

「触媒からみる二酸化炭素削減対策 2019 ～ メタン、CO₂、水素戦略 ～」 目次

第Ⅰ編 エネルギー・化学原料戦略

第1章 エネルギー資源原料の変化

1. 多様化するエネルギー資源
2. 世界のエネルギー需要予測
3. 日本のガソリン需要量とナフサ生産量
4. 石油資源
 - 4.1 オイルピーク
 - 4.2 米国の石油の供給
5. 石炭資源
 - 5.1 世界の石炭資源
 - 5.2 中国の石炭化学
6. 天然ガス
 - 6.1 シェールガス
 - 6.2 シェールガスの世界の確認埋蔵量
7. 世界の天然ガス資源
 - 7.1 天然ガス埋蔵量
 - 7.2 メタンハイドレード
8. 再生可能エネルギー
 - 8.1 米再生可能エネルギー見通し

8.2 再生可能エネルギー価格

第2章 シェールガス革命

1. 米のシェールガス
 2. 天然ガス価格
 3. シェールガスの輸入
 4. 北米回帰
 - 4.1 メタノール
 - 4.2 アンモニア
 5. 天然ガス原料エチレン価格
 6. 米のエチレンプラント
 - 6.1 新規エチレンプラント
 - 6.2 輸出されるエチレン誘導体
 7. 不足するプロピレン、ブタジエン、芳香族
 - 7.1 エタンクラッカーとナフサクラッカーとの違い
 - 7.2 プロピレン、ブタジエン、芳香族の需給バランス
- 参考文献

第Ⅱ編 メタン戦略

第1章 メタンの利用

1. メタンケミストリー
 - 1.1 CO₂ 発生量
 - 1.2 メタン原料化学品
 - 1.3 メタンの直接利用
2. メタンの活性化
 - 2.1 メタンの活性化触媒
 - 2.2 標準生成自由エネルギー
 - 2.3 標準生成熱
 - 2.4 メタンのベンゼン、ナフタレン平衡値
3. メタンから芳香族の合成反応

第2章 メタンから化学品の製造

1. メタンから燃料油
2. メタンの脱水素二量化
3. メタンの酸化二量化(OCM)
 - 3.1 OCM 触媒
 - 3.2 イラン石油研究所
 - 3.3 BHP プロセス
 - 3.4 ナノファイバー触媒による OCM
 - 3.5 電場中での OCM
 - 3.6 OCM パイロットプラント
 - 3.7 選択 CO 酸化による分離
4. メタンからプロピレンの合成
 - 4.1 ハロゲン化メタン経由
 - 4.2 メタンの NO 酸化によるプロピレン
 - 4.3 メタンとエチレンからプロピレン
5. メタンの脱水素環化
 - 5.1 メタンからベンゼンの合成
 - 5.2 メタンからエチレン、ベンゼン、ナフタレン
6. メタンから酢酸の合成

- 6.1 メタンの酸素酸化による酢酸の合成
- 6.2 メタンの硫酸酸化による酢酸の合成
- 6.3 メタンの酸化カルボニル化による酢酸
- 6.4 メタンと CO₂ から酢酸の合成
7. メタンからアセチレンの製造
 - 7.1 部分酸化によるアセチレン
 - 7.2 アセチレンケミストリー
 - 7.3 メタンとアセチレンからイソブテン
 - 7.4 メタンと CO₂、アセチレンから酢酸ビニルの合成

第3章 メタンからメタノールの直接合成

1. メタンの直接酸化によるメタノール
2. Cu_{0x}/Zeolite によるメタン酸化
3. メタンの硫酸酸化によるメタノール
4. メタンの過酸化水素酸化によるメタノール
5. メタンの N₂O 酸化によるメタノール
6. メタンの NO 酸化によるメタノール合成
7. メタンの硫酸酸化によるメタノールと酢酸
8. 計算科学による Cu/AEI ゼオライト
9. メタンの無触媒酸化によるメタノール合成
10. ホルムアルデヒドからメタノールの合成
11. メタン酸化によるホルムアルデヒドの合成
 - 11.1 金属酸化物によるメタンからホルムアルデヒド
 - 11.2 12-モリブド珪酸/SiO₂ によるホルムアルデヒド
 - 11.3 メタンのダイヤモンド担体によるメタン酸化

第4章 膜分離技術

1. 高温耐久膜
 2. 膜分離触媒層
 3. 共イオン膜触媒による MDA
- 参考文献

第Ⅲ編 合成ガス戦略

第1章 合成ガス

1. メタンの水蒸気改質
 - 1.1 メタンの水蒸気改質プラント
 - 1.2 SR と ATR の組み合わせ
2. Auto Thermal Reforming (ATR)
 - 2.1 ATR (Auto Thermal Reforming) の開発
 - 2.2 AATG (Advanced Auto Thermal Gasification Process)
3. 迅速部分酸化による合成ガスの製造
 - 3.1 メタンの迅速部分酸化
 - 3.2 ConocoPhillips
 - 3.3 千代田化工
4. 改質ガス H₂/CO 比
5. 水素分離膜による水素製造

