

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。

2001. 7. 31

[技術情報室]

PROFIT 計画

革新技术の開発・実証計画資料集

1992年4月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。ついては複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002
動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター
技術開発部・技術管理室

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)



PROFIT計画 革新技術の開発・実証計画 資料集

PROFIT計画事務局*
第1、第2及び第3分科会

要 旨

本資料は、PROFIT計画推進会議（平成3年度開催）ならびに「常陽」技術評価専門委員会（平成3年12月開催）で使用した革新技術開発・実証関連OHPを資料集としてまとめたものである。

*本資料は、次ページに示すPROFIT計画事務局、並びに第1、第2及び第3分科会の各メンバーを中心として作成したものである。



P R O F I T 計 画 事 務 局

(PROFIT担当)	中本 香一郎	機器構造開発部	(現、技術開発部)
	坪 政義	実験炉部	
	林道 寛	機器構造開発部	機器システム室
	渡士 克己	機器構造開発部	構造工学室 (現、材料開発室)
	田辺 裕美	機器構造開発部	機器システム室
	一宮 正和	機器構造開発部	材料開発室 (現、プラント工学)
	山口 勝久	安全工学部	
	浅賀 健男	燃料材料開発部	燃料材料技術開発室
	伊藤 正彦	技術開発部	研究管理室
	佐藤 浩司	技術開発部	研究管理室

第一分科会

(主査)	林道 寛	機器構造開発部	機器システム室
(副主査)	渡士 克己	機器構造開発部	構造工学室 (現、材料開発室)
	長井 秋則	実験炉部	原子炉第二課
	上出 英樹	安全工学部	原子炉工学室
	月森 和之	機器構造開発部	構造工学室
	軍司 稔	機器構造開発部	機器システム室
	大和田 敏雄	技術開発部	研究管理室

第二分科会

(主査)	田辺 裕美	機器構造開発部	機器システム室
(副主査)	一宮 正和	機器構造開発部	材料開発室 (現、プラント工学)
	磯崎 和則	実験炉部	技術課
	三宅 収	安全工学部	プラント安全工学室
	町田 秀夫	機器構造開発部	構造工学室
	谷田部 敏男	機器構造開発部	機器システム室
	照沼 捷	技術開発部	研究管理室

第三分科会

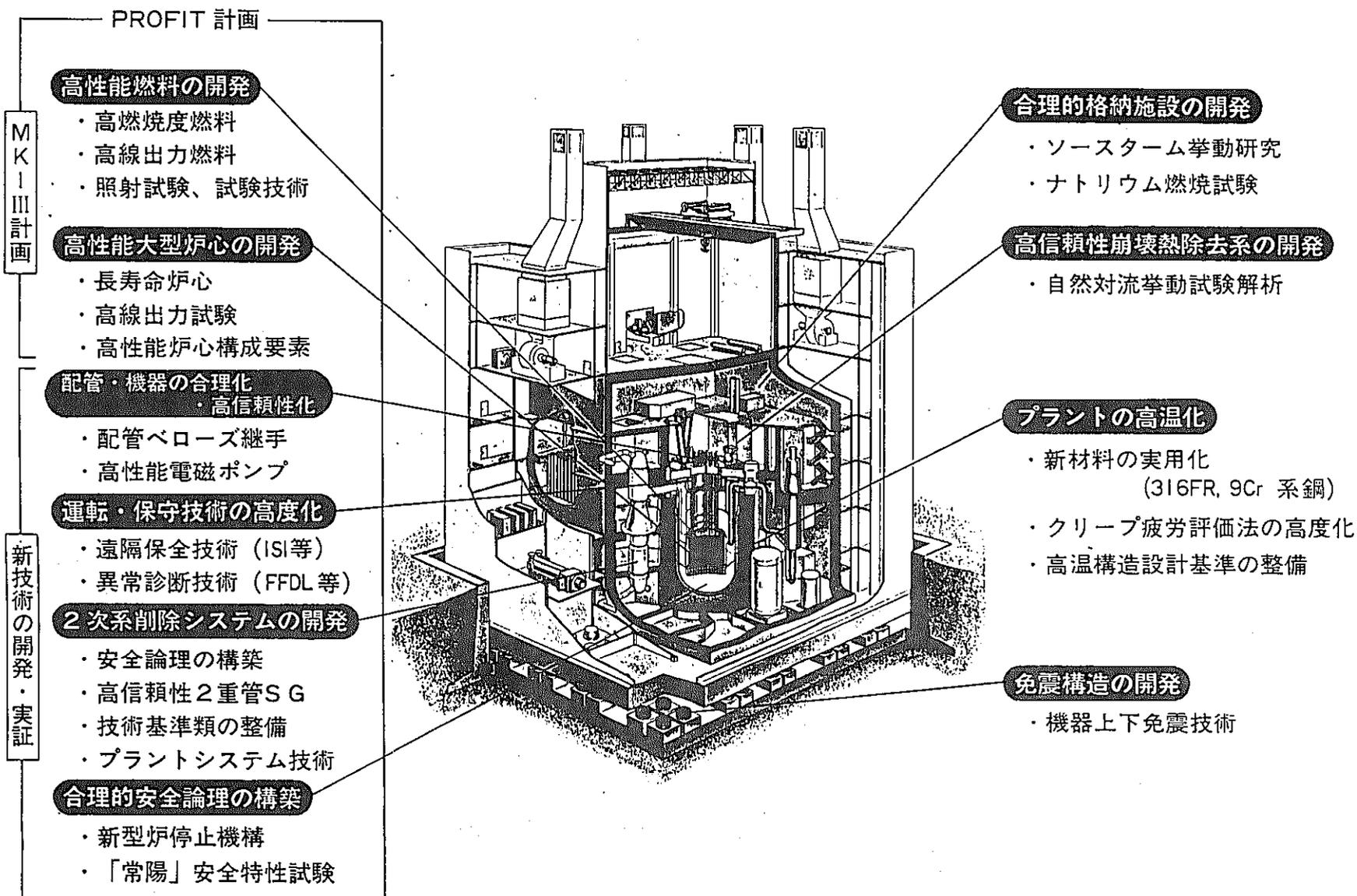
(主査)	山口 勝久	安全工学部	
(副主査)	浅賀 健男	燃料材料開発部	燃料材料技術開発室
	島川 佳郎	実験炉部	技術課
	古谷 章	安全工学部	高速炉安全工学室
	根岸 仁	技術開発部	研究管理室
	佐藤 浩司	技術開発部	研究管理室

