解説

チェルノブイリ新シェルター・プロジェクトの概要

原子力安全研究協会 武田 充司

世界の多くの国々の資金協力によって進められてきたチェルノブイリ新シェルター建設プロジェクトは、新シェルター建設工事の実施主体となる事業者が選定され、去る2007年9月17日、ウクライナの首都キエフにおいて、関係者の間で正式契約の調印式が行われた。この契約調印は、世界を震撼させた未曾有の重大事故によって崩壊したチェルノブイリ4号機を以後100年にわたって安全に管理する新シェルター建設へ向けて大きな一歩を踏み出したことを意味する画期的な出来事である。筆者は、このプロジェクトの国際顧問団の一員として、当初からプロジェクトの重要な技術的事項の決定に深くかかわってきたので、この機会に、新シェルター建設へ向けてのこれまでの歩みをまとめ、この困難な国際プロジェクトに対する一般の人々の理解を深め、関心を喚起したいと思う。

I. 新シェルター建設計画に至るまでの歩み

チェルノブイリ原子力発電所は、ソ連時代に建設された電気出力1,000 MWのRBMK型炉(黒鉛減速沸騰軽水冷却チャネル型炉)4基から構成されている。1,2号機は第1世代RBMK型炉で、3,4号機は第2世代炉である。それぞれ2基が壁によって隔てられた2軒長屋のようにセットになっている双子プラントである。

1986年4月26日未明、4号機が事故によって崩壊したが、残る3機はその後も運転を継続した。1991年にソビエト連邦が崩壊して以後、この危険な状況にあるチェルノブイリ発電所に対する西側の関心と憂慮が表面化した。1号機は1996年11月に閉鎖され、2号機は1991年に発生したタービン火災以後運転を停止した。そして、最も問題とされていた3号機も2000年12月に閉鎖された。こうして、2000年末までにはチェルノブイリ発電所のすべての原子炉が閉鎖された。

事故によって崩壊した4号機では、その直後から放射性物質の封込め作業が行われ、同年12月には一通りの作業が完了した。こうして作られたのが現在のシェルターである。これは石棺、あるいは、サルコファガス(Sarcophagus)とも呼ばれていた。しかし、この封込め作業は放射性物質による激しい汚染と、強烈な放射線環境下で行われたため、作られたシェルターは緊急避難的な仮の施設というべきものであった。実際、崩れ残った

発電所建屋や構造物を利用して作られていて、部材の固定もほとんどされず、構造物としては不安定であり、不完全な封込め施設であった。当初から、雨水の流入や、汚染ダストや汚染水の漏洩など、多くの問題を抱えていた。さらに、老朽化の進行によってシェルターの部分的崩壊の危険性も指摘されていた。

1991年にウクライナが独立して以後、目に見える形で西側の支援が可能となり、シェルター問題を根本から解決するための具体的な動きが活発になった。1992年から93年にかけて、「キエフ92コンペティション」が実施され、いくつかの対策が検討された。そして、1994年から95年にかけて、EUによる「Alliance Study」が提案されたが、これには、現状のシェルターを大きなドーム状構造物で覆うという現在の新シェルター概念の基礎となる構想が含まれていた。

1995年12月、ウクライナ政府とG7およびEUとの間で覚書が交わされ、シェルター問題の抜本的な解決を目指した包括的な西側の支援が約束された。この中には、2000年末までにチェルノブイリ発電所のすべての原子炉を閉鎖することが含まれていた。

1996年11月、ウクライナ、EU、米国、日本の合同チームによる「行動計画」(Recommended Course of Action)がまとめられたが、この報告書作成には、それ以前にEUと米国がそれぞれ独自に実施した調査結果が活用された。

1997年5月、ウクライナ政府とG7およびEUとの間で「シェルター実施計画」(SIP: Shelter Implementation Plan)が合意されたが、これは前年に作成された「行動計画」のシナリオに沿ったものであった。

How is the Chernobyl New Shelter Project going forward? : Atsushi TAKEDA.

