

# GTL 技術の開発の変遷と将来

## Transition and the future of the GTL technology development

大西 康博 \* 技術開発研究所 プラント商品開発室  
マネジャー  
Yasuhiro ONISHI

加藤 譲 事業開発センター GTL 事業推進室  
シニアマネジャー  
Yuzuru KATO

村田 篤 海洋・エネルギー事業部  
エネルギープロジェクト部 マネジャー  
Atsushi MURATA

山田 栄一 海洋・エネルギー事業部  
エネルギー設計部 マネジャー  
Eiichi YAMADA

若村 修 技術開発研究所 プラント商品開発室長  
Osamu WAKAMURA

### 抄録

GTL 技術は、未利用ガス田の開発等において貢献可能な手段の1つとして近年注目されている。GTLにより製造される液体燃料（ナフサ・灯油・軽油等）は、クリーン燃料であり環境特性に優れている。JAPAN-GTL では、JOGMEC と日本 GTL 技術研究組合との共同研究により、先行技術に対して競争力ある独自技術を開発している。当社は、本研究の中で FT 合成を担当し、実験室～パイロットプラント～実証プラントにて触媒・プロセス開発を行っている。本稿では、GTL 技術の開発における、JAPAN-GTL 実証プロジェクトの概要および商業化に向けた FT 反応器のスケールアップ技術確立等の当社の取り組み状況について述べる。

### Abstract

GTL technology is attracted attention as one of means that can contribute in the development of unused gas fields in recent years. GTL liquid fuel (such as naphtha, kerosene and diesel oil) is excellent clean fuel and has some environmental characteristics. JAPAN-GTL has developed a proprietary technology for a competitive lead through the joint research between JOGMEC and Nippon GTL Technology Research Association. Nippon Steel Engineering CO.,LTD is in charge of Fischer-Tropsch (FT) synthesis in this research and has developed the catalyst and process technology in FT synthesis from laboratory scale to demonstration scale via pilot scale. This paper has described the overview of the JAPAN-GTL demonstration project, our approach to establish the FT reactor scale-up technology to the commercialization and so on.

## 1. 緒言

近年、エネルギー分野における環境対応の必要性が世界的に高まりつつあり、石炭・石油に比べて環境負荷が低く、相対的に資源の偏在が小さい天然ガスの需要は今後とも増加傾向にある。しかし、天然ガスを利用するには、パイプラインや LNG インフラストラクチャー（液化製造、出荷／受入、輸送）が必要な点から、これらへの巨額の投資が必要となる。一方、東南アジア・オセアニア地域等には、市場が確保できず長距離パイプラインや LNG では開発が困難な中小規模のガス田が数多く存在しており、開発促進が望まれている。GTL (Gas To Liquids) は、このような未利用ガ

ス田の開発及びフレア燃焼・大気放散ガスの有効利用等において貢献可能な手段の1つとして注目されている。GTLにより製造される液体燃料（ナフサ・灯油・軽油など）は、天然ガスを原料としていることから、サルファーフリー・アロマフリーのクリーン燃料であり環境特性に優れている。すなわち、GTL 技術は、石油代替となる燃料資源の確保を可能とし、多様なエネルギー資源の確保および安定供給というエネルギーセキュリティにおいて重要な技術の1つになり得ると考えられている。

## 2. GTL について

### 2-1. GTL とは

GTL とは、Gas To Liquids の略であり、天然ガスを原料に化学反応によって、ナフサ・灯油・軽油などの石油製品を製造する技術および製品の総称である。

### 2-2. GTL プロセス

GTL プロセスは、図 1 に示すように 3 つの主要な工程から成る。具体的には、(1) 原料である天然ガス（メタン）に、水（スチーム）、酸素または炭酸ガス（二酸化炭素）を加えて、触媒反応により水素及び一酸化炭素から成る合成ガスを製造する合成ガス製造工程、そして、(2) 合成ガスを原料にフィッシャー・トロプシュ（FT）合成反応によってパラフィンを主成分とする FT

合成油（FT 粗油）に転換する FT 合成工程、最後に、(3) FT 粗油をナフサ、灯油、軽油などの石油製品に精製するアップグレーディング工程がある。

### 2-3. GTL プロジェクトの世界的動向

GTL の開発・プロジェクト動向として、主要各社の GTL 技術を表 1 に示す。現在、技術の完成度として商業段階にあるのは Sasol と Shell の 2 社であり、その他に ExxonMobil、ConocoPhillips、bp 等の欧米の石油メジャー各社がそれぞれで開発した技術を実証する段階を踏んでいる。このような中、当社が参画する JAPAN - GTL はパイロット段階を完了し、後述の通り、現在は 500B/D の実証試験により合成ガス・FT 合成・アップグレーディング（水素化分解）の各工程で独自に開発した技術の検証を進めているところである。

