

Focus 原子力関連国際機関の最近の動向と日本からの期待（第4回）

NEA における原子力の将来像の探求とその実現にむけた取り組み

経済協力開発機構/原子力機関 後藤 弘行,
前・経済協力開発機構/原子力機関 岡島 智史

気候変動への対応、持続可能な循環型経済の実現には世界レベルでの協調した取り組みが不可欠である。OECD/NEA では、技術・経済・資源等のさまざまな側面で原子力の貢献や更なる可能性の分析を通じて、各国政府や幅広いステークホルダーの意思決定を支援している。また、第4世代原子力システムをはじめとする革新的な原子力技術開発の国際協力を支援し、その実現を推進している。本稿では、このような原子力の将来の可能性やその実現に向けた OECD/NEA の主な活動を紹介するとともに、日本への期待を述べる。

KEYWORDS: Nuclear technology development, economics, Generation-IV, international cooperation

I. 持続可能な開発と NEA の活動

気候変動への対応、そして持続可能な循環型経済の構築に向けて、世界中でさまざまな取り組みが進められている中、経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA) は、各国政府や幅広いステークホルダーへ、持続可能な開発の観点から現在および将来の原子力エネルギーの役割に関する信頼できる情報と分析を提供し、各国のエネルギー政策に関する意思決定を支援することを目標に活動している。これらの活動には、原子力や放射線利用に係る技術的な分析や知見だけでなく、経済、市場、金融、資源、世論そして将来の原子力技術の進展見通し等、重要かつ多様なテーマを扱っている。至近の主な活動例として、OECD/NEA は、COVID-19 パンデミックに関する一連の分析レポートを 2020 年 6 月に発行した。この中で、パンデミック下において原子力エネルギーが果たした役割を評価するとともに、パンデミック後の経済復興における質の高い雇用や経済的な波及効果の創出や、脱炭素化とレジリエンス強化を通じて持続可能で環境に責任のあるエネルギーシステムの実現に対し、原子力エネルギー開発が重要な貢献をする可能性を強調し、その実現における政府の役割の重要性について提言を行って

いる²⁾。

本稿では、原子力の技術開発や経済的な側面に関する調査や分析を所掌する原子力技術開発・経済性課 (Division of Nuclear Technology Development and Economics: NTE) の活動について紹介する。

II. 原子力技術開発と経済性評価

1. 原子力技術開発・経済性課

NTE は 14 名 (2020 年 8 月現在) の職員で構成されており、そのうち邦人職員が 2 名在籍している。前述の通り、NTE の所掌分野の多様性を反映し、主に技術や工学を専門とする職員と、経済学を専門とする職員とが混ざり合っており構成されている点の特徴である。NTE の活動は、主に原子力開発・原子燃料サイクルに関する技術的・経済的検討委員会 (Committee for Technical and Economic Studies on Nuclear Energy Development and the Fuel Cycle: NDC) およびその傘下の作業部会や専門家グループのもとで行われる原子力の技術開発や資源の動向、経済性に関する調査や分析と、第4世代原子力システム国際フォーラムおよび国際原子力エネルギー協力フレームワークといった国際協力の枠組みの運営である。(表1)

2. 技術開発・資源動向・経済性に関する調査・分析

(1) 委員会・作業部会を通じた調査・分析

NDC は、1977 年に将来の原子力エネルギー開発に必要な資源を分析することを目的に設立され、その後、原子力開発や原子燃料サイクルに関するさまざまな

Overview of OECD/NEA and contribution of Japan (4); The efforts of NEA for exploration and realization of the future of nuclear energy : Hiroyuki Goto, Satoshi Okajima.

(2020 年 10 月 24 日 受理)

■ 前回タイトル

NEA における廃止措置と放射性廃棄物管理の諸課題

表1 NTEの主な活動^{1, 3)}

技術開発・資源動向・経済性に関する調査・分析
(NDC関連作業部会・専門家グループ)

