

核燃料再処理に関する安全とリスクコミュニケーション

Safety and Risk Communication on Nuclear Fuel Reprocessing Facility

今本 信雄
Imamoto Nobuo

近年、世界的に原子力発電への期待が大きくなっている。原子力発電とセットで必要な再処理施設等の核燃料サイクル施設は、設計や操業で安全対策が必要である。さらに、信頼・安心を得ることも必要であり、原子力・放射線部門の技術士には、リスクコミュニケーションにおいて役割を果たすことが期待されている。

Recently, the expectations for the nuclear power generation are becoming large globally. The nuclear fuel cycle facility is required to possess safety measures in the design and the operation. In addition, it is required to obtain the reliefs, the PE of Nuclear and Radiation is expected to play a role in risk communication.

キーワード：地球温暖化，原子力，核燃料，安心，安全設計，リスクコミュニケーション

1 はじめに

2007年12月のノーベル平和賞受賞記念公演で、アル・ゴア氏は地球温暖化を「炭素の夏」と表現し警鐘を鳴らした。石油価格が不安定であることに加え、低炭素社会の実現が必須となったことから、原子力発電への期待は大きくなっている。最近の例では、反原子力の政策であったイタリアが新規原子力発電所の運転を2020年に開始させるために、2009年2月にフランスとの間に協力協定を結んだ。また、急激に経済が膨張しているアジア諸国での原子力への関心は非常に高い。反原子力の風潮から原子力導入に世界が大きく転向しているのは確かである。

原子力発電には、安全かつ効率的に核燃料からエネルギーを取り出す原子炉と、核燃料の供給元となり、使用済み核燃料の排出先となる施設が常にセットで必要である。燃やせばなくなる石炭や石油と大きく異なり、使用済み核燃料のほとんどはリサイクルでき、エネルギー資源が循環することが原子力利用の大きな魅力である。

核燃料に係る技術体系は「核燃料サイクルの技術」と呼ばれている。低炭素社会の実現には、この核燃料サイクルの技術が必要となるが、いかなる技術であっても、その恩恵を受ける前提として「安全・安心」がある。本稿では、再処理を中心として核燃料サイクルの技術の概要と、これに関

連した「安全・安心」について述べる。

2 核燃料サイクル

2.1 化石燃料と核燃料

化石燃料に比べ核燃料の利点は多い。

- (1) 使用量は化石燃料の約200万分の1ですみ、輸送や貯蔵の負担が格段に少ない。
- (2) 利用に際し、炭酸ガスの排出が殆どない。
- (3) 使用済み核燃料の97%近くはリサイクル可能な資源である。

核燃料の原料となるウランは世界中の広い地域に分布しており、カナダやオーストラリアといった政情の安定した国から供給を受けることができるが、価格が原油と連動する傾向がある。原子力への依存が高まるにつれ、ウランについても、資源争奪の可能性はある。国内では鳥取県と岡山県の県境にウラン鉱脈はあるが、研究開発目的や工業利用（ガラスにウランを少量まぜ黄緑色を発色させる）にとどまっている。

ウランに代わる国内資源として、使用済み核燃料のリサイクルがある。使用済み核燃料をリサイクルする施設が再処理施設である。

3 再処理施設

3.1 プルトニウムと再処理

エネルギーを取り出すために原子炉内で起こる核分裂反応には「燃焼」という言葉を当てはめて

いる。天然のウランには燃焼しやすいU235と燃焼しにくいU238二つの同位体がある。軽水炉の核燃料加工施設では燃焼しやすいU235を3～4%に濃縮したウランの酸化物をペレットと呼ばれる円柱形のセラミック焼結体とする。ペレットは金属被覆管に封入され燃料ピンとなる。いくつかの燃料ピンは束ねられ、燃料集合体として製造されたものが原子炉内に装荷される。

原子炉内での燃焼にともない

U235は減少していく。U238は燃焼しにくいですが、中性子を吸収すると燃焼しやすいプルトニウムに転換され、U235とともに燃焼する。燃焼終盤ではエネルギーの約4割はプルトニウムによるものである。燃料は3年ほど使用するが約1%のU235、約1%のプルトニウム、約95%のU238の合計約97%がリサイクル資源となり、残りの約3%が現時点では不要な核分裂生成物である。燃焼しにくいU238をプルトニウムに転換しエネルギー資源を増加させるよう設計された原子炉が高速増殖炉である¹⁾。

