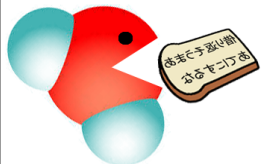


高大接続 / 理科学実験Ⅲ
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: http://ttf.pc.uec.ac.jp/

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）



目指せ！
化学生命工学の極

- (1) 磁石は地球を救う
- (2) 記憶する分子のレシピ有り

2019年4月12, 19日(金)2限「化学概論第一」～肩の凝らないイントロ～
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: http://ttf.pc.uec.ac.jp/

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) 磁気化学の材料への応用
記憶する分子

化学生物系実験室7F

眺望

化学・生物も研究・教育しています。
大学名からだとわかりにくい(注:高校生向け)けど
覚えておいてください!!!!

化学生物系演習室7F



研究設備センター 東6号館1階(本会場の建物)に充実した設備

1001	1101	1102	1103	1104	1105
全自動 元素分析	ICP-MS	ICP-AES	ICP-OES	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1002	1106	1107	1108	1109	1110
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1003	1111	1112	1113	1114	1115
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1004	1116	1117	1118	1119	1120
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1005	1121	1122	1123	1124	1125
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1006	1126	1127	1128	1129	1130
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1007	1131	1132	1133	1134	1135
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1008	1136	1137	1138	1139	1140
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1009	1141	1142	1143	1144	1145
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1010	1146	1147	1148	1149	1150
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1011	1151	1152	1153	1154	1155
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1012	1156	1157	1158	1159	1160
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1013	1161	1162	1163	1164	1165
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1014	1166	1167	1168	1169	1170
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1015	1171	1172	1173	1174	1175
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1016	1176	1177	1178	1179	1180
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1017	1181	1182	1183	1184	1185
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1018	1186	1187	1188	1189	1190
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1019	1191	1192	1193	1194	1195
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS
1020	1196	1197	1198	1199	1200
ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS	ICP-MS/MS

“測定系に強い電通大”

→ ヘリウム液化機があります。



Ⅲ 類・化学生命工学プログラム

たとえば、ノートパソコン



- 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(フォトリソグ)

たとえば、ノートパソコン

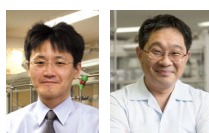


電子工学
光学
物理学
化学生命工学

- 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(フォトリソグ)



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jing
多様な色を作り出す

ヤコウタケ



発光中

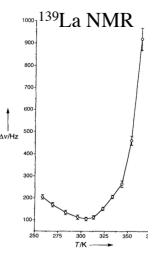
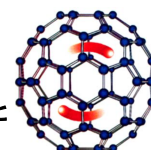


フラーレンの研究

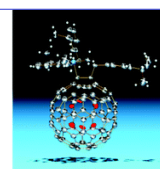
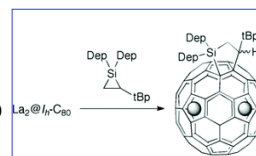


加固 昌寛

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

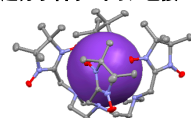
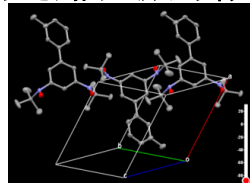


有機固体物性

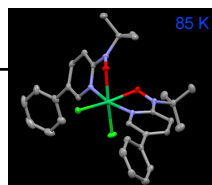
有機ラジカルの科学・錯体の物性

サーモフォトクロミズム/マグネティズム

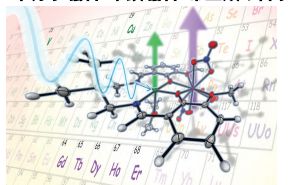
超分子科学/イオン包接



単分子磁石・単鎖磁石・希土類の科学



スピン
クロス
オーバー



石田

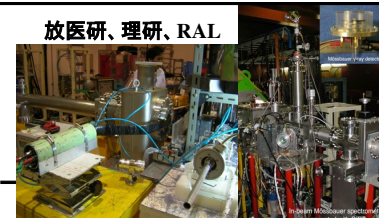
核分析化学

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

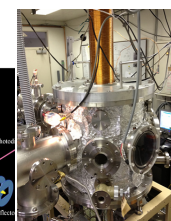
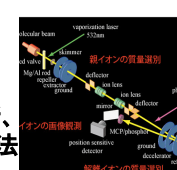


分子線を用いた物性計測



山北佳宏
准教授

TOF質量分析、
ペニング分光法



[illegible]

燃料電池センター Spring-8 電通大ビームライン

800 μ s(世界最高速度) クイックXAFS用 カルバノメータ 分光器

10 ms クイックXAFS用 コンパクト分光器

100 μ s DXAFS用 ポリクロメータ

X線

アンジュレータ光源

光学ハッチ

超幹チャンネル

水平偏向 集光ミラー

上下偏向 高調波除去ミラー

実験ハッチ

ナノ集光ミラー

XAFS計測 システム

燃料電池セル

HAXPES

X線

X線

燃料電池 検出器

HAXPES用ミラー

カルバノメータ 分光器

イオン チェンバ 検出器

ナノ集光ミラー

XRD用 検出器

電光XAFS 検出器

岩崎 隆裕

実験ハッチ内計測装置類
J. Phys. Conf. Ser.,
430, 012020-1-4(2013).

