

UAE での規制と審査状況

(元) UAE 原子力規制庁 FANR 斉藤健彦

目次

1. UAE 原子力プログラム
アラブ首長国連邦 UAE, UAE 原子力白書, 原子力プログラム遂行指針,
UAE原子力プラントの主契約者の決定
2. 原子力プログラムでの規制
規制体系 (Regulatory Framework), UAE連邦政府原子力規制庁 (FANR)
3. 原子力プラント建設許可審査
建設許可申請書, FANRの申請書審査基本方針,UAE原子力プラント建設許可
4. 原子力プラント運転許可審査
Nawahの運転管理準プログラムの審査, 運転許可申請書審査状況
5. 審査での I A E A の協力
IAEAのUAEへのミッション, 緊急事態対応準備
6. 審査の現状とプラント運転開始の見通し
7. まとめ

1. UAE 原子力プログラム

アラブ首長国連邦 UAE

アラブ首長国連邦UAE(United Arab Emirates) という国は1971年に独立した産油国で、アラビア半島の東南側に位置し、アラブ海を挟んでイランと向き合っている。人口は1,000万にも満たない小国で、総人口の内、UAE国籍人は140万人、800万は外国人のエキスパートである。現在、UAEは、世界で最も活発に自国内に原子力発電プラントを建設・運転するという活動をしている国の一つである。

UAE原子力白書

UAEでは、現在、皇太子が国全体の方針を握っており、彼が2008年に世界の原子力有識者をアブダビに呼んでUAEの原子力利用を検討し、UAEの原子力白書を2008年4月に発行した。そこでは、原子力を平和利用に特化する、原子力を将来のエネルギー源の一つとするがウラン濃縮と使用済み燃料の再処理は行わない、UAEの原子力プ

ログラムを世界の原子力コミュニティからの完全なサポートと信頼を得て原子力を導入するモデルとする、という国の基本方針が明記されている。具体的ポリシーとして、(1)原子力導入での透明性(Transparency)、(2)セーフガード(核不拡散)の徹底、(3)世界最高の安全とセキュリティ、(4)世界の経験を広く取り入れるためにIAEAとの緊密協力、(5)原子力をやっている国から直接サポートを得るための二国間で協定締結(日本とも協定締結)、(6)長期的原子力利用(Long-term Sustainability)をあげている。

さらに、この白書には、UAEの2006年と2007年の電力需要実績と、近い将来の電力需要の増加見通しが示されている。また、原子力発電は、地球環境的にも魅力があり、経済的にも有利な発電方法であると記され、UAEの長期的電力需要の増加を原子力発電で対応していく根拠としている。

原子カプログラム遂行指針

原子カ白書に続き、UAEは国の原子カプログラムを成功させるためのロードマップを2009年11月に発行した。このロードマップには、UAEの原子カインフラを整える指針が示されている。また、UAEの原子カ発電プラント運転までのマイルストーンを、IAEAのスタンダードに従って①プラントを建設するため準備-インフラ整備、②プラント建設、③プラント運転に分けて示している。

UAE原子カプラントの主契約者の決定

2009年に主契約者候補としてショートリストに残っていたのは、フランス、日本、韓国からの応札者であった。フランスはEPR、日本はABWR、韓国はAPR1400で応札していた。最終的には、2009年の12月27日に韓国(韓国電力がメインコントラクタ)への発注が発表された。

なぜ韓国が受注できたのかという点については、公的なUAEのメインコントラクタ決定クライ

テリアである安全性、調達、経済性に優れていたからといわれているが、小生が私的に得た情報によると、韓国電力が米国で既に型式認定が下りているCE社設計のSystem80+炉をベースとしたAPR1400を採用した新古里3,4号機をリファレンスプラントとし、このリファレンスプラントに基づき総合的にUAE原子カプログラムの面倒をみるとしたことが大きいようである。即ち、リファレンスプラントの許認可関連情報、機器及び建設情報をUAEに提出し、UAEプラントの運転員訓練まで行い、更に、UAEプラントの建設後の運転までサポートすると約束したようである。また、韓国政府も、国として規制庁KINSの新古里3,4号機許認可情報や、原子力研究所のAPR1400の開発に至った韓国での実験等も開示し、KAIST - Korean Advanced Institute of Science and TechnologyでUAEの人材教育にも援助するなど国としてUAEの原子カプロジェクトをサポートすると約束した模様。

