

# 小型FLNG（Floating LNG）

## に関する研究

### 実施完了書（公表用）

2012年6月30日

一般財団法人日本海事協会

三井海洋開発株式会社

# 目的

世界の未開発のガス田の多くは陸地から離れた海洋にあり、かつ1 TCF (Trillion Cubic Feet) 以下の小規模のものが多く、経済的な開発手法がないままに手がつけられず放置されたままになっている。即ち、海洋のガス田の開発になると一般に大規模、中規模のガス田を対象に、長さ400mを超す超大型の船体に陸上用の処理量2.5-5 mtpa (million ton per annum) 程度のLNGプラントを載せたような大型のFLNGの計画が多い。しかし、小規模ガス田の開発のためにそのようなFLNGを単純に小型化しても、経済的に成り立たない場合が多い。本事業は、そのような数が多いが開発対象になりにくい小規模ガス田の開発が経済的に成立するような安全で、かつ効率の高いFLNGの開発を目指す。また日本の海洋開発、造船、プラント関連企業が事業を実施することにより、日本の海洋開発の発展に寄与すると考えられる。

# 開発の対象となるFLNGの特徴は

- 多くの造船所が工事可能なように既存船の改造、あるいは現行設計船をベースとしている。
- 造船設計に置いて標準設計を出来るだけ適用させている。
- 船体が許容する最大の処理能力を持つLNGプラントを搭載する。
- 冷媒に不活性な窒素を使用したN2 Expander方式を採用し安全性を向上させている
- 発電機の排熱を利用し、臭化リチウムを用いた吸収式冷凍装置を導入し天然ガス及び冷媒の予冷、ガスタービンの取り入れ空気の冷却を行い、一般的に安全であるが効率は良くないと言われているN2 Expanderを使用したプラントの安全と高効率を両立させている。
- コンプレッサーの駆動装置として電動モーターあるいはガスタービンの直接駆動を比較検討した結果ガスタービン駆動とした。
- システム、保守の簡略化を図るとともに、プラント全体の稼働率を向上させている。

# 実施スケジュール

実施項目	平成23年			平成24年	
	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4
概念設計			←→		
基本設計			←→	←→	←→
冷凍機の実験				←→	
HAZID					←→
報告書作成					←→

# 開発の体制

## 1) 主体

- 三井海洋開発株式会社 (MODEC)
  - プロジェクトマネジメント業務
  - 搭載LNGプラントの設計のレビュー
  - 船体側の設計及び設計のレビュー
  - 臭化リチウム吸収式冷凍機の改造のエンジニアリング、動揺試験計画、実施