三年次学生実験メニュー

化学生命工学実験Ⅰ&Ⅱ

化学生命工学実験 第一 & 第二

電気通信大学

化学生命工学プログラム

2018年度

生体機能システム実験第二

番号	実験題目	実験場所	担当教員	教員担当
1	PCR法によるDNAの増幅	実6-737 自科	実6-737	実6-738
2	緑色蛍光蛋白質 (GFP) の大腸菌内発生成	実6-737 調	実6-737	実6-821
3	3DSD 及びアルブミンとDNA電気泳動とウェスタンブロッティング	実6-737 計研	実6-737	実6-839
4	神経細胞におけるタンパク質の発現	実6-732 調	実6-732	実6-716
5	CD 測定によるタンパク質の二次構造解析	実6-737 管	実6-737	実6-836
6	酵素反応速度論 (インキュベーターによるスクリーン法の自動化)	実6-732 計研	実6-732	実6-836
7	色覚検査と色覚失調	実6-737 調研	(実専研)	
8	変異シグナル伝達：産酸とエネルギーの抽出	実6-736 三研+実	実6-736	実6-816
9	光線計測 - 酵素活性による電子電流と光子数の測定と光増幅計の開発	実6-736 実研	実6-736	実6-916
10	ペンゼン誘導体の分子構造 - 高解像度質量分析と分子軌道計算 -	実6-737 宇研+実	実6-737	実6-823
11	タンパク質発現制御のコンプライント制御	実6-736 三研+実	実6-736	実6-709
12	電解液系による電荷電位センサーの応答とエレクトロクロミズム特性	実6-737 調研+実	実6-737	実6-737 (実専研)
13	生体組織の電気的負荷と刺激 心臓組織の興奮の測定、神経細胞による神経回路の計測	実6-737 計研・実研	実6-737	実6-907

演習 教員志学

[illegible]

三年次学生実験メニュー

化学生命工学実験Ⅰ&Ⅱ

生体機能システム実験第二

進修 進修科目

実験科目 得意科目 履修科目

化学生命工学実験 第一 & 第二

学号番号	名前
<div style="font-size: 40px; color: blue;">不日</div>	

電気通信大学

化学生命工学プログラム

2018年度

1. 肺炎菌による DNA の増殖

2. 緑色光合成装置 (緑葉) の光合成による赤血球とグルコースの代謝

3. 緑葉のグルコース代謝とグルコースの代謝

4. 緑葉の代謝によるグルコースの代謝

5. ATP 合成によるグルコースの代謝

6. 緑葉の代謝によるグルコースの代謝

7. 色覚遺伝子の遺伝

8. 遺伝子発現の制御

9. 遺伝子発現の制御

10. 遺伝子発現の制御

11. 遺伝子発現の制御

12. 遺伝子発現の制御

13. 遺伝子発現の制御

[illegible]

2019年4月12, 19日(金)2限「化学概論第一」～肩の凝らないイントロ～
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: http://ttf.pc.uec.ac.jp/

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) 磁気化学の材料への応用
記憶する分子

2019年4月12, 19日(金)2限「化学概論第一」～肩の凝らないイントロ～
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: http://ttf.pc.uec.ac.jp/

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。

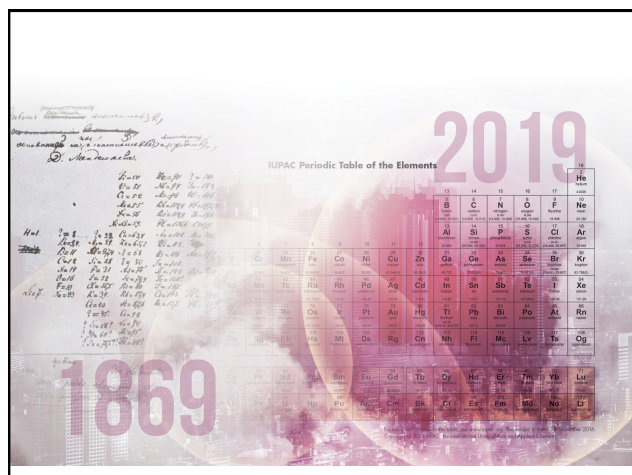
化学者のバイブル_____を作ったのはわしじゃ!



International Year
of the Periodic Table of Chemical Elements



SCIENCE – SOCIETY – WORLD – SUSTAINABLE DEVELOPMENT



メンデレーフ配位法発見150周年をお祝いするイベントを企画します

国際周期表年2019

日本学術会議
IYPT2019.JP

ホーム 国際周期表年 イベント 推進パートナー 運営組織 お問い合わせ

UNESCOは2019年を国際周期表年として
宣言しました! 皆さんお祝いしましょう!

