

第6回ナノテクノロジー・材料委員会
平成20年1月28日

資料6

提案：環境・エネルギーに関する ナノ材料テクノロジー戦略

東北大学多元物質科学研究所
栗原和枝

1. 背景

(1) 環境・エネルギー問題を取りまく社会的背景

地球の温暖化により、環境・エネルギー問題は人類の存続に係わる社会的課題として大きな関心をよび、産業の現場のみならず、暮らし方のすべてにわたっての見直しが日常生活においても行われるようになってきている。一方、科学技術の研究においては、まだすべての分野において環境・エネルギーの視点からの見直しは必ずしも行われていず、今後の環境・エネルギー問題の解決には、今までのナノテクノロジー研究開発で蓄積した知見・技術を活用し、CO₂削減を図るための広範な科学技術分野での革新が必要とされている。

- ・ 地球温暖化→CO₂削減（京都議定書による削減目標）
- ・ 石油価格の高騰・供給の不安→低石油経済

(2) 環境・エネルギーとCO₂削減

- ・ 石油エネルギー利用減少によるCO₂削減
- ・ 石油資源材料の効率的利用によるCO₂削減

(3) 科学技術基本計画：戦略重点科学技術

・ 環境と経済の両立を実現するための環境・エネルギー問題を解決する多様な革新技術は世界的に求められており、研究の新しい切り口、また研究実施の新しい視点の導入からも推進が重要である。

2. 環境・エネルギーについてのナノテクノロジー戦略目標

(1) エネルギー変換並びに効率的利用技術

- ・ 石油エネルギーに代わる発電技術、自然エネルギー変換技術、エネルギーの効率的な利用技術を開発することにより、CO₂排出規制の影響のない持続可能な社会の確立に貢献する。

(2) 低石油経済確立に資する材料技術

- ・ 石油の使用量を低減できる材料技術、およびその機能を担う代替技術を実現する。

3. 具体的なターゲットとなりうる科学技術の例（研究例添付）

(1) 太陽エネルギーの有効利用

- ・ 高効率太陽光パネルの開発（研究例1）
（そのための要素技術：受光素子、電荷分離体、電池など）
- ・ 光増感電池（有機の電池系）
- ・ 石英からシリコン結晶を作成する試み？

(2) 太陽エネルギー以外のエネルギー利用（研究例2）

- ・ 廃熱利用（熱電変換：熱から電気に変換する無機・有機材料）
低い温度は現在利用されていない、ナノにするとZTがあがる物がある、集積がうまく出来る必要

(3) エネルギーの有効利用

- ・ 高効率電池（充電効率の向上）
 - Li電池を越えるもの、電気化学・界面化学の融合）
- ・ 高効率エンジンの開発（電気エンジン、ディーゼルエンジン）
 - 触媒開発
 - エンジンの構造（耐熱材料）
- ・ 摩擦制御（研究例3）

(4) 低エネルギープロセス材料の開発

- ・ 蒸留に代わるプロセス：高効率分離膜（水分離）（研究例4）
- ・ エネルギーを使わない液体移送システム

(5) 環境・エネルギー材料 建築、自動車、プラント

- ・ 石油以外の原料利用？（天然物、リサイクル・・・）
- ・ 代替材料
- ・ 中空・フラクタル材料、ナノコンポジット
（強度、断熱性、可塑性、・・・）（空気入りコンクリート）
- ・ 表面処理 超撥水、汚れない表面処理、低付着（研究例5）

(6) 環境負荷の小さい合成 溶媒、触媒、メカノケミストリー、レーザーなど

(7) ミクロ実験設備、先端計測法

(8) 安全分析 など

4. 研究振興の観点からみたCO₂削減戦略

(1) ナノテクノロジー・材料研究の関係

- ・材料研究を、環境・エネルギー問題を解決するための重要かつ魅力的な研究分野とするための新たな切り口
- ・ナノテクノロジー・材料研究の潜在能力を結集（先端分野融合＋産学官連携）
- ・すべての材料研究分野に環境・エネルギーという新しい視点の導入（人材育成）

