第4世代原子力システム国際フォーラム(GIF)の活動と今後の方向性

上出　英樹

GIF Chair

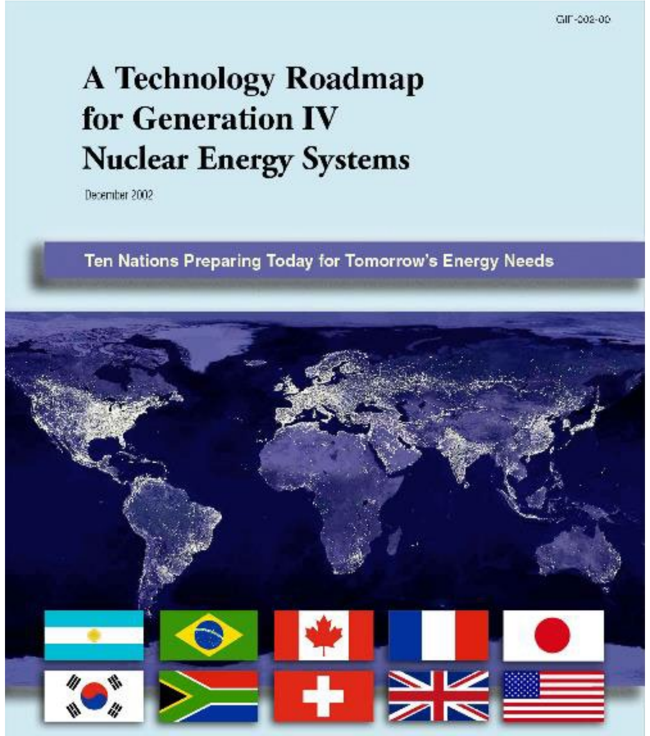
第4世代原子力システム国際フォーラムとは

第4世代原子力システム国際フォーラム（Generation-IV International Forum)

- 第4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
- 第4世代原子力システムとしての開発目標を設定
- 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、英国及び米国及びユーラトム）が参加。

GIFの経緯と歴代の議長

①



これまでの経緯:

2001年　GIF憲章の署名

2002年　6つの革新的原子力システム選定
GIF技術ロードマップの完成 ＜①＞

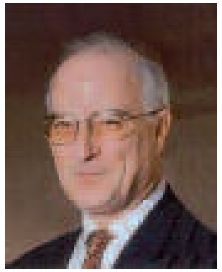
2005年　枠組協定（FA）の署名 ＜②＞

2006～2010年　6つのGIFシステム全てについて、
「取決め」或いは「覚書」を署名

②

【歴代のGIF議長】

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現会長
GIF名誉議長

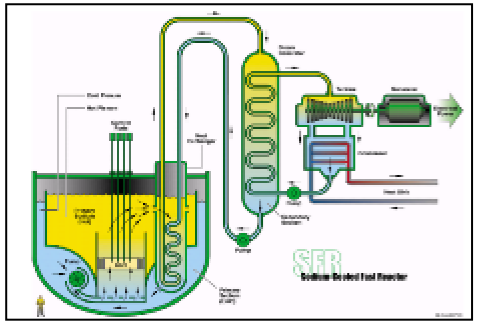
2016年～　第5代議長
仏国　ゴーシェ氏
仏CEA
原子力開発前局長

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

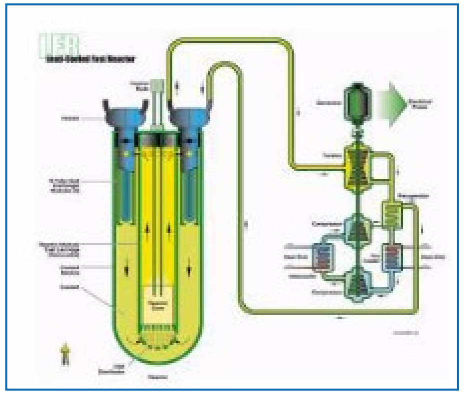
GIF Goals for Generation-IV Reactor Systems

- Sustainability
  - Long term fuel supply
  - Minimize waste and long term stewardship burden
- Safety & Reliability
  - Very low likelihood and degree of core damage
  - Eliminate need for offsite emergency response
- Economics
  - Life cycle cost advantage over other energy sources
  - Financial risk comparable to other energy projects
- Proliferation Resistance & Physical Protection
  - Unattractive materials diversion pathway
  - Enhanced physical protection against terrorism

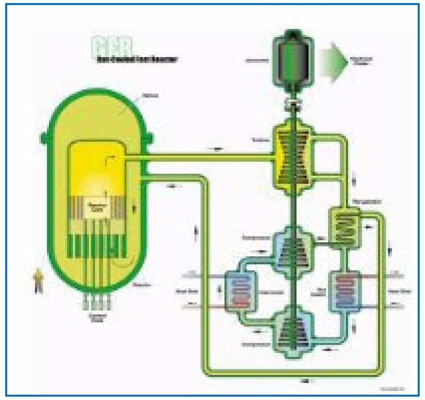
第４世代炉の６つの炉システム



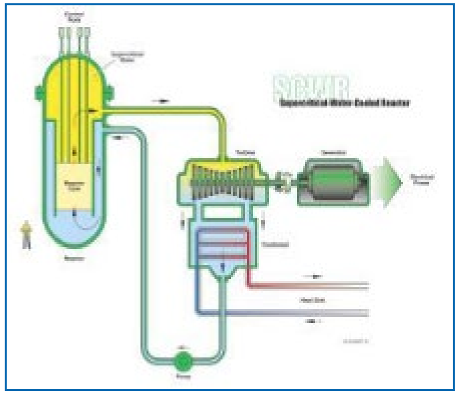
Sodium-cooled Fast Reactor (SFR)



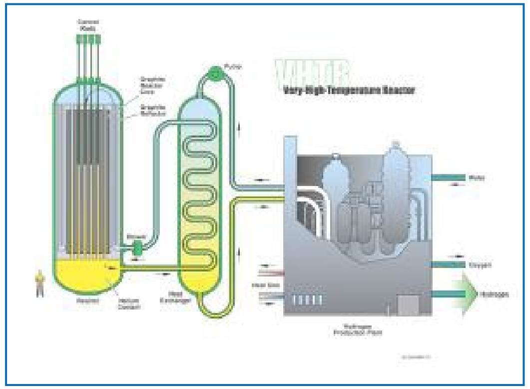
Lead-cooled Fast Reactor (LFR)



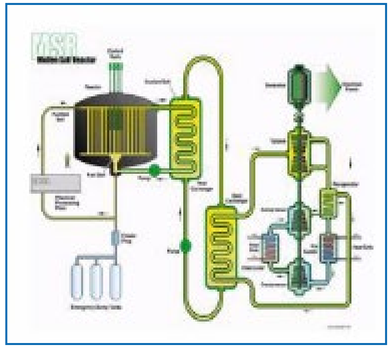
Gas-cooled Fast Reactor (GFR)



Supercritical Water cooled Reactor (SCWR)



Very High Temperature Reactor (VHTR)



Molten Salt Reactor (MSR)

GEN IV International Forum

Expertise | Collaboration | Excellence

各炉システムの比較

System	Neutron Spectrum	Coolant	Outlet temp. (℃)	Fuel cycle
Sodium-cooled Fast Reactor (SFR)	Fast	Sodium	500-550	Closed
Lead-cooled Fast Reactor (LFR)	Fast	Lead	480-570	Closed
Gas-cooled Fast Reactor (GFR)	Fast	Helium	850	Closed
Molten Salt Reactor (MSR)	Thermal/ Fast	Fluoride/Chloride salts	700-800	Open/ Closed
Supercritical Water-cooled Reactor (SCWR)	Thermal/ Fast	Water	510-625	Open/ Closed
Very High Temperature Reactor (VHTR)	Thermal	Helium	900-1000	Open

GIF加盟国の参加状況

参加国・機関 （憲章署名国）	実施機関	枠組 協定※	システム取決め				覚書	
			GFR	SCWR	SFR	VHTR	LFR	MSR
アルゼンチン		未署名						
豪州	豪州核科学技術機構(ANSTO)	2017/9				○		○
ブラジル		未署名						
カナダ	カナダ天然資源省 (NRCan)	2005/2		○				○
ユーラトム	共同研究センター(JRC)	2006/2	○	○	○	○	○	○
フランス	原子力・代替ｴﾈﾙｷﾞｰ庁(CEA)	2005/2	○		○	○		○
日　本	資源ｴﾈﾙｷﾞｰ庁(ANRE(SCWR)) /原子力機構(JAEA)	2005/2	○	○	○	○	○	
韓　国	未来創造科学部(MSIP), 韓国原子力国際協力財団 (KONICOF)	2005/8			○	○	○	
中　国	中国国家原子能機構 (CAEA) 中国科学技術部 (MOST)	2007/12		○	○	○	○	
南アフリカ	エネルギー省 (DoE)	2008/4						
ロシア	ロスアトム（ROSATOM）	2009/12		○	○		○	○
スイス	ポール・シェラー研究所(PSI)	2005/5				○		○
英　国	ビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS)	2018/10			○	○		
米　国	エネルギー省 (DOE)	2005/2			○	○	○	○

※署名日or加盟書寄託日

GIFのミッション（2019−2021年）

□市場機会の拡大と炉の建設にむけてのチャレンジ

- 産業界との連携（ SMR開発企業を含む）
- 柔軟性の向上と非発電分野での原子力利用・カップリング

□安全性と規制

- 規制との連携強化（IAEAの安全局やOECD/NEAのWGSAR）
- SFRを始めとする安全設計要件とガイドラインの開発と対象炉型の拡大

□研究開発協力の拡大

- 研究開発インフラの利用拡大
- 製造技術革新

□GIF成果の発信とコミュニケーションの強化（人々、政策立案者、規制、産業界）

- GIFニュースレター、Websiteの刷新
- IAEA、NICE Future (Clean Energy Ministerial; CEM), World Nuclear Association (WNA)
- 育成とナレッジマネージメント
  - ✓ Webinarの強化と利用性向上

