

NRA 技術ノート

NRA Technical Note Series

PWR サンプスクリーン及び BWR ECCS ストレーナの下流側影響に関する米国規制活動の調査【追補】(国内規制対応について)

A Study on Regulatory Activities in the U.S.A. for Downstream Effects of PWR and BWR ECCS Strainer Clogging Issues (Supplemental Edition on Regulatory Activities in Japan)

江口 裕

EGUCHI Hiroshi

システム安全研究部門

Division of Research for Reactor System Safety

塚本 直史

TSUKAMOTO Naofumi

シビアアクシデント研究部門

Division of Research for Severe Accident

原子力規制庁

長官官房技術基盤グループ

Regulatory Standard and Research Department,

Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)

令和 05 年 10 月

October 2023

本報告は、原子力規制庁長官官房技術基盤グループが行った安全研究等の成果をまとめたものです。原子力規制委員会は、これらの成果が広く利用されることを期待し適時に公表することとしています。なお、本報告の内容を規制基準、評価ガイド等として審査や検査に活用する場合には、別途原子力規制委員会の判断が行われることとなります。

本報告の内容に関するご質問は、下記にお問い合わせください。

原子力規制庁 長官官房 技術基盤グループ システム安全研究部門
〒106-8450 東京都港区六本木 1-9-9 六本木ファーストビル
電話：03-5114-2223
ファックス：03-5114-2233

PWR サンプスクリーン及び BWR ECCS ストレーナの下流側影響に関する米国規制活動の調査【追補】（国内規制対応について）

原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ
システム安全研究部門 江口 裕
シビアアクシデント研究部門 塚本 直史

追補概要

加圧水型原子炉（PWR）及び沸騰水型原子炉（BWR）の格納容器内で配管が破断し冷却材喪失事故（LOCA）が発生すると、配管から噴出した冷却材により配管の保温材等が破損し、破片等の異物（デブリ）が生じる。デブリは格納容器スプレイ等により流され、非常用炉心冷却系（ECCS）再循環運転時の水源に到達するが、水源内の PWR プラントの格納容器再循環サンプスクリーン及び BWR プラントの ECCS ストレーナ（以下総じて「ストレーナ」という。）によってデブリは除去される。この時、ストレーナがデブリにより閉塞すると、十分な冷却材流量が確保できず、炉心冷却ができなくなる可能性がある。また、ストレーナで除去できずに通過したデブリがその下流にある ECCS 及び格納容器スプレイ系（CSS）を構成する機器並びに燃料集合体の流路に堆積するなどし、LOCA 後の長期炉心冷却（LTCC）を妨げる可能性がある。これを下流側影響と呼ぶ。米国原子力規制委員会（NRC）の規制ガイド（RG）1.82, Rev.4 では下流側影響の評価を要求しているが、日本におけるガイド「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（以下「内規」という。）においては、ストレーナの閉塞問題に対して装置の性能評価等を要求しているものの、下流側影響の評価については明確には定めていないことから、原子力規制庁はその規制化の要否について検討を進めてきた。その参考とするため、米国の PWR 及び BWR における下流側影響に関する規制動向を調査し、その結果を NRA 技術ノート「PWR サンプスクリーン及び BWR ECCS ストレーナの下流側影響に関する米国規制活動の調査」（以下「初版」という。）としてまとめ、2022 年 3 月に公表した。

その後も、下流側影響に関する国内外の情報を継続的に収集し、内規への反映について検討を行ってきた。下流側影響に関する取組みについて事業者から聴取した結果、長期炉心冷却に問題がないことが確認できたことから、同内規の改正は行わないことを令和 4 年度第 33 回原子力規制委員会に報告した。本技術ノート追補は、上記経緯を記載したものである。

A Study on Regulatory Activities in the U.S.A. for Downstream Effects of PWR and BWR
ECCS Strainer Clogging Issues (Supplemental Edition on Regulatory Activities in Japan)

EGUCHI Hiroshi

Division of Research for Reactor System Safety,

TSUKAMOTO Naofumi

Division of Research for Severe Accident

Regulatory Standard and Research Department,

Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)

Abstract

Insulator failure due to a pipe break and associated jet impingement in a loss-of-coolant accident (LOCA) at a nuclear power plant may lead to the generation of debris. The debris can be transported and collected on emergency core cooling system (ECCS) strainers. The collection of debris on the strainers could create sufficient resistance to the recirculating flow such that long term core cooling (LTCC) might be challenged. Moreover, the debris that bypasses the ECCS strainer may adversely affect LTCC due to the impact on downstream ECCS and containment spray system (CSS) components and fuel assemblies. Regulatory Guide (RG)1.82, Revision 4 of the U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) requires the licensees to consider that the downstream effects on ECCS and CSS components and fuel assemblies in contrast to the regulatory guide in Japan that does not explicitly require the licensees to consider the downstream effects, especially on fuel assemblies. The secretariat of the Nuclear Regulation Authority (NRA) released the first edition of the technical note in March of 2022 and provided a summary of regulatory activities associated with downstream effects for pressurized water reactor (PWR) and boiling water reactor (BWR) plants in the U.S.A. to identify whether or not it is necessary to revise the guide in Japan.