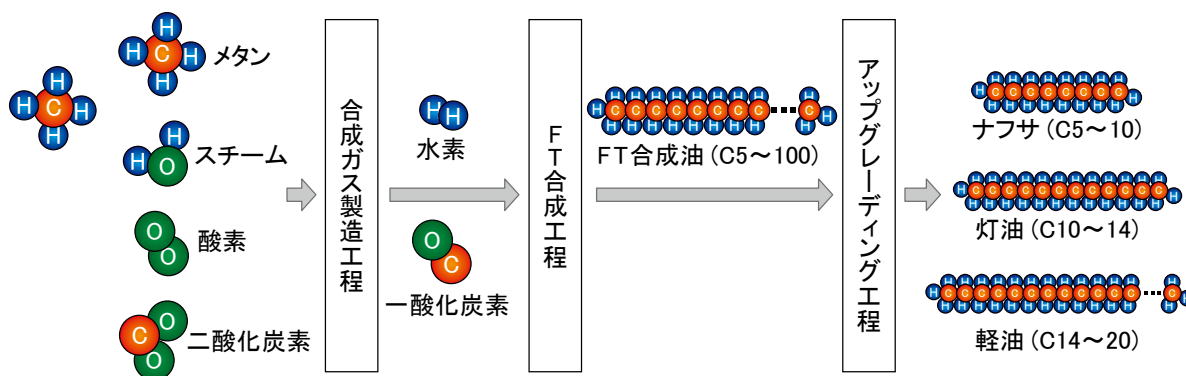


図 1 GTL プロセス概要

Fig.1 Typical GTL production process

表 1 GTL プロジェクトの世界的動向（各社の GTL 技術の比較）

Table1 Comparison of GTL technology

	合成ガス製造	FT合成	水素化分解	技術の完成度
Sasol	Topsoe (自己熱改質)	Sasol (スラリー床、Co系)	Chevron (異性化/水素化分解)	<b>商業段階</b> Oryx (カタール) 34,000B/D(稼働中) Oryx II (カタール) 74,000B/D(稼働中)
Shell	Shell (部分酸化)	Shell (多管式固定床、Co系)	Shell (水素化分解)	<b>商業段階</b> Bintulu (マレーシア) 14,700B/D(稼働中) Pearl (カタール) 140,000B/D(稼働中)
ExxonMobil	EM (自己熱改質)	EM (スラリー床、Co系)	EM (異性化/水素化分解)	<b>実証段階</b> 200B/D 商業 PJ (カタール) 154,000B/D(計画中止)
ConocoPhillips	Conoco (接触部分酸化)	Conoco (詳細不明、Co系)	Conoco (水素化分解)	<b>実証段階</b> 400B/D
bp	bp (水蒸気改質)	bp (固定床、Co系)	不明 (水素化分解)	<b>実証段階</b> 300B/D
Japan-GTL (国産)	千代田化工 (炭酸ガス・水蒸気改質)	新日鉄エンジ (スラリー床、Co系)	新日石 (異性化/水素化分解)	<b>パイロット段階</b> (7B/D) 500B/D (実証試験中)

### 3. JAPAN-GTL 実証プロジェクトについて

#### 3-1. JAPAN-GTL の特徴

JAPAN-GTL 実証プロジェクトは、エネルギーセキュリティ及び化石燃料の中東依存度低減に対して貢献するために、東南アジア・オセアニア地域に存在する未利用の中小規模炭酸ガス含有ガス田へGTL技術を適用すること等を目指し、先行技術に対して競争力ある独自の技術開発を進めている。

図2に、JAPAN-GTLプロセスと代表的な既存GTLプロセス（自己熱改質プロセス）とを比較する。既存の

GTLプロセスでは、合成ガス製造のために酸素プラントや原料ガス中の炭酸ガス除去設備を必要とし、また、FT合成に最適な水素：一酸化炭素＝2:1（モル比）の合成ガス組成を得るために合成ガス中の水素濃度の調整装置が必要となる。一方、JAPAN-GTLプロセスでは、合成ガス製造に炭酸ガス改質を採用することで、原料天然ガスに含有する炭酸ガスをそのまま利用できるため、FT合成に最適な組成の合成ガスを一段で得ることができ、コスト的に優位性を持つということが試算により得られている。

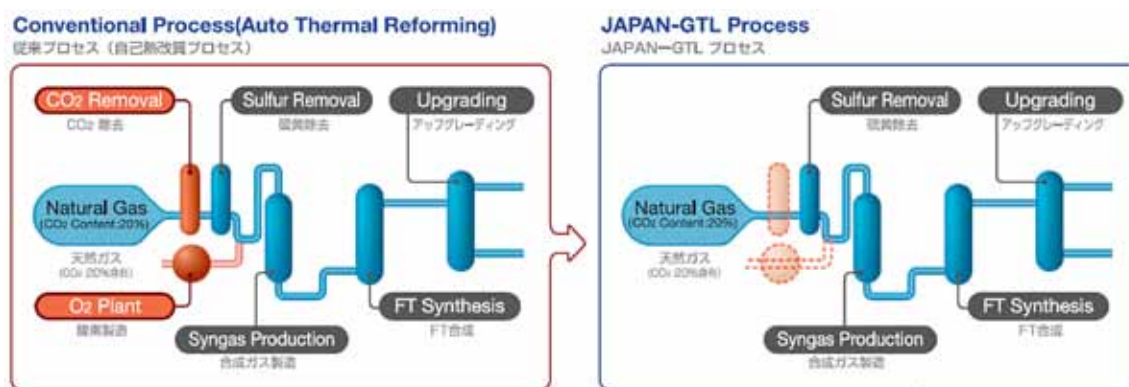


図2 JAPAN-GTL プロセスの特徴  
Fig.2 Characteristics of JAPAN-GTL process

#### 3-2. 開発経緯

JAPAN-GTL は、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) の支援のもと、1998 年度に実験室レベルの研究からスタートした。2001～2004 年度には、JOGMEC の前身である石油公団のもとで当社を含む民間5社（石油資源開発(株)、千代田化工建設(株)、コスモ石油(株)、新日本製鐵(株)、国際石油開発帝石(株)）にてパイロットスケールの共同研究を実施し、2002 年 11 月に GTL (FT 粗油) の合成を開始し、2003 年 9 月に 7B/D

の GTL 生産に成功した。

当社は、2001 年度から JAPAN - GTL に参画し、FT 合成工程における触媒・プロセス開発を担当し、高性能なコバルト系 FT 合成触媒を開発すると共に、北海道苫小牧市勇払に建設したパイロットプラント (7B/D) にて性能確認試験を行った。

