

GIFにおける次世代炉開発推進活動 の成果（2019-2021）

2022年1月27日

JAEA高速炉・新型炉研究開発部門

注：第4世代原子力システム国際フォーラム(GIF)＝第4世代原子力システム(Gen IVシステム)の研究開発を開発国間で協力/推進することを目的とする国際協力の枠組み(13カ国1機関) 参照：<https://gif.jaea.go.jp/about/index.html>



GIF運営組織:

PG,EG,PS,TSにJAEAから委員参加 (PGは文科省及び経産省からの委託)

産業界(SIAP):

日本原電、三菱重工業から委員参加

WG/TF:

Gen IVシステムの開発目標に関するワーキンググループ。推進要因/機会検討、及び評価法開発。JAEAから委員参加

SSC/PMB:

Gen IVシステムに関する研究開発/プロジェクト管理を実施。ただし、LFR及びMSRは、プロジェクトを持たない暫定システム委員会(pSSC)。SCWRは資源エネルギー庁、SFR,VHTR,GFRはJAEAが実施機関。

開発目標＝持続可能性、安全性・信頼性、経済性、核拡散抵抗性・核物質防護。2002年に、本目標を達成しうる次世代の炉型として、SFR,VHTR,SCWR,GFR,LFR,MSRを選定。

システム運営委員会＝プロジェクトを有する正式なシステム運営委員会は、共同プロジェクトを協議の上、各種取決めに参加国が署名し、運営を行う。暫定委員会は、覚書(MoU)に基づき、情報交換/共有を行う。

詳細：<https://gif.jaea.go.jp/about/index.html>



Gen IVシステムの開発目標

持続可能性

- 燃料の効率的利用
- 廃棄物の最小化と管理

安全性・信頼性

- 安全で信頼できる運転
- 炉心損傷の発生頻度が極めて低く炉心損傷程度も小さい
- 敷地外の緊急時対応不要

経済性

- 他のエネルギー源を凌駕するライフサイクル・コスト
- 他のエネルギープロジェクトと比肩する金融リスク

核拡散抵抗性・核物質防護

- 軍事転用の魅力度が低く盗取困難
- 耐テロ性

参照：<https://gif.jaea.go.jp/about/index.html#s1>

GIFスキーム構築の歴史

1999年	米国が第4世代原子力システム概念とその研究開発のための枠組みとしてGIFの構築を提唱
2000年1月	「GIF設置に関する共同声明」発出
2001年7月	GIF憲章 署名(開発理念を定める)
2002年7月	100を超える炉概念からGIFの研究開発対象として 6システム を選定
2002年12月	技術ロードマップ を策定
2005年2月	枠組協定(FA) 署名(研究開発協力の枠組みを規定する国際約束)
2006年	4システムについて システム取決め(SA) 署名(その後、適宜、参加希望国が追加署名)、その後、研究開発計画を定めた プロジェクト取決め(PA) に順次署名
2010年	2システムについて 覚書(MOU) 署名
2011年7月	GIF憲章の延長 署名(以後、自動延長)
2014年1月	研究開発の進捗から 技術ロードマップ を改定
2015年2月	枠組協定の延長 (2025年2月28日まで)

革新システム開発期

日本の次世代実証炉/実用炉開発の経緯

1999-2006年	実用化戦略調査研究(FS:ナトリウム炉、ヘリウムガス炉を選定)
2006-2011中絶	高速増殖炉サイクル実用化研究開発(FaCT) (<u>経済性、信頼性、安全性向上</u>)
2011年3月	東日本大震災
2011-2015年	SFR用安全設計要件の構築(SDC/SDG) =安全性向上/保守・補修性向上
2014-2019-	日仏高速炉開発 (ASTRID:2014-2019、 ナトリウム冷却高速炉開発計画協力 (2019-))
2022-	日米高速炉開発本格化

市場模索/競争/連携期

安全向上/基準詳細化期 (安全設計基準の提案/策定)