The secretariat of the NRA decided to continue the survey on the downstream effects both in Japan and overseas in order to consider the revision of the guide in Japan. The secretariat of the NRA held hearings from utilities in Japan to address the downstream effects. The results of the hearings indicated that safety concerns for LTCC were not recognized. The secretariat of the NRA reported to the NRA on 31 August 2022 that the revision of the guide would not be necessary. This supplemental edition of the technical note was created to document the above background circumstances.

追補箇所

初版の該当節、ページ番号及び内容	追補後の内容	備考（追補の理由等）	
1. 1 ページ	規制化の要否について検討 ^{3,4,5,6} が進められているところである	規制化の要否について検討 ^{3,4,5,6} が進められた	記載の更新。
1. 1 ページ	調査結果を整理したものである	調査結果を整理するとともに、国内におけるストレナ閉塞問題及び下流側影響の規制対応についてまとめたものである	記載の更新。
2.3.2 8 ページ	2022年1月に RG1.82, Rev.5 の改定案である DG-1385 ³⁹ を公開した。	2022年1月に RG1.82, Rev.5 のドラフトである DG-1385 ³⁹ を公開した。このドラフトは2022年8月に了承され、RG1.82, Rev.5 ⁴⁰ として発行した。	米国規制動向についての記載を更新した。
5.1 39 ページ	技術基準適合性の審査には、上記の内規 ² が用いられている。	技術基準適合性の審査における事業者の説明においては、上記の内規 ² が用いられている。	記載の適正化。
5.2 39 ページ	米国では2012年12月に RG1.82 Rev.4 へと改定され、この改定においては下流側機器への影響の評価手法として WCAP-16406-P-A が参照され、	米国では2012年12月に RG1.82 Rev.4 へと改定され、さらに2022年8月には RG1.82 Rev.5 へと改訂された。これらの改定においては下流側機器への影響の評価手法として WCAP-16406-P-A が参照され、	米国規制動向についての記載を更新した。
5.2 39 ページ	現在、原子力規制庁は下流側影響に対する国内事業者	そのため、原子力規制庁は下流側影響に対する国内事業者の取組みを聴取した。	国内の下流側影響に関する規制動向についての記載を更新す

	<p>の取組みを聴取し、規制への反映の要否について検討中である^{3,4,5,6}。</p>	<p>PWRについては、国内全プラントを包含する条件での試験及び試験結果を反映した熱流動解析により燃料被覆管温度が上昇しないことが確認されており、LOCA後の長期炉心冷却が可能とする説明は妥当と判断した⁶³。PWR事業者は一連の取組みに関する知見を文書「PWRにおけるLOCA時に発生するデブリの長期炉心冷却性への影響について」⁶⁴にまとめた^(注23)。また、BWRについては、国内全プラントで再稼働までに繊維質保温材を撤去するため、炉内での流路の全閉塞は生じず、長期炉心冷却に対する影響はないとする説明は妥当と判断した⁶³。このように規制への反映の要否について検討^{3,4,5,6}した結果、長期炉心冷却に問題がないことが確認できたため、内規の改正の必要がない旨を第54回技術情報検討会（令和4年7月28日）及び令和4年度第33回原子力規制委員会（令和4年8月31日）において報告し^{63,65}了承されたため、内規の改正は行わないこととなった。</p>	<p>るとともに、参考文献を追加した。</p>
<p>39 ページ欄外に追記</p>	<p>-</p>	<p>（注23）この文書の中で今後の運用管理についても記載があり、原子炉格納容器</p>	<p>参考文献65における今後の運用管理についての事業者の考え</p>

		内における機器配管修繕等の工事は現状の繊維デブリ量が変わらない範囲で実施するとしているため、下流側影響についての新たな評価は不要としている。	方を注釈にて補足した。
40 ページの最終段落に追記	-	我が国では、下流側影響に関する取組みについて事業者から聴取した結果、長期炉心冷却に問題がないことが確認できたことから、内規の改正は行わないことを令和4年度第33回原子力規制委員会（令和4年8月31日）に報告した。	記載の更新。
参考文献一覧 43 ページ		40 NRC, “Water Source for Long-Term Recirculation Cooling Following a Loss-of-Coolant Accident”, Regulatory Guide 1.82 Revision 5, 2022. PWR については 1.1.1.10 節、1.3.8.2 節及び 2.2.3 節。BWR については 1.1.1.10 節及び 1.3.8.2 節。	参考文献を追加した（以降、参考資料番号ずれ）。
参考文献一覧に追記	-	63 関西電力（株）、北海道電力（株）、日本原子力発電（株）、四国電力（株）、九州電力（株）、三菱重工業（株）、” PWR における LOCA 時に発生するデブリの長期炉心冷却性への影響について”、MHI-NES-1076、2023。 64 原子力規制庁、“サンプルスクリーンを通過した	参考文献を追加した。

		<p>デブリが炉心に与える影響に関する事業者からの意見聴取結果と今後の対応について”、第 54 回技術情報検討会、資料 54-1-2-3、2022. 65 原子力規制庁、” 第 54 回技術情報検討会の結果概要”、第 33 回原子力規制委員会、資料 5、2022.</p>	
--	--	--	--

執筆者一覧

原子力規制庁 長官官房 技術基盤グループ システム安全研究部門
江口 裕 主任技術研究調査官

原子力規制庁 長官官房 技術基盤グループ シビアアクシデント研究部門
塚本 直史 上席技術研究調査官