

日本原子力学会 核燃料部会
軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ
検討ワーキンググループ

活動報告書
(案)

平成 30 年 3 月

軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討WG
活動報告書

目次

1.	はじめに.....	1
2.	活動報告.....	2
2. 1	背景.....	2
2. 2	軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討ワーキンググループ.....	3
2. 3	WGの委員構成.....	3
2. 4	WGの活動実績.....	3
2. 5	検討の進め方.....	4
2. 6	活動結果.....	5
2. 6. 1	燃料の信頼性向上に関する課題.....	5
2. 6. 2	安全解析手法に関する課題.....	5
2. 6. 3	炉心に関する課題.....	5
2. 6. 4	事故耐性燃料に関する課題.....	5
3.	まとめ.....	6
	参考資料.....	7
	課題調査票.....	8
	課題調査票【S111M107_d18-1】燃料の信頼性向上と高度化.....	8
	課題調査票【S111M107_d18-2】燃料の信頼性向上（燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化）.....	8
	課題調査票【S111M107_d17-1】炉心・熱水力設計評価技術の高度化.....	8
	課題調査票【S111M107_d24】プラント運用技術、炉心設計管理の高度化.....	8
	課題調査票【M107_d25】運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）.....	8
	課題調査票【M199L199_d20】事故時耐性燃料・制御棒の開発.....	8
	資料集 9	
	資料1. 設立趣意書.....	9
	資料2. 委員名簿.....	9
	資料3. 議事録.....	9
	資料4. 学会 企画セッションでの報告.....	9

(要修正) このページは、
学会 特別専門委員会の報告書記載のまま

1. はじめに

安全対策高度化技術検討特別専門委員会は、軽水炉の安全対策の高度化に係る広範な課題をその検討対象としており、多様な立場からの視点や幅広い専門分野をカバーできる方々に参加をいただくことが重要であると考えている。現在、本委員会の総会は、日本原子力学会に所属する会員を中心に、産業界、学术界、官界の46名の委員から構成されており、さらに常時参加者を加えて100名を超える関係者の協力の下、活動を進めてきた。

平成26年度は、平成24年度に検討した軽水炉のアクシデントマネジメントに関する領域を中心とした技術的・制度的・社会的課題に加えて、運転時の安全や廃炉、核不拡散・核セキュリティに係る課題を網羅的にカバーし、課題解決のための研究着手時期や課題解決時期を時間軸で示したロードマップを策定するための検討を行った。そのプロセスにおいては、軽水炉の安全性向上に係る課題を俯瞰的、網羅的に捉えるために議論を重ねると共に、個々の課題に対して現状分析や今後の課題解決に向けた取り組みのあり方について詳細な検討を加えてきた。その検討結果は、課題調査票として取りまとめた。

本報告書は、このような平成26年度の活動成果を取りまとめ、社会に発信し、今後の更なる軽水炉の安全性向上に向けた活動に資することを目的としている。今後も継続的な活動を進めるとともに、課題調査票とそれに基づく研究成果を評価しロードマップ自体を定期的に見直す「ローリング」を実施していかなければならない。このローリングは、安全研究、技術開発、マネジメント力の強化といった課題解決に向けた取り組みへの評価や課題の再設定等と同期して実施していくものである。したがって、ローリングの成果を社会に向けて分かりやすく提示していくことで、関係者の安全性向上に向けた取り組みの透明性が確保され、幅広い視点での評価や指摘を取り込むことにより、取り組みの改善がより適切に促されることが期待される。

これまでの多くの関係者の皆様の協力に感謝すると共に、今後も関連する活動を通じて軽水炉安全の継続的な向上に貢献していきたいと考えている。

(文責：関村主査)

