

第I編 水素

第1章 水素製造

1. 概要
2. グリーン水素 vs ブルー水素
3. 産業別の水素発生工程
 - 3.1 概要
4. 水の電気分解（水電解）
 - 4.1 概要
5. 業界分析
6. 主な水素製造システム
 - 6.1 アルカリ水電解システム
 - ① トクヤマ
 - ② トヨタ, トクヤマ
 - ③ 旭化成
 - ④ 日本触媒
 - 6.2 固体高分子水電解システム
 - ① 神鋼環境ソリューション
 - ② 三菱重工業
 - ③ Hydrogen Pro
 - ④ 日立造船
 - ⑤ 三菱化工機
 - ⑥ IHI
 - ⑦ Jパワー
 - ⑧ 岩谷産業
 - ⑨ 戸田建設, ジャパンブルーエナジー
 - ⑩ 昭和電工
 - ⑪ 日本触媒
 - ⑫ AGC
 - ⑬ Solvay
 - ⑭ 東京工業大学
 - ⑮ 京都大学

第2章 世界の水素産業

1. ドイツ
 - 1.1 概要
 - 1.2 Power to Gas
 - 1.3 水電解装置に関するプロジェクト
 - 1.4 h2 Herten
 - 1.5 ALIGN CCUS
 - 1.6 ドイツの水素戦略
 - 1.7 Baden-Württemberg (BW) 州
2. EU
3. カナダ
4. 米国
 - 4.1 概要
 - 4.2 カリフォルニア州
 - 4.3 カリフォルニア州ランカスター市
5. ノルウェー
6. フランス
7. サウジアラビア
8. 韓国
9. 中国
 - 9.1 概要
 - 9.2 長江デルタ水素ベルト建設発展計画
10. インド

11. インドネシア
12. オーストラリア
13. 日本
 - 13.1 概要
 - 13.2 NEDOの取り組み
 - 13.3 水素バリューチェーン推進協議会

第3章 水素製鉄法

1. 概要
2. 業界分析
3. COURSE50
4. 欧州の取り組み
5. 企業動向
 - ① 神戸製鋼所, ArcelorMittal
 - ② Midrex Technologies
 - ③ BHP グループ
 - ④ 日本製鉄, Rio Tinto
 - ⑤ 日本製鉄
 - ⑥ Rio Tinto
 - ⑦ Liberty Steel, Paul Wurth, SHS
 - ⑧ Thyssenkrupp
 - ⑨ 豊田通商

第4章 水素貯蔵材料

1. 概要
2. 高圧水素タンク
3. CFRP 製圧力容器
 - 3.1 概要
 - 3.2 CFRP 蓄圧器の開発
4. 低圧タンク（ボンベ）
5. 炭素系材料
6. 有機系水素化物（有機ハイドライド）
7. 錯体系水素化物
8. 液体水素
9. アンモニア
10. 水素吸蔵合金
 - 10.1 概要
 - 10.2 水素吸蔵合金の仕組み
 - 10.3 水素吸蔵合金の現状システムの性能
11. 企業動向
 - ① 神戸製鋼所
 - ② 川崎重工業
 - ③ ENEOS
 - ④ 共和電業
 - ⑤ サムテック
 - ⑥ 野村鍍金
 - ⑦ 日本重化学工業
 - ⑧ 清水建設
 - ⑨ Faurecia
 - ⑩ 東レ
 - ⑪ 宇部興産
 - ⑫ ミズノテクニクス
 - ⑬ ILJIN Composites
 - ⑭ 日本曹達
 - ⑮ NOK, 産業技術総合研究所
12. ENEOS グループの水素サプライチェーン構想

