

「世界の CCS・CO₂ 分離回収技術 最新業界レポート」 目次

第1章 CCS

1. CCUS とは
2. CCS 技術
 - 2.1 概要
 - 2.2 CO₂ 排出量
 - 2.3 業界分析
 - 2.4 CCS コスト
 - 2.5 開発動向
 - ① Linde
 - ② Air Liquide
 - ③ Siemens Energy
 - ④ Royal Dutch Shell
 - ⑤ Total
 - ⑥ BP
 - ⑦ Honeywell UOP
 - ⑧ Alpek
 - ⑨ 日揮グローバル, BASF
 - ⑩ 千代田化工建設
 - ⑪ 三菱重工業
 - ⑫ 三菱重工エンジニアリング
 - ⑬ 太平洋セメント
 - ⑭ 日鉄エンジニアリング (旧;新日鉄住金エンジニアリング)
 - ⑮ 東洋エンジニアリング
 - ⑯ 大成建設
 - ⑰ 東芝エネルギーシステムズ
 - ⑱ 川崎重工業
 - ⑲ IHI
 - ⑳ Jパワー
 - ㉑ 味の素
 - ㉒ JFE エンジニアリング
 - ㉓ JFE スチール
 - ㉔ 旭化成
 - ㉕ 三井物産
 - ㉖ 三菱商事
 - ㉗ 丸紅
3. マイクロバブル技術
 - 3.1 概要
 - 3.2 CO₂ マイクロバブル貯留システム (CMS)
 - 3.3 マイクロバブル CO₂EOR・CCS
 - 3.4 開発動向
 - ① 大林組
 - ② 東京ガス
4. CCS モニタリング
 - 4.1 概要
 - 4.2 開発動向
 - ① 物理計測コンサルタント

第2章 CO₂ の分離・回収法

1. 概要
2. CO₂ の分離・回収方法の整理
3. 酸素燃焼法
 - 3.1 概要
 - 3.2 酸素燃焼法のメリット
 - 3.3 業界分析
 - 3.4 カライド酸素燃焼プロジェクト

4. CO₂ の分離・回収法のメリット・デメリット
5. CO₂ の分離・回収法のコスト
6. 世界の CO₂ 発生量と CO₂ 分離量
7. 分離法別の CO₂ 分離量・需要動向
8. 化学吸収法
 - 8.1 概要
 - 8.2 化学吸収液の種類と動向
 - 8.3 代表的な化学吸収液の項目別比較
 - 8.4 KS-1 吸収液
 - 8.5 業界分析
 - 8.6 課題
 - 8.7 開発動向
 - ① BASF
 - ② 日本 CCS 調査
 - ③ JFE エンジニアリング
 - ④ 日揮
 - ⑤ 神戸学院大学
 - ⑥ RITE
 - ⑦ ナノミストテクノロジーズ
 - ⑧ 九州大学
9. 物理吸収法
 - 9.1 概要
 - 9.2 業界分析
 - 9.3 EAGLE プロジェクト
 - 9.4 開発動向
 - ① UOP
 - ② Linde Engineering
10. 固体吸収法
 - 10.1 概要
 - 10.2 物理吸着
 - 10.3 化学吸着
 - 10.4 物理脱着と化学脱着
 - 10.5 固体吸収材による CO₂ 回収技術の開発動向
 - 10.6 開発動向
 - ① 日立製作所
 - 10.7 物理吸着法
 - 10.7.1 概要
 - 10.7.2 業界分析
 - 10.7.3 開発動向
 - ① JFE スチール
 - ② Shell
 - ③ 韓国電力公社 (KEPCO)
 - ④ SRI International
 - 10.8 化学吸着法
 - 10.8.1 概要
 - 10.8.2 業界分析
 - 10.8.3 開発動向
 - ① 川崎重工業
 - ② RITE
 - ③ Svant
 - ④ Climeworks
 - ⑤ ADA-ES
 - ⑥ TDA Research
 - ⑦ 米国エネルギー技術研究所 (NETL)
 - ⑧ NEDO
 - 10.9 PCP/MOF

