

7-1 高レベル廃棄物処理

1. はじめに

わが国では使用済燃料の再処理に伴って発生する高レベル放射性廃液は、安定な形態にガラス固化した後、30年から50年間程度冷却のための貯蔵を行い、その後、地下の深い地層中に処分（地層処分）することとしている。「高レベル廃液」（HALW：Highly Active Liquid Waste）は、再処理工程において、第1サイクルの抽出廃液を主体とする高放射性廃液を蒸発処理して発生した濃縮液である。発生量は使用済燃料1トン当たり約500リットル、その比放射能は約 $3.7E13Bq$ （1,000Ci）/リットルである¹⁾。

2. 高レベル放射性廃液

2.1 高レベル放射性廃液の分類

六ヶ所再処理工場において、液体廃棄物は、高レベル廃液とそれ以外の低レベル廃液に分類して処理する。高レベル廃液は、以下の廃液及びその濃縮液をいう²⁾。（第1図参照）

- ①分離施設で発生する抽出廃液
- ②酸回収設備の蒸発缶の濃縮液
- ③ガラス固化廃ガス処理設備で発生する洗浄廃液
- ④分離、Pu精製系の溶媒再生工程で発生する洗浄廃液
- ⑤溶解施設で発生する不溶解残渣廃液
- ⑥分離施設の洗浄で発生するアルカリ洗浄廃液

上記の廃液のうち、発生量、放射エネルギーから主要なものは、①の抽出廃液、④の溶媒再生工程の洗浄廃液（アルカリ廃液）、及び⑤の不溶解残渣廃液である。

①の抽出廃液は、使用済燃料の溶解液からウランとプルトニウムを溶媒抽出により除去した残液であり、使用済

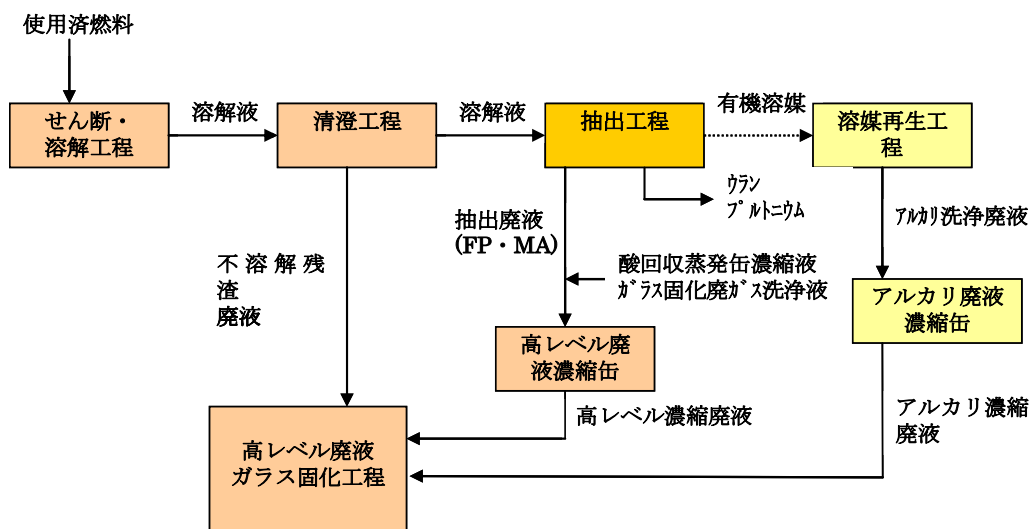
燃料中の殆どの不揮発性核分裂生成物とマイナーアクチノイドを含有しており、高レベル廃液の中で、廃液量、放射能濃度ともに最も大きい主たる高レベル廃液である。第1表に六ヶ所再処理工場の設計上考慮した使用済燃料中のFP量を示す。また、この抽出廃液は高レベル廃液濃縮缶で濃縮されるが、濃縮缶におけるTBP等錯体の急激な分解反応（レッドオイル爆発と言われている事象）の防止策として希釈材で洗浄することで含有するTBPは数十mg/リットル程度³⁾に低減される。（TBPの2～4N硝酸への溶解度は0.3g/リットル程度ある）

②の酸回収の濃縮液と③のガラス固化廃ガスの洗浄液は、①の抽出廃液とともに高レベル廃液濃縮缶で濃縮される。

④の溶媒洗浄廃液は抽出工程で用いる溶媒（30vol%TBP + n-ドデカン）をアルカリ洗浄し、除去したFP、溶媒の劣化物（DBPなど）を含むアルカリ廃液であり、⑥のアルカリ洗浄廃液（不定期に少量発生する）とともにアルカリ廃液濃縮缶で濃縮する。なお、アルカリ廃液は分離、Pu精製、U精製工程の溶媒再生から発生し、 β 、 γ 、 α 放射能に応じて、高レベル廃液または低レベル廃液として処理する設計となっている。

