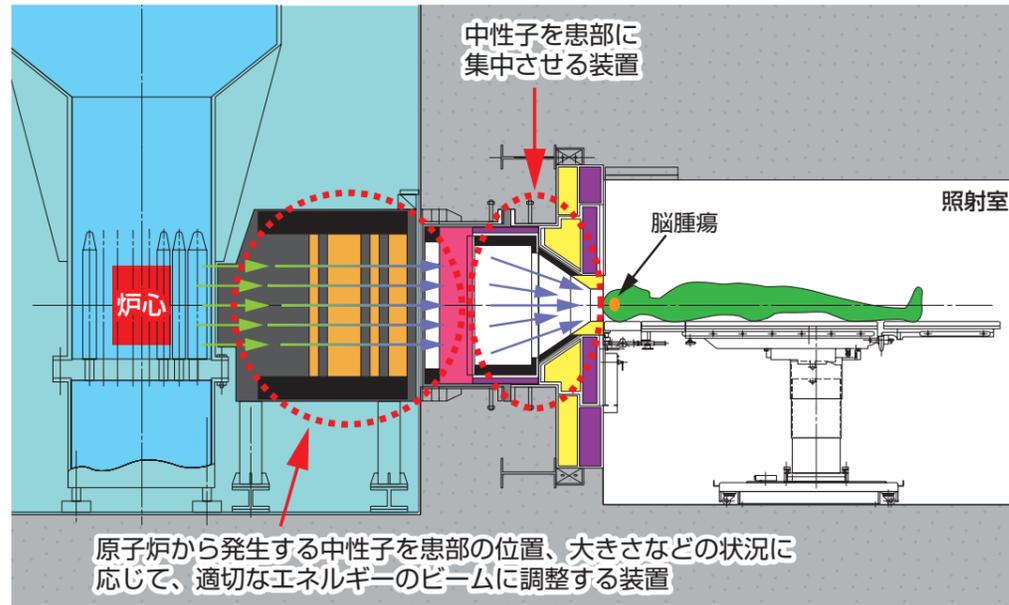


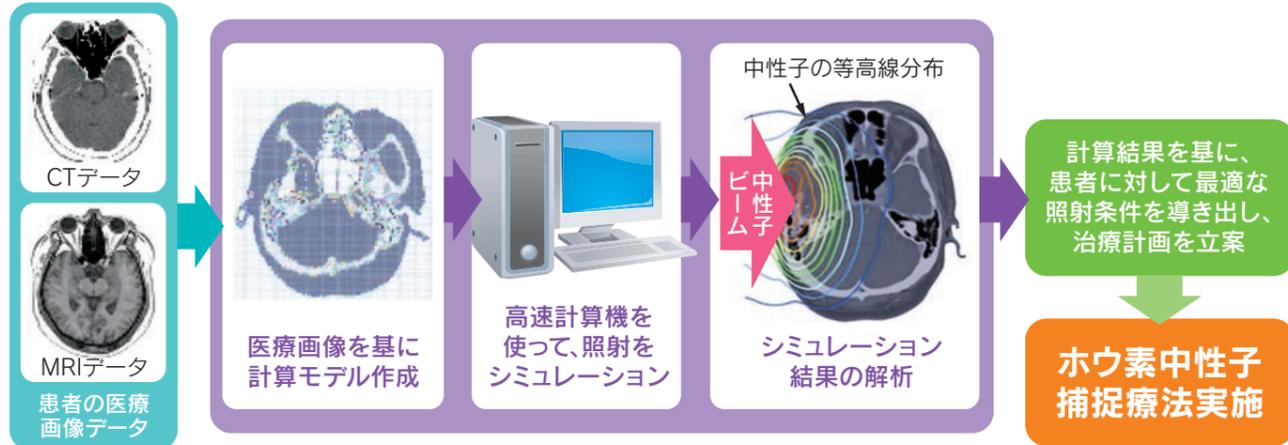
# 医療照射の 技術開発

## これまでの技術開発

### 医療照射設備の開発整備



### 患者に付与される線量を計算によって求めるシステムの開発



# JRR-4

Japan Research  
Reactor No.4

JRR-4は、軽水を減速材、冷却材に使用したスイミングプールタイプの原子炉で、炉心は、プール内の炉心タンクと呼ばれる容器の底部に設置されておりました。最大熱出力は3500kWでしたが、利用者の希望により、出力、運転時間、パターンを変更することが可能でした。当初の目的は、原子力船「むつ」のための実験を行うことでしたが、その後、医療照射(BNCT)、放射化分析、半導体用シリコンの製造、原子力技術者の養成等、様々の分野の研究者、技術者に利用されておりました。

