

資源・材料とエネルギー 電池製造プロセスとレオロジー

工学研究科 応用化学専攻
菰田 悦之

講義内容と評価方法

お話の内容

1. 電池入門	2回
2. ねばねばの科学	3回
3. 混ぜ方入門	3回
4. 塗り方入門	3回
5. 乾かし方入門	3回

講義時間90分

・ 講義	50分
・ トピックス	20分
・ 課題	20分

評価方法

毎回の講義中の課題	60%
全講義終了後のレポート提出	40%

今日のトピック

レオロジーとはなに？

レオロジーの語源

レオロジー(Rheology)

物質の変形と流動を取り扱う学問体系

ラファイエット大学のピンガム教授によって1920年に提唱された学問分野
シンブリキウス(キリスト教の聖人)またはヘラクレス(ギリシャ神話の英雄)
の格言"panta rhei (全ては流れる)"ちなむ

最も古いレオロジーに関する著述

旧約聖書の**士師記** (the Book of Judges)

5.1 その日 **デボラ** とアビナムの子バラクは歌って言った。

5.2 「イスラエルの指導者たちは先に立ち、／民は喜び勇んで進み出た。主をさんびせよ。

5.3 もろもろの主よ聞け、／もろもろの君よ、耳を傾けよ。わたしは主に向かって歌おう、／わたしはイスラエルの神、主をほめたたえよう。

5.4 主よ、あなたがセイルを出、／エドムの地から進まれたとき、／地は震い、天はしたり、／雲は水をしたたせた。

5.5 **もろもろの山は主の前に揺れ動き**、／シナイの主、すなわちイスラエルの神、主の前に／揺り動いた。

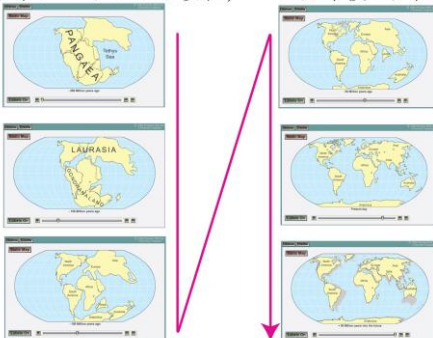
5.6 アナナの子シャムガルのとき、／ヤエルの時には薩商は絶え、／旅人はわき道をとおった。

5.7 イスラエルには農民が絶え、／かれらは絶え果てたが、／デボラよ、ついにあなたは立ちあがり、／立ってイスラエルの母となった。

5.8 人々が新しい神々を選んだとき、／戦いは門に及んだ。イスラエルの四万人のうちに、／庶あるいは権の見られたことがあったか。

どうして山は揺れ動くのか？

超大陸パンゲアから現在、5000 万年後の大陸



神=命に限りがない=無限の時空間に存在 >> 地殻変動=有限の時間変動

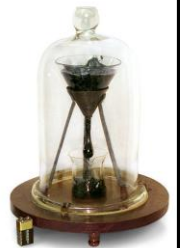
固い水と柔らかい岩？



水で包丁は切れるか？

ピッチドロップ実験:

- ・バーネル教授(クイーンズランド大)が1927年开始
- ・熱したピッチを漏斗に注いで落ちて着くまで3年
- ・1滴のしずくが落下するまでに約10年
- ・最近では2000年11月28日に8滴目
- ・2013年にも9滴目が落下する予定...
- ・ピッチの粘度は水のおよそ2300億倍



時間スケールについて考えよう

水が固いのは流れがはやすぎるから
 ⇔ 「水の変形に必要な時間」 >> 「破壊の所要時間」

岩が柔らかいのは流れがおそすぎるから
 ⇔ 「岩の変形に必要な時間」 >> 「観察している時間」

レオロジーにおける大切な考え方…

・物質の持つ時間スケール と 現象や観察の時間スケール

流りたい...粘度[力/面積×時間]

流さない...バネ定数[力/面積]

緩和時間(=粘度/バネ定数) [時間]

