

第11回

再処理・リサイクル部会セミナー

2015年12月11日(金)

東京工業大学 蔵前会館

主催:(社)日本原子力学会 再処理・リサイクル部会

【プログラム】

09:50～10:00	開会挨拶 藤田 玲子 部会長
基調講演	
10:00～11:00	「核燃料サイクル関係の研究基盤と人材育成について」 森山 裕丈 氏 京都大学 名誉教授
特別講演	
11:00～12:00	「社会・エネルギー事情と原子力問題」 内山 洋司 氏 筑波大学 名誉教授 (一社) 日本エレクトロヒートセンター会長
12:00～13:00	昼食
テーマⅠ：再処理関連技術の動向	
13:00～13:40	「新型ガラス溶融炉のモックアップ試験計画と成果について」 兼平 憲男 氏 日本原燃（株）再処理事業部 エンジニアリングセンター 技術開発研究所 課長
13:40～14:40	ポスターセッション & coffee break
パネルディスカッション	
14:40～16:10	「これからの再処理の定義とミッション」 コーディネータ 鈴木 達也 氏 長岡技術科学大学 原子力安全系教授 パネラー 吉田 善行 氏 (株)ATOX 寿楽 浩太 氏 東京電機大学 山村 朝雄 氏 東北大学 小泉 務 氏 (独) 日本原子力研究開発機構 中村 裕行 氏 日本原燃（株）再処理事業部 副事業部長
16:10～16:20	ポスター賞表彰
16:20～16:30	閉会挨拶 森田 泰治 副部会長

懇親会（ロイヤルブルーホール(蔵前工業会館内)） 16:40～

基調講演

核燃料サイクル関係の研究基盤と
人材育成について

京都大学名誉教授

森山 裕丈 氏

核燃料サイクル関係の研究基盤と人材育成について 森山 裕文 第11回 原子力学会 再処理・リサイクル部会セミナー 平成27年12月 1	内 容 - はじめに - 核燃料サイクル関係の課題と取り組み - 研究基盤 - 人材育成 - 感じたことなど 2
再処理・リサイクル部会セミナー - 第1回 (2001.11): パネル 討論「燃料サイクルの新しい時代に向けての輪と和の拡充」 - 第2回 (2002.10): 再処理とMOXリサイクル事業の最新情勢 - 第3回 (2003.10): パネル 討論「廃棄物から見た再処理・リサイクル」ーボトルネックの廃棄物問題を皆で考えるー - 第4回 (2006. 5): これからの燃料サイクルシナリオと対応システム - 第5回 (2007. 6): 再処理本格操業と次世代サイクルシステムの確立に向けて - 第6回 (2009. 1): 日本の燃料サイクルを取り巻く課題と対策の方向性 - 第7回 (2011. 1): ガラス固化技術の現状と今後 - 第8回 (2012. 8): 福島事故を受けた今後の規制概要及び六ヶ所再処理工場竣工への現状と課題 - 第9回 (2013. 6): 再処理工場の事故対策 - 第10回 (2015. 1): これからの再処理技術 - 第11回 (2015.12): 社会のニーズに対応した核燃料サイクル技術の研究基盤と人材育成 3	核燃料サイクル関係の課題と取り組み - エネルギー基本計画 - 核燃料サイクル選択肢 - 社会的要請 - 関連技術・人材ロードマップ 4

基本計画での表現

テーマ	
原子力	エネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源。規制基準に適合すると認められた場合には、原子力規制委員会の判断を尊重し、再稼働を進める
再生可能エネルギー	原発依存度については、省エネルギー・再生可能エネルギーの導入や火力発電所の効率化などにより、可能な限り低減させる。 我が国の今後のエネルギー制約を踏まえ、安定供給、コスト低減、温暖化対策、安全確保のために必要な技術・人材の維持の観点から、確保していく規模を見極める これまでのエネルギー基本計画を踏まえて示した水準を更に上回る水準の導入を目指す。 2013年から3年程度、導入を最大限加速していく、その後も積極的に推進していく 各エネルギー源の位置付けを踏まえ、原子力発電所の再稼働、固定価格買取制度に基づく再生可能エネルギーの導入や国連気候変動枠組条約締約国会議(COP)などの地球温暖化問題に関する国際的な議論の状況等を見極めて、速やかに示す 関係自治体などの理解を得つつ、引き続き取り組み 原発の稼働量などを勘案し、中長期的な対応に柔軟性を持たせる 廃棄物減容(減量)などの国際拠点と位置付け、徹底的な改革を行い、国の責任のもと十分な対応を進める
核燃料サイクル	
もんじゅ	

山名、第10回再処理・リサイクル部会セミナー資料より

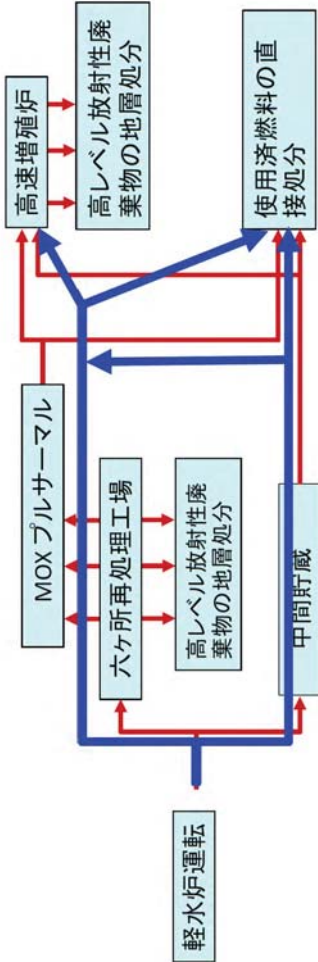
中長期的な核燃料サイクル政策：環境変化等を踏まえた官民の役割分担：政策措置

- 再処理等の核燃料サイクル事業は現在、日本原燃株式会社を実施主体として、原子力事業者からの出資金、前払金、債務保証による借入金によって行われているが、今後、自由化された市場における事業環境(競争環境)において、どのような体制で核燃料サイクル事業を進めていくかは重要な政策課題の一つ。
- 今後、電力システム改革3種の法案提出を目指していることも含め、電力市場における競争が激化することが想定される。こうした競争が激化する中で、原子力事業者が共同利用施設を利用して実施する核燃料サイクル事業について、共同利用施設の費用負担の在り方、運営の在り方などに関するルール作りが必要。
- このため、電カシステム改革に伴う制度見直しの進展に対応して、民間事業者において責任を負って事業を行っていくことを基本的な前提としつつ、第5回原子力小委員会などで以下のような御指摘も踏まえ、検討を進めていく。
 - ・原子力小委員会など、事業主体がつかないようになり、責任が不明確になることが重要。
 - ・国の関与を強めるべき。
 - ・国がリスクをとるべきだが、国営はよくない。民間の経営ノウハウが活かせるあり方を目指すべき。
- 加えて、原子力事業者が共同で事業を支えるような体制を構築する必要がある。中長期的な観点から、競争環境の下で核燃料サイクル事業を安定的に進めるためには、どのような体制が望ましいか、官民の役割分担はどうかあるべきか、政策的措置としてどのような対応が必要か、どのような時間軸で進めるかといった点について、専門的な視点を踏まえた現実的な検討が必要。



総合資源エネルギー調査会 原子力小委員会資料より

併存シナリオ



山名、第10回再処理・リサイクル部会セミナー資料より

＜日本原子力学会が各種社会調査を改めて分析し直すことにより抽出された社会的要請＞

社会的要請	体系分類
・ リスクの存在を前提とした誠実な対話・情報公開 ・ 事故発生リスクを可能な限り低減するため、物事の全体を捉え、多様な視点から議論を重ねて、想定外事項を無くしていく継続的な課題検討 ・ 最新知見を活用できる柔軟な制度・組織の維持と技術伝承	リスクマネジメント力の向上
・ 東京電力福島第一原子力発電所事故対応・廃炉から得られる経験・教訓の共有 ・ 豊富な運転経験に基づくベテランスタッフの共有・活用 ・ 継続的な基礎基礎研究や最先端研究による最新知見獲得の長期展望 ・ 革新的技術導入によりシビアアクシデント発生リスクを極小化した発電炉の実現	安全基盤の継続的強化
・ 東京電力福島第一原子力発電所事故対応の完遂と決して事故を再発させない原子力関係者の強い信念 ・ 信頼に耐え得る原子力関係者の真摯な姿勢・取り組み ・ リスクの存在を前提とした誠実な対話・情報公開 ・ 安全確保を大前提とした運転、ならびに原子力防災の確立と継続的な改善 ・ エネルギーの安定的な供給への貢献 ・ 温室効果ガス排出量抑制への貢献	社会からの信頼と共生
・ 東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえての国際標準・規格策定への経験・知見の提供や当該水準を満たした安全対策の国際的な普及への貢献 ・ 核不拡散・核セキュリティへの貢献 ・ 温室効果ガス排出量抑制への貢献	国際協力・国際貢献の推進
・ 放射性廃棄物の減容化・有害度低減による将来世代のリスク低減	放射性廃棄物処理処分への技術的・社会的取組

総合資源エネルギー調査会 自主的安全性向上・技術・人材WG資料より

技術範囲の相関図①^{※1}



※1 本相関図は各ロードマップ等が対象とする技術範囲の重複関係を示すものである。
※2 原子力分野以外を含むエネルギー-技術開発全貌に関するロードマップ
※3 東京電力(株)福島第一原子力発電所1~4号機の廃炉措置等に向けた中長期ロードマップは、中長期的な視点での人材確保・育成も視野に入れた現準ニーズを踏まえた基礎基盤的な研究開発や、廃止措置に係る人材育成だけでなく、福島第一原子力発電所の事故の経験を踏まえたシニアアクティブな研究の人材育成を図る重要性にも着目されていることから、当該範囲を軽水炉安全技術・人材ロードマップと重複する範囲として品線で記載。

研究基盤

- ・ 原子力機構の研究施設
- ・ 大学等の教育・研究施設

発電以外の原子力利用の将来のあり方について

(3) 将来の原子力利用の諸相を俯瞰した人材育成

今後ますます広範な分野へと展開することが予想され放射線・RI・量子ビーム利用を開拓・推進する人材を多様な分野から育成していく必要がある。そのために、我が国における原子力利用の諸相(発電、及び、放射線・RI・量子ビーム利用)の将来展望に基づく計画的な人材育成が求められる。原子力関連分野の科学者は次世代を担う若者に多様な分野における原子力利用の役割と魅力を伝え、国はそれらの道を志す若者たちに将来の活躍の場に関する展望を示すべきである。原子炉に直接関わる人材・人員の将来的な総需要は原子力発電に関わる社会的選択に依存するが、仮に原子力発電からのフェーズアウト(段階的廃止)を選択する場合においても廃炉及び核廃棄物・放射性廃棄物処理を含む重要な課題に数十年スケールで取り組む人材が必要である。原子力のバックエンド問題を社会から見える形で位置付け、やり甲斐のある重要な仕事としてそれらに積極的に取り組む人材を計画的に育成していくことが求められる。また、我が国が原子力関連分野の人材育成に関行ってきた国際貢献も強化すべきである。

1. 変革と安全確保・安全文化醸成に向けた取組
1-8. 更なる変革への取組 (8/9)【参考】施設集約化・重点化の現状 (H26年度末)

【敦賀、原科研、核子研、大洗、人形峠、青森、東濃地区区分】

利用する施設	施設	原科研	核子研	利用する施設	施設	その他	数値	廃止措置中・廃止措置後検討中	施設	その他	数値	原科研	核子研	その他	数値	廃止措置中・廃止措置後検討中	施設	その他	数値	廃止措置中・廃止措置後検討中	施設	その他	数値
施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設	施設
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所
原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所	原子力研究所</										



1. 研究施設の重点化・集約化の検討

○放射性廃棄物の処理関連を含めた全施設の検討

今後の施設の重要度、利用率、必要な経費等の観点から、機構の全施設の運転/停止/廃止の見直し検討を行い、放射性廃棄物処理関連施設を含めた機構内施設の重点化計画を策定して重点化・集約化を検討。

○放射性物質分析施設稼働以降の在り方

機構が所有する施設は、老朽化が進んでいること、東電福島原発事故対応に向けた研究内容の変更からその重要度が変化していること、福島に放射性物質分析施設が今後新設されること等から、その利用率等は変化すると推察。

○計画策定

重点化計画を平成26年内に策定。

○検討対象施設

廃止措置に位置付けられない主要なホット施設等（18施設、年間の施設維持費が概ね2,000万円以上）、危険物施設であるNa取扱い研究開発施設（8施設）。

原子力機構改革報告書より

13



2. 今後重点化して使用するホット施設等（案）

機構の主要事業	主な施設
福島第一原発事故への対応に係る研究開発（福島に放射性物質分析施設が整備された以降の活用については要検討）	燃料試験施設（第35年）、バックエンド研究施設（BECKY）（第24年）、研究4棟（第33年）、高レベル放射性物質研究施設（CPF）（第35年）、応用試験棟（EDF-1）（第34年）、プルトニウム燃料第一開発室（Pu-1）（第50年）、照射燃料集合体試験施設（FMF）（第39年）、照射燃料試験施設（AGF）（第45年）
原子力安全規制行政の技術的支援等のための安全研究	燃料試験施設、BECKY、JMTR-HL（第46年）
原子力の基礎基礎研究の推進・人材育成	燃料試験施設、BECKY、研究4棟、JMTR-HL
核燃料サイクルの研究開発	CPF、EDF-1、Pu-1、プルトニウム燃料第三開発室（Pu-3）（第31年）、FMF、AGF、BECKY
放射性廃棄物処理・処分技術の研究開発	BECKY*、地層処分放射化学研究施設（QUALITY）（第16年）、FMF*、AGF*、CPF*、EDF-1*、Pu-1* +）廃棄物減容・有価低減に係る研究開発施設

原子力機構改革報告書より

14



3. 他の事業に転用を検討するホット施設（案）

拠点名	施設名	判断理由等
原子力科学研究所	廃棄物安全試験施設（WASTEF）（第34年）	当初の研究利用は終了していることから、ADS研究開発等の照射後試験施設への転用を検討する。

原子力機構改革報告書より

15



4. 廃止措置への移行を検討するホット施設等（案）

拠点名	施設名	判断理由等
原子力科学研究所	バックエンド技術開発棟（第44年）	研究4棟や放射性物質の分析・研究施設へ機能を集約し廃止。
	核融合炉物理実験棟（FNS）（第34年）	六ヶ所へ機能を集約。計画中の試験終了後、廃止。
核燃料サイクル工学研究所	燃料製造機器試験室（第41年）	転換の技術開発試験、原料粉末の適正試験、ヘレット製造工程設備の開発試験等を終了したことから廃止。
大洗研究開発センター	ナトリウム分析棟（第42年）	Na分析機能を「常陽」内施設へ移行して廃止。

原子力機構改革報告書より

16

大学等の原子力教育と研修・研究施設

表1 放射性同位元素、放射線発生装置及び密閉線源を使用する施設

教育・研究機関	許可・届出の別		総数	許可		届出	許可	届出
	年度	総数		平24 (2012)	平19 (2007)			
総数		686	598	88	833	696	137	
1. 教育機関 総数		364	338	26	415	381	34	
・大学		361	336	25	410	379	31	
・国立・独立行政法人		189	178	11	217	205	12	
・公立・地方行政法人		26	25	1	33	30	3	
・私立		146	133	13	160	144	16	
・短大・高専		3	2	1	5	2	3	
2. 研究機関 総数		322	260	62	418	315	103	
・大学付属		48	48	-	56	56	-	
・国立・独立行政法人		78	76	2	87	83	4	
・公立・地方行政法人		52	13	39	83	24	59	
・特殊法人・公益法人		30	23	7	40	26	14	
・私立		114	100	14	152	126	26	

下記の出所をもとに作成した

【出所】(公社)日本アイソトープ協会、放射線利用統計。
http://www.jrias.or.jp/report/pdf/the_use_of_radiation_2012.pdf
<http://www.jrias.or.jp/report/pdf/ritoke2007.pdf>

大学等の原子力教育と研修・研究施設

表2 教育機関等の照射装置及び放射線発生装置

放射能・装置	年度		総数	照射装置		総数	放射線発生装置		総数
	平24 (2012)	平19 (2007)		平24 (2012)	平19 (2007)		平24 (2012)	平19 (2007)	
1. ガンマ線源 総数	146	49	97	153	51	102			
・100Bq以下	24	1	23	19	-	19			
・100Bq～100GBq	11	-	11	14	1	13			
・100GBq～1TBq	13	4	9	16	4	12			
・1TBq～10TBq	15	3	12	17	3	14			
・10TBq～100TBq	21	13	8	22	12	10			
・100TBq以上	62	28	34	65	31	34			
2. 発生装置 総数	216	64	152	216	69	147			
・サイクロトロン	27	4	23	23	3	20			
・シンクロトロン	28	3	25	23	3	20			
・加速器	68	23	45	62	20	42			
・ベータトロン	3	1	2	3	1	2			
・ファン・デーク・グラブ加速器	36	14	22	40	17	23			
・コッククロフト・ワルトン加速器	40	16	24	50	22	28			
・変圧器型加速器	8	-	8	10	-	10			
・マイクロトロン	5	3	2	4	3	1			
・プラズマ発生器	1	-	1	1	-	1			

下記の出所をもとに作成した

【出所】(公社)日本アイソトープ協会、放射線利用統計。
http://www.jrias.or.jp/report/pdf/the_use_of_radiation_2012.pdf
<http://www.jrias.or.jp/report/pdf/ritoke2007.pdf>

我が国における試験研究炉の状況

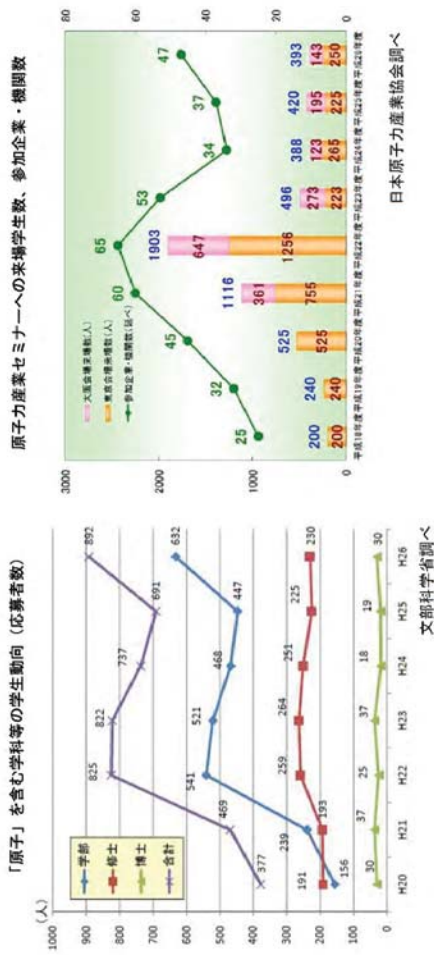


研究基盤

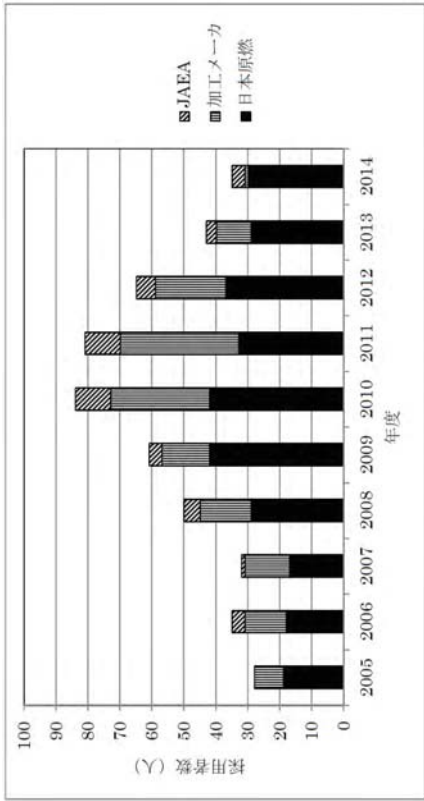
- 原子力機構の研究施設は重点化・集約化の検討
- 大学の実験・研修設備も老朽化が進んでいるが、大学内の予算配分は低下
- 大学の原子炉施設は、京都大学炉(KUR)と同臨界実験装置(KUCA)及び近畿大学炉(UTR-KINKI)の3基
- 既存施設の集約化・重点化や廃止措置に係る計画の策定・実施(H27.4、原子力機構中長期計画)
- 戦略的に取組むべき重要事項として「研究炉等大型教育・研究施設の維持」などを提示(H27.4、原子力人材育成ネットワーク)

