

うちゅう

5

2024 / May

Vol. 41 No. 2

2024年5月10日発行(毎月1回10日発行)

ISSN 1346-2385



工事中の科学館展示場4階

通巻482号

2] 星空ガイド(5-6月)

4] 雷・雷雲から放出される放射線

10] 化学のこぼなし「おいしい化学 メイラード反応」

12] ジュニア科学クラブ

15] 新展示場紹介「てこと滑車」

16] 歳差運動

18] 鉱物の名前になった元素の発見者たち(1)

21] 学芸員の研究発表など

22] 友の会

24] コレクション「宇田川榕菴著『舎密開宗』」



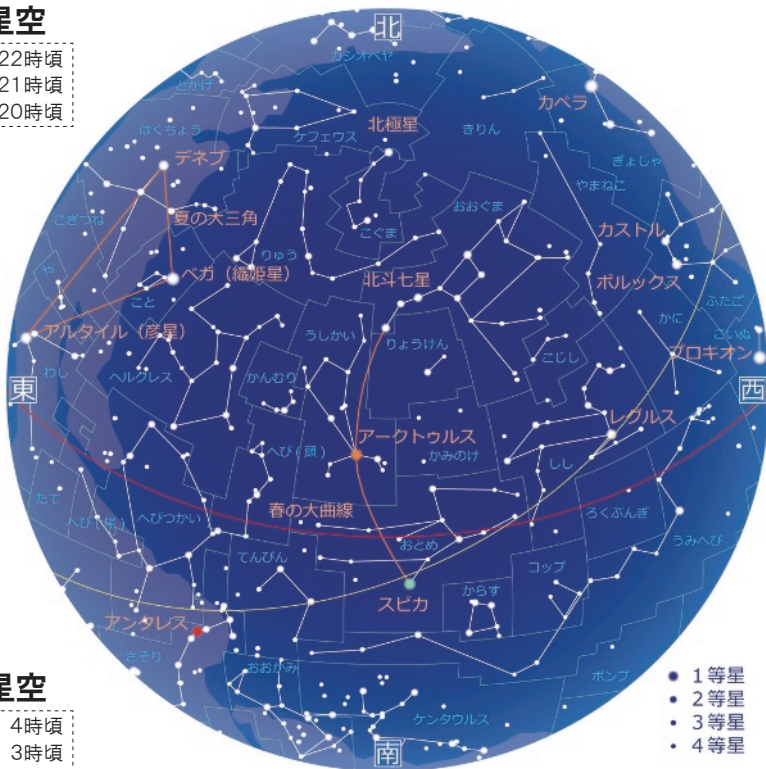
大阪市立科学館

OSAKA SCIENCE MUSEUM

星空ガイド 5月16日～6月15日

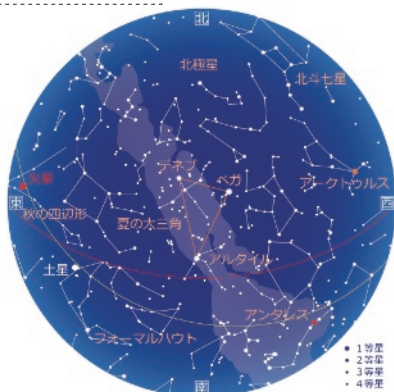
よいの星空

5月16日22時頃
6月1日21時頃
15日20時頃



あけの星空

5月16日 4時頃
6月1日 3時頃
15日 2時頃



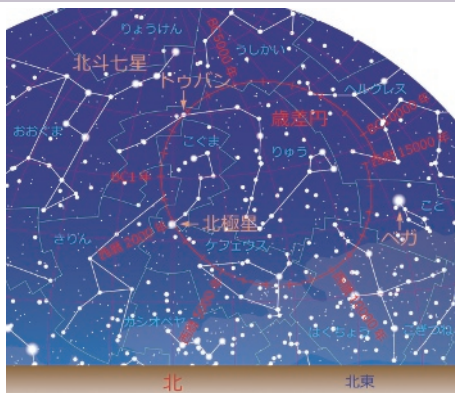
【太陽と月の出入り(大阪)】

月	日	曜	日の出	日の入	月の出	月の入	月齢
5	16	木	4:54	18:55	12:08	1:10	8.0
	21	火	4:51	18:59	16:51	3:09	13.0
	26	日	4:48	19:02	22:02	6:27	18.0
6	1	土	4:46	19:06	1:12	13:17	24.0
	6	木	4:45	19:09	3:59	19:09	29.0
	11	火	4:44	19:11	8:55	23:10	4.6
	15	土	4:44	19:13	12:46	0:24	8.6

※惑星は2024年6月1日の位置です。

干支の星座

今年は辰年ですが、今年の干支の星座とも言えるりゅう座が、北の空高くに見えています。おおぐま座とこぐま座の間に位置し、ちょうどこぐまを取り囲むように星が並んでいます。東側に見える四角形の星の並びが竜の頭に相当し、くねくねとこぐまを取り囲むように竜の尾が伸びています。多くの星が3~4等星のため、大阪では見つけることが困難ですが、星のよく見える場所では、比較的辿りやすい星の並びです。



北の空の星空(6月1日21時頃:大阪)

ところでこのりゅう座の尾にあるトウバンという星は、今からおよそ5000年ほど前は、ちょうど天の北極にあり、北極星の役目を果たしていました。5000年前と言えば、エジプトでピラミッドが建設されていた時期で、ピラミッド内部に北の空へ向かって開けられたトンネルからは、当時、このトウバンが見えていたと言われています。

地球の自転軸は、常に同じ方向を向いているわけではなく、およそ2万6000年の周期で徐々に方向が変わる、歳差運動をしています。そのため、現在の北極星も、徐々に真北の方向からずれてゆき、1万2000年後には、こと座のベガが北極星として輝くこととなります。

江越 航(科学館学芸員)

[こよみと天文現象]

月	日	曜	主な天文現象など
5	18	土	月が最遠(404,773km)/変光星くじら座ミラの極大
	19	日	木星が合/変光星オリオン座Uの極大
	20	月	小満/月とスピカが接近
	23	木	○満月(23時)/変光星カシオペア座Rの極大
	24	金	明方に月とアンタレスがならぶ
6	1	土	●下弦(2時)/深夜に月と土星がならぶ/南大西洋一帯で土星食
	2	日	白昼低空で海王星食(13時10分潜入~18分に没)
	2	日	月が最近(368,255km)

月	日	曜	主な天文現象など
6	3	月	明方に月と火星が接近
	4	火	明方の低空に水星と木星が接近
	5	水	芒種/金星が外合/明方に木星と水星が接近
	6	木	●新月(22時)
	9	日	土星が西矩/月とカストルとポルルクスがならぶ
	10	月	入梅
	12	水	月とレグルスがならぶ
	14	金	●上弦(14時)/月が最遠(404,004km)/水星が近日点通過
	15	土	水星が外合

