスポルト社（ロシア）、韓国の企業連合（韓国原子力研究所と大宇建設）の4社から提案書が提出された。同12月に、主契約者として韓国の企業連合を選定した。正式契約は2010年3月に締結される。

研究炉は熱出力5MWの新型高中性子束応用炉（HANARO）で、ヨルダン科学技術大学に設置される。韓国原子力研究所がカナダのMAPLE炉をベースに開発したHANARO（熱出力30MW）





を、ヨルダン用にスケールダウンするという。医療用RIの生産だけでなく、原子力関連のエンジニアや研究者育成にも供される。

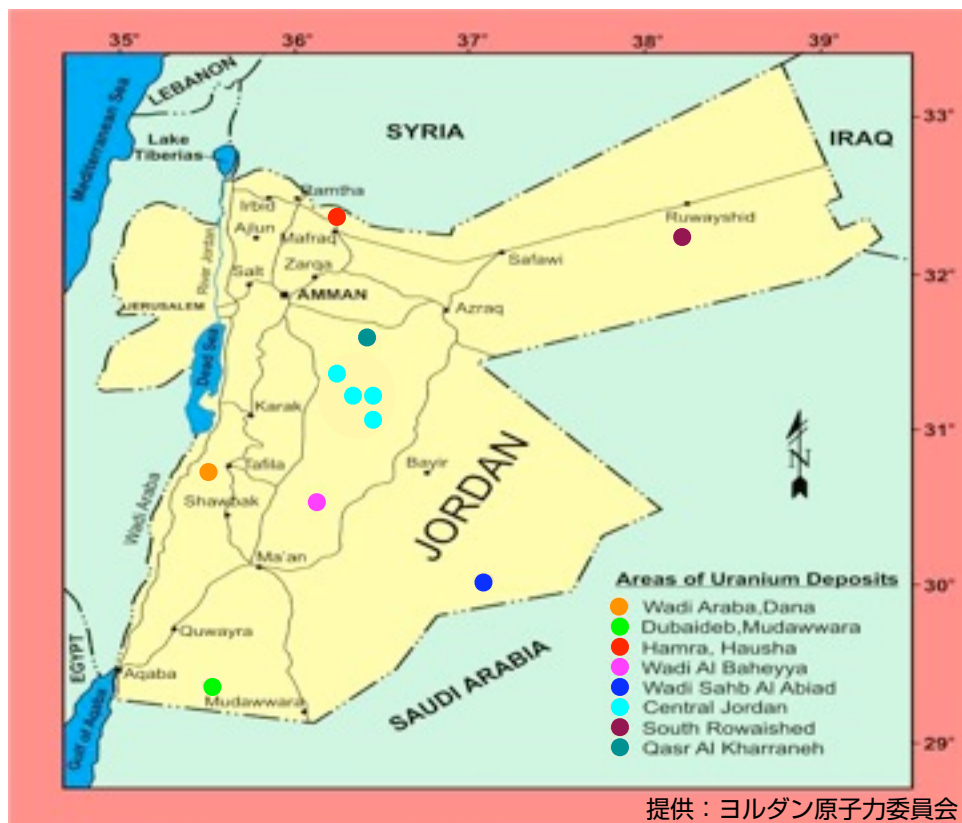
### 10. ウラン資源開発

天然資源に恵まれないヨルダンだが、安価な露天採掘で生産可能なウラン資源が、国内各地で確認されている。ヨルダンにおけるウラン探鉱活動は、天然資源庁（NRA）の管轄である。

IAEAおよびOECD/NEAによるレポート『ウラン2007』（レッドブック）によると、ヨルダン中部（Central Jordan）の総面積38km<sup>2</sup>の範囲だけでも、ウラン品位585ppmのウラン資源が31,800tU存在すると見積もられている。当該地区のカットオフ品位（採掘しても利益が出ないと考えられる鉱石の品位）を170ppmとすると、ウラン埋蔵地域の総面積は60km<sup>2</sup>に達し、55,000tUのウランが含有されていると評価されている。ただし詳細調査が実施されているのは当該地区の約8割にすぎず、ヨルダン中部のウラン資源だけで55,000tUを超えるポテンシャルがあると考えられる。ちなみにJAECはヨルダン中部のウラン埋蔵量を70,000tUと見積もっている。

またヨルダンには燐灰土の副産物としてのウランが、約59,360tU存在すると試算されている。ただしウラン品位は20～70ppmの範囲に留まる。

ヨルダンは原子力発電開発に伴い、国内ウラン資源開発に本格的に着手する考えで、2008年9月には仏アレバ社とヨルダン中部のウラン探査で協定に調印。同社は同10月には現地調査に着手し、有望なウラン鉱脈を発見している。なおヨルダンとフランスは、ウラン採鉱を実施する2つの合弁会社を設立した。



- Nabatean Energy社：出資比率は、JAEC=51%、アレバ=49%。
- JFUMC (Jordan French Uranium Mining Company)：出資比率は、JERI (JAEC内のフロントエンド部門) =50%、アレバ=50%。

そのほかにもヨルダンは中国のSinoU社と共同で、ヨルダン中部以外の鉱区で2008年10月より探査活動を開始。オーストラリアのリオティント社とも2009年2月、3鉱区を対象とした探査活動で協定を締結している。

### 11. 国際条約／二国間協定

ヨルダンは以下の原子力関係国際条約に加盟している。

主な国際条約	状況
IAEAの特権および免除に関する協定	1982年1月受諾 1982年10月発効
原子力事故早期通報条約	1986年10月署名 1988年1月発効
原子力事故または放射線緊急事態における援助条約	1986年10月署名 1988年1月発効
原子力安全条約	1994年12月署名 2009年2月発効
核拡散防止条約	1968年7月署名 1970年2月発効
IAEA保障措置協定	1974年12月署名 1978年2月発効
IAEA追加議定書	1998年7月署名 1998年7月発効
核物質防護条約	2009年9月署名 2009年10月発効

なお原子力損害賠償に関する国際条約への加盟は、現在検討中である。

このほかヨルダンは、フランス、中国、韓国、カナダ、ロシア、英国、アルゼンチンとそれぞれ二国間の原子力協力協定を締結している。現在ルーマニア、スペインとの同様の協定が、交渉の最終段階にある。また米国および日本とは、協定締結に向け交渉中だ（日本がヨルダンと2009年4月に署名した原子力協力文書（MOC）は、日本の資源エネルギー庁とJAECとの間で締結された機関間取り極めで、政府間協定ではない）。



インドネシアやベトナムといった我々にとって馴染みの深い東南アジアの諸国が、原子力発電導入に向けかなりの長い期間を掛けている一方で、ヨルダンやアラブ首長国連邦（UAE）など中東諸国の原子力発電導入に向けた動きの迅速さは新鮮である。どちらがいいという判断はまだ早計に過ぎるが、今後これら中東諸国で原子力発電所が順調に稼働するようになると、これをモデルケースに他の国々へも波及していくだろう。

国際部 石井敬之