

中小規模GTLプラントの 実用化開発に関する補足研究 成果報告書

2015年2月27日

一般財団法人日本海事協会

三井海洋開発株式会社

東洋エンジニアリング株式会社

ここに一般社団法人日本海事協会殿との共同研究、『中小規模GTLプラントの実用化開発に関する補足研究』が終了しましたことを御報告いたします。

以下に研究の概要を記述いたします。

1. 研究背景と本補足研究の目的/目標
2. 中小規模GTLプラントの特徴
3. 開発の体制
4. 実施スケジュール
5. 研究成果
 1. 繰り返し熱サイクル
 2. 腐食防食用表面処理
 3. 商品化を考慮した新型反応器の開発と検証
 4. システム評価
 5. GTLプラントのFPSO適用性スタディ

- ❁ 現在のGTL(Gas to Liquids: 天然ガスの化学的液体転換)技術は大規模プラントを想定しており、中小規模の天然ガス資源利用への適用や洋上での原油生産プラントでは適用困難
- ❁ 高熱伝達と高速反応を可能とするマイクロチャンネル反応器を、GTL技術の下記二つの主要反応に適用し、GTLプラント全体を大幅に小型化、軽量化、低コスト化することで、中小規模でも経済性のあるGTLプラント実現を目指す
 - ❁ SMR (Steam Methane Reforming): 触媒を用いて、天然ガスを水蒸気により改質し、合成ガス($\text{CO} + \text{H}_2$ の混合ガス)に化学転換する反応
 - ❁ FTR (Fischer-Tropsch Reaction): 触媒を用いて、合成ガスを直鎖状炭化水素(石油類似物)に化学転換する反応
- ❁ 三井海洋開発株式会社(MODEC)と東洋エンジニアリング株式会社(TOYO)は、マイクロチャンネル反応器の基本特許技術を有するVelocys社(米国 Columbus, OH)と協業し、中小規模GTL技術を開発中であった

中小規模ガス田の開発オプション

- ◆ 大規模ガス田は数的には限定的で地域的に限られる。
- ◆ 資源ナショナリズムの台頭、メジャー支配によりアクセスしにくい。
- ◆ 中小規模ガス田が注目されるが、経済性で劣後する。
→ 中小規模ガス田に特化した開発オプションが必要