⑤の不溶解残渣廃液は使用済燃料中のFPのうち、溶解性の低い白金族元素（Ru、Pd、Rh）、モリブデンやジルカロイ燃料被覆管の切粉（ファイン）を含む⁴⁾。

これらの廃液は、高レベル廃液の貯槽に送られ、その後、高レベル廃液ガラス固化設備で処理される。



第1図 六ヶ所再処理工場の高レベル廃液の流れ

第1表 使用済燃料中の主なFP及びアクチノイドの放射線量、重量、発熱量

ORIGEN2による（条件：PWR、燃焼度45000MWd/tU、初期濃縮度4.5%、比出力38MW、4年冷却）

崩壊形式、半減期データは放射線データブック、アイソトープ手帳に基づく。

FP 元素	Bq	Bq%/全FP	g	W	FP 核種	Bq	崩壊形式	半減期
H	2.14E+13	0.1	6.00E-02	1.95E-02	H-3	2.14E+13	β	12.3 y
Kr	3.66E+14	1.3	5.05E+02	1.48E+01	Kr-85	3.66E+14	β (γ)	10.73 y
Sr	3.40E+15	12.3	1.16E+03	1.07E+02	Sr-90	3.40E+15	β	29.12 y
Y	3.40E+15	12.3	6.38E+02	5.10E+02	Y-90	3.40E+15	β (γ)	64.0 h
Zr	1.00E+11	0.0	4.92E+03	1.42E-03	Zr-93	9.20E+10	β	1.53E+6 y
					Zr-95	8.27E+09	β (γ)	64.0 d
Nb	4.06E+10	0.0	3.55E-03	2.49E-03	Nb-93m	2.21E+10	IT	13.6 y
					Nb-95	1.84E+10	β (γ)	35.0 d
Mo	0.00E+00	0.0	4.56E+03	0.00E+00				
Tc	6.37E+11	0.0	1.02E+03	8.64E-03	Tc-99	6.37E+11	β	2.13E+5 y
Ru	1.53E+15	5.5	2.98E+03	2.46E+00	Ru-106	1.53E+15	β	368 d
Rh	1.53E+15	5.5	5.67E+02	3.96E+02	Rh-106	1.53E+15	β (γ)	29.9 s
Pd	5.32E+09	0.0	1.82E+03	8.52E-06	Pd-107	5.32E+09	β	6.5E+6 y
Ag	3.67E+12	0.0	9.24E+01	1.65E+00	Ag-110	4.82E+10	β (γ), EC	24.57 s
					Ag-110m	3.63E+12	β (γ), IT	250.4 d
Cd	2.28E+12	0.0	1.47E+02	1.04E-01	Cd-113m	2.28E+12	β (γ), IT	14.6 y
Sn	2.64E+11	0.0	1.15E+02	8.81E-03	Sn-119m	1.61E+11	IT	263 d
					Sn-123	5.68E+10	β (γ)	129.2 d
					Sn-126	3.72E+10	β (γ)	~1E+5 y
Sb	2.39E+14	0.9	2.91E+01	2.02E+01	Sb-125	2.39E+14	β (γ)	2.77 y
					Sb-126m	3.72E+10	β (γ), IT	19.0m
Te	5.84E+13	0.2	6.41E+02	1.33E+00	Te-125m	5.83E+13	IT	58 d
					Te-127	5.33E+10	β (γ)	9.35 h
					Te-127m	5.44E+10	β (γ), IT	109 d
I	1.54E+09	0.0	3.07E+02	1.93E-05	I-129	1.54E+09	β (γ)	1.57E+7 y
Cs	7.09E+15	25.7	3.50E+03	7.86E+02	Cs-134	2.34E+15	β (γ)	2.062 y
					Cs-137	4.74E+15	β	30.0 y
Ba	4.49E+15	16.3	2.19E+03	4.76E+02	Ba-137m	4.49E+15	IT	2.552m
Ce	1.43E+15	5.2	3.24E+03	2.57E+01	Ce-144	1.43E+15	β (γ)	284.3 d
Pr	1.45E+15	5.3	1.52E+03	2.85E+02	Pr-144	1.43E+15	β (γ)	17.28m
					Pr-144m	1.72E+13	IT	7.2m
					Pr-146	1.03E+11	β (γ)	24.0m
Pm	1.91E+15	6.9	5.57E+01	1.85E+01	Pm-147	1.91E+15	β	2.623 y
Sm	1.71E+13	0.1	1.10E+03	5.43E-02	Sm-151	1.71E+13	β (γ)	87 y
Eu	6.32E+14	2.3	2.09E+02	1.06E+02	Eu-152	2.56E+11	β (γ)	13.3 y
					Eu-154	4.20E+14	β (γ)	8.6 y
					Eu-155	2.11E+14	β (γ)	4.96 y
上記 FP 合計	2.76E+16	100.0	3.13E+04	2.75E+03	上記 FP 合計	2.76E+16		
ORIGEN 全 FP 合計	2.76E+16	100.0	4.64E+04	2.75E+03	ORIGEN 全 FP 合計	2.76E+16		