- Working Party on Nuclear Energy Economics(WPNE)
- Joint NEA/IAEA Group on Uranium
- Expert Group (EG) on Uranium Mining and Economic Development(UMED)
- Joint NEA/IEA ad hoc EG on Projected Costs of Electricity Generation
- Ad hoc EG on Reducing the Costs of Power Generation (REDCOST)
- Ad hoc EG on Maintaining Low-Carbon Generation Capacity through LTO of Nuclear Power Plants: Economic, Technical and Policy Aspects (EGLTO) Nuclear
- Ad hoc EG on the Role and Economics of Nuclear Co generation in a Low carbon Energy Future(COGEN)
- EG on Advanced Reactor Systems and Future Energy Market Needs(ARFEM)
- Ad hoc EG on the Estimation of Potential Losses Due to Nuclear accidents, Liability Issues and Their Impact on Electricity Cost(COSTA)
- Ad hoc EG on Climate Change: Assessment of the Vulnerability of Nuclear Power Plants and Cost of Adaptation(NUCA)
- EG on Back-end Strategies(BEST)
- EG on the Economics of Extended Storage of Spent Nuclear Fuel(EGEES)
- Nuclear Innovation 2050(NI2050)

国際協力活動への事務局業務提供

- 第4世代原子力システム国際フォーラム(GIF)
- 国際原子力エネルギー協力フレームワーク(IFNEC)

技術および経済的な事項について調査・分析活動を展開してきた。同委員会は、日本より松井一秋氏が2019年まで10年以上にわたり議長として尽力し、現在は永井雄宇氏(電力中央研究所)が同委員会の運営を担うビューロ・メンバーとして選出され活動を牽引している。

NDCの活動のうち、世界のウラン資源や需給に関する最新動向をまとめた統計資料である「ウランウム：資源、生産、需要(Uranium Resources, Production and Demand)」(通称“レッドブック”)は、このテーマに関する唯一の政府関係機関提供の刊行物であり、信頼できる情報源として広く知られている。これは1965年から続くOECD/NEAとIAEAとの共同刊行物であり、およそ2年おきに更新され、これまでに計26刊が発行されている。また「原子力エネルギーデータ」(通称“ブラウンブック”)は、OECD/NEA加盟国の原子力エネルギーや原子燃料サイクルの開発や利用の動向に関する統計情報および今後の予測について毎年更新し発行している。

また、NDCでは、テーマ別の作業部会や専門家グループを設置し、さまざまな経済的または技術的な分析を行っている。経済的側面に関する分析として広く知られているものとして、電源別の発電コストを分析する「発電コスト予測(Projected Costs of Generating Electricity)」

を国際エネルギー機関(IEA)と共同で5年毎に更新・発行している(本校執筆時現在、2020年版発行準備中)。2019年には「脱炭素コスト：高シェアの原子力と再生可能エネルギーによるシステムコスト(The Costs of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables)」と題するレポートを発行し、変動が多く不安定な電源が電力システム全体のコストに与える影響に注目したモデル分析を通じて、電力システムの脱炭素化における原子力発電の経済的な有効性を示すとともに、最適な電力システムを実現するための市場設計や投資の枠組み構築における政府の役割について提言を行っている。また、2020年7月に発行した「原子力発電所建設に関するコスト削減の解明：ステークホルダー向け実践ガイド(Unlocking Reductions in the Construction Costs of Nuclear: A Practical Guide for Stakeholders)」では、原子力新規建設に係る近年の高コスト化やスケジュール遅延が原子力技術に固有のものではないことを検証し、建設コストの短期的なコスト削減の可能性と、更なる長期的なコスト削減の機会を特定し、その達成のために産業界および政府がとるべき効果的な方策を提案している。その他に、原子力発電所の長期間運転に関する技術的な信頼性と経済的・政策的な便益の分析(EGLTO)、将来の低炭素エネルギーシステムやエネルギー市場における原子力コージェネレーションの経済性(COGEN)や革新型原子炉システムの将来のエネルギー市場における適応性(ARFEM)の調査が進められている。原子燃料サイクルに焦点をあてた分析としては、直接処分・再処理・将来のクローズドサイクルといった異なる燃料バックエンド方策について、その特徴や課題を技術的・経済的・社会的な側面について評価・比較する取り組み(BEST)や、超長期に及ぶ放射性廃棄物の処分や原子力施設の廃止措置に関する最適な資金確保の枠組みの分析が進められている。

