

平成 19 年度総会特別講演（第 121 回定例研究会）資料

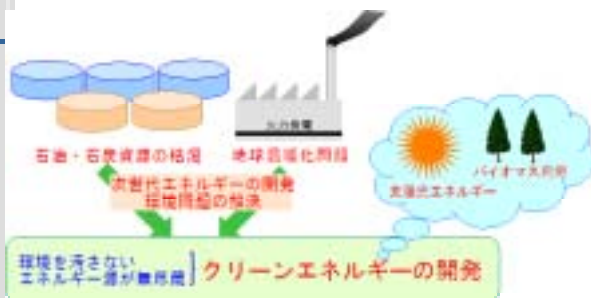
水素エネルギー協会総会特別講演  
第121回定例研究会  
2007年5月14日  
タワーホール船堀

# バイオマス为原料とした太陽光で駆動するバイオ水素製造技術

大分大学工学部 准教授 天尾 豊



## エネルギー問題解決のために！



## バイオマスとは？

化石燃料を除く再生可能な生物に由来する有機物資源

- 林産資源・廃材
- 農産資源・もみ殻
- 産業資源・パルプ廃液
- 生活資源・排水



## バイオマスのエネルギー保有量

### エネルギー保有量

石油	42 MJ/kg
バイオマス	20 MJ/kg・・・木質系
	18 MJ/kg・・・草本系

石油エネルギーの約半分のエネルギー保有量



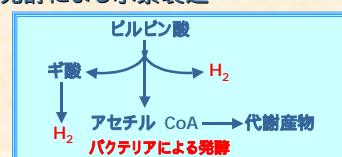
## バイオマスのエネルギー利用法 ～水素製造技術を中心として～

### 熱化学的ガス化による水素製造



### バイオマスの加熱分解

### 発酵による水素製造



バイオマスを原料としてエネルギー源を獲得する

問題点  
二酸化炭素の排出  
代謝産物の回収

太陽光エネルギーと酵素反応等によるバイオマス分解反応との連携による水素生産システムの開発

二酸化炭素の排出をゼロにする!

太陽光エネルギーと酵素反応等によるバイオマス分解反応との連携による水素生産システムの開発

光合成反応で光捕集及び電子伝達回路において重要な役割を果たしているクロロフィルの利用

バイオマス分解酵素の利用  
セルラーゼ・アミラーゼ・インベルターゼなど

水素発生活性の高い白金微粒子触媒の利用

光エネルギーと生物学的手法によるバイオ水素製造技術

1. クロロフィルの機能と光増感活性
2. 可視光を利用した光水素生産反応
3. バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的な水素生産反応
4. 今後の展望

光エネルギーと生物学的手法によるバイオ水素製造技術

1. クロロフィルの機能と光増感活性
2. 可視光を利用した光水素生産反応
3. バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的な水素生産反応
4. 今後の展望

クロロフィルの機能と光増感活性

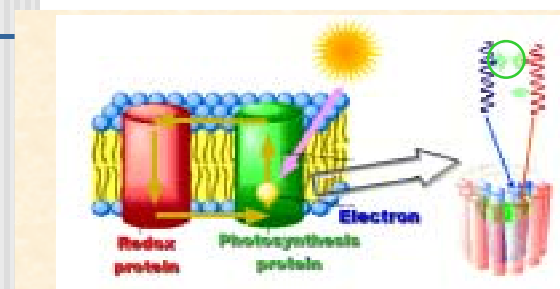
なぜクロロフィルを利用するのか？

光合成反応



クロロフィルの機能と光増感活性

クロロフィルの存在



**クロロフィルの機能と光増感活性**

**クロロフィルの化学構造**

Mg Chlorophyll-*a*  
max = 670 nm

Mg Bacteriochlorophyll-*a*  
max = 750 nm  
Dimer: 830 nm

**クロロフィルの機能と光増感活性**

**クロロフィルの吸収スペクトル**

可視光領域に吸収帯が存在  
光合成反応  
↓  
668 nmの光を利用して駆動

**光エネルギーと生物学的手法による  
バイオ水素製造技術**

1. クロロフィルの機能と光増感活性
- ☀️ 2. **可視光を利用した光水素生産反応**
3. バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的な水素生産反応
4. 今後の展望