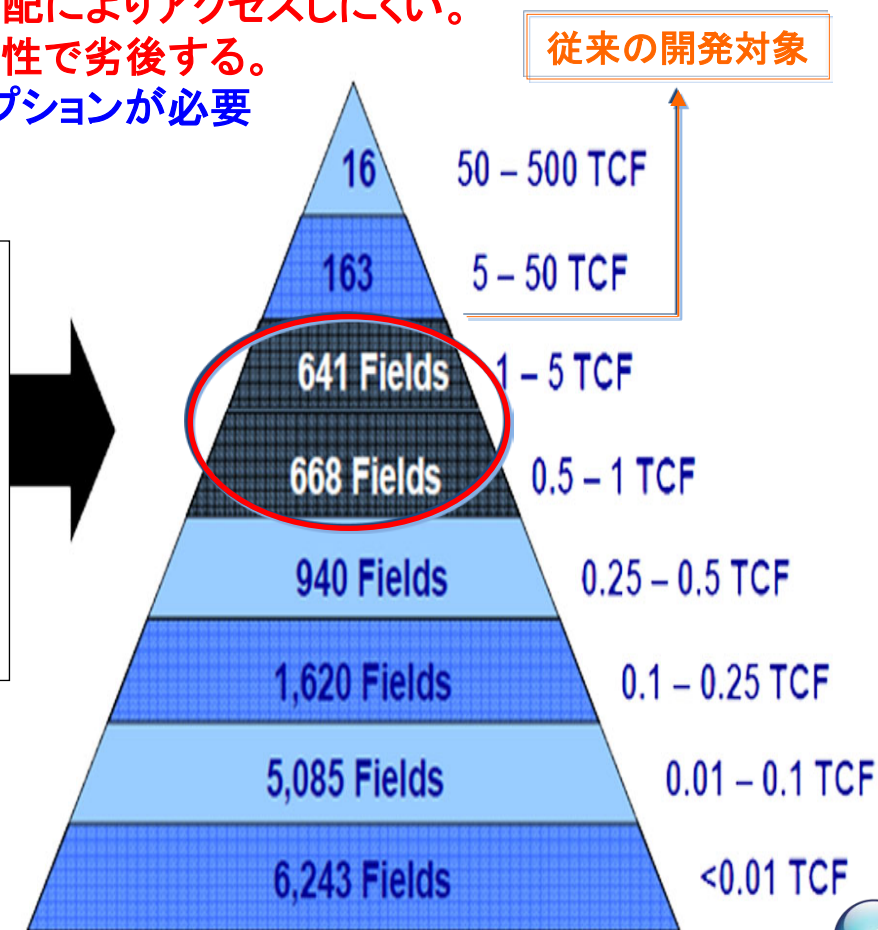
中小規模ガス田の開発

- ✓ Pipeline、大型LNGは開発オプションとならない。
- ✓ 中規模LNGの成立要件 - 早い、安い、簡単
- ✓ 1 tcf $\doteq$ LNG 15百万トン
(年産100万トンにて15年間の生産)
- ✓ 0.5 tcf $\doteq$ GTL 10,000 bpd
- ✓ 0.7 tcf $\doteq$ アンモニア 3,000トン/day
 $\doteq$ メタノール 5,000トン/day
 $\doteq$ DME 3,500トン/day

0.5 – 5 tcfの中小規模ガス田の数:

1,300+ fields

Stranded Gas(近くに消費地がない為、
開発困難なガス田) であることも多い。



石油随伴ガスの処理



Source MODEC

- ✓ 年間5tcf(米国の年間消費量の25%に相当)の随伴ガスがフレアされている。
- ✓ その他、年間12.5tcfの随伴ガスが再圧入(Reinjection)されている。

石油随伴ガスの再圧入は利益ではなくコスト

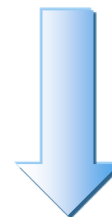
- 地球環境意識の高まりから、フレア禁止処置が実施されつつある。余剰随伴ガスは再圧入する必要あり

