

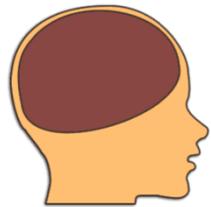
# 記憶する分子の作り方

石田尚行（基盤理工学科/専攻、化学生命工学プログラム）

## 目次



(1) 材料科学とは



(2) 磁気化学の医工学への応用  
脳科学



(3) 磁気化学の材料への応用  
記憶する分子

## 化学生物系実験室7F



## 化学生物系演習室7F



## 眺望

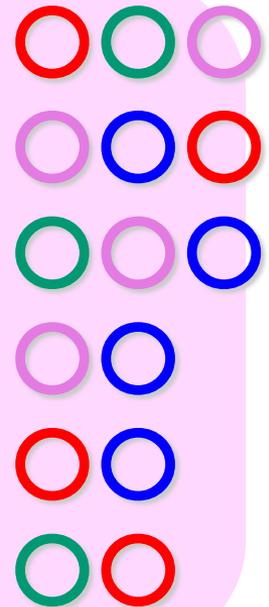


たとえば、ノートパソコン



- 電子工学
- 光工学
- 物理工学
- 化学生命工学

- 1.液晶ディスプレイ(有機EL、フィルタ)
- 2.バッテリー(ポリアニリン、ラジカル)
- 3.DVD-R、BD-R、-RW(光反応性色素)
- 4.スピーカ(平面振動板)
- 5.回路基板、フレキシブル基板
- 6.リソグラフィ技術(フォトレジスト)etc.



# 電通大は総合理工大学である

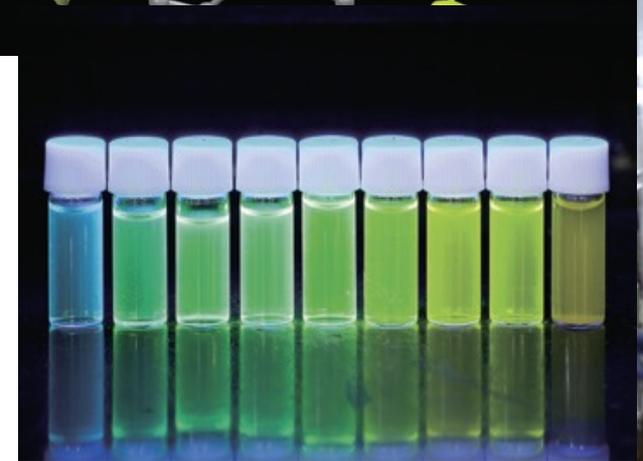
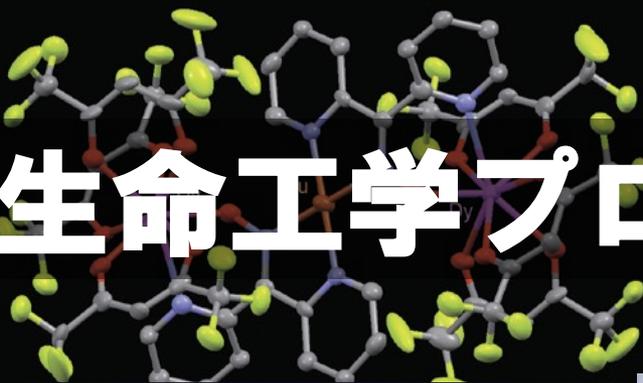
理学				工学																		
物理学分野	化学分野	生物学分野	地学分野	数学分野	情報科学分野	機械工学分野	電気・電子工学分野	情報工学分野	通信工学分野	応用物理学分野	応用化学分野	生物工学分野	資源工学分野	材料工学分野	経営・管理工学分野	航空・宇宙工学分野	映像・光工学分野	医用工学分野	土木工学分野	建築工学分野	船舶・海洋工学分野	商船学分野

電通大で学べる領域

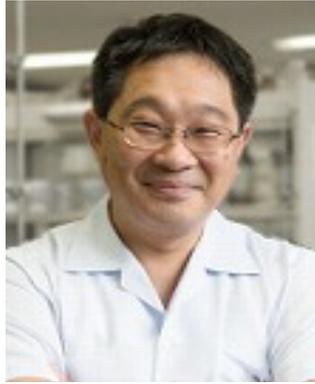
電気・通信だけでなく幅広い理工学領域を学べる



# 化学生命工学プログラム



# 生物発光の研究



平野 誉 牧 昌次郎

発光機構の解明  
高効率の生物発光  
産業に転用

バイオイメージング  
多様な色を作り出す

ヤコウタケ



発光中

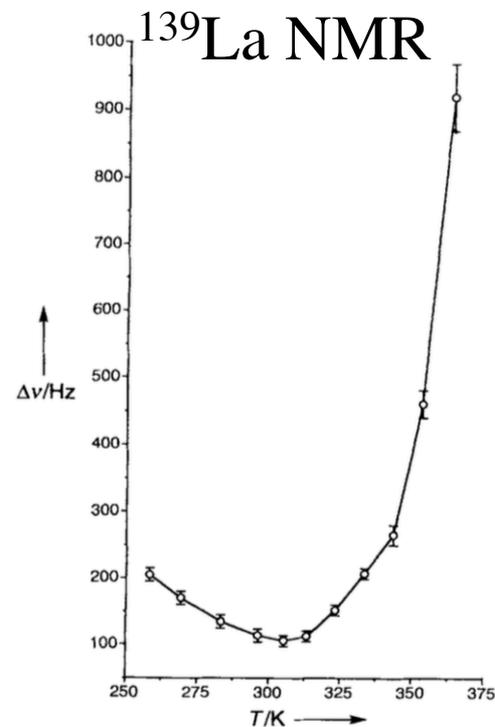
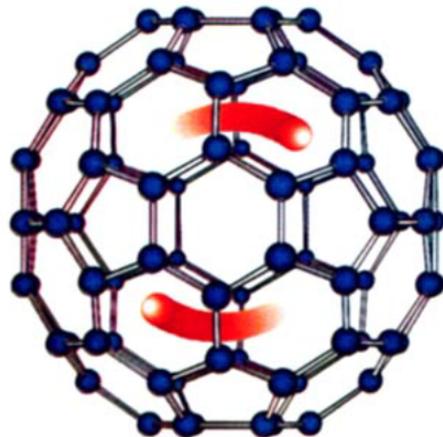




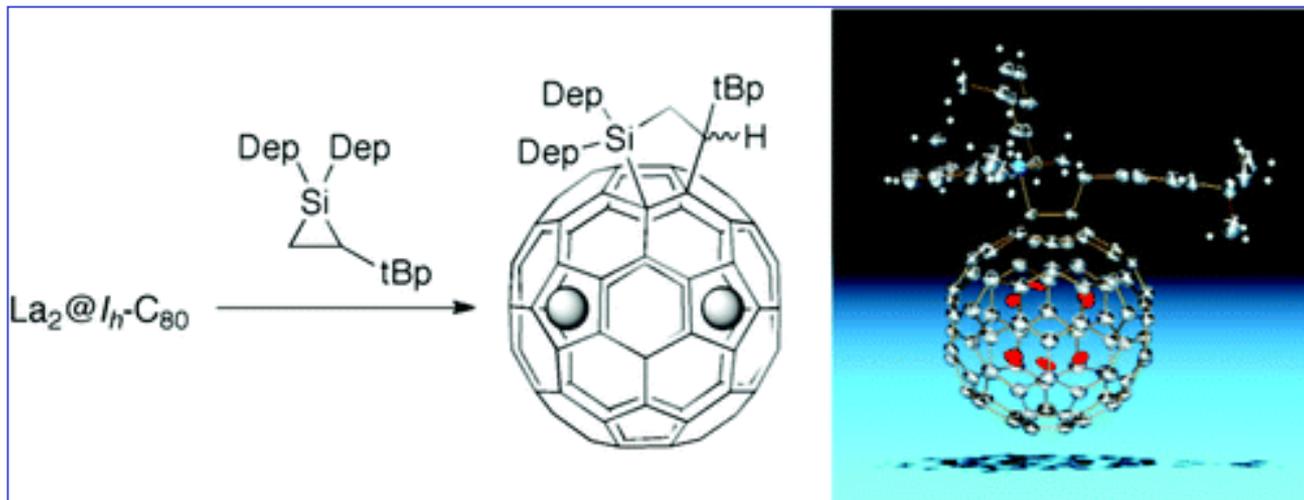
# フラーレンの研究

加固 昌寛

金属内包フラーレンと  
その NMR解析



中にも外にも  
修飾された  
フラーレンC80



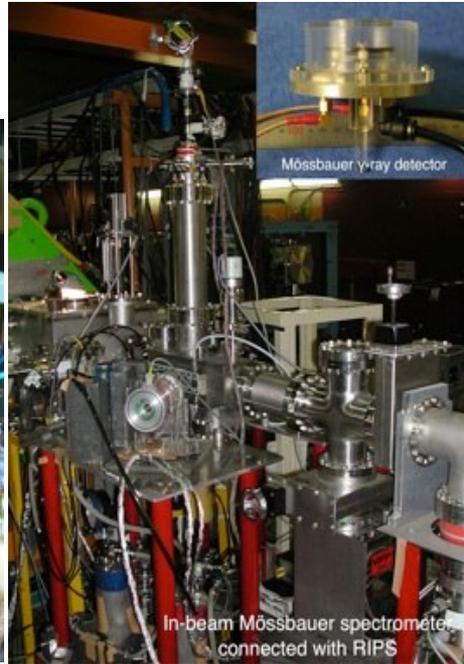
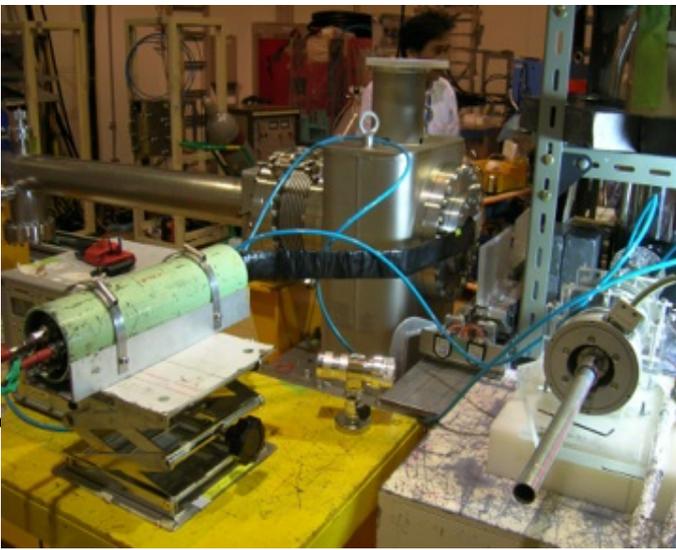
# 核分析化学

放医研、理研、RAL



小林義男  
教授

インビーム  
メスバウアー  
分光法

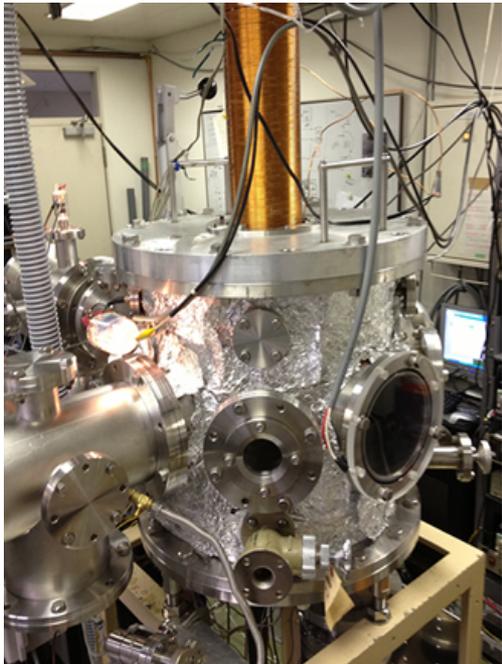
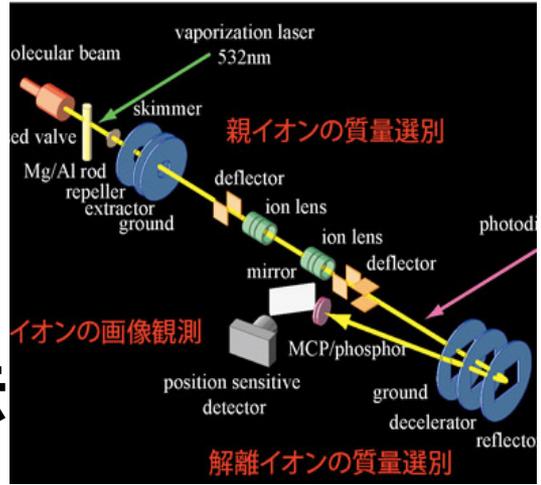


