

於 九大 応力研 研究会
平成24年7月24日

大学における研究炉を用いた 材料照射と今後の予定

東北大学金属材料研究所

附属量子エネルギー材料科学国際研究センター

鳴井 實

世界の主な研究試験炉

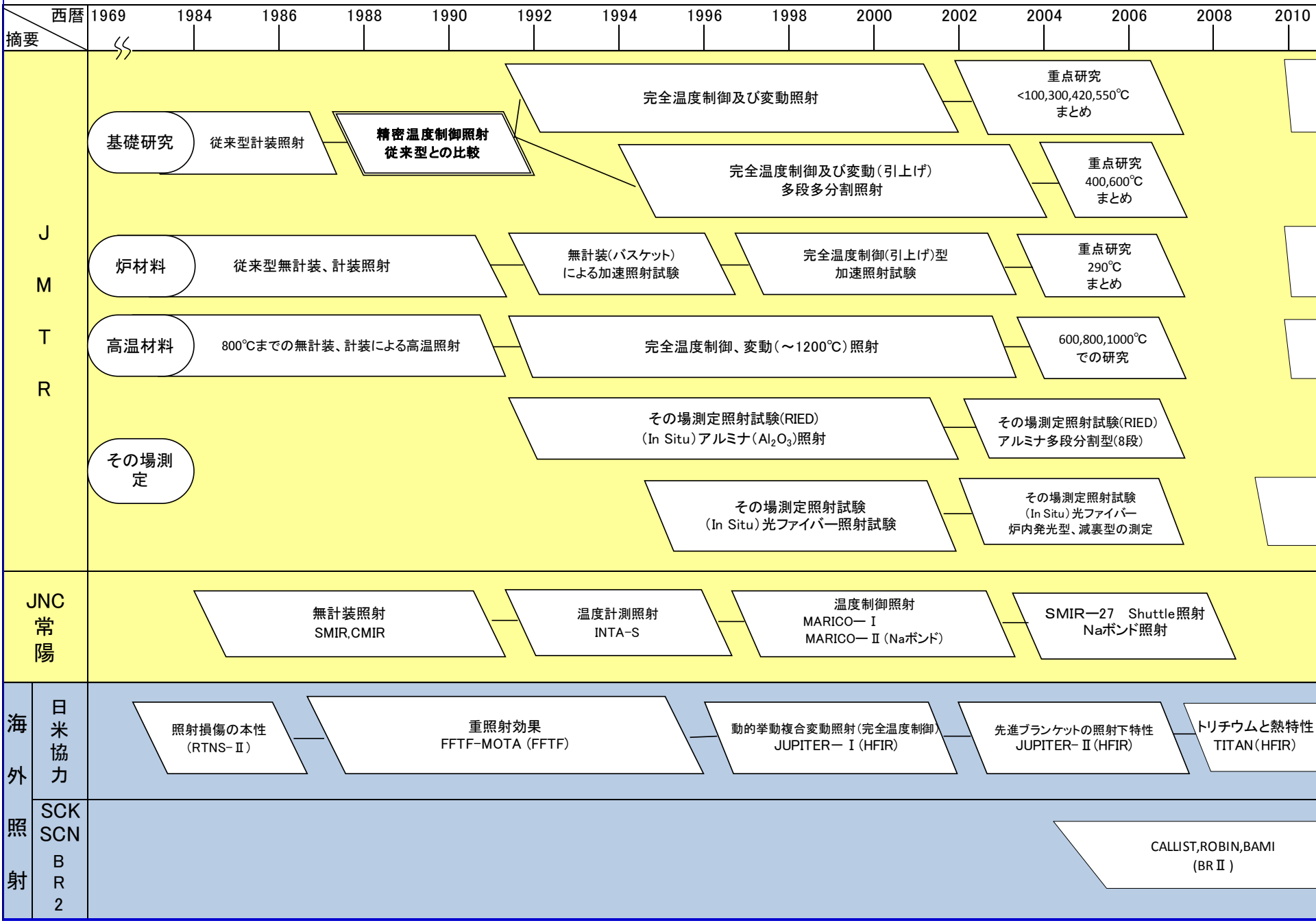
原子炉 摘要	BR II	HFIR		ATR (ITV)	JOYO	JMTR
		※1 T.Position	※2 RB.Position			
高速中性子束(nv)	3×10^{14}	2×10^{15}	4×10^{14}	5×10^{14}	3×10^{15}	4×10^{14}
熱中性子束(nj)	3×10^{14}	3×10^{16}	1×10^{15}	4×10^{14}		4×10^{14}
線量/年	~ 1 dpa	20-30 dpa	7 dpa	12 dpa	6-50 dpa	~ 4 dpa
冷却	水	水	水	水	Na	水
キャプセル	無計装	無計装	計装	計装	計装	計装
照射温度	50~400℃	80~800℃	80~400℃	200~700℃	350~800℃	80~1000℃
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 軽水炉条件 ・ 低温照射 ・ 中性子量制御 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 核変換 ・ 中性子遮へい (Eu209) ・ In-Situ計測 ・ 温度制御 		<ul style="list-style-type: none"> ・ Liボンド ・ 温度制御 ・ In-Situ計測 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Naボンド ・ 完全温度制御 ・ >350℃重照射 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 完全温度制御 ・ In-Situ計測 ・ 中性子調整 ・ 中性子量制御 ・ 炉内クリーブ