- 10.9.1 概要
- 10.9.2 業界分析
- 10.9.3 MOF-74
- 10.9.4 開発動向
 - ① GS アライアンス
 - ② 日本曹達
 - ③ 東京大学
 - ④ 京都大学
 - ⑤ Atomis
 - ⑥ SyncMOF
- 10.10 ケミカルループ燃焼法
 - 10.10.1 概要
 - 10.10.2 業界分析
 - 10.10.3 炭酸塩ループ法
 - 10.10.3.1 概要
 - 10.10.3.2 業界分析
 - 10.10.3.3 開発動向
 - ① 工業技術研究院 (ITRI)
 - ② Alstom
 - ③ 伊藤忠商事, Mineral Carbonation International
 - ④ 東京ガス
 - ⑤ 出光興産, 宇部興産, 日揮
 - ⑥ 韓国電力公社 (KEPCO)
 - ⑦ 大阪ガス
- 11. 深冷分離
 - 11.1 概要
 - 11.2 業界分析
 - 11.3 開発動向
 - ① ExxonMobil
 - ② ユニオン昭和

第3章 膜分離法

- 1. 概要
- 2. CO₂ 分離膜に使用される素材と形状
- 3. 業界分析
- 4. 国内の動向
- 5. 高分子膜
 - 5.1 概要
 - 5.2 研究動向
 - 5.3 業界分析
 - 5.4 Microporous organic polymers (MOPs)
 - 5.5 MMM (Mixed-Matrix Membrane)
 - 5.6 代表的な高分子材料
 - 5.6.1 酢酸セルロース
 - 5.6.2 ポリイミド
 - 5.6.3 ポリアセチレン
 - 5.6.4 デンドリマー
 - 5.6.5 フッ素樹脂
 - 5.7 開発動向
 - ① UOP
 - ② Air Liquide
 - ③ Air Products
 - ④ MTR
 - ⑤ TDA Research
 - ⑥ 東ソー
 - ⑦ EVONIC
 - ⑧ 富士フイルム
 - ⑨ 三菱ケミカル
 - ⑩ 東洋紡

- ⑪ 日本バイリーン
- ⑫ 住友電工ファインポリマー
- ⑬ 宇部興産
- ⑭ 住友化学
- ⑮ ルネッサンス・エナジー・リサーチ
- ⑯ 神戸大学
- ⑰ 次世代型膜モジュール技術研究組合
- 6. 無機膜
 - 6.1 概要
 - 6.2 ゼオライト膜
 - 6.2.1 概要
 - 6.2.2 主なゼオライト膜の特徴
 - 6.2.2.1 SAPO-34 膜
 - 6.2.2.2 ZSM-5 膜
 - 6.2.2.3 モレキュラーシーブ
 - 6.2.2.4 DDR 膜
 - 6.2.2.5 高シリカゼオライト膜 (MSM-1)
 - 6.2.3 業界分析
 - 6.2.4 開発動向
 - ① 三菱ケミカル
 - ② 三菱ケミカル, 三井造船, 三井 E&S パワーシステムズ
 - ③ 日立造船
 - ④ 日本ガイシ
 - 6.3 シリカ膜
 - 6.3.1 概要
 - 6.3.2 業界分析
 - 6.3.3 開発動向
 - ① 三菱ケミカル
 - ② Pervatech
 - ③ eSep
 - 6.4 炭素膜
 - 6.4.1 概要
 - 6.4.2 業界分析
 - 6.4.3 開発動向
 - ① 東レ
 - ② Compact Membrane Systems (CMS)
 - 6.5 イオン性液体膜
 - 6.5.1 概要
 - 6.5.2 業界分析

第4章 天然ガス

- 1. 概要
- 2. 天然ガス精製
- 3. 天然ガスプラントにおける CO₂ 分離回収方法
 - 3.1 吸収法
 - 3.2 吸着分離法
 - 3.3 膜分離法
 - 3.4 深冷分離法
- 4. 天然ガス中からの不純物として含まれる硫化水素の除去
- 5. 天然ガス中からのヘリウム分離・精製
- 6. 業界分析
- 7. 天然ガス応用分野で製品化された膜材料
 - 7.1 概要
 - 7.2 業界分析
 - 7.3 開発動向
 - ① 日揮グローバル, 日本ガイシ
 - ② INPEX
 - ③ 東洋エンジニアリング

- ④ 三菱ケミカル
- ⑤ Carbon Upcycling Technologies

第5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6章 石炭ガス化複合発電 (IGCC)