- 学生の状況
- 検討の状況
- 支援の状況

1. 平成26年度の「原子」を含む学科等の学生動向（応募者数）は、前年度に比べて、学部、修士、博士全てにおいて増加。トータルで約3割増加。
2. 原子力産業セミナーへの来場学生数、参加企業・機関数は、震災の後、減少しているが、直近は持ち直しつつある。



核燃料サイクル関係の採用状況



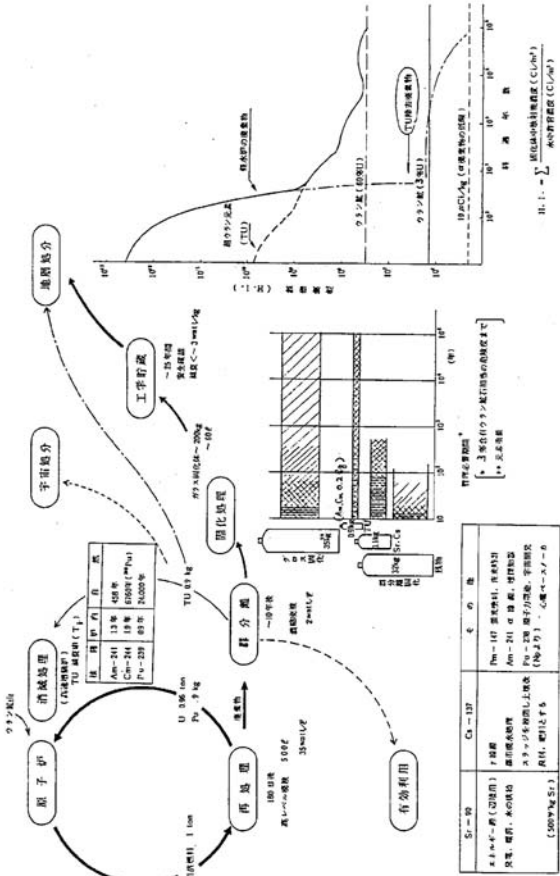
物理工学総論B（エネルギーと原子力）

- エネルギーの需要と動向
- 原子炉の原理と安全性
- 核燃料サイクルの意義と概要
- 今後の原子力研究

参考：資源エネルギー庁HP (<http://www.enecho.meti.go.jp/>)
原子力図書館 (<http://mext-atm.jst.go.jp/index3.html>) /ほか

レポートについて：

- 課題：エネルギーと原子力に関する問題点と対策（A4、1-2枚程度）
- 期限：受講日から2週間以内
- 提出場所：物理系教務
- その他：学籍番号と氏名を記入すること。

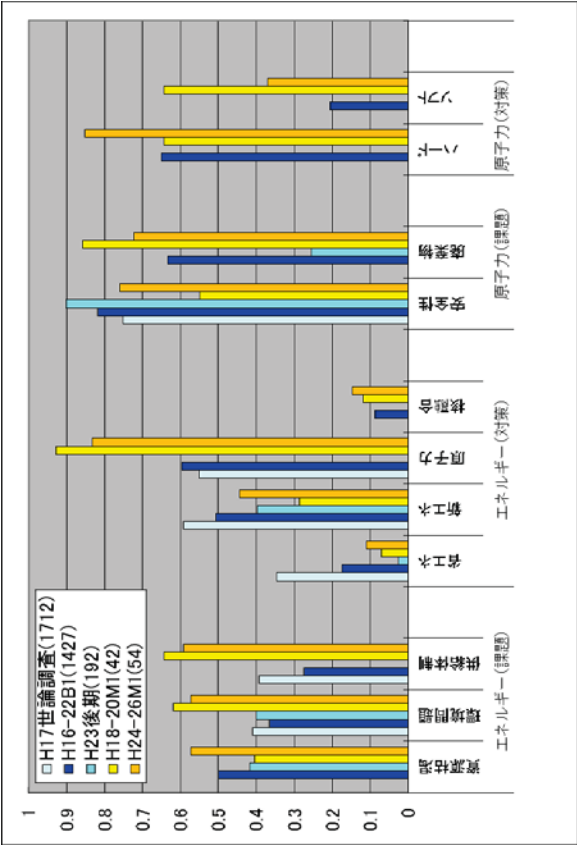


第4世代原子炉と国際短期導入炉

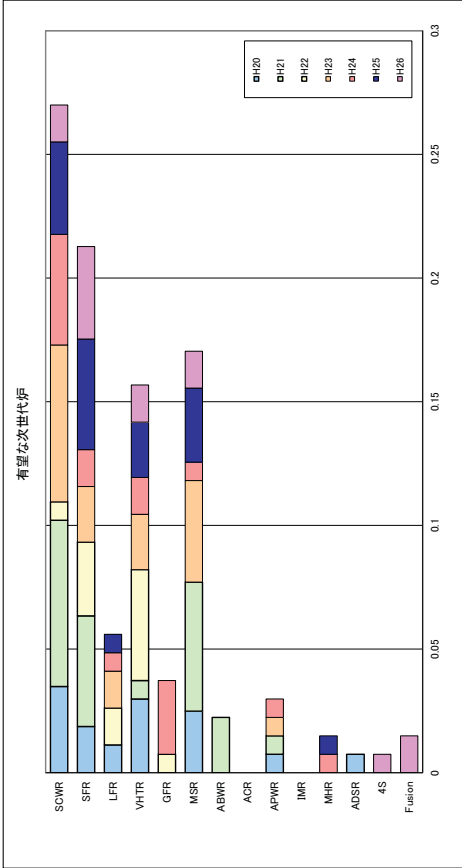
表1 第4世代原子炉と国際短期導入炉の選択結果

- (1) 第4世代(GEN-IV、2030年までに導入)
 - ①超臨界圧軽水冷却炉 (SWR)
 - ②ナトリウム冷却高速炉 (SFR)
 - ③鉛合金冷却高速炉 (LFR)
 - ④超高温ガス炉 (VHTR)
 - ⑤ガス冷却高速炉 (GFR)
 - ⑥溶融塩炉 (MSR)
- (2) 国際短期導入炉(INTD、2015年までに導入)
 - ①改良型BWR (ABWR-II、ESBWR、HC-BWR、SWR-1000)
 - ②改良型圧力管型炉 (ACR-700)
 - ③改良型PWR (APR1000、APR1400、APWR+、EPR)
 - ④一次系一体型炉 (CAEM、IMR、IRIS、SMART)
 - ⑤モジュール型高温ガス炉(GT-MHR、PEMHR)

[出所] (1)原子力委員会「研究開発専門部会第1回革新炉検討会(2002年11月7日)報告書付録1「各国の動向」, http://aec.go.jp/frcst/NC/teirai/siryo2002/siryo04/siryo2_3_2_1.pdf 3/13
(2)U.S.DOE: A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems, http://gf.inel.gov/roadmap/pdfs/gen_iv_roadmap.pdf 17/97, 25/97~26/97



次世代原子炉



核燃料サイクル・放射性廃棄物処分関係
人材育成のための対応方策：

- 幅広い分野から技術者・研究者の確保
- 現場技術の蓄積、維持・継承
- 核燃料関連長期研究開発プロジェクトの推進
- 核セキュリティ関係専門家、放射性廃棄物関連技術専門家の育成
- リスクコミュニケーションの育成

(参考) あるべき姿を実現する施策の役割分担 (例)

③核燃料サイクル・放射性廃棄物処分

項目	あるべき姿を実現する施策	国	大学／研究機関／学協会	産業界
将来性／ 魅力発信	● サイクル・放射性廃棄物処分の将来性／魅力の発信	● サイクル・放射性廃棄物処分の重要性の明確化（エネルギー基本計画） ● 魅力あるサイクル・バックエンド研究開発プロジェクト実施	● 学生を惹きつけるサイクル・放射性廃棄物処分研究の実施 ● 情報公開 ● サイクル・放射性廃棄物処分研究開発の推進（若手、中堅） ● 人材ニーズの提示	● サイクル・放射性廃棄物処分事業の着実な進展（若手、中堅） ● 情報公開 ● サイクル・放射性廃棄物処分研究開発の推進（若手、中堅） ● 人材ニーズの提示
大学等教育段階	● 基礎・基礎分野の教育充実		● 基礎・基礎教育の標準カリキュラム化（学生） ● 基礎・基礎教育のための教授人材確保（若手、中堅）	
	● 原子力以外の学生の原子力志向確保		● 原子力以外の学生に対する原子力（技術面以外を含む）の講義（学生）	● 原子力以外の学生に原子力に触れる機会提供（学生）
実務段階	● 安全文化の継続的醸成		● 科学者倫理の教育（学生）	● 安全文化の継続的醸成（若手、中堅）
	● 生きた仕事の場を通じた技術継承	● 許認可・検査経験の蓄積	● 研究プロジェクトによる人材育成・技術継承（若手、中堅）	● 経験者の蓄積（若手、中堅）
	● 長期的研究開発プロジェクトの実施	● 長期的国家プロジェクトによる人材の育成、誘引	● プロジェクトによる人材育成（若手、中堅）	● 地層処分に係る専門家の確保（若手、中堅）
	● 原子力・放射線リスクコミュニケーションの育成			● リスクコミュニケーションの育成（若手、中堅）

(参考)

大学における原子力関連の実験・実習項目

(平成20年度原子力人材育成プログラム・原子力教育支援プログラム報告書より抜粋)

実習・実験科目	学部1	学部2	学部3	学部4	修士
放射線計測			○		○
中性子測定・放射化実験			○		○
熱工学・流動実験			○		
材料工学・X線回折			○		
電子回路・素子・機器			○		
真空技術			○		
加速器・イオンビーム			○		○
分析化学(分光・蛍光含)			○		○
化学反応・溶液・分離			○		○
RI取扱い・放射化学			○		○
核燃料取扱い・濃縮			○		○
非増倍(未臨界)系実験					
臨界集合体(原子炉)実験				○	○
原子炉運転実習				○	○
インターンシップ					○
原子力施設見学・実習				○	○
学外研究・研修に参加					○
その他(＊)		○	○		○
時間数		2	12	4	6

＊ 計算機シミュレーション、ラジオグラフィ、Ge-60実験、BNCT、その他

支援の状況

H19-H24:

【文部科学省】(件数)

年度	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
原子力人材育成プログラム	—	13	18	20	10	8	3	—
【大学向け人材育成】(補助事業)	—	8	8	14	9	6	0	—
【高等専門学校向け人材育成】(補助事業)	—	—	—	—	12	14	26	25

【経済産業省】(件数)

年度	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
原子力人材育成事業	—	—	—	—	—	6	5	—
補助事業	—	—	—	—	—	—	—	—
育成プログラム	—	16	20	18	13	—	—	—
委託事業	—	—	—	—	—	—	—	—
【研究者向け人材育成】	—	—	—	—	—	—	—	—
革新的実用原子力技術開発補助事業	—	6	8	8	2	—	—	—
【事業者向け人材育成】	—	—	—	—	—	—	—	—
原子力人材育成事業	4	4	2	2	2	4	3	—
育成事業(現地人材)	—	—	—	—	—	—	—	10
安全性向上原子力人材育成委託事業	—	—	—	—	—	—	—	1
原子力海外建設人材育成委託費	—	—	—	—	—	—	—	—

現状：

- 国家課題対応型研究開発推進事業「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業（廃止措置研究・人材育成等強化プログラム）」(H26-)

- 原子力システム研究開発(H17-)
- 原子力基礎戦略研究イニシアティブ(H20-)

- ・「原子」を含む学科等の応募者数などは持ち直しつつある
- ・人材育成に関する対策、ロードマップが検討されている
- ・文部科学省等による支援は、引き続き行われている

- ・次世代原子炉や核融合炉など、いくつかの分野で国際協力。
- ・エネルギーセキュリティを謳う我が国としては、長期の視点をもって積極的に参加し、例えば共通のデータベースや国際的な標準を整備していくことなどにもっと主導的に貢献していく必要がある。
- ・ただし、そのためには、先行の国々がそうであるように、それぞれの国において、その基盤となる基礎研究について十分な蓄積のあることが前提であり、大学における基礎研究についても着実に進めていくことが望まれる。

- ・大学における原子力関係の教育研究の課題を実感してきた。大学院の重点化、国立大学の法人化が行われ、その際、他分野との融合も積極的に進められたが、これは広義の原子力の視点から多様な可能性を追究するものであり、間口を広くして優秀な人材を求めるものとされた。
- ・その一方で、広義と狭義のいずれにおいても必要とされる教育研究設備を如何に維持し、充実を図るかということが課題であり、研究用原子炉の燃料や放射性廃棄物に関する問題など、一大学では対応の困難な問題も少なくない。原子力人材育成の基盤に関わる問題であり、国としての適切な施策が望まれる。

- ・エネルギー基本計画 (H24.4)
- ・総合資源エネルギー調査会 原子力小委員会 (H27.6)、同自主的安全性向上・技術・人材WG (H26.8-)
- ・原子力機構改革報告書 (H26.9)
- ・原子力人材育成ネットワーク (H26.8、H27.4)
- ・...
- ・日本学術会議提言「発電以外の原子力利用の将来のあり方について」(H26.9)など

特別講演

社会・エネルギー事情と原子力問題

筑波大学名誉教授

(一社)日本エレクトロヒートセンター会長

内山 洋司氏

社会・エネルギー事情と原子力問題

平成27年12月11日

筑波大学 名誉教授
(一般社団法人エレクトロヒートセンター会長)
内山 洋司

産業構造の変化

発表内容

- 産業構造の変化
- エネルギー需給の動向
- エネルギーシステムのリスク
- 原子力問題
- まとめ

人類史における拡大・成長：三つのサイクル

- 第一のサイクル：約20万年前、ホモ・サピエンスの狩猟採集段階
- 第二のサイクル：約一万年前の農耕時代
- 第三のサイクル：200～300年前の産業革命以降
 - ①17世紀：科学革命
近代科学が成立し資本主義が本格的に始動（物質と力）
 - ②19世紀：科学の制度化
産業化の時代、科学と技術の結び付きが強化され、国家による研究機関や大学システム等の整備が進む（物質／エネルギー）
 - ③20世紀半ばから：経済成長のための科学
ケインズ政策との連動、政府による大規模な研究投資、科学の体制化（エネルギー／情報）

- 拡大・成長とは、人口、経済活動、資源・エネルギー消費、自然搾取のたゆまない増大
- 近代科学と資本主義は、限らない「拡大・成長」の追求という点において共通

資本主義による市場経済

- 【市場経済】商品・貨幣の単なる交換 商品⇒貨幣⇒商品 貨幣⇒商品⇒貨幣
【資本主義】拡大・成長を目指す市場経済（商人資本、産業資本、金融資本） 貨幣⇒商品⇒貨幣
（個人の独立）「個人と社会」「個人と社会」の関係が、個人が共同体の拘束を離れて自由に経済活動を行うことができ、かつそうした個人活動が社会全体の利益になるという論理
（自然支配）「人間と自然」の関係が、人間は産業（技術）を通じて自然をいくらかでも開発でき、かつそこから大きな利益が引き出せるという論理
①資本主義初期：ケインズが現れて以降の大半の時期。
科学技術の進歩と大量生産によって、供給過剰と需要不足、さらに労働力余剰を招いた。
②修正資本主義：経済成長を最終的に規定するのは（生産ではなく）人々の「需要」である。
需要の誘発と剰出は政府の様々な政策（公共事業など公共財の提供、社会保障などの所得再分配）により決まり、これにより不断の経済成長が可能となる。
③新古典派：長期的には供給過剰は市場のプレイヤーの合理的選択で解消していく。
だから政府の介入は最小化して自由な競争を促してイノベーションを誘発し、供給サイドの生産性を高めることだが長期的な持続的経済成長にとって重要な要素となる。
新古典派の経済政策は、基本的には小さな政府、規制緩和、自由放任主義を善しとする枠組み。

しかし、実際には

- 需要の成熟・飽和という内的限界に苦しむ。
- 生産過剰が基調となって失業の慢性化が続いている。
- 社会全体としての格差問題が発生し、何処の国もこの問題に苦しんでいる。
- 地球レベルの資源・環境制約という外的限界に直面している。

定常経済論への関心の高まり

日本産業の変化

【高度経済成長期の日本】・・・団塊世代

- ・地方への積極的な公共投資による重工業の再分配（道路や新幹線の交通網で地方に工場を誘致）が行われた。
- ・工場は地元の人を大量に雇用し、地場産業より高水準の賃金によって、工場労働者の生活水準を向上した。
- ・産業構造的には組立加工貿易が中心で、どちらかというと中程度の熟練労働が求められた。
- ・技術ノウハウは個人ではなく会社に着目された。
- ・労働生産性は会社社長に長く勤めることにより最も上がりやすくなる仕組みが構築された。年功序列や終身雇用という制度によって、日本型経営モデルは国際競争力の源泉となった。
- ・健康保険も年金も会社単位で取り組むことがうまく機能し、内部の共助メカニズムが働く「企業内社会主義」のようになっている。

【バブル経済崩壊以降】・・・現在の社会

- ・日本モデルは中国をはじめとする多くの国々に導入され、競争力の激化で日本製品の競争力は失われていった。
- ・しかも、ITの導入によって、ものづくりのモジュール化が進み、水平分業型になっていくと、組立加工の付加価値は益々低下した。
- ・日本から古き良き中産階級労働者がすさまじい勢いでいなくなっている。残ったのは、比較的生産性の低い労働集約型産業で働く人たちと、高度な機械・設備による資本集約型産業や高度な専門知識やスキルを必要とする知識集約型産業に携わる人たち。
- ・現在、この2つの世界の二極化が、ますます進んでいる。

【産業構造の変化】

- ・過去の経済政策の競争は、新自由主義が社会主義のどちらに行くのかという分かりやすい二項対立だったが、現実の経済社会で生じている姿を全く無視した抽象化された議論で、明確な解は生まれなかった。
- ・グローバル化の進展は、かえってグローバル経済圏から切り離される人を多くしており、対面型のローカル経済圏が拡大している。
- ・対面型のサービス産業は、「コトに係る生産と消費が同時同場で行われざるを得ない。製造業のような「モノ」に関わる生産と消費も、物流や販売、修理などはローカルで行われる。
- ・現在の経済活動を付加価値構成に分解して考えると、実は非常に大きな割合がローカルな世界、国内、さらには自分の周辺地域で生産されている。

拡大型資本主義か成熟型資本主義か？

【拡大型資本主義】アメリカ型の経済政策

- これまでの拡大・成長を追い求める考え、新たなイノベーションの創出によって無限の発展が可能となる。
- モノや情報が満たされていくと、新たな経済発展として空間的、時間的な充足に向かう。
- 自動車、鉄道、航空機は様々な場所へ行く早くてモノを運べるようになる。
- 同時に広がる情報技術の発展によって、インターネットを通じて世界中の人々とコミュニケーションが可能になる。
- エネルギー問題も環境問題も科学技術の発達によって解決できる可能性がある。
- 期待される産業として、情報・通信産業、ライフサイエンス（医療機器、製薬）、ロボット、輸送機関（自動車、航空機）、宇宙開発など電機・機械産業が挙げられる。

【成熟型資本主義】

- 経済と科学技術の発展には限界があり成熟・定常化を志向する考え。
- グローバル化とは、世界がマルチナショナル的に均質化していくのではなく、地球上のそれぞれの地域の持つ個性や風土・文化的多様性を一時の関心を向けながら、そうした多様性が生成する構造そのものを理解し、その世界を解・厳密に把握していくことである。
- 人々の賃金労働時間を減らし、その分を地域や家族、コミュニティ、自然、社会貢献などの活動にあて、「時間を再配分」することで生活の質を高めていく「時間政策」を基本とする。
- 学校・福祉・医療関連施設、自然関係（公園等）、商店街、神社、お寺、市民など地域コミュニティで循環する地域経済を構築していく。

- EUは、アメリカによる「純粋な資本主義（科学国家）」と「進が進めてきた「純粋な社会主義」の狭間で中間の道（The middle way）という福祉国家を選択してきた。
- 21世紀は、なお限らない「拡大・成長」を志向するベクトルと、「成熟・定常化」を志向するベクトルとの深いレベルでの対立ないし、せめぎ合いの時代となるであろう。