PROFIT 計画の目的と意義

Program of FBR Innovative Technology Development

- FBR実用化に向けて、経済性の大幅な向上と安全性の強化を可能とする革新技術によるブレークスルー
- 国（事業団）の役割としての先導的・基盤的技術開発に照らし、効果的かつ開発リスクの大きな革新技術の開発と高速実験炉「常陽」を活用した実証、ライセンスビリティの強化
- 現実性を伴う革新技術を対象とし、いわゆるフロンティア研究的なものとは別途実施
- 今後の展開や内外技術動向により有望とされ、開発・実証の必要性が高いものについては適宜本計画に採用

FBR 実用化重要技術課題とPROFIT 計画



F B R 実 用 化 新 技 術 の 開 発

○ 革新要素技術の開発

機器・系統の合理化・高度化による建設費の低減や信頼性の向上に効果的な革新技術の開発と「常陽」での実証

- ・ 炉停止系の信頼性向上 ⇨ 受動的安全機能を有する新型炉停止機構
- ・ 機器・配管系の合理化 ⇨ 配管ベローズ継手、高性能電磁ポンプ
- ・ 運転保守の信頼性向上 ⇨ ISI等遠隔保全技術、異常診断技術

○ 2次系削除システムの開発

建設費低減効果の最も大きい2次系削除システムの要素技術開発、安全論理構築と許認可裏付けデータの整備、ならびに「常陽」での実証

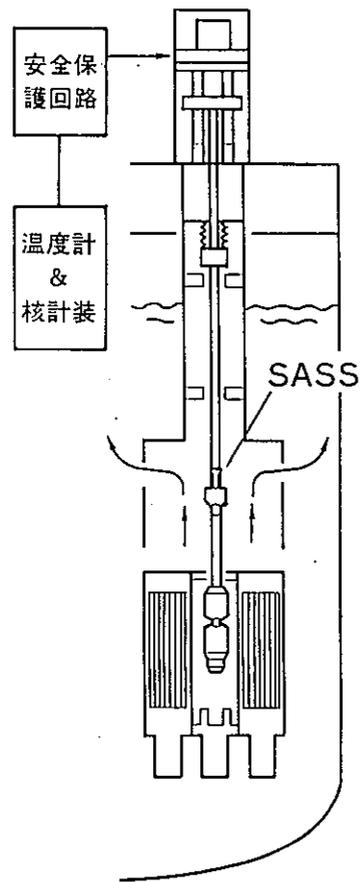
- ・ 安全論理の構築
- ・ 設計評価基準類の整備
- ・ 高信頼性2重管SGの開発
- ・ 関連システム技術の開発

○ 受動的安全機能の実証

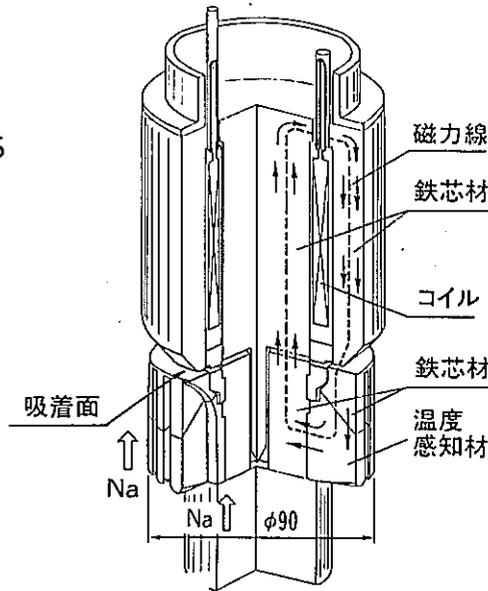
受動的安全特性の「常陽」での実証

新型炉停止機構の開発 — 意義と概要 —

(意義) 従来と異なる受動的作動原理に基づく炉停止機構を開発し、炉停止系の多様化と高信頼性を図ることにより、ATWSに至る確率の低減及び事故時反応度の緩和を目指す



