



ウランから生成する有価元素が拓く 新たなユビキタス社会

令和6年11月21日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所 N X R 開発センター

センター長 呉田 昌俊



原子力は 元素製造技術

これまで → これから



エネルギー利用



エネルギー利用



医療

宇宙

元素製造技術による
ユビキタス社会

電力

IT・安全保障



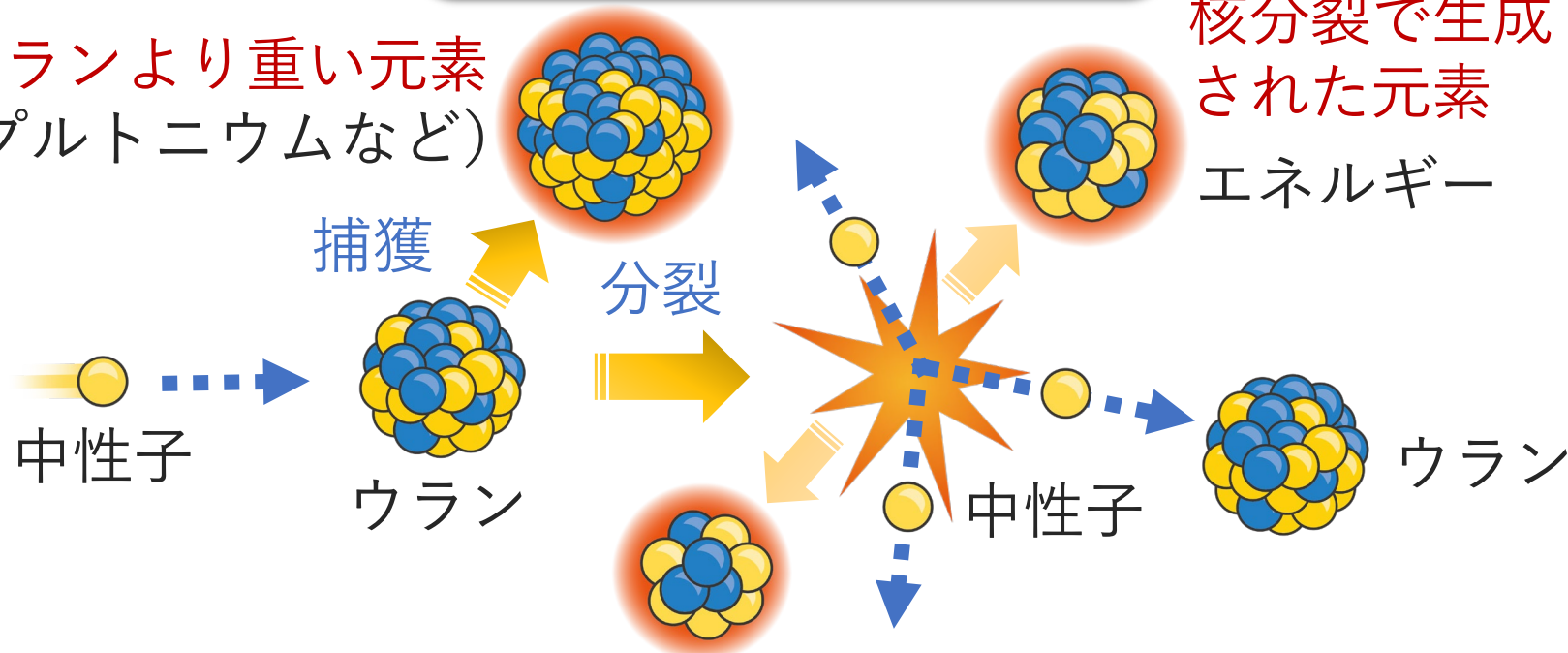
ウランから有価元素が製造されている



原子炉の中の反応

ウランより重い元素
(プルトニウムなど)