GIFにおける安全設計基準策定の歴史

2011年	SDC-TF の設置(日本は議長国)
2013年	SFR安全設計基準(SDC)報告書の完成 IAEA、MDEP、NEA/CNRA、及びSFR開発プログラムが活発なGIF加盟国(中国、ユーラートム、フランス、日本、韓国、ロシア、米国)の規制機関に配布(コメント/レビュー依頼)。
2017年	改訂版SFR-SDC報告書 の完成(関係機関のレビューに基づき改定)。
2020年	安全性の考え方と設計条件に関する安全設計ガイドライン(SFR SA SDG)の完成(外部レビュー含む)
2019-	構造・システム・コンポーネントの安全設計ガイドライン(SFR SSC SDG):外部レビュー中(炉心系、冷却材系、格納容器系)
2019-	SFR用SDC/SDGの策定作業は終了し、レビューフェーズに入ったこと、またSMRを含む他炉型でのSDC展開(LFR、VHTR)に入ったことから、SDC-TFは、RSWGと統合。 LFR用SDC は、2021年原案を発行、レビュー開始。



2003年～ 初代議長
米国 マグウッド氏
元DOE原子力局長
元NRC委員
OECD/NEA事務局長



2006年～ 第2代議長
仏国 故ブシャール氏
元仏原子力庁(CEA)
長官付特別顧問



2010年～ 第3代議長
日本 佐賀山氏
文部科学省参与
元JAEA次世代部門長
GIF名誉議長



2013年～ 第4代議長
米国 ケリー氏
元DOE原子力局次官補代理
ANS元会長
GIF名誉議長

日本のエネルギー基本計画の推移

2014年	第4次エネルギー基本計画(3E+S): 安全最優先/資源自給率/環境適合/国民負担抑制
2018年	第5次エネルギー基本計画(より高度な3E+S): 情勢変化へ対応(①脱炭素化に向けた技術間競争の始まり ②技術の変化が増幅する地政学リスク③国家間・企業間の競争の本格化)
2022年	第6次エネルギー基本計画(脱炭素化に向けた世界的潮流): 世界的な脱炭素に向けた動きの中で、国際的なルール形成を主導することや、これまで培ってきた脱炭素技術、新たな脱炭素に資するイノベーションにより国際的な競争力を高めることが重要。

市場模索/競争/連携期

連携パートナー模索
連携スキーム構築



2016年～ 第5代議長
仏国 ゴーシェ氏
フラマトム副社長
元CEA原子力開発局長



2019年～ 第6代議長
日本 上出氏
文部科学省参与
JAEA高速炉・新型炉部門
副部門長



2021年～ 第7代議長
米国 カボニティ氏
DOE原子力局次官補代理

GIFにおける推進アプローチの多様化

2018年	GIF Symposium 2018 Market challengeが着目され始める。Sustainabilityがより広い範囲で考慮し始められる(Environment, Economics, Supply reliability等)。 「 GIF R&D Outlook for Generation IV Nuclear Energy Systems: 2018 Update 」 「 Preparing the Future through Innovative Nuclear Technology: Outlook for Generation IV Technologies 」
2019年	上出GIF議長: ①安全設計と国際標準としての規制への貢献、②第4世代炉の社会市場での魅力:柔軟性の向上、③R&D協力の一層の促進、④GIF成果の世界への発信のミッションを設定。 「 GIF POSITION PAPER ON FLEXIBILITY OF GEN IV SYSTEMS 」の発行
2020年	クリーンエネルギー閣僚級会合のイニシアティブCEM NICE Futureの技術報告書「 クリーンエネルギーシステムのための柔軟な原子力エネルギー 」への参画 IAEA(原子力局、安全局)、OECD/NEA-WGSAR、WNAとの 関係を強化 IAEAのSMRの安全基準策定に参画開始(SDC/SDGの経験を反映)
2021年	「 R&D INFRASTRUCTURE TASK FORCE FINAL REPORT 」 「 NUCLEAR ENERGY- AN ESG INVESTABLE ASSET CLASS 」 「 ADVANCED NUCLEAR TECHNOLOGY COST REDUCTION STRATEGIES AND SYSTEMATIC ECONOMIC REVIEW 」の発行 「 GIF20周年記念ウェビナー 」 「 第2回GIF 先進製造技術に関するワークショップ 」の開催 「原子力エネルギーの非電力利用タスクフォース(Non-Electric applications of Nuclear Heat Task Force)」を設置 産業界との連携を強化する企画として、「 Forum with Industry 2022 」を計画
2022年	米国GIF第7代議長となる。 Market Issues and Industry Engagement: 仏 Networking and Education: 日 R&D collaboration: 韓 Regulatory Issues: 加 (ポリシーディレクター=英/NIRO、テクニカルディレクター=米/ANL)