雷・雷雲から放出される放射線

大阪大学 大学院工学研究科 和田 有希

1. はじめに

雷はよく知られている気象現象で、一瞬の光と、けたたましく鳴り響く轟音に恐怖を感じた方も多いのではないのでしょうか。また雷が発生したときにAMラジオにノイズが入ることからわかるように、雷は電波も出しています。一方で近年の研究により、雷あるいは雷雲から放射線が出ているということもわかってきました。本稿では雷や雷雲の基本的な性質に触れながら、雷・雷雲から放出される放射線について解説します。

2. 雷雲の形成と帯電のメカニズム

空を見上げると、快晴の日でなければ雲が目に入ります。実は雲は10種類(十種雲形と呼ばれる)に分類されますが、その中で雷と関係するのは主に積乱雲(図1)と呼ばれる雲です。積乱雲は地表近くから高度10km以上まで発達する背の高い雨雲で、雷だけでなく豪雨や竜巻、雹(ひょう)の原因にもなったりします。



図1. 積乱雲と雲放電



図2. あられの一例

積乱雲の中では激しい上昇気流が発生し、降水粒子が生成して激しくぶつかりあっています。降水粒子というと雨を思い浮かべますが、大気は高度が高くなるほど気温が低くなるため、積乱雲が発達するような高度3-5km以上では雨粒よりも霰(あられ: 図2)や雹(ひょう)、氷の結晶(氷晶)といった凍結した粒子が多く存在します。地上では降ってくる間に融けて雨として観測されることが多いですが、融けきらずに降ると「ひょう」や「あられ」として観測され、車や建物に被害が出る場合があります。

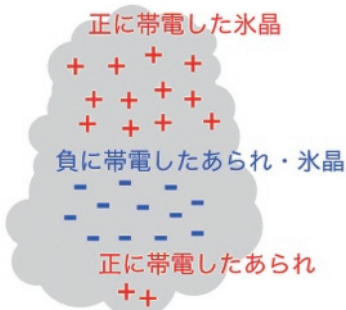


図3. 雷雲内の電荷構造

あられや氷晶が積乱雲の中で激しくぶつかり、下敷きで髪を擦ったときと同じように静電気が発生します。周囲の気温が低い積乱雲上部では、あられが負の電荷を、氷晶が正の電荷を帯びます。あられは数ミリくらいの氷の粒で、氷晶は雪やあられに成長する前の、より細かい氷の結晶です。すなわち氷晶よりもあられのほうが重いのので、ぶつかりあったあとは正に帯電した氷晶が上へ、負に帯電したあられが下へと分かれていきます。こうして積乱雲の上層に正の電荷が、中層に負の電荷がたまり、電荷分離がおきます。さらに

周囲の気温が高い積乱雲下部では、あられが正の電荷を、氷晶が負の電荷を帯びることがあります。そのため、積乱雲は上層に正の電荷をもつ氷晶による正電荷層、中層に負の電荷をもつあられと氷晶による負電荷層、下層に正の電荷をもつあられによる正電荷層、という3層構造をもつと考えられています(図3)。

3. 雷放電の種類と開始のメカニズム

積乱雲の中で電荷分離が進むと、いよいよ雷が発生します。雷にもいくつかの種類が存在します。まず大きく「雲放電」と「対地雷」の2つに分かれます。雲放電は雲の中で完結する、地面に落ちない雷です。稲妻が雲だけで完結せず、地面まで到達すると対地雷となります。一般に落雷と呼ばれているのは対地雷のことです。対地雷の方が流れる電流や発生するエネルギー、光や音が雲放電よりも大きい傾向にあります。

対地雷の中でも「下向き放電」と「上向き放電」があります(図4)。落雷と呼ばれるように、対地雷の多くは積乱雲から地面に向かって落ちる下向き放電です。一方でビルや鉄塔など高い建物から雲に向かって稲妻が延びることがあり、上向き放電と呼ばれます。上向き放電は稀ですが、北陸で発生する冬の雷においては上向き放電が多発することがあります。



図4. 下向き放電と上向き放電



図5. 圧電素子による火花放電

雷雲の中で雷はどのようにして開始するのでしょうか。意外に思われるかもしれませんが、雷が開始するきっかけは実はよくわかっていません。冬に静電気が溜まって発生する、あるいはライターやガスコンロなどの着火時に発生する火花は「絶縁破壊」と呼ばれます(図5)。絶縁破壊には非常に強い電場が必要です。電場は1cmあたりにかかっている電圧のことを指します。例えば地上の大気中では1cmあたりおよそ3万ボルトが必要です。コンセントに來ている電圧は100Vですから、数cmであっても絶縁破壊を起こすためには遥かに高い電圧が必要であることがわかります。

ではそのような強い電場が雷雲内に存在するのでしょうか。1990年代にアメリカ・オクラホマ州で気球を用いた観測が精力的に行われ、雷雲内の電場の計測も行われたところ、最大でも絶縁破壊に必要な電場の10分の1ほどしか観測されませんでした。このことから、雷発生のかっけは我々が想像しているような絶縁破壊とは異なるメカニズムではないか、と考えられるようになりました。絶縁破壊以外でどのように雷が発生するのかについて、いくつかの仮説が打ち立てられています。その1つである「相対論的逃走電子なだれ増幅モデル」について、次の章で説明します。

4. 雷・雷雲から放出される放射線

ここまで雷や雷雲の一般的な性質を述べましたが、ここから放射線の話に移ります。そもそも放射線とは高いエネルギー、すなわち高速で移動する粒子のことです。放射線には様々な種類がありますが、ここで登場するのは高速で移動する電子と、高いエネルギーをもつ光であるX線・ガンマ線です。

皆さんの中には胸部レントゲン検査や、骨折していないか調べるためのレントゲン検査を受けたことがある人があると思います。レントゲン検査はX線を利用していますが、このときX線は加速器を用いて作られます。加速器とは、高い電圧を印加して電子などを加速させる装置です。加速された電子はターゲットと呼ばれる金属に衝突することで、制動放射線と呼ばれるX線を放出します(図6)。

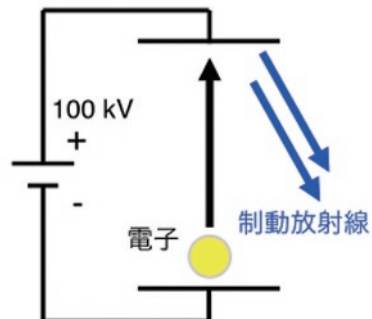


図6. レントゲン装置の原理

実は雷や雷雲においても、同様に電子を高いエネルギーまで加速して、放射線を出しているということが1980年代からわかってきました。ただしレントゲンと違うのは、雷雲の周りには大気が存在するという事です。大気中に存在する窒素や酸素といった原子は、電子とぶつかることで電子を止めようとします。レントゲン装置を含む加速器は、電子の通り道を真空にして、エネルギーの損失を防ぎます。