(2) CO₂削減戦略推進の方法論：研究振興の観点から

- ・逼迫したCO₂削減目標に対応した材料研究としての環境・エネルギー戦略
→喫緊の課題となっているCO₂削減目標に対する集中的な資源の投入
- ・中長期的な基盤技術の研究開発としてのCO₂削減戦略
→技術を特定することなく基盤的技術を研究振興
材料研究の潜在能力を活用する観点から、広く研究を公募する

5. 実用化・社会貢献に向けての工夫

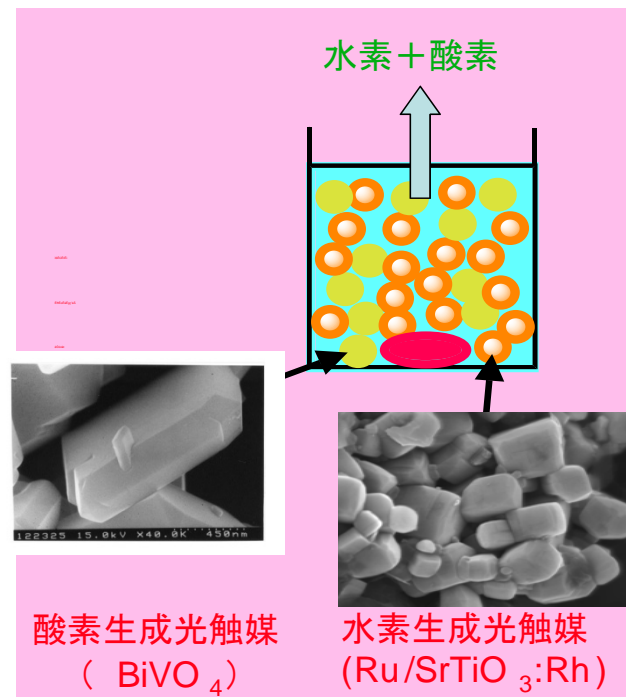
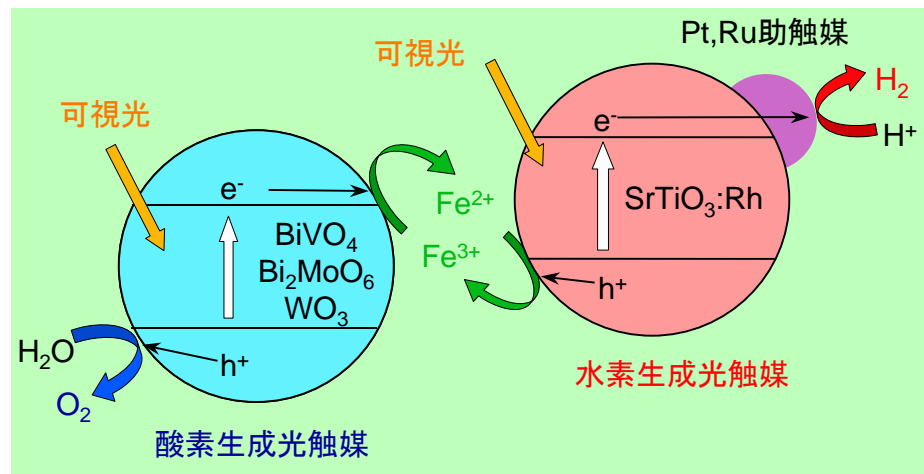
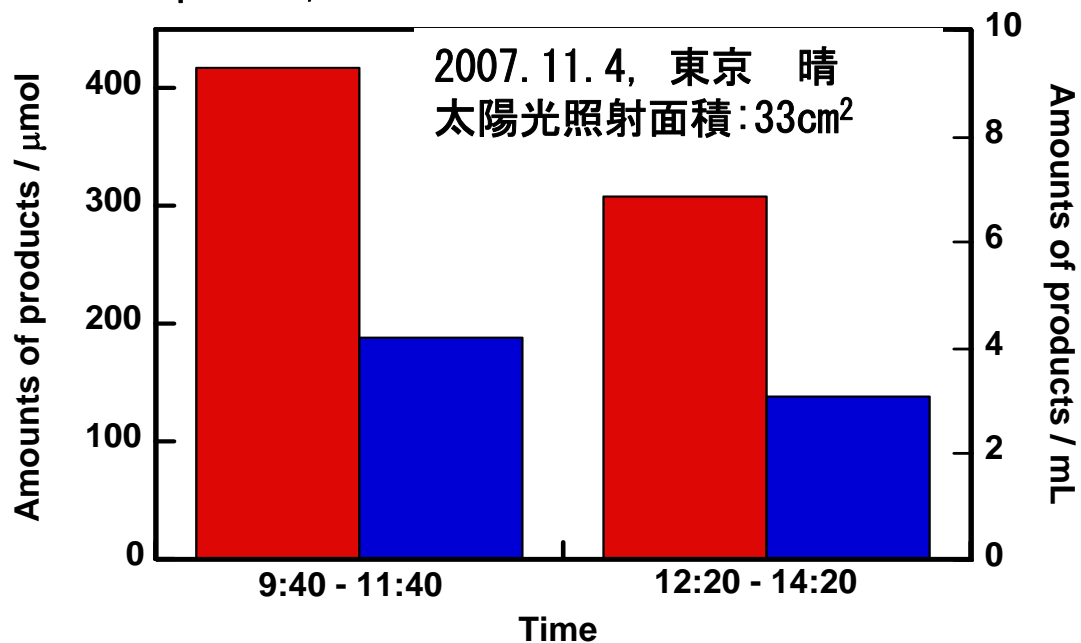
- ・基盤となる研究を振興する観点から早期に具体的な実用化にこだわらない。
- ・しかし、CO₂削減戦略の目的からして、実用化を目指した研究の方向性は保つ。
- ・生み出されたシーズについて、経済産業省のナノテク戦略と密接に連携することで実用化につなげていく。
- ・国全体の戦略として、CO₂削減戦略の全体像を経済産業省等とも連携しながら構想していくことが重要。