UNESCO
United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

2019 IYPT

International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

元素の周期表は、化学、物理学、生物学、地学、天文学などの幅広い自然科学の進歩とそれに伴う科学技術の発展に多大な
影響を及ぼしてきました。2019年は、ドミトリ・メンデレーフが元素の周期表を発見してから150周年の記念すべき年
にあたります。また、様々な元素の質量、同位体存在率、元素名などを決定してきた国際純正・応用化学連合 (IUPAC) が
設立100周年を迎えます。このような背景の下、国際連合総会において2019年を国際周期表年 (International Year of
the Periodic Table of Elements: 通称IYPT2019) として祝うことが宣言され、UNESCOがその推進をリードします。国
際周期表年 (IYPT2019) は、周期表の発見を祝うだけでなく、自然科学の発展が人間社会にもたらした功績を称えらるう
でも重要な年となります。

IYPT 2019 イベント例

1月29日(火): 開会式(パリ)
2月8日(金): 開会式(ロシア)
メンデレーエフの誕生日
3月17日(日): 日本物理学会年会(九州大学)・
日本化学会春季年会(甲南大)
連携シンポ
12月5日(木): 閉会式(東京)

国際若手貢献者賞

国際若手貢献者賞(118元素賞)について

国際純正・応用化学連合(IUPAC)と国際若手化学者ネットワーク(IYCN)の共同により、118名の優秀な若手化学者が厳選され、2019年夏(パリ)で開催される記念式典にて118元素名の若手貢献賞が授与される事になりました。我が国からも多数の若手化学者の推薦がなれることが強く望まれます。この賞は、IYPT2019とIUPAC100の両者を祝う記念事業の一環とし、IUPACとIYCN(国際若手化学者ネットワーク)の共同により、現在、候補者の受付と選考が進められています。候補者の推薦受付は既に開始されており、2019年6月には選考過程を完了し、同年7月にはパリで開催される記念式典で授与式が行われる予定です。

本賞はIUPACの掲げる目標の達成に貢献した者、国連の掲げる持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals; SDGs)の達成に貢献した者、化学の重要性を世に広めることに貢献した者、化学産業の多様化に貢献した者、化学教育・広い意味での科学教育の発展に貢献した者、化学関連の境界領域研究の開拓や異分野融合の発展に貢献した者の中から厳選のうえ受賞者が選出されます。IUPACの達成目標には、優れた研究の推進に加え、国際社会における化学者間の対話強化、情報透明性の向上、化学の多様性と倫理観の向上などがあります。SDGsには、飢餓、病気の治療、水浄化、衛生問題、環境問題、エネルギー問題などの解決があります。化学を専攻する学部生、大学院生(高校生以下は除く)、化学を学び学士、修士、博士を取得した者、化学産業に従事する者が受賞対象となります。40歳までの若手が対象となります。自薦・他薦を問わず応募が可能です。関係する若手化学者の方々には是非ともチャレンジしていただきたいと思います。

ACS機関誌 C&E
2019年1月号

The periodic table is an icon. But chemists still can't agree on how to arrange it

New data about the elements and their relationships have led to debate over the 150-year-old table's optimum ordering

ACS

Periodic Table

It's been 150 years since Russian chemist Dmitri Mendeleev published his system for neatly arranging the elements, the periodic table. It gave birth to hangings in every chemistry classroom in the world and is one of the world's most recognizable symbols. But the solid squares and familiar patterns of today's table mask some of its fundamental characteristics. "The periodic table dates back to 1869," says

It's been 150 years since Russian chemist Dmitri Mendeleev published his system for neatly arranging the elements, the periodic table. It gave birth to hangings in every chemistry classroom in the world and is one of the world's most recognizable symbols. But the solid squares and familiar patterns of today's table mask some of its fundamental characteristics. "The periodic table dates back to 1869," says

Some believe chemical properties should dictate how the elements line up on the periodic table. Others think a more fundamental principle is needed, like atomic number, which is the number of protons in an atom's nucleus.

The left-most periodic table, invented by Charles Janet, is widely based on atomic orbitals and is considered the most logical.

ACS機関誌 C&E
2019年1月号

"I Spy a Periodic Table"
Photo Contest

In celebration of the International Year of the Periodic Table, show us your periodic tables! Your photo could be selected to win a periodic table-themed prize and be featured in our weekly magazine. Your photos could take place in the kitchen, at the museum, in your lab, or wherever you find your favorite periodic tables across the globe. Get some inspiration below.

周期表を街で見かけたら
コンテストに参加しよう!

Photo credits from left to right: University of Zurich, Dept. of Chemistry; Carlo Amend; C&E; Rights: Shutterstock/C&E; Rights: Shutterstock/C&E

Periodic-Table Table

Periodic-Table Tablecloth

Periodic-Table Tablemat

IYPT 2019 International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

国際周期表年2019

**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!**

ここ!