(2007年10月29日 受理)

1997年7月のデンヴァー・サミットにおいてSIPは承認され、G7諸国によって総額3億ドルをSIPのために拠出することが約束された。これに続いて、同年11月、ニューヨークにてゴア米国副大統領とクチマ・ウクライナ大統領の出席の下に、52ヶ国が参加する「資金拠出国会合」が開催され、13ヶ国が合計約3,700万ドルを拠出することを約束した。こうして、同年12月、欧州復興開発銀行(EBRD: European Bank for Reconstruction and Development)に「チェルノブイリ・シェルター基金」(CSF: Chernobyl Shelter Fund)が開設された。

Ⅱ. シェルター実施計画(SIP)と国際顧問団(IAG)

SIPが開始された当時、この事業は8～9年を要し、費用総額は850億円程度と想定されていたが、当初計画の楽観的不正確さと、その後の計画の遅れや物価上昇などから、2007年現在、費用総額は1,500億円を超えるであろうといわれている。なお、2007年6月現在、この事業に対する資金拠出国の総数はEUを含めて世界24ヶ国に及んでいる。わが国も主要な資金拠出国として大きな貢献をしている。

2007年9月17日に新シェルターの設計建設工事の主体となる事業者との正式契約が結ばれたので、新シェルターの完成は2011年末かそれ以降になると予想される。したがって、SIPが開始された1997年末から起算すれ

ば、このプロジェクトは14年あるいはそれ以上の期間にわたるものとなり、当初計画より6～7年以上長くなる。

シェルター実施計画(SIP)は、このように長期にわたって巨額の資金を投入する国際プロジェクトであり、しかも、その技術的内容は多岐にわたり、我々がこれまで経験したことのない不確実性とリスクをはらんだものであるため、資金を管理し事業の推進を任された欧州復興開発銀行は、重要な技術的事項の決定に当たっては、中立の専門家集団の助言を求めることとし、国際顧問団(IAG: International Advisory Group)を編成することにした。IAGは1998年6月の第3回資金拠出国会合で正式に承認され、同年10月5日、最初のIAG会合が開かれた。

IAGのメンバーは、イタリア、ノルウェー、フランス、スイス、ウクライナ、ドイツ、日本、フィンランド、米国、英国の10ヶ国から推薦された専門家10人と、銀行側から推薦された議長の11人によって構成された。筆者は、日本政府(外務省)の推薦によってIAGのメンバーとなった。

IAGのメンバーは専門家個人の立場でEBRDの求めに応じて技術的助言と勧告を行うもので、出身国および帰属する機関の利益や政策を代弁するものではないとされている。そのため、筆者らは極めて自由に重要問題を討議し意見を具申してきた。その結果はその都度IAG勧告としてまとめられ、SIPの重要な分岐点では、その

チェルノブイリ現シェルターと国際顧問団(IAG)メンバーほか(1999年4月撮影)

勧告に従って決定がなされてきた。以下で述べることは、筆者がIAGメンバーとして直接あるいは間接に知りえたことに基づいている。

Ⅲ. シェルター実施計画(SIP)の概要

SIPは、新シェルター建設に先立つ現シェルターの安定化工事と新シェルターの設計建設の段階との2つの部分からなっている。新シェルターは正式にはNSC(New Safe Confinement)と呼ばれているが、ここでは、一般の人にわかり易いように「新シェルター」という呼び方にしておく。

現シェルターは事故直後に応急処置として作られたため、主要な部材が固定されていないなど、構造的に不安定なものであったうえに、SIPが開始された1997年時点で、すでに作られてから10年余の歳月が流れ、老朽化も進んでいた。それ以前に、米国など個別の支援によって、3～4号機共用の排気塔の補強など若干の安定化工事がなされていたが、新シェルターが完成するまでの間に、現シェルターが部分崩壊など起さないよう事前に適切な安定化工事を実施する必要があった。