(2) 特定の国際協力やワークショップの開催

これらの調査や分析に加え、原子力分野におけるイノベーションに関する活動として、革新的技術の研究開発と市場展開を加速させることを目的としたイニシアチブ「原子力イノベーション2050(NI2050)」を2015年より推進しているほか、2019年には産官学の主要なステークホルダーが、原子力分野におけるイノベーションの加速に関し議論する「原子力エネルギーの未来のためのイノベーションに関するグローバルフォーラム(Global Forum on Innovation for the Future of Nuclear Energy)ⁱ」を開催した。さらに今後、原子力分野と金融分野の専門家が原子力の新規建設に焦点を当て、大規模インフラプロジェクトへの資金調達のアプローチについ

ⁱ 共催：米国電力研究所(EPRI)、国際原子力機関(IAEA)、韓国水力原子力発電(KHNP)、英国国立原子力研究所(NNL)

て議論する国際ワークショップ「革新的な資金調達：持続可能な原子力の資金調達にむけて (Workshop on Innovative Financing: Towards Sustainable Nuclear Financing)ⁱⁱ」, および原子力分野内外の専門家が集まり, 破壊的技術 (Disruptive Technology) の活用による原子力発電所の建設や運転の高度化の可能性を議論する国際ワークショップ「原子力安全アプリケーションにおける破壊的技術 (International Workshop on Disruptive Technologies for Nuclear Safety Applications)ⁱⁱⁱ」をそれぞれ 2021 年に開催予定である。その他, 2019 年には原子力の直面する課題に対し, 社会科学の観点からのアプローチの可能性を議論するワークショップ「原子力科学と社会科学のネクサス：学問領域を超えて議論するための課題と機会 (Nuclear and Social Science Nexus: Challenges and Opportunities for Speaking Across the Disciplinary Divide)」を開催したほか, 世界中の原子力研究や教育における先進的な拠点大学との継続的な連携の枠組み構築に向けた議論を進めている。

このように, NDC では, 技術・経済・社会の幅広い側面から原子力開発の活性化に取り組んでいる。

3. 特別の枠組みによる国際協力活動の推進

原子力技術開発・経済性課は, 第 4 世代原子力システム国際フォーラム (Generation-IV International Forum: GIF)⁴⁾ および国際原子力エネルギー協力フレームワーク (International Framework for Nuclear Energy Cooperation: IFNEC)⁵⁾ といった特別な国際協力プログラムに事務局業務を提供して, 国際協力活動を推進している。GIF は, 2030 年代の商業導入を目指し, 次世代原子力システムの研究開発を多国間協力で推進することを目的に, 2001 年 7 月に発足した国際協力の枠組みである。2020 年 6 月現在, 13ヶ国 1 機関 (アルゼンチン, 豪州, ブラジル, カナダ, フランス, 日本, 中国, 韓国, 南アフリカ, ロシア, スイス, 英国および米国ならびにユーラトム) が憲章に署名している。GIF はその目的上, 次世代原子力システムを推進する立場にある研究機関を主要な実施主体とする。その一方で, 他の分野のステークホルダーとの連携を図り, その成果が特定分野に留まらず広く受け入れ可能なものとするのが意識されている。日本は発足当初からのメンバー国であり, これまで常に中核メンバーとしてその推進に貢献してきた。IFNEC は, 国際原子力エネルギー・パートナーシップ (GNEP) を前身として, 2010 年に発足した。安全性, セキュリティ, 核不拡散を高いレベルで満足する原子力平和利用を効率的に推進するために, 参加国間の相互協力を図ることを目的とした枠組みである。その経緯から各

ⁱⁱ 共催：国際原子力エネルギー協力フレームワーク (IFNEC), ケンブリッジ原子力センター

ⁱⁱⁱ 共催：韓国原子力研究所 (KAERI), 韓国原子力学会 (KNS)

国の政府機関が委員として参加しており, 日本では内閣府原子力委員会から会合結果の報告が公開されている⁶⁾。

本稿ではこのうち, 先進的な原子力技術の開発を行っている第 4 世代原子力システム国際フォーラム (GIF) について, その内容と日本の貢献を示す。

(1) 第 4 世代原子力システム国際フォーラム (GIF)

第 4 世代の原子力システムが具備すべき性能として, 持続可能性, 経済性, 安全性/信頼性, 核拡散抵抗性/核物質防護の 4 つの領域にわたる開発目標が掲げられている。これらの開発目標の要件を具備する革新的原子力システムとして, GIF においては下記の 6 種のシステムを選定し, 研究対象としている。以下本節で第 4 世代原子力システムもしくは単にシステムという場合, 下記 6 種のシステムを指す。

