

第6回加速器検討会
(2003年9月2日)

新法人における加速器開発利用

日本原子力研究所
田中 俊一

原子力研究開発と加速器 (原子力長期計画)

原子力の可能性の開拓

原子力のもつ潜在的可能性を考慮し、原子力を単なるエネルギー生産技術としてではなく、現代社会を支える総合科学技術として推進することが適切。

放射線利用研究の位置付け

加速器で得られる放射線は、広い科学技術の基礎的、応用的研究開発に不可欠の手段であり、放射線利用技術は国内外に広く定着。

日本原子力研究所では、原子力エネルギーの研究開発と加速器開発利用を一体的に推進(欧米の研究所も同様)

原子力研究開発における加速器の役割

歴史的には、加速器の開発及びそれを用いた研究から原子力開発に新しい展開をもたらし、原子力開発の技術が加速器利用研究を推進。

原研における放射線利用に係る研究開発

1957 東海研究所

1963 高崎研究所

1967 大洗研究所

1995 関西研究所



1957 JRR-1



1968 JMTR

1990 JRR-3M



2002 J-PARC着工



1997 SPring-8



1999 光量子科学研究施設



1964 コバルト1棟



1963 1号加速器



1993 TIARA

原子炉

ラジオ
アイソトープ

1962 RI製造開始

加速器

レーザー

日本原子力研究所の加速器施設

昭和32年5月に2MVバンデグラフを設置以来、各種の加速器を整備し、広範な研究開発に利用。

加速器(所在地)	エネルギー(MeV)	用途
電子リニアック(東海)	300	核反応、核構造
超伝導リニアック(東海)	38	FEL
コッククロフト電子線加速器(高崎)	2	高分子材料改質、排ガス処理、耐放射線
コッククロフト電子線加速器(高崎)	3	製複合材料 開発、機能性材料開発、食品 照射データ等
2MVバンデグラフ(東海)	2	核反応、核構造、物性物理研究、放射線測定器開発
5.5MVバンデグラフ(東海)	5.5	核反応、核構造、放射線測定器開発・校正
4MVバンデグラフ(東海)	4	中性子測定器開発・校正
超伝導タンデム・ブースター(東海)	C:250、Au:910	重イオン原子核、超アクチノイド核化学、物質科学
重陽子加速器FNS(東海)	D:0.4	核融合中性子工学(d-T中性子)
負イオン加速静電加速器(那珂)	0.4	1A級NBI開発
TIARA(高崎)		
90MVサイクロトロン	H:90、Xe:450	耐宇宙線材料、核融合材料、バイオ技術、 機能材料開発等
3MVタンデム	H:6、Ni:15	多重照射等の複合ビーム利用
3MVシングルエンド	H:3	
400KVシングルエンド	Ar:0.4	
J-PARC(東海)		中性子科学(生命科学、物質科学、産業利用) 核変換技術開発等
SPring-8(播磨)	8GeV	放射光利用研究