2. 活動報告

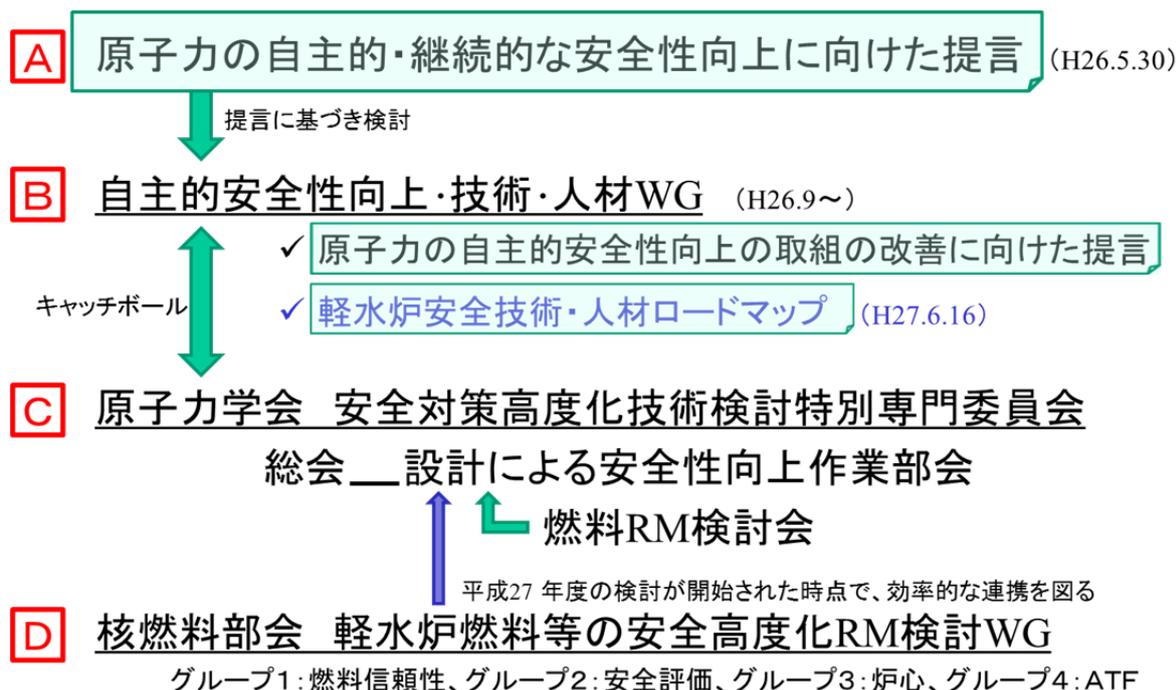
2. 1 背景

東京電力福島第一原子力発電所（以下、福島第一原発）事故の教訓を踏まえ、平成 26 年 5 月に総合資源エネルギー調査会 原子力小委員会の下に設けられた原子力の自主的安全性向上に関するワーキンググループから、**A**「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言⁽¹⁾」が提示された。その中で、軽水炉の安全研究については、これまでの反省と課題が整理して示され、今後のあり方として、軽水炉の安全性向上のための研究開発課題を明確にするるとともに、学協会、研究機関、メーカー、原子力事業者が軽水炉の安全研究に知見を持つ人材や各種実験施設、資金等が分散する中で、政府が中心となり軽水炉の安全研究に関する技術開発ロードマップ等を策定し、各主体間の連携を可能とすべきであるという指摘がなされた。

これらを踏まえて、平成 26 年 8 月に設置された総合資源エネルギー調査会 原子力小委員会傘下の**B**自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ (WG) ⁽²⁾において、軽水炉の安全技術・人材の維持・発展に重点を置き、国、事業者、メーカー、研究機関、学会等関係者間の役割が明確化された原子力技術・人材に関するロードマップを作成することとなった。

自主的安全性向上・技術・人材 WG の要請を受け、日本原子力学会は、**C**安全対策高度化技術検討特別専門委員会⁽³⁾において「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」を検討し、平成 27 年 5 月の第 9 回会合で最終報告⁽⁴⁾をしている。なお、最終報告では、日本原子力学会にて今後も継続的に本ロードマップのローリングを実施するとしている。

これを受け、日本原子力学会核燃料部会は、専門家集団として、核燃料関係の安全性向上に係る課題を掘り下げて検討する体制が必要と考えて、核燃料部会内に**D**「軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討ワーキンググループ」を設置し、核燃料部会の活動の一環として核燃料に関するローリング活動を行うこととした。



2. 2 軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討ワーキンググループ

自主的安全性向上・技術・人材 WG は、安全対策高度化技術検討特別専門委員会とのキャッチボールの下、平成 27 年 6 月に「軽水炉安全技術・人材ロードマップ⁽⁵⁾」を取りまとめている。

このロードマップは、廃炉や核不拡散・核セキュリティ分野も含む、軽水炉安全全般の多様かつ広範な分野を扱っている。効率的な議論を行うため全体を議論する「総会」、専門性に立脚して個別分野ごとに議論を行う「設計による安全性向上」、「保全・運転管理」、「アクシデントマネジメント」、「耐震・外的事象」、「廃炉」及び「核不拡散・核セキュリティ」の 6 つの作業部会で構成された。