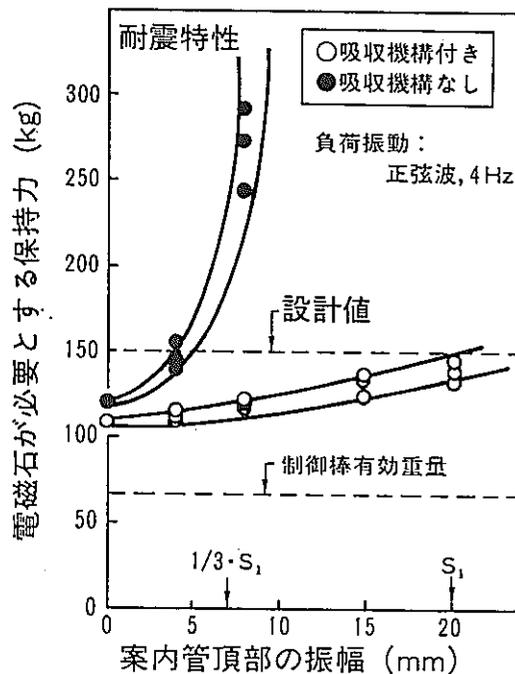
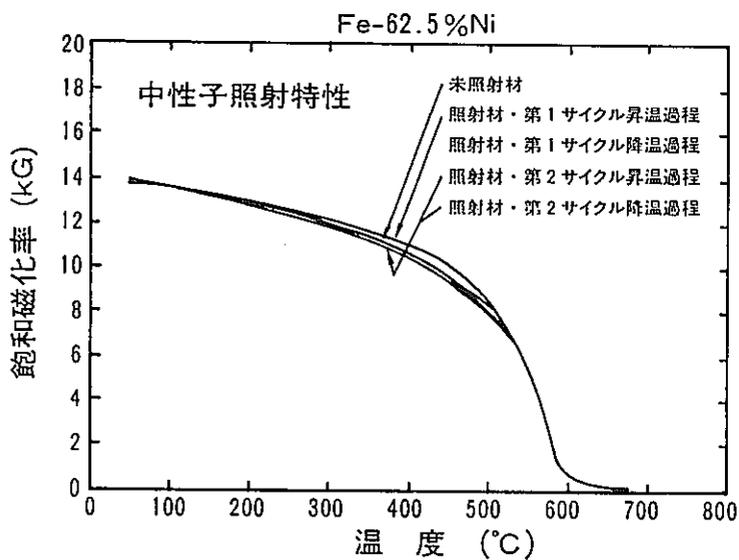
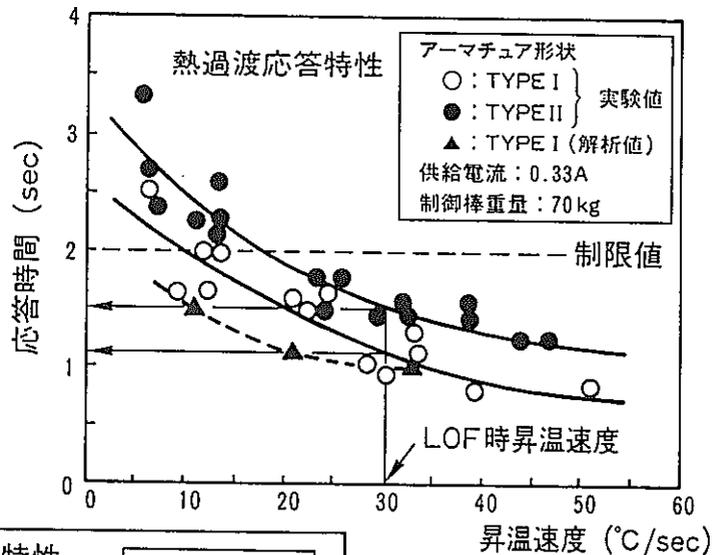
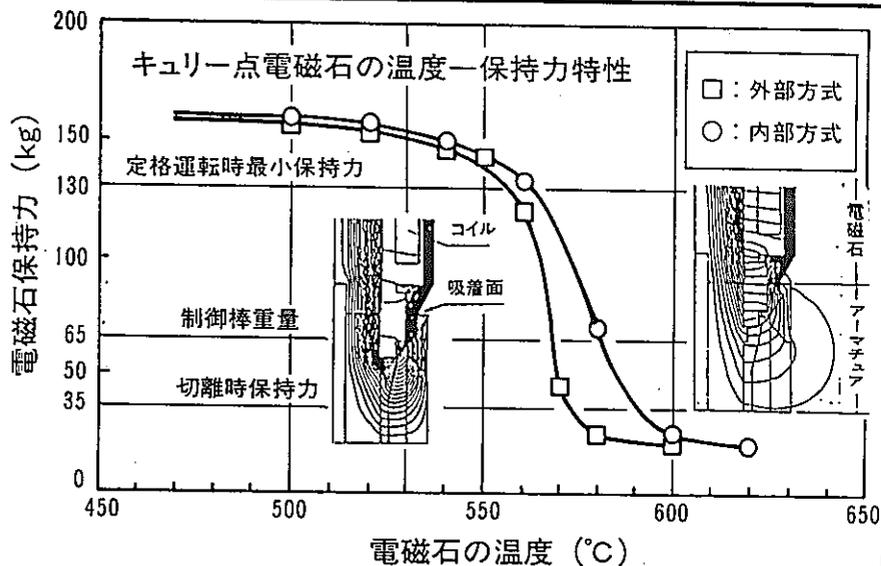
自己作動型炉停止機構 Self-Actuated Shutdown System (SASS)



F/S (終了)	S59-61	S62	S63	H1	H2	H3
方式選定						成立性見通し
基本原理確認						
耐環境性評価						
・高温耐久性						
・耐放射線性						
システム試験						
・伝播特性						
・応答特性						
・振動耐性						
成立性評価						