太陽エネルギー利用：可視光による水の分解

ナノ金属酸化物からなるZスキーム系光触媒を用いたソーラー水分解

- ・ H₂生成速度：
1.4L/h・m² (照射面積当)
- ・ 量子効率：3.9% (420 nm)
- ・ 太陽光エネルギー変換効率：
0.4%

触媒：各100 mg, 0.5 mM FeCl₃ aq., pH 2.4, 150 mL



(工藤、東京理科大)

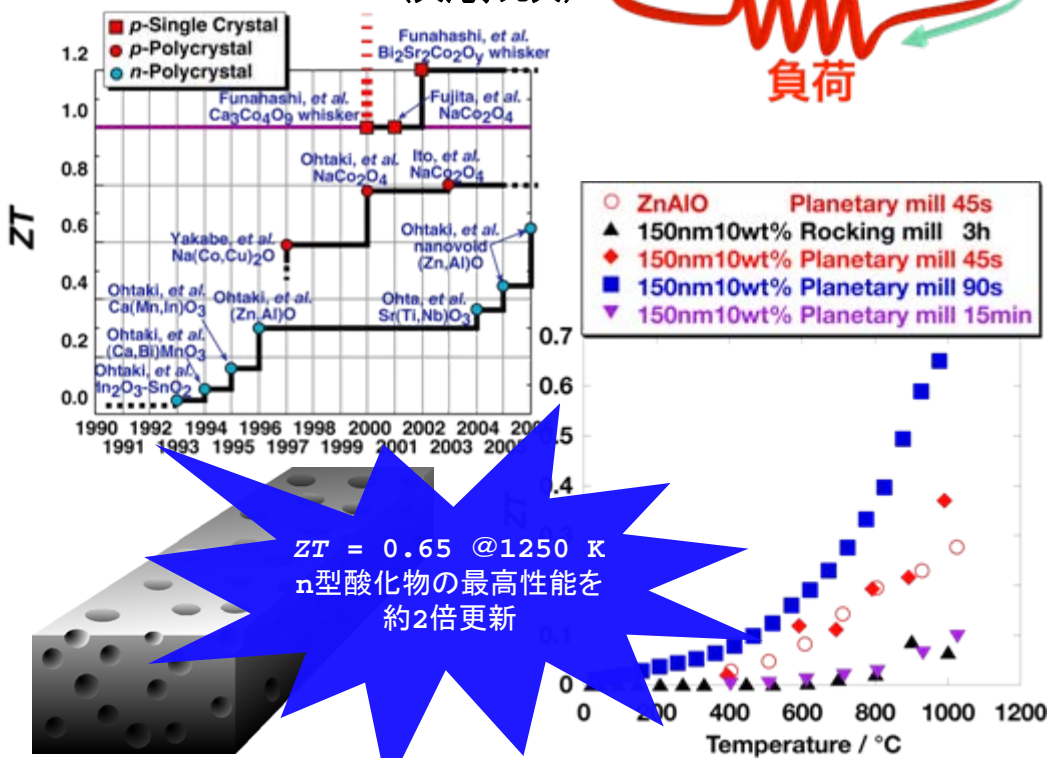