核分裂で生成
された元素
エネルギー



ほとんどの核分裂生成元素、
ウランより重い元素は
活用されていない

▶ 全て不要な元素か？



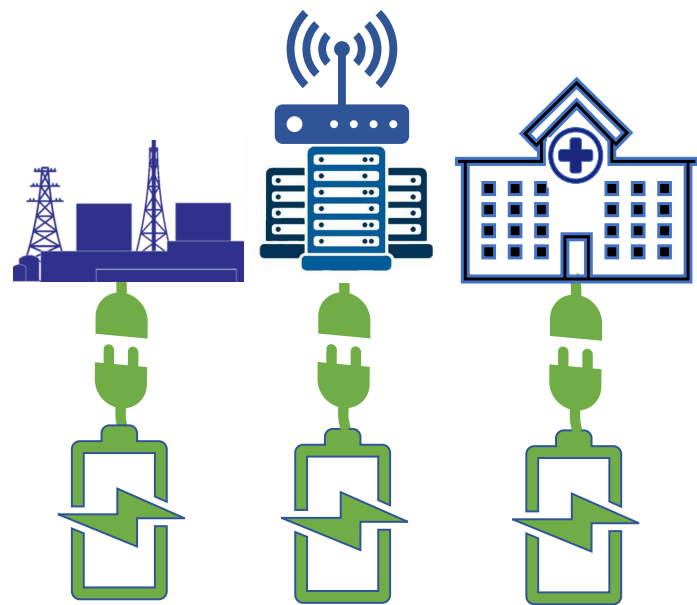
有価元素を活用する時代に

生活に必要なインフラ

外科手術などが
適用できない
がん

排ガスの浄化

極限環境



長寿命
メンテナンスフリー電池



がん治療用
放射性元素



空気浄化(触媒)
用レアメタル

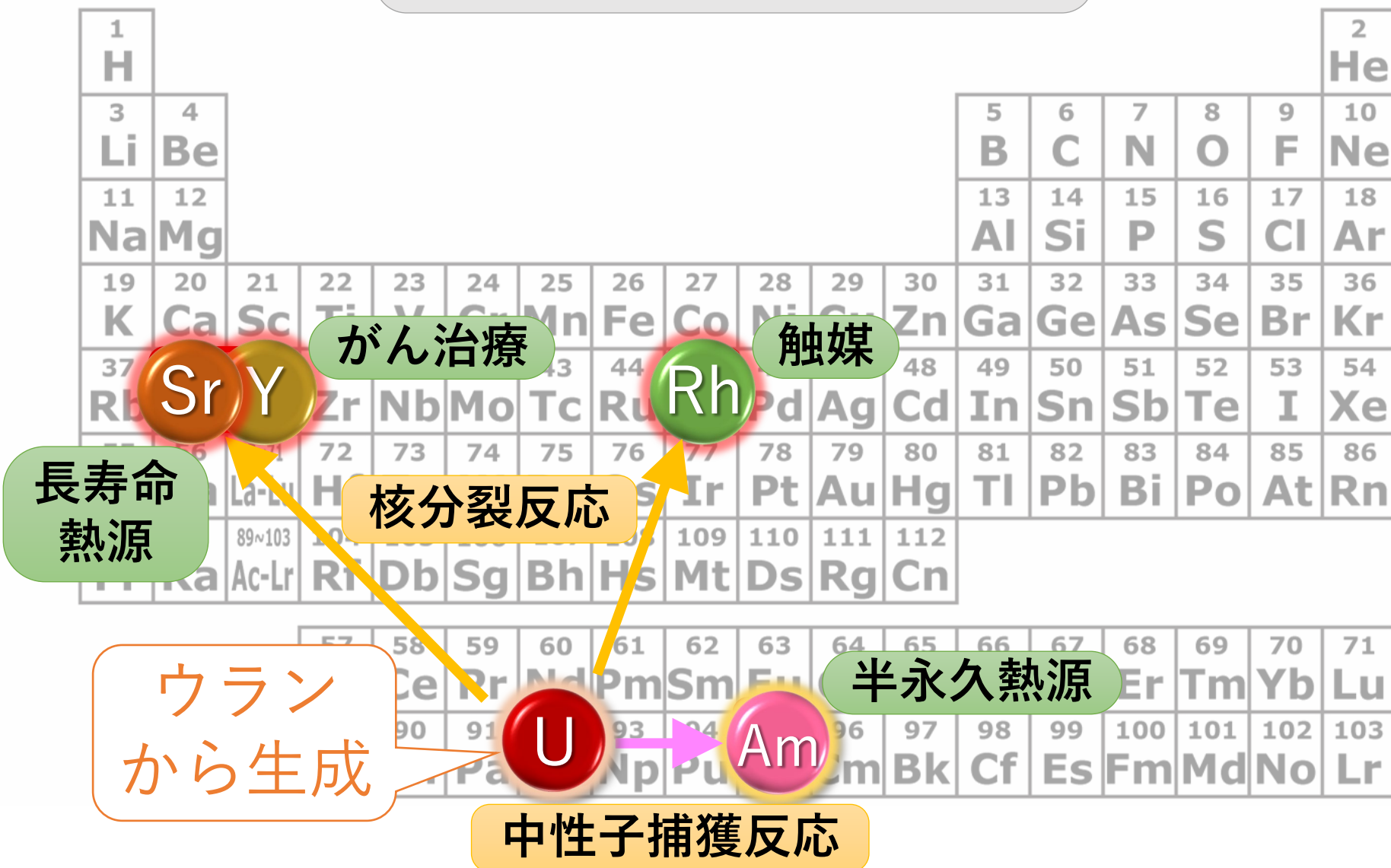


半永久電池

ウランから生成する有価元素（例）



周期表



NXR開発センターを設立して開発を始動



原子力機構ビジョン「『ニュークリア×リニューアブル』で拓く新しい未来」
の実現をリードする技術開発を担うセンターを設立

NXR開発センター



大容量蓄電池
開発特別チーム

燃えないウランを用いたウランレドックスフロー（URF）蓄電池を開発して再生可能エネルギーと融合させる

RI電池熱源
開発特別チーム

過酷環境でも半永久・メンテナンスフリーで機能し続けられるエネルギー源を開発して過酷環境用に提供する

分離・利用技術
開発特別チーム

有価元素を使用済燃料から分離して利用可能とする技術を開発して広く社会に提供する

 本日のテーマ

有価元素を分離して利用できる形にする技術開発



元素の流れ



使用済燃料
溶解液

②

元素の化学分離

開発
課題

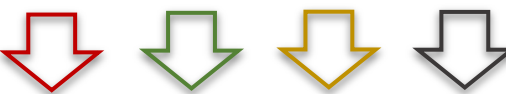


有価元素を分離

②

利用目的別に加工

開発
課題



紹介内容

- ① 利用について
- ② 分離・利用技術開発の現状

①

利用(1)：

長寿命電池用に発熱性元素を活用

利用(2)：

がんの治療用に放射性の元素