2. 原子カプログラムでの規制

UAE 原子カ発電所の審査のベースになる原子カ規制は以下の通りである。

規制体系 (Regulatory Framework)

UAE の原子カ規制体系のトップは原子カ法令 Nuclear Law で、UAE 政府は 2009 年の 10 月に Nuclear Law を策定し、ここで原子カに関する基本的なことを決めている。

原子カ法令の下の段

階に、原子カ規制 Nuclear Regulations シリーズがあり、この規制シリーズは FANR.REG-01 Management Systems for Nuclear Facilities から始まり、FANR.REG-28 まで 28 の Regulations より構成されている。これらは 基本的に最新の IAEA スタンダードの Requirement Doc に対応するもので、UAE の原子カプログラム全体に対する規制である。これらの UAE の規制には世界最新の規制が取り入れられており、日本の規制では現在要求されていない規制も含まれている。例えば、FANR-REG-05 Application of PRA at Nuclear Facilities で、原子カ設備に PRA を行うことという要求がある。PRA と

いうのは Probabilistic Risk Assessment のこと (IAEA では PSA)、これが原子カ発電所のリスク評価に用いられ、プラントの安全向上に寄与する。

また、UAE の規制では、FANR-REG-15 原子プラントサイト外の緊急時計画、FANR-REG-21 原子カプラント解体、FANR-REG-23 放射性物資のセキュリティ、FANR-REG-26 放射性廃棄物の処分前の管理等が、PSARの時点から規制されている。

原子カ規制シリーズの下の段階に、規制ガイド Regulatory Guides シリーズがあり、この規制ガイドは FANR-REG-01 Content of Nuclear Facility and Operating License Applications から、FANR.REG-26 まで、26 のガイドで構成されている。これらの規制ガイドは、規制を具体的に満足させる手引きである。

例えば FANR-REG-01 では、詳しく PSAR/FSA Rで書くべき内容を 22 の章(Chapters)と 2つの補足(Supplements)に分けて説明されている。特に以下の Chapters (Chap. 18 から chap 22)と

Supplements (S1 と S2)に注目方。

Chap. 18 Human Factors Engineering

Chap. 19 PRA and Severe Accident Analysis

Chap. 20 Physical Protection

Chap. 21 Safeguards

Chap. 22 Decommissioning and End-of-Life Aspects

S1. Reference NPP Modification and ISV

S2. Safety Issues and Use of OPEX

Chap. 18とChap. 19は米国では要求されているが、Chap. 20, 21, 22, S1, S2は、UAE特有のものである。

S1ではリファレンスプラントとの違いを明確にして、それらの安全上の影響を評価することを要求している。また、重要な相違に対しては、ISV(Independent Safety Verification)を要求している。ISVはIAEAのスタンダードにも含まれており、重要な事項は、自分たちではなくて、ほかのところにもレビューさせなさいということである。

S2では世界の原発のトラブルや事故ではこういう問題があつて(Operating Experience OPEX)、それらをUAEの炉ではこういうふうに解決しているということを書類化することを要求している。この要求に従って、韓国はPSAR Rev.0 を提出後に起こった福島事故の反映検討書を迅速に提出してきた。

UAE連邦政府原子力規制庁 (FANR)

FANR (Federal Authority for Nuclear

Regulation) 長官の下に、運営部門 (Administration Division) と技術部門 (Operation Division) がある。技術部門には、原子力安全部、セキュリティ部、放射線安全部、セーフガード部、教育・トレーニング部がある。筆者は原子力安全部に属していた。FANRのスタッフ人数は2018年10月の時点では約240名で、運営部門はほとんどがUAE国籍人で構成されている。技術部門ではそれぞれの部が、外国からの原子力規制作業経験者の手をかりて仕事をしている。

国によって規制のやり方が違うので、IAEAのスタンダードにある**統合管理システムIMS (Integrated Management System)** をベースに**FANR IMS**を作成して、FANRのライセンスングのマネジメントプロセス等を詳細に規定している。FANRの**統合管理システムの指示書 (Instructions)** では、具体的にどういふことしなさいということを指示している。まずFANRでの仕事に対する指示書 Work Instruction(WIシリーズ) があり、続いてENECよりプラント建設及び運転許可申請で提出されるPSAR, FSARを、FANR.REG-01の項目別に具体的にこういうことをレビューしなさいという指示書 **Review Instructions (RIシリーズ)** がある。この内、特に注目すべきものとして以下の**Review Instructions** があげられる。