環境にやさしい熱電変換材料

研究例 2

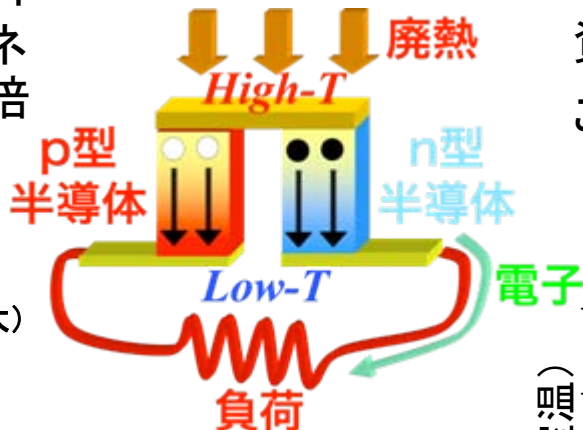
可動部なし、非フロン・ヒート
マネジメント、未利用熱エネ
ルギーの回収、10年で10倍
の性能向上、ナノボイド化

酸化物熱電材料

~2.5 (大滝、九大)

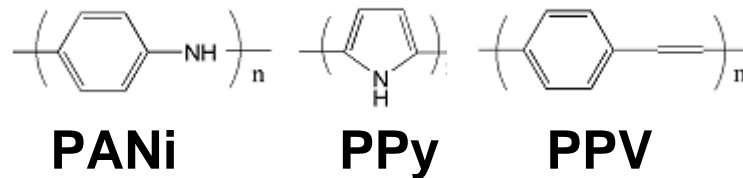
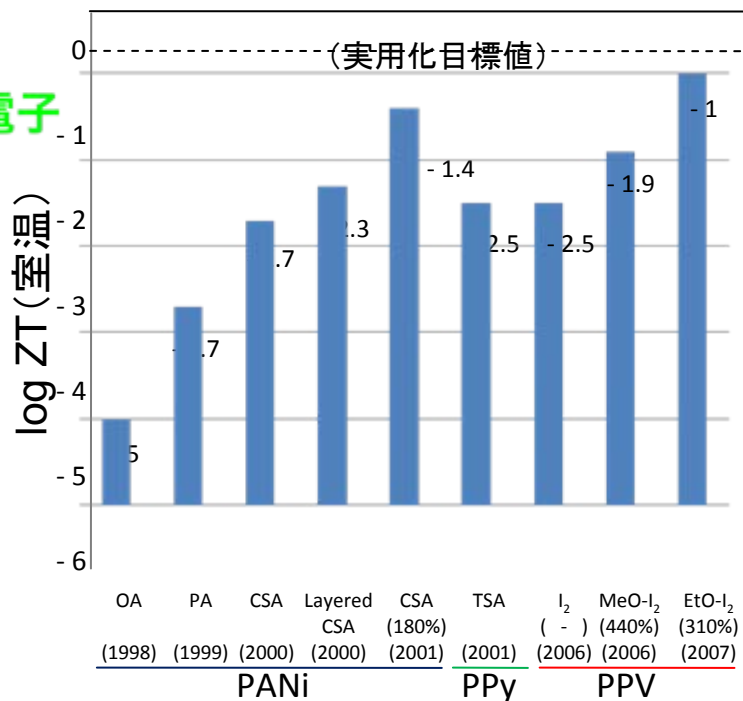