アチノイト [*] 元素	Bq	α Bq	g	W	アチノイト [*] 核種	Bq	α Bq	崩壊形式	半減期
U	1.94E+11	7.36E+10	9.42E+05	6.18E-02	U-232	1.62E+09	1.62E+09	α	72 y
					U-233	9.58E+05	9.58E+05	α	1.591E+5 y
					U-234	4.57E+10	4.57E+10	α	2.45E+5 y
					U-235	8.07E+08	8.07E+08	α	7.038E+8 y
					U-236	1.39E+10	1.39E+10	α	2.34E+7 y
					U-237	1.21E+11	0	β (γ)	6.75 d
					U-238	1.15E+10	1.15E+10	α	4.468E+9 y
Np	9.88E+11	1.77E+10	6.78E+02	7.81E-02	Np-237	1.77E+10	1.77E+10	α	2.14E+6 y
					Np-238	1.86E+09	0	β (γ)	2.117 d
					Np-239	9.69E+11	0	β (γ)	2.355 d
Pu	5.10E+15	1.85E+14	1.04E+04	1.67E+02	Pu-236	1.59E+10	1.59E+10	α	2.851 y
					Pu-238	1.50E+14	1.50E+14	α	87.7 y
					Pu-239	1.32E+13	1.32E+13	α	2.413E+4 y
					Pu-240	2.10E+13	2.10E+13	α	6570 y
					Pu-241	4.92E+15	1.20E+11	β (γ), α	14.36 y
					Pu-242	8.82E+10	8.82E+10	α	3.76E+5 y
Am	4.27E+13	4.19E+13	4.55E+02	3.76E+01	Am-241	4.10E+13	4.10E+13	α	432 y
					Am-242m	3.71E+11	1.86E+09	α , IT	152 y
					Am-242	3.69E+11	0	β (γ), EC	16.0 h
					Am-243	9.69E+11	9.69E+11	α	7370 y
Cm	1.19E+14	1.19E+14	4.06E+01	1.13E+02	Cm-242	4.76E+12	4.76E+12	α	162.8 d
					Cm-243	1.04E+12	1.04E+12	α , EC	28.5 y
					Cm-244	1.13E+14	1.13E+14	α	18.1 y
					Cm-245	1.20E+10	1.20E+10	α	8500 y
上記アチノイト [*] 合計	5.27E+15	3.46E+14	9.54E+05	3.18E+02	上記アチノイト [*] 合計	5.26E+15	3.46E+14		
全アチノイト [*] ORIGEN 合計	5.27E+15	3.46E+14	9.54E+05	3.18E+02	全アチノイト [*] ORIGEN 合計	5.27E+15	3.46E+14		

2.2 高レベル濃縮廃液の取扱い

六ヶ所再処理工場では高レベル濃縮廃液等は以下の貯槽に貯蔵される。

- ① 高レベル濃縮廃液貯槽2基：縦置円筒形、約120m³/基
- ② 高レベル濃縮廃液一時貯槽2基：縦置円筒形、約25m³/基
- ③ 不溶解残渣廃液貯槽2基：縦置円筒形、約70m³/基
- ④ 不溶解残渣廃液一時貯槽2基：縦置円筒形、約5m³/基
- ⑤ アルカリ濃縮廃液貯槽1基：縦置円筒形、約120m³/基
- ⑥ 高レベル廃液共用貯槽1基：縦置円筒形、約120m³/基

これらの貯槽は崩壊熱除去のため、独立した2系統の安全冷却水系により冷却を行う。また、各内部ループの冷却水ポンプは多重化、内部ループと外部ループをつな

ぐ熱交換器のバイパスラインが設けられるなどの機器故障対応の設計がなされている。

これらの給水ポンプについて、外部電源がなくなった場合には、非常用発電機からの給電が受けられる設計としているが、東京電力福島第一原子力発電所の事故を踏まえた安全対策として、給水ポンプへの電源車による給電、敷地内の貯水槽などから消防車などを用いて冷却水のループに注水するなどの対応を行うことができるようにしている。

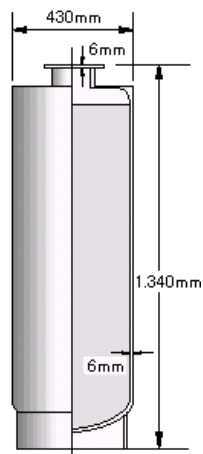
3. ガラス固化

再処理工場で発生した高レベル放射性廃液は、①崩壊熱を持つ、②腐食性がある、③放射線分解に伴い水素を発生する、などの特性を有するため、放射性物質の閉じ込めや取扱い易さ等を考慮すると安定化する必要があることから、ガラス固化することとしている。ガラスは人工物としては歴史的にみても最も安定な物質の一つであり、多種類の元素を閉じ込めることができるという特徴を有する。高レベル放射性廃液を閉じ込めるガラスは、ホウケイ酸ガラスであり、放射性核種の溶解度が高く、耐水性に優れ、放射線に対しても長期間耐えることができる特性を持つ。

ガラス固化体は最終的には地層処分される予定であるが、崩壊熱がある程度減衰するまで、30年～50年間程度貯蔵施設にて保管廃棄（貯蔵）される。

3.1 ガラス固化体の形状

高レベル放射性廃液は、濃縮後もしくは直接ガラス溶融炉に供給され、ガラス原料と共に加熱・溶融される。これら溶融ガラスをステンレス製の容器（六ヶ所再処理工場のキャニスタ：第2図）に流し込み、蓋を溶接したものがガラス固化体である。ガラス固化体は、直径約40cm、高さ1～1.3m、重量400～500kg（キャニスタ含む）であり、発熱量は～2.3kW/本程度である。



第2図 キャニスタ概念図⁵⁾

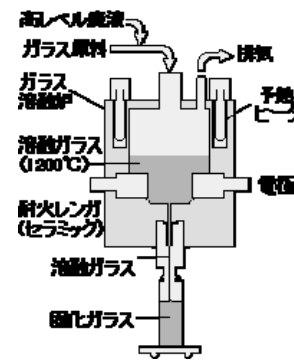
3.2 ガラス固化体の製造プロセス

ガラス固化製造プロセスとして、様々な固化方式が研究・開発されてきたが、現在以下の2方式の固化プロセスが採用されている。

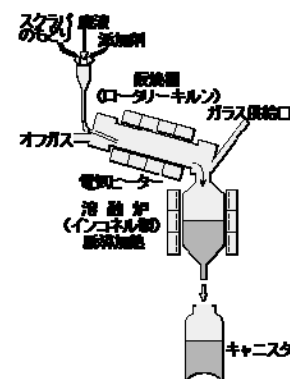
(1) LFCM法 (Liquid Fed Ceramic Melter) : 液体供給式直接通電型セラミックメルタ法といい、セラミック溶融炉に直接廃液を供給し、直接通電（ジュール加熱）によって加熱する方式である（第3図参照）。米国、ドイツ等において実績がある。