注: 赤は廃止した加速器

青は汎用型大型加速器

4MVバンデグラーフ加速器

用途

中性子測定器を校正、開発するための単色エネルギー中性子発生装置

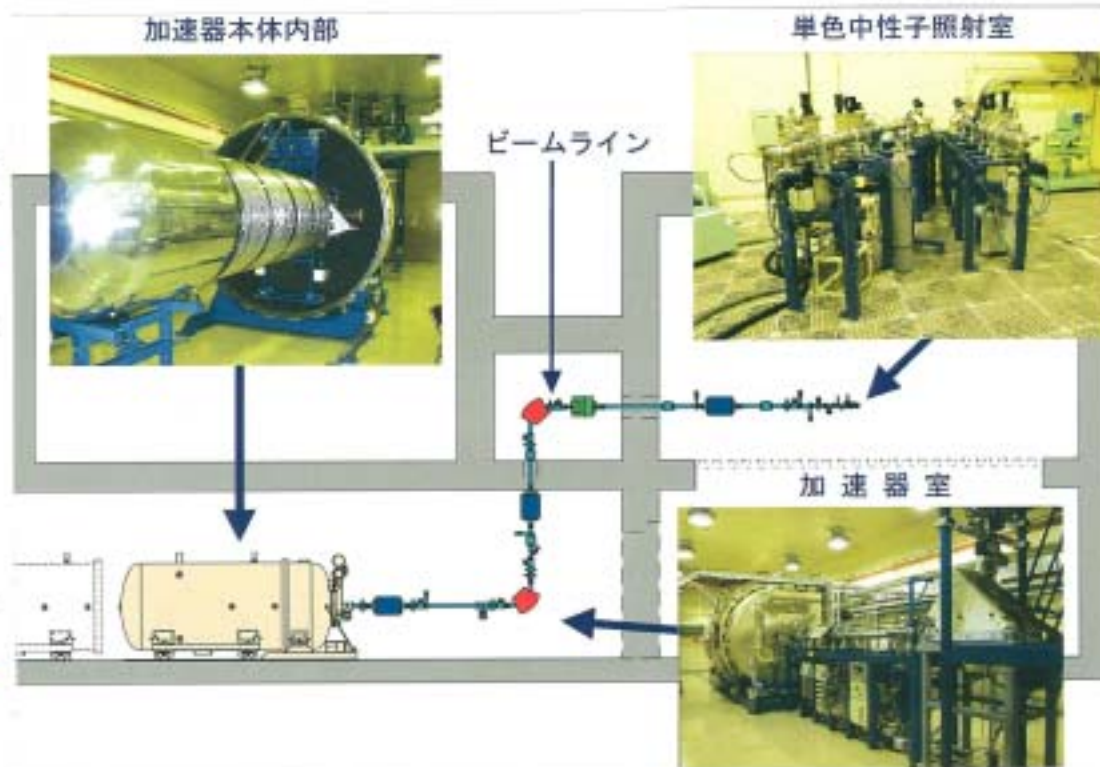
主要諸元

加速電圧	0.4MV~4MV連続
イオン電流	0~50 μ A連続
加速粒子	p、d
パルス幅	1.5ns(0.5MHz-4MHz)

核反応 発生中性子エネルギー

$^3\text{H}(\text{d},\text{n})^4\text{He}$	15-20MeV
$^2\text{H}(\text{d},\text{n})^3\text{He}$	3-7MeV
$^3\text{H}(\text{p},\text{n})^3\text{He}$	0.4-3MeV
$^7\text{Li}(\text{p},\text{n})^7\text{Be}$	120keV-2.3MeV
$^{45}\text{Sc}(\text{p},\text{n})^{45}\text{Ti}$	8keV-30keV

(注) ISO8529(2001) で規定されたエネルギー
19MeV、15MeV、5MeV、2.5MeV、
1.2MeV、565keV、250keV、144keV、
24keV、8keV



核融合中性子工学用中性子源施設 (FNS)

用途

- ・ D-T 中性子核反応に関する実験
- ・ 核融合炉の核設計に関する実験
- ・ 核設計コード、核データの精度評価

主要諸元

- ・ 型式：400keV重陽子加速器
- ・ イオン源：2 個
- ・ ビームライン：2 本
- ・ パルス性能：パルス幅最小 2ns
ピーク電流 80mA
平均電流 30mA
- ・ トリチウムターゲットシステム：
1000Ci (最大)



自由電子レーザー用超伝導加速器

用途

・自由電子レーザーのために、高品質でエネルギー損失の少ない超伝導の電子加速器を開発。平成10年2月に自由電子レーザーの安定発振成功

(世界最高強度：0.1kW、 $24\mu\text{m}$)

主要諸元

- | | |
|----------|---------------|
| ・加速エネルギー | : 10~20MeV |
| ・平均電流 | : 2~4mA |
| ・尖頭全長 | : 10~20A |
| ・エミッタンス | : 10~60 π |