GIFの組織構成

政策グループ（PG）

専門家グループ（EG）

上級産業界諮問パネル（SIAP）

政策事務局（PS）
技術秘書（TS）

評価手法ワーキンググループ（WG）

- リスク・安全性（RS）
- 核拡散抵抗性・核物質防護（PRPP）
- 経済性モデル（EM）
- 教育・訓練（ET）

タスクフォース（TF）

- 先進製造・材料工学（AMME）
- R&Dインフラストラクチャー（RD）
- 原子力エネルギーの非電力利用（NEaNH）

システム運営委員会（SSC）

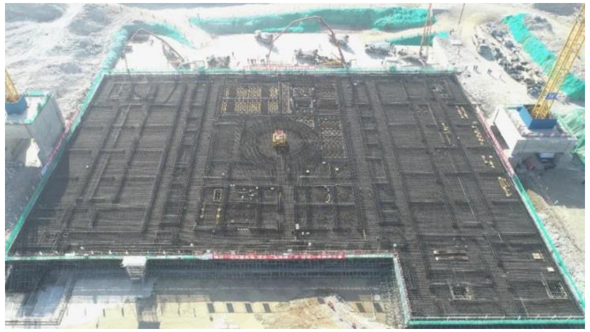
プロジェクト管理委員会（PMB）

システム運営委員会（SSC）	プロジェクト管理委員会（PMB）
ナトリウム冷却高速炉（SFR）	システム統合・評価（SIA） 先進燃料（AF） 安全・運転性（SO） 機器・BOP（CD・BOP）
超高温ガス炉（VHTR）	燃料・燃料サイクル（FFC） コード検証（CMV） 材料（MAT） 水素製造（HP） （システム統合・評価：SIA）
超臨界圧水冷却炉（SCWR）	熱流動・安全（TH） 水化学・材料（CM） （システム統合・評価：SIA）
ガス冷却高速炉（GFR）	概念設計・安全（CDS） （燃料・炉心材料：FC）
鉛冷却高速炉（LFR）	
溶融塩炉（MSR）	

各炉システムの活動状況：

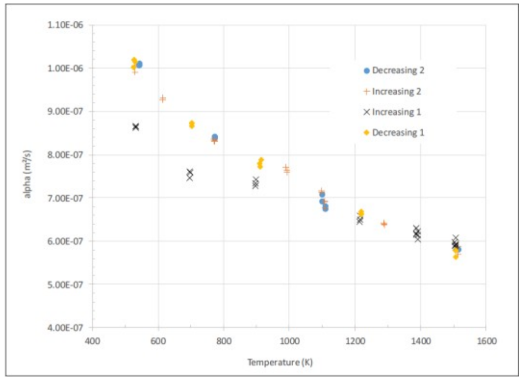
Highlights related to SFR

- **Most active GIF system (together with VHTR) with four R&D Projects running:**
  - System Integration and Assessment (SIA)
  - Safety and Operations (S&O)
  - Advanced Fuel (AF)
  - Component Design and Balance of Plant (CD&BOP)
- **Five SFR Design Concepts:**
  - Loop Option (JSFR Design Track)
  - Pool Option (KALIMER-600, ESFR, and BN1200 Design Tracks)
  - Small Modular Option (SMFR-ANL Design Track)
- Revision of **SFR System Research Plan** was completed and approved by System Steering Committee in October 2019
- **White Paper on the SFR PRPP aspects** has been finalised and transmitted to EG
- **World**: Construction of two pilot SFR units (CFR-600) is ongoing in China
- **Europe**: Euratom collaborative project **ESFR-SMART** focuses on enhancing the safety of Generation-IV SFRs



Construction site of CFR-600

ESFR-SMART
sodium fast reactor safety



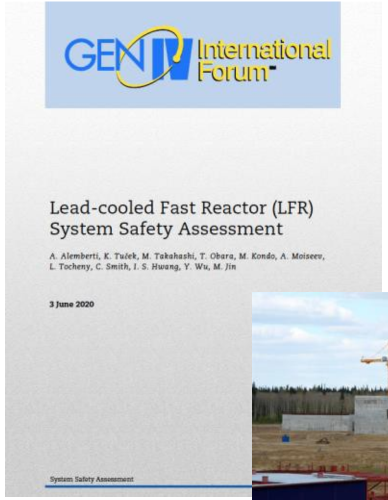
Thermal diffusivity measurements of $(U,Am)O_{2-x}$ at JRC Karlsruhe

https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_95916/gif-sfr-safetyassessment-20170427-final
https://world-nuclear-news.org/Articles/China-starts-building-second-CFR-600-fast-reactor
http://esfr-smart.eu/

GEN IV International Forum
Expertise | Collaboration | Excellence

Highlights related to LFR and HLM technology

- Withing GIF, LFR members work under the framework of MoU
- Activities concentrate on the development of top-level reports
    - **LFR System Safety Assessment (SSA)** was published in June 2020
    - **White Paper on the LFR PRPP aspects** has been finalised in cooperation with GIF PRPPWG and transmitted to EG
    - **LFR Safety Design Criteria (SDC)** document is being prepared in collaboration with GIF RSWG, and is expected to be finalised and transmitted to GIF Expert Group in early 2021
- **World**: The licensing of the BREST LFR research demonstrator is currently being completed with site preparations ongoing in Tomsk, Russian Federation
- **Europe**: Two main projects: (i) **MYRRHA** R&D infrastructure (ADS demonstrator) under construction in Belgium; and (ii) LFR demonstrator **ALFRED** in Romania. Euratom collaborative projects supporting LFR- and heavy liquid metal (HLM)- R&D activities: **GEMMA, PATRICIA** and **PASCAL**


GEN IV International Forum

Lead-cooled Fast Reactor (LFR)
System Safety Assessment

A. Alemberti, K. Tuček, M. Takahashi, T. Obara, M. Kondo, A. Moiseev, L. Tocheny, C. Smith, I. S. Hwang, Y. Wu, M. Jin

3 June 2020

System Safety Assessment

Site preparations for the BREST-OD-300 construction

GEMMA

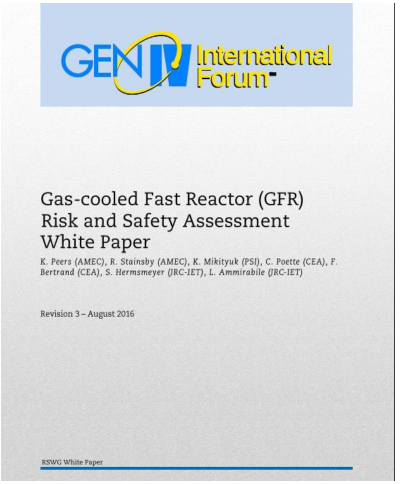
PATRICIA

PASCAL

https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2020-06/gif_lfr_ssa_june_2020_2020-06-09_17-26-41_202.pdf
https://www.riatomsk.ru/article/20201109/seversk-brest-300-sroki/
http://www.eera-jpnm.eu/gemma/
https://patricia-h2020.eu/
https://cordis.europa.eu/project/id/847715
https://cordis.europa.eu/project/id/945341

Highlights related to GFR

- GFR System Arrangement signed by Euratom, France, and Japan
  - Existing **Project Arrangement** on Conceptual Design and Safety
  - Provisional project on Fuel and core materials
  - Proposed project on GFR Technology
- Development of **GFR reference documents**
  - GFR Risk and Safety Assessment White Paper (completed in 2016)
  - GFR System Safety Assessment (draft)
  - GFR Safety Design Criteria (draft)
- **Europe**: The main project **ALLEGRO** - preparatory phase is carried out by the V4G4 Centre of Excellence. The work is being supported by the Euratom collaborative project **SafeG**, among others aiming at:
  - strengthening of inherent safety
  - resolving remaining open questions in residual heat removal in accident conditions


GEN IV International Forum

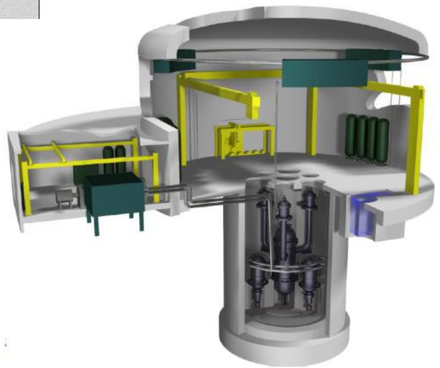
Gas-cooled Fast Reactor (GFR)
Risk and Safety Assessment
White Paper

K. Peers (AMEC), R. Stainsby (AMEC), K. Mikityuk (PSI), C. Poette (CEA), F. Bertrand (CEA), S. Hermsmeyer (JRC-IET), L. Ammirabile (JRC-IET)

Revision 3 – August 2016

RSWG White Paper

ALLEGRO concept



V4G4

https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2016-10/rswg_gfr_white_paper_final_2016.pdf

https://cordis.europa.eu/project/id/945041

Highlights related to VHTR

- **Four active VHTR "pre-competitive" Projects**
  - **Materials:** Graphite, metals, ceramics - corrosion, joining, irradiations
  - **Fuel:** Fabrication, characterisation, qualification, waste management
  - **Hydrogen Production:** Iodine-Sulphur (850°C), Copper-Chlorine (530°C), High temperature electrolysis (650°C)
  - **Computer Tools for Design and Licensing:** Thermal-hydraulic analysis (CFD), Neutronics and nuclear cross-section data, Radioisotope chemistry and transport, Reactor and plant dynamics
- Development of **VHTR Safety Design Criteria** on the basis of IAEA TECDOC and in cooperation with RSWG
- **World:** Construction of HTR-PM HTR demonstration plant is ongoing in China
- **Europe**: Euratom collaboration project **GEMINI+** project is ongoing, in which partners are working together towards the demonstration of high temperature nuclear cogeneration with an HTR in Poland – cf. presentation of D. Hittner (NC2I) and M. Fütterer (JRC) in Session 5

Construction site of HTR-PM

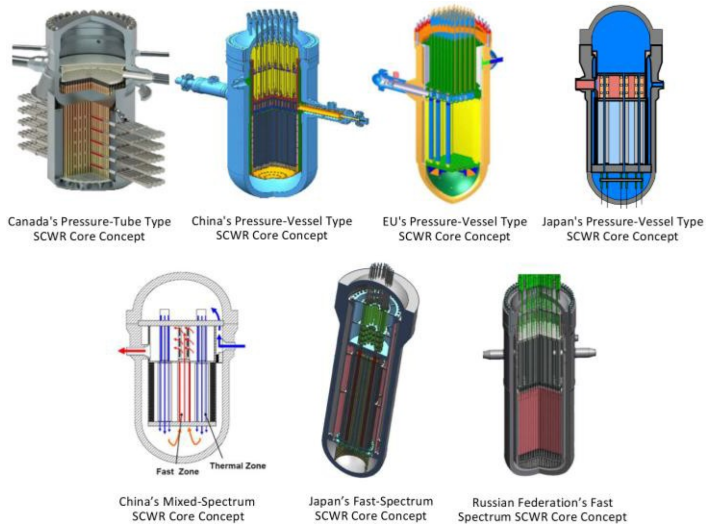
GEMINI+

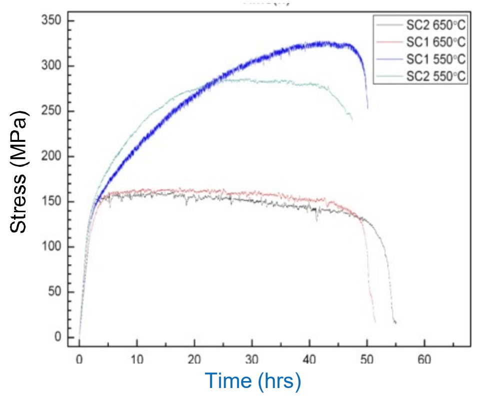
https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_103659/gifvhtr-safety-assessment-finaldec2018
https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Cold-testing-of-HTR-PM-reactors-completed
https://htr2020.org
http://www.gemini-initiative.com/geminiplus/