では原子に満ちあふれた大気中ではどのように電子が加速されるのでしょうか。実は最初の説「相対論的逃走電子モデル」を提案したのはおよそ100年前の1925年、霧箱の発明でも有名なC.T.R.ウィルソンです。図7に示すように、大気中において電子にかかる抵抗力が一時的に小さくなるエネルギーがあります。このとき、絶縁破壊電場のおよそ10分の1以上がかかっているならば、電子が受ける抵抗よりも加速する力が勝り、電子は大気中であっても加速することができます。

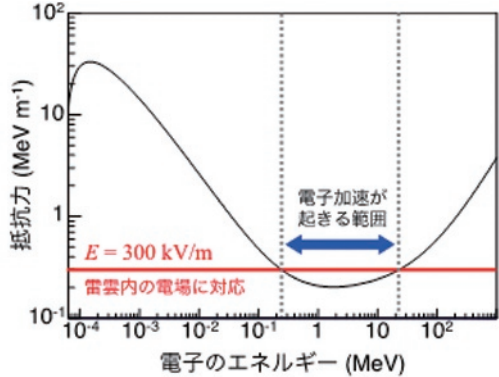


図7. 大気中で電子が受ける抵抗力

ここで注意が必要なのは、加速力が勝るのは一部のエネルギーだけであり、電子が加速されるには最初からある程度のエネルギーをもつ必要があります。このような加速の「種」となる電子は、例えば宇宙から到来する高エネルギー粒子である宇宙線が大気中で作り出す電子が担っているのではないかと、という仮説もあります。また一度加速が始まると、加速された電子が大気中の原子にぶつかって他の電子を叩き出し、その電子も加速され他の電子を叩き出し、というサイクルが生まれます。こうして高エネルギー電子が次々と生成される仕組みを、雪山で些細なきっかけで「なだれ」が発生することに例えて、「相対論的逃走電子なだれ増幅」と呼ばれます。

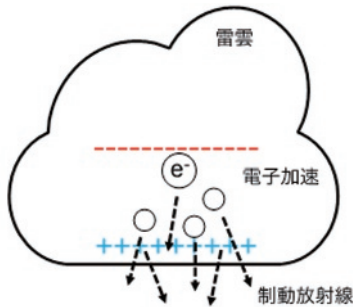


図8. ガンマ線グローの模式図

相対論的逃走電子なだれ増幅が実際に観測されたのは、1980年です。アメリカで航空機に放射線検出器を載せて雷雲内を飛行したところ、数秒にわたって放射線量の増大が観測されました。現在ではガンマ線グローと呼ばれているこの現象は、雷雲内の強い電場によって電子が加速され、大気中の原子にぶつかることで制動放射線を出していると考えられています(図8)。

ガンマ線グローは日本でも観測されています。

そのきっかけとなったのは福井県敦賀市にある高速増殖炉「もんじゅ」でした。原子力発電所の周囲には、放射能漏れを監視するモニタリングポストが設置されています。1997年1月、もんじゅを取り囲むモニタリングポストが数分にわたる放射線量の増大を検知し、アラートが発報されました。当初、周囲で雷が発生していたことから、電氣的ノイズではないかと考えられていましたが、もんじゅの職員であった鳥居建男氏が詳細に調査したところ、上空を雷雲が通過しており、雷雲内で加速された電子に由来する放射線ではないか、と結論付けました。

ガンマ線グロー、すなわち雷雲内における相対論的逃走電子なだれ増幅が雷の発生に関わっているのではないかと、という説があります。ガンマ線グローは雷の発生前に高エネルギー電子という形で微弱な電流を流す現象、とも言い換えることができ、この微弱な電流が雷の開始に影響を与えている可能性があります。前述のとおり、電子加速の種となる電子は宇宙線から供給されている可能性があり、雷の発生は宇宙とも関係しているのかもしれませんが。

雷雲だけではなく、雷と同時に発生する放射線も見つかっています。1991年、ブ

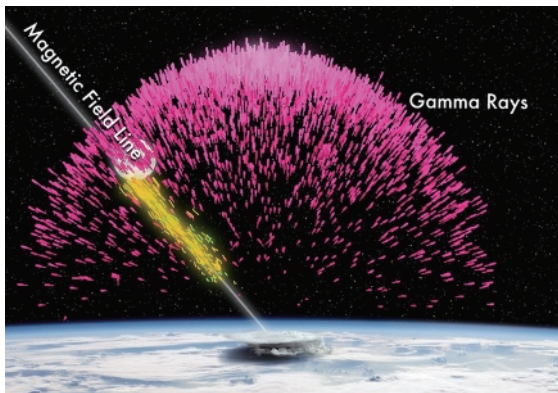


図9. 地球ガンマ線フラッシュの模式図
(NASA/GSFC/J.Dwyer/FIT)

ラックホールなど宇宙からの放射線を観測するNASAの人工衛星が、偶然にも地球から到来する放射線を捉え、地球ガンマ線フラッシュと名付けられました(図9)。当初は雷との関連は明らかではなかったものの、その後の観測で地球ガンマ線フラッシュと雷から放出される電波が同時に観測され、地球ガンマ線フラッシュは雷によって発生する放射線だとわかってきました。

5. 北陸で発生する冬季雷での放射線観測

筆者らは石川県金沢市を中心に冬の雷・雷雲からの放射線の観測を行っています。雷は夏のイメージですが、日本海沿岸部では冬に雷が多発します。中国大陸から吹き付ける乾燥した寒気が、日本海を北上する対馬暖流の上を通過することで雷雲を発生させ、ときに雷雲となって押し寄せるためです。

冬は気温が低いので、雷雲が形成される高度も低くなります。実は放射線は大気に吸収されてしまうため、大気中を1kmくらいしか通り抜けることができません。夏の

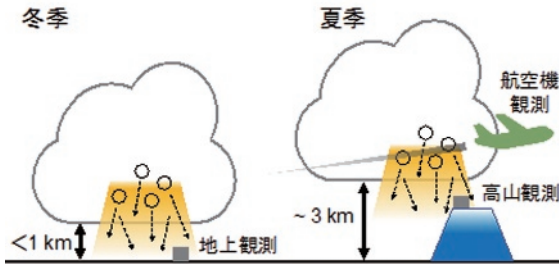


図10. 冬と夏の雷雲の違い

場合、電荷が溜まっているのは高度3km以上のため、放射線が発生しても地上まで到達することができず、海外では航空機に検出器を載せたり、あるいは3,000m級の高山に観測施設を建設したりしています。一方で冬の雷雲だと高度1km以下まで垂れ込めてくるため、放射線を地上で観測できます(図10)。この利点を活かして、筆者らは金沢市周辺の大学や高校、公共施設などの屋上に、自ら開発した小型の放射線検出器を設置して観測を行っています。航空機や高山の観測と比べると、必要なコストや手間が少なく、高品質な観測データを得られます。