- ガス冷却高速炉 (GFR)
- 超臨界圧水冷却炉 (SCWR)
- ナトリウム冷却高速炉 (SFR)
- 超高温ガス冷却炉 (VHTR)
- 鉛冷却高速炉 (LFR)
- 溶融塩炉 (MSR)

日本はこのうち, 溶融塩炉を除く 5 システムのシステム協定および合意覚書に署名し, 多国間協力を行っている。

第 4 世代原子力システム国際フォーラムの運営体制を図 1 に示す。政策グループ (PG) が GIF 全体の枠組みおよび政策に関する決定責任を負い, 専門家グループ (EG) は政策グループへの技術的助言, 提案を行う。両グループの事務は政策事務局が担当している。前述の通り日本は GIF 発足当初からの中核メンバーであり, 特に 2019 年から 2021 年の期間においては, 政策グループ議長および政策部長の双方を輩出, GIF 全体の活動をリードし続けている。

個別のシステムに対する研究開発活動は, それぞれの

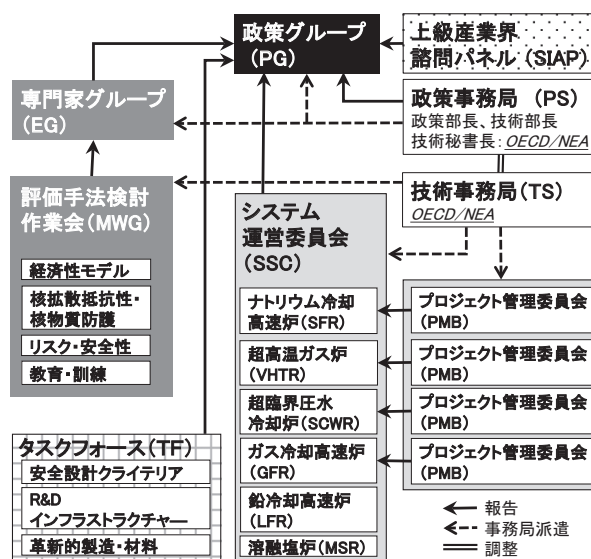


図 1 GIF Governance Structure

システム運営委員会(SSC)の下で行われる。鉛冷却高速炉と熔融塩炉を除く4システムについては、SSCの下に複数のプロジェクトが設定され、それぞれ締結した協定に基づきプロジェクト管理委員会(PMB)を設置して研究協力が実施されている。プロジェクト管理委員会は、各国の研究開発の成果物の交換を行うとともに、ベンチマーク解析などの多国間協力の可能性を模索し実行している。

また、システムを横断した課題検討を行うために評価手法検討作業会(MWG)が設置され、個別のタスクについて検討するために短期間の活動を行うタスクフォース(TF)も設置されている。これらのMWGおよびTFは、次項で述べる重要推進課題と密接に関係しており、第4世代システムに共通の内容を国際的に検討している。また、その成果を分野横断的なものとするため、外部会議との連携やワークショップの開催を行っている。

OECD/NEAは、各システムのSSCとPMB、およびMWGとTFに対して、技術事務局を派遣している。この技術事務局員には、GIFメンバー国からOECD/NEAへの出向者が含まれる。日本も技術事務局要員をOECD/NEAに出向させており、ナトリウム冷却高速炉のSSCとPMBをはじめとした会議の技術事務局を担当している。

(2) GIFの重要推進課題

GIF政策グループ議長団は、前述の6システムの設計および研究開発に加え、以下の4つの重要推進課題を掲げている。

- ① 安全設計と規制のあり方にかかる国際標準化
- ② 第4世代炉の社会市場での魅力として、原子力システムの柔軟性の向上
- ③ R&D協力の一層の促進
- ④ GIF成果の世界への発信

