

平成9年1月21日（火）  
第1回中性子科学研究計画検討委員会  
加速器専門部会  
資料 No. 1-3

# 中性子科学研究計画

日本原子力研究所  
東海研究所  
中性子科学検討推進特別チーム

向山武彦

## 中性子科学研究計画

- 世界最大出力規模の陽子加速器、  
核破砕中性子源、利用施設を建設
- 大強度中性子ビーム利用  
基礎科学
- 大強度陽子ビーム利用  
加速器消滅処理技術開発
- 基礎科学と原子力研究の両分野

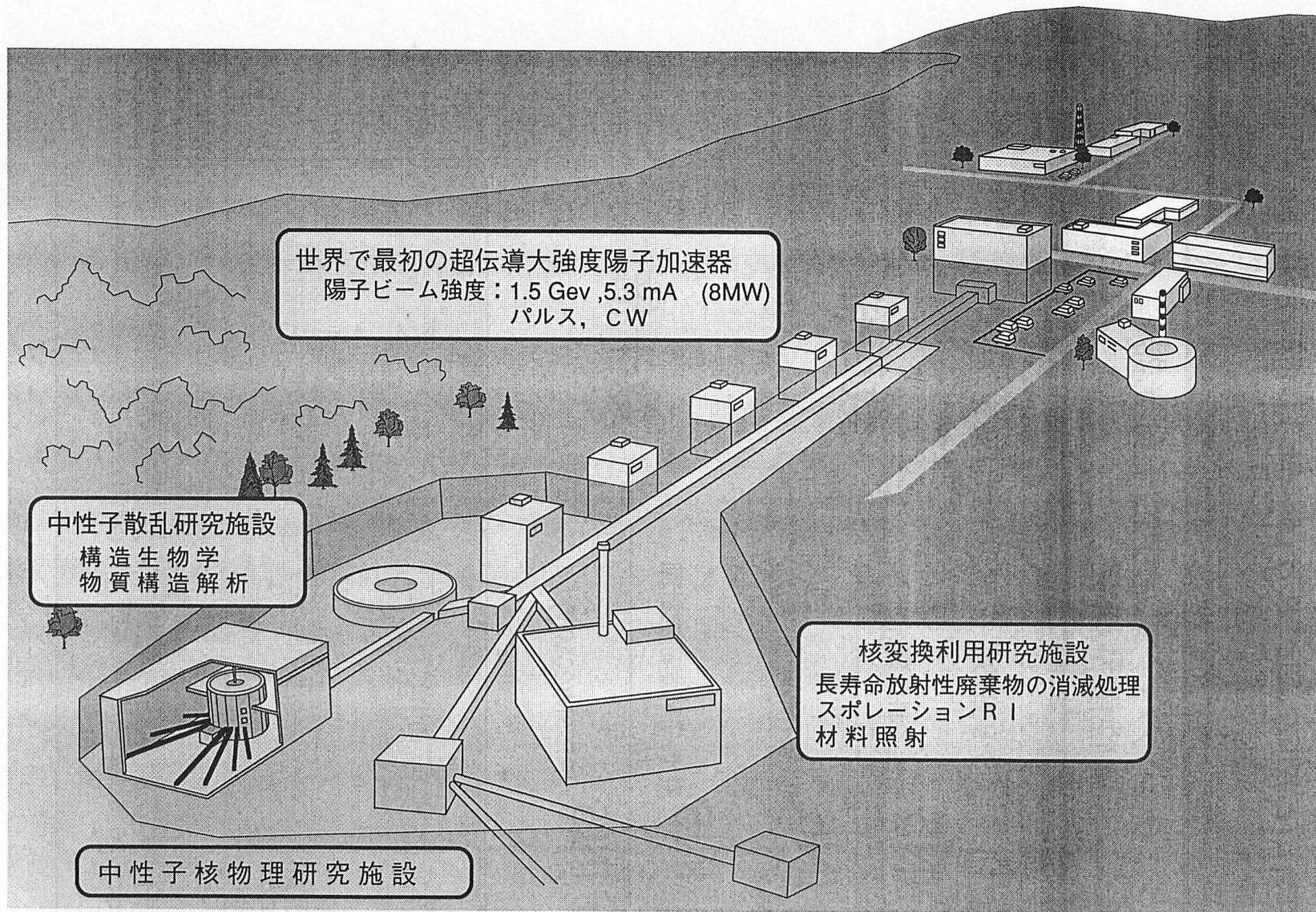


図 中性子科学研究施設構想

# 中性子散乱研究

## 汎用IN5型分光器の性能比較の例

**IN5** : チョッパー式冷中性子分光器  
非弾性散乱研究

5MW短パルス (SPSS) を実現すれば測定効率は、

$$\frac{\text{IN5}_{\text{中性子科学研究計画}}}{\text{IN5}_{\text{ILL(57MW)}}} = \text{数百倍}$$

または、

$$\frac{\text{IN5}_{\text{中性子科学研究計画}}}{\text{IN5}_{\text{JRR-3M(20MW)}}} = \text{数千倍}$$

