



KELASA ISLAND (107°04'34" E - 02°24'53" S)

# インドネシアにおけるThorCon社の トリウム溶融塩炉導入計画の現状

Liem Peng Hong (リン・ペンホン)

東京都市大学、株式会社ナイス

# Disclaimer

- TMSR-500-related original figures and graphs were taken from ThorCon's open-public documents, and copyright is granted by PT ThorCon Power Indonesia.
- The TMSR-500 design information and the implementation schedule/timeline in this presentation are still evolving and do not necessarily reflect the ongoing or final design.

# インドネシアへの原子力発電導入計画

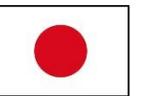
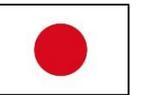
## • 原子力発電導入計画(概要)

- 1960年代から原子力の平和利用の研究開発(原発分野も含む)、インフラ整備
- 2009年にIAEAの統合原子力インフラ・レビュー(INIR)Phase1(19項目)の指摘(3つ):
  - 計画遂行の具体的な項目(国としての位置づけ)
  - 計画管理体制(原子力発電計画実施機関: NEPIO)
  - 国民理解促進、財政
- 政治的決定の先延ばし
- 福島第一原子力発電所事故

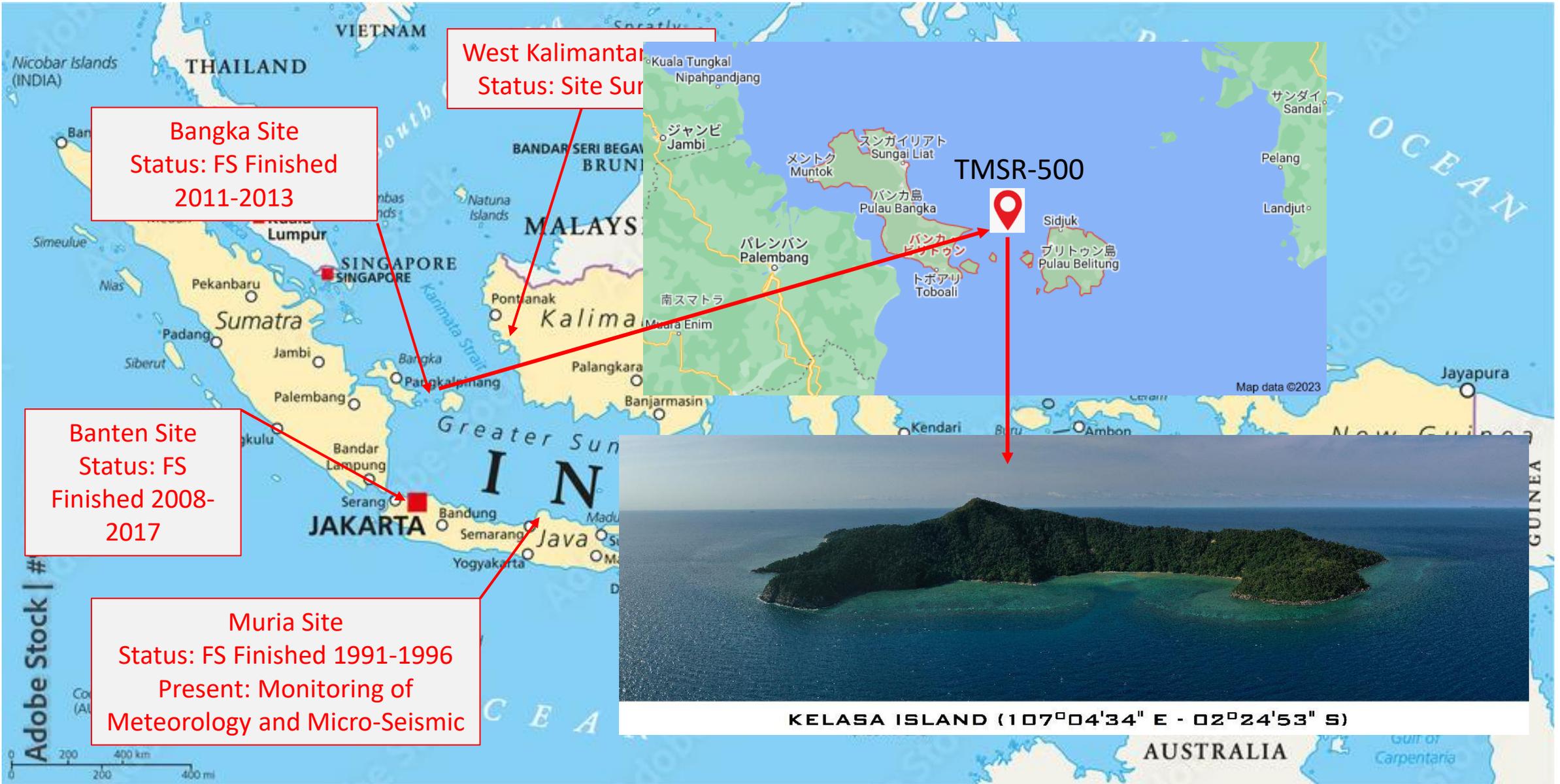
決定までには至っていない

## • SMR導入計画(最近動向)

- 米国のThorCon社によるバージ型トリウムMSR(発電、500MW、バンカ・ブリトゥン州) [TMSR-500]
- 米国のNuScale社による小型PWR(発電、463MW、西カリマンタン州) [VOYGR-6]
- デンマークのCopenhagen Atomics社らによる小型トリウムMSR(熱利用、1 GW(25基)、東カリマンタン州)
- 日米のGE日立/日立GEによる小型BWR(発電、300 MW) [BWRX-300]







# ThorCon社の概要

Martingale

- Martingale Inc. (親会社)
- 2015: インドネシアへのTMSR-500導入計画



ThorCon Intl.

- 2018: ThorCon International Pte. Ltd. (子会社)
- ジャカルタ首都に駐在事務所 (本社シンガポール)



PT ThorCon Power Indonesia

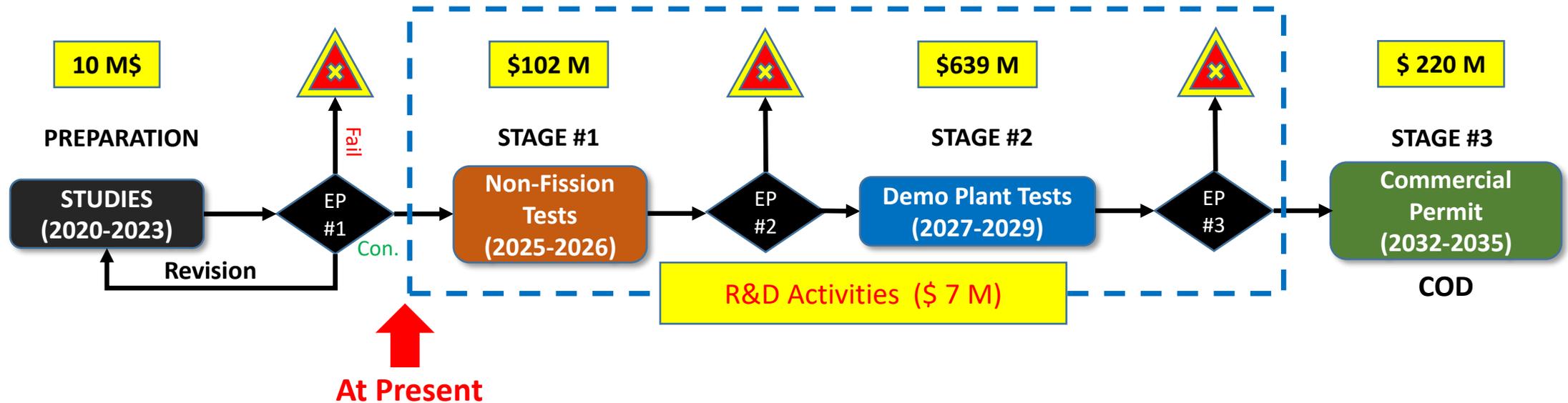
- 2021: PT ThorCon Pow. Ind. (海外直接投資会社)
- Bangka-Belitung州 (Pangkal Pinang州都) に支店



Kelasa島 (TMSR-500候補サイトの決定)