Highlights related to SCWR

- **Two R&D Project arrangements established (currently being extended):**
  - Materials and Chemistry (2010)
  - Thermal-Hydraulics and Safety (2009)
- Provisional project on System Integration and Assessment
- Within GIF, four SCWR core concepts with **thermal spectrum** and three other core concepts with **mixed or fast spectrum** have been proposed
- **Europe**: Joint Euratom-China-Canada project **ECC-SMART** has just started. It aims at the assessment of the feasibility and identification of safety features of an intrinsically and passively safe SMR cooled by supercritical water – cf. subsequent presentation of Markéta Krýková (CV Řež) in this session
- **10th International Symposium on SCWRs**
  - Scheduled in March 2021
  - Will be organized as videoconference or webinar

ECC smart





Measurement of stress corrosion cracking in the SCW conditions at JRC Petten

https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_103619/gif-scwr-safetyassessment-finaldec2018
https://cordis.europa.eu/project/id/945234

GEN IV International Forum
Expertise | Collaboration | Excellence

Highlights related to MSR

- A large interest around the MSR technology, with more than 40 concepts of a large variety being developed worldwide
- Within GIF, the MSR system is currently ongoing transition from Memorandum of Understanding (MoU) to **System Arrangement** (SA)
- Three (3) **Project Arrangements** are under development:
  - Fuel and coolant salt properties
  - Materials and components
  - System integration and cross-cutting issues
- Safety aspects have been identified as a key driver for the R&D Roadmap → ongoing interactions with GIF RSWG to create Task Force on the **MSR safety approach**
- **World**: Prototype MSR - TMSR-LF1 - is under construction in China
- **Europe**: Euratom collaborative project **SAMOSAFER** focuses on development of DiD approaches, development of theoretical models for safety-relevant phenomena, as well as related experimental setups

https://samosafer.eu/

TMSR-LF1

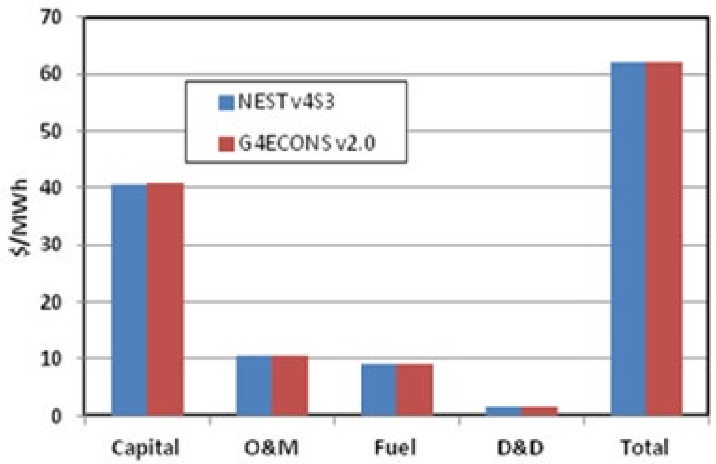
SAMOSAFER

Successful synthesis of UCl_4 at JRC Karlsruhe

手法開発WG

EMWG – Economics Modelling WG

- だれでも利用できる第４世代炉の経済性評価ができるG4ECONS手法を開発。
- 第４世代炉の コスト評価、コストアップ要因の特定に使える評価ガイドライン
- コスト削減とファイナンスにかかる検討



Benchmarking (G4ECONS vs. IAEA NEST)

See: https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_9364/economics
Including "Cost Estimating Guidelines" & "Impact of Increasing Share of Renewables"

PRPPWG – Proliferation Resistance and Physical Protection WG

- 炉の設計の初期段階で使える、PRPP特性を評価、向上させる手法を開発。
- 各炉システムの運営委員会と協力してPRPP白書を作成

ACCIDENT INITIATORS → SYSTEM RESPONSE → CONSEQUENCES

THREATS → SYSTEM RESPONSE → OUTCOMES

- *Safety and PR&PP should be considered from the earliest stages of design*
  - *Flow diagrams: preliminary safety hazard and PR&PP target identification and categorization*
  - *Physical arrangement: external events shielding, access control*

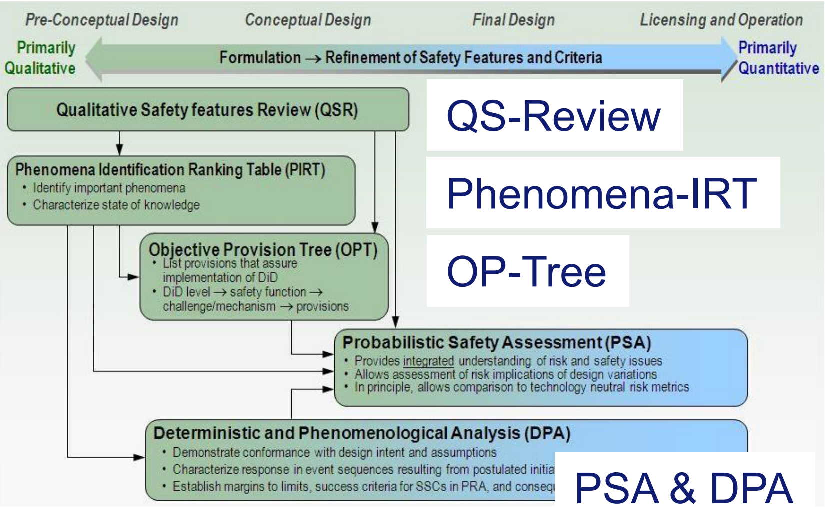
See: https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_9365/pr-pp
Including "Evaluation Methodology Report", "Workshop materials" & "Case Study Report of ESFR"

手法開発WG その２

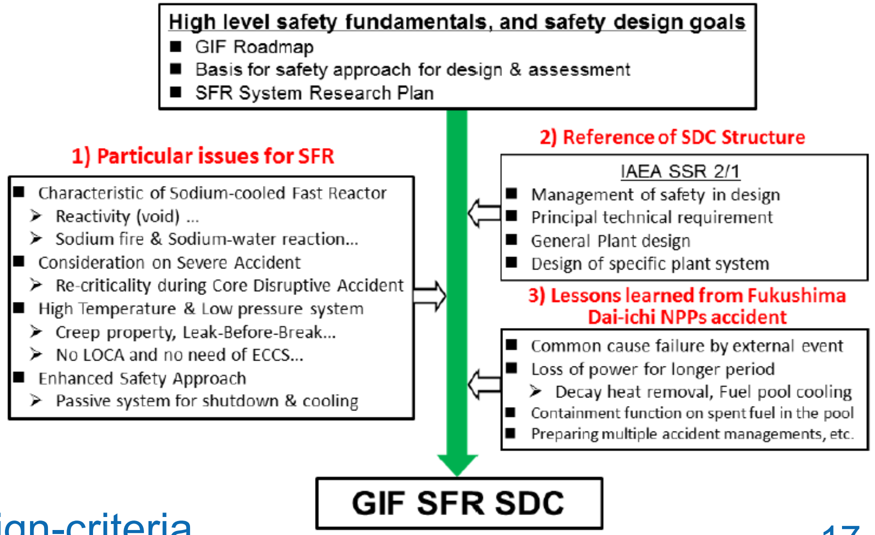
RSWG – Risk and Safety WG

- ➢ Integrated Safety Assessment Methodology (ISAM)の開発
- ➢ 各炉システムに対するISAMの適用と安全系にかかる白書の作成

See: https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_9366/risk-safety
Including “ISAM Guideline” & “Safety Assessment Reports: 5 Systems”



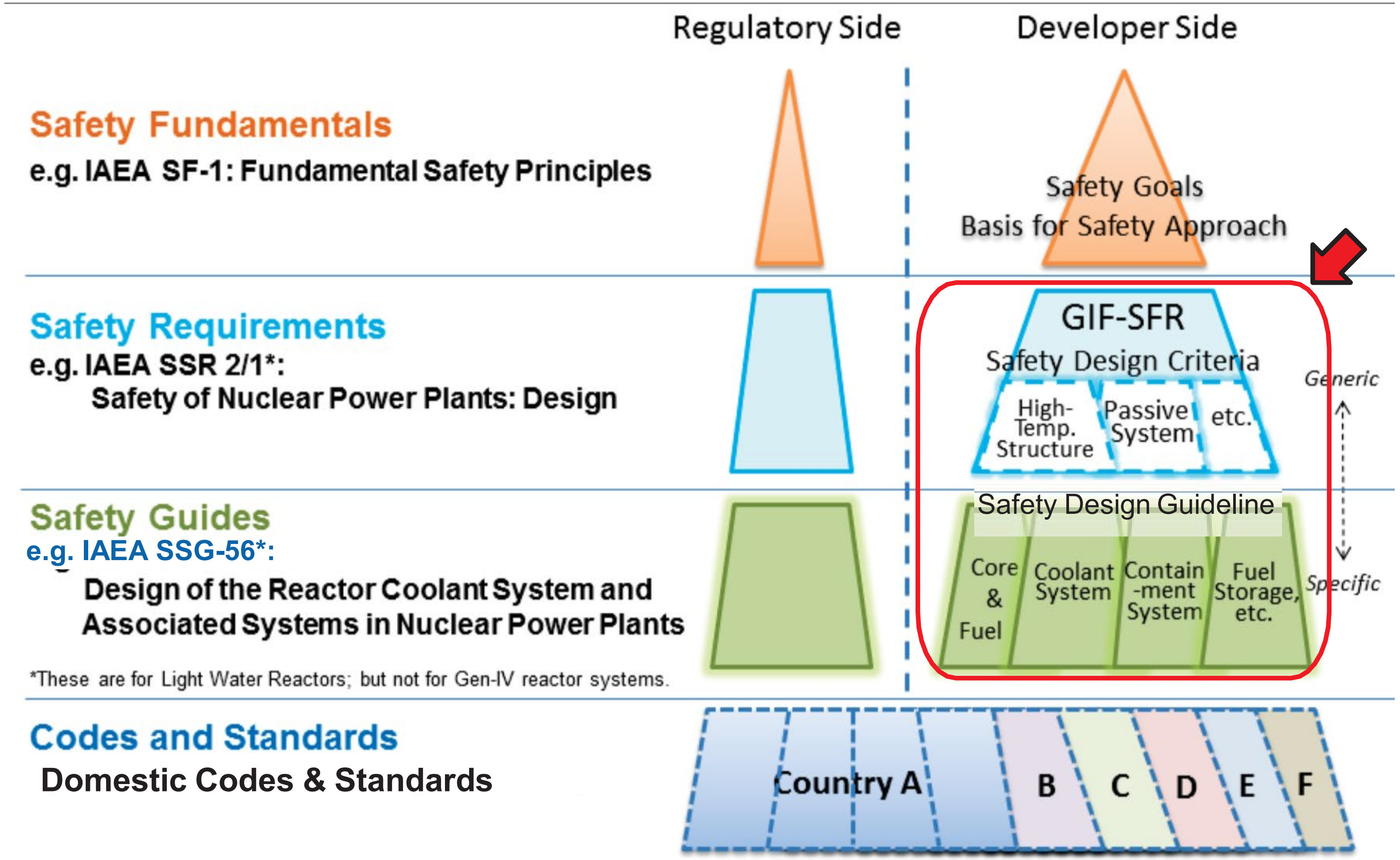
- ➢ SDC-TF - Safety Design Criteria TF
  - ❑ ナトリウム冷却炉に関する安全設計要件とガイドラインの作成
    - • IAEA, OECD/NEA WGSAR、各国規制機関からのレビューとコメント対応
  - ❑ LFR、VHTRなど他の炉システムへの拡張を実施中



