

核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
原子炉設置変更許可申請（高速実験炉原子炉
施設の変更）の概要について

平成14年4月
文部科学省

1. 申請の概要

(1) 申請者

核燃料サイクル開発機構理事長 都甲泰正

(2) 事業所の名称及び所在地

核燃料サイクル開発機構大洗工学センター

茨城県東茨城郡大洗町成田町

(3) 原子炉の名称、型式及び熱出力

名 称 高速実験炉「常陽」

型 式 ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料ナトリウム冷却高速中性子型

熱出力 140 MW

(4) 申請年月日

平成13年6月29日（平成14年3月18日一部補正）

(5) 変更項目

a. 試験用要素及び γ 型コンパートメントの種類の追加

b. 廃棄物区分名称の変更

c. 国際放射線防護委員会勧告（ICRP Pub. 60）の取入れによる法令改正に伴う用語の変更

(6) 工事計画

高速実験炉「常陽」の試験用要素及び γ 型コンパートメントの種類の追加に伴う工事計画は第1図のとおりである。

(7) 変更の工事に要する資金の額及び調達計画

本変更に係る γ 型コンパートメントの種類の追加に伴う工事に要する資金は約6千万円である。

これらの工事に要する資金は政府補助金により調達する。

2. 変更の概要

(1) 試験用要素及び γ 型コンパートメントの種類の追加

「常陽」では、FBRの実用化を想定した新しい燃料材や被覆材を使用する燃料要素の照射試験を計画している。このため、照射試験に供する試験用要素（「先行試験用要素」、「基礎試験用要素」）を追加するとともに、その試験用要素を装填する照射燃料集合体の γ 型コンパートメントの種類を追加する。先行試験用及び基礎試験用 γ 型コンパートメントは、B型照射燃料集合体（コンパートメント以外の構造に変更なし）に装填する。このB型照射燃料集合体の炉心への装荷体数は7体以下とする。

先行試験用要素の燃料材及び基礎試験用要素の被覆材は、「常陽」で照射実績の少ないまたは照射実績のない材料を使用する。このため、先行試験用及び基礎試験用 γ 型コンパートメントは、燃料熔融や万一の被覆管破損といった試験用要素の健全性喪失を考慮し、他の炉心構成要素等に影響を与えない構造とする。

先行試験及び基礎試験の燃料材等の仕様を第 1 表に、先行試験用要素及び基礎試験用要素を装填した B 型照射燃料集合体の構造概念図を第 2 図に示す。

(2) 廃棄物区分名称の変更

放射性廃棄物の処理を委託している日本原子力研究所大洗研究所の廃棄物管理施設における放射性廃棄物の取扱区分が「低レベル」、「高レベル」から「A」、「B」に変更されたため、放射性廃棄物の取扱区分名称及び設備名称を廃棄物管理施設で使用されている名称に変更する。

(3) ICRP Pub. 60 の取入れによる法令改正に伴う用語の変更

ICRP Pub. 60 の取入れによる原子炉等規制法関連法令の改正に伴い、「実効線量当量」、「組織線量当量」、「線量当量」を、それぞれ「実効線量」、「等価線量」、「線量」に変更する。

(4) 本変更に伴って、参考図面、添付書類の記載を以下のとおり変更する。

1. 炉心燃料集合体の材料に S U S 3 1 6 ステンレス鋼及び S U S 3 1 6 相当ステンレス鋼を追加する。
2. 材料照射用反射体のラッパ管の材料に高速炉用フェライト系ステンレス鋼を追加する。
3. 原子炉の運転に要する核燃料物質のうち、濃縮ウランの調達元に露国を追加する。
4. 受電エリアの移設に伴い、原子炉施設全体配置図を変更する。
5. アルコール廃液処理装置の一部改造に伴い、添付書類 8 の液体廃棄物処理系系統図を変更する。
6. 添付書類 9 及び 10 の被ばく評価を変更する。

第 1 表 先行試験及び基礎試験の燃料材等の仕様

先行試験

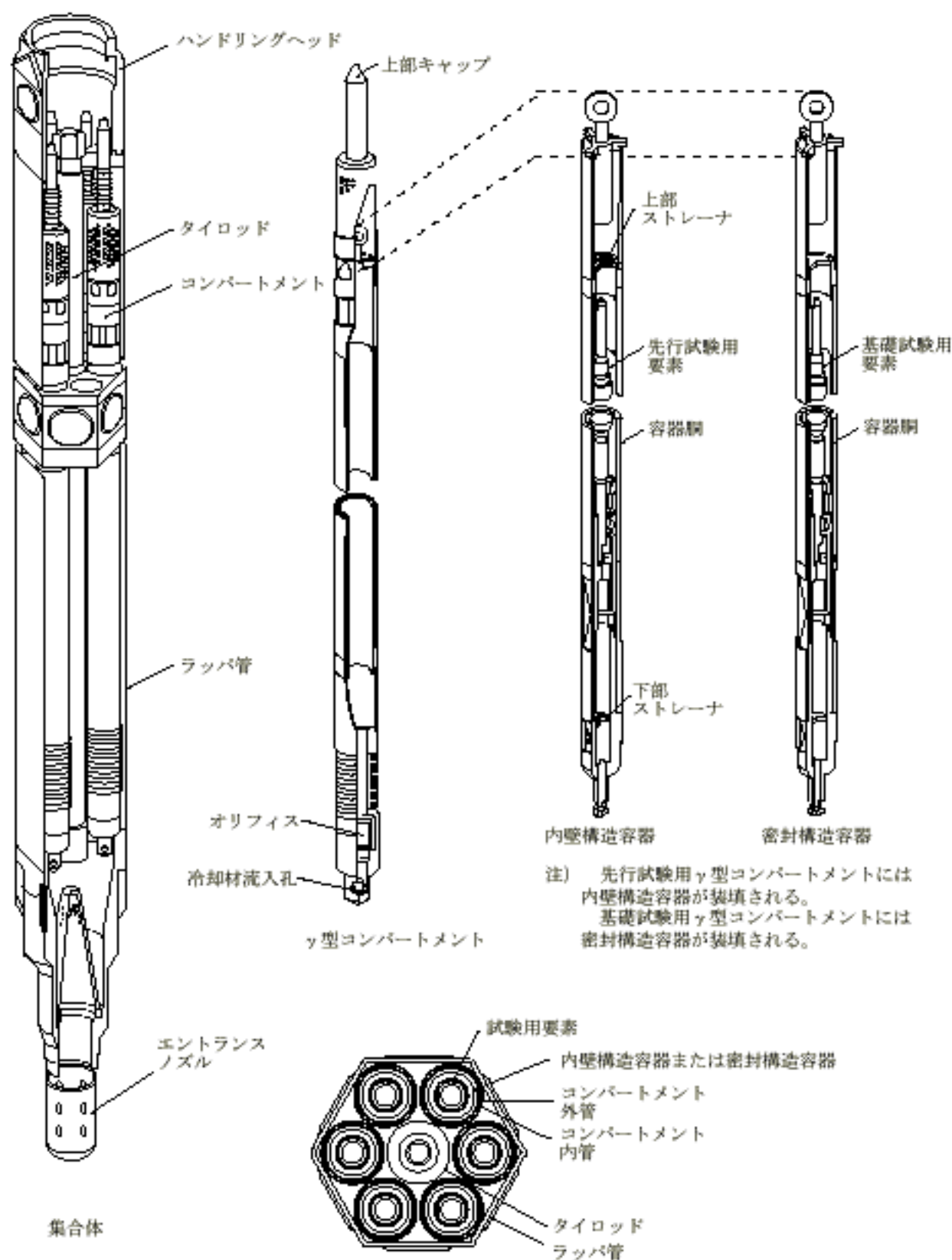
燃料材	Pu・U、U、Pu の酸化物、炭化物、窒化物及び金属 (マイナーアクチニド及び核分裂生成物の最大混入割合 50wt%)
被覆材	オーステナイト系ステンレス鋼 高速炉用フェライト系ステンレス鋼 (酸化物分散強化型含む)
γ 型コンパートメント	ステンレス鋼製、ストレーナ付内壁構造容器を収納

基礎試験

燃料材	Pu・U 混合酸化物焼結ペレット (Pu 混合比：30wt%以下) Pu・U 混合炭化物焼結ペレット (Pu 混合比：25wt%以下) Pu・U 混合窒化物焼結ペレット (Pu 混合比：30wt%以下) Pu・U 混合金属スラグ (Pu 混合比：20wt%以下)
被覆材	ステンレス鋼
γ 型コンパートメント	ステンレス鋼製、密封構造容器を収納

平成年度 項 目	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8
試験用要素及びγ型 コンパートメントの 種類の追加					
		製 作			
				照 射	

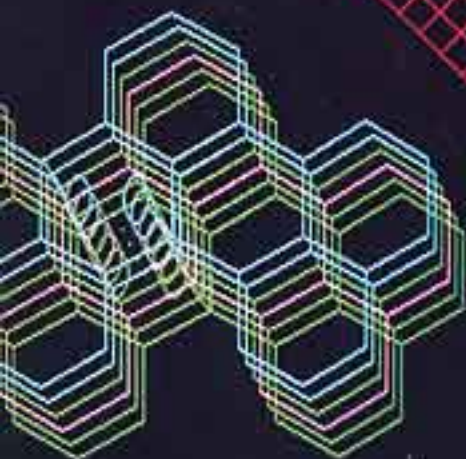
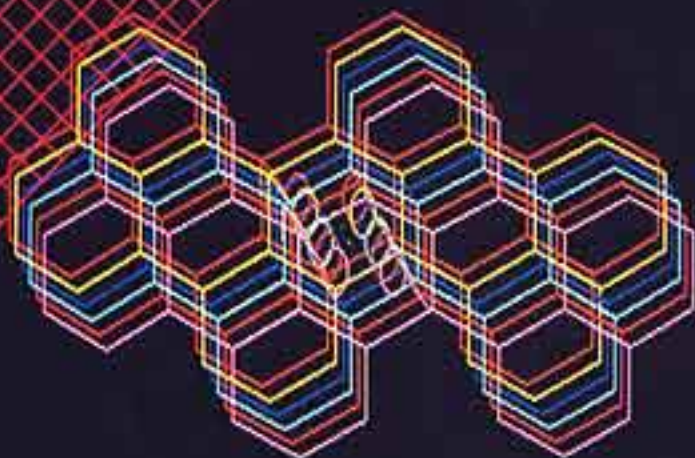
第 1 図 工 事 計 画