1. 概要
2. IGCCの特徴
3. ガス精製設備
4. 湿式ガス精製方式
5. 乾式ガス精製方式
6. 業界分析

第7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

第8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
7. Power to Gas (P2G)
 - 7.1 概要
 - 7.2 業界分析
 - 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, 太陽日酸, 神鋼環境ソリューション, 日本シッパヤード
 - ③ 関西電力
 - ④ 三菱重工業
 - ⑤ ENEOS
 - ⑥ Air Liquide, 伊藤忠商事
 - ⑦ 住友商事
 - ⑧ 日立造船
 - ⑨ 千代田化工建設
 - ⑩ 早稲田大学
8. メタネーション
 - 8.1 概要
 - 8.2 業界分析
 - 8.3 企業動向
 - ① 大阪ガス
 - ② INPEX (旧:国際石油開発帝石)
 - ③ 東芝
 - ④ IHI グループ
 - ⑤ 日立造船
 - ⑥ 産業技術総合研究所
 - ⑦ Audi
 - ⑧ MAN Energy Solutions
 - ⑨ 岩谷産業
 - ⑩ JFE エンジニアリング
9. 水素製鉄法
 - 9.1 概要
 - 9.2 業界分析
 - 9.3 COURSE50
 - 9.4 欧州の取り組み
 - 9.5 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9章 世界の CCS 産業

1. 米国

- 1.1 概要
- 1.2 45Q 税控除
- 1.3 CO2EOR
- 1.4 米国エネルギー省 (DOE)
- 1.5 カリフォルニア州
- 1.6 Petra Nova Carbon Capture プロジェクト
- 1.7 水素戦略
- 1.8 開発動向
 - ① Exxon Mobil
 - ② Chevron
 - ③ Summit Agricultural Group
 - ④ Venture Global LNG
 - ⑤ NextDecade, Oxy Low Carbon Ventures
 - ⑥ Valero Energy Corporation, BlackRock Global Energy

& Power Infrastructure Fund III

- ⑦ Fluor Corporation
- ⑧ Lafarge Holcim
- ⑨ Fairway Methanol
- ⑩ 三菱重工業
- ⑪ DOE, Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)
- ⑫ Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL)
- ⑬ Aemetis
- ⑭ International CCS Knowledge Centre

2. カナダ

- 2.1 概要
- 2.2 Alberta Carbon Trunk Line (ACTL)
- 2.3 Weyburn-Midale CO2 Monitoring and Storage プロジェクト
- 2.4 Quest CCS プロジェクト
- 2.5 Boundary Dam プロジェクト
- 2.6 水素戦略
- 2.7 開発動向
 - ① Carbon Engineering
 - ② 三菱重工業
 - ③ Proton Technologies

3. EU

- 3.1 概要
- 3.2 水素戦略

4. ノルウェー

- 4.1 概要
- 4.2 Northern Lights Project
- 4.3 水素戦略
- 4.4 開発動向
 - ① Klavness Combination Carriers
 - ② Elkem
 - ③ Baker Hughes
 - ④ Equinor, Shell, Total
 - ⑤ Climeworks
 - ⑥ Equinor

- ⑦ Equinor (旧 Statoil)
- ⑧ 三菱重工エンジニアリング
- ⑨ Wilhelmsen

5. スウェーデン

- 5.1 概要
- 5.2 動向
 - ① Preem
 - ② Cementa

6. デンマーク

- 6.1 概要
- 6.2 開発動向
 - ① デンマーク沖合 CO2 貯留コンソーシアム
 - ② Orsted
 - ③ FLSmidth
 - ④ デンマーク工科大学 (DTU)

7. オランダ

- 7.1 概要
- 7.2 Porthos プロジェクト
- 7.3 Athos プロジェクト
- 7.4 開発動向
 - ① Neptune Energy

8. ドイツ

- 8.1 概要
- 8.2 LEILAC (Low Emissions Intensity Lime And Cement) プロジェクト

8.3 ALIGN CCUS

8.4 水素戦略

- 8.4.1 概要
- 8.4.2 Power to Gas
- 8.4.3 水電解装置に関するプロジェクト
- 8.4.4 h2 Herten
- 8.4.5 Baden-Württemberg (BW) 州