- システム設計
- 実炉実証試験

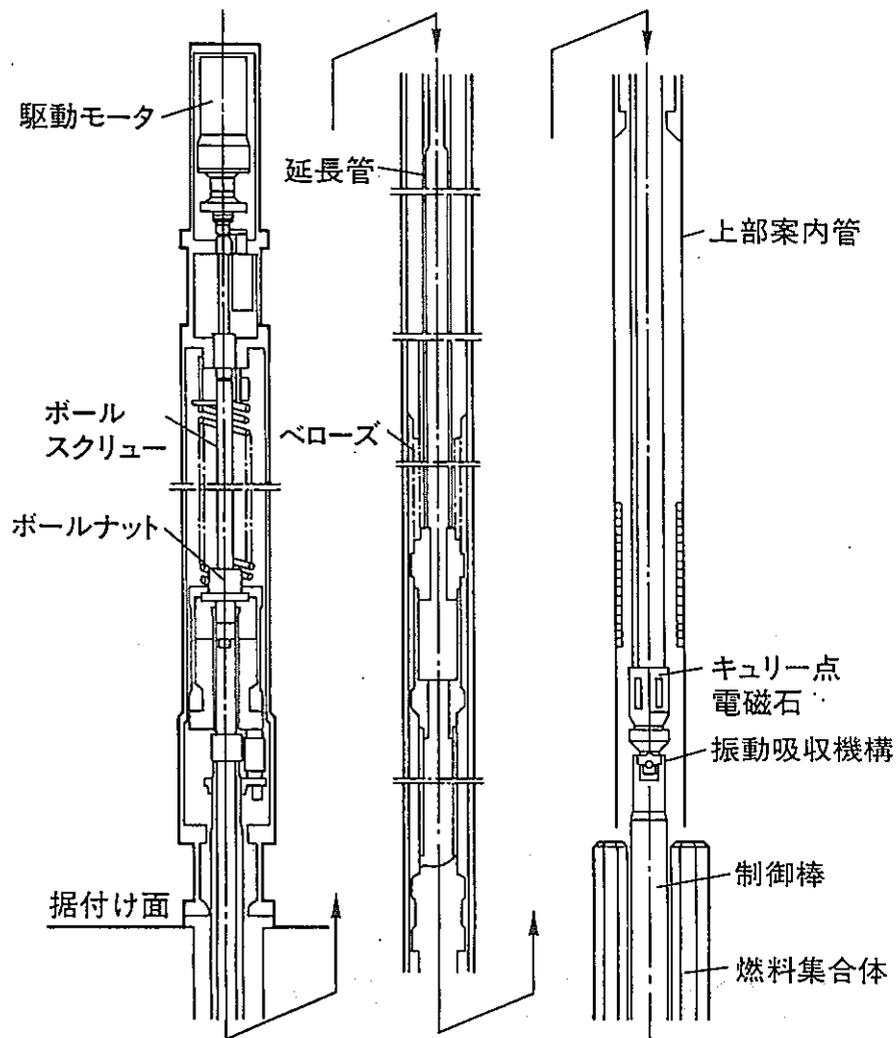
新型炉停止機構の開発 — 研究開発成果 —



- SASS 関係解析コード
- SASS 応答解析 SASSTAC
 - 過渡事象伝播解析 AQUA
 - 制御棒挿入性解析 SEISMIC-SCRAM III

新型炉停止機構の開発 — SASSの実証試験計画 —

構造概念図



実証試験

- ・ システム全体の機能確認
- ・ 炉内環境での使用実績(誤作動なし)
- ・ トータルシステムの応答性
- ・ 作動時反応度抑制効果の実証

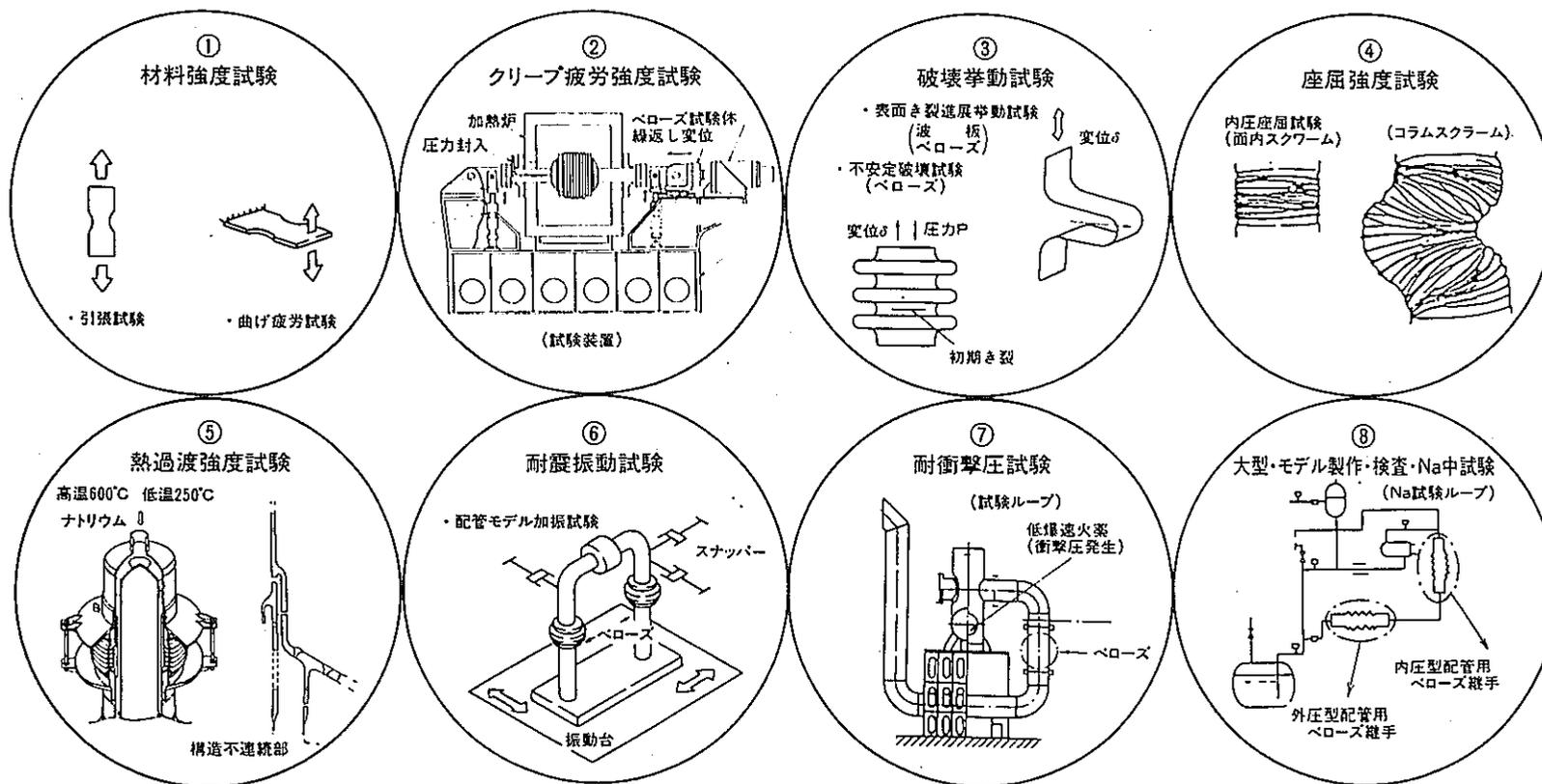
実証試験の手順

	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
第1ステップ (ダミー吸収体)	評価	設計製作	試験				
第2ステップ (実吸収体)				準備	試験		
第3ステップ (炉停止系に組込)						準備	

配管ベローズ継手の開発 — 意義と研究開発の概要 —

(意義) FBR冷却系配管短縮による物量削減と建屋コンパクト化

実施した研究開発 (S58~H1)