13. 千代田化工建設の水素サプライチェーン構想
14. 川崎重工業の水素エネルギーチェーン構想

第5章 水素ステーション

1. 概要
2. 水素ステーションの構成
3. 業界分析
4. 国内の水素ステーションの動向と水素価格
5. 水素ステーションのコスト
6. 企業動向
 - ① 川崎重工業
 - ② 東邦ガス
 - ③ 東京ガス
 - ④ IHI
 - ⑤ 三菱化工機
 - ⑥ 岩谷産業
 - ⑦ ENEOS グループ
 - ⑧ 日本エア・リキード
 - ⑨ 東芝エネルギーシステムズ
 - ⑩ 豊田通商
 - ⑪ 日本酸素ホールディングス
 - ⑫ トヨタ、ホンダ、Shell
 - ⑬ 光南工業
 - ⑭ 出光興産
 - ⑮ 伊藤忠エネクス
 - ⑯ トキコシステムソリューションズ
 - ⑰ 現代重工業グループ
 - ⑱ 日鉄住金パイプライン&エンジニアリング (日鉄P&E)
 - ⑲ 産業技術総合研究所
7. 水素ステーション用の圧縮機
 - 7.1 概要
 - 7.2 業界分析
 - 7.3 企業動向
 - ① 加地テック
8. エアコンプレッサーおよび水素循環ポンプ
 - 8.1 企業動向
 - ① 豊田自動織機
 - ② キッツ
 - ③ 山武
 - ④ タツノ
9. 樹脂製高圧水素用ホース
 - 9.1 概要
 - 9.2 企業動向
 - ① 岩谷瓦斯
 - ② 日本合成化学工業
 - ③ 横浜ゴム

第II編 アンモニア

第1章 燃料アンモニア

1. 概要
2. 燃料アンモニアの需要
3. 燃料アンモニア利用によるCO₂削減と消費量
4. 業界分析
5. 経済産業省
6. NEDO
7. 発電コスト (水素、アンモニア)
8. 水素のエネルギーキャリアとしてのアンモニア
9. 開発動向

- ① JERA
 - ② JERA、IHI
 - ③ 大阪ガス
 - ④ 出光興産、IHI
 - ⑤ IHI
 - ⑥ 三菱パワー
 - ⑦ 澤藤電機、木村化工機、岐阜大学
 - ⑧ 中外炉工業
 - ⑨ Jパワー、中外炉工業
 - ⑩ 三菱ガス化学
 - ⑪ トヨタエナジーソリューションズ
 - ⑫ PT Panca Amara Utama (PAU)
 - ⑬ 三菱商事
 - ⑭ JOGMEC、伊藤忠商事、東洋エンジニアリング、イルク
ーツク石油
 - ⑮ 東北大学
10. 石炭ガス化複合発電 (IGCC)
 - 10.1 概要
 - 10.2 IGCCの特徴
 - 10.3 ガス精製設備
 - 10.4 湿式ガス精製方式
 - 10.5 乾式ガス精製方式
 - 10.6 業界分析

第2章 CO₂フリーアンモニア

1. 概要
2. 業界分析 (ブルーアンモニア)
3. 開発動向
 - ① 東洋エンジニアリング
 - ② IHI
 - ③ 伊藤忠商事
 - ④ 三菱商事
 - ⑤ 三井物産、CF Industries
 - ⑥ 三井物産
 - ⑦ 丸紅
4. 業界分析 (グリーンアンモニア)
5. グリーンアンモニア電解合成
6. 開発動向
 - ① Air Products、CWA Power、NEOM
 - ② Yara International
 - ③ カリファ工業団地アブダビ (KIZAD)
 - ④ 韓国産業通商資源省、韓国エネルギー技術研究院
 - ⑤ ThyssenKrupp Uhde Chlorine Engineers
 - ⑥ 日揮ホールディングス
 - ⑦ 旭化成、日揮ホールディングス
 - ⑧ 商船三井、Origin Energy
 - ⑨ IHI、丸紅、Woodside Energy
 - ⑩ 日立造船、レノバ
 - ⑪ Haldor Topsoe
 - ⑫ 大阪ガス、Starfire Energy
 - ⑬ 三菱重工業
 - ⑭ Starfire Energy
 - ⑮ Jパワー

第3章 アンモニア合成用触媒

1. 概要
2. 業界分析
3. 開発動向
 - ① 日揮、産業技術総合研究所

- ② 日本触媒
- ③ フルヤ金属
- ④ 味の素
- ⑤ つばめBHB
- ⑥ 日本郵船
- ⑦ 東京大学
- ⑧ 東京工業大学
- ⑨ 東京都市大学
- ⑩ 大阪大学
- ⑪ 京都大学
- ⑫ 北京大学
- ⑬ 京都大学、名古屋大学

第4章 アンモニア燃料船

- 1. 概要
- 2. 業界分析
- 3. ShipFC コンソーシアム
- 4. AEngine プロジェクト (Ammonia-fuelled engine)
- 5. 先進カーボン回収技術 (英国)
- 6. 「次世代船舶の開発」プロジェクト
- 7. 開発動向
 - ① Wartsila
 - ② NCE Maritime CleanTech
 - ③ 川崎重工業
 - ④ 日本郵船、IHI 原動機、日本海事協会
 - ⑤ 日本郵船、日本シブヤード、日本海事協会
 - ⑥ 商船三井
 - ⑦ MAN Energy Solutions (MAN)