日本は、どのような社会を構築していくのか？

ローカル企業とグローバル企業

【サービス産業の台頭】

- ・日本のGDPに雇用のおよそ7割を占めるのは、製造業ではなくサービス産業だ。少子高齢化がそれを加速している。
- ・非製造業の比率は、企業数では88.9%、従業員数では80.6%を占めている。
- ・非製造業の中小企業比率は企業数ベースで88.4%、従業員数で80.4%にまで達している。
- ・今や、中小企業の9割以上は非製造業である。非製造業の多くはサービスやメンテナンスなど第三次産業である。
- ・サービス産業の大半は、世界で勝負するようなグローバル企業ではなく、国内各地域内のみでマーケットで勝負するローカル企業だ。
- ・これからの日本の経済成長は、ローカル経済圏のサービス産業の労働生産性とその相乗効果にある賃金によって大きく左右される。

【サービス産業とは】

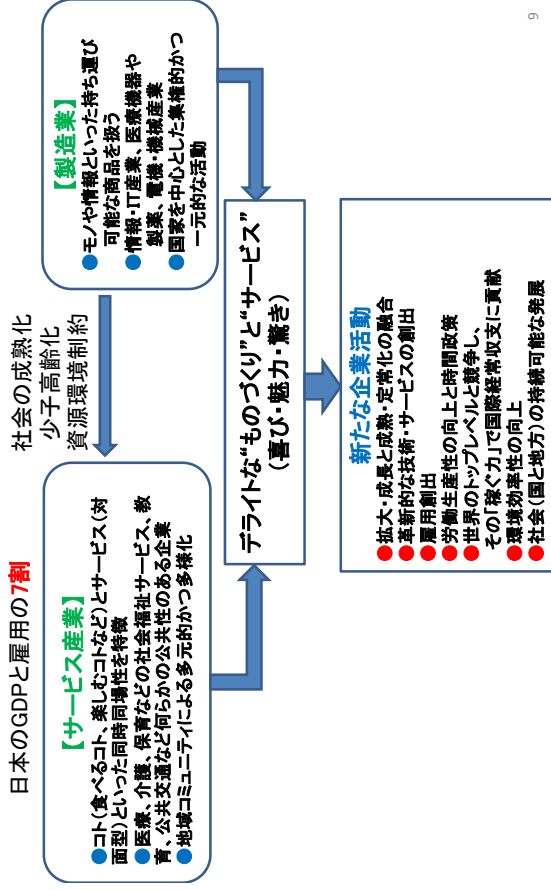
- ・小売りや飲食、交通、宿泊、社会福祉など対面型かつ労働集約型の産業である。
- ・どちらかというと賃金が安く、非正規雇用も多い。
- ・労働市場は市場の中で最も非効率的である。労働力は、国や地域をまたいで自由に移動することはない。対面型のサービス産業はその地域、場所の労働力に規定されるローカル企業が多い。
- ・ローカル経済圏の産業の多くは、公共的なサービスである。それらには、医療、介護、保育などの社会福祉サービス、教育、公共交通などが含まれており、今や地域経済における基幹産業になっている。

【グローバル企業とは】

- ・資本集約型産業で、代表例として情報・IT産業、医療機器や製薬、自動車やロボット、デバイスなど電機機械産業といった製造業である。こうした集約の大企業では高賃金で、その機能は本社・本部機能、研究開発機能、量産に入る前のマザー工場機能、それに働く人がほとんどいない高度な先端工場である。
- ・グローバル経済圏では、モノや情報といった持ち運び可能な商品を扱っている。
- ・グローバル企業の裾野がローカル企業が僅かになったといった過去の強い選別はなく、高度経済成長期の親会社、子会社、孫会社のピラミッドモデルはすでに崩壊している。
- ・日本のような小資本国、かつ財政が危機的な状況にある国においては、グローバル企業群が世界のトップレベルと競争し、その「稼ぐ力」で国際競争力に貢献してくれることは極めて重要になる。

新たな市場づくり

日本のGDPと雇用の7割



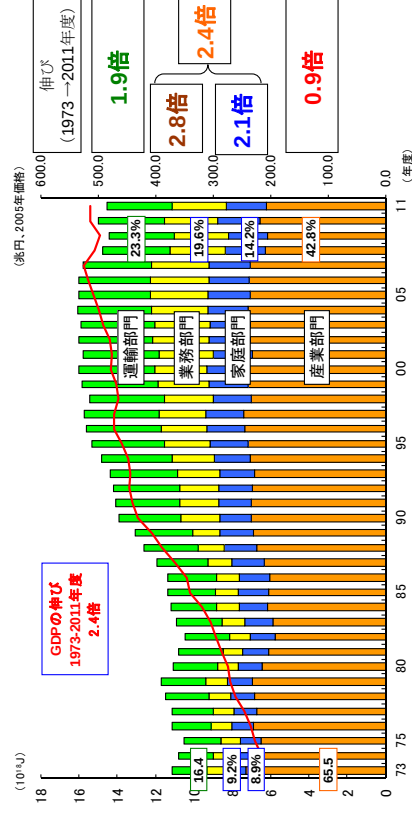
9

日本のエネルギー需給動向

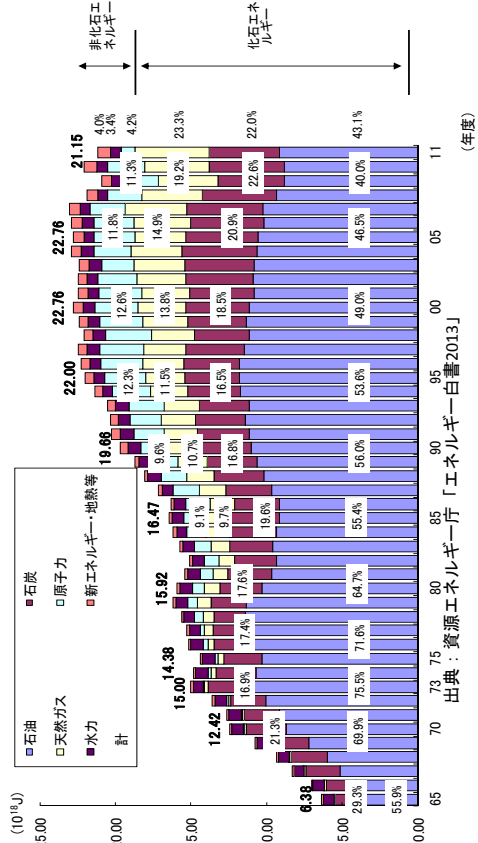
エネルギー・電力産業を取り巻く情勢変化

- **エネルギー需要(市場)の変遷**
 - ・高度成長(～1973年:第一次石油危機まで)
 - ・停滞期(1973～1986:石油危機による省エネの促進と産業構造の変化)
 - ・安定成長(1986～1996:バブル経済)
 - ・停滞期(1996～2008:経済の低成長と地球環境問題)
 - ・下降期(2008～):リーマンショック、企業の海外進出、原子力事故)
- **環境・安全性の問題**
 - ・地球温暖化問題(1988:IPCCの設置、1997:京都議定書、経団連環境自主行動計画、2006:ポスト京都議定書の枠組、2009:経団連低炭素社会実行計画)、2008-2012:第一約束期間、2030:次期削減目標
 - ・原子力問題(1979:TMI事故、1986:チェルノブイリ事故、1995:もんじゅNa漏洩、2011:福島第一原子力発電所事故)
- **エネルギー・電力市場の自由化**
 - ・特定地点での電力小売事業を制度化(1995)
 - ・特別高圧需要家を対象とする部分自由化(1999)
 - ・部分自由化の範囲を拡大(2003)
 - ・電力の完全自由化(2016)
 - ・発送電分離
 - ・ガス事業の自由化

最終エネルギー消費と実質GDPの推移



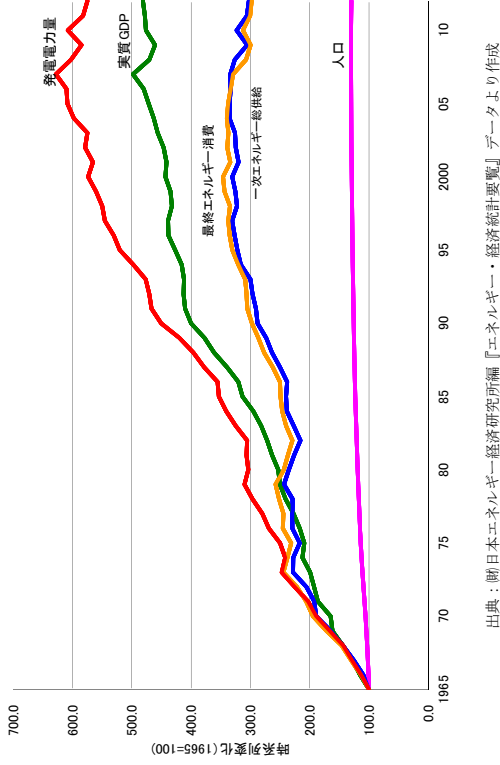
一次エネルギー国内供給の推移



エネルギー政策と今後の課題

- エネルギー政策の基本方針の策定(S+3E)
原子力事故対策と安全性重視、エネルギー安全保障、地球温暖化対策、経済の効率性
- 福島第一発電所の放射性物質の除染と事故炉対策
汚染水・除染対策、原子力賠償、風評被害対策、中間貯蔵施設、事故炉の廃炉対策
- 災害に強いエネルギー供給基盤の整備
危機管理と防災対策、電力融通システム、非常用電源、分散型エネルギー供給
- エネルギーの安定供給の確保
価格と供給先を考えた化石燃料の安定供給(燃料の多様化)
- 地球温暖化対策
2030年に向けたGHG削減目標、省エネ・再エネ重視のGHG削減、国際的視点からの取組
- 省エネ型社会への転換
省エネ製品・技術の普及と導入促進策、節エネ・節電への取組、自治体レベルでの対策
- 原子力発電の補完電源対策(再稼働に影響される)
LNG複合発電、石炭火力発電やコージェネレーションの導入
- 再生可能エネルギーの導入拡大
固定価格買取制度の適切な運用、系統連携に係る環境整備、コスト低減、地域特性に応じた導入支援
- エネルギー産業の活動強化(エネルギー産業のシステム改革)
スマートメーターの導入、スマートコミュニティの発展、市場競争力があるエネルギー利用製品開発

日本のエネルギー・電力需要の推移

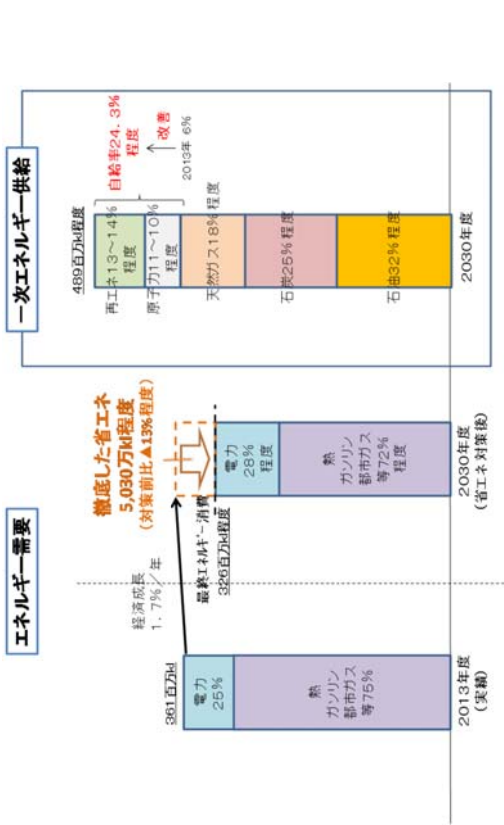


出典：財団法人エネルギー総合経済研究所編『エネルギー・経済統計要覧』データより作成

エネルギー政策と今後の課題

- 産業のソフト・サービス化が一層進展
国内経済の低迷と製造業の空洞化、サービス産業の拡大と雇用のシフト
産業部門のエネルギー需要は減少
- 産業活動が海外に移転
為替影響と新興国の経済成長を求めた企業の海外進出
産業部門のエネルギー需要は減少
- 地球温暖化対策によるCO₂排出削減
民生・運輸部門でのCO₂排出抑制の強化
民生・運輸部門での省エネルギーが進展
- 原子力発電停止以降の節電対策
省電力化で夏季の最大電力負荷が低下
新規電源の開発が不要(原子力発電が再稼働すれば)
- 固定価格買取制度による太陽光発電の大量導入
70GW程度の大規模PV発電所が設備認可。系統接続問題と最大電力負荷の低下
ピーク電源である火力発電やガスタービン、揚水発電の役割が低下
- 当面、エネルギー需要はマイナス成長、電力需要は横ばいかマイナス
- 企業による供給設備の投資減退(既設設備の寿命延伸)
- ゼロサム市場での新電力参入(分散型技術、再生可能エネ)

2030年のエネルギー需給



(出典) 産業構造審議会 産業技術環境分科会 地球環境小委員会 約束草案検討ワーキンググループ中央環境審議会地球環境部会2020年以降の地球温暖化対策検討小委員会合同報告

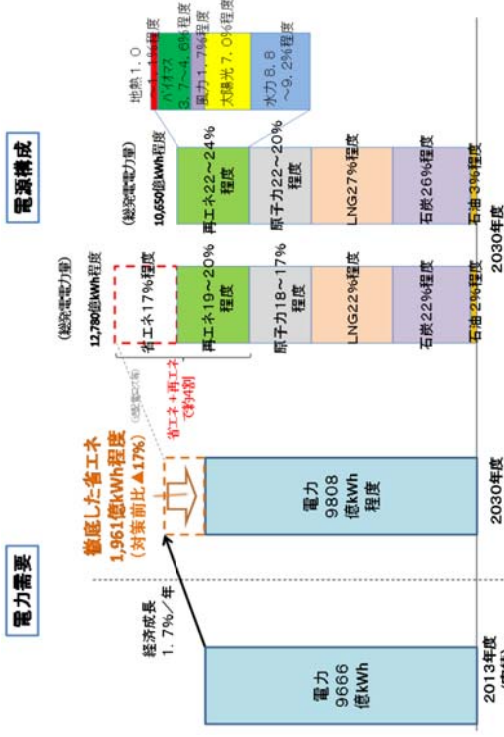
地球温暖化対策

- 2030年に2005年比で26%の温室効果ガス削減省エネを徹底することで電力需要は0.1%/年の伸び
- 2030年のエネルギー自給率は24.3%程度に改善
- エネルギー起源CO2排出量は、2013年比▲21.9%減
- 2013年度の温室効果ガス総排出量は14 億800 万トン(二酸化炭素(CO2)換算)(2012年度比1.2%増、2005 年度比0.8%増、1990 年度比10.8%増)

【増加理由】

- 火力発電における石炭の消費量増加と、業務その他部門における電力や石油製品の消費量増加により、エネルギー起源CO2 排出量が1.2%(1,700 万トン)増加
- ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)の排出量増加
- 2013 年度の京都議定書に基づく吸収源活動による吸収量は、6,100 万トン(森林吸収源対策により5,200 万トン、農地管理・草地管理・都市緑化活動により900 万トン)

2030年の電力需給



(出典) 産業構造審議会 産業技術環境分科会 地球環境小委員会 約束草案検討ワーキンググループ中央環境審議会地球環境部会2020年以降の地球温暖化対策検討小委員会合同報告

エネルギー需要と電力供給対策

- 省エネルギー**
 - 産業、業務、家庭、運輸各部門における強化
 - ディマンドリスポンスによるエネルギー消費行動の変革
 - エネルギーマネジメントの推進等を通じたエネルギーの最適利用
 - エネファームや燃料電池自動車といった水素関連技術の活用
 - 5030万kl 程度の省エネルギーを図り、35%程度のエネルギー効率の改善(2012~2030 年)
- 再生可能エネルギー**
 - 各電源の最大限の導入拡大と国民負担の抑制を両立
 - 安定的な運用が可能な地熱、水力、バイオマスを積極的に拡大
 - 自然条件によって出力変動がある太陽光や風力は、コスト低減を図りつつ最大限の導入拡大
- 火力発電**
 - 化石燃料の低コストな供給に向けた資源確保の取組強化
 - 非効率な石炭火力発電の抑制と火力発電の効率化
 - 必要最小限の石油火力
- 原子力発電**
 - 安全性の確保を全てに優先し自主的安全性の向上
 - 原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し原子力発電所の再稼働を進める
 - 高レベル放射性廃棄物の最終処分地の選定に向けた取組等を推進
 - 原子力依存度の低減や電力システム改革後などを見据えた原子力発電の事業環境整備を図る

エネルギーシステムのリスクと
原子力問題

エネルギーシステムのリスク問題

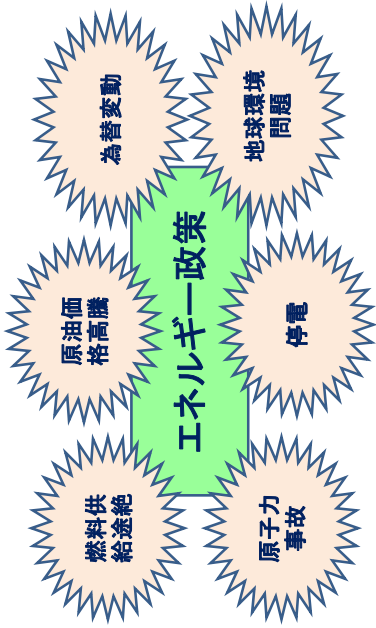
- 途絶リスク
 - 化石燃料の供給途絶
 - 大規模停電
- 経済リスク
 - 一次エネルギー（主に化石燃料）価格の高騰
 - 二次エネルギー（ガソリン、電気、都市ガスなど）価格の高騰
- 環境リスク
 - 大気・水質・土壌汚染
 - 地球温暖化問題
- 災害リスク
 - 原子力などエネルギー供給施設における事故
 - エネルギー利用技術・製品の事故
 - 核テロ

エネルギー供給からみた
化石燃料、原子力、再生可能エネルギーの特徴

	化石燃料	原子力	再生可能 エネルギー
エネルギーセキュリティの確保 (貯蔵性、安定性)	・石炭を含めると資源量は比較的豊富 ・コストは比較的安価 ・価格変動が大きい ・供給途絶への不安	・プルトニウムを含めた資源量は豊富（準国産エネルギー） ・コストは安定かつ安価（重大事故が無いとき） ・燃料途絶の不安は小さい	・資源量は潜在的に豊富（日本での利用可能資源量は必ずしも多いとは言えない） ・供給コストは高い ・国産資源として自給率向上
供給基盤の整備 (供給力、信頼性)	・燃料を供給するインフラ施設の整備 ・設備の信頼性と負荷追従能力が高い ・電気の質が高い（電圧や周波数変動が小さい）	・核燃料サイクル施設の整備 ・設備の信頼性は高い ・電気の質が高い（電圧や周波数変動が小さい）	・季節、週、日で出力が変動 ・間欠的エネルギーで出力、電圧、周波数に変動がある（太陽光や風力など） ・取集・輸送コストが高い（バイオマス）
社会のコンセンサス (環境性、安全性)	・汚染物質と温室効果ガスの放出 ・海洋汚染、タンカーの座礁、ガス爆発や炭坑事故	・放射性廃棄物の漏洩 ・放射性廃棄物の処理処分 ・地震・津波への安全対策 ・重大事故と核テロ問題	・クリーンと言われている（ライフサイクルで見ると必ずしもいえない） ・小規模事故はあるが、安全性は比較的高い。

供給途絶と停電への不安は必ずあり、ゼロエミッションや絶対的安全はない⇒すべてに“リスク”がある

エネルギー政策
様々なリスク要因を考えた意思決定



“リスク評価”は“外部性評価”の一部

● 外部効果 (External Effect)

現実の価格に反映されていないが第三者に影響を及ぼしうる要因

● 外部性 (Externality)

外部効果による影響の大きさ

● 外部費用 (External Cost)

外部性を価格に適切に内部化するために金銭価値換算したもの

【外部経済と外部不経済】
生産者や消費者（政府も含む）というある経済主体の経済行動が市場機構の外で、他の経済主体の行動に影響を与えることをいう。
外部経済（正の外部性）：ある経済主体の行動が、他の経済主体に対して好ましい（正の）影響を与えること、すなわち他の家計の効用（満足）を増大させるとき、あるいは他の企業の生産増加に寄与するときの外部効果をいう。
外部不経済（負の外部性）：ある経済主体の行動が他の家計の効用を減少させたり、あるいは他の企業の生産費用を増大させたりという好ましくない影響を与えることをいう。