2019年1月から3年の任期でGIF議長、具体の施策を司る政策部長を日本（JAEA）が務めGIFの活動をリードしてきた。

議長方針：1）安全基準のリード、2）市場機会拡大へのチャレンジ、3）R&D協力の活性化、4）GIF成果の発信と新型炉の必要性アピールを掲げ、成果を得た。

安全基準：

- **Na冷却高速炉の安全設計基準と適用ガイドの構築**を完了（最後の系統機器レベルのガイドはIAEAレビュー回答を作成）。また、鉛冷却高速炉の安全設計基準へも展開を開始。
- さらにIAEA基準化に向けて**IAEAの第4世代炉を含むSMRの安全基準策定に参画**し、各炉型の特徴を反映。（機構のリスク評価手法を講演、高評価を得た）

市場機会拡大：

- 再エネの拡大に対し、**高温での運転を特徴とする第4世代炉の非電力利用・蓄熱など原子力利用の柔軟性拡大を狙うTF活動を始動**。
- SMRを含む民間の開発に対応し、革新的製造技術を対象にR&Dの促進活動（開発を支援するプラットフォーム構築）を開始。**民間との交流を活性化するためのイベント**（Forum Industry 2022）も10月に開催予定

R&D協力：

- **SMRベンダー、電力、規制機関の参加**を得てWorkshopを開催。

GIF成果と第4世代炉のアピール：

- Clean Energy Ministerial (CEM)の**NICE Future Initiative**にて第4世代炉の柔軟性、環境負荷低減を主張した。（2020 Report, 2021 Bookletに寄稿）
- **IAEA会合**でのアピール（気候変動とSMR会議、Scientific Forum2020）
- **US National Academy of Science**委員会でGIFの活動成果を講演した。
- **COP26**に原子力、第4世代炉の役割を書簡送付。WNNで取り上げられた。

国際機関との連携強化：

- IAEA：原子力の非電力利用、革新製造技術、安全での連携強化を合意した(2021) IAEA安全局との協力を強化。
- 民間との連携：World Nuclear Association (WNA)との協力を開始

国内でのGIF活動（新型炉開発への関心を高める）：

- 日本語GIF公開Websiteの運営を2021年開始した（高い関心とアクセス実績）
- 報告会：原学会核不拡散シンポ(2020)、原学会海外情報連絡会講演(2021)など

原子力機構あるいは新型炉部門として：

- SFR開発：日本が開発を主導した安全設計基準とガイドが、GIFの成果として主要なSFR開発国の合意を得て発行でき、中露インドなど開発国が準拠を表明した。
- 非電力利用や革新製造技術など、新しい技術開発の促進にかかる手掛かりができた。
- 議長方針の展開とGIFの運営に対し、議長国としての信頼をメンバー国から得た。
- 様々な国際機関、政府機関、開発メーカーTopとの信頼関係を得た。

体制：日本（上出議長）のGIF議長任期を完了。次期議長は、米（Ms. Alice Caponiti：DOE, NE-5, Deputy Assistant Secretary, Reactor Fleet and Advanced Reactor Deployment）。上出 政策グループ委員は、**GIFの副議長**として、**Networking and Education（関連機関との連携強化と第4世代炉の教育普及）**を担当。

共通評価手法：**SFR安全基準類（SDC/SDG）の策定・国際的リード**は、GIF及びIAEAから高い評価。今後の安全基準類の策定でも**基本的考え方→（特定プラントの設計）→安全評価法のプラントへの適用評価→評価事例の積み上げによる安全設計ガイドラインの策定**というSFR-SDCのProcessがGIFで踏襲される方向。（IAEAでもこれを狙う）

プラント実証の戦略(安全アプローチ)：Risk Informed Approach, Graded Approachなどより合理的な**安全設計基準を模索する動き**が鮮明化し、GIF及びIAEAでの協議対象となっている。これらは、特定の条件下でプラントを建設する際の過剰な設備要求を避けることができる可能性があることから、日本としてもGIFならびにIAEAでの安全分野での活動に協力する。

プラント実証の戦略(議論を進める場の構築)：GIFは、新たに開始した**革新製造技術と新材料**の利用を促進する活動、**原子力エネルギーの非電力利用の活動**に加え、**SMR開発を含む民間との協力模索**など**第4世代炉の新しい連携、実装の加速に関する戦略**を参加各機関が共有/推進する場となりつつある。**機構もこれらの活動に参加し、戦略分析に努める。**

知見・技術基盤の整備：第4世代炉にかかわる技術・戦略は、**GIFのWebsite, Webinar Archive**などを通し、**蓄積・共有**されつつある。今後IAEAとの連携を含めて強化する計画。機構でも、日本版GIFホームページやGIFの機構内イントラを通し**技術の蓄積・共有化を進める。**

