

# 「光触媒/光半導体を利用した人工光合成」

## 目次

### 序 人工光合成が拓く Green Sustainable Technology～世界に先んずる技術確立を～ 瀬戸山 亨 / 堂免 一成

1. 気候変動問題の深刻化
2. CO<sub>2</sub> 排出削減の対策
3. 水素社会を目指して
4. おわりに

### 第1編 光合成から人工光合成へ

#### 第1章 光合成の歴史—人工光合成を実現するために光合成から何を学ぶか？ 反応メカニズムの解明の底から期待されるもの 井上 晴夫

1. 光合成の歴史
2. 光合成のポイント
3. 人工光合成とは：その定義
4. 近代の人工光合成研究の始まり
5. 人工光合成へのアプローチ
6. 光合成から学ぶ人工光合成
7. 人工光合成では何がボトルネック課題なのか？ Photon-flux-density problem をいかにして解決するのか？ 保護機能の構築をどうするか？ コラム 太陽光の放射エネルギー分布と光子数分布
8. 天然の光合成のすごさ、不思議
9. 人工光合成が取り組むべき課題とは
10. おわりに

#### 第2章 光化学系 I 塚谷 祐介 / 民秋 均

1. はじめに
2. 光化学系反応中心
3. OP 生物の光化学系 I
4. AP 生物の系 I 型反応中心
5. 応用を志向した光化学系 I 研究

#### 第3章 光化学系 II 沈 建仁

1. はじめに
2. PS II の全体構造
3. PS II の電子伝達系
4. Mn<sub>4</sub>CaO<sub>5</sub> クラスターの構造
5. 水分解の反応機構
6. おわりに

#### 第4章 不均一系光触媒反応による水と二酸化炭素資源化の研究の歴史と課題 高島 舞 / 大谷 文章

1. はじめに
2. 不均一系光触媒反応による人工光合成研究の端緒
3. 人工光合成のための助触媒材料と作用機構の解明
4. 高効率化のための光触媒材料の探索
5. 他の人工光合成系との比較
6. 人工光合成の反応機構の解明
7. まとめ

#### 第5章 酸化半導体光触媒による紫外線照射下での H<sub>2</sub>O 完全分解反応の現状 酒多 喜久

1. はじめに

#### 2. H<sub>2</sub>O 完全分解反応に対する高活性化を目指した Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 光触媒への修飾効果の検討

3. SrTiO<sub>3</sub> 光触媒の H<sub>2</sub>O 完全分解反応に対する高活性化の取り組み
4. おわりに

#### 第6章 酸化半導体光電極触媒と色素増感光電極を複合したタンデムセルによる太陽光水分解 荒川 裕則

1. はじめに
2. 太陽光水分解プロセスの種類と特徴
3. 酸化半導体光電極触媒と色素増感光電極を複合したタンデムセルによる太陽光水分解
4. おわりに

### 第2編 材料・システム創製

#### 第1章 天然—人工ハイブリッド光合成系の作製—光合成タンパク質を生体外で動かす 伊藤 繁 / 野地 智康

1. 天然の光合成系は美しい完成型
2. 天然光合成系を生体外で動かせるには
3. シリカメソ多孔体
4. 好熱性紅色光合成細菌の光捕集たんぱく質複合体 LH2 の FSM への導入
5. 紅色光合成細菌反応中心複合体 p RC の FMS への導入
6. シリカ細孔内への吸着の特性
7. より大きな植物型光合成反応中心の SBA23 への導入
8. 酸素発生をする PS II 複合体の SBA23 内への導入
9. 貫通シリカ細孔を持つアルミナ基盤 (PAP) への PS I の導入
10. ホウ素ケイ酸ガラス板 (PGP) 内に作られた細孔への PS II の導入と反応
11. 微小空間の特徴を利用した酸素大気下でのヒドロゲナーゼによる H<sub>2</sub> 発生
12. 色を変える PGP —センサータンパク質の導入
13. まとめ —新たな分子反応環境と人工光合成

#### 第2章 ヘテロシスト形成型シアノバクテリアを利用した光生物学的な水素生産法 井上 和仁

1. はじめに
2. 光合成の電子伝達系
3. ヘテロシスト形成型シアノバクテリア
4. ヒドロゲナーゼとニトロゲナーゼ
5. 遺伝子工学によるシアノバクテリアの改良
6. 水素バリア性プラスチック素材を利用したバイオリアクター
7. 今後の課題

#### 第3章 錯体化学的アプローチ 1—CO<sub>2</sub> 還元反応 倉持 悠輔 / 石谷 治

1. はじめに
2. η<sup>1</sup>-CO<sub>2</sub> 付加錯体と触媒活性
3. CO<sub>2</sub> 還元における光触媒反応と電気化学触媒反応の比較
4. 半導体と金属錯体のハイブリッド光触媒
5. 今後の課題

#### 第4章 錯体化学的アプローチ 2 —酸素発生反応 近藤美欧 / 正岡 重行

1. はじめに
2. ルテニウム二核錯体触媒
3. ルテニウム単核錯体触媒
4. 第一遷移金属錯体触媒
5. おわりに

#### 第5章 光合成の光捕集アンテナの組織化と機能拡張 出羽 毅久

1. はじめに
2. 脂質膜へのLH1-RCとLH2のドメイン選択的な二次元組織化
3. 繋ぎ止め脂質二分子膜中へのLH2およびLH1-RCの組織化
4. 光捕集アンテナ LH2 の機能拡張
5. おわりに

