

大洗工学センター原子炉設置変更許可申請
(高速実験炉原子炉施設の変更)

概 要 説 明 書

平成 11 年 9 月
科学技術庁

目 次

変更の概要	1
1. D型照射燃料集合体の追加	1
2. 計測線付実験装置の追加	2
3. ナトリウムボンド型制御要素の追加	2
4. 核特性測定用要素の追加	3
5. 固体廃棄物の廃棄設備の変更	4
6. 工事計画	5
7. 変更の工事に要する資金の額及び調達計画	5

変更の概要

本原子炉設置変更許可で申請する各項目の変更の目的及び内容は、下記のとおりとしている。

1. D型照射燃料集合体の追加

(1) 変更の目的

高速炉燃料の高線出力化及び高燃焼度化に係る開発においては、多数のパラメータを設定した燃料要素の予備照射、照射途中における中間検査及び継続照射を行い燃料の基礎データ及び確証データを取得する必要がある。

このため、D型照射燃料集合体を追加し、燃料要素の予備照射および継続照射の効率化を図る。

従来、A型照射燃料集合体で燃料要素の予備照射を行う場合は、試験に必要なパラメータの数だけ燃料集合体が必要であった。また、B型照射燃料集合体で燃料要素の継続照射を行う場合は、破壊検査した燃料要素と同等の燃料要素を新たに製作する必要があった。

一方、今回新たに追加するD型照射燃料集合体は、 δ 型コンパートメントを最大18本装填できるとともに従来の γ 型コンパートメントを混在することができることから、照射燃料集合体1体で照射温度等のパラメータを最大18設定して予備照射を行うことができる。また、 δ 型コンパートメントは γ 型コンパートメント（最大5本装填）と異なり燃料要素装填数が1本であることから、中間検査に用いた破壊検査をしていない燃料要素を δ 型コンパートメントに装填して継続照射を行うことができる。

(2) 変更の内容

本変更は、高速実験炉「常陽」の燃料体である照射燃料集合体（A型照射燃料集合体、B型照射燃料集合体及びC型照射燃料集合体の3種類）に、構造が異なるD型照射燃料集合体を新たに追加するものである。

D型照射燃料集合体は、第1.1図に示すように、燃料要素をシュラウド管に装填し、シュラウド管を δ 型コンパートメント（二重の円筒状管）に納め、これらを集合体中央に設けたタイロッドの周囲に配置して全体を六角形のラッパ管に納めた構造とする。

また、従来B型照射燃料集合体で用いている γ 型コンパートメントについてもD型照射燃料集合体に装填する。

なお、 γ 型コンパートメントに装填する燃料要素は、B型照射燃料集合体に装填する燃料要素のうち、I～IV型特殊燃料要素、炭化物試験用要素、窒化物試験用要素、I～IV型限界照射試験用要素及び限界照射試験用補助要素であり、 δ 型コンパートメントに装填する燃料要素は、I～IV型特殊燃料要素、炭化物試験用

要素及び窒化物試験用要素である。

照射燃料集合体の比較を第 1.1 表に、B 型照射燃料集合体と D 型照射燃料集合体の主要仕様の比較を第 1.2 表に示す。

2. 計測線付実験装置の追加

(1) 変更の目的

冷却材の温度上昇を感知して自律的に制御棒を炉内に挿入する自己作動型炉停止機構の開発等のため、原子炉運転中または停止中に試料部を上下駆動及び落下させる機能を持たせた計測線付実験装置を追加する。

(2) 変更の内容

計測線付実験装置は、上部構造、上部案内管、下部案内管及び試料部からなり、オンライン照射データ取得のため、計測線等を炉外に引き出す構造としている。

計測線付実験装置（自己作動型炉停止機構炉内試験用）及び制御棒駆動機構との比較を第 2.1 図に示す。

上部構造は、回転プラグに据え付けられる炉心上部機構の貫通孔がある位置に取付けられ、試料部を保持・駆動するものである。

上部案内管は、炉心上部機構に位置して試料部を内包するものであり、カバーガスバウンダリや適切な遮へい機能を有する。

上部案内管のエクステンションロッドは、先端が電磁石となっており、これに吸着させることにより試料部を保持することとしている。また、この電磁石を励磁断とすることにより、試料部を落下させることができる。

下部案内管は、炉心支持板に設置され試料部とエクステンションロッドを導くもので、その下端部に試料部のダッシュラムを受けるダッシュポットを有する。

以上の上部構造、上部案内管及び下部案内管の構造は、「常陽」の制御棒駆動系（駆動部、上部案内管及び下部案内管）と同様であるが、上記エクステンションロッド先端部の構造と加速スプリング等制御棒落下を加速させる機構を持たない点が異なる。

試料部は、主に照射試料と構造材からなり、案内管内を上下に移動させることができる。試料部下端は落下時に緩衝作用を行わせるダッシュラムとなっている。

3. ナトリウムボンド型制御要素の追加

(1) 変更の目的

制御棒の長寿命化を図るため、制御要素の寿命因子であるベレットと被覆管の機械的相互作用（ACMI）の発生を遅らせることができるナトリウムボンド型制御要素を追加する。

(2) 変更の内容

制御棒は、制御要素 7 本を円形の保護管内に束ねた構造であり、上部に制御棒

駆動機構等で取り扱うためのハンドリングヘッド、下部にスクラム時の衝撃を緩和するダッシュラムが設置されている。今回の変更は、従来のヘリウムボンド型制御要素にナトリウムボンド型制御要素を加えるものである。

制御棒の構造を第 3.1 図に示す。

ナトリウムボンド型制御要素では、ACMI の発生を遅らせ使用期間を延長するため、以下の点を変更し、従来の約 3 倍の燃焼度を達成できる見通しとしている。

- ① 被覆管の外径を大きくするとともに肉厚を薄くし、吸収材と被覆管の間隙を拡げる。
- ② 吸収材と被覆管の間隙部に用いるボンド材をヘリウムからナトリウムに変更する。
- ③ 炉内装荷時に 1 次冷却材のナトリウムが充填されるため、従来一段であったベント孔を上下 2 段とし、また、中間端栓部をナトリウム流入管で貫通する構造とする。

ヘリウムボンド型とナトリウムボンド型の制御要素仕様の比較を第 3.1 表に、ベント機構部の機能の比較を第 3.2 図に示す。

制御要素は、製作時に常温・大気圧の状態ではヘリウムガスが封入される。従来のヘリウムボンド型では、ペレット装填部へのナトリウムの浸入を防ぐダイビングベル方式のベント機構を有しており、使用中 $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)^7\text{Li}$ 反応によって生成するヘリウムガスを放出することによって、内圧上昇を抑制している。