それまでも様々なモニタが実施され、得られたデータの解析によってシェルターの状況が把握されていたが、安定化工事を開始するに当たって、不安定部分の評価が行われ、それぞれについて改善対策が考えられ、費用対効用の対比で、具体的な対応策が決定された。現シェルターはやがて解体されるのであるから、安定化工事は必要最小限にとどめるべきもので、解体時に不都合となるような補強は避けなければならない。また、工事に伴う被曝リスクの評価も通常の原子力プラントの場合と異なり、難しいものがあった。したがって、それぞれの問題箇所について、最適解を決定するためには微妙な判断を迫られることもあった。

SIPの実施に当たっては、プロジェクト全体を管理するPMU(Project Management Unit)が現地に置かれ、このPMUが工事計画の作成から、それぞれの工事の発注と現場管理を行った。安定化工事は緊急を要するものと、新シェルター完成時期までを考慮した主要な安定化工事とに分類され、緊急性の高いものについては、1997年末に入札招請がなされ、翌年(1998年)には作業が始められた。この部分では、わが国から日揮㈱がフランスの主契約者の傘下で一部の仕事を受注した。

SIP開始から10年を経た2007年夏、安定化工事は完了し、現シェルターの信頼性は格段に向上した。今後10～15年はこの状態を維持できるので(これは工事の条件として設定されたもの)、その間に新シェルターが完成することになる。そして、新シェルター完成後に一部の不安定部分は撤去されることになっている。

安定化工事と並行して、FCM(Fuel Containing

Materials)の除去方法と現シェルターの解体方法の検討がなされた。FCMとは、事故時に溶融した燃料が他の物質と交じり合い、反応して固まった物質を指す名称である。原子炉に装荷されていた燃料の約95%はFCMやその他の状態でシェルター内に残存している。国際プロジェクトとしてのSIPのスコープには、現シェルターの完全撤去もFCMの除去も含まれていないが、これらの作業は、いつの日か、新シェルター内で実施されるので、その時の作業に支障のないよう新シェルターを設計しなければならない。こうした観点から、これらの検討がなされ、その結果が新シェルターの設計に反映されている。

Ⅳ. 新シェルターの概念設計

安定化作業と並行して新シェルターの概念設計研究が進められたが、新シェルターをどのようなものにするかという基本構想で、3つの案が検討された。第1案はフレーム構造、第2案はカンチレヴァー構造、第3案がアーチ構造であった。これらの案の違いは、現シェルターの構造物をどの程度利用して新シェルターを構築するかという点にあった。第1案は最も多く現シェルターを利用し、コンパクトな新シェルターとするもので、その結果費用も少なく済む。第3案は完全に独立したアーチ構造で、現シェルターとの干渉が最も少ない。第2案はこれら2つの案の間であった。

最終的に第3案が選ばれたが、この結論に至るまで約1年が費やされた。その原因のひとつにはウクライナの関係者との基本的な考え方の相違があった。彼らは、大掛かりな新シェルター建設に時間と費用をかけるよりも、できるだけ早い時期に全体の解体撤去作業を開始し、そのために時間と費用をかけるべきだと考え、最も簡易な第1案にこだわった。事故現場を国内にもつウクライナがこうした考えに傾くのは理解できるのだが、しかし、これはSIPの基本方針に合わない。SIPの範囲は、新シェルターによって現シェルターを完全に覆い、長期にわたって安全に管理できる状態にすることまでであって、完全な解体撤去は含まれていない。こうした底流における微妙な不一致に距離を置きながら、IAGは純技術的観点から、第3案(アーチ構造)が最適であるという勧告をまとめ、この問題に決着をつけた。

アーチ構造の新シェルターの概念設計を進めるにあたって、いくつかの基本的な問題が提起された。新シェルターは、風雨から現シェルターを守る単なる上屋ではなく、特殊ではあるが、格納容器の一種と考えるべきではないか、そうであるならば、どのような設計条件を課すべきか。また、耐震設計の入力、現地特有の竜巻の荷重、冬季の積雪荷重などが議論された。