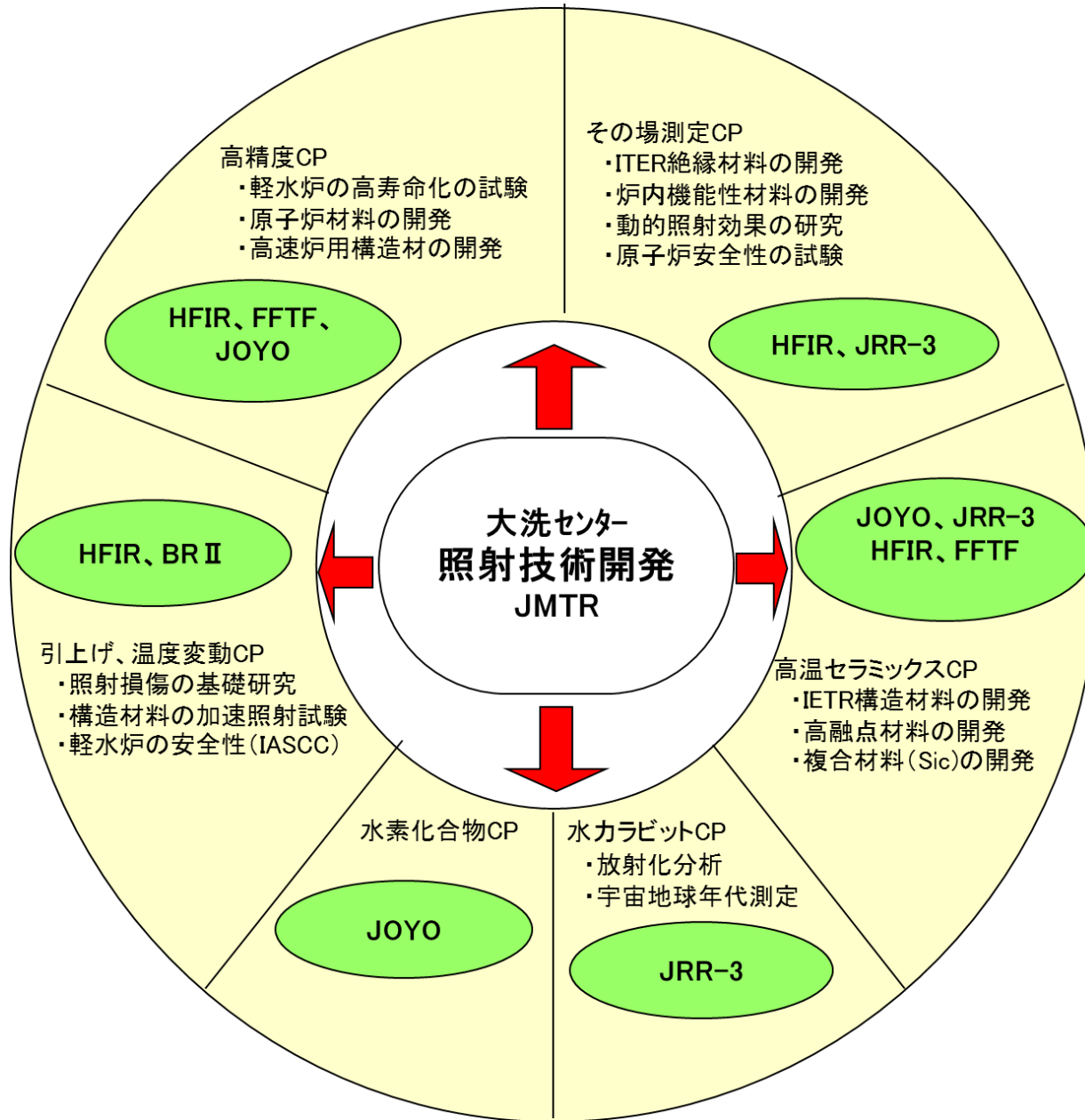
※1 T : Target ※2 RB : Removal Beryllium

再起動
H27.4~

再起動
H24.10~

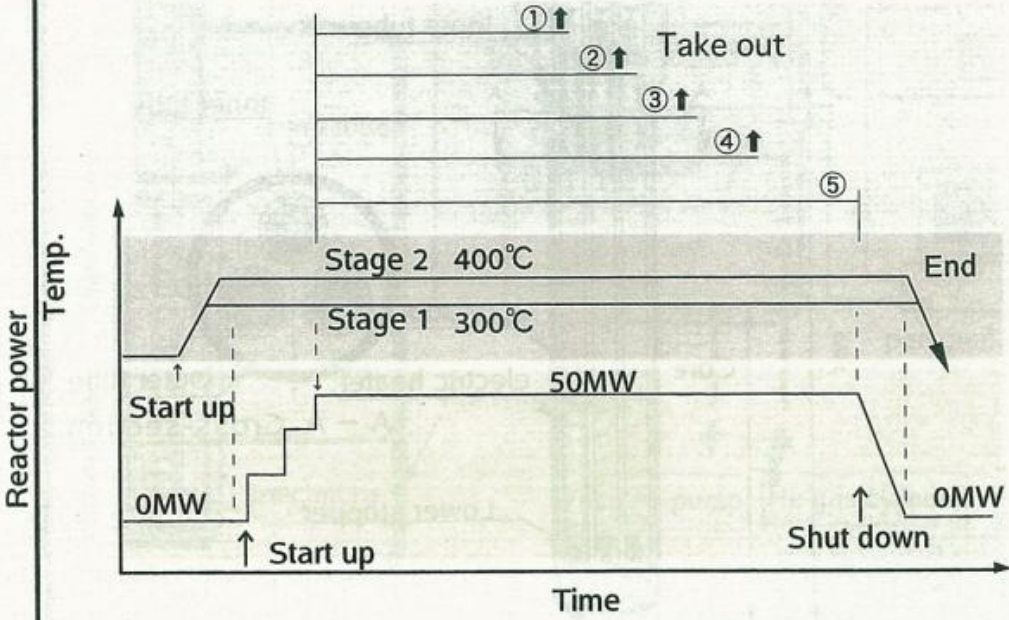
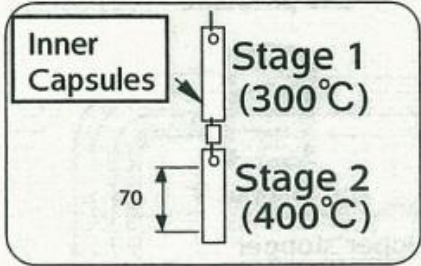
大学での照射リグ技術開発の変遷