# TMSR-500の導入タイムライン

## IMPLEMENTATION SCHEDULE: THROUGH 3 STAGES



## REDUCING UNCERTAINTIES AND RISKS



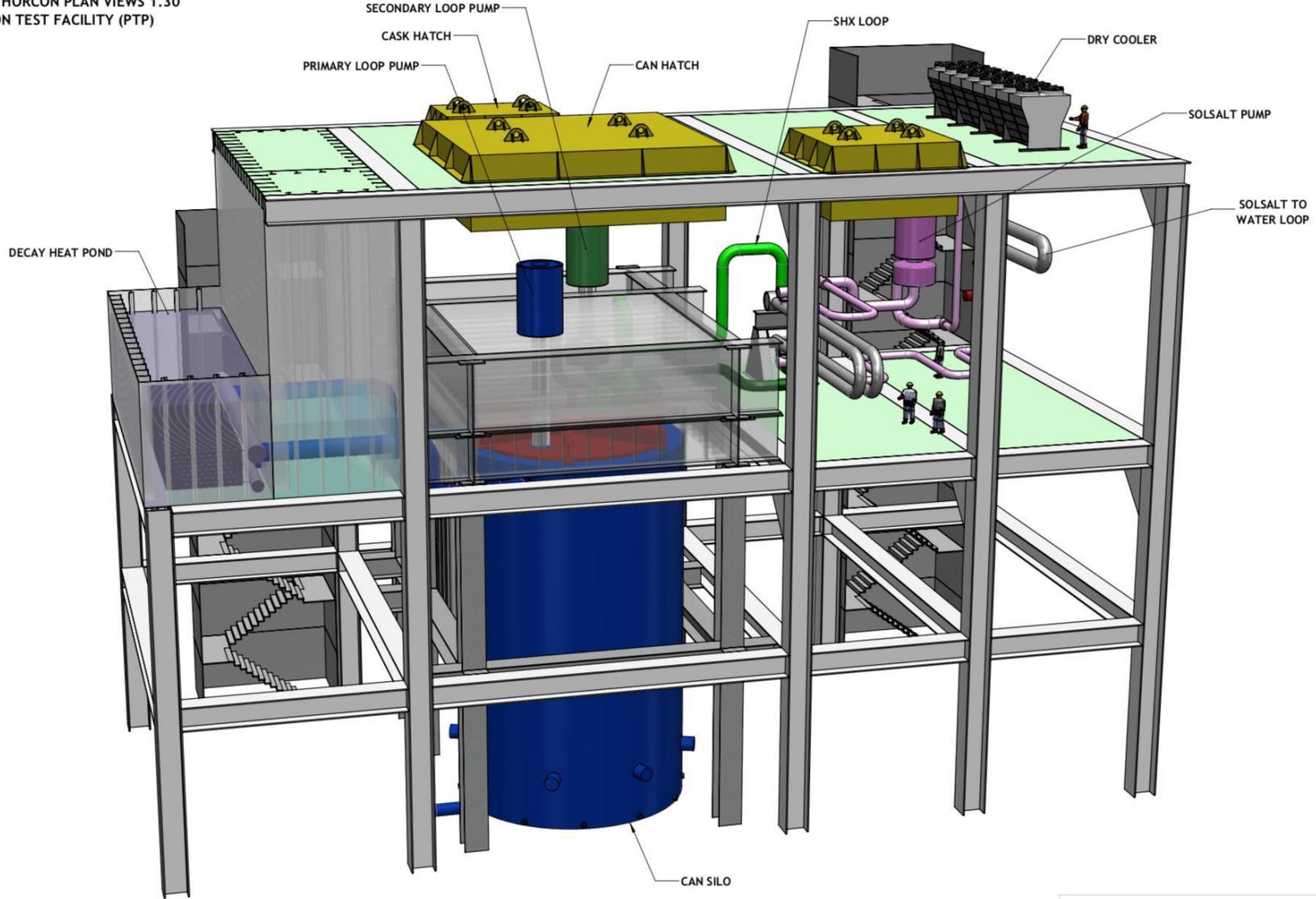
Evaluation point:  
If not suitable, stopped; if suitable, continue  
If after several iterations it also fails, then terminated



Fail/Terminated

# NON FISSION TEST FACILITY (TENTATIVE)

THORCON PLAN VIEWS 1.30  
ION TEST FACILITY (PTP)

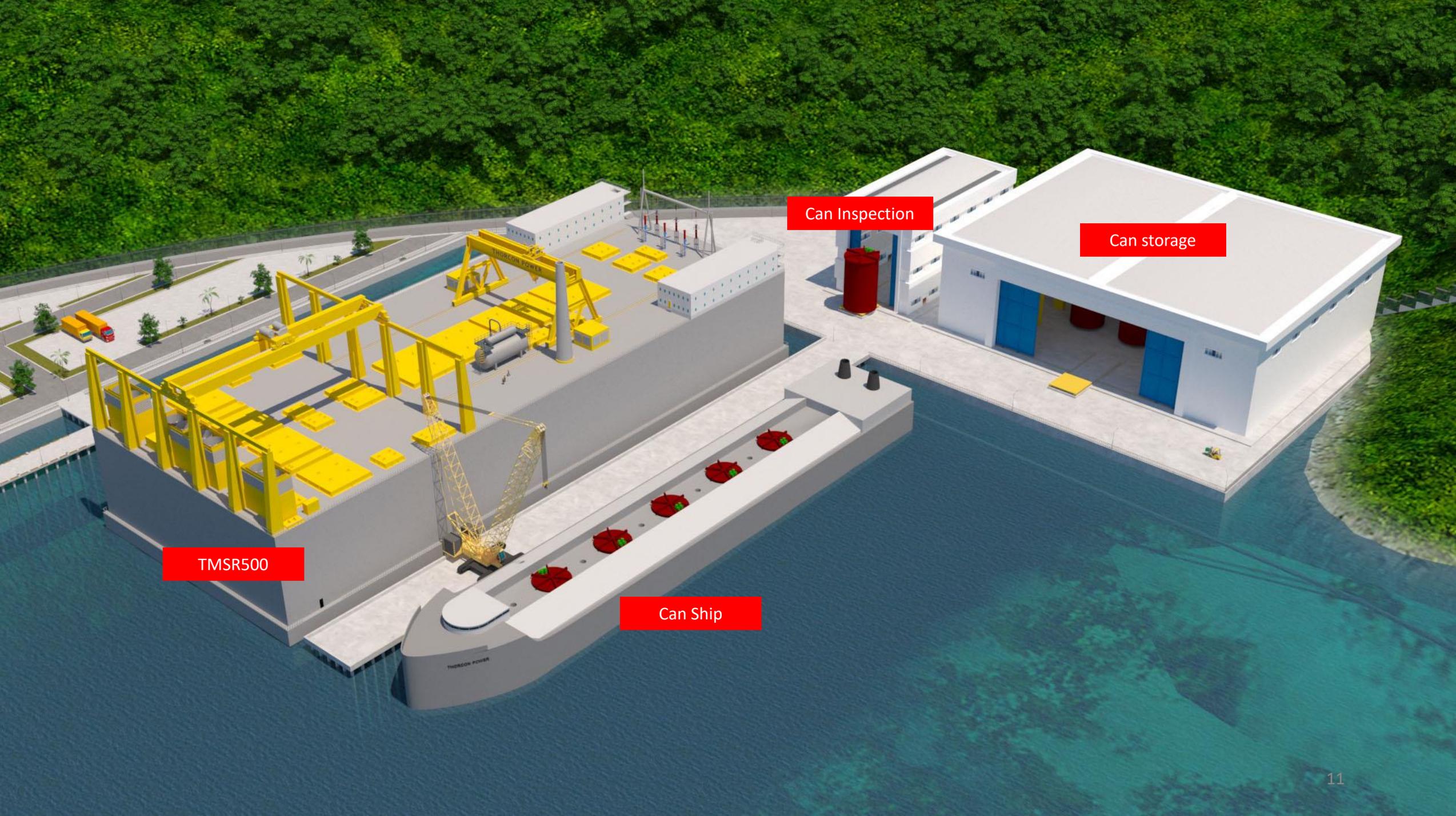


# TMSR-500実証炉の導入計画の準備状況 (PT TPI社、国内)

活動	協力機関	期間・現状	成果の概要・備考
実現可能性調査(FS)	国営電力会社PLNの子会社 (PLN Enjiniring)	2021-2023 (完了)	サイト、電力グリッド、経済性の調査・評価結果 (詳細内容は未公開)。
地域社会受け入れ調査	Sebelas Maret国立大学 (UNS)	2021 (完了)	地域住民による受け入れ率は63%。
安全評価	ガジヤマダ大学 (UGM)と Empresarios Agrupados 社 (EA)	2022-2023 (完了)	TMSR-500の概念設計データでは、福島第一原発事故レベルに対して絶えられる安全性を持つ。
設計	ThorCon International社とEA	2021-2026 (進行中)	TMSR-500の基本設計の完成を目指す。
研究開発	研究技術革新庁 (BRIN, 旧インドネシア原子力庁BATAN)	2022-2023 (進行中)	覚書の署名、研究開発内容を議論中。
燃料塩ラボ開発	バンドン工科大学 (ITB)	2021-2025 (進行中)	FLiNaK塩の精製技術を開発。FLiNaK塩の物理化学的性質は実機の燃料塩 (NaBe系) と近い。
Kelasa島の生態学的調査	Bangka Belitung 大学とUGM	2022-2023 (完了)	Kelasa島とその周辺の生態系の初期ベースライン。

