

本資料は 年 月 日付で

登録区分変更する。 [技術展開部技術協力課]

新型転換炉型軽水炉発電所

設計及び工事の方法の認可申請書

(第27回取替用UO₂タイプB)
(燃料集合体の製造)本文
添付書類

技術資料		
開示区分	レポート No.	受領日
P-T	N1700 97-001	1997. 2.28

この資料は技術管理室保存資料です
閲覧には技術資料閲覧票が必要です

動力炉・核燃料開発事業団 技術協力部技術管理室

平成9年1月

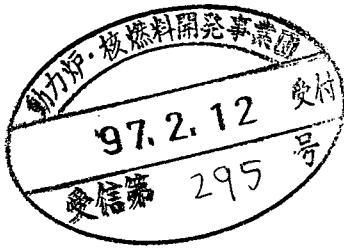
動力炉・核燃料開発事業団

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)
2001



9安(原規)第4号

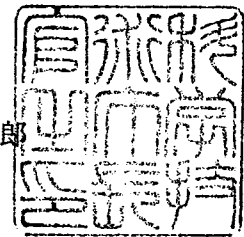
平成9年2月10日

動力炉・核燃料開発事業団

理事長 近藤 俊幸 殿

科学技術庁長官

近岡 理一郎



動力炉・核燃料開発事業団新型転換炉ふげん発電所の原子炉施設
(新型転換炉原型炉) の変更に係る設計及び工事の方法の認可について
(第27回取替用 UO_2 タイプB燃料集合体の製造)

平成9年1月22日付け8動燃(安)774をもって認可申請のあった標記の件については、
核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第27条第1項の規定に基づき認可し
ます。

8 動燃（安） 7 7 4

平成 9 年 1 月 22 日

科学技術庁長官

近岡 理一郎 殿

動力炉・核燃料開発事業団

理事長 近藤 俊幸



動力炉・核燃料開発事業団新型転換炉ふげん発電所の
原子炉施設（新型転換炉原型炉）の変更に係る設計及び
工事の方法の認可申請書

（第 27 回取替用 UO_2 タイプ B 燃料集合体の製造）

昭和 45 年 11 月 30 日付け 45 原第 7659 号をもって設置許可を受け、その後昭和 63 年 9 月 22 日付け 63 安（原規）第 300 号をもって設置変更許可を受けた原子炉施設（新型転換炉原型炉）の変更に係る設計及び工事の方法について認可を受けたいので、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 27 条第 1 項の規定に基づき、下記のとおり申請いたします。

8 動燃（安）

平成9年 1月 日

科学技術庁長官

近岡 理一郎 殿

動力炉・核燃料開発事業団

理事長 近藤 俊幸

動力炉・核燃料開発事業団新型転換炉ふげん発電所の
原子炉施設（新型転換炉原型炉）の変更に係る設計及び
工事の方法の認可申請書

（第27回取替用 UO_2 タイプB 燃料集合体の製造）

昭和45年11月30日付け45原第7659号をもって設置許可を受け、その後昭和63年9月22日付け63安（原規）第300号をもって設置変更許可を受けた原子炉施設（新型転換炉原型炉）の変更に係る設計及び工事の方法について認可を受けたいので、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第27条第1項の規定に基づき、下記のとおり申請いたします。

記

1. 名称及び住所並びに代表者の氏名

名	称	動力炉・核燃料開発事業団
住	所	東京都港区赤坂1丁目9番13号
代表者の氏名	理事長	近藤俊幸

2. 変更に係る事業所の名称及び所在地

名	称	動力炉・核燃料開発事業団 新型転換炉ふげん発電所
所	在 地	福井県敦賀市明神町3番地

3. 変更に係る原子炉施設の区分並びに設計及び工事の方法

区	分	原子炉本体
設計及び工事の方法		別紙のとおり

4. 変更の理由

新型転換炉ふげん発電所運転のため、取替燃料集合体としてUO₂タイプB燃料集合体38体を製造する。

別 紙

設 計 及 び 工 事 の 方 法

(第27回取替用UO₂タイプB燃料集合体の製造)

目 次

1. 原子炉本体の構成及び申請範囲	本－ 1
2. 準拠した基準及び規格	本－ 2
3. 設 計	本－ 3
3. 1 設計条件	本－ 3
3. 2 設計仕様	本－ 6
3. 3 溶接部の設計	本－13
4. 工事の方法	本－14
4. 1 工事の方法及び手順	本－14
4. 2 試験・検査項目及び方法	本－14
添 付 書 類	本－23

1. 原子炉本体の構成及び申請範囲

原子炉本体は、次の各設備から構成される。

- (1) 原子炉
- (2) 燃 料
- (3) 減速材
- (4) 反射材
- (5) 圧力管集合体及び圧力管出入口管
- (6) 原子炉本体支持構造物
- (7) カランドリア
- (8) 鉄水しゃへい系

上記のうち(2) 燃料は、次の各設備から構成される。

- イ. 標準燃料集合体
- ロ. 特殊燃料集合体
- ハ. 照射用36本燃料集合体
- ニ. 照射用セグメント燃料集合体
- ホ. 照射用ガドリニア燃料集合体

さらに上記イ. 標準燃料集合体は以下の4種類の燃料集合体に分類される。

- (イ) UO_2 タイプA燃料集合体
- (ロ) MOX タイプA燃料集合体
- (ハ) UO_2 タイプB燃料集合体
- (ニ) MOX タイプB燃料集合体

今回申請する範囲は、(2) の イ. 標準燃料集合体のうち (ハ) UO_2 タイプB燃料集合体
(以下「燃料体」という)である。

2. 準拠した基準及び規格

- (1) 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令
(昭和40年6月15日 通商産業省令第62号)
- (2) 発電用核燃料物質に関する技術基準を定める省令
(昭和40年6月15日 通商産業省令第63号)
- (3) 日本工業規格 (J I S)
- (4) A S M E C O D E
- (5) A S T M
- (6) A M S

3. 設 計

3.1 設計条件

3.1.1 設計基準

(1) 熱設計基準

イ. 限界熱流束 (CHF) に関しては、過渡時においても熱流束と CHF との比 (CHF R) が炉心内のいかなる点でも 1.5 以上であること。(設計目標値 1.9 以上 (定常時))

ロ. 過渡時においても燃料ペレットの最高温度は融点未満であること。

(2) 機械設計基準

イ. 燃料の燃焼期間にわたって燃料被覆管の円周方向永久ひずみが 1 % 以下であること。

ロ. 被覆管は、燃料ペレットによる支持及び内圧を無視しても、定常時及び過渡時において外圧に耐え座屈を起こさないこと。

また、外圧を無視しても被覆管は定常時及び過渡時において F P ガス等による内圧により破損しないこと。

ハ. 定常時及び過渡時において、照射効果、腐食、変動荷重等の燃料燃焼期間にわたる影響を考慮しても、被覆管の著しい損傷、過度のフレット腐食等を生じないこと。

ニ. 被覆管の応力については、ASME CODE Sec. III に準拠して応力の分類を行い、その解析結果が基準を満たしていること。

ホ. 定常時及び過渡時において予想される出力変動のもとで、被覆管は疲労による破損を起こさないこと。

3.1.2 設計条件 (定格時最大発熱チャンネル)

(1) プラント側条件

イ. 燃料体発熱量	3.93 MW/本
ロ. 冷却材流量	8.6 kg/sec
ハ. 冷却材温度 (燃料体下端)	279 °C
ニ. 冷却材温度 (燃料体上端)	286 °C
ホ. 冷却材出口蒸気重量率	26 wt%

ヘ. 冷却材圧力	72.0 kg/cm ² ・g
ト. 冷却材水質	
pH	5.5～8.5 (25℃)
電導度	1.0 μS/cm以下 (25℃)
SiO ₂	2 ppm 以下
Cl ⁻	0.2 ppm 以下
溶存酸素	0.4 ppm 以下
BO ₃ ²⁻	2.0 ppm 以下 (B量換算)
不溶性不純物	1.0 ppm 以下

(2) 核的条件

イ. 過剰反応度	0.16 Δk/k 以下
ロ. 停止余裕	0.02 Δk/k 以上
ハ. 最大線出力密度	

寿命区分 <MWd/t>	寿命初期 <0-5,000>	寿命中期 <5,000-13,000>	寿命末期 <13,000-20,000>
最大線出力密度〔定常時〕 (W/cm)	574	492	427