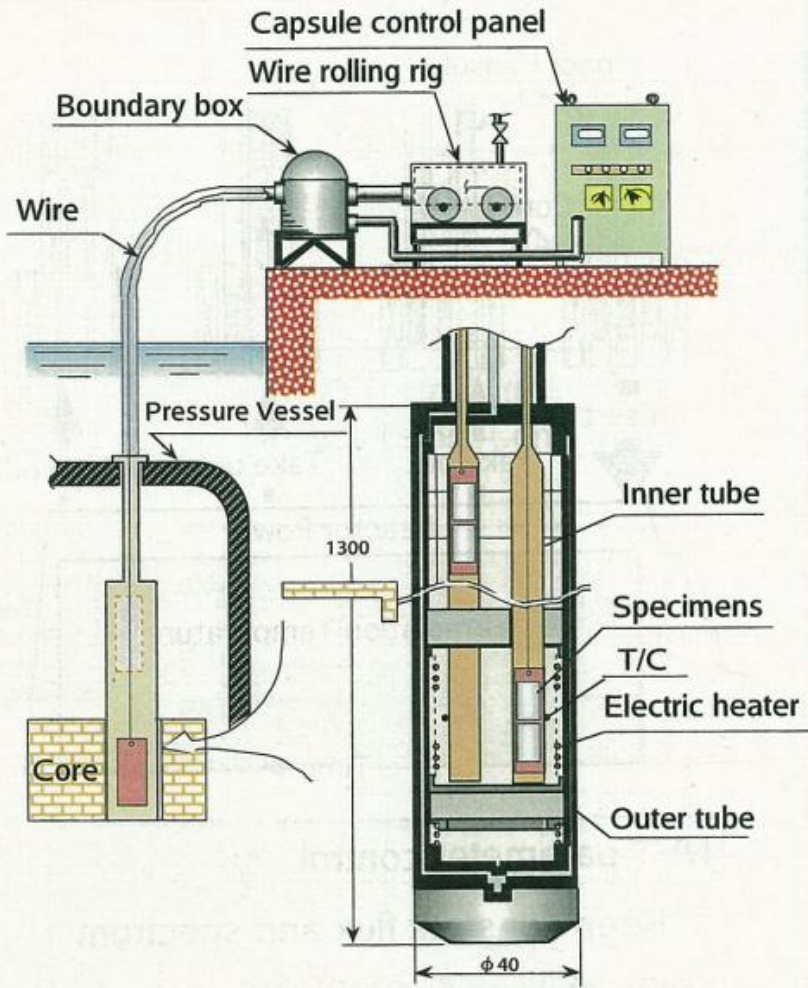


大洗センターの高度照射キャプセル

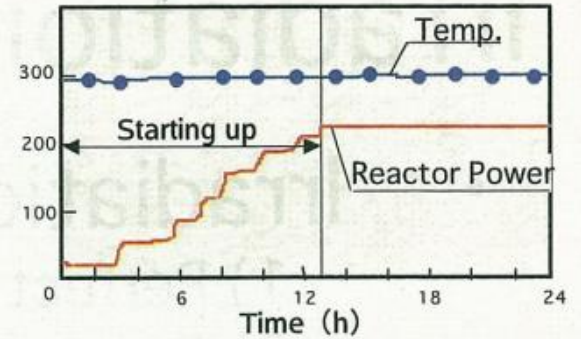
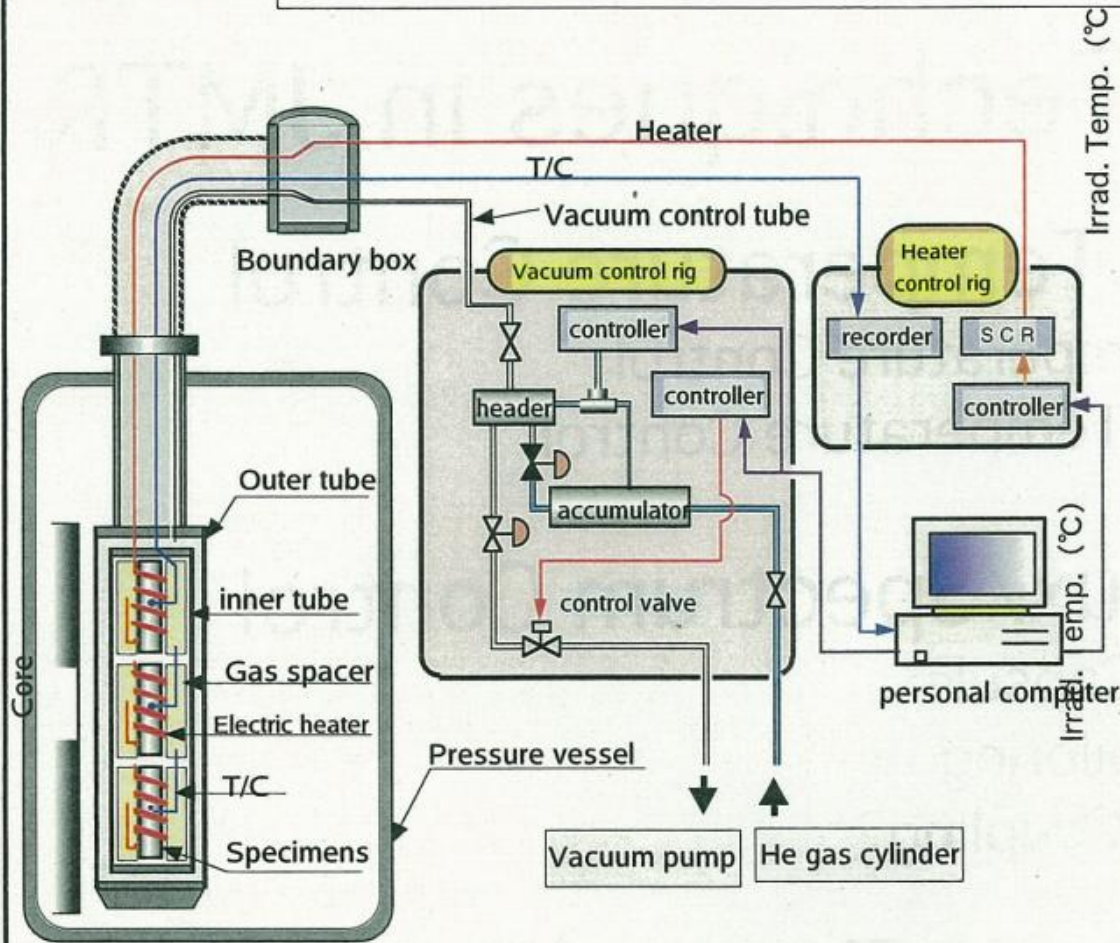
Reloading Capsule (2)



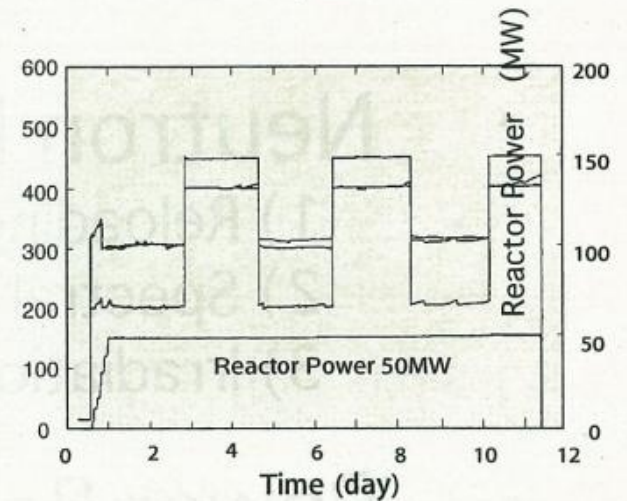
Take out specimens by wire



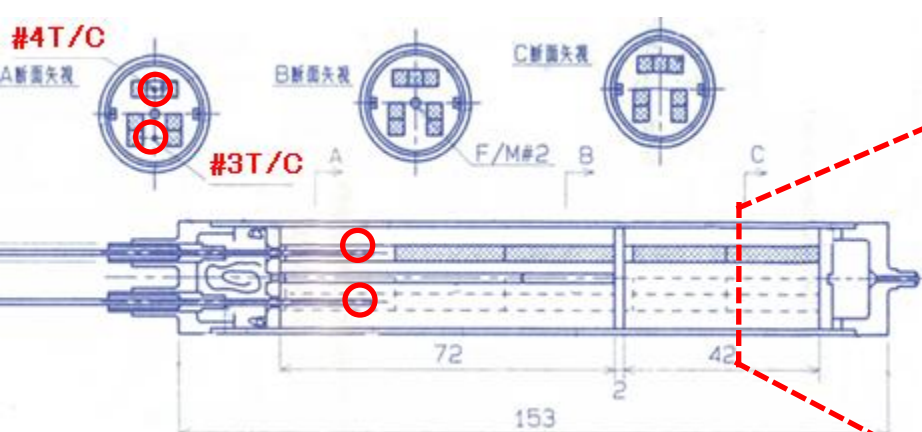
Perfect and Alternate temperature control capsule



Perfect Temp. Cont. Irrad.

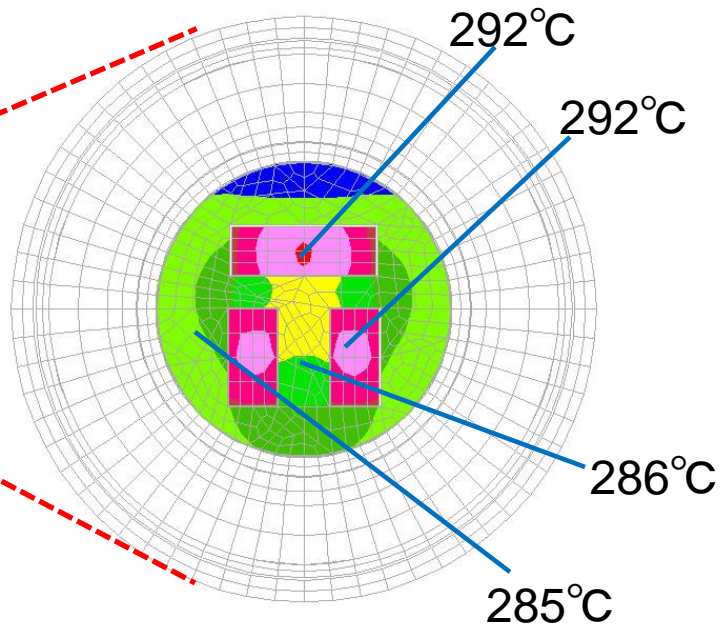


Alternate Temp. Cont. Irrad.



