

日本原子力学会 2021年秋の大会 オンライン開催

# 炉心溶融のない高温ガス炉コージェネプラント

2021年 9月 10日








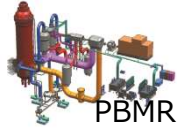
○須山 和昌、倉林 薫、中野 敬之、米元 聡志

三菱重工業株式会社

- 高温ガス炉への三菱の取組み
- 高温ガス炉コージェネプラント（水素製造/発電）の開発目標
- 開発項目 プラント概念の構築
  - プラント制御概念の構築
- 高温ガス炉コージェネプラント鳥瞰図（イメージ）

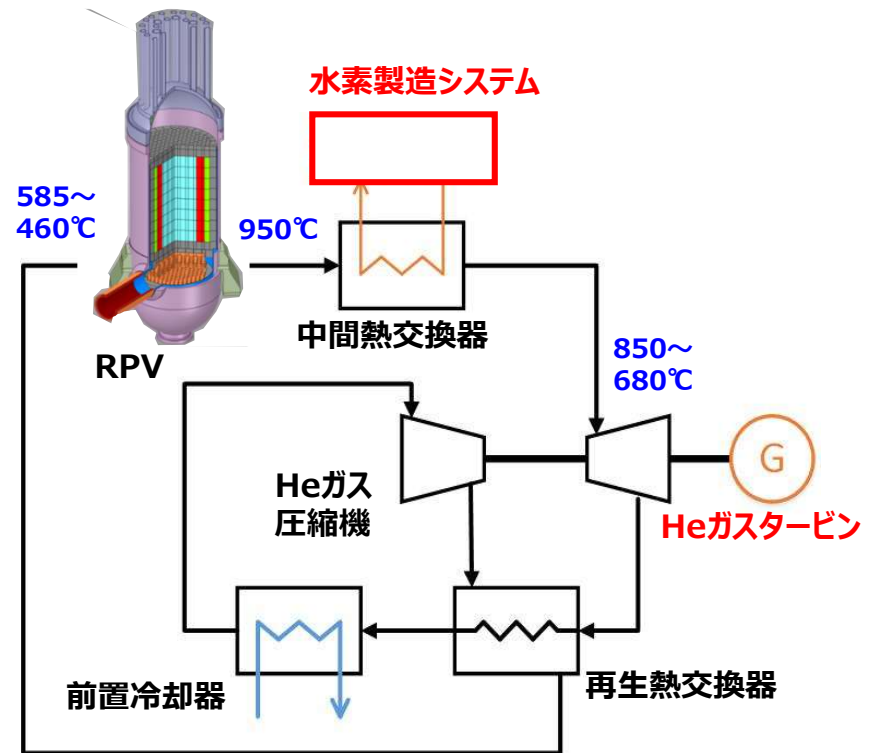
# 高温ガス炉への三菱の取組み

- 1970年代から国産技術によるHTTRの設計・製作・建設に貢献し、実用化に向けた開発を継続
- 2000年頃から国内では実用高温ガス炉概念検討、HTTRの改造設計等を実施。国外ではPBMR等に協力

		1980年～	1990年～	2000年～	2010年～	現在
プラント 技術 開発	HENDEL 試験設備	1970年代～ 設計・製作	運転			□: 当社実施範囲
	HTTR	↓ 設計	製作・建設・試運転	出力上昇試験/安全性実証試験		
	HTTR改造 (GT発電 水素製造)	 HTTR	 HTTR (原子炉格納容器)	水素製造装置設計・製作 HTTR接続 水素製造システム		HTTR改造設計 HTTR-GT/H2
	実用炉 (GTHTR300 MHR50/100)		 HTTR (高温二重配管)	実用高温ガス炉概念検討 三菱型ガス炉概念検討	 GTHTR300シリーズ (一例)	高温ガス炉コージェネプラント検討
技術 開発	原子力技術			要素試験  0.5m×0.5m×0.2	小型ガス/ガス熱交 換器の試作・試験	小型ターボマシン (圧縮機)の試験
	熱利用技術 (水素)			要素試験 	大型セラミックス 構造物の試作	高温隔離弁 の試作・試験
海外	PBMR (南アフリカ) NGNP(米) ポーランド			PBMR主要機器 設計・開発 NGNP	 PBMR	ポーランドGTHR (JAEA, 東芝, 三菱 (主要機器))