燃料体の設計では定常時の最大線出力密度履歴として図1の値を用いた。

二. 燃 焼 度

燃料体最高	20,000 MWd/t
燃料要素最高	23,000 MWd/t
燃料ペレット最高	29,000 MWd/t

ホ. 最大炉内滞在日数	1,500 日 (但し, 低温停止期間は含まない)
-------------	---------------------------

(3) その他の条件

イ. 耐震設計	
耐震Aクラス	
ロ. 過渡条件	

燃料体の設計で考慮する定常時及び過渡時はプラント側の条件から次のとおりとする。

状 態 \ 条 件	熱 出 力 (%)	炉内圧力 (kg/cm ² ・g)	備 考
定 常 時	100	72.0	定格運転
過渡時（圧力高）	103	82.0	タービン・トリップ （バイパス弁不作動） 負荷遮断 （バイパス弁不作動） *②
過渡時（出力高）	114	73.2	運転中制御棒引抜き *①

*② タービン・トリップ又は、負荷遮断により原子炉スクラムされるが、ここでは蒸気ドラム圧力高によるスクラムとした。

*① 定格運転中に制御棒を引き抜く際に誤操作により出力が上昇した場合、制御棒引き抜き阻止機構により 114%以上の出力の上昇が阻止される。

3.2 設計仕様

3.2.1 燃料体構造

燃料体の構造概要を図2に示す。

3.2.2 燃料体仕様

燃料体の構造を図3に示す。

(1) 燃料体の寸法及び数量

全長	$4,388^{+1}_{-5} \text{ mm}$
外径（クラスタ部）	112.9 mm以下
燃料要素間隔	1.7 mm以上。但し上・下端のスパンについては 1.6mm以上。
スペーサ取付位置	下部タイプレートより各スペーサ下端までの長さ。
第1スペーサ	$407.5^{+4.0}_{-3.0} \text{ mm}$
第2スペーサ	$827.5^{+4.0}_{-3.0} \text{ mm}$
第3スペーサ	$1,167.5^{+5.0}_{-3.0} \text{ mm}$
第4スペーサ	$1,427.5^{+5.0}_{-3.0} \text{ mm}$
第5スペーサ	$1,687.5^{+5.0}_{-3.0} \text{ mm}$
第6スペーサ	$1,947.5^{+5.0}_{-3.0} \text{ mm}$
第7スペーサ	$2,207.5^{+5.0}_{-4.0} \text{ mm}$
第8スペーサ	$2,467.5^{+5.0}_{-4.0} \text{ mm}$
第9スペーサ	$2,727.5^{+6.0}_{-4.0} \text{ mm}$
第10スペーサ	$2,987.5^{+6.0}_{-4.0} \text{ mm}$
第11スペーサ	$3,327.5^{+6.0}_{-5.0} \text{ mm}$
第12スペーサ	$3,697.5^{+6.0}_{-5.0} \text{ mm}$

曲	が	り	$\leq 3 \text{ mm}$
ね	じ	れ	$\leq 5 \text{ mm}$
製	作	数	38 体

(2) 主要部品の寸法, 数量

イ. 燃料要素

燃料要素の構造を図4に示す。

全	長	$4,045 \begin{smallmatrix} +1 \\ -3 \end{smallmatrix} \text{ mm}$
燃 料 有 効 長 さ (二酸化ウラン断熱) (ペレットを除く)		$3,700 \pm 5 \text{ mm}$
ビード外径 (下部端栓溶接部)		16.62 mm 以下
真 直 度		0.25 mm 以下
プレナム長さ(上部)		$251 \pm 13 \text{ mm}$
プレナム長さ(下部)		$24 \pm 4 \text{ mm}$
数 量		28 本/体(内層4本, 中間層8本, 外層16本)

(㊦) 二酸化ウラン焼結ペレット

二酸化ウラン焼結ペレットの構造を図5に示す。

外 径	$14.40 \pm 0.03 \text{ mm}$
高 さ	$18 \pm 1 \text{ mm}$ (調整用ペレットは $10 \pm 2 \text{ mm}$)
ディッシュ径	$8 \pm 1 \text{ mm}$
ディッシュ深さ	$0.2 \pm 0.1 \text{ mm}$
チャンファ高さ	$0.5 \pm 0.2 \text{ mm}$

(㊧) 二酸化ウラン断熱ペレット

外 径	$14.4 \pm 0.1 \text{ mm}$
高 さ	$10 \pm 1 \text{ mm}$
数 量	1 個/燃料要素

(㊨) 被覆管

外 径	$16.46 \begin{smallmatrix} + 0.00 \\ - 0.08 \end{smallmatrix} \text{ mm}$
内 径	$14.70 \pm 0.05 \text{ mm}$

肉 厚	0.80 mm以上
真 直 度	0.25 mm以下

(二) 端 栓

全 長

上部端栓

内 層 用	75.0±0.1 mm
中間層用	88.0±0.1 mm
外 層 用	75.0±0.1 mm

下部端栓

内 層 用	45.0±0.1 mm
中間層用	58.0±0.1 mm
外 層 用	45.0±0.1 mm

外 径（タイプレート挿入部）

上部端栓	8.0±0.1 mm
下部端栓	8.0±0.1 mm

ロ. スペーサ

スペーサの構造を図6に示す。

外 径	$116.7 \begin{smallmatrix} +0.2 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$ mm
高 さ	25.0±0.5 mm
要素挿入孔ピッチ	公称値±0.3 mm
数 量	12 個／体

ハ. タイプレート

上部タイプレート及び下部タイプレートの構造を図7に示す。

本 体 外 径	(上部) $115.0 \pm 0.5 \text{ mm}$ (下部) $114.0 \pm 0.5 \text{ mm}$
高 さ	(上部) $145 \begin{smallmatrix} +0 \\ -1 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ (下部) $173 \begin{smallmatrix} +0 \\ -1 \end{smallmatrix} \text{ mm}$
要素挿入孔位置	公称値 $\pm 0.08 \text{ mm}$
数 量	(上部) 1 個/体 (下部) 1 個/体

(3) 主要部品の材料

イ. 二酸化ウラン焼結ペレット

ウラン濃縮度	$1.90 \pm 0.06 \text{ wt}\%$
U 含 有 量	87.7wt%以上
O / U 比	2.00~2.02
密 度	$95.0 \pm 1.5\%$ (理論密度比)
蒸発性不純物	$60 \mu\ell / g \text{ UO}_2$ 以下
水 分	$10 \mu\ell / g \text{ UO}_2$ 以下
不 純 物	$A g \leq 10 \text{ ppm}$ $A l \leq 100 \text{ ppm}$ $B \leq 1.0 \text{ ppm}$ $C \leq 100 \text{ ppm}$ $C a \leq 200 \text{ ppm}$ $C d \leq 1.0 \text{ ppm}$ $C l \leq 25 \text{ ppm}$ $C r \leq 200 \text{ ppm}$

C u	≦	50	ppm	
F	≦	15	ppm	
F e	≦	500	ppm	
H	≦	1	ppm	
M g	≦	100	ppm	
M o	≦	300	ppm	
N	≦	75	ppm	
N i	≦	300	ppm	
P b	≦	100	ppm	
S i	≦	400	ppm	
S n	≦	20	ppm	
E B C	≦	2	ppm	(上記不純物のほう素等価濃度の合計)

ロ. 二酸化ウラン断熱ペレット

ウラン濃縮度	0.71±0.03 wt% (天然ウラン)
U含有量	87.7wt%以上
O/U比	2.00~2.02
密 度	95.0±1.5% (理論密度比)
蒸発性不純物	60 μℓ / g UO ₂ 以下
水 分	10 μℓ / g UO ₂ 以下
不 純 物	

A g	≦	10	ppm
A l	≦	100	ppm
B	≦	1.0	ppm
C	≦	100	ppm
C a	≦	200	ppm
C d	≦	1.0	ppm
C l	≦	25	ppm
C r	≦	200	ppm
C u	≦	50	ppm

F	≤	15	ppm	
Fe	≤	500	ppm	
H	≤	1	ppm	
Mg	≤	100	ppm	
Mo	≤	300	ppm	
N	≤	75	ppm	
Ni	≤	300	ppm	
Pb	≤	100	ppm	
Si	≤	400	ppm	
Sn	≤	20	ppm	
EBC	≤	2	ppm	(上記不純物のほう素等価濃度の合計)

ハ. 被覆管

ジルカロイ-2 (JIS H 4751 ZrTN 802 D)

但し、以下の仕様を追加する。

化 学 成 分

合 金 成 分 O 0.09~0.15 wt%

ニ. 端 栓

ジルカロイ-2 (ASTM B351 Grade R60802)

但し、以下の仕様を追加する。

化 学 成 分

合 金 成 分 O 0.07~0.15 wt%

ホ. スペーサ

インコネル-718

(管材: AMS 5589, 但し、機械的性質については AMS 5590による。)

