

本資料は 〇/年 〇月 20日付けで登録区分、
変更する。

[技術情報室]

分置

ガラスカートリッジの開発 (その1) (昭和58年度)

昭和 59年3月

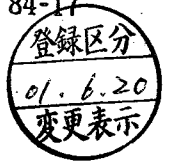
この資料は動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)



ガラスカートリッジの開発 (その1) ※

※※ ※※ ※※ ※※※ ※※※

和田正道、山本茂、今井克彦、菅谷和博、立入勝

高レベル放射性廃液のセラミックメルター・ガラス固化に用いるガラスカートリッジを開発した。カートリッジ開発目標は、a) 最大保液量が2.5l/kg-カートリッジ以上であること。

b) 有機物を全く含まないこと。c) 組成は、SiO₂ 60.2wt%, B₂O₃ 19.0wt%, Al₂O₃ 4.8 wt%, CaO 4.0wt%, BaO 4.0wt%, ZnO 4.0wt%, Li₂O 4.0wt%, であること。d) 寸法は90mm以下であり、供給・移送に耐える強度を有すること。e) セラミックメルター中で溶融する際に発生する微粉を極力抑制するためのフィルター機能を有すること、である。

カートリッジは次の工程を経て製造された。1) ガラス長繊維の製造。2) 一定長に切断したチョップドストランドの製造。3) 抄造および無機質バインダーの塗布によるガラス繊維シートの作製。4) シートの円筒状巻きあげによるガラスカートリッジ(70 Dia x 70mm)の作製。カートリッジに十分な保水性・強度を与えるために無機質バインダーを開発した。カートリッジは、無機質バインダー15wt%(酸化物基準)とガラス繊維85wt%から成る。カートリッジ(酸化物基準で38.4g/個)一個当たりの最大保液量は242ml(廃液はSW-11 脱硝濃縮液)で、6.3l/kg-カートリッジに相当する。最大保液状態のカートリッジ(70 Dia x 70mm)は、軸方向に対する46kgの荷重に耐える。セラミックメルターでの評価のためにカートリッジ250kgを製造した。

※ 本報告書は、日本電気硝子株式会社が、動力炉・核燃料開発事業団の依頼により実施した研究の成果である。

※※ 日本電気硝子株式会社 技術部

※※※ 日本電気硝子株式会社 能登川工場

March , 1984



Development of Glass Cartridge (No. 1)*

Masamichi WADA**, Shigeru YAMAMOTO**, Katsuhiko IMAI**,
Kazuhiro SUGAYA***, Masaru TACHIIRI***,

A glass cartridge was developed for the vitrification of HLLW with ceramic melter. The design specifications of the cartridge are as follows:

- a) The liquid holding capacity is more than 2.5ℓ/kg-cartridge.
- b) No use of organic material (binder) is allowed.
- c) The composition of cartridge is 60.2 wt% SiO₂, 19.0wt% B₂O₃, 4.8wt% Al₂O₃, 4.0wt% CaO, 4.0wt% BaO, 4.0wt% ZnO, 4.0wt% Li₂O.
- d) The cartridge is smaller than 90mm in diameter and height, having a sufficient strength during supply and transfer.
- e) Fine particles generated during melting of cartridges with HLLW are filtered effectively.

Glass cartridges are manufactured by making 1) Continuous glass fibers, 2) chopped strands, 3) glass paper binded with inorganic materials, and 4) rolls (70Dia x 70mm) of the glass paper. Special inorganic binder was developed to give a sufficient strength as well as a liquid holding capability to the glass cartridge. The content of the glass cartridge is 15wt% (on the oxide basis) of inorganic binder and 85wt% of glass fiber. One glass cartridge (38.4g on the oxide basis) can keep 242ml max. of denitrated conc. liquid (SW-11), which indicates the liquid holding capacity of 6.3ℓ/kg-cartridge. The maximum axial load for which a glass cartridge (70Dia x 70mm) can stand is 46kg at the dampened state with the liquid SW-11. For further evaluation with a ceramic melter, 250kg cartridges were prepared.

