

新規連載「イスタンブール原子力通信」

最近、ロシアが担当する第一（アックユ）原子力発電計画初号機の着工や、第二（シノップ）計画を巡る日仏連合とトルコ政府の交渉等で、トルコの原子力発電開発に関心が集まっている。このため当協会ではイスタンブール工科大学（ITU）エネルギー研究所（EI）のユネル・チョラク教授に「トルコ人の視点による」同国の原子力開発に関するレポートの寄稿を打診し快諾をいただいた。第1回は「トルコの原子力開発の歴史」について執筆願ったが、不定期ながら当協会会員諸氏の関心を中心に時宜に応じたトピックスでの掲載を依頼したのでご意見をお寄せいただければありがたい。（本連載開始後、数回は当協会一般ホームページで公開していく予定です。）



（ユネル・チョラク教授）

チョラク教授の略歴：ITU で冶金工学の理学士取得、原子炉材料で大学院スクララシップ。米アイオワ州立大学で原子力工学の Ph. D. （材料科学工学副専攻。1989 年）。帰国後、アンカラのハセテペ大学原子力工学部、次いで 2012 年に ITU のエネルギー研究所（EI）に勤務。この間 2008～2011 年には、トルコ全体の原子力許認可機関であるトルコ原子力庁（TAEK）の原子力委員会（AEC）のメンバーに就任。南アの北西大学、トルコのビルケント大学やサバンジュ大学で教育・研究活動、また多くの企業の研究開発プロジェクトや技術管理でコンサルタントを務め、IAEA や EU の支援する 国際活動等に参加。

第 1 回：「原子力発電への新規参入国：トルコ」

<はじめに>

・トルコは、2018 年 4 月の第 1 週に最初の原子力発電所となるアックユ原子力発電所 1 号機の建設を開始した。これはトルコにとってはもちろんだが、ベンダーである（ロシアの国営原子力企業の）ROSATOM 社にとっても世界で初の、原子力発電プロジェクトへの「建設、所有、運転（B00）」契約方式を適用する重要なプロジェクトである。アックユ初号機の建設に至るまでのトルコの原子力開発の歴史を振り返ってみる。

<「平和のための原子力」から原子力教育・研究の開始まで>

・トルコにとっての原子力との最初の出会いは、1955 年の米国との「平和のための原子力（Atoms for Peace）」協定の批准であった。この「平和のための原子力」プログラムは、米国のアイゼンハワー大統領が 1953 年 12 月 8 日に国連での演説で提唱したもので「原子力エネルギーの平和利用促進」を目的としている。（これに基づき）国際原子力機関（IAEA）が国連によって 1957 年 10 月 1 日にウィーンで設立された。

・トルコでの原子力エネルギーに関連する最初の出来事は、1956 年の首相府傘下の「原子

力委員会」の設立である。原子力委員会は、トルコでのすべての原子力関連活動に責任を負い、最初の活動の1つは研究炉の設置であった。場所はイスタンブールとなり、翌1957年の研究炉建設の入札では5社が応札、American Machine & Foundry 社が（トルコ最初の研究炉を意味する）TR-1（トルコ研究炉 1号機）の設計・調達・建設（EPC）契約を受注した。これは1 MWのプール型炉で、建設期間は1959～1962年であった。1960年には原子炉専用の研究センターも併設、近隣地名にちなみ「Cekmece 原子力研究・訓練センター（CNAEM）」と命名された。将来の原子力プログラムに必要な人的資源の開発を主な目的とした。

TR-1炉は1962年に運転開始した。研究センターの活動は、原子力の多様な分野における研究と訓練に焦点を当てた。

・1961年には、イスタンブール工科大学（ITU）に（理学士、Ph. D.の学位を授与する）教育機関「原子力エネルギー研究所（NEI）」を併設した。ITUはトルコ最古の工学校で、1773年に「海軍および陸軍工学校」として設立、その後民営の工学校に変遷した歴史をもつ。学生数35,000以上で、ITU-NEIとCNAEMは設立以来密接に連携している。