RI-19 PRA and Severe Accidents Analysis

RI-20 Physical Protection of Nuclear Power Plant

RI-S1 Reference Plant Modification and ISV

RI-S2 Safety Issues and Use of OPEX

3. 原子力プラント建設許可審査

建設許可申請書

ENEC(Emirates Nuclear Energy Corp) はFANRのガイドFANR-REG-01に忠実に従ってPSAR(Primary Safety Analysis Report) を2010年12月末に提出してきた。このPSARは9,000ページもあり、FANRが要求した22の章(Chap. 1からChap. 22)と補足2章(S1とS2)から構成されている。そのほかPSARの別添資料として、ENECは、かなり分厚い(1)セキュリティ関係のフィジカルプロテクション計画書、(2)核拡散防止関係のセーフガード計画書、(3) PRAレポート、(4) 過酷事

故評価報告書(炉心溶融というような過酷事故が起こった場合の評価)を提出してきた。

FANRの申請書審査基本方針

FANRでは、ENECが提出してきたものについて二つのカテゴリーでレビューした。

カテゴリー-1は完全レビューで、このカテゴリー-1には、新技術だとか、最近の新しいアイテムや、リスクが大きいもの、サイトスペシフィックなものが入っている。

カテゴリ-2というのは、これら以外のRBCoO (Regulatory Body in the Country of Origin)が既にレビューしたアイテムで、今回の場合は韓国の規制庁KINSがレビューしたアイテムである。このカテゴリのアイテムは、完全レビューでなく、RBCoOの実施したレビューのレビューをする。これは、レビュー時間を短縮するとともに、レビューの経験を有効に生かすためである。こういうふうに二つのカテゴリに分けて合理的に審査をしている。

リファレンスプラントとの設計の違いとしてまず言えるのは、UAEは気温が高いので、冷却水だとか、空気の温度が高く、それによって冷却水と空気に関係したものはリファレンスプラント設計から変わってくる。また、Sand Stormと言ってすごい砂嵐みたなのがUAEのプラントには来る。韓国にはこんなものはないので、この影響によりプラントの設計変更がある。あと、Oil Spill in Sea 対応がある。UAE及びアラビア海に隣接する国ではオイルが出るので、オイル輸送船が事故にあったりしてオイルが海水に流出してプラント冷却へ影響を与える可能性がある。こういうことをUAEプラント設計では考慮しなければならない。

それから、Effect of Geologyによるプラント設計への影響がある。それはサイト地盤の違いによるものである。サイトの地盤調査で地盤を掘り下げていくと、オイルこそ出なかったが、あまり固くない何層もの砂岩レイヤーがあることが分った。原子炉建屋を建てる場所が韓国みたいに岩盤上ではなく、砂岩状のソイルの上に建つので、基礎の設計や耐震設計がリファレンスプラントと違ってくる。下記に説明されている航空機衝突 (Aircraft Crash) 対策のため、格納容器もリファレンスプラントのものより重くなっている。これらの相違のため、ソイル-ストラクチャインタラクションとよばれる砂岩状のソイルが格納容器に与えるバネ的影響を入れて、耐震計算を実施している (サイトの砂岩レイヤーの発掘調査結果を用いて砂岩レイヤーをモデル化し、これを耐震計算詳細モデルに組み込んで実施)。

その次にあげられるのは、UAEの電気は50ヘルツだが韓国は60ヘルツなので、機器やソフトが結構変わる。一番大きいのはタービン系で、タービンは韓国では50ヘルツのものが無いため、リファレンスプラントと違って東芝のものが採

用されている。

それから、中東ではテロが多く物騒なので、航空機が衝突してもいいようにしようということで、UAEの原発の格納容器はリファレンスプラントの格納容器よりコンクリートの厚さをかなり増やし、なおかつ鉄筋、スチールを強化して頑丈なものに設計変更している。

UAE原子力プラント建設許可

FANRは1, 2号機の建設許可申請書の一次レビュー後、Limited Construction Licenseというものを建設許可前にENECに与えた。これは何だとはよく質問を受けるのだが、これがUAEの考えを象徴しているようなライセンスである。リファレンスプラントを有効に生かすため、長納期を要する機器、例えば蒸気発生器だとか圧力容器に対し、こういう機器はリファレンスプラントと同じだということを前提として、FANRがプラント建設許可を与える前に、リファレンスプラントでの発注仕様で製造開始することを許可するものである。これにより、プラント建設期間を短縮でき、経済性上有利となる。UAEでは、プラント発注から、許認可、建設を含めて運転開始まで、なるべく短期間で終わらせ、経済性を高める方策をいろいろ取っている。

