

核医学・核工学シンポジウム

インドネシアにおける 医用RI製造技術開発の動向

日時： 2022年1月27日(木)13:30～16:00

場所： Zoomによるオンライン開催

対象： 一般、学生

参加費： 無料

主催： 東京都市大学 原子力システム研究室
日本医用アイソトープ株式会社(NucMed)

プログラム

・開会挨拶（5分）

高木 直行 氏

東京都市大学 研究教授

・講演1（50分）

「インドネシアの医用RI製造計画と現状」（仮）

Liem Peng Hong 氏

東京都市大学 客員教授

・休憩（5分）

・講演2（50分）

「放射性診断薬製造技術のインドネシアへの技術供与」（仮）

蓼沼 克嘉 氏

(株)化研 前代表取締役会長

・フリーディスカッション（30分）

「日本の医用RI自給に向けて」（仮）

司会 諸岡 健雄 氏

一般社団法人 日本医用アイソトープ開発準備機構

(JAFMID) 業務執行理事

・閉会挨拶（5分）

川田 裕美 氏

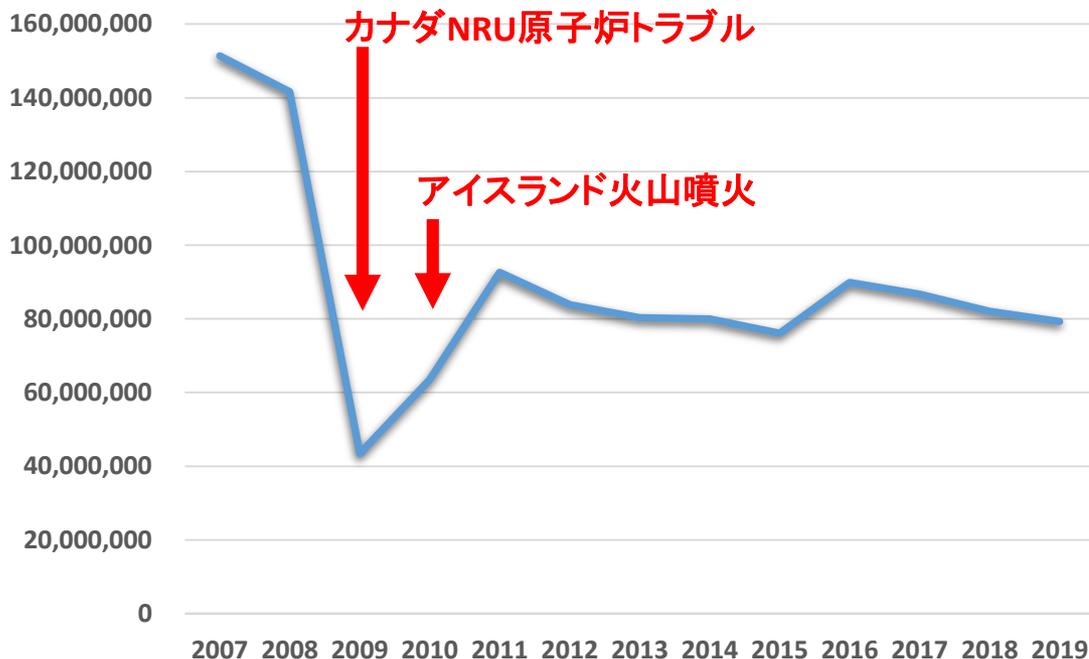
日本医用アイソトープ株式会社 代表取締役社長

医用RI国内供給不安定性の実例

核医学診断で利用件数が最も多いテクネチウム製剤（放射性医薬品）の原料である放射性同位元素Mo-99については、我が国はその100%を輸入に依存。生産国の原子炉の故障、空輸便のトラブル（火山噴火、パンデミックによる貨物便の減少等）により、世界的なMo-99の供給不足が生じるという問題が度々発生。

公益社団法人日本アイソトープ協会のウェブサイトを示されているとおり、近年における頻回に及ぶ供給制限及び供給停止にともなう核医学検査の中止又は延期によって、患者に著しい不利益が発生しているという現状にある。

国内の放射性医薬品としての⁹⁹Mo-^{99m}Tcの流通の推移



モリブデントラブルに伴うテクネチウム製品の供給制限について

緊急連絡(第25報)

他、多数のマイナートラブルによる一時的供給停止

令和元年11月5日

核医学検査室責任者殿
RI検査室責任者殿
放射性医薬品購入責任者殿

公益社団法人日本アイソトープ協会
日本メジフィジックス株式会社

モリブデントラブルに伴うテクネチウム製品の供給制限について (11月8日(金)納品分)

謹啓 平素は格別のご高配を賜り厚く御礼申し上げます。
この度は、一部のテクネチウム製剤の供給制限の発生により、多大なるご迷惑をお掛けしておりますことを、深くお詫び申し上げます。
さて、原料供給元での急なトラブル発生により、モリブデンの入荷量が不足する事態となりました。
つきましては、11月8日(金)納品分の下記製品につき、供給制限をせざるをえなくなりましたので、取り急ぎご連絡申し上げます。
引き続き全力をあげて原料確保に努め、診療に支障をきたさないよう努力いたしますとともに、今後の製品供給につきましては、逐次緊急連絡の形式でご案内申し上げます。
何卒、事情をご賢察の上、ご了承賜りますようお願い申し上げます。