(2) AVM法 (Atelier de Vitrification de Marcoule) : 高周波加熱法といい、廃液をロータリー式炉で仮焼後、金属溶融炉に粉末で供給し、溶融炉自体を高周波誘導によって加熱する方式である（第4図参照）。仏国や英国で実績がある。

わが国では、炉寿命が長く、大型化が可能であるという特徴を有するLFCM法を採用している。



第3図 LFCM法の概念図

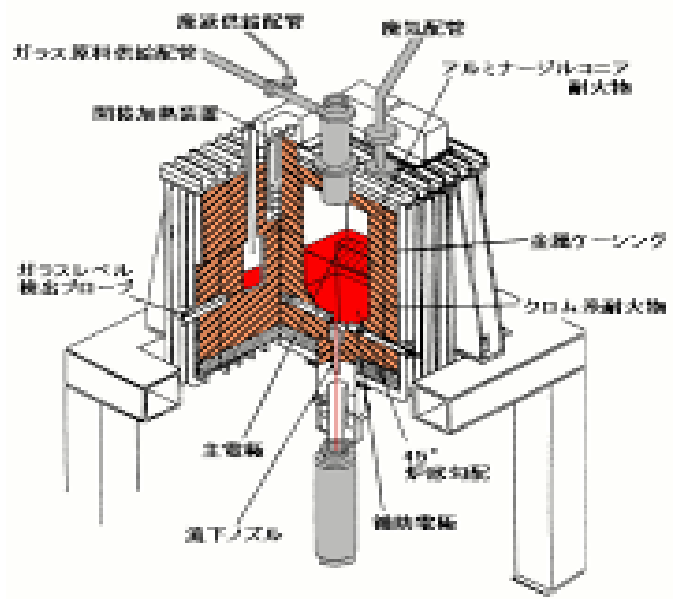


第4図 AVM法の概念図⁶⁾

3.3 わが国におけるガラス固化技術開発⁷⁾

わが国の高レベル廃液のガラス固化技術は、1970年代初期に動燃及び原研（現在日本原子力研究開発機構）において、模擬高レベル廃液を用いた研究が開始され、動燃の高レベル放射性物質研究施設（CPF）及び原研の廃棄物安全試験施設（WASTEF）の完成後、1980年代初めから高レベル廃液を用いた研究が開始された。1992年には、東海再処理工場で発生した高レベル廃液のガラス固化に関する技術をプラント規模で実証する施設として、ガラス固化技術開発施設 (Tokai Vitrification Facility : TVF) が完成し、1995年から開発運転を開始している。

TVFのガラス溶融炉ではLFCM方式を採用しており、高レベル廃液をガラス原料（ファイバ形状）とともにガラス溶融炉に供給し、直接通電加熱（ジュール加熱）によって溶融した後、固化体容器に抜き出すことによりガラス固化体を製造する（第5図参照）。



第5図 ガラス溶融炉の外観及び概念図⁸⁾

3.4 商業用ガラス固化施設

商業用再処理施設（六ヶ所再処理工場）の高レベル廃液ガラス固化・貯蔵施設は2000年から建設を開始し、2002年より化学試験（模擬廃液を用いた試験）を実施した後、2007年よりアクティブ試験（高レベル放射性廃液を用いた試験）を実施中である。同施設の概要を以下に示す。

(1) 高レベル廃液ガラス固化施設

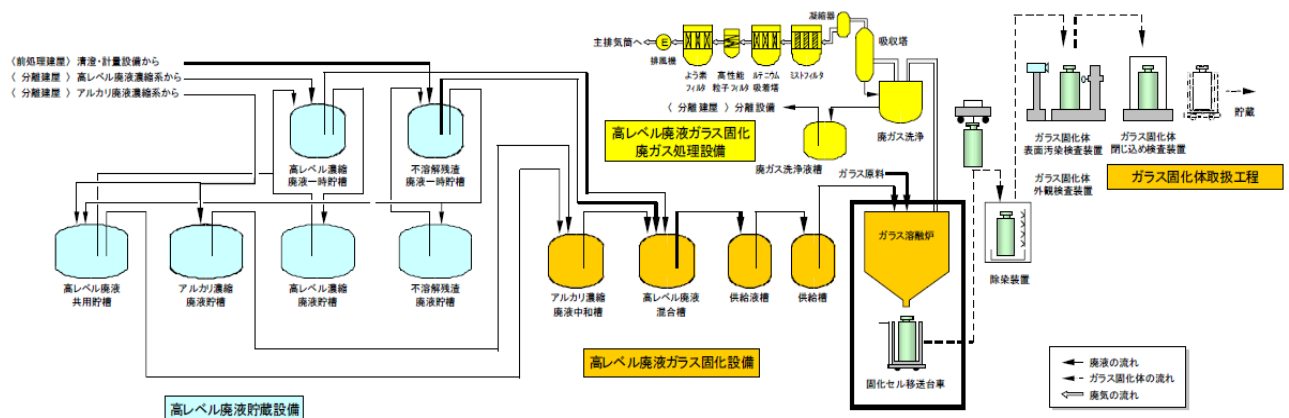
商業用再処理施設の高レベル廃液ガラス固化・貯蔵施設の工程概要を第6図に示す。各設備の概要は以下の通りである。