(板材: AMS 5597)

へ、タイプレート

(イ) 本 体

ステンレス鋼鋳鋼 (J I S G 5121 S C S 13)

(ロ) センタリングばね

インコネル-X (AMS 5542)

(ハ) 案内リングばね

ステンレス鋼 (J I S G 4303 S U S 630)

3.3 溶接部の設計

燃料要素の被覆管と端栓の溶接については，新型転換炉原型炉の燃料要素等でこれまでに十分な設計・製造実績があるT. I. G. 溶接を採用する。

また，溶接工程においては，良好な品質で生産されるように，溶接条件を設定するとともに，実作業前に溶接試験を実施し，溶接の健全性を確認する。

4. 工事の方法

4.1 工事の方法及び手順

燃料体の製造は図 8 に示す方法及び手順で行う。

なお燃料要素の端栓溶接については以下の方法による。

燃料要素製造の際の被覆管と端栓との溶接については、溶接工程において良好な品質で生産されるように、製造者（製造メーカ）は、過去の製造実績等に基づいて、溶接条件を決定するとともに溶接試験を実施し、溶接部の健全性を評価した上で、実作業を開始する。

溶接は、経験、実績、技量等に基づいて製造者内部品質保証組織において認定された有資格者が実施する。また溶接の方法は、過去に十分実績があり、それによって性能が確認された方法で行う。具体的には次のようにして行う。

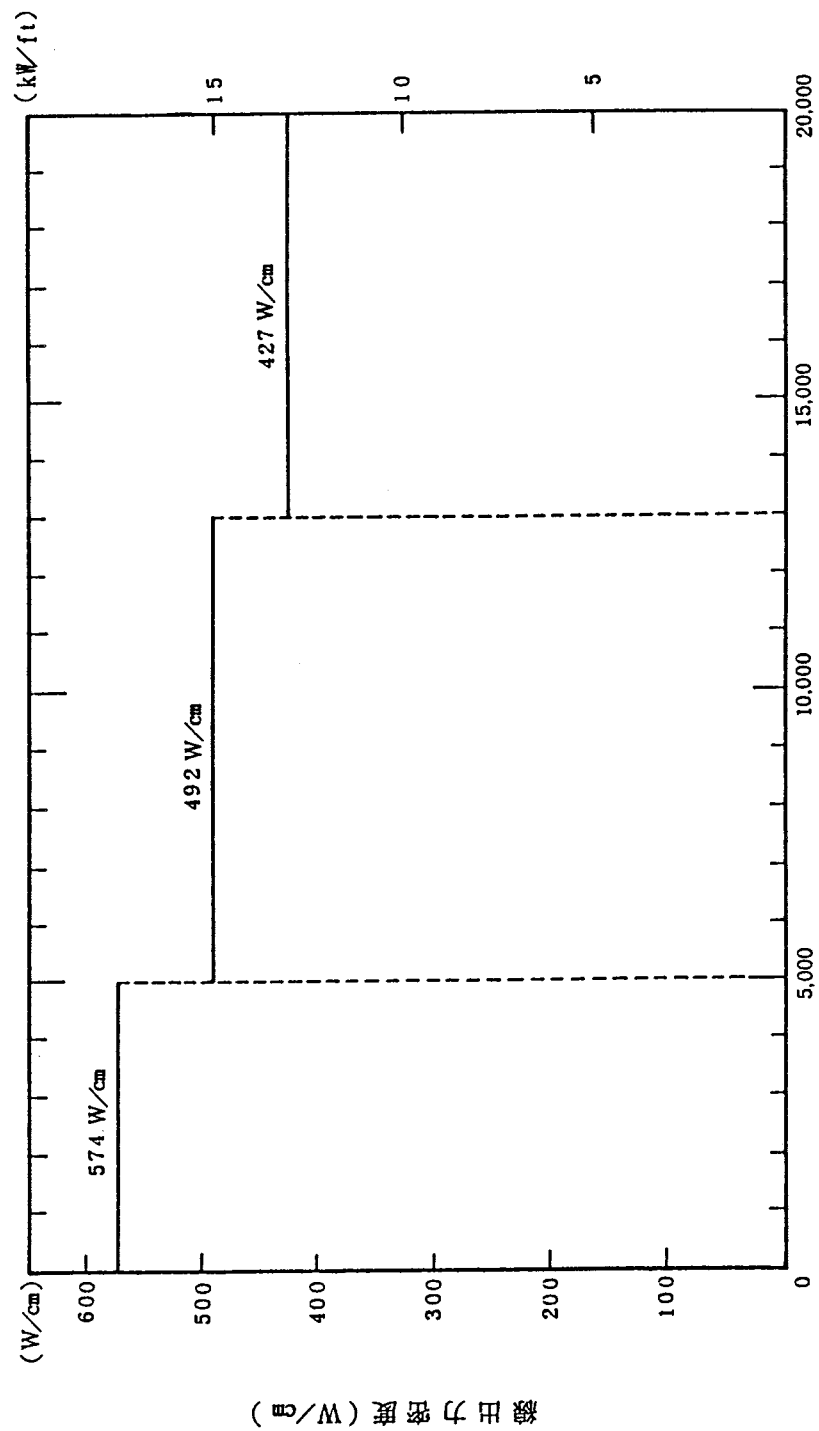
下部端栓溶接方法：下部端栓と被覆管を溶接チャンバー内に装荷し、チャンバー内を真空引き後、Heガス雰囲気 に置換して、T. I. G. 溶接をする。

上部端栓溶接方法：あらかじめ加熱乾燥された二酸化ウラン焼結ペレット，押え板付プレナムスプリング，二酸化ウラン断熱ペレット，アルミナ断熱ペレットを挿入した下部端栓付き被覆管と上部端栓を溶接チャンバー内に装荷し、チャンバー内を真空引き後、Heガス雰囲気（ $1\text{ kg/cm}^2 \cdot \text{a}$ ）に置換してT. I. G. 溶接する。

4.2 試験・検査項目及び方法

燃料体の製作に係る試験・検査は図 8 に示す各工程に従い、次の項目について実施する。

- (1) 材料検査
- (2) 外観検査
- (3) 寸法検査
- (4) 密度検査
- (5) 溶接部検査
- (6) 漏洩検査
- (7) 表面密度検査
- (8) 構成確認検査



燃料体平均燃焼度 (MWd/t)

図1 最大線出力密度履歴 (定常時)