一方、ナトリウムボンド型においては、ナトリウムが上下ベント孔間の差圧によって下部ベント孔から浸入し、ナトリウム流入管を通して炭化ほう素ペレット装填部に充填される。ナトリウムの浸入により、制御要素内の封入ガスはベント管及び上部ベント孔を通して同要素外へ放出される。また、使用中の生成ヘリウムガスも同じ経路で放出されるため、従来と同様、ナトリウムボンド型制御要素においても内圧の上昇は抑制される。

4. 核特性測定用要素の追加

(1) 変更の目的

照射条件評価技術の高度化の一環として、出力分布測定等の核熱特性測定試験において使用する核特性測定用要素を追加する。

(2) 変更の内容

炉内核熱特性測定試験を行う場合にあっては、炉心燃料要素の一部を核特性測定用要素に置き換えた炉心燃料集合体を使用される。

核特性測定用要素の構造は、現行の炉心燃料要素の燃料ペレット、熱遮へいペレット及びブレナムスリーブをステンレス鋼製のダミーペレットに置換したものである。外観寸法は炉心燃料要素と同一とすることとしている。

核特性測定用要素には、ダミーペレットとダミーペレットの間に、中性子束測定用モニタ（核分裂箔、放射化箔等）、熱膨張差型温度モニタ（TED）等のモニタを装填したキャプセルが設置される。

核特性測定用要素の構造及び炉心燃料要素との比較を第 4.1 図に示す。

核特性測定用要素は、核分裂性物質を有しないため、これを炉心燃料要素と置き換えた場合、当該位置の中性子束がわずかに低下する。

このため、核特性測定用要素は、測定位置の中性子束、温度に影響を与えないよう、その装填本数は燃料集合体あたり 3 本以下に制限することとしている。

5. 固体廃棄物の廃棄設備の変更

(1) 変更の目的

原子炉施設の改造工事等に伴い発生する大型汚染機器などの固体廃棄物を日本原子力研究所大洗研究所の放射性廃棄物管理施設へ移送するまでの期間、メンテナンス建物において貯蔵するとともに、廃棄物を保管するための解体等ができるよう、メンテナンス建物の用途を変更する。

(2) 変更の内容

本変更は、高速実験炉「常陽」のメンテナンス建物において、メンテナンス建物のポンプ洗浄室の遮へい強化等を実施し、固体廃棄物貯蔵設備とするものである。

第 5.1 図に現状のメンテナンス建物と変更後のメンテナンス建物の比較を示す。

ポンプ洗浄室は、メンテナンス建物の 1 階床下から地下 2 階の吹き抜けの地下ピットであるが、下部の空スペースを用いて固体廃棄物貯蔵設備とするものである。

また、1 階メンテナンス室において、廃棄物を保管するための解体等を行うこととしている。

上記固体廃棄物貯蔵設備の容量は MK-III 改造工事に伴い発生する固体廃棄物の量を考慮して約 450m³としている。

遮へい機能については、既設のポンプ洗浄室と隣接する部屋の線量基準が、B 区域（80 μ Sv/h）であり、建物周辺の線量基準は、非管理区域（6 μ Sv/h）であることから、固体廃棄物貯蔵設備に変更した後も、これらの線量基準を満足する構造とするため、遮へい機能を強化することとしている。

また、メンテナンス建物は、耐震 B クラスとして建設されていることから、固体廃棄物貯蔵設備も耐震クラス B として設計することとしている。

6. 工事計画

工事計画を第 6.1 図に示す。

7. 変更の工事に要する資金の額及び調達計画

(1) 変更の工事に要する資金の額

(単位：百万円)

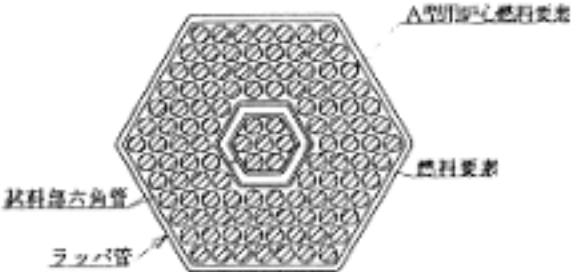
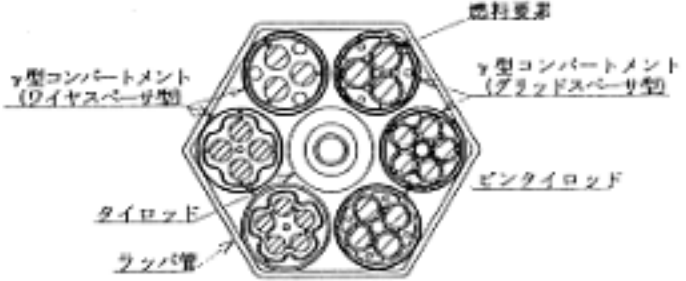
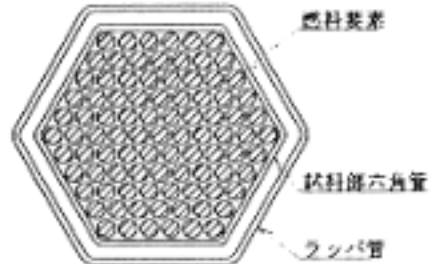
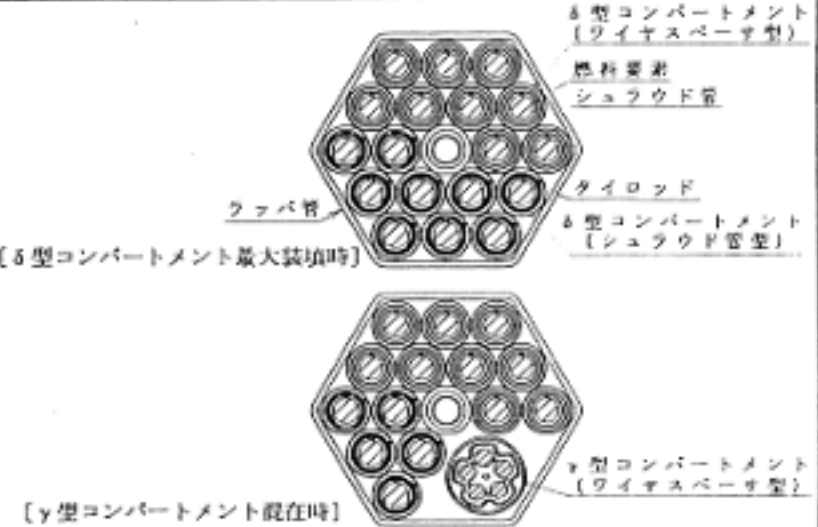
	総 額
D 型 照 射 燃 料 集 合 体 の 追 加	約 80
計 測 線 付 実 験 装 置 の 追 加	約 20
ナトリウムボンド型制御要素の追加	約 450
核 特 性 測 定 用 要 素 の 追 加	約 100
固体廃棄物の廃棄設備の変更	約 153
変 更 工 事 費 合 計	約 803