* Work performed by Nippon Electric Glass Co., Ltd. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

** Technical Division, Nippon Electric Glass Co., Ltd.

*** Notogawa Factory, Nippon Electric Glass Co., Ltd.

1. 緒言

高レベル放射性廃液のガラス固化に用いるガラス原料として、ガラスカートリッジが提案されている。カートリッジには種々の構造が提案されているが、従来のPNC殿による溶融実験で、ガラス長繊維を用いたガラス繊維シート巻き構造が良好な特性を有していることがわかった。

本研究では、ガラス繊維シート巻き構造のカートリッジを製造するために、ガラス繊維組成の検討、バインダーの開発及び集束剤の開発を実施し、これらの結果に基づいてカートリッジ 250kgを製造した。

2. ガラスカートリッジの構造と製造方法

ガラス繊維シート巻き構造とは、ガラス長繊維のストランドを一定長に切断したチョップドストランドを抄造してガラス繊維シートを作製し、このシートを一定のテンションをかけた状態で芯型の上に巻きつけて円筒状とし芯型を除去したものである。カートリッジの寸法は、PNC殿より直径70mm、長さ70mmに指定されている

このガラスカートリッジは次のような工程を経て製造される。まず、ガラス長繊維を製造する。長繊維の製造方法には、炉から直接紡糸を行う直接法と、ムク棒やマーブルを成形し白金ブッシング炉で再溶融して紡糸する間接法がある。本研究では間接法で長繊維の製造を行う。そこで、まず猫場でガラスを溶融し手巻き方式で直径7~8mmのムク棒を成形する。このムク棒を長さ5cm程度に切断しガラス繊維用の原ガラスとする。このガラスを白金ブッシング炉で溶融し、溶融ガラスをブッシングより引き出して繊維化した直後に、繊維（フィラメント）に集束剤を塗布し、束ねて1本のストランドにする。ストランドを一定長に切断したチョップドストランドを抄造し、バインダーを塗付してガラス繊維シートを作製する。このシートを幅70mmに切断した後、直径20mmの芯型の上に一定のテンションをかけた状態で巻きつけて直径が70mmとなったところでシートを切断し、巻き戻り防止のためにシートと同組成のガラス糸でしばってから芯型を抜き取ってカートリッジとする。

このガラス繊維シート巻き構造をもつカートリッジを製造するための主な問題点は、無機質バインダーの開発と紡糸性のよいガラス繊維組成の検討、及び、抄造法に適した集束剤の開発である。

バインダーは、ガラス繊維シートに強度と保水性を与える。市販のガラス繊維シートに用いられているバインダーは、ポリビニルアルコール等の有機化合物であるが、高レベル放射性廃液ガラス固化用溶融炉では、炉内に有機物が供給されると

可燃性ガスが発生し爆発がおこる危険性があるため有機物バインダーは使用できず、新たに無機質バインダーを開発しなければならない。バインダーの組成はガラス長繊維の紡糸性に影響する。これは、ガラス繊維の組成がカートリッジ目標組成からバインダー組成を差し引いたものであり、ガラス繊維組成が紡糸性、すなわち、失透のおこりにくさに大きく影響するためである。失透のおこりにくさの尺度は、紡糸温度（ 10^3 poise 温度）と液相温度の差であり、工業的に紡糸を円滑に行うためには、この差が 100°C 以上であることが必要である。また、カートリッジ目標組成は乳白性が強く、ガラス繊維用原ガラスのムク棒の成形が困難である。乳白性、すなわち、乳白温度の低いガラス組成を得る必要がある。したがって、無機質バインダーの組成は、ガラス繊維の紡糸性、乳白性を考慮して決定しなければならない。

紡糸時に塗布される集束剤はフィラメント表面を被覆し保護するとともに、フィラメントを結束させる。一方、抄造工程では、結束していたストランドが水中で1本1本のフィラメントに解繊し分散しなければならない。したがって、集束剤は紡糸、カット工程でガラス繊維に十分な結束性を与えると同時に、抄造工程で良好な水中分散性をもたせなければならない。

3. 無機質バインダーとガラス繊維組成の開発

3.1 ガラスカートリッジ目標組成

PNC 殿より提示された目標組成を表 1 に示す。なお、PNC 殿との協議により本研究では、バインダーからの不純物として Na_2O 1wt% 以内、 P_2O_5 0.6wt% 以内が許容された。

表 1 カートリッジ目標組成

(weight%)						
SiO_2	Al_2O_3	B_2O_3	CaO	BaO	ZnO	Li_2O
60.2	4.8	19.0	4.0	4.0	4.0	4.0