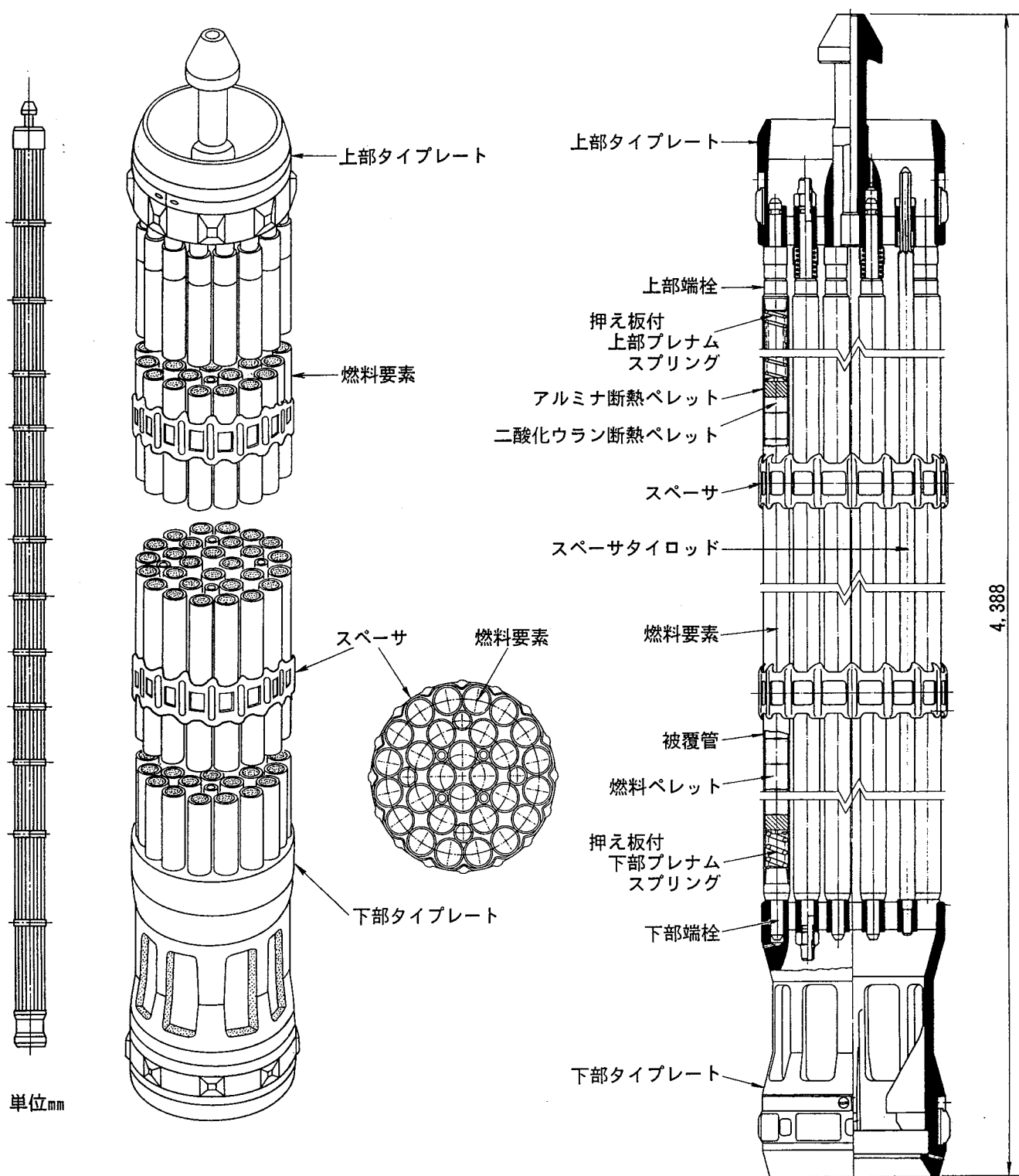
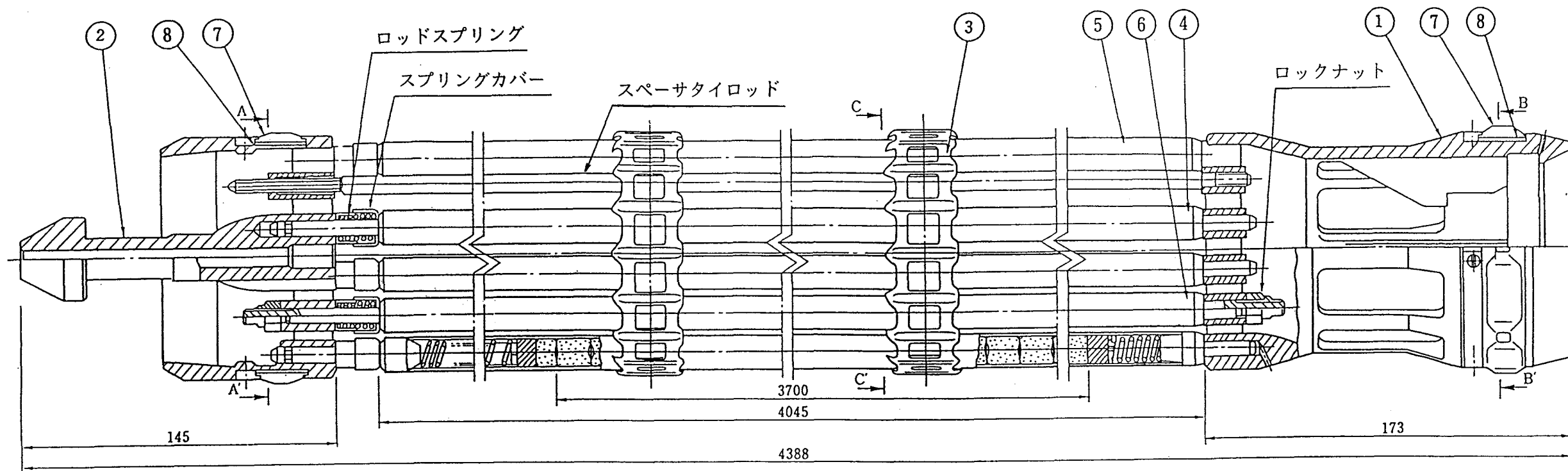
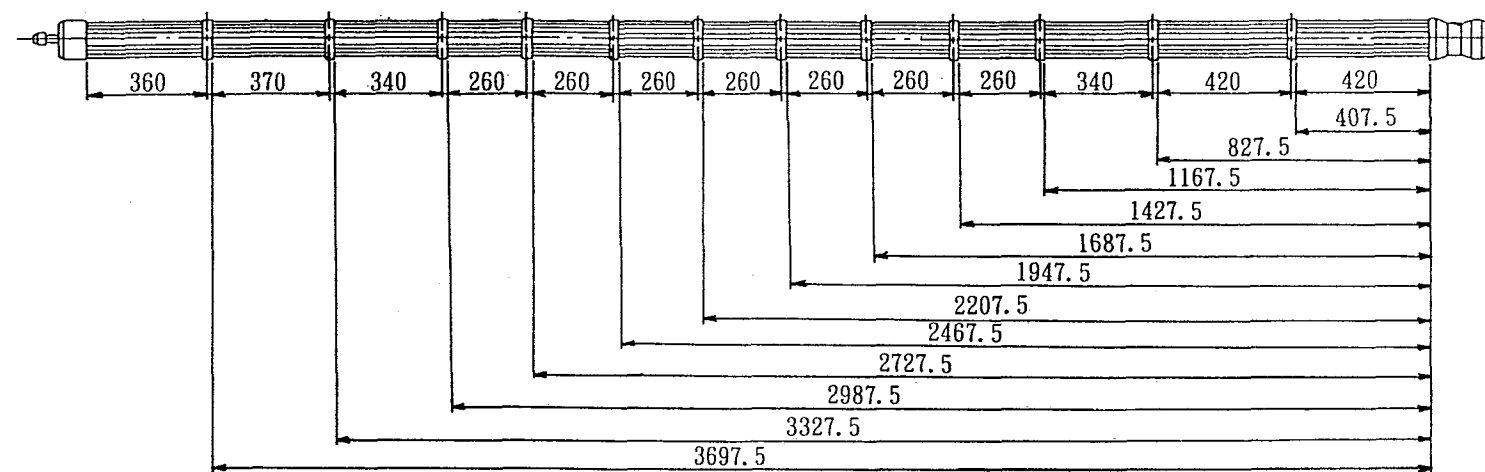


図 2 燃 料 体 構 造 図



単位 : mm



縮尺図

8	センタリングばね	インコネル-X	2
7	案内リングばね	SUS630	2
6	燃料要素 (中間層)		8
5	燃料要素 (外層)		16
4	燃料要素 (内層)		4
3	ス ペ ー サ	インコネル-718	12
2	上部タイプレート	SCS13	1
1	下部タイプレート	SCS13	1
品番	品 名	材 質	個 数