<1970年代の電力機関の原子力発電への関心>

・1970年に国有電力会社の「トルコ電力庁（TEK）」が設立された。

それまではインフラ整備と発電を担当する国家機関としては、「電力調査開発局（EIE）」と（鉱山と電力部門の運営担当の）「Etibank」があった。

この他に水力発電の開発・運転を担当する「国家水利総局（DSI）」もあった（DSIは現在でも大規模な水力発電所を運営しているが、新規の水力発電開発は民間企業の担当に変わった）。

・以来、水力発電所を除き、（石炭火力を主とする）国内のほとんどの発電所は、長期間にわたりTEKが運営して来た。

・TEKの原子力部門は1972年に設立された。トルコの原子力開発のための最初の重大な試みで、直後にこれも国内初の原子力発電導入のインフラ調査が開始された。

・敷地選定の予備調査は、地震活動のリスク、アクセスのしやすさ等の基準に基づいて行われ、地中海沿岸のアックユ（Akkuyu）、黒海沿岸のシノップ（Sinop）、またブルガリアの国境付近のイネアダ（Igneada）が候補地となった。1974年になって、アックユが有望サイトに選ばれ、適性調査が開始された。

・2年後（1976年）、原子力委員会はアックユにサイト・ライセンスを与えた。アックユは現在でも初号プラントのサイトに位置づけられている。

・サイト関連作業完了後の1976年、第一原子力発電所の入札書類を準備するためにスイスの3社とフランスの1社がTEKに雇われた。

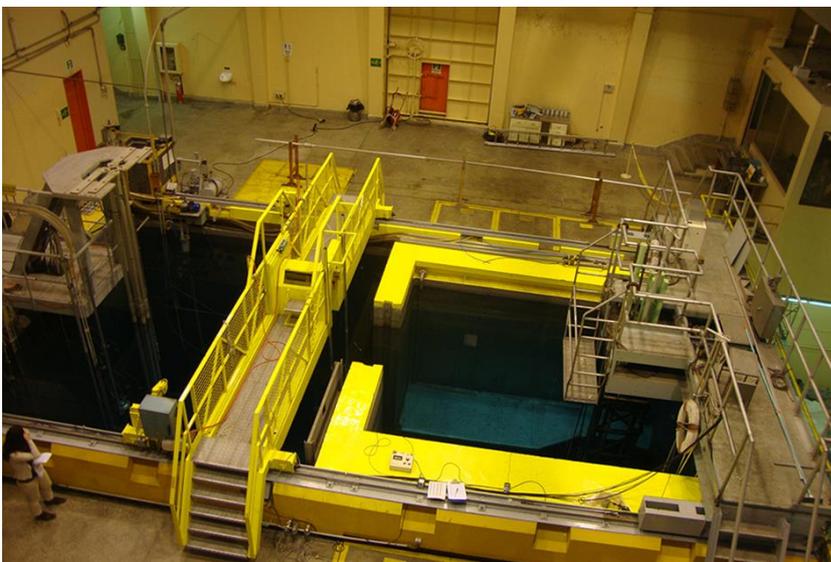
<1970年代半ばからの研究炉利用>

・TR-1研究炉は1977年までに運転開始した。ITUは1979年にトルコの将来の原子力産業

の人材育成の任務の一環として 250kW の TRIGA Mark II 型の研究・訓練炉を運転開始した (図 1)。CNAEM に次の研究炉 TR-2 を建設し、1985 年にそれを運転開始した。これはプール型の 5MW の研究炉で、主にアイソトープ製造、研究、また工業利用に使われた (図 2)。



(図 1) ITU の TRIGA Mark II 研究・訓練炉



(図 2) CNAEM の TR-2 炉

<1970 年代半ば以降：第一原子力発電所建設に向けた政府の動き>

・アックユにサイト・ライセンスが発給されたことを受け、トルコ政府はスウェーデンの企

業 ASEA-ATOM 社ならびに STAL-LAVAL 社と原子力発電所建設に向けて交渉を行った。

しかし 1980 年になりスウェーデン政府は政治的理由により融資パッケージ提案を撤回したためこの交渉は頓挫した。

・トルコは 1980 年に「核不拡散条約 (NPT)」に署名し、核兵器を開発しないと宣言し、核不拡散活動を支援した。翌年、トルコでの原子力平和利用を検証するためすべての施設を公開するという保障措置協定を IAEA と締結した。

