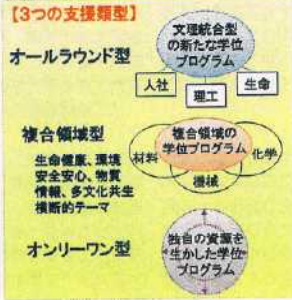


博士課程教育リーディングプログラム

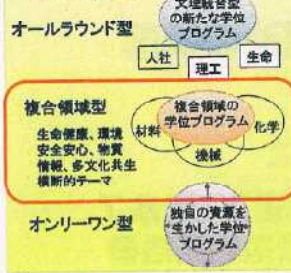
優秀な学生を俯瞰力と独創力を備え広く産学官にわたり、グローバルに活躍するリーダーへと導くため、分野の枠を超えて博士課程前期・後期一貫した世界に通用する質の保証された学位プログラム

(H23～H25年度募集、計62のプログラムが採択：各プログラムに6.5年の助成)



物質科学系 リーディングプログラム

[3つの支援類型]



物質系では下記6プログラムが活動中

大阪大学	IMSC (シタラケイソウ物質科学・サテライトプログラム)
東京大学	IMSC (統合物質科学リーダー養成プログラム)
九州大学	IMSC (九州大学大学院博士課程教育リーディングプログラム 分子システムデータベースコース)
北海道大学	IMSC (物質科学フロンティアを養成する Ambitious リーダー養成プログラム)
東北大学	IMSC (東北大学大学院博士課程教育リーディングプログラム マテリアル・メカニクス物質科学リーダー養成プログラム)
大阪府大 大阪市大	IMSC (システム発想型物質科学リーダー養成学位プログラム)



インタラクティブ物質科学・カデットプログラム概要

- 物質科学に関する博士前期・後期課程5年一貫のプログラム 基礎工学研究科・理学研究科・工学研究科が連携・推進
- プログラム履修生は物質科学研究・事業における幹部候補生 約40名のプログラム担当教員が協力し、日本の国際産業競争力の根幹である物質科学の将来を担う人材の育成を目指す

カデット(Cadet)とは？

リーダーとして育成されるエリート層の学生
 米国では、士官候補生 陸軍士官学校 (Cadet academy, Westpoint)
 海軍兵学校 (Annapolis) の生徒・訓練生



Materials Science Cadet = 物質科学の幹部候補生
 将来の物質科学研究・事業におけるイノベーションを牽引する
 リーダーとして産・官・学のいずれでも活躍できる博士人材



カデットプログラム カリキュラム

■ 課程を通じて修得すべき能力・知識

高度な専門性 複眼的思考、俯瞰的視点 対話力 企画力、自立性
 セレンディビティ的な視点・思考力 柔軟性 国際突破力



履修生採用状況

一期生～五期生 合計77名が履修中
 (D3:17名、D2:21名、D1:15名、M2:14名、M1:10)

研究科別分布



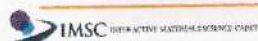
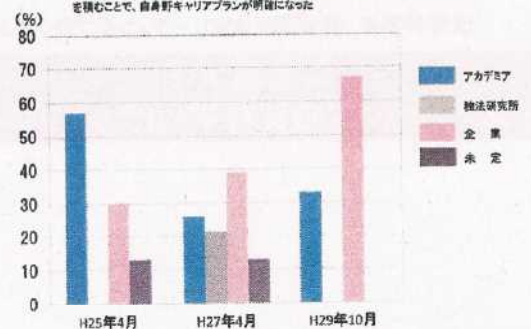
分野別分布