第2章 FT 合成

1. FT (フィッシャー・トロプシュ) 合成
2. FT 合成反応
3. FT 合成プロセス
 - 3.1 Sasol
 - 3.2 Shell SMDS プロセス
 - 3.3 FT 合成プロセスの導入
 - 3.4 国内の開発状況
4. 小型 FT 合成プロセス
 - 4.1 FT プラント設備投資
 - 4.2 Compact GTL 社
 - 4.3 Velocys 社
 - 4.4 小規模 FT 合成プラントの実証

- 4.5 小規模 FT 合成プロセスの応用と開発
5. 選択的燃料油の合成
 - 5.1 選択的 FT 合成
 - 5.2 ZSM-12 による C₅+
 - 5.3 Ru/meso-ZSM-5 による C₅~C₁₁
 - 5.4 メタノール合成触媒と Pd/ZSM-5 のタンデム反応器による C₅~C₁₁
 - 5.5 ラネー Fe による選択 FT 合成
 - 5.6 結晶サイズの制御による選択 FT 合成
6. 合成ガスから LPG の合成

第3章 合成ガスから化学品の合成

1. C₂~C₄ オレフィンの合成
 - 1.1 ナノ Fe 触媒
 - 1.2 炭化コバルト四角形ナノプリズム触媒
 - 1.3 CuZn-ZSM-5 による C₂~C₄ オレフィンの合成
 - 1.4 ZnCr-MSAPO
2. 合成ガスからエチレンの合成
3. 合成ガスからエタノールの合成
 - 3.1 Rh によるエタノール合成
 - 3.2 古細菌による CO からエタノールの合成
 - 3.3 都市ごみガス化炉ガスからエタノールの合成
4. 合成ガスから p-キシレン
5. エチレングリコール
6. ジメチルカーボネート

参考文献

第Ⅳ編 メタノール戦略

第1章 メタノールの利用

1. メタノールから燃料の合成
 - 1.1 MTG プロセス
 - 1.2 MTG プロセスの実績と計画
2. メタノールからエチレン、プロピレンの合成
 - 2.1 メタノールからエチレンプロピレン製造プロセス
 - 2.2 DMTO プロセス
 - 2.3 UOP MTO プロセス
 - 2.4 MTO 反応機構
 - 2.5 中国 MTO プラント
3. メタノールからプロピレンの合成
 - 3.1 MTP プロセス
 - 3.2 DTP プロセス
 - 3.3 流動層プロセス
4. メタノール経由ライトオレフィンコスト
5. 米国シェールガス由来のメタノール利用軽質オレフィン
6. メタノールから C₃~C₄ オレフィン

7. メタノールから芳香族 (MTA)
 - 7.1 中国 MTA プラント
 - 7.2 バクー大学
 - 7.3 中国 MTA フラント計画
8. メタノールから化学品の合成
 - 8.1 エチレングリコール
 - 8.2 酢酸
 - (1) メタノールのカルボニル化
 - (2) 酢酸メチル経由酢酸の合成
 - 8.3 エタノール
 - (1) TCX プロセス
 - (2) DICP エタノールプロセス
 - (3) 酢酸メチルの水素化分解によるエタノール
 - 8.4 酢酸ビニル
 - 8.5 p-キシレン

参考文献

第Ⅴ編 二酸化炭素戦略

第1章 CO₂ の分離回収

1. CO₂ 削減
2. CO₂ 発生量と発生源
3. CO₂ 回収技術と CCS コスト
 - 3.1 CO₂ 合成方法

- 3.2 CO₂ 合成コスト
- 3.3 大気中の CO₂ 捕集コスト
- 3.4 炭素価格
- 3.5 CCS コスト
- 3.6 CO₂ 生成避コスト
- 3.7 炭素税

- (1) 日本の炭素税
- (2) 海外の炭素税
- (3) 米国の炭素税クレジット

第2章 CCSの現状

1. CCS (Carbon dioxide Capture and Storage)
2. 世界のCCS
3. 日本でのCCS
4. EOR (Enhanced Oil Recovery)
5. 炭酸ガスハイドレートによる貯蔵
6. CCSの課題
7. CarbFix
8. 気硬性セメント(Non-hydraulic cement)

第3章 CO₂から合成ガスの製造

1. ドライリフォーミング(DRM)
 - 1.1 ドライリフォーミング反応
 - 1.2 ドライリフォーミング触媒
 - 1.3 ドライリフォーミングの実証試
 - 1.4 DRM 商業化プラント
 - 1.5 SMR と DRM との組み合わせ
 - 1.6 オートサーマルドライリフォーミング
2. CO₂のCOへの還元
 - 2.1 シフト反応
 - 2.2 逆シフト反応(RWR)
 - 2.3 逆シフト反応触媒