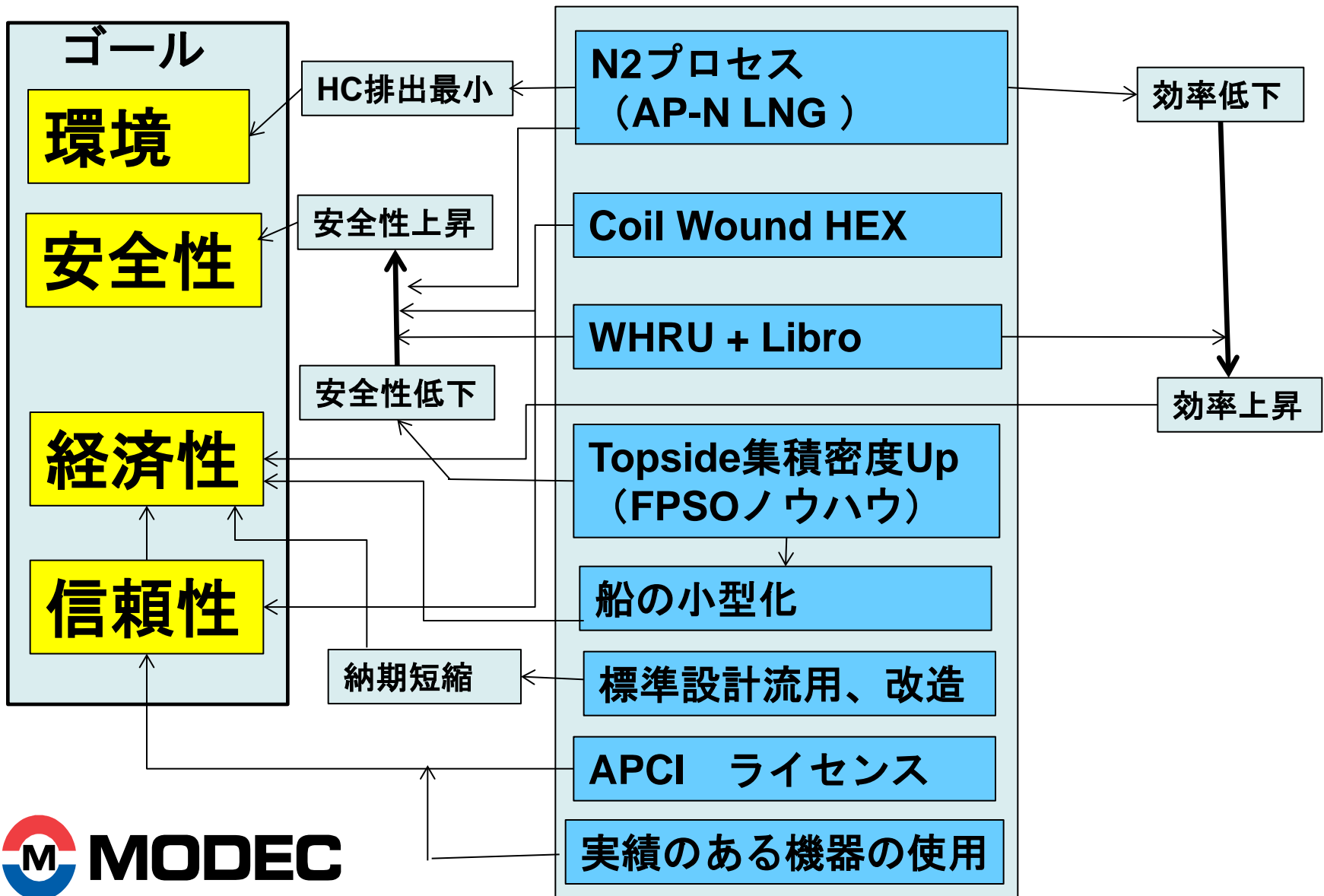
## 2) 共同研究者

- 日本海事協会 (NK)
  - 共同研究の実施
  - 作業監督、調整
  - 研究費の一部負担
  - 設計図書のレビュー
  - AIPの発行

## 3) 協力者

- 三井造船株式会社 (MES)
  - » LNGプラントを搭載する船体の設計
- 東洋エンジニアリング株式会社 (TEC)
  - » 搭載LNGプラントの設計
- (株) IHI MU
  - » SPB タンクの設計
- 日立アプライアンス (株)
  - » 臭化リチウム吸収式冷凍機の設計、改造

# FLNG開発コンセプト



# LiBro™ FLNGの仕様

LNG 生産量	2.0 MTPA
LNG液化技術	Air Products® AP-N LNG 液化プロセス + LiBro™
ガスタービン（駆動機 / 発電機）	PGT25+G4 Aero Derivative Type
船体	瀬戸内マックス（改造バルクキャリア）
船体サイズ	291.4 mL x 50 mW x 28.5 mD
LNG 貯蔵容量	160,000 m <sup>3</sup>
LNG タンクタイプ	SPB タンク(8 基)
出荷設備	サイド・バイ・サイド、LNGホース使用
コンデンセート貯蔵容量	20,000 m <sup>3</sup>
係留システム	船体外係留設備（タワー・ヨーク）

# 3Dモデル概観





# 3Dモデル概観



# LNG タンク

タンク形式:

- メンブレン
- MOSS
- SPB → 選択



- 改造船に適する
- フラットなデッキを得られる
- 耐スロシューイング

# 船体

➤ 船体設計:

- ✓ 標準的な船体設計を流用した
- ✓ 建造、改造できる造船所の範囲を広げられる
- ✓ バルクキャリアーをドックを長期間使用しないで改造できるようなコンセプトを考えた

