

Thanks to Klaus Lips,  
Prof. Thomas Moore



The translation of the German phrase on the Cartoon is: "this is how we live, this is how we live, forever..."

第1回フォーラム:人工光合成

January 27 , 2012

JST ホール

# 人工光合成の課題と 人工光合成フォーラムへの 期待

首都大学東京 戦略研究センター

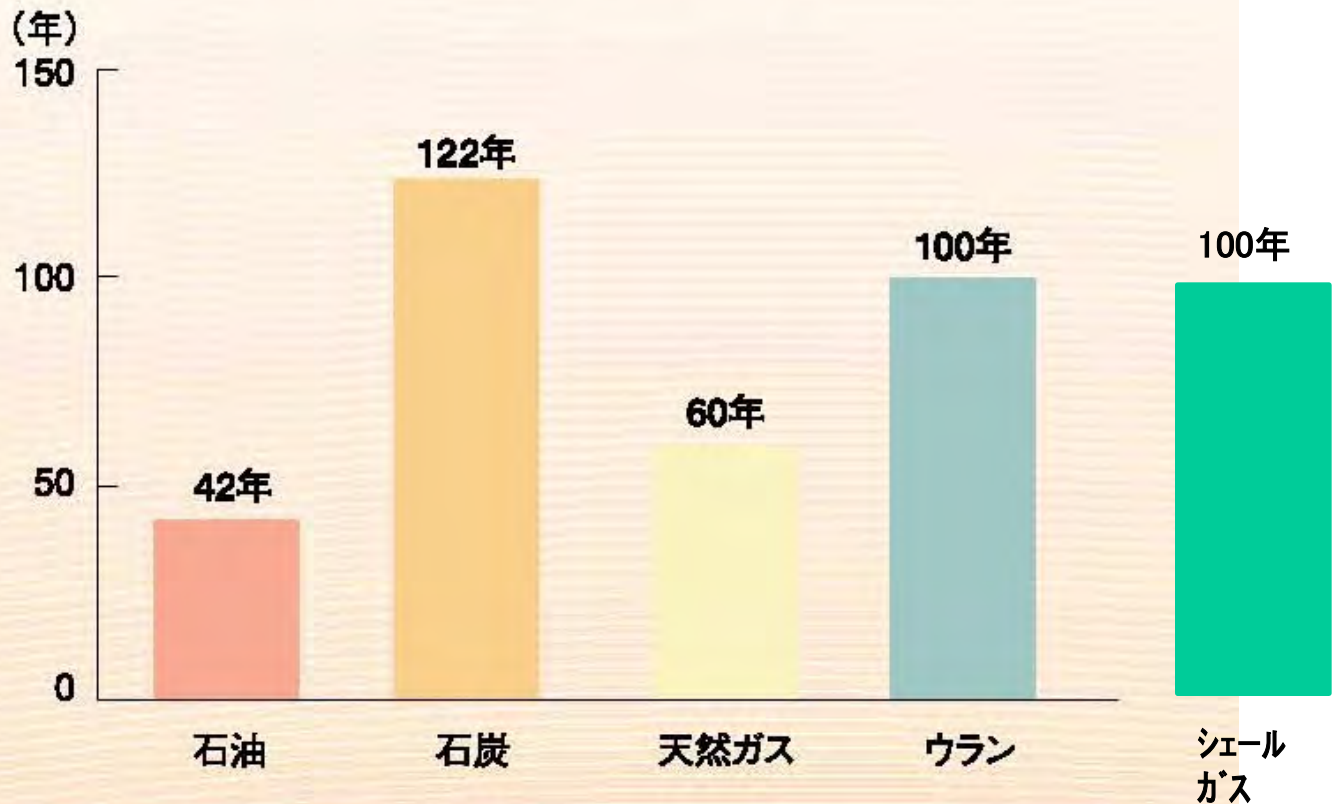
井上 晴夫

# 化石燃料は限りある資源

## ■ 世界のエネルギー資源可採年数2008 (図-18)

出所:BP統計2009 (石油、天然ガス、石炭:2008)

OECD/NEA-IAEA Uranium 2007 (ウラン2007年)



$$\text{可採年数} = \frac{\text{確認可採埋蔵量}}{\text{年間生産量}}$$

# 太陽光エネルギー (J/Year)

- ・ 地球表面への照射量  $3.0 \times 10^{24}$   **$1 \times 10^4$**
- ・ 人類のエネルギー消費量  $3.0 \times 10^{20}$  **1**
- ・ 光合成量(地球の総量)  $3.0 \times 10^{21}$  **10**
- ・ 全化石資源量 太陽光10日分 **300**  
**~400**