V. 建設業者の選定

概念設計研究が終ると、これを基礎に新シェルター建設の業者を選定するための入札招請(Tender Invitation)を行うことになり、入札希望者に与える詳細な設計要求条件書(Design Requirements)が作成された。その過程において、受注業者の技術力を十分引き出すことができるよう、機能要求(Function Requirements)に重点を置き、不用意に、構造、材料、数値などの具体的条件を与えて業者の自由な発想を縛ることのないよう注意が払われた。

2004年、2段階方式による国際的な入札招請が告知された。最初に、技術的能力による選別を行うため、概念設計に沿った新シェルター建設にかかわる技術的提案書のみ提出を求めた。2004年末に入札は締め切られ、その後、入札業者と技術的事項を詰める厳しい議論が繰り返された。その結果、2つの業者が技術的適格者として選別され、第2段階に進むことになった。2005年9月末、選ばれた2つの業者から費用詳細を含む完全な見積書が提出された。しかし、これらの見積書を検討した結果、発注者の要求事項を満たしていない部分があったため、それら指摘事項を考慮した新たな見積書の提出を求めた。

2005年11月後半に、改定された見積書が2つの候補業者から提出され、業者選定作業は最終段階に入った。これまで同様、まず、現地のプロジェクト管理グループ(PMU)と新シェルターの所有者となるチェルノブイリ発電所の専門家による評価がなされ、同年12月のクリスマスが近づいた頃、2つの候補業者の優劣判定を含む結論が出された。しかし、問題の重要性ゆえに、この結論に対して中立の第三者による適正審査(Due Diligence Review)を行うことになった。

適正審査は2つの独立したグループによって行われることになった。ひとつは、当然のことであるが、IAGによるものであり、他は、本プロジェクトに関係していない原子力建設の専門業者によって行われることになった。適正審査は翌2006年1月末までに完了し、報告書を提出しなければならなかった。しかし、議長を含む11人のIAGメンバー全員が集まって作業することは現実的でないため、IAGメンバーの中から筆者と米国人のメンバーの2人が選任され、極秘裏に作業することになった。

クリスマスも近づいた頃、突然、ロンドンに呼び出された筆者と米国人の同僚は、適正審査を依頼された。作業は1月3日からロンドンで開始され、同月末には我々2人の共同報告書が銀行側に提出された。その後、我々の審査結果はIAGの全体会議に諮られ、承認された。IAGの公式見解となった我々の結論は、もう一方の適

正審査の結論と一致していた。両者とも、現地のPMUと発電所が出した結論を支持するものであったが、それは無条件ではなく、多くの重要な確認すべき付帯事項が付けられていた。

すべての手続きが公正に問題なく終了し、2006年3月には資金拠出国会合が開かれて、業者が決定される見通しとなったが、そこで新たな問題が起こった。最後に残った2業者のうち、落選した業者が審査に不備があったとして、異議を申し立てた。そのため、第三者による公正な調査が実施された。そして、業者選定作業は適切かつ公正になされたという調査結果が出され、2006年10月の資金拠出国会合で、選定された業者との契約に向けて手続きを進めることが承認された。こうして、半年間の停滞の後、新シェルター建設プロジェクトは再び動き出した。

2007年9月17日、ウクライナの首都キエフにおいて、新シェルターの所有者となるチェルノブイリ原子力発電所と建設を請負うヨーロッパの共同企業体NOVARKAとの間で正式契約の調印式が行われた。

VI. 新シェルターについて

NOVARKAは今後、建設準備作業と並行して新シェルターの詳細設計を行い、新シェルターの建設を行うが、建設完了は2011年末かそれ以降となるだろう。新シェルター完成後直ちに、現シェルターにおける一部の不安定部分の撤去作業が行われる予定である。