- ✓コンプレッサー、井戸などに費用がかかる
- ✓再圧入は何の利益も生まない
- ✓大水深では技術的な問題あり



Source MTOPS

Gas injection module

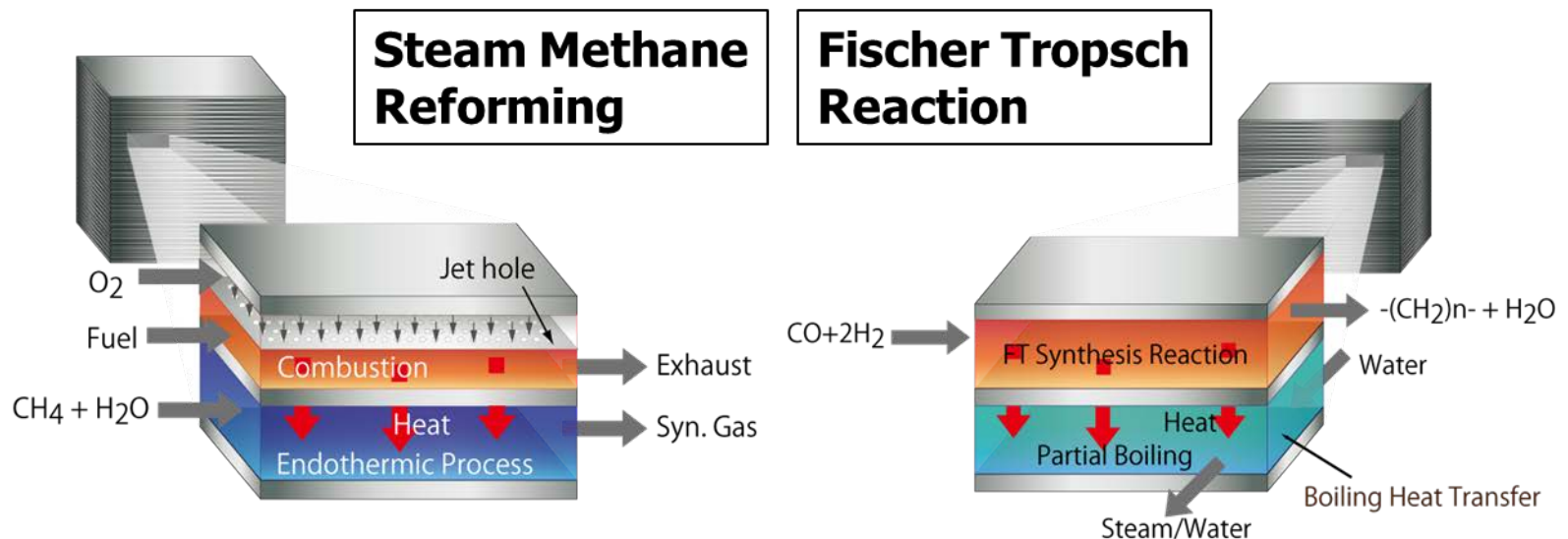


- 新たな随伴ガス処理技術が求められる。
- 対象は10～20mmscfdの随伴ガス：
FT Liquids相当 1,000～2,000bpd

中小規模GTLプラントの特徴

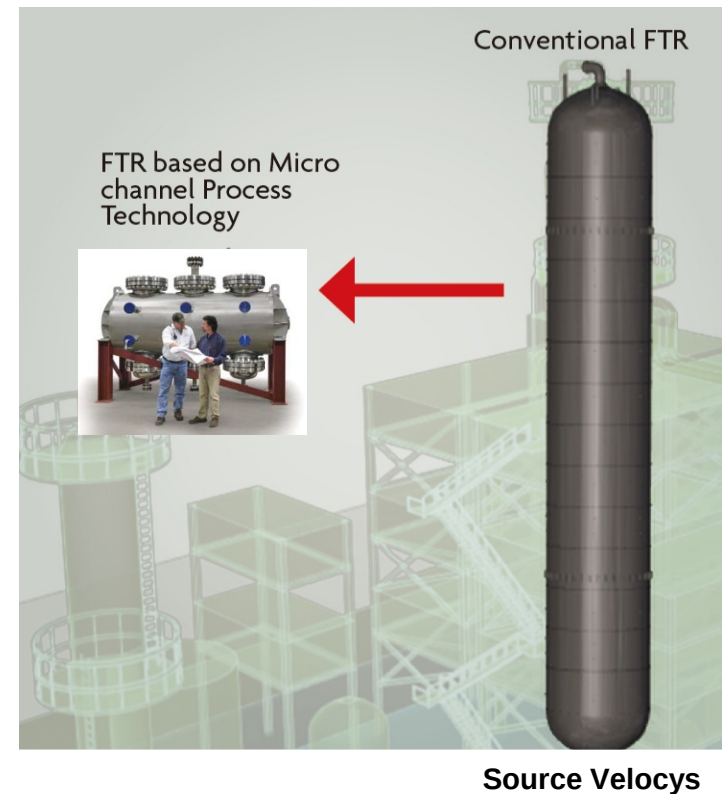
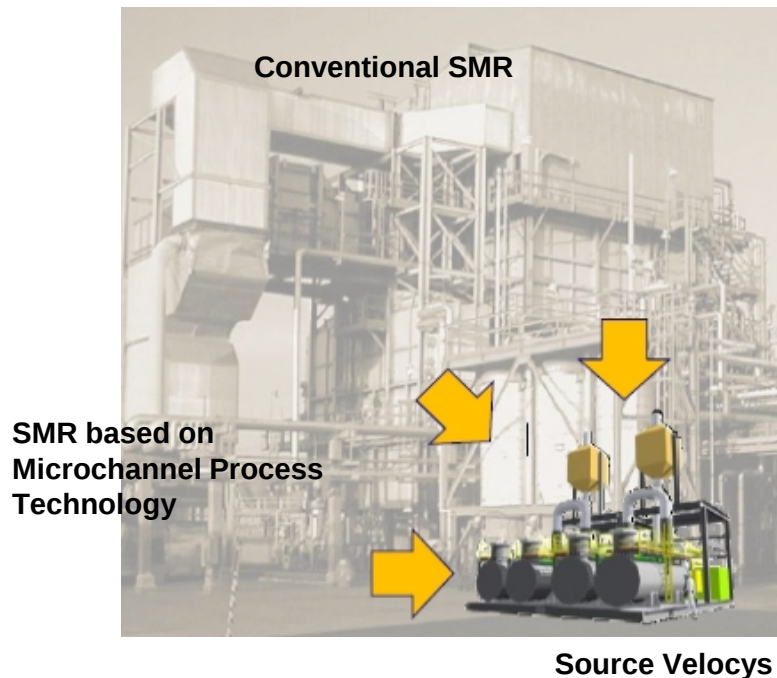
マイクロチャンネル反応器によりプラントを大幅に小型化

- 壁を隔てて隣接した微小マイクロチャンネル間で発熱反応と吸熱反応（または相変化）を同時に行うことで物質移動抵抗と熱移動抵抗が大幅に減少し、反応速度が10倍以上に加速される
- 反応容積は、従来型の反応器に比べ1/10以下になる