設計による安全性向上作業部会は、核燃料、材料、熱流動等の広い分野の課題を所掌するため、核燃料関係の安全性向上に係る課題は、「燃料ロードマップ検討会」で検討し、作業部会に議論の材料を提供した。ただし、個々の課題を整理・検討した燃料ロードマップ検討会は、特別専門委員会の中の体制として位置づけられなかった。

核燃料部会としては継続的に検討する体制が必要と考えて、核燃料部会内に「軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討ワーキンググループ (WG)」を設置して、ローリング活動を開始し、平成 27 年度の全体検討が開始された時点で、効率的な連携を図るとした。

本 WG は軽水炉を中心に特に安全性向上に着目して活動する。その設立趣意書を資料 1-1 に、開催期間変更趣意書を資料 1-2 に添付した。なお、当初は平成 29 年 3 月までの期間としていたが、学会のローリング活動のとりまとめの時期を踏まえて、平成 30 年 3 月までに期間が延長された。

2. 3 WG の委員構成

設計による安全性向上作業部会及び燃料ロードマップ検討会の主査であった東大 阿部教授に継続して本 WG の主査を担っていただいた。WG 委員は、核燃料部会の部会員及び標準委員会 システム安全専門部会 炉心燃料分科会委員を中心とした産官学のメンバーで構成し、核燃料部会として委員委嘱の手続きを行った。委員名簿を資料 2 に添付した。

2. 4 WG の活動実績

WG の活動実績は、次の 9 回である。活動成果（配布資料、議事録、委員名簿）は核燃料部会ホームページ (<http://www.aesj.or.jp/~fuel/Events/WG.html>) で公開⁽⁸⁾している。

第 1 回	平成 27 年 6 月 29 日(月)	13 : 30 ~ 16 : 45	27 名出席
第 2 回	平成 27 年 9 月 25 日(金)	13 : 30 ~ 17 : 20	33 名出席
第 3 回	平成 27 年 12 月 9 日(水)	13 : 30 ~ 17 : 15	35 名出席
第 4 回	平成 28 年 2 月 17 日(水)	13 : 30 ~ 17 : 15	30 名出席
第 5 回	平成 28 年 5 月 30 日(月)	13 : 30 ~ 17 : 15	34 名出席
第 6 回	平成 28 年 7 月 11 日(月)	13 : 30 ~ 17 : 45	30 名出席
第 7 回	平成 28 年 9 月 1 日(木)	10 : 00 ~ 12 : 05	25 名出席
第 8 回	平成 29 年 12 月 21 日(木)	13 : 25 ~ 16 : 40	27 名出席
第 9 回	平成 30 年 2 月 27 日(火)	13 : 30 ~ 17 : 00	XX 名出席

2. 5 検討の進め方

より現実的で実現性のあるロードマップとするため、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」の課題調査票作成の元になった資料から精査し、具体的項目の確認、抜けの整理と丸めて書いた部分、特に実施の流れで漠然としている部分等を充実させる方針とした。事故耐性燃料（ATF）は大きな課題しか出ていないので精査するとした。

効率的な活動のため、課題調査票をカテゴリで分けて4つのグループを設け、各々に幹事を定めて活動を進めた。WGでは相互の関係を踏まえた全体調整を行いながら、議論を進めた。

■グループ1、燃料信頼性（平井幹事）

- ・燃料の信頼性向上と高度化
- ・燃料の信頼性向上（燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化）

■グループ2、安全評価（巻上幹事、平成29年12月から山内幹事）

- ・安全解析手法の高度化

■グループ3、炉心（青木幹事）

- ・炉心・熱水力設計評価技術の高度化
- ・プラント運用技術、炉心設計管理の高度化
- ・運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）

■グループ4、ATF（倉田幹事、平成28年5月から檜木幹事）

- ・事故時耐性燃料・制御棒の開発

ローリング活動に際して、認識を共有して効率的な作業推進につなげるために、成果のイメージの明確化、過去の検討との関係、グループ間のインターフェイス等について、議論した。燃料分野でどのように安全性向上を進めていくのかについて、まず安全性の現状分析を行い安全性強化のための重点ポイントを明確にする。安全裕度の定量化を行い一定以上の裕度を確保し裕度増加を図る。そして、引き続き安全性向上を図るための検討継続・開発推進等の展開を図る。このような流れを考えることで課題の位置づけが明らかになり、整理しやすくなると考えた。

「安全性向上」を目標にして、できるだけ早期に進捗していくこと、製品イメージはあっても良いがとらわれないようにして、リスクに対してどれだけ貢献できるかが目指すところ。大切な事項に抜けがないことを明確にし、意見をすり合わせて必要性（例えば安全裕度が小さい項目には「検討の優先度が高い」こと）を書き込んでいく、課題の解決に向けた具体的取り組みと解決時期等を書き込んでいくこと等が協議された。

