

～"人工光合成"は日本の将来の経済力維持・発展に寄与できる可能性を十分に有しており、着実かつ積極的な技術開発が待望される。～

この意思の基に、多方面の最新技術を集め
『人工光合成』をより実現可能な未来へと導く一冊。

光触媒／光半導体を利用した 人工光合成

— 最先端科学から実装技術への発展を目指して —

■ 発刊 2017年1月 ■ 体裁 B5判 250頁 ■ 定価 本体40,000円+税 ■ ISBN 978-4-86043-477-9

概要 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～
- ◆ 第1編… 光合成から人工光合成へ
- ◆ 第2編… 材料・システム創製
- ◆ 第3編… 光半導体的アプローチ
- ◆ 第4編… 実用化に向けた取り組み—人工光合成がヒト・環境にもたらすもの
- ◆ 第5編… 世界の動向
- ◆ 第6編… 将来技術への展望

監修者 堂免一成／東京大学 瀬戸山亨／株式会社三菱化学科学技術研究センター

執筆者(執筆順)

瀬戸山亨 株式会社三菱化学
科学技術研究センター
堂免一成 東京大学
井上晴夫 首都大学東京
塚谷祐介 東京工業大学
民秋 均 立命館大学
沈 建仁 岡山大学
高島 舞 北海道大学
大谷文章 北海道大学

酒多喜久 山口大学
荒川裕則 東京理科大学名誉教授
伊藤 繁 名古屋大学名誉教授
野地智康 大阪市立大学
井上和仁 神奈川大学
倉持悠輔 東京理科大学
石谷 治 東京工業大学
正岡重行 大学共同利用機関法人
自然科学研究機構
近藤美欧 大学共同利用機関法人
自然科学研究機構

出羽毅久 名古屋工業大学
稲垣伸二 株式会社豊田中央研究所
工藤昭彦 東京理科大学
岩瀬顕秀 東京理科大学
高山大鑑 東京理科大学
久富隆史 東京大学
阿部 竜 京都大学
佐山和弘 国立研究開発法人
産業技術総合研究所
山方 啓 豊田工業大学
御子柴智 株式会社東芝

小野昭彦 株式会社東芝
田村 淳 株式会社東芝
菅野義経 株式会社東芝
北川良太 株式会社東芝
首藤直樹 株式会社東芝
藤田朋宏 株式会社ちとせ研究所
星野孝仁 株式会社ちとせ研究所

株式会社 エヌ・ティー・エス 行 FAX:047-314-0810

年 月 日

「光触媒／光半導体を利用した人工光合成」を()部申し込みます。

申込要領

■直接小宛宛にFAX、郵便またはホームページにてお申し込み下さい。なお、送料は無料です(国内に限ります)。

■お支払い方法
商品到着後、銀行振込、郵便振替、カードにてお支払い下さい(一部カード会社によってはリボルビングや分割払いがご利用頂けない場合がございます)。

■お申し込みお問い合わせ先
(株)エヌ・ティー・エス 営業部

株式会社 エヌ・ティー・エス
◆市川AIセンター
〒272-0023
千葉県市川市南八幡4-3-3 武蔵ビル4F
TEL 047-314-0801 FAX 047-314-0810
<http://www.nts-book.co.jp>

購入
申込
書

団体名	TEL	
	FAX	
所在地	□□□-□□□□	
購入希望 部 署	氏名	
e-mail		
申込担当 部 署	氏名	
e-mail		
通信欄	NTS 担当者	

ここに記入いただいた個人情報は、下記目的のために利用されます。

(1)お客様との契約の履行、管理 (2)新規書籍及びセミナーの紹介等、当社の営業内容の紹介 (3)お客様に有用と思われる当社提携先の書籍・サービス等の紹介
尚、弊社における「個人情報の取扱いについて」及び「個人情報保護方針」については弊社HPをご覧ください。

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／株式会社三菱化学科学技術研究センター
堂免一成／東京大学》

1. 気候変動問題の深刻化
2. CO₂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／首都大学東京》

1. 光合成の歴史
2. 光合成のボイント
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？
コウム 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／東京工業大学、民秋 均／立命館大学》

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／岡山大学》

1. はじめに
2. PSⅡの全体構造
3. PSⅡの電子伝達系
4. Mn₄CaO₅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／北海道大学》

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 H₂O完全分解反応の現状

……《酒多喜久／山口大学》

1. はじめに
2. H₂O完全分解反応に対する高活性化を目指した
Ga₂O₃光触媒への修飾効果の検討
3. SrTiO₃光触媒のH₂O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

……《荒川裕剛／東京理科大学名誉教授》

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／名古屋大学名誉教授、
野地智康／大阪市立大学》

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pRC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PSⅡ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
PSⅠ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
PSⅡ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H₂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／神奈川大学》

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―CO₂還元反応

……《倉持悠輔／東京理科大学、石谷 治／東京工業大学》

1. はじめに
2. η¹-CO₂付加錯体と触媒活性
3. CO₂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

……《近藤美歌、正岡重行
／大学共同利用機関法人自然科学研究機構》

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／名古屋工業大学》

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／株式会社豊田中央研究所》

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／東京理科大学》

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物
光触媒の可視光応答性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物光触媒
4. 可視光応答性金属酸化物光触媒を用いた
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

―酸化窒化物、酸化硫化合物、カルコゲナイド系―

……《久富隆史、堂免一成／東京大学》

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窒化物、酸化硫化合物、
カルコゲナイド
3. 酸化窒化物光触媒粉末による可視光水分解反応
4. 酸化硫化合物および酸化窒化物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／京都大学》

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／国立研究開発法人産業技術総合研究所》

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／豊田工業大学》

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. SrTiO₃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／株式会社東芝》

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CO₂利用

……《藤田朋宏、星野孝仁／株式会社ちとせ研究所》

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CO₂利用量
3. 植物によるCO₂利用
4. 開放型システムを用いた藻類培養におけるCO₂利用
5. 閉鎖型培養システムを用いた藻類培養における
CO₂利用
6. 総括

第3章 人工光合成プロジェクト

……《瀬戸山 亨／株式会社三菱化学科学技術研究センター》

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. CO₂(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／東京大学》

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／首都大学東京》

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／株式会社三菱化学科学技術研究センター》

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