・1982 年、「トルコ原子力庁 (TAEK)」が設立され、ライセンス権限が与えられた。さらに、原子力エネルギー利用の研究と促進も TAEK の所掌となった。

・1982 年、トルコ政府は西ドイツのクラフトベルク・ユニオン (KWU) 社とカナダ原子力公社 (AECL) に 2 基の原子力発電プラントの購入を打診した。結局、財政的および政治的理由により最終的な結論に至らずトルコ政府が交渉を終了させた。

・1983 年、トルコ政府は TEK の事業負担を軽減するために、将来の原子力発電プラント所有・運転専門の独立した国有原子力発電機関「原子力発電プラント公社 (NELSAK)」の設立を図った。しかし NELSAK 構想は政権交代により実現しなかった。

・1984 年、トルコは「経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA)」に加盟した。

・1986 年、ウクライナでチェルノブイリ事故が起き、トルコの原子力計画にもマイナスの影響があった。その結果、TEK の原子力部門は解体され、スタッフは他の部門への異動か引退を迫られた。

・1993 年になり、原子力発電所建設が再検討され、政府の予算計画にも入った。この間、トルコ政府は、入札文書更新と政府支援のためにコンサルティング会社活用を決め、1995 年に韓国原子力研究院 (KAERI) とそのトルコ側パートナーの GAMB 社をコンサルタント連合として雇った。

・1996 年に発表した原子力発電所建設の入札でも、政府はエンジニアリング会社を活用した。

・1997 年には、国際的なベンダーである米ウェスチングハウス (WEC) 社、(仏フラマトム社と独ジーメンス社の合弁で EPR 炉を設計・建設する) ニュークリア。パワー・インターナショナル (NPI) 社、加 AECL 社の 3 社が応札した。入札評価は問題が多く、時間がかかり、決定は 8 回延期され、最終的には 2000 年に政府によってキャンセルされた。

・1998 年、トルコは電力市場の自由化を開始、それ以来すべての配電を民営化した。多くの国有石炭火力発電所も民営化が進んでいる。民間企業は発電事業への投資また発電自体ができるようになった。国営企業はこれ以降発電事業への投資をしないことも決定された。

<第一原子力発電計画へのアプローチ：鍵はファイナンスと電力価格>

・2006 年、「エネルギー・天然資源省 (ETKB)」と TAEK は新原子力発電所の建設計画を発表した。2007 年に着工、2012 年に運転開始というもので、それまでのファイナンス・モデルと異なり、ターンキー・プロジェクトではなかった。それはむしろ電力購入保証契約をベ-

スとした事業構想の表明であった。受注希望企業は、TAEK の技術基準 13 項目を満たし、安い電力購入価格の提示を求められた。

・これはトルコ政府がファイナンスの責任をまったく負わない原子力発電所建設構想であった。この建設予定サイトは最初シノップと公表された（後にアックコに変更）。

・これに対して以下の企業が入札書類を取得した。

- － AECL 社（加）
- － 伊藤忠商事(株)（日）
- － Vinci Construction Grand Projects 社（仏）
- － Suez Tractebel 社（仏・白）
- － Atomstroyexport (ASE) 社（露）
- － 韓国電力公社 (KEPCO)（韓・土）
- － China Nuclear Power Components Co.（中） <チョラク教授原文のまま。該当企業は不明>
- － Unit Investment N.V. 社（蘭）
- － Hacı Ömer Sabancı Holding (Sabancı Holding と略) 社（土）
- － Alsim-Alarko Sanayi Tesisleri 社（土）
- － Hattat Holding 社（土）
- － RWE（独）
- － Ak Enerji 社（土）

・（2008 年 9 月 24 日を締切とする）限られた時間の中で入札準備のために多数のコンソーシアムが形成され、トルコ企業も次のように外国企業と提携した。

- － Sabancı Holding 社（土）と GE 社（米）
- － ENKA 社（土）と KEPCO（韓）
- － Park Teknik 社（Ciner Holding 社傘下）（土）と「ASE 社＋電力輸出入企業 Inter Rao 社」（露）