運転中のT/C指示値

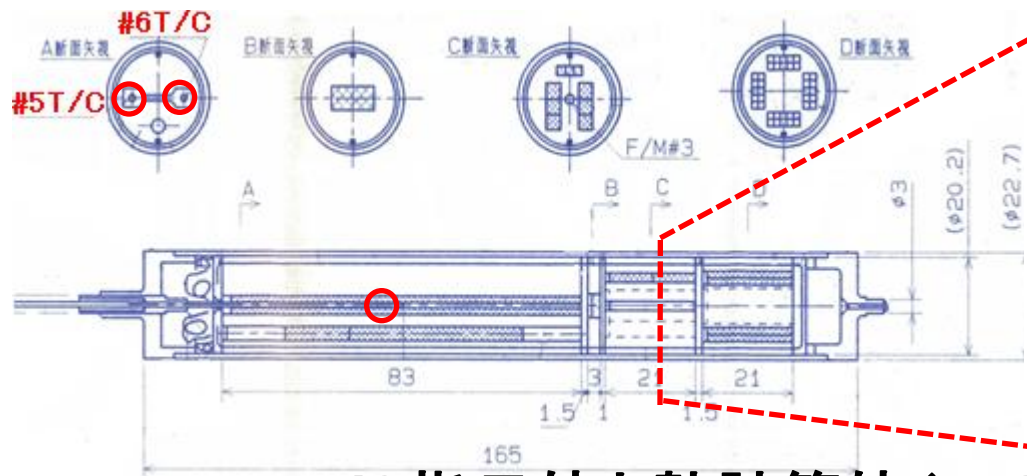
測定日時	PT01 (01)	TC03 (30)	TC04 (30)	TC05 (30)	TC06 (30)
	MW	℃	℃	℃	℃
10/19 00:00	49.3	279	289	289	285
08:00	49.3	279	289	290	285
16:00	49.1	279	290	290	286
10/20 00:00	49.5	279	289	289	286
08:00	49.6	279	290	289	285
16:00	49.3	280	290	290	286



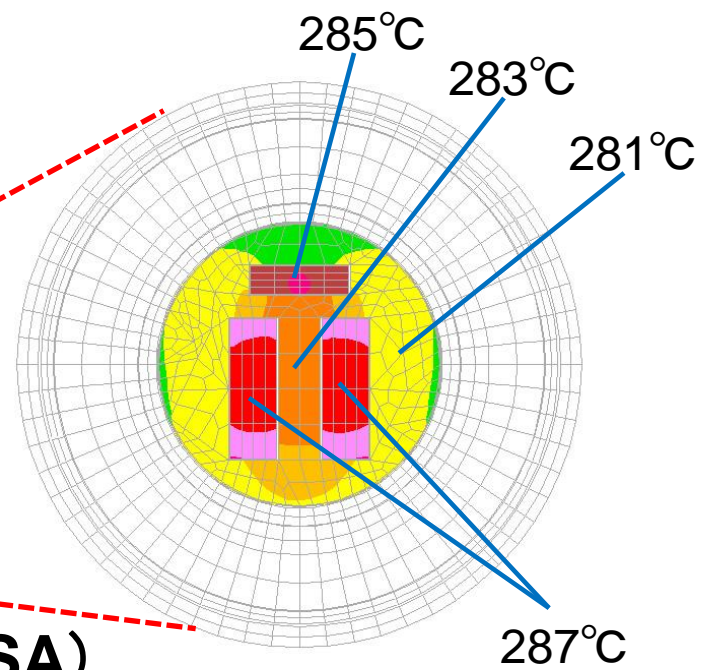
VIEW : 55.94443
RANGE : 292.1241

293.2
292.0
291.0
290.0
289.0
288.0
287.0
286.0
285.0
284.0
283.0
282.0
281.0
280.0
279.0

EMRC-NISA/DISPLAY
JUN/28/02 09:57:14
↑Y ROT



T/C指示値と熱計算値(NISA)



VIEW : 54.72107
RANGE : 286.7946

287.2
286.0
285.0
284.0
283.0
282.0
281.0
280.0
279.0
278.0
277.0
276.0
275.0
274.0
273.0