**可視光を利用した光水素生産反応**

**水の光分解反応**

可視光応答型水の分解触媒  
酸化タンタル  
白金担持酸化チタン  
可視光の短波長側しか利用できない

**可視光を利用した光水素生産反応**

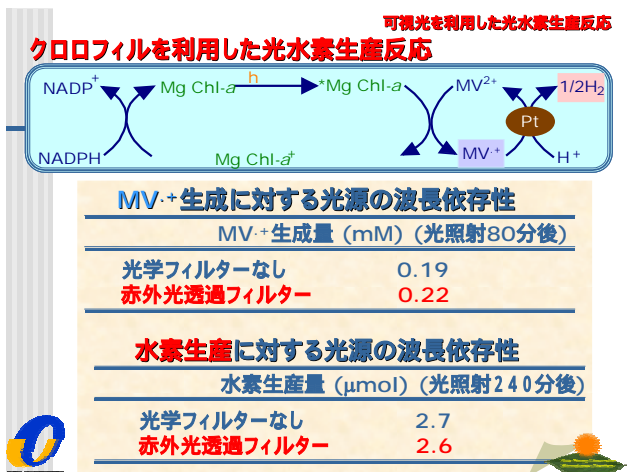
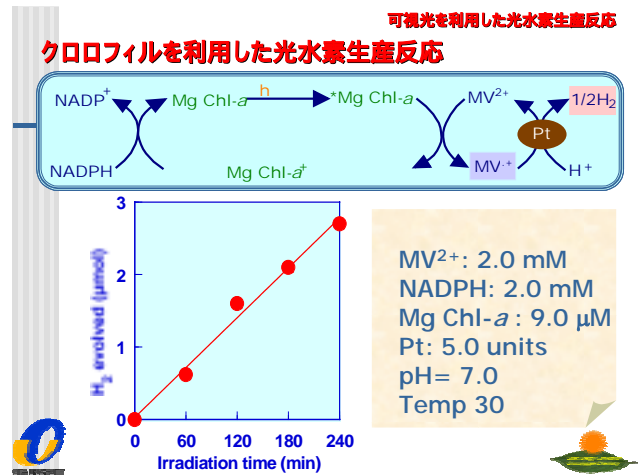
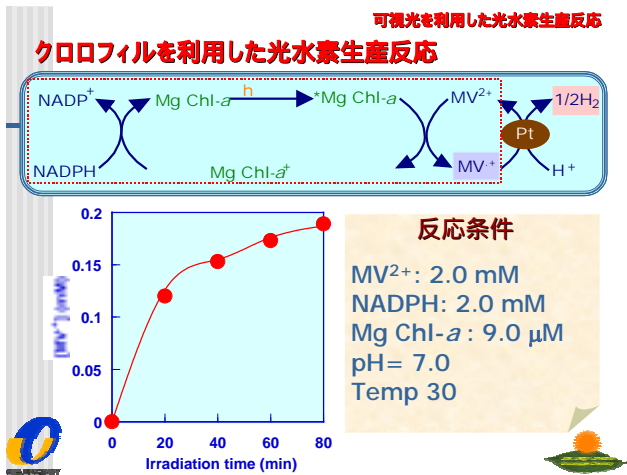
**可視光を利用した水の光分解反応**

酸素発生系  
水素発生系  
↓  
クロロフィルを利用した光水素生産反応

**可視光を利用した光水素生産反応**

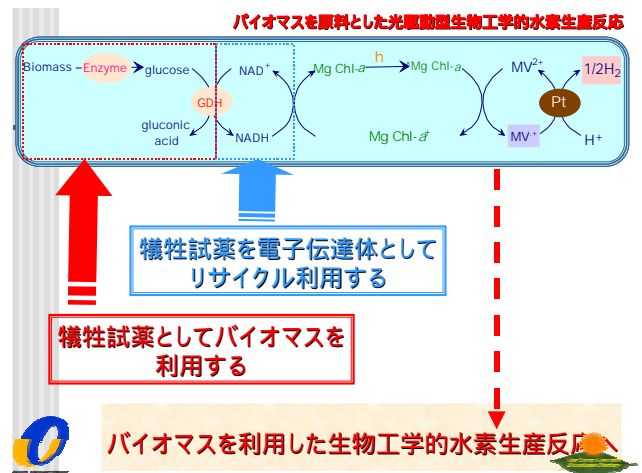
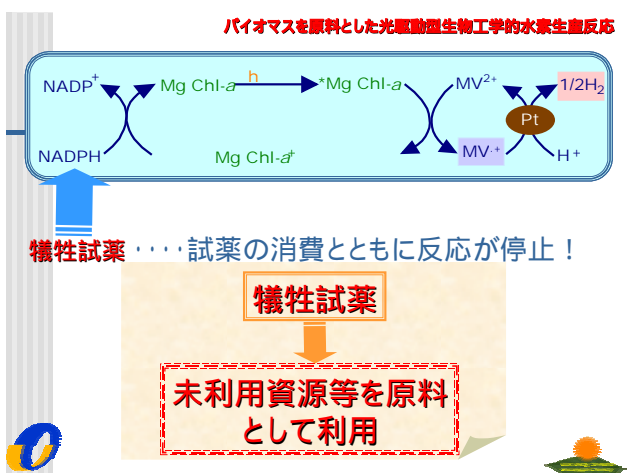
**クロロフィルを利用した光水素生産反応**

