



# エネルギー科学最前線

— プラズマと生命科学を中心に —

Forefront of Energy Science

Focusing on Plasma and Life Science

2019年度前期

金曜日5限(16:30—18:00)

吉田南総合館 共北22

担当教官: 岸本 泰明 森井 孝 片平 正人 今寺 賢志

# 本セミナーのシラバスより

## 授業の概要・目的

「1ジュールのエネルギーをあげます。この1ジュールであなたは世界を変えられますか？」と問われたら皆さんはどう答えるでしょう？ 21世紀は、“量”としてのエネルギーを求められる一方、地球環境や温暖化などを含め、エネルギーの“質”そのものが強く問われる時代です。その傾向は東日本大震災以降、ますます強くなりました。これらを受けて、調和した自然の摂理や原理までさかのぼり、これまでとは異なった発想による“世界を変える”エネルギーへの取り組みが今進んでいます。実際、太陽などの大きなスケールの宇宙・天体現象に、また、その対極にある小さなスケールの細胞などの生物・生命現象にそのヒントを見出すことができます。

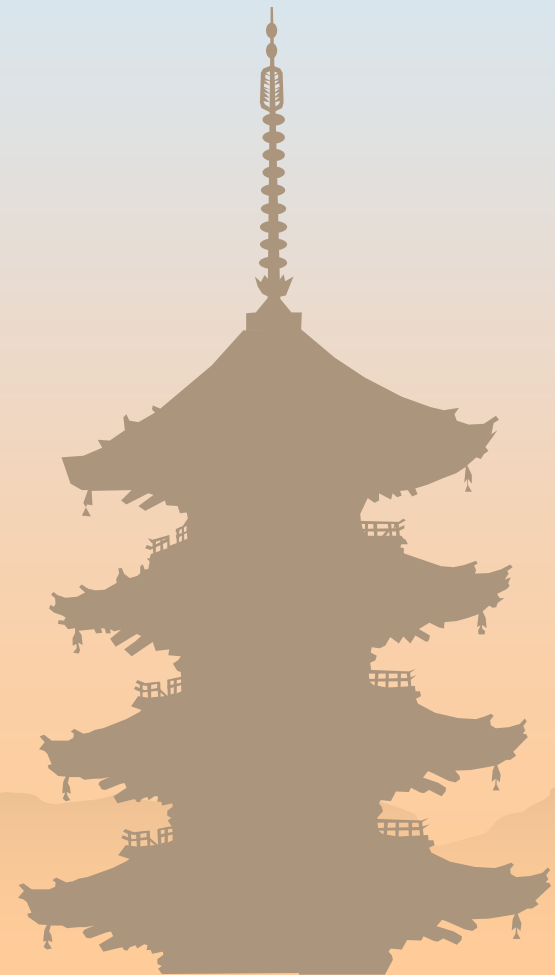
このセミナーでは、「物理学」と「化学・生命科学」の二つの視点から、それらに秘められた巧妙な構造や精緻なメカニズムを学ぶとともに、それらに取り組んでいる研究施設や研究室を訪問・見学し、現場の教員や学生との交流を通して新しいエネルギーを生み出す最先端科学を考えます。

# 本セミナーのカリキュラム

	日時	担当教員	講義内容
1	4月12日(金)	今寺	導入
2	4月19日(金)	田中・今寺	球状トカマク装置の見学 (北部キャンパス)
3	4月26日(金)	岸本	エネルギーとは?
4	5月10日(金)	岸本	「物理学」の視点に立った先端エネルギー研究(1)
5	5月17日(金)	岸本	「物理学」の視点に立った先端エネルギー研究(2)
6	5月24日(金)	今寺	スーパーコンピュータによるシミュレーション(1)
7	5月31日(金)	今寺	スーパーコンピュータによるシミュレーション(2)
8	6月07日(金)	片平	「化学・生命科学」の視点に立った先端エネルギー研究(1) (宇治キャンパス)
9	6月14日(金)	片平	「化学・生命科学」の視点に立った先端エネルギー研究(2) (宇治キャンパス)
10	6月21日(金)	森井	「化学・生命科学」の視点に立った先端エネルギー研究(3)
11	6月28日(金)	森井	「化学・生命科学」の視点に立った先端エネルギー研究(4) (宇治キャンパス)
12	7月05日(金)	岸本	学生による発表
13	7月12日(金)	岸本	発表のフィードバック・まとめ
14	7月19日(金)		予備日