使用済み核燃料は原子炉サイトから再処理施設に搬送される。再処理では、リサイクルできる97%の物質を回収し、3%のリサイクルできない物質を安定した廃棄物として処理する。

3.2 再処理の化学工程

再処理施設に搬入された使用済み核燃料は金属被覆管ごと数センチメートルにせん断される。せん断片を加熱硝酸に浸けこむと、被覆管は溶解せずペレットのみが溶解する。図1に再処理の工程概要を示すが、できた溶解液に化学操作を行うことによりウランとプルトニウムを分離・回収する。化学操作には溶媒を使用し、溶解液と溶媒を接触させ、ウラン・プルトニウムを溶媒に抽出させたり、硝酸に逆抽出させたりする。抽出・逆抽出を繰り返す、ウランやプルトニウムの精製溶液

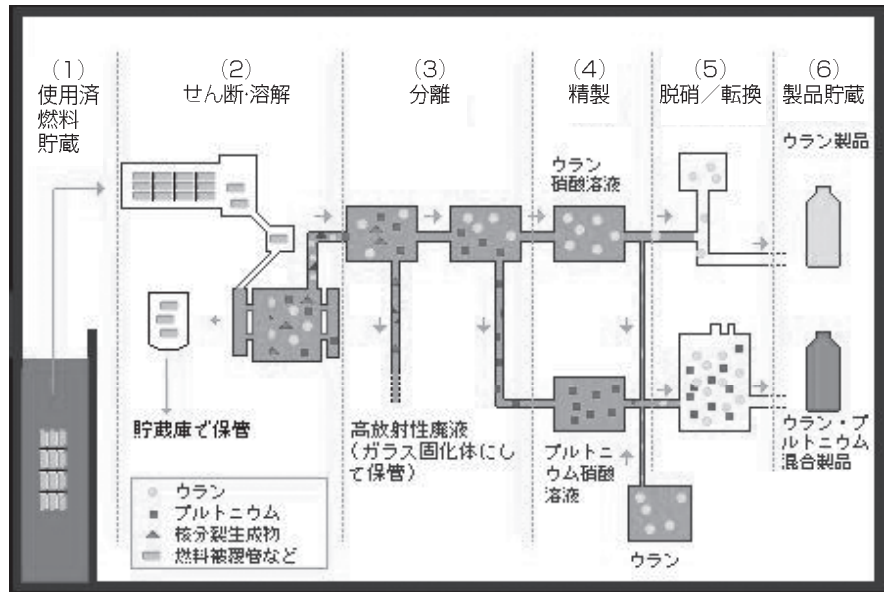


図1 再処理の工程概要

を得る。精製溶液は酸化物に転換されるが、プルトニウム溶液についてはウラン溶液と混合しウラン・プルトニウム混合酸化物として転換し製品化される。

化学操作の結果、強い放射線を発する核分裂生成物を含む廃液が発生するが、これは蒸発濃縮し減容処理する。蒸発濃縮では、同時に硝酸を回収し施設内で再利用する。発生した濃縮液を熔融ガラスと混合し冷却すると、ガラスのアモルファス構造の中に放射性物質が閉じ込められた固化体となる。固化体は放射線により発熱しており、30年から50年間程度施設内で冷却されたのち、将来は図2に示すように300mより深い地下に処分の計画である。