NADPH (NADH): 電子供与体  
Mg Chl-*a*: 光増感剤  
MV<sup>2+</sup>(メチルビオローゲン): 電子伝達体



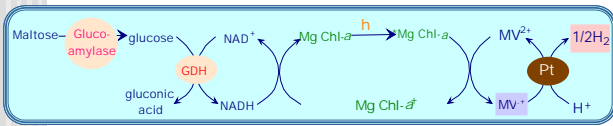
## 光エネルギーと生物学的手法による バイオ水素製造技術

1. クロロフィルの機能と光増感活性
2. 可視光を利用した光水素生産反応
3. **バイオマス**を原料とした光駆動型生物工学的な水素生産反応
4. 今後の展望



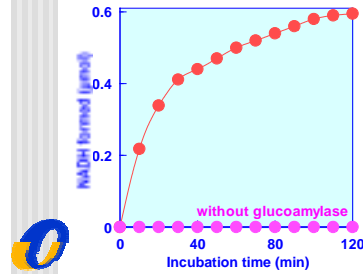
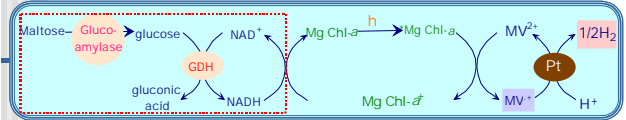
バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的水素生産反応

マルトースを原料とした生物工学的光水素生産反応



バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的水素生産反応

マルトースを原料とした光駆動型生物工学的水素生産反応

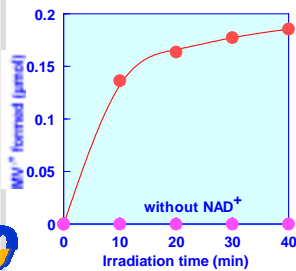
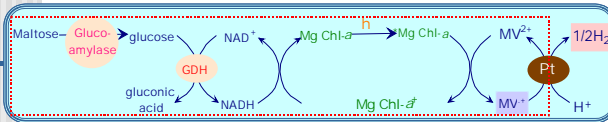


Maltose : 0.375 mM  
 Glucoamylase: 8 units  
 NAD<sup>+</sup>: 0.188 mM  
 GDH: 5 units  
 pH= 7.0  
 Temp 30



バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的水素生産反応

マルトースを原料とした光駆動型生物工学的水素生産反応

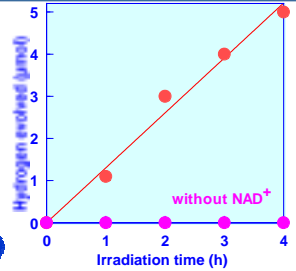
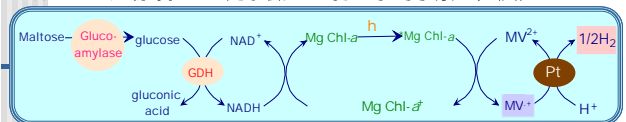


Maltose : 20 mM  
 Glucoamylase: 8 units  
 NAD<sup>+</sup>: 5.0 mM  
 GDH: 5 units  
 MV<sup>2+</sup>: 0.4 mM  
 Mg Chl-a : 9.0 μM  
 pH= 7.0  
 Temp 30



バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的水素生産反応

マルトースを原料とした光駆動型生物工学的水素生産反応

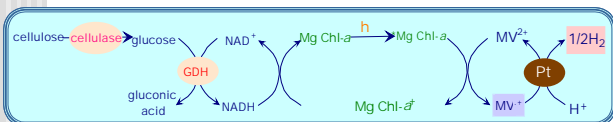


Maltose : 20 mM  
 Glucoamylase: 8 units  
 NAD<sup>+</sup>: 5.0 mM  
 GDH: 5 units  
 MV<sup>2+</sup>: 0.4 mM  
 Mg Chl-a : 9.0 μM  
 Pt: 5.0 units  
 pH= 7.0  
 Temp 30



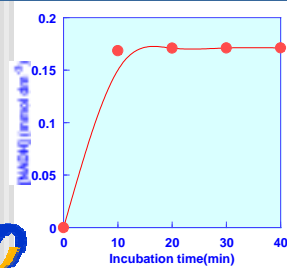
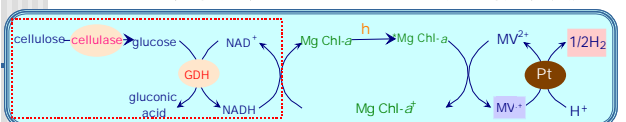
バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的水素生産反応

セルロース誘導体を原料とした生物工学的光水素生産反応



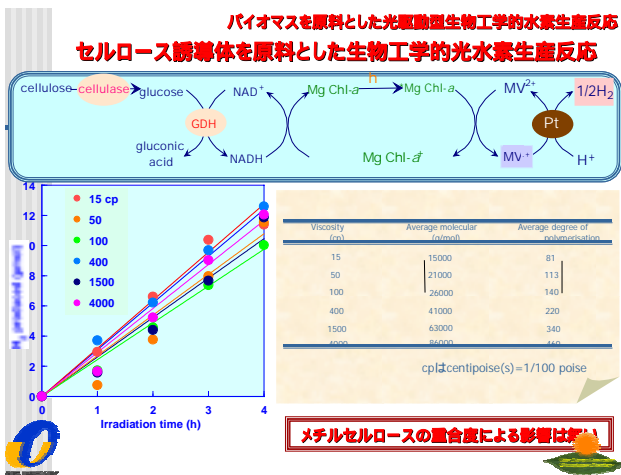
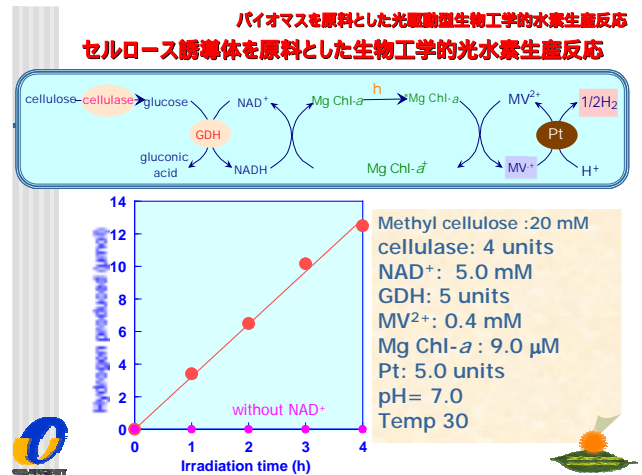
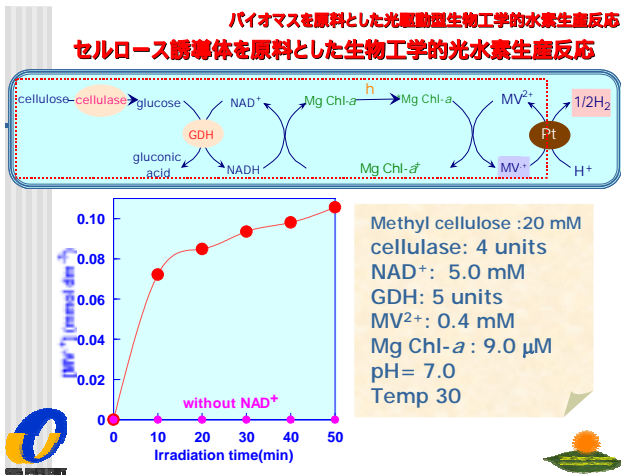
バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的水素生産反応

セルロース誘導体を原料とした生物工学的光水素生産反応



Methyl cellulose : 0.375 mM  
 Cellulase: 4 units  
 NAD<sup>+</sup>: 0.188 mM  
 GDH: 5 units  
 pH= 7.0  
 Temp 30