# 1. エネルギーとは？



# エネルギーとは？

仕事量(エネルギー) :  $E(\text{Joul}) = F(\text{N}) \times L(\text{m}) = Q(\text{C}) \times V(\text{Volt})$

仕事率(パワー) : 単位時間あたりの仕事量

$$P(\text{W}) \equiv \frac{E(\text{J})}{T(\text{sec})}$$

## 例: 人間の仕事量/仕事率

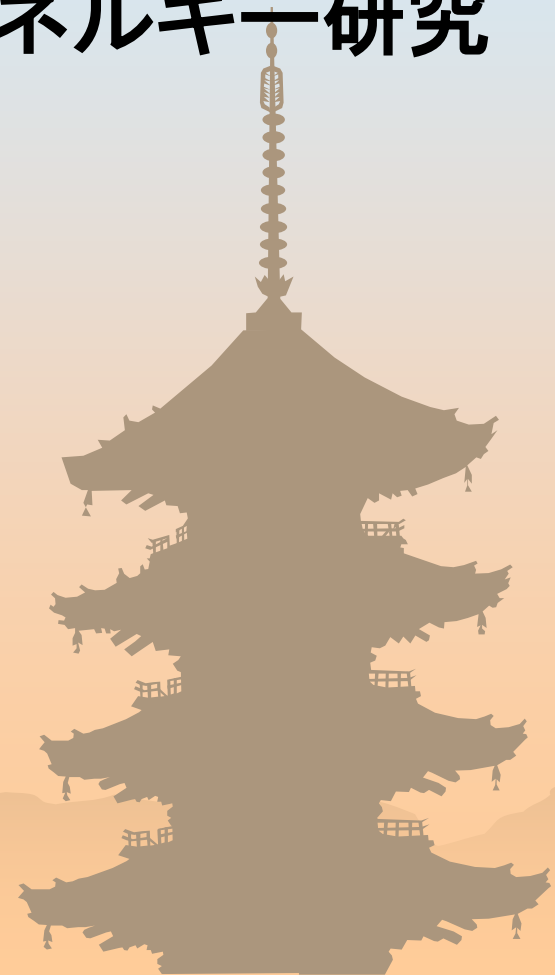
1日当たりの仕事量:  $2000\text{kcal} = 2 \times 10^6\text{cal} = 8.4 \times 10^6 \text{ J}$

1日当たりの仕事率:  $2000\text{kcal/day} = 2 \times 10^6\text{cal/day} = 8.4 \times 10^6 \text{ J/day}$

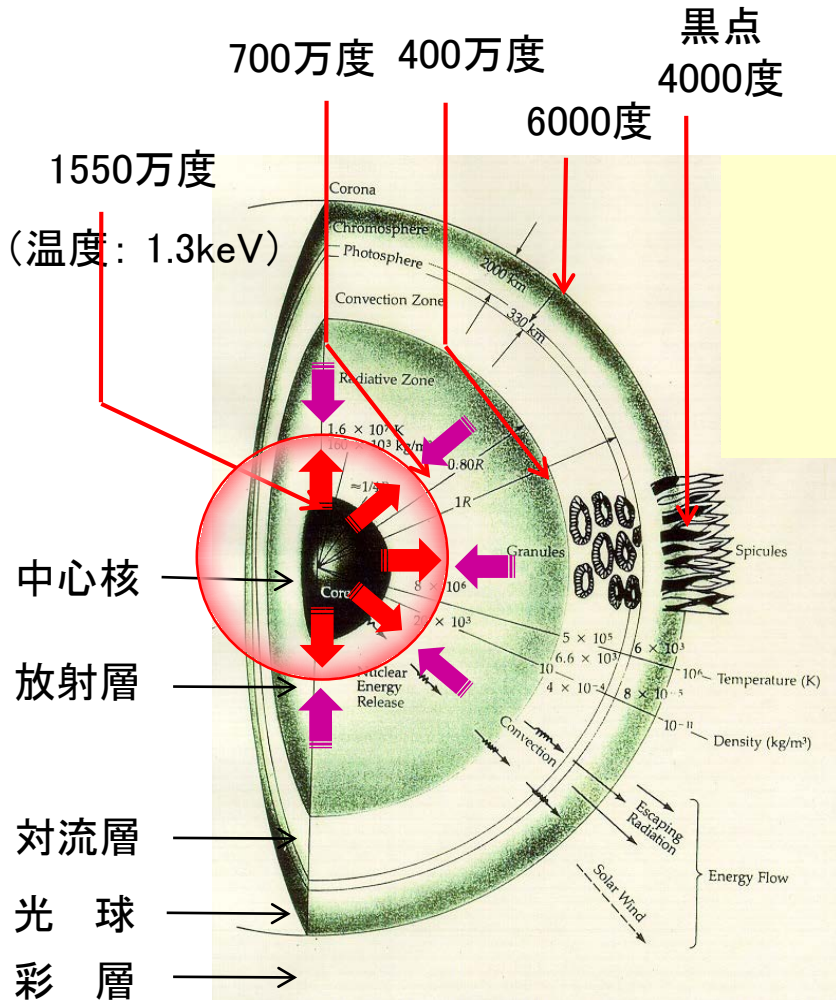
$$P(\text{W}) \equiv \frac{8.4 \times 10^6 \text{ J}}{24 \times 3600 \text{ sec}} \sim 97.2 \text{ W} \rightarrow 100 \text{ W}$$