サンクト・ペテルブルク ロシア連邦

エルミタージュ美術館(元宮殿)



ミニ「ロシア語講座」

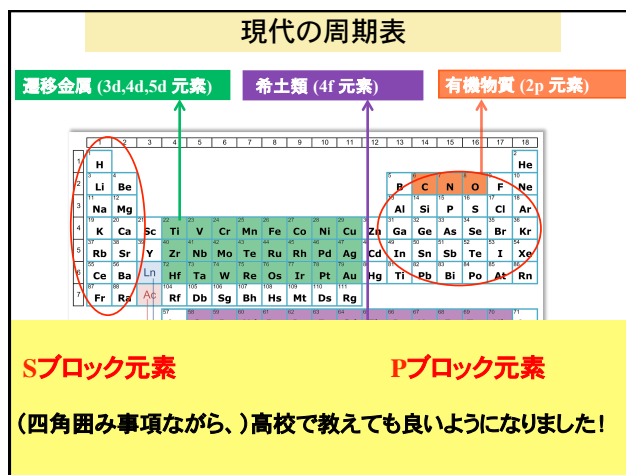
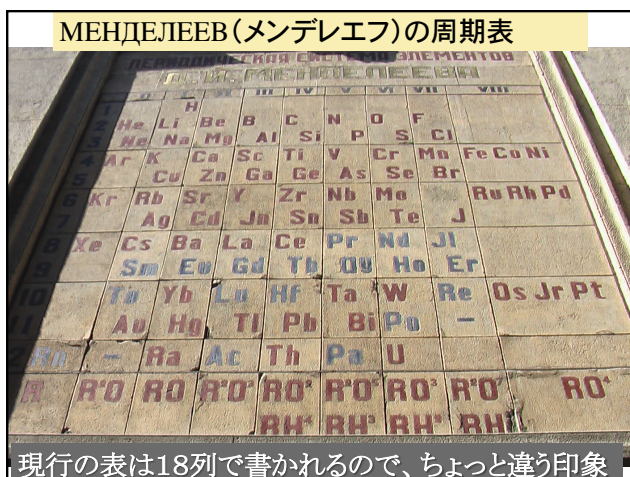
アルファベットの置換で読めるものが多い。
特に外来語は意味もわかる。

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

РЕСТОРАН \Rightarrow レストラン

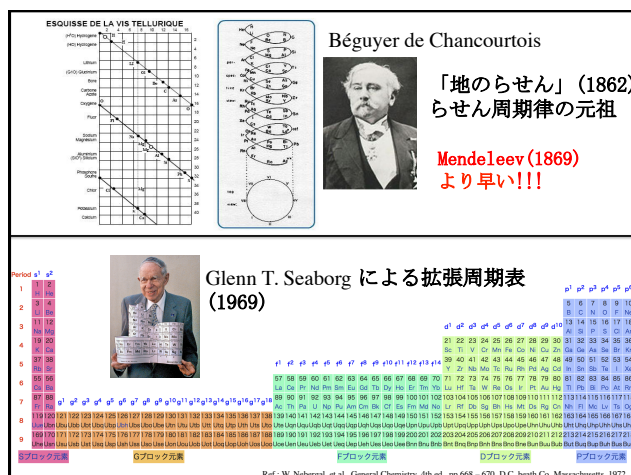
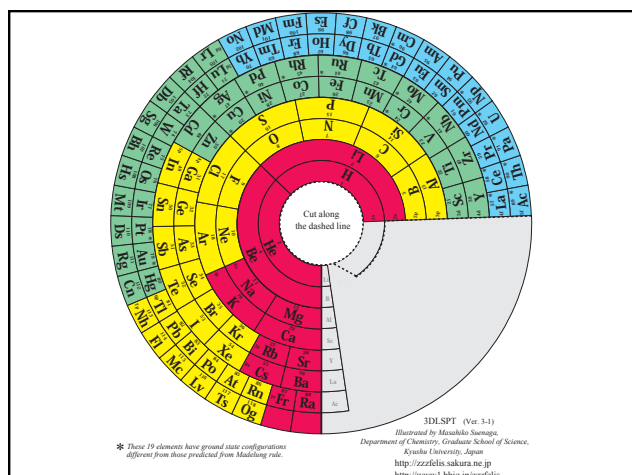
СТОП \Rightarrow 止まれ

СПАСИБО \Rightarrow スパシーバ
ありがとう



元素周期表
Periodic Table of the Elements
自然を暮らしもすべて元素記号で書かれている

一家に1枚周期表



2018年4月13, 20日(金)2限「化学概論第一」～肩の凝らないイントロ～
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: <http://utf.pc.uec.ac.jp/>

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) 磁気化学の材料への応用
記憶する分子

たとえば、ノートパソコン

- 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(フォトリソ)etc.