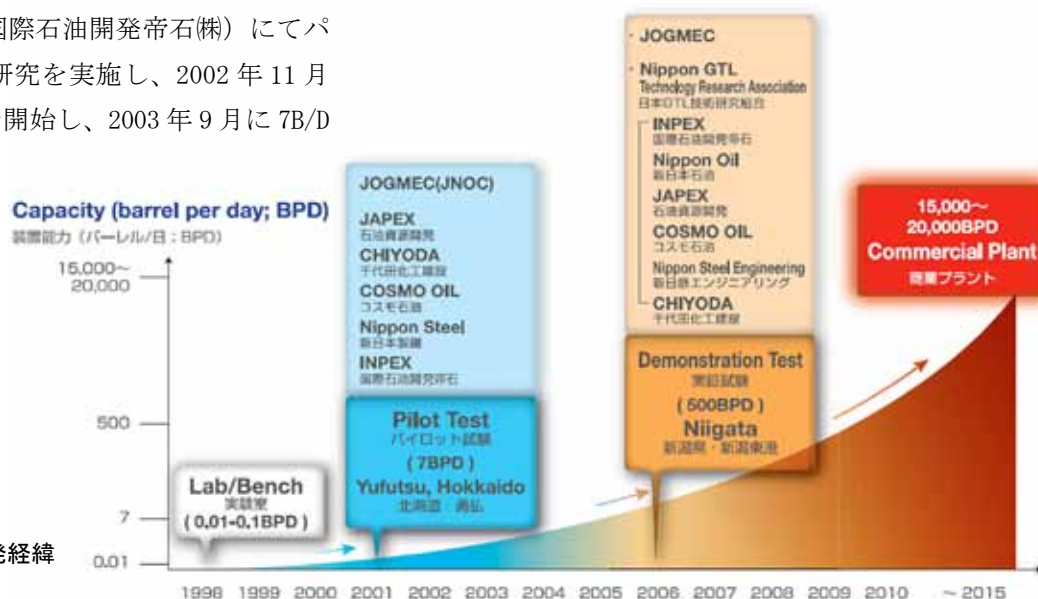


図3 JAPAN - GTL 技術開発経緯  
Fig.3 History of R&D activity

### 3-3. JAPAN-GTL 実証研究

JAPAN-GTL 実証研究の実施組織としては、2006 年 10 月に、国際石油開発帝石(株)、新日本石油(株)、石油資源開発(株)、コスモ石油(株)、新日鉄エンジニアリング(株)、千代田化工建設(株)によって日本 GTL 技術研究組合が設立され、JOGMEC と共に 5 年間の共同研究が開始されている。本技術研究組合設立の目的は、実証規模 (500B/D) において GTL 技術を確立し、商業化へ向けたスケールアップ手法を検討することによって、商業規模で利用できる技術的・経済的に競争力のある GTL 技術を開発することにある。

JAPAN-GTL 実証研究における研究範囲および分担を図 4 に示す。パイロットプラントでは合成ガス製造および FT 合成の技術開発を中心に進められてきたが、

本実証研究では、上記 2 工程にアップグレーディング (水素化分解) が加えられたことにより、原料ガスから製品までの全ての工程を含む統合されたシステムとして実証することが可能となる。ここで、GTL 実証プラントのプロセスフローを図 5 に示す。JAPAN-GTL 実証プラントの各工程では図 4 に示すようにそれぞれ独自に開発した触媒を適用している。各工程の触媒の特徴は、以下の通りである。

- ・合成ガス製造・・・炭素析出が少なく寿命の長い触媒。貴金属系触媒。(千代田化工建設(株)が開発)
- ・FT 合成・・・生産性の高い触媒。Co 系触媒。(新日鉄エンジニアリング(株)が開発)
- ・アップグレーディング・・・活性が高く、中間留分選択性が高い触媒。白金系触媒。(新日本石油(株)が開発)