## 2. 「物理学」の視点に立った先端エネルギー研究



# 太陽のエネルギー源は核融合



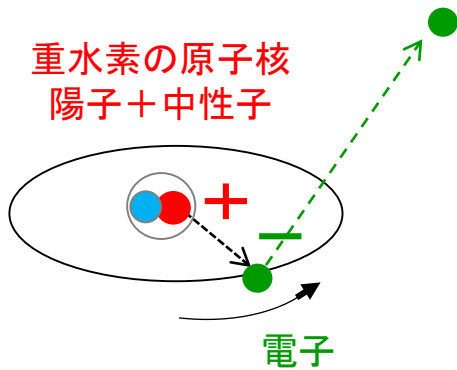
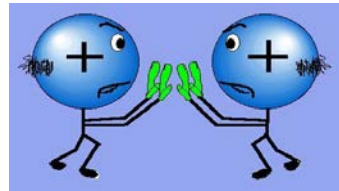
質量: 地球の33万倍  
密度:  $156 \text{ [g/cm}^3\text{]}$   
(固体水素の 2000 倍)  
圧力:  $2.4 \times 10^{11} \text{ [bar]}$   
(地球中心:  $4 \times 10^6 \text{ [bar]}$ )  
仕事量:  $3.85 \times 10^{26} \text{ [W]}$