今後の外部性評価

● 汚染物質の影響評価

- ・汚染物質の健康と生態系への影響
- ・地域での影響評価を支援するデータベースの整備

● 温室効果ガスの影響評価

- ・影響リスクを科学的に解明
- ・緩和策と適応策の経済性評価
- **原子力事故と核燃料サイクルの外部性評価**
- ・重大事故の事象の大きさと影響範囲の解明
- ・低線量被曝のリスク評価
- ・放射線影響と核拡散問題に対する社会的コンセンサス

● 外部性の経済的価値付け

- ・価値付け手法の確立と統計データの整備
- ・経済活動への内部化（対策コスト、規制、税制）

エネルギーシステムにおける外部性

● 環境問題に係る外部性

大気汚染物質、温室効果ガス及び放射性物質の排出による環境・健康影響問題

- ・内部化されていない公害問題（大気・水・土壌汚染、廃棄物、騒音）

・地球温暖化問題

・放射性物質の漏洩問題

● 社会経済的な外部性

エネルギー安定供給上のリスク、社会的・制度的リスク、核拡散・核テロ等のリスク要因の顕在化による社会経済的な波及影響問題

- ・「市場の失敗」による経済損失

・エネルギーセキュリティ問題

・重大事故

・核拡散・核テロ問題

原子力問題

原発停止による影響

【エネルギー 安定供給】

- 化石燃料の海外依存度の増加
総発電電力量の約88%(2013年度)：第一次石油ショック時(約76%)以上の水準。
※中東依存度：原油(83%)、天然ガス(30%)
- 再生エネルギー導入比率
総発電電力量の約2.2%(水力除く)(2013年度実績)
※固定価格買取制度による国民負担約6,500億円/年、標準家庭で約2,700円/年(2014年度推計)

【経済負担】

- 燃料費の増加
火力発電英資増し費用：約3.6兆円(1人あたり約3万円の負担、2013年度推計)
- 電気料金の高騰
震災前と比べ平均2割程度上昇
(標準世帯(月額)：東電約6,300円⇒約8,600円、関電約6,400円⇒約8,200円)

【地球温暖化問題】

- CO2排出量増加
一般電気事業者の2012年度のCO₂排出量は2010年度比で1.1億トン増加
(日本の排出量約9%に相当)

福島第一事故後の問題点

- 明確でない安全性 (責任の所在が不明瞭)
規制委員会委員長発言「規制基準には合格したが安全とは申し上げない。」
政府の見解「安全と基準に合格した。世界一厳しい安全基準だから再稼働できる。」
- 明確でない安全対策 (特にPSAのレベル3)
(1) レベル3とレベル2の安全規制について、規制庁が設定している基準根拠、それぞれの発電所が対応している内容、そして安全と判断する評価基準が国民目線で理解しにくい。
(2) レベル3についての対策が、それぞれの発電所立地と明確になっていない(緊急時対応体制、避難対象者、避難場所、避難者の誘導方法、避難者の健康や生活保証、費用負担など)。原発事故に備えた避難計画策定が義務付けられる全国の原発30km圏内の市町村に、大地震発生時などに土砂崩れなどで孤立する恐れがある集落が計2318集落あり、計20万人が住んでいることが内閣府の資料で明らかになった(毎日朝刊、'15.5/25)。
(原子力災害時の避難) 国の原子力災害対策指針は、事態の進展に応じて段階的に避難を定めている。原発重大事故で「施設敷地緊急事態」になると原発5km圏内(予防防護措置区域PAZ)の住民は避難準備を、要諦者は避難や屋内退避を始める。原子炉を冷やせなくなるなど「全面緊急事態」になると、PAZの住民は避難を始め、5~30km圏内(緊急防護措置区域UPZ)では屋内退避する。さらに放射性物質の漏れが確認され、空間線量が1時間当たり20μSvになればUPZでも1週間程度内に一時移転、500μSvになれば数時間内をめどに避難する。
- 明確でない原子力損害賠償制度
(1) 原子力損害賠償支援機構法の付帯決議で見直すことになっているが、原子力委員会での審議に進捗なし。
(2) 2009年12月に制定された電力会社の「原子力損害賠償制度の運用マニュアル」の見直しも検討中が作業を進めていない状況にある。
- 再稼働問題：原発の「再稼働の認可」という手続きは原子炉等規制法にはないのに、存在しない手続きを巡って原子力規制委員会と電力会社の交渉が続いている。池田信夫は、これを天皇機関説のころと似ているという(立憲君主制のもとでは機関説は常識的な学説だったが、「陛下を機関とは何事か!」と美濃部達吉を刺戟する養田のようなファナティックな右翼が世論を動かし、誰もそれに逆らえなくなつた)。
注) 確かに、日本には人々を職場や社会のその場の雰囲気から促させる「空気を読め」という慣習がある。これは、日本人に共通のアイデンティティがないことによるものと考えられる。むしろ自分のアイデンティティを他者や組織に求めるために、人前や組織内で特権や正論はつきり言うことができない空気がある。言えは村八分にされてしまう。多くの組織運営は、そういった日本的組織風土を利用して人を管理している。

原子力発電の課題と役割

● “安全性の確立”

- (1) 活断層・耐震性・津波への原子力規制委員会の安全指針と政治判断
- (2) 安全性と信頼性がより高い原子力プラントの設計と運用
- (3) 確率論的リスク評価(PRA)のレベル1からレベル3の検討
- (4) リスクコミュニケーションによるコンセンサスづくり

● “経済性への対応”

- (1) 原子力発電の再稼働による国民や企業の電気料金の負担軽減
- (2) 再稼働による化石燃料購入の国富流出防止
- (3) 火力発電並かそれ以下の発電コストと安定した供給コストの堅持
- (4) 安全性重視の軽水炉プラント輸出

● “安定供給の確保”と“環境への適合”

- (1) エネルギー自給率の向上によるエネルギー安全保障の確立
- (2) ベースロード電源として電力の安定供給
- (3) 地球温暖化対策における位置づけ

原子力に関する政策実行の厳しさ

- 福島第一事故以降の国内外における原子力批判の高まり
- 国内外において原発市場が低迷(中国とインド、それに一部の国を除き原発の建設・計画がない)
- 軽水炉の運転・建設に対して社会の合意が得られていない
 - ① 既存軽水炉の再稼働
 - ② 大間発電所等の新規プラント建設
- 核燃料サイクルの見通しが立っていない
 - ① 技術的な信頼性が揺らいでいる。
(トラブル続きのウラン濃縮工場、再処理工場、高速増殖炉)
 - ② 六ヶ所再処理工場の稼働とMOX燃料工場の建設
 - ③ 約48トンのプルトニウム処理
(プルサーマルによる可能性、遠のいた高速炉開発、余剰プルトによる核武装への懸念)
 - ④ “もんじゅ”の運営主体と運転再開
- 原子力人材の確保
 - ① 国民や若者に魅力ある将来を描き難い
 - ② 積極的に志望する若者が減少

原子力だけの特異なリスク

- 【重大事故への警鐘】
- 原子力発電所など原子力施設の重大事故への恐怖心が極めて高い。
- 原子力発電所は、活断層でない岩盤上に立地されなければならない。また、活断層の定着が明確でないことが問題を複雑にしている。
- 福島第一発電所の事故以降は、立地条件に大規模な津波や火山爆発への対策も加わり、原子力立地がさらに困難になっている。
- 安全対策がより厳しくなり、確率的リスク評価(PRA)の視点から重大事故の発生確率の低減(レベル1)だけでなく、発生時に外部への放射能影響の低減(レベル2)や住民避難(レベル3)への対策が強化された。
- 【放射性物質の影響】
- 核分裂によって発生する放射性物質は、長期間にわたって目に見えない脅威となっている。
- 放射性物質、とりわけ高レベル放射性廃棄物は1万年以上という長期間にわたり安全に隔離されなければならないが、その隔離技術と管理方法に対しては社会的な合意が得られていない。
- 【核子ロへの脅威】
- 原子炉に装着される核燃料は、核拡散防止や物理的防護の面で厳重に管理しなければならない。太陽光発電や風力発電、化石燃料のような身近なエネルギー源として認識されていない。
- 広島と長崎の原爆による悲惨さは人類史で最大ともいえる出来事であり、人々、取り分け日本人には原子力に対して強い去ることのできない脅威がある。
- 核拡散など軍事力や兵器と密接な関係にあるため、平和利用だけで理解を得ることが難しい。

原子力に係わるコミュニケーションの特異性

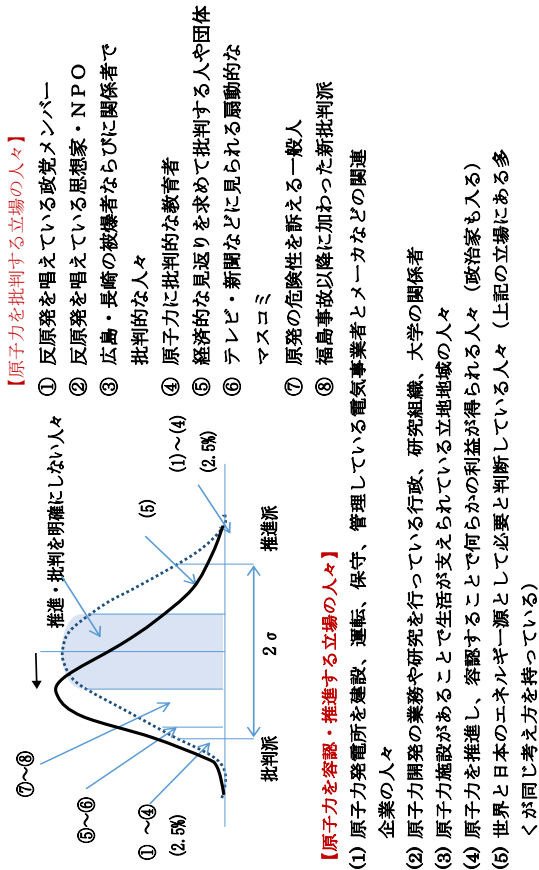
- 原子力システムは、発電所のほか核燃料サイクルという大規模な技術システム群から成り立っているが、巨大技術システムとそれらを開発している技術集団に対して社会からの信頼が十分に得られているとは言えない。
- 原子力開発には長期間にわたって膨大な費用が必要になるため、技術開発、施設建設、運転保守に特定の技術者やメーカーとの結びつきが強くなり「ムラ社会」を形成しがちになる。
- 原子力施設の設置と運営に立地自治体や住民などとの合意形成が求められているが、立地地域でのコミュニケーションは十分とは言えない。

原子力批判の例：原子力の反倫理性

池内了「科学の限界」ちくま新書(2012)

- 科学者の研究に関する「倫理的責任」、科学者の自らの営為に関する「説明責任」、そして科学者として果たすべき「社会的責任」を提示している。
- 原発には人々に犠牲を強いる反倫理性がある
- ①都会の利便性のために原発を過疎地に押し付けている。
- ②発電所だけでなく核燃料サイクルにおいて放射性物質を扱っており、作業員への放射線被曝を押し付けている。
- ③放射性廃棄物の子孫への押し付けがある。放射性廃棄物は100年、200年間以上無害化できず、10万年先まで子孫への放射線影響のリスクがある。
- ④事故による被害の押し付けがある。福島第一事故により放射性物質の汚染による避難、放射線被曝、土地の放棄、故郷の喪失などの苦難を強いられている。
- 原子力は次の2つの観点から問題がある
- ①通時性の倫理：現在生きている人間の価値こそが最重要とすると「共時性」を強調するようになったが、未来世代への持続可能な発展を考えた「通時性」の回復が必要である。
- ②予防措置原則：人間の健康や環境への悪影響や危険性が予想される事柄については、予防的に臨むという原則。

原子力問題の利害関係者

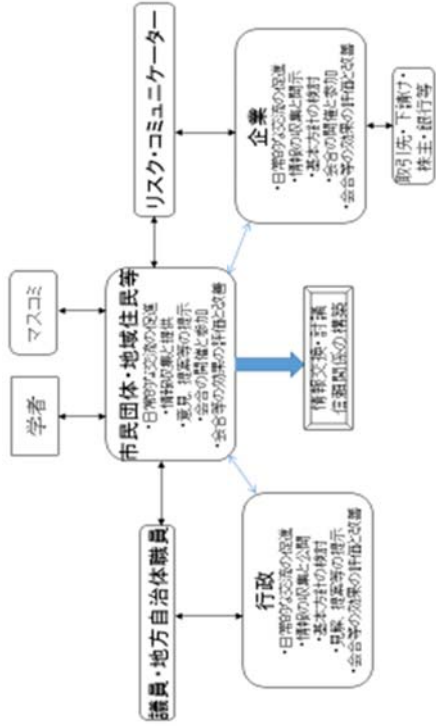


リスクコミュニケーションで考慮すべき 認知バイアス

特性	要因	概要
事象特性	恐怖心	恐怖を感じる事象に人は強くリスクを感じる（被害者を知っている、特異な死に方をする）。
	新規性	よく知らない新しい新規な事象については非常に怖く感じる（放射線は身近に感じ取れないため、その影響には恐怖心がある）。
	制御性	何らかの形で自分がコントロールできるリスクは、そう大きく感じない（自分の運転より他人の運転の方が怖い）。
	選択性	自分で選んで取ったリスクは、他人に押し付けられたリスクよりも低く感じる（不本意なリストラで失業するよりは、自分の意志で退職するほうが良いと思う人は多い）。
情報特性	自然か人工か	天然ものよりも人工的なものにリスクを高く感じる（生ガキによる食中毒は別段珍しいものではないが、人工の食品添加物で同じ程度の被害が出ると大変な騒ぎとなる）。
	親近感	自分や自分の関係者に被害が及んだり、その可能性が少しでも感じられると、リスクは急遽に高まる（テレビ等で報道される被害が身内の人が他人かで報道への関心の度合いが異なる）。
	子供の関与	小さな子どもや妊婦、後の世代に影響を与える事象についてはリスクを過大に感じる（放射性物質であるヨウ素による内部被曝はレントゲンによる被曝よりもリスクの感じ方は高まる（一般に、リスクをさらす相手やリスクを説明する者に信用が向けられれば、リスクの感じ方は高まる（一般に、国や公共機関による情報提供は民間企業よりも信頼性が高い））。
	表現方法	マスコミが大きく取り上げ、かつ繰り返して報道するほどリスクを高く感じる（過度な報道は風評被害など人々の潜在的な恐怖心を高める。情報過多になると逆にリスクに対して鈍感になる場合もある）。
情報特性	代償性	リスクに対して何らかの利益があれば、人はそのリスクを実際より低めに感じる（誰しもリスクを押し付けられることを嫌う。何の利益もない、あるいは利益があいまいな表現になっていけば、誰もそのリスクを取りたがらない。廃棄物処分場や原子力発電所、それに米軍基地などの施設は、建設の受け入れが難しい）。

出典：内山洋司編著「エネルギー学への招待」コロナ社（2014）

市民・住民目線のリスクコミュニケーション



原子力リスクコミュニケーションの 目標と目的

【目標】

これまでの原子力の安全対策を再検証し、リスクコミュニケーションを取り入れられることで、国民や住民によるコンセンサスづくりを確立する。

【目的】

- 原子力の安全性に係る事象を考慮した設備の健全性評価を行い、それぞれのリスク・マネジメントを検討する。
- 規制当局と事業者が原子力安全に対する共通目標をもち、国民・住民目線で目標を達成していく課題を設定し、それぞれの解決に取り組む。
- 原子力安全に係る関係者の役割と責任の所在を明確にし、平時の安全施策の実施と事故時の対応で速やかな連携が図れる体制を確立する。
- 組織の安全文化の構築と現場力を重視した安全施策を徹底する。
- 事業所と規制当局の両方において、安全施策に対する専門家を養成し、また原子力安全に係る技術者の訓練への教育システムを確立する。

コミュニケーションの機能要件

（出典）木村 浩、「「原子カムラ」の境界を越えるための
コミュニケーション・フィールドの試行」JST研究（2014）

【コミュニケーション実現の機能要件】

- お互いに理解し、尊重する
- ① **お互いが異なることを知る**：お互いの善悪の考え方や人柄などを知ることによって意見や判断、価値観が異なるものであることに気づく
- ② **共通点を知る**：お互いの中に共通点があることに気づく
- ③ **異なることをあるがままに受け入れる**：個人個人で判断や価値観が異なるものであるということを受け入れる
- お互いが変わろうとして、コミュニケーションする
- ④ **自分が変わってもよいと思う**：自分と相手が歩み寄るために、自分が意見や判断、価値観を変えても良いと思うことに気づく
- ⑤ **相手が変わろうとしていることを知る**：自分と相手が歩み寄るために、相手が意見や判断、価値観を変えても良いと思うことに気づく

【フォーラム成立性の機能要件】

- 参加者にコミット感を持ってもらうために
- ⑥ **お互い対等であると認識する**：参加者どうしで自分たちは対等であると認識する
- ⑦ **お互い尊重されていると認識する**：参加者どうしでお互いに尊重されていると認識する
- 参加者から運営側の信頼を得るために
- ⑧ **運営能力への信頼**：フォーラムを適切に準備し、運営する／参加者からフォーラムが適切に運営されていると認識される
- ⑨ **話題が誘導されない**：運営側が話題を誘導しない／参加者から話題が誘導されていないと認識される
- ⑩ **扱いの公平感**：運営側が参加者を公平に扱う／参加者から自分たちが公平に扱われていると認識される

まとめ

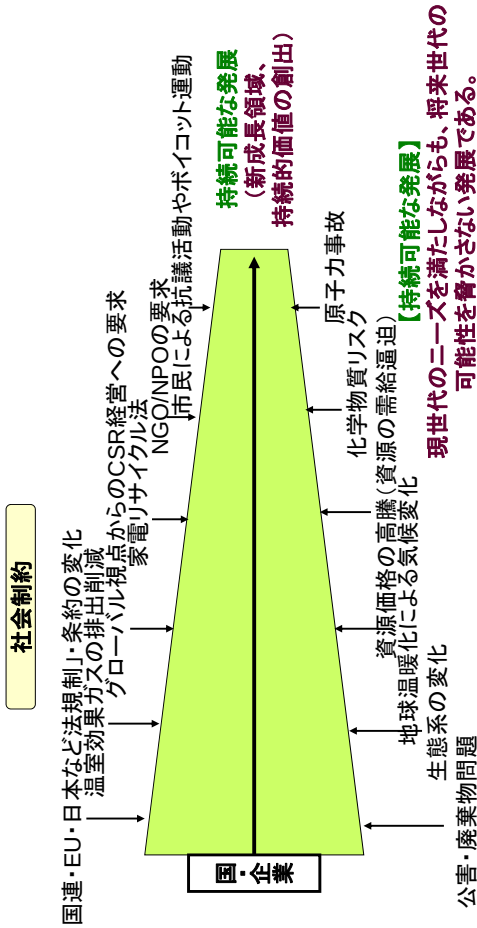
エネルギー問題の基本（まとめ）

- 経済活動と生活の快適さはエネルギーによって支えられている。
- エネルギーは空気や水のようにには得られない。
(採掘、輸送、貯蔵、変換など供給インフラ施設の整備が不可欠)
- 現代社会は、化石燃料の大量消費で成り立っている。
- 化石燃料には資源枯渇と環境問題がある。
- 良質資源から消費する市場経済では、資源問題と環境問題は解決できない。新しい社会システムとライフスタイルが必要になる。
- 原子力の安全性、放射線影響、核拡散・核テロの問題は国内外で一層、重要な課題になる。
- 「持続可能な発展」に向けて、世界が取り組む時期にきている。
- 日本の省エネルギー技術と環境技術を世界に普及していく仕組みづくりが求められている。

原子力問題について

- 脱原子力は、長期に求められている「エネルギーセキュリティの確保」、「経済効率性」、「地球温暖化問題」に対する解決の選択肢を失うことになり、エネルギーリスクは極めて大きくなる。
- 原子力が持つ特異なリスク(重大事故、放射線影響、核子口問題)への徹底した対策が不可欠となる。
- 原子力発電だけでなく医療、工業、農業などの分野で放射線利用を一層、広めることで、国民に身近な原子力利用を図る必要がある。
- 原子力利害関係者同士による双方向コミュニケーションを行うことで、国民・住民目線の社会的コンセンサスづくりが求められている。

情勢変化に求められる国・企業の対応



環境・資源制約、安全問題

エティオ・マンティニー「Strategic Designモデル」を参考に作成

テーマⅠ：再処理関連技術の動向

新型ガラス溶融炉の
モックアップ試験計画と成果について

日本原燃(株) 再処理事業部

エンジニアリングセンター 技術開発研究所 課長

兼平 憲男氏

新型ガラス溶融炉のモックアップ試験の成果について

第11回 再処理・リサイクル部会セミナー

東京工業大学 蔵前会館

2015年12月11日

エンジニアリングセンター 技術開発研究所

兼平 憲男

日本原燃株式会社

1. 背景・目的(1)