取組み成果としての履修生の意識変化

カデット1期生のキャリアプラン変化

プログラムを履修前に、異分野との交流、国内外の研究機関や企業での経験
 を積むことで、自身のキャリアプランが明確になった



Liイオン二次電池の状況

電池の概況

Liイオン二次電池への期待

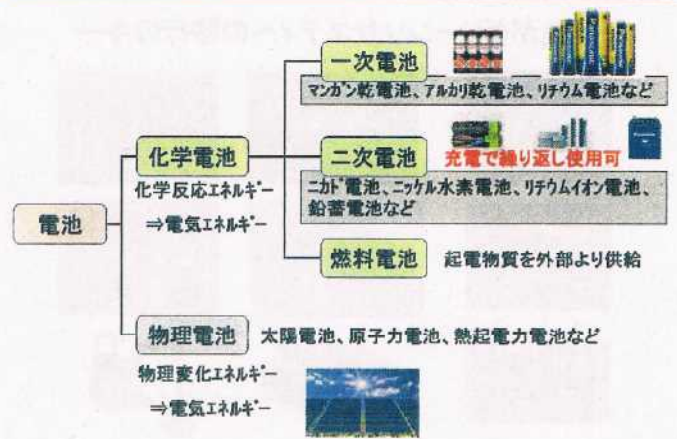
Liイオン二次電池の構造と活物質

Liイオン二次電池の今後 革新電池について

電池の安全性について

まとめに代えて

電池の種類



2016電池国内総生産

生産個数は一次、二次ほぼ同数 金額は圧倒的に二次電池



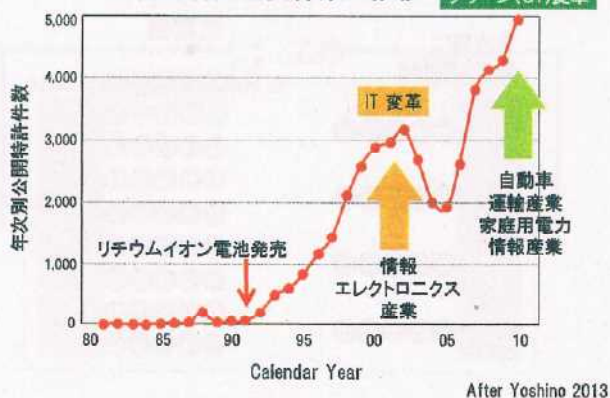
二次電池の世界市場動向

新たな二次電池の出現や二次電池の進化が新しい製品やサービスを創出

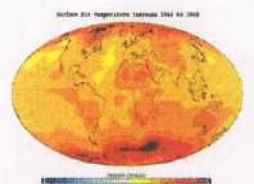


変革の新しい波

LIB関連特許公開件数の推移 グリーン(GI)変革



地球温暖化の危機



再生可能エネルギーの地産地消

電池がグリーンソサエティへの移行のキー

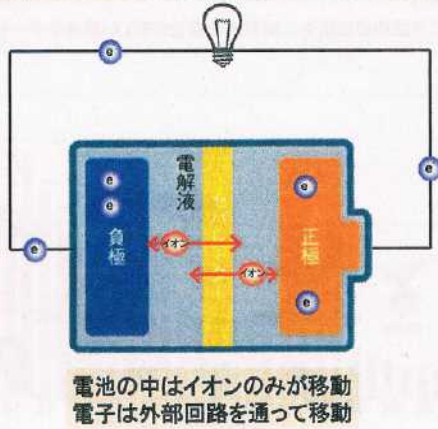


2020に向けたLIB市場動向

(JPY 兆円)