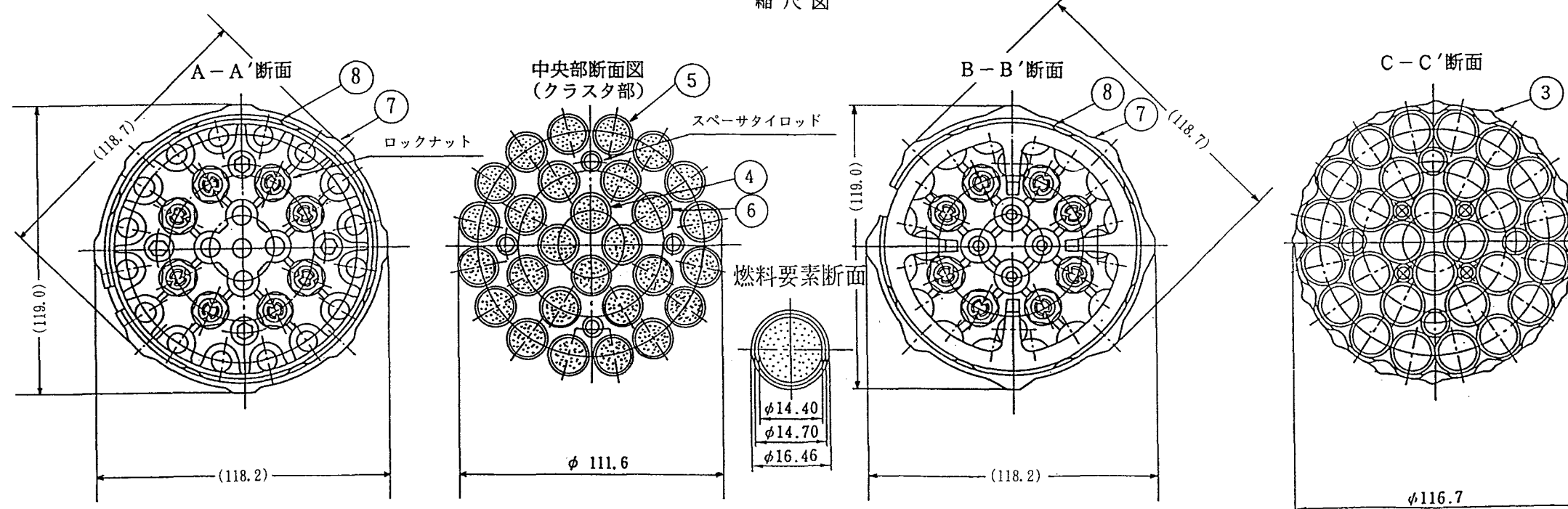
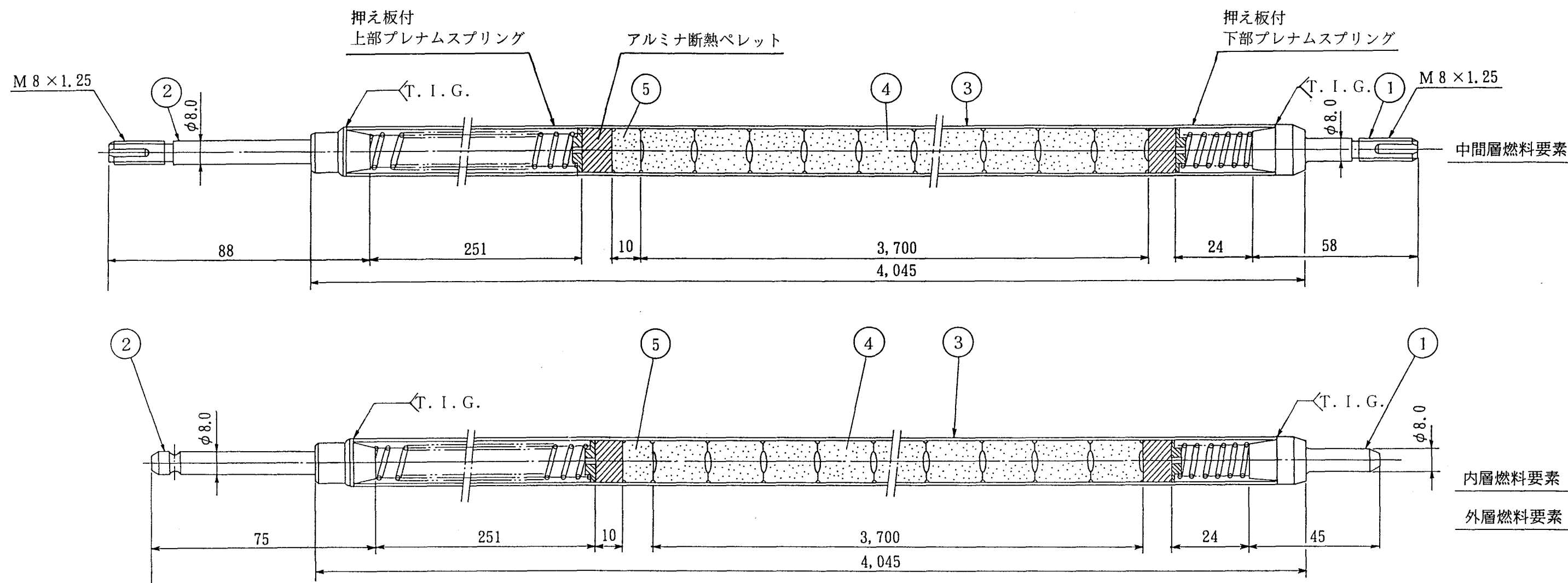


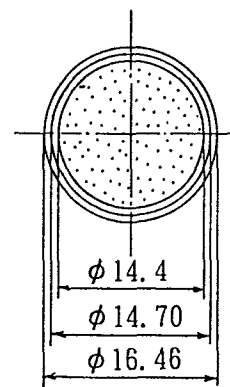
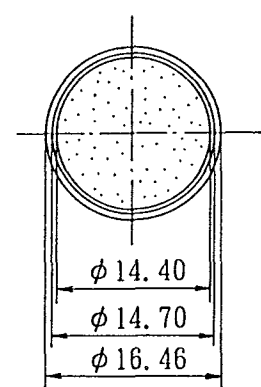
図 3 燃料体組立図



単位：mm

燃料部断面

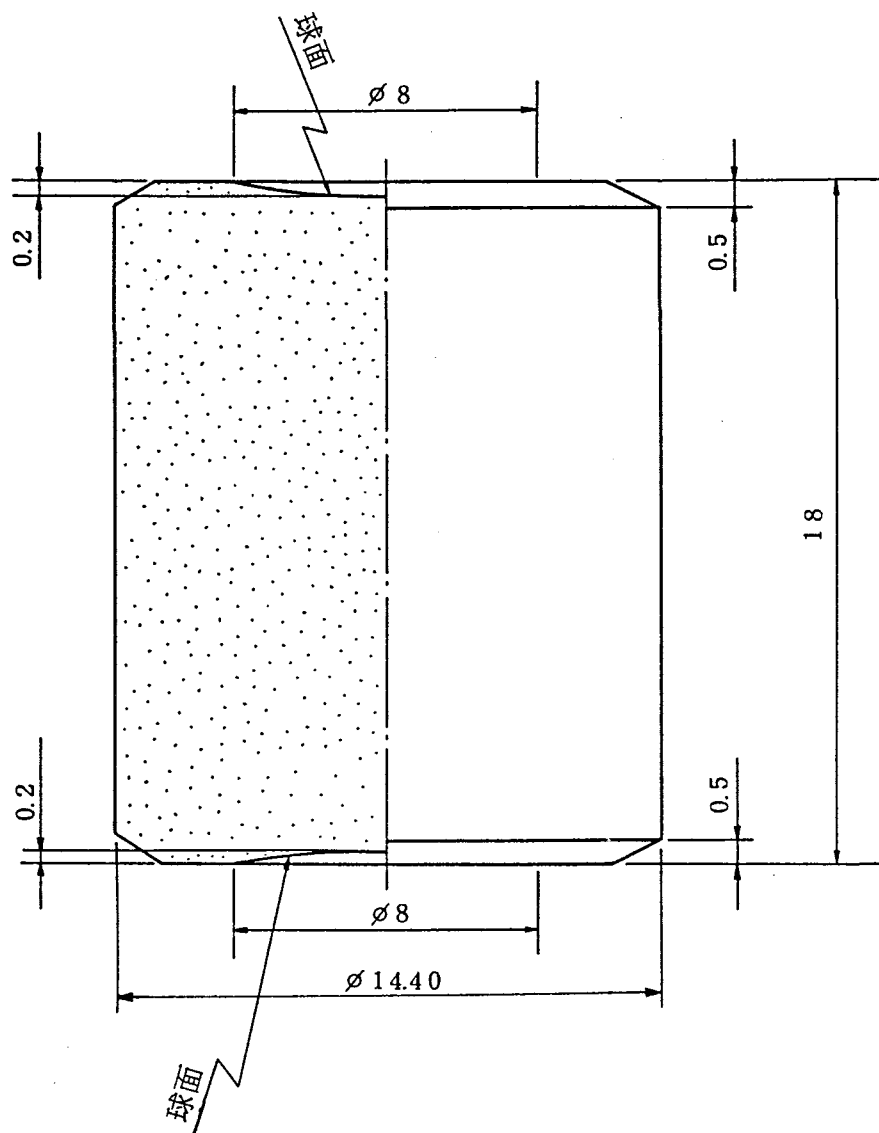
二酸化ウラン断熱ペレット部断面



下表の□ ②は個数を示す。
燃料ペレット個数は、燃料有効長さで規定する。

1	1	5	二酸化ウラン断熱ペレット	天然ウラン
*	*	4	二酸化ウラン焼結ペレット	UO ₂
1	1	3	被覆管	ジルカロイ-2
1	1	2	上部端栓	ジルカロイ-2
1	1	1	下部端栓	ジルカロイ-2
8	20	個数	品番	品名
中間層燃料要素	内層・外層燃料要素	仕		材質