Drawing deleted for confidentiality

# 船体改造图

# 選択した係留システム

## ➤ 形式

- Tower Yoke

## ➤ 設計条件

- Water Depth: Abt. 30m
- 100 year storm condition
  - ✓ Hs: 3.18m
  - ✓ Tp: 11.46sec



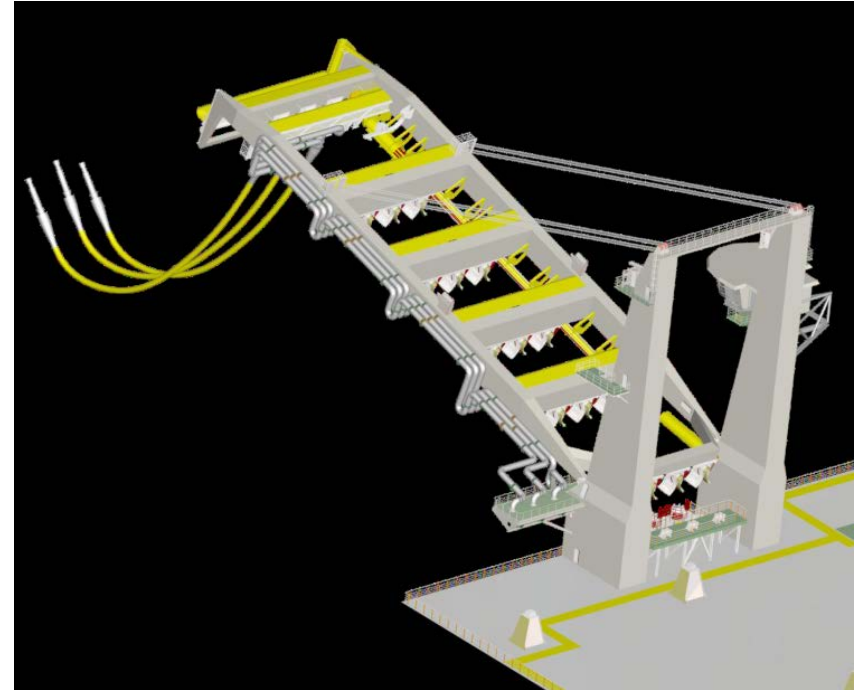


# 出荷設備

Tandem vs. Side by Side



選択



Typical LNG Offloading System for tandem mooring

FPSO tandem mooring

# 出荷設備

## ➤ Loading Arm vs. LNG Flexible hose


↑ 選択

Side by Side Mooring with Loading Arms



Side by Side Mooring with Flexible Hose

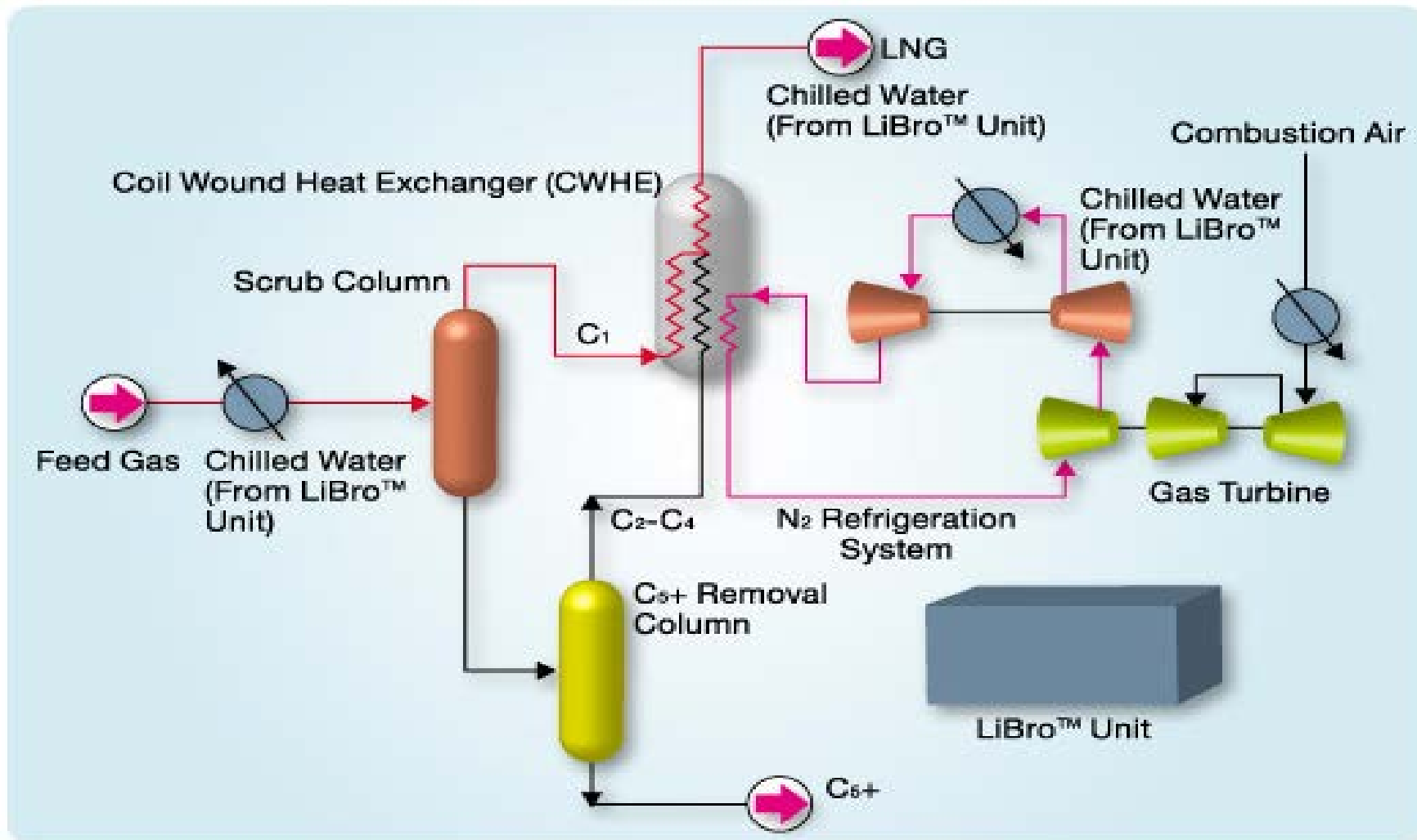
# LNG液化プラントの概要

- 液化プロセス: Air Products® AP-N LNG 液化プロセス
  - 主要熱交換器: Air Product製 コイル型熱交換器  
Coil Wound Heat Exchanger (CWHE)
  - コンプレッサー駆動機: ガスタービン
  - LNG生産効率の改善: LiBro™ Technology  
(MODEC開発の臭化リチウムを用いた吸収冷凍システム)
- 



# LiBro™ LNG液化プロセスフロー

Air Products® AP-N LNG Process とLiBro™ で製造する冷水による冷却システムの組み合わせ