# 高温ガス炉コージェネプラント(水素製造/発電) 開発目標

- 炉心溶融しない高温ガス炉の固有の安全性を生かした高温ガス炉コージェネプラントの概念構築
- 950℃の高温ガスを利用し、大量かつ安定した水素製造と、高温熱利用による高効率発電を目指す。  
製鉄産業（水素還元製鉄）への適用や、電力分野以外でのカーボンニュートラル・水素社会実現に貢献
- 水素製造：早期実証、大規模・安定生産を目指し水蒸気改質法を選定  
将来的にはグリーン水素製造方法（IS法,SOEC等）との接続を想定
- 発電：高効率・経済性の向上を目指しHeガスタービンによる直接サイクルを選定、蒸気サイクルに比較し蒸気侵入事故のリスクも低減
- 今後水素製造を主体としたプラントのバリエーションも視野



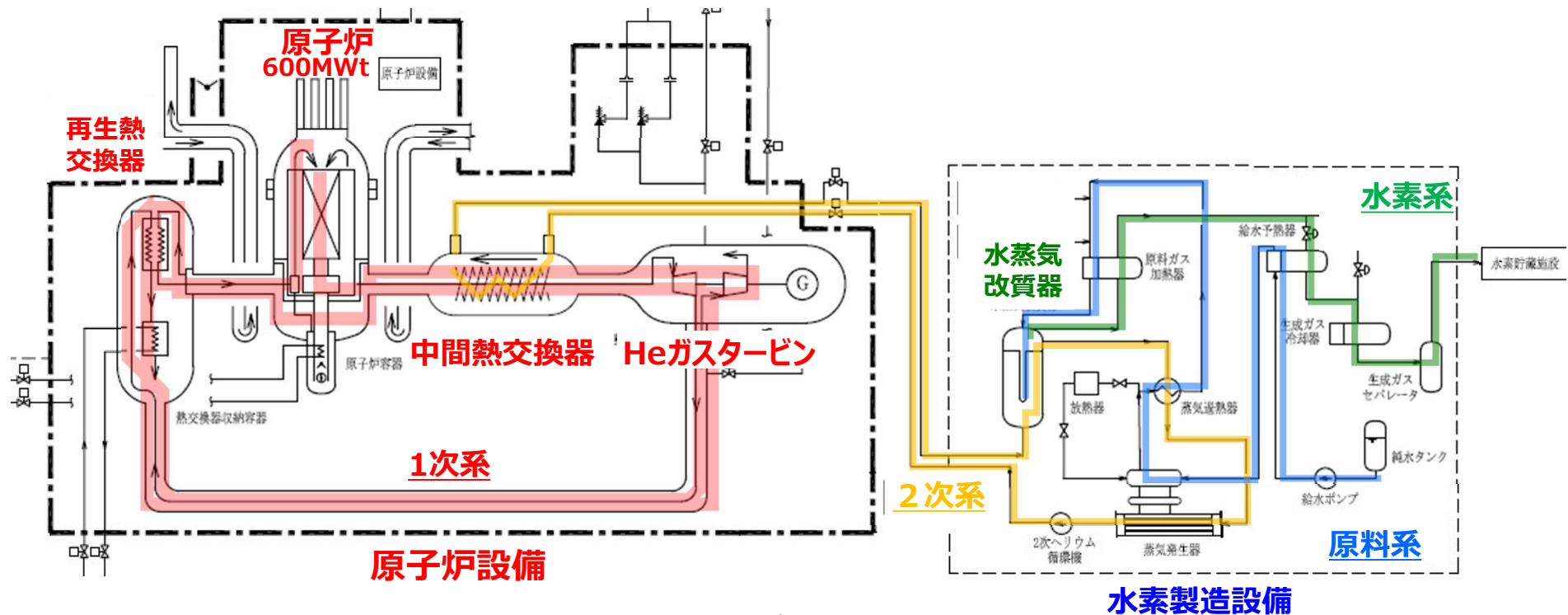
プラント熱出力	～ 600 MWt
炉心出口温度	～ 950 °C
熱利用	水素製造(水蒸気改質) 発電 (Heガスタービン)

