

原子炉の使用済み燃料に含まれる主なMAの特徴

核種名	半減期 ¹	比放射能 (Ci/g) ¹	発熱量 (W/g) ²	使用済み燃料中の MAに対する割合 (wt%/MA)*
Np-237	2.1 x 10 ⁶ year	7.1 x 10 ⁻⁴	2.15 x 10 ⁻⁵	3.7
Am-241	430 year	3.5	0.114	63
Am-242m	150 year	9.8	4.14 x 10 ⁻³	0.23
Am-243	7400 year	0.2	6.42 x 10 ⁻³	21
Cm-242	160 days	3400	122	0.001
Cm-243	29 year	52	1.86	0.13
Cm-244	18 year	82	2.83	9.8
Cm-245	8500 year	0.17	5.70 x 10 ⁻³	1.6
Cm-246	4700 year	0.31	1.00 x 10 ⁻²	0.16
U-238 (比較用)	4.5 x 10 ⁹ year	3.4 x 10 ⁻⁷	8.53 x 10 ⁻⁹	-

*: 45GWd/t燃焼後10年間冷却した軽水炉(MOX)の使用済み燃料中のMAの組成

MAをこのまま埋めるとなると、時間的、空間的な管理の負担**大**

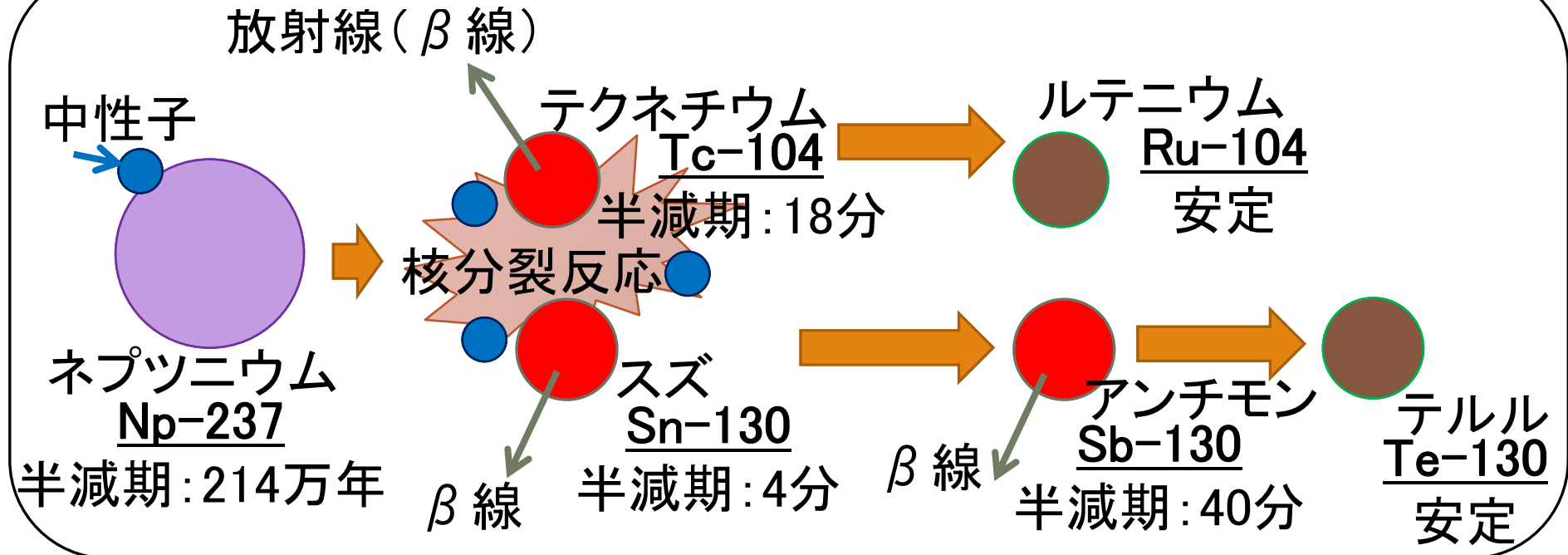
→ **MAの核変換**により、時間的、空間的な管理の**負担軽減**

1, Peterson J, MacConell M, Haroun L, et al. Radiological and chemical fact sheets to support health risk analyses for contaminated areas. Argonne National Laboratory; 2007. (Human Health Fact Sheet).
 2, K Okumura, et al., A Set of ORIGEN2 Cross Section Libraries Based on JENDL-4.0: ORLIBJ40, JAEA-Data/Code 2012-032, 2013.