2016年10月に本格的な観測を開始して以降、4年間で合計70例のガンマ線グローを観測することに成功しています。2018年1月にはガンマ線グローが発生している領域の周辺で落雷の検出にも成功しました。ガンマ線グローが雷を引き起こしているか、この一例だけではまだ判断できませんが、今後の観測で放射線と雷の関係が詳細に解明できると期待しています。

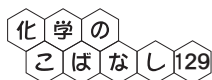
6. おわりに

雷は身近でありながら、意外にもまだ謎が多い現象です。特に雷・雷雲から放出される放射線は比較的新しく発見された現象であり、様々な分野の研究者を巻き込んだ新しい学問分野「高エネルギー大気物理学」として発展している最中です。北陸における観測が今後も雷の謎を数多く解き明かせるよう、筆者も尽力していく予定です。

著者紹介 和田 有希(わだ ゆうき)



大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報通信工学専攻 助教。気象予報士。2020年に東京大学大学院理学系研究科物理学専攻を修了、博士(理学)を取得。雷・雷雲からの放射線観測やフェーズドアレイ気象レーダーの開発と降水現象の観測など、観測装置を自ら開発して気象現象の解明に取り組んでいる。



おいしい化学 メイラード反応

焼きたての食べ物を想像してみてください。たとえばパン、クッキー、おせんべい、ステーキ…。それらの共通点は何でしょうか。どれも私の好物…というのは置いておき、どれも焼くことで茶色くなり、香ばしい香りが広がります。熱によって、生地や肉に含まれる成分から、茶色い色の分子や、香ばしいにおいの分子が、さまざまな化学反応によって生まれているのです。そのひとつが「メイラード反応」です。



メイラード反応はアミノ酸と糖のあいだでおこる化学反応

20世紀はじめごろにこの反応を研究した化学者の名前から取られたこの反応は、アミノ酸と糖によって起こる化学反応です。

アミノ酸とは、タンパク質をつくる分子です。どんな生物の体もタンパク質が主な成分のひとつ。たった20種類のアミノ酸が、適当な順番で長くつながることで、さまざまな種類のタンパク質が作られ、それらで生物の体はできています。糖もまた、生物の体をつくったり、エネルギー源となったりする重要な成分です。甘みを感じる物質の代表的なものでもあります。

アミノ酸と糖を同時に加熱することで、これらの中で反応が進み、「メラノイジン」という種類の褐色の色素が作られ、それと同時に、さまざまな香りの分子が作られるのがメイラード反応です。何段階もの化学反応が複雑に絡み合って起こっており、その全貌は明らかになっていません。

起きていることは複雑ですが、メイラード反応のおもしろさを簡単に体験できる実験があります。うま味調味料の代表である味の素はグルタミン酸ナトリウムという、うま味分子の結晶の粒です。グルタミン酸はアミノ酸の一種なので、これと砂糖を混ぜてあたためるだけで、メイラード反応が起こります。

実験してみよう：メイラード反応

用意するもの：アルミカップ、味の素、砂糖、水、菜箸やトング、ホットプレート、ぬらした布巾

- ① アルミカップに味の素と砂糖を入れます。それぞれほんのひとふりでじゅうぶん。
- ② 水1, 2滴たらしアルミカップを軽くゆすり混ぜます。
溶け残りがあってもだいじょうぶ。

- ③ 180℃くらいのホットプレートにアルミカップを置いて加熱します。すぐに茶色く色づき、同時に香



ばしい香りが立ち上がります。これがメイラード反応です。焦げると臭くなるので、きつね色になったらすぐに菜箸やトングで取り出し、ぬらした布巾の上で冷ましてみましょう。

- ④ 同じことを、味の素だけ、あるいは砂糖だけでやってみて、香りをくらべてみましょう。味の素だけのときはかなり独特なニオイです。一方、砂糖だけの場合は、香ばしく甘い匂いが感じられます。これはキャラメルです。しかし、③とは違った香りに感じられるはずで、③の香ばしさは、糖とアミノ酸の両方がそろったときにだけ生まれる香りということがわかります。糖を加熱しておこる反応は必ず「キャラメル反応」といい、大体の場合メイラード反応とともにキャラメル反応も起こっています。

メイラード反応は料理における重要な化学反応

アミノ酸と糖は生物を構成する基本的な分子のため、たいていの食材に含まれます。そのためメイラード反応は、きわめて身近で、わたしたちがいつもお世話になっている化学反応といってもよいでしょう。たとえば、コーヒー。あの色や香りは、コーヒーの種子をこんがりとローストしたときの、メイラード反応やキャラメル反応などによって生まれたものです。また、メイラード反応は加熱することでよく進みますが、加熱しなくても反応はゆっくりと進みます。たとえば、桶の中でじっくりと熟成してつくられる味噌や醤油は、メイラード反応などによるものです。日本酒も熟成が進むと、琥珀のような褐色が生まれます。

私が大学で学んでいたころ、実験の講義の中で先生が「料理が上手い人は化学実験も上手い」ということをおっしゃったのを憶えています。料理に求められる調理器具のあつかいや段取りのよさが実験にも求められるという意味だと思いますが、たしかに、いろいろなものを混ぜたりあたためたり冷やしたりして、別のものを作り出すという過程は、料理とよく似ています。それどころか、実際に料理においてはさまざまな化学反応が起こっており、それをたくみに制御して、目的の味を生み出しています。料理と化学実験は単に「似ている」程度ではなく、食べることを目的とした化学実験のことをわたしたちは「料理」と呼んでいる、と考えてもよいのではないかとともに思います。

【読書案内】

・『「おいしさ」の科学 素材の秘密・味わいを生み出す技術』、佐藤成美著、講談社、2018。安定のブルーバックス。さまざまな話題を扱っています。気軽に読めます。
 ・『Cooking for Geeks 第2版 一料理の科学と実践レシピ』、Jeff Potter著、オライリー・ジャパン、2016。料理の科学の事典。まるで鈍器。気軽に読めません。でも超マニアックで面白い。

上羽 貴大(科学館学芸員)

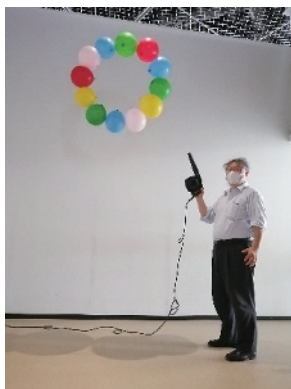
ジュニア科学クラブ 5



風はふしぎ

台風なんかで屋根が吹き飛んでいく映像をTVで見たことがあると思います。風にはものをふき飛ばす力があります。でも、風の力はそれだけでしょうか？

おじさんがブロアとよばれる落ち葉なんかをふき飛ばしてそうじに使う道具を持って何かしてます。風船で作ったリングが空中にういているように見えますが、リングはひものようなものでつるされているのではありません。こんなことが可能なのでしょうか。これは風のふしぎな力なのでしょう。



おおくら ひろし(科学館学芸員)