3.2 カートリッジ目標組成各成分の紡糸性に及ぼす影響

無機質バインダーの組成を決定するために、カートリッジ組成の各成分がガラス繊維の紡糸性、乳白性に及ぼす影響を検討した。カートリッジ目標組成を基本とし各成分のうち 1 成分を SiO_2 と置換した組成の粘度、液相温度、乳白温度を測定した。測定方法は次のとおりである。

- 粘度 ; 白金球引上げ法で行った。
- 液相温度 ; 粉末試料を用い、白金ボート法で行った。
- 乳白温度 ; ブロック状試料を用い、白金ボート法で行った。

測定結果を表2に示す。これより、各成分を1% SiO₂ と置換し目標組成に加えた場合の 10³ poise 温度-液相温度、及び乳白温度の変化を概算し表3にまとめた。

表2 カートリッジ各成分のガラス特性に及ぼす影響
ガラス組成とその特性

	目標組成	Al ₂ O ₃ ↓	B ₂ O ₃ ↓	CaO →0	BaO →0	ZnO →0	Li ₂ O ↓	Li ₂ O →0
組成 (wt%)								
SiO ₂	60.2	62.2	62.2	64.2	64.2	62.2	62.2	64.2
Al ₂ O ₃	4.8	2.8	2.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
B ₂ O ₃	19.0	19.0	15.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
CaO	4.0	4.0	4.0	0	4.0	4.0	4.0	4.0
BaO	4.0	4.0	4.0	4.0	0	4.0	4.0	4.0
ZnO	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0	4.0	4.0
Li ₂ O	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	2.0	0
特性								
10 ³ poise 温度 (°C)	1084	1105	1148	1167	1141	1137	1238	1492
液相温度 (°C)	1012	1054	1098	974	977	1025	988	N.D
乳白温度 (°C)	922	1050	922	837	924	920	1013	1166
10 ³ poise 温度 -液相温度 (°C)	72	51	50	193	144	112	250	大

表3 ガラス組成 各成分の紡糸性への影響
(SiO₂ 1%を置換した時の特性変化)

	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	CaO	BaO	ZnO	Li ₂ O
10 ³ Poise 温度-液相温度 (°C)	+11	+6	-30	-18	-10	-89
乳白温度 (°C)	-64	0	+21	0	0	-61

この結果より、紡糸性が良く乳白しにくいガラス繊維組成を得るには、ガラス組成中の CaO を減少させ Al₂O₃ を増加させればよいことがわかる。すなわち、無機質バインダーには、CaO が多く含まれるほうが好ましく、Al₂O₃ になるべく少ないほうがよいことがわかった。

3.3 無機質バインダーの開発

無機質バインダーを検討するために市販されている各種の無機接着剤を調査した無機接着剤は、一般に、結合剤、硬化剤、骨材から成っている。ガラス繊維シートに用いられる無機質バインダーは、抄造工程でガラス繊維に添加され、乾燥工程で硬化して接着力を得られるものでなければならない。ガラス繊維に用いることのできる接着剤は、ケイ酸アルカリ（水ガラス）及びリン酸塩系の結合剤をもつに限られる。これらの結合剤を用いた接着剤には、水ガラスそのものを接着剤としたもの及び、ソーダ水ガラス及びリン酸塩を結合剤としシリカやカオリン等を硬化剤、骨材としたシリカ・アルミナ系接着剤がある。水ガラスはアルカリ性が強くガラス繊維を侵食するため単独では使用できない。シリカ・アルミナ系接着剤は単独では十分な耐水性が得られなかった。この両者を混合使用することでガラス繊維シートの作製が可能となった。表4にガラス繊維シート作製に使用する接着剤の組成を示す。Na, Pがカートリッジ目標組成に含まれないために、リチウム水ガラス、及び Na, Pがなるべく少ないシリカ・アルミナ系接着剤を選んだ。

表4 無機接着剤の組成

	(weight%)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	CaO	Li ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Ig. loss
リチウム水ガラス	77.5	—	—	—	10.7	1.1	—	10.7
シリカ・アルミナ系バインダー	54.0	15.7	0.9	1.6	—	9.0	9.3	9.5

(分析値)