MAの核変換方法

核変換: ある物質を、核反応により、全く別の物質に変換すること

核変換の一例 (実際には、様々な物質へ核変換)



では、どこでどのようにして核変換させるのか?

→中性子が飛び交う環境下? = 原子炉?

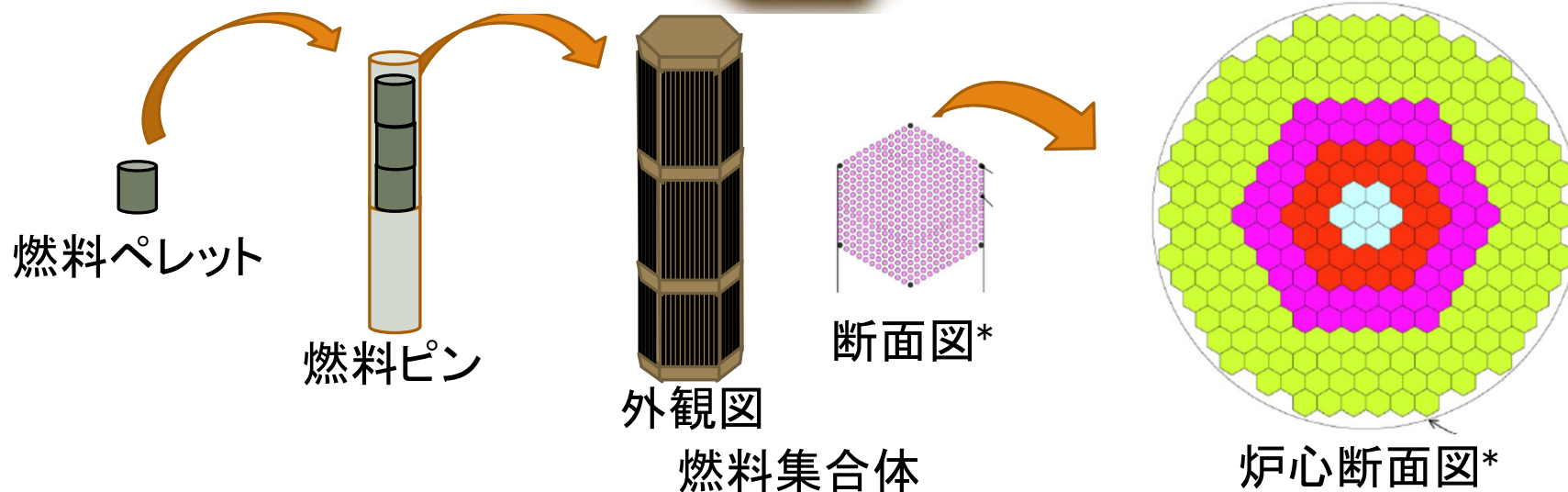
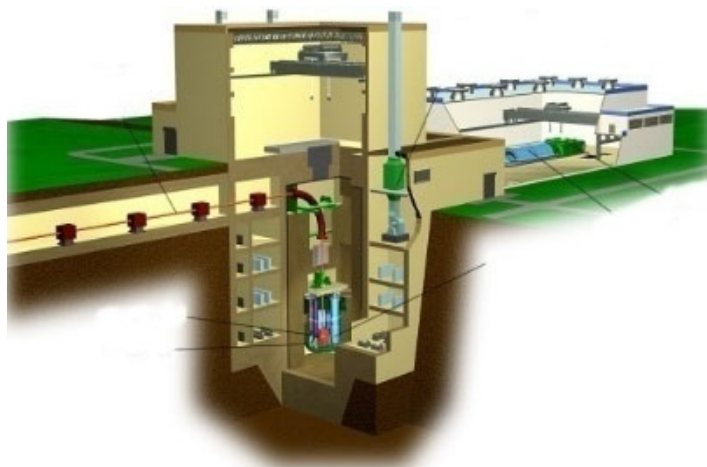
一般的な原子炉へのMAの大量装荷

→安全な運転管理を行う上でのリスク大

核変換に特化した施設の研究開発が必要

効率的かつ安全に核変換できる特殊な原子炉

→ 加速器駆動未臨界システム(ADS; Accelerator Driven System)



*: 秋元 肇 他, "鉛ビスマス冷却加速器駆動システムの熱設計(1) 定格運転条件に対する熱流動解析;" JAEA-Data/Code 2016-008 (2016).

