

研究用原子炉とその利用

現在世界中にはおおよそ280基の研究用原子炉があり、イタリア、インドネシア、オーストラリア等の原子力発電を行っていない国でも研究用原子炉を稼働しラジオアイソトープの製造、放射化分析、材料試験等様々な用途に用いています。

1942年アメリカのシカゴにおいて世界で初めて核分裂の連鎖反応を一定の割合で維持すること（臨界）に成功し、1956年にはイギリスのコールダホールにおいて世界ではじめて発電用原子炉が運転を開始しました。我が国で初めての原子炉となるJRR-1号炉は、東海村の日本原子力研究所において1956年8月から着工し、1957年8月27日に初臨界を迎えました。その後、1969年に運転を終了し、現在ではその役目を終え展示館となっています。発電用原子炉と研究用原子炉の最大の違いは、出力です。わが国における発電用原子炉は、低濃縮ウラン（燃える ^{235}U の割合を3~5%に高めたウラン）を燃料とし、核反応によって得られる熱源を利用し、百万キロワット以上の高い熱出力で運転し、発電用のタービンを稼働しています。しかしながら、研究用原子炉は、熱源としての利用ではなく、中性子源として利用されているため、出力は数ワットから数メガワットまでとたいへん小さい。また、安定した中性子源を作り出すため、 ^{235}U の濃縮率を高めた（ ^{235}U ：20%以上）不純物の少ないウラン燃料が使われています。我が国における主要な研究用原子炉は、8基が稼働中です。図1に示す日本原子力研究所JRR-4号炉は当初原子力船むつで使われる原子炉を開発するために造られ、現在では一般開放され共同利用されています。

JRR-4号炉の原子炉本体の構造は図2に示すとおりで炉プール上部から見た外観を写真1に示します。炉心本体は、水面下約10 mにあり、通常出力3.5メガワットで運転されており、原子炉本体上部からチェレンコフ光（チェレンコフ効果：荷電粒子が光学的に透明な液体を通過するとき、粒子の速度が媒質中の光の速度より大きな場合に液体が青く光ること）を肉眼で見ることができます（写真2）。