変形に要する時間

瞬いている時間

ずっと見続けられる時間

人間が生きている時間

• • •

$$\text{デボラ数} = \frac{\text{緩和時間}}{\text{観察時間}}$$

前回の課題・質問について…

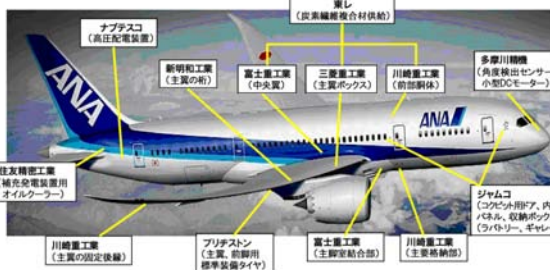
B787

2 主な素材・部品メーカー ～航空機～

【事例】:主な航空機関連メーカー

ボーイング787の開発では機体の35%を日本メーカーが担当している

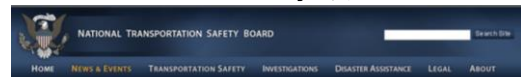
ボーイングB787の日本メーカー担当部位



資料：エコノミスト2008/5/20、ANAホームページ

© BNT Research Institute. All Rights Reserved.

B787の事故



NTSB Press Release

ボストンにおけるB787電池出火に関する二次調査報告

NTSB Provides Second Investigative Update on Boeing 787 Battery Fire in Boston

January 14

WASHINGTON - The National Transportation Safety Board today released a second update on its investigation into the Jan. 7 fire aboard a Japan Airlines Boeing 767 at Logan International Airport in Boston.

The lithium-ion battery that powered the auxiliary power unit on the airplane was removed and transported back to the NTSB Materials Laboratory in Washington on Jan. 10. The battery is currently being examined by NTSB investigators, who plan to disassemble it this week.



電池だけの問題
にするのは？

再生可能エネルギーの定義

再生可能エネルギー

自然に発生し、理論上排出物がない全てのエネルギー源のこと。バイオマス、太陽エネルギー、風力、潮汐、波や水力発電を意味し、化石燃料や原子力燃料には依存しない。

なお、その他、地熱、淡水塩水の浸透圧、酵素を利用した発酵エタノールなども含む。



<http://www.kids.esdb.bg/newenergy.html>

レアアースとは何か？

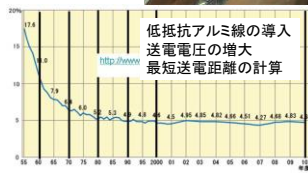
希土類元素のこと。レアメタルの一部。希少価値が高く、混合酸化物からの分離が困難

主なレアメタル				主なレアアース			
元素名（化学記号）		主な用途		元素名（化学記号）		主な用途	
ランタノウム	(La)	一次電池		ランタン	(La)	発光材料、光学、触媒	
セリウム	(Ce)	触媒力		セリウム	(Ce)	触媒力、触媒、触媒、触媒	
ニオブ	(Nb)	電圧、磁性材料		ネオジム	(Nd)	磁体材料	
コバルト	(Co)	電圧、磁性材料、触媒		ユウロピウム	(Eu)	発光材料	
ニッケル	(Ni)	電圧、磁性材料、触媒		ガドリウム	(Gd)	光学、電子材料	
ガドリウム	(Ga)	発光ダイオード、半導体素子		テルビウム	(Tb)	電圧材料、磁性材料	
ゲルマニウム	(Ge)	光ファイバー、光学、半導体素子、発光材料		ジスプロシウム	(Dy)	電子材料	
シリコン	(Si)	電子材料、セラミック		イットリウム	(Y)	発光材料	
ニオブ	(Nb)	コンデンサ、光学、電子材料					
セリウム	(Ce)	電気材料、触媒					
ニッケル	(Ni)	蓄電池、パルス、太陽電池					
アンチモン	(Sb)	蓄電池					
テルル	(Te)	半導体					
ハフニウム	(Hf)	電子材料					
タンタル	(Ta)	コンデンサ、光学					
ラジウム	(Ra)	放射線治療、触媒					
鉛	(Pb)	触媒、燃料電池					
ヒスピン	(Bi)	触媒代替剤					

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Li	Be																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Na	Mg																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Pb	Bi	Po	At																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

課題の回答から・・・

- ✓燃料電池の水素爆発は危険！
- ✓燃料電池の小型化
- ✓電池の安全性向上
- ✓送電技術の発達(無線送電, 送電ロス低減)
- ✓レアアースを使わない電池
- ✓水素の輸送・漏えい対策
- ✓安定な再生可能エネルギーの探索
- ✓爆発防止もしくは爆発エネルギーの変換
- ✓総合効率を高めるシステム開発
- ✓燃料電池の発達は電気会社を潰す？



電池のつくり方

(今日説明する)電池の種類

Battery(放電)

1次電池 乾電池

2次電池 リチウムイオン二次電池

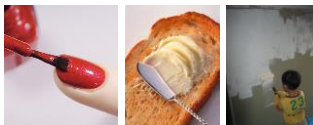
Cell(発電)

燃料電池 固体高分子形

太陽電池 色素増感型

全ての電池に共通する
製造技術とは？

塗布(Coating)



???