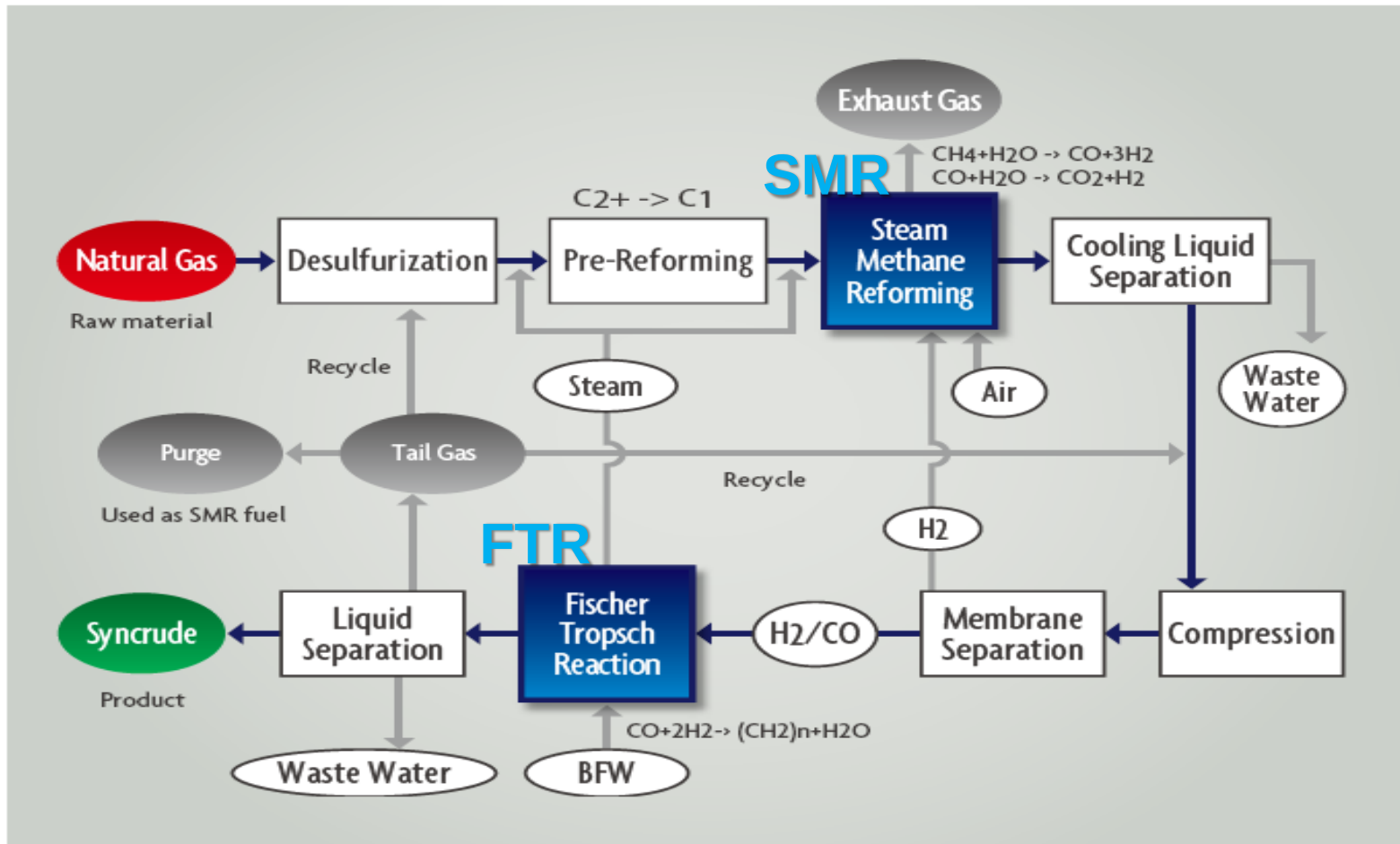


反応器サイズの比較イメージ

反応容積は、従来型の反応器に比べ1/10以下



SMRとFTR部分にMicrochannel反応器を適用



本補足研究の目的

本研究は、先行して実施している反応器開発の一部を成すSMRの商業的生産に向けた残課題の解決を目的とする。

本補足研究の目標

- ❁ SMRマイクロチャンネル反応器に関わる下記残課題の克服
 - ❁ 繰り返し熱サイクルによる機械的強度、経年変化への影響把握
 - ❁ 腐食防止用表面処理の条件設定、施工、効果の確認
 - ❁ 商品化考慮した反応器開発と商業化のための要素技術開発と検証
 - ❁ 以上を総合したプラントシステムとしての反応器周りの物質および熱収支、経済性の評価
 - ❁ 船上GTLプラントの概念設計/安全性評価実施