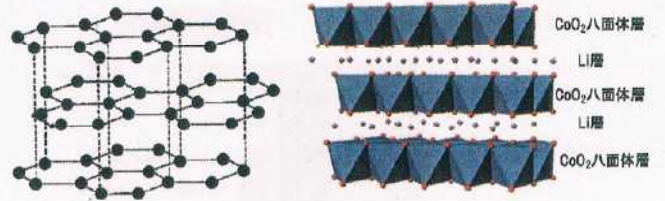
二次電池の構造



Liイオン二次電池の構造と活物質

負極: Li-カーボン

正極: LiCoO₂



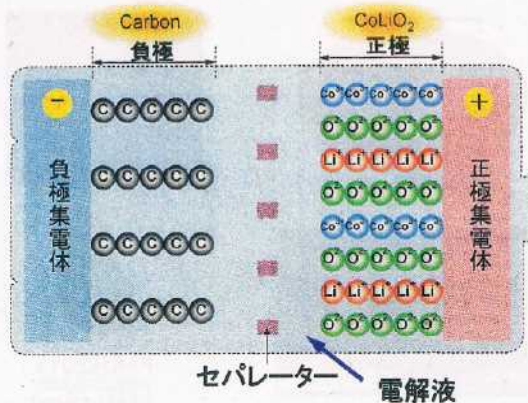
正極での反応



負極での反応



Liイオン電池の構成



充電時の動作

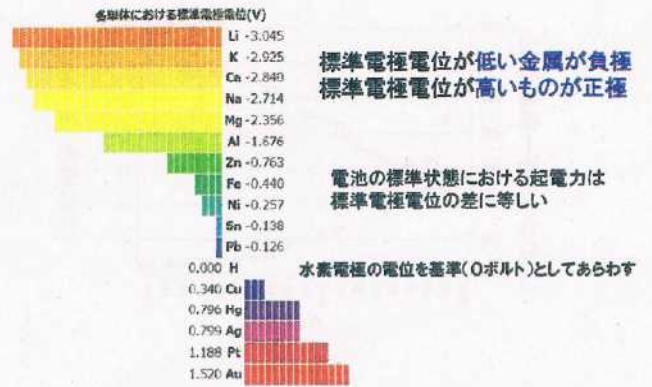
充電



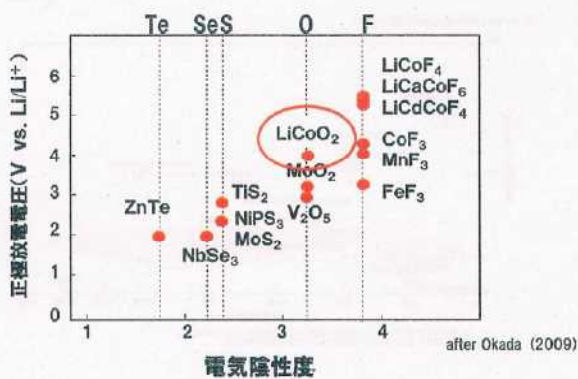
放電時の動作



金属元素の標準電極電位



正極活物質放電電圧とアニオンの電気陰性度



正極活物質

正極活物質: 酸化剤 (相手を酸化) ⇒ 正極は正に帯電

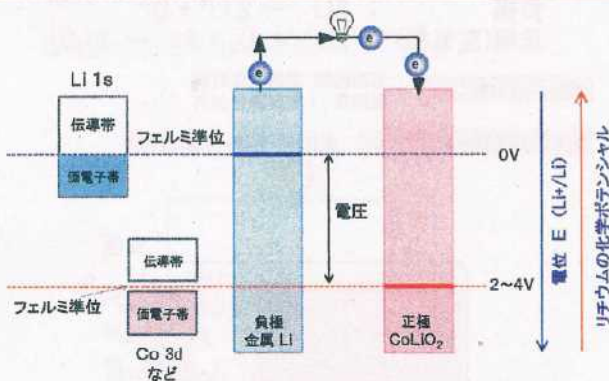
● 正極活物質開発の歴史

1970年代 インターカレーション反応ベース
遷移金属カルコゲナイド: TiS_2 , $NbSe_3$

1980年代 層状岩塩型酸化物: $LiCoO_2$, $LiMn_2O_4$
低分子量による高容量化
電気陰性度増加による高電圧化

現在のリチウムイオン二次電池
(酸化物正極 + 炭素系負極)

正極・負極(金属Li)のフェルミ準位と電位



フェルミ準位の熱力学的別名は、電子の化学ポテンシャル
電子1個当たりの電極内での居やすさと理解することが可能

Liイオン電池の歴史

1960年代

Liの持つ高いポテンシャルを活用する金属リチウム電池

1976年 正極 硫化チタン 負極 金属リチウム

正極、負極ともに反応性に問題、安全性に課題

吉野 彰氏(旭化成)が次の点に着目、LIBが誕生した(1983年)

1. 正極にコバルト酸リチウムを用いると

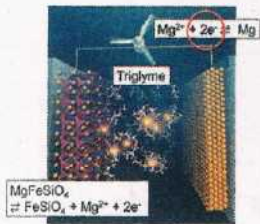
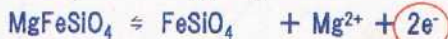
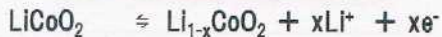
- ・正極自体がリチウムを含有するため、負極に金属リチウムを用いる必要がなく安全である
- ・4Vの高い電位をもち、そのため高容量化が可能

2. 負極に炭素材料を用いると

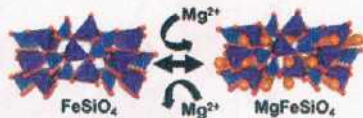
- ・炭素材料がリチウムイオンを吸蔵、金属リチウムが電池内に存在しないので安全
- ・リチウムの吸蔵量が多く、高容量化が可能

