

Synthesis of Ecological High Quality Transportation Fuels

低環境負荷型高品位輸送用燃料の合成



プロジェクトリーダー 山田 宗慶
東北大学 大学院工学研究科 教授



図 1 . 触媒表面分析用赤外分光 (FT-IR) 装置

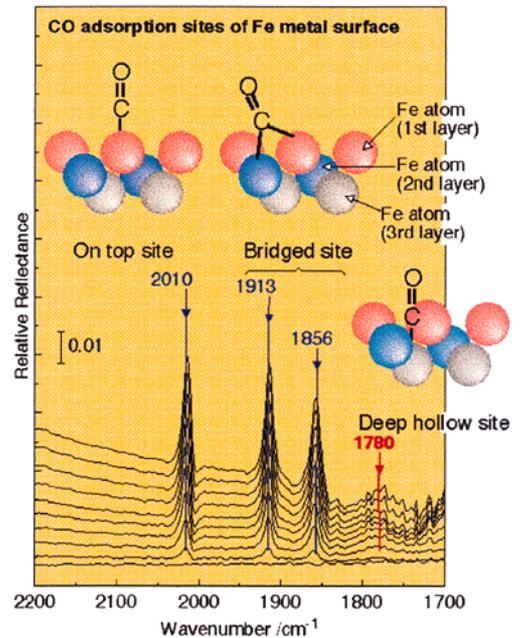


図 2 . 鉄-マンガン触媒の反応場における表面構造 (FT-IR スペクトル)

1. 研究の目的

現代生活に欠かせない自動車ですが、一方では、窒素酸化物 (NO_x)、硫黄酸化物 (SO_x)、浮遊粒子状物質 (SPM) などの大気汚染物質や、温室効果ガスである二酸化炭素 (CO₂) を排出しています。特に、ディーゼルエンジンでの NO_x、SO_x や SPM の問題が深刻です。また、ガソリン、軽油などの輸送用燃料は、ほぼすべてが石油から製造されています。石油への過度の依存は、供給不安の要因ともなります。

そこで本プロジェクトは、大気中の NO_x、SO_x、SPM 及び CO₂ 各濃度の低減、エネルギー供給の安定化、未利用資源の有効利用、という三つの課題を同時に解決することを目的としています。ディーゼルエンジンは熱効率に優れているので、SO_x、NO_x、SPM を排出しないディーゼル燃料を非石油系の未利用炭素資源から合成できれば、これら三つの課題を同時に解決できると期待できます。

本プロジェクトでは石油以外の原料として、LNG 化の困難な小中規模天然ガス、無駄に大気放出されている随伴ガスや炭層メタン、さらにはバイオマスをも含む分散型未利用炭素資源を考えています。これら原料は、輸送、給油などを考えた場合液化した方が有利ですので、いったん反応性の高い合成ガス (一酸化炭素と水素の混合ガス) に改質し、それから高級炭化水素、メタノール、ジメチルエーテル (DME) などのような環境負荷の低い高品位な液体燃料を造ります。特に、これら一連のプロセスで使用する高活性・高耐久性の新世代触媒を開発することが本プロジェクトの主目的です。

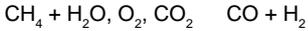


図 3 . 高圧流通式反応装置

2. 研究の内容

分散型未利用炭素資源から合成燃料を製造するプロセスは、合成ガスを得る改質反応工程と、合成ガスからフィッシャー・トロプシュ合成反応あるいはアルコール合成反応により合成燃料を製造する工程とから成ります。

(1) 低温改質（リフォーミング）反応



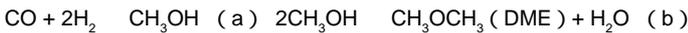
現在、合成ガスは天然ガス、ナフサ、石炭などの炭素資源を、水蒸気、酸素（空気）あるいはCO₂で改質する高温プロセスにより工業的に製造されています。本プロジェクトでは、現行温度（800 前後）よりも低温で運転できる、後続反応を考慮した省エネプロセス、炭素析出による失活及び構造破壊のない触媒、原料（天然ガス、バイオマス）を選ばない触媒、を開発するために炭素析出挙動の解明、活性向上及びプロセス評価を行っています。

(2) 高速・高選択的フィッシャー・トロプシュ（FT）合成反応



FT合成反応は、通常、気体燃料からワックスまでの多様な製品を生成するため、ガソリン（炭素数4～12）や軽油（同10～20）の収率が低く、触媒およびプロセスの改良にSasol、Shell、Exxonなどの大手石油会社などが鎬を削っています。本プロジェクトでは、軽油の収率を向上させるために、特異な細孔構造を有する様々な触媒を調製し、高活性・高選択性・高耐久性を目指しています。