IS法：ISプロセス ヨウ素（I）と硫黄（S）を用いた3つの化学反応（硫酸分解、ブンゼン反応、ヨウ化水素分解）を組み合わせた熱化学プロセス

SOEC：Solid Oxide Electrolysis Cell（固体酸化物型水電解）法

## ○ プラント全体系統

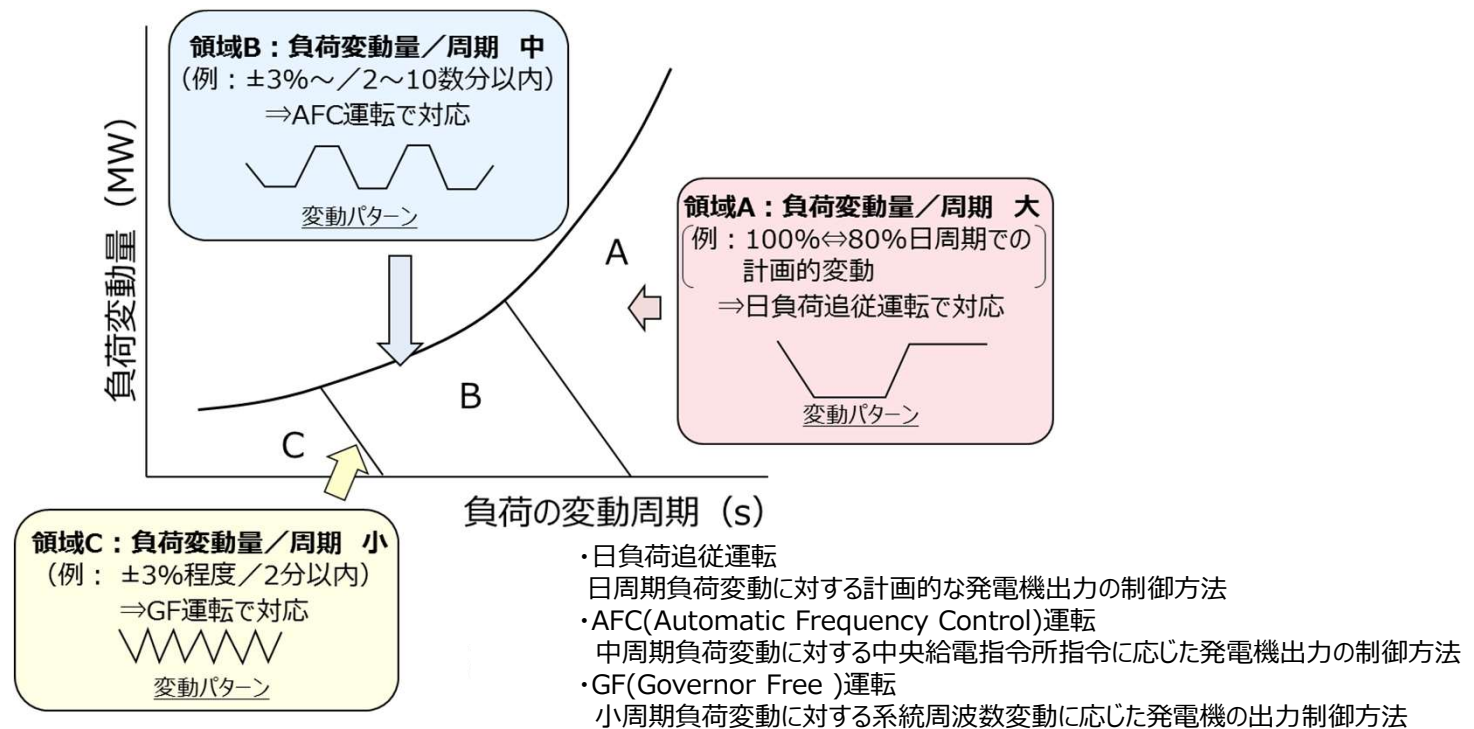
- ・原子炉、中間熱交換器、ガスタービンを直列で接続、高温を利用した水素製造
- ・水素製造側では高温のヘリウムにより水蒸気改質、原料蒸気加熱、水蒸気製造を行う
- ・再生熱交換器を設置しプラントの効率を向上