核変換に特化した施設と一般的な原子炉

項目	軽水炉 ¹	高速炉 (原型炉 ¹ -大型 ²)	ADS ³
電気出力 (GWe)	約1.2	0.28 - 1.5	0.26
熱出力 (GWth)	約3.4	約0.7 - 3.6	0.8
炉心燃料領域有効高さ (m)	約3.66	約0.93 - 1.3	1
炉心燃料領域等価直径 (m)	約3.4	約2.1 - 5.5	約2.4
燃料	U, Pu	U, Pu	Pu, MA
臨界or未臨界	臨界	臨界	未臨界
冷却材	軽水	ナトリウム (鉛や鉛ビスマスのタイプも)	鉛ビスマス
加速器	-	-	要(1.5GeV, 陽子)
核破砕ターゲット	-	-	鉛ビスマス

ADSの特徴:

1. MAが主燃料
2. 未臨界
3. 加速器と原子炉のハイブリッドシステム

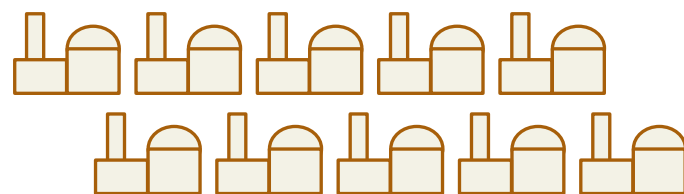
1 平川直弘, 他 “連載講座 原子炉物理 第11回 代表的な原子炉と炉物理,” 日本原子力学会誌, Vol. 43, No.3 (2001).

2.”高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズII技術検討書,1; 原子炉プラントシステム,” JAEA-Research 2006-042 (2006).

3: T. Sugawara, et al., Impact of impurity in transmutation cycle on neutronics design of revised accelerator-driven system, Annals of Nuclear Energy 111 pp.449-459, 2018

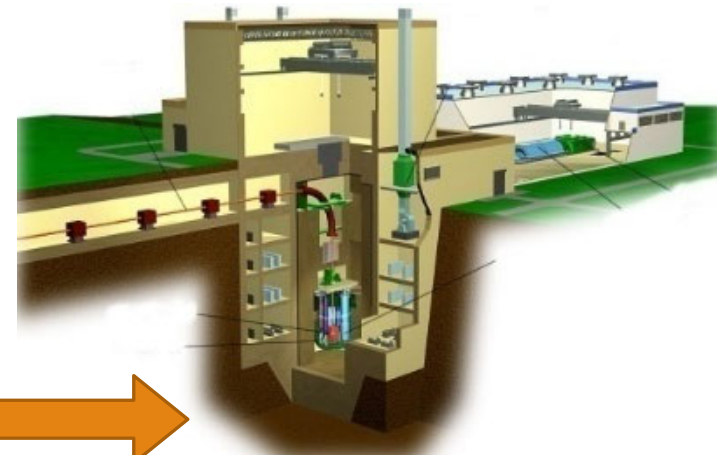
1. 主燃料がMA

一般的な原子炉と異なり、大量のMA(2.5t)を炉内に装荷可能
→ MAの核変換効率が低い



軽水炉(1,000MWe/基)

MA



実用ADSプラント(出力: 800MWth)