第4章 CO₂のメタン化

1. 再生可能エネルギーの利用
2. Power to Gas
3. CO₂と水素からメタンの合成
4. CO₂のメタン化触媒
5. Power to Gas によるメタンコスト

第5章 CO₂からメタノールの合成

1. メタノールの合成
2. メタノール合成におけるCOとCO₂の違い
3. CO₂によるメタノール合成触媒
4. メタノール合成反応機構
5. 新規メタノール合成触媒
 - 5.1 Au 修飾 CuZnO_x 触媒
 - 5.2 In₂O₃/ZrO₂ 触媒
6. CO₂からのメタノール合成プラント
 - 6.1 ベンチ試験結果
 - 6.2 メタノール合成実証パイロットプラント
 - 6.3 余剰水素とCO₂によるメタノール増産プロセス
7. 液相懸濁層
 - 7.1 親水性溶媒の利用
 - 7.2 有機水和物との反応による方法
8. 液相均一系によるメタノール合成
9. CO₂からギ酸エステル経由メタノールの合成
10. CO₂からメタノール合成工業化プラント
11. 大気中CO₂からメタノールの合成
12. 炭素循環

第6章 CO₂を用いた燃料の合成

1. CO₂を用いたFT合成
2. Fe₃O₄/HZSM-5
3. Fe₂O₃/MCM-22

4. In₂O₃/HZSM-5
5. CO₂とメタンからDME
6. CO₂からLPGの合成

第7章 CO₂から化学品の製造

1. CO₂からエタノールの合成
 - 1.1 エタノールの平衡収率
 - 1.2 Rhによるエタノール合成
 - 1.3 FeCuZnKによるエタノール合成
 - 1.4 PdCuNPsによるエタノール合成
 - 1.5 Fe/カーボンナノチューブによるプロパノールの合成
 - 1.6 均一系触媒によるエタノール合成
2. 酢酸の合成
3. CO₂からC₂~C₄の選択合成
4. CO₂から軽質オレフィン
5. 芳香族の合成
 - 5.1 Fe ナノ触媒
 - 5.2 ZnAlO_x と HZSM-5 混合触媒
6. アクリル酸の合成
7. ギ酸
8. 新たなC₁ケミストリー

第8章 電解によるCO₂の還元

1. NEDO プロジェクト
2. 3M
3. 東京工業大学
4. 光触媒
 - 4.1 光触媒によるCO₂の還元
 - 4.2 光触媒によるCO₂からギ酸の合成

第9章 発酵法によるCO₂の資源化

1. 古細菌
2. LanzaTech
3. 都市ごみの利用
4. Algenol Biotech社

第10章 CO₂を用いたポリマーの合成

1. ポリアルキレンカーボネート
2. ポリエチレンカーボネート
3. ポリプロピレンカーボネート(PPC)
4. ポリカーボネート
 - 4.1 エチレングリコール併産法
 - 4.2 フェノール直接法
5. ヒドロキシポリウレタン
6. CO₂とメタノールから炭酸ジメチルの合成
7. CO₂とジオールからポリカーボネートの合成
8. CO₂によるHDIの合成

第11章 CO₂を用いた化学品の製造コスト

1. CO₂による化学製造コスト
2. 前提条件
 - 2.1 CO₂使用量
 - 2.2 原料コスト
 - 2.3 設備コスト
 - 2.4 間接費他
 - 2.5 化学品コスト(市場価格)
3. メタノール製造コスト
 - 3.1 CO₂と水素からメタノールを合成する場合
 - 3.2 ドライリフォーミングでメタノールを合成する場合

4. 酢酸製造コスト
5. エタノール製造コスト
6. 採算水素コスト

参考文献

第VI編 水素戦略

第1章 水素の製造

1. 水素製造
2. 電解水素
 - 2.1 電解水素価格
 - 2.2 アルカリ電解
 - 2.3 固体高分子水電解(PEM)
 - 2.4 固体酸化物形電解(SOEC)
 - 2.5 PEM、SOEC 電解水素コスト
3. メタン分解による水素製造
 - 3.1 メタン分解
 - 3.2 熔融金属によるメタン分解
 - 3.3 メタンの接触分解による水素製造
 - 3.4 鉄鉍石触媒
 - 3.5 メタンのプラズマ分解による水素製造

- 3.6 メタンのマイクロウェーブによる水素製造
- 3.7 メタンの水蒸気改質による水素収率との比較

4. 光触媒による水素製造

- 4.1 光触媒
- 4.2 人工光合成
- 4.3 半導体光触媒

第2章 水素の貯蔵・輸送

1. 有機ハイドライド
2. メチルシクロヘキサン
3. アンモニア
4. 液体水素

参考文献