# 分子線を用いた物性計測



山北佳宏  
准教授

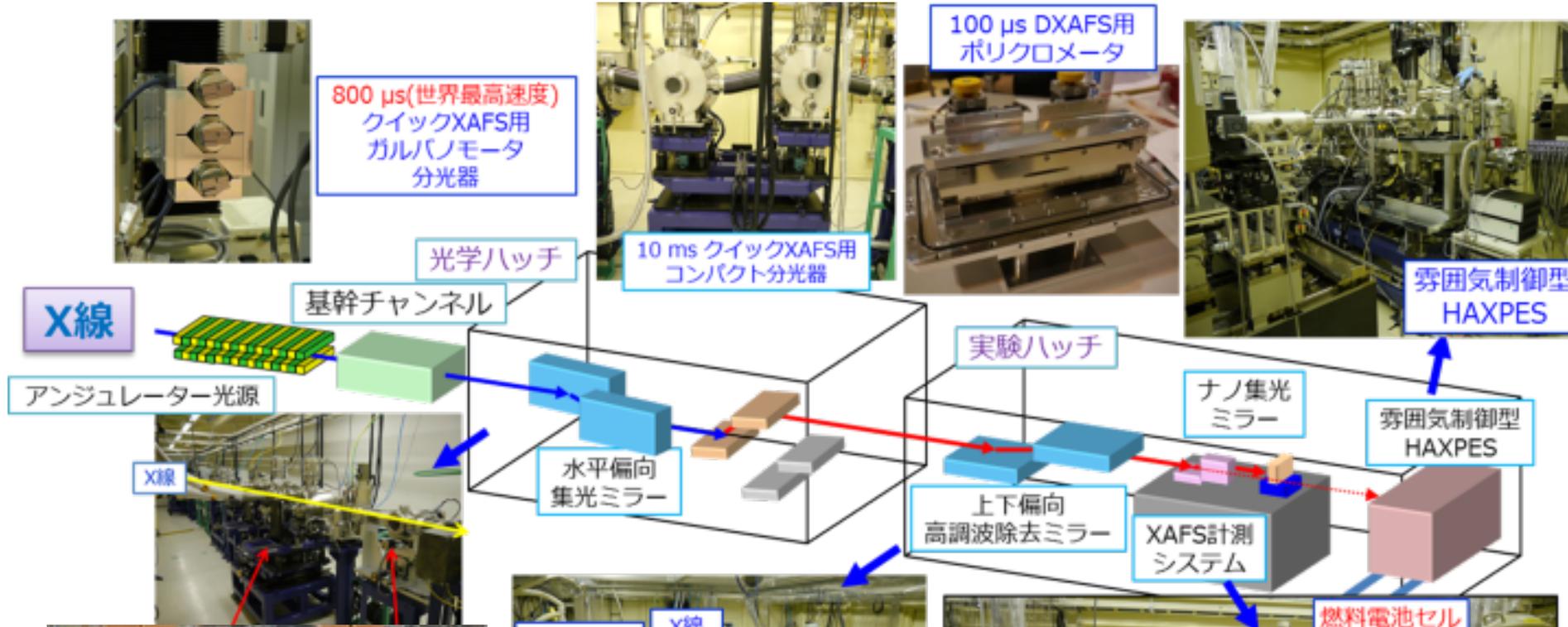
TOF質量分析、  
ペニング分光法



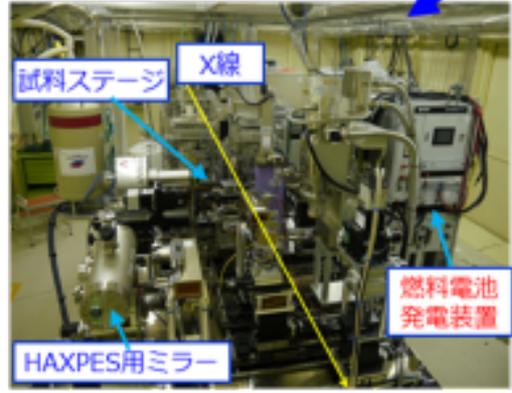


# 燃料電池センター

## SPring-8 電通大ビームライン

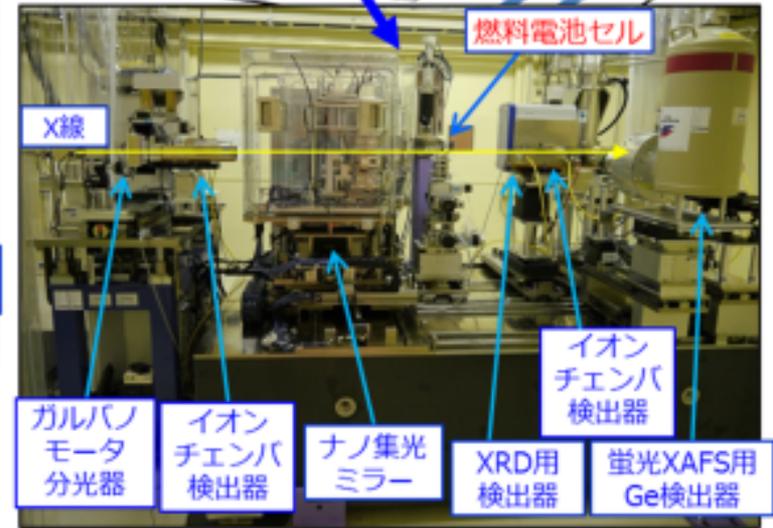


岩澤 康裕研



実験ハッチ内計測装置類

*J. Phys. Conf. Ser.*,  
430, 012020-1-4 (2013).



燃料電池セル  
イオンチェンバ検出器  
XRD用検出器  
蛍光XAFS用Ge検出器  
ナノ集光ミラー  
イオンチェンバ検出器  
ガルバノモータ分光器

# 基盤理工学科／専攻と研究設備センターおよび その附属低温室は同じ建物にある。

固体物性科学者・材料科学者は、  
低温と仲良し。

本棟の一階は研究設備センター  
設備はかなり充実  
特に、ヘリウム液化機があります



Linde社  
Model TCF50

# 三年次学生実験メニュー 化学生命工学プログラム

## 生体機能システム実験 第一 & 第二

学籍番号	名前
	石田

電気通信大学  
先進理工学科  
2017年度

### 生体機能システム実験第二

番号	実験項目	実験場所	担当教員	教員居室
1	PCR 法による DNA の増幅	東 6-737	白川	東 6-728
2	緑色蛍光蛋白質 (GFP) の大腸菌内生成	東 6-737	瀧	東 6-821
3	SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動とウェスタンブロッティング	東 6-737	仲村	東 6-639
4	神経細胞におけるタンパク質の局在	東 6-733	松田	東 6-716
5	CD 測定によるタンパク質の二次構造解析	東 6-137	菅	東 6-636
6	酵素反応速度論 (インベルターゼによるスクロースの加水分解反応)	東 6-733	田仲	東 6-836
7	色素増感太陽電池	東 6-737	島田	(非常勤)
8	蛍光スペクトル測定: 基礎とエキシマーの検出	東 6-736	石田+TA	東 6-816
9	X 線回折 - 粉末法による格子定数と格子型の決定と未知試料の同定 -	東 6-736	安井	東 6-936
10	ベンゼン誘導体の分子軌道 - 電荷移動錯体の観測と分子軌道計算 -	東 6-737	平野+TA	東 6-828
11	タンパク質立体構造のコンピュータ解析	東 6-704	三瓶+TA	東 6-708
12	電解重合による導電性ポリマーの合成とエレクトロクロミック材料、リチウム二次電池への応用	東 6-737	島田+TA	(非常勤)
13	生体機能の電氣的計測と解析 (1)心電図の測定、(2)筋電図による筋収縮の評価法	東 6-737	狩野,長澤	東 6-907 東 6-908
演習	計算化学	東 6-704	石田+TA	東 6-816

## 7 色素増感太陽電池

### I、目的

# 色素増感太陽電池

#### 幅広いクリー

術は、最も期待される技術の一つである。その中で、人工光合成反応系の構築を積極的に押し進めてきた研究者であるグレッツェル博士らは、新しいタイプの太陽電池を開発した (B. O'Regan and M. Grätzel, *Nature*, 353, 737 (1991))。この太陽電池は導電性ガラス基板、多孔質酸化チタン半導体層、適当な色素、ヨウ化物/ヨウ素有機電解質溶液、対極 (主に黒鉛や白金) で構成される。構造上の最大の特徴は、光吸収効率を高めるために、多孔質状態の酸化チタン表面に色素を担持していることである。今回の実験は学生に色素を担持したことによる光電流効率の増加を確認させ、実験を通して太陽電池の開発を含めエネルギー開発技術に関心を持たせることを目的とする。実用化されている太陽電池はシリコンを使っているが、シリコンが比較的高価である問題点が指摘されている。酸化チタンはシリコンに比べてはるかに安価である。ただ、酸化チタンは紫外域のみの吸収で太陽光をほとんど透過してしまうので、色素を吸着させて可視域まで吸収を広げる。この電池の問題は耐久性・変換効率である。これらを解決すべく、科学技術者が日夜努力している。

### II、準備

#### (薬品)

- ・ 0.05 mol/L のヨウ素 (I<sub>2</sub>) 溶液 (媒質: 無水エチレングリコール)
- ・ 0.5 mol/L のヨウ化リチウム (LiI) 溶液 (媒質: 無水エチレングリコール)  
無水エチレングリコールの代わりにエチレングリコールでもよい。
- ・ 酸化チタン (P-25) ・ 無水エチレングリコール
- ・ 純水 ・ エタノール
- ・ ポリエチレングリコール (別名: ポリエチレンオキシド、分子量: 約 50 万程度)  
アセチルアセトン

#### (器具)

- ・ 導電性透明ガラス (ITO、FTO) 各 2 枚ずつ  
ITO (Indium Tin Oxide)、FTO (Fluorine doped Tin Oxide)
- ・ バインダークリップ (4 個) ・ Scotch メンディングテープ
- ・ ガラス棒 ・ メノウ鉢、メノウ棒、ピンセット・薬包紙・ドライヤー
- ・ テスター・柔らかい鉛筆、もしくは黒鉛筆 (4B~B)

## 7 燃料電池

# 燃料電池

燃料電池は環境にやさしい電池として、各方面から注目が集まっている。更には、家庭やオフィス、発電所や送電線も不要になる。現時点で実用化されている燃料電池は、携帯電話やパソコンなどのモバイル機器のようで、すでに試作品が作られている。燃料電池は 21 世紀の key technology なので、この仕組みを実験を通して理解することは重要である。

市販の「燃料電池キット」を組み立て、実際にプロペラを回してみる。なお、市販キットの燃料電池には燃料として水素ガスを使うタイプと、メタノール水溶液を使うタイプがある。しかし、安全性を考慮して、ここではメタノール水溶液型で実験することにする。

#### 実験器具

ケミックス社製のキットを使う。

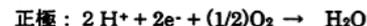
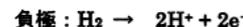
URL: <http://www.chemix.co.jp/>

#### 燃料電池の原理

##### (1) 水素ガスタイプ

このタイプでは水の電気分解と逆の反応で、水素と酸素 (空気中) から水を生成し、その化学エネルギーを電池として取り出す。

従って電池反応は



負極では白金系触媒の助けを借りて H<sup>+</sup> と電子が発生し、電子は外部回路を通して正極に至る。H<sup>+</sup> は高分子電解質膜を通過して、空気極に達する。H<sup>+</sup> と上記の電子と空気中の酸素が反応して、水を生成する。その際、白金系触媒の助けを借りる。

このタイプは 2 酸化炭素をまったく排出せず、生成物は無害な水なので、理想的な電池だ



# 三年次学生実験メニュー 化学生命工学プログラム

## 生体機能システム実験 第一 & 第二

学籍番号	名前
	石田

電気通信大学  
先進理工学科  
2017年度

生体機能システム実験第二		実験場所	担当教員	教員居室
番号	実験項目			
1	PCR 法による DNA の増幅	東 6-737	白川	東 6-728
2	緑色蛍光蛋白質 (GFP) の大腸菌内生成	東 6-737	瀧	東 6-821
3	SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動とウェスタンブロッティング	東 6-737	仲村	東 6-639
4	神経細胞におけるタンパク質の局在	東 6-733	松田	東 6-716
5	CD 測定によるタンパク質の二次構造解析	東 6-137	菅	東 6-636
6	酵素反応速度論 (インペルターゼによるスクロースの加水分解反応)	東 6-733	田仲	東 6-836
7	色素増感太陽電池	東 6-737	島田	(非常勤)
8	蛍光スペクトル測定: 基礎とエキシマーの検出	東 6-736	石田+TA	東 6-816
9	X 線回折 - 粉末法による格子定数と格子型の決定と未知試料の同定 -	東 6-736	安井	東 6-936
10	ベンゼン誘導体の分子軌道 - 電荷移動錯体の観測と分子軌道計算 -	東 6-737	平野+TA	東 6-828
11	タンパク質立体構造のコンピュータ解析	東 6-704	三瓶+TA	東 6-708
12	電解重合による導電性ポリマーの合成とエレクトロクロミック材料、リチウム二次電池への応用	東 6-737	島田+TA	(非常勤)
13	生体機能の電氣的計測と解析 (1)心電図の測定、(2)筋電図による筋収縮の評価法	東 6-737	狩野,長澤	東 6-907 東 6-908
演習	計算化学	東 6-704	石田+TA	東 6-816

## 2. PCR 法による DNA の増幅

現代の分子生物学において、その進歩に最も貢献した実験法の1つが PCR (Polymerase chain reaction) 法である。PCR 法は極めて微量の DNA サンプルから特定の DNA 断片を短時間に大量に増幅することができる方法であり、多大な時間と労力を要した遺伝子クローニングを過去のものとしてしまった。また、その操作の簡便さから、現在では基礎研究のみならず臨床遺伝子診断から食品衛生検査、犯罪捜査に至るまで社会の中でも幅広い分野に活用されている。