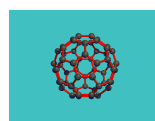
フラーレンC₆₀



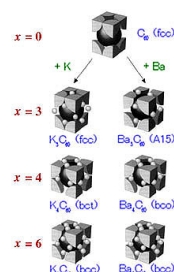
固体は煤そのもの
溶液は鮮やかな紫



フラーレンC₆₀のアルカリ金属塩



(M⁺)₃(C₆₀³⁻)
超伝導体になる



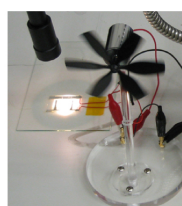
化合物	結晶構造	格子定数 (nm)	T _c (K)
H ₃ RbC ₆₀	sc (< 315K)	1.4028	3.5
H ₃ CsC ₆₀	sc (< 299K)	1.4046	12
KR ₃ C ₆₀	fcc	1.4337	27
R ₃ RbC ₆₀	fcc	1.4267	23
K ₃ CsC ₆₀	fcc	1.4292	24
K ₃ C ₆₀	fcc	1.4240	19.3
Rb ₃ C ₆₀	fcc	1.4555	33 (最高T _c)
Rb ₃ CsC ₆₀	fcc	1.4481	31.3
Rb ₃ C ₆₀	fcc	1.4384	29
Cs ₃ C ₆₀	sc	1.4010	8.4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

有機超伝導転移温度の記録保持者!

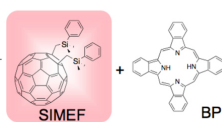
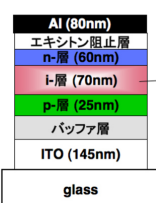
<http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/2009/2010-02/page07.html>

01 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



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

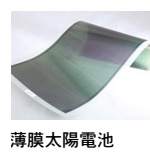
2014/03/25 11:06

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

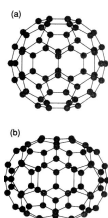


薄膜太陽電池



建設が進む「実証棟」
(完成イメージ)

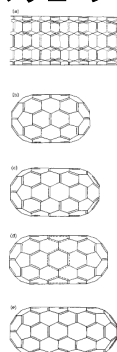
サッカーボール分子、C₆₀ ラグビーボール分子、C₇₀



「線は帳面に引き」 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

フラーレン 引き延ばしたら ナノチューブ

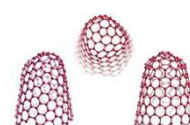


飯島 澄男 NEC特別主席研究員
1963 電気通信大学通信学科卒業

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

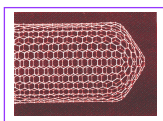
日本電気(株)らは、カーボンナノチューブの一種である「カーボンナノホーン」を電極に採用した携帯機器向けの小型燃料電池を開発した。エネルギー密度がリチウム2次電池の10倍など、



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

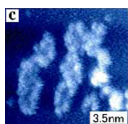


DNA が電導性があり、分子導線に使えるのではないかと
言っている人もいます



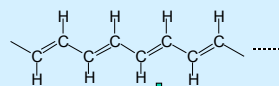
$$3.4(\pm 0.2) \text{ nm} \times 10 = 34 \text{ nm}$$

DNA 二重らせん構造
のSTM観察

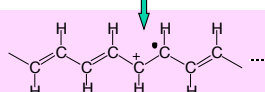


ポリアセチレン

白川英樹先生
@筑波大(当時)

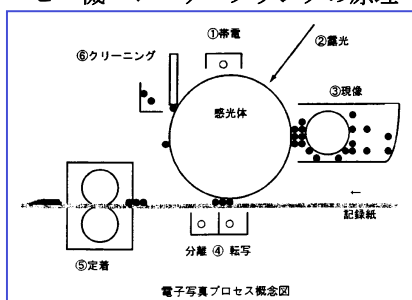


例えば酸化 ↓ ドープ



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

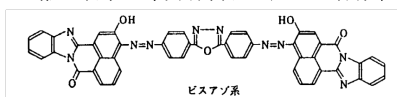


黒いところ → 露光されない → 静電気残る
白いところ → 露光される → 静電気失う

有機材料が大活躍：

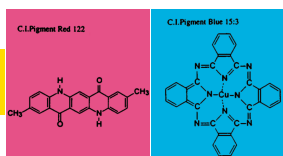
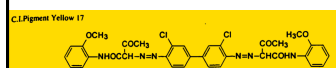
1) 感光体：OPC (Organic Photoconductor)

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 Y M C K



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

2019年4月12, 19日(金)2限「化学概論第一」～肩の凝らないイントロ～
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: <http://tlf.pc.uec.ac.jp/>

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

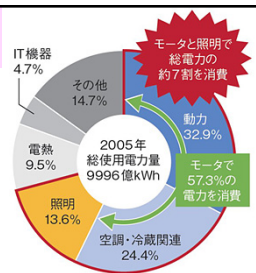


(2) 磁気化学の材料への応用
記憶する分子

とその前に。。。磁石は地球を救う

役にたつ磁石～モーター

日本の総消費電力量の約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、総消費電力量の約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。