(医療用RI:Y-90) を社会に供給

① 利用(1)： 長寿命電池で社会に安心を



- ① 数10年間又は数100年間、非常時でも重要インフラの安心につながる機能を維持
- ② 地層処分場の面積・体積・コストの削減

発熱性元素

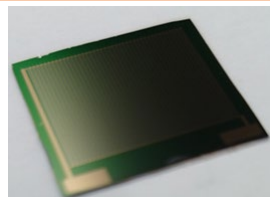


用途別：単体または混合

	ストロンチウム 90	アメリカシウム 241
半減期	28.8年	432.2年
壊変	β^-	α

【新開発】

高放射線耐性
熱電変換素子

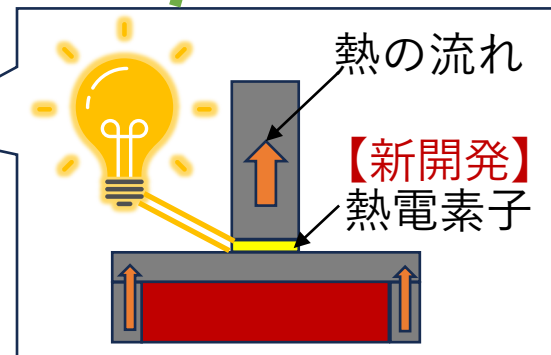
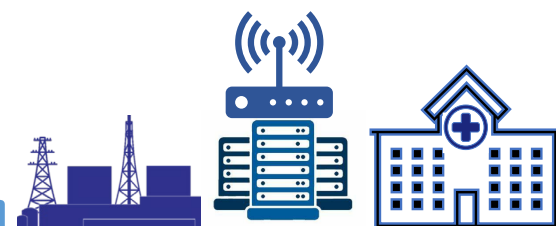


電池

放熱
フィン

断熱性
容器

【新開発】
Sr-90等
発熱体



大きな温度差をつけて
熱電素子で発電

利用(2)： がん治療に必要なRIを国産・安定供給を



- 医療現場：●「外科療法など他の治療法が適用できない、放射線・RIの利用しか選択肢が無いケースがある
- 「高度放射線治療やRI療法は、治療中と治療後の患者さんのQOL（生活の質）を確保しながらも、がん治療を効率よく進めていく最も有効な方法」
- 「外科療法や薬物療法と併用されるため、選択肢は多いほど良い」
➔ 多様な核種が求められている

国内承認済み放射線治療用RI*1

核種	半減期	壊変	製造装置	主な適応
Ra-223	11.4日	α	(ウラン壊変生成物)	骨転移前立腺がん
Y-90	64時間	β^-	原子炉	リンパ腫
I-131	8日	β^-	原子炉	甲状腺がん、甲状腺機能亢進症
Lu-177	6.6時間	β^-	サイクロトロン	去勢抵抗性前立腺がんなど
I-125	59.4日	EC(γ)	原子炉	前立腺がん
Ir-192	73.2日	γ	原子炉	前立腺がん、舌がんなど