第2図 B型照射燃料集合体の構造概念図

高速実験炉
「常陽」

EXPERIMENTAL FAST REACTOR JOYO



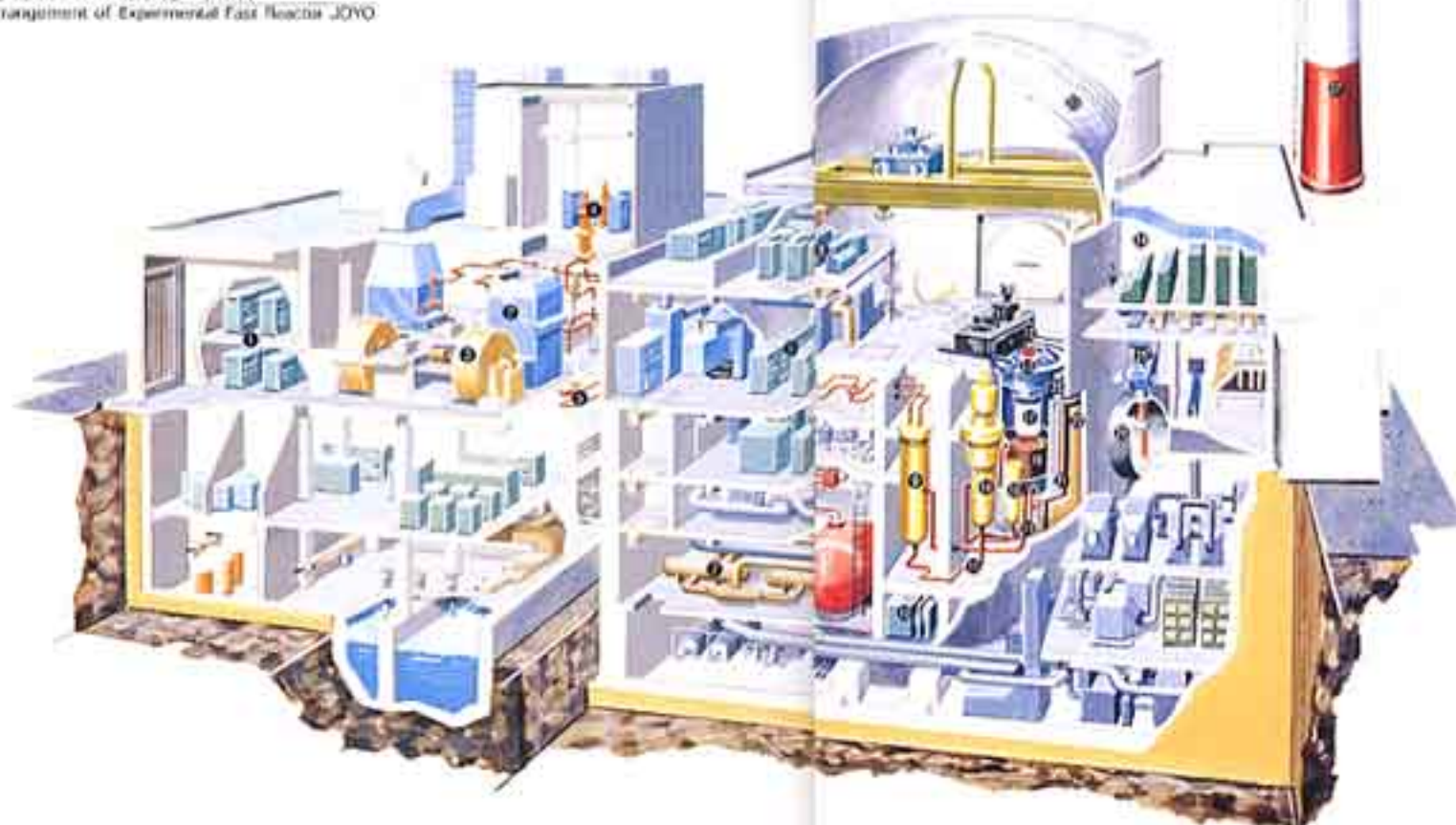
高速実験炉「常陽」 Experimental Fast Reactor JOYO



目次 CONTENTS

高速実験炉「常陽」 Experimental Fast Reactor JOYO	2
「常陽」のあゆみ History of JOYO	4
高速実験炉「常陽」の役割 Role of Experimental Fast Reactor JOYO Project	6
「常陽」における研究開発 Research and Development at JOYO	7
MK-III計画の概要 Outline of MK-III Project	14
原子炉の構造 Reactor Structure	16
炉心と炉心構成要素 Reactor Core	17
安全システム Safety System	18
安全管理 Safety Control	19

高速実験炉「常陽」の設備 Arrangement of Experimental Fast Reactor JOYO



1. 炉心制御室
Local Control Room for Reactor and Main Heat Transport System
2. 主駆動熱交換器
Main Drive Heat Exchanger
3. 主駆動ポンプ
Main Drive Pump
4. 二次系循環ポンプ
Secondary Main Circulation Pump
5. 二次系熱交換器
Secondary Main Heat Transport System Piping
6. 炉心制御室
Local Control Room for Primary Heat Transport System

7. コンクリート遮蔽体
Concrete Shielding Structure
8. 冷却システム
Cooling System Water
9. 回転式燃料搬送機
Rotating Fuel Transport System
10. 主駆動熱交換器
Main Drive Heat Exchanger
11. 冷却システム
Cooling System Water
12. 回転式燃料搬送機
Rotating Fuel Transport System

13. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
14. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
15. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
16. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
17. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
18. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine

19. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
20. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
21. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
22. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
23. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
24. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine

25. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
26. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
27. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
28. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
29. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
30. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine

31. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
32. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
33. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
34. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
35. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine
36. 燃料搬送機
Fuel Transport Machine

サイクル機構の発展と開発施設 JNC Facilities



「常陽」の名の由来

常陽という地名は、江戸時代に常陸の国を中国風に呼んだ名称です。高速実験炉「常陽」の設置場所大井町は、太平洋に面した明るく雄大な地形にあり、まさに「常陽」の名にふさわしい所です。また、この地には常陸明治記念館があり、明治維新の志士の遺物が集められ、日本の教育の歴史の礎を築いています。

ここに現代科学技術の最先端をゆく高速実験炉が建設されるにあたり、科学と教育の調和発展を志願して、「常陽」という名がつけられました。

Reason for Naming JOYO

JOYO is another reading of the characters for the Hitachi-No-Kuni (State of Hitachi) in the Edo Era in Japan and means Eternal Light.

Here spiritual learning flourished around the time of the Meiji Restoration. Oarai, where the experimental fast reactor is located, is right in the heart of this area.

With our strong hope and desire to harmonize spirituality and science, the reactor was named JOYO.

高速増殖炉は、発電しながら核燃料として使えないウラン238を新しい核燃料のプルトニウム239に変えることができ、しかも消費する燃料より多くのプルトニウムを生み出すように設計されます。このようにして、高速増殖炉によってウランの持つエネルギーは現有量の60倍にも利用できるようになり、ウラン資源は飛躍的に増大する結果となります。そして、高速増殖炉の実用化が将来のエネルギー問題を半永久的に解決してくれるものと期待されています。

我が国の高速増殖炉開発計画は、核燃料サイクル開発機構（サイクル機構）が中心となって国のプロジェクトとして産・学・官の協力を結集し、国家技術による自主開発を進められてきました。

開発の手順は、実規模試験施設による研究開発と並行して、まず実験的な建設、運転し、次に原型炉へと進み、実用化路を模索する計画となっています。したがって、高速実験炉「常陽」はこの高速増殖炉開発計画の重要な第一段階となっています。

The Fast Breeder Reactor (FBR) Development Program in Japan has been promoted as a national project by Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC) incorporating the R&D ability of the governmental and private sectors, and advancing by its own technology.

The development was planned to be carried out in the following steps: First, construct and operate an experimental fast reactor while pursuing R&D work using actual scale mock-up test facilities, and next to step-up to a prototype reactor.

Based on the experiences of these reactors, investigation for the commercialization of FBR will be conducted.

Accordingly, the experimental fast reactor JOYO took its place as an important step in the first stage of the FBR development program.

「常陽」のあゆみ

History of JOYO

年 表

昭和45年 建設開始	1970 Construction Start
初臨界 Attain First Criticality	
熱出力 50MW出力運転 Attain 50MW	
熱出力 75MW出力運転 Attain 75MW	
75MW出力運転の使用前後検査および 第一年度検査合格 First Annual Inspection	
燃料要素組立検査施設 (RAF) 完成 運転積算時間10,000時間を達成 Attain 10,000 Hours Operation	
照射束中心移行作業を開始 Start Core Change MK-II 初臨界 First Criticality of MK-II Core	
MK-II 射心で100MW出力運転 Attain 100MW 運転訓練シミュレータ完成 Complete Operator Training Simulator	
FBR核燃料サイクルの確立する実証試験 Close FBR Fuel Cycle in PNC MK-I MK-II 運転積算時間25,000時間達成 Attain 25,000 Hours Operation	
FFDL試験実施 Conduct FFDL Test INTA/UFRオンライン試験開始 Start INTA/UFR On-line Irrad. Test	
100MW自然循環試験実施 Conduct 100MW Natural Circulation Test	
MK-I, MK-II 運転積算時間 30,000時間達成 (62,174) Attain 30,000 Hours Operation	
MK-I, MK-II 運転積算時間 40,000時間達成 (11,17,26) Attain 40,000 Hours Operation	
高熱出力試験(その1) Power to Molt Test-1	
高熱出力試験(その2) Power to Molt Test-2 FFDL試験実施 Conduct FFDL Test	

通 紀 実 績



昭和44年 天照・皇太后陛下行幸
Emperor and Empress Visit (1974)



昭和52年 初臨界
MK-I First Criticality (1977)



昭和57年 MK-II 初臨界
MK-II First Criticality (1982)



昭和54年 MK-II 100MW達成
Attain 100MW (1983)



昭和68年 照射装置 INTA 荷役
Irradiation Facility INTA Loading(1995)



平成5年8月 炉心に納入されるMARCO



平成12年5月1日
「実用」50,000時間達成
Attain 50,000 Hours Operation



平成9年4月26日
「実用」運転開始50,000時間達成

高速実験炉「常陽」の役割

Role of Experimental Fast Reactor JOYO Project

「常陽」は次の3つの基本的役割を持っています。

- 新技術を通しての技術の高次元化
- 燃料・材料の照射
- 高速炉実用化のための予備技術の検証

「常陽」の運転の基本目標は、第1段階としての役割を端的に表したものです。

「常陽」では、この役割に従って多くの試験研究が行われており、その成果は、福井県敦賀市に建設された高速炉の原型炉「もんじゅ」（電気出力28万kW）やその次の段階の実用化炉の設計に反映されています。

おなじみの高速炉開発計画は、「常陽」における多くの経験と技術の積み重ねによって、確実な基盤を築いています。

国際的にも高速炉を開発している国々と、プラント技術の交換や燃料・材料の照射などを通して世界の高速炉開発に貢献しています。

The three major objectives of JOYO operation are as follows.

- ▶ Advancement of technology through operation and experiment
- ▶ Conducting irradiation tests on fuel and materials
- ▶ Validation of innovative technology for development of future FBR.

The three major objectives of JOYO operation symbolize the role of JOYO as the first phase project.

Responding to the major objectives, various R&D programs have been conducted during JOYO operation.

These results have been applied to MONJU constructed at Tsuruga City, Fukui Prefecture, and also to the commercialization for FBR.



「常陽」
JOYO



Prove FBR
Irradiation Test
FBRの検証
照射試験



「もんじゅ」
MONJU

運転試験を通じての技術の高度化

「常陽」は順調に運転を続け、多くの運転経験を積むことによって技術成果が蓄積されています。それらに基づいて高速炉技術の高度化を図っており、その成果は次の高速炉の設計・建設・運転に活用されています。

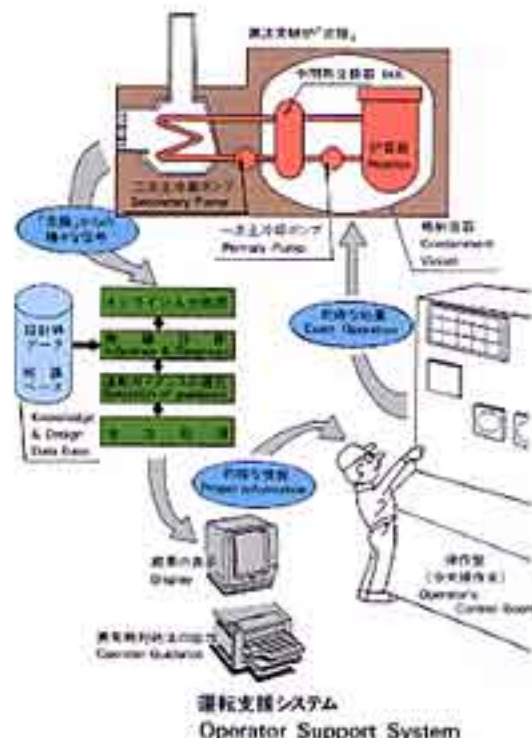
Advancement of FBR Technology through Operation and Experiment.

運転支援システム

中央制御室での運転員の判断・操作を支援する高速炉運転支援システムの開発を進めています。プラント異常を早期に見出し、異常の第一原因を検索し、その情報を表示するとともに、運転ガイダンスとして異常時の対処法を印字出力します。このような様々な機能を持つことにより、運転の信頼性がさらに向上することが期待されます。

JOYO Operator Support System

The JOYO operator support system is being developed in order to assist the shift crew in the central control room in making judgements during operation. Plant anomalies are detected and the first cause of alarms is identified by the system. Plant information is displayed on a screen, and an operating manual for the anomalous condition is printed out for operational guidance. It is expected that operational reliability will be greatly increased.