## TMSR-500実証炉の導入計画の準備状況(ThorCon社、国際)

- イタリアのMilano Multiphysics (MMP): 技術的な支援、TMSR-500の設計解析と最適化(2020年～)。
- スペインのEmpressarios Agrupados (EA): エンジニアリング・コンサルタント(2021年～)。
- 米国のBureau Veritas (BV): 原子炉、エンカプセレーション(燃料管理システム)、船体(hull)の統合における技術資格取得の支援(2022年～)。
- 米国のVirginia Tech. University: 燃料塩に関する研究開発。
- 米国のUniversity of California, Berkeley: 熔融塩に関する研究開発。



TMSR500

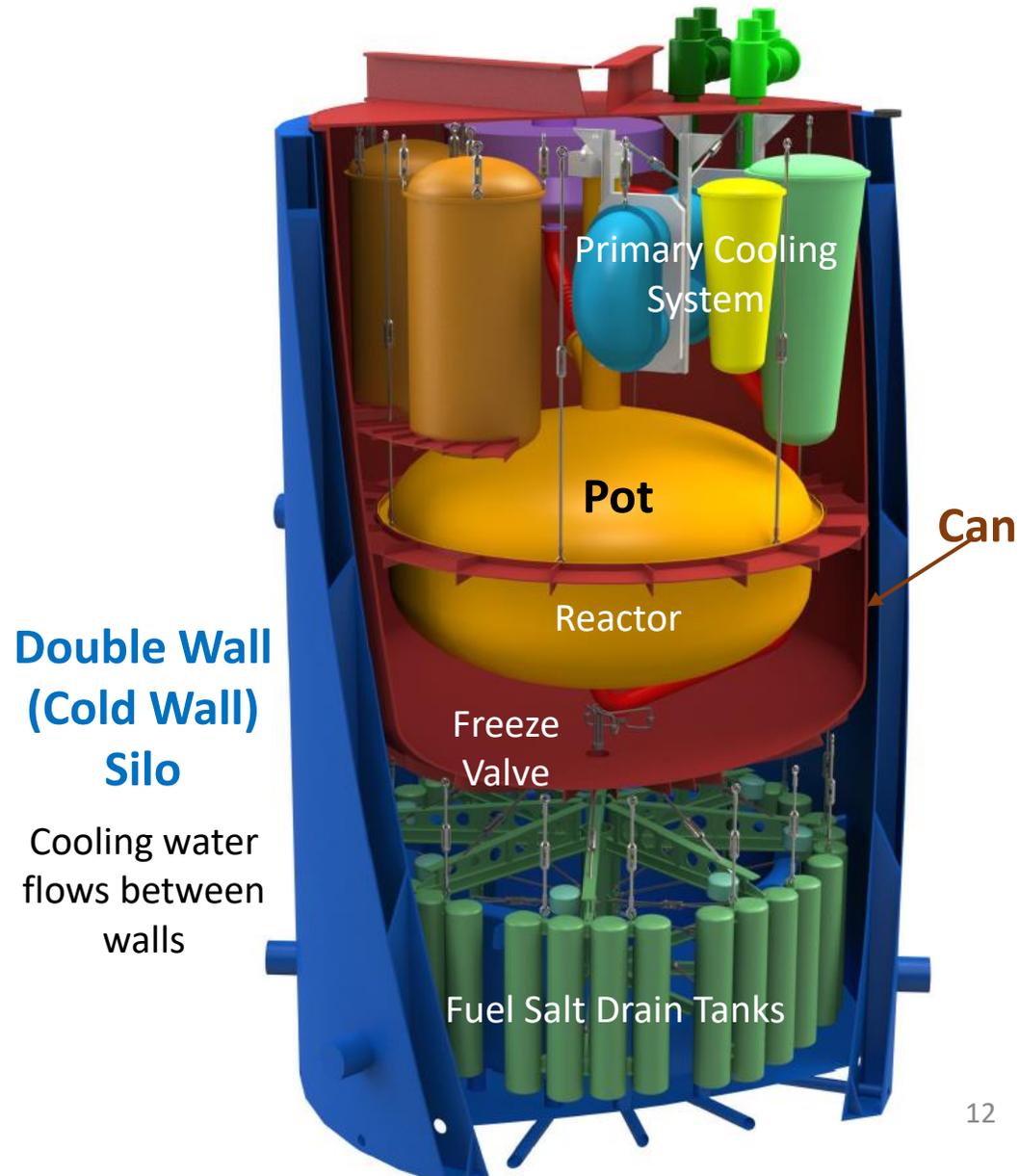
Can Inspection

Can storage

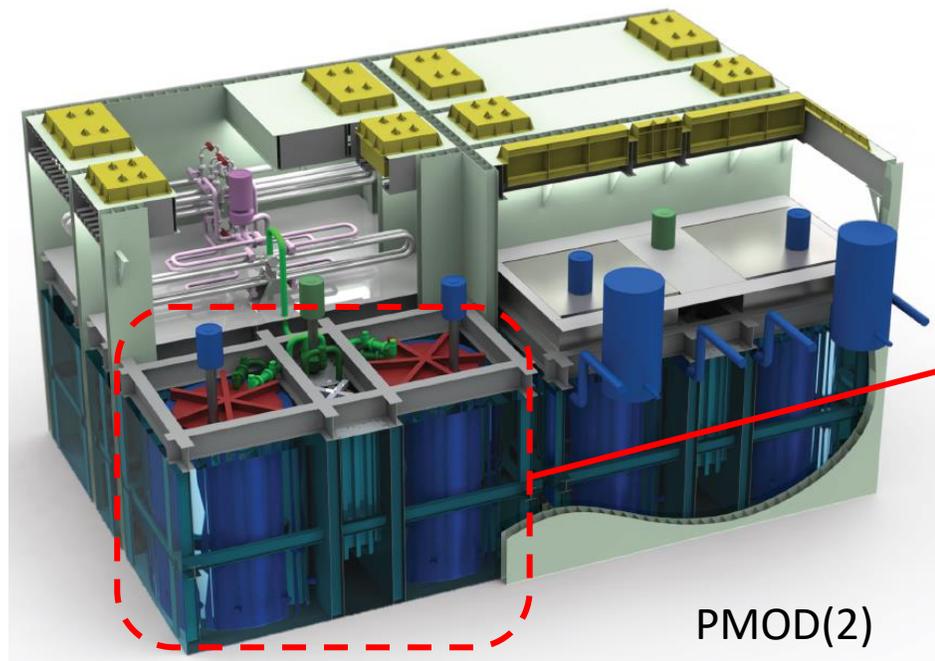
Can Ship

# TMSR-500の諸元

パラメータ	値
バージ当たり電気出力	500 MWe (@250 MWe/原子炉)
運転モード	ベースロードあるいは負荷追従
燃料サイクル	8年(最長)
メンテナンス・スケジュール	4年間毎に30日間
設備利用率	90 %
燃料塩	NaF-BeF <sub>2</sub> -UF <sub>4</sub> -ZrF <sub>4</sub> あるいは NaF-BeF <sub>2</sub> -ThF <sub>4</sub> -UF <sub>4</sub> -ZrF <sub>4</sub>
濃縮度	19.85 % (初期) と 4~5 % (追加)
減速材	黒鉛
構造材	ステンレス鋼
燃料入出口温度	560 °C / 704 °C
燃料塩流量	1.1 (m <sup>3</sup> /s)
圧力	2~8 (bar)



# ThorCon's Fission Island – Power Module (PMOD) Concept



PMOD(1)  
(250 MWe)

PMOD(2)  
(250 MWe)