*据付け工事費のみ(製作費:約 1 5 0 百万円は日本原子力発電株式会社が負担予定)

(2) 変更の工事に要する資金の調達計画

本工事に要する資金は、核燃料サイクル開発機構法に基づく政府出資金により調達する。

第1. 1表 照射燃料集合体の比較

名 称	目 的	構 造	特 徴	断 面 形 状
A 型	・ 限界照射試験の実施 ・ 中間試験を実施し、健全性を確認した燃料要素の再装荷による照射試験の継続	・ 外観寸法は炉心燃料集合体と同一 ・ 燃料集合体中央部に試料部六角管で試料部を設け、燃料要素束またはコンパートメント（α型またはβ型）を収納	・ 燃料集合体内の燃料装荷量が多く、炉心特性への影響が小さい ・ 試料部で照射温度条件の設定が可能	
B 型	・ 高線出力試験の実施 ・ スリット付被覆管を使用したFFDL試験の実施	・ 外観寸法は炉心燃料集合体と同一 ・ 6本のγ型コンパートメント内に燃料要素を収納	・ ホットセル内での解体・組立が可能 ・ コンパートメント毎に照射温度条件の設定が可能	
C 型	・ A型、B型及びD型照射燃料集合体を活用して取得した照射データ等を基に選定した燃料の、燃料集合体規模での確証試験の実施	・ 外観寸法は炉心燃料集合体と同一 ・ ラッパ管及び試料部六角管の二重六角管構造で、試料部六角管内に燃料要素束を収納	・ 多数の燃料要素を同一の条件で照射可能	
D 型	・ パラメータ照射試験の実施 ・ 中間試験を実施し、健全性を確認した燃料要素の再装荷による照射試験の継続	・ 外観寸法は炉心燃料集合体と同一 ・ 最大18本のδ型コンパートメント内に燃料要素を収納 ・ δ型コンパートメント及びγ型コンパートメントを混在して装填することが可能	・ ホットセル内で解体・再組立が可能 ・ コンパートメント毎に照射温度条件の設定が可能 ・ 多種多様な燃料要素仕様に対応 ・ 流路構造の簡素化による照射温度の精度向上	

第1. 2表 B型照射燃料集合体との主要仕様の比較

項目	B型照射燃料集合体	D型照射燃料集合体	
	γ型コンパートメント	γ型コンパートメント	δ型コンパートメント
燃料集合体当たりのコンパートメントの個数	6本	最大6本	最大18本
コンパートメント当たりの燃料要素の個数			
Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ及びⅣ型特殊燃料要素	最大5本	同左	最大1本
Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ及びⅣ型限界照射試験用要素	最大1本	同左	—
炭化物試験用要素	最大3本	同左	最大1本
窒化物試験用要素	最大4本	同左	最大1本
高線出力試験用要素	最大4本	—	—
F F D L試験用要素	最大1本	—	—
限界照射試験用補助要素	最大3本	同左	—
燃料集合体当たりの燃料要素の個数			
Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ及びⅣ型特殊燃料要素	最大30本	同左	最大18本
Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ及びⅣ型限界照射試験用要素	最大6本	同左	—
炭化物試験用要素	最大18本	同左	同左
窒化物試験用要素	最大24本	同左	最大18本
高線出力試験用要素	最大24本	—	—
F F D L試験用要素	最大3本*1	—	—
限界照射試験用補助要素	最大18本	同左	—
燃料要素間隔保持方式	ワイヤスペーサ型及び グリッドスペーサ型	同左	ワイヤスペーサ型及び シュラウド管型
集合体全長	約297cm	同左	同左
コンパートメント外管			
材料	SUS316相当ステンレス鋼	同左	同左
外径	約26.4mm	同左	約16.4mm
肉厚	約0.6mm	同左	約0.4mm
コンパートメント内管			
材料	SUS316相当ステンレス鋼	同左	同左
内径	約22.4mm	同左	約12.8mm
肉厚	約0.6mm	同左	約0.5mm
ラッパ管			
材料	SUS316相当ステンレス鋼	同左	同左
六角外対辺長さ	約78.5mm	同左	同左
その他の部品の材料			
ハンドリングヘッド	ステンレス鋼	同左	同左
エントランスノズル	ステンレス鋼	同左	同左
タイロッド	SUS316相当ステンレス鋼	同左	同左
ピンタイロッド	SUS316相当ステンレス鋼	同左	—
シュラウド管	—	—	SUS316相当ステンレス鋼

*1 : ただし、スリット付きにあっては最大2本とする。

第3.1表 制御要素の主要な仕様

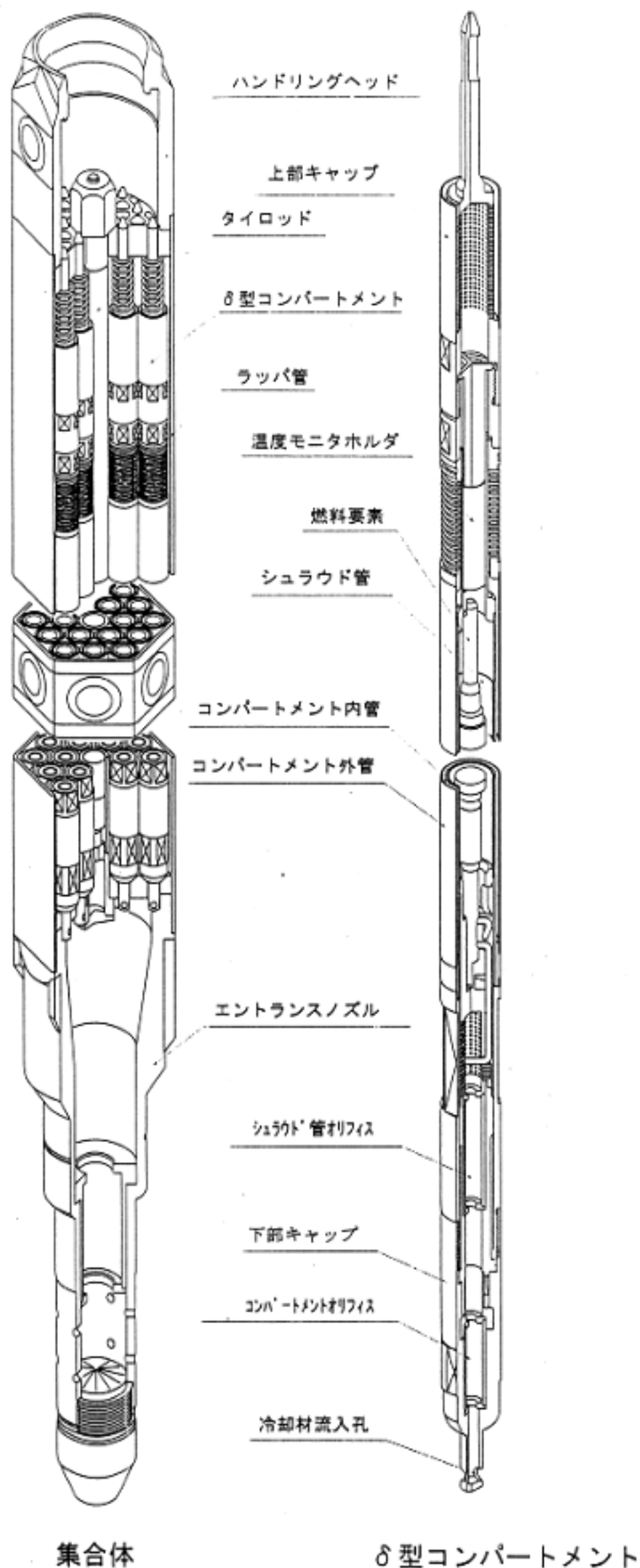
型 式	ヘリウムボンド型 (第8次取替制御棒実績)	ナトリウムボンド型 (計画値)
被覆管材料	SUS316相当ステンレス鋼	同 左
吸収材 種 類	炭化ほう素	同 左
^{10}B 濃縮度	9.0 wt%	同 左
全B量	7.7 wt%	同 左
密 度	9.0 %T.D.	同 左
シュラウド管材料	ステンレス鋼 (SUS316)	同 左
寸法 制御要素全長	1 2 7 3 mm	同 左
吸収材有効長さ	6 5 c m	同 左
吸収材ペレット外径	1 6 . 3 mm	同 左
被覆管肉厚	0 . 8 mm	0 . 5 mm
被覆管外径	1 8 . 5 mm	1 8 . 9 mm
ギャップ ^{*1}	0 . 3 mm	1 . 3 mm
スパーサワイヤ径	1 . 4 mm	1 . 1 mm
ボンド材	ヘリウム	ナトリウム
内圧調整機構	ベント型 (ダイヤフラム型)	同 左
核的寿命	1 0 ^a /o ^{*2}	同 左
機械的寿命	ACMIによる被覆管塑性歪が制限に達する燃焼度 (約 1 . 6 ^a /o ^{*2, *3})	ACMIが発生する燃焼度 (約 4 . 6 ^a /o ^{*2, *4})