保守支援システム

保守支援システムは、プラントのパトロールデータをもとに異常の検知、異常事象の原因推察、異常の影響・補修方法の提示などを行い、高速炉機器システムの保守作業に同じ。初心者への助言、熟練者への作業確認のための支援の役割をするものです。システムの基本となる知識ベースには今まで得られた多くのプラント保守経験が含まれており、機能についても現実の保守作業にマッチさせたシステムを目指しています。

Maintenance Assistance System

The maintenance assistance system, applying knowledge engineering, helps maintenance people solve JOYO component troubles.

The system is able to detect and display an anomaly based on a patrol data sheet, and to provide results of analysis with the cause, the effect, and repair information by inferring from the knowledge gained from maintenance experience at JOYO.

Another maintenance assistance system under development has the function to optimize the FBR preventive maintenance schedule.

These systems aim at a practical system which matches actual maintenance works.



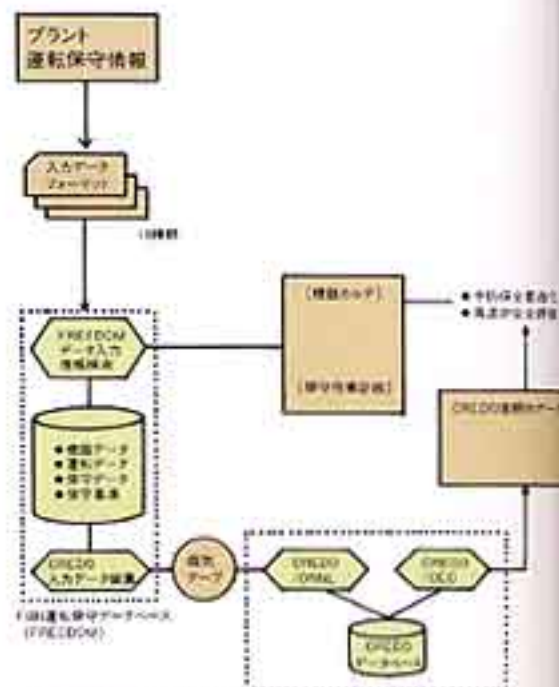
運輸保守データベース

「究極」では、高度な機器の信頼性・保守性に関するデータを、保守点検、運転技術および機器の設計に反映するために、機器の異常を運転履歴・保守基準・設計データに関連づけて評価する運転保守データベース (FREEDOM)を開発しています。

また、FREEDOMで編集されたデータは米オオクリッシン国立研究所と共同開発している高速増殖炉検証信頼性データベース(CREDO)に入力され、日本国内でのデータの共有化が図られています。これらのデータは高速増殖炉の子孫保全の最適化および安全性評価のために重要な役割を持っています。

FBR Plant Operation and Maintenance Data Base

At JOYO, a plant operation and maintenance data base (called FREE-DOG) is under development in order to optimize the FBR preventive maintenance program. The data base evaluates each plant anomaly by effectively relating it to component history data, maintenance criteria and design data. Moreover, for CREDO (the reliability data base which is under development by US/DOE and FNC) and support FBR probabilistic safety assessment.



高速炉運転保守データベースの構築
FBR Plant Operation and Maintenance Data Base

自然環境評價技術

冷却系は通内な機器高低差が設けられた高速がでは、万一、空電源喪失が生じた場合にも自然循環による順燃熱路上が期待されます。

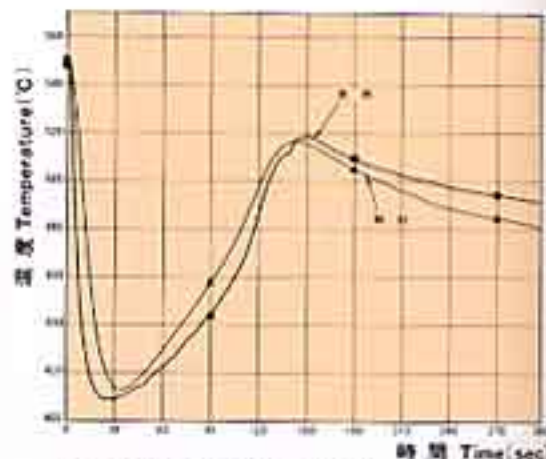
図で示すように、「常備」では定格出力(100MW)からの自然循環試験を実施し、炉心が安全に冷却されることが確認されました。運転時における中心燃料集合体出口冷却材温度は、その初期温度を下まわり、解熱によっても精度良く再現されました。

自然耐震試験を通して高速炉の高い安全性を実証すると共に現在、自然耐震除熱特性評価に関する解析手法の確立に取り組んでいます。

Natural Circulation Evaluation Technology

A test of decay heat removal by natural circulation from the rated output (100MW) has been carried out at JOYO, and confirmed us that the reactor core is cooled safely. The central subassembly outlet coolant temperature during the transient is below the initial value, and shows good agreement with the analytical result.

Natural circulation tests have demonstrated the high safety of FBR. We are now establishing an analytical method for evaluating natural circulation decay heat removal characteristics.



100MW運転からの自然循環試験時の
中心燃料集合体出口温度
Outlet sodium Temperature from Core
Subassembly at Natural Circulation from
100MW Operation.

破損燃料位置検出(FFDL)技術

万一、原子炉内で燃料が破損した場合、破損した燃料を速やかに見つけ出すことが必要です。このため、「常陽」では炉内ナトリウムシッピング法およびタギング法によるFFDL技術の開発をすすめています。

炉内ナトリウムシッピング法FFDL装置は、炉内にプラグに据え付けて集合体ごとにその内部のナトリウムを検査し、破損の有無をチェックすることができます。

タギング法FFDL装置は、ウーガス中にどの燃料に入れたガスが溶けだしたのかを検査して、破損した燃料を見つけて出すことができます。

どちらの装置も「常陽」で実験を行い、その性能を確認しています。

Failed Fuel Detection and Location Technology

When a fuel failure occurs, it is necessary to identify the specific failed fuel assembly. For this purpose, failed fuel detection and location systems (FFDL) using wet sipping method and gas tagging method have been developed.

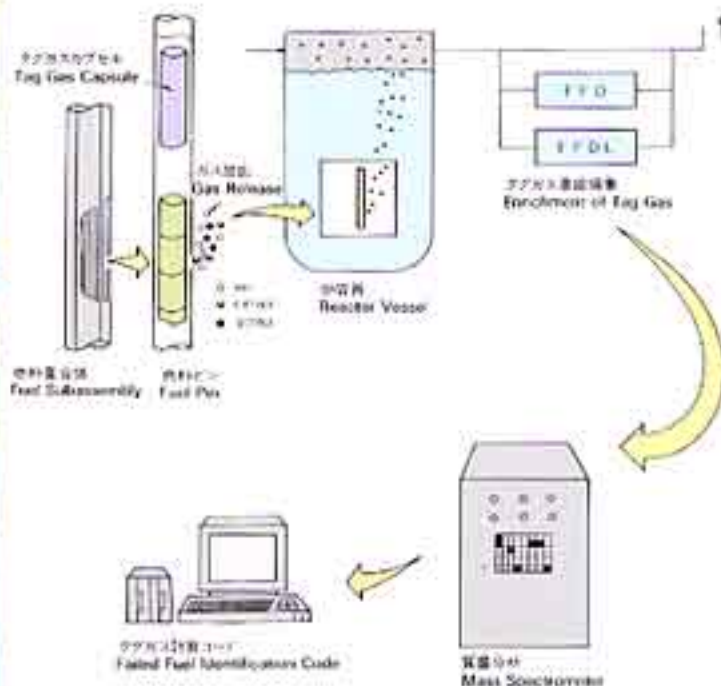
The FFDL system using wet sipping, which is installed on the rotating plug, can check each fuel assembly by measuring the radioactivity of sodium.

The FFDL system using gas tagging can identify the failed fuel by analyzing the specific gases in the cover gas which was enclosed in each fuel pin.

The detection ability of both systems has been confirmed by demonstration test in JOYO.



炉内ナトリウムシッピング法FFDL装置
The FFDL System using Wet Sipping Method



タギング法の概要
The FFDL System using Gas Tagging Method

高性能燃料開発に向けた照射試験

FBRの実用化を目指した燃料開発では安全性を確保しつつ、軽水をそしめる高濃度の達成が課題です。このため「常規」では、高性能燃料の開発に向けた照射試験として、集合体取出平均燃焼電力40 MWd/tを目指した高燃焼性燃料の開発を主眼に各種燃料・材料の照射を行い、その照射挙動を調べています。

また、酸化性燃料等の新しい燃料の開発や、長い半減期を持った核種を持つ燃料の減速処理技術の開発など、高濃度の特徴を活かした革新技術開発のための照射試験にも取り組んでいます。

Irradiation tests

Cost reduction is one of key issue for the practical use of FBR. Therefore, development of high-performance fuels and materials applicable to the several environmental conditions expected in future FBR is conducted to reduce

fuel cycle cost in addition to the improvement of safety.

Irradiation tests for the nitride fuel and minor actinide nuclides transmutation are planned to develop innovative technologies.

「常規」を用いた照射試験の主な流れ



軽水炉と高速炉燃料の集合体燃焼中の燃焼量の比較

軽水炉 (LWR)		高速炉 (FBR)		燃焼量 (Burn up, %MWD/t)
燃料	燃焼量 (Burn up, %MWD/t)	燃料	燃焼量 (Burn up, %MWD/t)	
軽水炉 (LWR)	100	高速炉 (FBR)	100	100,000
MOX燃料 (MOX Fuel)	100	高速炉 (FBR)	100	100,000
窒化物燃料 (Nitride Fuel)	100	高速炉 (FBR)	100	100,000
窒化物燃料 (Nitride Fuel)	100	高速炉 (FBR)	100	100,000

照射試験装置

照射試験を効率よく行うためには個々の照射目的にかなった照射装置が必要で、そのための照射中の温度や圧力をオンラインで測定可能な各種オンライン照射装置をはじめ、より簡便な方法で照射試験を行うための同様に示すオフライン照射装置があります。

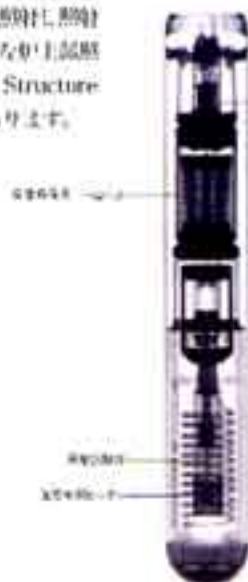
Irradiation Test Assemblies

Irradiation tests require specific devices to perform irradiation tests effectively. In JOYO, the following types of irradiation test assemblies are utilized.



オンライン照射装置

照射装置に様々な計装を組み込むことにより、照射試験精度の向上と高度化を目指しています。本照射試験装置としては、燃料の中心温度、核分裂性生成ガス圧力等をオンラインで取得できる計測線付照射装置 (Instrumented Test Assembly, INTA)、照射温度を制御し、照射下のクリープ試験を行うための炉内材料照射装置 (Material Testing Rig With Temperature Control, MARICO)、安全容器内で炉心の照射温度制御が可能な炉外材料照射装置 (Ex-vessel Irradiation Rig, EXIR)、炉上部で燃料棒、照射温度をオンラインで測定可能な炉上燃料棒照射装置 (Upper Core Structure Irradiation Rig, UPR) があります。



EXIR クリープ
破壊キャプセル

Instrumented Test Facilities

Instrumented test facilities have on-line monitor to obtain irradiation data during reactor operation.

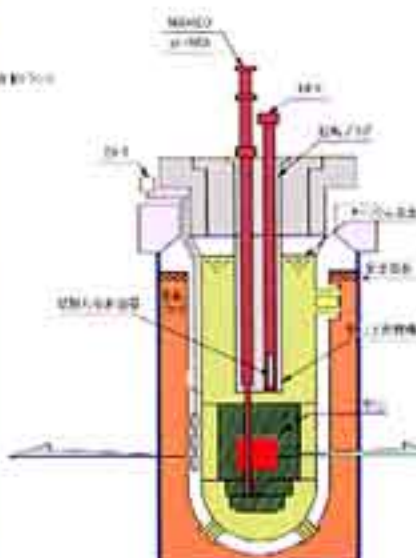
INTA is equipped with FP gas pressure gauge, flow velocity meter, thermocouple and neutron detector.