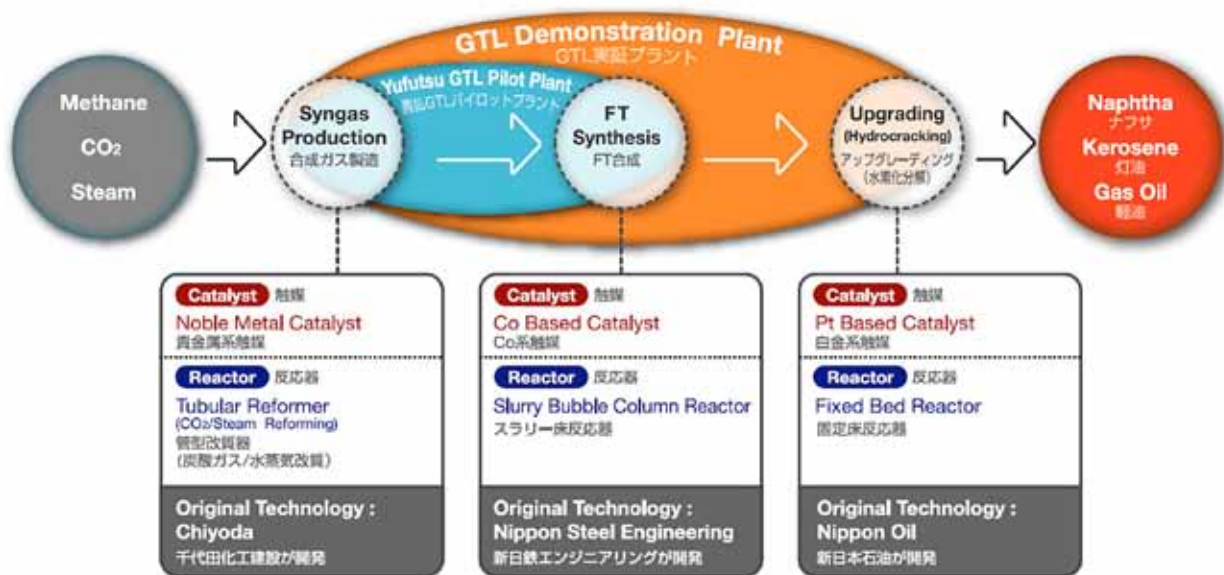


図 4 JAPAN-GTL 実証研究／研究範囲・分担  
Fig.4 Scope of R&D activity

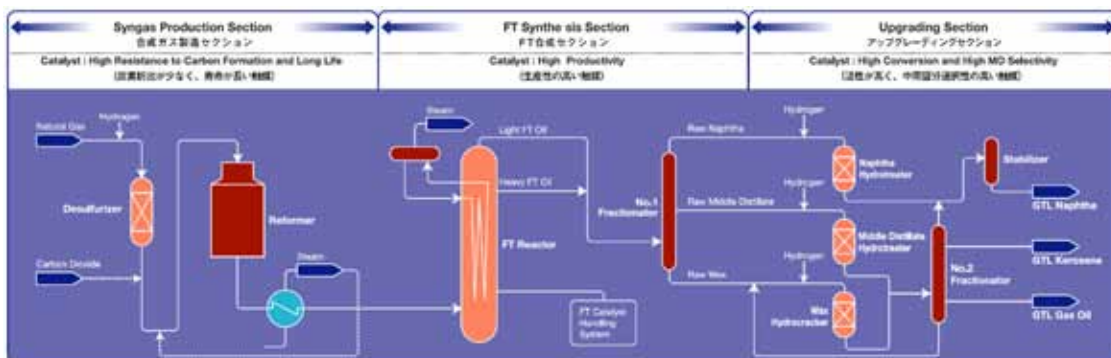


図 5 GTL 実証プラント／プロセスフロー  
Fig.5 GTL demonstration plant process flow

図6に本実証研究のスケジュールを示す。日本GTL技術研究組合設立と共に実証プラントの設計に着手し、2007年9月から実証プラント建設工事が着工され、約18ヶ月の工期をもって2009年4月に設備が竣工した。図7に、完工後のGTL実証プラントの全景写真を示す。現在は、実証プラントによる試験運転を進めているところであるが、運転開始から約2ヶ月を経た2009年6月には実証プラントの生産能力である500B/DのGTL精製油生産を記録した。今後は、2010年度までの実証運転により、開発した触媒・プロセスの性能及び技術を検証すると共に、商業規模に適用可能なスケールアップ技術を確認するためのエンジニアリングデータを取得する予定である。

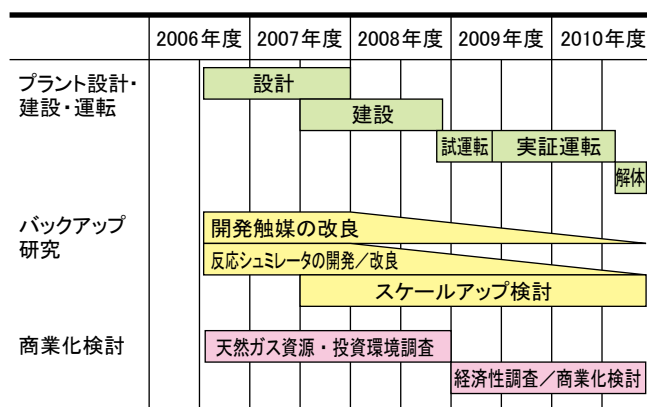


図6 GTL実証研究スケジュール  
Fig.6 R&D schedule

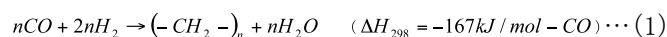


図7 GTL実証プラント全景  
Fig.7 Overview of JAPAN-GTL demonstration plant

## 4. FT合成技術について

### 4-1. FT合成反応

FT合成反応は、水素と一酸化炭素を原料に、コバルト (Co)、鉄 (Fe)、ルテニウム (Ru) 等を触媒として、パラフィン系を主成分とする炭化水素を合成する反応である。主反応式を式(1)に示す。



FT合成反応のメカニズムは、非常に複雑で明確な定義は為されていないが、大きく以下の3つのステップに分けられると言われている。

- ①最初の(-CH<sub>2</sub>-)基の形成(触媒金属表面上へのCOの吸着→C-O結合の分裂→C\*の水素化による)
- ②他の(-CH<sub>2</sub>-)基の付加による炭化水素鎖の成長(連鎖成長)
- ③炭化水素鎖の端部にある(-CH<sub>2</sub>-)基の水素化

上記①～③のステップにおいて、炭化水素鎖が成長する確率を連鎖成長確率 $\alpha$ と呼び、 $\alpha$ によってFT合成による反応生成物の分布が変わる。図8にその関係を示す。また、式(1)に示すようにFT合成反応の生成物はノルマルパラフィンの混合物(-CH<sub>2</sub>-)<sub>n</sub>であり、その分布は式(2)に示すAnderson-Shulz-Flory(A-S-F)分布に従うとされている。

$$W_n = (1-\alpha)^2 n\alpha^{n-1} \dots (2)$$

ここで、 $n$ は反応により生成した炭化水素の炭素数、 $W_n$ は炭素数 $n$ の炭化水素生成物の重量分率、 $\alpha$ は連鎖成長確率を示す。

一般に、FT合成の反応条件としては、圧力1.0～4.0MPa程度、温度200～400℃程度であり、触媒によって異なる。また、式(1)に示すように、FT合成反応は発熱反応であるため、反応を制御するにあたっては熱除去が重要である。