なお、核燃料部会としては、自主的安全性向上・技術・人材WG及び安全対策高度化技術検討特別専門委員会での議論との継続性も考えて、この最終報告を基本とし、ローリング活動を行うこととした。個別の課題調査票で、具体的項目の精査と過不足の確認、課題抽出、実施の流れをわかりやすくすること等について検討を進めた。

また、特別専門委員会設置期間（～平成 28 年 3 月）終了後の 4 月以降、自律的な活動が行えるような体制構築が進められ、日本原子力学会は「軽水炉安全技術・人材ロードマップ高度活用」研究専門委員会を設置し、ローリング実施体制を再構築した。ここでは、原子力を取り巻く環境変化を踏まえて、重要度評価軸の見直しを行い自己評価を実施して、平成 28 年度報告書⁽⁶⁾を作成、この報告を受けて、自主的安全性向上・技術・人材 WG は「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」（平成 29 年 3 月改訂）⁽⁷⁾をとりまとめている。

この検討過程で、全体の改訂方針の指示があると推測して待っていたが、個別の課題調査票には指示がなく、(課題調査票の更新を進めていたが)平成 29 年 3 月改訂版には貢献できなかった。次の改訂の機会を待ち、上位会合の動向を見ていると時期を逃すことが考えられるため、核燃料部会として検討を進捗させて成果をまとめることとした。

2. 6 活動結果

全体をまとめるように書き入れる。

2. 6. 1 燃料の信頼性向上に関する課題

課題を分けた説明を加えて、その後で統合したロードマップの説明を書き入れる。

2. 6. 2 安全解析手法に関する課題

他とのつながりを重視する

安全機能と深層防護レベルの関係を整理したこと

2. 6. 3 炉心に関する課題

課題を分けた説明を加えて、その後で統合したロードマップの説明を書き入れる。

炉物理部会との関係も書き入れる。

2. 6. 4 事故耐性燃料に関する課題

A T F は 1 つで説明。その後でロードマップの説明を書き入れる。

熱水力RMのイメージで、少し説明した後に、RMを説明するスタイルを考えている

3. まとめ

日本原子力学会 核燃料部会は、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」を継続的に検討する体制が必要と考えて、核燃料部会内に「軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討 WG」を設置して、軽水炉燃料等の課題を中心に特に安全性向上に着目したロードマップのローリング活動に主体的に取り組んだ。

課題調査票の改訂とロードマップのローリングを進めるにあたり、軽水炉燃料等の課題に関する産官学の分野の関係者が一同に会し、取り組むべき課題、その課題への対応方法や実施機関を明確にしつつ議論した。また、産官学が有機的に連携しながら合理的かつ効率的な方法で課題解決を図ることを目標として意見交換を進めて、この報告書を取りまとめた。「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」の平成 29 年 3 月改訂版には反映できなかったが、核燃料部会として、検討を進捗させたので、次の改訂の機会を待ちたい。

ローリングを継続して、定期的に最新知見の反映とそれに照らした課題設定や研究プロセスの見直しを行っていく必要がある。軽水炉燃料等の課題の解決を図る具体的な活動を進めるため、多くの関係者が参照・活用していくこと、多様な関係者間のコミュニケーションならびに世代間の知識や技術の伝承にも資するものであること、を期待する。

最後に、今回の活動に参加、協力を頂いた多くの関係者のみなさまに感謝の意を表し、本報告書の取りまとめとする。

参考資料

- (1) 原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言、平成 26 年 5 月 30 日
総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会原子力小委員会 原子力の自主的安全性向上に関するワーキンググループ
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/genshiryoku/anzen_wg/report_02.html
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/genshiryoku/anzen_wg/pdf/report02_01.pdf
- (2) 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会
自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ
http://www.meti.go.jp/committee/gizi_8/21.html#jishutekianzensei_wg
- (3) 安全対策高度化技術検討 特別専門委員会
http://www.aesj.net/sp_committee/com_koudoka
- (4) 軽水炉安全技術・人材ロードマップ最終報告（平成 27 年 5 月 27 日第 9 回、資料 3）
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyoyou/jishutekianzensei/pdf/009_03_00.pdf
- (5) 軽水炉安全技術・人材ロードマップ、平成 27 年 6 月 16 日
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyoyou/jishutekianzensei/report_002.html
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyoyou/jishutekianzensei/pdf/report02_01_00.pdf
- (6) 軽水炉安全技術・人材ロードマップ高度活用 研究専門委員会
http://www.aesj.net/sp_committee/com_lwrroadmap
- (7) 軽水炉安全技術・人材ロードマップ（平成 29 年 3 月改訂）、平成 29 年 3 月 24 日
<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/20170324001.html>
<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20170324001-1.pdf>
- (8) 核燃料部会ホームページ、WG 報告
<http://www.aesj.or.jp/~fuel/Events/WG.html>