この大幅な性能向上によって  
生命科学では構造と運動を詳細にとらえることで  
生理機能の解明に革命をもたらす

# 計画検討の考え方

## 1. 研究の内容

### 1) 3本柱

#### 中性子を用いた基礎科学

- 中性子によりものを見る、感ずる、刺激する
- 構造生物学、物質科学                      中性子散乱
- 中性子核物理、核破砕RI科学

#### 消滅処理技術開発

- 中性子による核変換
- 高レベル放射性廃棄物処理法の高度化

#### 産業用加速器技術開発

- 加速器の産業利用を目標に

高信頼性、保守性の良い加速器技術開発

但し、建設には現状技術を用いて10年内完成  
運転経験を通して産業用大強度加速器技術の開発

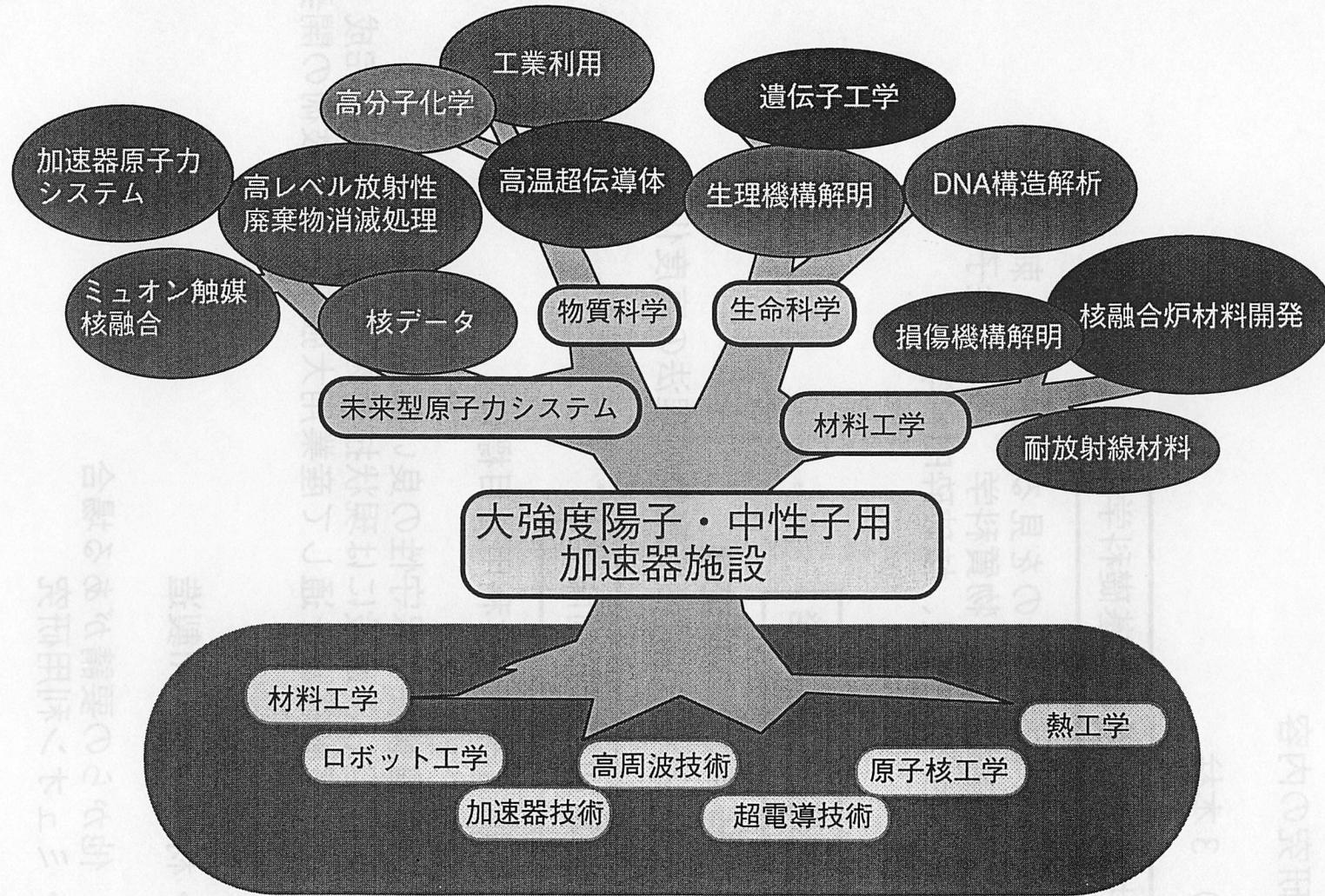
### 2) 原子力技術

- ・材料照射、RI製造

### 3) 他からの要請がある場合

- ・ミュオン利用研究

# 大強度陽子加速器を用いた中性子利用研究分野



加速器の信託画

内容の要約

## 2. 施設基本構想

### 1) 目標

- ・ ビーム出力世界最大級の加速器建設を目指す。
- ・ 約10年間で目標出力運転開始
- ・ これまでの1.5GeV、10mAにはこだわらない。

### 2) 核破砕中性子源建設計画 世界の現状

- ・ JHP計画 0.6MW、2004年
- ・ ESS計画 (European Spallation Source) 5MW、2004年
- ・ NSNS 計画(National Spallation Neutron Source、ORNL) 5MW、2006年

これらは基礎科学が目的

- ・ 中性子科学研究計画 (原研) 8MW、2007年

原研は基礎科学と消滅処理が目的

# 世界中中性子源プロジェクト



図 世界の大強度中性子源計画 (陽子加速器による核破砕中性子源)

### 3) 加速器の規模 ビーム出力

#### パルス運転

中性子散乱と消滅処理実験基礎実験、その他  
同時実験

#### CW運転

消滅処理実験、RI製造、材料照射等 交互利用

#### ビーム出力

|     |            |                |
|-----|------------|----------------|
| 初期  | パルス運転のみ    | 1.5GeV, 1mA    |
| 完成時 | パルスとCW交互運転 | 1.5GeV, 5.3 mA |