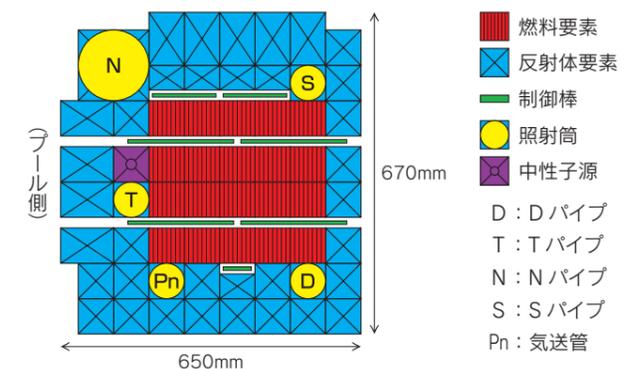
## JRR-4 建家鳥瞰図



## JRR-4の諸元

目的	医療照射(BNCT)、放射化分析、半導体用シリコン製造、原子炉技術者養成等
型式	濃縮ウラン軽水減速冷却スイミングプール型
最大熱出力	3500(kW)
最大熱中性子束	$7 \times 10^{17} \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$

## 炉心配置



炉心部は、20本の燃料と7本の制御棒からなり、その周囲は、反射体及び中性子を利用するための照射筒で囲まれておりました。

# JRR-4の利用

JRR-4は、人材育成や医療照射及び生物照射研究に重点を置いた研究利用に活用されておりました。

## 原子炉技術者の養成

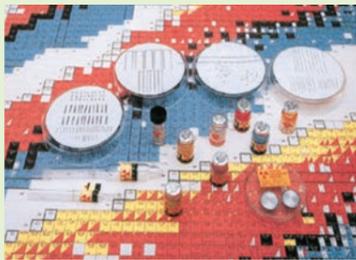
原子炉工学に関する幅広い基礎知識と運転・管理面を中心とした応用知識の習得を目的とした研修コースの実習では、実際にJRR-4を運転したり、JRR-4を利用した実験を行うことにより、原子炉技術者の養成を行っておりました。



原子炉技術者の研修風景

## ラジオアイソトープ (RI) の製造

医学、薬学、理学、農業、工業などに使用する線源用RI、精製RIやガンマ線スペクトロメータの校正用線源などの製造を行っておりました。



ラジオアイソトープ

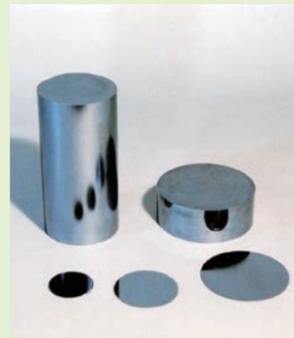


気管支・肺がんの治療

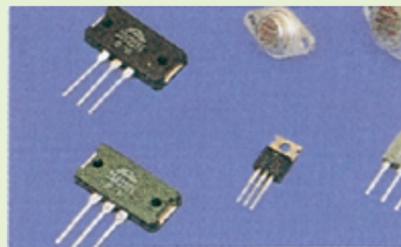
## シリコン半導体の製造

原子炉内で単結晶シリコンを照射してごく微量のリンを均一に添加することによって半導体の性能を向上させ、パワートランジスタ、高電圧・大電流を制御するサイリスタ、ビデオカメラの撮影部に使われているCCDなどに利用されておりました。