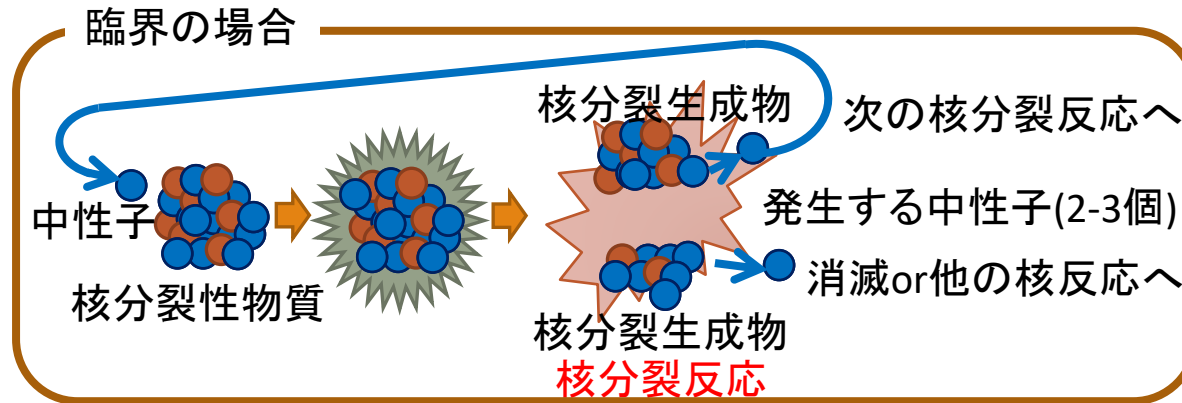
年間、軽水炉10基から出たMAを、
ADS1基で核変換可能!

なぜADSは大量のMAをいれても運転管理上安全性に問題ないのか？

→ 鍵は未臨界

2. 未臨界で設計された原子炉

臨界: 核分裂の連鎖反応が**持続する**状態 (一般的な原子炉)

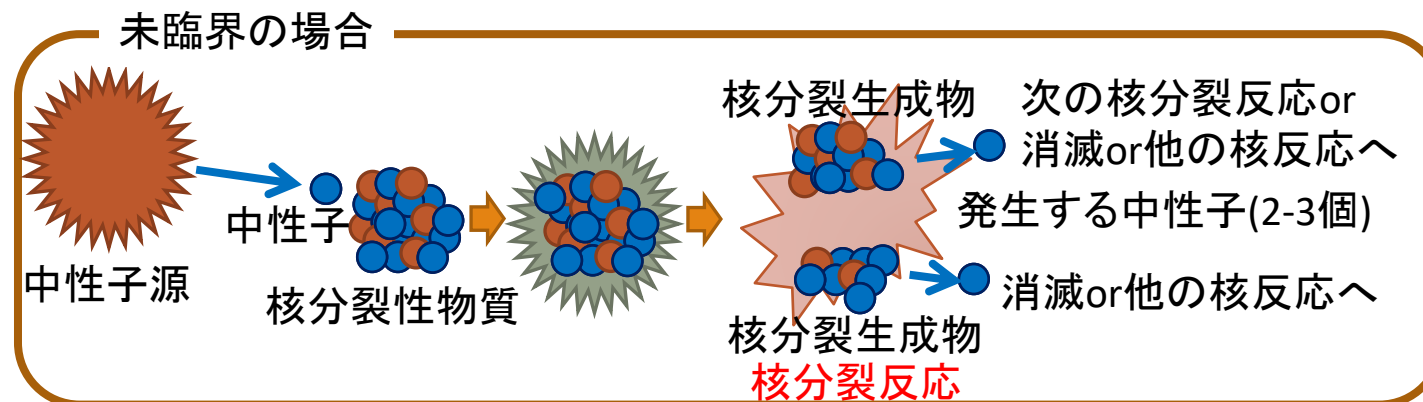


メモ

臨界・未臨界は、
どうやって決まる？

- 核分裂性物質の量
- 炉の形状
- 冷却材や構造材の種類
などなど...