MARICO is able to control irradiation temperature during creep rupture test under irradiation.

EXIR is also irradiation temperature

control facility installed in the safety vessel.

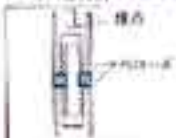
UPR is structure material irradiation rig irradiated in upper core field.



オンライン照射装置の
配付状態

検出器の原理

炉内ガス圧力計 FP Gas Pressure gauge



燃料中心温度計 Thermocouple for fuel Temp.



炉内材料温度計 Thermocouple for coolant Temp.



中性子検出器 Neutron Detector

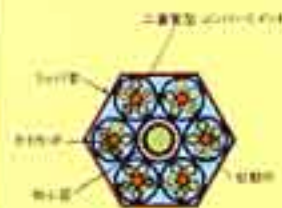


電磁流量計 Electromagnetic Flow Meter

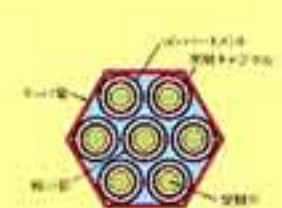


計測線付集合体の
各種計装内容

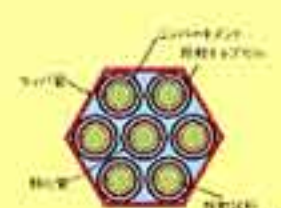
材料照射装置 Material Irradiation Test Assemblies



炉心材料照射用 (CMIR)



構造材料照射用 (SMIR)



新開発材料照射用 (AMIR)

制御棒操作ガイダンスシステム (ロッドガイダー)

ロッドガイダーは運転支援システムの一種として、制御棒操作時に必要とする情報を運転員に提供するものです。すなわちプラントからの計測信号をマイクロコンピュータで演算・処理を行い、出力調整等において制御棒の操作量・引換手順等の情報をCRTに出力します。ロッドガイダーは、高速炉の自動運転化を目的として開発を進めています。

Control Rod Operation Guidance System (Rod-Guider)

Rod-Guider is an on-line computer system for operational support. Its function is plant monitoring, and to provide information concerning control rod operation. 105 signals and calculated values, such as thermal power and reactivity, are displayed on a CRT. In addition, the system predicts plant conditions and advises the operators of proper control rod manipulation procedure, from approach-to-criticality to full power operation. Rod-Guider is under development for the purpose of achieving automatic plant operation of FBR.



CRTの表示画面
Power Descent Guidance of Rod-Guider

高速炉運転技術の高度化

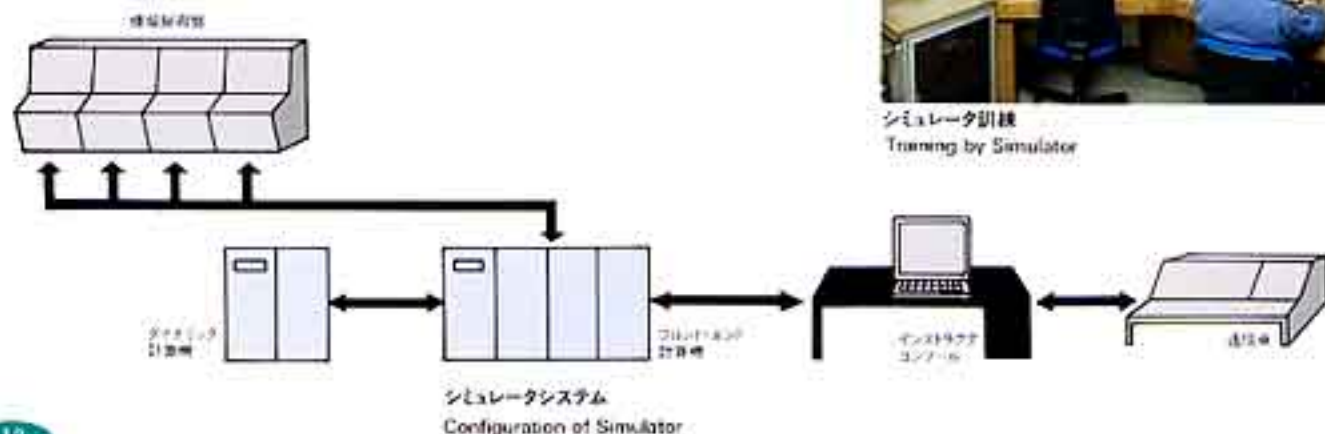
「常陸」の安全運転に寄与するために「常陸」運転訓練シミュレータ (FOSTER) があります。この模擬制御室は中央制御室の壁と同じ形状をしており、運転員は実際の「常陸」を運転するのと同じ感覚で、通常操作・異常時操作の訓練を受けています。

Advancement of FBR-Operation Technique

The JOYO operator training simulator was constructed in 1983. Since then, the simulator has been used for operator training and contributed to safe operation of the JOYO plant. The simulator faithfully simulates five key control boards in the central control room. Operators can be trained under normal or abnormal conditions with the same feeling as real plant operation.



シミュレータ訓練
Training by Simulator



高速炉実用化のための革新技術の実証

「常陽」は、高速炉の実用化に向けて開発が進められている多くの革新的技術の実証の場として多角的な利用が図られています。

耐震設計研究

地震に強く設計された建物は、優れた耐震性を有していることを実験的に実証し、このような埋込型建物の耐震設計手法を開発するため、「常陽」を対象とした実験。研究が(財)電力中央研究所との共同研究で行われています。

本研究の成果は、第4配管における立地の妥当性の検討計画のために活用されます。

なお、建設効果を見込んでいない設計モデルの応答変位と実験から得られた実際の応答変位とを比較しています。

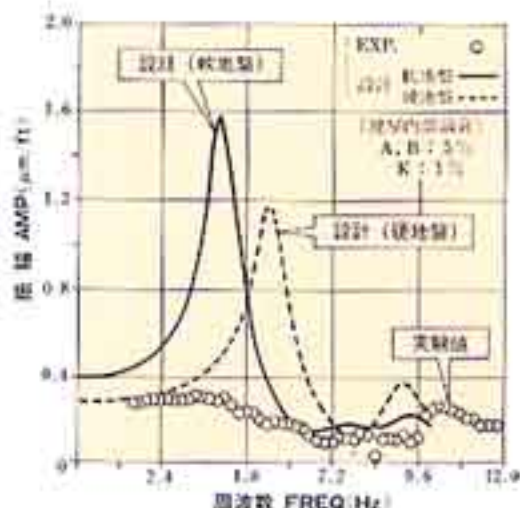
Seismic Design Research

In order to develop a method to evaluate the dynamic response characteristics of deeply embedded structures during earthquakes, and to provide experimental evidence that a structure has sufficient stiffness, collaborative research with the Central Research Institute of Electric Power Industry has been performed.

The results of this study will be reflected on the improvement of the seismic design standard for power station.

Validation of Innovative Technology for Development of Future FBR

The experimental Fast Reactor JOYO has been utilized in various ways as the demonstration facility for innovative technology, which has been developed to commercialize FBR.



地震時応答特性試験結果
実験値と設計モデルとの比較結果
Dynamic Response Characteristics of Seismic Test

国際協力

「常陽」における国際協力は、二つの分野で行われています。一つは、高速炉プラント建設の分野であり、一つは、燃料材料の照射の分野です。プラント建設の分野においては、従来から欧米諸国の運転中の高速炉との間で運転保守関係、各種試験データ等について情報交換を行っています。また、予防保全技術開発の一環として利用と高速炉放射性中性子データベース(CRRDB)と炉管理システム(高速炉プラントの運転計画・安全評価機能)の開発開発をしました。照射の分野においては、技術的な情報交換であるCooperation(協力)から、お互いの技術を開発しあう、無条件の共同開発的な関係を行うCollaborationへと変化し、現在フェニックス(フランス)との交換関係が進められています。

International Cooperation

PNC has cooperative agreements with the United States, the United Kingdom, Italy and Germany/France for exchange of technical information, mutual visits to facilities, and special staff meetings on FBR operation and maintenance experience.

In order to support FBR probabilistic safety assessment, an advanced reactor component reliability data base (aRCD) was under development through the cooperation with USDOE.

JOYO and Phenix have almost finished cross irradiation test of long life fuel.



フェニックス(フランス) Phenix



FFTF(米)

MK-III計画の概要

Outline of the MK-III Project

高効率炉の実用化のためのより高性能な燃料の開発には、多種多様な照射試験データを取得する必要があります。また、新燃料や超ウラン系等の照射試験及び受託照射等も多数、高精度で実施できることが求められています。

このため、「常陽」の照射試験能力を高めるMK-III計画を進めています。

Accurate and various irradiation test data will be required for development of high performance fuels for future FBRs.

Therefore, a program named the MK-III Project has been performed to improve irradiation capability.

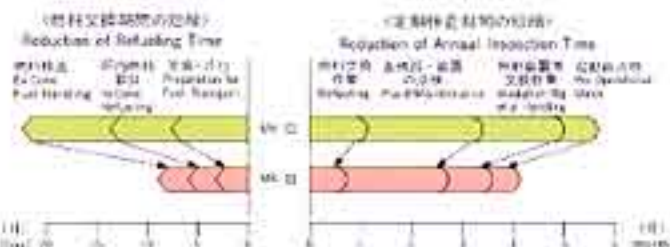
照射運転時間の増大

Improvement of Plant Availability Factor

新燃料交換機の使用及び燃料取扱設備の自動化により、燃料交換時間を約3分の1に、定期検査時間を約3分の2に短縮し、稼働率の向上により照射運転時間を2.5倍に増大します。

As a result of replacement of a refueling machine and automation of a fuel handling facility, the refueling time will decrease to about 1/3 and the annual inspection time will decrease to about 2/3.

As a plant availability factor is improved to a lot over 60%, the irradiation time per year will increase up to 1.5 times.



炉心の中性子束化

Core Transformation for the High Neutron Flux

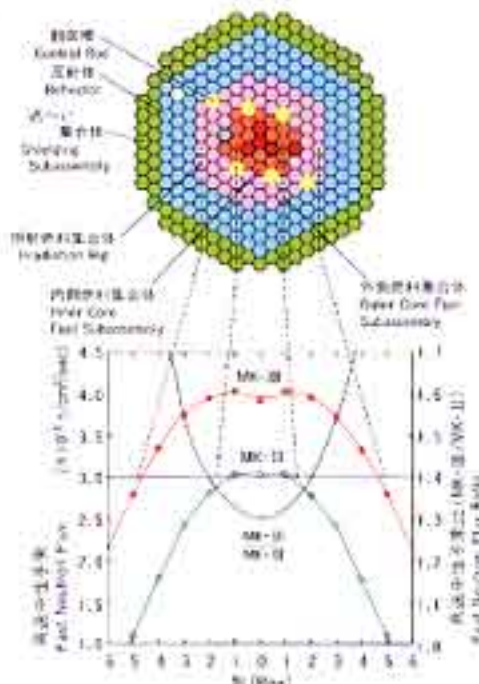
MK-III炉心では、制御棒の配置をこれまでのMK-II炉心と変更して炉心領域を拡大し、また、中性子束の平坦化を図るため、内周炉心と外周炉心の最適化を行っています。

更に、最外周に遮へい集合体を装備し、遮へいを強化します。

In the MK-III core, the location of control rods will change from the location in the present MK-II core, so that, the space for irradiation test will be expanded.

In order to flatten flux distribution, the field will be constructed with the inner core and the outer core.

Arrangement of shielding subassemblies in the most outer row will improve shielding performance.