第5章 アンモニアの用途別動向

- 1. 農業用肥料
- 2. 化学工業
- 3. 発酵原料
- 4. 半導体向け高純度アンモニア
- 5. 火力発電所向け脱硝
- 6. 開発動向
 - ① Yara International
 - ② CF Industries
 - ③ Nutrien
 - ④ PhosAgro
 - ⑤ Pivot Bio
 - ⑥ 宇部興産
 - ⑦ 味の素
 - ⑧ 京都大学
 - ⑨ 昭和電工
 - ⑩ 住友化学
 - ⑪ 日本触媒
 - ⑫ 日揮
 - ⑬ つばめBHB

第Ⅲ編 合成燃料

第1章 合成燃料

- 1. 概要
- 2. 液体合成燃料の製造プロセス
- 3. 業界分析
- 4. 液体合成燃料のエネルギーとしての特徴
- 5. 合成燃料の課題 (コスト)
- 6. 資源エネルギー庁

第2章 合成メタン

- 1. 概要
- 2. 業界分析 (メタネーション)
- 3. 業界分析 (Power to Gas)
- 4. 日本・及び欧米の取組の方向性
- 5. 年間のCO₂利用量
- 6. HELMETH プロジェクト
- 7. jupiter1000 プロジェクト
- 8. 開発動向 (メタネーション)
 - ① 大阪ガス
 - ② INPEX (旧;国際石油開発帝石)
 - ③ IHI
 - ④ 日立造船
 - ⑤ 東京ガス
 - ⑥ 産業技術総合研究所
 - ⑦ Audi
 - ⑧ MAN Energy Solutions
 - ⑨ MicrobEnergy
 - ⑩ 岩谷産業
 - ⑪ JFE エンジニアリング
 - ⑫ 古河電気工業
 - ⑬ 早稲田大学
- 9. 開発動向 (Power to Gas)
 - ① 東芝エネルギーシステムズ
 - ② 商船三井テクノトレード、大陽日酸、神鋼環境ソリューション、日本シブヤード
 - ③ 関西電力
 - ④ 三菱重工業
 - ⑤ ENEOS
 - ⑥ Air Liquide
 - ⑦ 住友商事
 - ⑧ 千代田化工建設
 - ⑨ BP

第3章 FT 合成燃料

- 1. 概要
- 2. 業界分析
- 3. FT 法
- 4. 逆シフト反応
- 5. CO₂ 電解
- 6. 共電解
- 7. 直接合成 (Direct-FT)
- 8. BTL
- 9. NEDO
- 10. 開発動向
 - ① ENEOS
 - ② 千代田化工建設
 - ③ Linde
 - ④ BASF
 - ⑤ Sunfire
 - ⑥ Haldor Topsoe
- 11. CO
 - 11.1 概要
 - 11.2 業界分析
 - 11.3 開発動向
 - ① 東芝
 - ② 3M
 - ③ エア・ウォーター

- ④ 大阪大学
- ⑤ 京都大学
- ⑥ 早稲田大学
- ⑦ スイス連邦工科大学ローザンヌ校 (EPFL)

12. FT 合成触媒

- 12.1 概要
- 12.2 業界分析
- 12.3 開発動向
 - ① Exxon Mobil
 - ② Chevron
 - ③ Equinor ASA
 - ④ 富山大学