課題調査票

改定を進めた課題調査票をまとめた。

課題調査票【S111M107_d18-1】燃料の信頼性向上と高度化

課題調査票【S111M107_d18-2】燃料の信頼性向上（燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化）

課題調査票【S111M107_d17-1】炉心・熱水力設計評価技術の高度化

課題調査票【S111M107_d24】プラント運用技術、炉心設計管理の高度化

課題調査票【M107_d25】運転性能の高度化（事象進展抑制、停止機能、負荷追従、等）

課題調査票【M199L199_d20】事故時耐性燃料・制御棒の開発

資料集

資料 1. 設立趣意書

資料 1-1、「軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討 WG」の設立趣意書

資料 1-2、「軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討 WG」開催期間変更趣意書

資料 2. 委員名簿

「軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討 WG」の委員名簿

資料 3. 議事録

「軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討 WG」、全 9 回の議事録

資料 4. 学会 企画セッションでの報告

日本原子力学会「2016 年秋の大会」核燃料部会 企画セッションにおいて、本 WG で検討している軽水炉燃料等の安全性向上に係る課題の概要とローリング活動の状況が報告された。核燃料部会報 No.52-1(*)にその結果が掲載されているので、該当部分を添付する。

(*) http://www.aesj.or.jp/~fuel/Pdf/kaihou/kaihou_2015_52-1.pdf

資料1、PDFを差し込む

平成 30 年 2 月 27 日

日本原子力学会 核燃料部会
軽水炉燃料等の安全高度化ロードマップ検討WGメンバー

(敬称略、順不同)

主査	阿部 弘亨	東京大学
	檜木 達也	京都大学
	森下 和功	京都大学
	牟田 浩明	大阪大学
	宇埜 正美	福井大学
	有馬 立身	九州大学
	天谷 政樹	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
	倉田 正輝	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
	三原 武	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
	江藤 淳二	(株)三菱総合研究所
	岡崎 亘	エム・アール・アイ リサーチアソシエーツ(株)
	太田 宏一	(一財)電力中央研究所
	北島 庄一	(一財)電力中央研究所
	河村 浩孝	(一財)電力中央研究所
	山内 景介	東京電力ホールディングス(株)
	真崎 康行	関西電力(株)
	玉井 芳英	関西電力(株)
	島田 太郎	日本原子力発電(株)
	久宗 健志	日本原子力発電(株)
	甲斐 昌慶	電気事業連合会 原子力部
	垣内 一雄	東芝エネルギーシステムズ(株)
	近藤 貴夫	日立 GE ニュークリア・エナジー(株)
	福田 龍	三菱重工業(株)
	大和 正明	三菱重工業(株)
	草ヶ谷 和幸	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
	大脇 理夫	原子燃料工業(株)
	片山 将仁	原子燃料工業(株)
	青木 繁明	三菱原子燃料(株)
	手島 英行	三菱原子燃料(株)
	平井 睦	日本核燃料開発(株)
	坂本 寛	日本核燃料開発(株)
	篠原 靖周	ニュークリア・デベロップメント(株)
	安部田 貞昭	元 三菱重工業(株)
	鈴木 嘉章	(一社)原子力安全推進協会
オブザーバ	北野 剛司	原子力規制庁
オブザーバ	皆藤 威二	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
オブザーバ	伊藤 邦博	ニュークリア・デベロップメント(株)

以上

旧メンバー

(敬称略、順不同、所属は当時)

第1回まで	竹田 貴代子	新日鐵住金(株)
第5回まで	高松 樹	日本原子力発電(株)
第7回まで	永瀬 文久	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
第7回まで	尾形 孝成	(一財)電力中央研究所
第7回まで	巻上 毅司	東京電力(株)
第7回まで	中井 忠勝	関西電力(株)
第7回まで	安田 孝志	電気事業連合会 原子力部
第7回まで	小此木 一成	(株)東芝
第8回まで	亀田 保志	電気事業連合会 原子力部

以上

資料3、議事録PDFを差し込む

資料4、核燃料部会報 No.52-1 から4枚差し込む