See: https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_93020/safety-design-criteria
Including “SFR SDC” & “Safety Approach and Design Conditions, SFR SDGs”

第4世代炉の安全設計基準の構築と世界標準化

Safety Design Criteria and Guideline of Sodium cooled Fast Reactor



- SFR Safety Design Criteria (SDC) development was proposed at GIF Policy Group in 2010
  - Realization of enhanced safety designs common to SFR systems,
  - Preparation for the forthcoming licensing in the near future
- SDC was formulated in 2013, external review and update
  - IAEA
  - OECD/NEA WGSAR
  - Regulatory bodies in SFR developing countries
- Safety design guidelines (SDG) for GIF SFR started in 2013.

GEN IV International Forum
Expertise | Collaboration | Excellence

安全設計基準にかかるGIFの成果物と適用炉型の拡大

- SDC/SDG are extended to the other reactor systems.

	White Paper on ISAM Implement.	System Safety Assessment	Safety Design Criteria/Guidelines*
SFR	Completed	Completed https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_9366/risk-safety	SDC-Completed 1st SDG-Completed 2nd SDG-under review
VHTR	Completed	Completed	GIF is observing IAEA-CRP for SDC
LFR	Completed	Completed	SDC-under preparation SDC Report submitted to IAEA for review in 2021
SCWR	Completed	Completed	Not needed
GFR	Completed	Completed	SDC-under preparation
MSR	Under preparation	Under preparation	Under planning

* https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_93020/safety-design-criteria

外部機関との連携による活動強化

Outside GIF

Inside GIF

GEN IV International Forum
Expertise | Collaboration | Excellence

IAEA
International Atomic Energy Agency

Private sectors

Non national SMR developers

Interface with GIF Partners

PG/EG

Driver

SSC

Reactor concepts developer

SIAP

Opportunity supplier

WG/TF

Methodology developer
Opportunity developer

GIF-IAEA interface meeting including Non-electrical applications & Hybrid energy systems Field

International Whole Nuclear Developer especially safety standards

GIF-IAEA Cooperate Matrix for Reactor Fields (FR, HTR, MSR, SCWR), Non-electrical applications & Hybrid energy systems Field, Economics Field, Safety Field, PR&PP Field, Education and Training Field, Research and Development Infrastructure Field, Modelling and Simulation Field

NICE Future
NUCLEAR INNOVATION: CLEAN ENERGY FUTURE
AN INITIATIVE OF THE CLEAN ENERGY MINISTERIAL

A dialogue on the role that nuclear energy can play in clean energy systems of the future. To bring nuclear energy from traditional, nuclear-only fora to a broader, cross-sectoral discussion on clean energy at the ministerial level.

Non-electrical applications & Hybrid energy systems Field

GIF as
6 types of Gen IV system developer
(Theoretically from SMRs to Large reactors if it fit to economical goal.
Historically country-base commitments.)

Interface with GIF Partners

Interface with GIF Partners

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION

(Potential partner)

AMME-TF

NEA
NUCLEAR ENERGY AGENCY

International organization that represents the global nuclear industry.
More than 177 vendors/utilities, promoting understand of nuclear energy, developing **common industry positions, and contributing to the energy debate**.

AMM technology developments

Intergovernmental agency that facilitates co-operation in nuclear safety, technology, science, environment and law.
Especially **market, SMR, innovation, NI2050 & regulation needs.**
(including WGSAR)

Other energy sources

Gen III+

International Standards Organizations

Regulators

CEM: NICE Future との連携

❑ 国レベルへのアプローチ:
Clean Energy Ministerial (CEM)

- ➢ NICE Future Initiative (Nuclear Innovation: Clean Energy Future)
  - ❖ CEM10: Breakthroughs event-Panel (Vancouver, 2019)
  - ❖ Report: Flexible Nuclear Energy for Clean Energy Systems (2020)
    - ▪ 13 Generation IV International Forum: Delivering Next Generation Nuclear Systems
  - ❖ Booklet: Pathways to net zero using nuclear innovation (2021)

GIFからのメッセージ：

- 第4世代炉は、高温システムの特性を生かし、高いフレキシビリティーをもって脱炭素社会に貢献できる。

Pathways to net zero using nuclear innovation

2.1 Generation-IV International Forum (GIF)

The six most promising nuclear energy systems identified by GIF are:

- Sodium-cooled Fast Reactor (SFR)
- Very High Temperature Reactor (VHTR)
- Gas-cooled Fast Reactor (GFR)
- Molten Salt Reactor (MSR)
- Lead-cooled Fast Reactor (LFR)
- Super Critical Water-cooled Reactor (SCWR)

The Generation-IV International Forum (GIF) is a multinational co-operative endeavor organized to foster the research and development needed to accelerate the deployment of the next generation of nuclear reactor systems. Since its foundation in 2000, GIF has identified six nuclear energy systems being the most promising to meet its objectives, assuming a deployment horizon beyond 2030.

As well as the GIF Goals of sustainability, safety, Proliferation, Risk, and Physical Protection (PRPP) and, economics, the flexibility characteristics are becoming increasingly recognised as essential attributes for future energy sources. In the NICE Future initiative's "Flexible Nuclear Energy for Clean Energy Systems" report, GIF set out the flexibility characteristics of Gen IV reactors in Chapter 13.

Sustainability is a key issue of Generation-IV reactor systems, as these technologies enable stable and long term utilization of nuclear across a broader clean energy system. These new designs aim to efficiently use uranium resources and further minimize waste and environmental load. The minimization of environmental load means not only being CO_2-free but also reducing the amount of high level radioactive waste by means of burning of long term radioactive nuclides of Minor Actinides in the spent fuel.

One particular benefit of the Generation-IV reactor systems is higher outlet temperatures ranging 700 to 950°C (i.e., VHTR, GFR, LFR, and MSR), and ~550°C (SFR). This high temperature brings flexibility of energy use. This includes non-electrical applications of their nuclear heat, such as hydrogen production, industrial process heat to chemical processing facilities, and efficient heat storage.

26

GEN IV International Forum
Expertise | Collaboration | Excellence

IAEAとの連携

❑ GIF-IAEA Interface meeting

- 2021 July: The IAEA and the Generation IV International Forum (GIF) have agreed to expand their cooperation to include areas in the field of integrated energy systems, nuclear heat applications and hydrogen production, and advanced manufacturing. (IAEA Website news)

❑ GIF-IAEA LMFR safety workshop

- Review of SFR SDC/ SDG and LFR SDC by IAEA

❑ IAEA Conferences

- Climate Change and the Role of Nuclear Power, 2019
- General Conference, Scientific Forum 2020

https://www.iaea.org/about/governance/general-conference/gc64/scientific-forum/programme

海外での新型炉・SMR開発の動向（高速炉を主に）

主要な高速炉開発国の状況

● 核燃料の増殖技術を習得済み。多目的利用も視野にPu利用・廃棄物対策に主眼

仏	原型炉Phenix 実証炉Super-Phenix の開発経験あり	⇒	高速炉開発プロジェクト（延期）	⇒ 21世紀後半 商用炉 （数基）
米	実験炉EBR-II, FFTF等 の運転実績あり	⇒	2026年頃 多目的実験炉 VTR計画 2027年頃 先進的原子炉実証プログラム(ARDP)* Natrium™	*DOEの民間の新型炉開発支援プログラム。高速炉の他、高温ガス炉等の多様な概念を選定

● エネルギー安全保障の観点から高増殖を指向、早期の本格導入を目指す

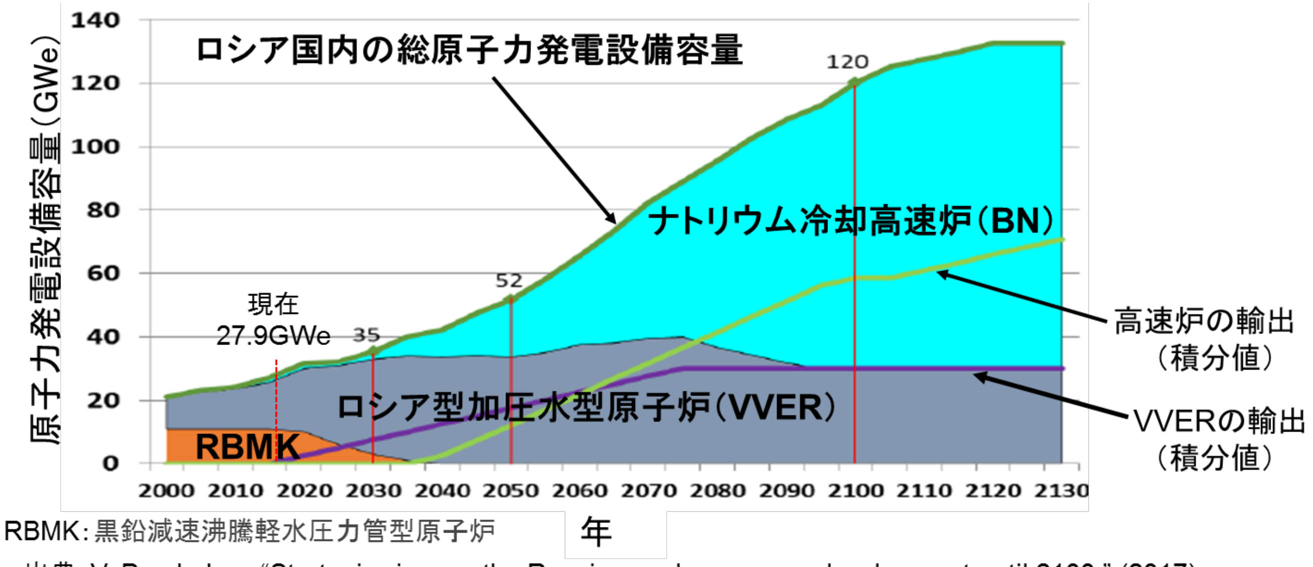
露	運転中 原型炉 BN-600	⇒	運転中 実証炉 BN-800	⇒ 2030年代 商用炉 BN-1200
印	2022年運開予定 原型炉 PFBR	⇒	2020年代後半 商用炉 CFBR（600MW[e]）	
中	ロシアの技術を導入することで 原型炉をスキップ		2025年頃 実証炉 CFR600	⇒ 2030年代 商用炉 CFR1000