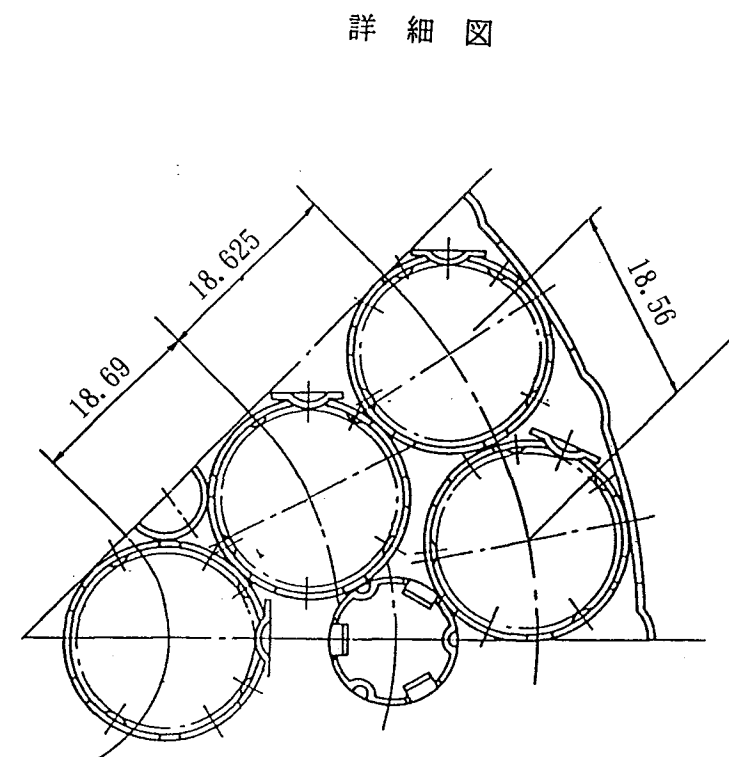
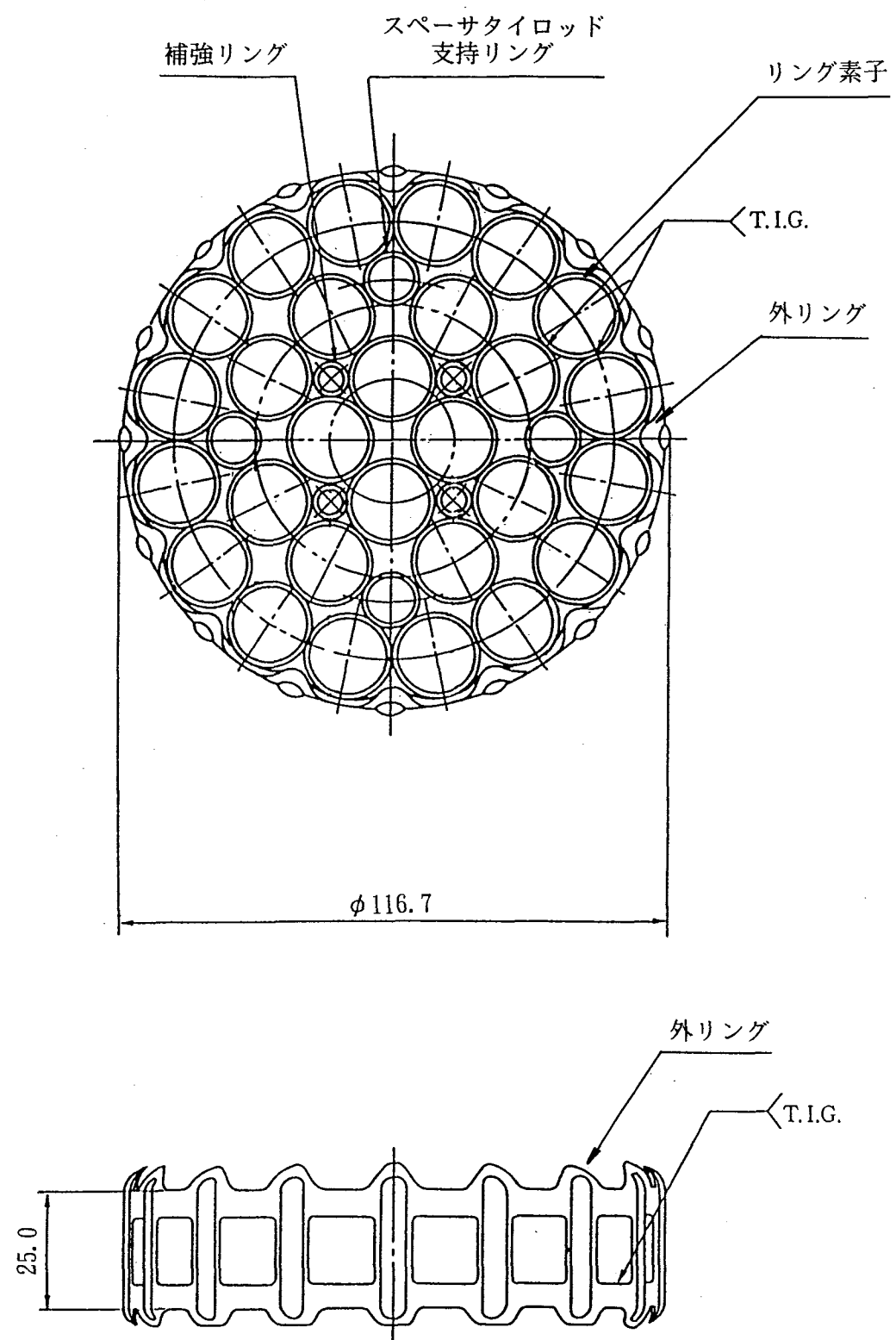
図4 燃料要素構造図