(3) 低温・低圧アルコール合成反応



合成ガスからメタノールを合成する反応(a)は、現在、高温高压のICI法が主流ですが、この方法には反応熱の制御が困難であり、大規模な高压圧縮設備が必要でコストがかかるという問題があります。化学平衡的には低温ほどメタノール生成に有利なので、本プロジェクトではワンパスで高収率を得られる低温でも高速な新しい反応ルートとその触媒の開発に取り組んでいます。また、次世代の高品位代替軽油として注目されているDMEは、現在メタノールの脱水縮合反応(b)から製造されています。これをより効率良く合成ガスから一段で合成できる高耐久性触媒や反応装置を開発中です。

(4) 研究支援

本プロジェクトの鍵となる新世代触媒の開発では、活性金属種・担体の探索に膨大な時間と労力を要するので、触媒設計 調製 評価のサイクルを効率良く回すため、以下の分析、計算、市場調査も並行して行っています。

また、実際の触媒反応で重要な問題となる触媒の耐久性に関して、本プロジェクトでは原料中の硫黄化合物による触媒劣化のメカニズムの解明と、それに基づく長寿命な耐硫黄性触媒を開発中です。

コンビナトリアル計算化学に新開発の高速化量子分子動力学プログラムを合わせた分子設計技術による最適触媒組成の推定、それに基づく触媒デザイン、触媒反応ダイナミクスの解明

EXAFS, FT-IR などによる触媒表面構造解析と化学現象の解明

原料（天然ガス、炭層メタン、バイオマス、メタンハイドレートなど）・合成燃料・クリーンエネルギー自動車の開発動向調査、合成燃料コスト試算

3. 研究の体制

期 間：1998年8月～2003年3月

構 成：リーダー1名、コアメンバー3名、研究協力者6名、ポスドク5名

実施場所：東北大学大学院工学研究科応用化学専攻、材料化学専攻

東北大学反応化学研究所

東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻

工業技術院物質工学工業技術研究所

(株) 日立製作所

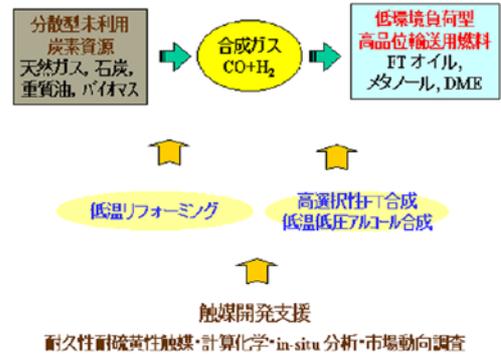
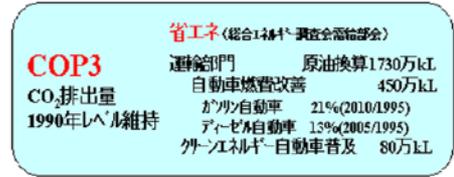


図4. プロジェクトスキーム

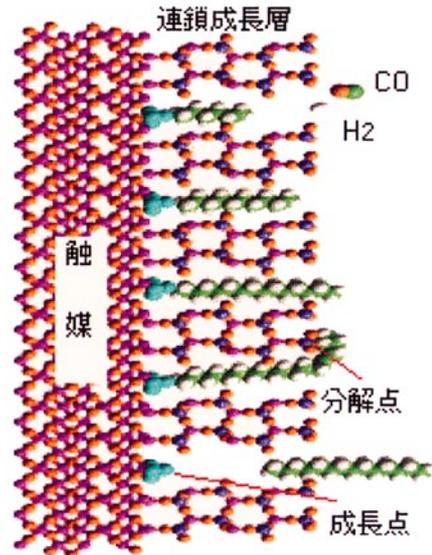


図5. FT合成反応モデル

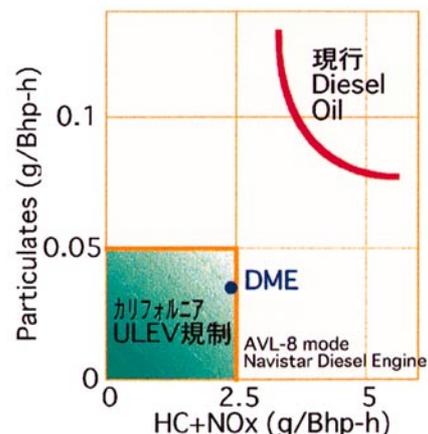


図6. DMEと現行軽油との排ガス比較
出典：SAE Paper 950061