# ↑エネルギー資源の予測

太陽光:  $1.2 \times 10^5$  TW  
人類の使用エネルギー  
: 15 TW

人工光合成は次世代エネルギーの本命

環境軸

## 人工光合成

太陽光エネルギーを物質  
(水素や炭水化物)に化学変換して貯蔵。  
必要な時に必要な量を取り出せる。

## 太陽電池 Si など

色素増感 有機薄膜 など  
太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換

## 原子力

夜間電力の化学変換

## 石油

化石資源

時間軸

# ↑エネルギー資源の予測

太陽光:  $1.2 \times 10^5$  TW  
人類の使用エネルギー  
: 15 TW

人工光合成は次世代エネルギーの本命

環境軸

## 人工光合成

太陽光エネルギーを物質  
(水素や炭水化物)に化学変換して貯蔵。  
必要な時に必要な量を取り出せる。

太陽電池 Si など

色素増感 有機薄膜 など

太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換

電池でジャンボ機を飛ばしたい？

# お手本となる光合成



図4-1 山の上に飛び上がる「光合成」と山の上からすべり落ちる「燃焼」

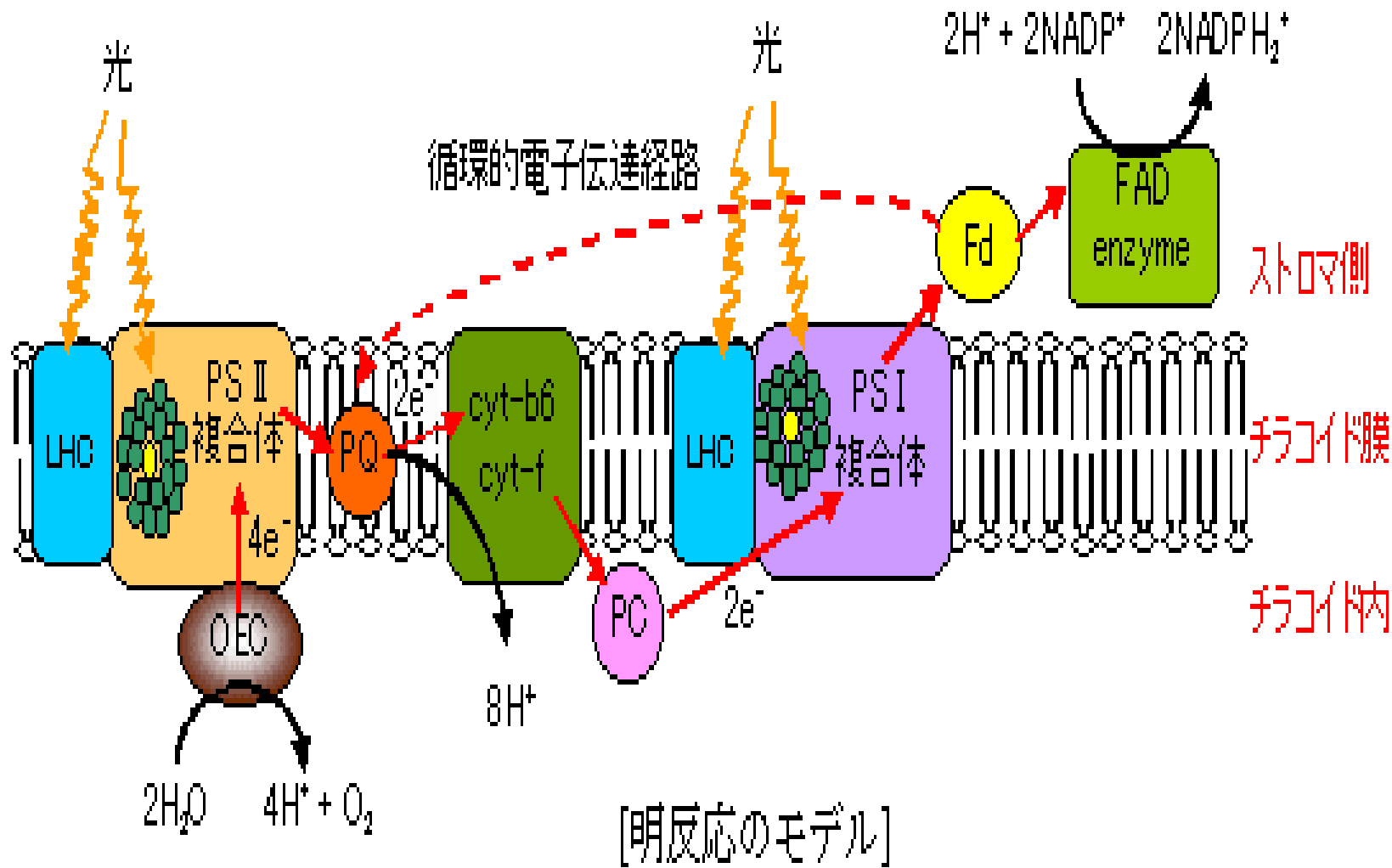
1) 自然を理解する

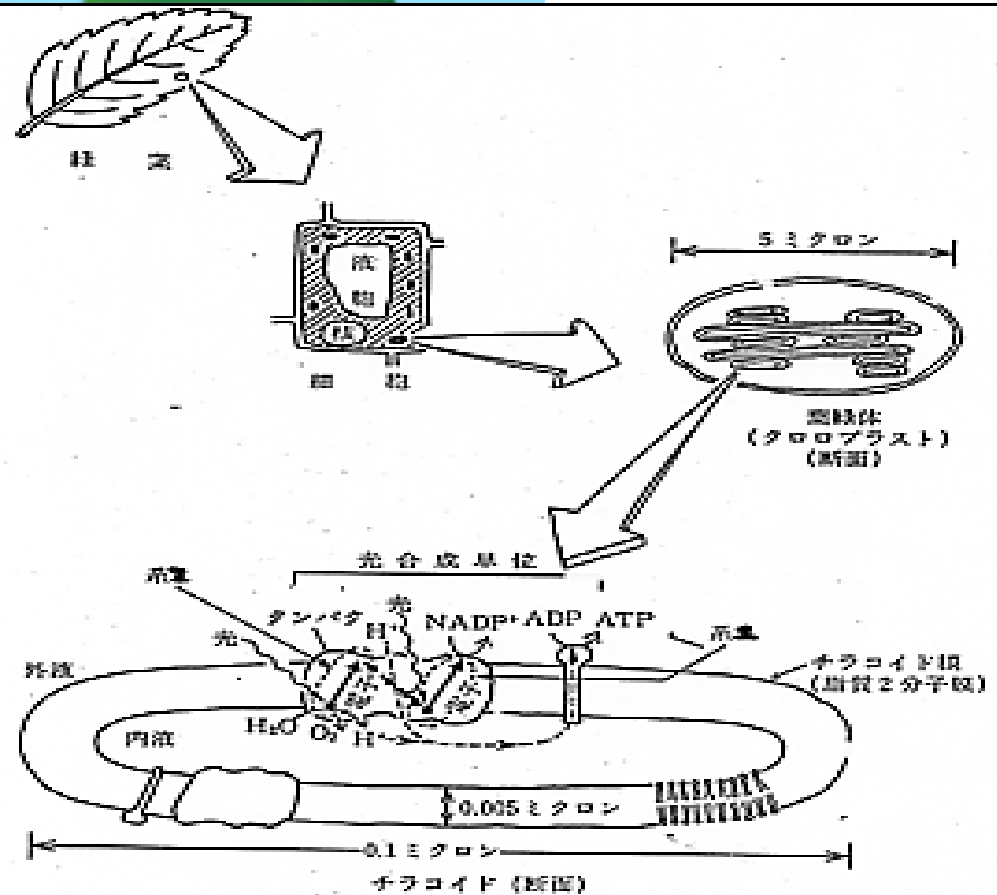
2) 自然に学ぶ、真似る

---

3) 自然を超える

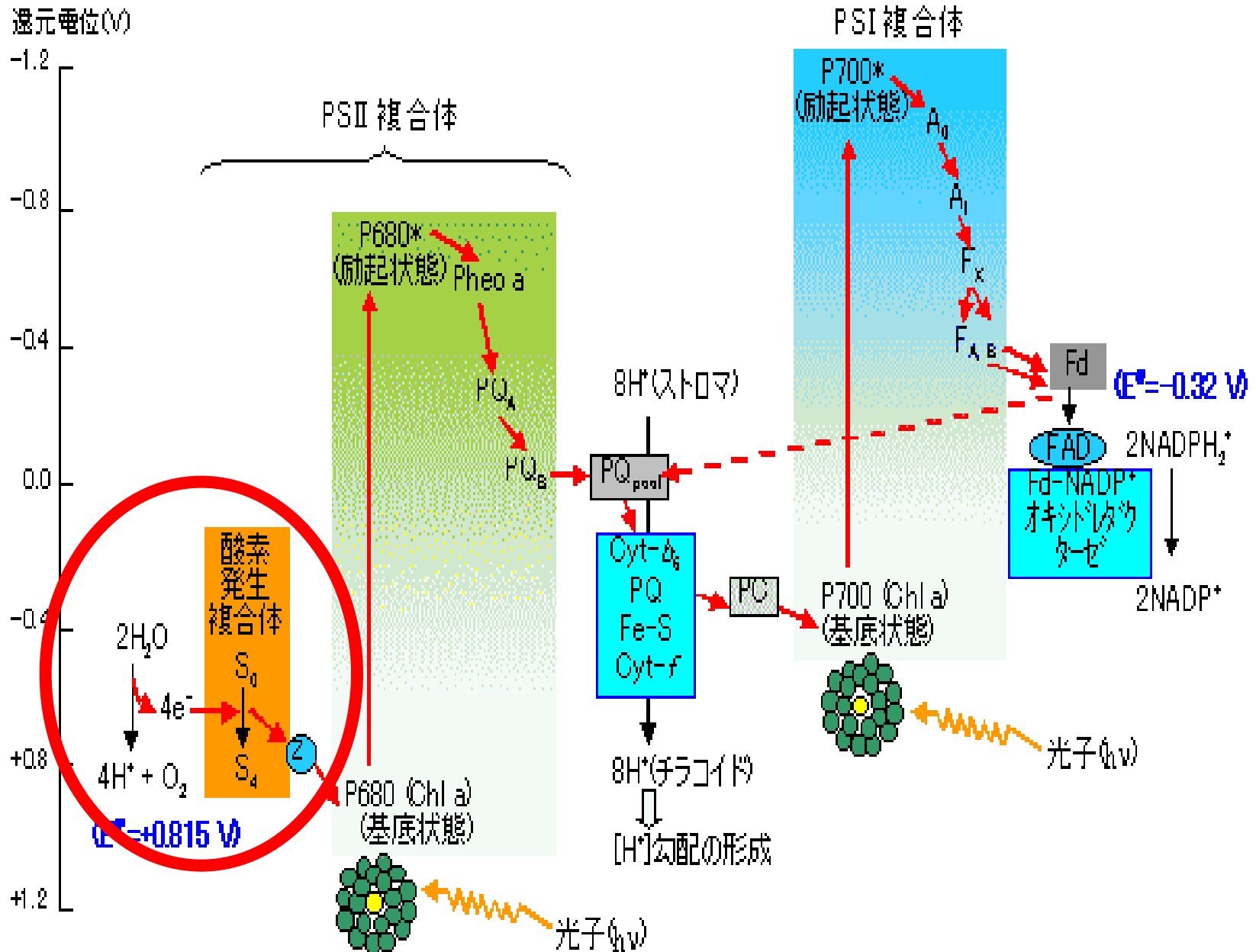






光合成の起こる場所。  