開発体制

下記1団体及び2社を研究参加者として実施

- ✿ 一般財団法人 日本海事協会(NK)
- ✿ 三井海洋開発株式会社(MODEC)
- ✿ 東洋エンジニアリング株式会社(TOYO)



研究開発作業計画

実 施 項 目	(4月) 2010年度 (3月)		(4月) 2011年度 (3月)		(4月) 2012年度 (3月)		(4月) 2013年度 (3月)		(4月) 2014年度 (2月)	
	上半期	下半期	上半期	下半期	上半期	下半期	上半期	下半期	上半期	下半期
繰り返し熱サイクル										
腐食防止用表面処理										
システム評価										
船上での安全性レビュー										
商品化を考慮した 新型反応器開発 と検証										

研究成果

- ❁ 繰り返し熱サイクル
- ❁ 腐食防食用表面処理
- ❁ 商品化を考慮した新型反応器の開発と検証
- ❁ システム評価
- ❁ GTLプラントのFPSO適用性スタディ

繰り返し熱サイクル(1/2)

❁ ブラジル・ペトロbras社にデモプラント建設し、実証運転実施

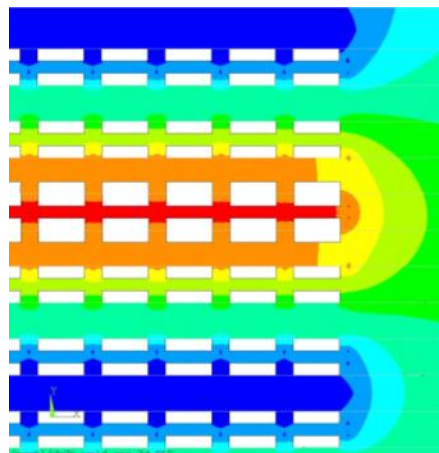
❁ デモプラント諸元

❁ 生産量	6bpd
❁ プロットエリア	20mL x 13.2 mW
❁ モジュールサイズ	20m x 6m x 4.2m (x2Module)
❁ モジュール重量	各々約60ton
❁ 鉄骨重量	約50ton
❁ 機器数	43item, 46基



繰り返し熱サイクル(2/2)

- ❁ 新型反応器(SMR) 温度分布解析シミュレーションおよび熱応力解析シミュレーションを実施
 - ❁ 構造的な脆弱箇所を事前に把握し、設計に反映。
- ❁ デモプラント運転結果との比較
 - ❁ 運転後の反応器解体検査で該当箇所に問題ないことを確認。シミュレーション結果に沿った結果が得られた。
 - ❁ 商業器設計に生かすための有用なデータを得た。



温度分布解析の一例

❁ デモプラント用反応器製作での腐食防止表面処理の最適化

❁ 腐食発生機構の解明

- ❁ スチーム酸化とメタルダスティングに対する対策が必要と判明

❁ 腐食防止対策の検討・開発

- ❁ 対スチーム酸化（高密度金属酸化物コーティング処理の最適化）
- ❁ 対メタルダスティング（特殊金属コーティング処理の開発）

❁ 開発した腐食防食表面処理の健全性確認

- ❁ 運転後の反応器解体検査にて腐食防止表面処理の健全性を確認
- ❁ 小規模試験装置で開発した表面処理方法がデモプラント規模でも有効であることを確認

商品化を考慮した新型反応器開発と検証

- ❁ 新型反応器（低コスト化、短納期化、長寿命化）を開発・製作
 - ❁ より大量生産に向けた自動溶接法・非破壊検査方法を検討・採用
 - ❁ より精度の高いコーティング方法の検討・採用
- ❁ 長期運転に伴う性能低下時の性能回復処理方法を検討
 - ❁ 性能回復運転方法の検証・確認
- ❁ デモプラントでのテスト運転を実施
 - ❁ 想定処理能力の発揮を確認