3.2項の結果より、紡糸性のよいガラス繊維を得るためには、無機質バインダー組成中のCaOが多いほうが好ましく、Al₂O₃が少ないほうが好ましい。Al₂O₃を減らすため、シリカ・アルミナ系バインダーの割合をなるべく少なくすることを検討した。また、バインダーに炭酸カルシウムを添加することで強度・保水性に大きな影響を与えずにバインダーにCaOを加えることができることがわかった。混合割合をリチウム水ガラス39wt%、シリカ・アルミナ系バインダー28wt%、炭酸カルシウム33wt%としたバインダーZを開発した。組成を表5に示す。

表5 バインダーZの組成

(weight%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	CaO	Li ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Ig. loss
バインダーZ	45.8	4.2	0.26	18.6	4.17	2.96	2.61	21.4

(分析値)

バインダーZを用いて模擬カートリッジを試作した。ガラス繊維としてはEファイバーを用いた。バインダーZの付着率は15wt% (Ig. loss を除く) とした。作製した模擬カートリッジの特性を表6に示す。

表6 模擬カートリッジの特性

		模擬カートリッジ	開発目標
最大保水量 (l/kg-カートリッジ)		4.9	2.5
圧縮強度 (kg)	乾燥時	63	-
	最大保水時	46	-

ここで、最大保水量とは、カートリッジを水中に浸し引き上げ5分間放置したのち重量を測定し、前後の重量差から求めた保水量である。圧縮強度とは、カートリッジの両端面に強度試験機で荷重をかけ変位荷重曲線を求めて変位が飽和したところの荷重である。表6から、カートリッジの最大保水量はPNC殿より与えられた開発目標を満たしている。また、圧縮強度も満足できるものである。

3.4 バインダーZを使用した場合のガラス繊維の紡糸性の検討

バインダーZを用いてカートリッジを作製した場合のガラス繊維の特性を紡糸性の点から検討した。表7にバインダーZを付着率15wt% (Ig. loss を除く) で用いた場合のガラス繊維組成Bを示す。組成Bは次のようにして求めた。バインダーZ組成に付着率0.15を掛け、カートリッジ中のバインダーに由来する組成 (表7、予想組成の内わけ・バインダー組成Z) を求める、目標組成からZ組成を引いたのち100%に換算した組成がガラス繊維組成Bとなる。

ガラス繊維組成Bの 10^3 poise 温度-液相温度は 193℃であり、失透性に関しては問題ない。乳白温度も比較的低い。バインダーZを用いた場合のガラス繊維組成Bは、紡糸性が良好で乳白性も低いと判断できた。また、カートリッジに含まれる不純物 Na₂O、P₂O₅ はいずれも許容範囲 (Na₂O 1wt%、P₂O₅ 0.6wt%) 以内である。

表7 バインダーZを用いたカートリッジの組成

組成 (wt%)	目標組成	バインダー Z	ガラス 繊維 B	カートリッジ 予想組成		
				全組成	内 分 け	
					バインダー Z	ガラス繊維
SiO ₂	60.2	58.3	60.0	59.8	8.7	51.1
Al ₂ O ₃	4.8	5.3	4.6	4.7	0.8	3.9
B ₂ O ₃	19.0	0.3	22.0	18.7	-	18.7
CaO	4.0	23.7	0.5	4.0	3.6	0.4
BaO	4.0	-	4.6	3.9	-	3.9
ZnO	4.0	-	4.6	3.9	-	3.9
Li ₂ O	4.0	5.3	3.7	3.9	0.8	3.1
Na ₂ O	-	3.8	-	0.6	0.6	-
P ₂ O ₅	-	3.3	-	0.5	0.5	-
特 性						
10 ³ poise 温度 (°C)			1131			
液相温度 (°C)			938			
乳白温度 (°C)			842			
10 ³ poise 温度 -液相温度 (°C)			193			

(バインダー組成 ; lg. loss を除く)

3.5 まとめ

リチウム水ガラス 39wt%、シリカ・アルミナ系バインダー 28wt%、炭酸カルシウム33wt%の割合で混合したバインダーZを開発した。バインダーZを用いた模擬カートリッジは十分な強度・保水性を有した。バインダーZを用いた場合のガラス繊維組成Bは、紡糸性、乳白性ともに良好であった。

4 集束剤の開発

水中分散性の良いチョップドストランドを得るために、ガラス繊維に塗布する集束剤の開発を行った。集束剤の主成分である結束剤と分散潤滑剤の検討を行った。

4.1 結束剤の検討

各種の結束剤を分散潤滑剤のイミダゾリン系カチオン活性剤と混合して集束剤を調合し、繊維径10μmのEファイバーに塗布して紡糸した後、13mm長のチョップドストランドを作製し、角形シートマシンで抄紙した。この抄紙試験において次の項目を評価した。