 1個のチラコイドには約200個の光合成単位が組みこまれ、  
 1グラムの緑葉には約1000兆個の光合成単位が含まれる。

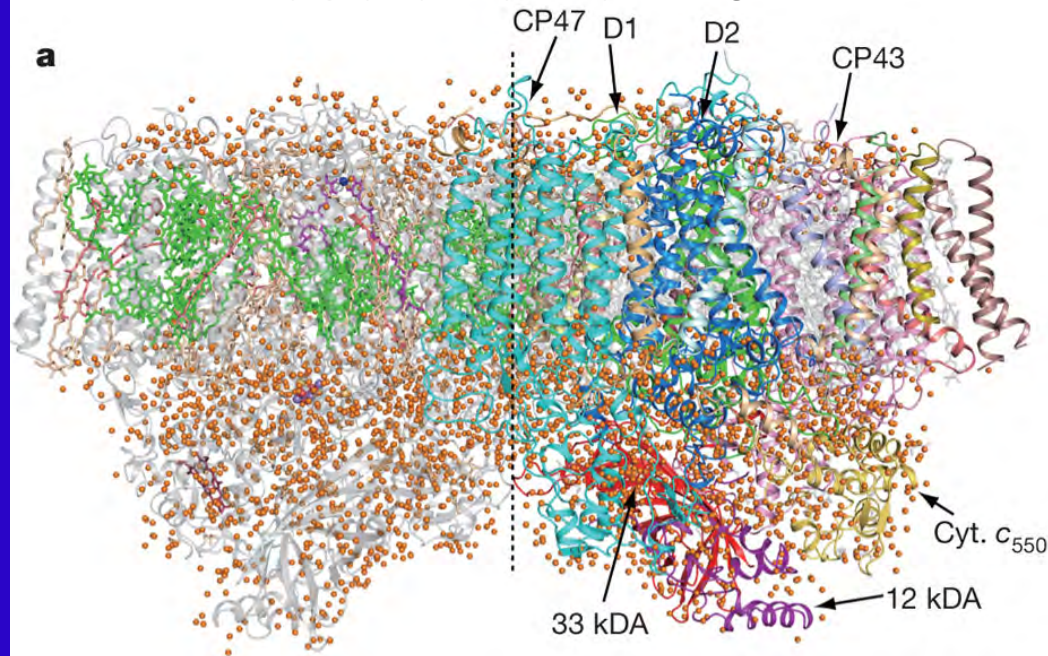
# 光エネルギーで電子をくみ上げる



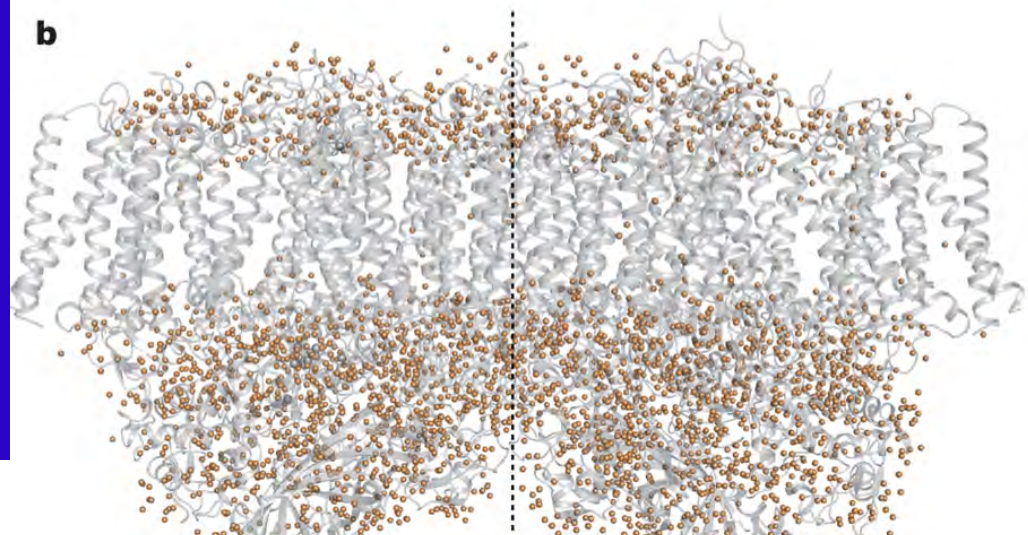
# Overall structure of PSII dimer from *T. vulcanus* at a resolution of 1.9 Å.

世界を  
主導する  
日本(1)

Science誌  
2011年  
10大  
ニュース



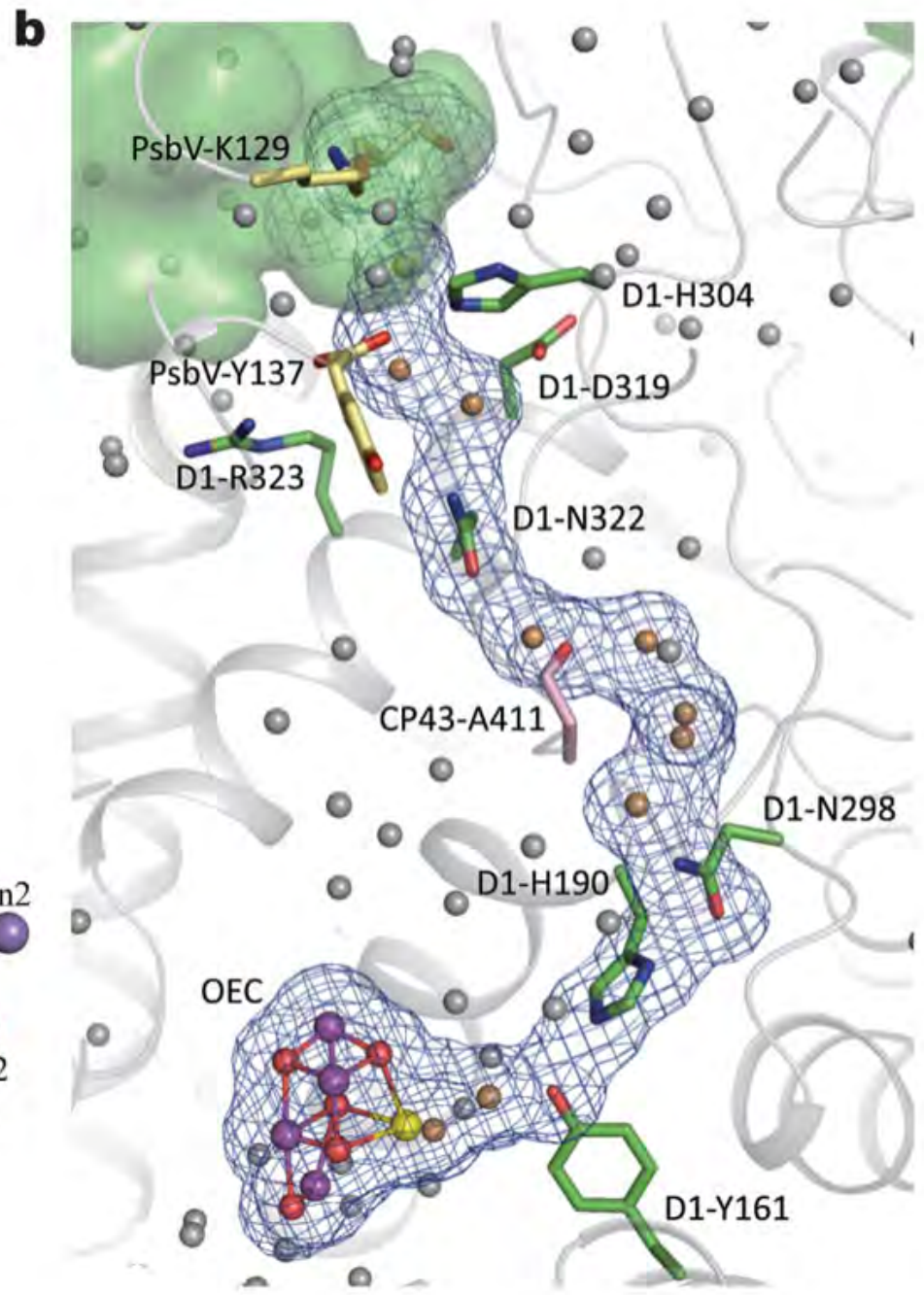
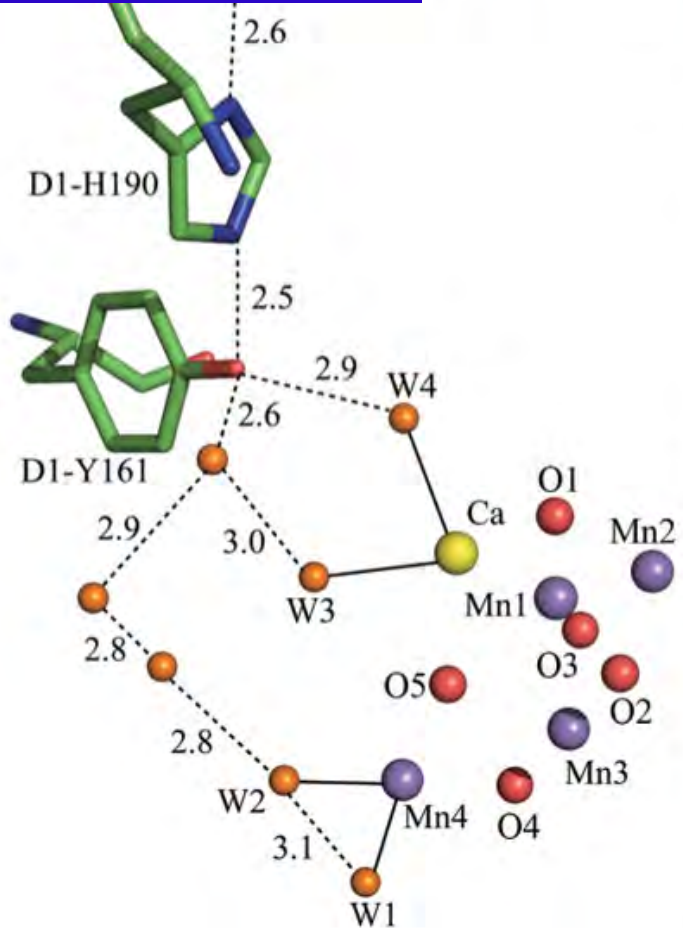
梅名  
川上  
沈  
神谷