注
目

- 課題：● ほとんどの医療用RIが輸入
➔ 国産化による安定供給が求められている*1

利用(2)： がん治療用イットリウム90を国産化



核分裂生成物(FP)



分離



自然に元素
が変わる



β -崩壊



Y-90だけを
医療用に分離

腫瘍の近く
に送り込む



がん治療

国産化を目指して新開発

核分裂生成物からSrを、次にSrからYを分離するだけ 照射炉不要

- Y-90利用の現状（全世界*1）

（例）2020年：Y-90放射性塞栓剤

外科療法などが適用できない肝臓がん/肝転移 約1,800億円

- 介入腫瘍学：

北米が市場の43.2%のシェア

アジア太平洋地域が急速増加中

Y-90の様々な利用形態に対応した国産提供を目指す

② 分離・利用技術開発の現状

JAEAが開発した化学分離法である SELECTプロセスを拡張

使用済燃料溶解液

ステップ1
ウラン(U)、プルトニウム(Pu)、ネプツニウム(Np)の分離

U, Pu, Np

ステップ2
核分裂生成物(FP)と
アメリシウム(Am)、キュリウム(Cm)、希土類(RE)の分離

核分裂生成物
(FP)

【新成果】

分離

ステップ3
希土類(RE)と
アメリシウム(Am)、キュリウム(Cm)の分離

希土類

ステップ4
アメリシウム(Am)とキュリウム(Cm)の分離

Am

Cm

分離

Sr
90

Srを約80%の純度*1で分離
でき、技術的な見通しあり

*1: 残り20%はBa

長寿命電池用発熱体製造技術を開発

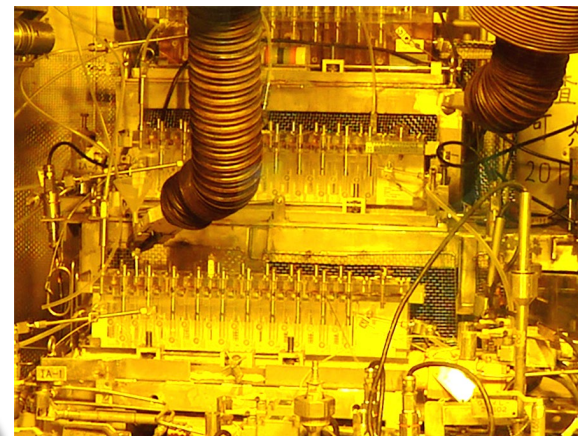
Am
241



【新成果】

発熱体を製造できる
技術的な見通しを得た

焼結したアメリシウム混合酸化物



溶媒抽出装置

【新開発】

Am
241

β-
分離

Pu
241

2系統の分離技術を開発中



カラム分離装置



様々な原子力関連技術が広く溶け込んだ社会

脱炭素・GX

Green Transformation

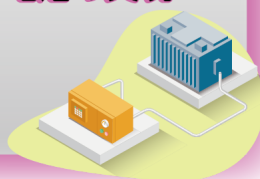
燃えないウランを使う
再エネ結合型大型蓄電池の実現



DX

Digital Transformation

長寿命電池の実現



QOL

Quality of Life

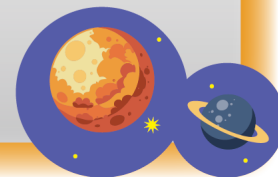
医療用ラジオアイソトープの
国産化



SX

Space Transformation

宇宙原子力技術の提供



活動の価値 = ユビキタス技術の総価値 + 処分場コスト削減の価値

原子力のサステナブル化



原子力は元素製造技術

ユビキタス社会の実現
に向けて

“ONLY ONE”

技術の開発にチャレンジ開始

【用語説明】

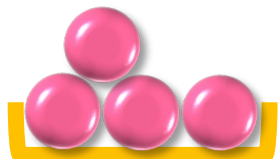
β -崩壊

(ベータマイナス崩壊)



中性子過剰
(不安定な原子)

陽子



中性子



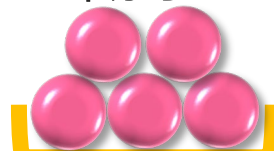
β -崩壊



陽子と中性子が釣り合っている
(安定な原子)

原子は、陽子と中性子のちょうどいい数が決まっている

陽子



中性子



安定になるため、
中性子が陽子に変わる！

原子番号が1増加

別の元素になる