超伝導リニアックモジュール、電磁石、レーザー発振部



R F 電源、ヘリウム冷凍機、ビーム入射系

電子線加速器（1号機、2号機）

用途

1号機：排煙、排水処理、汚泥殺菌等

2号機：耐放射線性複合材料開発
半導体素子材料の耐放射線性
機能材料の照射効果

主要諸元

1号加速器

型式：コッククロフトウォルトン
型電子加速器

エネルギー：2MeV

電流：30mA

線量率： $1 \times 10^5 \text{ Gy/sec}$

2号加速器

型式：カスケード型電子加速器

エネルギー：3MeV

電流：25mA

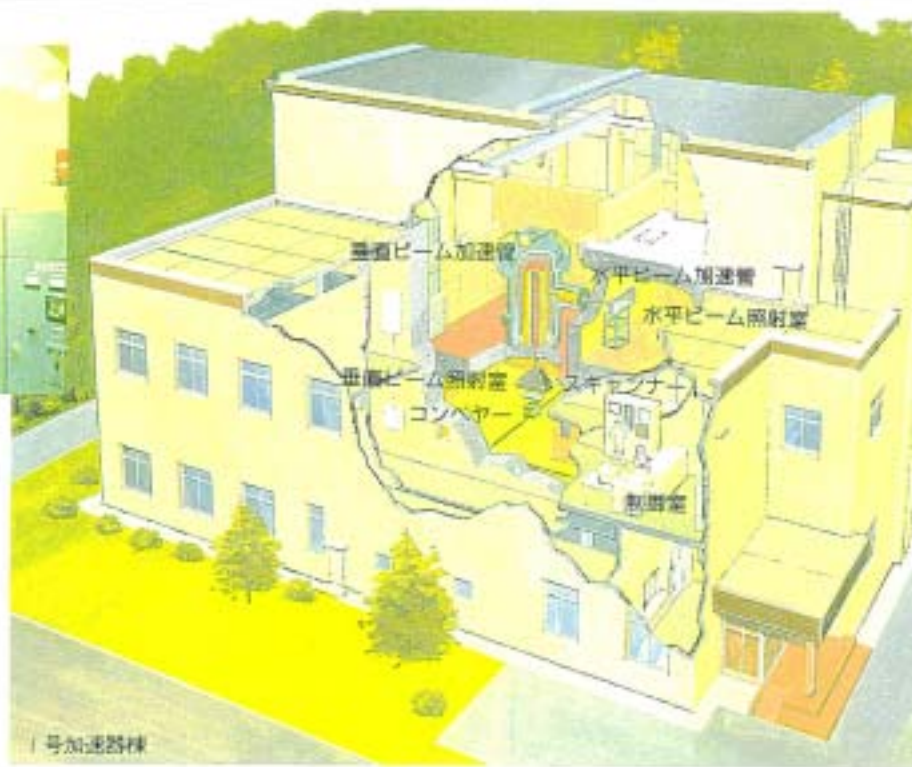
線量率： $1 \times 10^5 \text{ Gy/sec}$



1号加速器本体



制御室



1号加速器棟

タンデム・超伝導ブースター



タンデム加速器

用途

重イオンビームによる核物理（未知重核の研究）、重元素の核化学、物性物理、核子入射反応（反応断面積の測定）



超伝導ブースター

主要諸元

	エネルギー (MeV)	電流	加速イオン
タンデム	40~330	$0.5\text{p}\mu\text{A} \sim 3\mu\text{A}$	H~I
タンデムブースター	300~912	$0.01\text{p}\mu\text{A} \sim 0.1\text{p}\mu\text{A}$	C~Au

イオン照射研究施設 (TIARA)



用途

- 機能材料（宇宙環境材料、環境応答材料）、バイオ技術（新植物の創生等）の研究開発

主要諸元

- 90MV AVFサイクロトロン
- 3MVタンデム加速器
- 3MVシングルエンド加速器
- 400kVイオン注入装置

エネルギー
(MeV)

最大電流
(μ A)