その後 Sabancı Holding 社と GE 社のコンソーシアムは、入札締切日の延長を要請したが認められず撤退を発表した。

中国企業も Ciner Holding 社と入札準備を進めたが、入札締切日の数週間前に入札撤退を発表した。

これらの結果、「ENKA 社と KEPCO」と「Park Teknik 社と ASE 社＋Inter Rao 社」だけが残ったが、「ENKA 社と KEPCO」は何らかの理由で入札書類を提出しなかった。実際に入札したのは「Park Teknik 社と ASE 社＋Inter Rao 社」だけで、その提示電力価格は 21.16 米セント/ kWh であった（当時のトルコの代表的卸売電力料金は 7.9 米セント/ kWh）。

これを受けて、担当機関である国有の「トルコ電力取引・契約会社 (TETAS)」は、「高コスト」を理由に内閣へ否定的な報告書を提出した（最終決定は内閣が行う予定だった）。

「Park Teknik 社と ASE 社＋Inter Rao 社」のコンソーシアムは「電力価格引き下げは可能」との書簡を提出したが、入札規則により受け入れられなかった。

最終的には、この入札は内閣では承認されず、政府としてはこの案件を終了した。

<2010年ころのエネルギー需給状況>

- ・トルコの経済は最近では毎年6~7%の成長率を誇っているが、国内のエネルギー資源が不十分で輸入資源に大きく依存している。
- ・とくに2010年ころの電力生産の輸入依存度は60%以上であり、電力の45~50%は主にロシアからの輸入天然ガスに依拠していた。しかし天然ガスの価格は不安定であり、トルコ政府はより予測可能な選択肢で多様性を高めたいと考え、この観点から原子力が実行可能な選択肢となって来た。

<アックユ計画でロシアをパートナーに選定>

- ・トルコとロシアの貿易関係は大変良好であった。両国の政治指導者は、原子力協力に高い理解もあった。福島第一原子力発電所事故の前で、いわゆる「原子力カルネッサンス」が起こっていた。西側の原子力企業の大部分は世界市場でのビジネスや注文とりに忙しく、トルコ政府が提案した「建設-所有-運転 (BOO)」方式での電力購買契約 (PPA) による電力購入政府保証モデルには関心がなかった。
- ・それはロシア企業 ROSATOM 社にとっては好機となった。彼らは国際原子力市場でのシェア拡大を望み、またロシアの経済は原油価格の高騰により良好な状態だった。
- ・2010年5月10日、トルコとロシアは次の骨子の「政府間協定 (IGA)」を締結した。
 - ー ロシアの企業連合はトルコに事業会社 (後の「アックユ原子力発電会社 (ANPP) 」) を設立する。ロシア企業連合はトルコ政府の許可を得てその株式の49%を譲渡できる。
 - ー アックユ・サイトに VVER1200 型原子力発電炉を4基建設する。
 - ー 「トルコ電力取引・契約会社 (TETAS)」はそこでの発電量の50%の購入を保証する。15年間の平均電力価格は12.35米セント/kWh。
- ・2017年、トルコの Cengiz Insaat 社-Kolin 社-Kalyon 社の企業連合は、ANPP の株式取得への関心を表明した。Cengiz Insaat 社はアックユ原子力発電所の港湾施設建設を受注しており、3社は原子力発電所関連ビジネスの受注を意図したと思われるが、株式取得交渉は2018年になって取り止めとなった。



(図3：アックユ計画とシノップ計画のサイト)

<シノップ計画への取り組みと進展状況>

- ・ロシアとのアックユ計画の IGA を締結後、持続的な経済成長と電力供給の安全保障へのさらなる期待から、トルコ政府はシノップでの第二原子力発電所建設に熱心に取り組んだ。
 - ・過去の経験から、(とくに BOO 方式のファイナンス・モデルには) 公開入札はベンダーの適切な選定には向かないことが認識されていた。
 - ・日本の東京電力 (TEPCO) と韓国の韓国電力公社 (KEPCO) がシノップ原子力発電所の建設に関心を示したが、トルコ政府は一度に有望なカウンター・パートひとつだけと交渉することを決めた。これにより TEPCO はトルコ政府と第二 (シノップ) 計画の交渉を開始した。TEPCO はシノップ原子力発電所の運転を行うつもりだったが、福島第一原子力発電所事故により、2011 年 8 月になり交渉継続を断念した。
 - ・東芝、仏 EDF 社 (後 GDF Suez 社)、加 AECL がシノップ原子力発電計画に関心を示していたことから、この 3 社は 2012 年にトルコ側との事前協議を行った。
 - ・最終的にトルコ政府と日本政府が「政府間協定 (IGA)」を調印して、シノップ計画は三菱重工業 (MHI)、GDF Suez 社 (現 Engie 社)、伊藤忠商事、トルコ発電会社 (EUAS) の合弁事業となる予定だった。
- この日・土政府間の IGA は (MHI が民間連合のリーダーとなる) 「施設国政府契約 (HGA)」によって裏付けられることになっていた。