再処理工場に導入したガラス溶融炉のアクティブ試験において、以下の事象が発生

- 炉底部に白金族が沈降、堆積すると、①白金族部に電流が迂回して流れ、炉底ガラスの加熱性能が低下し、②炉底ガラスの粘性が上昇し、流下性能が低下する。よって、白金族沈降を抑制するための炉底低温運転を採用。しかし、アクティブ試験で白金族の堆積等により流下性能が低下

白金族沈降に影響するガラス温度管理のための電力調整方法を設定するとともに、定期的な回復運転を実施する等により、白金族の沈降、堆積を抑制(KMOC試験)

- ガラス溶融炉内に溶融炉の運転等に影響を及ぼす低粘性流体(イエローフェーズ)※が発生

調整液の添加(希釈)により発生防止できることを確認

※低粘性流体(イエローフェーズ)とは、通常の流

下ガラスよりも粘性の低い流体のこと

これら事象については設備改善や運転方法の改善等で

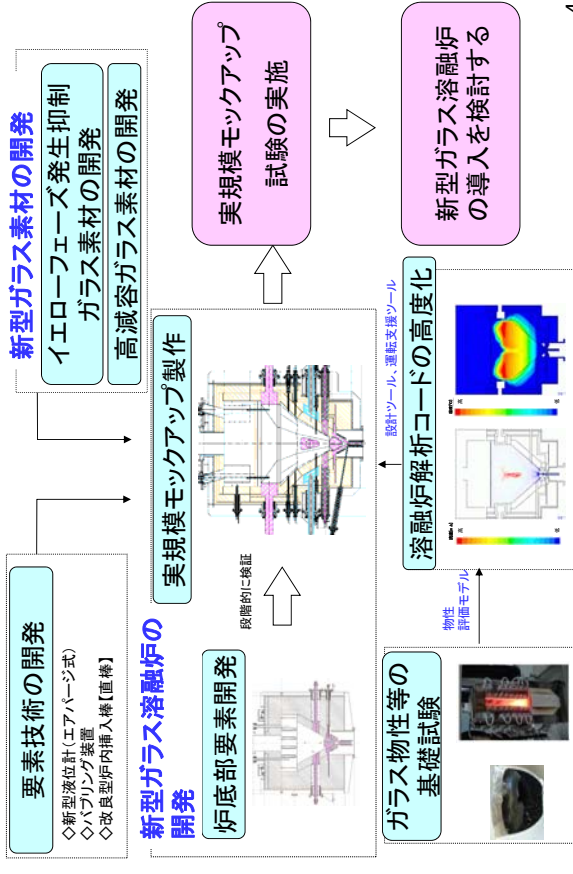
対応済であるが、既存のガラス溶融炉の更新時には、

更に改良されたガラス固化技術の導入を図る

流下性能低下



2. 新型ガラス溶融炉の開発進め方 開発全体フロー



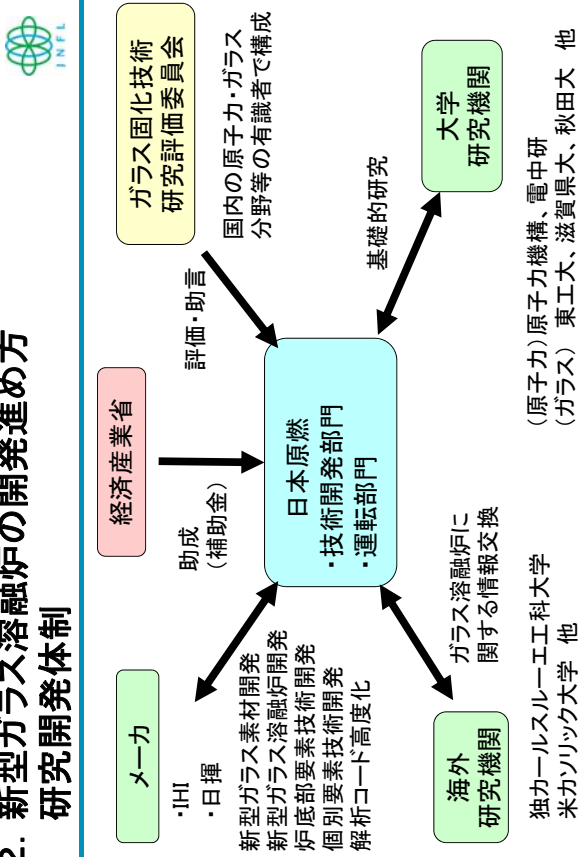
目次

1. 背景・目的
2. 新型ガラス溶融炉の開発進め方
3. 新型ガラス溶融炉の開発技術
4. 新型溶融炉のモックアップ試験計画
5. 新型溶融炉のモックアップ試験結果
6. まとめ

第10回再処理リサイクル部会セミナー(2015年1月)
「新型ガラス溶融炉のモックアップ試験計画と成果について」
にて、高度化研究の概要およびモックアップ試験(フェーズⅠ
およびフェーズⅡ試験概要)をご報告済み



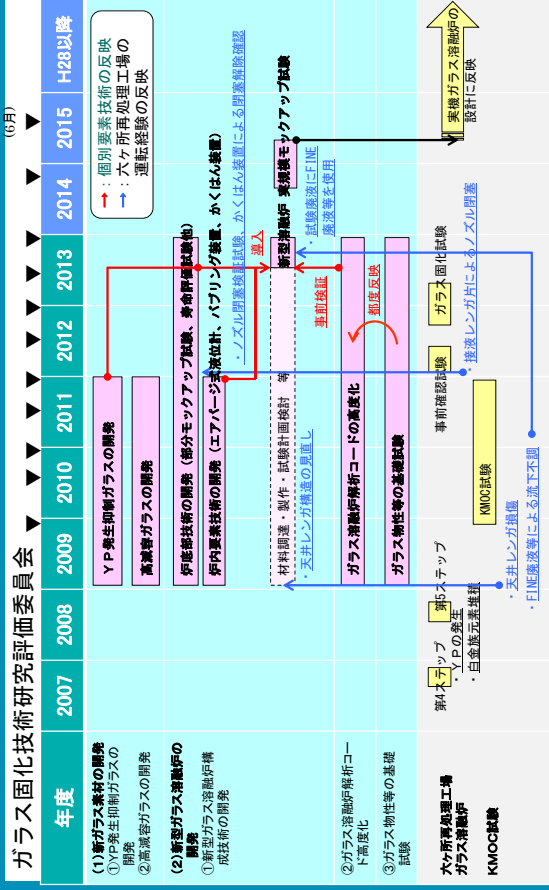
2. 新型ガラス溶融炉の開発進め方 研究開発体制



「産・官・学」が連携して開発に取り組む

5

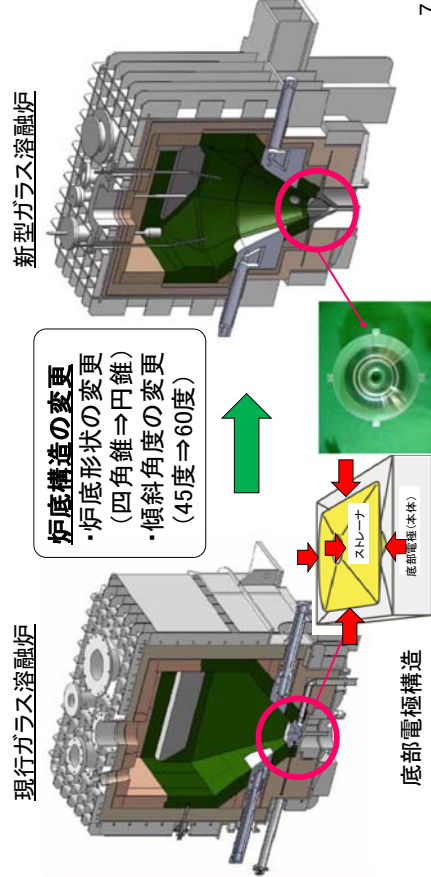
2. 新型ガラス溶融炉の開発進め方 開発スケジュール(段階的な開発)



6

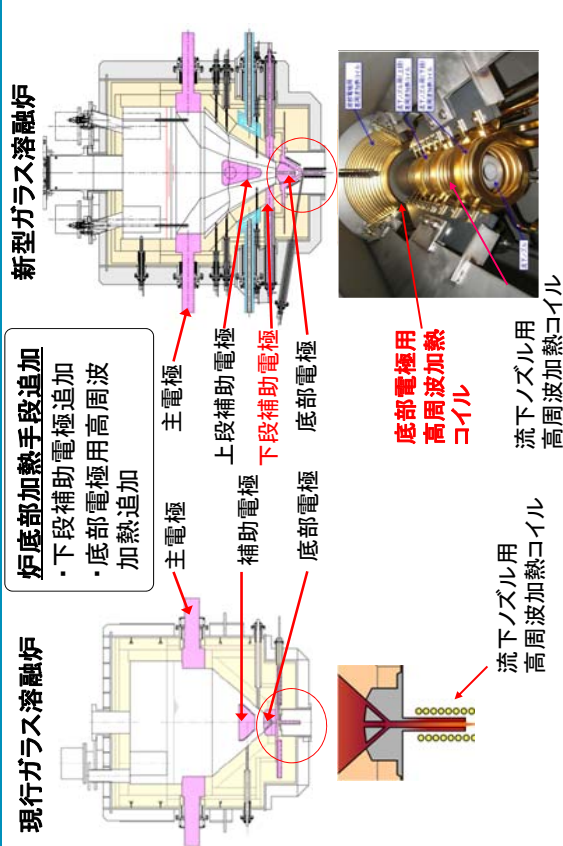
3. 新型ガラス溶融炉の開発技術 主な改良点(1) 形状の変更

- 高レベル放射性廃液中に含まれる白金族元素(Ru, Rh, Pd)は、溶融炉底部に沈降堆積することで、ガラスの加熱性・流下性が低下
- 新型ガラス溶融炉では、炉底構造の変更や炉底部加熱手段を追加することで、白金族元素の炉底への堆積を抑制するとともに抜き出し性を向上



7

3. 新型ガラス溶融炉の開発技術 主な改良点(2) 加熱手段の追加



8

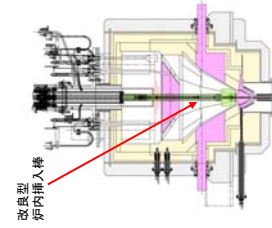
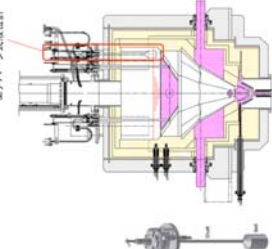
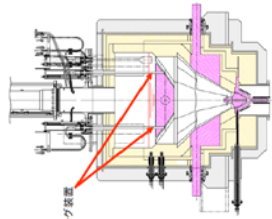
3. 新型ガラス溶融炉の開発技術

個別要素技術の開発(その他技術について)

バブリング装置
(ドイツより技術導入)

新型液位計(エアパージ式)
(ドイツより技術導入)

改良型炉内挿入装置
(国内技術を改良)



＜イエローフェーズ発生抑制＞
溶融ガラスの流動性を向上させることにより、イエローフェーズ成分の溶解性向上

＜運転モニタの改善＞
連続的で精度が高い液位測定

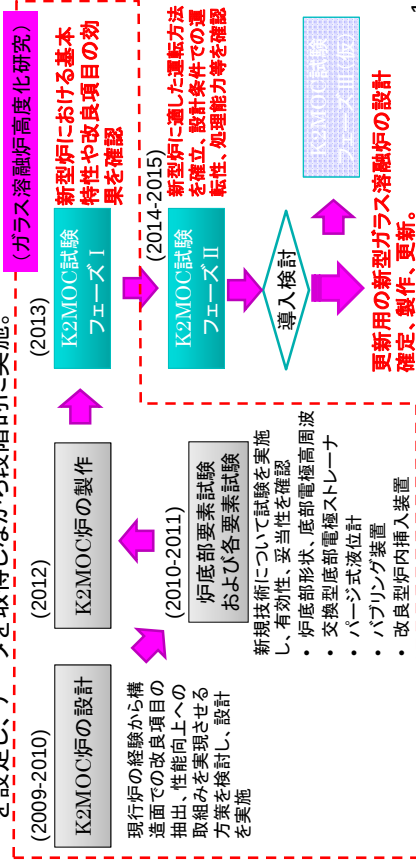
＜異常状態からの回復性能向上＞
より効果的な貫通性能、排出性能を有する改良型炉内挿入棒(直棒)による回復性能向上

国内外で実績のある技術をもとに新型ガラス炉へ適用

4. 新型ガラス溶融炉のモックアップ試験計画

全体計画

- 更新用の新型ガラス溶融炉(実機)は、現行炉の更新時期までに開発を完了させることを目標としており、試験成果を新型炉の構造に反映し、設計を確定し、製作に着手する計画である。
- 新型炉のモックアップ試験(K2MOC試験)は、目的に応じた試験フェーズを設定し、データを取得しながら段階的に実施。



4. 新型ガラス溶融炉のモックアップ試験計画

運転条件の範囲を拡大

	【フェーズⅠ】 2013年度下期	【フェーズⅡ】 2014～2015年度	【フェーズⅢ】 (検討中)
試験目的	・運転パラメータの把握・調整 ・現行炉と同等以上の性能確認 ・組成改良ピーズを用いた運転の確認	・ 新型炉の導入判断に 必要な事項の確認 ・許認可に必要なデータの取得	
a.白金族対策 (洗浄運転間隔)	10+洗浄3	10+洗浄3	30+洗浄3
b.イエローフェーズ(YP)対策	調整液添加によるYP発生を抑制(新型ガラス素材) 低減	調整液を添加せず、YP発生を抑制(バブリング)	調整液を添加せず、YP発生を抑制(バブリング)
c.DBP対策	0～300ppm ただし、DBP影響が大きい(KMOC)	沈降・堆積抑制確認 (新型ガラス素材) 30 ppm程度	沈降・堆積抑制確認 (最大300 ppm)
d.廃液濃度 (g/L)	95 g/L (燃焼度 28GWD/相当)	95 g/L (燃焼度 28GWD/相当)	117 g/L (燃焼度 45GWD/相当)
e. 廃液供給 速度(Q/h)	63 Q/h	63 Q/h	(標準) 57 Q/h
バッチ時間(h)	14h	14h	9.6h (最大) 70 Q/h

① 現行炉以上の運転を有することの確認

② 設計処理能力の確認

4. 新型ガラス溶融炉のモックアップ試験計画

フェーズⅡ試験計画

- フェーズⅡは2014年11月～5月頃にかけて実施。
- 前期試験と後期試験に分け、それぞれ熱上げ～ドレンアウトを実施する。
- 長期の安定した継続運転
- 設計条件、より厳しい条件での運転(安定運転を阻害する条件)

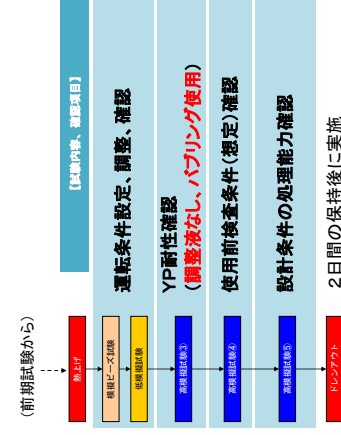
前期試験

(2014年11月～2015年1月)

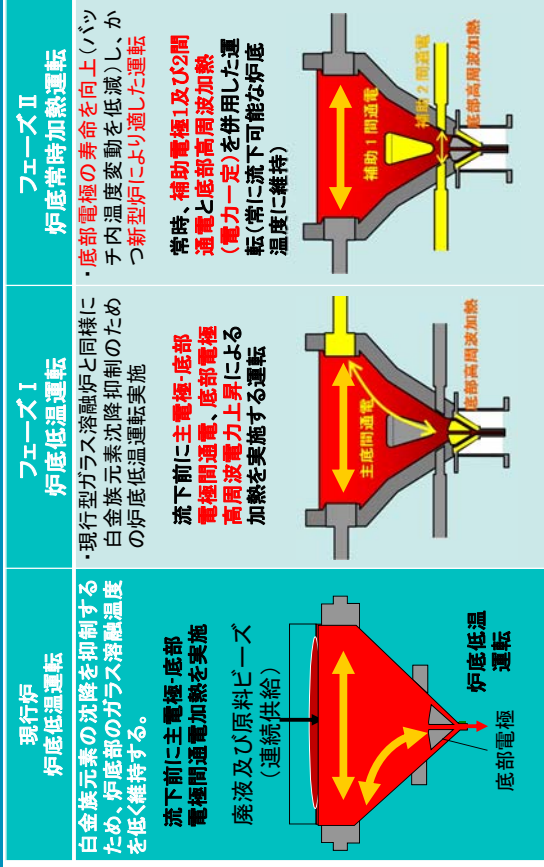


後期試験

(2015年2月～5月)

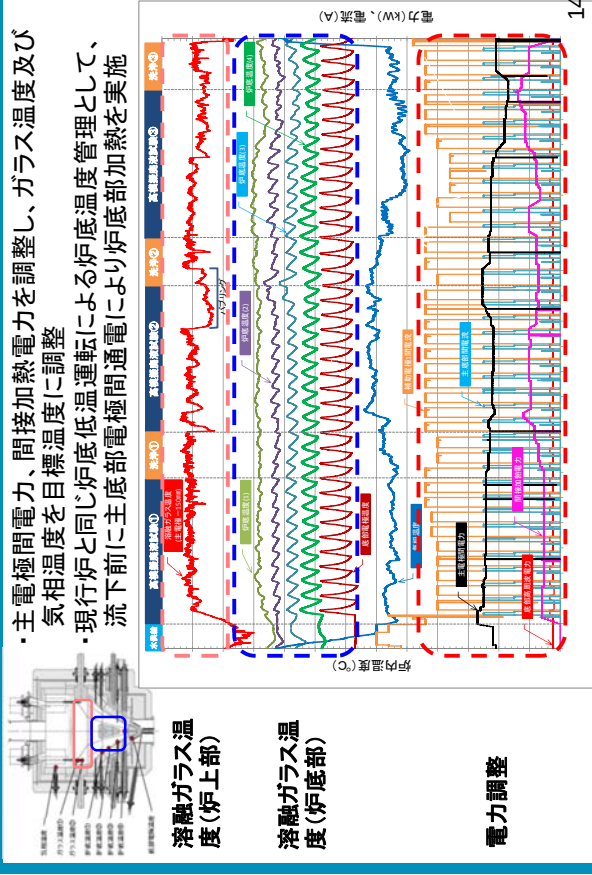


4. 新型ガラス溶融炉のモックアップ試験計画 運転方法の最適化(炉底加熱方法)