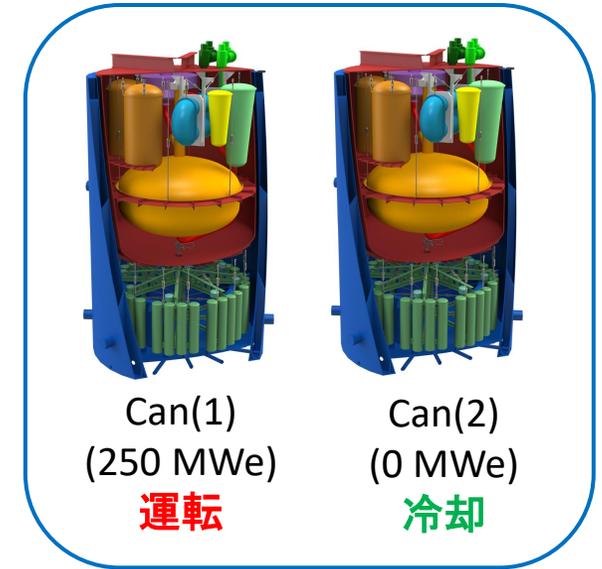
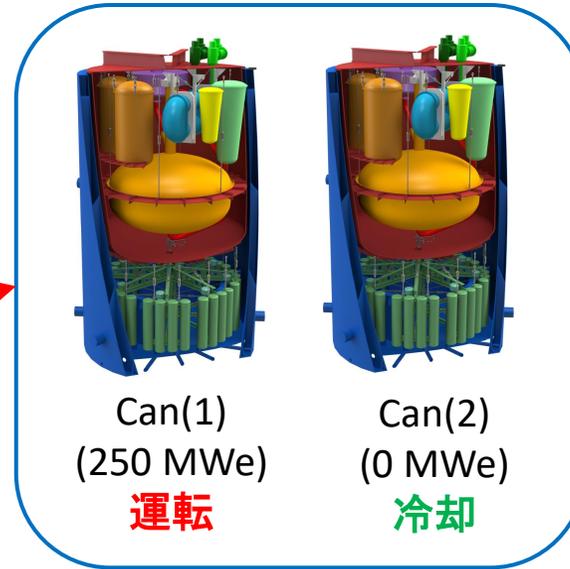
電気出力 500 MWe

プラント名

**TMSR-500**

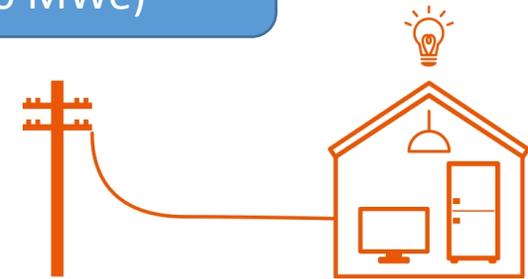
PMOD(1)

PMOD(2)



超臨界蒸気ループ  
(500 MWe)

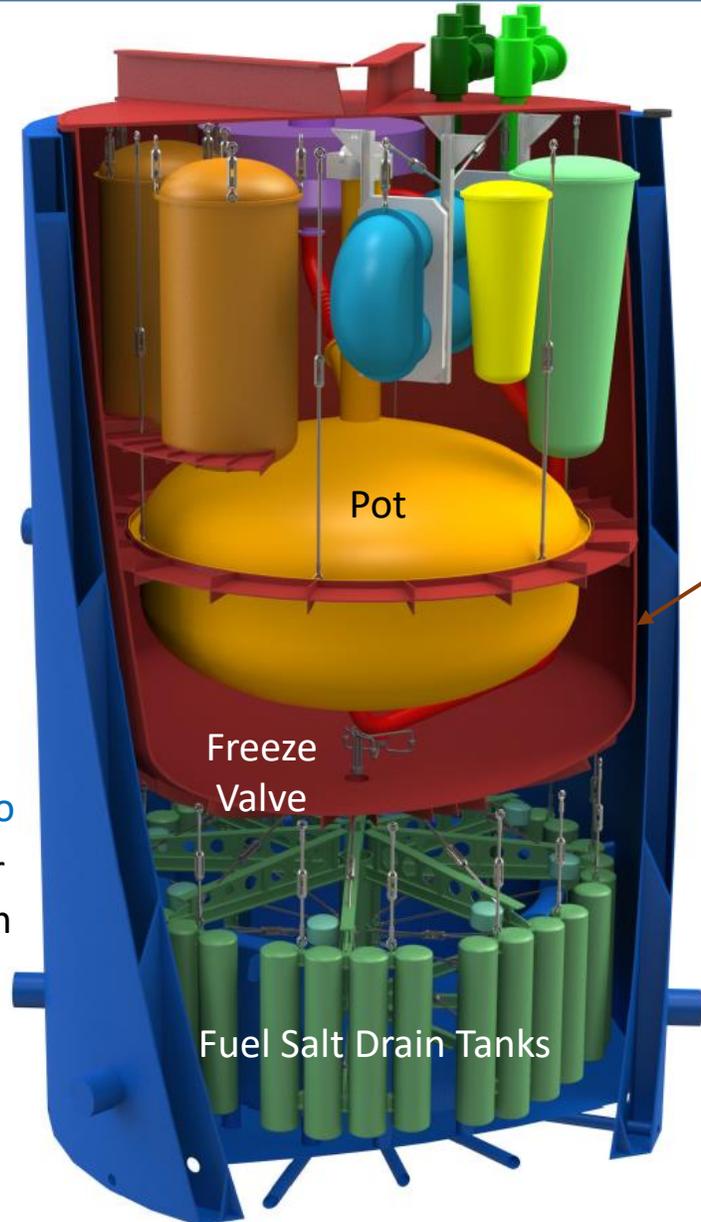
4年間  
運転・冷却  
サイクル



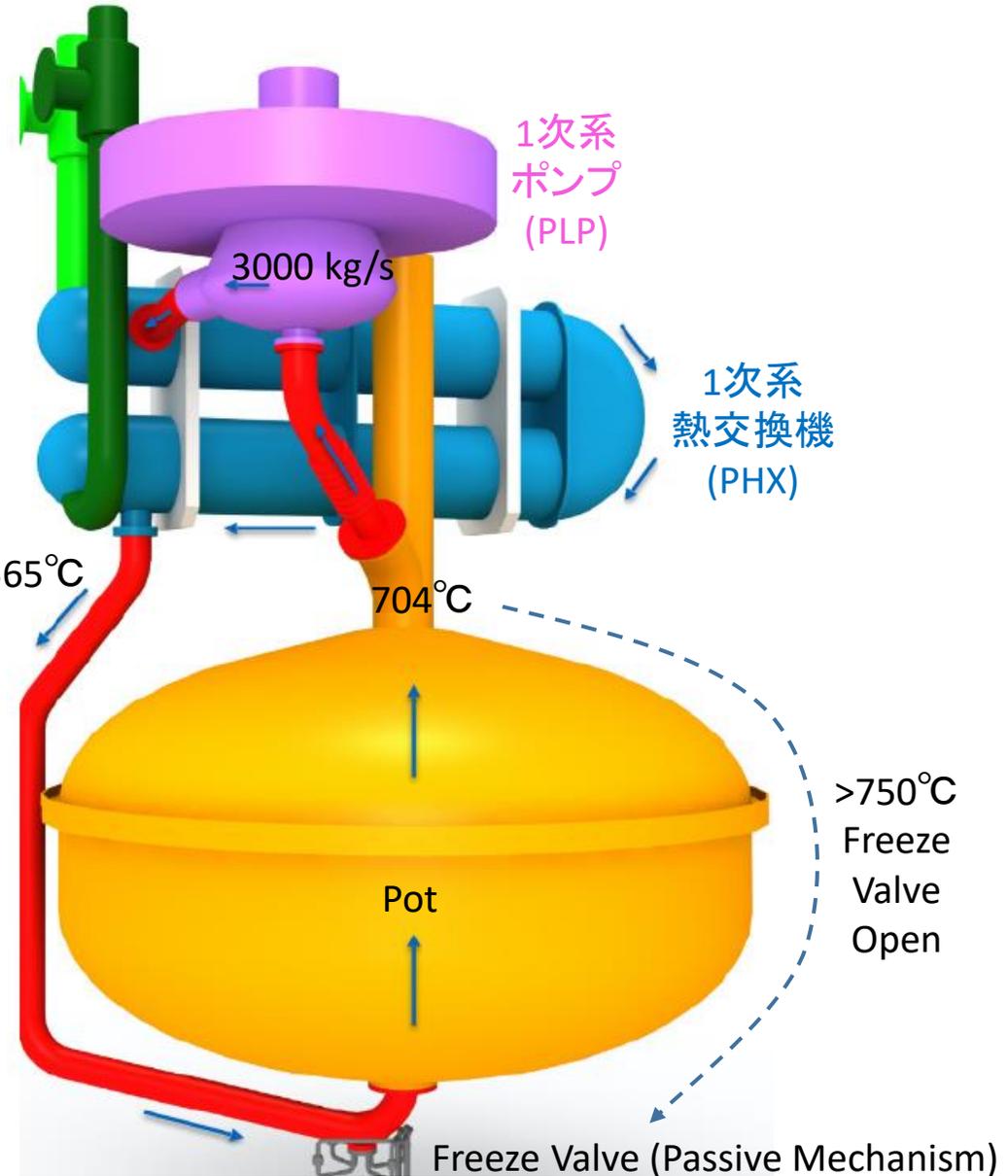
# ThorCon's Pot/Can/Silo Concept

Can thermal output	557 MW
Can electrical output	250 MW
Plant efficiency	46.3%
NaF-BeF <sub>2</sub> -ThF <sub>4</sub> -UF <sub>4</sub>	fuelsalt
76/12/10.2/1.8	mol pct
Vapor Pressure@704C	≤3 Pa
Fuelsalt flow kg/s	2955
Pot inlet C	565
Pot outlet C	704
Loop transit time	11.6 sec
Pot outlet press	2.6 barg
$\alpha_K$ :pcm/K	-3