- ①高レベル廃液貯蔵設備：主工程から払い出される高レベル廃液やアルカリ廃液等を貯蔵する設備。
- ②高レベル廃液ガラス固化設備：高レベル廃液貯蔵設備から各廃液を受入れ、廃液調整した後、ガラス溶融炉で溶融・固化する設備であり、高レベル廃液を最大140L/h（70L/h×2系列）で処理可能。1系列あたりTVFの約5倍の処理能力を有する。製造したガラス固化体は

除染後、表面汚染検査等を行い、ガラス固化体貯蔵設備に移送される。

- ③高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備：ガラス溶融炉から発生する廃ガスから放射性核種等を除去する設備。廃ガスの処理能力は、約300Nm³/hであり、放射性のエアロゾルに対して除染係数3×10⁷の能力を有する。
- ④ガラス固化体貯蔵設備：高レベル廃液ガラス固化設備からガラス固化体を受入れ、建屋内の貯蔵ピットへの貯蔵、またはガラス固化体貯蔵施設へ搬送する設備。

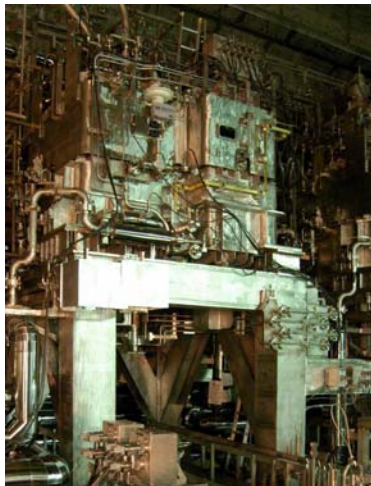
なお、高レベル廃液ガラス固化設備と高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備は、ステンレス鋼でライニングされた固化セル内に設置されており、クレーンやパワーマニピュレータによる遠隔操作で保守・点検される（第7図参照）。



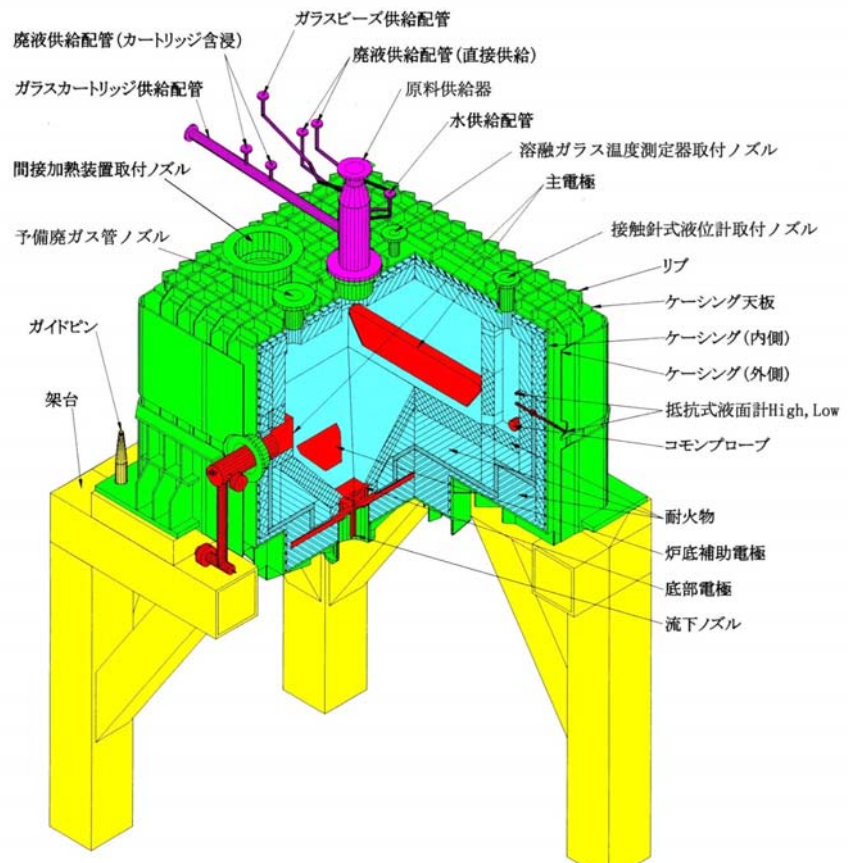
第6図 高レベル廃液のガラス固化施設⁵⁾



第7図 固化セルの外観⁵⁾



第8図 商業用ガラス溶融炉の外観
及び概念図⁵⁾



(2) 高レベル廃液ガラス溶融炉

商業用再処理施設のガラス溶融炉（以下、商業用ガラス溶融炉）は、日本原子力研究開発機構の先行施設（ガラス固化技術開発施設：TVF）を大型化し、導入している。高レベル廃液をガラス原料（ビーズ形状）とともにガラス溶融炉に連続供給し、直接通電加熱（ジュール加熱）によって1200℃付近で溶融した後、固化体容器に抜き出すことによりガラス固化体を製造する装置である（第8図参照）。

商業用ガラス溶融炉は、耐火物を外側から金属製のケーシングで囲った構造であり、ガラスを溶融し保持するための溶融槽には、溶融ガラスに対して耐食性に優れたアルミナ-クロミア電鍍レンガが採用されている。また、溶融槽には、対向する壁面に主電極及び補助電極が設置されており、溶融ガラスに対して耐食性に優れた金属材料が採用されている。

