

UEC TOKYO 2018年9月18,19日(火水)神戸大学 集中講義  
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: http://ttf.pc.uec.ac.jp/

## 材料科学

電気通信大学 III類 基盤理工学専攻 化学生命工学プログラム  
石田尚行



(1) 周期表



(2) 電子物性材料

UEC TOKYO 2018年9月18,19日(火水)神戸大学 集中講義  
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: http://ttf.pc.uec.ac.jp/

## 材料科学

電気通信大学 III類 基盤理工学専攻 化学生命工学プログラム  
石田尚行



(1) 周期表



(2) 電子物性材料

Q: この人は誰?

わしは\_\_と申す。  
化学者のバイブル\_\_を作ったのはわしじゃ!



分子磁性国際会議 (ICMM 2014), 4-10 July@ロシア  
研究会参加は学生も!

ここ!





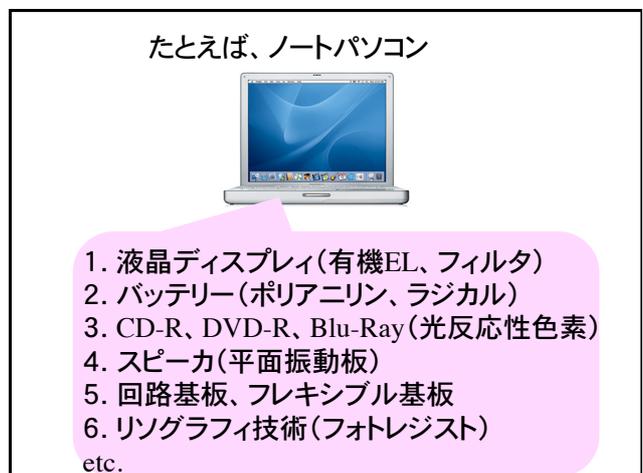
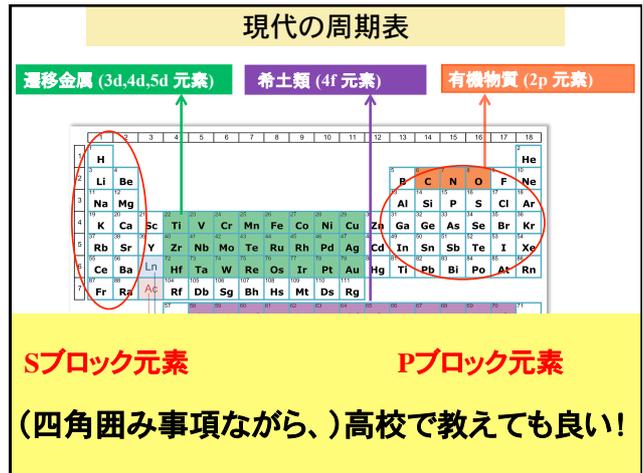

上: メンデレエフのレリーフ (ペテルブルク総合大)  
右: メンデレエフの彫像と周期表 (ペテルブルク工科大)

### ミニ「ロシア語講座」

アルファベットの置換で読めるものが多い。  
特に外来語は意味もわかる。

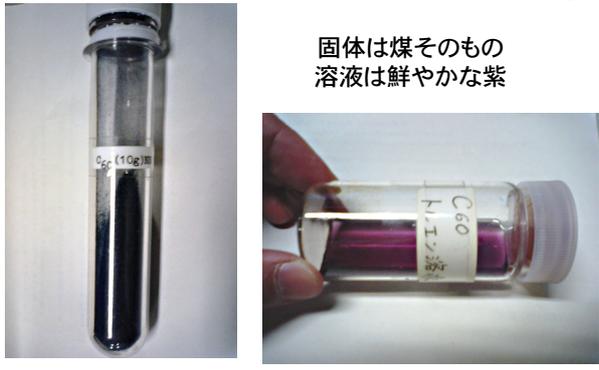
P → R; C → S; Π → P; H → N;  
Л → L; Д → D; B → V; Б → B