本実験は、プラスミド DNA をテンプレートに用いて実際に PCR 法による DNA の増幅を行い、PCR 法の基礎原理と応用について学ぶことを目的とする。

### 【PCR 法の原理】

対象とする DNA (テンプレート DNA)、2種のプライマー、耐熱性のポリメラーゼをヌクレオチドを含む緩衝液に溶かす。その溶液を3段階に温度を変化させながら反応させるというのが PCR 法である。温度変化は専用の装置 (サーマルサイクラー) で行うので、操作自体は簡単である。図1のように、95°Cでは DNA が熱変性して一本鎖になり、55°Cではプライマーが相補領域に結合し (アニーリング)、72°Cでは複製反応が起こる。これが1サイクルにあたり、DNA が2倍に増幅される。このサイクルを22回行くと、計算上は100万倍になる。実際には30サイクル程度行うが、100万倍から1000万倍にまで増幅される。

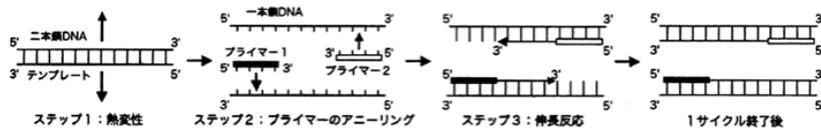


図1 PCR反応の1サイクル

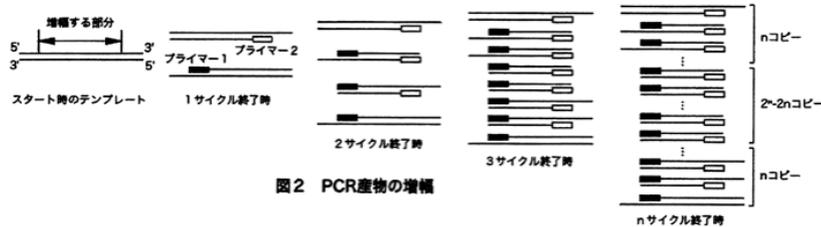


図2 PCR産物の増幅

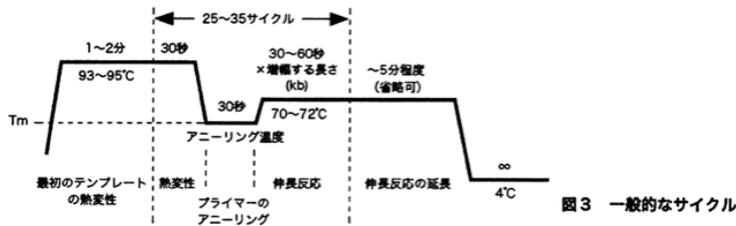


図3 一般的なサイクル

# PCR Polymerization Chain Reaction DNA 鑑定の基本技術 犯罪捜査、ウィルス同定など

## PCR 装置 標的の塩基配列をもつ DNA を取り出す



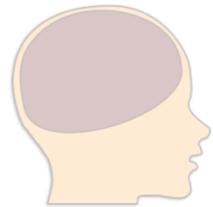
# 記憶する分子の作り方

石田尚行（基盤理工学科/専攻、化学生命工学プログラム）

## 目次



(1) 材料科学とは **とその前に。。。**



(2) 磁気化学の医工学への応用  
脳科学



(3) 磁気化学の材料への応用  
記憶する分子

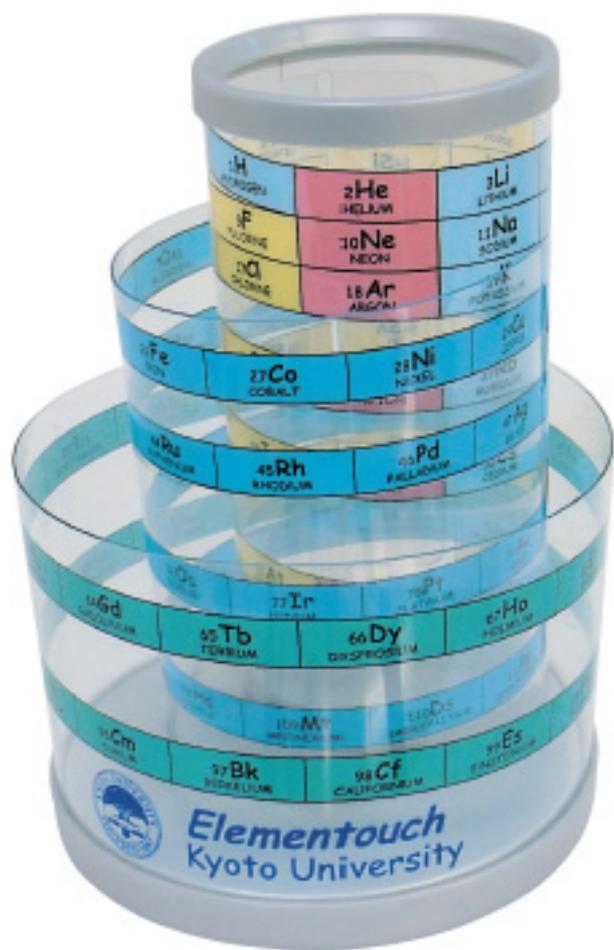
Q: この人は誰?

わしは\_\_\_\_\_と申す。

化学者のバイブル\_\_\_\_\_を作ったのはわしじゃ!

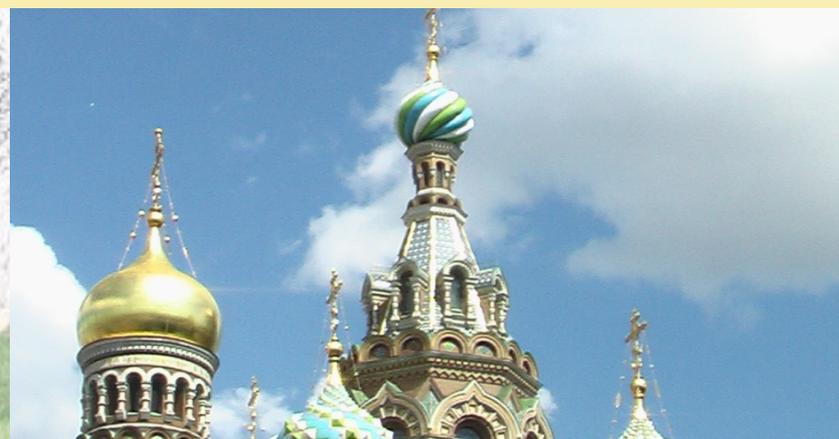






エレメンタッチ @ 京大生協購買部

# 分子磁性国際会議 (ICMM 2014) @ サンクトペテルブルク 研究会参加は**学生も!**





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。

$P \rightarrow R; C \rightarrow S; \Pi \rightarrow P; H \rightarrow N; Л \rightarrow L; Д \rightarrow D;$   
 $B \rightarrow V; Б \rightarrow B$

РЕСТОРАН  $\Rightarrow$  レストラン

СТОП  $\Rightarrow$  止まれ

СПАСИБО  $\Rightarrow$  スパシーバ  
ありがとう

# МЕНДЕЛЕЕВ (メンデレエフ)の周期表

PERIODICHESKAYA SISTEMA MENDELEJEVA

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	H										
2	He	Li	Be	B	C	N	O	F			
3	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl			
4	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
5		Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			
6	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo		Ru	Rh	Pd
7		Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J			
8	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Y			
9		Sm	Eu	Gd	Th	U	Ho	Er			
10		Tl	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Jr	Pt
11		Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	-			
12	Rn	-	Ra	Ac	Th	Pa	U				
13	R	R'O	RO	R'O'	RO''	R'O'''	RO''''	R'O'''''			RO''''''
14				RH''	RH'''	RH''''	RH'''''				

現行の表は18列で書かれるので、ちょっと違う印象

# 現代の周期表

遷移金属 (3d,4d,5d 元素)

希土類 (4f 元素)

有機物質 (2p 元素)

The image shows a modern periodic table with several annotations. A green box at the top left is labeled '遷移金属 (3d,4d,5d 元素)' and has a green arrow pointing to the transition metal block (groups 3-10). A purple box at the top center is labeled '希土類 (4f 元素)' and has a purple arrow pointing to the lanthanide and actinide series. An orange box at the top right is labeled '有機物質 (2p 元素)' and has an orange arrow pointing to the p-block elements (groups 13-18). A red oval highlights the elements from Hydrogen (H) to Argon (Ar) in the first two periods, which are the s-block and p-block elements.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Ce	Ba	Ln	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							

Sブロック元素

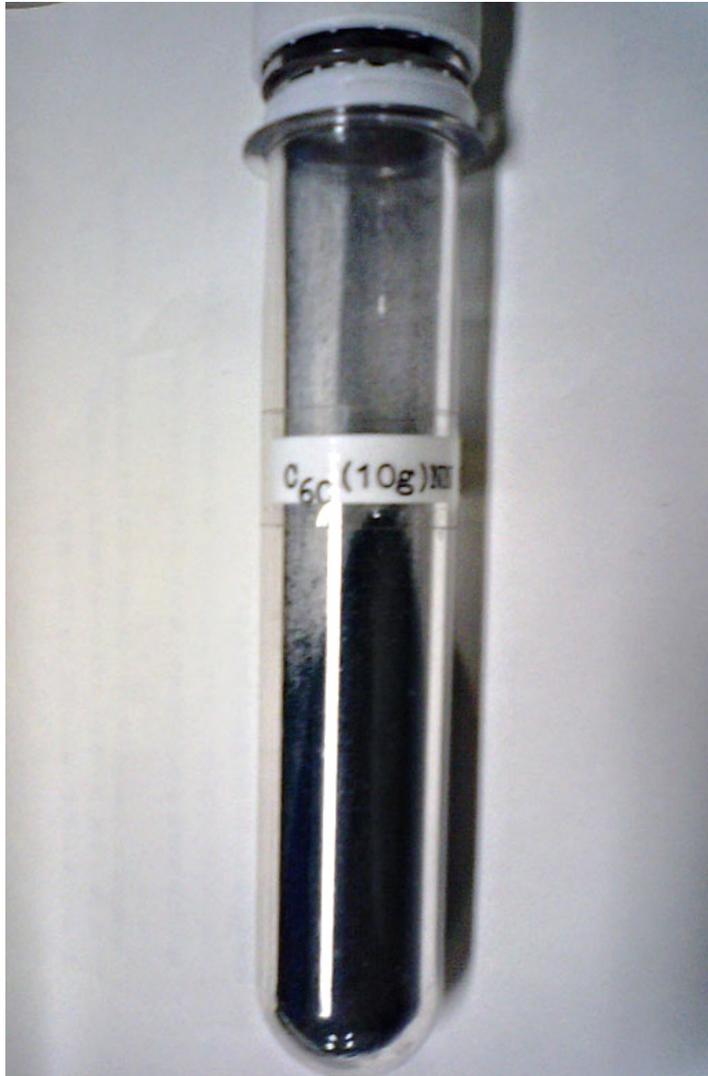
Pブロック元素

(四角囲み事項ながら、)高校で教えても良いようになりました!

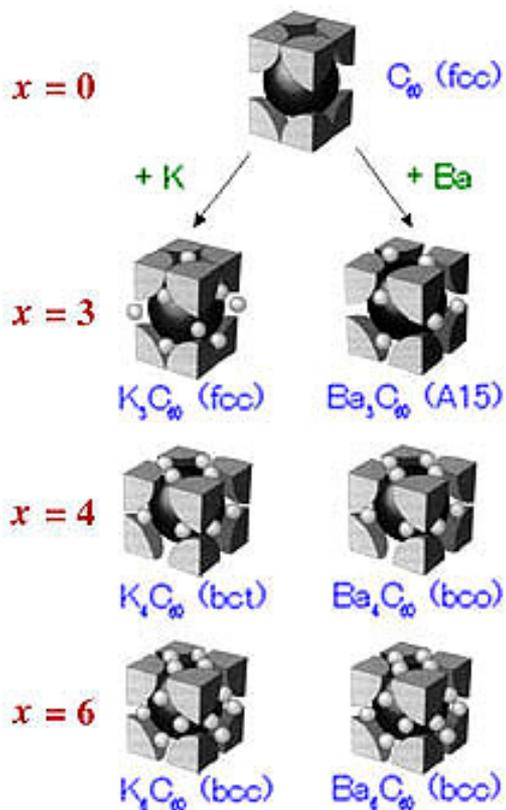
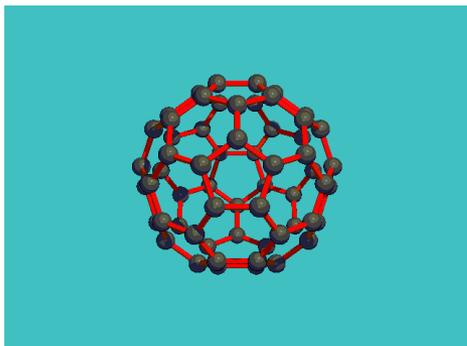
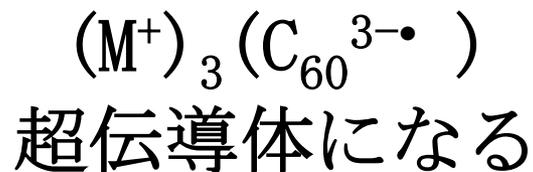
フラーレン  $C_{60}$



固体は煤そのもの  
溶液は鮮やかな紫



# フラーレン $C_{60}$ のアルカリ金属塩



化合物	結晶構造	格子定数 (nm)	$T_c$ (K)
$Na_2RbC_{60}$	sc (< 313K)	1.4028	3.5
$Na_2CsC_{60}$	sc (< 299K)	1.4046	12
$KRb_2C_{60}$	fcc	1.4337	27
$K_2RbC_{60}$	fcc	1.4267	23
$K_2CsC_{60}$	fcc	1.4292	24
$K_3C_{60}$	fcc	1.4240	19.3
$RbCs_2C_{60}$	fcc	1.4555	<b>33 (最高 <math>T_c</math>)</b>
$Rb_2CsC_{60}$	fcc	1.4431	31.3
$Rb_3C_{60}$	fcc	1.4384	29
$Ca_5C_{60}$	sc	1.4010	8.4
$Sr_6C_{60}$	bcc	1.0975	4
$Ba_6C_{60}$	bcc	1.1171	7

有機超伝導転移温度の記録保持者!