冒頭に示した研究用原子炉の利用法のうち、利用の多い放射化分析と医療について紹介します。放射化分析とは、原子炉内に試料を送入し、中性子を照射し、

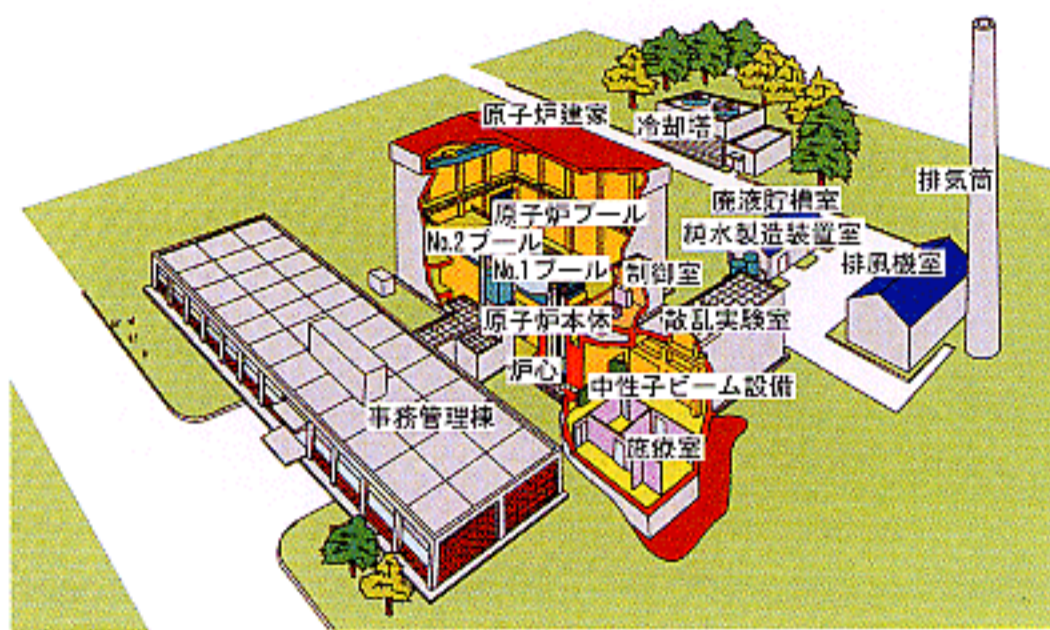


図1 JRR-4号炉鳥瞰図

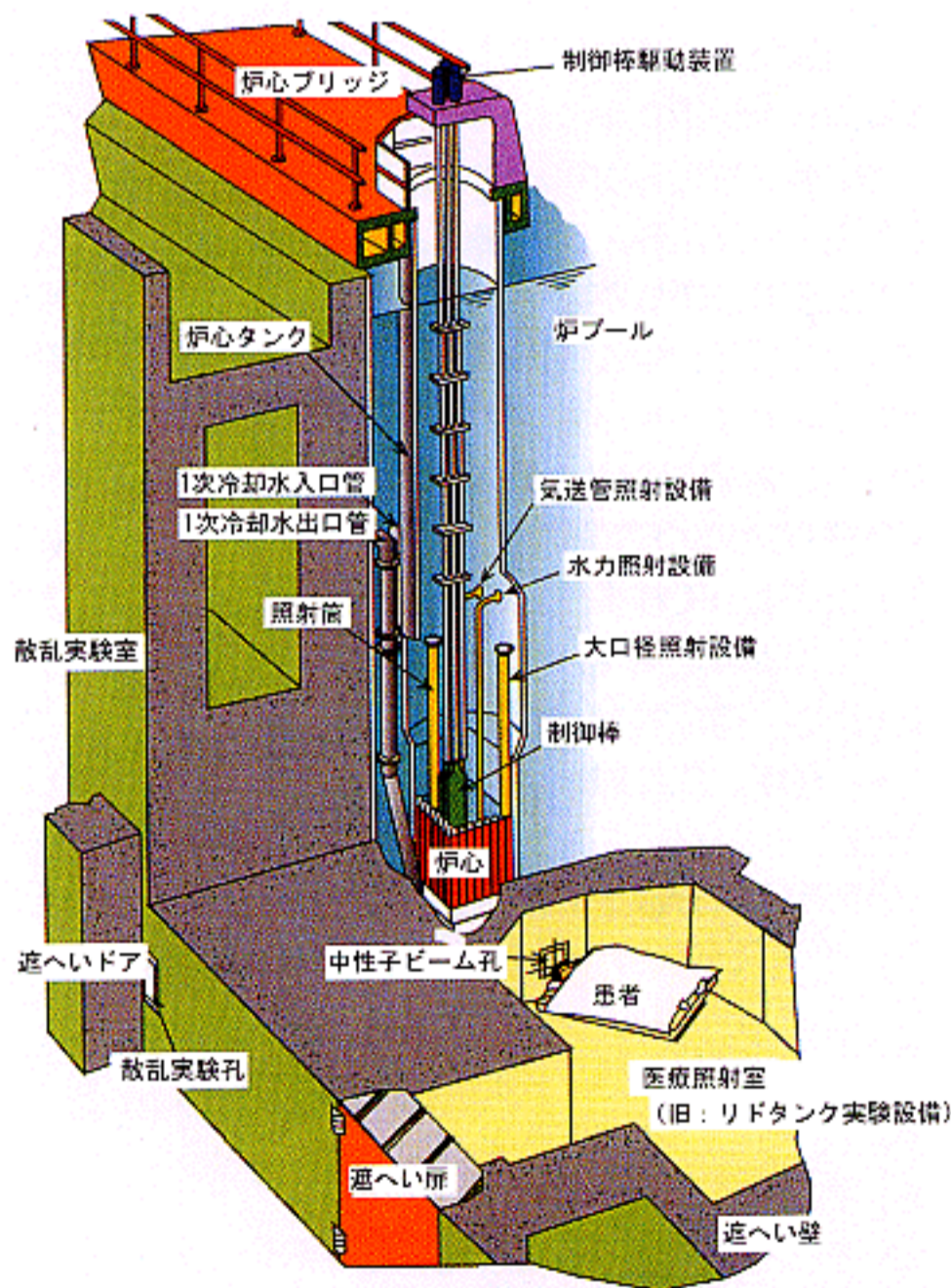


図2 JRR-4原子炉本体

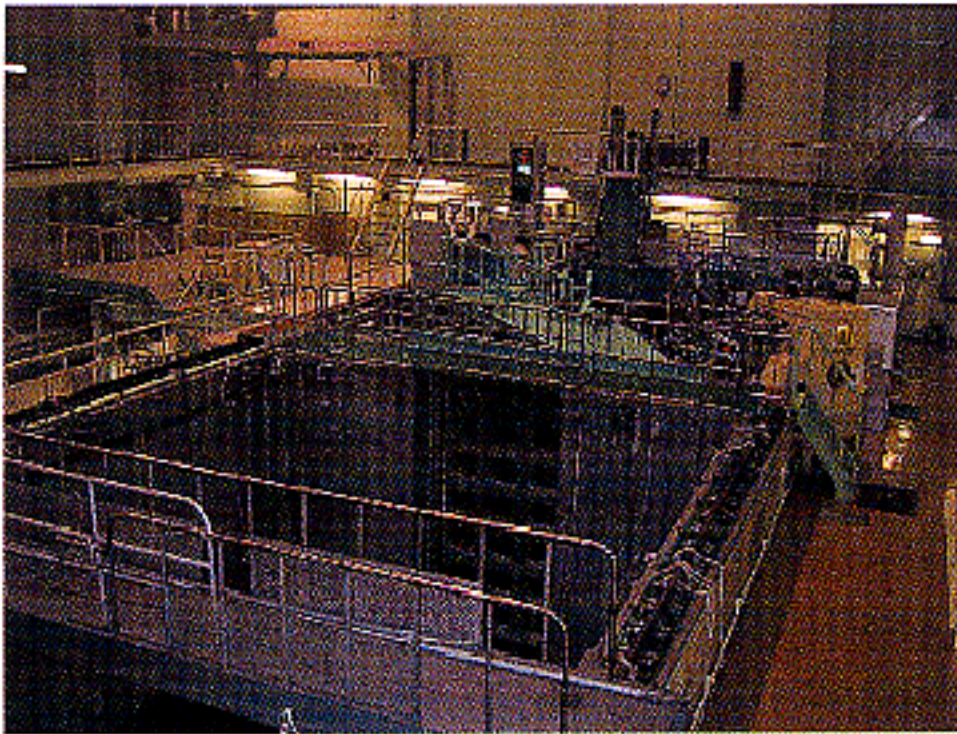


写真1 JRR-4号炉全景

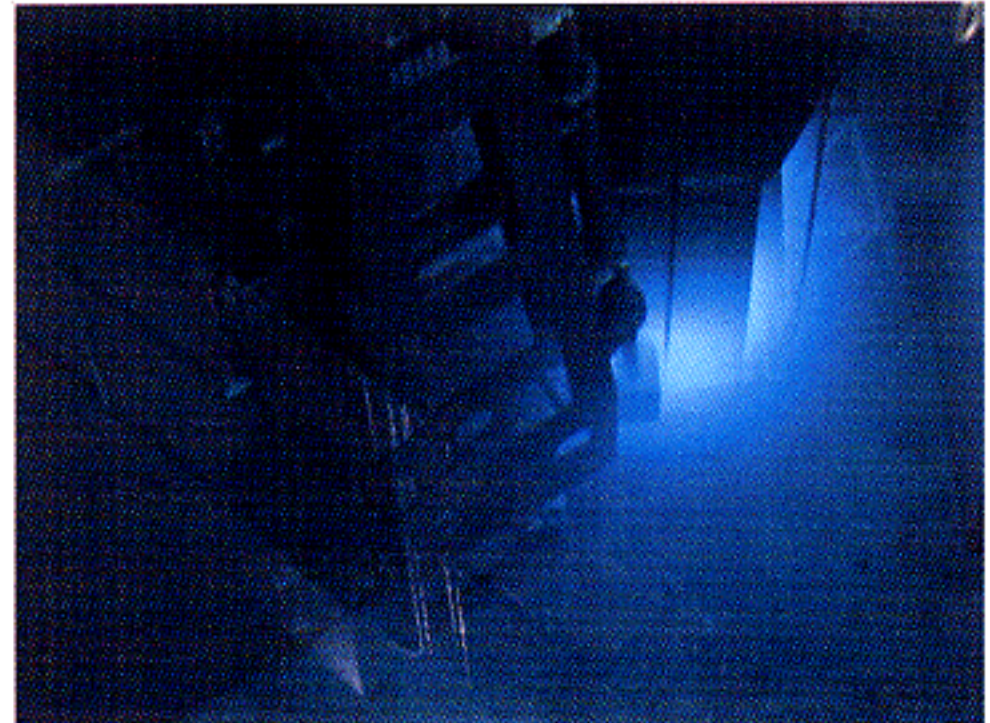


写真2 臨界時のチェレンコフ光

試料中の安定元素を放射性核種に変え、放射能を測定することで試料中に含まれる微量元素を定量する方法です。放射化分析の長所は、微量の供試料で試薬や器具等からの汚染が少なく、試料を分解することなく、同時に多元素を分析可能なことです。そのため、大気浮遊塵、生体試料、岩石試料、半導体物質等に含まれる微量元素分析に用いられています。一方、医療利用の一つとして、中性子照射による悪性腫瘍の治療が行われています。