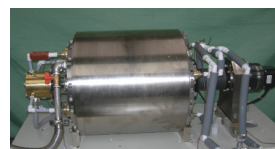
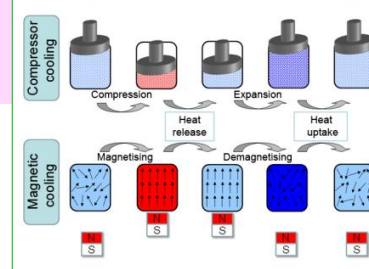
（日経エレクトロニクス）



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

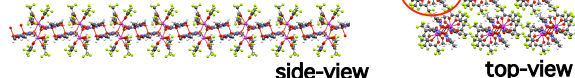
ここに希土類磁石を応用

役にたつ磁石 ～ナノテクノロジー材料

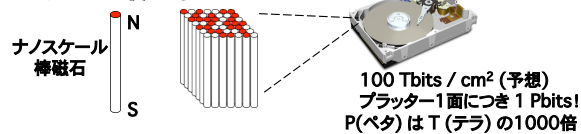
単分子磁石は情報記録メディアの究極のダウンサイジング

[Dy₂Cu₂]_n (磁気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



これをもしHDDに使ったら?



反磁性と常(強)磁性を分けるもの

電子の性質 { 電荷 → 電気性
磁荷 → 磁性 }

荷電粒子

ふつうの、

磁性(引き寄せる, られる) は 不対電子(奇電子)のおかげ

普通... 偶数電子系

反磁性

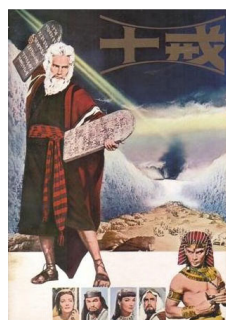
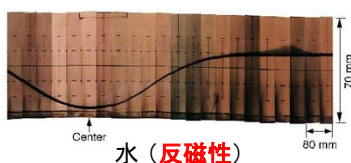


反磁性と常(強)磁性を分けるもの

モーゼ効果(反磁性)

水は磁場によって影響を受けにくい、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。



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



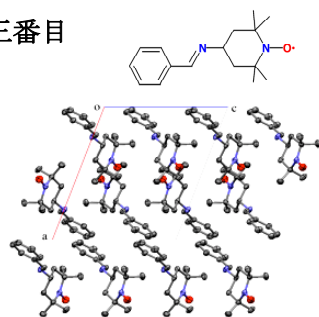
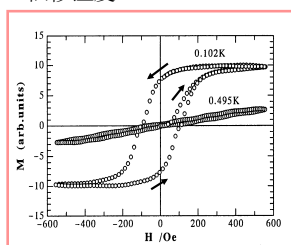
活きたカエルの浮遊

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！

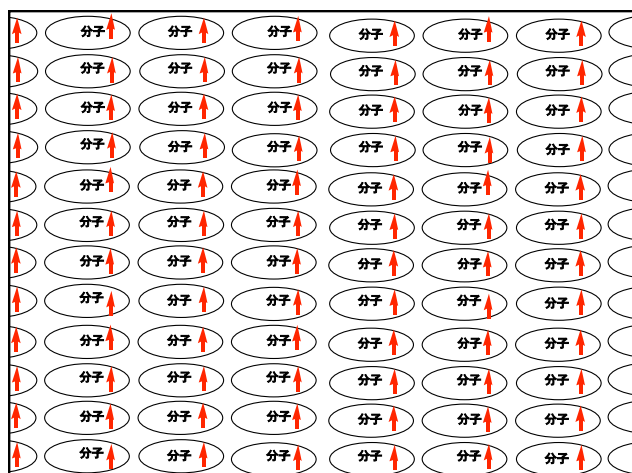
転移温度 0.17 K

構造解析 →
スピンの平行配置の理由

有機化合物で磁石を作るには？

処方箋

- 1) 安定ラジカルを使い → 分子設計
- 2) 固体にしたときに
『分子間でスピンを平行に』 → 結晶設計

2019年4月12, 19日(金)2限「化学概論第一」～肩の凝らないイントロ～
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: <http://tlf.pc.uec.ac.jp/>

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）

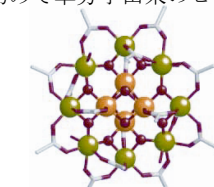
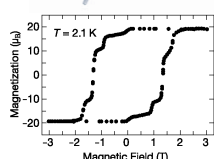
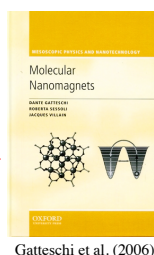
目次



(1) 材料科学とは

(2) 磁気化学の材料への応用
記憶する分子

単分子磁石

[Mn₁₂] 単分子磁石 (Gatteschi et al., *Nature* **1993**, 365, 141)
初めて単分子由来のヒステリシスを観測この分子の中にた
さんの
↑↑↑↑↑↑...
(電子スピン)
が詰まっています！階段状の挙動がミソ
→ 量子効果

Gatteschi et al. (2006).