- 1)調合作業性、2)紡糸作業性、3)ケーキ保持、4)ストランド解舒性、5)毛羽立ち、滑性、6)水中分散性

1)~5)については、A~Cの3点法（Aが良）、6)については5~1の5点法（5が良）で評価した。評価結果を表8に示す。

表8 結束剤の評価結果

試料	評価項目 調合作業性	紡糸 作業性	チョップ作業性		毛羽立 ち滑性	水中分 散性
			ケキ保持	解舒性		
ポリエチレンオキサイド	B	B	C	C	A	4
アクリル系酢酸ビニル共重合体	B	B	B	A	A	5
ポリビニルアルコール酢酸ビニル共重合体	C	B	A	B	A	4
メチルセルロース	C	B	B	A	A	5
アクリル酸エステル共重合体	A	B	A	A	B	1

調合作業性から水中分散性までの総合評価として、アクリル系酢酸ビニル共重合体が最も優れていることがわかった。

4.2 分散潤滑剤

結束剤にアクリル系酢酸ビニル共重合体を用い、4.1項と同様の抄紙試験を行って各種の分散潤滑剤の評価を実施した。評価結果を表9に示す。

表9 分散潤滑剤の評価結果

試料	評価項目 調合作業性	紡糸 作業性	チョップ作業性		毛羽立 ち滑性	水中 分散性
			ケキ保持	解舒性		
イミダゾリン系カチオン活性剤 モノアルキル第4級	A	B	B	B	A	5
アンモニウム塩カチオン活性剤 ジアルキル第4級	B	B	B	B	A	5
アンモニウム塩カチオン活性剤 ポリオキシエチレン・ラウリルエーテル	B	B	A	B	C	1
ポリオキシエチレン・オレイルエーテル	C	B	A	B	C	1
ポリオキシエチレン・ドデシルエーテル	B	B	B	B	C	1
ポリオキシエチレン・アミド	B	B	A	B	C	1
アルキルスルホコハク酸塩 カチオン系混合活性剤	B	B	A	B	C	1
アルキルベンジル4級 アンモニウム塩カチオン活性剤	B	B	B	B	B	1
アルキルベタイン型両性活性剤	A	B	B	B	B	1
	C	B	B	B	B	3

分散潤滑剤としては、イミダゾリン系カチオン活性剤が優れていることがわかった。

4.3 集束剤付着率の検討

集束剤濃度を変えて集束剤付着率の異なるストランドを作製し抄紙試験を実施した。結束剤にはアクリル系酢酸ビニル共重合体、分散潤滑剤にはイミダゾリン系カチオン活性剤を用いた。評価結果を表10に示す。

表10 集束剤付着率の評価結果

集束剤 付着率 (wt%)	調 合 作業性	紡 糸 作業性	チョップ作業性		毛羽立 ち滑性	水 中 分散性
			ケキ保持	解舒性		
0.03	B	B	B	B	B	5
0.07	B	B	B	B	B	5
0.15	B	B	B	B	A	5
0.25	B	B	A	B	A	3

付着率を0.15wt%以下にすることによって良好な水中分散性、作業性が得られた

4.4 まとめ

各種の結合剤、分散潤滑剤を用いて抄紙試験を行った。その結果、結束剤としてはアクリル系酢酸ビニル共重合体、分散潤滑剤としてはイミダゾリン系カチオン活性剤が優れていることがわかった。この両成分を用いた集束剤の検討を行ったところ、付着率0.15wt%以下で良好な水中分散性、作業性が得られた。

5. カートリッジの製造

上記の検討結果に基づいてカートリッジを製造した。

ガラス繊維の製造は、まずガラス繊維組成Bのムク棒ペレットを作製し、これを白金ブッシング炉で再熔融し紡糸した。ムク棒ペレットは、猫場でガラスを熔融し手捲き方式で直径7~8mmのムク棒を成形し、5cm程度の長さに切断して製造した。紡糸には直径1.3mmのノズル800本をもつ白金ブッシング炉を使用した。ノズル径が小さかったために、フィラメント繊維径は10μmとなった。紡糸した長繊維をドラムカッターを用いてカットし、チョップドストランドを作製した。カット長は抄造工程での作業性を考慮して13mmとした。次に、抄造法でガラス繊維シートを作製したシートには、バインダーZを付着率15wt%となるように塗布した。最後に、シートを70mm幅にスタリッター加工したのち、治具に巻き取って同組成のガラス糸でしばって、外径70mm、長さ70mm、重量40gのカートリッジを作製した。カートリッジは250kg製造した。