炉底部には、溶融したガラスをガラス固化体容器に注入するために、溶融ガラス抜き出し用の流下ノズルが設置されている。流下ノズルには、フリーズバルブ方式が採用されており、流下ノズルを高周波加熱・空気冷却することでガラスの抜き出し、停止を行うことができる。流下時の様子を第9図に示す。また、商業用ガラス溶融炉内は、高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備により排気され、固化セルに対して常時負圧に維持されている。



第9図 流下ノズルからのガラス流下の様子⁸⁾

(3) ガラス固化体貯蔵施設

ガラス固化体は、ガラス固化体貯蔵施設で30年～50年間程度貯蔵設備にて保管廃棄（貯蔵）される。その間、ガラス固化体の結晶化を防止するため、崩壊熱を除去する必要があり、間接自然空冷方式による冷却を行っている。ガラス固化体は収納管に収納され、収納管1本あたり9本のガラス固化体が縦積みされる。冷却用空気はガラス固化体に直接接触しないよう収納管の外側を通る構造となっている（第10図）。

4. アクティブ試験における運転経験

商業用ガラス溶融炉のアクティブ試験において、トラブルを経験し、高レベル廃液ガラス溶融炉の設備・運転方法の改善を行っている。

4.1 炉内温度管理

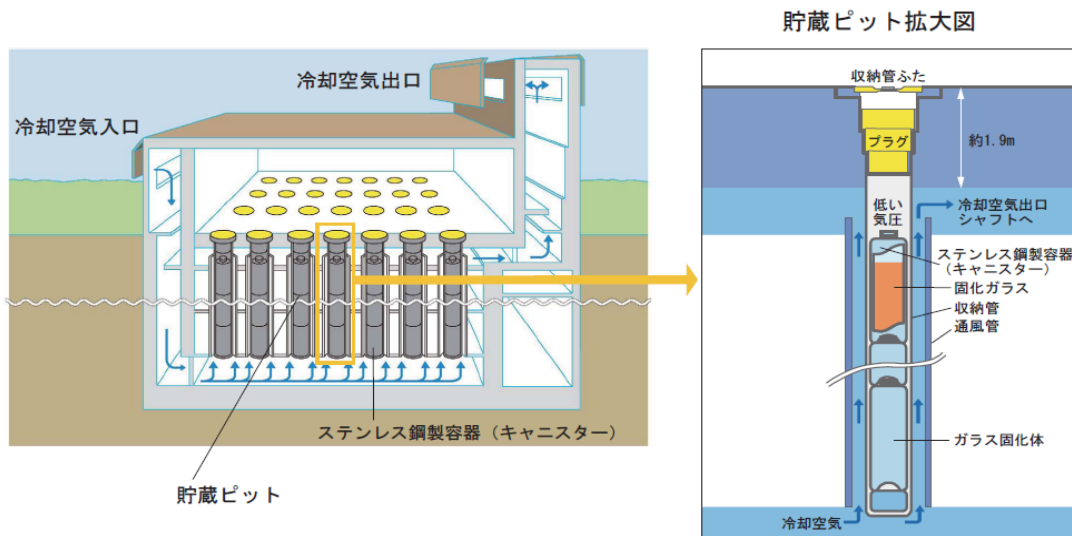
2007年に実施したアクティブ試験では、ガラス温度と気相温度が大きく変動し、安定運転できなかった。炉内温度管理（ガラス温度と気相温度）は、電力制御（主電極間電力と間接加熱電力（SiCヒータ））によって行うが

（第8図参照）、これまでの経験から、炉内温度には仮焼層（“仮焼層”については以下で説明）が大きく関与していることが分かっており、高レベル廃液の性状（廃液組成、廃液濃度など）によって仮焼層状態が変化するため、廃液性状に応じた電力制御が必要となる。このため、商業用ガラス溶融炉では、調整液（模擬廃液）を用いて、高レベル廃液の性状を一定範囲内に管理すると共に、ガラス溶融炉内に温度計を追加設置することによって温度監視を強化した。

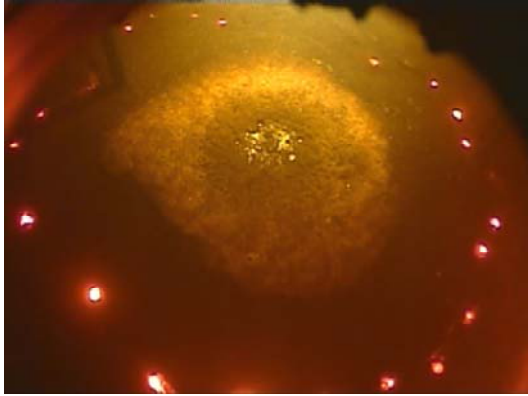
また、日本原子力研究開発機構にある実規模モックアップ試験装置（KMOC）を用いた試験を通して、廃液組成変動に応じた運転により、運転習熟を図ると共に、電力条件から炉内温度予測を行う簡易計算プログラムの適用性を確認した。