金属負極電池：多価イオン電池

負極材料と電解質材料の開発



Y. Oriksa et al., Scientific Reports (2014)



電解質：Mg(TFSI)₂+トリグリム

TFSI：トリフルオロメタンスルホニルイミド
(CF₃SO₂)₂N

トリグリム：
Triethylene glycol diethyl ether
1,1-Di(2-methoxy ethoxy)ethane
2,5,8,11-Tetraowadecane

電池の全固体化の流れ

電解質を 液体から固体に変えることで

メリット

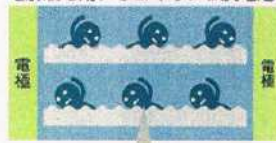
- 安全性が向上(電解液の漏れや揮発、発火が無い)
- 数分で90%充電する「急速充電」が可能に
- エネルギー密度の大幅向上の可能性
- 自己放電が大幅低減
- 電池の設計自由度が増し、多層化など可能に
- フレキシブル化も可能
- 基板に表面実装できる部品化

課題

- 量産技術が未確立
- 電極と電解質の界面抵抗が大きい
- 大容量品は安全性に懸念

例えて言えば

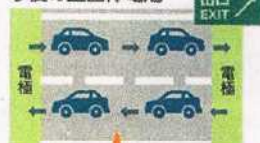
電解液を用いるLiイオン二次電池



Li⁺が液中を泳いで移動。一定以上の高電圧下では内部抵抗値が急激に増大



今後の全固体電池



高電圧を印加しても内部抵抗値が低いままで、高出力化が容易。Li⁺にとっての高速道路に



固体電解質材料

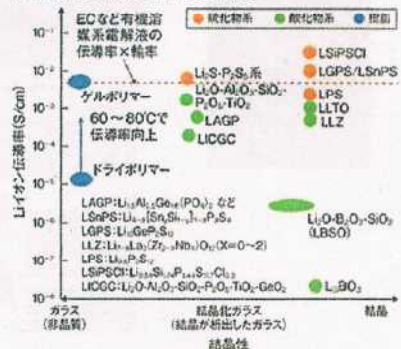
液体電解質材料

エチレンカーボネート + リチウム塩:
LiPF6 LiBF4 LiClO4



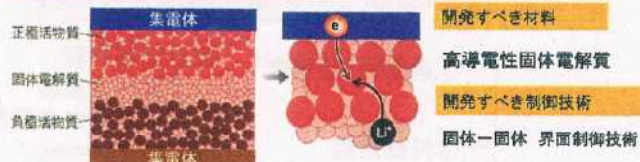
固体電解質材料

(a) 各材料の25°CでのLiイオン伝導率



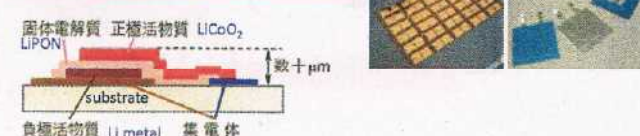
全固体電池の構造

バルク型全固体電池

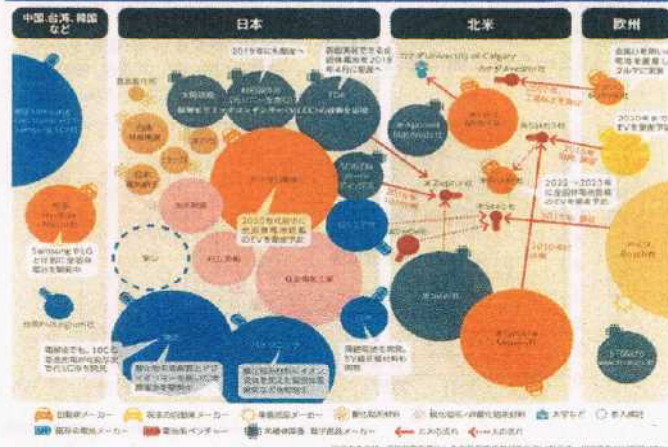


- 開発すべき材料: 高導電性固体電解質
- 開発すべき制御技術: 固体-固体 界面制御技術

薄膜型全固体電池

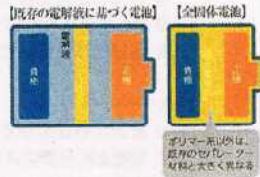


多くの会社が参入する固体電池



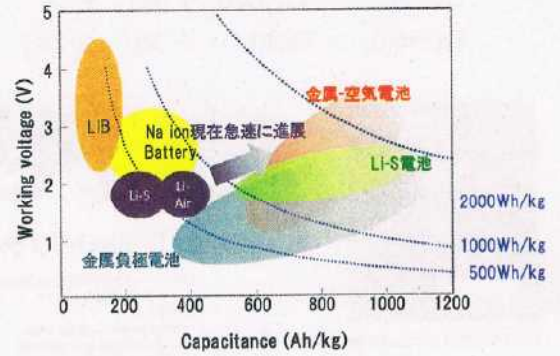
固体化による性能向上

- より高容量密度、高電位の材料が使える
電解質の固体化で、電極材料が溶け出しにくく、電解液に比べ電気化学的安定性が高い材料が多く、電解液では使えなかった、電圧が高く、電流容量密度が高い正極材料や負極材料が利用可能に