6. カートリッジの物性

6.1 測定方法

i) 最大保液量

- (1) 吸水性のない平板上に横に置いたカートリッジの上から、330ml/min. で SW-11 脱硝濃縮液（以下廃液）を注ぎ、下部にその廃液が浸出するまでの保持廃液量を測定する。
- (2) カートリッジを廃液中に浸したのち、引き上げ、数分間放置し廃液のしずくが落ちなくなり、かつ平板上に静置しても下部に廃液の浸出が見られなくなった時の保持廃液量を測定する。

ii) 加熱保液量

カートリッジに最大保液量の廃液をしみ込ませた後、100℃ に加熱してもしみ出て来ない廃液量を測定する。

iii) 圧縮保液量

- (1) 10kgの荷重をかけた状態でのカートリッジの保液量を求める。
- (2) カートリッジをガラス板上に静置し、ある一面を水平方向に押した場合に、カートリッジが移動可能になった圧力でしみ出さない保液量を求める。

iv) 加熱特性

- (1) 電気炉中で加熱した時のカートリッジの変化を 100℃～1300℃の温度範囲にわたり 200℃間隔で目視により調べる。
- (2) 所定量の廃液（2.18l/kg－カートリッジ）を浸み込ませた場合について(1)と同様の試験を行う。

v) 圧縮強度

カートリッジの両端面に荷重をかけ、圧縮強度を測定する。

vi) カートリッジ構成材の基礎物性

- (1) ガラス繊維組成及びガラスカートリッジ組成のガラスを溶融し、粘度、液相温度、アルカリ溶出を測定する。粘度は白金球引き上げ法、液相温度は白金ボート法、アルカリ溶出は JIS R 3502 に準拠して測定する。
- (2) 無機質バインダーの示差熱・熱重量分析を行う。

vii) 誘電率・誘電正接

ガラス繊維組成及びカートリッジ組成のガラスについて 1MHz で測定する。

6.2 測定結果

測定結果を表11、表12、写真1、図1に示す。

表11 カートリッジの特性

測定項目	測定値
寸法 (mm)	70×70
重量 (g)	
見かけの重量	40
有効重量 ¹⁾	38.4
かさ比重 (有効体積)	0.16
最大保液量 ²⁾ (l/kg -カートリッジ ³⁾)	
(1)	3.4
(2)	6.3
加熱保液量 (l/kg -カートリッジ ³⁾)	6.3
圧縮保液量 (l/kg -カートリッジ ³⁾)	
(1)	6.3
(2)	6.3
圧縮強度 (kg)	
カートリッジ自体	65
最大保液カートリッジ	46
所定量保液カートリッジ ⁴⁾	57

1) Igloss を除く酸化物換算値

2) SW-11 脱硝濃縮液

3) kg -カートリッジ：有効重量で $1kg$ のカートリッジ

4) 所定量： $2.18l/kg$ -カートリッジ

表12 ガラスの特性

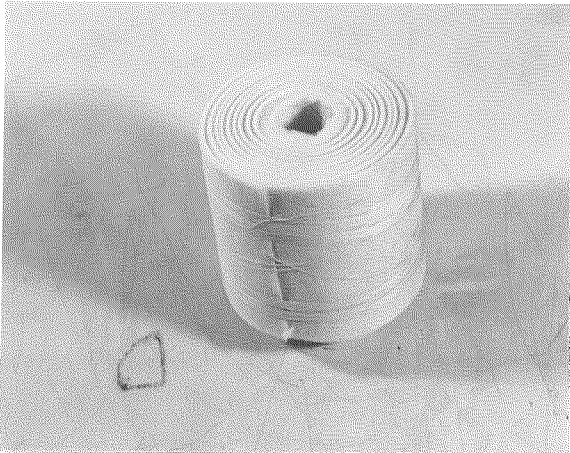
組成 (wt%)	ガラス繊維組成	カートリッジ組成
SiO ₂	60.0	59.8
Al ₂ O ₃	4.6	4.7
B ₂ O ₃	22.0	18.7
CaO	0.5	4.0
BaO	4.6	3.9
ZnO	4.6	3.9
Li ₂ O	3.7	3.9
Na ₂ O		0.6
P ₂ O ₅		0.5
特性		
比重	2.40	2.46
高温粘性		
10 ³ Poise (°C)	943	933
10 ³ Poise (°C)	1131	1102
10 ³ Poise (°C)	1260	1213
10 ³ Poise (°C)	1410	1352
液相温度 (°C)	938	1000
誘電率	4.8	6.4
誘電正接	0.0025	0.0026
アルカリ溶出		
Na ₂ O (mg)	-	0.008
Li ₂ O (mg)	0.21	0.038
ΣR ₂ O (mg)	0.21	0.046