■5月のクラブ■

5月19日(日) 9:45 ~ 11:30

◆集 合：プラネタリウムホール(地下一階)
9:30~9:45の間に来てください
てんじ場入口で会員手帳を見せてください

◆もちもの：会員手帳・会員バッジ・筆記用具

◆内 容：9:45~10:30 サイエンスショー見学(全員)
10:30~11:30 プラネタリウム見学(会員番号1-50)
10:30~11:30 実験教室(会員番号51-100)

・途中からは、入れません。ちこくしないように来てください。

・プラネタリウムに入れる保護者の方は1名までです。

※最新の情報は、科学館公式ホームページ(<https://www.sci-museum.jp/>)をご覧ください。

ここから3ページはジュニア科学クラブ(小学校5・6年生を対象とした会員制)のページです。



5月のプラネタリウム:天文の話題

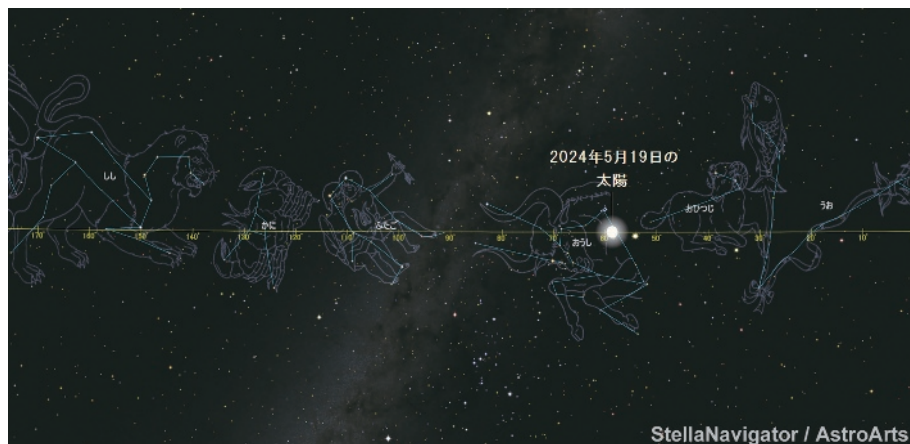
たん生日のせいざ、ってな～に？

たん生日のせいざ？

みなさんのたん生日は、いつかな？

たん生日によって「わたしは、〇〇ざ生まれです」とか、星うらないで「△△ざのラッキーアイテムは？」なんて話を聞いたことがあるかもしれないね。でも、なんで、たん生日によって、せいざが決まっているんだろう？ せいざによって運命が分かるなんてことがあるんだろうか？

今月のプラネタリウムでは、たん生日のせいざについて調べてみよう。



たん生日ごとの12のせいざ

実は「たん生日のせいざ」は本当のせいざのことじゃないんだ。

どういことなのか、ナゾをとくカギは「太陽の位置」だ。そして自分の「たん生日のせいざ」が「自分のたん生日」に見えるかどうか、考えてみよう。

石坂 千春(科学館学芸員)



5・6月の実験教室

ひんやり！^{すず}涼しさの科学

暑い夏が近づいてきました。うちわであおぐと涼しくなりますね。いったいなぜ涼しくなるのでしょうか。風が吹くからでしょうか。でも、どうして、風が吹くと涼しくなるのでしょうか。

今回の実験教室では、科学で涼しさのヒミツにせまります。風でひんやりしたり、化学反応^{はんのう}でひんやりしたり、粉^{こな}を水にとかすだけでひんやりしたり…。ひんやりのしくみのキーワードは「分子」。楽しくたくさんひんやりしながら、分子の動き^{そうぞう}を想像^{いつしゆん}してみましょ。いつでも一瞬^{しゆんかん}でひんやりできる、瞬間冷却パックも作ります。



いつでもどこでも、一瞬でひんやり
気持ちいい！



使い終わった冷却パックの中身^{けっしょう}
で結晶を育てることもできます。

みなさんが持ってくるもの

筆記用具、ハンカチ、使いなれたハサミ(科学館でも用意します)

科学デモンストレーター

これまで展示場4階後半は、「サイエンスタイムトンネル」というコーナーになっていました。さまざまな展示を実際に体験しながら、科学の原理を理解してもらおうというコーナーでした。

人々は昔から自然現象を観察し、自然が持つ法則を探求してきました。こうした積み重ねが、現在私たちが理解している科学の体系としてまとめられています。展示改装に伴いコーナーの名称は変更されますが、引き続きこのコーナーでは「力」「光」「電気と磁気」に焦点を当て、体験展示と資料を通して自然法則の概念が獲得されてきた歴史を辿ります。

このコーナーの最初は、「力」についてです。力学は古代から研究されてきた分野で、いろいろな法則が発見され体系づけられてきました。

以前「滑車」の展示がありました。これを新しい展示に入れ替えて、重量挙げに使うバーベルを持ち上げてみます。滑車を使うと、力の向きを変えることができます。それだけでなく、動滑車を使えば、小さい力でも持ち上げることが可能になります。動滑車とは固定されていない滑車



図1. 滑車の展示(旧)

で、これを使えば、半分の力で持ち上げることができます。その代わりに、ロープを引っ張る長さは倍になります。

さらに改装後の展示場では、新たに「てこ」の展示も登場する予定です。てこを使って同じくバーベルを持ち上げてみます。釘抜きと同じように、てこの原理を使うと、長い取っ手を使って、小さい力でバーベルを持ち上げることができます。その代わりに、同じ高さを持ち上げるのに、取っ手をたくさんの距離動かす必要があります。

てこも滑車も、小さい力でものを動かすことができる道具ですが、その代わりに、同じ距離だけものを移動させるためには、より長い距離を動かす必要があります。物理学では、力に動かした距離を掛けた量のことを「仕事」と呼んでいます。そして仕事の概念は、エネルギー保存則につながる、重要な概念なのです。

江越 航(科学館学芸員)

歳差運動

歳差運動

今月の星空ガイドのページでは、地球の自転軸は歳差運動により徐々に方向が変わるという話をしました。ところで、歳差運動とは、いったい何なのでしょう。

図1のように回転しているこまの軸が、地面に垂直でなく、少し傾いた状態のまま回転しているとします。するとこまの軸は、そのまま同じ方向を向くのではなく、傾いたまま鉛直軸の周りをゆっくり回りながら向きを変えていきます。これを歳差運動といいます。

歳差運動が生じる理由の説明は少し難しいのですが、回転の運動方程式から導くことができます。図のように、こまの回転軸の方向に角運動量 L というものが定義されます。この角運動量 L に、重力により別の回転の力 N が加わると、回転軸の角運動量が $L+dL$ に変わります。このため、回転軸の向きが、鉛直軸の周りをゆっくり回る歳差運動をおこすのです。