非破壊検査状況

❁ 新型反応器でのデモプラント運転データ取得・解析

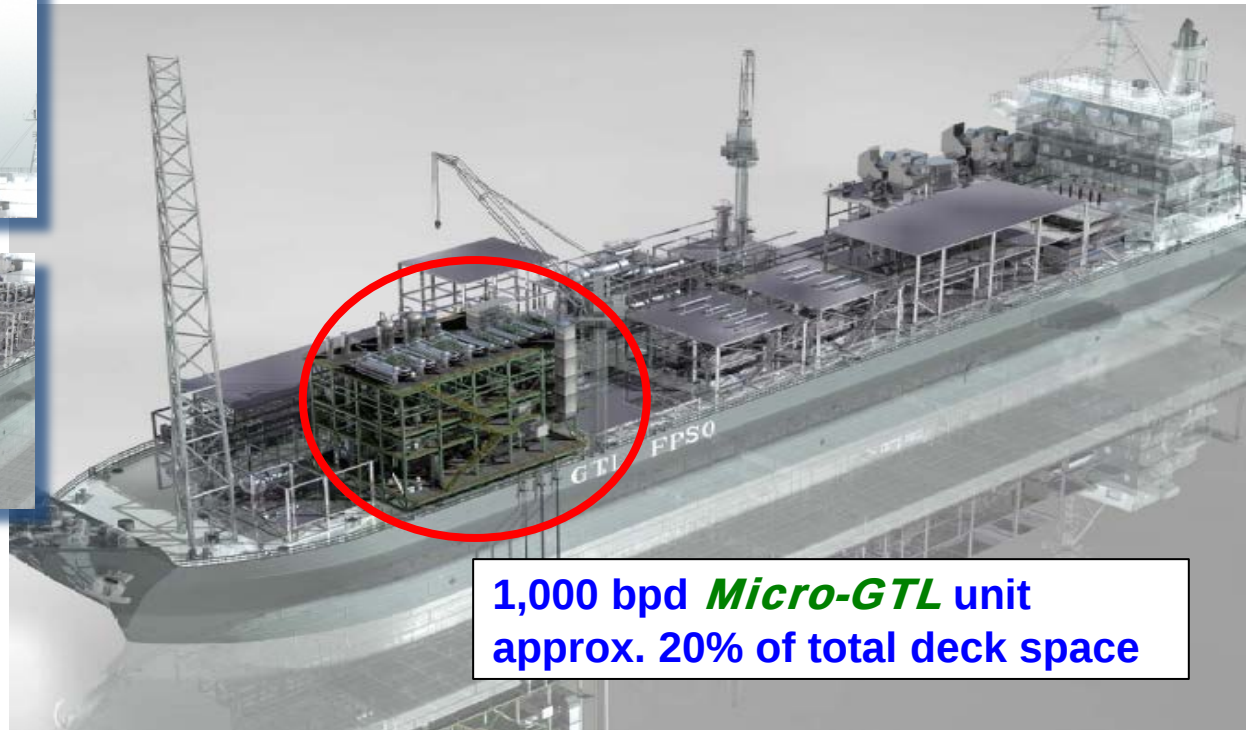
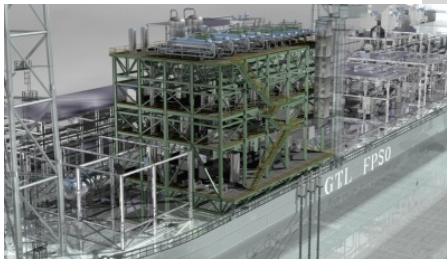
- ❁ Micro-SMR、Micro-FTRとともに、原料天然ガス処理からFT合成まで統合された GTL プロセスが実証された
- ❁ 全体プロセス性能、SMR, FTR性能ともほぼ予想通り
- ❁ SMR触媒、FTR触媒の活性、安定性はラボデータと同等（予想通り）