以上の改善により、2012年度に実施したアクティブ試験では、安定した炉内温度管理が可能となった。

ここで上記の“仮焼層”とは、ガラス溶融炉上部から投入されるガラス原料と高レベル廃液の混合物から成る溶融ガラス上の層で、溶融ガラス表面に近づくにつれて廃液の水分蒸発、脱硝等の反応が起こるとともに、ガラス原料が溶融し廃棄物成分と混ざり合う過程の層であり、溶融ガラスからの放熱を抑制する働きも有する。KMOC試験で観察した仮焼層は第11図に示す通りであり、明るい部分はホットスポットと呼ばれ、溶融ガラスが直接見えている部分である。これまでの経験から、ガラス温度及び気相温度の制御においては、ホットスポットが適度存在した状態が良いことが分かっている。



第10図 高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の貯蔵概念図⁹⁾



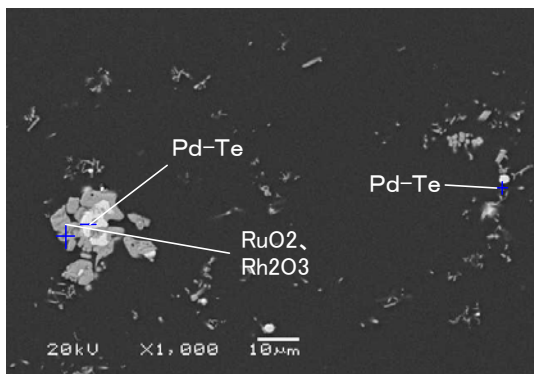
第11図 KMOC試験における仮焼層の観察⁸⁾

4.2 白金族元素の管理

2007、2008年に実施したアクティブ試験では、高レベル廃液中に存在する白金族元素（Ru、Rh、Pd）が炉底部に堆積し、流下ガラスの抜き出し性が低下する事象が確認された。白金族元素は、①ガラスへの溶解性が悪い（第12図）、②密度が大きく沈降しやすい、③濃度の増加によりガラス粘性が増加する、④濃度増加によりガラス電気抵抗が低下する、などの特徴を有する。このため、白金族元素が、ガラス溶融炉内で沈降・堆積することで、溶融ガラスの粘性上昇や電気抵抗低下が発生し、流下性低下に繋がったと考えられる。

これに対して、先行施設TVFでは、炉底部温度を低くし、溶融ガラス粘性を上昇させることで、白金族元素の沈降・堆積を抑制する運転（炉底低温運転）を開発した。これを受けて、商業用ガラス溶融炉への適用に際しては、KMOCを用いた試験により、炉底低温運転の効果を確認すると共に、白金族元素を含まない模擬廃液で定期的に洗浄運転を行うことで、炉底部への白金族元素の堆積を抑制するものとした。また、万が一、流下性が低下した場合には、直棒を挿入する等の対策も準備した。

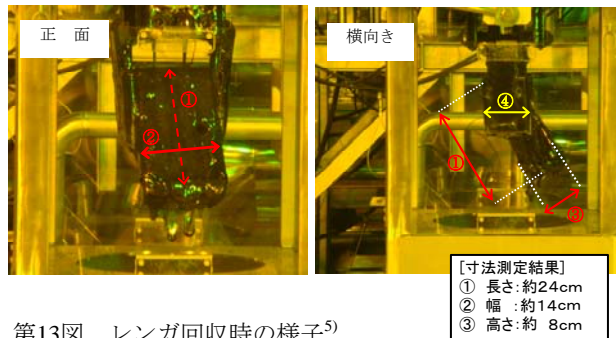
以上の改善により、2012年度に実施したアクティブ試験では、流下ガラスの安定した抜き出しが可能となった。



第12図 ガラス中の白金族元素の存在状態の一例⁸⁾

4.3 その他の不具合

2008年に実施したアクティブ試験では、ガラス溶融炉の天井レンガの一部が損傷していることが確認され、2010年にレンガ回収装置で溶融ガラス中から落下レンガを回収した（第13図）。天井レンガが損傷した原因は、過去に実施した間接加熱装置のヒータ温度降下が急激であったため、その際に発生した応力が大きく、レンガに亀裂が発生し、最終的に損傷に至ったと推定した。このため、以降の運転では、間接加熱装置を停止する際のヒータ温度降下速度を緩やかに管理するものとした。



第13図 レンガ回収時の様子⁵⁾

また、2012年にアクティブ試験を開始する前に実施した作動確認では、流下ノズルに接液レンガが閉塞する事象が確認されたため、新たに開発した直棒を流下ノズルに挿入し、閉塞解除を行い、ガラスを全量抜き出した。流下ノズルに接液レンガが閉塞した原因としては、ガラス溶融炉の立上げ・停止を繰り返す中で、ガラス流下を行わなかったため、炉底部に接液レンガ小片を溜め込んだためと推定した。このため、以降の運転では、接液レンガの割れ・欠けの発生を低減する運転を行うと共に、レンガ小片を溜め込むような運転を行わないこととした。また、万が一、流下性が低下した場合には、直棒を挿入する等の対策も準備した。