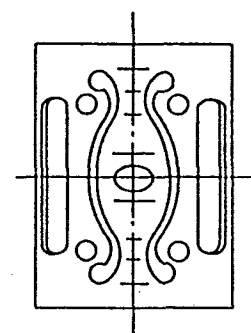
単位：mm

ペレット	U O ₂
品 名	材 質

図 5 燃 料 ペ レ ッ ト 構 造 図



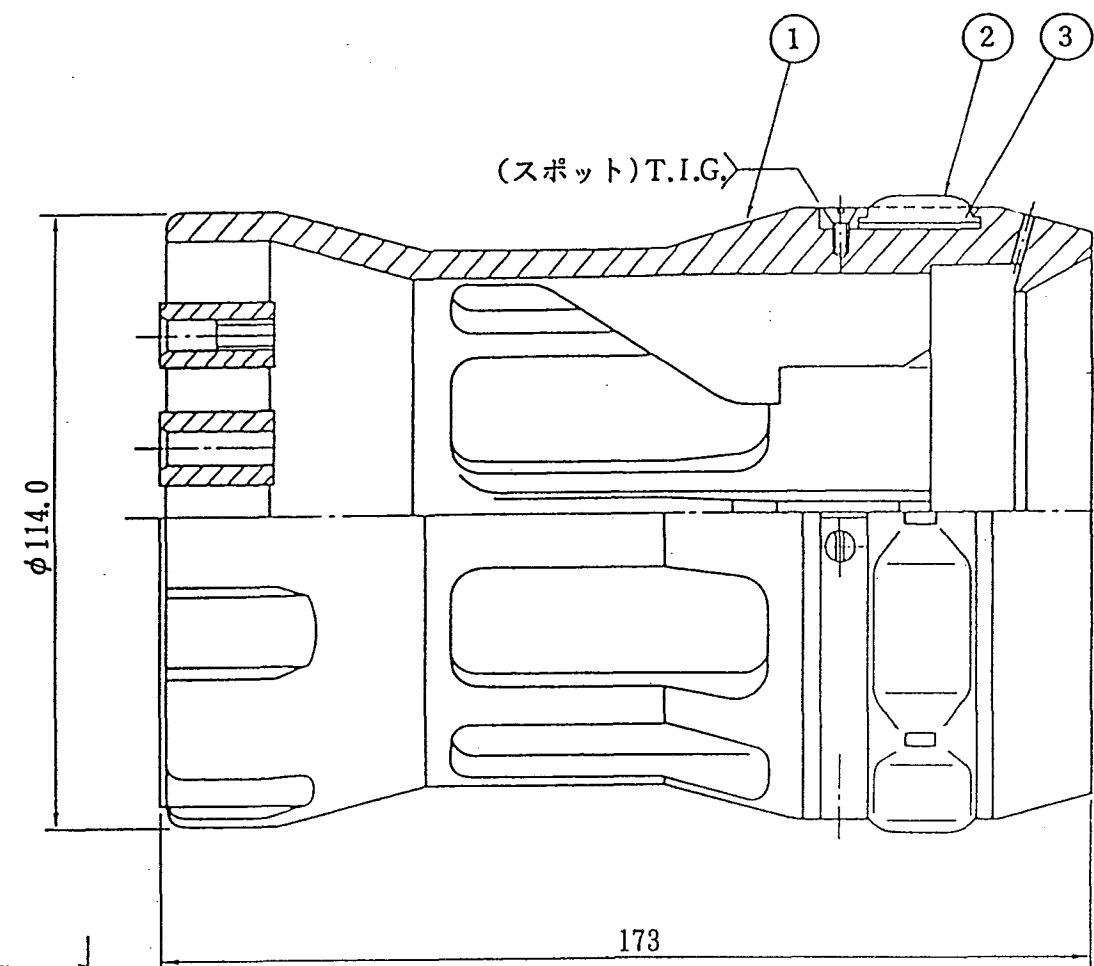
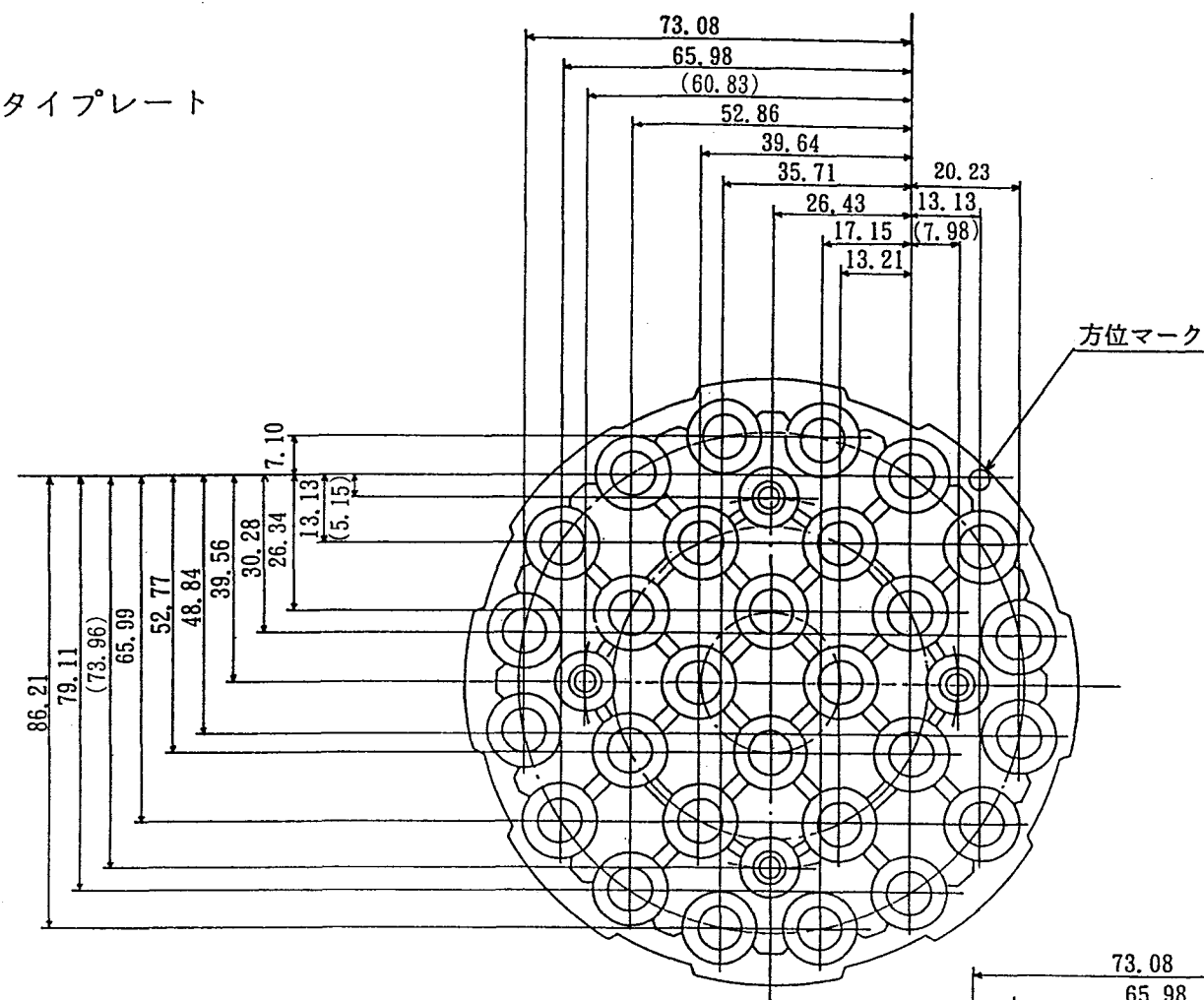
単位 : mm



リング素子図

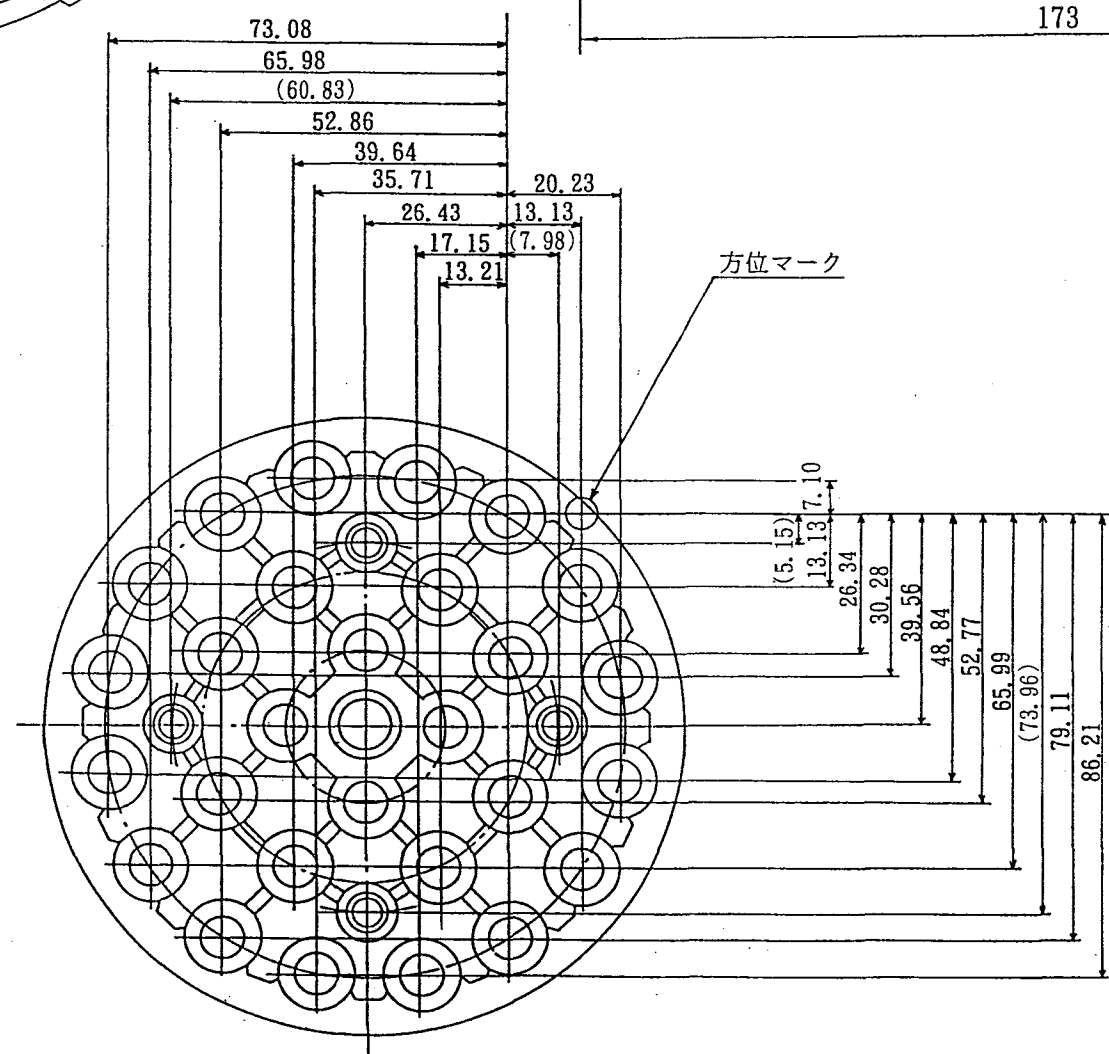
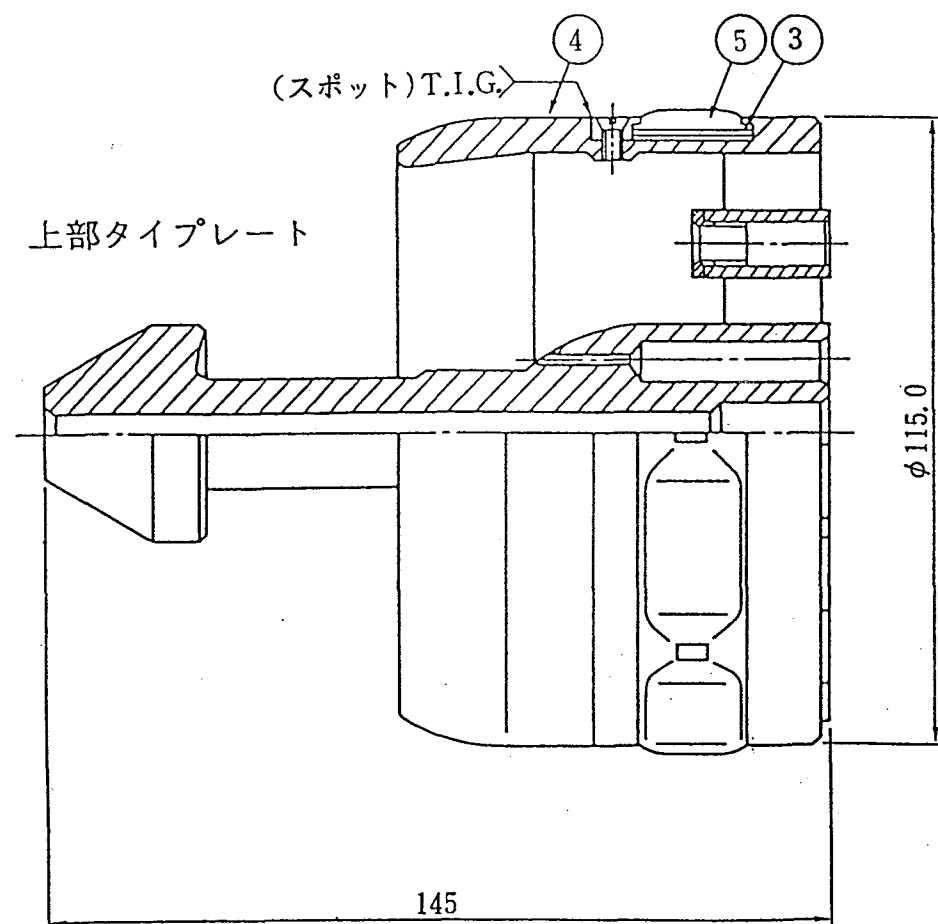
図 6 スペーサ構造図