8.5 開発動向

- ① FNB ガス (ガス輸送管企業協会)
- ② Salzgitter
- ③ Sunfire
- ④ Vattenfall
- ⑤ Gasunie
- ⑥ Amprion, Open Grid Europe
- ⑦ TenneT, Gasunie, Tyssengas
- ⑧ Audi
- ⑨ Siemens
- ⑩ BASF
- ⑪ ThyssenKrupp
- ⑫ RWE

9. 英国

- 9.1 概要
- 9.2 HyNet
- 9.3 UK Research and Innovation (UKRI)
- 9.4 開発動向
 - ① BP, Eni, Equinor, National Grid, Shell, Total
 - ② Swansea University
 - ③ SSE Thermal
 - ④ 三井物産
 - ⑤ Promethean Particles

10. フランス

- 10.1 概要
- 10.2 Dinamx プロジェクト
- 10.3 水素戦略

- 11. 中国
 - 11.1 概要
 - 11.2 中国のCCUS ロードマップ
 - 11.3 国華電力のCCS モデルプロジェクト
 - 11.4 神華集団のCCS プロジェクト
 - 11.5 開発動向
 - ① 中国石油天然気集団 (CNPC)
 - ② 中国石油化工集団
 - ③ 国家エネルギー集団
 - ④ 中国華能集団
 - ⑤ Glencore
 - ⑥ 華能電力集団
 - 11.6 中国の水電解装置
 - 11.6.1 概要
 - 11.6.2 開発動向
 - ① 山東賽克賽斯水素エネルギー (Shandong Saikesaisi Hydrogen Energy)
 - ② 宝豊エネルギー集団 (Baofeng Energy)
 - ③ 中国船舶重工集団公司 (CSIC)
 - ④ 蘇州競立制水素設備 (Suzhou jingli)
 - ⑤ 武漢水素陽エネルギー (Hynertech)
 - ⑥ 南通久格水素エネルギー (Joge Hydrogen Energy)
- 12. インド
 - 12.1 概要
 - 12.2 水素戦略
 - 12.3 開発動向
 - ① Bharat Heavy Electricals
 - ② 米国エネルギー省・国家炭素回収センター (NCCC)
- 13. インドネシア
 - 13.1 概要
 - 13.2 水素戦略
 - 13.3 開発動向
 - ① JOGMEC, 三菱商事
 - ② 石油資源開発
 - ③ 東芝エネルギーシステムズ
- 14. サウジアラビア
 - 14.1 概要
 - 14.2 水素戦略
 - 14.3 開発動向
 - ① Saudi Aramco, 日本エネルギー経済研究所, 三菱商事
 - ② 現代重工業グループ
 - ③ Air Products, ACWA Power, NEOM
 - ④ SABIC, 三菱商事, 日揮ホールディングス, 三菱重工, 三菱造船, 宇部興産
- 15. オーストラリア
 - 15.1 概要
 - 15.2 Gorgon LNG Project
 - 15.3 Wheatstone LNG Project
 - 15.4 Ichthys LNG Project
 - 15.5 水素戦略
 - 15.6 開発動向
 - ① Transborder Energy
 - ② Calix
 - ③ Santos
 - ④ Woodside Petroleum
 - ⑤ Queensland University of Technology (QUT)
 - ⑥ CO2CRC
 - ⑦ JOGMEC
 - ⑧ 川崎重工業, 電源開発 (J パワー), 岩谷産業, 丸紅, 豪 AGL Energy, 住友商事
 - ⑨ J パワー
 - ⑩ Hydrogen Park SA (HyPSA)
 - ⑪ INPEX (旧; 国際石油開発帝石)
 - ⑫ 住友商事
 - ⑬ 三菱重工業
- 16. 韓国
 - 16.1 概要
 - 16.2 水素戦略
 - 16.3 開発動向
 - ① 韓国産業通商資源部
 - ② POSCO
 - ③ SK innovation, SK energy
 - ④ SK グループ
 - ⑤ Lotte Chemical
 - ⑥ 韓国石油公社 (KNOC)
 - ⑦ ハンファ総合化学
- 17. 日本
 - 17.1 概要
 - 17.2 CCS
 - 17.3 苫小牧における CCS 大規模実証試験
 - 17.4 大崎クールジェンプロジェクト