#### パルス・ビーム

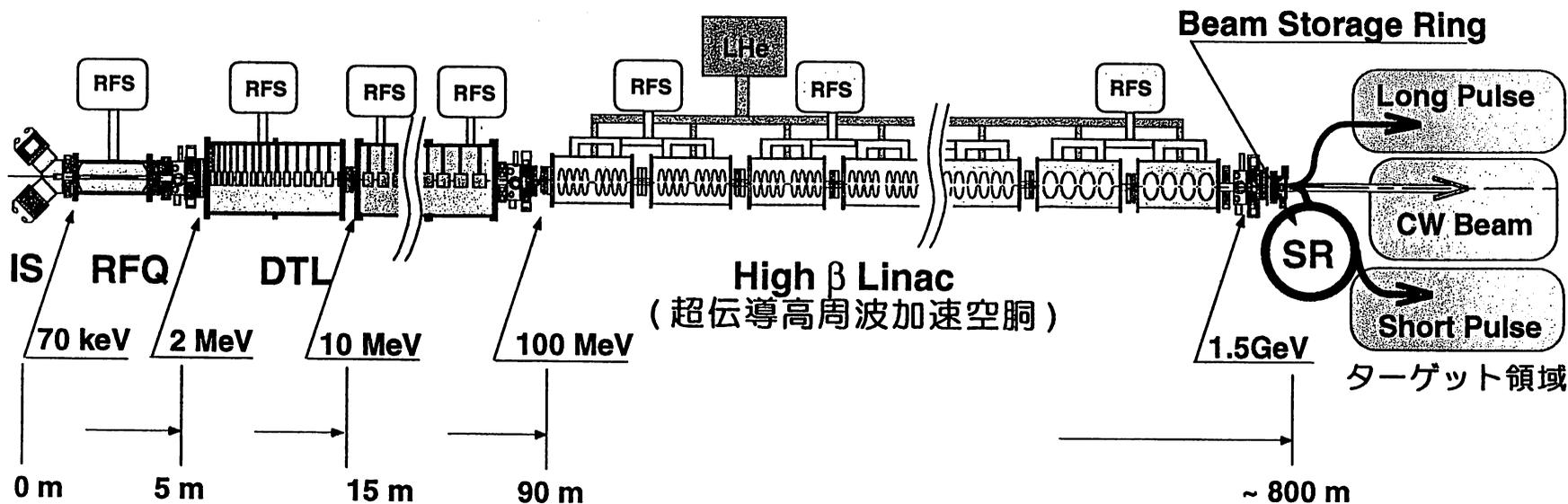
|               |            |
|---------------|------------|
| 中性子散乱         | 5MW        |
| 消滅処理ターゲット基礎実験 | 2MW        |
| その他           | 1MW        |
| 合計            | <u>8MW</u> |

#### CW・ビーム

|             |            |
|-------------|------------|
| 消滅処理ターゲット実験 | 7MW        |
| その他         | 1MW        |
| 合計          | <u>8MW</u> |

(消滅処理システム実験 2.3MW→4.5MW)

# Proton Accelerator for Neutron Science



IS : 高輝度  $H^-$ ,  $H^+$  イオン源  
 RFQ : 高周波四重極型リニアック  
 DTL : ドリフトチューブ型リニアック  
 RF : 高周波源  
 LHe : ヘリウム冷凍設備