配管ベローズ継手の開発 — 研究開発成果と合理化効果 —

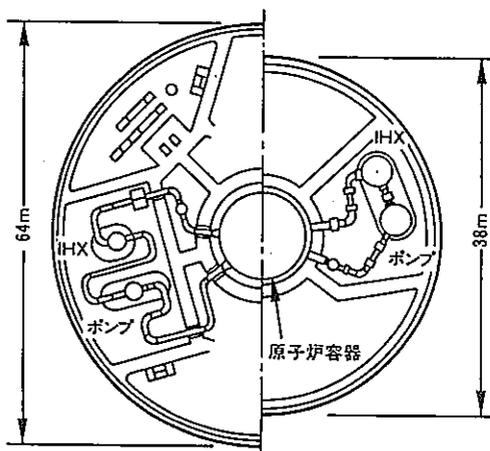
これまでの研究開発成果

- (1) ベローズ継手高温構造設計基準 (案)
- (2) ベローズ継手製作・検査・保守基準 (案)

大型炉設計における合理化効果

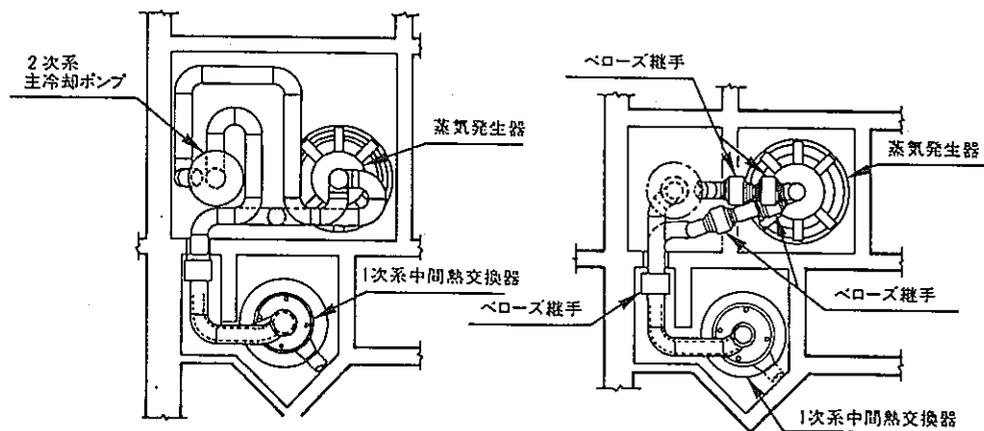
■ 1次系への適用例

通常配管方式 ベローズ方式



■ 2次系への適用例

通常配管方式 ベローズ方式



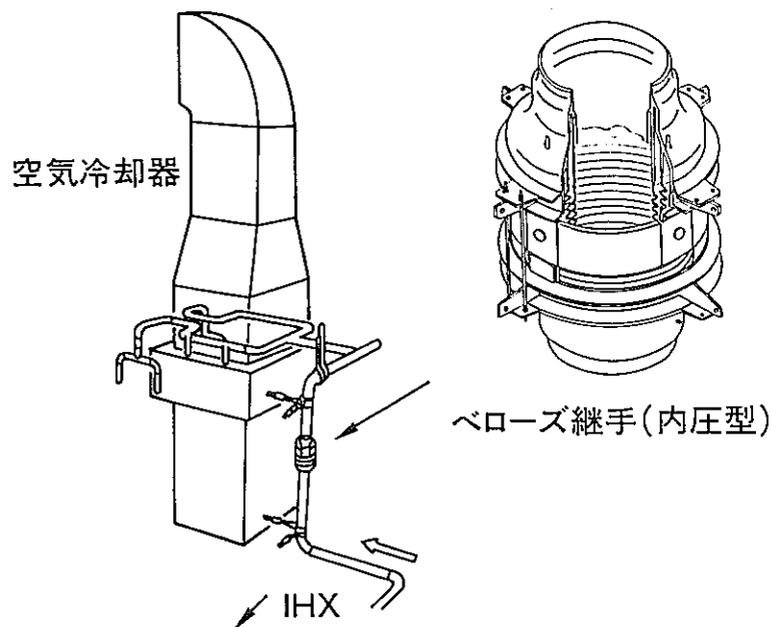
■ 2次主冷却系に適用した場合の物量低減効果 (4ループ分)

項目	配管長 (m)	ベローズ数 (個)	エルボ数 (個)	サポート点数 (個)	圧力損失 (kg/cm ²)	Naインベントリ (m ³)	原子炉補助建物 (m)	2次系機器室面積 (m ²)
通常配管	368	—	72	168	3.52 (1ループ)	1200	71×59	708
ベローズ配管	204	24	44	108	3.04 (1ループ)	1080	65×59	472

配管ベローズ継手の開発 — 実証試験計画 —

(意義) 開発・整備した配管ベローズ継手の設計・製作・検査技術と基準類のFBRプラントへの適用性実証、許認可経験・運転実績の取得

配 置 案

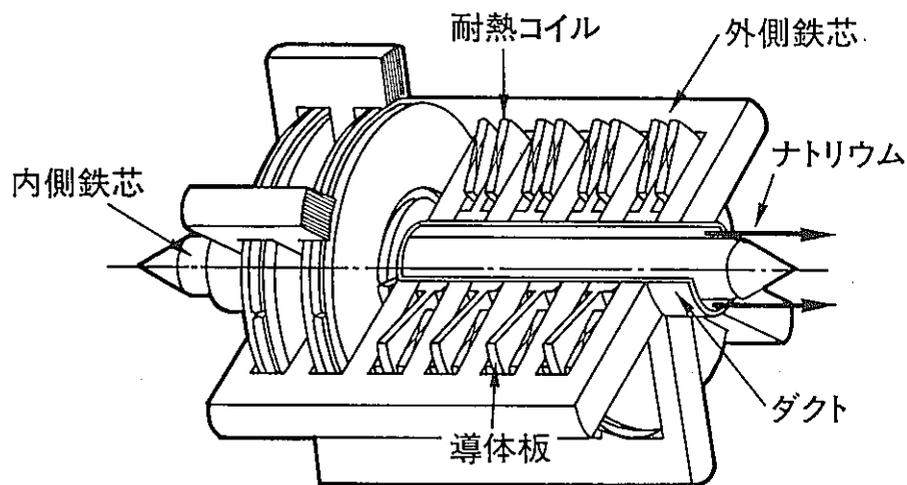


F/S (終了)	S58	S59	S60	S61	S62	S63	H 1	H 2
材料試験		—	—	—	—			
クリープ疲労試験		—	—	—	—			
破損挙動試験				—	—			
座屈強度試験		—	—	—	—			
熱過渡試験		—	—	—	—			
耐震振動試験			—	—	—			
耐衝撃圧試験				—	—			
大型モデル試験								
基準案作成								
								成立性 / 基準案