ロシア

- ◆ 原子力発電の現状（2021年8月）：
  - ➢ 運転中38基（内2基がナトリウム冷却高速炉BN-600とBN-800）、29GWe
  - ➢ 全発電設備容量中の原子力比率12%（2020年）、全発電量中の原子力比率20.3%（2020年）
- ◆ ロシアの一人当たりの年間のエネルギー消費量を将来的に欧米並みに倍増させる。ロシア型加圧水型原子炉（VVER）とナトリウム冷却高速炉（BN）の2炉型で対応する方針。：
  - ➢ VVER-1200（1.2GWe級）を中核としつつ、BN-1200（1.22GWe）を2030年代から本格導入
  - ➢ 2050年までに原子力発電規模を倍増し、高速炉BNでの発電規模を約20GWeへ増加
  - ➢ 2100年には120GWeのうち約90GWeを高速炉BNとする計画
  - ➢ 並行してVVERとBNの輸出を計画しており、2080年以降の輸出は全てBNとする計画
- ◆ 燃料サイクル（燃料製造,再処理）の技術開発も活発、クローズド燃料サイクルの実用化に向け、着実に開発を展開中で、2030年頃に高速炉BN-1200と燃料サイクルを実用化予定

（注）

- 1GWe=100万kWe
- 発電設備容量は
  - 運転中は、ネット電力（発電所の全発電量から所内消費電力を差し引いた発電量）表示
  - 建設中・計画中・提案中は、グロス電力（発電所の全発電量）表示



RBMK：黒鉛減速沸騰軽水圧力管型原子炉

出典：V. Pershukov, “Strategic view on the Russian nuclear energy development until 2100,” (2017)

ロシア高速炉 BN-800

- 建設経緯：
  - ➢1984年　基本設計を開始
  - ➢1986年4月のチェルノブイリ事故後の安全基準強化のため開発を中断
  - ➢2006年　主建屋の建設を再開
  - ➢2014年6月27日　初臨界
  - ➢2015年12月　ベロヤルスク原子力発電所の４号機として、初送電
  - ➢2016年5月30日　定格出力達成
  - ➢2016年10月31日　商業運転開始
- 目的：
  - ➢高速炉を用いた閉燃料サイクルの実証
  - ➢産業が発達しているウラル地方への電力の供給
- その他：　2022年に、フルMOX炉心に移行予定

項目	値
熱出力（万kWt）	210
電気出力（万kWe）	88
冷却ループ数	3
1次冷却系の型式	タンク型
蒸気発生器の型式	ワンススルー型 分割モジュラー形式
最大中性子束密度 （$n \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$）	$8.8 \cdot 10^{15}$
燃料	UO_2-PuO_2
最高燃焼度（%燃焼率）	9.9
炉心入口/出口 ナトリウム温度（°C）	354/547
蒸気発生器入口/出口 ナトリウム温度（°C）	505/309
蒸気発生器入口/出口 水・蒸気温度（°C）	210/490
蒸気圧力（MPa）	13.7
設計寿命(年)	40

出典：Yu. M. Ashurko, et al., “Russian Fast Reactors: Status of the art in 2016 and prospects for development,” IAEA-TWG-FR, (2016)
Yu. M. Ashurko, et al., “Russian Fast Reactors: Status of the art in 2016 and prospects for development,” IAEA-TWG-FR, (2017)

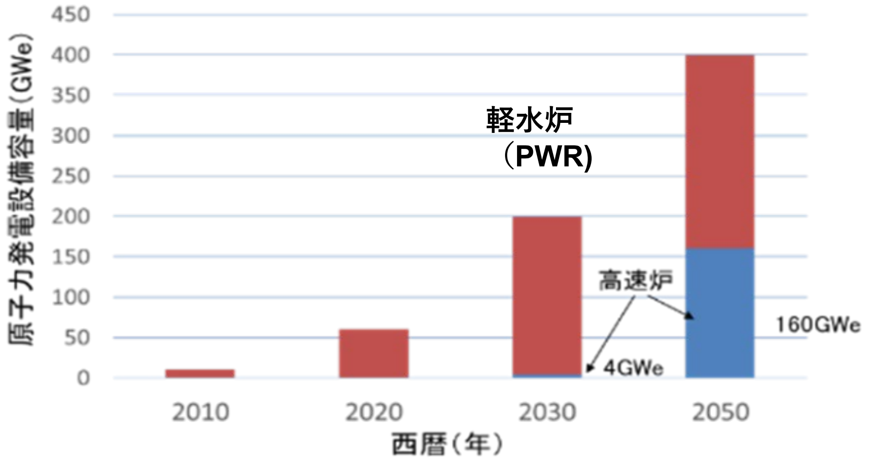
中国

- 原子力発電の現状（2021年8月）（2030年までに世界第1の原子力発電大国の見通し）
  - 運転中51基、49.6GWe
    全発電設備容量に占める原子力比率2%（2020年）、全発電量に占める原子力比率4.8%（2020年）
    建設中18基（内SFR2基）・18.7GWe、計画中37基・41.7GWe、提案中168基・189GWe
- COP21（2015年12月）で2030年までに国内総生産（GDP）当りのGHG(Green House Gas)排出量を2005年比で60～65%削減し、2030年前後にCO_2排出量をピークアウトさせる自主目標を発表
- 2011年2月中国工程院は「エネルギー中長期（2030～2050年）発展戦略研究報告」を発表：ウラン資源の節約のため、ナトリウム冷却高速炉（SFR）によるクローズド燃料サイクルを最重要視。2030年頃に軽水炉再処理及び高速炉再処理施設を運転開始予定。高速実証炉CFR600（0.6GWe）を建設中（2023年 建設完了予定）で、2030年代に実用炉CFR1200（1.2GWe）を運転開始予定
- 原子力産業をハイテク産業と位置づけ国際競争力を高め、「一帯一路」戦略に沿って原子力発電施設等の輸出を積極的に推進中

中国工程院の原子力発電中長期見通し（2011年2月）

年	2010	2020	2030	2050
総発電設備容量（GWe）	950	1,500	2,000	2,500
原子力発電設備容量（GWe）	10	70	200	400
全原発電設備容量の内、原子力の割合（%）	1.05	4.6	10	16
全発電量の内、原子力発電の割合（%）	2	7	15	24

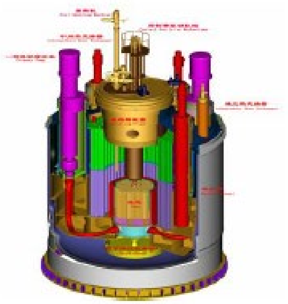
中国の原子力発電の増強計画
［中国原子能科学研究院（CIAE）の試算（高速炉の高導入ケース）］



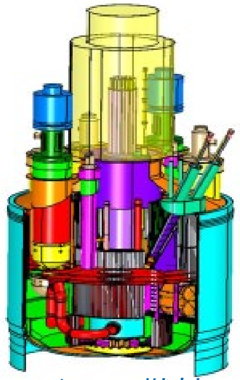
中国の高速炉サイクル開発計画

- 2025年頃までに実証炉を導入し、2030年代に高速炉の実用化を図る計画
- 技術的にはSFR、MOX燃料、湿式再処理をベースとするが、増殖性の観点から将来的には金属燃料へ移行する方針
- 高速炉燃料サイクルについては、2021年にMOX燃料製造施設(20t/y)、2030年頃にMOX再処理施設(50t/y)を運転開始予定

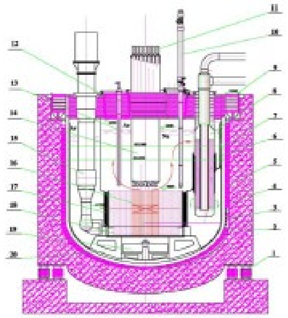
実験炉	実証炉	商業炉
CEFR	CFR600	CCFR
2011	~ 2023	>2030



UO_2燃料
(MOX燃料へ移行予定)



(MOX燃料
, 金属燃料)

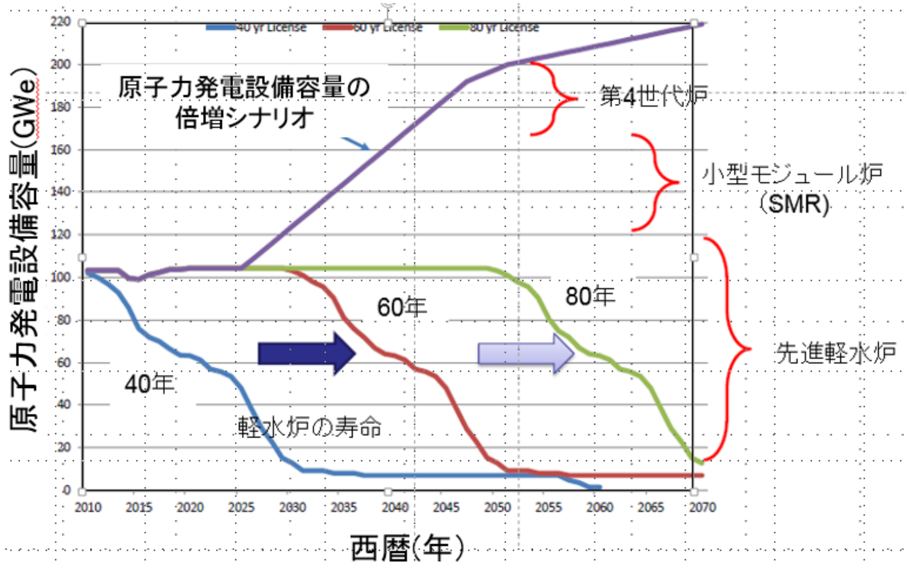


(MOX燃料
, 金属燃料)

出典:D. Zhang, "Research, Development and Deployment of Fast Reactor and Related Fuel Cycle in China," FR17, June 26-29, 2016; 一部追記

米国

- ◆原子力発電の現状（2021年5月）：（世界第1の原子力発電大国）
  - ➢ **運転中93基、95.5GWe、全発電量に占める原子力比率約19%（2019年）**
  - ➢ 建設中は2基（Georgia州Vogtle発電所）のみ。2013年以降6基が寿命前に廃炉（今後3基が計画、18基が提案）
- ◆原子力政策
  - ➢ 2015年11月 「原子力の技術革新を加速するゲートウェイ（GAIN）イニシアティブ」を設立：原子力産業界が新たな先進設計を商用化していく際に必要となる技術的、財政的、規制的支援を提供
  - ➢ 2017年1月 エネルギー省は「先進炉開発のビジョンと戦略」を発表：既存軽水炉の寿命延長（60年または80年）、新型の大型軽水炉、中小型炉（SMR）、先進炉（第4世代炉）を組合せ、2050年までに原子力発電設備容量を倍増