РЕСТОРАН ⇒ レストラン  
СТОП ⇒ 止まれ  
СПАСИБО ⇒ スパシーバ ありがとう



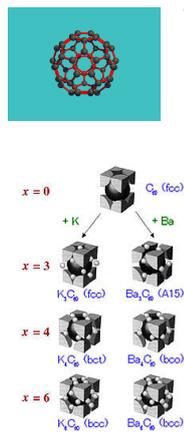
### フラーレンC<sub>60</sub>

固体は煤そのもの  
溶液は鮮やかな紫



### フラーレンC<sub>60</sub>のアルカリ金属塩

$(M^+)_3(C_{60}^{3-})$   
超伝導体になる



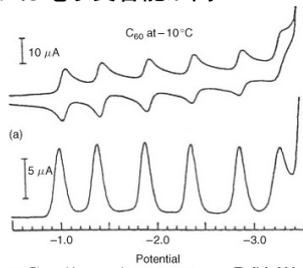
化合物	結晶構造	格子定数 (nm)	T <sub>c</sub> (K)
Nb <sub>3</sub> RbC <sub>60</sub>	sc (< 315K)	1.4028	3.5
Nb <sub>3</sub> CsC <sub>60</sub>	sc (< 299K)	1.4046	12
K <sub>3</sub> RbC <sub>60</sub>	fcc	1.4337	27
K <sub>3</sub> CsC <sub>60</sub>	fcc	1.4267	23
K <sub>2</sub> CsC <sub>60</sub>	fcc	1.4292	24
K <sub>2</sub> C <sub>60</sub>	fcc	1.4240	19.3
Rb <sub>3</sub> C <sub>60</sub>	fcc	1.4555	<b>33 (最高T<sub>c</sub>)</b>
Rb <sub>2</sub> C <sub>60</sub>	fcc	1.4481	31.3
Rb <sub>3</sub> C <sub>60</sub>	fcc	1.4384	29
Ca <sub>3</sub> C <sub>60</sub>	sc	1.4010	8.4
Sr <sub>3</sub> C <sub>60</sub>	bcc	1.0975	4
Ba <sub>3</sub> C <sub>60</sub>	bcc	1.1171	7

有機超伝導転移温度の記録保持者!

### フラーレンC<sub>60</sub>のアルカリ金属塩

$(M^+)_3(C_{60}^{3-})$   
超伝導体になる

フラーレンは電子受容能が高い

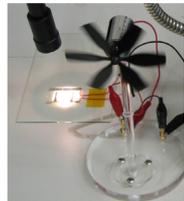


Cyclic voltammetry の結果

<http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/2009/2010-02/page07.html>

01 次世代太陽電池の効率化に挑む!

●エネルギーの変換効率を世界最高レベルに  
●新開発の電子供与体と受容体の出会いが理想的な構造を生む



ITO (145nm)
パッド層
p-層 (25nm)
I-層 (70nm)
n-層 (60nm)
エキシトン阻止層
Al (60nm)

SIMEF + BP

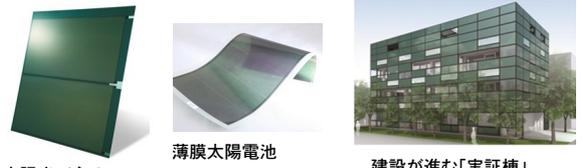
太陽電池でファンを回すデモ 三菱化学・東大中村研

日経テクノロジーonline メガソーラー 発電事業を成功に導く エネルギー

2014/03/25 11:06

### 三菱化学と大成建設、有機薄膜型太陽電池をビル用外壁材に一体化

三菱化学と大成建設は3月24日、有機薄膜太陽電池を用いた発電する建物外壁ユニットを共同開発し、性能評価のための実証試験を始めると発表した。



太陽光パネル 薄膜太陽電池 建設が進む「実証棟」(完成イメージ)

### サッカーボール分子、C60 ラグビーボール分子、C70

### フラーレン 引き伸ばしたら ナノチューブ



「線は帳面に引け」 by Euler  
線の数 = 頂点の数 + 面の数 - 2

どんなフラーレンにも  
正五角形が12個ある

**ASCII 24** 飯島 澄男 NEC特別主席研究員  
1963 電気通信大学通信学科卒業

**NECなど、カーボンナノチューブ電極採用の携帯機器向け燃料電池を開発**  
2001年8月30日

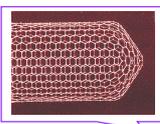
日本電気(株)らは、カーボンナノチューブの一種である“カーボンナノホーン”を電極に採用した携帯機器向けの**小型燃料電池**を開発した。エネルギー密度がリチウム二次電池の10倍など、..