## 光エネルギーと生物学的手法によるバイオ水素製造技術

1. クロロフィルの機能と光増感活性
2. 可視光を利用した光水素生産反応
3. バイオマスを原料とした光駆動型生物工学的な水素生産反応
4. 今後の展望

### 水素製造装置への展開(スケールアップ)

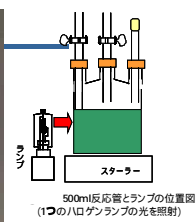
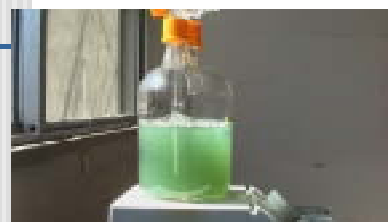


基礎研究レベル  
反応体積3ml

実用レベル  
容積500ml

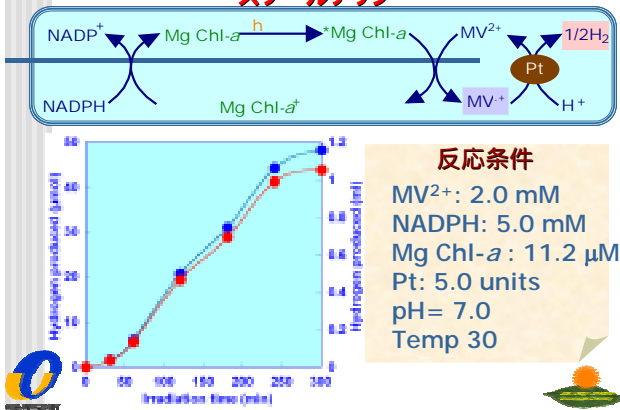
本研究は(財)エネルギー総合工学研究所、「水素安全利用等基盤技術開発 - 水素に関する共通基盤技術開発 - 革新的技術の研究」(NEDO委託事業)によるものである。

### 光エネルギーを使ったバイオマスからの水素製造技術の開発

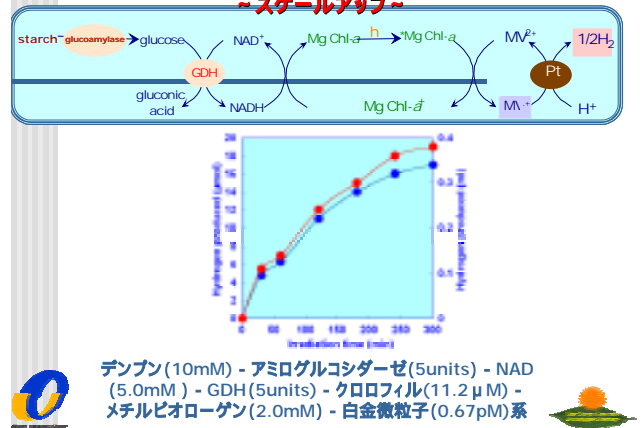


反応容器の体積570ml  
300Wハロゲンランプを光源として光照射  
反応溶液体積は270ml(気相約300ml)  
反応開始前に窒素ガスにて脱酸素操作

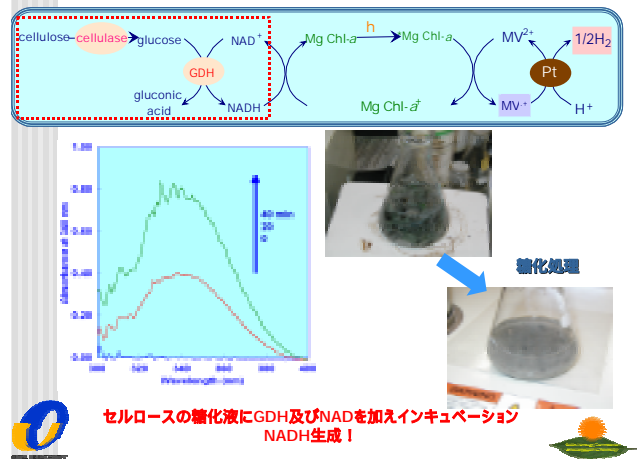
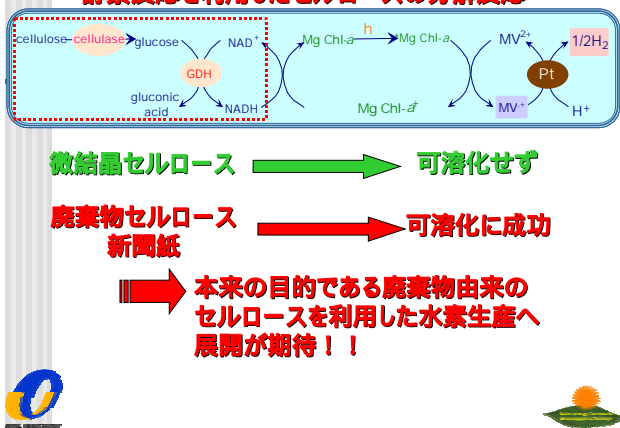
**クロロフィルを利用した光水素生産反応  
～スケールアップ～**



