

# ATW開発指針報告書の概要

平成 1 2 年 1 月 2 8 日

日本原子力研究所

# ATWとは

ATW: Accelerator Transmutation of Waste

## ■ 長寿命核種の分離変換技術

- コ 発電用軽水炉の使用済み燃料からウランを分離し、長寿命核種であるプルトニウム (Pu)、マイナーアクチノイド (MA) 等を回収する。
- コ Pu、MAの燃料を製造する。
- コ この燃料を大強度陽子加速器により駆動される未臨界炉心 (ATW) で燃焼 (核変換) させる。
- コ これにより、Pu、MAが1000分の1程度に減量される。

## ■ 現在、米国では軽水炉使用済み燃料は高レベル廃棄物としてユッカマウンテン処分場に処分する方針。

## ■ 米国にとってATW は原子力における新たな挑戦。

## ■ そこで、技術選択に関する情報源として開発指針 (ロードマップ) 作成を行った。

# 何故使用済み燃料をATWにより処理をするのか？

- ユッカマウンテン処分場の処分能力の向上
  - ユッカマウンテン処分場の能力：70,000 トン
    - 内訳 軽水炉使用済み燃料 63,000トン、及び DOE廃棄物 7,000トン  
(使用済み燃料及び国防高レベル放射性廃棄物 (HLW))
  - 一方、 2030年までの発電炉使用済み燃料 87,000トン
  - 従って、全量を処分することは出来ない。
  - そこで、ATWにより軽水炉使用済み燃料 を分離変換する。
- 600トンのプルトニウムを消費してしまうことにより、将来の潜在的悪用の可能性が無くなる。
- 残存ウランやアクチノイドのエネルギー利用。
- 長寿命核種存在量低減により処分場の性能向上。

# ATWの構成技術

- 核変換の対象：軽水炉使用済み燃料中のPu、  
マイナーアクチノイド (MA) 、Tc-99、I-129
- 軽水炉使用済み燃料の分離  
ウランを湿式分離により抽出 (UREX法)  
(注：Puを回収すると再処理となるので)
- 長寿命核種の核変換  
Pu、MAを含む金属燃料、加速器駆動未臨界炉による
- ATW燃料の分離  
ATW使用済み燃料処理には乾式法  
金属燃料、乾式処理はANLが一体型FBR(IFR)の燃料技術として開発

# ロードマップ検討作業手順

- 運営委員会設置：メンバーはDOE、国立研究所、科学アカデミーより
- 国際専門家パネル開催：国際的なR&Dの現状、今後のR&D及び国際協力についての検討（1999年2月）
- 国内専門家によるロードマップ案作成（1999年2月～7月）
- 国際的専門家にパネル開催：ロードマップ案のレビュー（1999年7月）
- 運営委員会による最終報告書作成
- DOEより報告書を連邦議会へ提出

## ■ 作業参加機関

LANL, ANL, BNL, ORNL, SLAC, Fermi Lab., PNL, INEEL, LLNL, TRW,  
WSRL, DES その他

事務局 PNL

# ATW国際専門家パネル・メンバー

## ■ 国際専門家

V.Chitaykin (IPPE副所長、ロシア)、G. Gherardi (ENEA部門長、伊)  
W.Gudowski (王立工科大、スウェーデン)、S.Monti (ENEA、伊)  
向山(原研)、G. Petrov (ペテルブルグ工科大、ロシア)  
C.Rubbia (ENEA理事長、伊)、M.Salvatores (CEA原子炉局研究部長、仏)  
C.Bowman (元ATWグループリーダー)、G.Choppin (フロリダ州立大)  
M.Kazimi (MIT)、G.Lawrence (LANL)、G.Van Tuyle (LANL) 計13名

## ■ 運営委員会委員

DOE関連部局 (民間放射性廃棄物管理局、原子力局、科学局、国防プログラム)  
及びANL、BNL、LANL、及び科学アカデミー代表 10名

## ■ その他、国立研究所、大学の専門家

# 国際専門家パネル

第一回（1999年2月17、18日、ワシントンDC）

- モニッツ次官挨拶：ATWは有益な挑戦であり、地層処分にとっても役立つ。
- 概要 ATW技術開発シナリオ説明  
ロシア、フランス、原研、イタリアにおける技術開発の現状

第二回（1999年7月15、16日、ワシントンDC）

- モニッツ次官：燃料サイクルに関する二つの重要課題；NPT、処分実施の強化
- バートン・リヒター教授（スタンフォード加速器センター所長、1974年ノーベル物理学賞）挨拶：廃棄物の問題は地球的な課題。ATWは放射性廃棄物問題解決の有力なオプション。
- 議事概要 報告書案報告  
国際専門家、米国大学からからのコメント

# ロードマップ検討の方針

## ■ 技術設計目標

- ウラン回収率 99.9%
- 核変換率 Pu、MA : 99.9% Tc-99、I-129 : 95%

## ■ 検討目標

- 使用済み燃料処分に対するATWの効果の評価
- 技術課題の抽出、課題解決の計画、スケジュールの立案、必要資金予測
- ATW実施のための資本費、運転管理費の予測

## ■ 主要技術課題

- 材料問題：厳しい環境下（高放射線、高温、化学的）における寿命
- ATWシステム運転の信頼性、稼働率
- 安全性
- 分離効率：Pu、MA、長寿命核分裂核種
- 新たな長寿命核種生成量の予測