* 1 シュラウド管－被覆管の間の隙間 (直径)

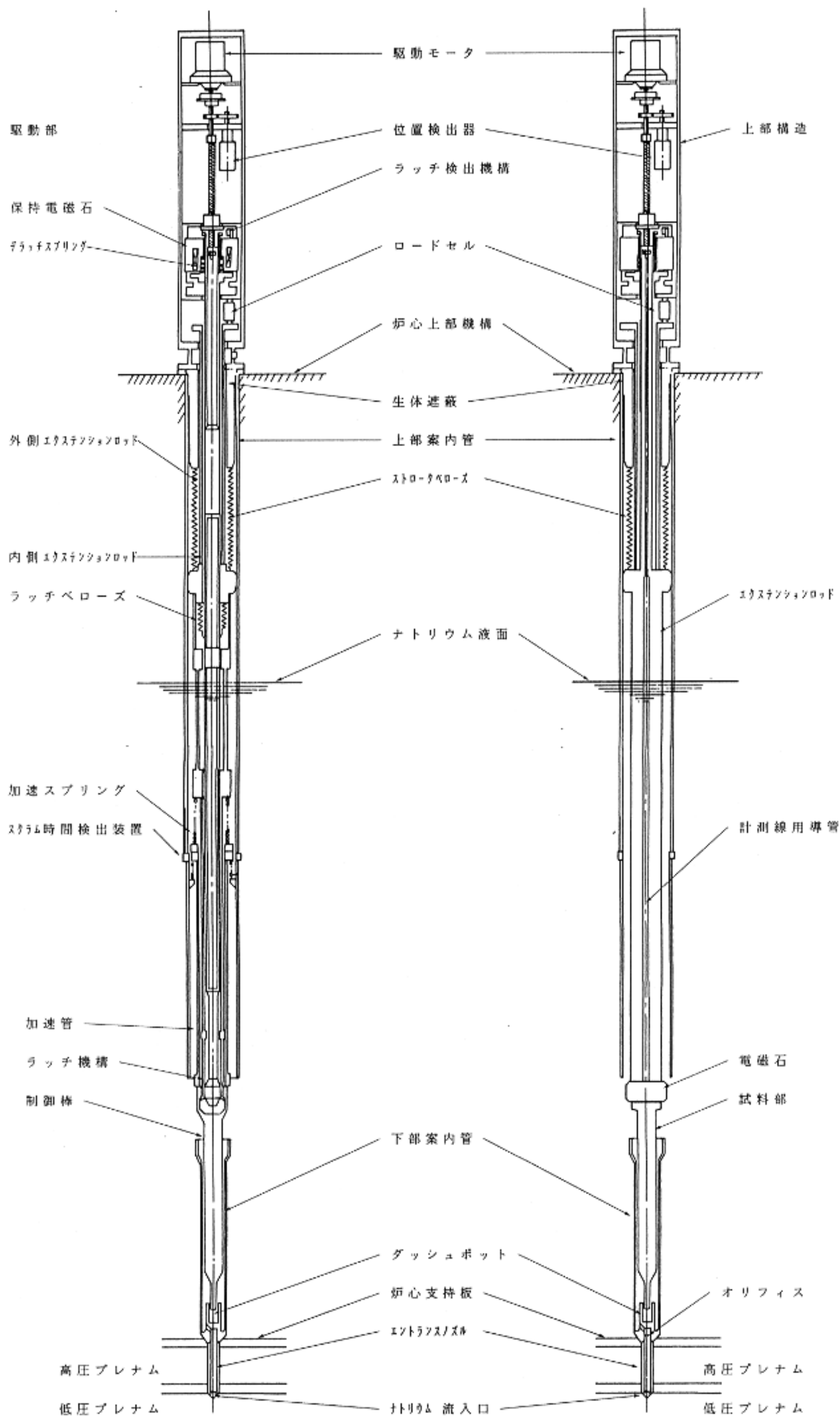
* 2 ほう素-10燃焼度 軸方向平均

* 3 「常陽」のデータに基づく設計評価値

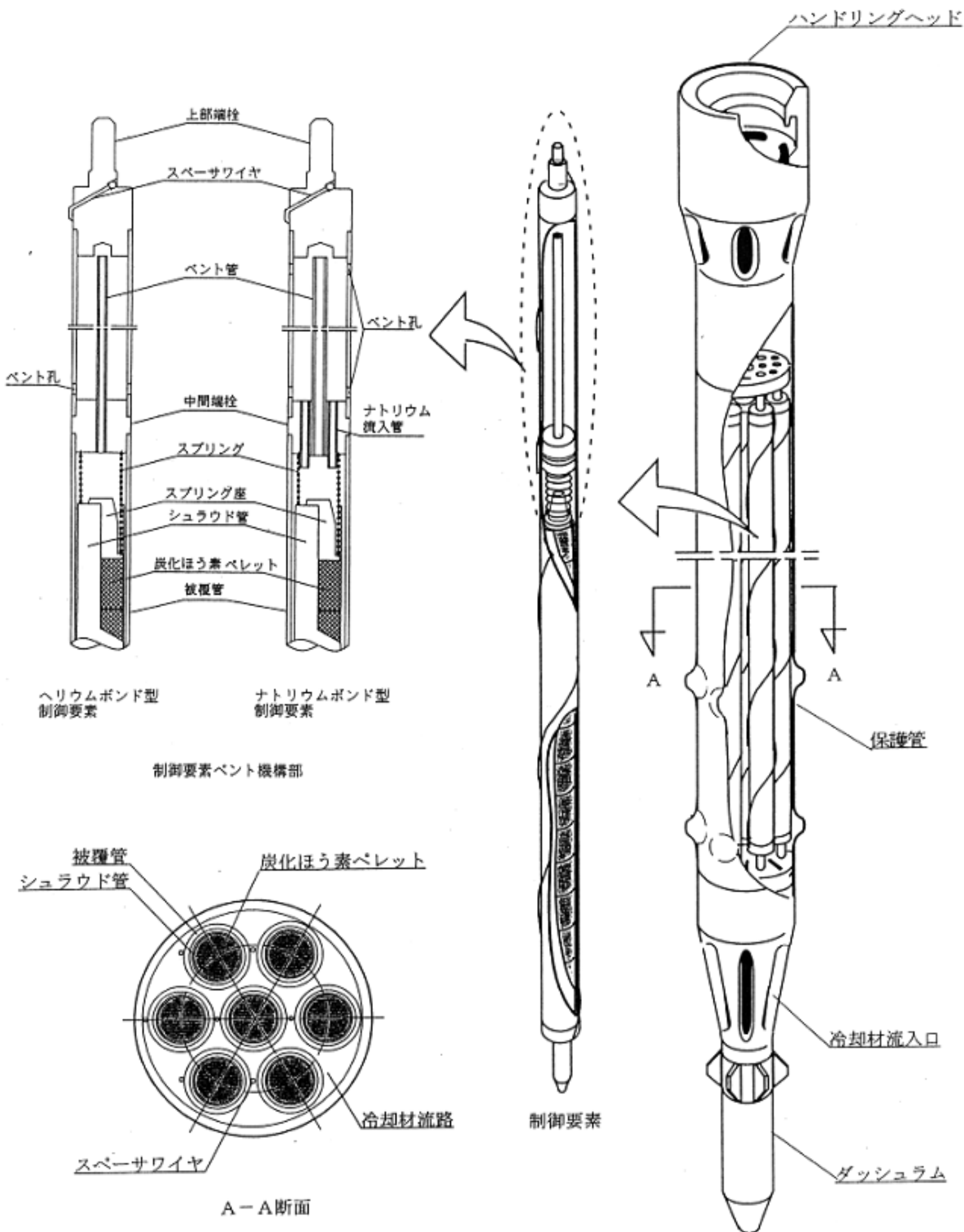