01  
Topics

新型有機薄膜太陽電池の開発に成功

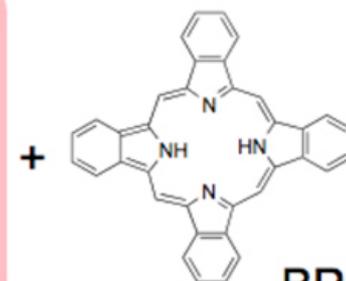
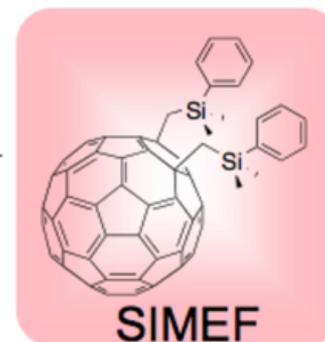
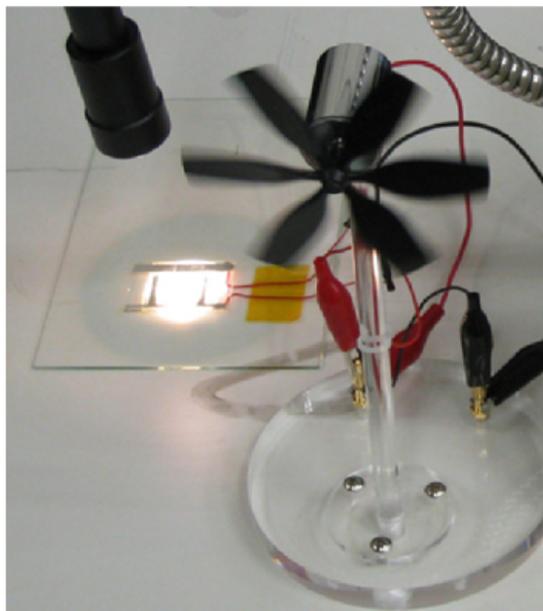
戦略的創造研究推進事業ERATO  
「中村活性炭素クラスタープロジェクト」

JST NEWS

JST 独立行政法人  
科学技術振興機構  
Japan Science and Technology Agency

# 次世代太陽電池の高効率化に挑む!

- 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



太陽電池でファンを回すデモ

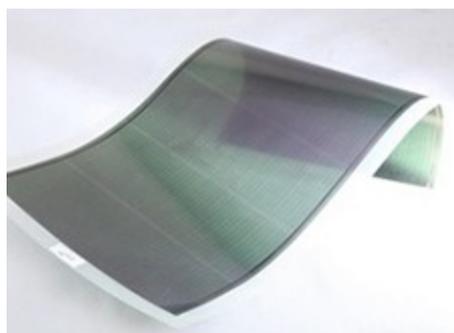
2014/03/25 11:06

## 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

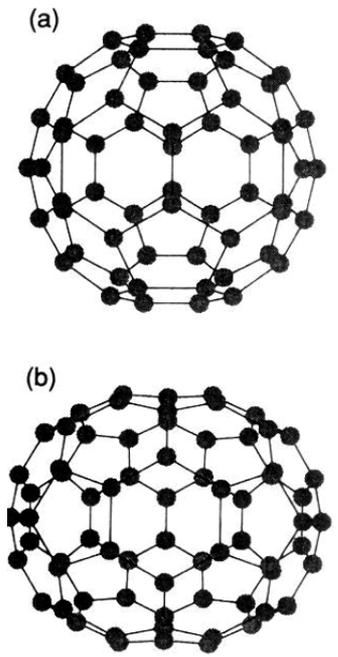


薄膜太陽電池

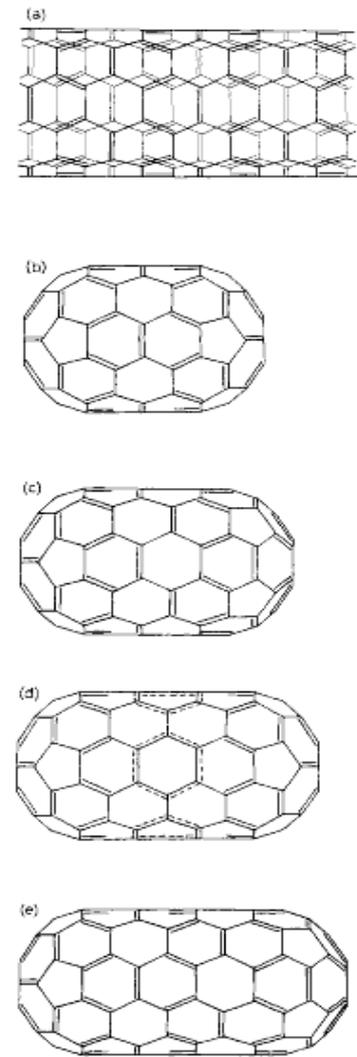


建設が進む「実証棟」  
(完成イメージ)

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  
引き延ばしたら  
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

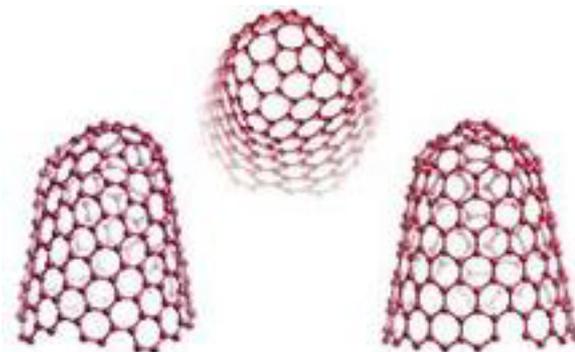


飯島 澄男 NEC特別主席研究員  
1963 電気通信大学通信学科卒業

# 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2次電池の10倍など、、

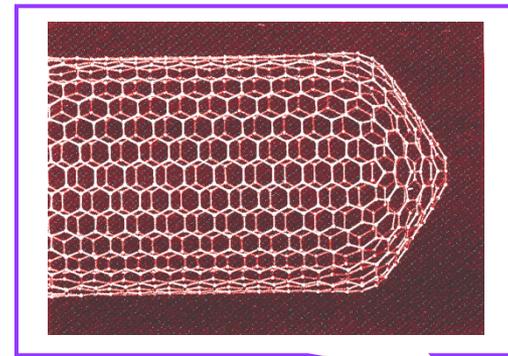


カーボンナノホーン

# 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

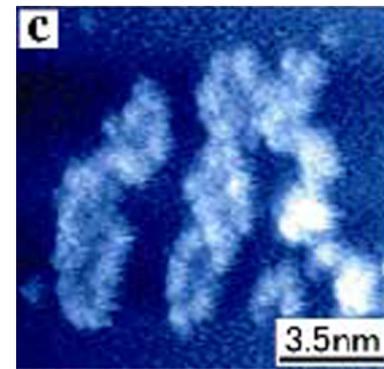


DNA が電導性があり、分子導線に使えるのではないかと  
言っている人もいる



$$3.4 (\pm 0.2) \text{ nm} \times 10 = 34 \text{ nm}$$

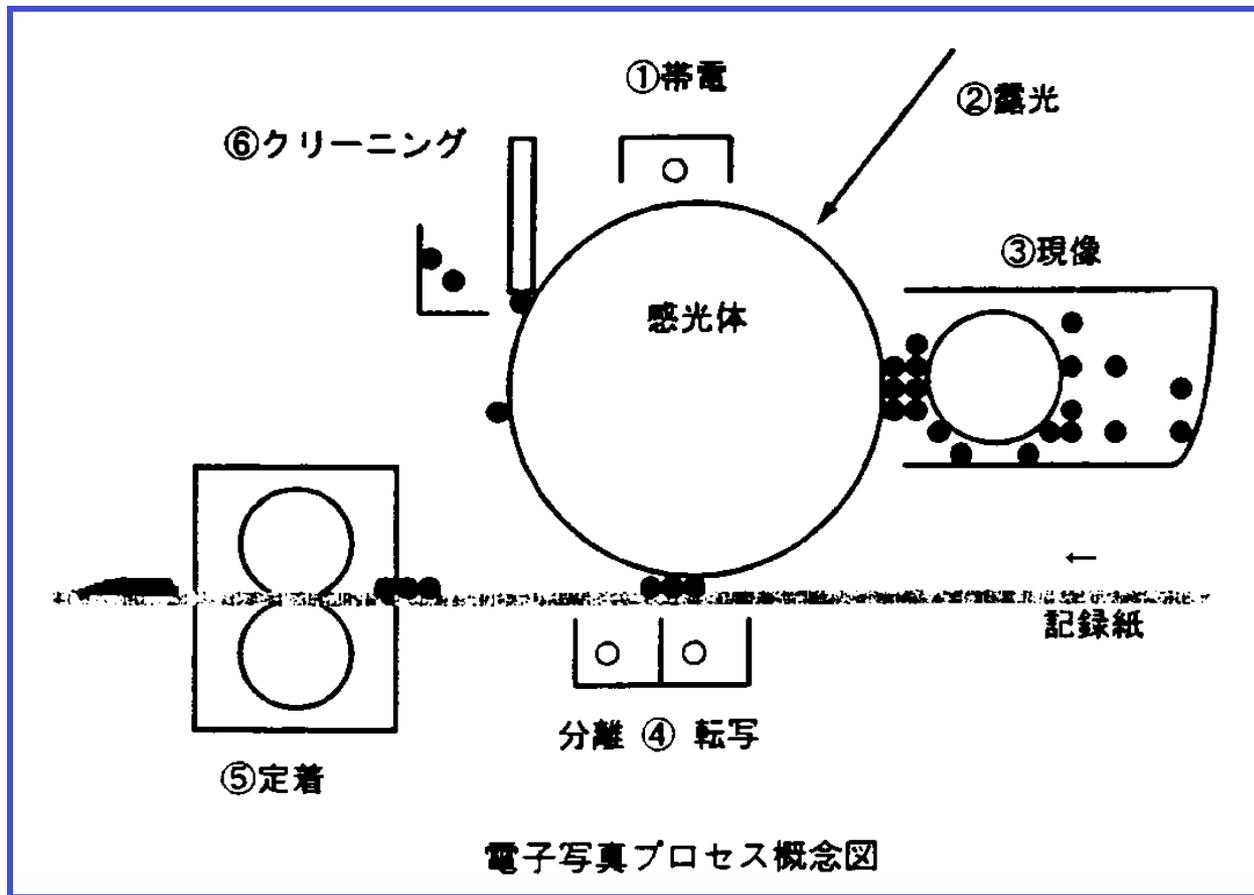
DNA 二重らせん構造  
の S T M 観察





実用例：光電導体 (OPC; 光照射により導通する物質)

## コピー機・レーザープリンタの原理

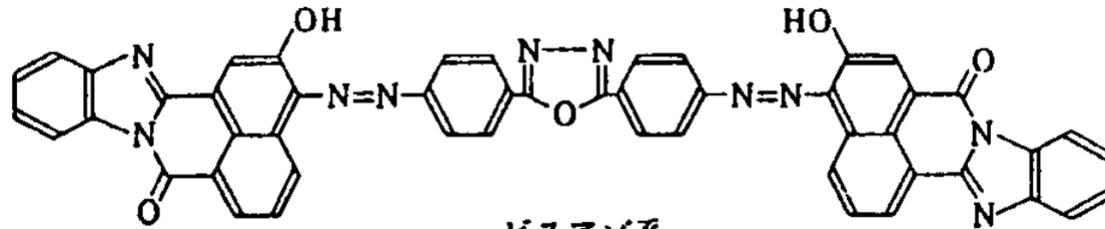


黒いところ → 露光されない → 静電気残る  
白いところ → 露光される → 静電気失う

# 有機材料が大活躍:

## 1) 感光体: **OPC** (Organic Photoconductor)

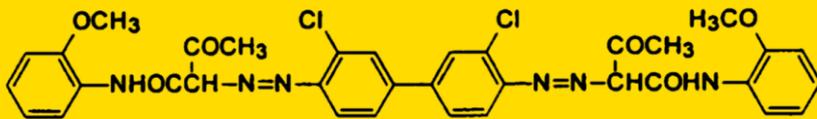
有機化合物は静電気を帯びる性質をもつが、OPC は光が当たると導通し、静電気を失う。キャリア生成材、キャリア輸送材、電荷制御材はすべて有機化合物。