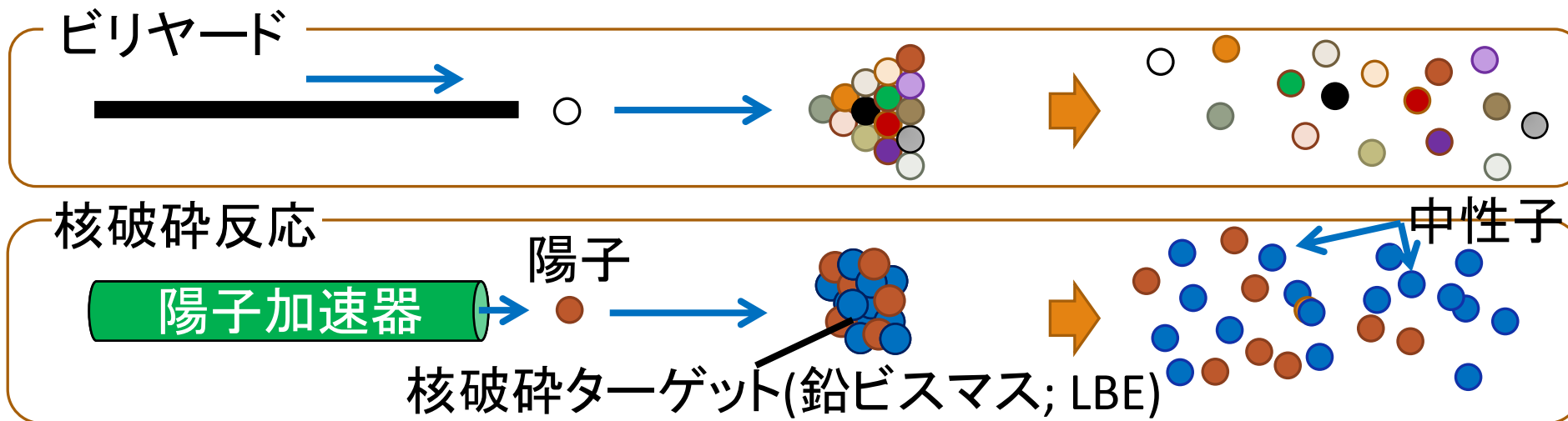
未臨界: 中性子源を持ち込まない限り核分裂の連鎖反応が**持続しない**状態 (ADS)



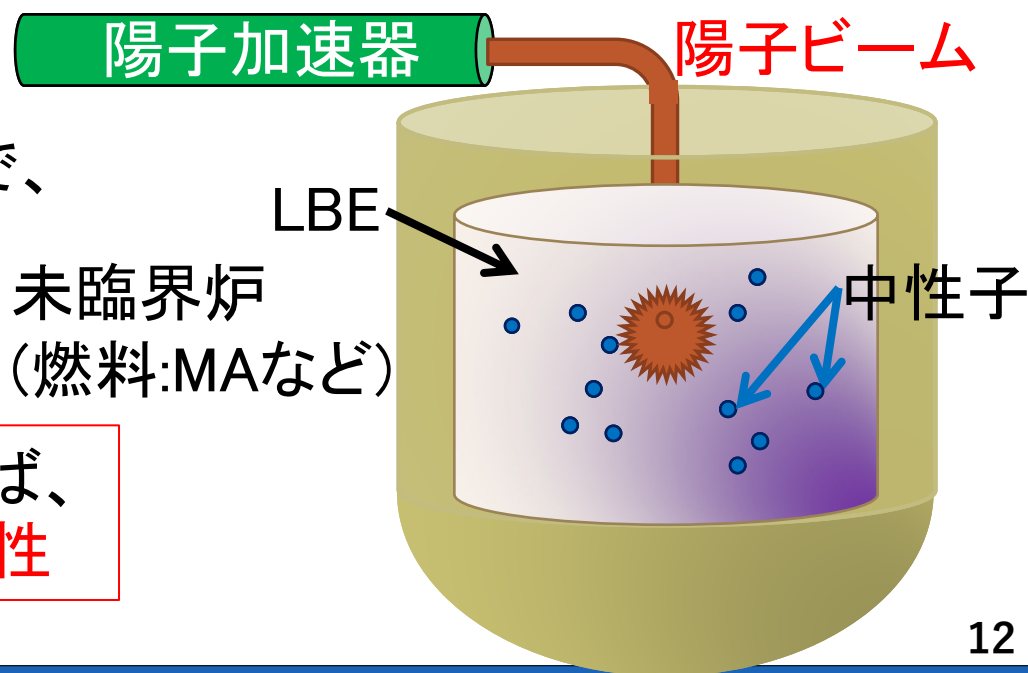
ADSは中性子源が無い限り、自然停止する設計(**高い安全性**)

どうやって運転するのか？ → 鍵は**加速器**

3. 陽子加速器(中性子源)と原子炉のハイブリッドシステム



1.5GeVに加速させた陽子を、
炉中心のLBEに衝突させる事で、
大量の中性子(陽子)が発生
→核変換の火種



緊急時、陽子加速器を止めれば、
原子炉も**自然停止**→**高い安全性**