* 4 フェニックスのデータに基づく設計評価値



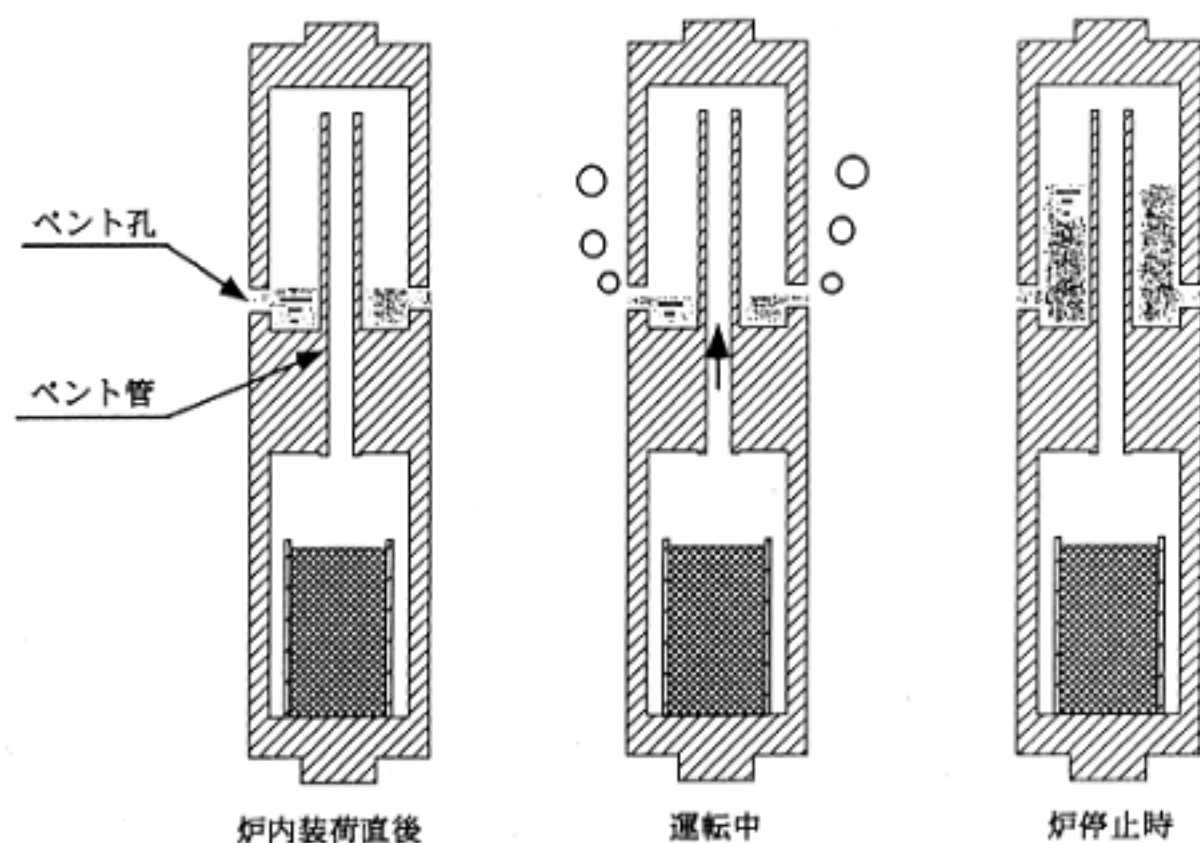
第 1. 1 図 D型照射燃料集合体の構造 (δ 型コンパートメント最大装填時)