FANRは1, 2号機の建設許可申請書のレビュー完了後、安全評価報告書 (SER, Safety Evaluation Report) を作成し、2012年7月に建設許可書を発行した。この建設許可書には、着工後のフォローアップアクションとライセンスコンディションという条件がついている。これらは、PSARが基本的にはFANR基準を満足していると判断されたが、基準を満足していることを明確にして記録に残すために、PSARを改訂しなさいとか、FSARまでにはこういうことをやりFSARに反映させなさいということを要求している。また、福島事故はENECがPSARを提出した後に起こったので、福島事故の教訓の反映報告書を、速やかにFSARに提出しなさいなさいといった要求をしているものである。フォローアップアクションとライセンスコンディションは許認可期間を長引かせないことに役立っている。

ENECは1, 2号機の建設許可申請書提出後、3, 4号機の建設許可申請書を2013年12月末に提

出してきた。FANRはこれをレビュー後SERを完成し、2015年9月15日に3, 4号機の建設許可を發行した

4. 原子力プラント運転許可審査

ENECは2015年の3月に運転許可申請書を提出した。そこにはPSARよりさらにページが増えた15,000ページのFSARと、8つの詳細な別添資料が添付されていた。別添資料は(1)QAマニュアル、(2) Safety Assessment Report on Lessons Learned from Fukushima Accident、(3)過酷事故解析レポート(Sever Accident Analysis Report)、(4)セキュリティ関係フィジカルプロテクション計画書、(5)核拡散防止関係セーフガード計画書、(6)緊急時計画(Emergency Plan)、(7)確率論的評価報告書、及び(8)デコミッションオーバービューである。

Nawahの運転管理準プログラムの審査

そのほか、FANRの要求に従い発電所運転会社Nawah Energy Companyは、補足資料として運転に入ってから実際に必要なプラント運転管理プログラムを提出してきた。これらは、経年劣化のマネジメントプログラム、耐圧バウンダリーのサーベイランスプログラム、セキュリティプログラム、セーフガードプログラム、アクシデントマネジメントプログラムを含む全部で42のプログラムである。これらをFANRは全てレビューした。

ラムである。これらをFANRは全てレビューした。

運転許可申請書審査状況

2016年の3月に提出された、1, 2号機の運転許可申請に対して、FANRはSERを一応作成しているが、申請書に不備があり。まだ完結していない。従って現時点でANRはまだ1号機の運転許可を与えていない。1号機の運転許可を与えられない理由は、Nawahの運転準備終了(Operational Readiness)に関し、懸案事項があることである。これらは、(1)プレオペ試験中に起こったトラブル解決、(2)プラント運転員の使用言語である英語のプロフシエンシートレーニング、(3)運転後のメンテナンスの準備とその契約、(4)Nawahのプラント運転管理プログラムに関する問題点の解決、(5)サイバーセキュリティを含めた運転セキュリティ問題の解決、(6)ANRの運転許可にむけたFANRインスペクション対応である。これらの懸案事項の解決は現在進行中であるが、Nawahで全ての懸案事項を解決後、NawahはOperational Readiness ReportをFANRに提出し、FANRがこれを承認すると、ANRは運転許可を与える。今のところの見通しだと、1号機の運転許可は、2020年の5月である。

5. 審査でのIAEAの協力

2008年4月に発行された原子力白書に記された方針に従って、UAEはIAEAと緊密な関係を続けている。

IAEAのUAEへのミッション

IAEAのUAEに対する最初のサポートは、2011年1月にIAEAがUAEに来て実施したINIR(Integrated Nuclear Infrastructure Review)ミッションである、このミッションで、IAEAはプラント審査を含め、UAEの原子力プログラムに必要な原子力インフラがちゃんとできているのかをチェックしてくれた。

次に、2011年11月にIAEAがUAEに来て実施したSEEDミッション(Site and External Design Review

Service Mission)があり、ここで、UAE Barakahサイトの妥当性の評価を得た。

続いて、2011年12月にIAEAがUAEに来て実施されたIRRS(Integrated Regulatory Review Service)ミッションで、このIRRSミッションで、IAEAはUAEの原子力全体プログラムの規制をレビューしてくれた。ここでは、追加レビューとして、UAEの福島事故対応ポリシー、人材育成ポリシー、及びSustainabilityポリシーについても議論した。