加速イオン

5~530

30

H~Xe

0.8~18

15

H~Ni

0.4~3

100

H、e-

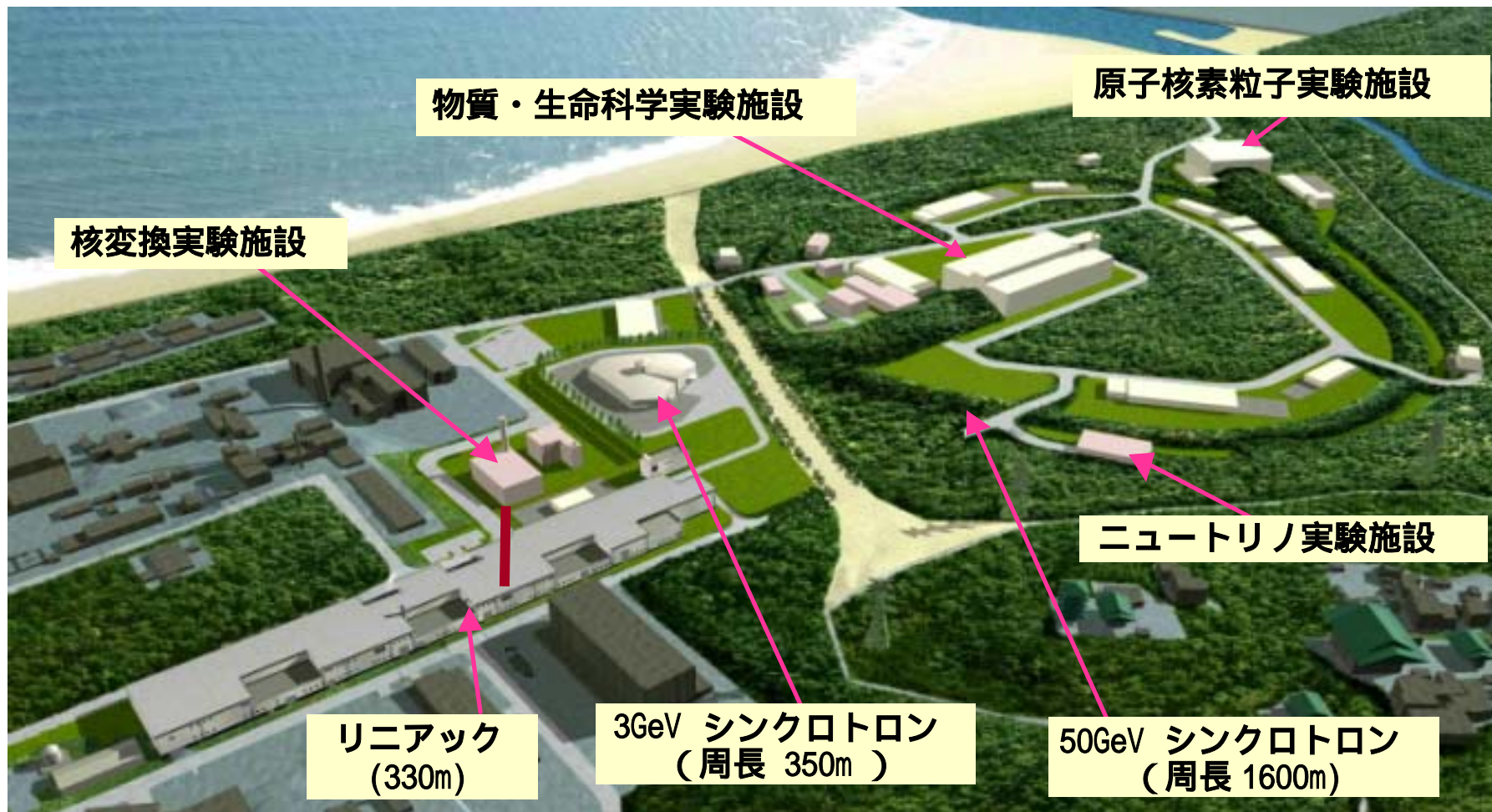
0.02~0.4

30

Ar~P



大強度陽子加速器施設 (J-PARC)



SPring-8用の入射加速器

用途

- ・ 大型放射光施設 (SPring-8) 用の入射加速器



主要諸元

- ・ 線形加速器
 - 加速エネルギー : 1.2GeV
 - 電流 : $12\mu\text{A}$
 - 全長 : 140m
- ・ シンクロトロン
 - 加速エネルギー : 8GeV
 - 電流 : 10mA
 - 全長 : 396m



原子力研究開発と加速器 (学術審議会)

研究機関の協力と役割分担

KEK、大学、理研、原研等の大型の加速器を有する研究機関は、それぞれの期間の役割を十分踏まえつつ、より一層密接かつ効果的な連携協力体制を構築することが必要。

(学術審議会加速器科学部会H11.4)

運営のあり方

モデルケースとして、国内外に開かれた研究施設たる大強度陽子加速器計画において、建設段階における適切な人材の結集、施設完成後の共同利用体制、国際協力体制を中心とする適切な運営体制を構築することが必要。

(学術審議会加速器科学部会H12.11)

原子力研究開発と加速器

(原子力二法人統合会議)

基本的位置付け

原子力基本法に定められる唯一の「原子力の開発機関」として原子力研究開発の国際的な中核的拠点(COE)

原子力研究開発を総合的・一体的に実施する研究開発機関として、科学技術水準の向上、原子力利用の高度化、多様化に貢献(基礎・基盤研究等の総合的推進)