## 技術、規模の選択の前提

- 高速中性子体系が前提。
- 技術の選択：可能な限り既存の技術を用いることとし、最適化を行ったものではない。
- 原子炉と加速器駆動システムとの比較は行っていない。
- ATW導入の規模は、現行軽水炉の認可期限延長が無く、また、新規発注もないとの仮定の下で、全使用済み燃料（約87,000トン）を約100年間で処理することを目標。

## 構成技術の選択

| 技術項目     | 優先技術  | 選択理由     | バックアップ/代替技術 |
|----------|-------|----------|-------------|
| 加速器      | リニアック | APT計画    | なし          |
| 燃料       | 金属    | IFR計画    | 金属/窒化物      |
| 冷却材      | LBE   | 原子力潜水艦   | ナトリウム/ヘリウム  |
| 核破砕ターゲット | LBE   | 80炉・年(露) | タンゲステン      |
| LWR燃料処理  | 湿式法   | 30年以上の経験 | 湿式法/乾式法     |
| ATW燃料処理  | 乾式法   | IFR計画    |             |

APT 加速器によるトリチウム生産（現在軽水炉による生産に決定）

LBE 液体鉛・ビスマス

IFR ANLにおける一体型高速炉(金属燃料、乾式再処理)

# ATW開発・実証・導入全体シナリオ

## ■ 研究開発、実証、導入、運転、デコミを含む全体計画

- 87,000トンの軽水炉使用済み燃料のATW処理
- 合計約118年間にわたるシナリオ

## ■ 研究開発、実証、導入

- 研究開発及び技術改良 約8年間
  - 実証施設（ATW、燃料取り扱い）の設計、建設、運転 約20年間
  - 実プラントの設計、建設、運転、デコミ 約90年間
- 軽水炉使用済み燃料処理施設、輸送、回収ウラン及びFP処理関連含む

# 施設展開の規模

- 8基のATW基地を順次投入
- 各ATW基地の構成
  - 加速器 2基 各45mA, 1GeV (45MW)
  - 使用済み燃料関連施設 1施設
  - 未臨界炉システム 8基 各出力 840MWt
  - 発電施設 全発電量 2486MWe
    - 所内電力 286MWe、売電 2200MWe
  - ATW燃料施設
  - ATW 廃棄物輸送、処分機能

## コスト予測（単位 B\$）

|            |               |
|------------|---------------|
| ■ R&D      | 2.0           |
| ■ 実証       | 9.0           |
| ■ 実施       |               |
| □ 資本費      | 54.0          |
| □ 運転       | 210.0         |
| □ 解体、廃棄物処分 | 5.0           |
| 全コスト       | \$280B（約29兆円） |

研究開発、実証、実施に必要な資金は核変換の際の発電でほぼ賄える。

- ✓ 売電43ミル/kWh、ディスカウント0%の場合 売電が全コストをカバー
- ✓ 売電43ミル/kWh、ディスカウント3%の場合 売電が全コストの70%をカバー

## ロードマップ検討の結論

- ATWの有無に関わらず最終処分場は必要。
- ユッカマウンテン処分場における線量は1000分の1に低減  
但し、処分場には他にDOE関係の廃棄物（国防高レベル廃棄物やDOE所有使用済み燃料）があり、これらはATW処理しないため、線量の低減は10分の1程度に。
- 軽水炉使用済み燃料から分離された82,000トンのウランは浅地層処分するか又は将来利用の可能性を考えて、遮蔽なし貯蔵も可能。
- 国際的効果：核不拡散、安全性、廃棄物管理分野における国際努力への米国の参加とそれに対する影響力。
- ATW分野の国際R & D活動への参加は、米国の計画のコストとスケジュールにプラス。米国にない施設を使用することも可能

## 運営委員会による提案 (注：DOEの提案ではない)

- 6年間の研究開発（Science-Based R&D）が必要
- 6年間の研究開発の初期における研究：
  - コ 核不拡散、廃棄物管理、経済性の観点での評価
  - コ ATWシステム・オプションの評価
- 6年間の研究開発では各構成要素の主要技術課題に取り組む。
  - 材料・機器の寿命予測、機器の信頼性・稼働率、安全性、
  - 達成可能な分離度、新たな長寿命核種の生成
- 国際協力の下での研究開発の推進
  - 欧州、日本における計画を考慮して、強固な国際協力によりR & Dに取り組むべき。技術の方向が決まれば、ATW実証国際協力の機会も検討すべき。

## ATWロードマップを巡る情勢

- DOEの立場：研究計画を推進すべしと言っているわけではない。「上院の求めに応じて、ATWに関する検討を実施し、報告書を作成。国としてこの技術を追求する場合には、研究計画はこの報告書に提案されている。」
- DOEの基本的な立場はあるものの、原子力局、廃棄物管理局、LANL及びANLの担当責任者はR&D着手は当然、との見通しを持っている。但し、運営委員会の科学アカデミー・メンバーの中には否定的な意見もあるとのこと。
- 研究開発を推進する場合には、国際協力を大いに活用するつもり。相手はロシア（鉛・ビスマス技術）、原研、EU（特にフランス、ルビア・グループ）を念頭に。