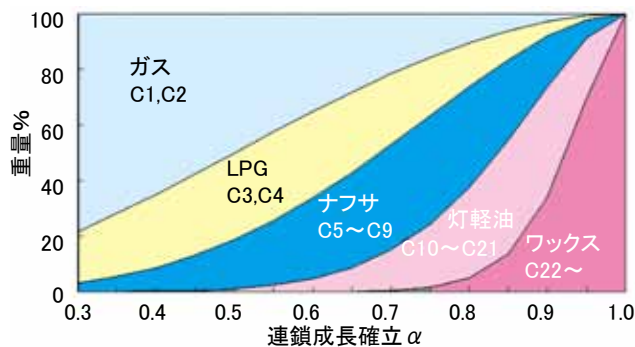


図8 連鎖成長確率 $\alpha$ と反応生成物分布の関係図  
 Fig.8 Relationship between FT production distribution and chain growth probability, alpha

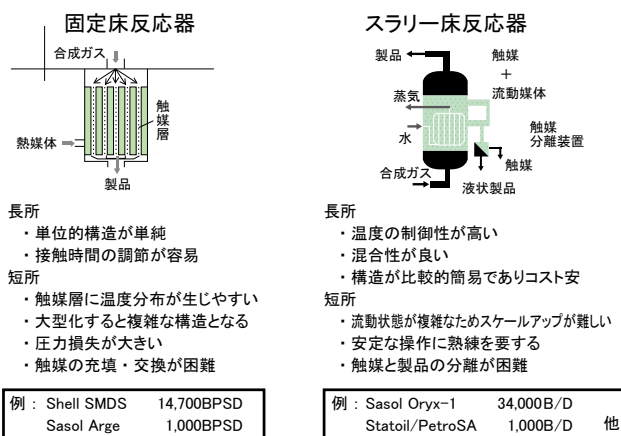


図9 FT反応器の比較  
 Fig.9 Comparison of FT reactor

## 4-2. FT合成プロセス

FT反応器には、主に固定床反応器又はスラリー床反応器の2つの型式が採用されている。両者の特徴を図9に示す。図9に示すように、スラリー床反応器は、反応温度の制御性が良く、構造が比較的簡易でありコスト安となる可能性が高い。これらの利点を活かし、図2に示したように、Shell, bpを除いた各社においては、FT反応器としてスラリー床反応器を採用している。

スラリー床FT反応器は、図9右図に示すように、原料である合成ガスが反応器底部から気泡として反応器内部に分散され、触媒とFT粗油から成るスラリー内を上昇・通過して気液固三相の懸濁状態の中で反応する。FT合成反応は、前述の通り大きな発熱を伴う反応であるため、反応温度の効率的な制御が重要となる。そのため、反応器は内部に除熱管が設置された熱交換器型となっており、冷却媒体としてはBFW (Boiler Feed Water) を供給し、熱交換によりスチームとして熱回収するシステム等を採用するケースが多い。また、スラリー床反応器では、FT粗油と触媒がスラリー状に懸濁して存在しているため、これらを分離するシステムが必要となる。この触媒分離システムは、FT合成プロセスにおいて、反応器と共に重要かつ技術的ハードルの高い開発要素の1つであるため、JAPAN-GTL実証研究においては当社が中心となって開発・構築した技術を実証プラントにて検証する予定である。

## 5. 新日鉄エンジニアリングにおけるFT合成技術開発

当社は、前述の通り、日本GTL技術研究組合の中で、主にFT合成工程の触媒・プロセス開発を担当している。以下に、当社の技術開発の概要を示す。

### 5-1. 触媒開発 (勇払パイロットプラントでの研究成果)

当社は、新日鉄グループの保有技術を駆使し、界面の最適組織制御に基づいた高性能なコバルト系のFT合成触媒を開発してきた。開発した触媒の評価として、研究室での試験に続き、2003～2004年度には北海道苫小牧市勇払でのパイロットプラント試験にて先行技術レベルを超える性能とその安定性を確認した。

表2に、パイロットプラント試験での結果を示す。パイロットプラントにおけるFT合成工程の開発目標値は、C0転化率(%)、C5+選択率(%)、連鎖成長確率 $\alpha$ (-)によって設定された。2003年度試験では、プロジェクト目標値を全て同時にクリアすると共に、触媒のProductivity (触媒1kg、1時間あたりの液状炭化水素生産量)は、1300g/kg-cat・hを超えるという極めて高い値を記録することができた。更に、パイロットプラント生産能力である7B/Dを上回るオイル生産量を達成した。また、2003年度には運転時間として、のべ約1500時間の連続運転を行い、2004年度試験にはプロジェクト開発目標値を全てクリアした条件で長時間安定運転できることを実証した。

表 2 パイロットプラント試験結果

Table2 Test results of pilot plant

	Temp. /°C	Press. /MPaG	CO conv. /%	C <sub>5</sub> <sup>+</sup> sel. /%	$\alpha$	Productivity /g/kg-cat-h	BPD /bbl/d
目標			≥60	≥85	≥0.9	-	-
①	240	2.2	62.3	85.2	0.91	1325	5.0
②	230	2.2	75.3	88.7	0.91	689	2.6
③	234 - 239	2.4	87.6	79.9	0.92	768	7.3