# LiBro™ FLNGの優位性

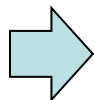
	Large Scale FLNG	Mid Scale FLNG	MODEC LiBro™ FLNG
Typical Capacity	More than 2.5MTPA	Less than 2.0 MTPA	<b>1.0 - 2.0 MTPA</b>
Process	DMR	Conventional N2 Expander	<b>Air Products® AP-N LNG Process + LiBro™</b>
Safety	Mid	High	<b>High</b>
Production Efficiency	High	Low	<b>High</b>
Topside	Big	Compact	<b>Compact</b>
Hull	Purpose Build	Conventional Ship Design	<b>Conventional Ship Design</b>
CAPEX	Mid - High	Low	<b>Low</b>
Availability	Mid	Mid	<b>High</b>

# LiBro™ FLNGのコスト優位性

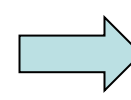
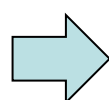
- 標準的な船体設計の流用
  - ⇔ 建設に時間のかかるカスタマイズ船体
- Air Products® AP-N LNG 液化プロセス
  - ⇒ 限られたデッキスペース上でコンパクトな設計が可能
- コンパクトなLiBro™ユニット
  - ⇒ ガスタービン直下に据付。追加デッキスペース不要。
- ガスタービン吸気の冷却
  - ⇒ ガスタービン出力の増大

