

最新科学情報ポッドキャスト番組
ヴォイニッチの科学書

2015年5月1日
Chapter-547 ふたつの人工衛星の終わり



<http://www.febe.jp/>

<http://obio.c-studio.net/science/>

配付資料

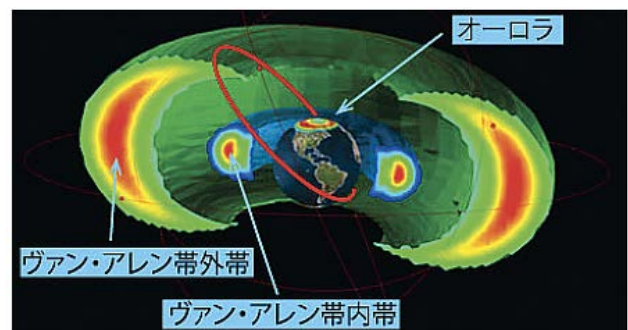
1989年に打ち上げられた磁気圏観測衛星「あけぼの」の運用が2015年4月をもって終了しました。



磁気圏観測衛星「あけぼの」は、オーロラを光らせている高エネルギー電子を調べるために1989年2月22日に打ち上げられた科学衛星です。衛星の質量は295キログラム、高さは1メートルの四角柱¹のような衛星本体に4枚の太陽電池パネルが装備され、センサーを搭載した5メートルのマストや30メートルも長さのあるワイヤーアンテナを搭載しています。観測機器は磁気を測定する装置、プラズマを測定する装置、放射線を測定する装置やオーロラを撮影するカメラなど9種類です。

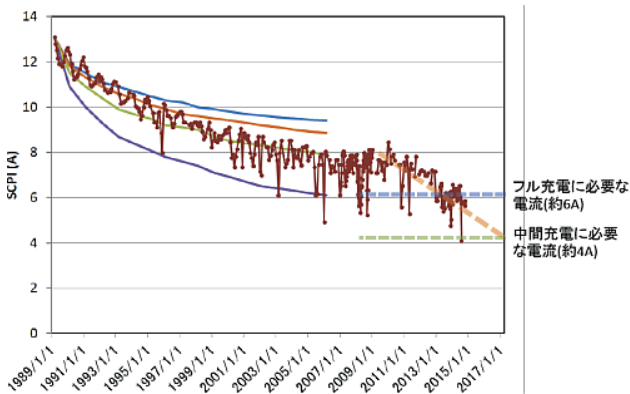
¹ 正確には写真の通り角が落とされていますので八角柱です

強烈な放射線の中を通過するため、対放射線防護装備はしていましたがそれでも大きなダメージを受けることが予想され、目標寿命は1年間とされていました。ところが、観測運用を26年間に渡り継続し、オーロラ現象観測や地球周辺の非常に強い放射線領域であるヴァン・アレン帯の観測を行い、太陽の活動との関係の解明に重要な成果をあげました。

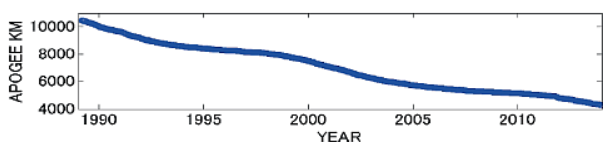


ですが、9つの観測機器のうち、すでに6つが故障や性能劣化で使えなくなっており、太陽電池パネルの出力も半分以下になっています。また、衛星軌道の高度が低下しているために、十分なヴァン・アレン帯の観測が出来なくなり、同時に地球の日陰に入る時間が長くなって電力不足にも陥っています。そのような状況で科学成果を出せる十分な観測データが取得できなくなったことに伴い、運用が終了しました。

下のグラフはあけぼのの太陽電池の出力です。横軸が打ち上げからの経過年数、縦軸が出力で2015年1月1日の時点ですでにフル充電に必要な出力に達していません。



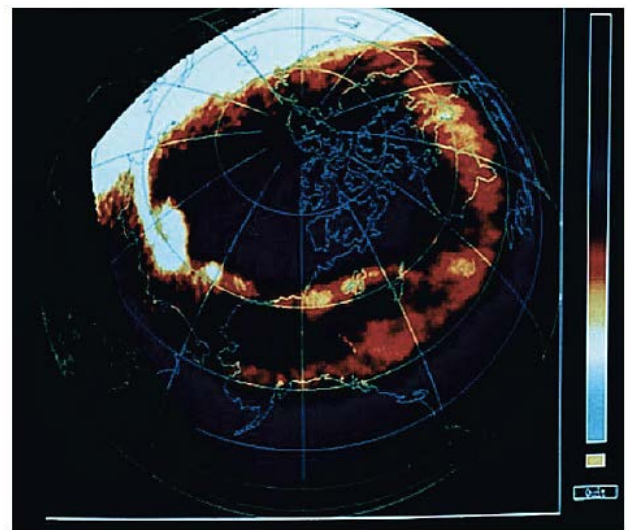
下のグラフはあけぼのの軌道高度です。あけぼのは大きな楕円軌道を描きますが、最も地球から離れたときの距離が縦軸で、この距離が十分でなければヴァン・アレン帯の中に入ることが出来ませんので十分な観測が出来ないことになります。すでに高度は当初の半分以下まで下がっています。