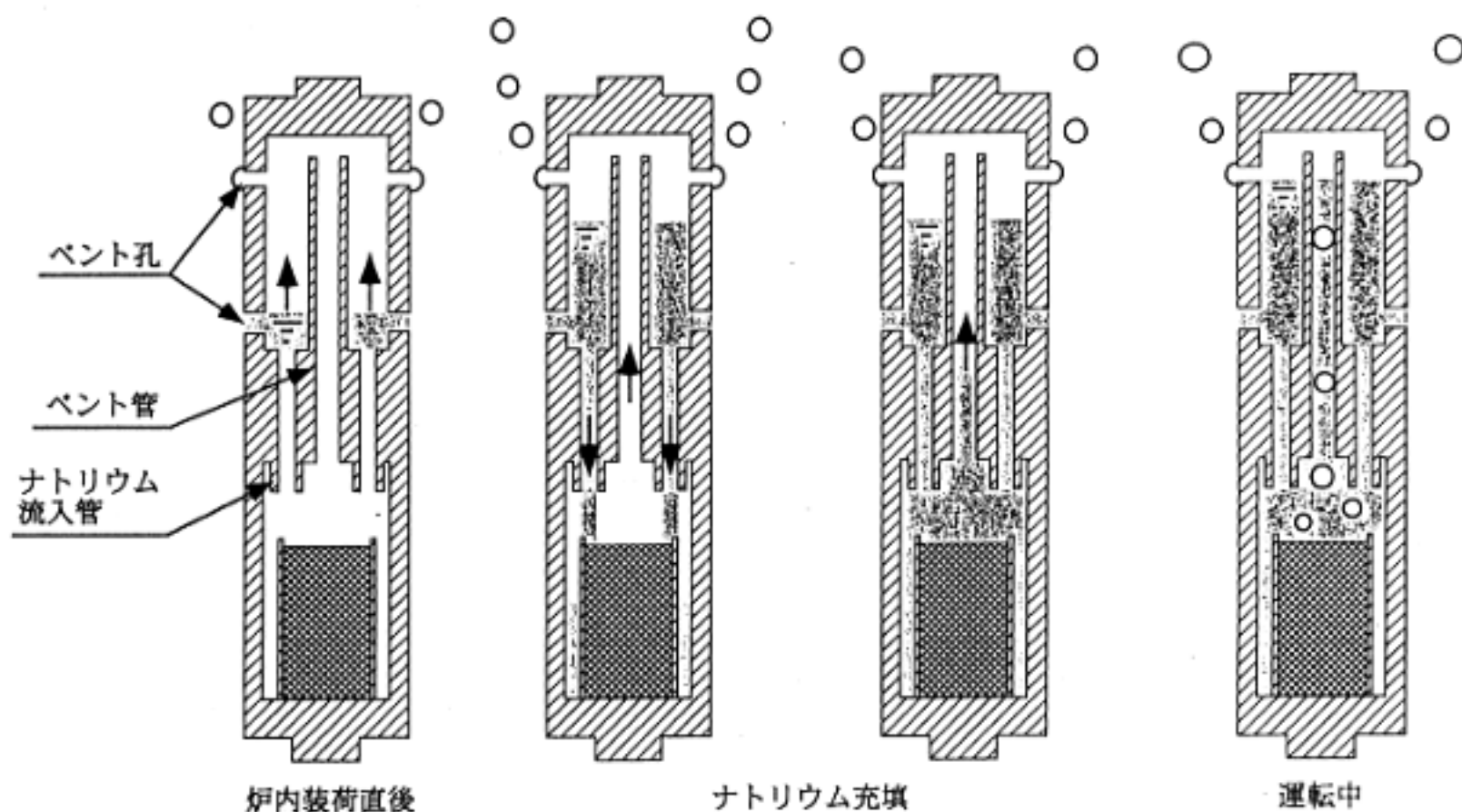
第 2. 1 図 計測線付実験装置と制御棒駆動機構の比較



第3.1図 制御棒構造

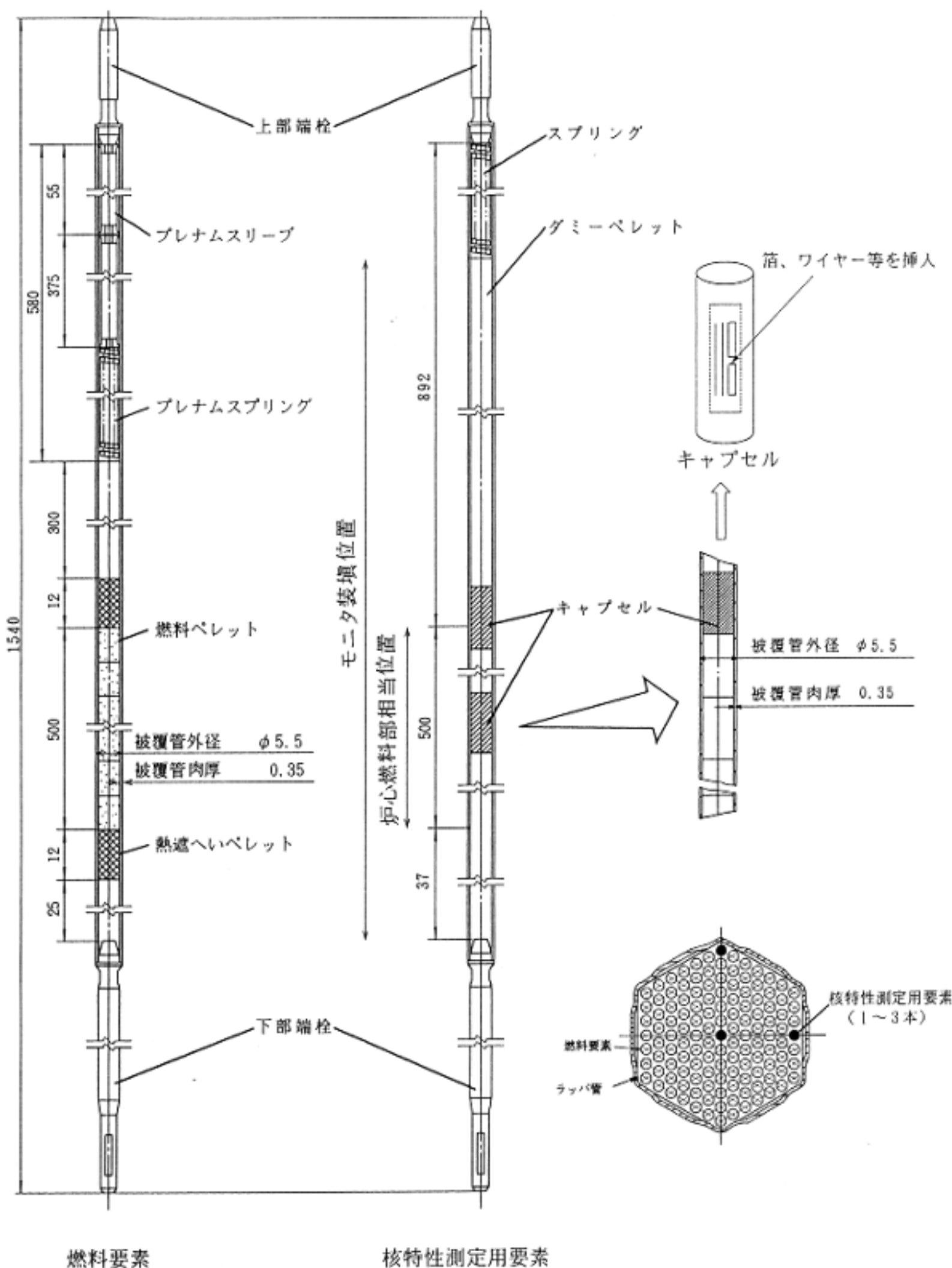


ヘリウムボンド型制御要素のベント機構

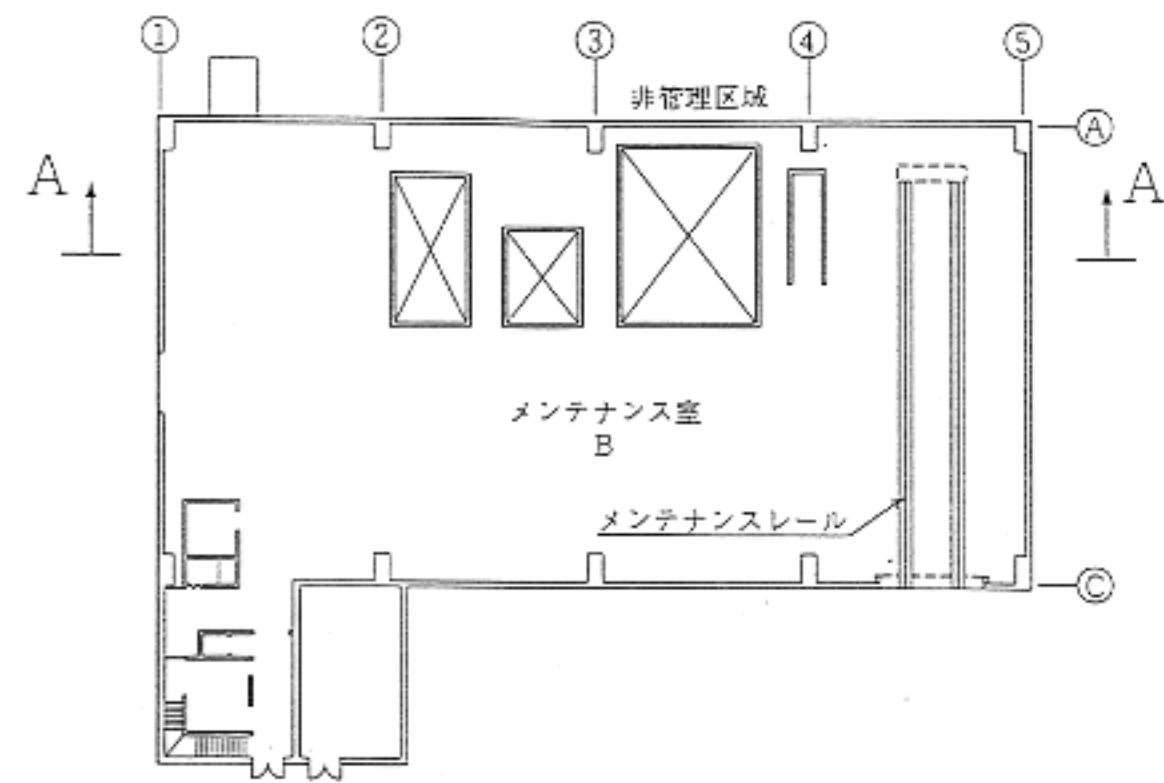


ナトリウムボンド型制御要素のベント機構

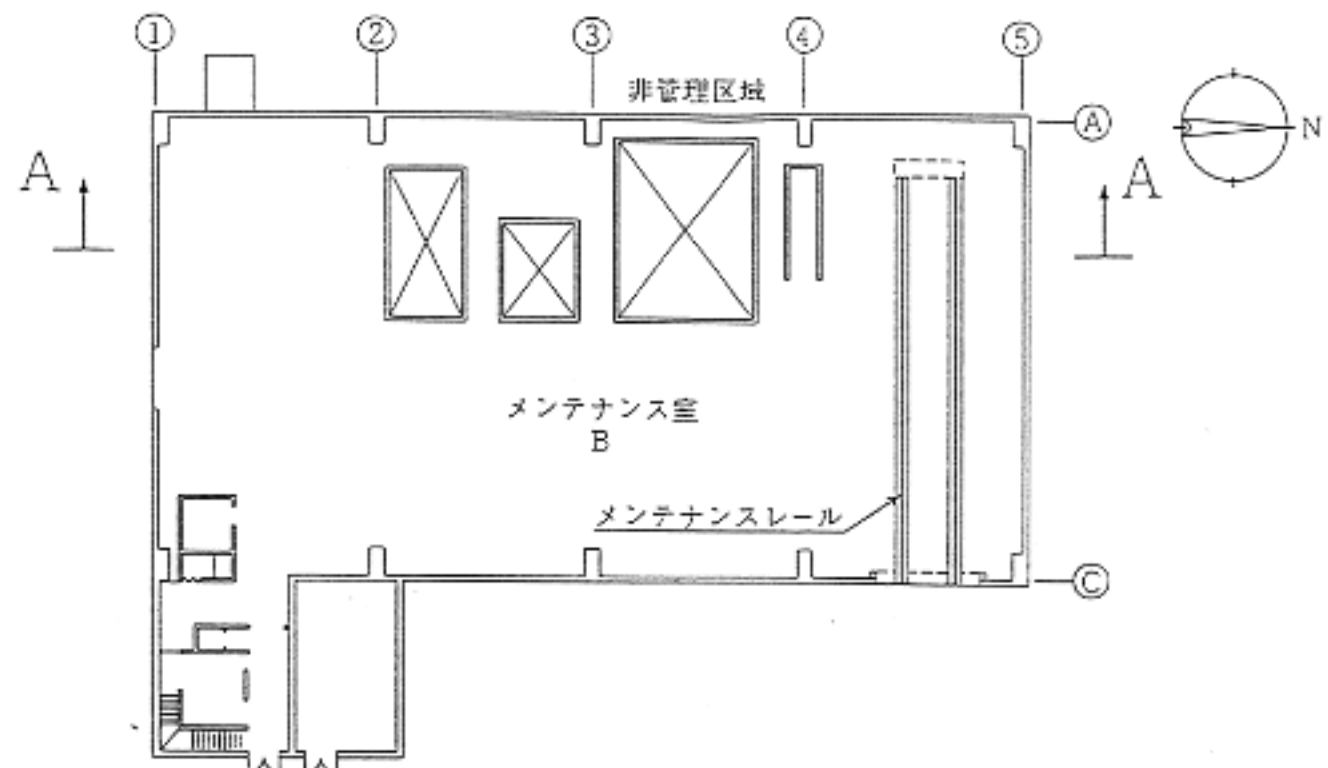
炭化ほう素
 ナトリウム
 ヘリウム
 ステンレス



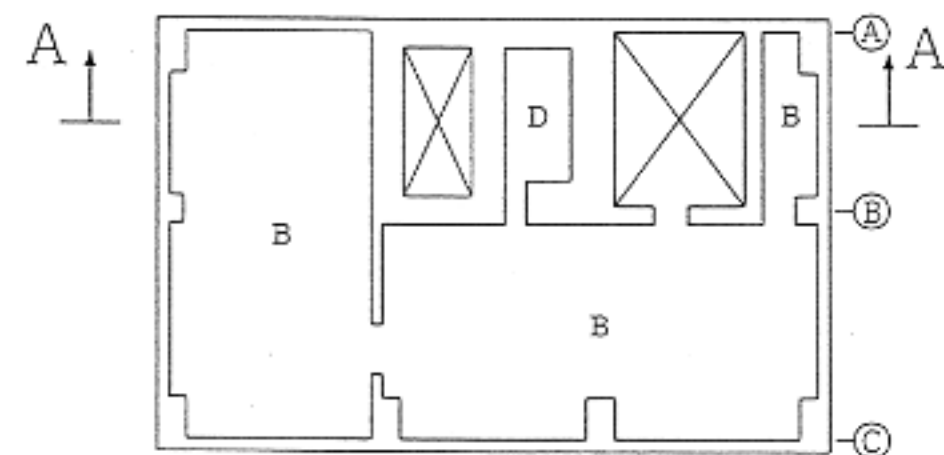