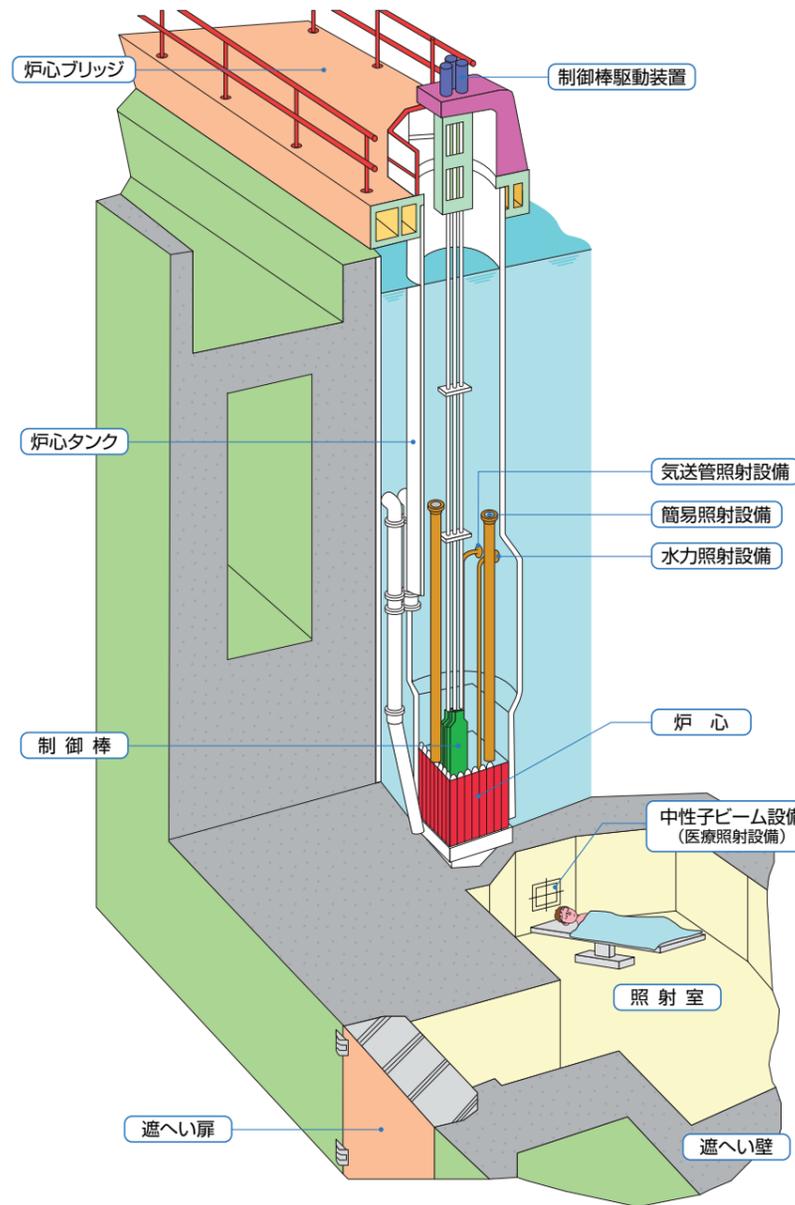
シリコンの核反応  
 $^{30}\text{Si}(n, \gamma) ^{31}\text{Si} \xrightarrow{\beta^-} ^{31}\text{P}$



シリコンインゴット(奥)とウエハース(手前)



トランジスタ



## JRR-4の利用設備

設備名		利用例
Nパイプ	簡易照射設備	シリコン半導体の製造
Dパイプ	簡易照射設備	シリコン半導体の製造、照射試験
Sパイプ	簡易照射設備	RI製造
Tパイプ	水力照射設備(2系統)	RI製造、放射化分析
Pn	気送管照射設備	放射化分析
プール照射設備		遮へい実験、検出器の校正
中性子ビーム設備		医療照射、中性子ビーム照射実験
冷却水循環ループ		検出器の校正
即発ガンマ線分析装置		即発ガンマ線分析

## 放射化分析

物質に中性子を照射すると、その物質に固有の放射線が放出されます。放射化分析では、これらの放射線を測定して、物質の構成元素や物質中に取り込まれたごく微量の不純物元素などを調べることができます。



JRR-4ホット実験室での実験風景

## 即発ガンマ線分析

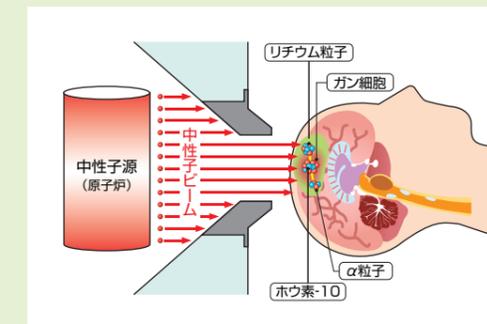
試料に中性子を照射した瞬間に放出されるガンマ線(即発ガンマ線)を測定して試料に含まれる微量元素を高感度に分析する方法です。即発ガンマ線分析は、放射化分析で分析が困難な水素、ホウ素などの軽元素にも有効であることから、主として血液中のホウ素量の測定に用いられBNCTの臨床研究に貢献しておりました。このホウ素量の測定はBNCT時における照射時間の評価に利用されておりました。



JRR-4即発ガンマ線分析装置

## ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT)

難治ガンである悪性脳腫瘍や皮膚ガンなどの治療法として期待されているホウ素中性子捕捉療法(BNCT)の臨床研究が、JRR-4で発生した中性子を利用して実施されておりました。放射線治療の一種であるBNCTの原理は、ガン細胞内に中性子をよく吸収するホウ素という元素を含んだ薬剤を取り込ませ、患部に原子炉から発生した中性子を照射します。するとガン細胞内のホウ素が中性子を吸収してα粒子とリチウム粒子を放出し、これらの粒子によって腫瘍細胞を選択的に破壊することができます。



BNCTの原理



悪性脳腫瘍に対するBNCT