業務(目標)

放射線利用研究を推進し、原子力利用の可能性を開拓

- ・荷電粒子線、中性子線、光量子線等の放射線発生技術の高度化
- ・放射線を利用した新素材開発や分析評価技術の高度化
- ・医療、工業、農業、環境分野等での放射線利用技術の高度化

原子力基盤研究施設の共用

- ・我が国の研究開発基盤として重要な施設・設備については、共用施設として運用し外部機関等の利用に積極的に供すること
- ・利用者の意見が反映される利用システムの確立すること

日本における放射線利用の経済規模

農業利用

1千2百億円

害虫駆除、食品照射、
突然変異育種など

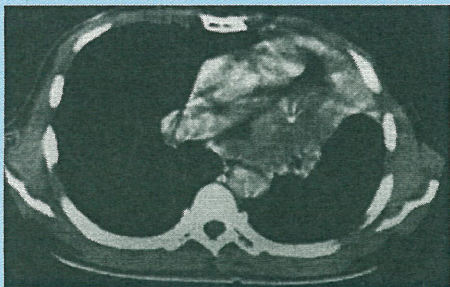


ジャガイモの発芽防止

医学医療利用

1兆2千億円

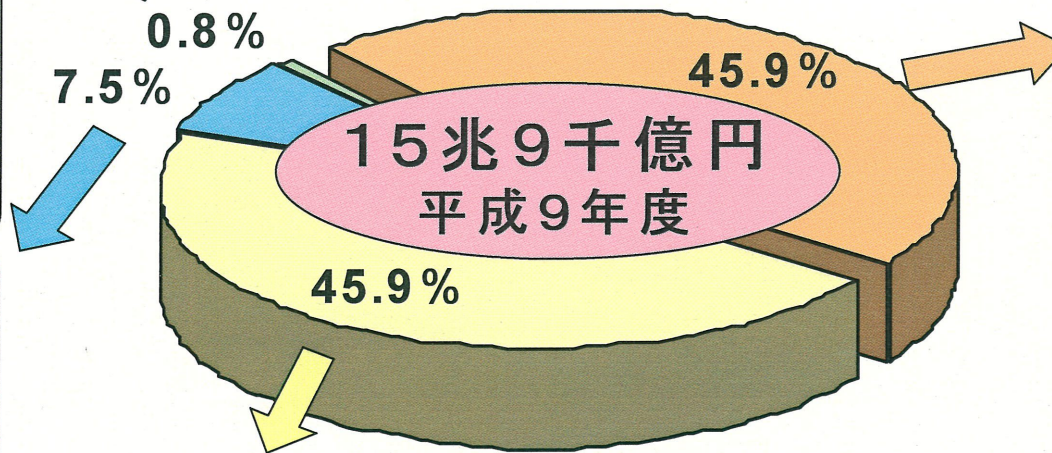
- X線撮影 5千億円
- 断層撮影 4千億円



CTスキャン断層撮影

放射線利用総額

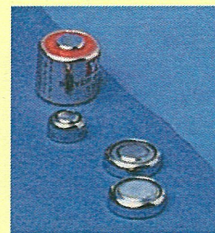
8兆6千億円



工業利用

7兆3千億円

- 半導体 5兆円
- 加工 1.1兆円
- 設備 5千億円
- 滅菌 3千億円



半導体

原子力エネルギー
利用総額

7兆3千億円

原子力発電

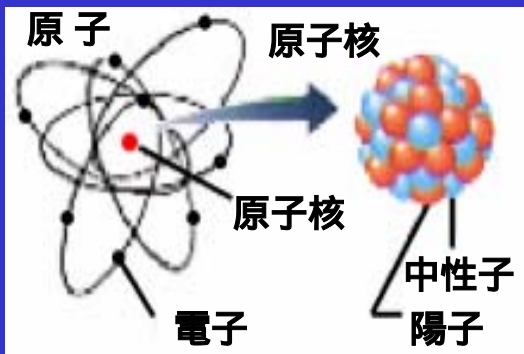


発電所



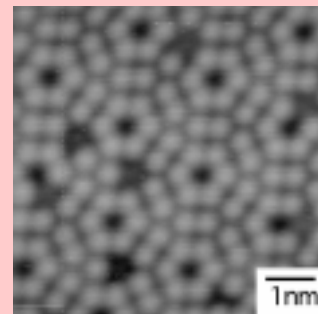
発電用タービン

21世紀科学の特徴はナノサイズ

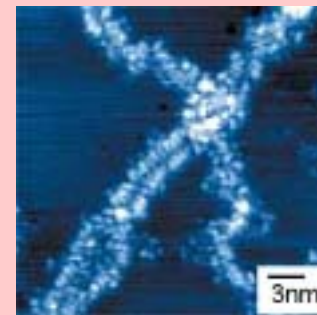


	波長
放射光	$\sim 0.01 \text{ nm}$
X線 (1keV)	$\sim 1 \text{ nm}$
熱中性子	$\sim 0.2 \text{ nm}$
電子線	$\sim 0.01 \text{ nm}$