nature

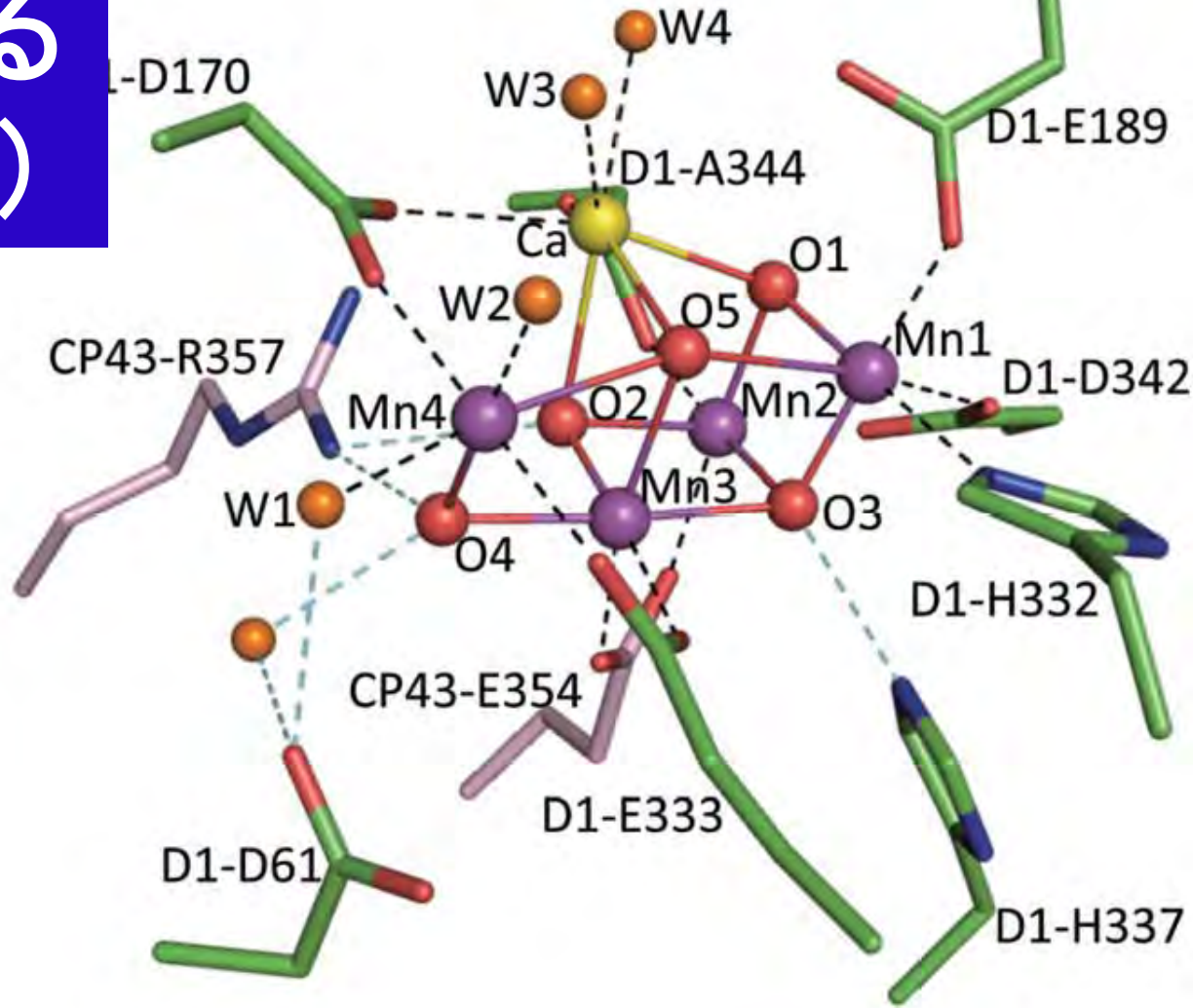
Y Umena et al. *Nature* 437, 55 (2011)

# 世界を 主導する 日本(1)



# 世界を 主導する 日本(1)

1.9 Å の空間分解能での光合成中心 PSII 酸素発生中心  
 $\text{Mn}_4\text{CaO}_5$  の構造を説明



Yasufumi Umena, Keisuke Kawakami,  
Jian-Ren Shen, Nobuo Kamiya, *Nature*, 437, 55 (2011)

