

チェルノブイリ事故の後処理対応及び我が国への教訓

Post-processing Activities after Chernobyl Accident in Ukraine and Lesson Learned to the Response on Fukushima Dai-Ichi Accident

日本エヌ・ユー・エス株式会社 藤井 有蔵 Yuzo FUJII Non Member

After the accident of Chernobyl NPP #4 1986, various activities including the construction of the shelter, prevention of the release of radioactive dust and liquid from the shelter, monitoring the condition of the damaged core, and disposal of radioactive waste have been implemented in the Chernobyl site for mitigating the nuclear and radioactive risks of damaged nuclear facilities, and the reducing radiation dose of working personnel. The construction of new shelter started for the decommissioning of the damaged unit # 4. facility. For reducing the radiation dose to the inhabitants from the contaminated land and foodstuff, the countermeasures including the set of the exclusive zone and permissible level of radionuclide in the foodstuff have been conducted for the countrywide.

These activities include many valuable information about how to recover the condition of the site and maintain the social activities after the severe accident of NPP, and it would be important to learn the above activities in conducting the post-processing activities on the Fukushima-Daiichi accident successfully.

Key Words: Shelter, Safety of damaged facilities, Disposal of radioactive waste, Dose from land and foodstuff

1. チェルノブイリ原子力発電所の事故^[1]

チェルノブイリ原子力発電所 4 号機は 1986 年 4 月 26 日、炉心出力が急上昇し、燃料損傷、冷却材の急激な沸騰とそれに伴う圧力管の急激な圧力上昇により圧力管の破損に至り、最終的に爆発が 2 回発生した。爆発により原子炉と建物構造物の一部が破壊され、破損した黒鉛及び燃料の一部が微粒子の状態となって、炉外へ飛散し、核分裂生成物が環境に放出された。燃料は崩壊熱により一旦溶融した後、周辺のコンクリート構造物等と融合・再凝固し、燃料含有物質 (FCM : Fuel Containing

Materials) といわれるものになった。

また、飛散した多量の放射性物質により広大な地域が汚染されることになった。

2. 事故後のサイトでの対応について

チェルノブイリ事故後、発電所施設の安全確保、廃炉に向けての後処理、住民の被ばく低減等について様々な対策がとられた。これらの対策は必ずしも効果が出たものばかりではないが、多くの情報を含んでおり、今後福島第一事故の後処理、廃炉に向けた対応や周辺地域の除染や住民の被曝低減への取り組みを行う中で、参考になると考えられることから、福島第一の事故と比較しつつチェルノブイリ事故の対応活動について示す。

日本エヌ・ユー・エス (株) 藤井 有蔵
〒160-0023 新宿区西新宿 7-5-25 西新宿木村屋ビル
fujii-y@janus.co.jp

2.1 シェルターの建設^{[2][3][4][5]}

もともとチェルノブイリ 4 号機には格納容器がなく炉心周辺の構築物も破壊されたことから、事故後多量の

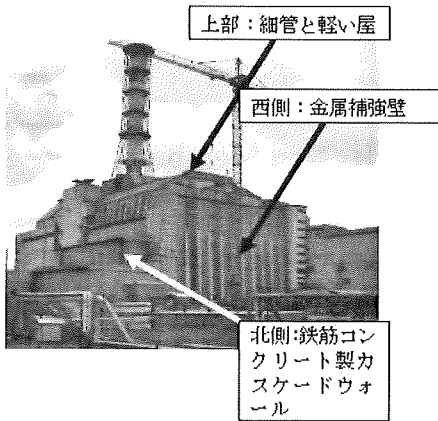


Fig.1 Current shelter of ChNPP #4^[2]

Fig.2 Planned new shelter of ChNPP #4

Fig.1 Current shelter of ChNPP #4^[2]

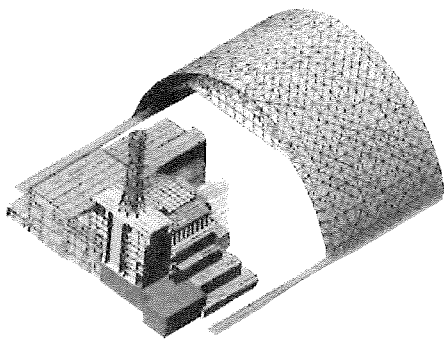


Fig.2 Planned new shelter of ChNPP #4^[2]