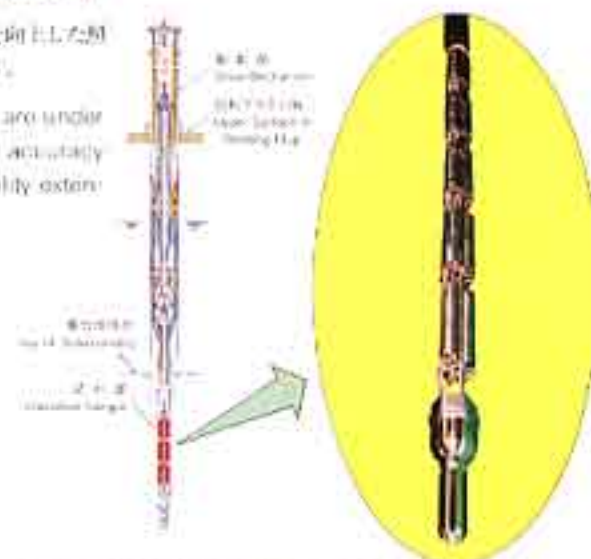
MK-II炉心とMK-III炉心の高速中性子束分布の比較
Comparison of Fast Neutron Flux Distribution between MK-II Core and MK-III Core

照射技術の高度化

Upgrading in Irradiation Techniques

照射精度や制御能力を向上した照射試験装置の開発を行います。

Various irradiation rigs are under development, aiming at accuracy improvement and testability extension.



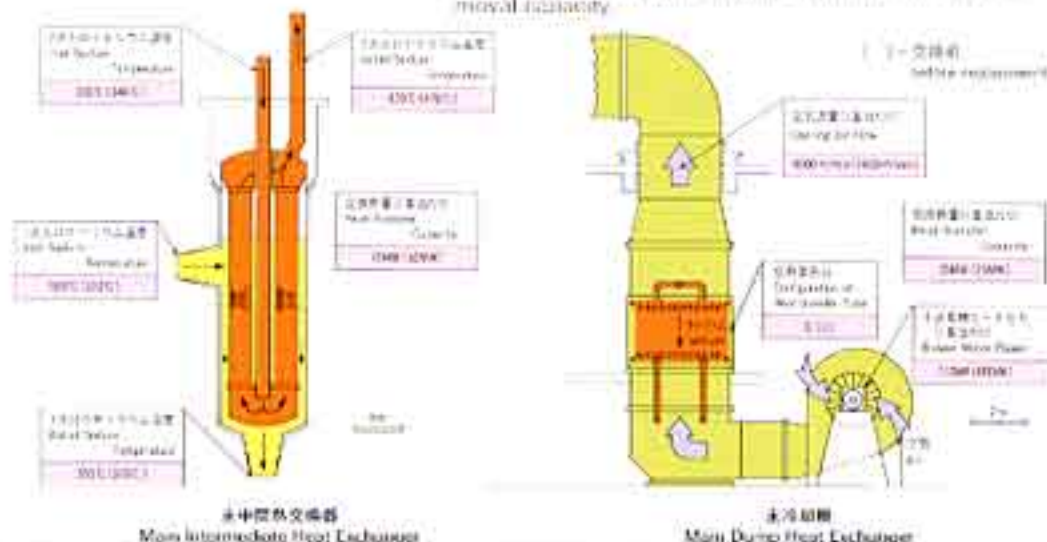
温度制御型材料照射装置 (MARICO-1)
Material Testing Rig with Temperature Control

冷却系の改造

Modification of the Heat Transport System

照射能力を向上させるため、主中間熱交換器、主冷却機、及び二次循環ポンプ用モータを交換します。

The main intermediate heat exchangers, the main dump heat exchangers and the motors of the secondary main circulation pumps will be replaced by superior heat removal capacity.



原子炉の構造

Reactor Structure

「常陽」を構成する建物には、原子炉格納容器、原子炉建屋、冷却機建物があります。原子炉格納容器は内容28m、高さ54.3m、厚さ12~27mmの炭素鋼でできており、完全気密構造で、原子炉容器や一次冷却系の主要機器を格納しています。

原子炉容器は、内径3.6m、高さ10m、厚さ25mmのステンレス製で、この中に「常陽」の心臓部にあたる原子炉核燃料が収められています。原子炉上部には二重回転プラグと呼ばれる蓋がついており、安全に燃料の出し入れなどができるようになっています。

おいて核分裂連鎖反応によって発生する熱は、主冷却系の冷却材ナトリウムに伝えられ、さらに主空冷冷却器から大気中に放出されます。

冷却機建物にはこのための主空冷冷却器が4台あります。なお、「常陽」には発電設備がありません。

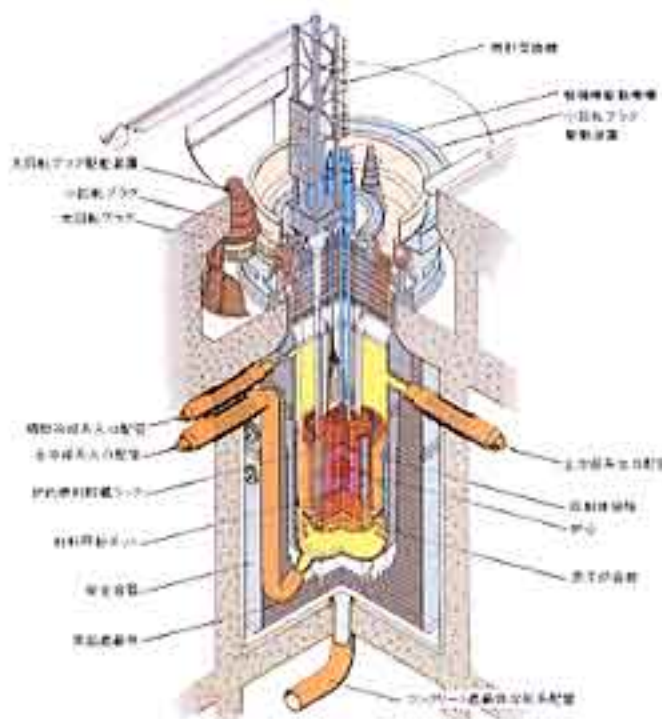
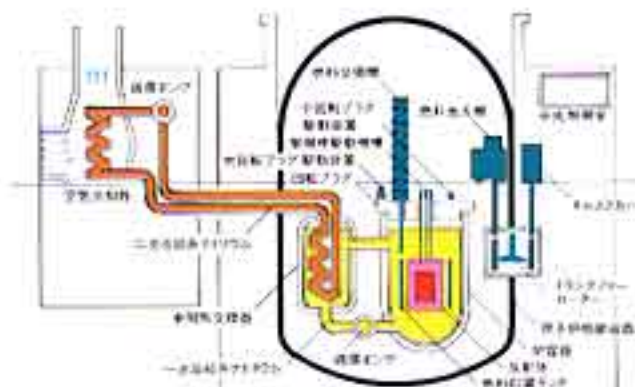
The structural components and buildings for JOYO comprise the reactor containment vessel and reactor auxiliary buildings. The reactor containment vessel is made of carbon-steel with dimensions of 28m in inner diameter, 54.3m in height, and 12~27mm in thickness. It is structured as a closed system, and contains the reactor vessel and the major components of the primary cooling system.

The reactor vessel is made of stainless steel with dimensions of 3.6m in inner diameter, 10m in height, and 25mm in thickness, and contains the reactor core—the heart of JOYO. It is equipped

with a cover on the top of the reactor vessel which is a double rotating plug, by which refueling can be accomplished with safety.

The heat generated by the nuclear fission chain reaction of uranium and/or plutonium is transferred from the reactor core by means of the sodium flow in the main heat transport system.

The dump heat exchanger building has four sets of main dump heat exchangers, which exhaust the heat generated in the reactor core to the atmosphere. JOYO is not equipped with a generator for electricity production.



原子炉本体断面

炉心と炉心構成要素

Reactor Core

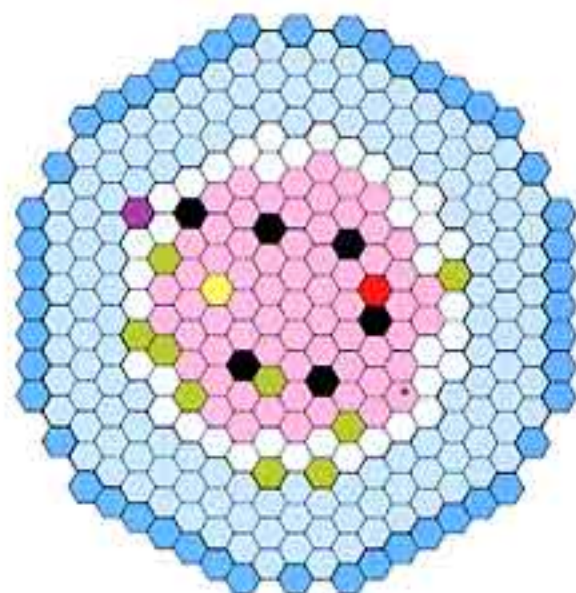
炉心は最大67体の炉心燃料集合体と6体の制御棒、そして照射試験のためのいろいろな照射試験装置によって構成され、周囲を反射体がとりまいています。

炉心の熱出力は、100MWであり、制御棒によって出力が制御されます。緊急時には自動的に制御棒が挿入され、反応が停止されます。燃料領域の周囲に配置された反射体は、高速中性子密度の増大等の役目があり、照射試験に適した炉心構成となっています。

The core contains a maximum of 67 fuel assemblies, 6 control rods, and various irradiation test rigs. The fueled core is surrounded by reflector assemblies. Maximum reactor power is 100MW, and is controlled by the operation of control rods. The function of the reflectors is to increase the fast neutron flux. In an emergency, the reactor is shut down by automatic insertion of control rods.

炉心の特性

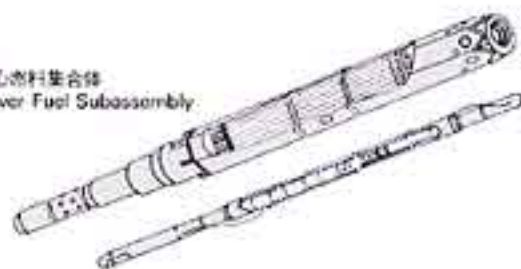
特 性	値 域 値
熱 出 力	燃 料
最大熱出力……………100MW	燃料物質
最大熱出力……………400W/cm	………ウラン-プルトニウム混合燃料
燃料材直径……………2,200mm	………プルトニウム濃度……………約30% O
燃料材長さ……………約210cm	………ウラン濃度……………約18% O
燃料材入口……………約210cm	燃料インベントリ
燃料材出口……………約210cm	………プルトニウム……………約210g
燃料材温度……………約210cm	………ウラン濃度……………約180g
燃料材圧力……………約210cm	中性子束(最大)
燃料材速度……………約210cm	……… $4.5 \times 10^{14} \text{ neutrons/cm}^2 \cdot \text{sec}$
燃料材密度……………約210cm	中性子エネルギー炉心平均
燃料材形状……………約210cm	………25MeV
燃料材色……………約210cm	最高燃度
燃料材長さ……………約210cm	………75,000MWt/l
燃料材圧力……………約210cm	出力係数
燃料材速度……………約210cm	……… $5 \times 10^{-4} \Delta k/k$ / MW
燃料材密度……………約210cm	全炉心燃度
燃料材形状……………約210cm	………5.5% $\Delta k/k$ / MW



- 炉心燃料 (66) Driver Fuel Subassembly
- 制御棒 (6) Control Rod
- 内側反射体 (12) Inner Reflector
- 外側反射体A (14) Outer Reflector A
- 外側反射体B (4) Outer Reflector B
- 照射燃料集合体 (1) Irradiation Subassembly
- 温度制御型照射試験装置 (1) (MTRC) Material Testing Rig with Temperature Control
- 材料照射用反射体 (1) Material Irradiation Rig
- 炉上照射用プラグフラッグ Upper Core Structure Irradiation Plug Flag
- 中性子源 (1) Neutron Source

100MW-第29サイクル炉心構成図
Core Map at The 29th Cycle

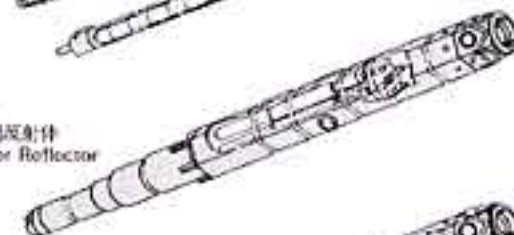
炉心燃料集合体
Driver Fuel Subassembly



制御棒
Control Rod



内側反射体
Inner Reflector



外側反射体
Outer Reflector



安全システム Safety System

「常陽」には安全を確保するための JOYO has various systems to maintain safety, しくみが多くそなえられています。

原子炉固有の安全性 (ドップラー効果)

運転中に燃料の温度が上昇すると、それとともに「ドップラー効果」がはたらき核分裂反応が抑制され、出力の増加が自動的に抑えられます。

Reactor Safety Characteristics (Doppler Effect)

In case of fuel temperature rise during reactor operation, the chain reaction is suppressed by the Doppler Effect. Therefore, reactor power is not increased.