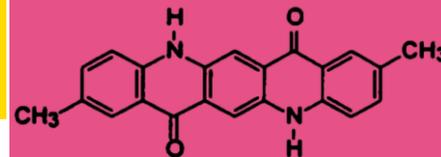
ビスアゾ系

## 2) カラートナー **YMK** K

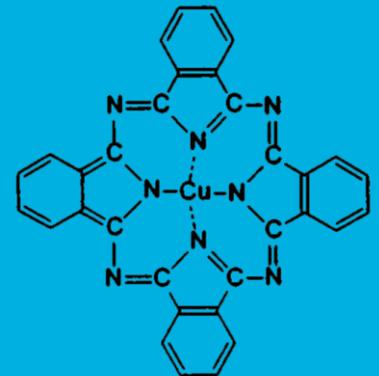
C.I. Pigment Yellow 17



C.I. Pigment Red 122



C.I. Pigment Blue 15:3



電導体、磁石、  
これまで無機物に特有と思われてきた性質

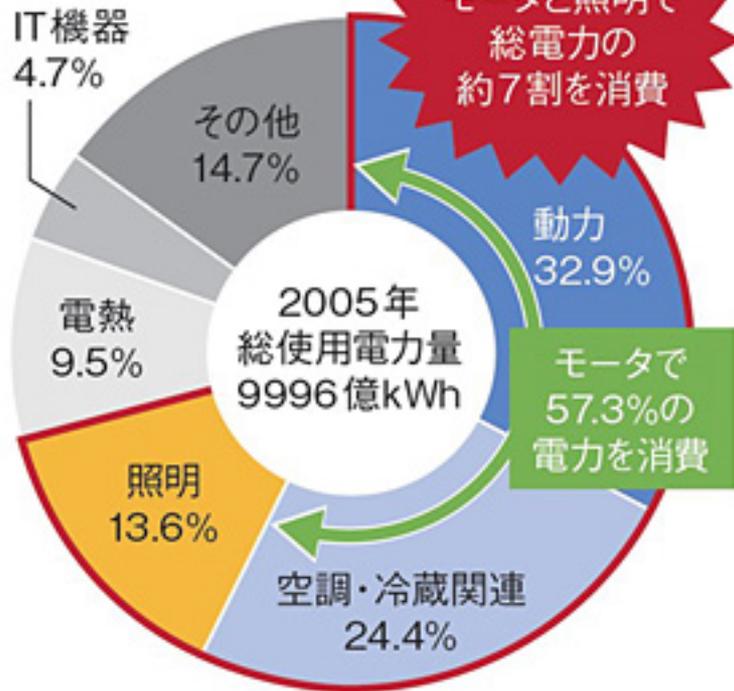
なぜだろう？ どうしてだろう？  
この性質の起源、発現の原理を解き明かす  
(ここを「勉強」する必要がある)

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

# 役にたつ磁石～モーター

日本の総消費電気量の約60%はモーター(動力)が使っています。その損失を10%減らすことができれば、総消費電気量の約6%を削減できます。これは、原子力発電所10基分に相当します。



(日経エレクトロニクス 2010)

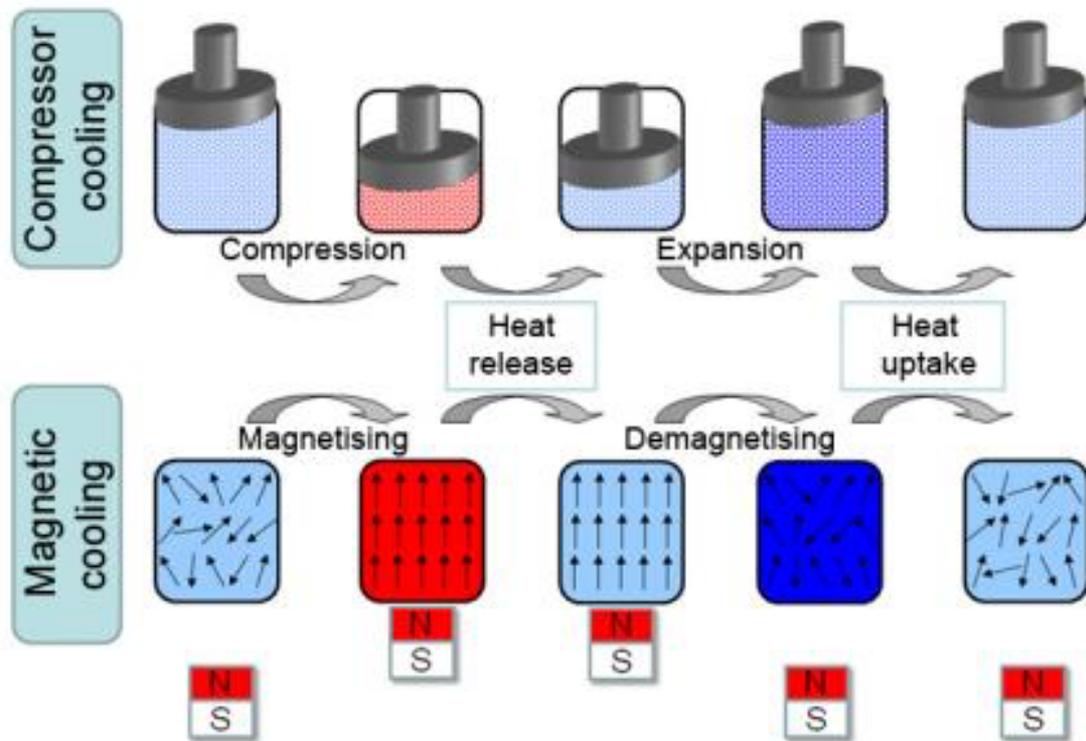
高トルクモーターには高性能磁石が入っている。  
Nd-Fe-B, Sm-Co etc.

(トヨタ自動車から)



# 役にたつ磁石 ～磁気冷凍機

フロンガス等不要  
コンプレッサー不要  
低振動、低騒音



試作品(中部電力)

昔は超低温の技術  
今は室温動作の冷蔵庫、  
冷凍庫、空調へ

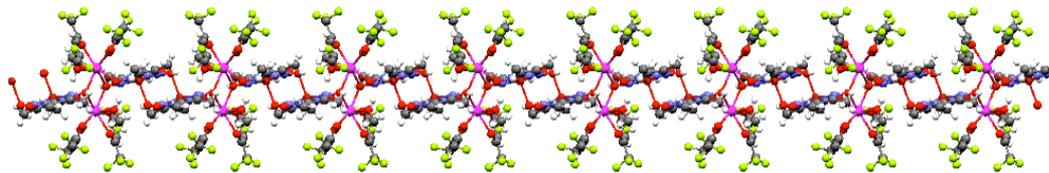
ここに希土類磁石を応用

# 役にたつ磁石 ～ナノテクノロジー材料

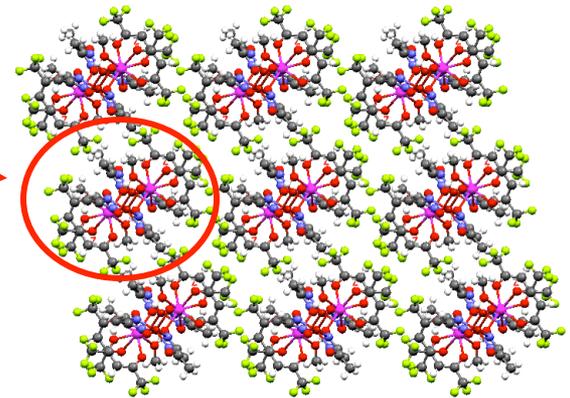
単分子磁石は情報記録メディアの究極のダウンサイジング

$[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$  (磁氣的に一次元の鎖状錯体)

一本の鎖で磁気ヒステリシスを示す  
磁化容易軸は鎖方向  $\longleftrightarrow$

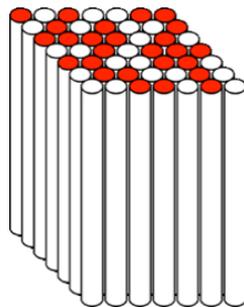
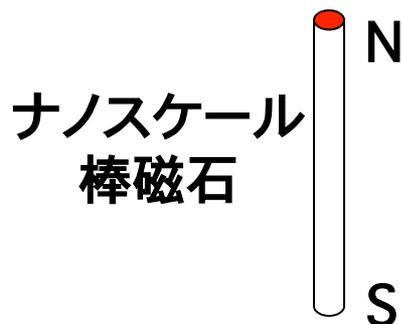


side-view



top-view

これをもしHDDに使ったら?



100 Tbits / cm<sup>2</sup> (予想)  
プラッター1面につき 1 Pbits!  
P(ペタ)はT(テラ)の1000倍

# 反磁性と常(強)磁性を分けるもの

電子の性質 { 電荷 → 電気伝導性 電子スピン  
磁荷 →

荷電粒子

磁性(引き寄せられる) は 不対電子(奇電子)のおかげ



ふつうの

る)



磁性

普通電子は 偶数電子系

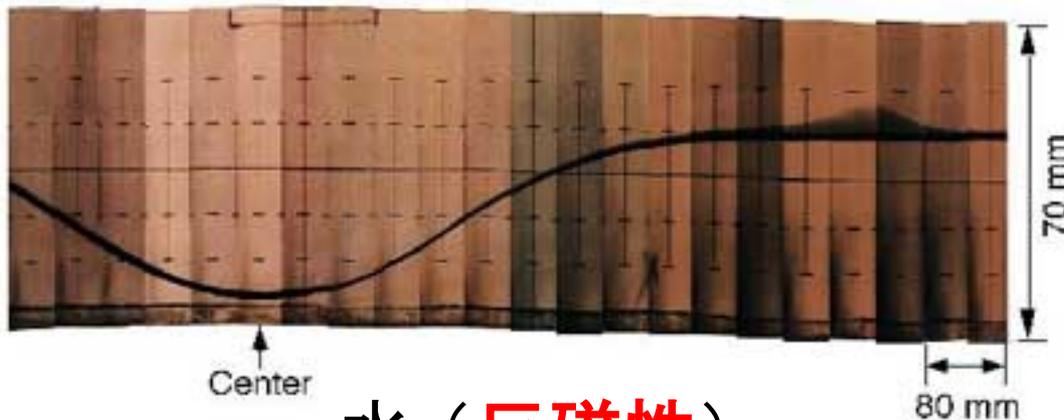


# 反磁性と常(強)磁性を分けるもの

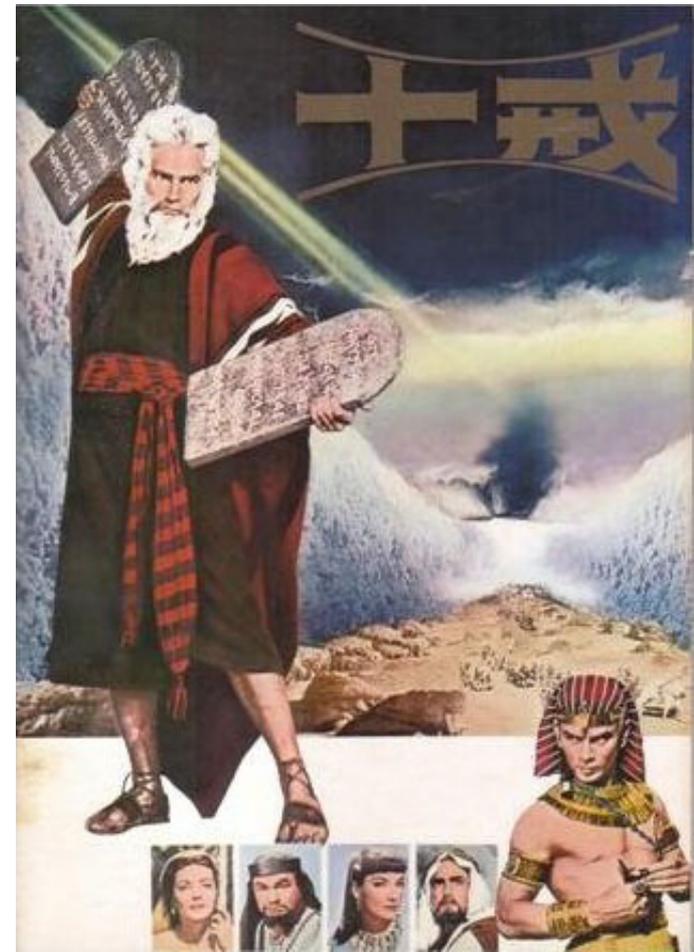
## モーゼ効果(反磁性)

水は磁場によって影響を受けにくい  
が、10 T 程度の強い磁場をかける  
ことにより、水面を割ったりする。

“モーゼの奇跡”にちなんで、モーゼ  
効果と呼ばれる。



水 (反磁性)



# 反磁性と常(強)磁性を分けるもの

## 磁気浮上(反磁性)

Prof. Andre Geim

(Univ. of Manchester, UK)

Prof. Michael Berry

(Univ. of Exeter, UK)

2001年の**イグ**ノーベル物理学賞

## グラフェン

Prof. Andre Geim

Dr. Konstantin Novoselov

(Univ. of Manchester, UK)