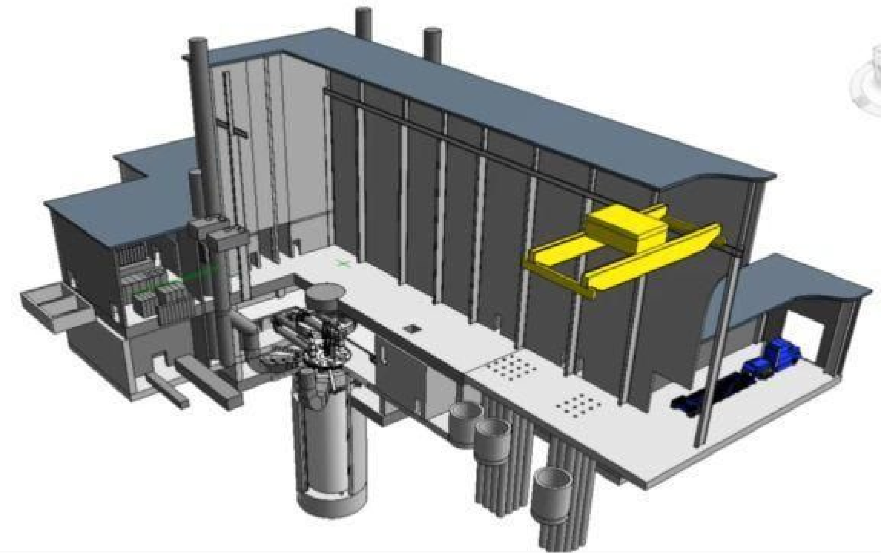


米国のクリーンエネルギー戦略目標達成に必要な原子力の設備容量（DOEの試算）

出典：UEDOE,"VISION and STRATEGY for the Development and Deployment of Advanced Reactors," Jan. 2017

米国の新型炉開発

- ❑ GAIN：民間の開発支援、国立研究所の研究開発基盤の利用
- ❑ TREAT：安全性試験炉（燃料溶融を含む過渡試験）の再稼働
- ❑ VTR：多目的試験炉の開発



Versatile Test Reactor (VTR)

- ➢ ナトリウム冷却炉
- ➢ 高速中性子照射試験
  - ✓ ナトリウム炉に限らず溶融塩炉を含む多様な炉システムの試験に対応
- ➢ 2026年の運転開始を目指す。
- ➢ 許認可はDOEがNRCの協力を得て行う。

Office of Nuclear Energy, DOE Announces Preparation of an Environmental Impact Statement to Examine Building a Versatile Test Reactor in the U.S., AUGUST 5, 2019
https://www.energy.gov/ne/articles/doe-announces-preparation-environmental-impact-statement-examine-building-versatile-test

新型炉実証プログラム（ARDP）の状況

- 米国DOEは2020年5月、ARDP（Advanced Reactor Demonstration Program）を開始。
  - ARDPは、官民による費用分担を前提。
  - 以下の３つのカテゴリーにおいて、公募により選ばれた新型炉開発プロジェクトに対して資金援助。
    ①7年以内の新型炉実証
    ②将来の新型炉実証に向けたリスク削減
    ③新型炉概念
- ①に関し、DOEは2020年10月に以下の２案を選定
  - TerraPower社（ナトリウム冷却高速炉　Natrium）
  - X-energy社（ペブルベッド型高温ガス炉　Xe-100）
    - 初年度費用として、各社に8,000万ドルを支援。
    - DOEが7年間で投資する総額は、約32億ドルに達する見込み。

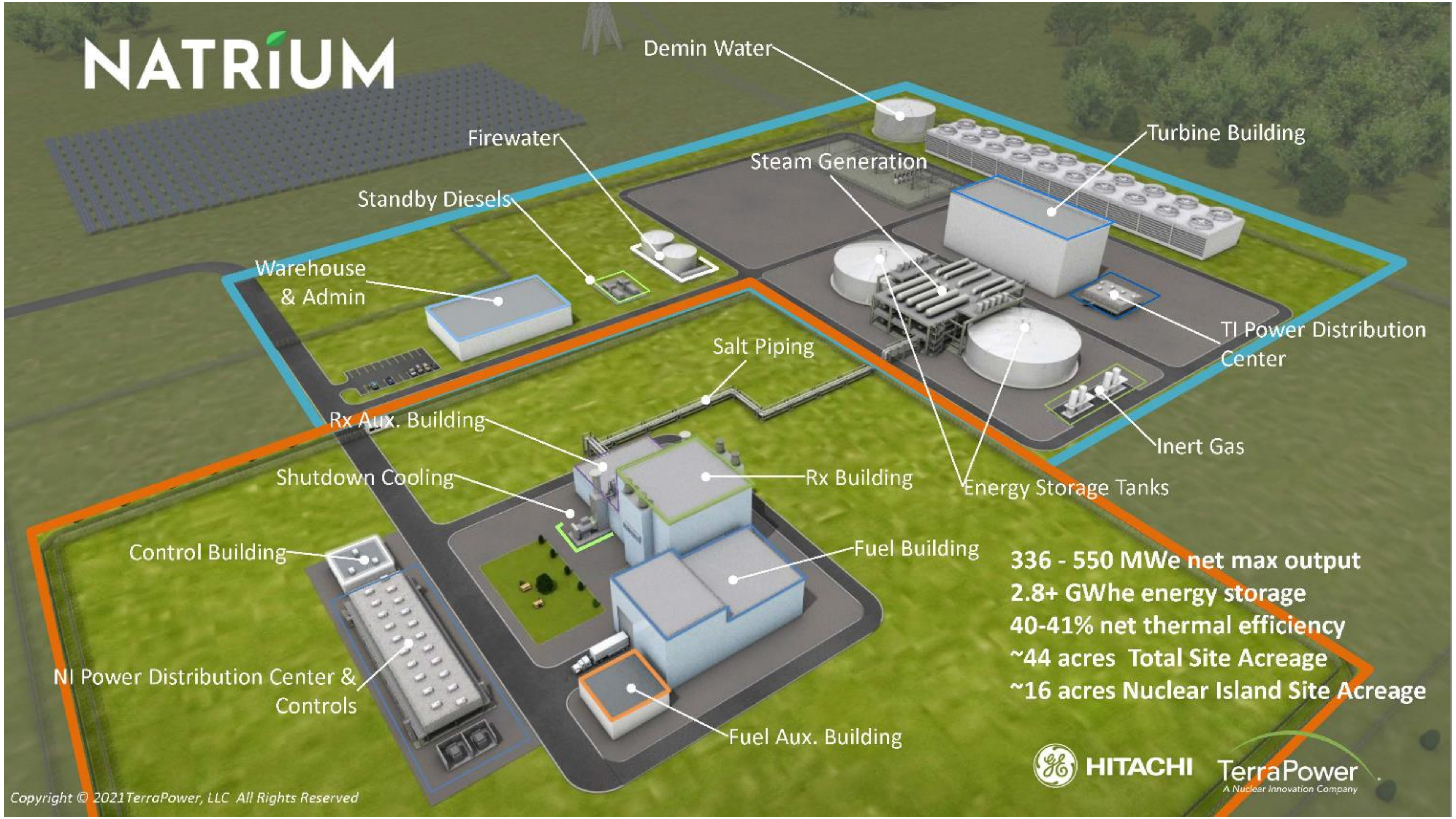
Natriumの状況

- ワイオミング州の旧石炭火力発電所跡地に建設予定。
- 2023年8月に建設許可を、2026年3月に運転許可をNRCに申請予定。

Xe-100の状況

- Energy Northwest社のワシントン州コロンビア原子力発電所敷地内に建設予定。

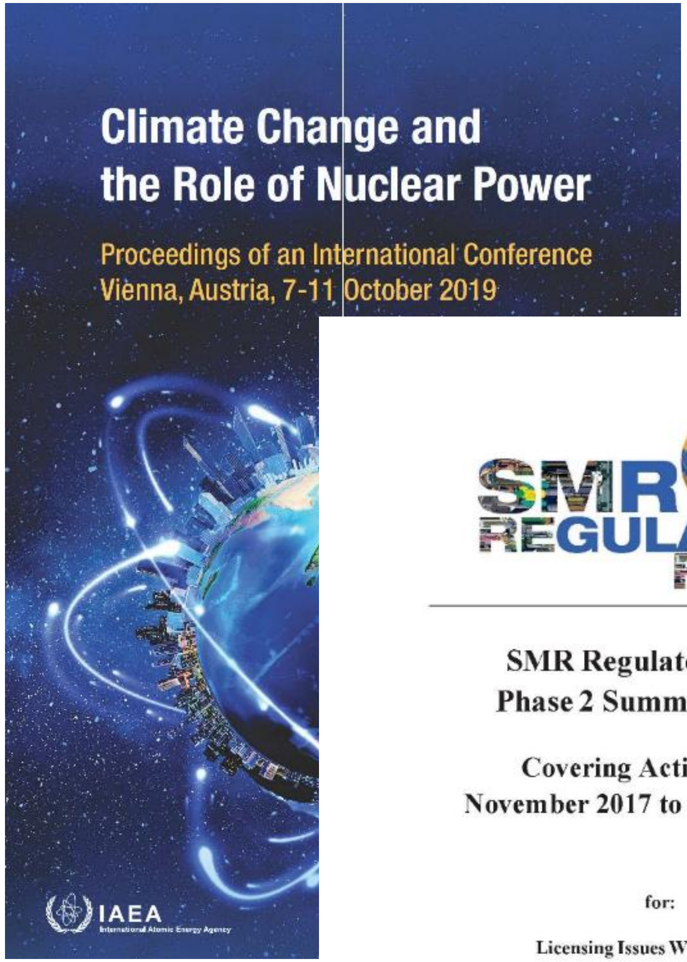
Natrium炉の概念

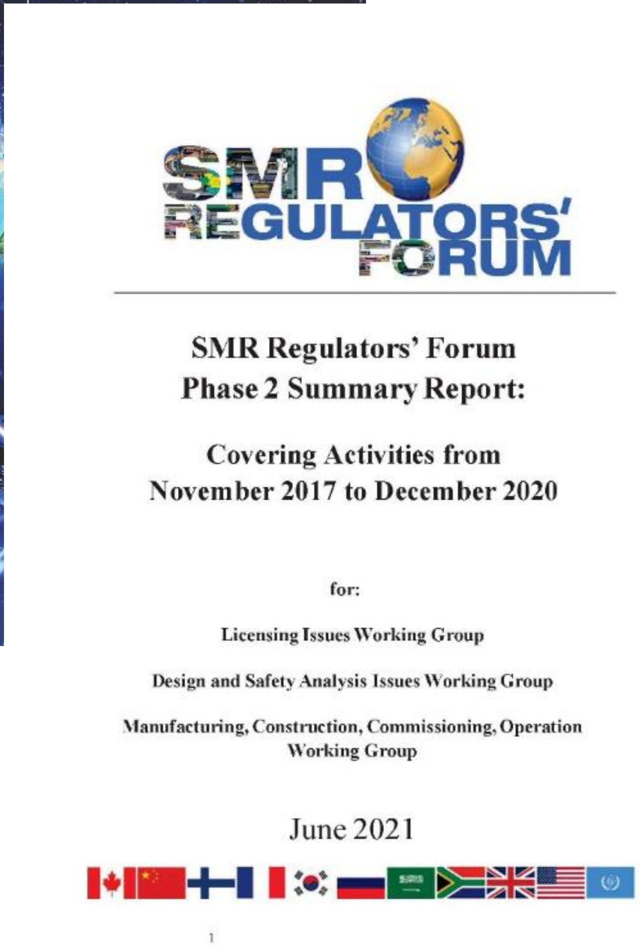


NATRiUM, Advanced Reactor Demonstration Project Overview, a TerraPower & GE-Hitachi technology
https://www.nationalacademies.org/event/05-26-2021/laying-the-foundation-for-new-and-advanced-nuclear-reactors-in-the-united-states-meeting-4, Page 17