Double Wall  
(Cold Wall) Silo  
Cooling water  
flows between  
walls

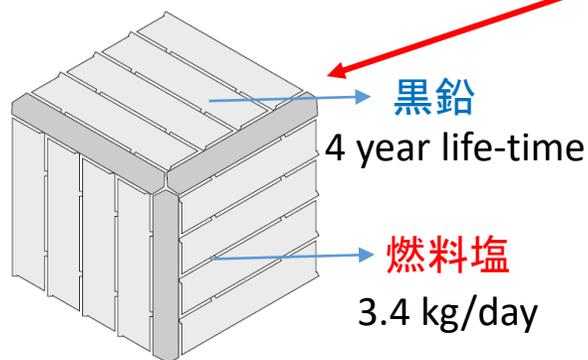


2次系塩  
NaF-BeF<sub>2</sub>  
621/454°C  
1543 kg/s

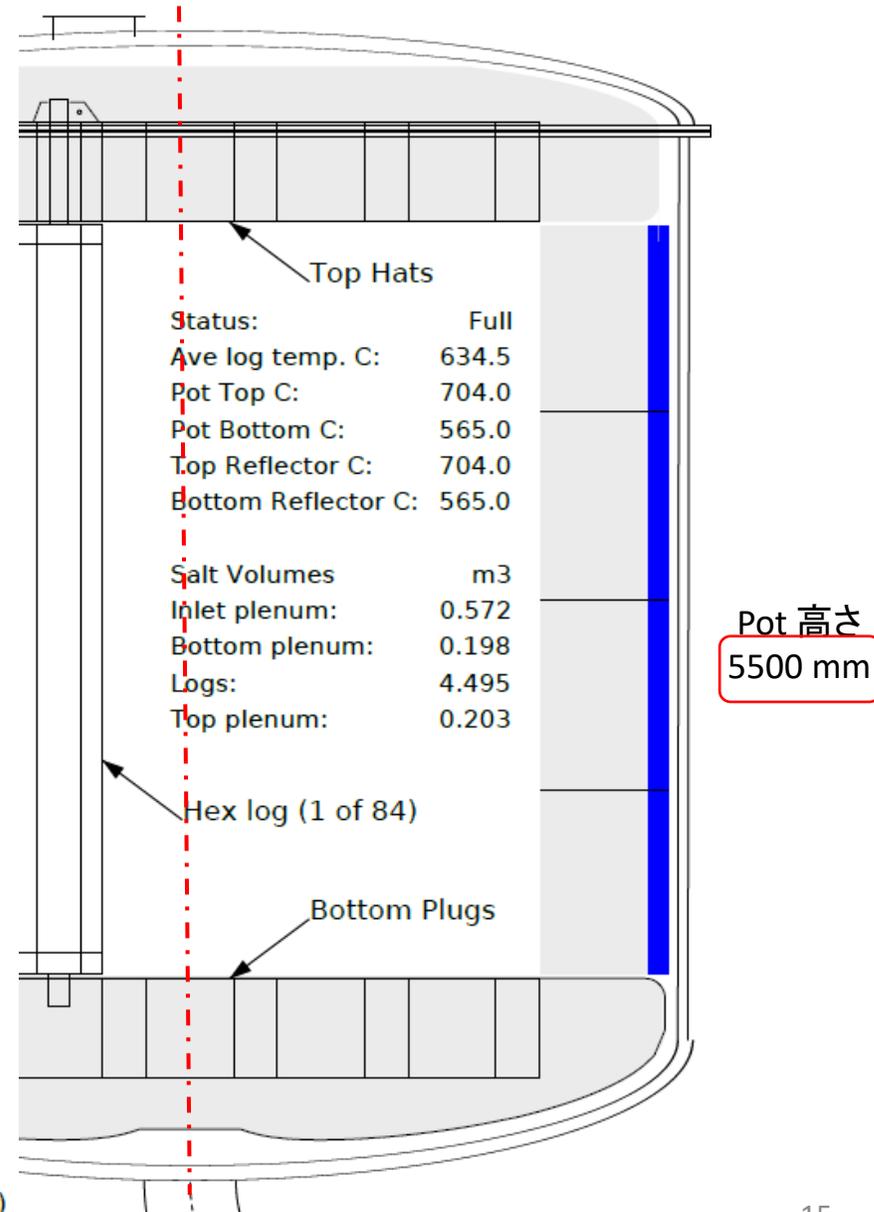
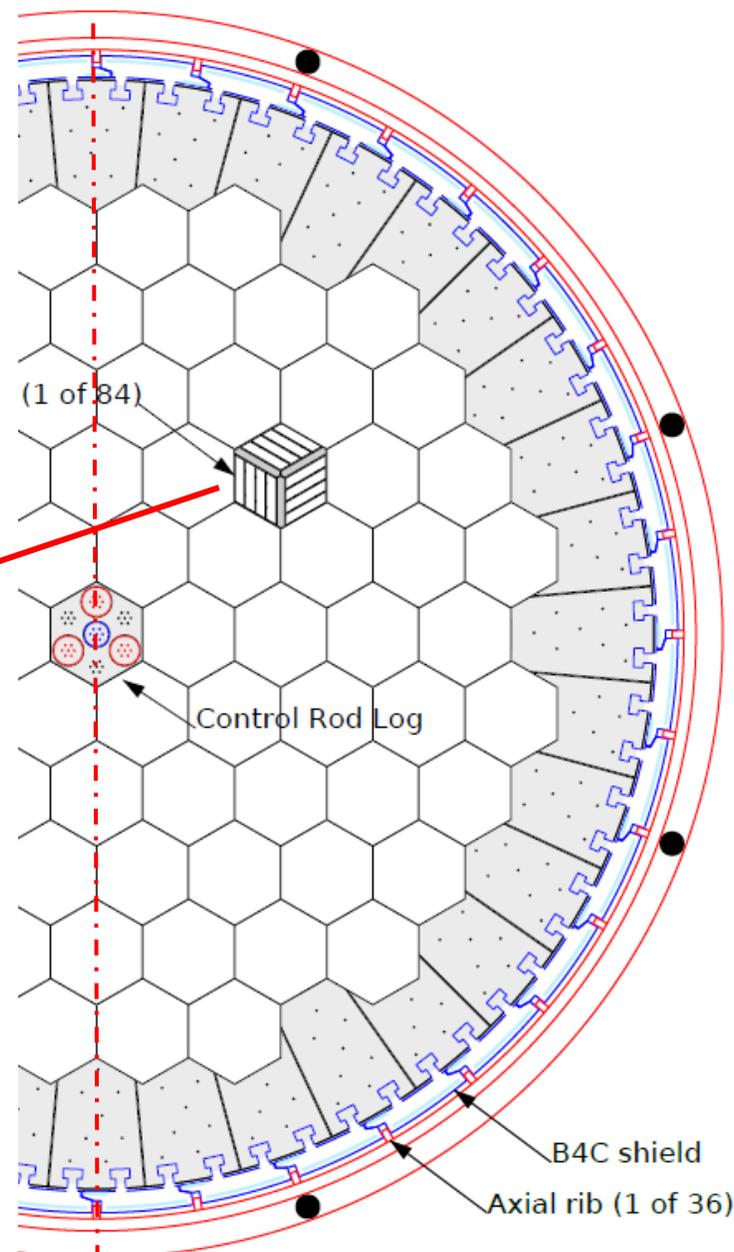