実証試験計画	H 3	H 4	H 5	H 6	H 7	H 8	H 9	H10
供試体	○	○	○	○	○	○	○	
許認可		○	○	○				
実証試験								○
		検討評価	設計	製	作	据付		
			設置変更・設工認					
								実証試験

コンパクト高性能電磁ポンプの開発 — 意義と概要 —

- (意義)
- 主循環ポンプの高信頼性化、コンパクト化による主冷却系の簡素化、機器合体および配置のコンパクト化
 - 耐熱化、コンパクト化による照射リグ(FLORA)への適用



主な技術課題

- 強磁場技術による高性能化
- 耐熱コイルシステムによる無冷却化
- 最適化によるコンパクト化、軽量化

研究開発工程

	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
要素技術開発			○					
FLORA-EMP	○	開	発	許認可・実機製作			試験準備	
主冷却系EMP			○	基盤技術開発				

運転保守技術の高度化 — 意義と概要 —

- (意義) ・ ISI技術を含む遠隔保全技術の高度化によるプラントの信頼性向上
・ 最新計装制御技術の適用によるプラントの運転・制御性の向上

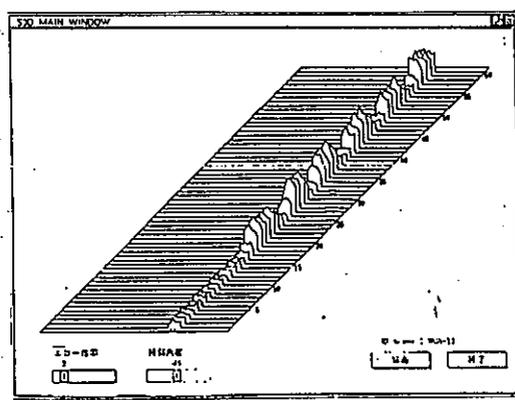
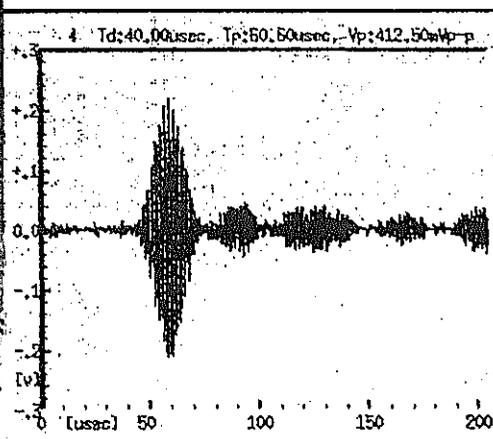
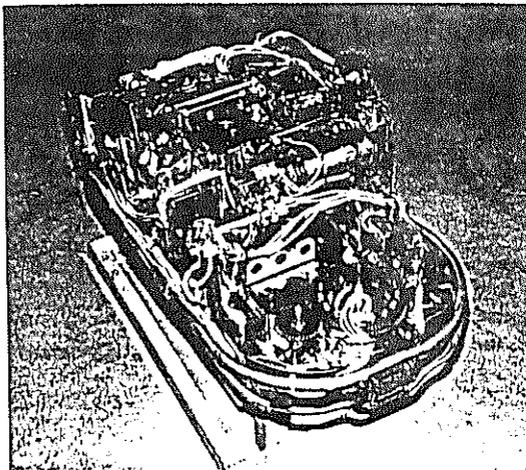
主要な研究開発テーマ

これまで培った技術基盤をふまえ、実証炉・実用化炉に適用可能な技術開発計画を策定し、推進

- 遠隔保全技術の高度化と技術の実証
 - ・ 高度化ISI技術開発
 - ・ FBR機器補修、解体技術開発

- 計装制御システムの高度化と技術の実証
 - ・ 破損燃料診断を含むプラント異常診断システムの開発
 - ・ インテリジェント計装制御術の開発(AI適用、光計装を含む)

運転保守技術の高度化 — ISI研究開発成果 —

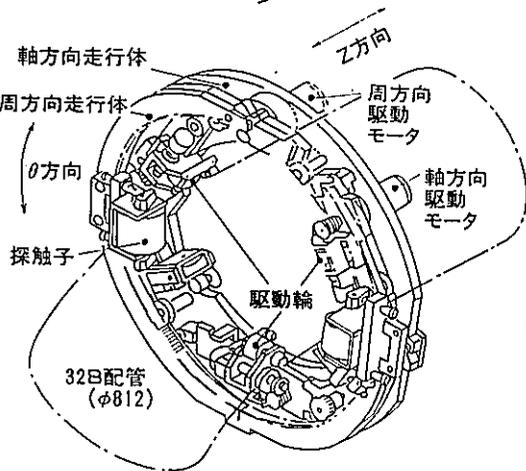


狭隙壁面間自走式
耐熱・耐放射線性
検査ロボット

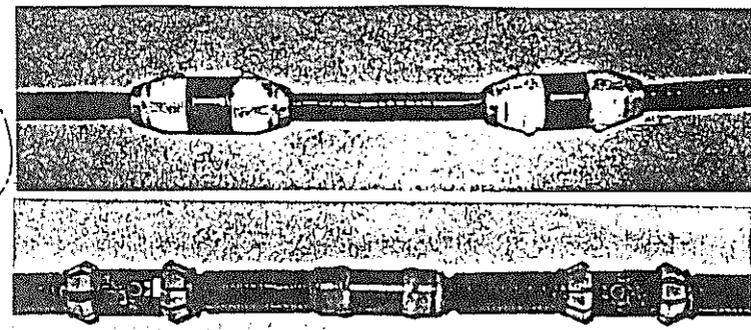
240°C, 10Sv/hr
光ファイバ_SCOPE, EMAT

電磁超音波トランスジューサ(EMAT)による
欠陥検出信号(左)と画像処理(右)の例

- 遠隔保全要素技術
- センシング技術
 - マニピュレーション技術
 - 自走化技術
 - 信号伝送処理・画像化技術
 - システム制御技術
 - 試験検査評価技術