・提案された炉型は、MHI と AREVA の共同設計になる「ATMEA 1(アトメア ワン)」炉である。事業の詳細は、MHI が 2018 年前半に完成する包括的な「経済影響評価 (EIA)」の完了をまって詰められる。

・トルコ政府はすでにこの民間連合の株主となる新会社「トルコ発電会社国際協力社 (EUAS ICC)」を設立したが、同社はトルコにおけるすべての原子力発電開発関連事業への参画が期待されている。EUAS ICC は事業会社の株式の 49%を取得する。

・Engie 社がシノップ原子力発電所の運転を担当するような合意ができることを期待している。シノップ・サイトはかなり広大なため、ここにさらに新しい原子力発電プラントを検討する可能性もある。

<第三原子力発電計画の準備状況>

・トルコの第三原子力発電計画の交渉が進行中である。もともとはトルコのブルガリア国境付近のイイネアダに想定していた。イイネアダは地震活動が少ないが第三計画のサイトになるかどうかはまだ明らかにされていない。

・第三計画については、中国の「国家核電技術公司 (SNPTC)」がトルコ政府との事前協議を進めているが、合意が最終化しているわけではない。中国側は WEC 社から取得した AP1000 技術を基に開発した CAP1400 炉を提案中である。

<結論：トルコの経済成長とエネルギー、そして原子力発電の役割>

・以上、トルコの原子力発電開発の歴史を概観したが、締めくくりに当たり、トルコの経済とエネルギーに関する指標の比較を下記の表 1 で示す。

	1960 年	2016 年
人口	2,406 万 5 千人	7,930 万人
国内総生産 GDP	68 億 9 千万米ドル	8,636 億 5,600 万米ドル
1 人当たり実質 GDP	286.3 米ドル	1 万 891 米ドル
発電量	28 億 1,510 万 kWh	2,784 億 kWh
発電設備容量	127 万 2,400kW	8,000 万 kW

(表 1) トルコの主要経済指標とエネルギー指標 (1960 年と 2016 年の比較)

・トルコの経済成長率と電力需要増加率はともに毎年約 6~7%である。2つの発電所に 4 基ずつの新しい原子力発電プラントを建設すると、それらは設備容量ではトルコ全体の約 10%、発電量では 20%以上となる。一方、風力、太陽光、地熱等の再生可能エネルギー容量もまた継続的に増加し、炭素排出とエネルギー源海外依存を低減する役割をもつ。原子力発電はこれらの観点からも実現性の高い重要な役割を担う選択といえる。

<参考資料>

アックユとシノップの両事業の政府間協定 (IGA) と施設国政府契約 (HGA) について

この解説は、「トルコの第一原子力発電計画 (アックユ) でのロシアとの協力枠組みと、第二計画 (シノップ) での日本との枠組みの差異」についての当協会からの質問に対するチョラク教授の回答である (2018 年 3 月 5 日に受領)。

「イスタンブール原子力通信」前段の「原子力発電への新規参入国」と重複する部分もあるが、シノップ事業の枠組みの理解には示唆に富む。

チョラク教授の了承を得たので本協会会員の参考に資する。

・トルコは 1970 年代以降、原子力発電所の建設を意図しているが、ベンダーとの交渉や公開入札等がさまざまな政治的、経済的な理由から失敗に終わって来た。

・ついにアックユ原子力発電計画で、新しいビジネスモデルが導入された。それまでのモデルとは異なり、トルコ政府または国営の「トルコ発電会社 (EUAS)」が投資を行うものではなかった。