第4章 メタノール

- 1. 概要
- 2. 業界分析
 - 2.1 DME (ジメチルエーテル)
 - 2.2 ブレンド・ガソリン
 - 2.3 MTBE
 - 2.4 エネルギーキャリア
- 3. CO₂ 水素化によるメタノール合成
- 4. Cu 系触媒
- 5. 各種プロジェクト
 - 5.1 BSE Engineering
 - 5.2 MefCO₂ プロジェクト
 - 5.3 Rotterdam プロジェクト
 - 5.4 FReSMe プロジェクト
 - 5.5 CirclEnergy プロジェクト
 - 5.6 苫小牧市における CCS 大規模実証試験
- 6. 開発動向
 - ① Carbon Recycling International (CRI)
 - ② 三菱ガス化学
 - ③ 三菱商事、三菱ガス化学、三菱重工エンジニアリング
 - ④ 三菱ガス化学、石油資源開発
 - ⑤ 住友化学
 - ⑥ BASF
 - ⑦ 3M
 - ⑧ 中国科学院
 - ⑨ Henan Shuncheng Group
 - ⑩ Methanex
 - ⑪ COnsolidated Energy
 - ⑫ SABIC
 - ⑬ Yankuang Group
 - ⑭ 東芝
 - ⑮ ETH Zurich、Total
 - ⑯ Fairway Methanol
 - ⑰ Haldor Topsoe
 - ⑱ NextChem
 - ⑲ JFE エンジニアリング
 - ⑳ 東洋エンジニアリング
 - ㉑ HiBD 研究所
 - ㉒ 茨城大学、東京大学、山形大学、高輝度光科学研究センター (JASRI)
 - ㉓ 産業技術総合研究所
 - ㉔ 富山大学
 - ㉕ 北海道大学
 - ㉖ 東京工業大学
 - ㉗ 大阪大学
 - ㉘ 南カリフォルニア大学 (USC)

第5章 DME (ジメチルエーテル)

- 1. 概要
- 2. 製造方法
- 3. 業界分析
- 4. 開発動向
 - ① BASF
 - ② Linde
 - ③ Sunfire
 - ④ 東洋エンジニアリング
 - ⑤ 三菱重工業
 - ⑥ 三菱ガス化学
 - ⑦ Ford Motor
 - ⑧ 岩谷産業
 - ⑨ 電力中央研究所
 - ⑩ KOGAS (韓国ガス公社)
 - ⑪ レンファッド

第6章 Oxymethylene ethers (OME)

- 1. 概要
- 2. 業界分析
- 3. 開発動向
 - ① Continental

第7章 e-fuel

- 1. 概要
- 2. 製造プロセス
- 3. 業界分析
- 4. e-fuel のメリット、デメリット
- 5. コスト
- 6. Haru Oni
- 7. Norsk e-fuel
- 8. 開発動向
 - ① Sunfire
 - ② Repsol
 - ③ NordicElectrofuel (旧 Nordic Blue Crude)
 - ④ Audi
 - ⑤ Porsche
 - ⑥ ExxonMobil、Porsche
 - ⑦ Mahle
 - ⑧ マツダ
 - ⑨ 日産自動車
 - ⑩ BMW
 - ⑪ アルゴンヌ研究所
 - ⑫ SAE International
 - ⑬ トヨタ

第IV編 バイオ燃料

第1章 バイオエタノール

- 1. 概要
- 2. 業界分析
- 3. 廃棄物由来・微生物発酵のエタノール製造技術
- 4. 米国
- 5. ブラジル
- 6. EU
- 7. 中国
- 8. 日本
- 9. NEDO

10. コスト
11. 開発動向
 - ① LanzaTech
 - ② Enerkem
 - ③ Celanese
 - ④ ReactWell
 - ⑤ 積水化学工業
 - ⑥ 名古屋工業大学、デンソー
 - ⑦ 凸版印刷、ENEOS
 - ⑧ CO2 資源化研究所
 - ⑨ Stanford University
 - ⑩ Blue Goose Biorefineries
 - ⑪ Clariant
 - ⑫ DuPont
 - ⑬ 横浜ゴム
 - ⑭ Maire Tecnimont Group
 - ⑮ Massachusetts Institute of Technology (MIT)

第2章 バイオディーゼル

1. 概要
2. 課題
3. 業界分析
4. インドネシア
5. 米国
6. ブラジル
7. EU
8. 中国
9. 開発動向
 - ① Pertamina
 - ② レボインターナショナル
 - ③ 豊田通商
 - ④ 西松建設
 - ⑤ 東京都市大学

第3章 ドロップイン燃料 (HVO、Co-processing)

1. 概要
2. 石油会社のバイオリファイナリー戦略
3. F1
4. HVO
 - 4.1 概要
 - 4.2 業界分析
 - 4.3 開発動向
 - ① Neste
 - ② UOP
 - ③ Eni
 - ④ Total
 - ⑤ Marathon Petroleum
 - ⑥ Phillips 66
 - ⑦ Global Clean Energy
 - ⑧ Vertex Energy
 - ⑨ Imperial Oil
 - ⑩ LG 化学
5. Co-processing
 - 5.1 概要
 - 5.2 業界分析
 - 5.3 開発動向
 - ① Repsol
 - ② OMV
 - ③ Phillips 66