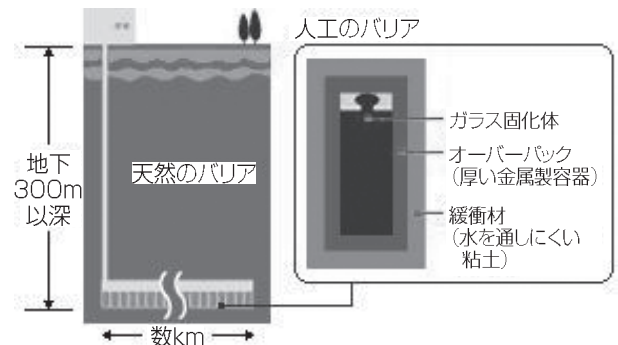


図2 高放射性廃棄物の地層処分概念

3.3 再処理施設の安全設計

再処理施設では、放射性物質を閉じ込めて操作するが、閉じ込めは、図3のように多重のバリアで構成する。放射性物質を含む溶液は耐食性のあ

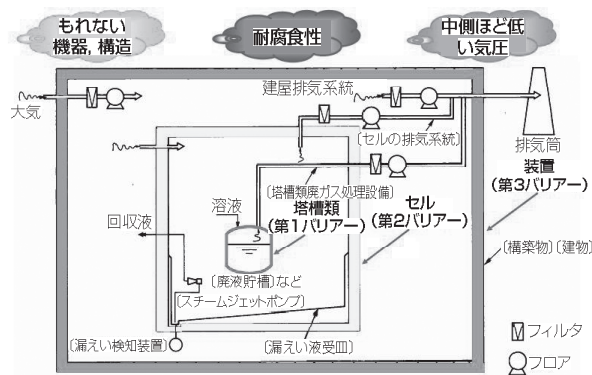


図3 再処理施設における多重閉じ込めの概念

るステンレス製の塔槽類で扱われ、これが第一のバリアとなる。塔槽類はセルと呼ばれる室内に設置され、これが第二のバリアとなる。セルは、放射線の遮へい、放射性物質の閉じ込め、建物の構造強度を兼ねた厚いコンクリート壁でできた部屋で特殊な場合を除き立ち入ることはない。

セルの床にはステンレス製の漏えい液受け皿（ドリフトレ）が設けられ、塔槽類が故障し液が漏れ出ても、漏えい検知装置で検知しスチームジェットポンプで漏えい液を回収できるようになっている。セルは、建物のほぼ中央に位置するが、セルを囲む建物自体が第三のバリアとなる。

セルの気圧は建物内で最も低く保たれており、また、建物内は外気より低い気圧に保たれている。万一、放射性物質で空気が汚染しても、気流は外気より建物内に、建物内ではセルに向かい流れ、汚染された空気の拡散を防止している。さらに、塔槽類の内部の気圧はセルより低く保たれている。排気は高性能フィルタ等により浄化され、排気筒より放出される。

再処理施設の個々の装置・機器は、その安全機能に応じた信頼性のあるものを採用するが、「多重防護」と呼ばれる考え方でシステムとしての安全性も確保する。「多重防護」は「深層防護」とも呼ばれ、機器の故障や誤動作、運転員の誤操作があったとしても多重性や多様性により安全を確保する原子力施設に共通した考え方である。事象自体の発生を防止するPS (Prevention System) と、万一、事象が発生したとしても、影響を緩和するMS (Mitigation System) が組み合わされる。これらの安全システムが適切に設

計されていることを確認するために、故障・誤動作や誤操作を想定し、事象がどのように進展していくか解析し、安全性を体系的に評価する。

安全設計は多岐にわたる。核燃料物質を扱うことから臨界防止の設計、化学操作が伴うことから火災・爆発防止の設計を行う。地震国日本としての耐震設計も必要である。また、放射性物質や化学物質を除去・処理した後、排気や廃水は放出されるが、サイトでの気象・海象に係る観測データを蓄積した上で環境影響評価を行っている。

3.4 再処理施設の操業安全

JCO臨界事故等の反省を踏まえ、装置の安全性や装置を操作するルール（保安規定）だけでなく、組織の安全管理活動の継続的な維持・改善が重要との考えのもと、品質保証国際規格ISO9000sを手本に保安管理に対する仕組みが作られている。2003年に電気協会でJEAC4111「原子力発電所における安全のための品質保証規程」が制定され、これが国の安全規制体系のひとつに組み込まれた。ISO9000sを手本としたのは、経営トップから現場までの組織の関係部署すべてにおいて、PDCAでマネジメントシステムを維持・改善することである。ISO9000s同様、経営者の責任、資源の運用管理・教育、計画及び実施、評価及び改善等を求めている。四半期毎に規制行政庁による保安検査でマネジメントシステムに対する確認が行われている。