近年の医用RI国内供給量(使用量)

3.1 放射性医薬品の供給量 Amounts of Radiopharmaceuticals Supplied

3.1.1 *in vivo* の供給量の推移(核種別, 年度別)

Amounts of Radiopharmaceuticals (for *in vivo* use) Supplied in Fiscal 2015-2019

(単位Unit: MBq)

年度 Year 核種 Nuclide	2015	2016	2017	2018	2019
¹⁸ F	46,847,920	47,988,815	49,296,580	49,503,669	49,519,653
⁵¹ Cr	222	-	-	-	-
⁶⁷ Ga	2,889,774	2,680,687	2,411,000	-	-
⁸¹ Rb- ^{81m} Kr(G)	559,255	617,345	620,000	-	-
⁸⁹ Sr	145,935	111,672	83,000	-	-
⁹⁰ Y	296,000	357,050	481,000	510,600	511,900
⁹⁹ Mo- ^{99m} Tc(G)	76,126,575	89,851,515	86,688,375	82,068,895	79,314,015
^{99m} Tc	298,780,833	304,739,130	300,495,662	293,085,756	285,604,434
¹¹¹ In	132,527	287,922	340,545	370,057	385,300
¹²³ I	34,434,913	34,032,331	34,987,358	34,902,199	34,836,349
¹³¹ I	15,560,815	15,046,809	15,245,295	15,684,208	16,381,251
¹³³ Xe	781,810	174,640	-	-	-
²⁰¹ Tl	14,605,454	13,906,487	13,234,456	12,987,851	12,268,016
²²³ Ra	-	18,597	55,471	39,362	34,915
合計 Total	491,162,032	509,812,000	503,940,417	491,930,848	481,170,474

•SPECTでの各種検査に使用
•核医学診断の約8割を占める

•骨転移のある前立腺癌のα線治療に使用
•2016年認可以降急増

出典： アイソトープ等流通統計2020 日本アイソトープ協会



別紙 令和2年度「原子力システム研究開発事業」採択課題

【課題名】

国内の原子力インフラを活用した医用 RI の自給技術確立に向けた研究開発

【ボトルネック課題解決型】

実施期間: 令和2年度～令和4年度

【研究代表者・所属機関】 高木 直行・東京都市大学

【共同研究機関】 日本医用アイソトープ株式会社、金沢大学、三菱重工株式会社、日本原子力研究開発機構

【目的】

国内の既設の原子炉を用い、診断用のRIとして最も需要の高いMo/Tcと、 α 内用療法向け短寿命 α 核種として近年その有用性が注目されているAc-225の二核種の生成と供給を行う、国内自給技術検討により既存炉・次世代高速炉の運用に係る研究開発を行う。

【課題概要】

我が国で利用されている医用RIはほぼ全量を輸入に依存している。そのため、製造所や輸送中のトラブル、自然災害、紛争、パンデミック感染症等により、RIの医学利用や関連する研究・開発に支障をきたすことがあり、医用RIセキュリティ(安定確保・供給)の強化が望まれている。また新たな悪性腫瘍の治療法として近年注目されている「 α 内用療法」向け短寿命 α 線源へのニーズも急速に高まっている。

本研究では、放射性医薬品の基礎研究や臨床応用を行う医学分野、実験用研究炉を有する原子力研究機関、PWR設計・製造を行うメーカーおよび核変換技術研究で実績のある大学の専門家が連携し、国内で既に設置されている商用炉や研究炉(具体的には商用PWRおよび高速実験炉常陽)を用いて、診断用のRIとして需要の高いMo/Tcと、 α 内用療法に用いられる短寿命 α 核種(Ac-225)の生成と供給を行う国内自給技術の確立に向けた技術開発を行うことを目的とする。

発電が主目的の軽水炉を医学分野へ活用すること、高速スペクトル炉の特徴を活かしたRI製造技術を開発することにより、診断・治療用RIの国内自給技術の社会実装を図るとともに、新型炉を含めた軽水炉・高速炉利用におけるイノベーションと原子炉に対する社会実装の改善を目指す。