新シェルターは高さ105 m、長さ150 m、幅260 mの蒲鉾型の鉄骨構造物である。新シェルターは現シェルターの西側(3号機の反対側)の空地で組み立てられるが、工事開始前に現シェルターの南北両側から平行に西側空地まで特殊なレールが敷かれ、新シェルターはそのレール上に組み立てられる。組み立て完了後、新シェルターはレール上を東に移動して現シェルターを覆う位置に固定される。

鉄骨構造の新シェルターは外皮と内張りとの間にできるアニュラス部を空調することによって、格納容器としての機密性を保持する。また、内部には天井走行クレーンが設置され、現シェルターの解体工事がすべて新シェルター内でできるようにする。そのため、現シェルターと新シェルターとの間に十分な作業空間がとられている。また、特に問題となる長尺のビームの撤去作業の手順などが新シェルターの設計段階で検討されている。

新シェルターは100年間、その機能を健全に保持するよう設計されるが、そのためには適切な保守と補修工事が必要となる。すなわち、新シェルター完成後長期にわたって、保守と補修のための組織を維持し、それに必要な予算措置を継続的に講じなければならない。一部のウクライナの関係者が当初からこのようなSIPには懐疑

的で、むしろ早期解体というシナリオを模索したのもこうしたことを心配してのことであろう。

Ⅶ. おわりに

最後に、こうした国際プロジェクトの難しさについて若干の感想を述べたい。技術的事項ではあるが、ウクライナの各種規制法と規制当局との関係で、これまで多くの困難に遭遇している。その結果、工程の遅延、思わぬ支出の増加などがあった。現在、こうした問題はウクライナ側の協力によって大部分解決されているが、本格的な新シェルター建設に向けて、まだ予断は禁物である。このような困難によって生じる非効率と戦うのも国際プロジェクトに携わる者の宿命である。

新シェルターが完成し、予定している一部の不安定部分の撤去が済めば、以後、長期にわたってチェルノブイリの現場は周辺環境から安全に隔離され、このプロジェクトは終了するが、これでチェルノブイリ事故の後始末がすべて終わったわけではない。新シェルターの維持管理

と本格的な解体撤去に向けて今後、国際社会がどのように関わってゆくべきか考えさせられる。しかし、国際社会がなし得ることにも限界がある。

原子力に携わる者として、このようなプロジェクトは、これが最初にして最後のものであることを願う。否、最後のものとしなければならない。それが我々の義務である。

— 参考文献 —

- 1) 佐藤一男, 他, “チェルノブイリ事故から15年—私たちが学んだこと”, 日本原子力学会誌, 44[2], 154(2002).

著者紹介

武田充司(たけだ・あつし)

(財)原子力安全研究協会。欧州復興開発銀行
チェルノブイリ新シェルター・プロジェクト国際顧問団メンバー。

広告記事(PRのページ)新設と募集のお知らせ

1. 広告記事(PRのページ)の募集

学会誌では、一般広告以外の広告記事(PRのページ)を新たに掲載することとしました

・掲載場所

- ① 従来の広告のページと同じ位置
- ② 「学会誌記事の最後で会報の前」(新規)

・掲載料金

- ① 従来の広告のページと同じ位置に掲載する場合は、一般の広告料と同じ
- ② 学会誌記事の最後(会報の前)は80,000円/頁

・広告記事のページ数: 1～2頁(2頁の場合は「見開き」とする)

・掲載条件: 広告記事ページの右上に(広告記事)または(PRのページ)と記載する

2. 広告記事原稿の提供等

・版下は広告出稿主が提供する

・カラーの場合は出稿主がカラー印刷代を負担する

・生原稿の場合は一般広告と同じ(版下・フィルム制作費として20,000円、版下支給の場合はフィルム制作費として5,000円を別途申し受けます)

(学会誌の広告記事としてふさわしくないと編集委員会が判断した場合は掲載をお断りする場合があります)