ビーム強度: 1.5 GeV, 5.33 mA  
 8 MW

中性子科学研究用加速器 概念図

# 核破碎中性子源ターゲット

## A. 中性子源用ターゲット

- ・ 中性子散乱用
- ・ 減速材との組み合わせ
- ・ 熱中性子、冷中性子発生

固体      タンタル、タングステン

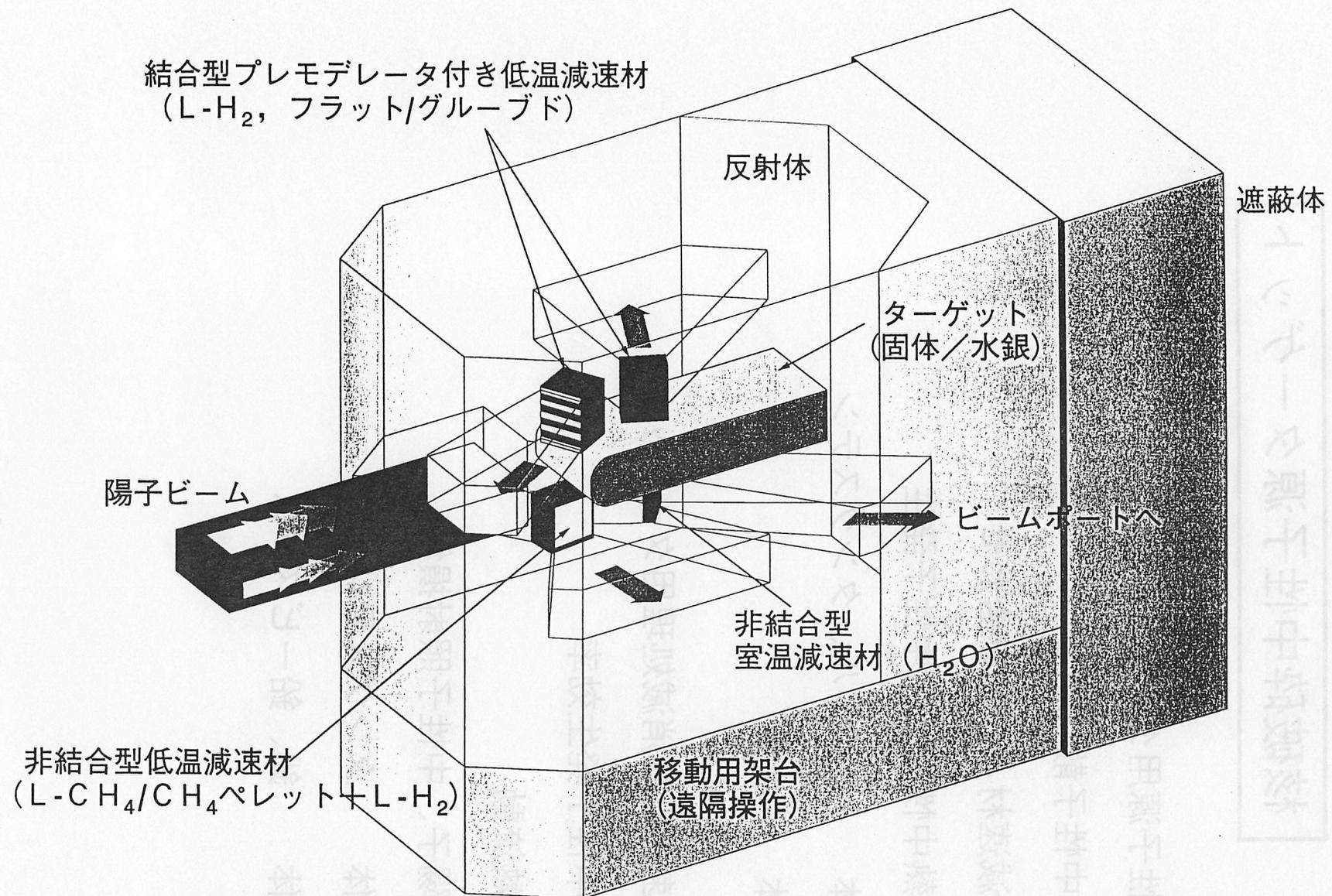
流体      水銀

## B. 加速器駆動消滅処理用ターゲット

- ・ 中性子発生効率
- ・ 熱流動
- ・ 陽子、中性子照射損傷

固体      タングステン

流体      鉛、鉛-ビスマス



ターゲットシステムの概要 (ターゲット、減速材、反射体等の配置)

### 3. 消滅処理実験

#### 1) 消滅処理研究の現状

- ・原子力長計:

高レベル廃棄物最終処分の基本方針は地層処分  
群分離・消滅処理は長期的研究開発課題

- ・消滅処理システム概念多数

#### 2) 研究開発環境

- ・大規模実験を行うことは困難
- ・チェック&レビューを経て次段階へ

C & R

#### 3) 実験目標

##### (1) 加速器駆動消滅処理概念の実証 必ず実施

- ・ビーム電流 1  $\mu$ A程度
- ・加速器ハイブリッド・システムの運転制御性能
- ・MA箔又はペレット燃焼

##### (2) システム技術的実証 30MW C&R後 実施

- ・MA・ピン又はS/A燃焼
- ・運転制御性、ターゲット、ビーム・ウィンドウ等の技術的成立性実証

##### (3) システム工学実証 60MW C&R後 実施

- ・MA窒化物燃料S/A照射挙動
- ・システム健全性、消滅処理実証

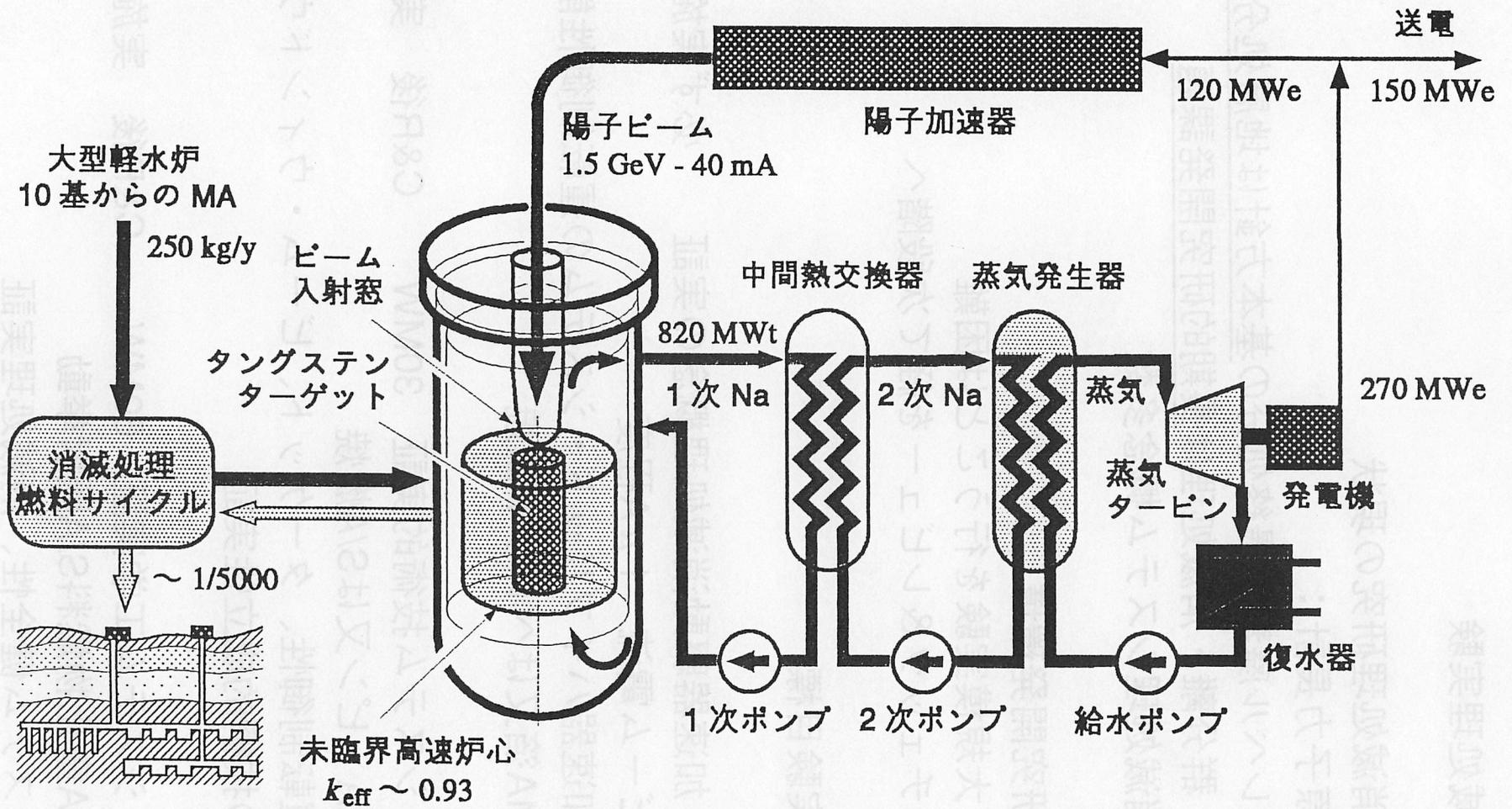
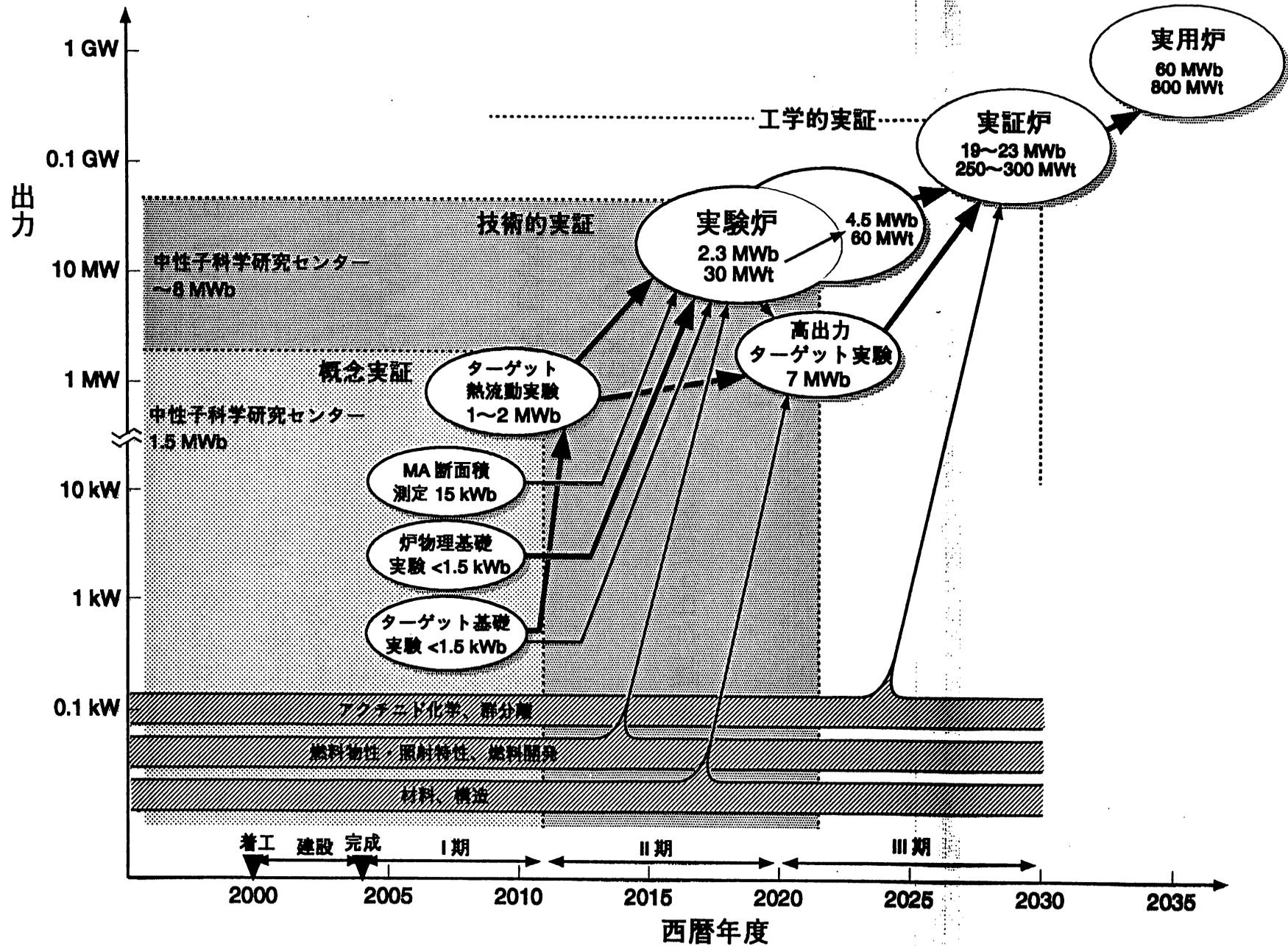