EMRC-NISA/DISPLAY
JUN/28/02 09:59:47
↑Y ROT

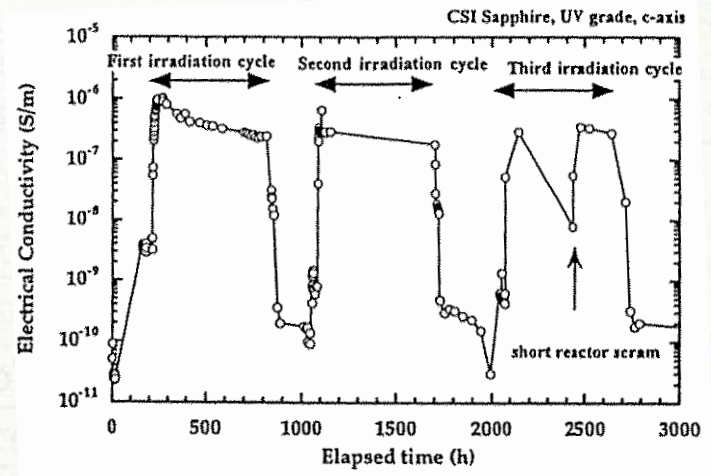
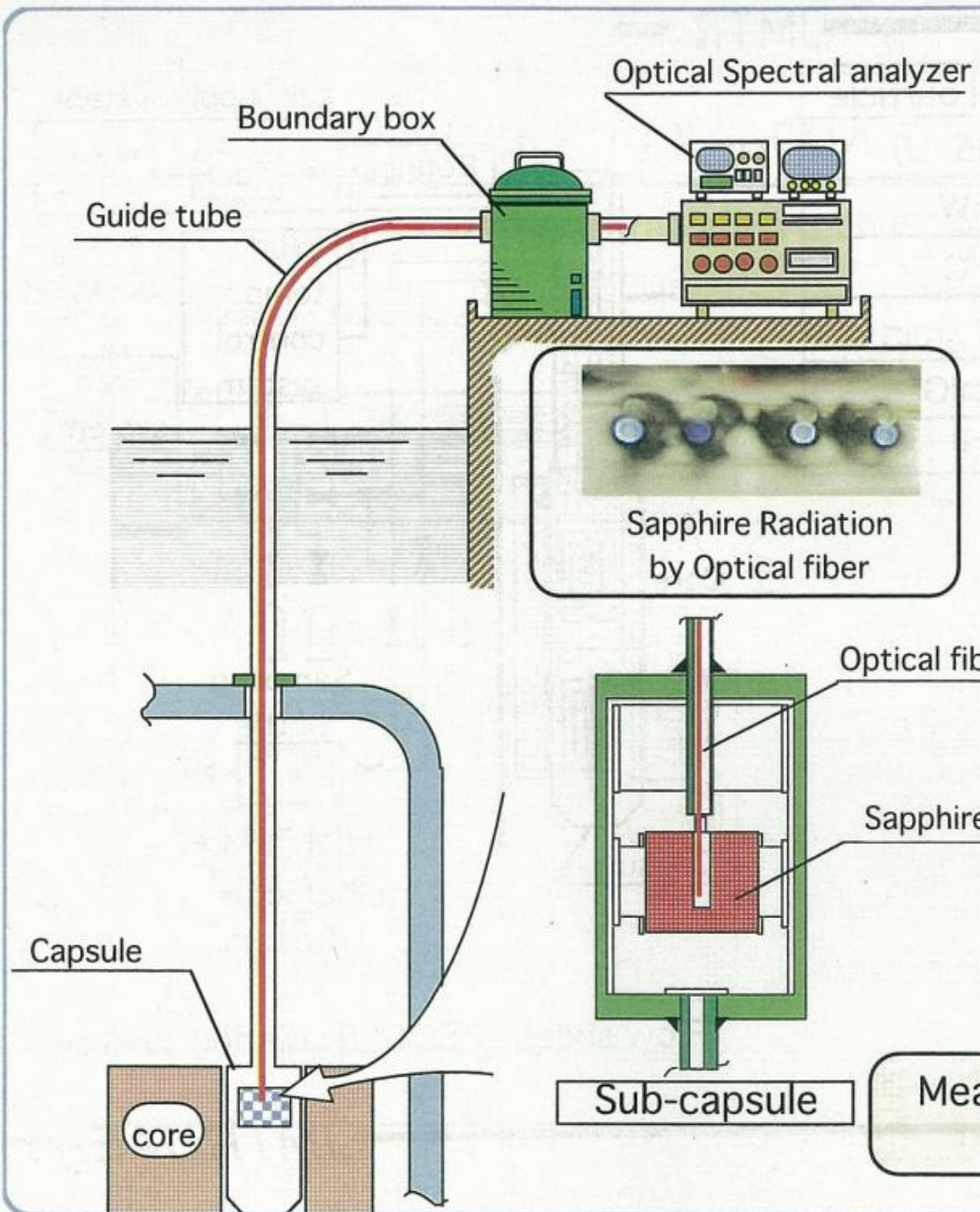
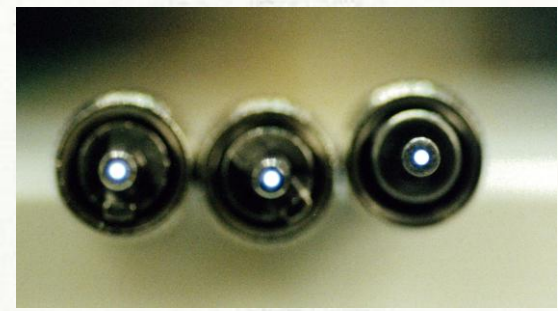
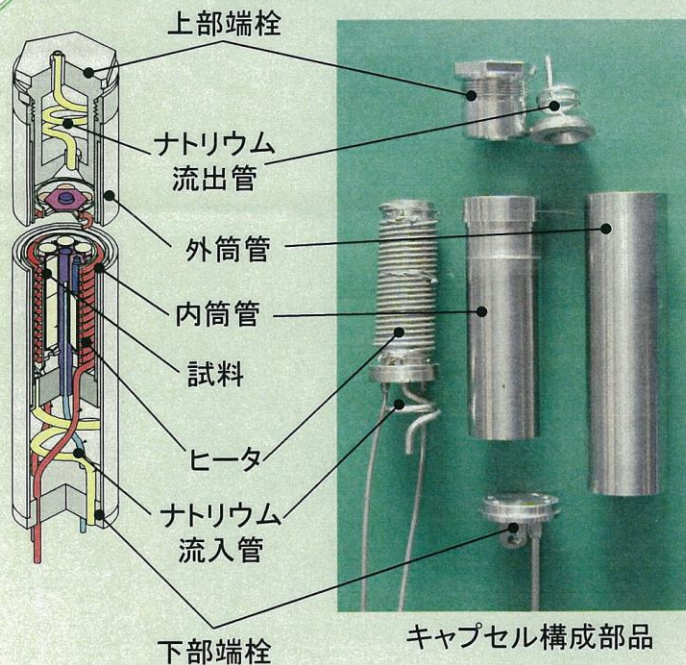


Fig. 5 Electrical conductivity of sapphire (single crystal alumina) measured in-situ under HFIR irradiation.