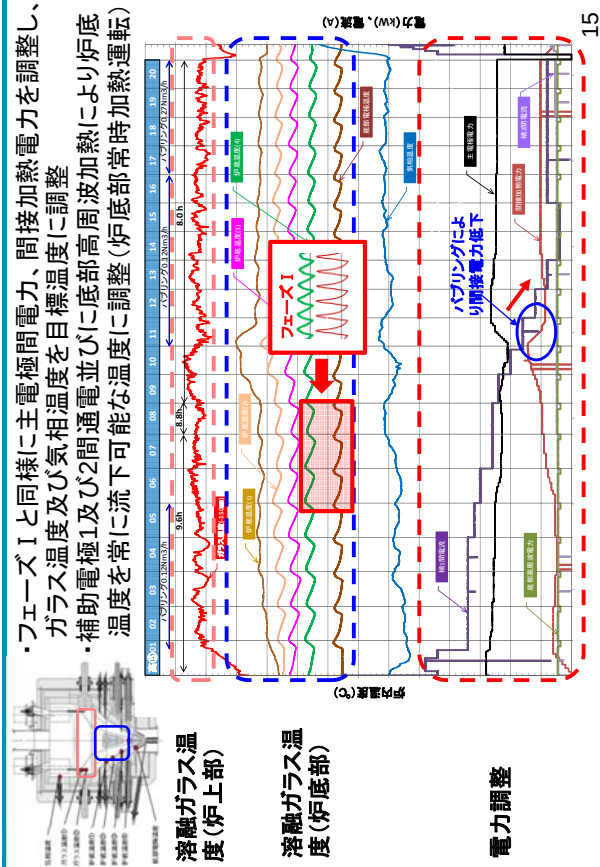
13

5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果① -温度管理(フェーズⅠ)-



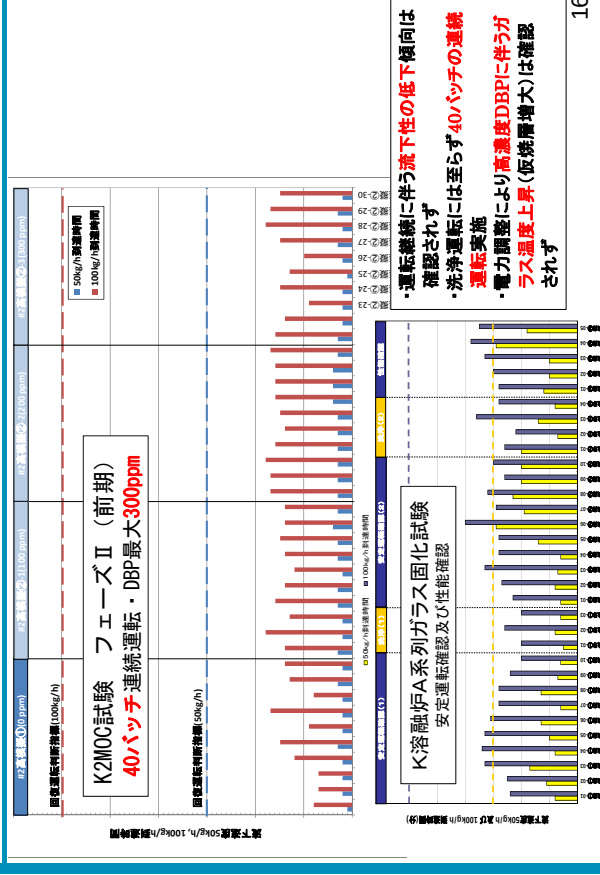
14

5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果② -温度管理(フェーズⅡ 後期試験)-



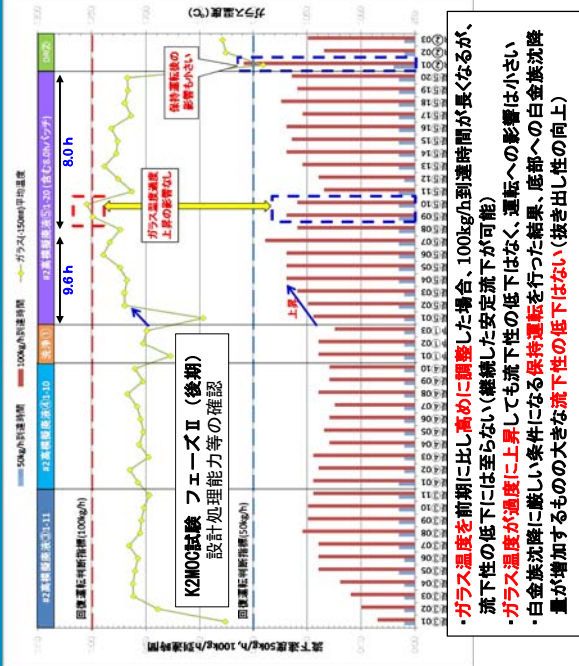
15

5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果③ -流下性(フェーズⅡ 前期)-



16

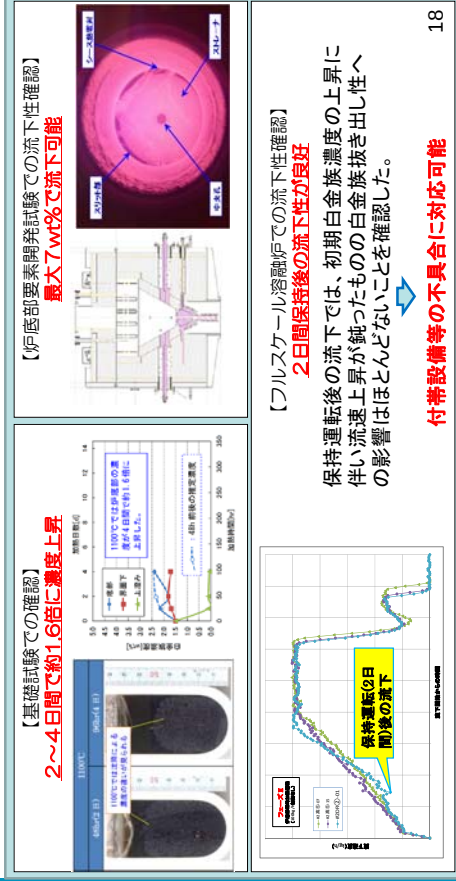
5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果④ -流下性(フェーズⅡ後期) -



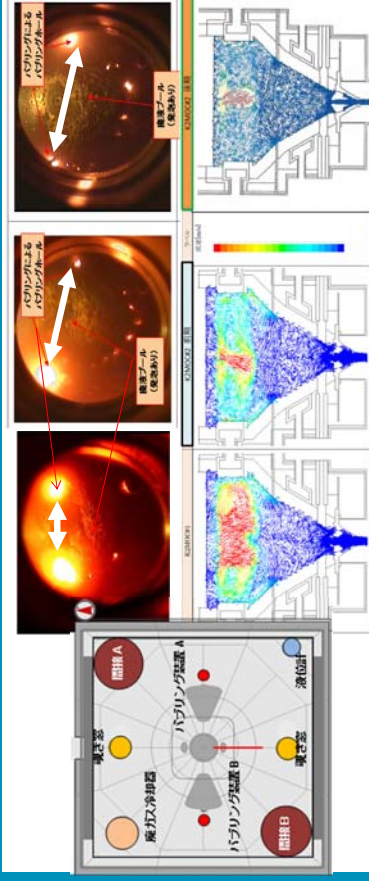
5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果⑥ -保持運転試験-



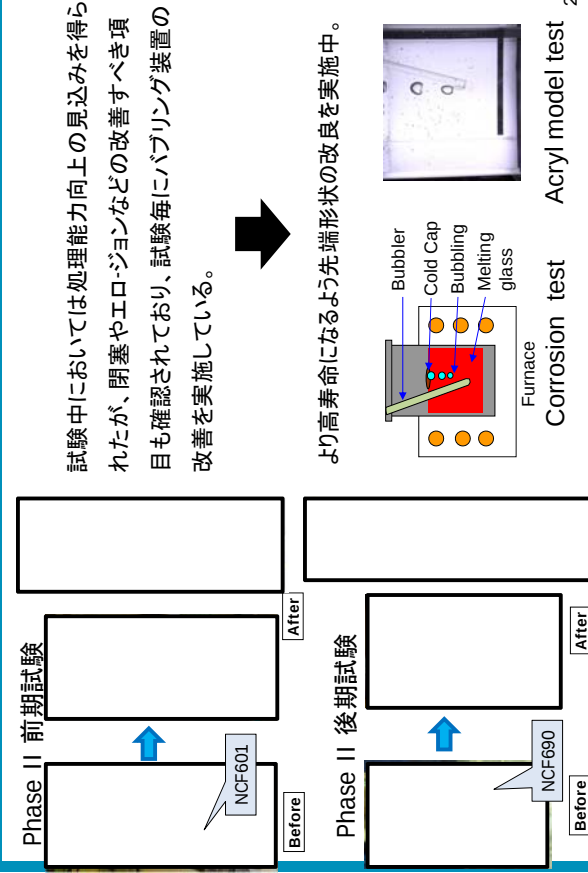
設備トラブルを想定し、通常運転から一旦保持状態とし、意図的に白金族元素を沈降させた後、流下操作を行う試験を実施(約2日間保持)



5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果⑦ -バブリング運転 (流量・吹出位置改善) -



5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果⑦ -バブリング運転(形状改善) -



5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果⑧ -炉内挿入装置-

改良型炉内挿入装置：

運転性低下時に炉底部の攪拌・流下ノズルの貫通操作を実施する装置



改良型炉内挿入装置概観



流下開始前に

炉底部での攪拌操作が可能であることを確認
(炉底部温度の変動より)



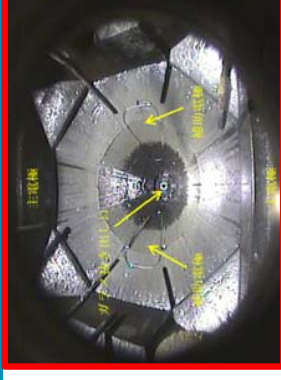
流下中に

ノズルの貫通操作が可能であることを確認
(目視観察により)



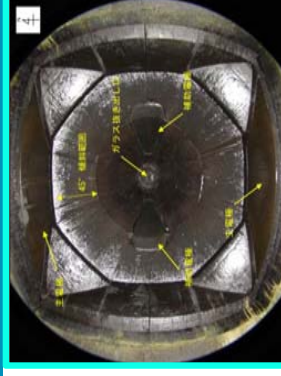
確認試験後の装置上昇中、駆動部でのガラスの固着によりインペラが装置内に収納できない事象が発生
→
運転性回復には効果が期待できるため
昇降機構の改善を引き続き検討²¹

5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果⑧ -ドレンアウト試験-



フェーズⅠ試験ドレンアウト後

(日本原燃HPより)



フェーズⅡ試験(前期)ドレンアウト後

(日本原燃HPより)

●新型ガラス溶融炉モックアップ試験では、ドレンアウト試験終了後に炉内を観察した結果、炉内の残留物は確認されず、溶融炉構造変更等の優れた効果を確認した。

(参考)

実機日系ガラス固化試験後の炉内

観察結果 (日本原燃HPより)

5. 新型ガラス溶融炉モックアップ試験結果 試験結果のまとめ

試験目的	現行炉の現状	【フェーズⅠ】 2013年度下期 更新炉として新型炉の導入を検討する の検証	【フェーズⅡ】 2014～2015年度 改修炉の導入判断に 必要となるデータの取得	【フェーズⅢ】 (今後検討予定)
a. 白金族対策 (洗浄運転間隔)	10+洗浄3	⇒ 流下性の低下なし(同等以上) ⇒ 流下性の低下なし(同等以上)	⇒ 40バッチ連続運転でも流下性の悪化なく、洗浄運転間隔の拡大可能 ⇒ 調整液添加なしでも顕著なYP発生はないこと ⇒ 調整液添加なしでも顕著なYP発生はないこと ⇒ 調整液添加なしでも顕著なYP発生はないこと ⇒ 調整液添加なしでも顕著なYP発生はないこと	⇒ 設計条件廃液による700h(400kg/8h)の最大処理能力を確認し、更にバブリング運転により処理能力に裕度が出ることを確認
b. エロフエー ズ(VP)対策	調整液添加によるYP形成成分の低減	⇒ 新型ガラス素材によるYP発生抑制効果確認できず	⇒ 最大300ppmでも同収率層コントロールができ、影響は小さい。沈降等による流下性悪化はない。	
c. DBP対策	0～300ppm運転可 ただし、300ppmではDBP影響が大きい			
d. 廃液濃度 (g/L)	95 g/L (燃焼度28GWD/t 相当)	95 g/L (燃焼度28GWD/t 相当)		
e. 廃液供給 速度(L/h)	63 L/h	63 L/h		
バッチ時間(h)	14h	14h		

より厳しい条件

⇒ 設計条件廃液による700h(400kg/8h)の最大処理能力を確認し、更にバブリング運転により処理能力に裕度が出ることを確認

⇒ 設計条件廃液による700h(400kg/8h)の最大処理能力を確認し、更にバブリング運転により処理能力に裕度が出ることを確認

⇒ 設計条件廃液による700h(400kg/8h)の最大処理能力を確認し、更にバブリング運転により処理能力に裕度が出ることを確認

⇒ 設計条件廃液による700h(400kg/8h)の最大処理能力を確認し、更にバブリング運転により処理能力に裕度が出ることを確認

6. まとめ

【開発状況のまとめ】

- 洗浄運転を行わない40バッチ連続運転、ガラス温度の過度の上昇及び限界試験としての保持運転でも流下性の大きな低下はなく、炉底部への白金族堆積の兆候は見られず、かつドレンアウト後に残留物は認められなかった。
- 現行炉の「炉底低温運転」及び新型炉に適した「炉底常時加熱運転」を実施した結果、どちらも流下運転を安定的に実施でき、特に後者は底部電極寿命の向上及び流下時間の短縮等により優位性が高いことを確認した。
- バブリング等によるYP発生抑制の顕著な効果は確認できなかったが、現行炉で運用している調整液添加なしでも顕著なYP発生がないことを確認した。更なる発生抑制に向けた発生メカニズムの追求等の検討を行っていく。
- バブリング装置による処理性能の裕度向上が見込めることなどを確認した。

【今後の予定】

- 更新炉として新型炉を導入する妥当性評価を実施中であり、今後、更新用の新型溶融炉の設計を確定していく。

ポスターセッション

13:40～14:40

ポスターセッション発表

対象分野 1. 人材育成/各大学の原子力教育取組み

1-1

福井大学における原子力人材育成

○有田 裕二^{*1}

＊1 福井大学附属国際原子力工学研究所

福井大学における人材育成の取組みについて紹介し、今後の取組みについて意見交換する。

対象分野 7. 分離変換研究、サイクル研究

7-1

再処理プロセス・化学ハンドブック第3版の整備

○津幡 靖宏^{*1}、朝倉 俊英^{*1}、筒井 菜緒^{*1}、伴 康俊^{*1}、宝徳 忍^{*1}、松村 達郎^{*1}、森田 泰治^{*1}、本間 俊司^{*2}

＊1 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

＊2 埼玉大学 理工学研究科

原子力機構・原子力基礎工学研究センターでは、従来より多く活用されてきた「再処理プロセス・化学ハンドブック」を新たに改訂し、2015年3月に「第3版」¹⁾を刊行した。湿式再処理分野に関わるこれまでの多くの知識・経験を継承、整理し、将来の燃料サイクルの推進と研究開発のために役立てていくことが重要と考え、プロセスと関連する化学について基礎基盤の情報をまとめたものである。想定される高燃焼度ウラン燃料、MOX燃料の利用とそのリサイクル、さらにはマイナーアクチノイド等の分離回収を目指した研究開発、課題解決に向けた取り組みの一つである。

今回の改訂版の製作にあたっては、国内の大学、企業、研究所、原子力機構の有識者による再処理プロセス・化学ハンドブック検討委員会（2010～2014年度）を組織し、活発な意見交換を行いながら文献資料の調査、執筆及び査読を進めた。

本セミナーでは、改訂内容とそのねらいについて概要を紹介する。多くの研究者・技術者の皆様に活用頂くとともに、今後に向けた御意見を頂ければと考えている。

なお下記機構 HP より、PDF 版の入手が可能となっている（正誤表や旧版ハンドブックも同サイトに掲載）。

<http://www.jaea.go.jp/> → "研究成果" → "JOPSS" → キーワード "ハンドブック" で検索

1) 再処理プロセス・化学ハンドブック検討委員会, 再処理プロセス・化学ハンドブック第3版, JAEA-Review 2015-002, 2015.

7-2

双性イオンを官能基とする樹脂による白金族元素の選択分離法の開発

○鈴木 智也^{*1}、森田 圭介^{*1}、佐々木 祐二^{*1}、松村 達郎^{*1}

*1 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

高レベル廃液に含まれる白金族元素 (Ru, Rh, Pd) は、ガラス固化体の生成を阻害するため、分離回収し、有用資源として利用することが望ましい。しかしながら、白金族元素、特に Rh 及び Ru に有効な分離剤に関する報告は、ほとんどない。これまでの研究から、双性イオンである N,N,N-trimethylglycine を官能基とする樹脂 (カルボベタイン型イオン交換樹脂) が、白金族元素に関し、比較的の高い吸着選択性を有することがわかっている。本研究では、カルボベタイン型イオン交換樹脂の Ru(III), Rh(III), Pd(III) に関する吸着及び溶離特性を詳細に検討した。

7-3

遠心抽出器を用いた酸分配法によるプルトニウムの分配挙動

○中原 将海^{*1}、駒 義和^{*1}、中島 靖雄^{*1}

*1 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

高速炉再処理のため還元剤を使用しない酸分配法を用いたフローシートを構築し、向流多段抽出試験によりプルトニウムの分配挙動を評価した。

7-4

東海再処理施設における U,Pu 共回収プロセスの開発

○工藤 淳也^{*1}、柳橋 太^{*1}、星 貴弘^{*1}、多田 一仁^{*1}、佐藤 武彦^{*1}、藤本 郁夫^{*1}、大部 智行^{*1}

*1 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

核拡散抵抗性を向上させるため、Pu を単離しない (できない) 抽出プロセスを設定し、ミキサセトラ試験を通してその実現性について評価した。これらの内容について報告する。

7-5

新規抽出剤を用いたマイナーアクチノイド分離プロセスの開発

○松村 達郎^{*1}、鈴木 英哉^{*1}、津幡 靖宏^{*1}、柴田 光敦^{*1}、黒澤 達也^{*1}、川崎 倫弘^{*1}、佐川 浩^{*1}

*1 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

高レベル廃液中に含まれる長寿命核種であるマイナーアクチノイド (MA) を分離・回収し、短寿命あるいは安定核種に変換する分離変換技術は、高レベル廃棄物ガラス固化体処分の負担軽減に寄与するものとして期待されている。本研究では、廃棄物の発生量が少なく抽出性能が高い TDdDGA 抽出剤によって MA を希土類元素(RE)と共に回収(MA・RE 一括回収)し、さらに新規に開発を進めているソフトドナー抽出剤またはハイブリッド型抽出剤によって相互に分離(MA/RE 相互分離)する 2 段階の分離プロセスの開発を進めている。現在、MA・RE 一括回収プロセスは、TDdDGA 抽出剤による模擬高レベル廃液の連続抽出試験により 3 価 MA である Am を検出限界以下まで回収できることを示し、MA/RE 相互分離プロセスの開発では、複数の新規抽出剤の MA/RE 相互分離性能を確認し、プロセス構築の検討を進めている。

対象分野 8. ガラス固化技術研究

8-1

ガラス溶融炉への電気抵抗トモグラフィの適用

○宮坂 郁^{*1}、一条 憲明^{*1}、酒井 泰二^{*1}、藤原 寛明^{*1}、上ノ山 周^{*2}、仁志 和彦^{*2}、三角 隆太^{*2}

*1 (株)IHI

*2 横浜国立大学大学院

新型ガラス溶融炉のモックアップ試験において、炉内既設構造物を用いた電気抵抗トモグラフィの適用性を検討した。

8-2

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究 (その 1)

～低レベル廃棄物に対する溶融ガラス化の検討～

○鬼木 俊郎^{*1}、立花 孝洋^{*1}、柿原 敏明^{*1}、福井 寿樹^{*1}、遠藤 芳浩^{*1}

*1 (株)IHI

低レベル廃棄物を対象として、減容性が高く、より安定した廃棄体とするためのガラス固化技術の開発状況を報告する。

8-3

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究（その2）
～高レベル廃棄物に対する溶融ガラス化の検討～

○多田 晴香^{*1}、兼平 憲男^{*1}、矢野 哲司^{*2}、松岡 純^{*3}、菅原 透^{*4}

*1 日本原燃㈱

*2 東京工業大学

*3 滋賀県立大学

*4 秋田大学

高レベル廃棄物を対象として、減容性が高く、より安定した廃棄体とするためのガラス固化技術の開発状況を報告する。

対象分野 9. その他、バックエンドに関する研究

9-1

フェロシアン化物系吸着材の安定固化技術の開発

○下田 千晶^{*1}、中村 秀樹^{*1}、井上 由樹^{*1}、阿部 紘子^{*1}、松宮 浩志^{*2}

*1 (株)東芝 原子力化学・サイクル技術開発部

*2 (株)東芝 原子炉・量子応用技術開発部

1F 汚染水処理で生じた廃棄物の減容に関して

対象分野 12. 学生の研究発表

12-1

ゲル薄膜塗布法によるプルシアンブルーの新規造粒手法の開発

○坂井 悠介^{*1}、金澤 恵太^{*1}、稲葉 優介^{*1}、竹下 健二^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

高い Cs 吸着性能を持つプルシアンブルーは微粒子であるため使用後の回収が困難であり、賦形化の必要性がある。

本研究ではプルシアンブルーをゲル薄膜塗布法により多孔質シリカゲルに担持させた複合吸着剤の作製手法及び吸着性能を報告する。

12-2

小学校 6 年生の考える「高レベル放射性廃棄物処分のリスク」
—幸式ワールドカフェを通して—

○幸 浩子^{*1}

*1 京都大学大学院エネルギー科学研究科

2013 年度及び 2014 年度に実施した放射線出前授業の中から、高レベル放射性廃棄物処分についての授業のアクティビティー（幸式ワールドカフェ）の結果に焦点を合わせて、放射線理解と高レベル放射性廃棄物処分の方法に関する小学校 6 年生の考えを分析し考察する。放射線授業内容と幸式ワールドカフェについても紹介する。