5

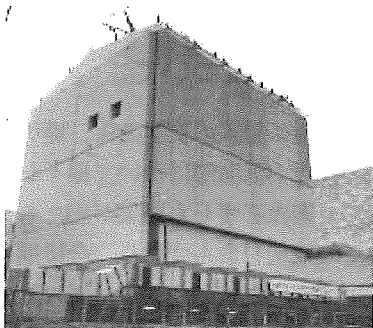


Fig.3 Cover for Fukushima-daichi #1 reactor building^[5]

うことになった (Fig.2)。

新シェルター建設には長期の建設期間が必要であるこ

FCM や放射性物質は環境から隔離されない形で放置された状態となっていた。これを少しでも解消するため 4 号機を覆うシェルターが建設された(Fig.1)。

シェルターには現状の建屋や現場の機材が利用され、6ヶ月程度で建設された。しかしながら、十分な密閉性が確保されておらず、放射性ダストや放射性物質を含む水の流出が心配された。さらに時間経過とともに

に劣化が進み、強度や耐久性にも

問題があった。また、最終的にチェルノブイリの施設を廃炉にするために必要な燃料や放射性物質等の取り出しのための設備がないことから、クレーン等が設置でき、

廃炉に向けての作業を行える新シェルターの建設を行

とからそれまで現在のシェルターが損壊することが無いよう補強が行われた。また、新シェルターの建設には莫大な費用が必要であり、これには各国から資金の援助がなされることとなっている。

福島第一原子力発電所でも 1,3,4 号機の原子炉建屋の上部が損壊したが、1 号機には建屋カバーが設置され (Fig.3)、4 号機には燃料取り出し作業用のカバーの設置が計画されている。

2.2 炉心周辺状況の監視・放射性ダストの飛散防止

チェルノブイリでは燃料が残留している箇所に向けて西側と南側からコンクリート等に穴 (150箇所以上) を開け、測定器 (温度計、 γ 線量計、中性子束計など) やTVカメラを挿入し、堆積燃料の位置、容量、放射エネルギーを調査した。ロボットを使用した測定も行われた。

FCM の試料が採取され、核種組成の分析が行われた。FCM は褐色や黒色のセラミック上物質となっており、分析の結果 UO_2 、 SiO_2 、 MgO 、 Al_2O_3 、 CaO 、 ZrO_2 等が含まれていることが判明した。これらの堆積物は時間の経過とともに、温度、大気、湿度の影響を受け、崩れ出し、粉塵化して放射性エアロゾルが発生したことで、非常に大きな放射能汚染の危険をもたらしている。

この放射性エアロゾルの外部への放出を防ぐためこれを沈下させ、固定化させるために散水ノズルを持った対応システムが設置されている。

2.3 サイトにおける放射性廃棄物の除去、保管、処分^[3]

チェルノブイリサイトでは土壌、金属、コンクリートなどの中・低レベル放射性廃棄物の総量は50万 m^3 程度である。また、高レベル廃棄物として2800 t以上のFCM、原子炉、黒鉛、燃料粉塵等が存在していると見られる。一方、900 m^3 /年の低レベル液体放射性廃棄物がシェルター内からポンプで排出され、サイトの液体放射性廃棄物処理・貯蔵施設に移送されている。シェルター、サイトから発生する中低レベル放射性固体廃棄物はブリャコフカ固体廃棄物処分場に貯蔵されてきた。また、一時隔離保管地点 (PVLRO) にも埋設処分されている。これら埋設施設は放射性物質の地下水による流出防止等について必ずしも十分な機能を有していない。

今後 35 年間に、チェルノブイリ 1~3 号機についても廃炉措置がとられるが、これによる放射性廃棄物と 4 号機新シェルター工事期間中に発生する放射性廃棄物の量は 14 万 m³と見積もられている。以上の放射性廃棄物の処理処分を行うため、放射性廃棄物管理システムの整備は喫緊の問題となっている。

廃棄物処理対応の強化策として放射性液体廃棄物処理

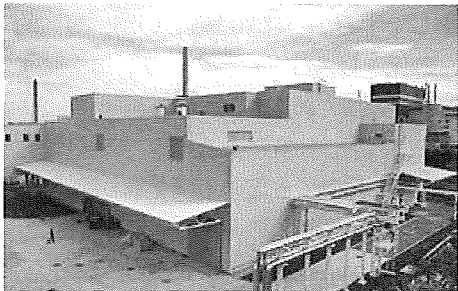


Fig.4 Radioactive Solid Waste processing Facility in ChNPP^[3]