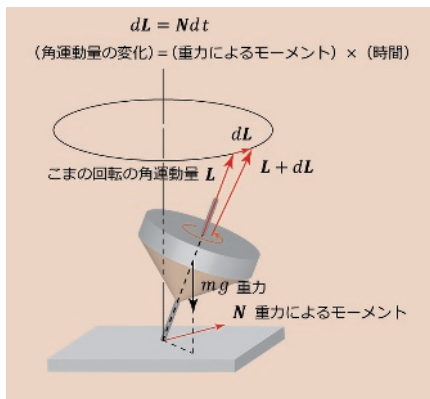


図1. こまの歳差運動

地球の歳差運動

地球も歳差運動により、自転軸の方向が徐々に変化しています。

地球の公転面に対し、自転軸は23.5度傾いた状態で自転しています。自転軸を延長した方向にあるのが北極星です。また地球は完全な球でなく、赤道が膨らんだ形をしています。すると太陽からの引力により、自転軸を起こそうとする別の回転の力が働きます。こ

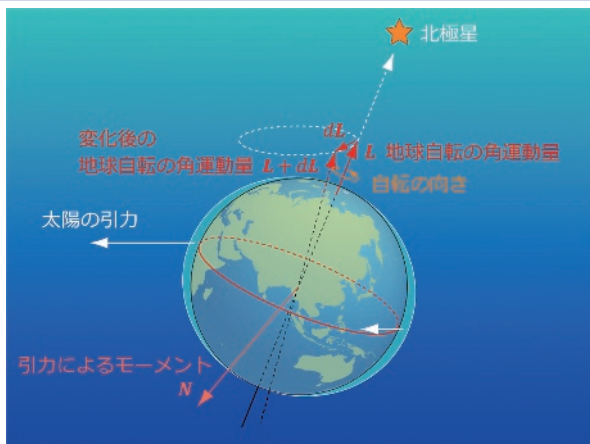


図2. 地球の歳差運動

の結果、先ほどのこまの場合と同じく、回転の運動方程式から、地球の自転軸の方向が徐々に動く歳差運動をすることが導かれます。

春分点の星座

地球の歳差運動は、一回り2万6000年という、大変ゆっくりしたものです。しかし長い間には、北極星の方向がずれていってしまいます。

自転軸の方向が変化すると、太陽の通り道(地球の軌道面)で

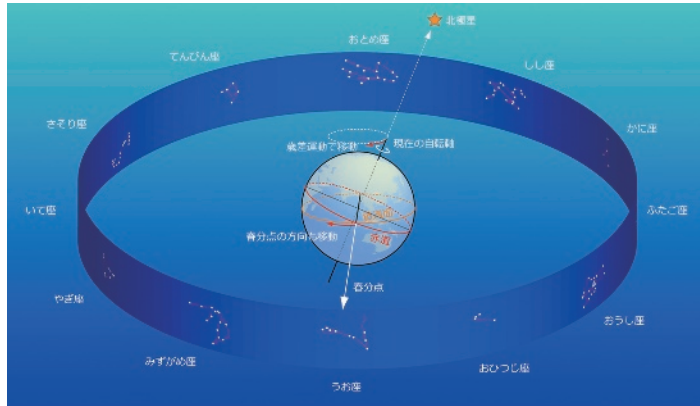


図3. 歳差による春分点の変化

ある黄道と、天の赤道が交わる位置も変化することになります。この黄道と赤道が交わる点の一つが春分点であり、天球上の座標原点になっています。歳差運動に伴い、春分点の方向もずれていくことになります。

太陽の通り道に位置する星座が黄道十二宮です。黄道十二宮が整備された二千年前には、春分点はおひつじ座の方向にありました。しかし歳差運動によって、春分点の方向も徐々に変化して、現在はうお座の方向にあります。春分点がうお座にあるのに、星占いの始まりがおひつじ座になっているのはこのためです。

江越 航(科学館学芸員)

星の輝きで伝えることができる
五藤光学研究所 ■ 全天候デジタル配給作品



MMX

火星衛星探査計画

監督・脚本: 上坂 浩光 ナレーター: 中川 慶一 音楽: 酒井 義久 監修: 白井 寛裕 / 橋 省吾
 協力: JAXA 火星衛星探査機プロジェクトチーム 制作・著作: MMX製作委員会
 © LIVE / 五藤光学研究所 / 科学技術広報財団 / 神戸市立青少年科学館 / ALLSTAFF CO.,LTD.

GOTO

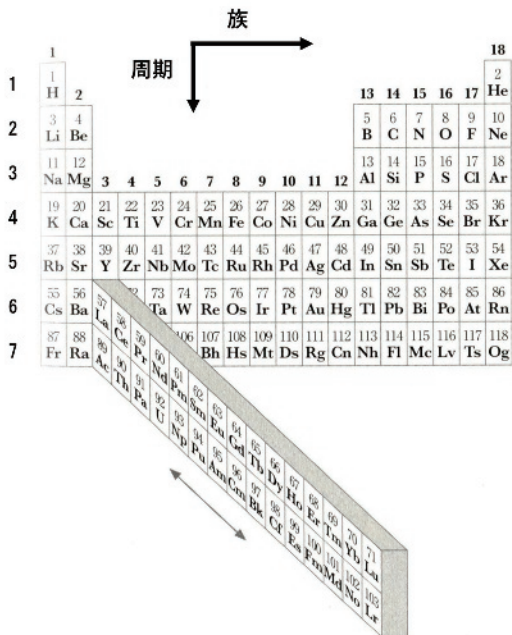
鉱物の名前になった元素の発見者たち(1)

京都薬科大学 名誉教授 桜井 弘

まず元素の周期表を見てみよう。図1は、見やすくするため立体的に示している。3族の6周期と7周期は、机の引出から引き出したように、それぞれ15個の元素が並んでいる。¹⁾ 日ごろよく見る周期表では、この部分は欄外に書かれている。

3族の6周期と7周期の15個ずつの元素の一群は、それぞれ先頭の元素ランタン(元素記号La)とアクチニウム(Ac)の名前をとってランタノイドとアクチノイドとよばれている。

ランタノイドは、ガラスやレンズ、強力磁石、MRI画像診断の画像強調剤、電動アシスト自転車、熱の発生しないレーザー光や蛍光体などの材料作成に用いられ、現代の科学技術や医療、日常生活には欠かせない元素の集団である。さらに、このランタノイド元素と同じ3族のスカンジウム(Sc)とイットリウム(Y)を加えた17元素は、希土類元素(レアアース)とよばれている。²⁾



アクチノイドおよびランタノイドは互いによく似た性質をもっているため、ひとまとめにして、引き出しを出し入れするようにして楽しむとよい。

図1. 元素の立体周期表

レアアース研究の幕開けをつくったガドリウムとガドリウム石

ランタノイド元素の中央にある原子番号64のガドリウム(Gd)は、1800年にスイスの化学者ジャン・マリニャック(1817-1894)が、ある「黒っぽい鉱物」から発見した元素である。これは明らかに新元素であるとフランスの化学者ポール・ボアボードラン(1838-1912)が認めて、レアアースのイットリウム(正確にはYを含む酸化物)を初めて発見したフィンランド(当時はスウェーデン領)の化学者・鉱物学者ヨハン・ガドリウム(1760-1852)(写真1)の功績を讃えて「ガドリウム」と名づけた。