主配管検査装置(θ/Z自走式)



伝熱管検査用渦流探傷センサー(上)
と超音波探傷センサー(下)

中間系合理化システムの開発 — 意義とシナリオ —

(意義) PWRに較べて過剰設備とも言える2次主冷却系を削除し、FBRプラント建設費を約10%低減

(シナリオ)

1. 従来の2次系が有する安全上ならびに構造上の役割を、2重管SG等により肩代わり
2. 炉心とSGが直結することから、ナトリウム/水反応が原因となる炉心事故の可能性を排除できるかどうかが鍵
3. 内外管の同時破損モード及び片側の伝熱管破損が原因となって発生する貫通破損の可能性を排除
4. 前者に対しては、熱流動、応力要因等を把握して同時破損が起こりえないことを確証
5. 後者に対しては、片側伝熱管のリーク検出機能の適用により、LBB特性が保持されることを確認

中間系合理化システムの開発 — 安全論理の構築 —

設計基準事象及び設計基準外事象の選定ならびに選定根拠の明確化

- (A案) 貫通リーク (ナトリウム/水反応) をBDBEに設定
- (B案) プラントに影響を与えない程度の微小貫通リークをDBEとして想定
- (C案) 大リーク (1本ギロチン破断相当=1 DEG) をDBEとして想定

2次系削除システムの安全目標 (A案を基に)

(1) 実用化段階炉 2次系削除システム

DBE -----	片側リーク
BDBE -----	微小貫通リーク

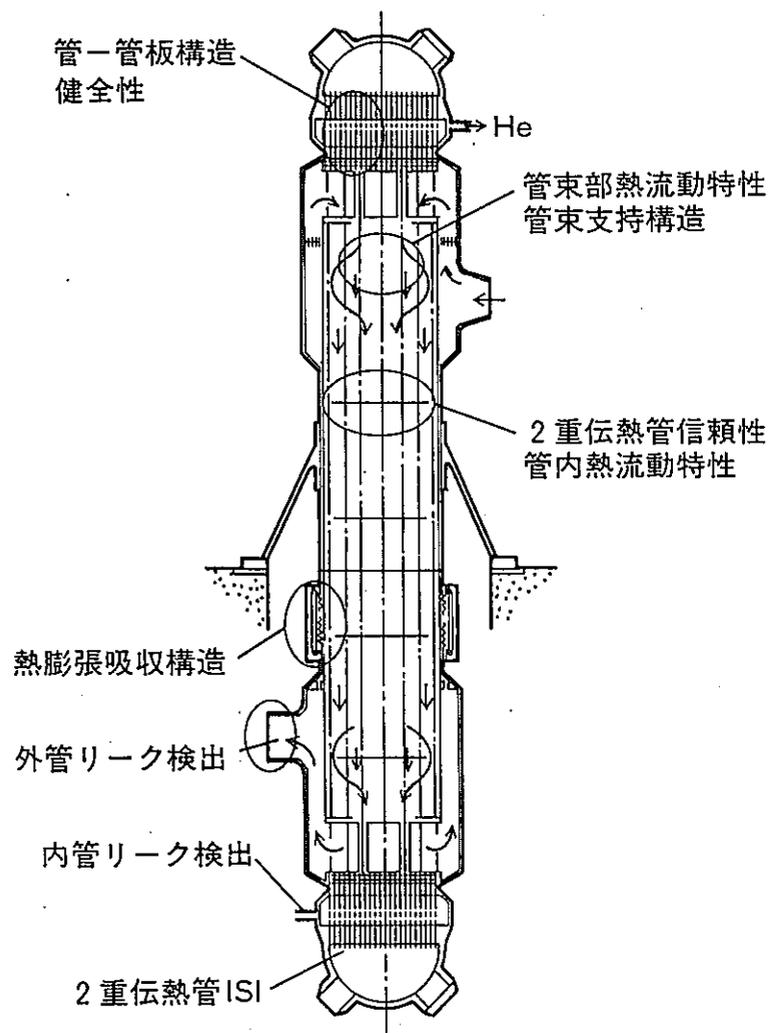
- Na/水反応をBDBEとして
設備対応を極力削減
- Na/水反応もプラントに影響
を与えない程度の規模に抑制

(2) 「常陽」 2次系削除システム

DBE -----	片側リーク
BDBE -----	微小貫通リーク (バックアップとして1 DEG)