# Plan Views of Pot at Full Hot Cond.

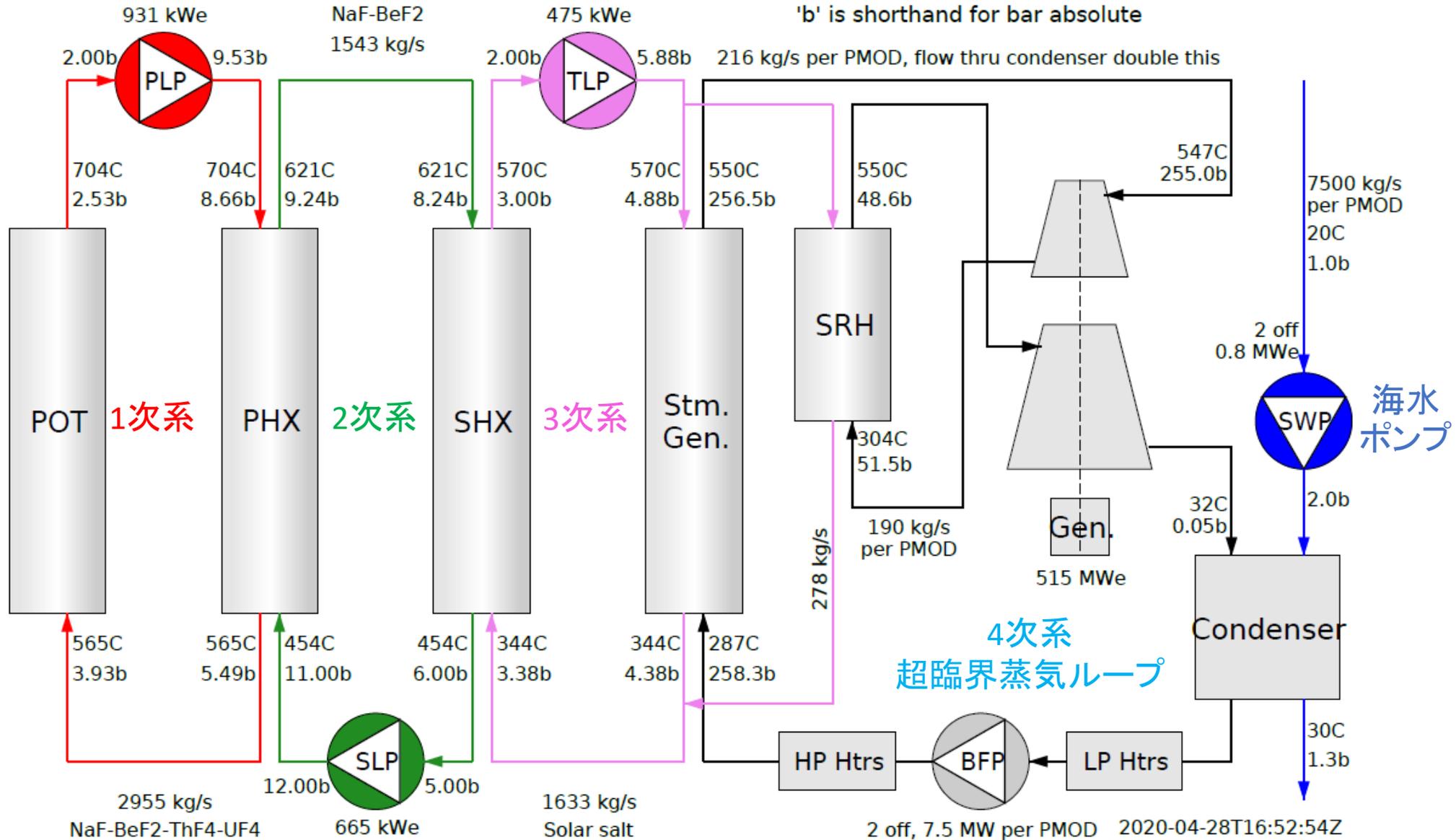
Number of fuelsalt logs:	84
Salt Volume in logs(m3):	4.495
Moderator kg:	66089
Side reflector kg:	42197
Shield kg:	10402
B4C Fraction:	0.100
Hot Pot vessel ID(mm):	4860.96
Cold salt annulus width(mm):	5.00
Hot salt annulus width(mm):	25.24
Salt volume in annulus(m3):	1.75
Shield thickness(mm):	100.00

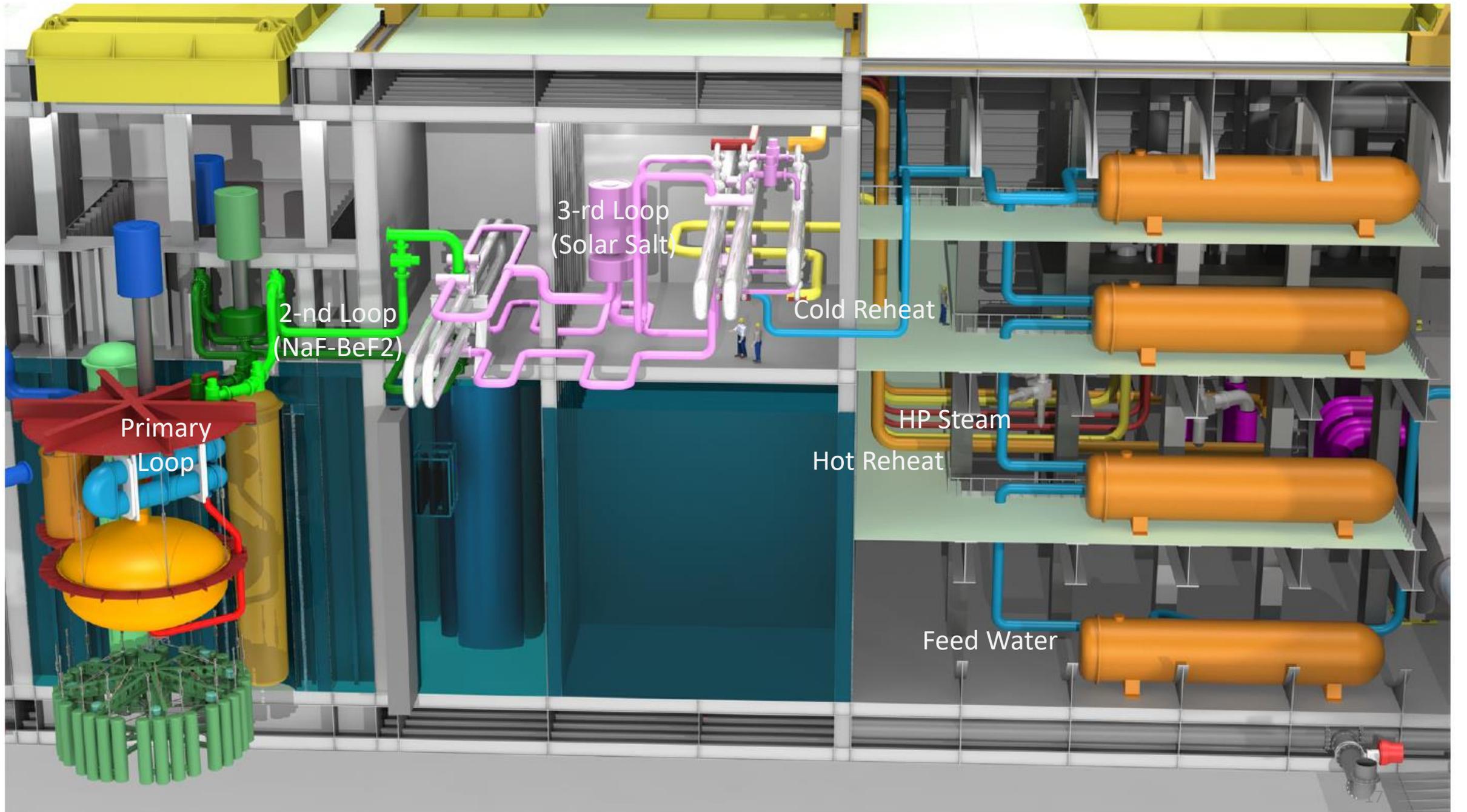


Log Hexagon Side (mm):	220.03
Slab thick(mm):	39.84
Nub height(mm):	3.80
Fraction salt:	0.1112



# Balance of Plant (4 Loops, therm. eff. 45%)





# 結言

- インドネシアの原子力発電所計画は今まで行き先不透明であると言われてきた。そういう状況の中で、ThorCon社によるTMSR-500の導入計画は原子力発電所の実現に希望を与えている。
- 但し、本炉は次世代炉と見なされているので国内外の経験や実績は乏しい。
- また、インドネシアは日本と同様に環太平洋火山帯に属し、地震、噴火、津波等の自然災害で共通している。原子力発電所の開発や事故対応等の経験や実績が豊富である日本にはより一層の協力及び支援が求められている。