## 5-2. プロセス開発

### (FT 反応器設計シミュレーションツール)

FT 合成プロセスの開発では、反応器として採用したスラリー床反応器のスケールアップ技術の確立を目的として、2種類のシミュレーションツールを組み合わせることで効率的かつ信頼性ある FT 反応器設計シミュレーション手法の開発を行っている。

## 5-2-1. スケールアップ手法の確立方針

当社は、JAPAN-GTL の中で、パイロットレベルまでの研究を通して FT 反応器を設計するためのシミュレーションツールを開発・構築してきた。スラリー床 FT 反応器は、図 9 に示すように反応器内部の流動状態が複雑であるためスケールアップが難しいと一般的に言われている。当社では、図 10 に示すようなステップにより本実証研究の中で、実証プラントの運転データとの検証および実証プラントから採取するエンジニアリングデータの反映等の実施により、FT 反応器設計シミュレーションモデルの修正・精度向上を推し進めている。シミュレーションツールの内容の詳細については後述するが、本実証研究ではこれらの検討を踏まえて、商業プラント設計に適用可能な FT 反応器設計シミュレーションツールを開発し、スケールアップ技術の確立を図っている。

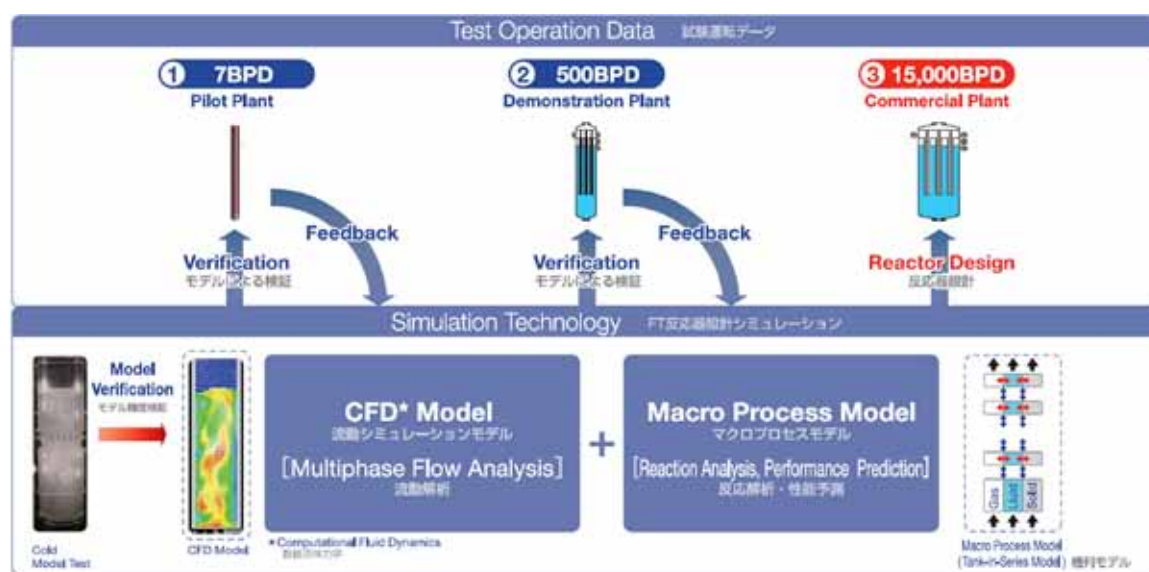


図 10 FT 反応器スケールアップ技術

Fig.10 FT reactor scale-up technology

## 5-2-2. 流動シミュレーション(CFD)手法概要

JAPAN - GTL の FT 反応器に採用しているスラリー床反応器の設計手法としては、化学工学の分野で発展してきた混合拡散モデル、槽列モデル等の簡易な数学モデルによる手法が主流である。しかし、これらの手法では反応器内の流動状態を示す実験パラメータが必要

で、通常これらの実験パラメータは小規模な水-空気系といった寸法や物性が実機とは異なる系で得られたものが多い。したがって、このようなパラメータを実機の設計に用いるに際しては実験結果からの外挿によるリスクが大きい。

一方、スラリー床 FT 反応器の性能は、内部の流動状態と気泡挙動に大きな影響を受けると考えられている。

スラリー床 FT 反応器の内部は、気液固三相の混在する流動を呈し、図 11 に示すように広範囲の気泡径を持つ不均一気泡流 (Churn-turbulent flow) になると予測される。このような気泡を含む流れに対し、近年では CFD (Computational Fluid Dynamics) による予測手法が注目されている。これにより、反応器内の流動及び気泡・粒子挙動が良好に予測可能な気液固三相流動解析手法が確立されれば、より適格な FT 反応器の設計・スケールアップ手法が得られることになる。

しかしながら、FT 反応器内部の流動状態に相当する気液固三相流動解析手法を確立するためには、広範囲な気泡径分布を持つ流れに対する予測精度、あるいは粒子混入、伝熱管の挿入、高圧高温下での挙動などに対して不明な点が多く、コールドモデル実験及びパイロットプラント試験での結果等を基に解析モデルの修正、パラメータ調整を行っていく必要がある。

このような中、当社は FT 合成プロセス開発において、図 10 に示すように CFD シミュレーションによる流動解析とマクロシミュレーションによる反応解析とを併せ持つ、スラリー床 FT 反応器の設計シミュレータの開発を行ってきた。以下に、流動シミュレーションモデルの検討の一例として、コールドモデル試験による精度検証について述べる。