第 4.1 図 核特性測定用要素



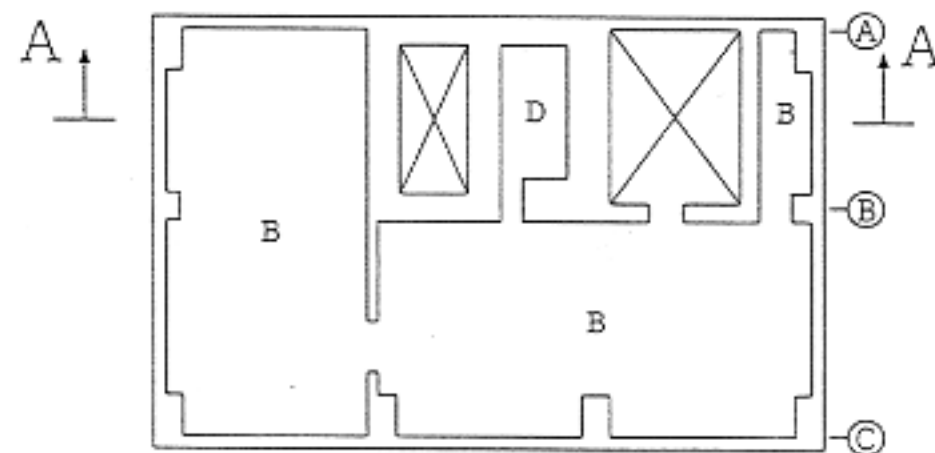
1 階平面図



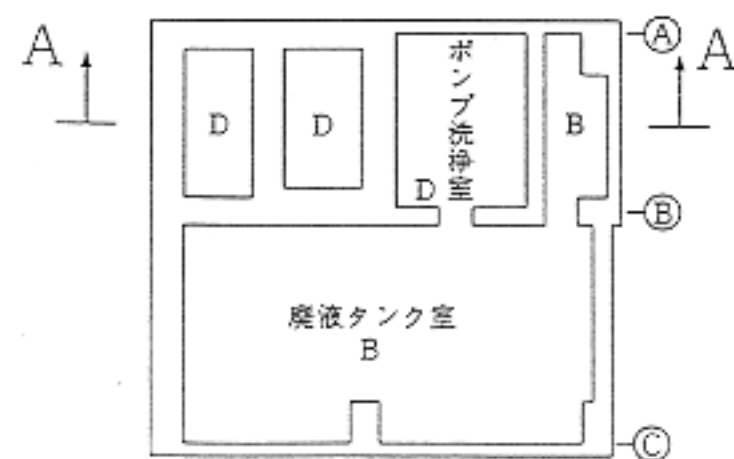
1 階平面図



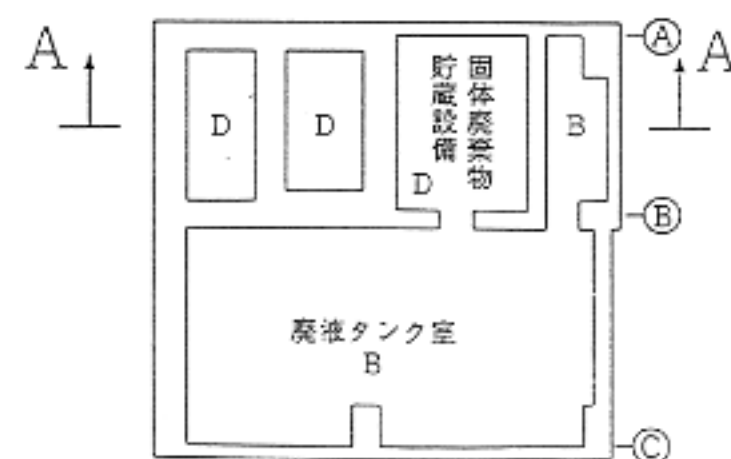
地下 1 階平面室



地下 1 階平面室



地下 2 階平面図
変更前



地下 2 階平面図
変更後

線量基準
 A : A 区域
 (20 $\mu\text{Sv/h}$ 以下)
 B : B 区域
 (80 $\mu\text{Sv/h}$ 以下)
 C : C 区域
 (320 $\mu\text{Sv/h}$ 以下)
 D : D 区域
 (320 $\mu\text{Sv/h}$ を超える)

第6.1図 高速実験炉原子炉施設工事計画

平成年度 項 目	11	12	13	14	15
D型照射燃料集合体の追加		製 作			照 射
計測線付実験装置の追加		製 作			試 験
ナトリウムボンド型制御要素の追加		製 作			運 用
核特性測定用要素の追加		製 作		照 射	
固体廃棄物の廃棄設備の変更		工 事			

※ D型照射燃料集合体の追加、計測線付実験装置の追加、ナトリウムボンド型制御要素の追加及び核特性測定用要素の追加は原子炉施設の工事を伴わないが、参考として、製作計画を記載する。