さて、この“黒っぽい鉱物”とは、なんだろうか？この鉱物こそ、元素発見の歴史の中ではひととき目を引く重要な役割を果たした鉱物のひとつである。この鉱物の物語を簡単に紹介しよう。

スウェーデン・ストックホルムの砲兵連隊の軍人であったカール・アクセル・アレニウス(1757-1824)は、近所のイッテルビー鉱山を歩き回っていた1787年に、肉赤色の長石の中に黒い鉱物を見つけ、鉱山の名前からイッテルバイト(またはイッテルライト)とよんでいた。ずいぶん重いので、6年前の1781年に発見されたタングステン(W)を含んでいるのではと思い、対岸にあるフィンランドの化学者ガドリんに分析を依頼した。ガドリッが分析したところ、タングステンはなく、鉱物の38%は未知元素の酸化物であると1794年に報告した。この鉱物分析を追試したアンデシュ・エーケベリ(1767-1813)も未知元素の酸化物は55.5%あることを確認して、1797年にこの酸化物をイットリアと名づけた。その後、フランスのレイ＝ニコラ・ヴォークラン(1763-1829)やドイツのマルティン・ハインリヒ・クラプロート(1743-1817)などの著名な化学者たちも研究しはじめ、クラプロートは1800年に、ガ

ドリんに敬意を表して、アレニウスがイッテルバイトとよんでいた“黒っぽい鉱物”を“ガドリッ石(Gadolinite)”(写真2)を名づけた。これ以後、この名称が使われている。ガドリッ石は $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Y})_2\text{FeBe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ のような化学式で表わされる。1843年になり、スウェーデンのカール・グスタフ・モサンデル(1797-1858)はイットリアから純度の高い新元素を取り出すことに成功し、イットリウム(Y)と名づけた。こうして、レアアース発見の約120年に渡る長い歴史は、このイットリウムの発見からスタートすることとなった。イットリウムを発見したガドリッは、鉱物ガドリッ石と元素ガドリニウム(Gd)の名前となり、その名前を永久に残すこととなった。^{3, 4)}

ガドリッ石が発見されたイッテルビー村の名前は、4つの元素、イットリウム、テルビウム(Tb)、エルビウム(Er)とイッテルビウム(Yb)の起源となったことはよく知られている。また、ガドリッ石とセル石⁵⁾から約120年の歳月をかけて15個のレアアースが発見された。¹⁾ 錬金術を継承して優れた抽出技法を駆使した欧米の化学者たちの



写真1. ヨハン・ガドリッ
(1760-1852)

(https://en.wikipedia.org/wiki/Johan_Gadolin)



写真2. ガドリッ石(黒っぽい部分)
(<https://en.wikipedia.org/wiki/Gadolinite>)

想像を超える夢と勇気と情熱と努力に感動する。

鉱物の名前はどのようにつける？

1800年に“黒っぽい鉱物”を“ガドリ石”を名づけたのはクラプロートであったが、当時は、化学者たちが鉱物名をめいめいに名づけると、それがそのまま使われていた。しかし現在では、どのように名づけられているのであろうか？

鉱物とは「地質作用で生じた一定の化学組成と結晶構造を持つ物質」のことと定義されている。もし新しい化学組成と結晶構造を持つ鉱物を見つければ、その地質作用や科学的根拠を記入した申請書を国際鉱物学連合の「新鉱物の命名・分類のための委員会」へ提出することができる。この時、名前(学名)は申請者らが提案できる。地名、人名、特徴的な外観、化学組成などに由来するものが多いようである。英語名の多くは、ギリシャ語で石を意味する「ite」や「lite」を最後につけるが、日本語では「石」や「鉱」でよばれる。また、発見者の名前をつけてはいけないというルールがある。委員会は申請書に基づいて鉱物と名前・命名理由を数ヶ月かけて審査し、承認するかどうかを判断する、という仕組みになっている。⁶⁾ こうして、2023年現在では約5000種の鉱物名が知られている。

[引用文献とノート]

- 1) 桜井弘編著『元素118の新知識 第2版』、講談社 ブルーボックス(2023)。
- 2) レアアース(rare earth)は、日本語で「希土類元素」と訳されている。レアアースは、研究が始められたころ、鉱物中にはわずかしか存在しないと考えられ、1794年に初めてイットリウム(正確にはイットリウムの酸化物イットリア)を発見したフィンランドの化学者ヨハン・ガドリ石が名付けたと言われている。
- 3) ウィークス/レスター著、大沼正則監訳『元素発見の歴史3』、朝倉書店(1990)。
- 4) D.N.トリフォノフ、V.D.トリフォノフ著、阪上正信、日吉芳朗訳『化学元素 発見のみち』、内田老鶴圃(1994)。
- 5) スウェーデンの化学者・鉱物学者アクセル・フレドリク・クルーンステット(1722-1765)はバストネスで赤味を帯びた比重の大きな新鉱物を発見した。この石から、1803年にスウェーデンのベルセーリウスとヒーシンガー、またドイツのクラプロートが独立に新元素の酸化物を発見して、1801年に発見された小惑星セレスにちなんで「セリウム(Ce)」と名づけた。その後、この鉱物は「セル石(セルライト)」とよばれた。セリウムは、ランタノイドの先頭から2番目の元素である。長い間、レアアースの研究には、ガドリ石とセル石の2つの鉱物が使われていた。
- 6) 松原聰著『新鉱物発見物語』、岩波書店 岩波科学ライブラリー(2006)。

桜井 弘

学芸員の研究発表など

講演「天気予報と機械学習」

江越 航(学芸員)

OSAKA MUSEUMS 学芸員TALK & THINK(2024年2月20日)

大阪市博物館機構が開催したオンライン配信トーク「OSAKA MUSEUMS 学芸員TALK & THINK」にて、標記の講演を行った。

近年、さまざまな分野で人工知能の導入が進んでいるが、その際に用いられるのが、機械学習という手法である。天気予報でも、古くから機械学習が用いられてきている。機械学習とはいったい何をしているのか、その基本的な仕組みと天気予報との関係を紹介した。

YouTubeのOsakaMuseumsチャンネルにてアーカイブを公開中です。

(YouTubeアドレス <https://www.youtube.com/@osakamuseums>)

■編集後記■

新年度となり、進学や就職で、多くの方が新しいスタートを切ったことだと思います。学芸課には、新人がなんと3人も配属されることになりました。この「うちゅう」の記事も、今までとは違う新しい視点のものが増えて、より充実した内容になることと思います。(江越)

大阪市立科学館 <https://www.sci-museum.jp/>

電話:06-6444-5656 (9:00~17:30)

長期休館中(2024年8月1日(木)リニューアルオープン)