単分子磁石

[Mn₁₂] 単分子磁石 (Gatteschi et al., *Nature* **1993**, 365, 141)

単分子で見られる磁気ヒステリシス

- (1) 1分子が磁石(単磁区)として振る舞う.
- (2) 量子効果は、量子コンピューターへ応用.
- (3) 各分子は磁氣的に孤立.

したがって、分子内の性能の評価に最適

(磁気異方性や交換相互作用の定量とか)

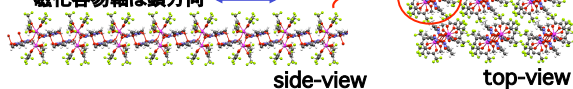
役にたつ磁石 ～ナノテクノロジー材料

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

$[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$ (磁気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

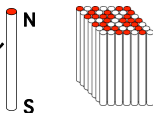


side-view

top-view

これをもしHDDに使ったら?

ナノスケール
棒磁石



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

蒸留技術の視察@サントリー,白州



体力は重要

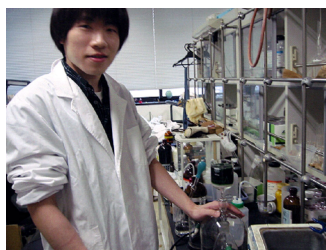
合宿



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)

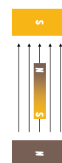
比熱、電気伝導性、交流磁化率、
など 室温～1.9 K、磁場 9Tまで



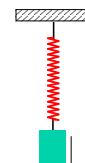
熱力学の教えるところによれば、

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」



磁気モーメント μ が
磁場 H の中に置かれたとき、
 $U = -\mu \cdot H$



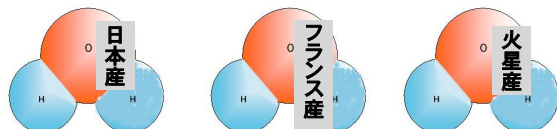
バネによる
位置エネルギー
 $U = (1/2)kx^2$

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（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。



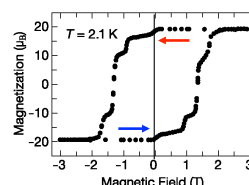
名札を付けているわけでもないから、**区別付けられない**

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」

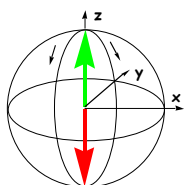
分子が、二つの値(エネルギー状態)を持つと
したら、この原理に反する。



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？

単分子磁石の秘密

異方性: 特定の方向を向くのが好きだったり嫌いだったり



異方性の3つの型

1. 軸異方性
- ~~2. 面異方性~~
- ~~3. 等方的~~

⇒ エネルギー障壁: $|D|S_z^2$

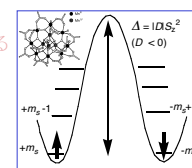
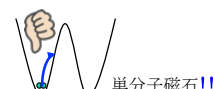
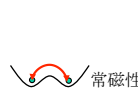
$D < 0$; 軸異方性

分子にどうやって記憶を植え付けるのか？

答: 単分子磁石を使い

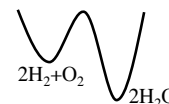
『Arrhenius 挙動』

- 熱活性化型にエネルギー障壁 Δ を乗り越える
- 低温になると Δ 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) H_2 と 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。



分子にどうやって記憶を植え付けるのか？

答: 単分子磁石を使い

磁化が反転するのに活性化エネルギーを要することは



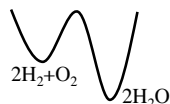
を乗り越えるという図解そのもの

非平衡状態が前提

山が低ければ速やかに、山が高ければ遅く、安定状態へ緩和する。

準安定状態 vs 真の安定状態 (極小 vs 最小)

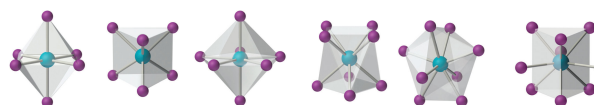
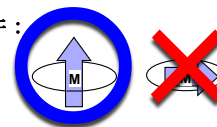
例) H_2 と O_2 を混合して、何年も放置しても
水にならない。
エネルギー障壁を乗り越えられないから。



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) スピン量子数大きい
- 2) 軸異方性が強い

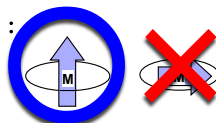


ここへ**イビツ**な結晶場（配位場）を導入すると
電子分布が円盤型になったりラグビー型になったり

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) スピン量子数が大きい
- 2) 軸異方性が強い



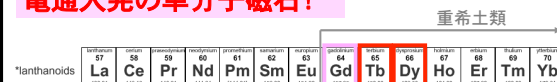
イオンや原子のもつ磁化の3タイプ：

「一方向を向くのが好きだが、他の二方向はいやだ」（軸異方性）

「二方向を向くのが好きだが、他の一方向はいやだ」（面異方性）

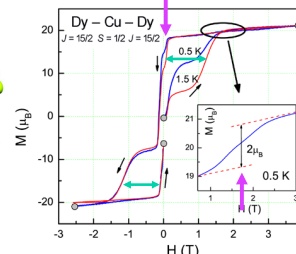
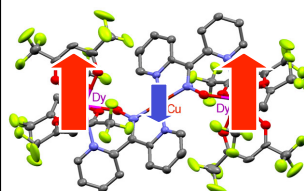
「どの方向を向くことに、特に選り好みはしません」（等方性）