さまざまな安全装置

「常陽」は、運転員の誤操作による機器の運転を防止する「インターロックシステム」や、機器が故障しても設備全体として安全を確保する「フェイル・セーフ」、また異常時には多量の緊急停止装置・安全装置をそなえています。

Other Safety Systems

Other JOYO safety systems include an inter-lock system to prevent operator errors and to protect equipment, and a reactor protection system to safety shut down the reactor under abnormal conditions.

ナトリウムの安全システム

「常陽」が冷却材として用いているナトリウムは常圧の状態で運転しています。したがってカーナトリウムがもれることがあっても、ナトリウムが急激に噴出して火心が発生することはありません。

Sodium System Safety

The pressure of sodium coolant in the core vessel and piping is very low during full power operation. Consequently, if a sodium leak occurs in the core vessel or piping, the leak rate is very slow, and core cooling is safely accomplished.

品質保証活動

「常陽」では万一の事故の発生と拡大を未然に防ぎ、施設の安全確保・信頼向上をより強化するために、品質保証活動を積極的に推進しています。

Quality Assurance

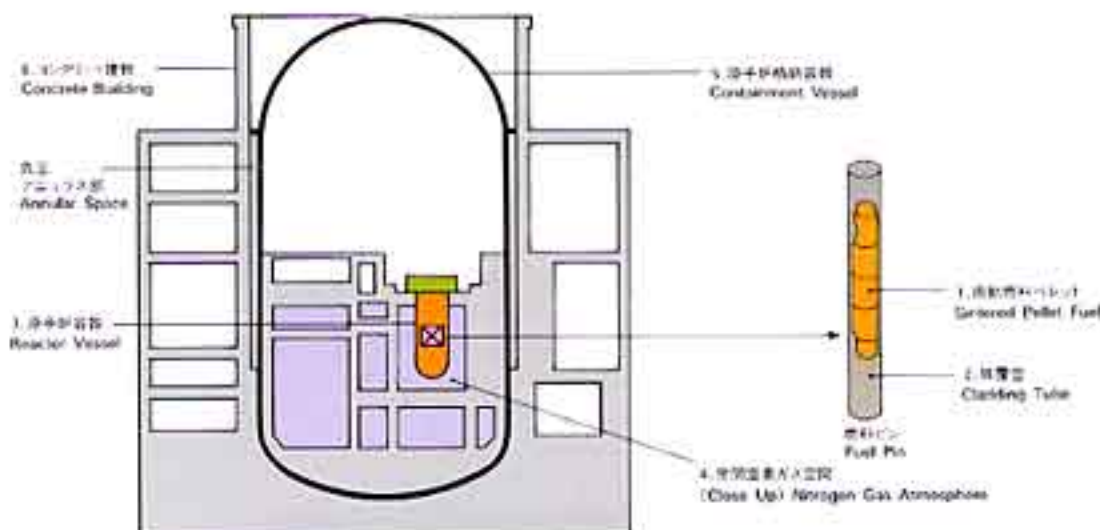
We perform positive quality assurance activities to maintain safety and improve reliability of the reactor plant.

いくつもの防壁を設けた 多重構造

「常陽」には6つの防壁が設けられています。

Multiple Defending Structure against Radioactivity

JOYO has six different guard walls.



常陽の多重構造
Multiple Defending Structure

安全管理

Safety Control

「常備」では、周辺環境や人々の安全を守るために、常に厳しい管理を行い、より高い安全性の確保に努めています。

At JOYO we emphasize the maintaining of high safety standards for the protection of the working personnel and the surrounding environment.

環境モニタリング

「常備」の問題には、モニタリングポスト等を設置し環境放射線の測定・監視を行うと共に、陸上・海洋試料を採取し、それらの放射性分析を行っています。

Environmental Monitoring

Monitoring posts are set up in the area surrounding JOYO to monitor the environmental radiation. Radioactivity in environmental samples (including marine samples) is also monitored.



モニタリングポスト

Monitoring Post

樹木の広がり地域の境際に設置。周辺の放射線量を常に検知しています。

作業環境管理

管理区域には、放射線の異常を監視するため放射線モニターが設置されており、これらの測定データは中央制御室にて集中監視しています。

Protection of Working Area

In the controlled area, radiation monitoring devices are situated to detect a radiation emergency. The data are monitored in the central control room.



放射線監視盤

Radiation Monitor Panel

全てのモニターの収束とその表示値を表示します。

作業員の被ばく管理

管理区域で作業する人は全て熱感光線計を用いたTLDバッジを身に付け、法令で定められた許容線量以下であることを確認しています。

Control of Personnel Exposure

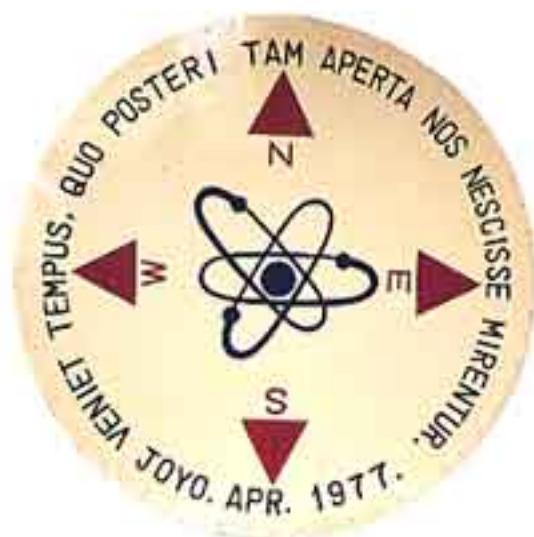
All personnel working in the controlled area must wear TLD badges which utilize a thermoluminescent dosimeter. The measured dose is regularly checked to be below the dose limit allowed by law.



TLDバッジ

TLD Badge

管理区域で作業する人が受ける放射線量を測定するために使用するもので、定期的に交換し、定常監視装置の測定器として、測定精度を向上させます。



このマークは、常陽の初臨界を記念して原子炉格納容器内の床にラテン語で描かれたローマの詩人セネカの詩の一節です。その意味は以下のとおりです。

「かくも明白な真実を我々が今やっと体験した。ということの子孫達が驚く時が来るであろう。」

The mark is drawn on the operation floor of JOYO containment vessel to commemorate the first criticality. The meaning is as follows;

"The time will come, when our posterity will wonder that we have only now just realized such a self-evident truth."

JNC 核燃料サイクル開発機構

ホームページアドレス: <http://www.jnc.go.jp>

常陽ホームページ: <http://www.jnc.go.jp/zooarai/joyo/index.html>

本 社

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-49 ☎029-282-1122 (代表)

大浜工学センター

〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 ☎029-267-4141 (代表)

高速増殖炉もんじゅ建設所

〒919-1279 福井県敦賀市白木2-1

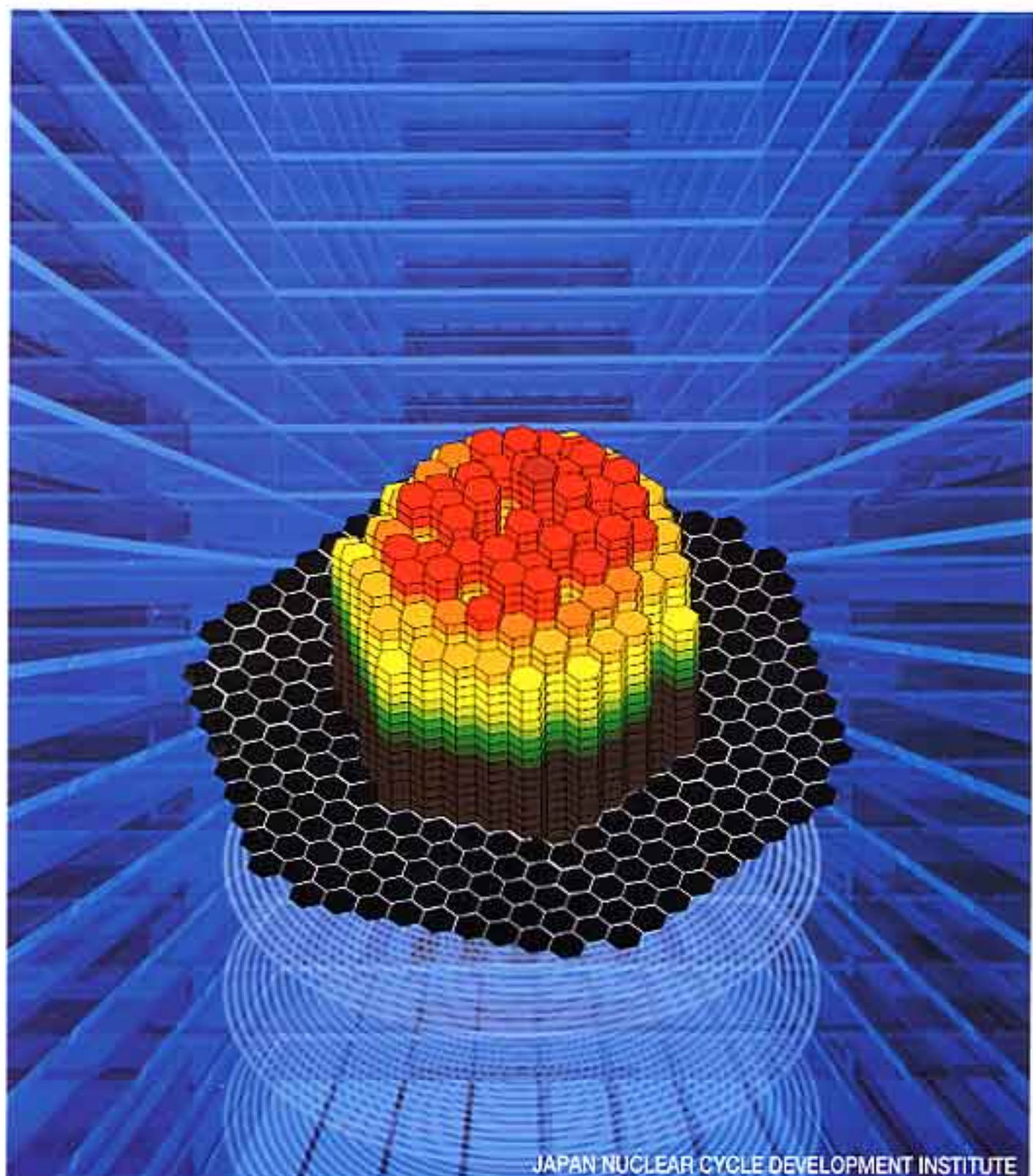
☎0770-39-1031 (代表)

高速実験炉「常陽」

EXPERIMENTAL FAST REACTOR JOYO

MK-III PROJECT

— 照射能力の高度化に向けて —



～「常陽」では照射試験能力を高めるため、MK-III計画を進めています～

MK-III計画により、高速炉の実用化のための燃料・材料照射、マイナーアクチニド(MA)の燃焼試験など幅広い照射のニーズに対応していきます。また、外部(国内外の研究機関や大学)からの照射の依頼は、より広範囲に対応できるようになります。

The MK-III project is to improve the irradiation capability of the experimental fast reactor JOYO. Irradiation tests for the development of future fast reactors (FR), the transmutation of minor actinoids (MA), and other studies can be conducted effectively from this project. In addition, JOYO will be more readily available to institutes and universities throughout Japan and overseas.