- 実用化段階炉と同じ想定が望
ましいが、2次系削除実現の
最初のケースとして1 DEG
までの評価は不可避

高信頼性 2 重管SGの開発 — 研究開発成果の概要 —



2 重管SGのフィージビリティ・スタディ

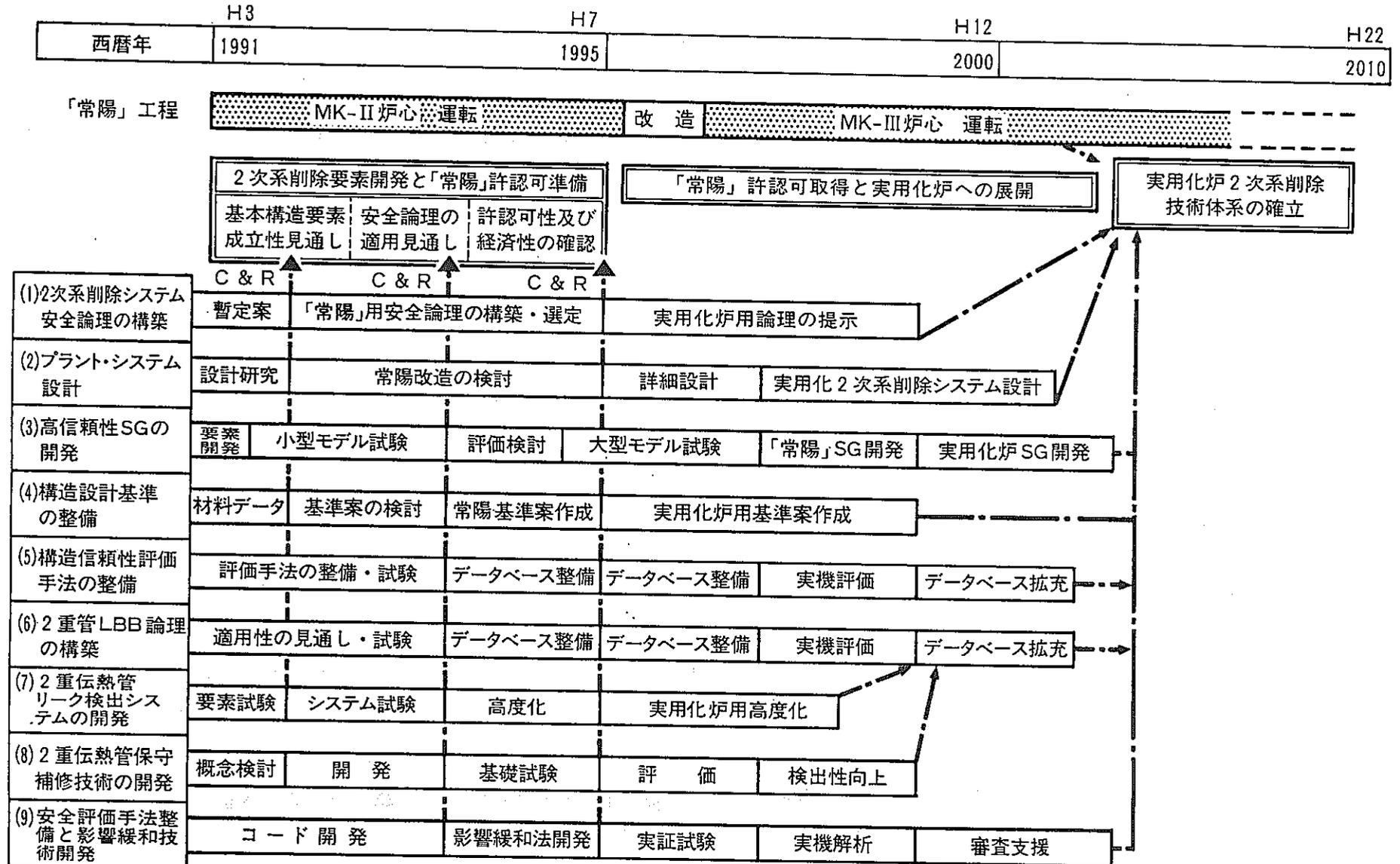
- 2 重管構造のフィージビリティ検討
 - ・ 2 重管構造の選定と試作
 - ・ 熱的、機械的特性の把握
 - ・ 内外管破損モードの検討
 - ・ 通気特性の把握
- 構造要素開発
 - ・ 管-管板継手の製作性と構造健全性
 - ・ 伝熱管支持方式、構造、材料の検討
 - ・ 熱膨張吸収構造の比較
- リーク検出特性の評価
 - ・ 内管リーク検出基本特性の把握
 - ・ 外管リーク検出基本特性の検討
- 2 重管のISI、及び補修技術開発
 - ・ 2 重管のISI可能性検討
 - ・ 2 重管SG補修技術の検討

以上実施済み

高信頼性 2 重管SGの開発 — 研究開発成果の概要 —

- (1) 2 重管構造のフィージビリティ検討
 - ・密着型と組網線型について伝熱性能、構造健全性等から適用性の見通し
 - ・高温クリープによる固着力緩和については今後ともデータの蓄積が必要
 - ・蒸気ウェステージによる貫通破損の可能性は乏しいことを確認
- (2) 構造要素の開発
 - ・管—管板溶接部での亀裂進展の可能性は小さいことを確認
 - ・熱膨張吸収構造について、ベローズ方式とベンド方式を開発目標に
- (3) リーク検出性能の確認
 - ・内管／外管それぞれについて、検出系の基本構造の妥当性を確認
 - ・内管リーク時のスケール蓄積について、検出特性への影響確認が必要
- (4) 2 重伝熱管ISI及び補修技術開発
 - ・密着型にはUT及びRF-ECT、組網線型についてはRF-ECTを対象に適用性を検討

中間系合理化システムの開発 — 今後の展開 —



「常陽」安全特性試験 — 意義と現状 —

(意義) ATWS (異常な過渡変化時のスクラム失敗) で代表されるFBRの設計基準外事象時の炉心の受動的な安全特性を実炉での試験により実証し、FBRの合理的な安全論理構築に反映

炉心熱変形を考慮した解析

集合体間の熱変形による反応度フィードバックの評価、及び炉心支持板、制御棒、炉容器の熱変形による反応度フィードバックの評価を実施

試験実施上の課題

- 被覆管最高温度の制限から、ULOF試験は部分出力(約90%以下)からに制限
 - LOF時の負の反応度投入機構の導入、ポンプコーストダウン特性の改善
- ULOHS試験は定格出力からの試験が可能
- UTOP試験は燃料溶融までの短時間、低反応度付加量(約10セント以下)に制限
- 既設の検出系に加えて、特設の検出器の設置の必要性和実現可能性の検討を要す
- 試験時の安全性の担保と判断基準・指針類の提案等の許認可関連業務が必要

「常陽」安全特性試験 — 今後の進め方 —

FFTF受動的安全性試験への参加

当面は、FFTF受動的安全性試験へ参加する活動を通じて、解析・評価に係わる課題の解決に取り組む

- 反応度成分同定試験 ----- Phase-I 試験として実施済み（データ入手済み）
- 受動的安全性試験 ----- Phase-II 試験として、GEMに係わる試験を実施済み
今後ATWS試験を予定

「常陽」を用いた安全特性試験の推進

FFTF受動的安全性試験の成果を活用し、「常陽」を用いた安全特性試験のための試験技術及び許認可対応に係わる課題の解決を図り、試験の実現を目指す

P R O F I T 計 画 全 体 工 程

1992. 3. 11