## ➤ LiBro™ : リチウムブロマイド吸収式冷凍機

ガスター  
ビンから  
の排熱



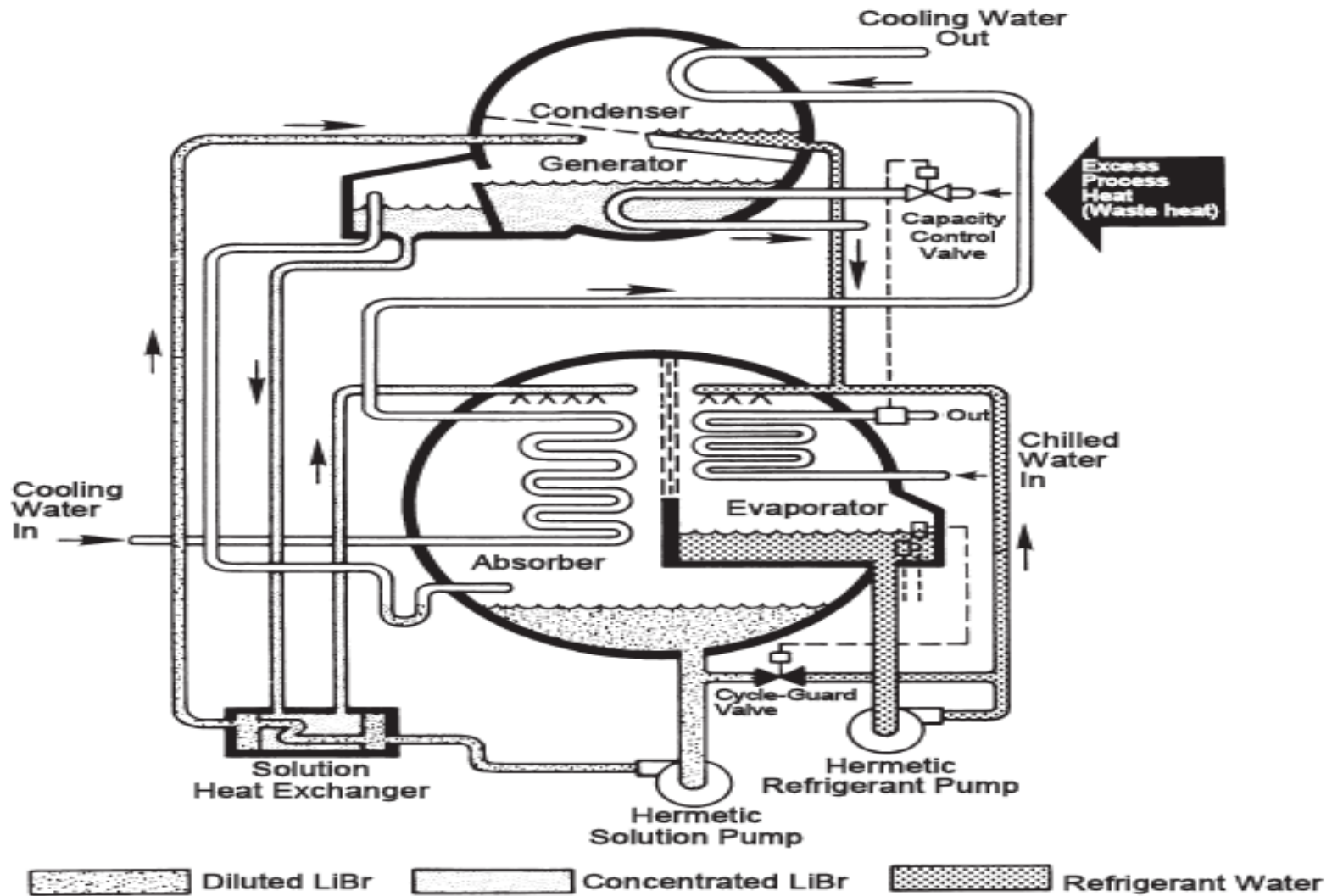
スチーム  
発生



冷水生産

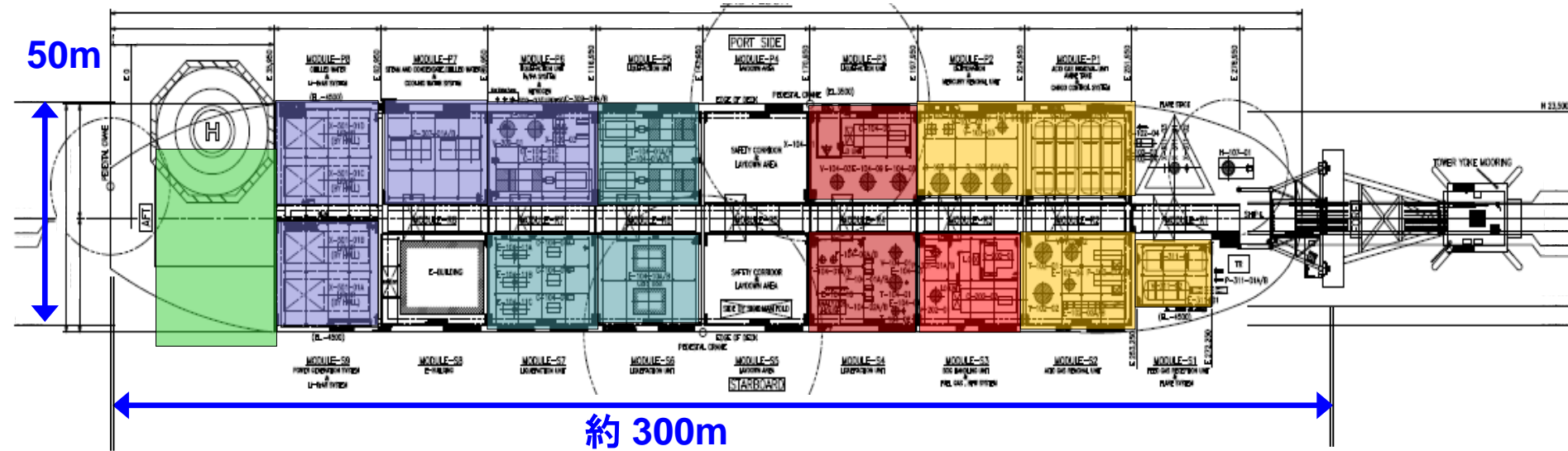
- ✓ リチウムブロマイドは安全
- ✓ リチウムブロマイド吸収式冷凍機は広く地域冷暖房等に使われている
- ✓ 10,000 ユニット以上が納入されている
- ✓ LiBro FLNG に使われる最大級サイズの機器は2007年から使用されており、20以上の使用実績がある
- ✓ マリン用に改造した機器の動揺試験は成功であった。







# 吸收冷凍裝置



# プラント全体配置における安全性

## 液化プラントの機器配置図



- |   |                |            |
|---|----------------|------------|
|    | : ガス前処理        | } 可燃性流体エリア |
|    | : 燃料ガス、ボイルオフガス |            |
|   | : 深冷液化プロセス     |            |
|  | : N2 冷媒        | } 不燃性流体エリア |
|  | : 用役設備 (水、エア)  |            |
|  | : 居住区          |            |