### 5-2-3. 流動シミュレーション検討結果の一例 (コールドモデル実験との比較)

前述の流動シミュレーション手法および計算モデルの精度を検証するために、水模型実験 (コールドモデル実験) を行った。実験装置には、内部が観察できるような透明アクリル製の円筒実験装置を用いた。図 12 に、コールドモデル装置の概観写真を示す。本試験では、FT 反応器の特性を考慮して、装置内部に除熱管を模擬したチューブを設置したケースや触媒を模擬した粒子を混入させたケースの実験も行い、これらに対してそれぞれ空気の供給量を変えることにより (ガス空塔速度: 0.04 ~ 0.32m/s)、流動状態変化の観察及びガスホールドアップの測定等を行った。

図 13a) にシミュレーションによる流動状態を気泡濃度により可視化したものを示す。同左図が気泡濃度の等値面で表した俯瞰図を表し、同右図が軸方向断面図を表す。ここで、図 13a) 右図中の白く抜けている箇所は除熱管を表す。また、本シミュレーションの精度検証のために行ったコールドモデル実験の様子を図 13b) に示す。図 13 a), b) より、本流動シミュレーションにより、装置内の流動特性として液面の波立ちや気泡の流動状態等をよく再現できることを確認した。図 14 に、コールドモデルの流動シミュレーションによるガスホールドアップとガス空塔速度との関係を同条件の実験結果と併せて示す。ここで、ガスホールドアップとは、反応器中の気液の接触面積・気泡径に関係し、反応器内部の流動状態を表す重要な設計因子の 1 つである。図 14 より、ガスホールドアップについて、シミュレーション結果は実験値と定量的によく一致することを確認した。本実証研究では、上記以外にも各種パラメータに関する試験を実施し、その試験結果の解析により流動シミュレーションの精度検証を実施している。

また、上記試験に加えて、実証プラントのバックアップ研究として、実証プラントと同規模のコールドモデル装置 (図 15) による試験研究を行っている。これにより、装置内部における気泡径・ボイド率分布等を測定・解析することによって複雑な流動現象の定量評価を行い、シミュレーションモデルの更なる精度向上及び反応器スケールアップ因子の解析を実施しているところである。

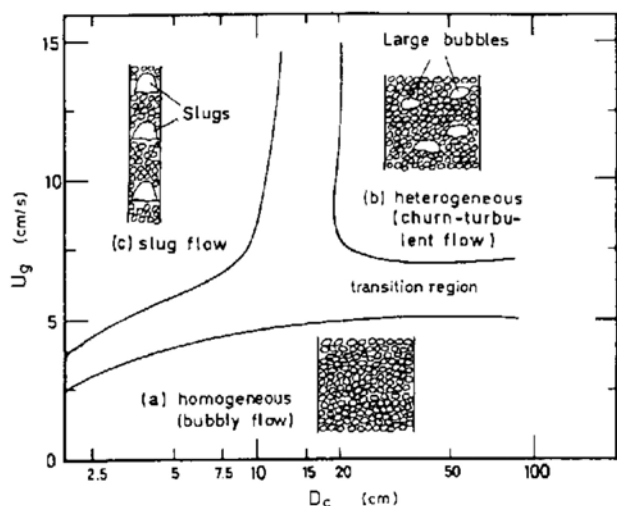


図 11 気泡塔及び希薄懸濁気泡塔内の流動状態  
Fig.11 Flow pattern inside bubble column and slurry bubble column





図 12 コールドモデル試験装置概観  
Fig.12 Overview of cold model experimental apparatus



図 15 実証規模コールドモデル装置概観  
Fig.15 Overview of the large cold model experimental apparatus

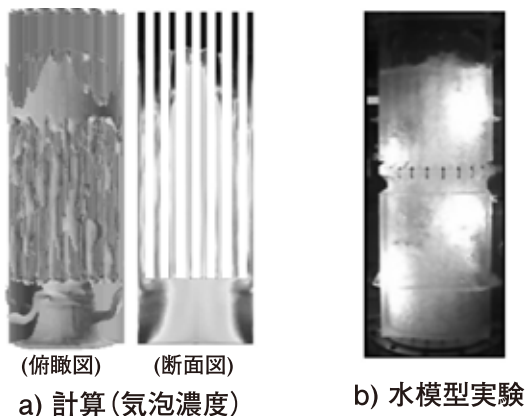


図 13 シミュレーションと実験の流動状態比較  
Fig.13 Comparison of the flow pattern between the simulation results and cold model experiment

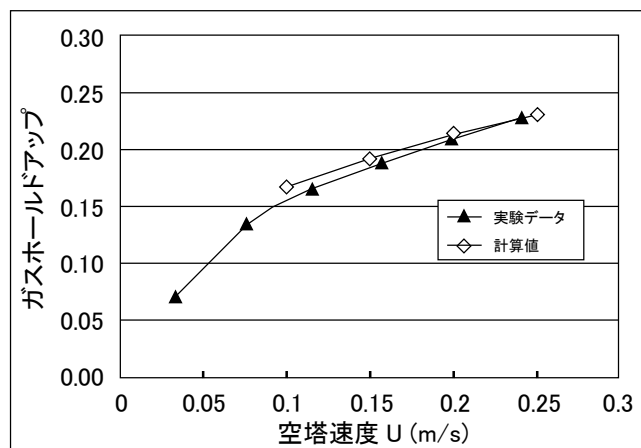


図 14 ガス空塔速度とガスホールドアップの関係 (シミュレーション精度検証例)  
Fig.14 Verification of the CFD simulation

#### 5-2-4. マクロプロセス(反応シミュレーション)モデル

マクロプロセス (反応シミュレーション) モデルは、エンジニアリング検討を行うことを目的として、従来手法である化学工学的手法の槽列モデル等をベースに、実験室及びパイロットプラントでの試験結果から構築した反応速度モデルを導入して開発を行っている。本手法は、CFD に比べると計算負荷が低く、多くのケーススタディに対応が可能であるため有用であるが、ガスホールドアップ等の流動パラメータに関する精度ある相関式が必要となる。したがって、当社においては、CFD により流動シミュレーションを行った結果を用いて流動パラメータを補完することで高精度化を図っている。