世界のSMR（小型炉）開発動向

- SMR開発機運の高まり
  - 分散電源、柔軟性を持ち多様なエネルギー供給を担う
    - 小出力で事故時の除熱が容易、受動安全性を強化
    - 工場生産範囲の拡大で高品質、現地工事期間短縮
    - 熱利用など多目的利用と発電との組合せで高い柔軟性
    - 軽水炉だけでなく、様々な冷却材を用いた炉が検討
  - カナダ、英国のSMR開発 国家プロジェクト
  - 米の新型炉開発プログラム（ARDP）
  - 中国の新型炉開発：高温ガス炉（HTR-PM）
  - 軽水炉SMR開発の進展（NuScale, BWRX300, NUWARD…)
- SMRの規制動向（安全基準類の整備）
  - IAEA SMR Regulator’s Forum
  - US NRC: Risk-Informed, Technology-Inclusive Regulatory Framework For Advanced Reactors (10 CFR Part 53)
  - US-NRCとカナダCNSCがSMR・新型炉の審査等にかかる協力覚書





SMR Regulators’ Forum
Phase 2 Summary Report:

Covering Activities from
November 2017 to December 2020

for:

Licensing Issues Working Group

Design and Safety Analysis Issues Working Group

Manufacturing, Construction, Commissioning, Operation Working Group

June 2021

1

カナダにおけるSMR開発の枠組み

連邦政府

資金拠出（7,600万ドル/年、10年間）[1, 2]

原子力科学技術ワークプラン（Federal Nuclear Science and Technology（FNST）Work Plan）
カナダ原子力公社（AECL）、天然資源庁（NRCan：Natural Resources Canada）等で策定（2015年9月）[3]

研究資金（能力と専門性の維持）

研究成果（連邦政府の活動を支援）

SMRロードマップ[4]

- NRCanを中心とするSMRロードマップステアリングコミッティが、ロードマップを公表（2018年11月）

SMR行動計画[7]

- NRCanは、SMRロードマップに基づくSMR行動計画を公表（2020年12月）。**SMRベンダー11社**が参加。

カナダ原子力研究所（CNL）によるSMR導入計画

（Canadian Nuclear Laboratories：CNL）

- エネルギー分野等におけるアクションを示した10年間の長期戦略策定[5]（2017年4月）
  - ✓ ロードマップ作成
  - ✓ SMRに関する規制当局との連携計画、等
- SMR実証炉に関する関心表明要求（2017年6月）
- SMR導入プロジェクト提案募集（2018年4月）
- カナダ原子力研究イニシアチブ設立（2019年7月）

カナダ原子力安全委員会（CNSC）によるSMR審査

（Canadian Nuclear Safety Commission：CNNC）

- SMRに限らずベンダーに対する原子炉設計の事前審査（Pre-Licensing Vendor Design Review）を提供開始[6]（2012年5月）
- 許認可のためのガイド作成中

（1）https://www.aecl.ca/science-technology/federal-science-and-technology-work-plan/
（2）https://www.cns-snc.ca/media/pdf_doc/position_papers/421_RNNR_Rpt05_GR-e.pdf
（3）https://www.aecl.ca/science-technology/federal-science-and-technology-work-plan/
（4）Canadian Small Modular Reactor Roadmap Steering Committee：「A Call to Action: A Canadian Roadmap for Small Modular Reactors」, Ottawa, Ontario, Canada, 2018
（5）https://www.cnl.ca/en/home/news-and-publications/stories/2017/20170425.aspx
（6）CNSC：「Pre-Licensing Vendor Design Review」. https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/index.cfm
（7）https://smractionplan.ca/

英国におけるAMR開発

- 2018年6月、英国政府は、コスト削減、英国の原子力技術基盤の強化を目的として￡263Mの支出を決定。これには、2017年12月に決定された新型モジュラー炉（Advanced Modular Reactor：AMR）の開発と許認可のための資金￡56Mが含まれる。[(1)]

- 2018年8月、AMRベンダー8社（高温ガス炉3社、高速炉3社、溶融塩炉1社及び核融合炉1社）に対し、AMR設計成立性評価のため、総額￡4Mの資金が割り当てられた。
（**AMR Feasibility and Development (F&D) Project Phase 1** [(2)]）

- 2020年7月、以下の3社が上記8社から選定され、AMR開発のために、総額￡40Mの資金が割り当てられた。
（**AMR F&D Project Phase 2** [(3)]）。
  - Tokamak Energy Ltd　（小型核融合炉）
  - U-battery Developments Ltd　（高温ガス炉）
  - Westinghouse Electric Company UK　（鉛冷却高速炉）

- 2020年11月発表の「グリーン産業革命のための10要点計画」[(4)] 及び2020年12月発表の「エネルギー白書」[(5)] において、AMR研究開発費として最大170Mポンドを支出し、2030年代初頭までにAMR技術を実証することが記載。

- 2021年7月29日、**AMRの研究開発・実証プログラム**が発表され[(6)]、AMRの実証炉として高温ガス炉を候補とする政府案に対し、意見公募を開始（応募締切は2021年9月9日）。意見公募の結果は、年内に公表予定。

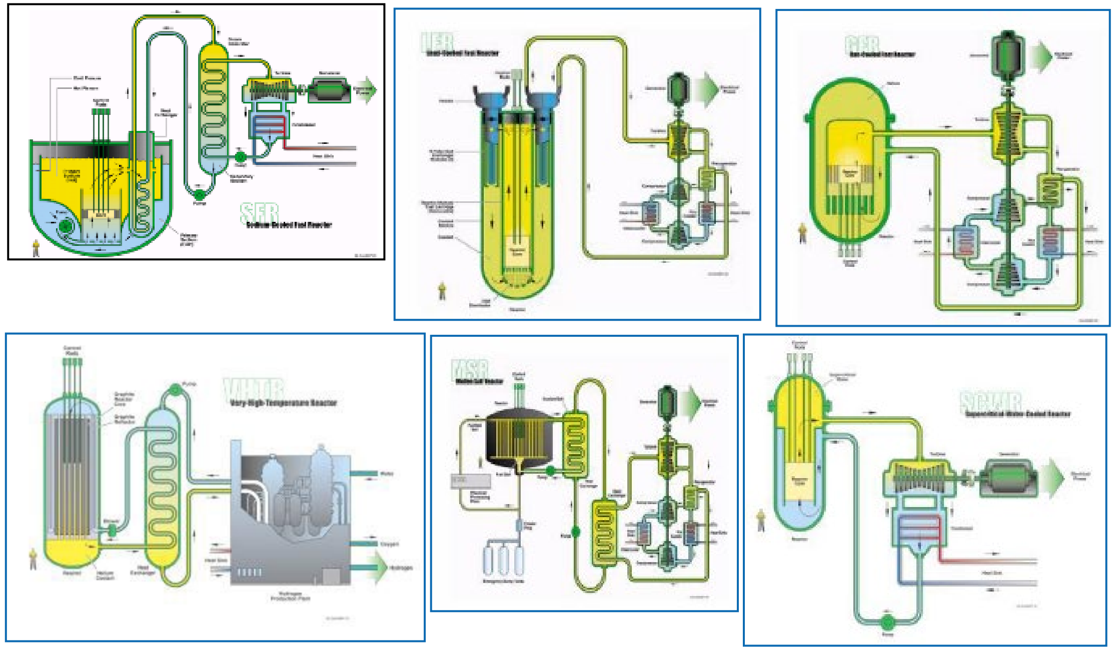
(1) Nuclear Energy Insider, "UK funding spurs advanced reactor R&D but application outlook needed, 18 July 2018.
(2) https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-feasibility-and-development-project
(3) https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-feasibility-and-development-project/advanced-modular-reactor-feasibility-and-development-successful-projects
(4) https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution
(5) https://www.gov.uk/government/publications/energy-white-paper-powering-our-net-zero-future
(6) https://www.gov.uk/government/consultations/potential-of-high-temperature-gas-reactors-to-support-the-amr-rd-demonstration-programme-call-for-evidence

GIFの今後の活動

GIFの新しい取り組み：市場ニーズへの適合

新型炉の柔軟性、非電力利用のTF活動：Non-electric Application of Nuclear Heat

Reactor Types



SFR, LFR, GFR
VHTR, SCWR, MSR

x

Reactor Size

Power Reactor
SMR
Micro Reactor

x

Applications

- ✓ Cogeneration application
- ✓ Hydrogen production
- ✓ Seawater Desalination
- ✓ Process heat
- ✓ Synthetic Fuel and Chemicals
- ✓ Cooling application

IAEA Source

Matrix of 6 x 3 x 6

GIFの新しい取り組み：民間との協力拡大

先進製造技術と新材料 (Advanced Manufacturing and Material Engineering)

- 先進製造技術 (AMME) はSMRベンダーなど民間との協力のキー
  - 安全性と経済性（建設、運転、保守、検査）の革新
  - 人工知能（AI）の適用 も重要な要素
- AMMEにかかるWorkshop：2020年2月、パリで開催
  - 電力、SMRベンダー、規制機関、国立研究所などから参加
- AMME-TF の立ち上げ：民間との連携を含めてキーとなる活動に。
  - ニーズ調査
    - AMMEにかかる世界の急速な動きを捉え、参加機関・関係者のニーズを把握
  - 妥当性評価、実証、社会実装
    - 妥当性評価にかかる新しいアプローチ、手法の検討
      - ✓ 先進製造技術の適用にかかるキー技術
      - ✓ 妥当性評価において、異なる原子炉システムに共通する要因の摘出から着手する。
  - 設計とモデル化
    - 知見・経験の収集、共有、ベンチマークを通じて、収集と共有のニーズと成果の質を高める手法を合致させる。
- IAEAとの連携