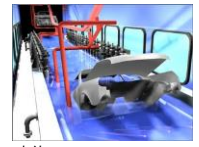
工業的な塗布



新聞印刷: 時速50km
(1時間に9万部)



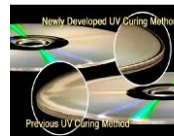
カラー銅板



車体



紙パルプ: 時速120km



DVD/BR-D

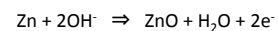
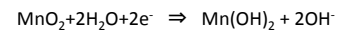
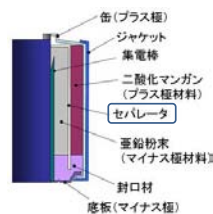


などなど、多種多様

アルカリ乾電池のつくり方



アルカリ乾電池の構造

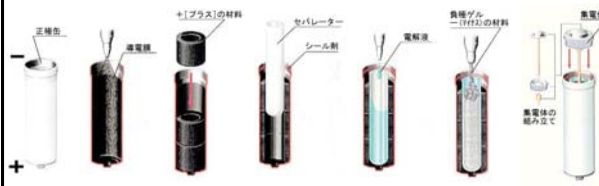


正極と負極を隔離する“紙”

電解液: 高濃度水酸化カリウム

- ・耐強アルカリ性
- ・電解液にぬれ易い(=親水性)
- ・低コスト&多孔性

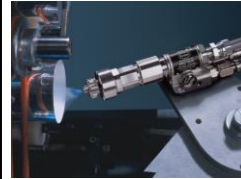
アルカリ乾電池製造における塗布



導電材料の吹き付け塗布
⇒正極缶内側と正極材料との密着性(=導電性)向上

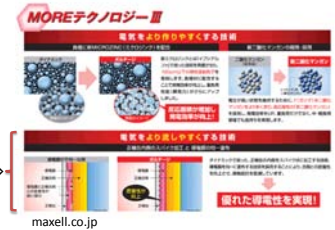
くっついていればいいんだけど、吹き付け方の最適化が必要

塗布操作と電池性能



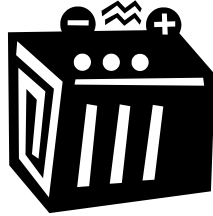
nordson.com

スプレー機器
ノズル径、塗布量、圧力...
塗料
粘度、表面張力...