④ Vertex Energy

第4章 微細藻類

1. 概要
2. オイル産生微細藻類の種類
3. 業界分析
4. 微細藻類による燃料生産プロセス
5. 藻類大量培養法
6. コスト (課題)
7. 米国
8. 欧州
9. 中国
10. 日本
11. 開発動向
 - ① ユーグレナ
 - ② デンソー
 - ③ Sapphire Energy
 - ④ Corbion
 - ⑤ TerraVia (旧 Solazyme)
 - ⑥ BioProcess Algae
 - ⑦ Oakbio
 - ⑧ Aurora Algae
 - ⑨ ExxonMobil
 - ⑩ IHI
 - ⑪ ちとせグループ
 - ⑫ 三菱化工機
 - ⑬ DIC
 - ⑭ 伊藤忠商事
 - ⑮ Cellana
 - ⑯ Jパワー、Green Earth Institute (GEI)
 - ⑰ 大林組
 - ⑱ Greenfuel Technologies
 - ⑲ Aurora Algae
 - ⑳ Algenol Biotech
 - ㉑ Global Algae Innovations
 - ㉒ Phytonix
 - ㉓ MicroSynbiotiX
 - ㉔ 日本製鉄、日鉄ケミカル&マテリアル、金属系材料研究

開発センター

- ⑮ MoBiol 藻類研究所
- ⑯ Heliae
- ⑰ ガルデリア
- ⑲ アルガルバイオ
- ⑳ 神鋼環境ソリューション
- ㉑ 筑波大学
- ㉒ 神戸大学
- ㉓ 仙台市
- ㉔ 佐賀市

第5章 SAF

1. 概要
2. SAFに係る国際規格
3. 業界分析
4. 世界のSAFの供給量の動向
5. 供給する企業とプラント、生産量
6. 販売価格
7. KEROGREEN プロジェクト
8. NEDO
9. 石油連盟

10. 開発動向
 - ① Eni
 - ② Preem
 - ③ NESTE
 - ④ World Energy
 - ⑤ Diamond Green Diesel
 - ⑥ Hollyfrontier
 - ⑦ Marathon
 - ⑧ Sinopec
 - ⑨ Fulcrum Bioenergy
 - ⑩ Velocys
 - ⑪ Red Rock Biofuels
 - ⑫ Syntroleum
 - ⑬ LanzaJet
 - ⑭ Byogy Renewables
 - ⑮ Vertimass
 - ⑯ GEVO
 - ⑰ GE
 - ⑱ オランダ航空 (KLM)
 - ⑲ 全日本空輸
 - ⑳ 伊藤忠商事
 - ㉑ Amyris
 - ㉒ Sky NRG
 - ㉓ コスモ石油
 - ㉔ ENEOS
 - ㉕ Enerkem
 - ㉖ SG Preston
 - ㉗ Rolls-Royce
 - ㉘ ユーグレナ
 - ㉙ 東芝
 - ㉚ ちとせ研究所
 - ㉛ Boeing
 - ㉜ Airbus
 - ㉝ Avianca Brazil
 - ㉞ 富山大学

第V編 ネガティブエミッション技術

第1章 直接空気回収 (DAC)

1. 概要

2. DAC のメリット
3. 低濃度 CO2 除去技術
 - 3.1 化学吸収液
 - 3.2 吸着
4. 業界分析
5. 国内の動向
6. 運用コスト
7. 開発動向
 - ① Climeworks
 - ② Carbon Engineering (CE)
 - ③ Global Thermostat
 - ④ Center for Negative Carbon Emissions
 - ⑤ The VTT Technical Research Center
 - ⑥ Audi
 - ⑦ One Point Five
 - ⑧ 東邦ガス
 - ⑨ IHI
 - ⑩ 日揮
 - ⑪ 神戸学院大学
 - ⑫ 九州大学
 - ⑬ 金沢大学

第2章 BECCS

1. 概要
2. BECCS プロジェクト
3. 業界分析
4. 課題
5. 開発動向
 - ① 東芝エネルギーシステムズ
 - ② シグマパワー有明
 - ③ 三菱重工エンジニアリング
 - ④ Ørsted
 - ⑤ 味の素
 - ⑥ 宇部興産
 - ⑦ 三菱地所
 - ⑧ エア・ウォーター
 - ⑨ Econic Technologies、Drax
 - ⑩ Schlumberger New Energy、Chevron Corporation、Microsoft、Clean Energy Systems