カーボンナノホーン

### 分子ワイヤー(導線)

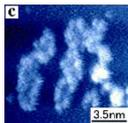
カーボンナノチューブ、長さはいくらでも。  
数ナノメートルの直径をもつ



DNA が電導性があり、分子導線に使えるのではないかと  
言っている人もいる

3.4(±0.2) nm x 10 = 34 nm

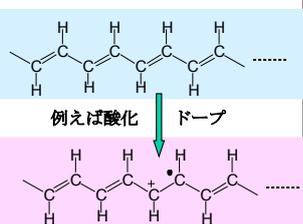
DNA 二重らせん構造  
のSTM観察



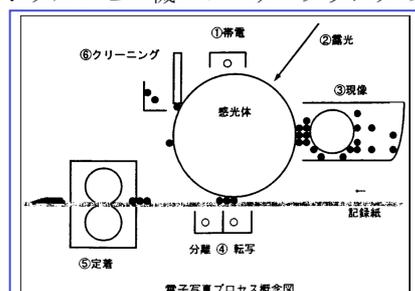
### ポリアセチレン



例えば酸化 ドープ



実用例の一つ：  
デジタルコピー機・レーザープリンタの原理

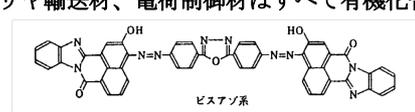


電子写真プロセス概念図

黒いところ → 露光されない → 静電気残る  
白いところ → 露光される → 静電気失う

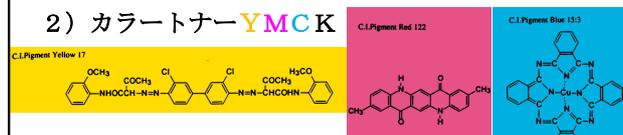
### 有機材料が大活躍:

1) 感光体: **OPC** (Organic Photo-Conductor)  
有機化合物は静電気を帯びる性質をもつが、OPC は光が当たると導通し、静電気を失う。キャリア生成材、キャリア輸送材、電荷制御材はすべて有機化合物。



ビスアゾ系

2) カラートナー **YMC K**



C.I. Pigment Yellow 17, C.I. Pigment Red 122, C.I. Pigment Blue 153

電導体、磁石、  
これまで無機物に特有と思われてきた性質

なぜだろう？ どうしてだろう？  
この性質の起源、発現の原理を解き明かす  
(ここを「勉強」する必要がある)

有機物にも、  
これらの性能を付与できるようになる

役に立つ画期的新材料の開発へ進む

## 「ナノ」は次世代技術の合い言葉

$10^3$ キロ(k)	$10^{-3}$ ミリ(m)
$10^6$ メガ(M)	$10^{-6}$ マイクロ( $\mu$ )
$10^9$ ギガ(G)	$10^{-9}$ ナノ(n) : 十億分の1
$10^{12}$ テラ(T)	$10^{-12}$ ピコ(p)

原子、分子って  
意外に大きいじゃん!

髪の毛 : 0.06 mm = 60  $\mu$ m  
光学顕微鏡下ピンセットで摘める金導線 : 15-10  $\mu$ m  
nm ナノメートルはちょうど分子の大きさ

## アップルウォッチ 2015発売



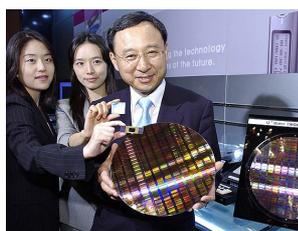
ソフトウェア上の  
技術革新も必要だ



集積度のさらなる向上を  
目指せ

## RAM (フラッシュメモリー)の集積度

1年で2倍の割合で向上してきた  
(ホアン・チャンギョ黄昌圭の法則 (Samsung))



ムーアの法則より速っ!



microSD

SanDisk

Calif, Feb. 22, 2012

128 GB microSD 生産開始



## ナノテクノロジー

30 ~ 4 nm は、分子の大きさに迫っている!

導線	→ 分子ワイヤー
論理回路	→ 分子素子、分子コンピュータ
記録素子	→ 分子磁石
情報伝送	→ 分子光コネクタ
表示材	→ 分子LED
受光材	→ 分子CCD
操作	→ AFM, STM, SNOM, MFM

これからは分子工学の時代だ!

## Take-home message

資源のとれない国の生きる道は加工貿易

- ⇒ だから、技術立国せねばならない
- ⇒ 技術力において世界のリードをとる
- ⇒ 科学技術の「底力」とはなにか?



2018年9月18,19日(火水)神戸大学 集中講義  
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: http://tlf.pc.uec.ac.jp/

## 材料科学

電気通信大学 III類 基盤理工学専攻 化学生命工学プログラム  
石田尚行



(1) 周期表



(2) 電子物性材料