MK-III 照射用炉心

Irradiation Core

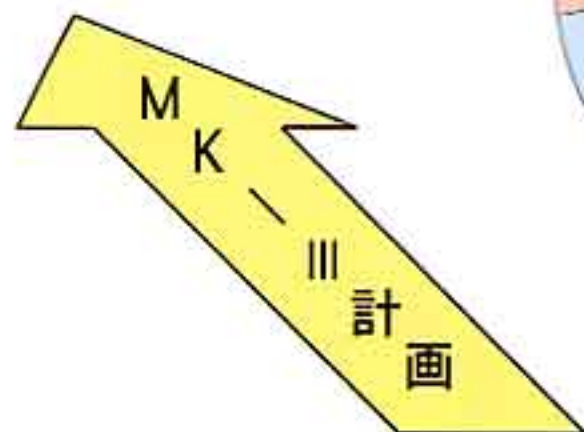
ニーズ
Need

高性能燃料・材料の開発
Development of high performance fuels and materials

新型燃料・材料の開発
Development of advanced fuels and materials

MAの燃焼・消滅処理技術開発
Development of MA burning and transmutation technology

利用
Utilization



MK-II 照射用炉心

Irradiation Core

ニーズ
Need

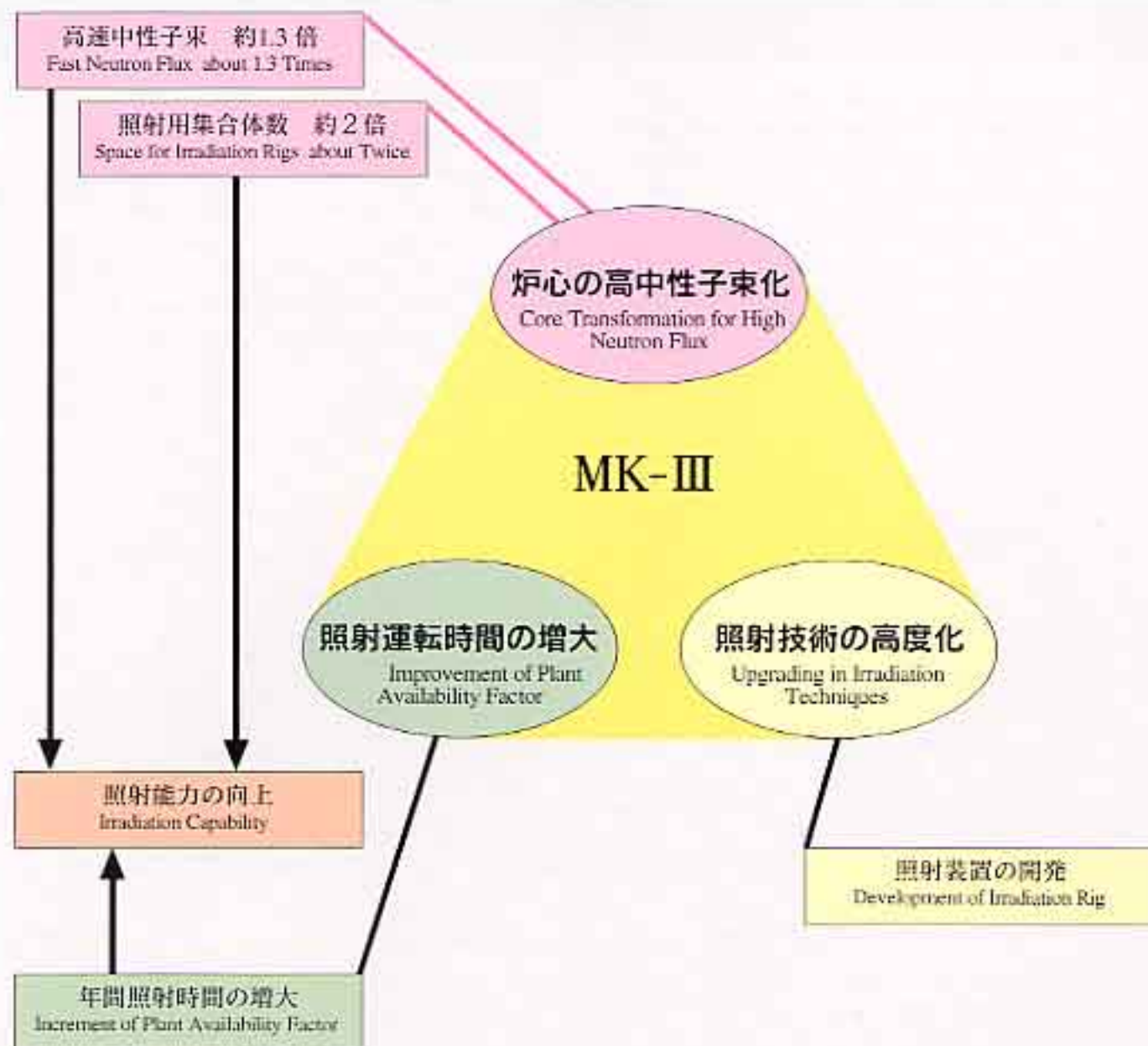
燃料・材料の照射
Irradiation of FBR fuels and materials

高速炉プラント運転経験蓄積
Accumulation of fast reactor plant operation experience

運転・保守管理技術の高度化
Improvement of operation and maintenance technology

利用
Utilization





MK-II炉心とMK-III炉心の基本仕様
Basic Specifications of MK-II Core and MK-III Core

項 目 (Items)	MK-II	MK-III
原子炉定格出力 MWt Reactor Rated Output	100	140
最大高速中性子束 $n/cm^2 \cdot s$ Fast Neutron Flux(>0.1MeV)	3.2×10^{15}	4.0×10^{15}
冷却材流量 t/h Coolant Flow Rate	2200	2700
冷却材温度 (入口/出口) $^{\circ}C$ Coolant Temp.(inlet/outlet)	370/500	350/500
炉心高さ cm Core Height	55	50
燃料集合体数 No. of Fuel Subassemblies	Max.67	Max.85
Pu富化度 wt% Pu Content	≤ 30	内側(Inner) = 23 外側(Outer) = 29
^{235}U 濃縮度 wt% ^{235}U Enrichment	≈ 18	≈ 18
反射体/遮へい集合体 Reflector/Shielding	SUS/SUS	SUS/B,C
照射用集合体装荷本数 No. of Irradiation Rigs	Max.9	Max.21

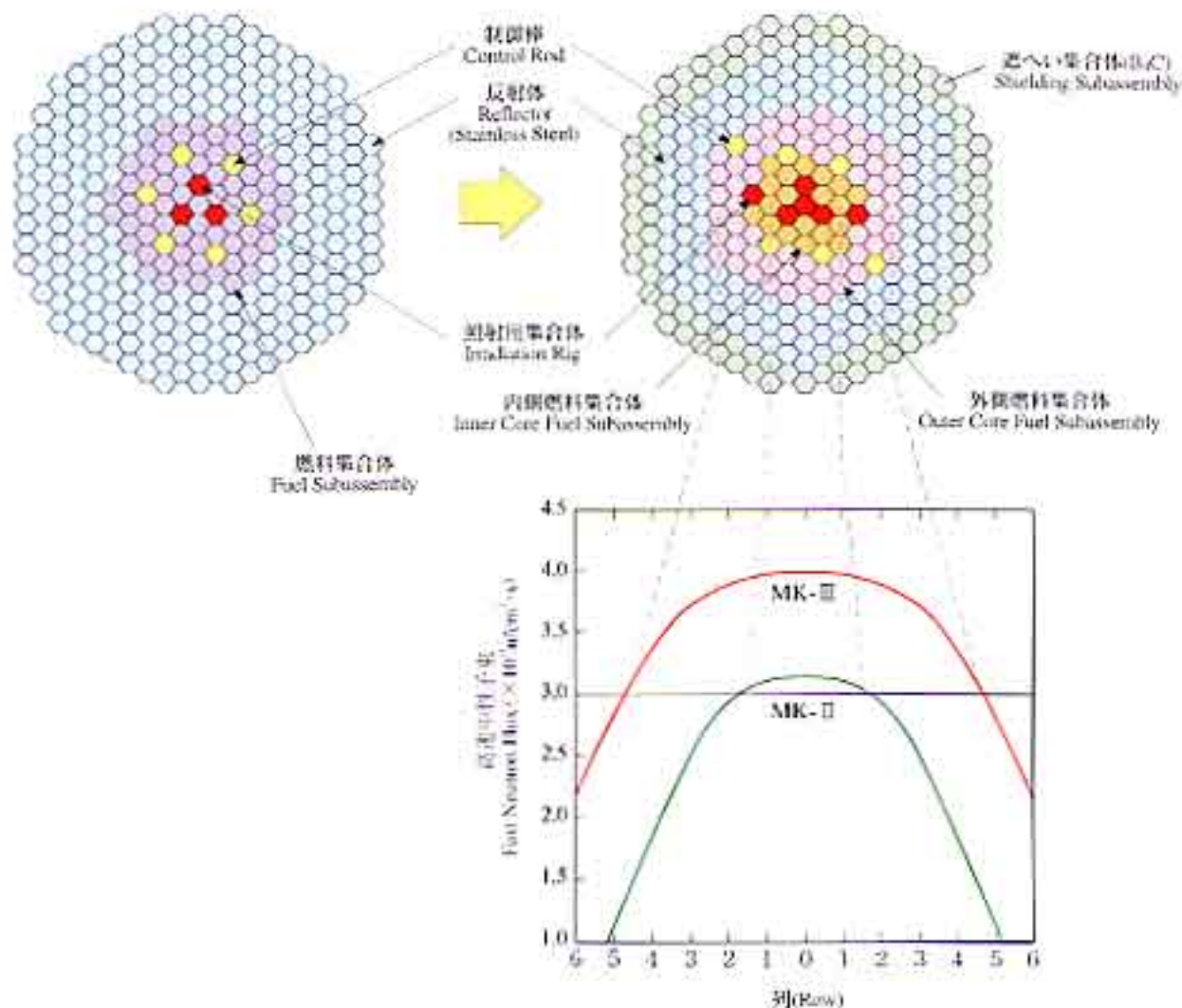
炉心の高中性子束化 Core Transformation for High Neutron Flux

MK-Ⅲ炉心では、MK-Ⅱ炉心より高速中性子束を高めず。また、炉心燃料領域を拡大し、制御棒の配置を変更して、照射用集合体の最大装荷数を増やします。更に、最外周には遮へい集合体を装荷します。

By changing the thermal output of the MK-Ⅲ core from 100MW to 140MW, the fast neutron flux in core region surpasses that of the MK-Ⅱ core. By expanding the core fuel region and relocating the control rods, the number of loaded irradiation rigs are increased. By loading the shielding subassemblies to the outside of the reflector region, the neutron leakage from the core is decreased.

MK-Ⅱ炉心
MK-Ⅱ Core

MK-Ⅲ炉心
MK-Ⅲ Core



MK-Ⅱ炉心とMK-Ⅲ炉心の高速中性子束分布
Fast Neutron Flux Distributions in MK-Ⅱ Core and MK-Ⅲ Core

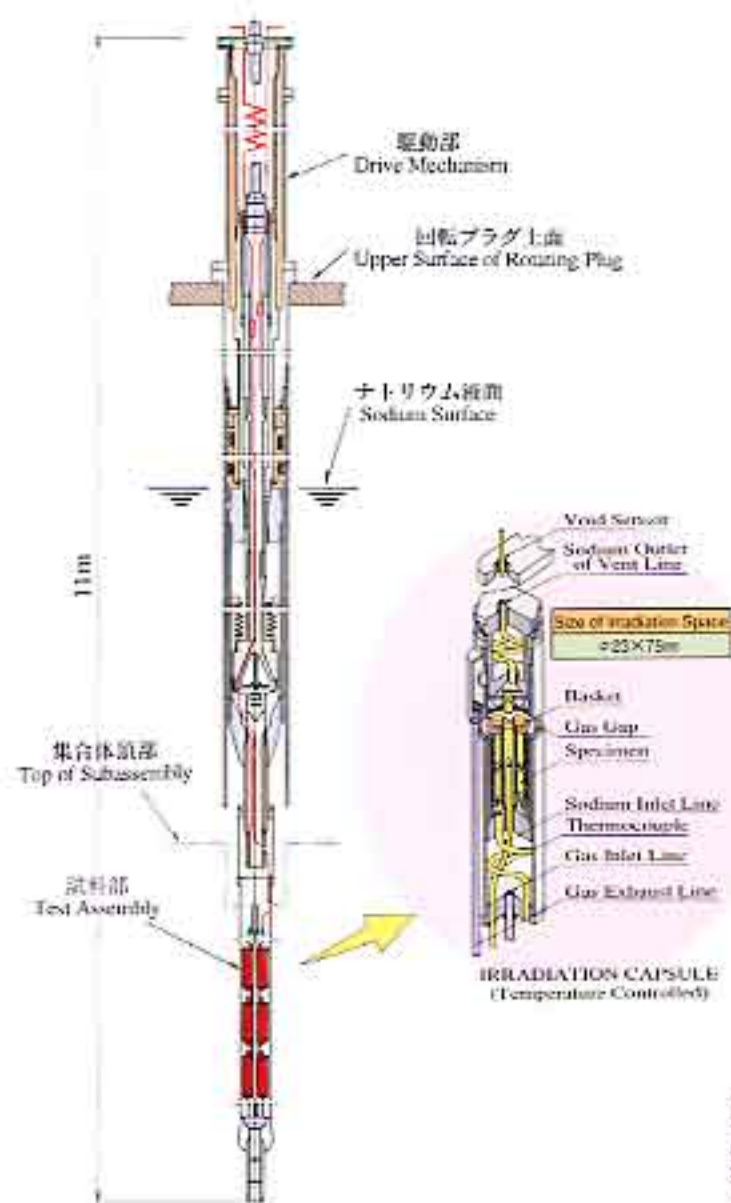
照射技術の高度化 Upgrading Irradiation Techniques