本モデルを用いてパイロットプラントにおける CO 転化率の再現計算を行った結果を図 16 に示す。図 16 より、広い範囲の反応条件において、本モデルによってパイロットプラントにおける CO 転化率を精度良く再現することができ、設計ツールとして実用的なレベルにあることを確認している。

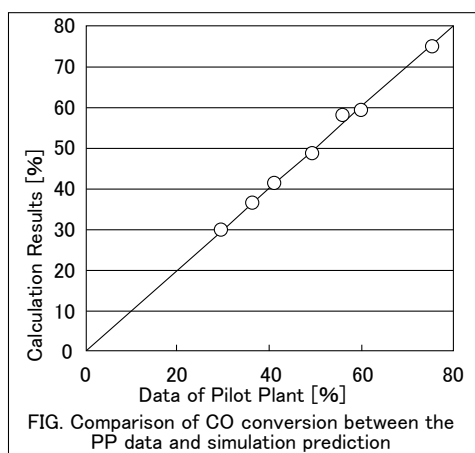


図 16 マクロプロセスシミュレーションモデルの精度検証結果

Fig.16 Verification of the macro process simulation model

### 5-3. 当社における技術の将来展開・可能性 (FT 合成技術の拡がり)

既に述べたとおり、GTL は天然ガスを原料に石油製品を製造する技術であるが、近年世界では環境問題およびエネルギーの更なる多様化を進めるべく、石炭、バイオマスなどを原料として液体燃料を製造する CTL (Coal To Liquids) や BTL (Biomass To Liquids) といった技術開発・プロジェクトが中国や欧州を中心に進められている。表 3 にこれらの技術を比較・整理した。これらの技術に対しては、建設コストや CO<sub>2</sub> 対策 (CTL)、原料収集対策 (BTL)、これらを含めた経済性など課題もあるが、それぞれの特徴を生かした実用化が進んでいくものと考えられる。当社においても同様な課題があると考えられるが、世の中のニーズを視野に入れ、これにマッチした技術シーズ・ポテンシャルを探究していく中で技術の成熟化や多様化を図ることにより、本技術を当社の商品として確立・展開していくことが必要と考える。

表 3 BTL、CTL、GTL の比較

Table3 Comparison among BTL, CTL and GTL

	BTL	CTL	GTL
	Biomass-to-Liquids	Coal-to-Liquids	Gas-to-Liquids
原料	木、草、動植物脂肪、パルプ黒液、廃棄物など	高品位～低品位、石炭地中ガス化	天然ガス、随伴ガス、炭層メタン
実用化状況	ドイツ CHOREN 社が準商業化プラントを完成。	南ア稼働中だが、新しい CTL プラントの計画多数有。	南ア、カタールで実用化。ナイジェリアで建設中。
一般的な規模	～5,000BPD	数万 BPD	数万 BPD
特徴	カーボンニュートラル	原料が豊富 原料が低価格	プラントコストが相対的に低い
プレーヤー	CHOREN (独)	Sasol (南ア) Rentech (米) Syntroleum (米) Shell (英・蘭) 神華集団 (中国)	Shell (英・蘭) Sasol (南ア) 日本 GTL 技術研究組合

## 6. 結言

本稿では、GTL 技術の開発について、当社が参画する日本 GTL 技術研究組合にて進めている JAPAN-GTL 実証研究の概要およびその中で当社が担当する FT 合成技術の開発を中心に述べた。

JAPAN-GTL 技術は、炭酸ガスを含む天然ガスをそのまま原料として利用できる独自の画期的な国産技術であり、本技術は石油代替燃料ソースとしてのガス資源を確保できる有用な戦略技術であり、これを確立することは、日本のエネルギーセキュリティ貢献に資するものと考えられる。

当社は、現在実行中の GTL 実証研究において FT 合成の触媒・プロセス技術を競争力あるものに確立させると共にスケールアップ技術確立のために開発を推進し、JAPAN-GTL の商業化に向けて今後も一層取り組んでいく所存である。

## 7. 謝辞

JOGMEC、日本 GTL 研究組合、及びこれに参加する各社関係者の皆様に感謝の意を表します。今後とも一層の御指導を賜りたくお願い致します。

### 参考文献

- 1) 日本 GTL 技術研究組合パンフレット (2007)
- 2) 乗杉洋一：エネルギーの多様性、安定供給を求めて－GTL 技術の実証研究プロジェクト、石油技術協会誌 Vol. 73, No. 2 (March 2008) 178-185
- 3) 大澤 伸行：http://www.ena.or.jp/SEC/member/kaiin/salon/No298.Mr.Oosawa.pdf、エンジニアリング振興会 (2007)
- 4) 末廣能史：「石油公団 GTL 技術の特色」、石油公団 (2003)
- 5) 若村修：GTL (Gas to Liquid) 技術開発、新日鉄技報第 382 号 (2005)
- 6) 大西康博：平成 16 年度成果報告会「F-T 合成プロセスの開発」、石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2005)
- 7) 藤本健一郎、鈴木公仁、景山正人、大西康博、山根典之、実原幾雄、末廣能史：「F-T 合成技術の開発」－高性能触媒と JOGMEC-GTL プロジェクトでの検証－、石油学会第 47 回年会 (2004)
- 8) Deckwer, W.-D.: Bubble Column Reactors, John Wiley & Sons (1992)
- 9) 富山明男：気泡を含む流れの数値予測、日本機械学会論文集 B 編、66-647, 1618 (2000)