- パッケージ簡素化
液漏れが無く、安全性が高まることで、パッケージや安全確保のための装置を簡素化出来るため、同容量の電池をよりコンパクトにできる
- 斬新なセル設計が可能
電極と固体電解質を薄くして多層に積層する等の設計が可能になり活物質の利用効率を大幅に高められる可能性がある



高容量化に向けた研究開発が進展中

いずれの電池も固体化の流れ



もっと詳しく知りたい方は



蔵前ジャーナルに菅野先生の講演記事が有ります

【特別】全固体電池の実用化に向けた研究最前線について

物質技術総合研究所 野村 浩二
全固体電池の実用化に向けた研究最前線について
2017.10.11 | 菅野先生の講演記事

全固体電池の実用化に向けた研究最前線について
野村 浩二
全固体電池の実用化に向けた研究最前線について
野村 浩二

電池の安全性

単3電池
14mmφ
49mmL
1.5V
0.9Ah

LIB 18650
18mmφ
65mmL
3.7V
4Ah

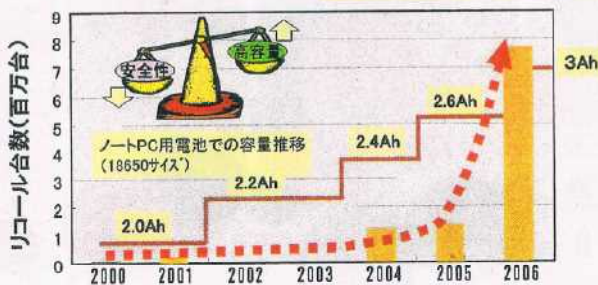
NTSB looks to laptop batteries as possible cause of plane fire

NTSB: 米国 国家運輸安全委員会

リチウムイオン電池の規制強化

高エネルギー化に伴って
リコールが大幅に増加

- 様々な規制強化の動きが加速
 - ・ 法規制 (電安法・中国・韓国・タイ・・・)
 - ・ 標準化 (JIS/IEC, UL規格, IEEE規格)
 - ・ 輸送規制 (UN, ICAO, IATA・・・)



CPSC (Consumer Product Safety Commission) レポート ('06年12月現在)

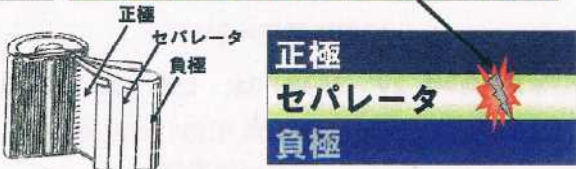
市場障害のリスク要因と安全システム設計

電池の内部短絡はそのまま市場障害に直結



内部短絡の発生モデルと従来の対策

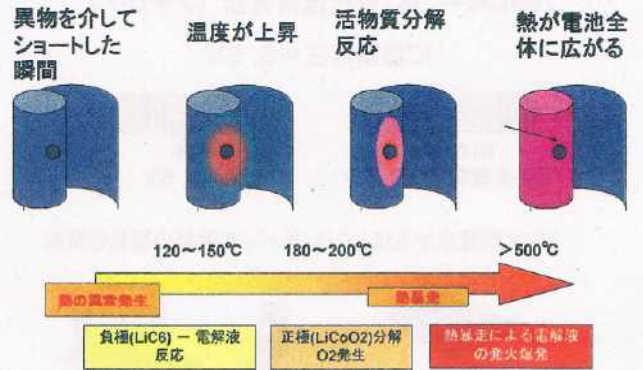
発生要因 金属異物等がセパレータを突き破ると内部短絡



設計・購買・モノづくりの総合的取組みを実施

- | | | |
|---------|----------------|---------------|
| 【購買】 | ・材料の異物混入防止対策 | } 混入防止対策 |
| 【モノづくり】 | ・工場のクリーン化 | |
| 【設計】 | ・強度の高いセパレータの採用 | } 万一混入した場合の対策 |
| | ・熱的安定材料の採用 | |