12-3

アミノ酸を用いた新規ベタニウム型イオン液体の合成とその U(VI)抽出能の評価

○森 貴宏^{*1}、鷹尾 康一郎^{*1}、池田 泰久^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

ウラン濃縮工場から排出されるウラン廃棄物の除染工程では、溶媒抽出を利用したウランの分離が必要とされる。溶媒抽出には長い間、有機溶媒が使用されてきたが、近年難燃性、難揮発性を有するイオン液体が、環境負荷低減の観点から抽出溶媒としての利用を期待されている。これまでの研究で、ベタニウム型のイオン液体[HGbet][Tf2N]が U(VI)に対する抽出能を有することが分かっていたが、抽出率は 70%程度であった。本研究では U(VI)に対し、より高い抽出能を有するベタニウム型のイオン液体の合成を目的とし、アミノ酸を原料としてイオン液体の合成を行った。結果として、新しく合成したイオン液体は U(VI)に対して高い抽出能を有することが確認できた。

12-4

マイクロ波と熱応答性イオン液体を用いた高レベル放射性廃液からの
白金族元素迅速抽出法に関する研究

○池田 沙紀^{*1}、森 貴宏^{*1}、鷹尾 康一郎^{*1}、池田 泰久^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

高レベル放射性廃液からの Ru、Rh、Pd の分離は、そのガラス固化処理を効果的に行う上で重要である。本研究では、熱応答性相分離挙動を示すイオン液体である[Hbet][Tf2N]と金属イオンの反応性を活性化するマイクロ波を用いることにより、置換不活性なために従来技術では抽出の効率が悪かった白金族元素の迅速抽出が達成され得ると考え、その確認のための基礎試験を行った。

12-5

光触媒的水素製造を目指した新規ウラニル錯体の合成とキャラクタリゼーション

○明石 信^{*1}、鷹尾 康一郎^{*1}、池田 泰久^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

近年、ウラニル錯体の光化学的性質に起因した水の分解に伴って水素の発生が報告されている。ウラニルイオンの光化学的反応性に基づいて、太陽光再生可能エネルギーを利用した光触媒的水素発生反応系を構築できれば、ウラン資源有効利用法としての方向性のひとつが見出されうる。

本件旧では錯体化学的見地から光触媒的水素発生反応に適すると思われる分子構造の設計を行い、新規ウラニル錯体の合成およびキャラクタリゼーションを行った。

12-6

バーナブルポイズンを利用した重希土類元素の核変換による金属資源生成に関する研究

○田上 友基^{*1}、横山 次男^{*1}、小澤 正基^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

軽水炉燃料には、重希土類元素であるガドリニウム (Gd) がバーナブルポイズン (BP) として添加されているが、その中性子捕獲によって生成されるテルビウム (Tb) やジスプロシウム (Dy) は、蛍光材料や磁性材料としての産業利用価値が高いため、再処理時の分離回収が望ましい。本研究ではまず、BP が燃料ペレットに混ぜられている従来の軽水炉燃料体系についての燃焼計算を行い、生成される Tb や Dy の資源性を定量的に明らかにした。また、容易に分離回収が行えるように BP を燃料ペレットと予め分離して配置した構造の燃料ピンを検討・設計し、核分裂由来の長半減期同位体を含む Tb が BP 由来の Tb に混入しない新たな燃料体系を提案した。これにより、クリアランスレベルまでの冷却期間を大幅に短くできる上に、軽水炉の安全性を損ねず高効率で有用金属資源の生成と回収が可能となる見通しを得た。

12-7

高レベル廃液の熱分解挙動の解明
～ルテニウムの存在がランタノイド硝酸塩／アルカリ金属硝酸塩の
熱分解反応に及ぼす影響～

○川合 康太^{*1}、中野 義夫^{*1}、竹下 健二^{*1}、永井 崇之^{*2}、小林 秀和^{*2}、天本 一平^{*2}、
菖蒲 康夫^{*2}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

*2 原子力機構・核サ研

本研究では、ガラス固化熔融炉内の現象解明を目的として、高レベル廃液の熱分解挙動を検討している。本発表では、高レベル廃液中のルテニウムの存在が高レベル廃液中に含まれる他の主要金属硝酸塩の熱分解に与える影響を熱重量分析計により検討した。その結果、ランタノイド硝酸塩およびアルカリ金属硝酸塩の熱分解反応に影響が見られた。特に、ルテニウムの存在がアルカリ金属硝酸塩の熱分解反応を促進することが明らかとなった。

12-8

福島第一原子力発電所事故で発生した汚染水からのトリチウム回収

○小菌 俊介^{*1}、竹下 健二^{*1}、稲葉 優介^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

本研究は、福島第一原子力発電所事故で発生した汚染水からのトリチウム回収に対し、疎水性白金触媒を用いて、水・水素同位体交換法によるトリクルベッド装置を用いた場合の分離プロセスの規模を評価することを目的とする。

12-9

ゲル液抽出法によるソフト性金属（MA）の吸着・回収

○河村 卓哉^{*1}、竹下 健二^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

核燃料再処理プロセスに適用可能な多座包接型配位子である TPEN を高濃度に含有する TPEN-NIPA クロマト分離剤を作製しソフト性金属（MA）の吸着・回収性能を評価した。

12-10

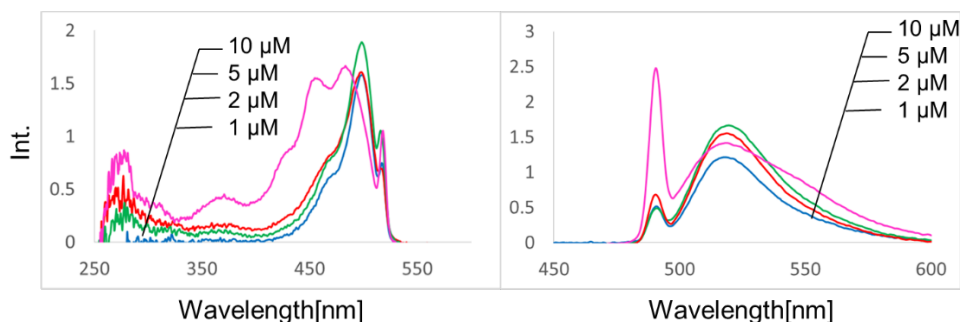
ランタノイド発光センサーの創製

○樋田 吉紀^{*1}、塚原 剛彦^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

核燃料再処理工場における工程管理の簡素化と二次廃棄物の低減に向けて、新しい核種分離分析法の開発が望まれている。簡便で高感度な分析法として蛍光分析法があるが、再処理廃液に含まれるランタノイドイオン (Ln(III)) は常磁性のため、消光し易く分析に不向きであり、また、化学的な特性が非常に類似している Ln(III) の相互分離は難しいという課題がある。そこで本研究では、 Ln(III) を選択的に分離でき、かつ、蛍光検出を可能とする新しい環状キレート試薬を合成することを目的とした。DOTA 骨格を有する Ln(III) 配位部位とフルオレセイン骨格を持つ蛍光部位とを塩基性溶液中で反応させた後、シリカゲルカラム等を用いて精製することで、目的化合物

(FITC-DOTA)を得た。さらに、NMR 等の各種分光分析装置を用いて、目的化合物の構造及び光学特性を解析した。その結果 Tb(III) を加える事によってピークが明らかにシフトすることが判明した。図 1 に Tb(III) を添加した際の励起及び蛍光スペクトルを示す。

図 1. 各 Tb(III) 濃度における FITC-DOTA の励起及び蛍光スペクトル

12-11

Poly(NIPAAm)を骨格とするクラウンエーテル含有ポリマーの合成と評価

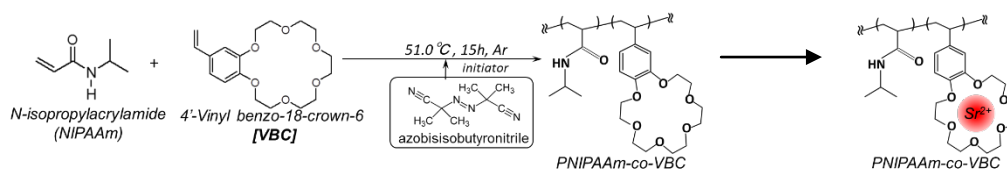
○佐賀 要^{*1}、塚原 剛彦^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

使用済み核燃料の再処理工程では、様々な核種が含まれている大量の高レベル放射性硝酸廃液が発生する。特に、Sr-90は28.8年という半減期と発熱性核種であるため、もともと有害な放射性物質のひとつである。現在は、溶媒抽出、カラムクロマトグラフィーや沈殿法などの化学分離法が用いられている。これらの分離法はすでに確立されており優れているが、分離操作に時間がかかる、化学操作が複雑、大量の二次廃液が生じる等のデメリットが上げられる。つまり、二次廃液を少なく、被ばく量を最小限に抑えることのできる、簡便で迅速な分離法が求められる。

これまでに、私たちの研究室では感応性ポリマーであるpoly N-isopropylacrylamide (PNIPAAm)を用いた新しい金属イオン分離法を確立してきた。PNIPAAmは、温度変化により親水・疎水性を変化させることができる。これまでに金属イオンを含む水溶液に、このPoly(NIPAAm)と配位子とを混ぜた後、温度を変化させるだけで、標的金属イオンをポリマーゲルとして吸着回収できることを見出してきた。有機溶媒や樹脂を利用せず、水系で操作可能な新しい分離手法である。本研究では、Srイオンの分離を目指し、イオン選択性と持たせるためにクラウンエーテルを用いた。Poly(NIPAAm)を骨格とするクラウンエーテル含有コポリマー(PNIPAAm-co-VBC6)を合成する(Scheme 1.)と共に、硝酸・塩酸溶液中におけるコポリマーの特性を明らかにした。NMRとゲル浸透クロマトグラフィーの分析結果から、目的物質であるPNIPAAm-co-VBC6を合成できたことを確認した。また、PNIPAAm-co-VBC6の水溶液中と酸溶液中での下限臨界溶液温度(LCST)をUV-Visスペクトロペーター測定した。水溶液中では、PNIPAAm-co-VBC6のLCST=35.0℃であり、2M硝酸溶液中では、LCST=9.0℃にまで低下することを確認した。

これらの硝酸溶液中での特性から、PNIPAAm-co-VBC6が温度上昇(LCST以上)によってゲル化することが分かった。このPNIPAAm-co-VBC6ゲル化によってSrイオンの分離の可能性をあることを確認した。

Scheme 1. PNIPAAm-co-VBC6の合成と copolymer-Sr²⁺ ホスト-ゲスト錯体.

12-12

BNCT 用ホウ素含有ポリマーナノミセルの創製

○米岡 修一郎^{*1}、塚原 剛彦^{*1}

*1 東京工業大学 原子炉研究所

現在発展途上にあり、今後有望な放射線ガン治療法の一つにホウ素中性子捕捉療法 (BNCT)がある。BNCT ではホウ素を高濃度かつ選択的に腫瘍内に集積させることが重要となるが、既存のホウ素薬剤では選択性・集積性に課題があり、より高機能なホウ素薬剤が求められている。本研究では、高機能な BNCT 薬剤に資する、温度応答性ポリマーである Poly[N-isopropylacrylamide] (PNIPAAm) を骨格としたホウ素含有ナノミセルを合成することを目的とした。PNIPAAm 及び PNIPAAm とホウ素含有モノマー 3-(Acrylamido)phenylboronic acid (PBA) (Fig.1) との共重合ポリマー Poly[NIPAAm-*co*-PBA]をそれぞれ合成し、それらの特性を評価した。その結果、PNIPAAm の下限臨界溶液温度は 30℃であるのに対し、Poly[NIPAAm-*co*-PBA]は 14℃となり、PBA 付加に伴って疎水化が進行することが明らかとなった。そこで、前者を親水部、後者を疎水部としたジブロックコポリマー Poly[NIPAAm-*b*-NIPAAm-*co*-PBA]を合成し、LCST を測定したところ、18℃と 23.5℃に 2 段階の LCST を確認した(Fig.2)。これはナノミセルの形成を示すものである。

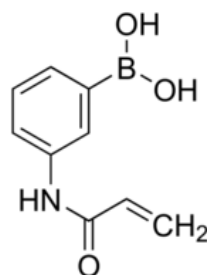
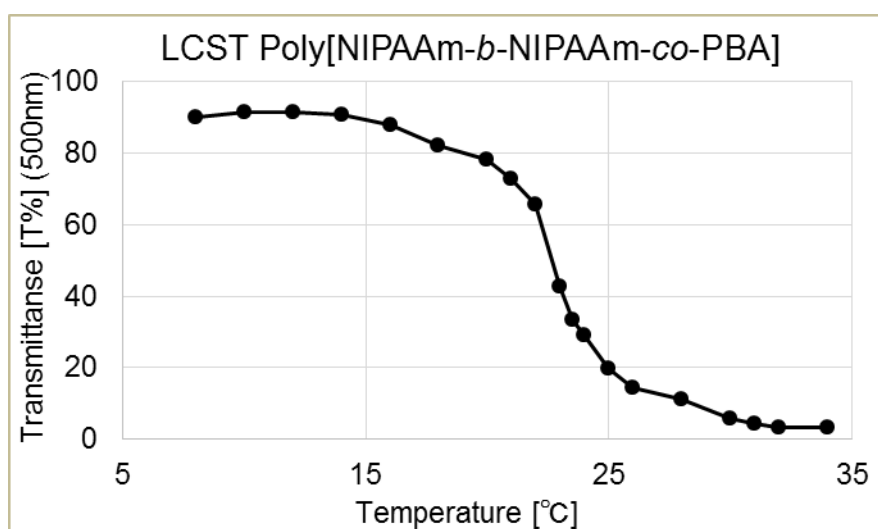


Figure 1 : 3-(Acrylamido)phenylboronic acid

Figure 2 : Poly[NIPAAm-*b*-NIPAAm-*co*-PBA]の LCST

1 2 – 1 3

Solvent extraction of PGM from Nitric Acid Solutions

○Michal Cibula^{*1}、Yusuke Inaba^{*1}、Hirokazu Narita^{*2}、Kenji Takeshita^{*1}

* 1 Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology

* 2 Environmental Management Research Institute, National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology

Novel thiodiglycolamide (TDGA) extractants were synthesized and their ability to extract PGM from nitric acid solutions were studied. Mechanism of Pd extraction was clarified. Synergistic effect of TDGA extractants and tertiary amine compounds for extraction of Rh and Ru was observed.

パネルディスカッション

これからの再処理の定義とミッション

コーディネーター

長岡技術科学大学 鈴木 達也氏

パネリスト

(株)ATOX 吉田 善行 氏

東京電機大学 寿楽 浩太 氏

東北大学 山村 朝雄 氏

(独)日本原子力研究開発機構 小泉 務 氏

日本原燃(株) 中村 裕行 氏

平成 27 年 12 月 11 日

長岡技大 鈴木達也

課題 WG で議論された再処理ミッション再定義。

再処理・リサイクル部会課題議論 WG では、再処理に係わる課題を抽出し、その相関関係やそれら課題が発生した理由や原因について議論を重ね、まず解決しなければならない課題について討議した。

その結果、様々な再処理の問題の根本的な問題の一つに、再処理技術のミッションが明確でないか、あるいは時代要請に必ずしも応えるものではなくなっているのではないかと言う結論に達し、再処理部会あるいは原子力学会として「再処理のミッション再定義」を行い、社会の要請に応えると共に夢のある再処理技術ミッションを社会に発信するべきであると考え、新たなミッション（案）を以下のように考えた。

再処理の定義とそのミッション（案）

核燃料再処理は、核燃料サイクルを構成する種々の要素を繋ぐ重要な基盤であり、核燃料再処理技術とは、原子炉内から取り出された燃料に係る分離技術を主体とするものである。その役割は、エネルギーの持続的利用に供するための燃料リサイクルおよび放射性廃棄物の処理処分の負荷軽減に資するものである。

以上

再処理の定義とミッション:

(純技術論的には)核燃料サイクル政策に適合した再処理技術をもって、目指す核燃料サイクルを閉じる。

【これまでの定義とミッション】

従前の我が国の一貫した“核燃料サイクル政策”のもとで、「軽水炉・高速炉燃料サイクルを形成するための、使用済燃料からリサイクル用燃料成分／核分裂生成物・MAを分離回収する技術」

**【これまでの再処理研究(学会等)の役割】 ← “役割”は明確。
必要なあらゆる技術的課題に係る研究・開発を達成し、課題を解決する。**

- (1) 核燃料サイクルの進展に見合った再処理技術を研究開発し、高度化策に反映。
- (2) 再処理技術の成立性、優位性を実証し、サイクル全体シナリオの合理性を立証。
- (3) 再処理に係る広範な基礎・基盤専門分野の人材の成長を促す、など

○ 現実には、役割を果たし切れていない部分があるのも確か。
⇒ これまでの進め方の問題点、反省点を明確にして、今後の進め方に活かしていかなければならない。

1

核燃料サイクル政策の変遷

- (1) 従前の一貫した高速増殖炉・核燃料サイクル政策(1950年代、1956年第1回長期計画～)
- (2) 原子力政策大綱(2005): 4つのシナリオ。(a)全量再処理・高速炉／(b)部分再処理・部分直接処分／(c)全量直接処分／(d)当面貯蔵。広範な選択肢を評価し、将来政策の柔軟性を確保する。背景の一つに、従前政策(もんじゅ、六ヶ所再処理工場、地層処分地選定)の遅れ。
- (3) 原子力立国計画(2006): 早期の軽水炉サイクルの確立を目指す。
- (4) 革新的エネルギー・環境戦略(2012): 原発に依存しない社会を目指す。再処理事業には従来の方針通り取り組む。直接処分研究に着手。廃棄物減容、有害度低減化技術の研究開発。
- (5) エネルギー基本計画(2014): 使用済燃料問題の解決に向けた取り組みの強化、推進。核燃料サイクル政策の推進。中間貯蔵、放射性廃棄物の減容・有害度低減技術の開発、再処理やプルトニウムの推進。Pu資源回収から廃棄物マネジメントのための再処理へ。

○ 時代とともに核燃料サイクル政策が変遷することによって、(少なくとも短期的には)従前の再処理の定義、ミッションが根拠を失い、研究開発(学会等)の役割が不透明な状況下で方向性を見つけ出さなければならない。今がその時期にあたる。

2

純技術論的視点からのこれまでの問題点、反省点と“これから”

- もんじゅ・六ヶ所工場・地層処分事業がなぜ計画通りに進まなかったか？
- 半世紀もなぜ不変な政策が継続されてきたか？

- ・計画自体が現実的でない。(技術の“現状認識、進歩予測”が計画に正しく反映されていない。政策が優先するあまり技術論が二の次に。)
- ・研究開発の成果が適切に活用されない。(核燃料サイクルの進展に見合った技術開発、高度化がなされていない。研究・技術開発の課題設定が不適当。ブレイクスルー的成果が見当たらない。(公募事業等の)成果があっても政策に反映されず。)
- ・技術論が政策を先導する仕組みが整っていない。(政策を後追いつける技術論)

【再処理研究】あくまでも一例: “研究開発は研究・技術者の自由意思に基づく”が原則

- ・六ヶ所工場の化学的課題を徹底的に解明・解決し、必要な高度化を進める。もって、再処理の合理性、妥当性を確実に証明する(迅速に)。
- ・現柔軟政策への対応が可能な六ヶ所工場の改造、次期工場の計画を早期に。
- ・再処理+MOx利用+地層処分+直接処分の“三位一体”の開発を。(どれか一つでも欠けたら“他の足を引っ張り合う!”)