反応領域を膨大な質量による  
圧力で安定に閉じ込め・保持

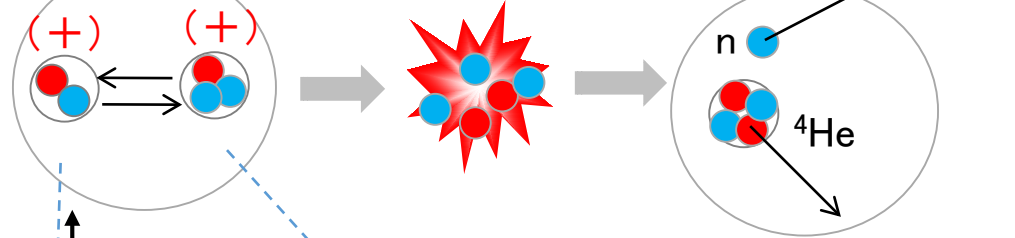
長期に渡って安定にエネルギー供給

# 地上で核融合

外部からエネルギーを注入して、反発力に抗して融合させる必要

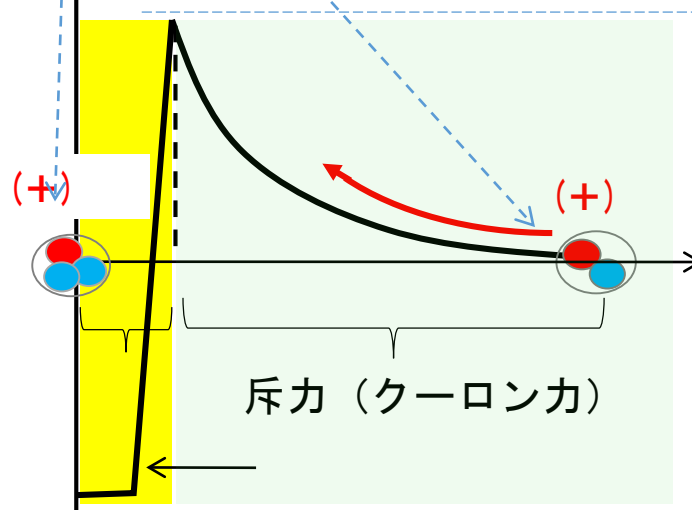


重水素 (D) 三重水素 (T)



- ① 中性の重水素・三重水素から電子を取り除く → プラズマ化
- ② 重水素・三重水素を加速して衝突

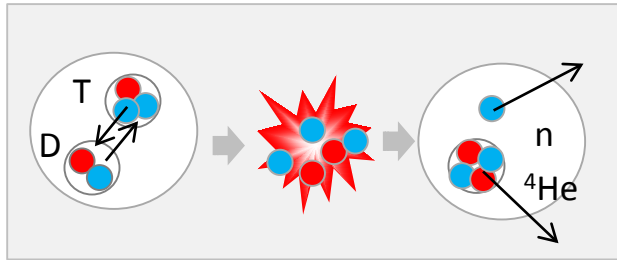
核間ポテンシャルエネルギー



核力のポテンシャルエネルギー  
0.4MeV

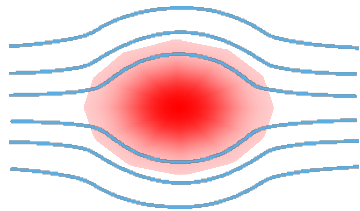


# 「磁場方式」と「レーザー方式」



核融合反応の前提条件:  
温度(粒子の平均エネルギー)  
1~2億度 ( $T = 10 \sim 20 \text{ keV}$ )

## 磁場方式



密度: 大気の1/100000  
圧力: 1 [bar]

閉じ込め方法: 磁場に巻きつく性質を利用

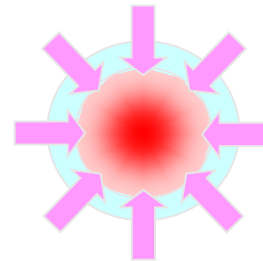
### メリット

・長時間閉じ込めを行えるので、**長時間のエネルギー入射が可能**

### デメリット

・装置が大きくなるため、高価

## レーザー方式



密度: 固体の1000倍  
圧力:  $10^{10}$  [bar]