中性子照射量及び照射温度の精度や照射能力を向上させた照射技術の開発を行います。

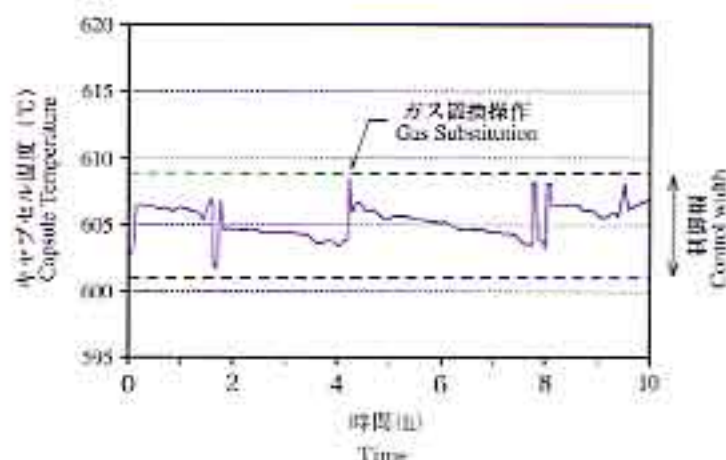
Irradiation techniques are being improved to increase the accuracy of neutron fluence and temperature control and also the development of advanced test capabilities.

この一環として、温度制御型材料照射装置を開発しています。この装置は、材料のスエリング試験やクリープ試験などを行なうため、試験片を一定の温度で照射することができます。温度制御は、試験片と冷却材との間にArとHeの混合ガス層を設け、その混合割合を変化させる方式により行いますが、さらに電気ヒータを加えた方式のキャプセルも開発しています。この制御方式により設定温度に対して $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 以内の精度が得られます。

As a part of these improvements, the material irradiation rig with temperature control (MARICO) was developed. Irradiating with MARICO, the temperature of specimens is controlled with high accuracy, and the information for creep rupture is measured in real time. The temperature inside the capsules is controlled by the mixture ratio of argon gas (Ar) and helium gas (He), which affects the thermal conductivity. By using this method, the temperature of specimens is also controlled. During the irradiation test period, the temperature of specimens can be controlled to a precision of $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Furthermore, the next generation MARICO will contain an electric heater for temperature control.



温度制御型材料照射装置(MARICO)
Material Testing Rig with Temperature Control



温度制御カーブ
Temperature Control Curve

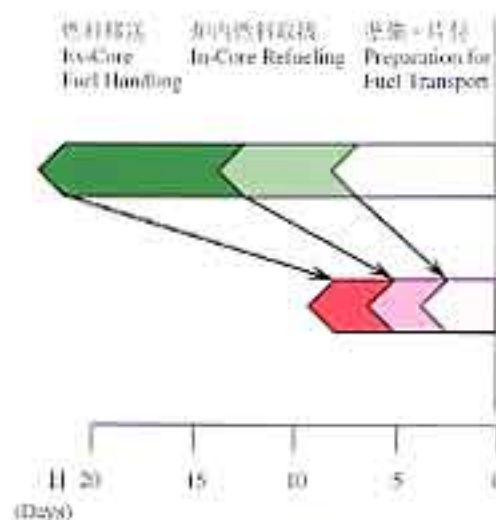
燃料取扱設備の自動化等により、燃料交換期間を約3分の1に短縮します。また、定期検査期間を約4分の3に短縮します。

これにより年間の照射運転時間を増大することができ、稼働率は従来の約1.5倍になります。

By using the automatic controller for fuel handling, the refueling period is decreased to approximately 1/3. By improving the fuel handling machine, the annual inspection period is decreased to approximately 3/4. With these and other improvements, the plant availability factor is increased by approximately 1.5 times to that of MK-II.

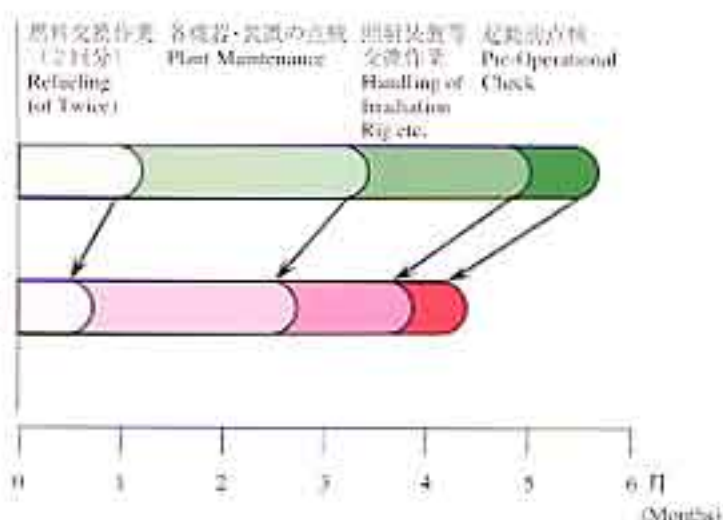
<燃料交換期間の短縮>

Reduction of Refueling Time

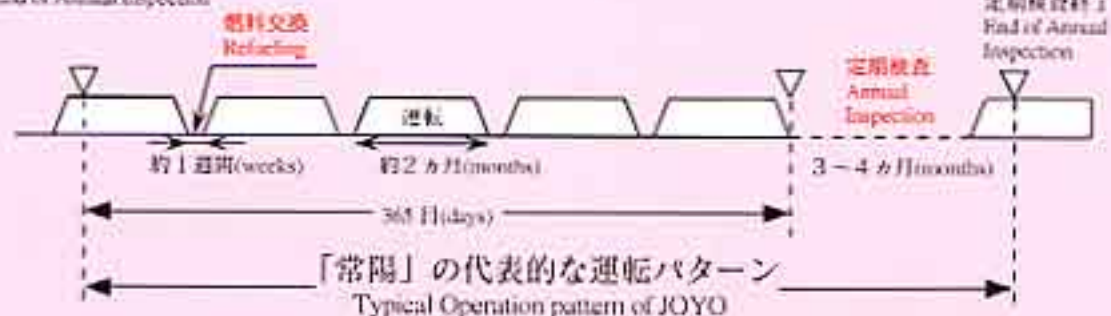


<定期検査期間の短縮>

Reduction of Annual Inspection Time



定期検査終了
End of Annual Inspection

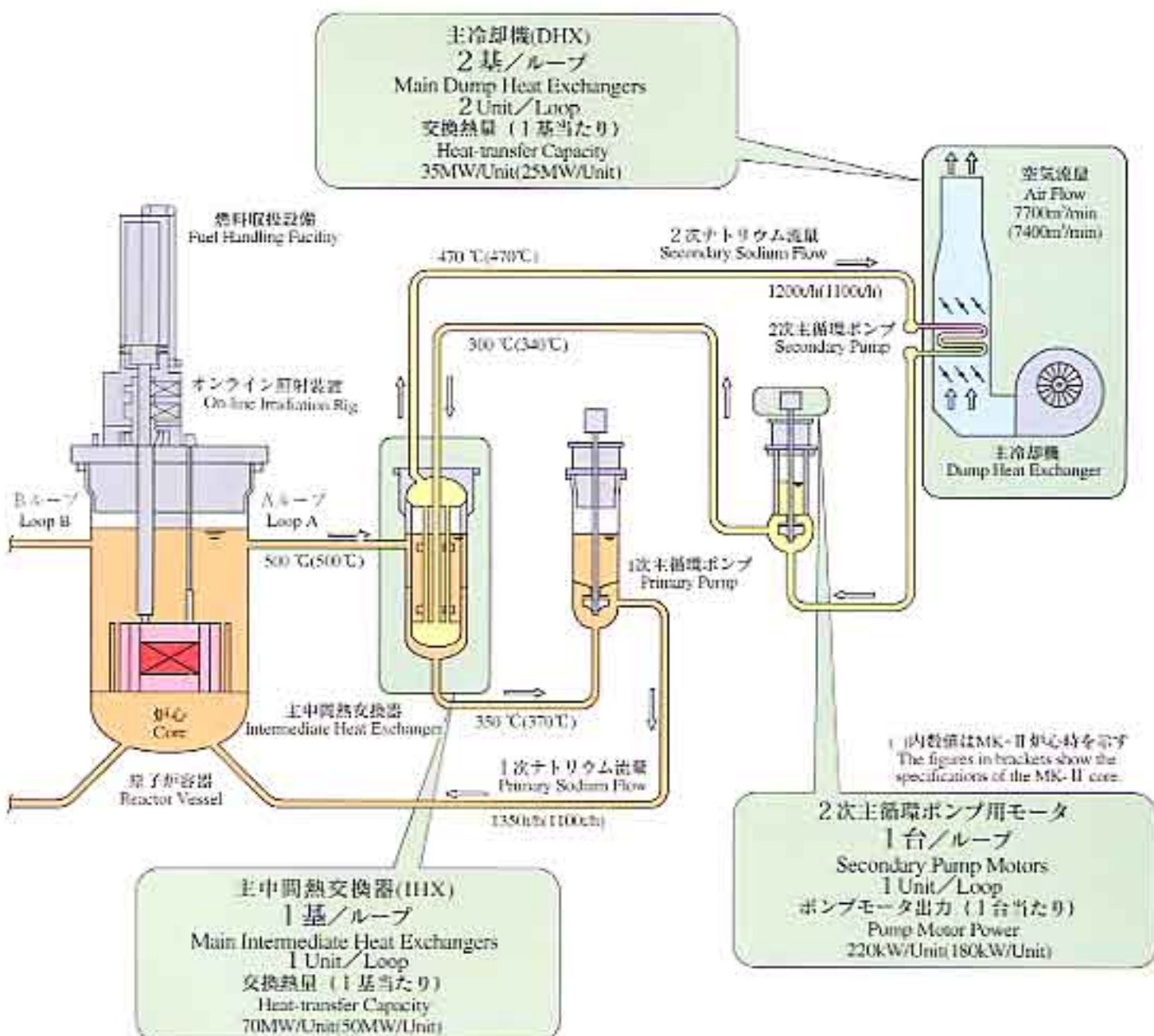


冷却系の概要

Outline of Heat Transport System

炉心の高中性子束化及び炉心燃料領域の拡大に伴い原子炉定格出力が100MWtから140MWtに増大します。そのため、冷却系を改造して除熱能力を向上させます。

The heat transport system is modified to take the increased heat out of the core.





核燃料サイクル開発機構

ホームページアドレス：<http://www.jnc.go.jp>

常設ホームページ：<http://www.jnc.go.jp/zoarai/joyo/index.html>

本 社

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-49 ☎東海 029-282-1122 (大代表)

JAPAN NUCLEAR CYCLE DEVELOPMENT INSTITUTE

Address: 4-49, Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, Japan 319-1194 phone: 029-282-1122



大洗工学センター

〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 ☎大洗 029-267-4141 (代表)

O-ARAI ENGINEERING CENTER

Address: 4002, Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun, Ibaraki, Japan 311-1393 phone: 029-267-4141