写真1 加熱特性

(1)

100~500℃, 120分 変化なし

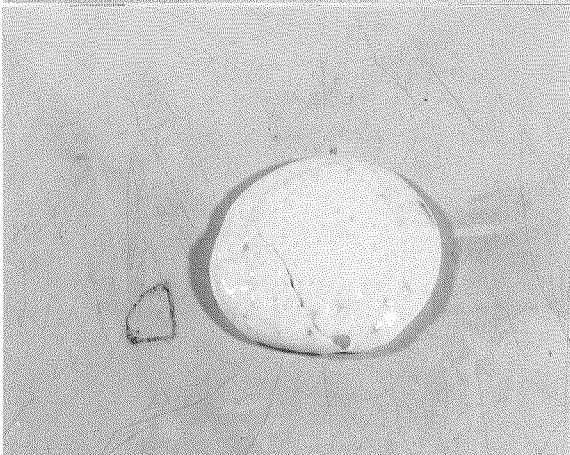
700℃
120分



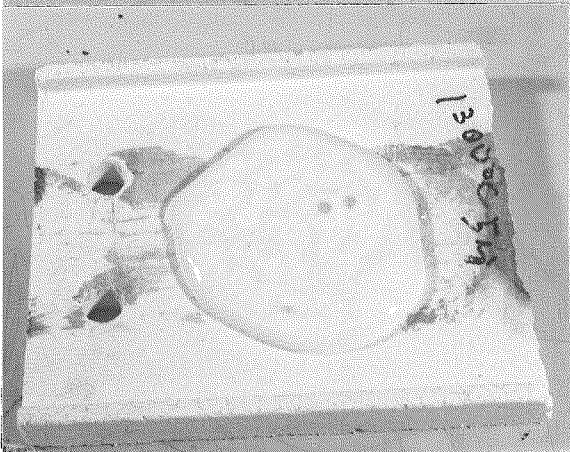
900℃
60分



1100℃
6分

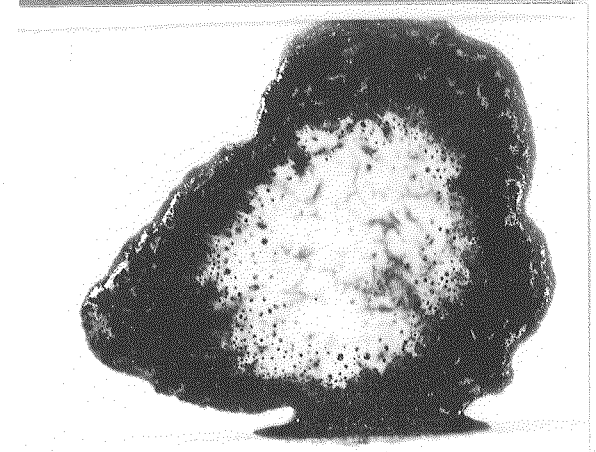
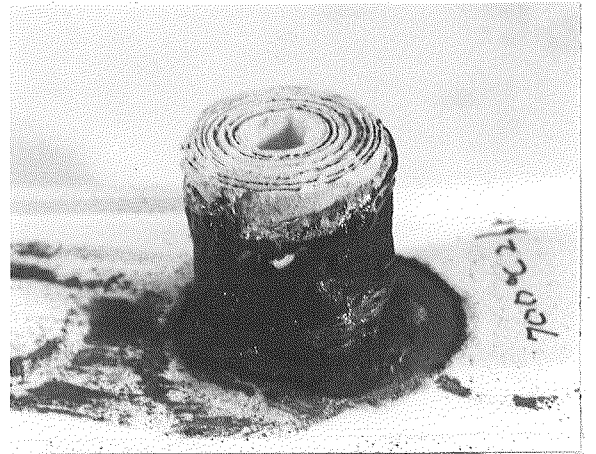