場、放射性固体廃棄物総合処理場(Fig.4)、長尺スクラップ解体施設について建設・改造が行われた(一部実施中)。放射性

廃棄物は、最終的にはこれらの施設に輸送された後、処理・処分される。

使用済み燃料の保管については各ユニット内の貯蔵プール及び1986年に稼働を開始した湿式保管庫があるが、これらの施設に有る使用済み燃料を廃炉措置を行う中で最終的に貯蔵するために乾式貯蔵の第2保管庫が建設さ

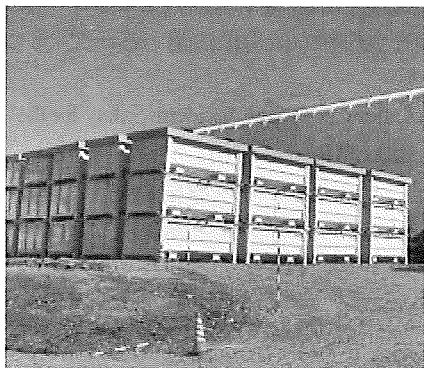


Fig.5 Container for debris in Fukushima-daiichi NPP^[6]

れている。

一方、福島第一原子力発電所では放射性物質の飛散防止、ガレキの片付け・保管(Fig.5)、汚染水処理等が進められているが、廃炉等に伴い

発生する多量の放射性廃棄物の処理処分は今後の課題となっている。

2.4 後処理において作業員、住民、環境を危険から守るための方針^[2]

チェルノブイリでは廃炉に向けての作業を行うに際し、作業員、住民、環境を核的及び放射能の危険から守るための対応として以下の 4 つの方針を定め、それに対する具体的な対応課題を整理している。

・方針-1 優先プロジェクト研究の実施 (・核燃料の状況把握、・建屋の状態把握、・放射能汚染水の取り扱い、・放射性出すとの取り扱い)

・方針-2 原発事故の影響軽減 (・原子炉等への防護カバーの取り付け、・汚染ダスト除去システム、・空調、暖房、下水の整備等)

・方針-3 作業員と自然環境の安全性向上 (・放射線防護プログラム、・個別線量、医療管理体制の整備、・放射性エアロゾル、液体廃棄物の放出に関するモニタリング等)

・方針-4 原発事故現場を環境的に安全なレベルに改善 (・核燃料の取り出しと処分の線策定、技術開発、作業の実施、・構造物解体技術、処分の技術開発、作業の実施等)

一方、福島第一原子力発電所においても廃炉に向けてのロードマップが作成され、それに基づき安全を確保しつつ後処理が行われている。

3. 住民の被ばく抑制対策

3.1 住民の避難居住制限^{[2][3][6]}

チェルノブイリ事故では多量の放射性物質 (¹³⁷Cs の場合で約 8.6×10^{16} Bq) が旧ソ連のロシア、ウクライナ、ベラルーシを中心に広範囲に放散した。ウクライナでは ¹³⁷Cs の放射能濃度が 40 Bq/km² 以上になった地域は全国土 60 万 km² の 7%に上った。

事故後の緊急時対応として発電所に最も近いプリピャチ市の住民の避難が進められた。続いて発電所から 30 キロ圏の住民及び 30 キロを超える居住区の住民も避難した。一方、放射性物質の放散、汚染について十分な情報が届かなかったところもあり、そこの住民の中には放射性ヨウ素により甲状腺に多量の被ばくをうけた子供たちもいた。

汚染地域については主に ¹³⁷Cs 濃度に基づき 4 つの区分で住民の居住制限がおこなわれ、最も汚染が大きい排除区域は発電所の周辺半径 30 キロ圏内に加え、100 mSv/年以上の地域とされたが、その後被ばく線量の基準が下げられてきている。ウクライナでは 1990 年の新しい基準で 5 mSv/年を越えた地域の住民の避難は国が補償としている。

福島第一事故に伴う避難区域は帰還困難区域が 50 mSv/年超、居住制限区域が 20 mSv/年超~50 mSv/年以下、避難指示解除準備区域が 20 mSv/年以下となっている。