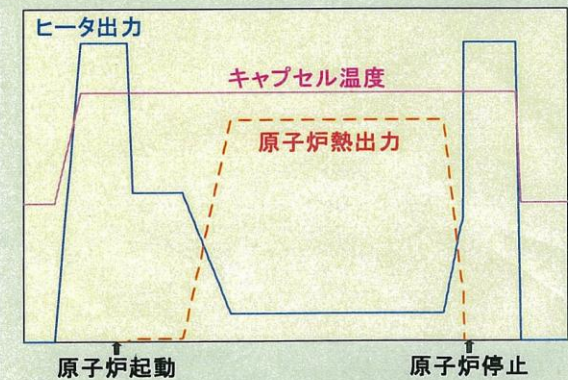


Measurement of the Sapphire Radiation under irradiation

利用例

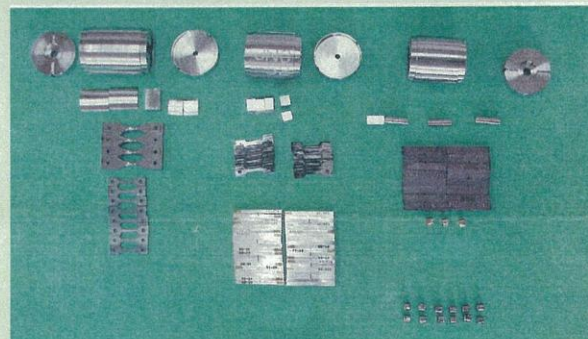


ヒータ付きキャプセルの構造と構成部品

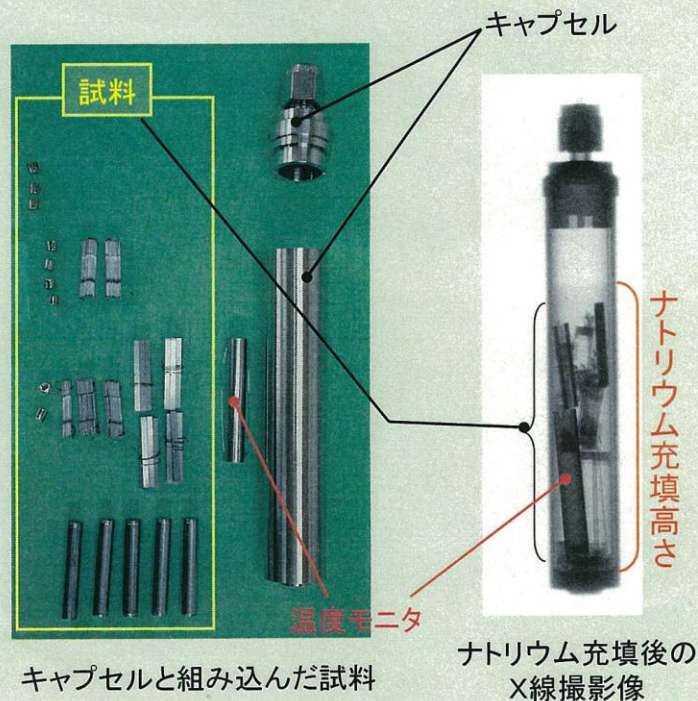


ヒータ付きキャプセル温度制御パターン

温度制御照射



照射試料の例

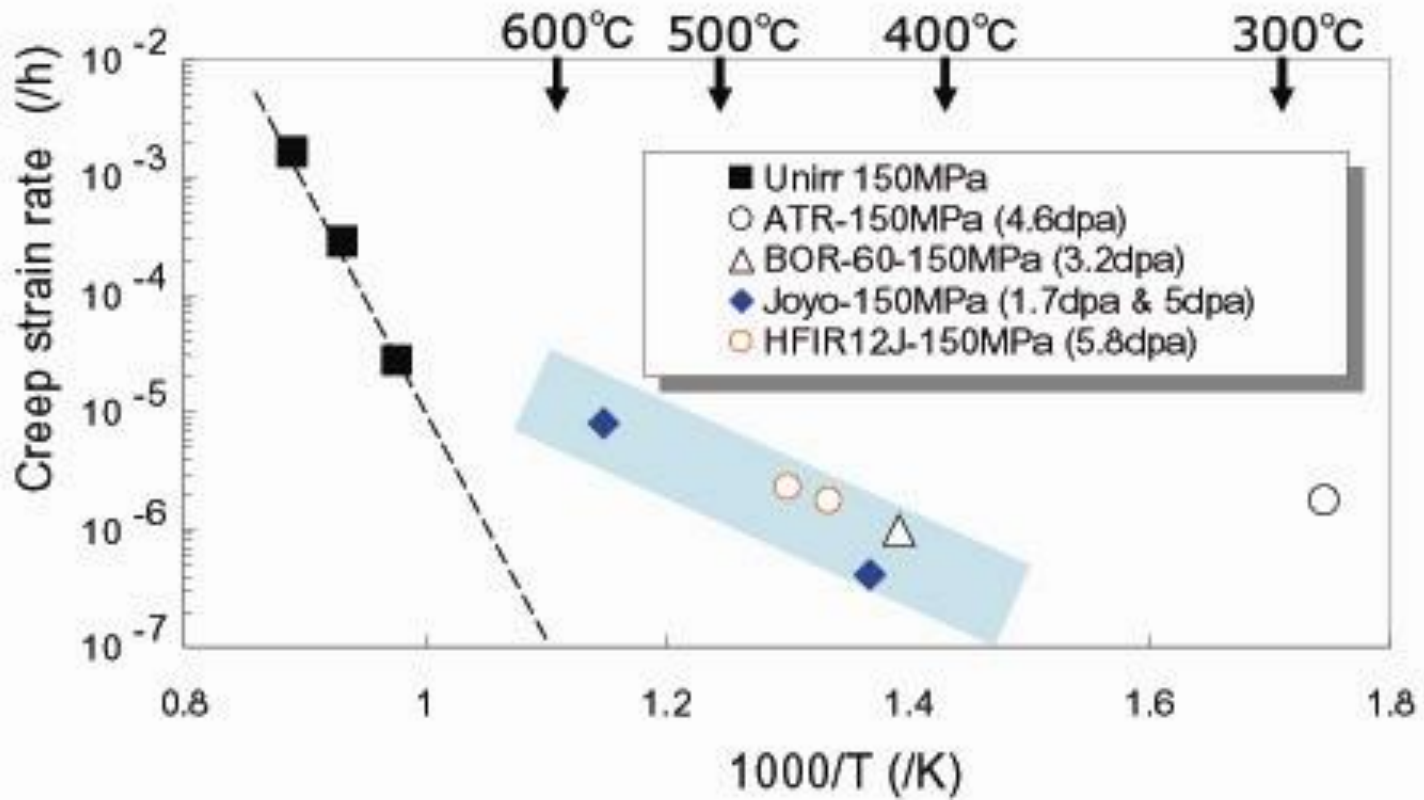


キャプセルと組み込んだ試料

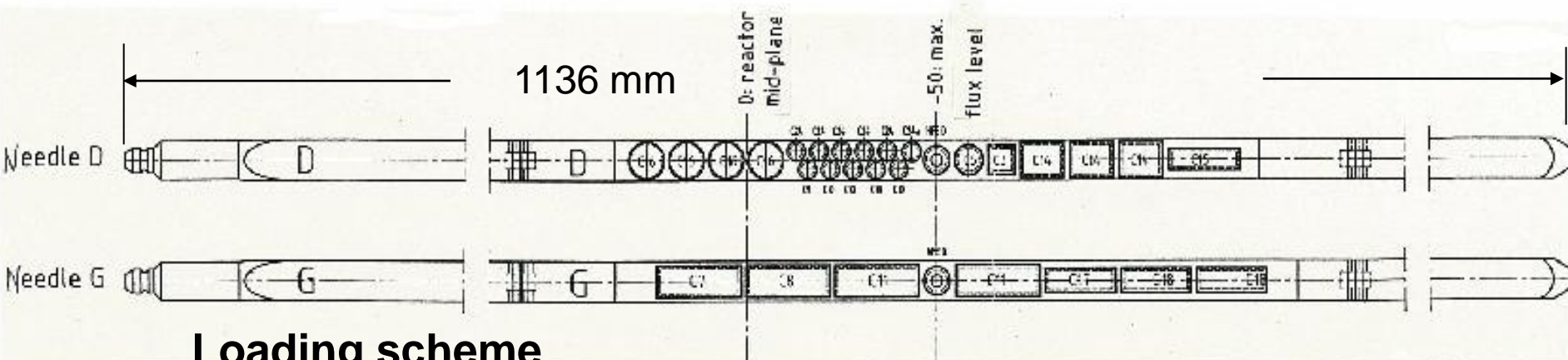
ナトリウム充填後のX線撮影像

ナトリウム環境照射型キャプセル

オフライン照射

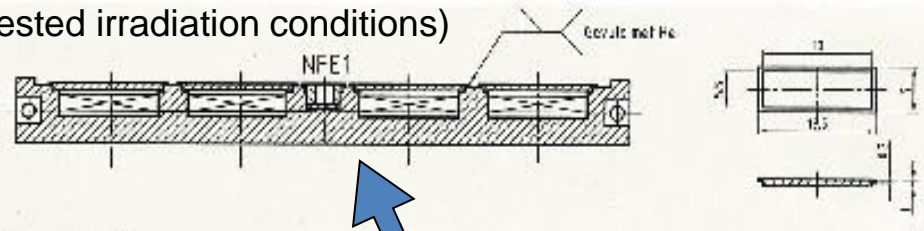


各照射温度におけるクリープ変形



Loading scheme

(Positions to meet the requested irradiation conditions)