ホウ素 (B) が腫瘍に集積することを利用し、患者に投与した後、中性子を照射し、 ^{10}B (質量10のホウ素同位体)の放射性崩壊によって生じる α 線によって腫瘍部位を選択的に治療する方法です (中性子捕捉治療, BNCT)。これらのように、研究用原子炉は、環境科学、地質学、地球化学、考古学、生物学、医学、工業材料化学等多くの分野で利用されています。

研究用原子炉はその維持管理に経費がかさむため、

わが国の大学で管理しているものについては運転停止や廃止が余儀なくされています。しかしながら、ラジオアイソトープの製造、放射化分析、医療の利用等でさらに教育の一環として利用するためにはなくてはならない施設です。海外においても積極的に利用され、ドイツ、オーストラリア等では必要性が認知され古くなった研究用原子炉の更新が行われています。

これまでに培った研究用原子炉の技術を継承し、今後も研究用原子炉を健全に存続させ、様々な幅広いニーズに応えることが必要です。

(塚田 祥文)

引用文献

松村明ら (2001) 原子炉を用いた悪性脳腫瘍の治療—中性子捕捉治療—, 日本原子力学会誌 43, 957-963.

図1及び図2につきましては、日本原子力研究所から転写許可を頂き、掲載したものです。ここに感謝の意を表します。