2010年の**ノーベル**物理学賞



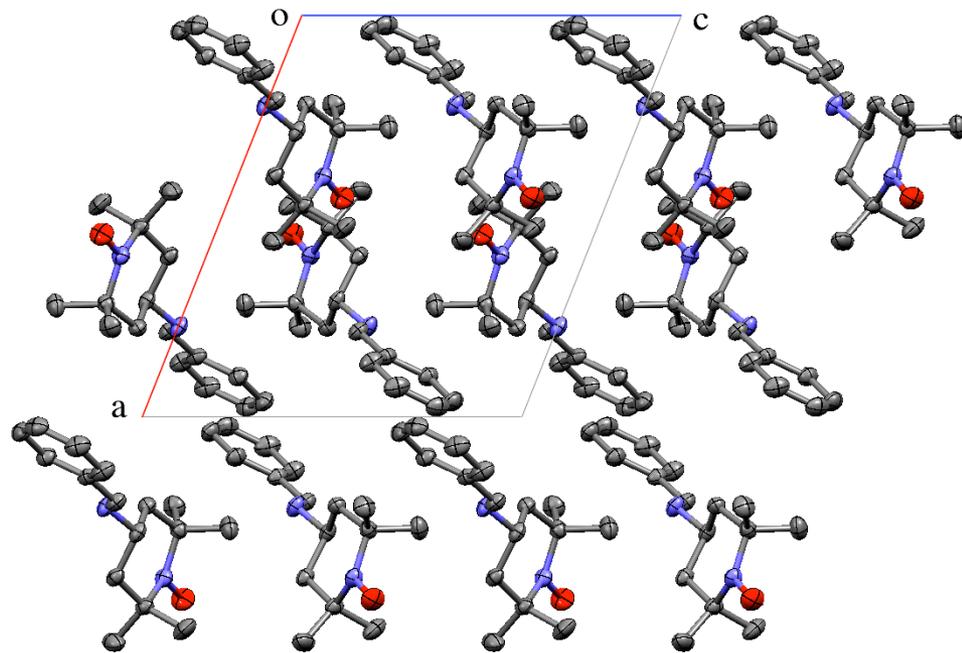
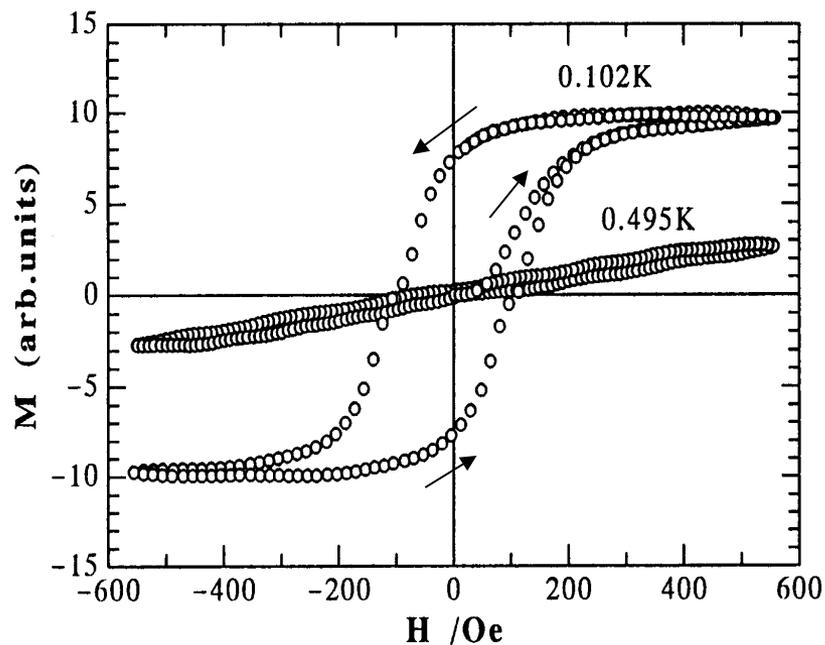
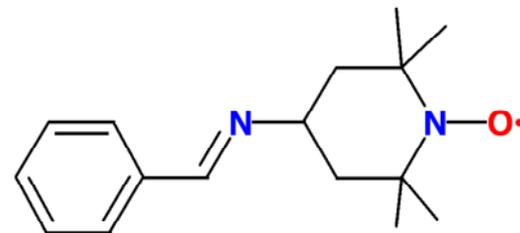
活きたカエルの浮遊

# 強磁性体（磁石）の例

奇数電子「ラジカル」

『有機磁石』 世界で第三番目  
電通大発の研究です！

転移温度 0.17 K



構造解析 →

スピンの平行配置の理由

磁性材料に使えるスピン源 = (奇) 電子  
すなわち、遷移金属 d スピン、  
希土類 f スピン、  
有機ラジカル p ( $\pi$ ) スピン

原子核 (偶々核以外) もスピンを持つ。  
しかし磁性材料に使えないくらい磁化が弱い。  
一方、  
**核磁気共鳴 (Nuclear Magnetic Resonance)** の  
ように分光分析手法として大きく発展した技  
術がある。



MRI 装置

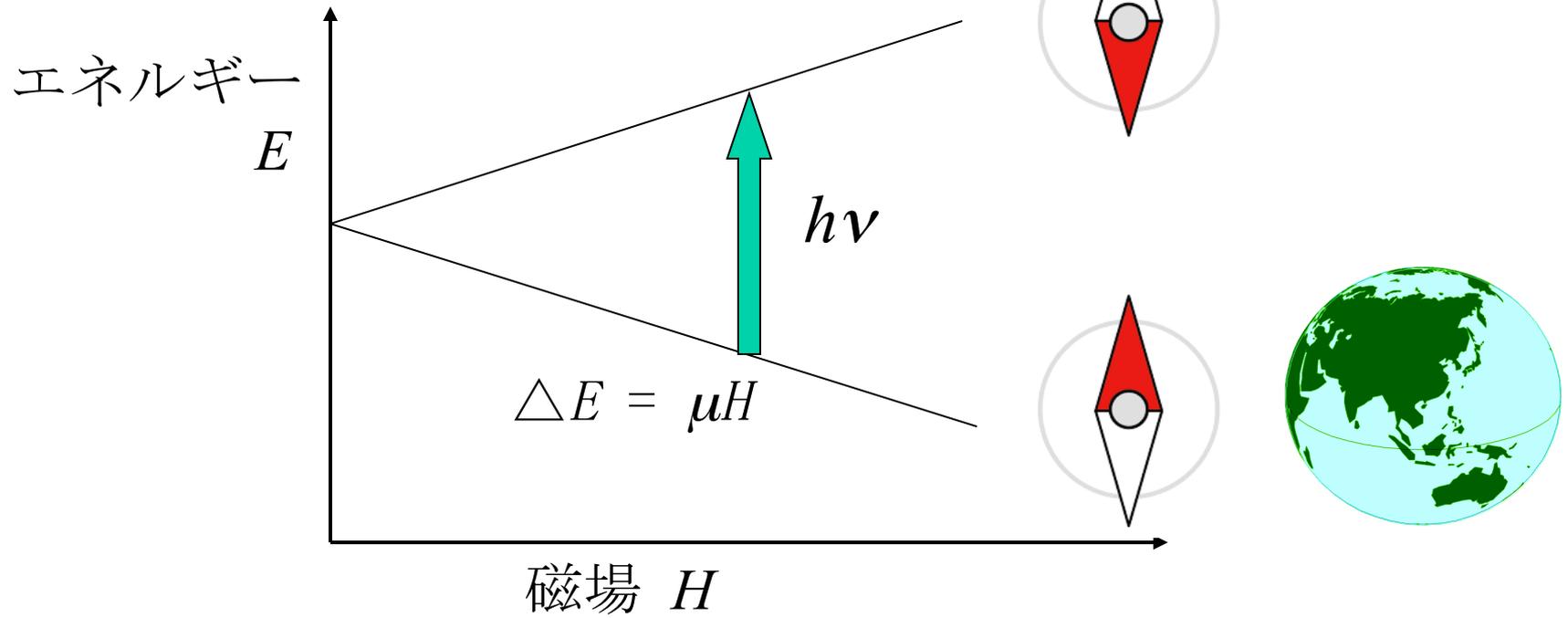
## 脳科学／医工学

イメージング  
非侵襲的脳機能計測

事業名「**脳科学ライフサポートイノベーション**」  
超高齢化社会を支える新しい人材開発プログラム

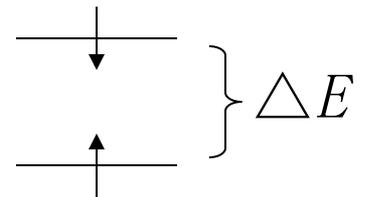
考えるだけで、機械を動かす？  
睡眠中の夢を、別の人が見る？

# ゼーマン効果とは



$$\Delta E = h\nu \quad (\text{光子のエネルギー})$$

$$= \mu H \quad (\text{ゼーマン分裂エネルギー})$$



磁気共鳴でもっとも基本中の基本の方程式：

光は振動数に比例、磁性エネルギーは磁場に比例

# f MRI の話

## functional Magnetic Resonance Imaging

### ヘモグロビン

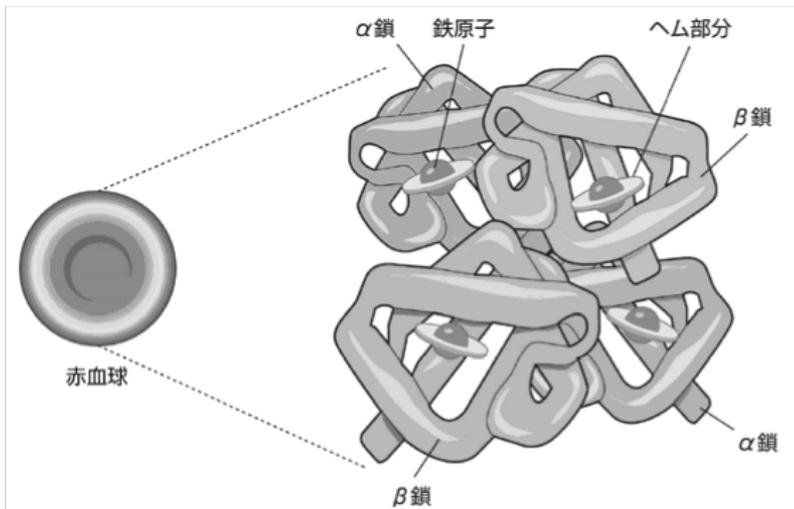
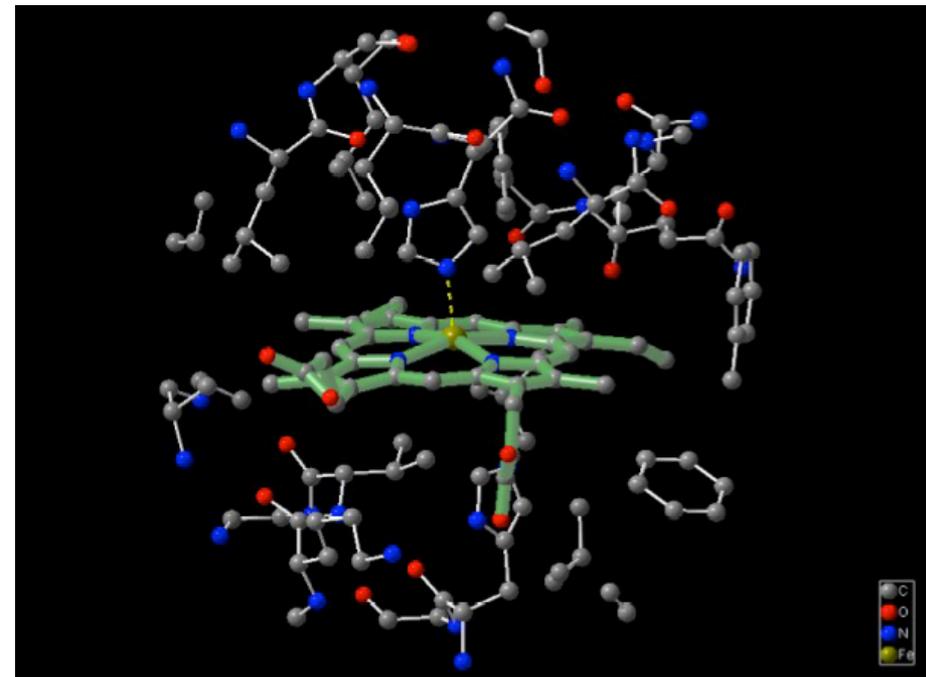


図10 ヘモグロビンの構造

ヘモグロビンは4つのサブユニットから構成されています。各サブユニットは、へム部分とグロビンと呼ばれるタンパク質部分 ( $\alpha$ 鎖、 $\beta$ 鎖) が結合したものです。このへム部分に1つの酸素分子が結合することで、ヘモグロビン1分子は酸素を4分子運ぶことができます。

### 結晶構造



# f MRI の話

## functional Magnetic Resonance Imaging

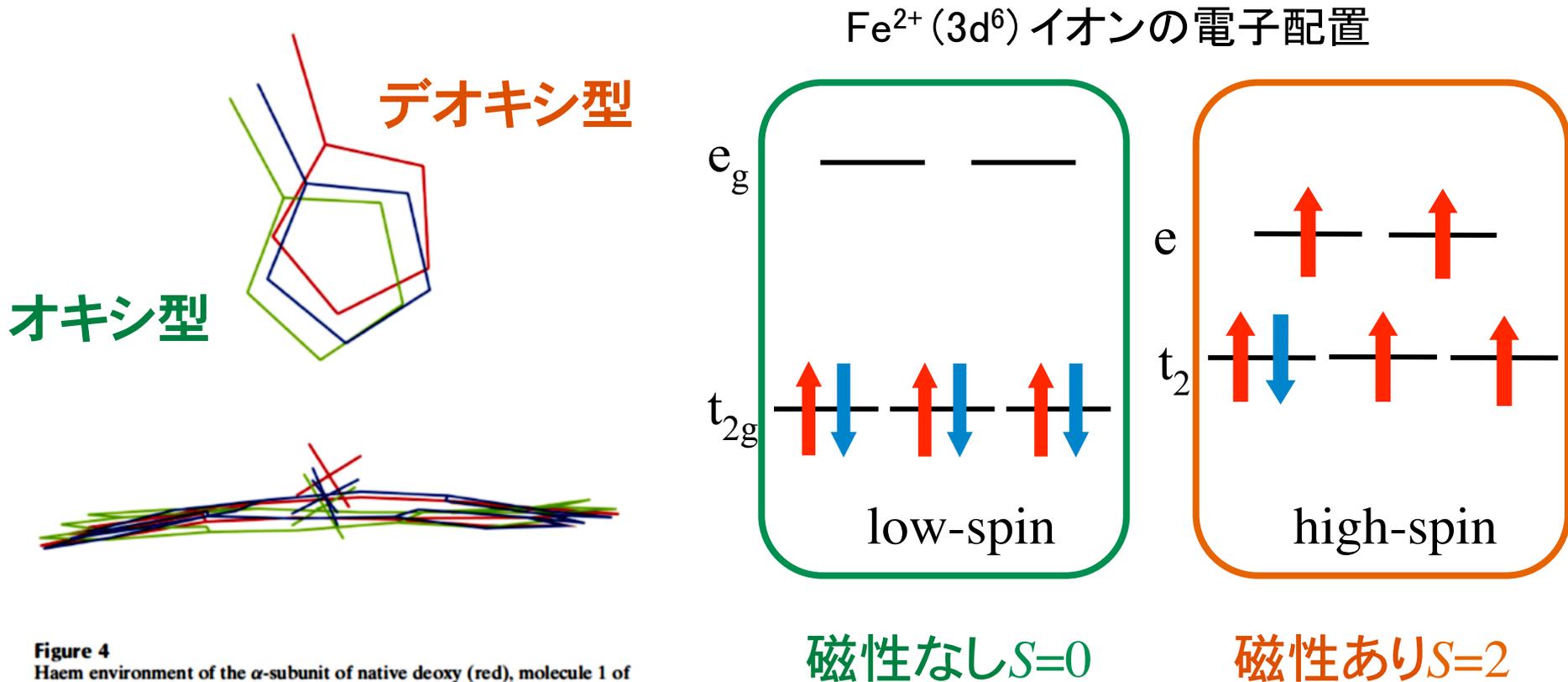


Figure 4  
Haem environment of the  $\alpha$ -subunit of native deoxy (red), molecule 1 of deoxy 90% r.h. (blue) and oxy (green) structures.