以上の通り、アクティブ試験において、設備不具合等も発生したが、その都度原因究明と対策を図ることで、再発を防止している。

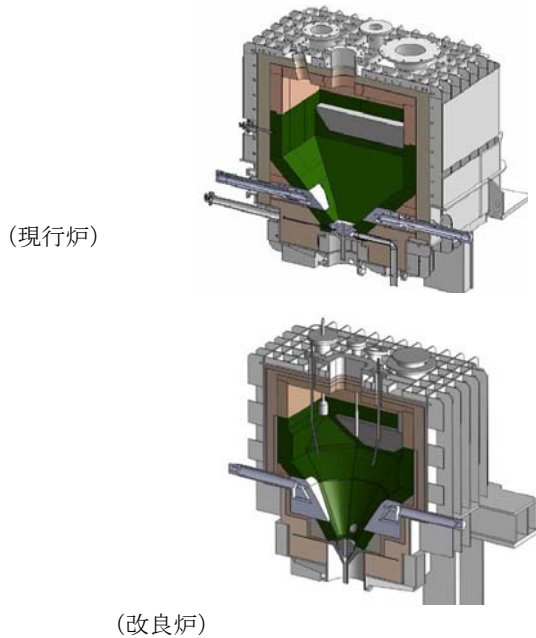
5. ガラス固化技術の高度化研究

現行の商業用ガラス溶融炉の設計寿命は5年であり、既存の商業用ガラス溶融炉の更新時には、より性能の高いガラス固化技術を導入する計画である。より性能の高いガラス固化技術としては、現行のガラス溶融炉の運転改善に対して、ハード対応を図った改良炉の開発を行うとともに、ガラス固化技術に係る基礎的な研究を実施している。

5.1 改良炉の開発

改良炉では炉内温度管理、白金族元素管理の性能向上の観点から第14図に示すとおり、炉底部形状の変更と炉底加熱方法の追加を行っている。炉底部形状は円錐、傾

斜角度60度とすることで白金族元素の堆積抑制を図り、白金族元素の影響を受けない炉底ガラスの加熱手段として、底部電極外部に高周波加熱装置を設置する構成としている。今後、モックアップ試験装置で確認する計画である。



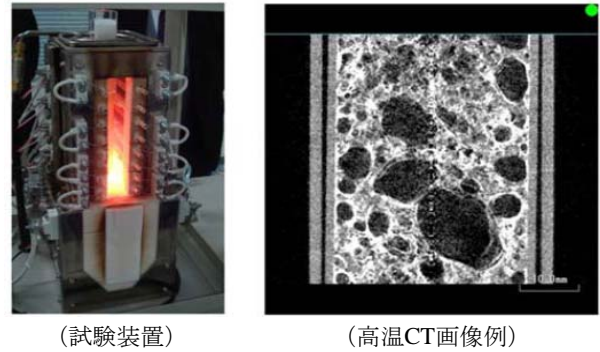
第14図 現行炉と改良炉の比較⁸⁾

5.2 基礎的な研究

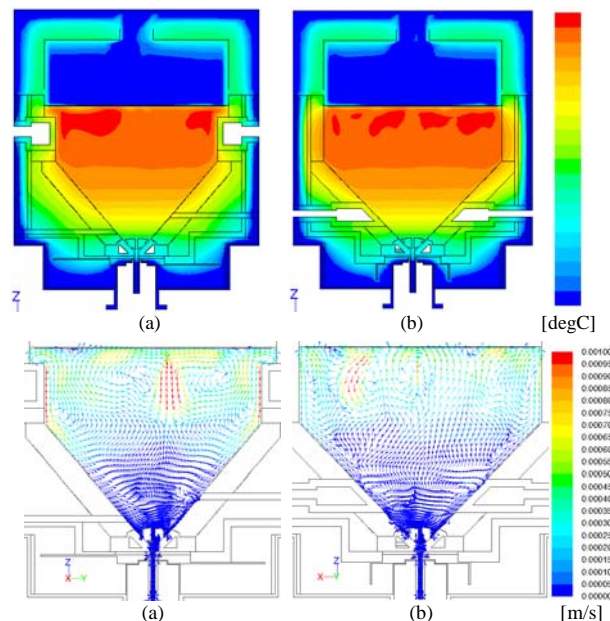
これまでガラス溶融炉の設計・開発は、基礎試験やモックアップ試験など実験を中心とした開発であったが、改良炉の開発においては、実験と解析の組み合わせにより、信頼性を向上しつつ、合理的に進める計画である。このため、解析コードに必要となる物性データの取得や評価モデルの整備を行うとともに、ガラス溶融炉内の白金族粒子挙動や仮焼層形成のメカニズム解明等を目的として、基礎的研究を実施している。例えば、廃液性状の仮焼層形成への影響を確認するため、CTスキャンを用いたガラス溶融反応の観察（第15図）や白金族濃度等をパラメータとした高温粘度、導電率測定を実施している。これによって、現在の解析コードは、ガラス溶融炉の炉内温度分布や流動状態など、炉内挙動が評価可能なレベルにまで到達しており（第16図）、今後は、白金族粒子の挙動までを含めた解析を目指している。

参考文献

- 1) 原子力百科事典ATOMICA.
- 2) 再処理事業指定申請書, 日本原燃株(平成1年3月).
- 3) Technical note, "Risk of explosion associated with "red oil" in reprocessing plants", IRSN,(June, 2008).



第15図 ガラス溶融反応観察装置と仮焼層の観察結果¹⁰⁾



第16図 ガラス溶融炉の解析結果の例¹¹⁾

- 4) 再処理プロセス・化学ハンドブック 第2版, JAEA-Review 2008-037(2008).
- 5) 日本原燃株HP.
- 6) 原子力環境整備促進・資金管理センターHP.
- 7) サイクル機構技報, N0. 28, 2005. 9(p35-p39)
- 8) 日本原子力学会第8回再処理・リサイクル部会セミナーテキスト.
- 9) 電気事業連合会, 原子力・エネルギー図面集,2012.
- 10) 東京工業大学HP.
- 11) Thermal Flow Analysis for Design and Development of Advanced Vitrification Melter, Proceedings of GLOBAL 2011.

日本原燃株式会社 福井寿樹 松田孝司
(2013年4月30日)