2021

GIF公開/登録型イベント

4/28 GIF20周年記念ウェビナー：第4世代原子力システムの実用化にむけたこれまでの取組みと今後の展望
(Tele, [See GIF-JP HP](#), [Watch WEBCAST](#), [agenda](#))

4/30 GIF若手研究者の論文ショートスピーチコンテスト (Tele, [See GIF-JP HP](#))

11/8, 9 第2回[GIF 先進製造技術](#)に関するワークショップ (Tele, [See GIF-JP HP](#))

(GIF内のAMM関係者、AMM以外の専門家、GIF外のプライベートセクターを参加者とするワークショップ。製造プロセス、モデル化/シミュレーション/データ、規格/規制を対象にグループディスカッションを実施)

GIFメンバーイベント

4/14 GIF 臨時 EG/PG 会合 ([原子力エネルギーの非電力利用](#)-TF: NEaNH-TF及びForum Industry 2022に関するアイデア協議)

5/17-21 GIF 政策/専門家会合(PG-51, EG-45 meeting) (Tele, [See GIF-JP HP](#))

(第4世代炉開発/GIF評価法開発の状況共有。ハンドブック/ベンチマーク/ポジションペーパーなど共通成果作成へ向けた活動の推奨。IAEA,NEA-WGSAR,CEM-NICE-Future,WNAなど[外部連携機関との戦略的協力加速](#))

6/29,30 第15回GIF-IAEAインターフェース会合(GIF組織内の各議長クラスが参加) (Tele, [See GIF-JP HP](#))

(原子力エネルギーの非電力利用、統合評価システム、先進製造分野、教育・訓練などの分野に協力を拡大)

10/6 GIF 臨時 EG/PG 会合 (Forum Industry 2022に関するアイデア協議)

10/18,19,20,27,28 GIF 政策/専門家会合(PG-52, EG-46 meeting) (Tele, [See GIF-JP HP](#))

(R&Dから実証/実装への流れを共有化。そして米国リーダーシップ体制への受け渡し。GIFの目標である安全性、経済性、核拡散抵抗性・核物質防護にかかわる評価レポート/ケーススタディのみならず、原子力エネルギー導入/利用の柔軟性、R&Dインフラストラクチャーニーズ、先進的な製造技術と材料工学技術の利用促進にかかわるポジションペーパーの発行やワークショップの開催など、第4世代炉の社会実装を設置国のニーズ/状況をふまえ加速。)

2022

4/19 GIF-IAEA-NEA合同ウェビナー，“脱炭素社会における原子力エネルギーの役割”

5/16-20 GIF 政策/専門家会合(PG-53, EG-47 meeting) EG/PG week hopefully at Sydney

10/3-7 GIF- [Forum Industry 2022](#) (Colocation with G4SR-4: to be confirmed)

GIF 関連会合（外部会合への参画/関係団体へのGIFの活動/方向性紹介）

- 5/21 [INPRO-IAEA and GIF Collaboration and Current Activities](#) (Hideki KAMIDE)
at [18th INPRO Dialogue Forum](#) on Partnerships for Nuclear Development and Deployment (IAEA):
Day4 Session IV: Partnerships for Innovative Nuclear Technology
- 5/26 SMR-AMR-MicroReactors:
Global New Paradigm for Nuclear Reactors. [A vision from the Generation IV International Forum](#) (GIF)
(Gilles RODRIGUEZ) at STRONG **KOREA FORUM** 2021 (02:20 -- 25:06)
- 5/31 [CEM NICE Futureイニシアティブとの連携](#)
[2.1イノベーションを通じたネットゼロ社会への貢献/GIFのポジション](#) (Eng.ver. / Jp.ver.)
(GIF: Hideki KAMIDE) at CEM NICE Future: Pathways to net zero using nuclear innovation
- 6/23 [GIF インタビュー：第4世代炉の実用化に向けて：産業界との対話](#)
Allan Carson of WNA interviews Gilles Rodriguez (GIF TD)
at [one-to-one interviews with leading experts](#) of Strategic eForum on Nuclear Innovation
- 7/29 [Generation-IV Reactor Systems and International Cooperation through GIF](#) (Hideki KAMIDE)
at New Technologies in Power Plants and Fuels session of Nuclear Trade and Technology Exchange (**NT2E**)
- 9/28,10/14 **政策議論への貢献**
[Overview of the Generation IV International Forum](#) (Hideki KAMIDE)
[Status of the SFR technology developments in the Generation-IV International Forum: Reactor Design & Fuel R&D](#)
(Gilles Rodriguez, Frédéric Serre)
[Sodium Cooled Fast Reactor Technologies](#) (Robert Hill)
at [Merits and Viability of Different Nuclear Fuel Cycles and Technology Options and the Waste Aspects of Advanced Nuclear Reactors: Meeting **#10**, **#11**] of The National Academies of Sciences
- 10/12 **学術界へのGIFの活動紹介**
[Guest Editorial](#) by Gilles Rodriguez for ASME J. of Nuclear Rad Sci.
- 10/25 [COP26議長への公開書簡：原子力エネルギーは、ネットゼロ社会に貢献する準備ができています](#)
(Hideki KAMIDE)
- 11/30-12/2：World Nuclear Exhibition(WNE)への[GIFブース出展](#)