観る



半導体最表面の原子



DNA二重螺旋構造

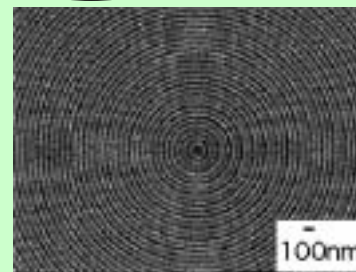
Center for Nanophase Materials Sciences



Joint Institute for Neutron Sciences

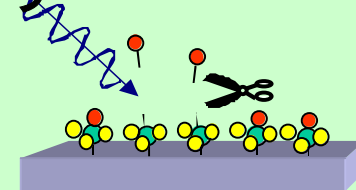
米国ORNLに建設中の核破砕中性子源SNS

創る



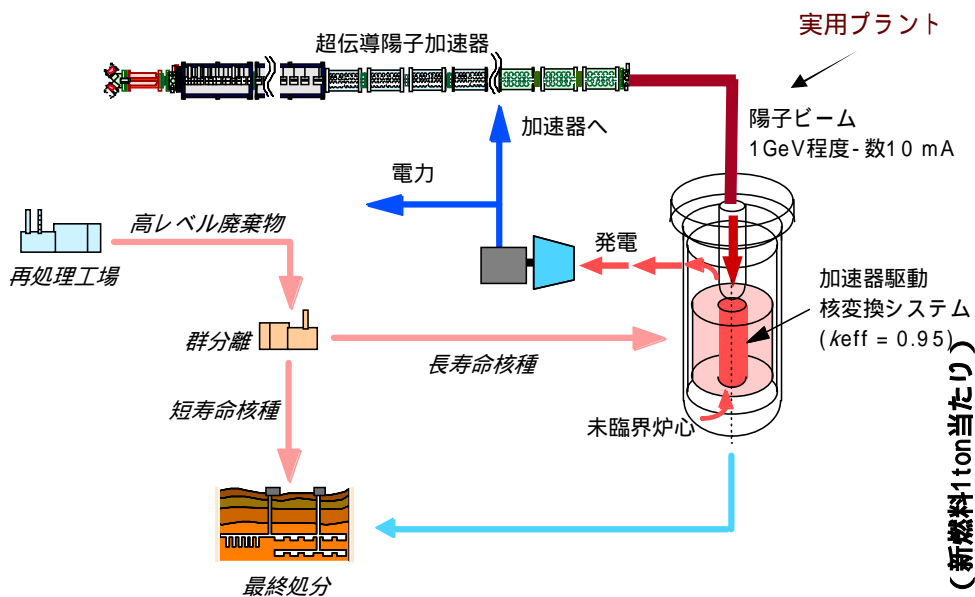
同心円描画による表面微細加工

放射光・レーザー



特定の原子結合の切断、加工

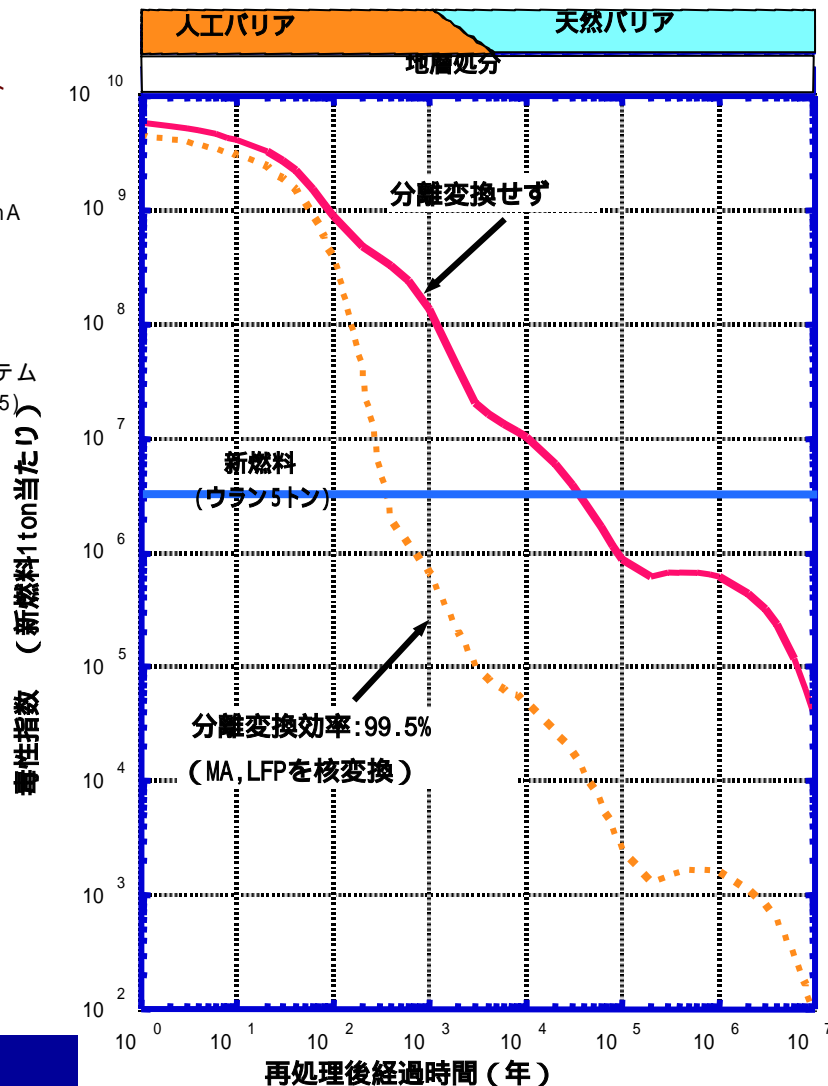
加速器駆動核変換システム (ADS)