均一な導電膜形成技術⇒

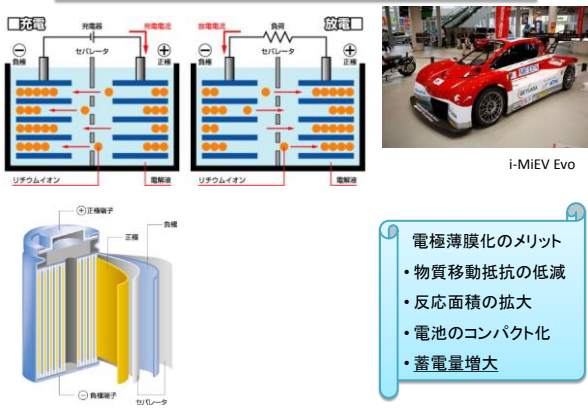
maxell.co.jp



リチウムイオン二次電池のつくり方



リチウムイオン電池の構造



i-MiEV Evo

電極薄膜化のメリット

- 物質移動抵抗の低減
- 反応面積の拡大
- 電池のコンパクト化
- 蓄電量増大

固体高分子形燃料電池のつくり方

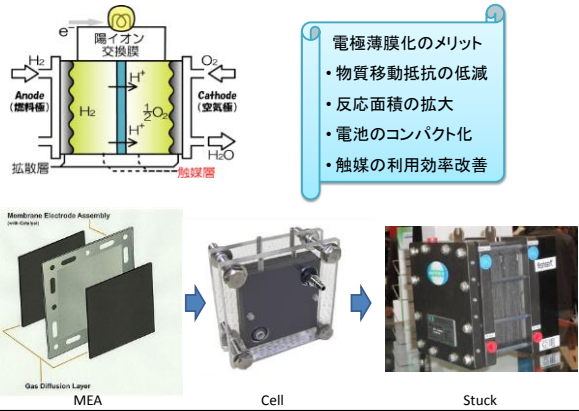


燃料電池の分類

	PEFC 固体高分子形	PAFC リン酸形	MCFC 熔融炭酸塩形	SOFC 固体酸化物形	AFC アルカリ電解質形
作動温度(℃)	室温~100	180~205	630~670	~1000	室温~230
電解質	陽イオン交換膜	濃厚H ₃ PO ₄	Li ₂ CO ₃ -K ₂ CO ₃ 溶融塩	ZrO ₂ -Y ₂ O ₃ (YSZ)	KOH水溶液
導電イオン	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻	OH ⁻
使用法	高分子薄膜	SiCなどに含浸	LiAlO ₂ に含浸	薄膜	アスベストなどに含浸
電極	電極基材 多孔質炭素板+PTFE	多孔質炭素板+PTFE	多孔質Ni-Ox/炭酸塩NiO(Li)	Ni-YSZセラム La(Sr,Ca)MnO ₃	金・銀スクリーン、 多孔質炭素板+PTFE
触媒	Pt担持	Pt担持			Pt担持
燃料	改質水素 (CO ₂ を含まない)	改質水素	改質水素 (炭酸ガス)	改質水素	純水素 (CO ₂ を含まない)
酸化剤	O ₂ 、空気	空気	CO ₂ 、空気	空気	O ₂ 、空気
(想定)用途	電気自動車、 家庭用、 携帯機器、 宇宙・軍事用	オンサイト発電	大規模発電 オンサイト発電	大規模発電 分散型発電	宇宙用、 海底作業船、 軍事用

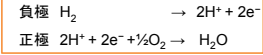
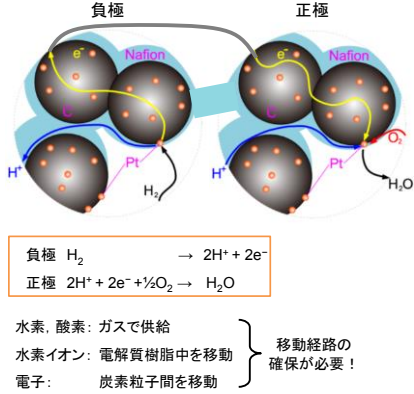


燃料電池(PEFC)の構造と薄膜電極



- 電極薄膜化のメリット
- ・物質移動抵抗の低減
 - ・反応面積の拡大
 - ・電池のコンパクト化
 - ・触媒の利用効率改善

PEFC薄膜電極内の物質移動

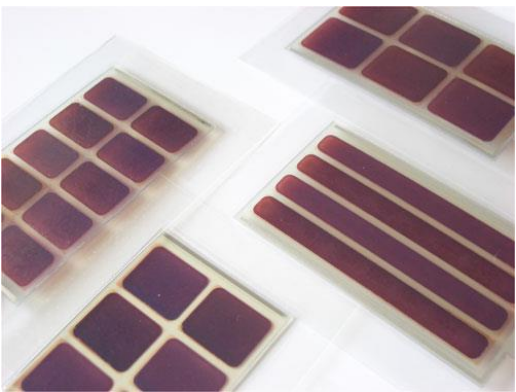


水素、酸素：ガスで供給
水素イオン：電解質樹脂中を移動
電子：炭素粒子間を移動

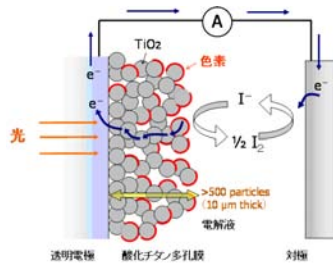
移動経路の確保が必要！



色素増感型太陽電池の作り方



色素増感太陽電池の構造と電極膜



酸化チタン粒子(ナノメートル)+水+分散剤
 ⇒ 透明導電性ガラスに塗布 ⇒ 乾燥 ⇒ 焼成 … 電極膜

本日のまとめ

電池の製造技術では塗布操作は必要不可欠である
 燃料電池やリチウム二次電池などでは薄膜電極製造に用いられる
 電極の薄膜化は、反応性向上、反応面積拡大、高容量化などに繋がる
 但し、イオンと電子の移動経路を確保する必要がある。

課題 (2013.4.17)

学籍番号 _____ 氏名 _____

○ “講義の中では扱わなかった”「塗る」操作を一つ例示し、塗ることの重要性・意義について議論しなさい