上記のうち最後を除く3課題については、3名の政策グループ副議長がそれぞれ担当し、前述の作業会やタスクフォースを通じて推進を図っている。また、将来の原子力システムの在り方について全世界規模で議論するうえで、関連する多様なステークホルダーと分野横断的な議論を行い、多面的な視点での結論を得ることが望ましい。このためそれぞれの課題については、GIF内部の議論に留まらず、OECD/NEA内の安全および規制関連会議への出席や連携、IAEAとのインターフェース会合⁷⁾を開催しての情報交換と活動内容のすり合わせ、ワークショップ^{8,9)}を開催してステークホルダーの意見を広く求めるなどの取り組みがなされている。以下、上記の4課題のうち①および④に関する近年の活動事例を紹介する。

a. 安全設計クライテリア/ガイドラインの開発

安全設計と規制のあり方にかかる国際標準化の活動事例として、安全設計クライテリアタスクフォースの活動を紹介する。

GIFは対象とする第4世代原子力システムについて、安全性/信頼性に関する開発目標を設定している。その一方で、実際のプラント設計にあたっては、各国がその実情に合わせて策定した規格基準類が用いられる。最上位の開発目標と、各国の規格基準類との間に大きなギャップがあることから、その中間にあたるものとして、開発目標を各システムの安全設計に具体的に展開するための安全設計クライテリアおよび安全設計ガイドラインを整備することが望まれる。これにより、第4世代原子力システムの安全基準は、GIF開発目標を頂点として各国の規格基準類に展開される階層構造を成す。

この安全設計クライテリアのうち、ナトリウム冷却高速炉に対するものの開発を行うことを目的として、2010年に安全設計クライテリアタスクフォース(SDC-TF)が立ち上げられた。本TFの委員は、SFRシステム協定に署名した各国からの参加者に加え、IAEAからも委員を招いている。9年にわたる活動の結果SDC-TFは、安全設計クライテリア(SDC)、安全アプローチに関する安全設計ガイドライン(SA-SDG)、および系統別安全設計ガイドライン(SSC-SDG)を開発した。このうちSDCおよびSA-SDGは、GIFウェブサイト⁴⁾上で公開されている。

日本は、日本原子力学会において特別専門委員会を設置し、これらのクライテリアおよびガイドラインが含むべき内容について、TFでの議論に先立って精力的な議論/検討を行ってきた。この成果に基づいて日本は、本TFの議長国として、他のメンバーと連携しコンセンサスを得て、上記のSFRの国際標準の開発を主導した。

またこれらのクライテリアおよびガイドラインについては、タスクフォース内の議論にとどまらず、NEA内原子力規制活動委員会(CNRA)傘下の先進炉の安全に関する作業会(WGSAR)およびIAEAの関係部署である原子力局および安全・セキュリティ局といった国際機関や会議体、各国の規制機関にレビュー依頼を行い、規制の観点を含むコメントを受領し、これを反映した改訂を行っている。これにより多面的な視点でのSDCおよびSDGの洗練が図られた。このような外部との連携は、多様な分野の会議を擁するNEAが、分野間の橋渡しを行ったことによるところが大きいと考えている。

SDC-TFは、ナトリウム冷却高速炉に関するSDC、SDGの整備が一段落したことから、2019年にリスク安全性作業会(RSWG)に合流し、パイロットスタディなどの上記の成果物の実用、および他のシステム向けのSDC/SDG整備への展開などを行うことが計画されている。

b. GIF成果の世界への発信

GIFでは、第4世代システムの普及と若手技術者の教育を目的として、教育トレーニングタスクフォースを立ち上げ、定期的にウェビナーを実施している。2020年9月末時点で45回のウェビナーが開催され、その内容は

第4世代システムの基礎から各国の動向に至るまで多岐にわたる。過去のウェビナーの録画配信、および今後のウェビナーの予定については、GIF ウェブサイト⁴⁾上から参照できる。

さらに現在、GIF は重要推進課題の一つとして、世界に向けた情報発信の強化に取り組んでいる。多様な視聴者を獲得しより広範囲に GIF の活動をアピールするため、YouTube にチャンネルを開設¹⁰⁾し、上記のウェビナーや PG 議長による GIF の活動概要紹介等の動画を公開している。これに加えて、GIF は月例ニュースレターの発刊を開始した。ニュースレターは近年の GIF の擁する各会議体や GIF 参加国の第4世代システムに関するトピックを報じており、GIF における実施中の研究開発および検討に関する発信と位置付けられる。また、研究開発および検討結果について一定の成果が得られた段階で、ワークショップ形式での発信を進めており、関連するステークホルダーに周知を図るとともにその意見を求めている。さらに、前項の安全設計クライテリアのような最終成果物については、GIF ウェブサイトの公開領域にて積極的な公開を行っている。以上のように、GIF 活動の背景段階、検討過程、最終成果の各段階での体系的な情報発信が推進されている。今後 GIF ウェブサイトをさらに改訂して、以上の全段階の情報を効率的に提供することが検討されている。