閉じ込め方法: レーザーを入射することで、表面をプラズマ化し、外部に噴出する反作用でターゲット中心部を圧縮する

### メリット

・時間が非常に短いため、**少ないエネルギー入射で温度を上げられる。**

### デメリット

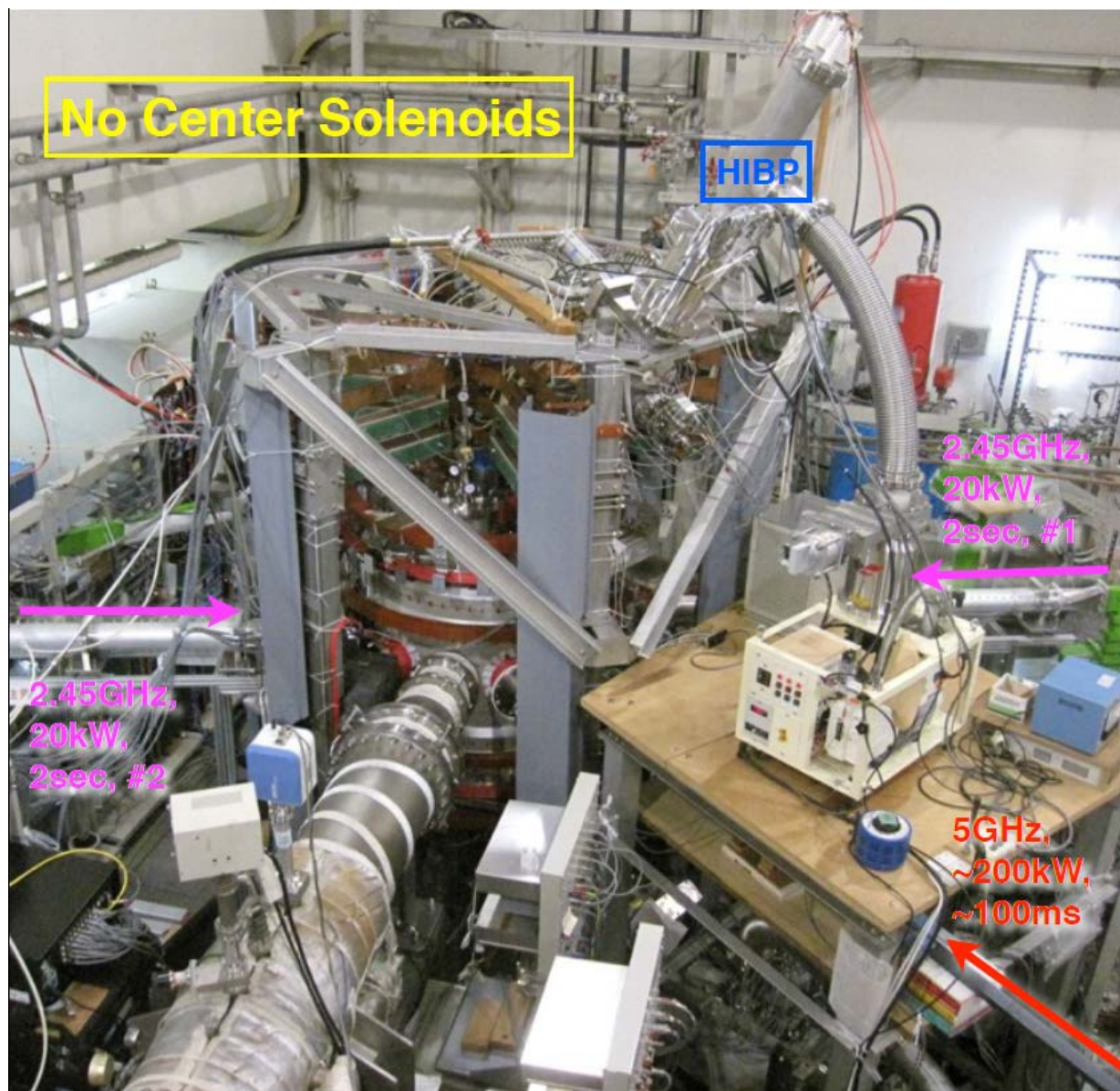
・ターゲットが非常に小さいため、制御が困難

# 来週見学に行く装置

装置名 : LATE

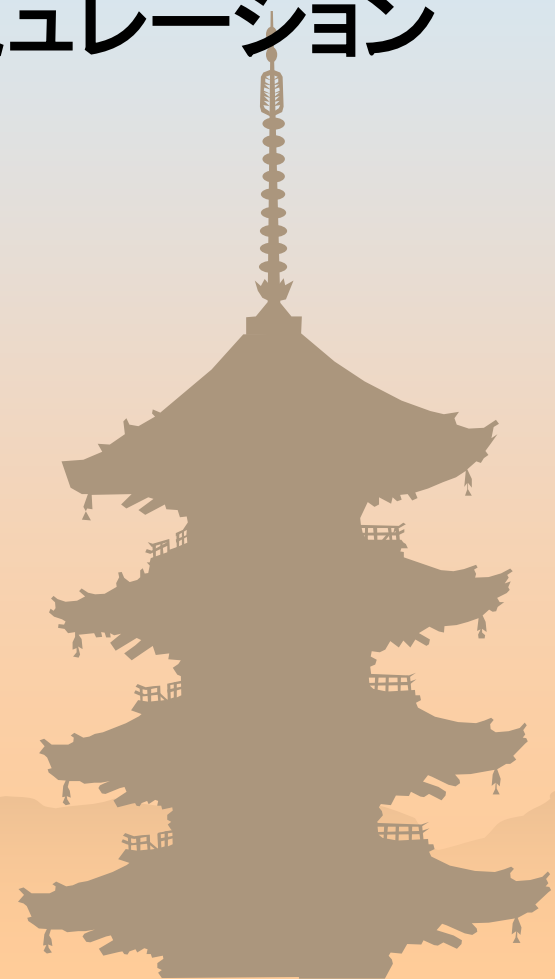
理学部・理学研究科 田中  
研究室

中心にソレノイドコイルがない、いわゆる球状トカマクと呼ばれる装置。比較的安価となり、核融合炉の経済性を高める上で極めて重要。





### 3. スーパーコンピュータによるシミュレーション



# コンピュータの仕組み

マザーボード



プロセッサー(CPU)