# 機器の安全性

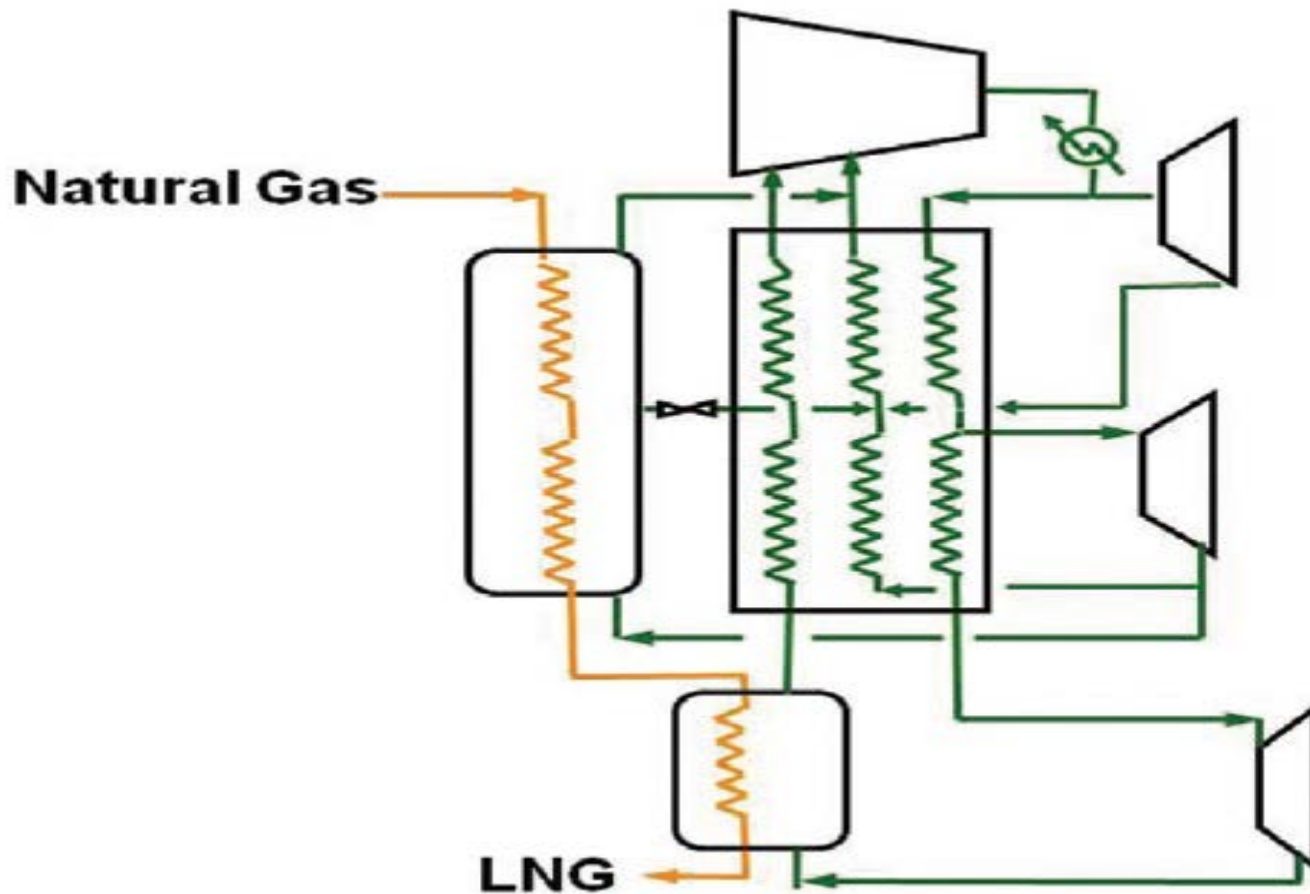
- 不燃性・非毒性冷媒の利用
  - 予冷冷媒：臭化リチウム(Li-Br)水溶液
  - 主要液化冷媒：窒素冷媒
- LNGプロセスで実績多数のコイル型熱交換器は可燃性天然ガスを漏洩せず