第六座に酸素分子が配位すると(オキシ型) Fe<sup>2+</sup> low-spin  
酸素分子がない五配位だと(デオキシ型) Fe<sup>2+</sup> high-spin

# fMRIの話

functional Magnetic Resonance Imaging

神経細胞の活動は酸素を必要とする。



デオキシヘモグロビンが増える。



活動部はオキシヘモグロビン過剰になる。

活動部位

血流：20～40%上昇



酸素消費量：5%上昇

## BOLD 法

(blood oxygenation level dependent effect)

MRI は  $^1\text{H}$  を検出する：核のスピンを用いる技術。

$\text{Fe}^{2+}$  を直接検出することはないが、

$\text{Fe}^{2+}$  の電子スピンから受ける影響なら検出できる。

# fMRIの話

functional Magnetic Resonance Imaging

## スピン-スピン相互作用

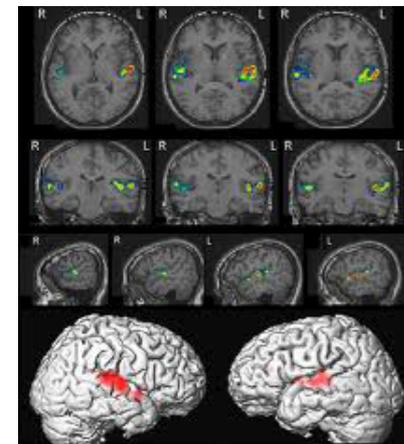
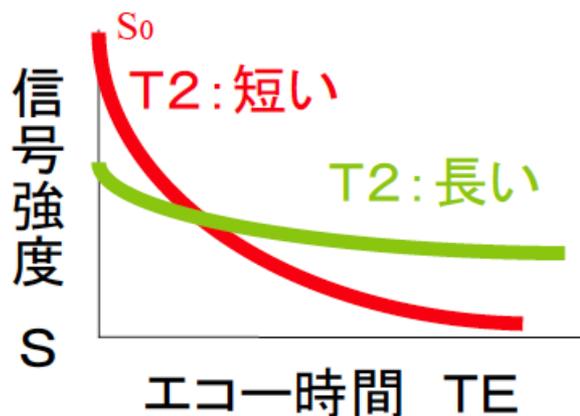
磁石の近くに磁石を置いたら、影響が現れて当然。

(核)

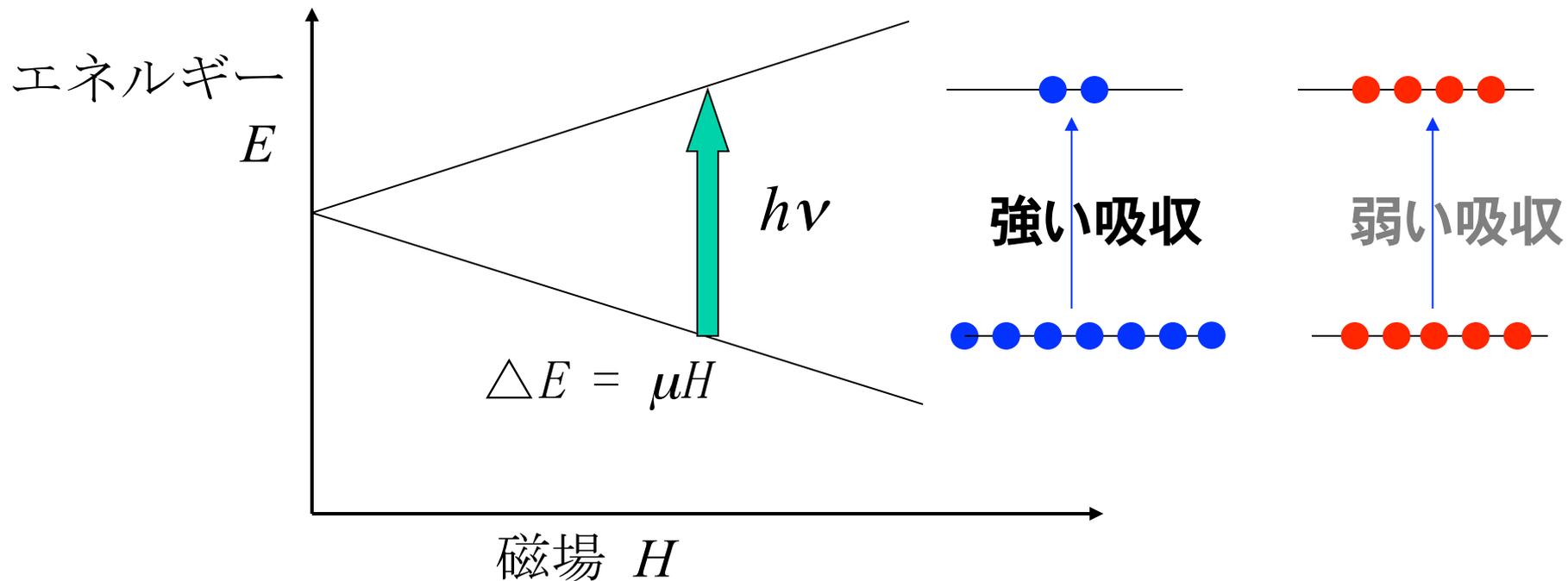
(電子)

周辺に**常磁性体があると、磁化が速く緩和**するようになる  
(正確には T2 緩和といわれる)。

速い緩和により、**強いシグナル**を得る (明部)



# 緩和速度と核磁気共鳴のシグナル強度の関係



光吸収の強度は、2準位の分子数比に依存する。  
熱エネルギーを放出して、「落ちてくる（緩和）」  
緩和が **速い** とき、吸収シグナルは **強い**  
**遅い** とき、**弱い**

# 蒸留技術の視察@サントリー,白州



体力は重要

合宿



学会  
お出かけも

# 合成室

NMR  
元素分析

MS

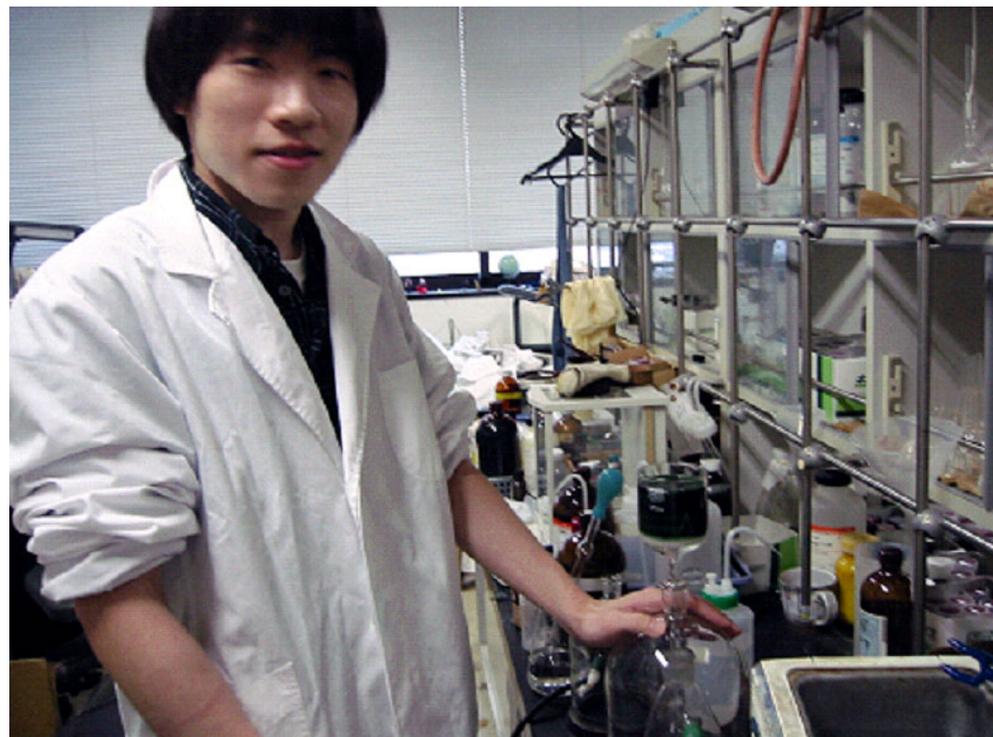
IR

UV/Vis

CV

...