グラフィックスボード



ストレージ(HDD)



メモリ



# スーパーコンピュータとは？

- ✓ 科学技術計算を主要目的とする大規模コンピュータ
- ✓ 高速な処理を実現するためハードウェアやソフトウェアはその計算用に特化して作られることがある。そのような場合、スーパーコンピュータを別な目的、すなわち汎用的な演算に用いるのには適さない



[出典 理化学研究所]

# 第6回・第7回の講義内容

コンピュータ室で開催

## 第6回(5月24日)

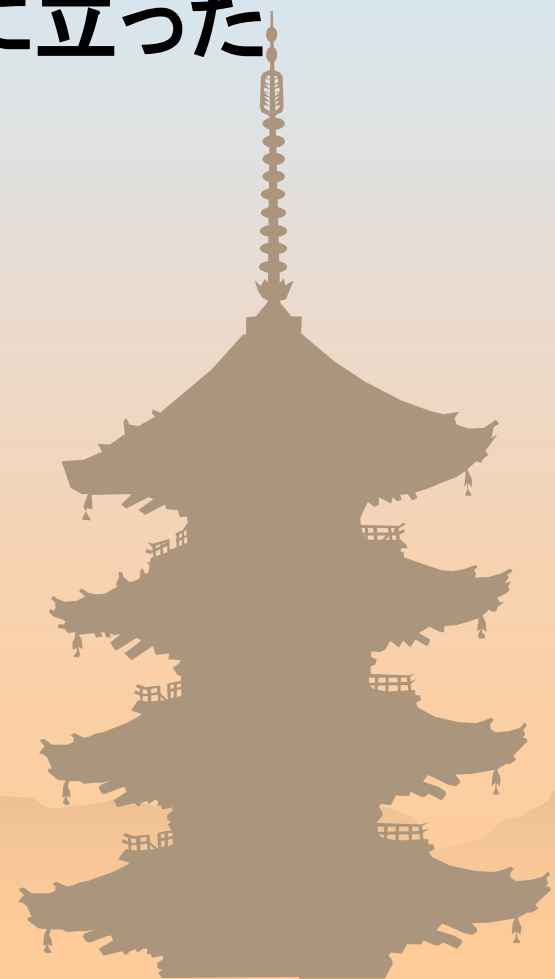
1. ソフトウェアのダウンロード・設定(演習)
2. UNIX/Fortranの基礎(演習)

## 第7回(5月31日)

1. スーパーコンピュータにおけるプログラミング(演習)
2. スーパーコンピュータの基礎(解説)
3. ディープラーニングの基礎(解説)