・このアックユ・モデルでは、国営の「トルコ電力取引・契約会社 (TETAS)」は所定の価格での電力購入保証を担っている。

それまでのモデルでは、ベンダーと発電プラント運転者は計画提案準備に際しては企業連合を形成したが、このモデル「建設・所有・運転 (B00)」方式では異なった。

・ただ、この新しいモデルは 2008 年契約者選定の最終段階で思わぬ落とし穴が待っていて、「入札」としては成功裏には完了しなかった。

有望視された応札者の中では、「ロシアの ROSATOM 社とそのトルコのパートナーである Ciner Group」チームだけしか入札しなかったからである (kWh 当たりの提示電力価格は約 22 米セントだった)。

予想されたその他の入札者チームは、「GE 社 (米) - Sabanci Holding 社 (土)」、「KEPCO (韓) - ENKA Holding 社 (土)」だったが、それらは (事前表明の有無は異なったが結果としては) 入札に参加しなかった。

最終的にトルコ政府は、不十分または容認できないオファーを理由に入札のキャンセル (無効・撤回) を宣言した。

・2009 年に、エネルギー供給安全保障のためにエネルギー・ミックスに原子力を含める確固たる決定として「エネルギー戦略白書」を計画関係閣僚会議で承認した後、トルコ政府はロシア連邦と迅速な協力で合意した。

これが「政府間協定 (IGA)」で、アックユ原子力発電事業の枠組み、事業会社の設立、電力購入契約、ステークホルダーの役割と責任、土地の割り当て、課税、法的枠組み、原子力損害賠償、燃料、廃棄物管理・廃止措置、知的財産権等の重要項目を規定していた。

この IGA はいくつかの技術的詳細を除けば覚書を膨らませた程度のものであり、多くの事項では、あたかもさらなる議論のために意識的に残したかのように、条件が不明確なまま残っていた。私見ながら、この IGA の起草・審議ではトルコ側のチェックも十分ではなかったように思われる。

時が経つにつれ、いくつかの不一致や曖昧さが生じ疑問点が出て来た。問題の解決にはいつも時間がかかりアックユ計画のプロセス全体に遅れが出て来た。この制約の多い IGA は、問題をとり除き事業を遂行するには適していないことが分かった。

- ・シノップが新規原子力発電所建設のための有望サイトに決定したとき、民間連合のリーディング・カンパニーには三菱重工業(MHI)が予定されていた。

IGA が日・土両国政府間で結ばれ、後日修正した「施設国政府契約 (HGA)」も IGA に付け加えられた。

- ・通常 IGA は、「発電所 (または他のシステム) を所有する国の政府」と「それを建設する投資会社の国」との間で締結される。一方 HGA は、「施設所在国の政府」と「投資家または事業会社」の間で署名される。HGA の主な機能・効力は、投資家/事業会社を何らかの形で保護するため、規則、権利、義務および責任を明確に規定することである。

- ・アックユ計画とシノップ計画の間には多くの違いがある。

第一に、ROSATOM 社はロシアの国営企業である。原子力発電所の所有・運転を目的にトルコで設立された事業会社「アックユ原子力発電会社 (ANPP)」は、アトムストロイエクスポルト (ASE) 社、インター・ラオ社、ロスエネルゴアトム社、アトムテクエネルゴ等、すべてロシア国有企業が所有している。したがって、IGA はすでにロシア連邦政府が署名しているので別の HGA は必要がなかった。

しかしシノップ計画では、事業会社は外国政府の国営企業ではなく民間企業で構成されているため HGA が必要になった。

- ・この点で1つ問題がある。シノップの事業会社は未設立である。これは、(実行可能性調査の) 経済影響評価 (EIA) が完了し、「電力料金のための電力購入契約 (PPA)」と「国産化計画」に関する合意が達成された時点で設立される予定となっている。

- ・この状況は、PPA の電力料金交渉がすでに合意に達していれば変更されているかもしれない。金融市場の状況、国のリスク要因や信用状態の変化は、異なる不確実性を引き起こす可能性がある。ファイナンス条件が決まると、さらなる事業の進展が期待できる。

以上