熱 ⇒ 電気



有機熱電材料 (戸嶋、山口東京理科大)

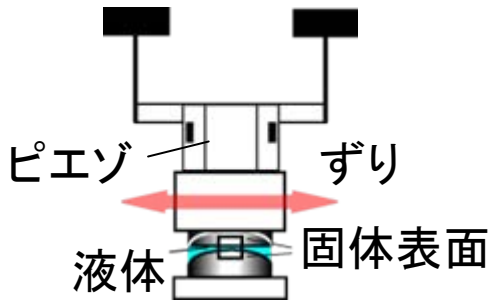
資源豊富、安価、良加工性、汎用向き
この10年で長足の進歩(1,000倍)



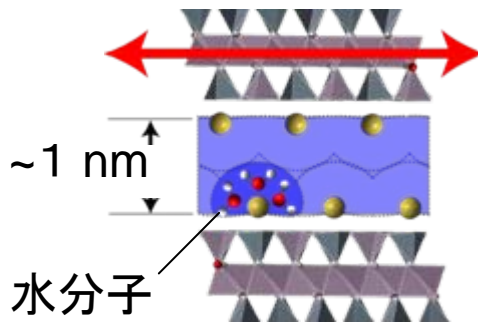
摩擦と省エネルギー

ナノ評価法の確立 → 現象解明 → 摩擦制御・利用への展開

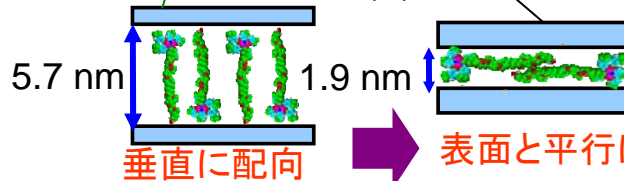
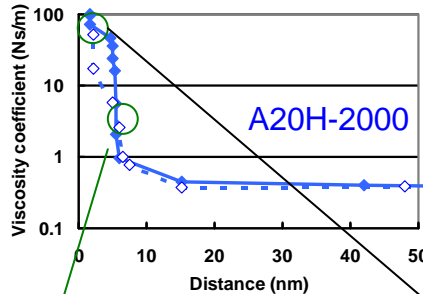
ナノ共振ずり測定