図1 加速器駆動消滅処理システムの概念

# 加速器消滅処理システム開発のシナリオ



# 大強度陽子加速器の開発課題と協力体制

| 主な課題      | 所内実績               | 所外協力<br>(予定を含む) |
|-----------|--------------------|-----------------|
| 大電流化      |                    |                 |
| 負イオン源     | 核融合NBI             | フランクフルト大        |
| RFQ, DTL  |                    | LANL, サクレ       |
| RF電源      | 核融合RF加熱            |                 |
| ビーム・スピル   |                    | KEK, LANL       |
| 正負イオン同時加速 |                    | KEK, LANL       |
| 超伝導加速     |                    |                 |
| 加速空洞      | タンデムブースター<br>FEL   | KEK, LANL       |
| ヘリウム冷凍機   | 核融合NBI<br>超伝導マグネット |                 |
| ビーム蓄積リング  | SPring-8           | KEK, LAN, RAL   |

# 高出力ターゲットの開発課題と協力体制

| 主な課題              | 所内実績                     | 所外協力<br>(予定を含む) |
|-------------------|--------------------------|-----------------|
| 中性子核設計            | NMTC/JAERI<br>コードの開発     | BNL/AGS実験       |
| 熱流動/構造設計          | HTTR, ITER開発<br>高性能研究炉開発 |                 |
| 材料寿命評価            | 原子炉・核融合炉<br>材料開発         | PSI照射           |
| 水銀ターゲット<br>熱衝撃波挙動 |                          | BNL/AGS実験       |
| 減速材低温流体<br>熱流動・構造 |                          |                 |

## 技術開発の現状

- 加速器

低エネルギー部分大電流化の見通しを得た。

正イオン源            100mAピーク電流引出し

2MeVRFQ            80mAピーク電流目標達成

200MHz高周波源    1MW出力確認

- 中性子散乱ターゲット

熱流動特性、熱衝撃圧力波    予備的解析

減速材配置            中性子特性の最適化検討

- 施設概念検討

中性子散乱、材料照射、核破碎 R I 実験

- 消滅処理実験シナリオ検討

炉物理実験、ターゲット実験、材料、ビーム窓

# 開発スケジュールと資金計画

## スケジュール

|               |         |
|---------------|---------|
| 中性子科学研究センター発足 | 平成9年度   |
| 加速器要素技術開発     | 平成13年完了 |
| 加速器製作・建設開始    | 平成12年   |
| 1mA到達         | 平成16年   |
| 増力、施設増設       | 平成19年完成 |

## 資金計画

当初 (1mAまで) 約1,000億円

加速器増力、実験施設増設 数100億円

## 考慮すべき事項

### JHP—3GeV計画との関係

#### —研究内容

中性子散乱が両計画共通

—中性子源規模 JHP 0.6MW、原研 8MW

#### —時期

|     |      |       |
|-----|------|-------|
| JHP | 建設着工 | 平成10年 |
|     | 完成   | 平成14年 |

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 原研 | 建設着工  | 平成12年 |
|    | 完成    | 平成19年 |
|    | 1mA達成 | 平成16年 |

以後経験蓄積、技術開発

JHPの経験、JHPを用いた試験が原研計画に必要

JHP計画と原研計画は相補的