内部短絡による熱暴走のメカニズム



新安全基準 ~電安法, JIS~

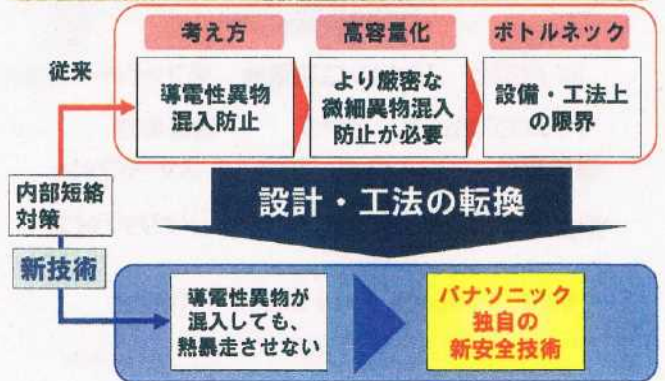
リチウム電池「新安全基準」
未達成は販売停止

00年 07年

JEITA電子情報技術産業協会, BAJ電池工業会

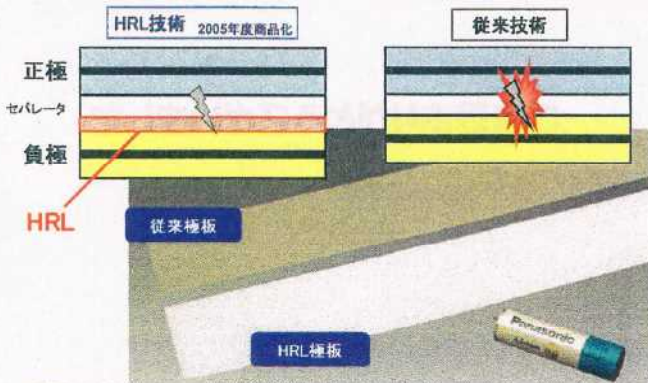
リチウムイオン電池の安全技術の考え方

「異物混入防止」から「混入しても熱暴走させない」に考え方を変更



リチウムイオン電池の新たな安全技術

HRL※形成により、異物混入しても内部短絡現象が短時間で終了



※HRL: Heat Resistance Layerの略。絶縁性金属酸化物からなる耐熱層

なぜLiイオン二次電池が主流になったのか

- 小型・軽量化の実現
- コストダウンの実現
- 信頼性
- 供給安定性
- 市場実績

いえ
これらは
結果です

何か外的要因があった?

その通り
外的要因とは...

電池の電圧とプロセッサの駆動電圧

1990年～ 第1世代携帯電話 (アナログ)

IC駆動電圧=5.5V



Ni-MH5本

Ni-水素電池=1.2V



LIB2本

LIB=3.6V

Ni-水素電池が主流となり、モバイル機器の進化を牽引



電池の主役を決めた外的要因

1995年～ 第2世代携帯電話 (デジタル)

IC駆動電圧=3V

Ni-水素電池=1.2V Ni-MH 3本 LIB 1本 LIB=3.6V

3V駆動化がLIBの1本使いを実現

これが決定打



2000年～ IT市場の爆発



IT変革を起した要素技術群

IT社会

3V 駆動IC Liイオン二次電池 光ファイバー

マイクロプロセッサ GPS 携帯電話

通信衛星 インターネット スマートフォン

液晶ディスプレイ 通信デバイス メモリデバイス

WWW Google Face Book Twitter

.....

GT変革を起す要素技術群は？

Green Society

???

革新的二次電池 太陽電池 燃料電池

パワーコンバーター 風力発電 水力発電

パワエレデバイス 電気貯蔵システム

熱制御 ワイヤレス給電 電力系統制御

地熱発電 電気自動車 スマートシティ

エネルギー貯蔵には多くの選択肢



Liイオン電池?

水素燃料電池?



関西蔵前懇話会

ご清聴ありがとうございました