水の潤滑特性評価



ハードディスク用潤滑剤のナノトライボロジー評価



- 摩擦の低減、高潤滑、摩耗の低減：

GNPの1~2%の経済効果

環境負荷の小さい潤滑剤の探索・開発

エンジンの燃費向上、モーターの消費電力低減



- 低流体摩擦
- 摩擦接合

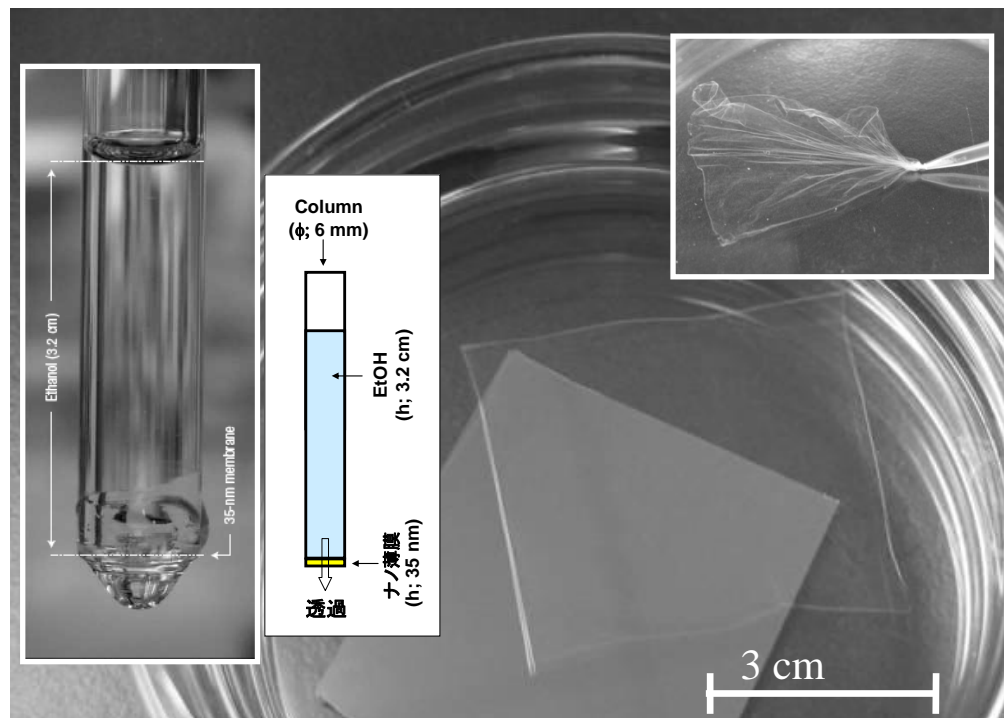
特徴

- 共振法による高感度のナノトライボロジー計測
- 液膜厚みを0.1nmの分解能で計測、粘度、潤滑性などの直接評価が可能

高効率分離膜を目指す巨大ナノ薄膜の創製

特徴

厚みがナノメートルオーダーでありながら、数センチ以上の面積を持つ薄膜。



わが国で最初に開発された、エタノール中に漂う厚さ30nmの巨大ナノ膜、(右) 折りたたまれピペットに吸い込まれるナノ薄膜、(左) カラムの底辺に貼り付けた自己支持性の巨大ナノ薄膜を通してエタノールがゆっくりと透過する様子

素材

有機、無機の多様な素材から作成することが可能

ポテンシャル

超薄膜であるため、生体膜と同様に少ないエネルギーで物質の膜透過が可能。

↓
ナノ先端材料として、海水淡水化、燃料電池など革新的な次世代機能膜に寄与

(国武、理研)

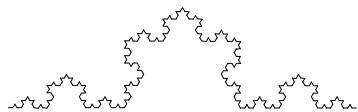
表面構造の利用：フラクタル・ナノ材料

フラクタル材料

特徴的物性例

環境／エネルギー材料 への展開例

フラクタル細線



実長大

?
研究例なし

?
研究例なし

超撥水／撥油表面



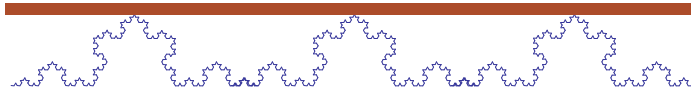
- ・汚れない表面
(家屋の壁、航空機や電車のボディ、台所、エレクトロニクス製品など)
- ・濡れない表面
(雨具、テーブルクロス、衣類)
- ・液体との低摩擦表面
(船底、送水管、送油管)
- ・固体との低摩擦表面
(着雪防止屋根／標識等)

フラクタル表面

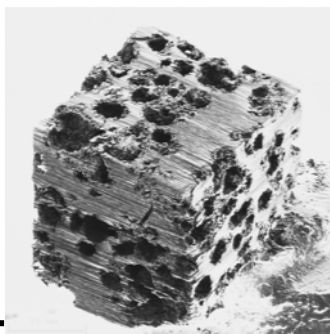


実表面積大

超低摩擦表面？



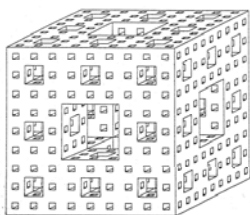
超高空隙率立体



実表面積大
空隙率大

- ・断熱材
(家屋の保温壁、冷凍庫、断熱プラント配管等)
- ・触媒担体
(自動車排気触媒、化学プラントの高効率化等)
- ・吸着材
(排水処理、空気清浄材等)

フラクタル立体

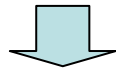


(辻井、北大)

35 μm

おわりに

- **材料ナノテクノロジー**
マクロからミクロ（分子・原子レベル）への
パラダイムシフト
 - “科学から技術へ”、“技術を科学する”
が可能になる



- **環境課題へのナノテクノロジーの応用**
 - 汎用技術のイノベーション
 - 科学技術の粋を環境課題に生かす
 - 新しいユニバーサルな融合研究領域の創成