デモプラントからのFT製品

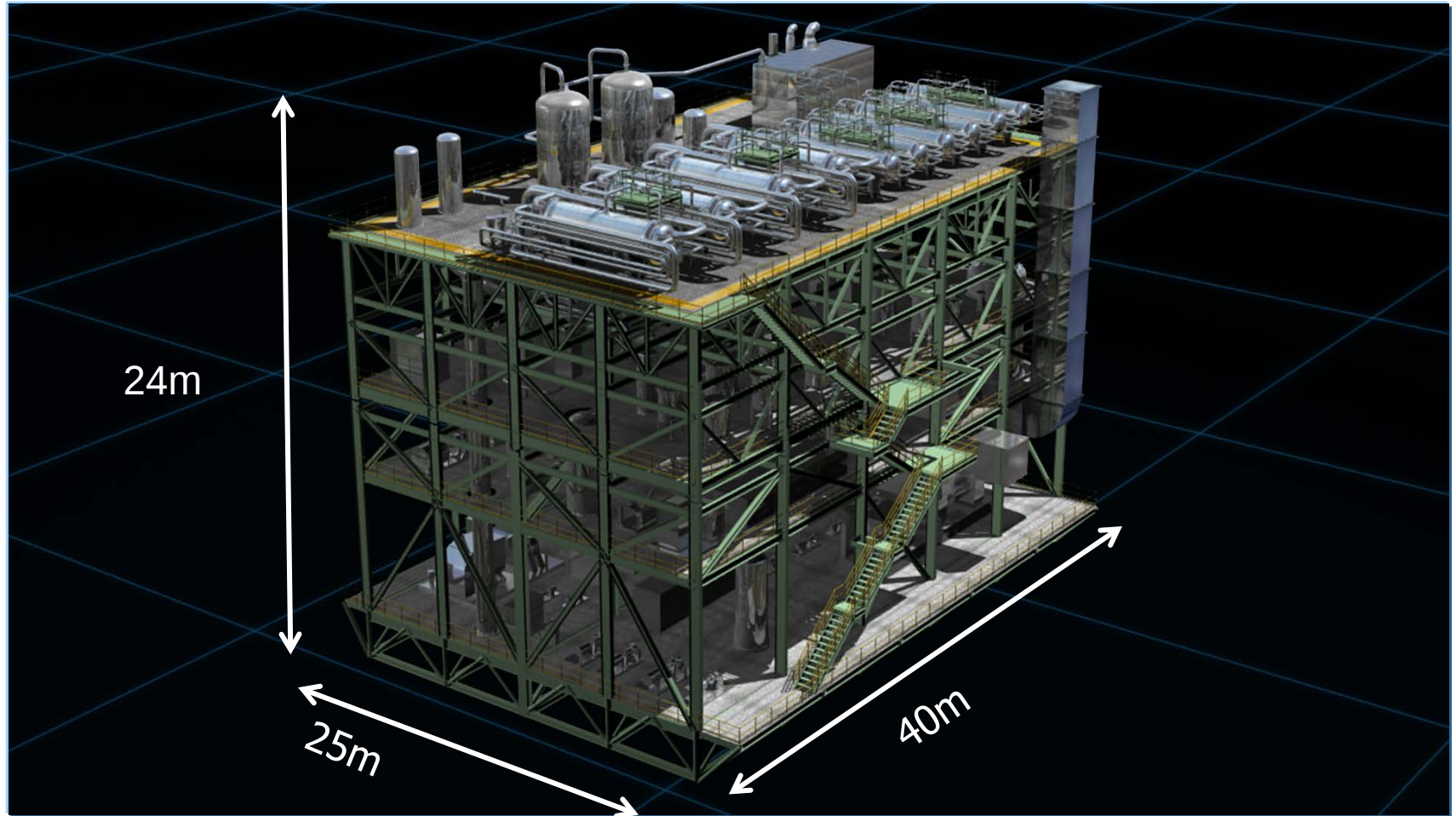
GTLプラントのFPSO適用性スタディ

- HAZID評価実施
- NK殿評価完了し、AIP取得済み(AIP取得用資料参照)