いろいろ使う



有機・無機の垣根は  
ありません



# ESRスペクトロメータ

分子性磁性体の電子スピン状態の解明



# X線結晶構造解析

結晶中の原子配置が正確に求まる



# 磁気測定

磁化率、磁化曲線  
1.8 Kから室温まで、磁場は7 Tまで



# PPMS (多目的システム)

比熱、電気伝導性、交流磁化率、  
など 室温~1.9 K, 磁場 9Tまで

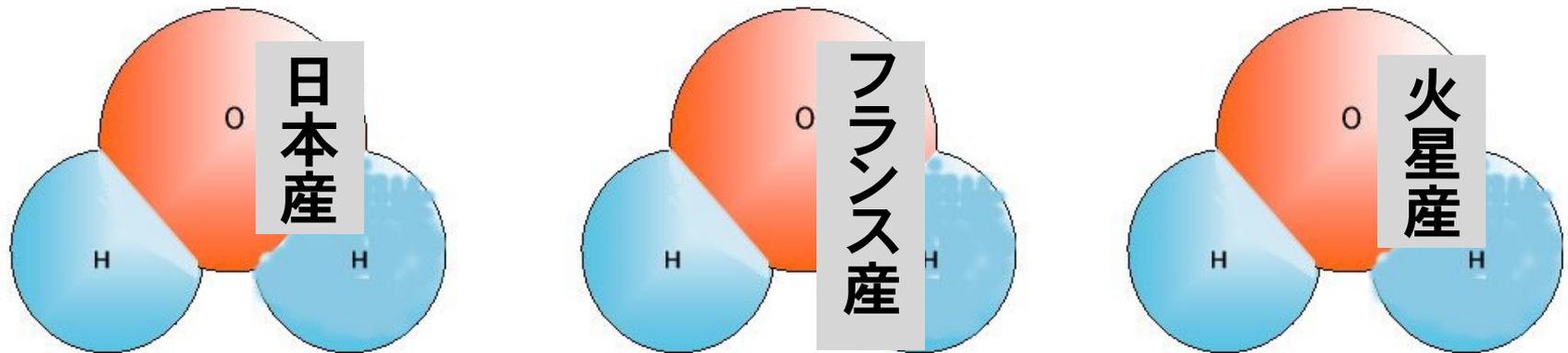


# 熱力学の教えるところによれば、

同温、同圧、同体積、同物質量の同物質は、  
同一の熱力学的エネルギー状態をもつ

経路によらないエネルギー：「ポテンシャル」

分子が、二つ（以上）の値（エネルギー状態）を持つ  
としたら、この原理に反する。



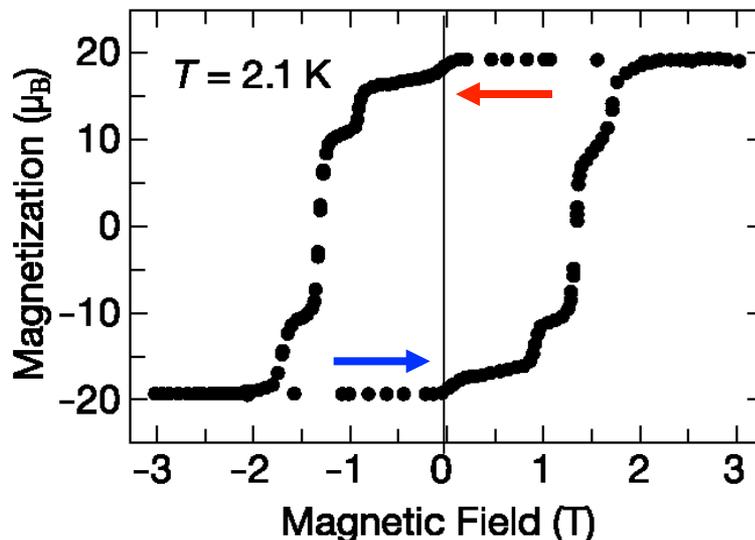
名札を付けているわけでもないから、**区別付けられない**

# 熱力学の教えるところによれば、

同温、同圧、同体積、同物質の同物質は、  
同一の熱力学的エネルギー状態をもつ

経路によらないエネルギー：「ポテンシャル」

分子が、二つの値(エネルギー状態)を持つとし  
たら、この原理に反する。



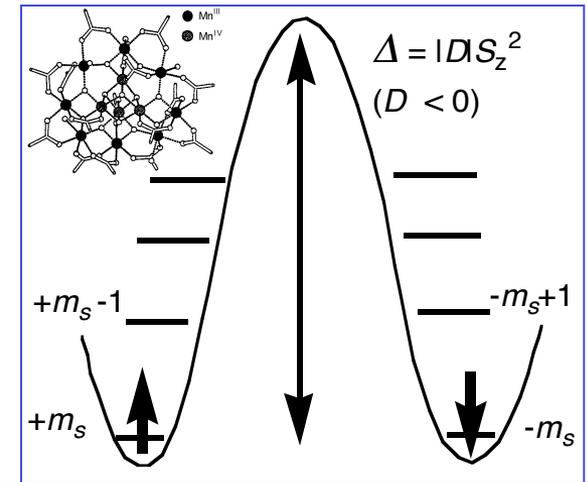
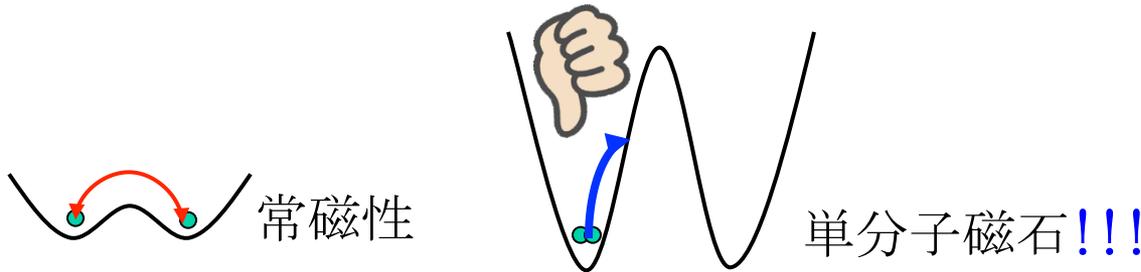
右から来たときと  
左から来たときで  
違う値を持ってよい?

# 分子にどうやって記憶を植え付けるのか？

答：単分子磁石を使え

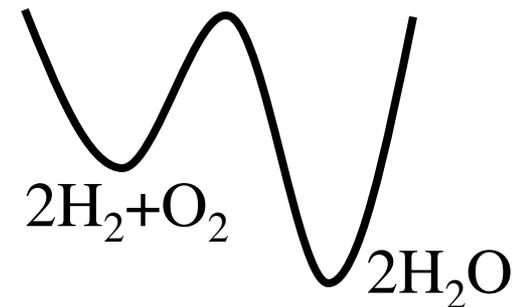
## 『Arrhenius 挙動』

- 熱活性型にエネルギー障壁  $\Delta$  を乗り越える
- 低温になると  $\Delta$  を越えられない



準安定状態 vs 真の安定状態 (極小 vs 最小)

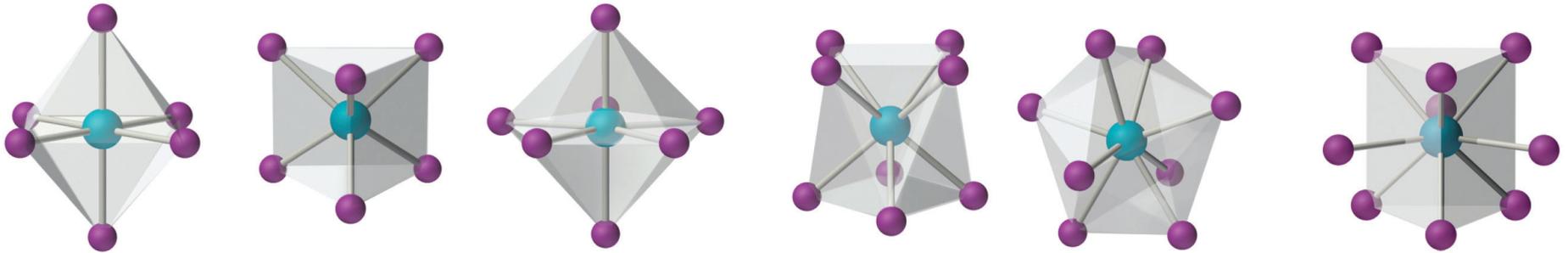
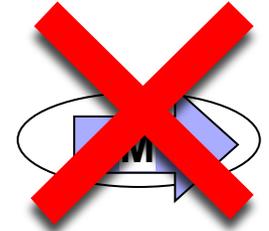
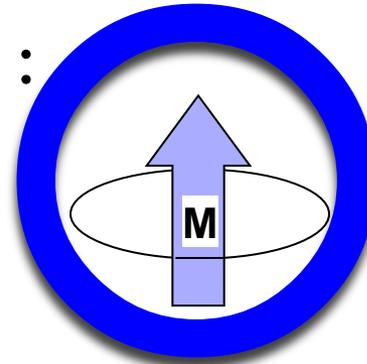
例)  $\text{H}_2$ と $\text{O}_2$ を混合して、何年も放置しても水にならない。  
エネルギー障壁を乗り越えられないから。



# この目的のために、希土類イオンが向いている

単分子磁石であるための必要条件：

- 1) スピン量子数が多い
- 2) 軸異方性が強い



ここへ**イビツ**な結晶場（配位場）を導入すると  
電子分布が**円盤型**になったり**ラグビー型**になったり

# 電通大発の単分子磁石!

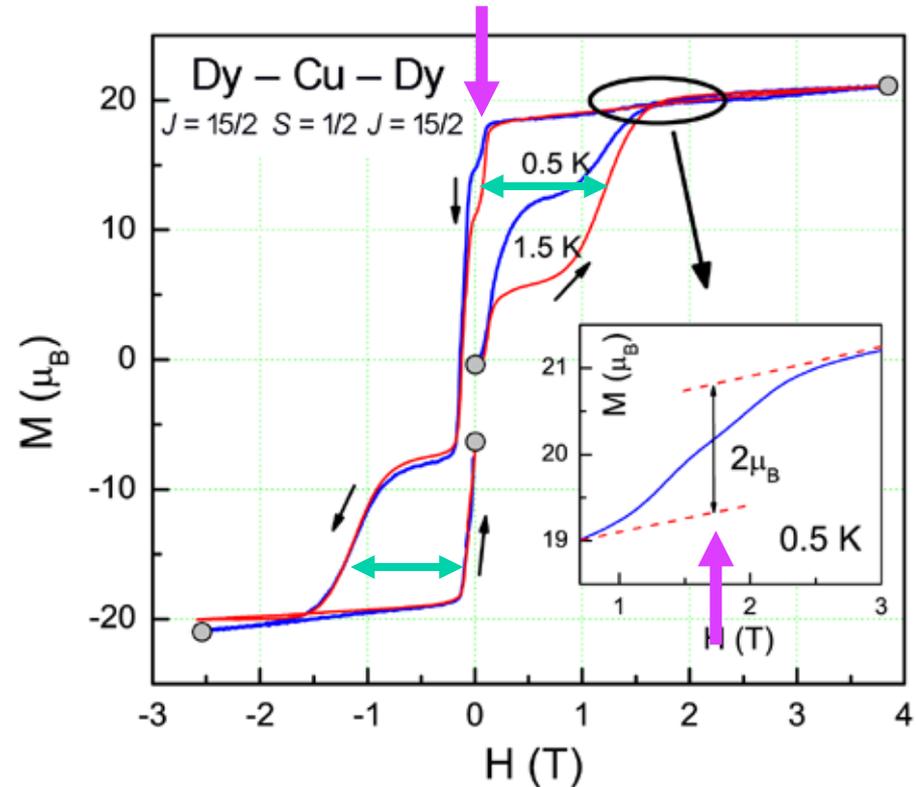
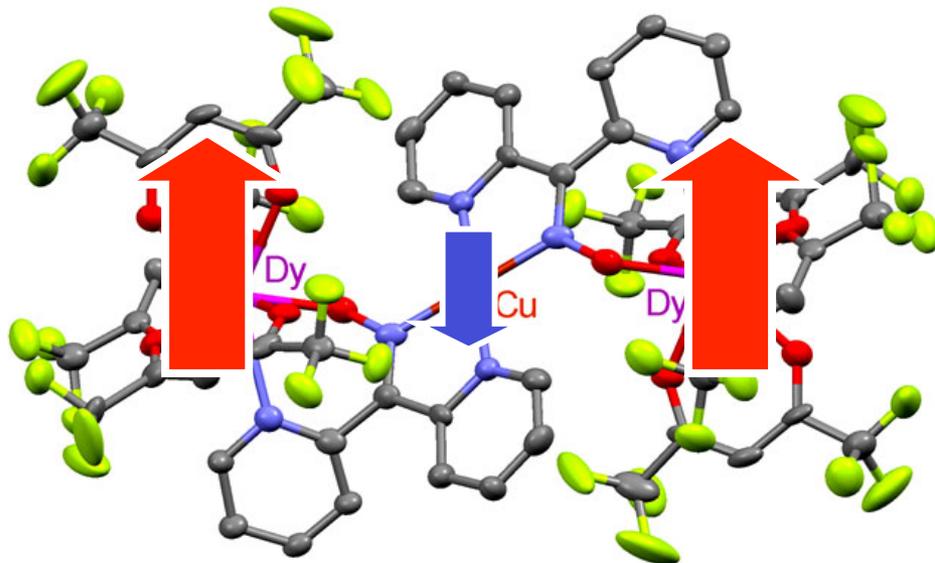
重希土類

\*lanthanoids

lanthanum 57 <b>La</b> 138.91	cerium 58 <b>Ce</b> 140.12	praseodymium 59 <b>Pr</b> 140.91	neodymium 60 <b>Nd</b> 144.24	promethium 61 <b>Pm</b> [144.91]	samarium 62 <b>Sm</b> 150.36	europium 63 <b>Eu</b> 151.96	gadolinium 64 <b>Gd</b> 157.25	terbium 65 <b>Tb</b> 158.93	dysprosium 66 <b>Dy</b> 162.50	holmium 67 <b>Ho</b> 164.93	erbium 68 <b>Er</b> 167.26	thulium 69 <b>Tm</b> 168.93	ytterbium 70 <b>Yb</b> 173.04
--	-------------------------------------	---	--	---	---------------------------------------	---------------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--

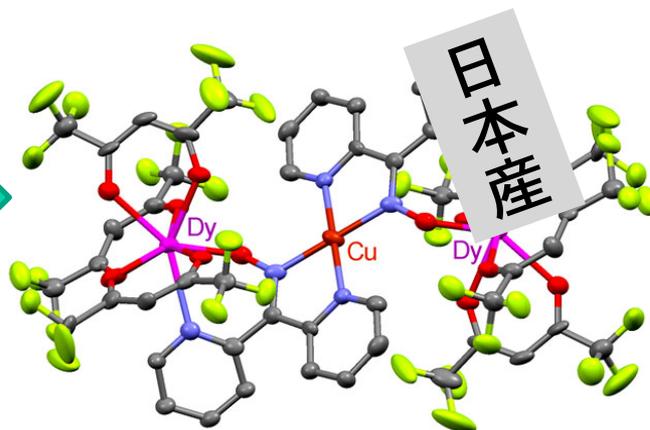
周期表の一部

大きなスピンと異方性をもつ

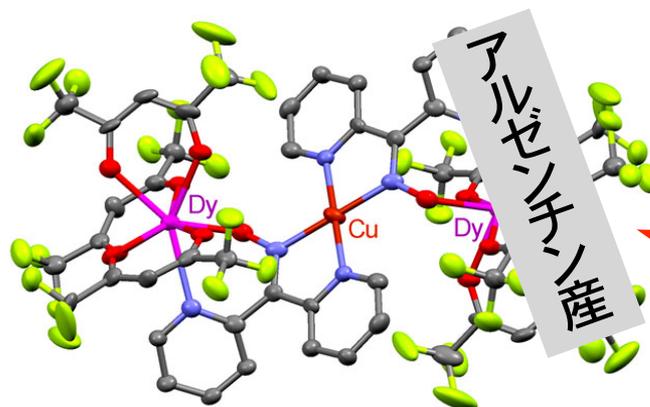


# 電通大発の単分子磁石!

履歴を持つ、記憶を持つ「分子」：賢い!



僕は北半球生まれなんだ



あら、私は南半球生まれよ

# 現代の周期表

周期表は化学/科学のバイブル

s, p, d, f という原子軌道関数  
性質(形状、エネルギー)の理解  
に努めましょう

	1	2											14	15	16	17	18	
1	H																He	
2	Li	Be											5	6	7	8	9	10
3	Na	Mg										13	14	15	16	17	18	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Ce	Ba	Ln	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							
				57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
				La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
				89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
				Ac	Tn	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

# Take-home message

**資源のとれない国の生きる道は加工貿易**

**⇒ 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？**

**⇒ 基盤技術が最先端を創る！**

10分間テスト

化学（中学/高校）と

物質科学（大学/社会）との違い

論述のヒントとしては

背景や手段や応用性などに言及