所在地:〒530-0005 大阪市北区中之島4-2-1



KONICA MINOLTA

私たちは「宇宙」を作っている会社です。

— プラネタリウム生誕100周年 —

最新の光学・デジタル プラネタリウム機器の開発・製造から、独自の番組企画・制作・運営ノウハウに至るまで、プラネタリウムという“スペース”の可能性を追求し続けてまいります。

コニカミノルタ プラネタリウム株式会社

本社・東京事業所 〒170-8630 東京都豊島区東池袋3-1-3 TEL.(03)5985-1711
 大阪事業所 〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町2-3-10 TEL.(06)6110-0570
 東海事業所 〒442-8558 愛知県豊川市金屋西町1-8 TEL.(0533)89-3570
 URL:<http://www.konicaminolta.jp/planetarium/>

画像:大阪市立科学館

友の会 行事予定

最新情報は、科学館ホームページ・友の会会員専用ページでご確認ください。

月	日	曜	時間	例会・サークル・行事	場所
5	11	土	11:00~16:30	りろん物理	研修室
	12	日	14:00~15:30	化学	研修室
			16:00~17:00	光のふしぎ	研修室+Zoom
	18	土	13:00~17:00	友の会総会	研修室+Zoom
	19	日	14:00~16:00	りろん物理(場の理論)	工作室
	25	土	14:00~16:00	うちゅう☆彗むちゅう	工作室+Zoom
	26	日	10:00~12:00	天文学習	工作室+Zoom
14:00~16:30			科学実験	工作室	
6	8	土	11:00~16:30	りろん物理	研修室
	9	日	14:00~15:30	化学	研修室
			16:00~17:00	光のふしぎ	研修室+Zoom
	15	土	12:10~13:45	英語の本の読書会	工作室+Zoom
			14:00~16:00	友の会例会	研修室+Zoom
			19:30~21:00	友の会天体観望会	屋上他
	16	日	14:00~16:00	りろん物理(場の理論)	工作室
	22	土	14:00~16:00	うちゅう☆彗むちゅう	工作室+Zoom
	23	日	10:00~12:00	天文学習	工作室+Zoom
14:00~16:30			科学実験	工作室	

5月の英語の本の読書会は、総会開催のためお休みです。

友の会サークルは、会員が自主的に学習し合う集まりです。科学館内が会場のサークルは、参加申込は不要です。記載の日時に会場にお越しのうへ、世話人に見学の旨お伝えください。テキスト代など実費が必要なものもあります。初めて参加される場合は、まずは見学をおすすめします。



友の会例会報告

4月の友の会の例会は20日に開催しました。メインのお話は大倉学芸員の「飛行機はどうやって飛んでいるか」でした。風の力の実験の実演も併せてのお話でした。休憩を挟んで、高柴さん(No.2399)からアメリカ皆既日食の観測のお話と写真紹介、飯山学芸員から再帰新星かんむり座Tの話紹介がありました。最後に、会務報告と、総会の講演の予定の紹介がありました。参加者は、科学館研修室に28名、Zoomに19名の、合計47名でした。



友の会入会は随時受け付けています。年会費3000円、入会資格は中学生以上です。詳しくは科学館ホームページ、友の会ホームページをご覧ください。

友の会総会のご案内(要事前申込)

5月18日(土)は友の会の総会を開催いたします。特別講演会や、友の会の予算決算役員の審議などを行います。今年度は、Zoom接続によるオンライン開催と科学館研修室での開催と並行で行います。多くの会員の皆様のご参加をお待ちいたします。

■日時:5月18日(土)13:00~17:00

■会場:科学館研修室とZoomによるオンライン開催

■プログラム

◆特別講演会:「太陽系の衛星たち(仮)」 大阪大学教授 寺田健太郎 先生
講演要旨:太陽系の進化を考える上で、月をはじめとする衛星に対する探査が進んでいます。今回は地球の月や、MMXで探査予定の火星の月など、太陽系の衛星について触れていきます。

◆総会:2023年度決算報告、2024年度予算案、2024年度役員案等

◆役員紹介、サークル紹介

◆優秀会員表彰:昨年1年間に友の会行事に15回以上参加された会員さんを表彰します。

■友の会役員の募集について

友の会の運営を担う役員は、2年の任期で、総会で選任されます。今年度は役員改選の年に当たります。この機会に友の会の役員をやってみようという意欲のある方は、友の会事務局までご連絡ください。会員番号・氏名の他、今までよく参加している友の会の行事についても書き添えください。できるだけ5月16日(木)までに電子メールにてご連絡ください。

■友の会総会の参加申し込みについて

友の会の総会に科学館研修室の会場での参加を希望される方は、申し込み用のGoogleフォームを設定しています(Zoomの接続先情報の申込フォームとは別です)。<https://forms.gle/V8ybord9EJ5vN6RL9> からお申し込みください。(右の2次元コードからアクセスできます。)



■友の会優秀会員の募集について

2023年4月から2024年3月までの間に、友の会の行事への参加回数(例会やサークルへのZoomでの参加も含む)が15回以上の方は、友の会の総会にて優秀会員として表彰いたします。<https://forms.gle/u9pXiTjaV7Tuqjekh8> からお申し込みください。右の2次元コードからもアクセスできます。



大阪市立科学館 友の会事務局

<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~tomonokai/>

電話:06-6444-5184 (開館日の9:30~17:00)

メール:tomo@sci-museum.jp

郵便振替:00950-3-316082 加入者名:大阪市立科学館友の会





宇田川榕菴著『舎密開宗』

資料登録番号
2013-19

日本人の手による初の化学の教科書「せいみかいそう」です。江戸時代の蘭学者宇田川榕菴(1798-1846)が、当時手に入った20数種のオランダの化学書を読破し、10年かけて編集した大作です。オランダ語で化学を意味する語chemieの音訳として榕菴が「舎密」の字を充てました。「酸素」「水素」「窒素」「還元」「試薬」といった、現在も使われる基本的な化学用語の多くが、榕菴によってこのとき発明された訳語です。『舎密開宗』は明治以降も販売され、日本において化学を学ぶものにとっての拠りどころとなりました。

Chemieの訳語としては、音訳である舎密のほか、意識として「離合」「分合」「製煉」などの案もあったそうです。分離・合成による学問という意味が伝わります。現代のわたしたちが用いる「化学」という訳語は、もともと1850年代前半に中国で生まれたものです。それが1850年代末には日本に伝わり、わずか10年ほどで「舎密」から「化学」に取ってかわることとなりました。これは、江戸幕府の洋学研究機関である開成所の化学担当局が、1865年に「化学」の名称を採用したことによります。1869年に大阪の地につくられた日本初の近代化学の学校「舎密局」においても、すでに「舎密」ではなく「化学」の方が一般的な語だったようです。

【参考文献】

『化学史への招待』化学史学会編、2019年、オーム社

上羽 貴大(科学館学芸員)



写真. 舎密開宗。右は第一巻巻頭