一方、IAEA の基準では汚染区域からの住民の復帰は 20 mSv/年に基づき設定し、長期的には、1 mSv/年を達成することとしている。

3.2 食品等の許容放射能レベルの設定^{[2][6]}

被ばく抑制のために食品に対する許容放射能レベルが定められた。ミルクや肉類等の食品について許容放射能レベルを定め、モニタリングの結果それを超えるものは廃棄する対策を採った。肉類は当初埋設されたり、冷蔵庫に貯蔵されたが衛生面、実務面、経済面で大きな課題を残した。

許容放射能レベルは事故発生以降、時間経過と共に厳しくされていった。例えばウクライナで事故後¹³⁷Csについて日常の食品が370Bq/kgであったが1997年ではミルクが100Bq/kg、肉類が200Bq/kgとなっている。これはEUの基準であるミルクが370Bq/kg、肉類が600Bq/kgに比べるとかなり低い値となっている。なお、福島第一事故後の我が国における食品の許容放射能レベルは牛乳50Bq/kg、一般食品が100Bq/kgである。

3.3 除染や放射性物質の活動場所からの隔離^{[2][6]}

市街地の除染については地面の表土の剥ぎ取りや、アスファルトやコンクリートで表面を固めて線量を低減する方法等がとられた。また、道路、建物の屋根・壁等は水や溶液による洗浄が行われた。

農地においても当初表土の剥ぎ取りが行われたが、範囲が広大なため剥ぎ取った汚染土壌を貯蔵あるいは処理するための費用と場所について大きな課題が発生した。そこで、農地については汚染した表土を下の土壌と混ぜて希釈する、あるいは表土と下の土壌を入れ替えることにより食物が放射性物質を吸収しないような方策がとられた。また、石灰等を散布し植物の根が放射性物質を吸収しにくくなるような対策もとられた。

4. チェルノブイリ事故対応の教訓

・チェルノブイリでは遅ればせながら4号機廃炉作業に対応するため密閉性能を高め、クレーン等が稼働できるシェルターの設置が始まった。福島においても廃炉に向けて作業が進んでいるがチェルノブイリの新シェルターの対応も参考になる部分だと考えられる。

・チェルノブイリでは炉心付近のコンクリートに多数の穴を空け、各種測定器を挿入し、状況を遠隔で確認した。福島においても格納容器内に存在する損傷燃料の状況を確認する必要があり、チェルノブイリの手法もレビューする価値があると考えられる。

・チェルノブイリでは放射性のガレキの埋設処分地の隔離性に問題を残している一方、新しい放射性廃棄物処理施設の建設も進められている。福島の場合も放射性廃棄物の処理処分は重要な項目であり、チェルノブイリの対

応から教訓が得られると考えられる。

・チェルノブイリでは今後の廃炉に向けた対応について方針と手順を明確にして進めている。福島の場合も詳細なロードマップを作成の上着実な進捗が図られているが、チェルノブイリの対応との比較も有効である。

・食品等の許容放射能レベルの基準値はウクライナ、日本ともEUの基準等に比べ非常に低い値となっている。基準値をどこまで厳しくするか判断は難しいが、専門的な見地からの安全確保と社会的な影響のバランスを踏まえたものとするのが大切である。

・チェルノブイリでは放射性物質による農地での被ばくを低減するため、初期の段階で表面の土壌を取り除く手法を用いたが、土壌の処分や費用の面から適切な方法ではないことが判明し、表面の土壌を下の土壌と入れ替える方法等が主流となった。我が国でも農地の除染が重要であるが、チェルノブイリの対応も参考にすべきである。

参考文献

- [1] 昭和61年 原子力安全年報 原子力安全委員会 第1編 ソ連原子力発電所事故 昭和61年12月
- [2][1986年チェルノブイリ原子力発電所(旧ソ連)事故から学ぶ3.11後処理戦略]日本機械学会動力エネルギーシステム部門原子力の安全規制の最適化に関する研究会シンポジウム 2012
- [3]Twenty-five Years after Chernobyl Accident: Safety for the Future National Report of Ukraine 2011
- [4] 10年目をむかえたチェルノブイリ原発・現状と検証 安藤正樹他 【2】いま、チェルノブイリ原発4号機は原子力工業 1996年10月 pp.6-16
- [5]東京電力ホームページ「福島第一・第二原子力発電所の状況」
<http://www.tepco.co.jp/index-j.html>
- [6] Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation:Twenty Years of Experience Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment' IAEA 2006

(平成24年6月21日)