下部タイプレート



単位：mm

上部タイプレート



5	案内リングばね	SUS630
4	上部タイプレート	SCS13
3	センタリングばね	インコネル-X
2	案内リングばね	SUS630
1	下部タイプレート	SCS13
品番	品名	材質

図7 上部及び下部タイプレート構造図

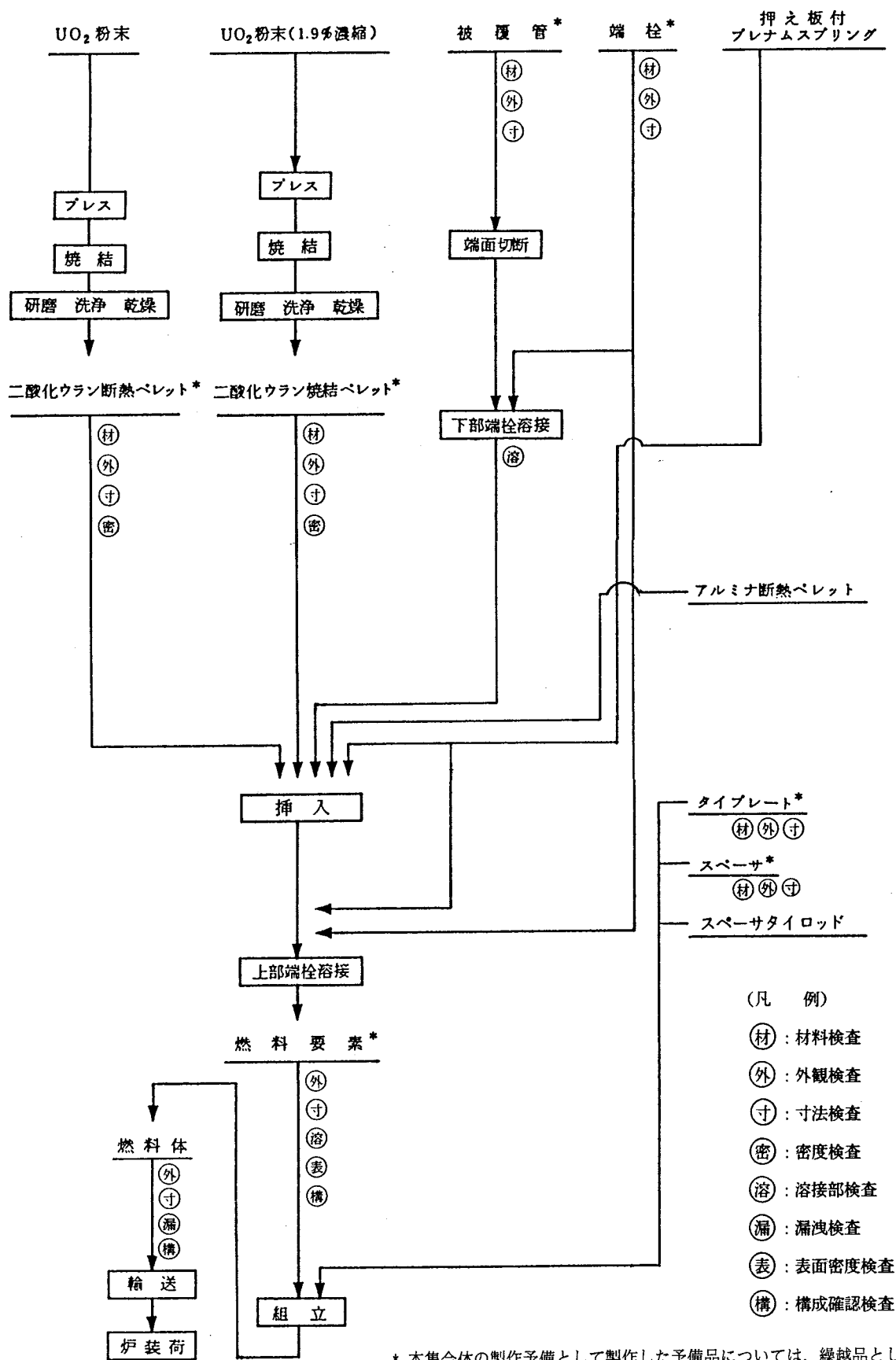


図 8 燃料体の製造に係る工事の方法及び手順

添 付 書 類

(1) 添付計算書

イ. 圧力容器，熱交換器，管等の耐圧強度

強度計算書に関しては， UO_2 タイプB燃料集合体の製造〔2 安（原規）第 111号〕（平成2年5月22日認可）に記載されているとおりである。

ロ. 燃料体，減速材等の耐熱，耐放射線等の強度

耐熱性，耐放射線性及び耐腐食性に関する説明書については， UO_2 タイプB燃料集合体の製造〔2 安（原規）第 111号〕（平成2年5月22日認可）に記載されているとおりである。

ハ. 放射線しゃへい

該当項目なし

ニ. 原子炉施設の耐震性

強度計算書に関しては， UO_2 タイプB燃料集合体の製造〔2 安（原規）第 111号〕（平成2年5月22日認可）に記載されているとおりである。

ホ. 炉心の核的設計及び熱的設計

炉心の核的設計及び熱的設計に関する説明書については，第18回取替用 UO_2 タイプB燃料集合体の製造〔3 安（原規）第 198号〕（平成3年5月9日認可）に記載されているとおりである。

ヘ. 安全弁及び逃がし弁の吹出量

該当項目なし

ト. 核燃料物質貯蔵施設の核燃料物質の臨界防止

該当項目なし

チ. 制御設備の制御能力

該当項目なし

リ. その他長官が必要と認める事項

該当項目なし

(2) 品質保証計画

添 付 書 類

(2) 品質保証計画

本申請に係る品質保証活動は、次の規程及び計画書に従って実施する。

(1) 品質保証管理規程

(平成 4 年 4月21日 4 動燃(安) 002)

(2) 原子力施設に係る品質保証基本計画書

(昭和61年12月 2日 61動燃(安) 197)

(3) 新型転換炉ふげん発電所施設品質保証計画書

(平成 5 年 4 月20日 5 動燃(安) 008)