4 リスクコミュニケーション

4.1 核燃料施設における実施例

道路・都市計画、廃棄物処理施設建設等の色々な場面で、地元の理解が欠かせない。実施者や規制・監督行政庁側が安全といっても、信頼と安心がない限り事業推進が困難な時代である。

このような背景から、リスクコミュニケーションの重要性が大きく認識されるようになってきている。リスクコミュニケーションは比較的新しい分野であるが、「技術士制度における総合技術監理部門の技術体系」では「リスクの性質、大き

さ、重要性、その制御に関して利害関係にある者が情報を交換すること」としている。また、米国国家調査諮問機関では、「個人とグループ、そして組織の間で情報や意見を交換する相互作用的な過程である」と解説している。正と負の双方の効用、リスクの評価ができて事物が受け入れられるのであるから、負の効用についても公正に伝え、利害関係者が共考することが重要である。また、リスクが管理できることがわかれば安心感や信頼感が高まる。意見交換の過程でどのような関係を作っていくかが重要である。

茨城県東海村には多くの原子力企業、研究機関があるが、動燃（当時、現：日本原子力研究開発機構）再処理施設のアスファルト固化処理施設の火災・爆発事故（1997年）、JCO臨界事故（1999年）があり東海村民の原子力に対する見方が厳しくなった。日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所では従来の一方的で説得型のパブリックアクセプタンス（PA）活動の限界や住民との間の意識のずれを感じるとともに、研究開発を進めるには地元の理解が不可欠であるとの認識から、リスクコミュニケーションの活動を行っており、その活動内容を公開している²⁾。
(<http://www.jaea.go.jp/04/ztokai/katsudo/>)

4.2 技術士とリスクコミュニケーション

放射線が人体に及ぼす影響や放射性廃棄物に関する不安は、社会が原子力利用を受け入れる際の大きな障害となっている。原子力・放射線部門の新設にあたり、科学技術・学術審議会技術士分科会では、「原子力・放射線技術士が、リスクコミュニケーションにおいて重要な役割を担うことにより、国民に対する説明責任を果すことが可能となる」と答申している³⁾。また、原子力・放射線部会の「期待に応える原子力・放射線部門の技術士」では、「原子力の分野には個人として原子力を語れる人材が少ない」との批判に対し、技術士が組織の論理に埋没せずリスクコミュニケー

ション等の活動を行うことを期待している。

5 おわりに

方法論の捉えにくさもあってか、リスクコミュニケーションに原子力・放射線部門の技術士が、いかに応えるか、具体化がなかなか進まないのが実情のようである。しかし、筆者は日本技術士会の地方組織で行われる定期的な研究会への参画がリスクコミュニケーションの一端を担うと考えている。

研究会へ参加すると、原子力・放射線利用に対する期待と同時に懸念も聞くことができる。意外と他部門にも共通する問題も聞く。また、一般市民に物質名や毒性レベルなどを説明し理解を得るのは難しいが、科学技術上の概念や専門用語などに対する障壁は格段に低い。さらに参加者は、まさに住民であり、地域産業や学校理科教育などでの指導的な役割を担っている。

特別な場を準備せずとも、日本技術士会の部門横断的な活動の場で、リスクコミュニケーションは可能である。安心には、小さな積み上げが重要と確信し地方を中心の活動を続けることにしている。部門に関係なく、みなさまから、ご意見などいただければありがたい。

<参考文献>

- 1) 鈴木惣十：日本における高速増殖炉開発の取り組み、技術士、Vol.20, No.9, pp.16-19 日本技術士会, 2008
- 2) 高下浩文, 米沢理加, 菖蒲信博, 菖蒲順子, 郡司郁子, 浅沼美鈴：リスクコミュニケーション活動報告書, JAEA-Review, 2008-048
- 3) 科学技術・学術審議会「技術士試験における技術部門の見直しについて(答申)」, 平成15年6月2日

今本 信雄 (いもと のぶお)
技術士（原子力・放射線部門）

日本原子力研究開発機構
核燃料サイクル工学研究所
e-mail: imamoto.nobuo@jaea.go.jp