# 世界を 主導する 日本(1)

1.9 Å の空間分解能での光合成中心 PSII 酸素発生中心  
 $Mn_4CaO_5$  の構造を解明



## Breakthrough of the Year 2011

### 特別シンポジウム

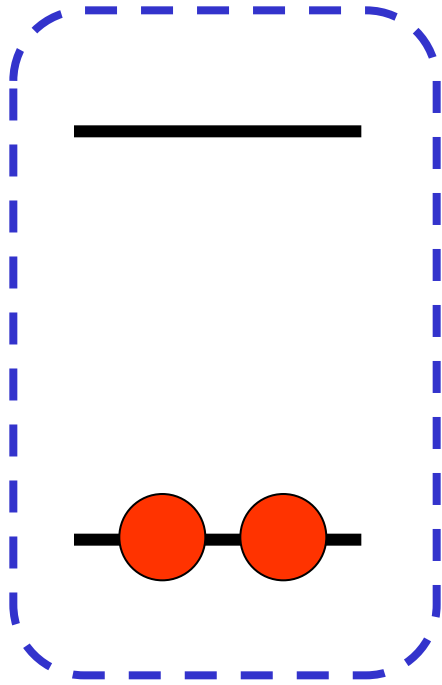
### 「酸素を作り出す植物の仕組み」

### — 光合成の機能解明の現状と展望 —

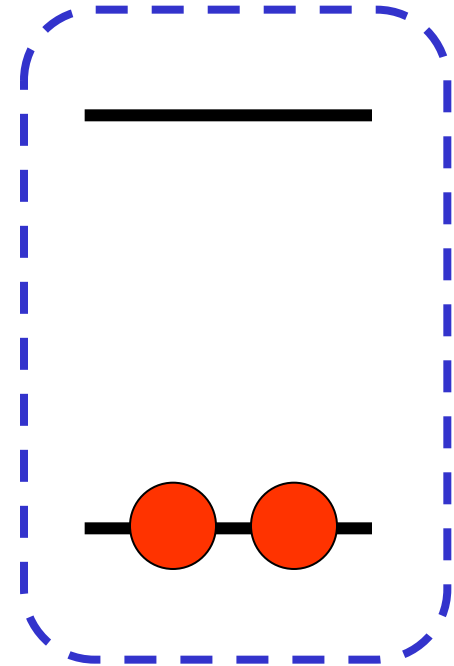
- 2012年 2月 23日(木)13:00~17:00
- 会場 日本橋三井ホール
- 東京都中央区日本橋室町2-2-1 COREDO室町4F
- 東京メトロ「三越前」JR「新日本橋」直結