全体概況/方向性：

- [GIF 2020 アニュアルレポート](#) (2021年版は、2022年春公開予定)
- [シンポジウムプロシーディング](#) (2018 GIF シンポジウムなど)
(Forum INDUSTRY 2022やWG/TFレベルのワークショップを計画中)
- [ロードマップ/アウトルック](#)
([GIF R&D Outlook for Generation IV Nuclear Energy Systems: 2018 Update](#)など)
- [Handbook of Generation IV Nuclear Reactors, 2016](#) (Presently updating)
- [The High Temperature Gas-Cooled Reactor, 2020](#) (M. Fütterer, et al., Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12205-5>)

安全性 (Risk & Safety, PRPP)：

- [第4世代原子カシステムの設計・評価における安全性の考え方の基礎](#) 改定(2021年7月)
- [ナトリウム冷却高速炉：安全性の考え方と設計条件に関する安全設計ガイドライン \(SA SDG\) , 2020](#)
- [鉛冷却高速炉向けの安全設計基準 \(SDC\), 2021](#)
- [鉛冷却高速炉システム安全評価, 2020](#)
- [ナトリウム冷却高速炉：核拡散抵抗性・核物質防護白書](#)
- [鉛冷却高速炉：核拡散抵抗性・核物質防護白書](#)
- An Update of the GIF Proliferation Resistance and Physical Protection White Papers for the Six Gen IV Systems, 2019 (Cipiti, B. et al, 9th INMM/ESARDA/INMMJ Joint Workshop. See [PRPPWG-BIBLIOGRAPHY](#) Rev. 8 April 2021)
- The GIF Proliferation Resistance and Physical Protection methodology applied to GEN IV system designs, 2019 (Cheng, L. et al., ESARDA'19: ESARDA Symposium 2019 - 41st Annual Meeting See [PRPPWG-BIBLIOGRAPHY](#) Rev. 8 April 2021)

経済性/原子力エネルギーの柔軟性/原子力エネルギーの価値：

- [次世代原子力テクノロジーのコスト削減方策とそのレビュー](#)
- [ESG「環境・社会・ガバナンス」投資対象としての原子力エネルギー](#)
- [GIFにおける原子力の柔軟性に関する位置づけ](#)
- [Position Paper on Flexibility of GEN IV Systems](#)
- [Impact of Increasing Share of Renewables on the Deployment of Generation IV Nuclear Systems, 2018](#)

実証/実装の加速、連携ネットワーク：

- [R&DインフラストラクチャーTF ファイナルレポート](#)
- [第2回GIF 先進製造技術に関するワークショップ（11/8-9, 2021）](#)
- [GIF-R&Dインフラストラクチャーに関するワークショップ：ニーズと機会（2/19, 2020）](#)
- [教育・訓練WGのネットワーキングに関する活動範囲拡大\(Linked-Inグループなどソーシャルメディア展開を含む\)](#)
- [GIF Acronyms](#)



Our Vision

To contribute to a sustainable global energy future providing reliable, safe and affordable clean, CO2 free, electricity and heat for the world's benefit



Our Mission

To develop Generation IV nuclear energy systems that will deliver improved sustainability, economics, nuclear safety, security & proliferation resistance



What GIF brings

Expertise | Collaboration | Excellence



GIF's Current Strategic Themes

- Design and R&D of six types of Gen IV reactors
- International standardization of Safety Design and apply into Regulation
- Integrate Gen IV systems (flexibility, economics) and renewable energy systems in clean energy systems
- Enhance International R&D collaboration
- Attract a younger generation to the work of GIF and its goals