CALLISTO

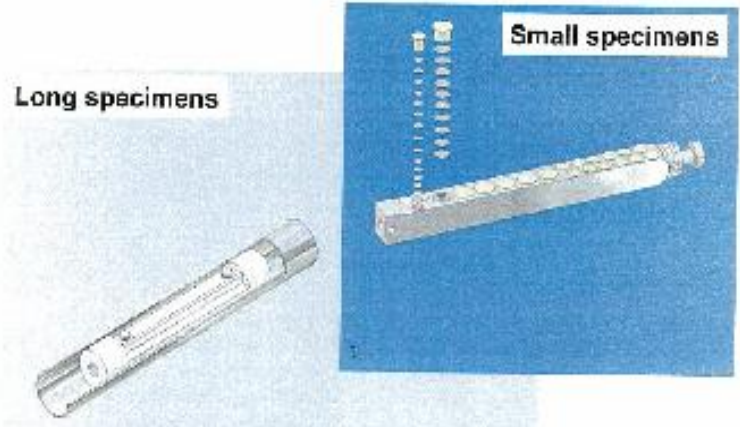


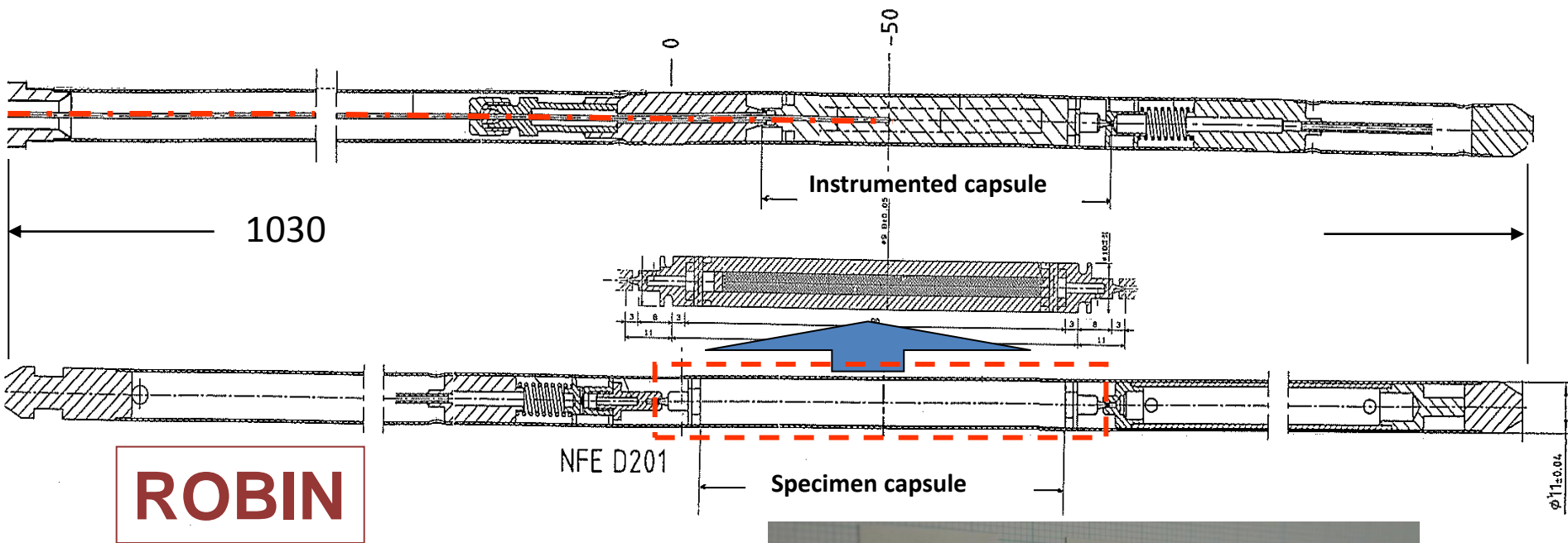
Encapsulating specimens



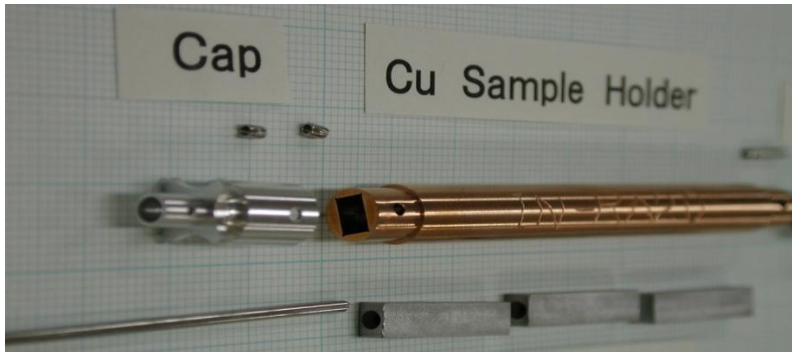
Shroud tube "CAL 22" in IPS3

CALLISTO capsule

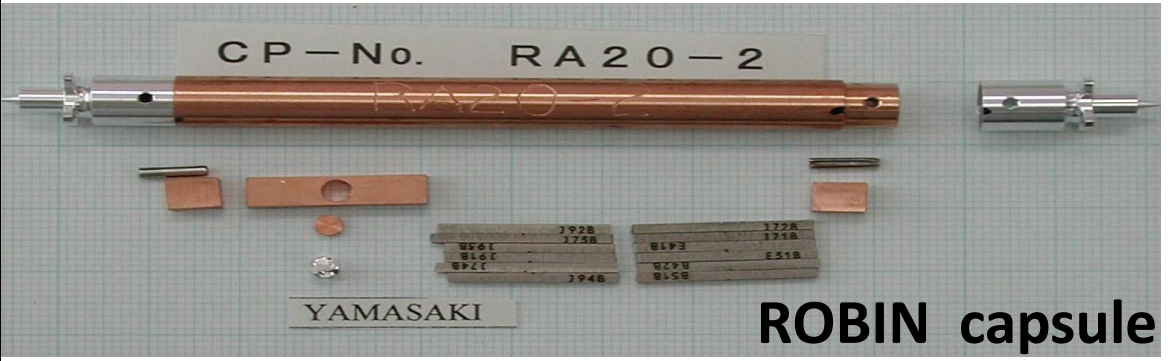


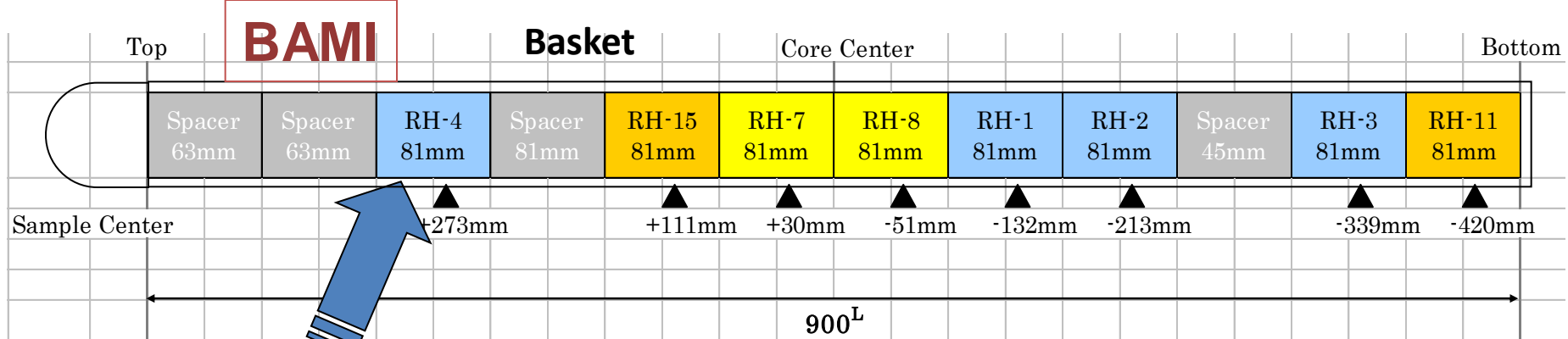


ROBIN

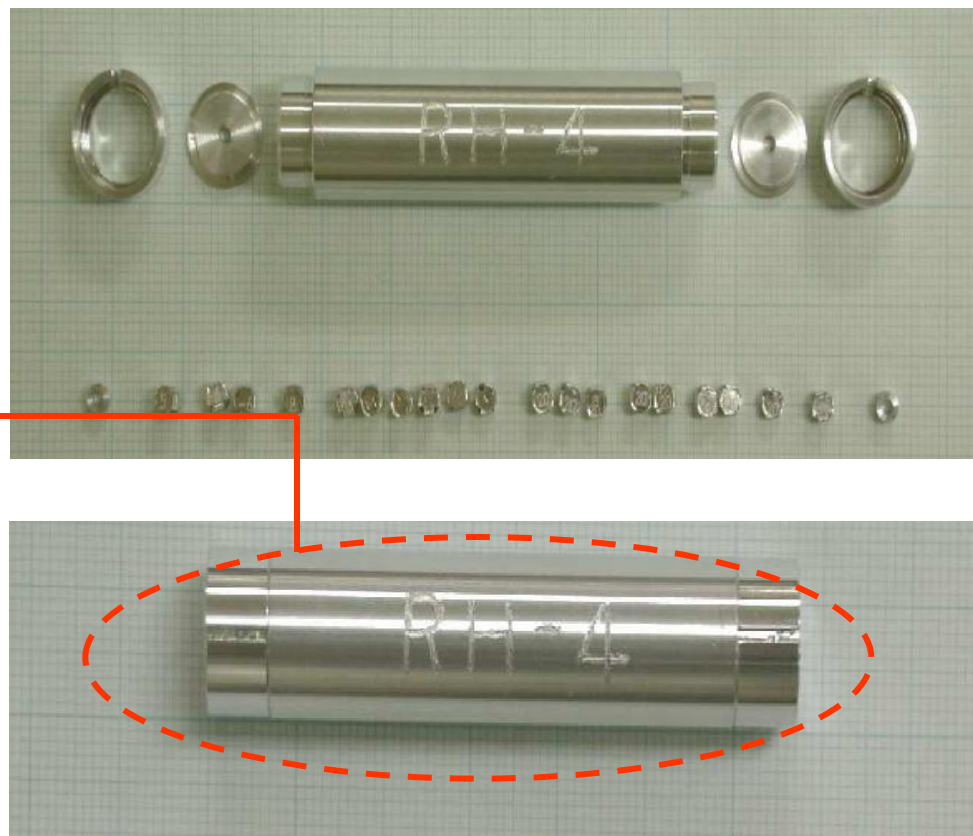
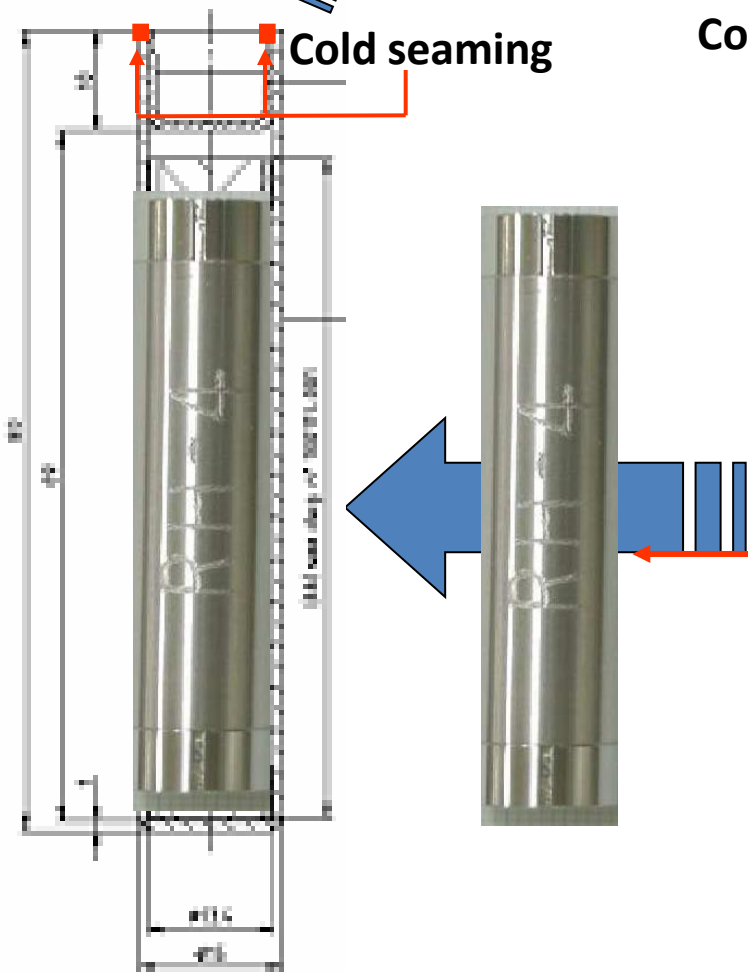


Instrumented capsule





**Collaboration between IMR/Oarai and SCK/CEN
Development of holder in BAMI**



これまでの成果

(JMTR・JRR-3・BR2)

- 線量率・線量には限界があるが、よく制御された照射場・近接性の良い照射場としての特性を利用し、

照射技術開発を通じて科学的な材料研究の照射場としての照射場
を確立し、照射効果に関する系統的な知見を得てきた。

1. 原子炉照射を材料基礎科学からの高度解析と整合させるための照射パラメータの高度制御
2. 最先端のナノ構造解析技術の適用による微細構造組織発達の系統的理解
3. 原子炉内その場測定による照射下での材料動的挙動把握