電通大発の単分子磁石！



周期表の一部

大きなスピンと異方性をもつ

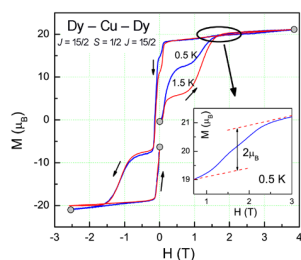
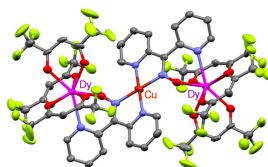


電通大発の単分子磁石！

希釈した孤立分子でも、磁気ヒステリシスを示す。量子効果も認められる。

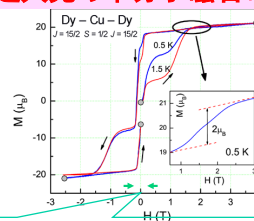


単分子磁石の証明



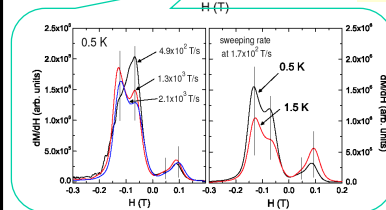
電通大発の単分子磁石！

[DyCuDy]のヒステリシス



○ $H < 0.2$ Tでステップ構造が見え、この出現場所は温度と磁場掃引速度に依存しない

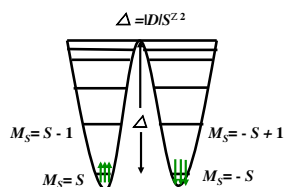
→ 磁化の量子トンネル



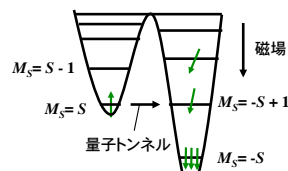
← 磁化のジャンプを詳細に調べるために、微分 dM/dH をとったもの

磁化の量子トンネル

S^z ：磁気モーメントの大きさの量子数
 D ：磁気異方性の大きさ



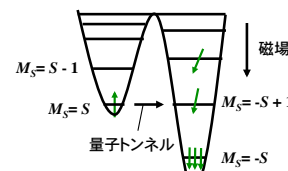
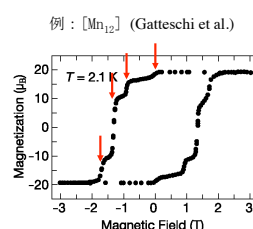
ゼロ磁場ではモーメントは2つの井戸に等しく存在



両井戸の準位が一致したときにトンネルが起こる

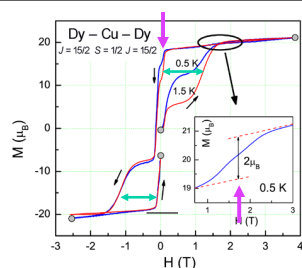
磁化の量子トンネル

S^z ：磁気モーメントの大きさの量子数
 D ：磁気異方性の大きさ



両井戸の準位が一致したときにトンネルが起こる

単分子磁石の証明

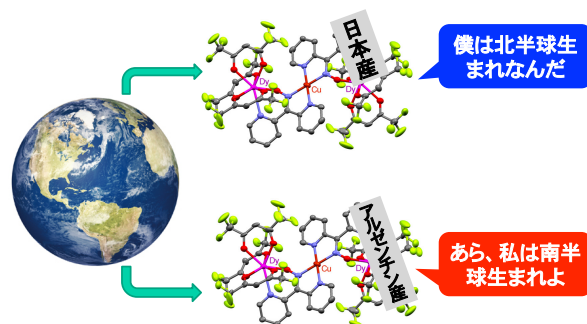


希釈した孤立分子でも、**磁気ヒステリシス**を示す。**量子効果**が見えたらなおよい。

しかし、測定はまだバルクのサイズに頼っているとこに難点がある。
(単分子へのアクセスは技術的問題)

電通大発の単分子磁石!

履歴を持つ、記憶を持つ「分子」：賢い!



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

2019年4月12, 19日(金)2限「化学概論第一」～肩の凝らないイントロ～
E-mail: takayuki.ishida@uec.ac.jp, HP: <http://ttf.pc.uec.ac.jp/>

まとめ



1) 材料科学とは
Materials Chemistry
テクノロジー指向の物質科学



2) 磁気化学の材料への応用
記憶する分子は可能
希土類等による「単分子磁石」

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!