高温ガス炉 コージェネプラント全体系統図

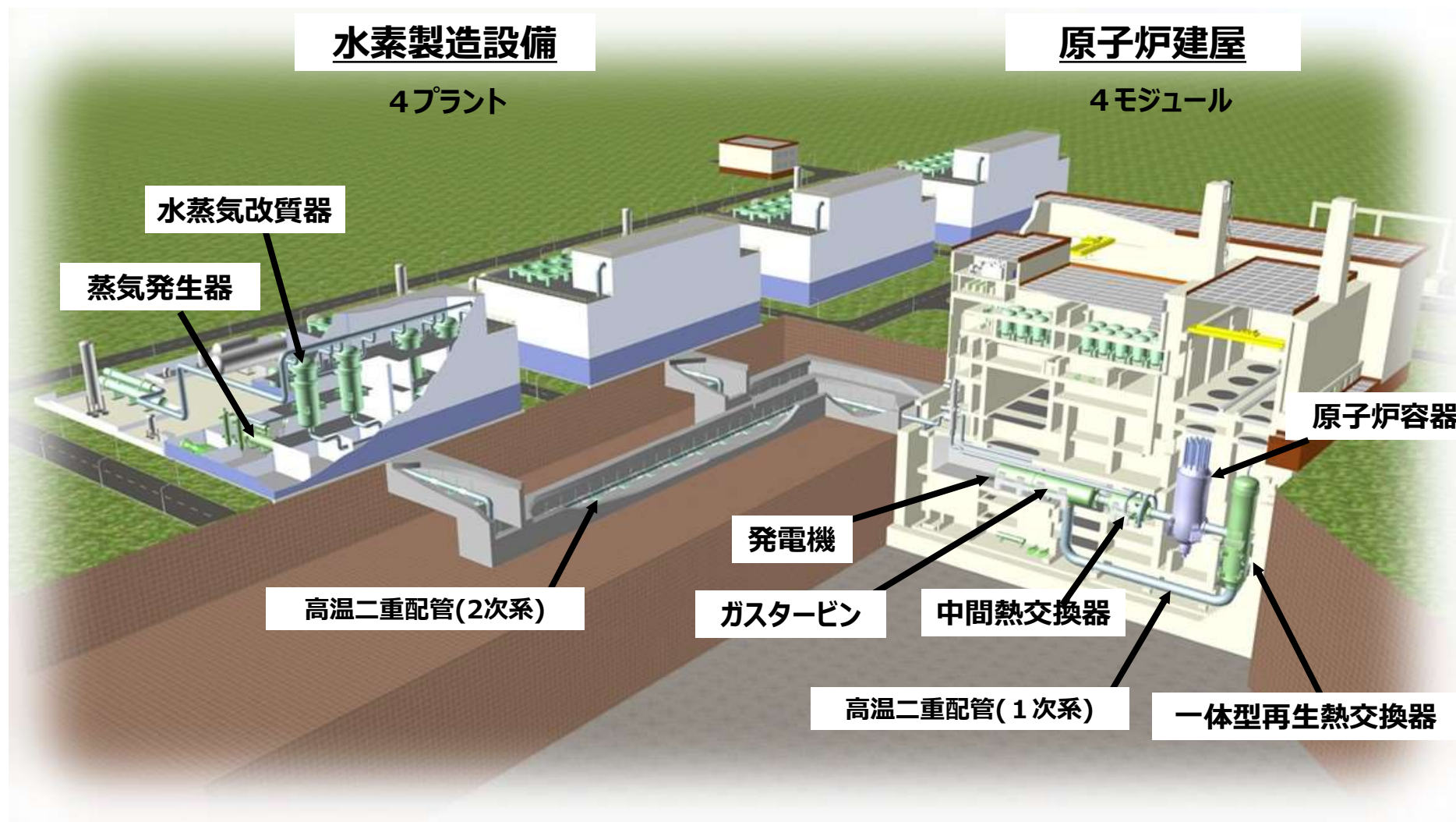
## ○プラント制御性の確認

- ・高温ガス炉コジェネプラントでは、プラントの運転計画として原子炉熱出力一定で水素製造と発電量の負荷分担を変更可能な制御概念を志向。
- ・高温ガス炉コジェネプラントは、原子炉、ガスタービン、水素製造設備と応答性の異なる3つの設備を考慮しながら運転を行う必要があり、プラント運転制御は複雑。
- ・プラント制御性について、原子炉熱出力一定での周波数制御運転（AFC/GF運転）、日負荷追従運転の2つの運転方法について動特性解析によって成立性、実用性を確認。



電力システムの負荷変動と対応する負荷運転方法との関係

# 高温ガス炉コージェネプラント鳥観図 (イメージ)



- 三菱重工ではカーボンニュートラル・水素社会へのニーズ対応として、HTTRなどの経験を活かし、高温ガス炉コジェネプラントの開発を進めている。
- 高温ガス炉コジェネプラントの概念を構築し、原子炉出力一定で水素定格運転と発電定格運転の2つ運転におけるヒートマスバランスを確認した。
- 原子炉出力一定で電力負荷変動周期の異なる変動に応じたコジェネプラントの制御概念を構築した。
- 今後、経済性、安全性、制御性、技術的成立性を見極めるべく、設計の具体化、安全評価、制御性を評価を深めていく予定である。
- 950℃の高温ガスを利用した大量かつ安定な水素製造システムとHeガスタービンによる高効率発電等によるコジェネプラント、さらには水素製造を主体としたプラントなどにより、カーボンニュートラルや水素社会の実現に貢献していく。

経済産業省からの補助事業である「令和2年度 社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業」の一環として実施した成果を含む。



**MOVE THE WORLD FORWARD**

**MITSUBISHI  
HEAVY  
INDUSTRIES  
GROUP**