**Jian-Ren Shen, Nobuo Kamiya, *Nature*, 437, 55 (2011)**

# 光のポンプの仕組み



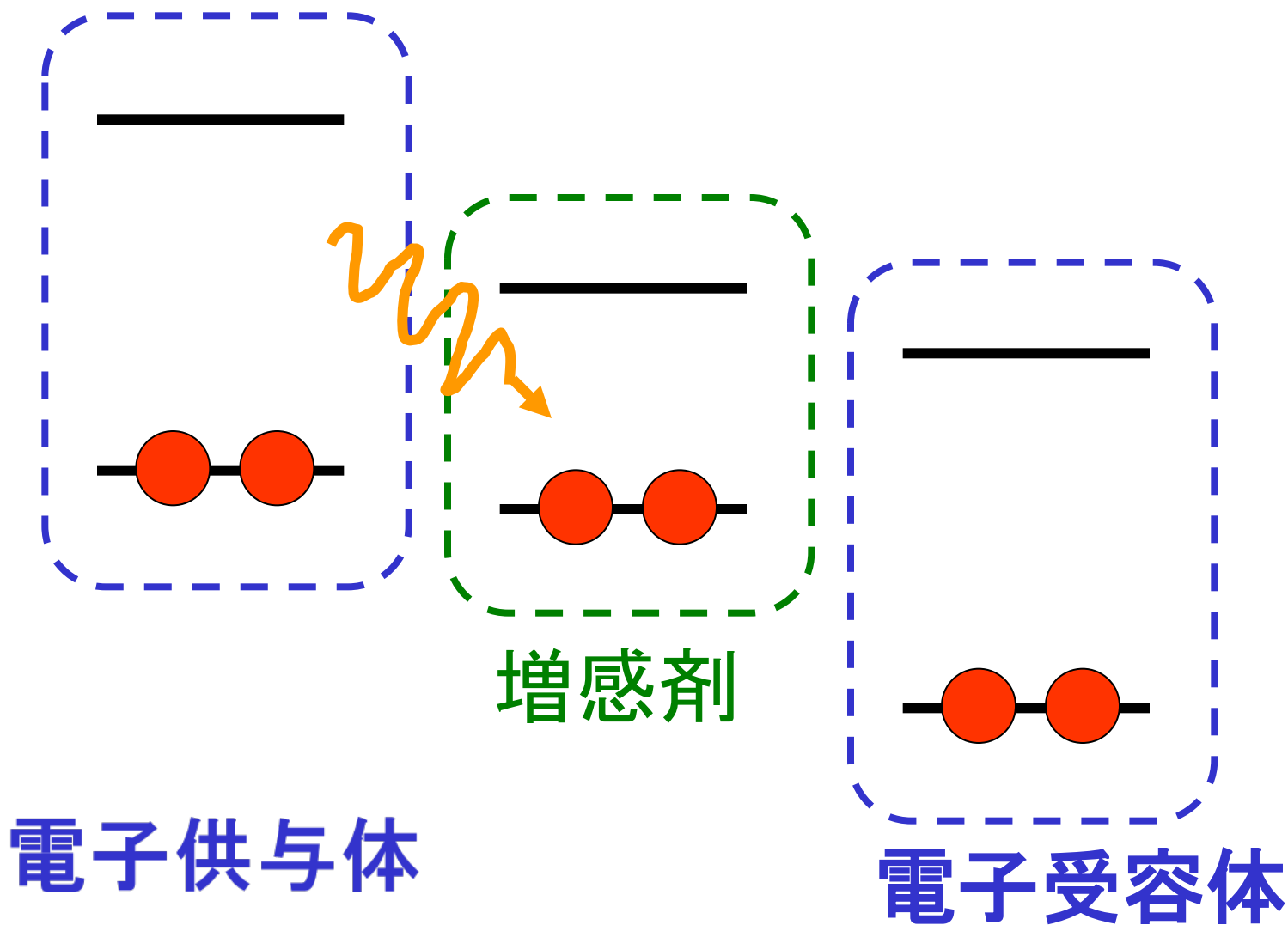
電子供与体



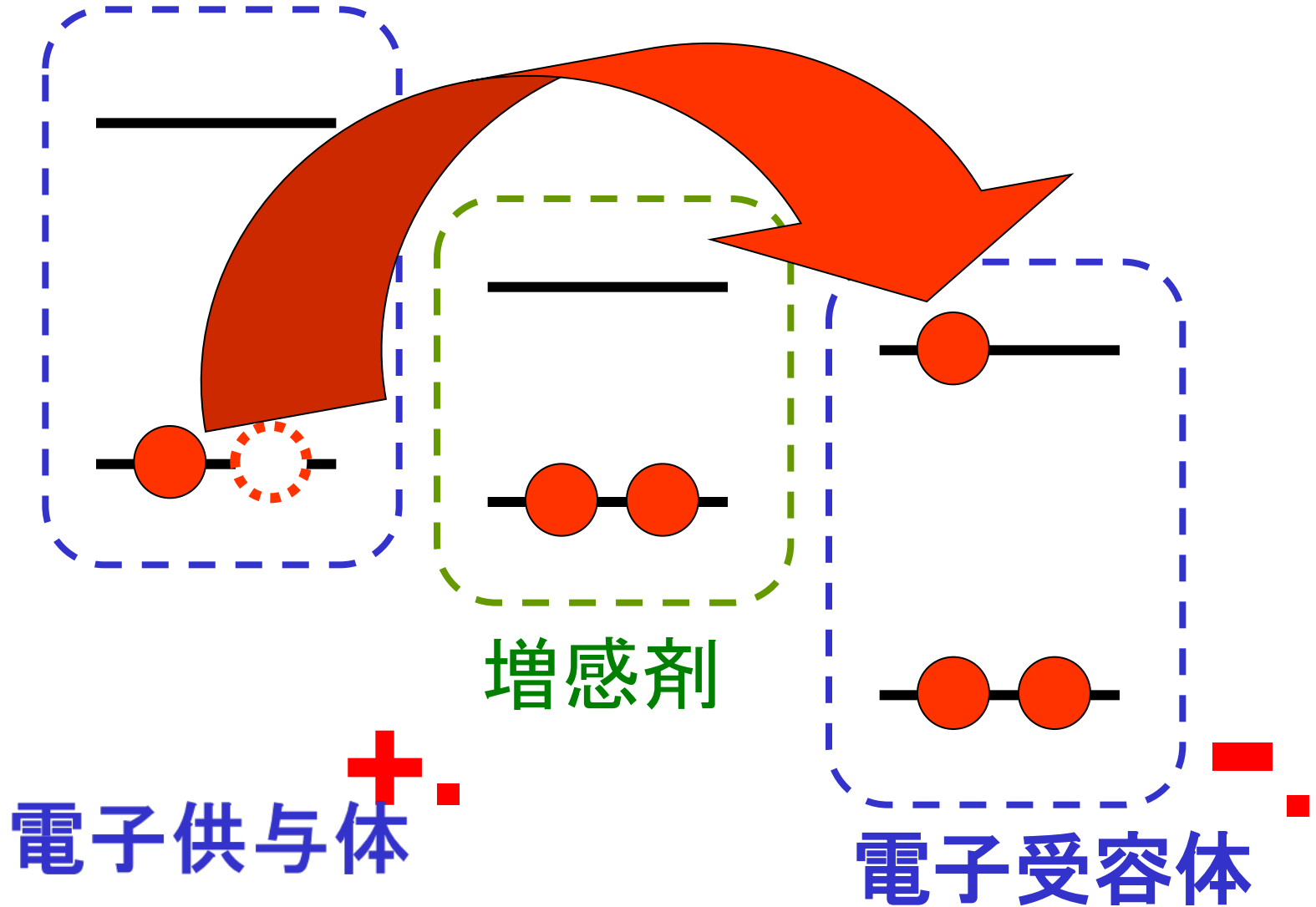
電子受容体



# 光のポンプの仕組み

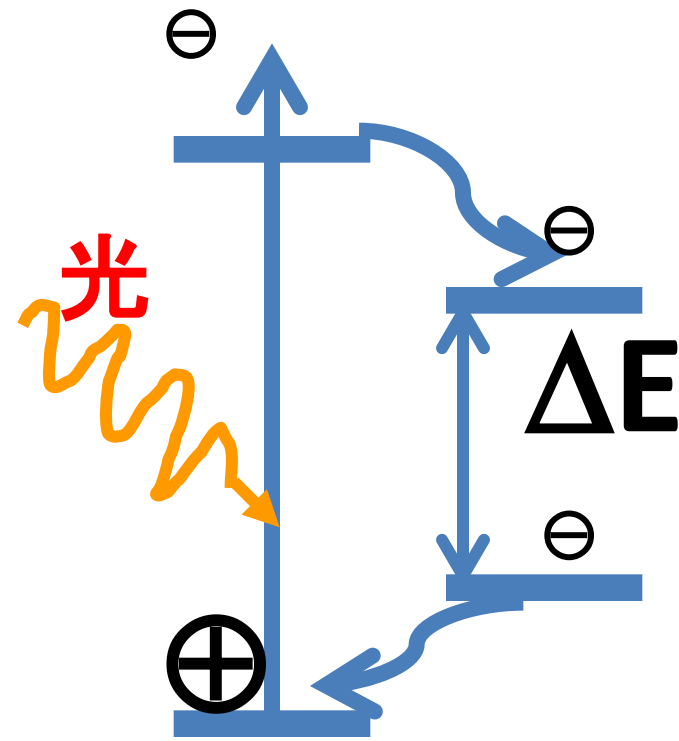


# 電荷分離狀態

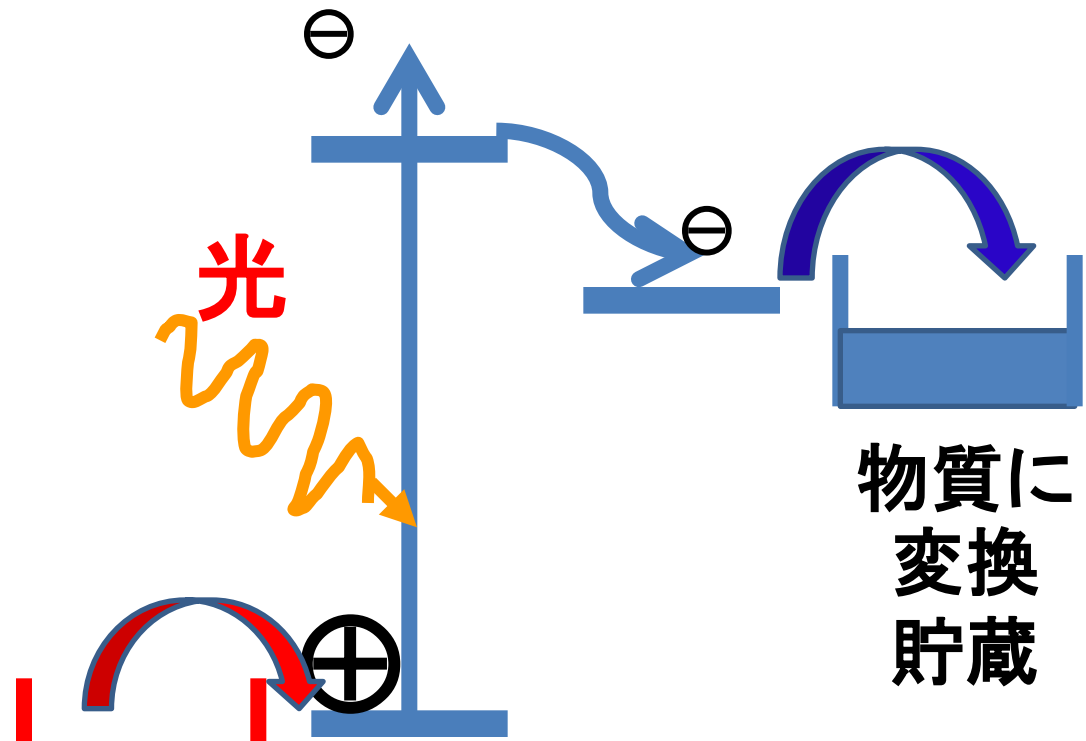


# 人工光合成とは？

「光」、「水」、「高エネルギー物質」



太陽電池



物質に  
変換  
貯蔵

人工光合成

# 人工光合成へのアプローチと 解決すべき課題

## a) 光合成を利用し、超えるアプローチ

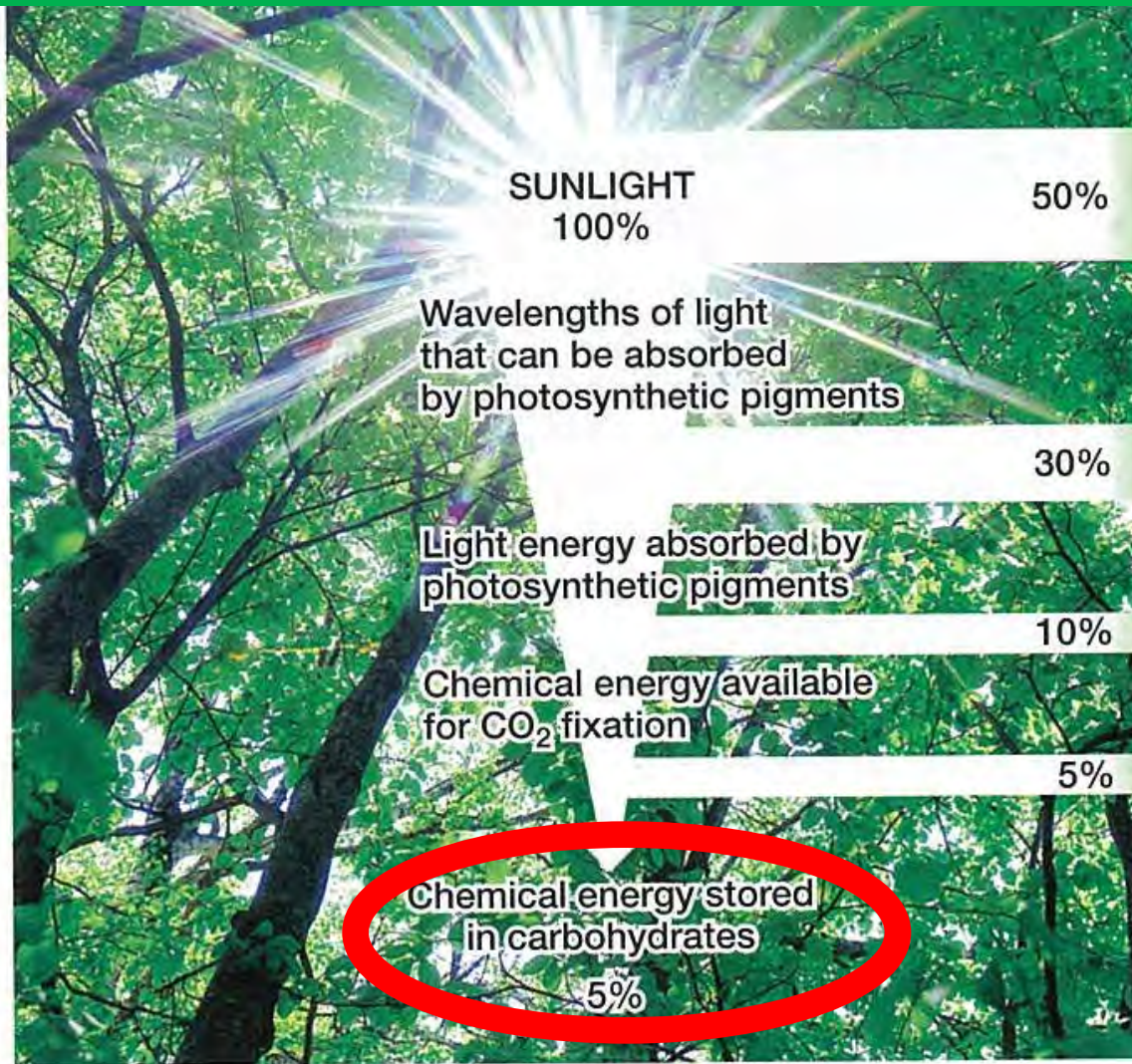
### 人工光合成：燃料生成

**植物の利用：機能の抽出、バイオマス**

**金属錯体による人工光合成**

**半導体光触媒： ホンダーフジシマ効果**

# 植物の太陽光エネルギー変換効率は ~5%



## ENERGY LOSS

Wavelengths of light not part of absorption spectrum of photosynthetic pigments (e.g., green light)

Light energy not absorbed due to plant structure (e.g., leaves not properly oriented to sun)

Inefficiency of light reactions converting light to chemical energy

Inefficiency of CO<sub>2</sub> fixation pathways

**10.21 Energy Losses During** uncertain future for photosynth becomes increasingly important about 5 percent of the sun's ei