Workshop

Small Group discussions

GEN IV International Forum

GIF 日本語版Webpage

https://gif.jaea.go.jp/

GIF Home > Mission > Governance Structure

第4世代原子力システム国際フォーラムについて

1. 第4世代原子力システム国際フォーラムとは

- 2030年代の商業導入を目指し、後述の開発目標の要件を満たす第4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**
- 2020年3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、英国及び米国及びユーラトム）が参加

2. 第4世代原子力システムとは

- 「第1世代」（初期の原型炉的な炉）、「第2世代」（現行の軽水炉等）、「第3世代」（改良型軽水炉、東電柏崎刈羽のABWR等）に続く、次世代の原子炉概念（図１）
- 次の**開発目標**の要件を具備する革新的原子炉システム。表１に示す**６システム**を2002年に選定。

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

第4世代原子力システムに関し、よく聞かれる質問
第4世代原子力システムの利点

GIF Home > Publications > GIF ウェビナーガイド

GIF ウェビナーガイド

The Generation IV International Forumは、技術ウェビナー講座をおおよそ月1度の頻度で開催しております。 内容は、GIFにおいて、国際協力の形で開発を進めております次世代原子力システム、安全・経済性・燃料や流動といった各分野の技術紹介、 フェニックス、ロシアのBNシリーズ等の　既存炉の経験、HTR・MYRRHA・ALFRED・ASTRID等現在進行中のプロジェクトの紹介と多岐にわたっております。 これまでのウェビナー内容は、Youtubeにて英語字幕とともに下記から閲覧可能です。なお、今後のウェビナー情報は、GIFホームページ（NEA英語版）から、閲覧可能です。

1. Introduction (イントロダクション)
2. Safety and Regulation (安全性と規制)
3. Sustainability and Fuel Cycle (持続可能性及び燃料サイクル)
4. Generation IV System Design and Related Technology (第４世代原子炉のシステム設計及び関連技術)
4-1. Fast Reactors in Performance and Feasibility stages and related technology
(性能研究段階及び調査研究段階の高速炉及び関連技術)
4-2. Advanced Reactors with Specific motivations in Performance and Feasibility stages
(性能研究段階及び調査研究段階の先進炉)
5. Fuel / Core Design (炉心・燃料)
6. Operational Experience (運転経験)
7. Generation IV Cross Cutting Topics (横断的トピック/第４世代炉の評価技術/設計技術)
8. Webinars by winners of the Contest for young generation (EPiC)

YouTubeにてGIFウェビナーを閲覧の際は、設定で字幕をオン（英語：自動生成）にしていただくと、英語字幕の表示が可能です。

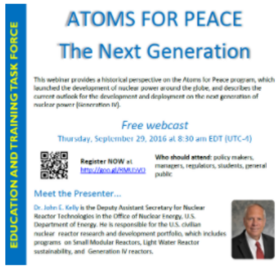
1. Introduction (イントロダクション)

Atoms for Peace. The Next Generation

Presenter: Dr. John Kelly, Department of Energy, USA

【Atoms for Peaceプログラムから次世代原子力システムの開発へ向けて】
本ウェビナーでは、原子力の平和利用に関する歴史的展望を紹介します。Atoms for Peace programによって、原子力発電の世界的展開が始まりました。 歴史的展開に基づき、さらに現在進められている第４世代原子炉システムの開発と展開について紹介します。

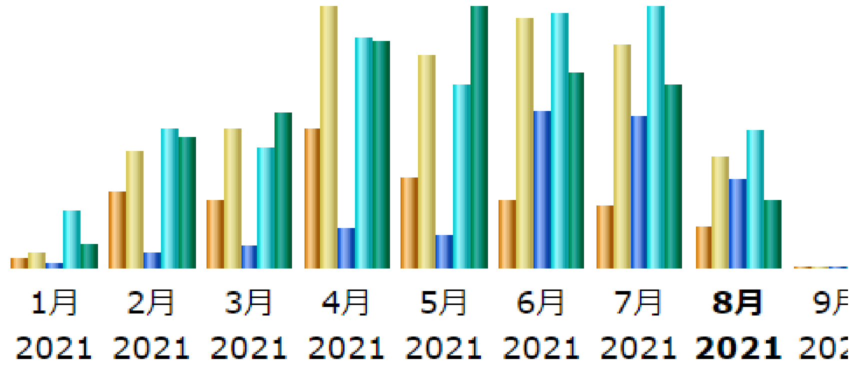
Watch You-Tube | Presen. File | Webinar Flyer | Guide Book | Text Data



GIF 日本語版Webpageアクセス状況

ファイルアクセスランキング

	4月	5月	6月
1	GIF 国内ニュースレター#5	GIF Monthly	GIFウェビナーガイド
2	GIFウェビナー：Experience of HTTR Licensing for Japan's New Nuclear Regulation	GIFパートナーのウェビナー/レポート情報	GIF 2019 アニュアルレポート（日本語 版）SCWR章
3	GIFミッションパンフレット	CEM NICE Future "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"レポート	GIFウェビナー：Opportunities for Generation-IV Reactors Designers through Advanced Manufacturing Techniques
4	GIFウエビナー告知(HTTR)	GIF 国内ニュースレター#5	RD-TFレポート：R&D INFRASTRUCTURE TASK FORCE FINAL REPORT
5	GIFパートナーのウェビナー/レポート情報	CEM NICE Future 関連ページ	CEM NICE Future "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"レポート
6	CEM NICE Future "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"レポート	GIFウェビナー：Opportunities for Generation-IV Reactors Designers through Advanced Manufacturing Techniques	GIF Monthly
7	GIF概要説明資料	GIFウェビナーガイド	GIFウェビナー：TRISO Fuels
8	GIFウェビナーガイド	GIF Newsletter "GIFted" No.8	第4世代原子力システムの柔軟性に関するGIFメッセージ
9	GIFウェビナー：MicroReactors: A Technology Option for Accelerated Innovation	GIFウェビナー：TRISO Fuels	Guidance Document for Integrated Safety Assessment Methodology (ISAM)
10	GIFウェビナー：Astrid - Lessons Learned	GIFウェビナー：Overview of FHR Technology	Your GIF Newsletter "GIFted": #8, April



月	訪問者	訪問数	ページ	
1月 2021	61	101	383	
2月 2021	481	729	1,141	
3月 2021	433	881	1,515	
4月 2021	888	1,638	2,753	
5月 2021	580	1,330	2,286	
6月 2021	431	1,573	10,972	
7月 2021	398	1,405	10,620	
8月 2021	260	702	6,064	
9月 2021	0	0	0	
10月 2021	0	0	0	
11月 2021	0	0	0	
12月 2021	0	0	0	
合計	3,532	8,359	35,734	

GEN IV International Forum
Expertise | Collaboration | Excellence

まとめ

- GIFの６炉型と開発目標
  - SFR, LFR, GFR, MSR, VHTR, SCWR
  - GIF Goals; Sustainability, Safety and Reliability, Economy, PRPP (Security)
- 安全設計要件と適用指針の策定に向けて
  - SFR and extended to Other reactor systems
  - Cooperation with IAEA, OECD/NEA , and Regulatory bodies in each country
- GIFの新しい活動、民間との連携
  - Non-electric Application of Nuclear Heat for Carbon Neutral
  - Advanced Manufacturing and Material Engineering with Private Sectors
- 連携強化と世界にむけての発信
  - Clean Energy Ministerial; NICE Future, IFNEC
  - IAEA, OECD/NEA, WNA,
  - Website Renewal, Webinar, GIF日本語版Website https://gif.jaea.go.jp/

GEN IV International Forum

GIF Webinar Guide

GEN IV International Forum[SM]
Expertise | Collaboration | Excellence

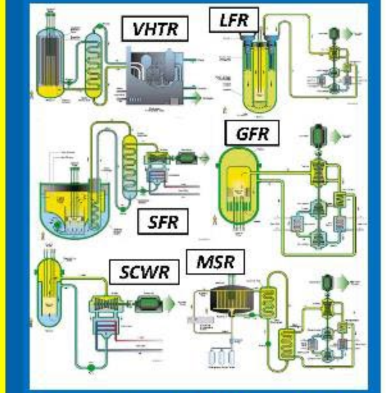
Webinar-GuideBook

GIFのウェビナーシリーズ

次世代原子力システムに関して、GIFが有する知識の共有と、若い技術者の参加を呼びかけるため、GIFではほぼ毎月公開技術ウェビナーを開催しています。
ウェビナーの内容は、GIFで開発中の次世代原子力システムのプラント概念、各技術分野（安全性、経済性、燃料特性、流動特性等）の紹介、既存炉（フェニックス、ロシアのBNシリーズ等）の経験、現在進行中のプロジェクト（HTR・MYRRHA・ALFRED・ASTRID等）の紹介など多岐にわたります。

Mission Statement

GIF教育訓練タスクフォース（GIF-ETTF）は、GIFを支援する人や組織のコミュニケーション及びネットワークに、より良いオープンな教育と知識を提供する国際的なグループです。



Integration of GIF knowledge

- 第４世代原子力システムの知識を集約しGIF関係者に提供すると共に、より多くのステークホルダーに知識を提供する方法を検討
- 教育訓練活動の情報やアイデアを交換するためにソーシャルメディアを活用
- 第４世代原子力システムやシステムを構築するために必要な技術に関するウェビナーを開催

GEN IV International Forum[SM]
Expertise | Collaboration | Excellence

Webinar list

1. イントロダクション
   1-1. Atoms for Peace：次世代原子力システムの開発の歴史
   1-2. 原子力システム設計

2. 安全性と規制
   2-1. 第４世代原子力システムの安全性
   2-2. ナトリウム冷却高速炉の安全設計クライテリア（SDC）と安全設計ガイドライン（SDGs）
   2-3. 受動的崩壊熱除去システム

3. 持続可能性と燃料サイクル
   3-1. クローズド燃料サイクル
   3-2. 燃料サイクルの実現に向けた持続可能性に関する検討
   3-3. 燃料サイクルにかかわる科学技術的諸問題
   3-4. Th-U依存型/非依存型溶融塩アクチニド再生機及び変換システム：MOSART

4. 第４世代原子炉のシステム設計及び関連技術
4.1. 高速炉の設計・建設経験とフィージビリティスタディ
   4-1-1. ナトリウム冷却高速炉（SFR）
   4-1-2. 欧州型ナトリウム冷却高速炉の紹介：ESFR
   4-1-3. 鉛冷却高速炉（LFR）
   4-1-4. 欧州先進型鉛冷却高速実証炉：ALFREDプロジェクト
   4-1-5. LFR技術に基づく加速器駆動型システム：MYRRHA
   4-1-6. ガス冷却高速炉（GFR）
   4-1-7. ガス冷却高速試験炉プロジェクト：ALLEGRO