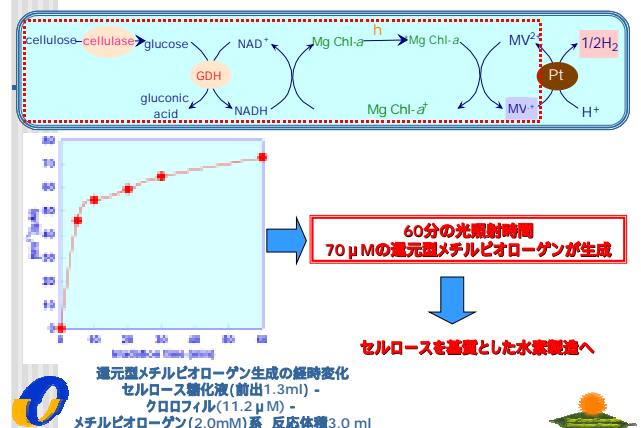
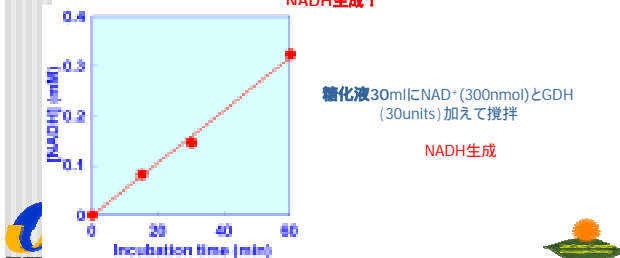
**デンプンを原料とした生物工学的な光水素生産反応  
～スケールアップ～**

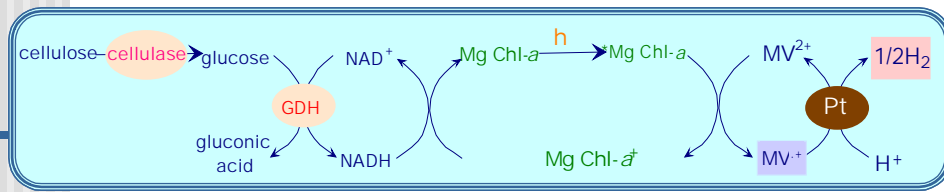


**酵素反応を利用したセルロースの分解反応**

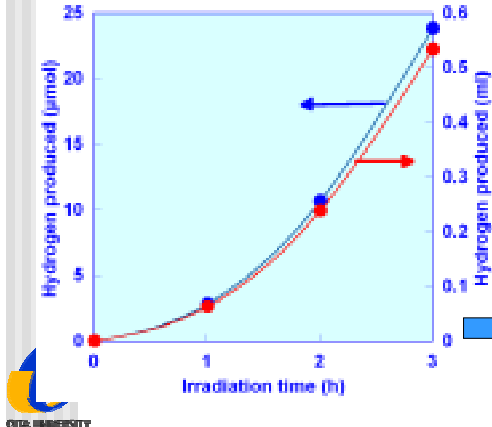


**セルロースの糖化液にGDH及びNADを加えインキュベーション  
NADH生成！**





**光照射に対して還元型メチルピオローゲンが生成**



**白金微粒子添加  
水素生産反応へ**

セルロース糖化液(10ml) - NAD (5.0mM) - GDH(5units) - クロロフィル(11.2 μM) - メチルピオローゲン(2.0mM) - 白金微粒子(0.67pM)系

500ml反応容器 ハロゲンランプ照射

**セルロース糖化液から水素製造に成功！  
デンプンを用いた場合よりも高効率  
今後効率化を含めた研究を推進！**



**Thank you very much for  
your kind attention !**