1300℃
5分



(2)

100~500℃, 120分 変化なし



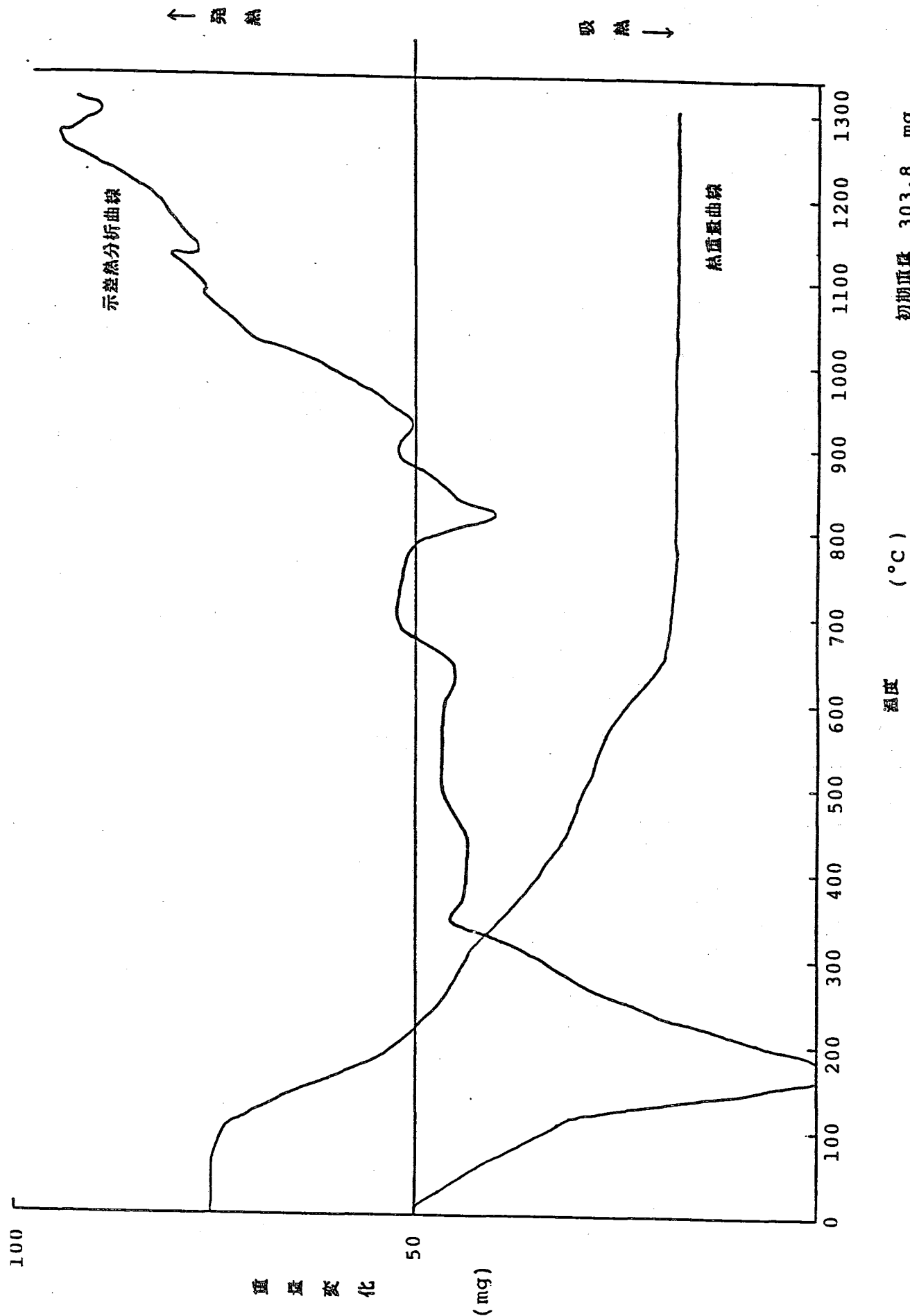


図1 熱重量・示差熱分析曲線