(JOYO・HFIR)

- 高速中性子による高フルエンス領域の特性変化及び、動的、温度変動効果
先進ブランケット材料システムの研究
- 液体ナトリウムボンドキャプセルによる炉内クリープ構造材料の浸せき照射試験

今後の原子炉を用いた開発研究

1、材料研究のための原子炉利用高度化

- 材料照射試験技術の開発
照射温度、中性子束・量の精密制御照射
動的照射誘起効果の原子炉内その場測定
- 材料科学に於ける炉内照射と先端材料の開発
- 国際協力: BR2(ベルギー、SCK/CEN) HFIR(アメリカ、ORNL)利用に関わる照射試験・照射後試験技術の共同開発
- 照射効果評価のための照射後試験技術の開発(ソフト、ハードの整備)

2、ナノ構造解析による照射効果基礎研究

- 陽電子消滅、3次元アトムプローブ、透過電子顕微鏡法の相補的活用による原子レベルでの照射損傷評価
⇒原子炉圧力容器鋼の照射脆化機構
- 照射損傷に及ぼすナノ組織の効果: 構造材料、機能材料

Capsule	Class	Material	Temp.	Fluence	Spec. Type	Qty of Spec.
1	Metals	W W alloys	500° C	4E+21 fast	SS-J Coupon	~12 total
2	Ceramics	MAX phase Etc.	800° C	4E+21 fast	Coupon Beam	~40 ~3
3	Metals	High entropy Metallic glass	500° C	4E+21 fast	SS-J Coupon	~12 total

HFIRでの照射計画