- ・**毒性指数**: 含まれる核種の質量をそれぞれの年摂取限度で除した数値
- ・再処理後100年は核分裂生成物Sr-90, Cs-137が中心
- ・100年以降はマイナーアクチノイドNp-237 Am-241 Am-243が中心
- 半減期: Sr-90 = 28年
- Cs-137 = 30年
- Np-237 = 214万年
- Am-241 = 433年
- Am-243 = 7370年

MAを減らせば、長期にわたるリスクが低減できる。

J-PARCでの基礎研究を目指す！



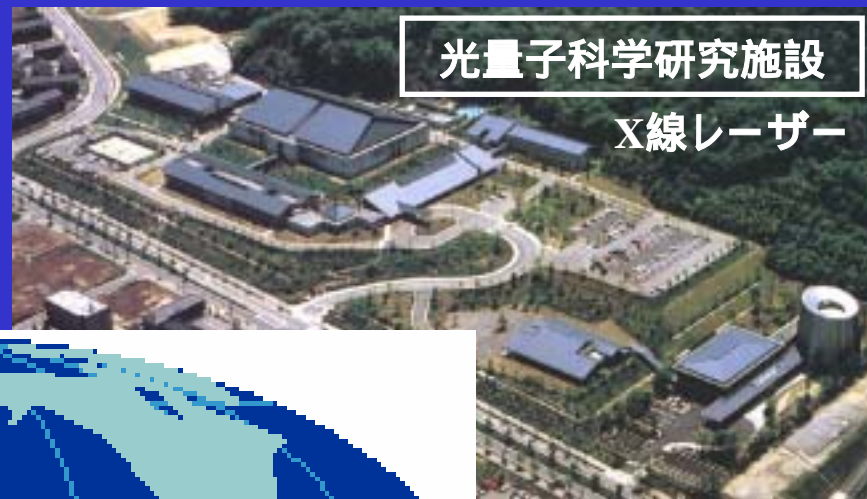
SPRING-8

放射光



光量子科学研究施設

X線レーザー



大学

豊かな社会を創造する
放射線研究のアーリーナ

産業界

TIARA

イオンビーム



パルス中性子, ミュオン

J-PARC