Source: APCI Homepage



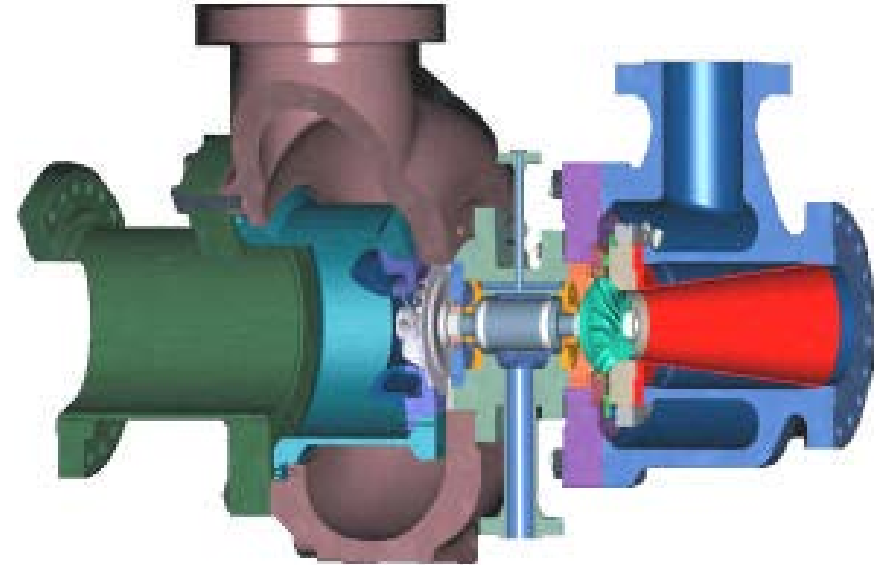
# 窒素冷媒による液化プロセスの主要機器



Source: Air Products and Chemicals, Inc., HP , Article of LNG Industry winter 2008



# コンプレッサー / エキスパンダー



- 冷熱発生
- 動力回収

Source:

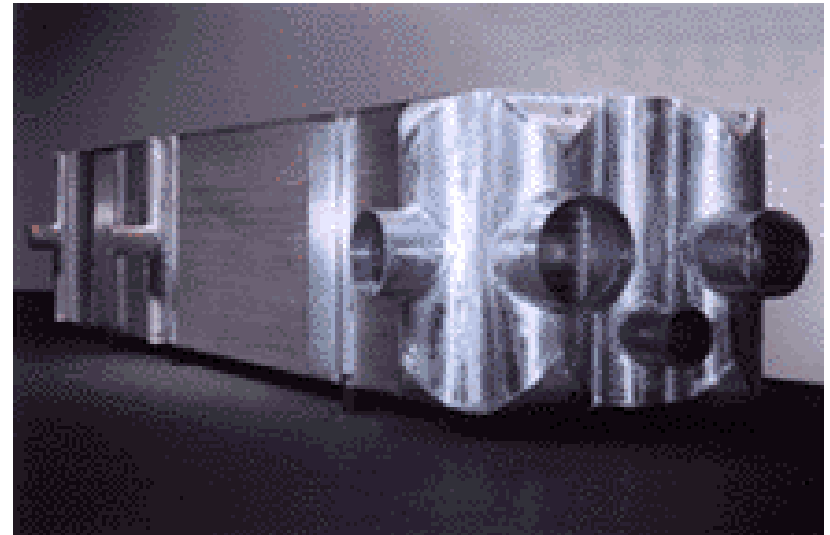
1) Air Products and Chemicals, Inc., INNOVATIONS IN NATURAL GAS LIQUEFACTION TECHNOLOGY FOR FUTURE LNG PLANTS AND FLOATING LNG FACILITIES

2) [http://www.lngpedia.com/wp-content/uploads/lng\\_technology/liquefaction/Production%20of%20LNG%20using%20Dual%20Independent%20Expander%20Refrigeration%20Cycles%20-%20Jorge%20H%20Foglietta%20\(ABB%20Lumnus\).pdf](http://www.lngpedia.com/wp-content/uploads/lng_technology/liquefaction/Production%20of%20LNG%20using%20Dual%20Independent%20Expander%20Refrigeration%20Cycles%20-%20Jorge%20H%20Foglietta%20(ABB%20Lumnus).pdf)

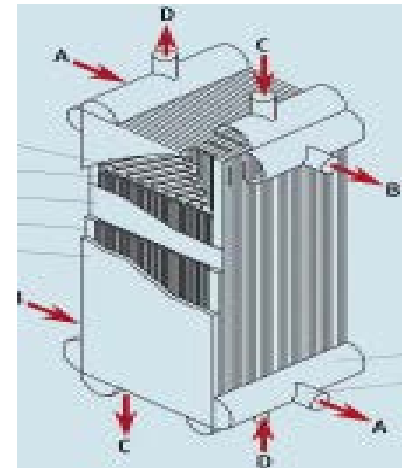
# 液化ユニットの主要熱交換器



Coil Wound Heat Exchanger (CWHX)



Brazed Aluminum Exchanger (BAHX)



# 謝辞

- 本研究は、一般財団法人 日本海事協会の「業界要望による共同研究スキーム」による支援を受けて実施しました。

**ClassNK**  
R&D PROJECT