- ・再処理技術・データの記録・保存・伝承(テキスト「核燃料サイクル」の作成など)

3



核燃料サイクルならびに原子力技術が社会で 受容されるための課題と問題点について

第11回 再処理・リサイクル部会セミナー
『社会のニーズに対応した核燃料サイクル技術の研究基盤の形成と人材育成』
2015年12月11日 東京工業大学くらまえホール
東京電機大学 寿榮 浩太



現状：信頼の喪失と総括の不在

- ▶ 福島原発事故：原子力技術、原子力利用政策・プログラム、原子力関係機関・事業者、原子力専門家への信頼の決定的毀損
 - ▶ 回復には否応なく長期間が必要（信頼の非対称性原理）
 - ▶ 処方箋は広報などによる「説得」ではなく、良好実績の積み上げ以外ない
 - ▶ 原子力に対する支持の回復があっても、消極的 support の可能性：「しかたない」「やむをえない」「必要悪」...
- ▶ 事故のインパクトは確かに大きかったが、それ以前から社会の変化に対する適応に失敗しつつあったと厳しく振り返るべき
 - ▶ 右肩上がりの成長を前提に、将来のペイバックで様々なコストを回収すればよい、とする考え方は福島事故以前、ずっと前の時点で説得性を欠いていた
 - ▶ サイクル関連研究開発・事業に対するコストの投下は適切な管理を欠き、許容されるべき水準を超えてしまったと総括し、責任所在を明確化して過去と決別しない限り社会的 support は得られないのではないか



過去のメリット論との決別の必要性

- ▶ 既存の原子力利用の「メリット」論はいったん白紙に戻して考えるべき
 - ▶ 棚上げすべき議論：低コスト論、エネルギー自立論、化石燃料枯渇論、他エネルギー源批判論...
 - ▶ 市民はそれらを「知らない」のではなく、それなりに理解した上で「相対的に重要視していない」「立論の根拠や妥当性を疑っている」
 - ▶ 電力がaffordableなコストで安定供給されることなどはもはや改めてメリットとは認識されない、当然の前提
 - ▶ 原子力だけがそれについての比較優位を語れる存在とは思っていない
 - ▶ 安全性向上も当然の前提であり、積極的な好材料とはならない
 - ▶ 再処理工場運轉遅延、もんじゅ長期不稼働等により、サイクルの実現性が信用されていない



「新たな提案」はないのか

- ▶ すでに語ってきたメリットを繰り返したり、既存の技術や施設をベースにした議論をしたりするのはなく、今の社会の課題に即した新たな提案を
 - ▶ x：供給・生産性志向、スケールメリット、ランニングコスト低減、集中電源志向、野心的な技術開発...
 - ▶ o：バックエンド・環境志向、安全性、適応性、初期投資低減、分散電源志向、より入手・実現容易な技術...
- ▶ 社会に対する提案の仕方や研究開発体制も変化する必要
 - ▶ 当該技術の利害得失や社会的影響についての総合的なアセスメントの実施と社会的意思決定への活用（Technology Assessment: TA）
 - ▶ 技術開発の上流段階からの市民参加（Upstream Engagement）
 - ▶ 技術・政策/パッケージの多元性・複数性：「オールジャパン」→複数案の競争的提案



JAEAの現状について

再処理を中心とした燃料サイクル開発と技術基盤の維持

平成27年12月11日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

小泉 務

今後の研究開発の展開

◆「もんじゅ研究計画」、「エネルギー基本計画」を反映した原子力機構の「第3期中長期計画」に基づき、以下の研究課題を中心に研究開発を推進

- **「高速炉の研究開発」**
 - **「もんじゅ」の研究開発**
 - 高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発
 - FBR/FRの安全性強化を目指した研究開発
 - ASTRID開発協力を通じた実証技術開発
 - **「核燃料サイクルに係る再処理、燃料製造及び放射性廃棄物の処理処分に関する研究開発」**
 - 使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発
 - **放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発**
- ◆ 研究開発のための**試験フィールドの整備**
 - **高速増殖原型炉「もんじゅ」** ➡ **早期の保安措置命令解除**
 - **高速増殖炉「常陽」** ➡ **来年度の設置変更許可申請**
 - **Pu燃料第3開発室** ➡ **加工事業化**
 - **ホットラボ、照射後試験 (PIE) 施設** ➡ **新規制基準対応**
 - **ナトリウム等試験施設** ➡ **ナトリウム試験施設の集約化**

2



ASTRID炉



原型炉「もんじゅ」



実験炉「常陽」



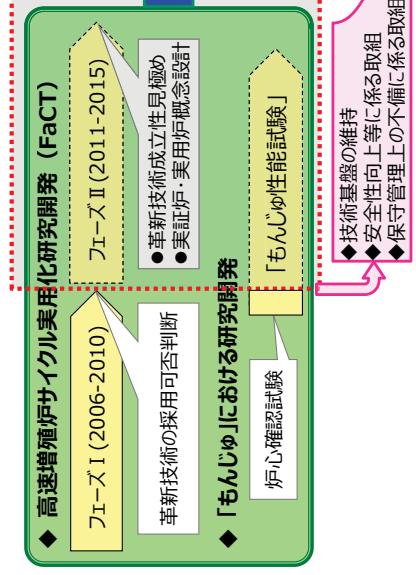
AtheNa施設

震災を契機とした高速炉サイクル研究開発の変遷

- ◆ 高速増殖炉サイクル実用化研究開発(FaCT)フェーズⅠ成果取りまとめ (2011年3月末)
- ◆ エネルギー・原子力政策の見直しを踏まえ、FaCTフェーズⅡへの移行を見送り (2011年)
- ◆ エネルギー基本計画 (2014年4月) を踏まえ、当面はもんじゅ研究計画を中心に推進

2011年3月11日 (東日本大震災)

2006 2010 2015
※ フェーズⅡ移行、性能試験見送り



高速炉サイクル技術のそれぞれの研究課題

● 高速炉サイクルによる廃棄物減容・有害度低減の技術見通しを得るためには、Pu利用柔軟性向上、MA分離・変換関連サイクル技術等の確認が必要



3

7

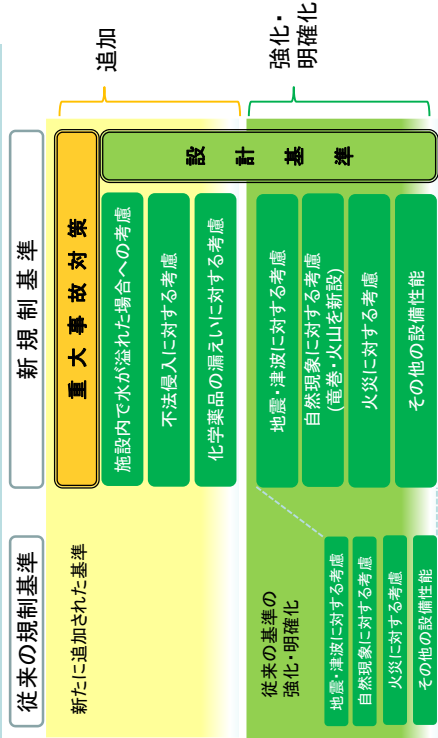
六ヶ所原子燃料サイクル施設における
新規制基準への適合性審査の状況等について

2015年12月11日
日本原燃株式会社

1. 新規制基準の適合性審査の状況
1-1. 再処理施設
(1) 規制の概要

■ 再処理施設の新規制基準では、従来の規制基準が強化、明確化されるとともに、重大事故対策など4項目が新たに追加

再処理施設における新規制基準の全体図



1-1. 再処理施設
(2) 審査開始までの経緯

2013年 5月26日 ガラス固化試験終了

12月18日 サイクル施設の新規制基準が施行

12月19日 安全協定に基づき、新規制基準へ適合するための許可申請に関する事前了解願いを青森県・六ヶ所村に提出

12月26日 青森県および六ヶ所村より事前了解受領

2014年 1月 7日 原子力規制委員会に対し、適合申請を実施

2014年 1月17日 第1回の審査会合が開催以降、順次審査会合を開催

目次

1. 新規制基準の適合性審査の状況

1-1. 再処理施設

1-2. 地盤・地震

(再処理施設、MOX燃料加工施設、廃棄物管理施設共通)

1-3. その他の施設の対応状況

2. 再処理施設およびMOX燃料加工施設の

しゅん工時期の変更

2-1. 再処理施設

2-2. MOX燃料加工施設

○施設に関する審査

「設計基準」

地震、竜巻、火災および溢水等の想定される厳しい事象に対しても設計により安全性を確保するための基準

「重大事故対策」

発生する可能性は非常に小さいが、設計基準を超える厳しい条件で発生する万一の事故を想定し、実施する対策

○地震・地盤に関する審査（各施設共通）

【審査の状況】

■ 規則の要求に沿って、審査会合において説明を実施

- 火災による損傷防止、溢水による損傷防止、外部からの衝撃による損傷防止 等

⇒ 規制当局からの防護対象範囲の考え方への指摘を踏まえ、4月27日の審査会合において、異常の発生を防止する機能だけでなく、異常の拡大を防止する機能や影響を緩和する機能についても対象とする基本方針を説明

《外部からの衝撃による損傷防止（竜巻対策の例）》



【今後の対応】

■ 審査会合で説明した基本方針を踏まえて、それぞれの具体的な対策内容を確定させつつ、補正書の提出に向けて準備中

○今後の審査で考慮が必要な事象

■ 本年8月2日、落雷により漏えい検知装置をはじめとした安全上重要な設備において、複数機器の同時故障が発生（8月11日法令報告を実施し、8月28日までに故障箇所を復旧済）⇒10月15日に、原因・対策等とりまとめ原子力規制委員会に報告今後、落雷によって発生する大きな電流が設備に侵入するのを防止する設備を設置するなどの対応を行う予定

【審査の状況】

■ 規則の要求に沿って、以下のような事象（重大事故）の対応について、審査会合において説明を実施

- 核分裂が連鎖的に起こる臨界事故

- 冷却機能の喪失による蒸発乾固

- 放射線分解により発生する水素による爆発

- 有機溶媒等による火災又は爆発 等

⇒ 規制当局からの指摘を踏まえ、影響の度合いに関わらず、事故が発生する可能性があるという前提に立って、重大事故対策を講ずるという基本方針について、6月29日の審査会合にて説明

⇒ 方針に基づき、各事象の具体的な対策についても順次説明を継続

■ 規制委員会による現地調査（9月3日）において、重大事故に対応するための設備状況や体制等を確認

【今後の対応】

■ 重大事故（それらの重量を含む）対策の有効性評価については、11月10日の審査会合より説明を開始し、継続中

1-1. 再処理施設
(5-2) 施設に関する審査の進捗状況(重大事故)

【蒸発乾固事象の例】

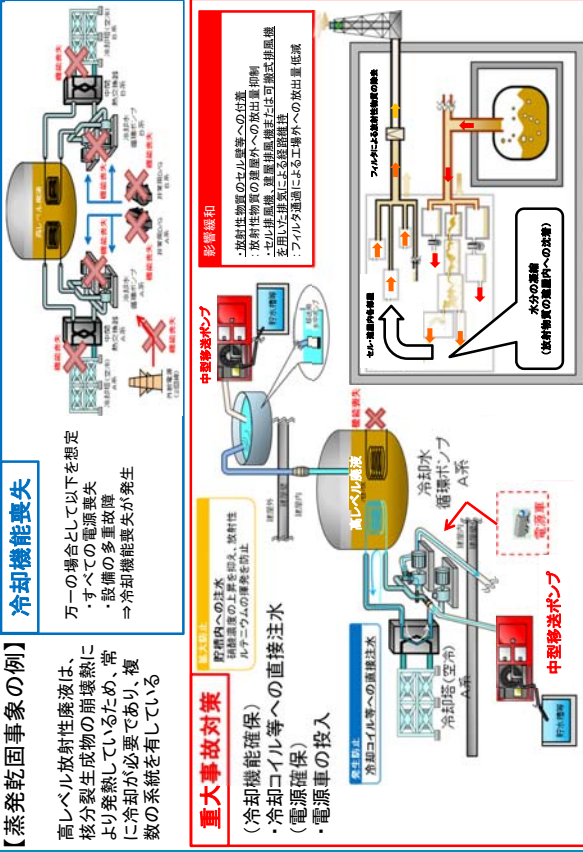
冷却機能喪失

高レベル放射性廃液は、核分裂生成物の崩壊熱により発熱しているため、常に冷却が必要であり、複数の系統を有している。

万一の場合として以下を想定

- ・すべての電源喪失
- ・設備の多重故障

⇒ 冷却機能喪失が発生



1-1. 再処理施設 (6) 訓練等への取り組み

■ 万が一の際にも適切に対応できるよう、過酷な事態を想定した訓練を計画的に実施



大型移送ポンプ車、ホース展開車、中型移送ポンプ車、不整地走行車



放水砲
対象となる施設などに放水し、



外部電源喪失時の電源車による給電訓練



水素掃気用の安全圧縮空気喪失時の
エンジン付空気圧縮機による訓練

1-2. 地盤・地震 地盤・地震に関する審査の進捗状況

1-2. 地震・地盤・地震

■「地下構造評価」、「敷地内断層」および「敷地周辺断層(出戸西方断層)」については、説明を終了

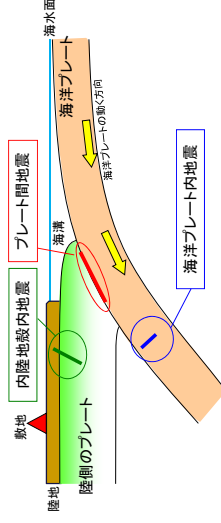
項目	審査の進捗状況
敷地内断層	8/28の審査会にて、将来活動する可能性のある断層等は認められないとの当社評価を確認
出戸西方断層 (敷地に最も近く、最も大 きな影響を与える活断層)	7/17の審査会にて、断層の評価長さが確定 10/16の審査会合にて、地震動の評価方針について説明 ⇒今後、地震動評価結果を説明
内地域内地震 (敷地周辺断層)	継続中 審査中。活断層ではない旨を※1説明し、既存 データの詳細を求められている状況
地下構造評価	6/12の審査会合にて、地下構造評価についての審査終了
プレート間地震	継続中 10/2の審査会合にて、地震動の評価方針に ついて説明し、概ね理解を得た ⇒今後、地震動評価結果を説明
海洋プレート内地震	継続中
震源を特定せず策定する地震動 (2008岩手・宮城内陸地震)	今後実施 審査が先行する発電所の状況を踏まえながら、 今後説明

※1. 有識者からの助言・指導を得ながら行った下北4社(東京電力、東北電力、リサイクル燃料貯蔵、日本原燃)による調査により、活断層ではないことを審査会で説明

※3.土記以外、火山・津波の影響、評師についていも審議を継続中

1-2. 地盤・地震の種類 (参考)

- 内陸地殻内地震 : 陸側のプレートの上部地殻に生じる地震をいい、海のやや沖合で起こるものも含む (いわゆる活断層型地震)
 - プレート間地震 : 海溝付近で陸側のプレートと海洋プレートの境界面で発生する地震 (いわゆる海溝型地震)
 - 海洋プレート内地震 : 海洋プレート内部で発生する地震
- 震源を特定せず策定する地震動: 震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内地震の知見に基づき策定する地震動



図式標の式様発生地

1-2. 地盤・地震

(参考) 主な地質調査の状況

【出戸西方断層:トレンチ調査】

- トレンチ調査は、地表を掘って、地下の地質状況を直接確認



2014年12月 規制委員会による現地調査



出戸西方断層南方延長トレンチの状況

【大陸棚外縁断層:地球深部探査船「ちきゅう」による海上ボーリング調査】

- 海上ボーリング調査: 6地点、探掘総延長: 1,822m
- 大陸棚上および棚下における地質試料を直接採取し地質年代を把握



地球深部探査船「ちきゅう」



ボーリングで海底から採取した試料

1-3. その他の施設の対応状況

【MOX燃料加工施設】

- 設計基準に係る審査対象案件(24項目)のうち、漏水による損傷の防止等の15項目の内容については、審査会合で基本方針の説明終了
- 今後は、残りの設計基準および重大事故について説明予定

【ウラン濃縮施設】

- 設計基準への対応に係る基本的な考え方について説明し、各種対策に係る質疑応答等を継続中

【廃棄物管理施設】

- 規則要求に対する適合性の説明(質問事項等への回答を含める)を継続中

【廃棄物埋設施設】

- 保安規定の要求内容についての対応を求められており、保安規定の変更を実施し、昨年11月に認可済み

2. 再処理施設およびMOX燃料加工施設のしゅん工時期の変更

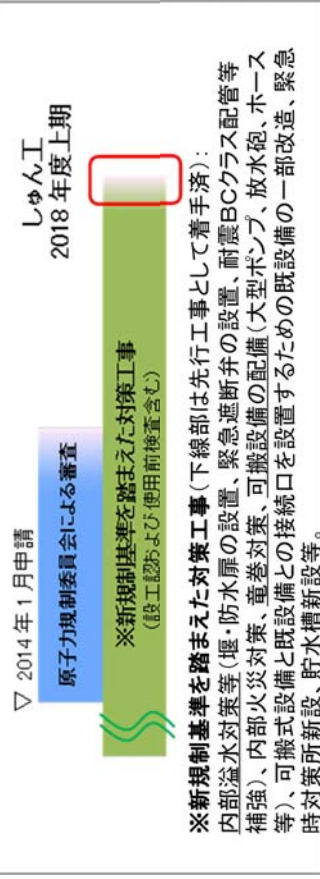
2-1. 再処理施設

- 原子力規制委員会による審査の状況を踏まえ、新規制基準への適合に必要な工事案件および工事期間を検討してきたところ、一定の見通しがついた。

- 以下のとおり、しゅん工時期を変更し、新規制基準への対応による一層の安全性向上を図る。

○ 再処理施設のしゅん工時期の変更 (2015年11月公表)

- ✓ 新しいしゅん工時期: 2018年度上期
- (これまでのしゅん工時期: 2016年3月)



2-1. 再処理施設

○ 主な工事案件

➢ 緊急時対策所の新設

- 重大事故が同時発生した場合を想定すると、事象収束のためにより多くの要員が対応することとなる。このため、対応要員の活動性向上や資機材等の拡充のため、既存の緊急時対策所(約200人規模)の広さをさらに倍程度確保するとともに、耐震性向上のため、地下の岩盤に直接据え付けて設置する。

➢ 貯水槽(重大事故対応の水源)の新設

- 重大事故対応における高レベル廃液の冷却などの水源とするためには、十分な耐震性を確保することが必要となった。このため、新たに地下の岩盤に直接据え付けた貯水槽(既存の貯水槽(約20,000 m³)の倍程度)を設置する。

➢ 耐震BCクラス配管等の補強工事

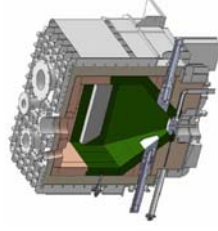
- 耐震BCクラス配管等の補強工事については、内部溢水等に対する防護対象設備が多くなったため、当初予定から工事物量が増加した。

- 原子力規制委員会による審査の状況を踏まえ、新規制基準への適合には工事計画に影響する設計変更等が必要と判断した。
- 以下のとおり、しゅん工時期を変更し、新規制基準への対応による一層の安全性向上を図る。
- **MOX燃料加工施設のしゅん工時期の変更** (2015年11月公表)
 - ✓ 新しいしゅん工時期： 2019年度上期
(これまでのしゅん工時期： 2017年10月)
- **主な設計変更案件**
 - **グローブボックスの耐震Sクラス化**
 - 耐震設計の強化として、MOXを粉末の状態で取り扱うグローブボックス*について、耐震クラスをBクラスからより耐震性の高いSクラスに変更する。
* ステンレス製の枠組み、透明なパネルおよびゴム製のグローブから構成される気密性のある箱型の設備。
グローブを介してボックス内のMOX粉末等を安全に取り扱うことができる。
 - **防火ダンパ等の新規設置**
 - 火災防護対策として、火災が広がることを防ぐ対策をより一層強化するため、換気排気ダクトには防火ダンパを、連結するグローブボックスの連結部には防火シャッタを新規に適切な位置に設置する。

【再処理施設の状況】

- 2008年3月にアクティブ試験開始し、ガラス固化試験を除いたメインのプロセスについては、2008年2月に終了
(アクティブ試験における再処理量 約425トン・U)
- ガラス固化試験については、流下性低下等のトラブルに直面したが、モックアップ等を用いた徹底的な技術検証を実施し、技術的課題を乗り越えて、2013年5月に試験終了(残るガラス固化施設の使用前検査受検は新規制基準適合後に予定)
- しゅん工後に導入予定の新型ガラス溶融炉の開発についても、実規模モックアップ試験にて技術検証し、良好な流下性が確認できた。

現行ガラス溶融炉



新型ガラス溶融炉



白金族元素の抜き出し性向上
 ・炉底構造の変更
 (四角型⇒円錐)
 ・傾斜角度の変更
 (45度⇒90度)
 ・底節電極用高周波加熱追加等

