

ガス冷却高速炉(GFR)

概要/目的:

ガス冷却型高速炉(GFR)は、GIFが選択した6つの将来有望な原子炉技術のうちの1つです。本ウェビナーでは、GFRの主な利点や欠点、設計、安全性、関連する研究開発について紹介します。

講演者紹介:

Dr. Alfredo Vasile (アルフレッド バジール 博士)

1981年にフランス原子力庁(CEA)に入庁し、仏国カダラッシュにあるナトリウム冷却高速実験炉RAPSODIEの研究開発に従事。軽水炉、及び高速炉に関する炉心物理学と安全性研究の研究室長を歴任。軽水炉技術グループのメンバーとしてGen IVロードマップの策定プロセスに貢献し、また、INPROにおける、高速炉とクローズド核燃料サイクルに関する共同研究のための運営技術委員会に仏国代表とし



す参加N現在は欧南速炉に関トのプロジェクトマネージャー、IAEAにおける高速炉技術作業部会の仏国代表、GIF-GFR運営委員会、GIF-GFR概念設計・安全性委員会、GIF-SFR安全・運転プロジェクト管理委員会の仏国代表を務めている。また、GFR実験炉プロジェクトALLEGROのCEA代表も務めている。



1. ガス冷却高速炉(GFR)の利点:

クローズド高速炉サイクルが実現できれば、核燃料をより効率よく使用することができ、高レベル放射性廃棄物の量や放射毒性を低減することが可能となる。ガス冷却高速炉は、気体を冷却材として使用するため、液体金属冷却材に関連する問題が原理的に生じないという利点がある。

Why have gas cooled fast reactors? (1/2)



- Fast reactors with closed fuel cycle are needed for the sustainability of nuclear power:
 - · More efficient use of fuel
 - · Reduced volumes and radiotoxicity of high level waste
- Gas cooled fast reactors have some favorable features
 - · Gas (Helium) is chemically inert,
 - · Very stable nucleus,
 - · Void coefficient is small (but still positive),
 - · Single phase coolant eliminates boiling
 - · Optically transparent.
 - Allows high temperatures for increased thermal efficiency and industrial applications

2. GFRの課題点:

ガス冷却材は一般的に熱慣性が小さく、冷却材損失事故時に燃料や構造材の温度が急激に上昇してしまうという問題がある。また、通常運転時でも7MPa程度の圧力システムが必要となる。それに加え、炉心の崩壊熱除去が難しくなるといった欠点もある。

Why have gas cooled fast reactors? (2/2)



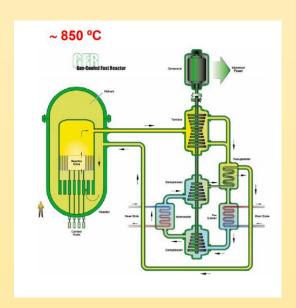
- But ...
 - Gaseous coolants have small thermal inertia

 fast heat-up of the core following loss of forced cooling;
 - · Need of pressurization
 - · Low thermal inertia of the core structures and high power density
- Motivation is two-fold: enhanced safety and improved performance



3. Gen IV GFR システム:

Gen IV GFRシステムは、ウラン-プルトニウム炭化物燃料とセラミックス被覆材を用いる。炉心出口温度は850°Cに達し、エネルギー利用効率が高く、また、発電以外の目的での熱利用が可能となる。平均出力は100MWth/cm³となり、およそ10倍程度一般的な高温ガス炉より高いが、ナトリウム冷却高速炉と比較すると低い。



Reactor Parameters	Reference Value
Reactor power	600 MWth
Net plant efficiency (direct cycle helium)	48%
Coolant inlet/outlet	490°C/850°C
temperature and pressure	at 90 bar
Average power density	100 MWth/m3
Reference fuel compound	UPuC/SiC (70/30%) with about 20% Pu content
Volume fraction, Fuel/Gas/SiC	50/40/10%
Conversion ratio	Self-sufficient
Burnup, Damage	5% FIMA; 60 dpa

4. ALLEGROプロジェクト:

ALLEGROはV4G4コンソーシアムの枠組みで開発が進められているガス冷却高速実験炉である。ALLEGROは三つの崩壊熱除去システム、二つの一次冷却設備と高温試験のための冷却設備を備えている。ALLEGROの目的はGFRの主要技術を実証することにある。

Objectives of ALLEGRO



- Demonstration of key GFR technologies:
 - Core behavior and control.
 - · Development of ceramic fuels
 - Helium circuits and components
 - Decay heat removal
- · Fast neutron irradiation capacity
- Potential for coupling with high temperature components or direct use of heat
- Development of safety standards for GFRs





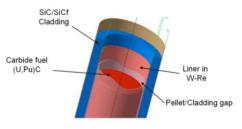
5. 燃料に関する課題と研究開発:

最大の課題は、高温・高出力密度に耐えうる燃料及び炉心構造材料の開発である。SiC被覆材を用いた炭化物燃料などの研究開発が進めらている。

Challenges: Core and Fuel



- The greatest challenge facing the GFR is the development of robust high temperature, high power density refractory fuels and core structural materials.
 - Must be capable of withstanding the in-core thermal, mechanical and radiation environment.
 - Safety (and economic) considerations demand a low core pressure drop, which favors high coolant volume fractions.
 - Minimizing the plutonium inventory leads to a demand for high fissile material volume fractions.
- Candidates for the fissile compound include carbides, nitrides, as well as oxides.
- Preferred cladding materials are SiC-SiCf



6. 構造材やヘリウム技術の課題、崩壊熱除去システムに関する研究開発

構造材やヘリウム冷却機構に関する技術課題を解決する必要がある。 例えば、冷却材喪失事故時の崩壊熱除去が困難になるという課題が ある。この課題に対して、事故時に強制対流が自然対流に変化した際 に、流路を変化させることができる崩壊熱除去システムが設計されて いる。

Challenges: Materials, Components, He Thechnology



- High temperature corrosion resistant materials (cooling circuit, heat exchanger, insulation, sealing)
- Relatively high pressure in primary circuit & related highly efficient circulators
- Rapid heat-up of the core following loss-of-forced cooling due to:
 - · Lack of thermal inertia (gaseous coolants & the core structure)
 - High power density (100 MW/m³)
- Relatively high temperature non-uniformities along fuel rods
- Difficult decay heat removal in accident conditions (LOCA)
- High coolant velocity in the core (vibrations)
- $\ ^{\bullet}$ He leakage from the system, He recycling & He chemistry control