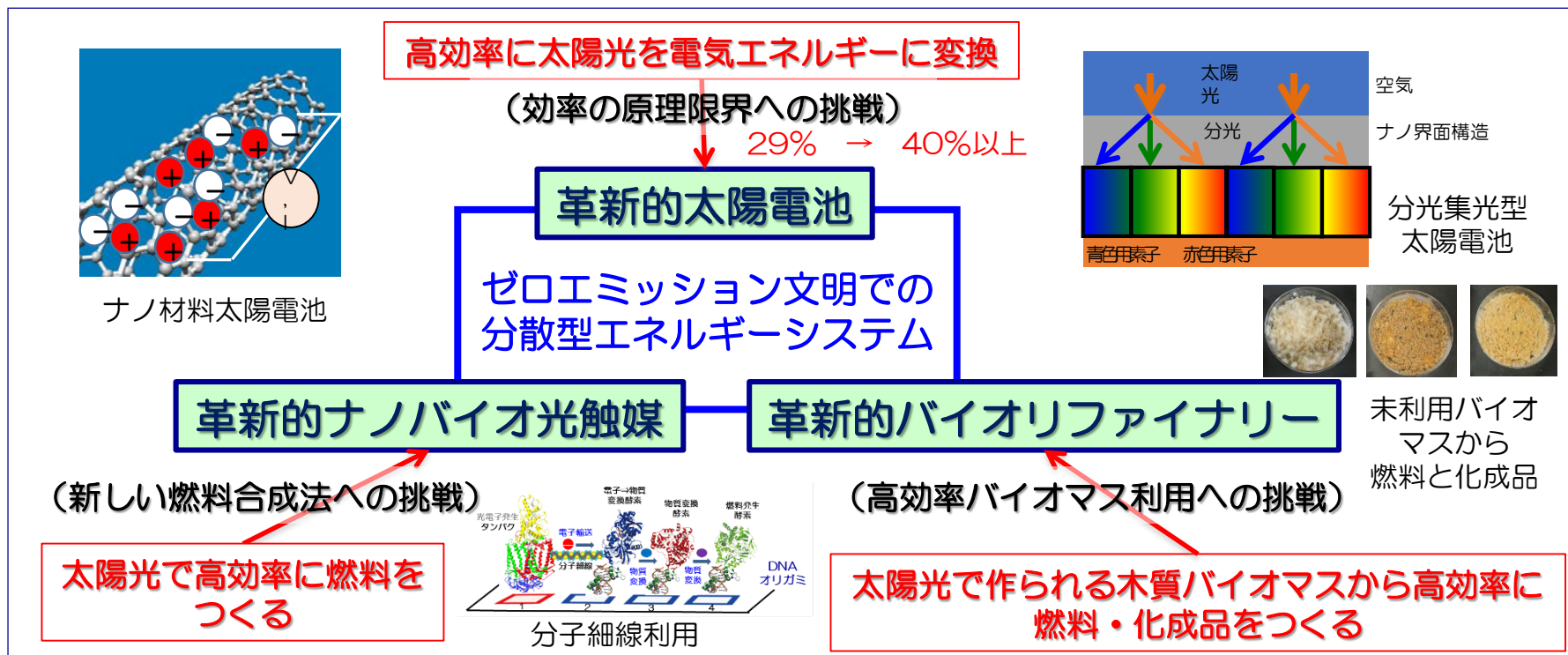


## 4. 「化学・生命科学」の視点に立った 先端エネルギー研究



# 太陽光利用技術の開発

革新的な高効率太陽光利用技術の開発  
—ゼロエミッション文明への変革を加速する—  
京都大学エネルギー理工学研究所



ゼロエミッション文明を支える安定な太陽光エネルギー利用技術





# レポート課題・まとめ



# レポート課題

---

(1) 人間の仕事率は100W程度である。この事実に関する自らの意見を述べよ。

(2) 核融合発電の方法としては、磁場閉じ込め方式とレーザー方式が現在、考えられているが、どちらがより実用的であるか。その理由を含めて述べよ。

# 本セミナーのシラバスより(再掲)

## 授業の概要・目的

「1ジュールのエネルギーをあげます。この1ジュールであなたは世界を変えられますか？」と問われたら皆さんはどう答えるでしょう？ 21世紀は、“量”としてのエネルギーを求められる一方、地球環境や温暖化などを含め、エネルギーの“質”そのものが強く問われる時代です。その傾向は東日本大震災以降、ますます強くなりました。これらを受けて、調和した自然の摂理や原理までさかのぼり、これまでとは異なった発想による“世界を変える”エネルギーへの取り組みが今進んでいます。実際、太陽などの大きなスケールの宇宙・天体現象に、また、その対極にある小さなスケールの細胞などの生物・生命現象にそのヒントを見出すことができます。

このセミナーでは、「物理学」と「化学・生命科学」の二つの視点から、それらに秘められた巧妙な構造や精緻なメカニズムを学ぶとともに、それらに取り組んでいる研究施設や研究室を訪問・見学し、現場の教員や学生との交流を通して新しいエネルギーを生み出す最先端科学を考えます。