#### 第6章 メソポーラス有機シリカを用いた人工光合成の構築 稲垣 伸二

1. はじめに
2. PMOと光捕集アンテナ機能
3. PMOを利用した固体分子系光触媒の構築
4. 今後の展開

### 第3編 光半導体的アプローチ

#### 第1章 バンドエンジニアリングによる酸化半導体光触媒の開発 工藤 昭彦 / 岩瀬 顕秀 / 高山 大鑑

1. はじめに
2. 水分解反応に活性なワイドバンドギャップ金属酸化半導体光触媒の可視光応答化のためのバンドエンジニアリング
3. バンドエンジニアリングによって開発された可視光応答性金属酸化半導体光触媒
4. 可視光応答性金属酸化半導体光触媒を用いたソーラー水分解系の構築
5. おわりに

#### 第2章 光半導体バンドエンジニアリング—酸化半導体、酸硫化物、カルコゲナイド系 久富 隆史 / 堂免 一成

1. 可視光応答性光触媒材料開発の必要性
2. 可視光応答性光触媒材料としての酸化半導体、酸硫化物、カルコゲナイド
3. 酸化半導体光触媒粉末による可視光水分解反応
4. 酸硫化物および酸化半導体粉末光電極を用いた可視光水分解反応
5. カルコゲナイド薄膜光電極を用いた可視光水分解反応

#### 第3章 可視光利用のための半導体バンドエンジニアリング—オキシナイトライド、オキシハライド、カルコハライド系— 阿部 竜

1. はじめに
2. なぜ可視光利用が必要なのか、なぜ困難なのか
3. 可視光利用のためのミックスアニオン導入：原理と課題
4. オキシナイトライドの二段階励起型水分解の応用
5. オキシハライドおよびカルコハライドにおける連続的バンド制御

#### 6. 安定な新規オキシハライド光触媒

#### 第4章 酸化半導体光触媒および光電極を用いた水素および有用化学品製造 佐山 和弘

1. はじめに
2. レドックス媒体を用いた光触媒—電解ハイブリッドシステム
3. 高性能な酸化半導体光電極による太陽光水素製造
4. 酸化半導体光電極による水素と有用化成品の同時製造
5. おわりに

#### 第5章 光半導体による水分解の反応機構—時間分解分光測定を用いた光触媒のキャリアーダイナミクス— 山方 啓

1. はじめに
2. 光励起キャリアーのエネルギー状態と減衰過程の観察
3. 単結晶の光触媒材料における光励起キャリアーの挙動
4. 構造の異なる2種類の粉末光触媒材料における光励起キャリアーの挙動
5. SrTiO<sub>3</sub>粉末の粒子の形態の違いによる影響
6. まとめ

### 第4編 実用化に向けた取り組み

#### 第1章 光電気化学セル型人工光合成の取り組み 御子柴 智 / 小野 昭彦 / 田村 淳 / 菅野 義経 / 北川 良太 / 首藤 直樹

1. はじめに
2. 光電気化学セル方式人工光合成
3. 多電子還元触媒の開発
4. プラントシステムの評価について
5. まとめ

#### 第2章 藻類培養におけるCO<sub>2</sub>利用 藤田 朋宏 / 星野 孝仁

1. はじめに
2. 光合成効率の理論値および光合成による最大CO<sub>2</sub>利用量
3. 植物によるCO<sub>2</sub>利用
4. 開放型システムを用いた藻類培養におけるCO<sub>2</sub>利用
5. 閉鎖型培養システムを用いた藻類培養におけるCO<sub>2</sub>利用
6. 総括

#### 第3章 人工光合成プロジェクト 瀬戸山 亨

1. はじめに
2. 可視光応答型水分解触媒によるソーラー水素の製造
3. 水素 / 酸素混合ガスからの水素の安全分離
4. CO<sub>2</sub> (またはCO) とソーラー水素からの低級オレフィンの革新技術
5. 事業化に向けた取り組み

### 第5編 世界の動向 久富 隆史

1. はじめに
2. ソーラー水素のコストターゲット
3. アメリカにおける人工光合成研究
4. 欧州における人工光合成研究
5. 中国における人工光合成研究

## 第6編 将来技術への展望 —人工光合成がヒト・環境にもたらすもの

### 第1章 学の視点：知の創造（Creation）と価値の創造（Innovation） 井上 晴夫

1. はじめに
2. 再生可能エネルギー因子の視点
3. 人工光合成実現のタイムラインは？
4. 次世代へのバトンを渡す
5. 知の創造（Creation）と価値の創造（Innovation）の視点

### 第2章 産の視点：技術の合理的方向性と経済的必然性の観点 瀬戸山 亨

1. はじめに
2. CO2削減対策の現状
3. 人工光合成活用のための環境づくり
4. 光半導体触媒、錯体触媒による人工光合成
5. 人工光合成のためのインフラ整備
6. ソーラー水素の利用
7. おわりに

※ 2016年12月現在。変更の可能性があります