1,000 bpd *Micro-GTL* unit
approx. 20% of total deck space

1,000 bpd GTL 3Dイメージ



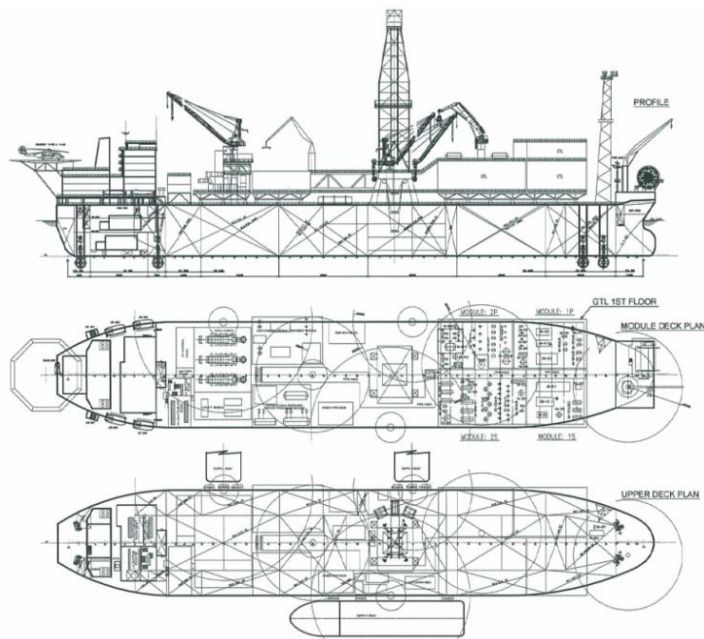
GTL併載FPSOの主要スペック

Length (p.p.)	248.412 m	Offloading	
Breadth (mld)	38.938 m	Cargo Pump Capacity	3 x 3,000 m ³ /hr
Depth (mld)	21.031 m	Floating Hose	16" x 256 m with breakaway coupling
Draft (mld) summer	14.700 m (TBA)	Tandem Mooring System for Shuttle Tanker	
Dead Weight	106,000 ton (TBA)	Metering System	6,000 m ³ /hr (max)
Oil Storage Capacity	127,045 m ³	Main Propulsion	decommissioned
Accommodation	59 persons	Crane	1 x 11/4.9 ton 12/24 m pedestal crane 1 x 2.5 ton @ 21 m provision crane
Generator	2 x 1,500 kw steam turbine generator	Helideck	for Superpuma AS332L
	1 x 700 kw steam turbine generator (Existing)	Ex. tanker	MT "SPIRIT"
	1 x 1,500 kw diesel generator		Koyo Dockyard, Japan Hull No. 862, 1976
	1 x 200 kw emergency generator		ClassNK
Boiler	1 x 30 ton/hr at 16 kg/cm ²		
	Crude, gas and oil firing (new)		
	1 x 60 ton/hr at 16 kg/cm ²		
	Crude, gas and oil firing (existing)		

ベースとなるFPSO設計原油生産量と主要機器 **ClassNK**

R&D PROJECT

Maximum Oil Production	40,000 std. bbl/day
Maximum Water Treatment	30,000 bbl/day
Gas Lift Gas Compression	8 MM scfd at 12,500 kPaG



Crude Stabilization System

HP Separator	1 set
MP Separator	1 set
LP Separator	1 set
Hydrocyclone	2 sets
Fuel Gas Coalescer	1 set
HP Knock-out Drum	1 set
LP Knock-out Drum	1 set
Chemical injection skid	1 set
Flare Tower	Height: 50 m
Heat Exchangers	

Flash Gas Compression

Flash Gas Compressor (Motor driven 300 kw)	Operating pressure: 20-400 kPaG 1 set
Flash Gas Compression Scrubber	1 set

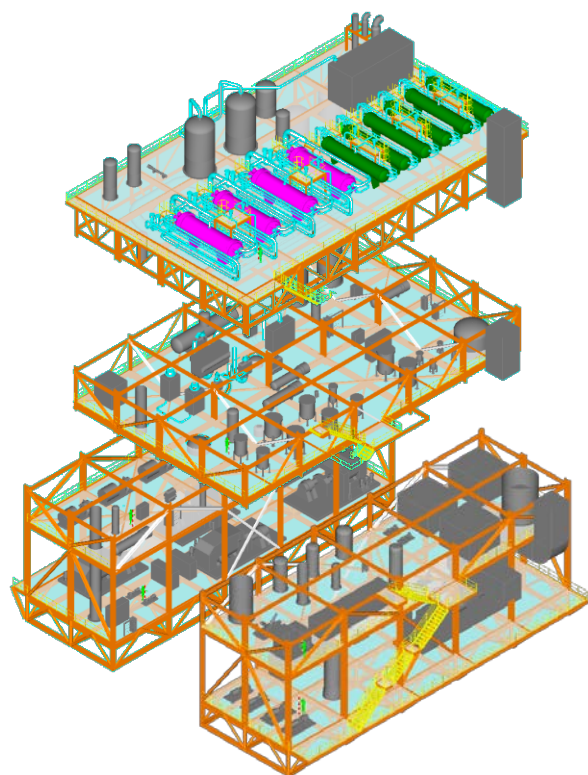
Gas Lift System

Gas Lift Compressors (Motor driven 560 kw)	4 MM scfd at 12,000 kPaG 2 sets
Dehydration Contactor	1 set
Tri Ethylene Glycol Generator	1 set



GTL プラント部主要スペックと主要機器

Capacity	1,000 bpd
Module Size	25mL x 40mW x 24mH
Module Weight	3,124 ton



GTL Unit	
Feed Gas Compressor	1 set, Motor driven
Combustion Air Compressor	1 set, Motor driven
Syngas Compressor	1 set, Motor driven
Tail Gas Compressor	1 set, Motor driven
Desulfurizer	1 set
Pre-reformer	1 set
Steam Methane Reformer	1 set, Microchannel Type
Hydrogen Separator	1 set, Membrane Type
FT Reactor	1 set, Microchannel Type
Utility Facilities	
Gas Turbine Generator	15,000 kW
Fresh Water Generator	1 set, Multi-stage Flush Type
Cooling Water System	1 set
Steam System	1 set
Package Boiler	17 ton/hr at 2,400kPaG
N2 Generator	1 set, PSA
Vent Stack	1 set

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。