日本の原子力関連の各ステークホルダーに、以上の情報発信が現在の最先端の原子力動向を知る一助となることを期待したい。さらに、ワークショップ等における双方向の情報発信を通じて、将来の原子力システムに関する技術・政策等のさらなる洗練が図られることを期待したい。

Ⅲ. 日本への期待

本稿で紹介したように、OECD/NEA では、気候変動への対応や持続可能な開発に向けた世界的な潮流において、世界各国のさまざまな専門家を巻き込んで、幅広い視点から原子力の貢献や有用性を分析、発信するとともに、将来の可能性について議論を重ね将来像や戦略アプローチを発信している。第4世代原子力システム国際フォーラム (GIF) も、研究開発の国際的な協調の促進にとどまらず、多岐にわたるステークホルダーを巻き込んだ分野横断的な意見交換や情報発信を通じて、将来の原子力システムとその利用に関する国際的なコンセンサス形成に寄与している。

日本においても経済産業省、文部科学省、JAEA の3者による民間の革新原子炉技術の開発支援を通じて原子力イノベーションを促進する NEXIP イニシアチブが始められているが、日本におけるこのような取り組みや

その中で得た経験や知見をもって、OECD/NEA における将来像を描く議論に加わることは、原子力先進国として期待されている国際貢献の役割を果たすだけでなく、日本の原子力技術やエネルギーの将来ビジョンの描写をさらに洗練させ、その実現に向けた戦略や具体的アクションに多くの示唆を得ることができるものと考ええる。特に、産・官・学を問わず、これからの日本のエネルギー・原子力を担う若い世代がこれらの議論に関心を持ち、積極的にその議論に関わり、世界そして日本の原子力のよりよい将来像の実現へ貢献することを期待する。
* 本稿の内容はすべて執筆者個人の見解であり、OECD/NEA ないし執筆者の所属組織等の公式な見解等を表わすものではない。

— 参考資料 —

- 1) <https://www.oecd-neo.org/>
- 2) <http://www.oecd-neo.org/news/2020/covid-19/post-covid-19-recovery/index.html>
- 3) https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_28563
- 4) <https://www.gen-4.org/gif/>
- 5) <https://www.ifnec.org/ifnec/>
- 6) http://www.aec.go.jp/jicst/NC/sitemap/bunya15_ifnec.htm
- 7) [https://nucleus.iaea.org/sites/htgr-kb/gif-iaea/SitePages/14th%20GIF-IAEA%20\(2020\).aspx](https://nucleus.iaea.org/sites/htgr-kb/gif-iaea/SitePages/14th%20GIF-IAEA%20(2020).aspx)
- 8) https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_116807/gif-workshop-on-r-d-infrastructures-needs-and-opportunities
- 9) https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_115848/workshop-on-advanced-manufacturing
- 10) <https://www.youtube.com/channel/UCUUBIUGLAISeUU5msbHFmxw/>

職員からのひと言



後藤弘行 (ごとう・ひろゆき)

「NEA では、世界各国・各分野の専門家が原子力の今や将来について、多視点的かつ熱を帯びた議論を展開しており、多くの気づきや刺激を得ています。日々の業務では、日本で培ったスキルが通用せず挑戦続きですが、世界的な文脈のなかで日本の原子力産業をとらえ、その発展に貢献できるよう精進していきます。」

経済協力開発機構/原子力機関 原子力技術開発・経済性課 (専門・関心分野) 原子力発電、国際協力



岡島智史 (おかじま・さとし)

「NEA における業務は、多様な分野における世界的な視点からの意見に触れるもので、広い視野を持って自らの業務の位置づけを見直すことができる貴重な機会でした。」

前・経済協力開発機構/原子力機関 原子力技術開発・経済性課 (現・日本原子力研究開発機構) (専門・関心分野) 高温構造設計、信頼性工学