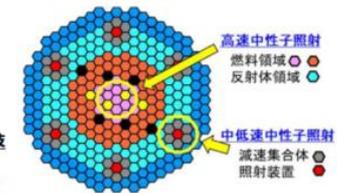
【期待される成果・発展性】

PWRでのMo(n, γ)法によるTc-99m生成技術

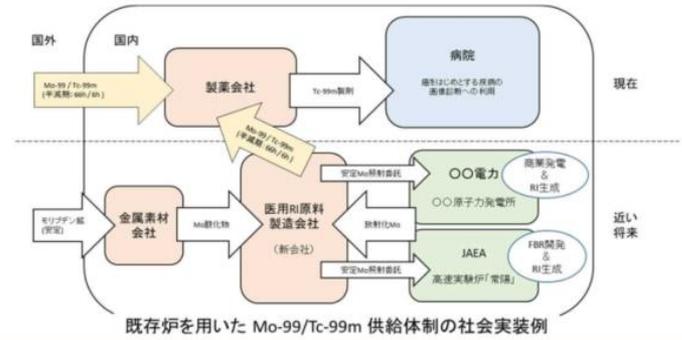
- ・ PWR 1基で国内需要量(約40TBq/週)の約半分を生成

「常陽」での Ra(n, $2n$)法によるAc-225生成技術

- ・ 常陽での1サイクル(60日)照射で現世界供給量(約60GBq/y)の約半分を生成



高速実験炉「常陽」でのターゲット装荷位置



核医学・核工学シンポジウム
「がんを制する人工核種をつくる」～内用療法向け α 放出核生成技術の最前線～

【日時】 2021年5月26日（水）13:00-17:00
【共催】 東京都市大学、金沢大学、日本医用アイソトープ（株）、
日本原子力研究開発機構・高速炉研究開発センター
【後援】 標的アイソトープ治療線量評価研究会

（前半司会：都市大 高木直行）

（後半司会：QST 東達也）

開会の挨拶（13:00-13:05）

（金沢大学 医薬保健研究域 教授 絹谷清剛氏）

第一部 α 内用療法の現状と期待（13:05-14:00）

- ・核医学におけるRI内用療法の現状と展望

（金沢大学 医薬保健研究域 講師 稲木杏吏氏）

- ・ α 内用療法への期待

（日本医用アイソトープ株式会社 業務執行理事 諸岡健雄氏）

休憩(14:00-14:05)

第二部 加速器による α 核生成技術（14:05-15:35）

- ・加速器法1 各国の状況と陽子加速器によるAc-225生成

（量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所 部長 東達也氏）

- ・加速器法2 電子線形加速器を利用したAc-225の製造

（日立製作所エネルギーイノベーションセンター 田所孝広氏）

- ・加速器法3 サイクロトロンによるAt-211生成とAc-225輸入計画

（大阪大学 核物理研究センター 教授 福田光宏氏）

休憩(15:35-15:45)

第三部 原子炉による α 核生成技術と総合討論（15:45-16:55）

- ・原子炉法1 高速実験炉「常陽」によるAc-225生成

（日本原子力研究開発機構 高速炉照射課 課長 前田茂貴氏）

- ・原子炉法2 発電用軽水炉によるAc-225生成

（東京都市大学 原子力安全工学科 教授 高木直行氏）

- ・総合討論（発表者、聴講者）

開会の挨拶（16:55-17:00）

（日本原子力研究開発機構 高速炉研究開発センター

前田誠一郎氏）

RI製造における原子炉の特徴

- ビーム(中性子)束「高」 ($\because \Sigma_f \phi \propto P$)
- フルエンス「高」 (\because 長期サイクル&稼働率高)
- 照射体積「大」 (\because 炉心体積大)
- 除熱能力「大」 (\because 核燃料冷却)
- エネルギー収支「優」 (\because 自律連鎖発熱反応)

臓器診断薬向け技術供与

化研、インドネシア当局に

先進化学技術開発を手掛ける化研(水戸市)はインドネシア原子力庁(BATAN)に技術供与する。がんをはじめ臓器診断薬に使われる放射性テクネチウムについて、化研が独自開発した製造法を移転し、インドネシアでの診断薬国産化を後押しする。製造コストの抑制や高品質化が図れるといい、将来はアフリカや東南アジアといった医療途上国にも技術の普及を目指していく考え。



BATANの保有施設を使って臓器診断薬を作る計画だ

原子炉使い放射性物質

放射性テクネチウムは、骨がんなどの診断に国内注射や吸引などで体内に取り込み、腎臓や脳腫瘍、

子や当て、核分裂反応による生成物を基に抽出する方法が一般的だった。

放射性テクネチウムの製造法		
	従来法	化研の製法
原料	濃縮ウラン	天然モリブデン
特徴	放射能濃度が高く輸送しやすい	製造コストが安い
	既に世界で普及。日本も全量輸入	不純物や汚染が少なく放射能濃度が低い
課題	プルトニウムなどが生じ、汚染の可能性がある	放射能濃度が低く、不純物や汚染が少なく放射能濃度が低い
	老朽化した原子炉の廃止や燃料供給の滞りが懸念	原子炉には必要

ただ、プルトニウムなど不要な核分裂生成物が生じるため、製造施設が汚染されたり、廃棄物処理のためのコストがかかったりしていた。日本では全量この製造法による輸入品に依存してきたが、海外での輸送トラブルや老朽化した原子炉の不具合などで供給が途絶えることも度々あった

という。

化研が技術移転するのは「原子炉中性子照射法」と呼ぶ方法だ。原子炉で放射線照射した原料の天然モリブデンから放射性テクネチウムを抽出する。活性炭とアルミナという無機材料を使うことで、不純物を除去し、高品質なテクネチウムを濃縮抽出できるようにした。濃縮ウランを使う場合と比べ、70分の1程度まで製造コストを抑えられるという。

化研では1994年から研究に着手し、技術自