# 參考資料

# NuScale SMR (PWR)

- US Awards Grant As Asian Nation Plans First SMR On Island Of Kalimantan (2023/3/21)
- Jakarta has chosen US reactor company NuScale to provide technology for the SMR unit



# Thorium Molten Salt SMR

- Danish Companies Sign Agreement For \$4 Billion Thorium SMR In Borneo (2023/5/22)
  - Copenhagen Atomics, Topsoe, Alfa Laval and Aalborg CSP (Denmark)
  - Pupuk Kaltim, Pertamina New & Renewable (Indonesia)
  - Aim is to deploy nuclear plant on Indonesian island for ammonia production (Fertilizer)
  - Site: Bontang (Eastern Kalimantan)
- 1GW (25 SMRs)
  - 2028 COD, 50 years life-time

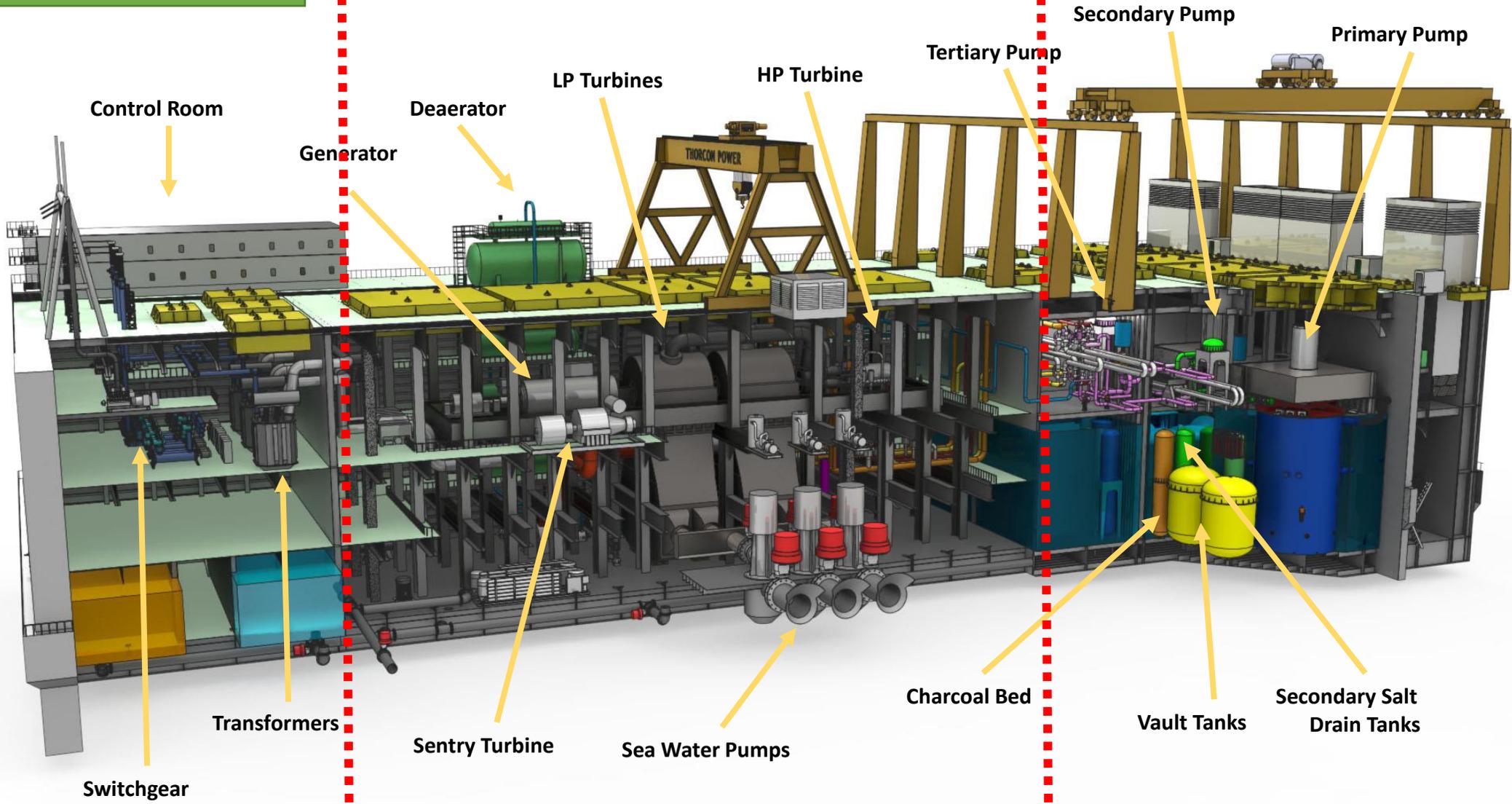


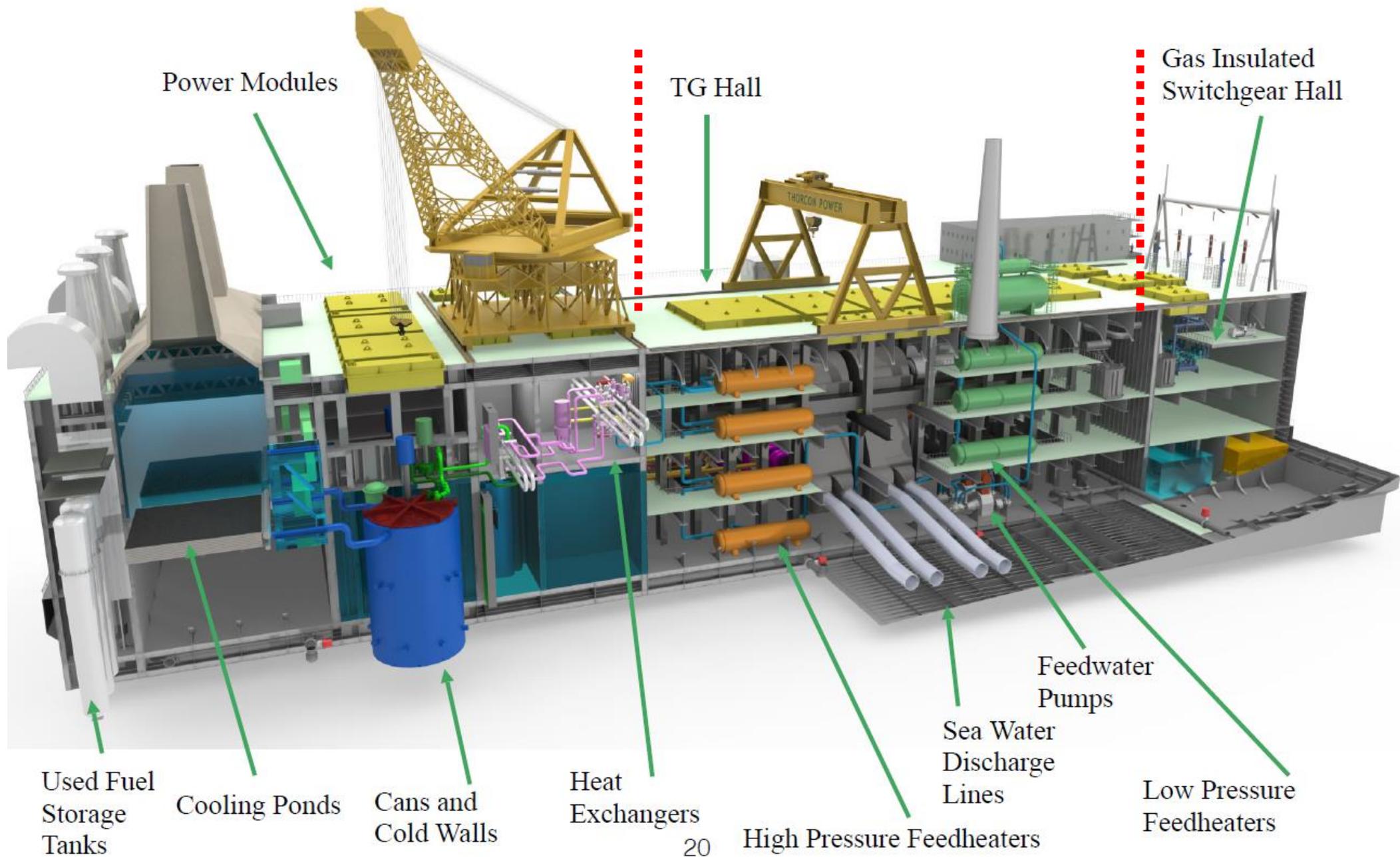
TMSR-500

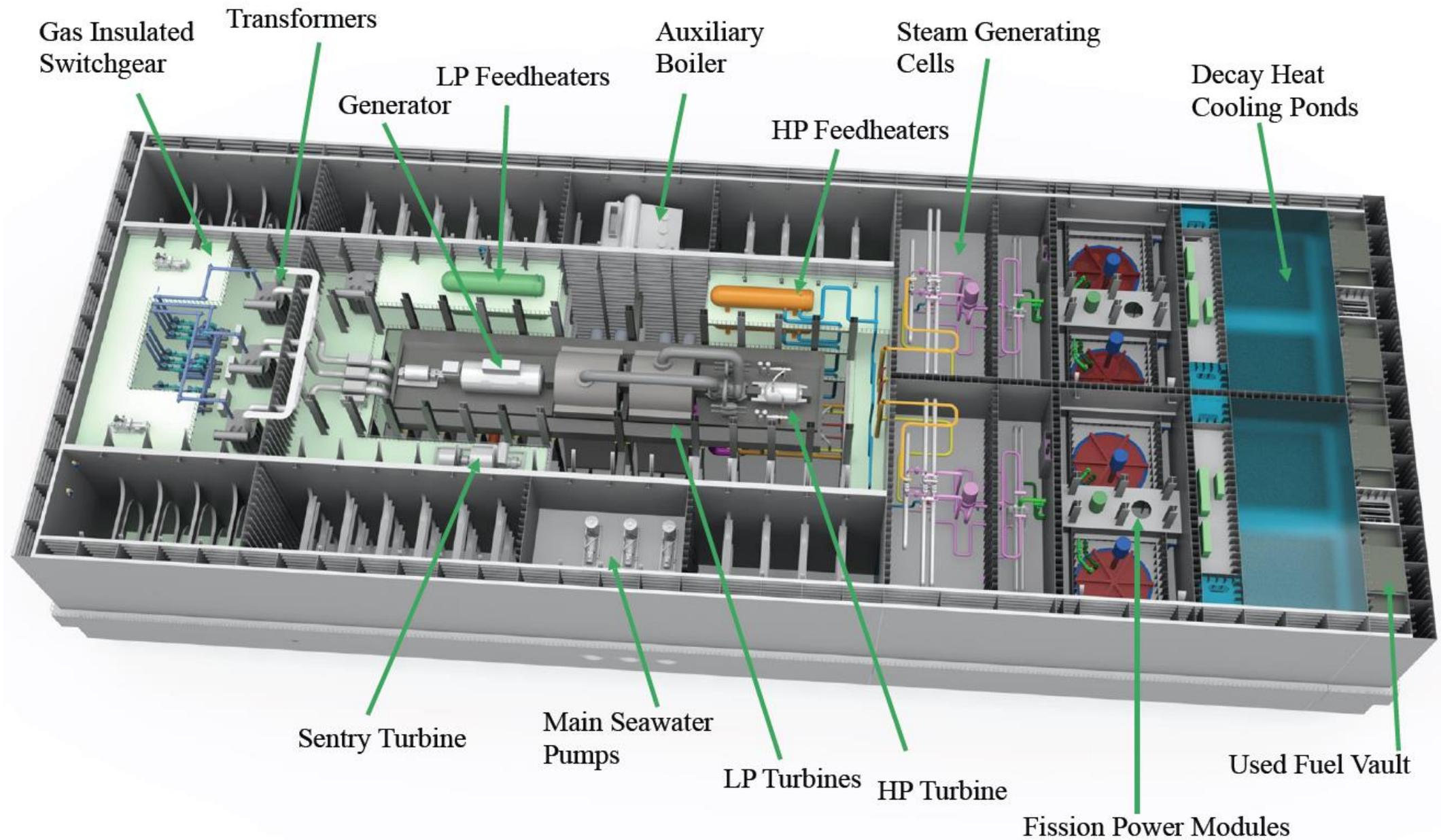
**GAS INSULATED SWITCHGEAR HALL**

**TURBINE HALL**

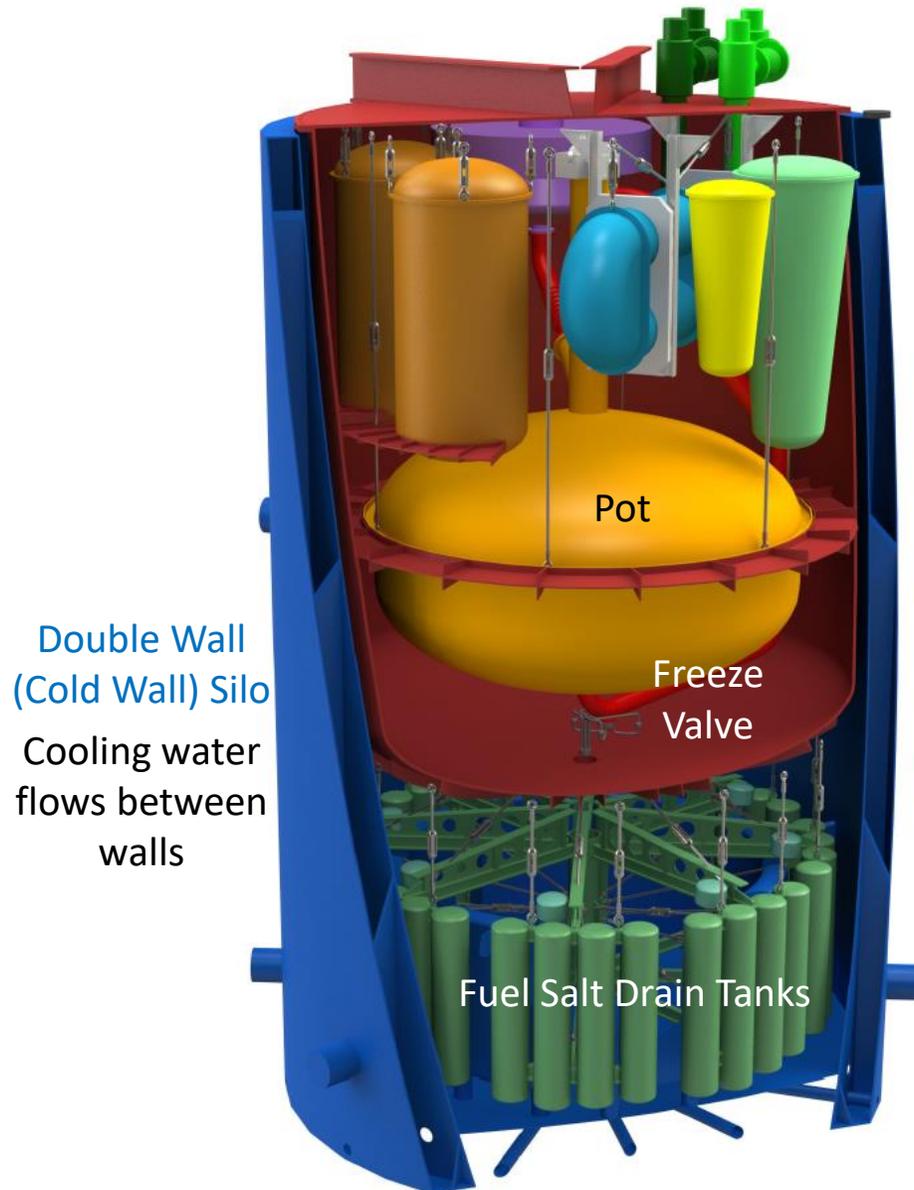
**POWER MODULE**







# The Cold Wall



- The cold wall allows us to keep the Can interior **below 350°C** during normal operation and keeps the Can from overheating after a drain. The fact that the cold wall is **always operating** is an important safety feature. If a problem develops in the cooling wall loop, we will find out before a casualty occurs rather than during.
- The wall allows us to capture any tritium permeating through the Can or drain the tank in the inert gas in the annulus between the Can/FDT and the walls.
- The wall cools more rapidly as the Can/FDT tank heats up, but more slowly as the Can/drain tank cool down, which is exactly what we want to handle both emergencies and avoid salt freeze ups.
- The wall maintains a double barrier between the fuel salt and the cold wall water, even if the primary loop is breached.
- The cold wall does all this without any penetrations into the Can or the fuel salt drain tank.

# Cooling Loop of Can Silo (Normal, Off-Normal)

Wet decay heat cooling option

Version: 1.20

2017-03-06T15:58:25Z

Red is riser.

Green is downcomer.

If level in expansion tank falls below level in pond, the pond check valve automatically drains portion of pond water into cooling wall loop

If the pond cooling line is lost, water in the basement can provide cooling for 355 days