そのほか、ORPAS(Occupational Radiation protection Appraisal Service)ミッションを含む8つのミッションがUAEに来て、いろいろレビューした。

緊急事態対応準備

プラント運転準備として、UAEでは緊急対応準備 (Emergency Preparedness) や、緊急事態対応 (Emergency Response) で、訓練教育と対応練習 (Exercise) を既に始めているが、2015年3月にはIAEAのEPREV (Emergency Preparedness and Response Review) ミッションをUAEに招き、UAE

転管理ガイド (SAMGs - Severe Accident Management Guidelines) に関するレビューと評価を、

の緊急時に対する準備と緊急時対応のレビューを受けている。

それから、2016年の2月に、UAEの過酷事故時運転手続き書 (SEOPs - Severe Accident Operating Procedures) と過酷事故時運

IAEAをUAEに呼んでワークショップ方式で実施した。

6. 審査の現状とプラント運転開始の見通し

2010年12月21日にENECが主契約者である韓国電力が作成したUAE原子力プラント1, 2号機の建設許可申請書PSARを提出してきてから、FANRはこれを精力的にレビューして、2012年7月12日に建設許可 (Construction License) を与えた。ENECは、直ちに、翌日の2012年7月13日に1号機を着工した (Safety Concreteの注入)。その後、ENECは2013年2月に3, 4号機の建設許可申請書を提出し、FANRは2014年9月に建設許可を与えた。2012年7月の1号機を着工から、実績として毎

年続けて1基ずつ着工し、2015年9月には4号機を着工している。その後、どんどん建設が進んでおり、以下の写真は2018年5月の時点の1号機から4号機の建設状況を示すもので、1号機は完成していることを示している。2018年の3月には韓国の大統領がUAEに来て、UAEの皇太子も参加して、1号機の竣工式が盛大に開催された。2号機、3号機、4号機も、以下の写真が示す様に順調に建設が進んでいる。



今年(2019年)の3月に公表された建設状況では、上記進捗率は4号機が82%、3号機が91%、2号機が95%、となっている。但し、プラントの高温機能試験を含むプレオペ試験が終了している1号機も、いまだFANRは運転許可を与えていない。プラントの運転をするNawahがプラント運転準備に手間取っており、前記の懸案となっている問題を全て解決してOperational Readiness Reportを提出し、FANRがこれを承認すると、FANRは運転許可を与える。今のところの見通しでは、1号機の運転許可は2020年の5月である。

運転許可後、直ぐに核燃料が装荷され、プラントの起動試験が開始される。1号機の起動試験が問題なく終了後の商業運転開始は、2021年の9月頃になるのではないかと予測されている。

UAE原発の初号機である1号機の起動試験には多少時間がかかるが、2号機以降の起動試験はそれほど時間がかからずに終了できる。1号機の商業運転開始後、次々と2号機、3号機、4号機と運転が開始され、2023年中には4号機が商業運転を開始すると予測されている。

7. まとめ

Year	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
White Paper Released	Apr 20															
Nuclear Law Issued		Oct 5														
FANR Established		Sep 24														
ENEC Established		Dec 23														
1st Regulation Issued			Oct 28													
1st Reg. Guide Released			Aug 31													
Licence for Site Survey Issued			Mar 7													
Barakah 1																
Prime Contractor Selected		Dec 27														
CLA Submitted			Dec 27													
CL Granted				Jul 17												
First Safety Concrete Poured				Jul 18												
OLA Submitted								Mar 25								
OL Granted													(May)			
Fuel Loading													(May)			
Commercial Operation														(Sep)		
Barakah 2																
CLA Submitted			Dec 27													
CL Granted				Jul 17												
OL & Fuel Load													(Dec)			
C. O.														(in 2021)		
Barakah 3																
CLA Submitted						Feb 28										
CL Granted							Sep 15									
OL & Fuel Load														(in 2021)		
C. O.															(in 2022)	
Barakah 4																
CLA Submitted						Feb 28										
CL Granted							Sep 15									
OL & Fuel Load															(in 2022)	
C. O.																(in 2023)

【元 FANR Senior Specialist 齊藤健彦】