オーロラにしても、ヴァン・アレン帯にしても太陽の影響を大きく受けるわけですが、ここで運用期間が26年に及んだことが大きな意味を持ちます。つまり、太陽の活動周期は11年であることがわかっていますので、太陽の活動の周期的な変化が地球に与える影響を2回以上観測できたこととなります。衛星が世代交代してセンサーが変わると観測結果にも影響を及ぼしますので、複数の衛星のデータを同列に並べて研究するには色々と複雑な補正が必要です。ところがあけぼのは同じセンサーで26年間にわたって太陽が地球に与える影

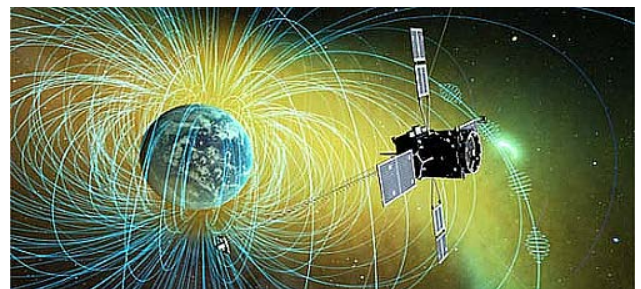
響を観測し続けることが出来ましたので、長い年月の変化を見るに当たっては非常に信頼性と安定性の高いデータを得ることが出来たのです。

その結果、オーロラが冬に強く表れることを高エネルギー電子を直接観測してその季節変化が原因であることを明らかにしたり、その高エネルギー粒子を生み出しているのは宇宙空間に存在して、冬に増大する宇宙空間の電圧であることなどを明らかにしたりしました。



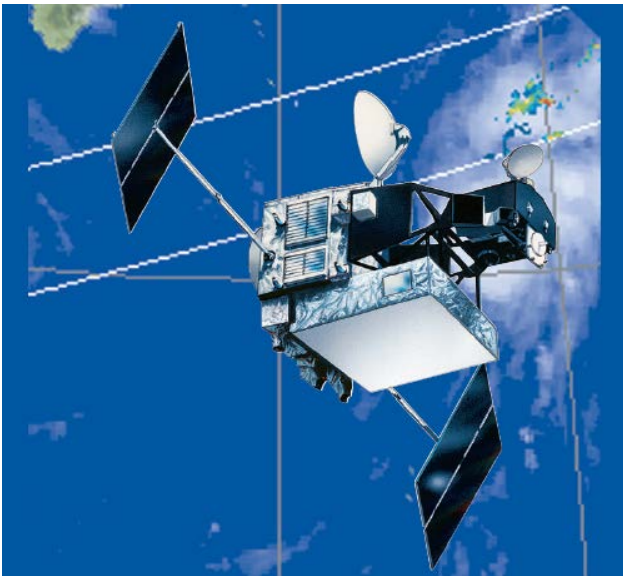
「あけぼの」搭載の紫外線カメラ(ATV-UV)で撮像されたオーロラの連続画像のスナップショット

「あけぼの」が得た成果や知見は、2016年度に打ち上げ予定の「ジオスペース探査衛星」(ERG)による観測計画の立案やデータ解析に役立てられます。



熱帯降雨観測衛星、17年半の運用終了

JAXA と NASA はこのほどモンスーンや台風による雨の様子を観測してきた熱帯降雨観測衛星 TRMM（トリム）の運用を停止しました。3年の寿命の6倍近い17年半近く稼働し、天気予報の精度向上や途上国の洪水予測に生かされました。



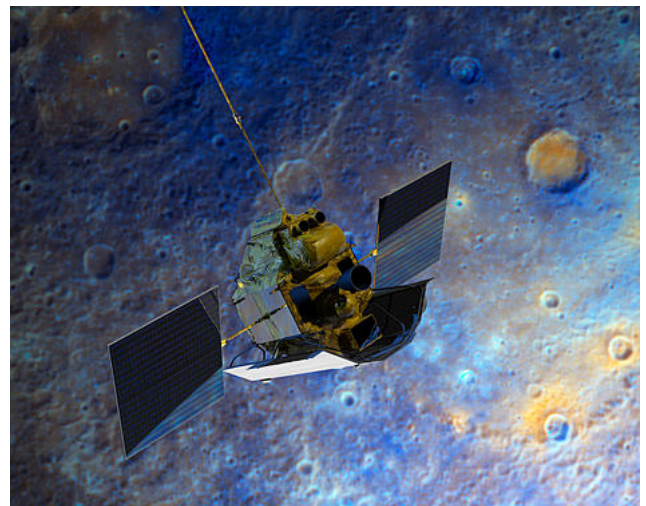
トリムは1997年11月に打ち上げられ、衛星本体の大きさは2.4メートル×2.4メートル×4.4メートル、質量は3.5トンもある大型衛星です。アメリカ製の衛星本体にアメリカ製と日本製のセンサーが搭載され、地球を縦の輪切りにするように92分で周回し、熱帯や亜熱帯の上空を観測しました。設計寿命は3年でしたが、観測機器や電源に問題が発生しなかったため、衛星軌道を当初の350キロメートルから2001年8月25日に400キロメートルに上昇させ、空気抵抗をより小さくする延命措置がとられていました。

現在、衛星は高度300キロを少し超えるあたりにあり、徐々に高度を下げており、2016年11月頃に大気圏に突入して燃え尽きる見通しです。なお、スペースデブリと衝突して破壊され、破片をまき

散らすことを防ぐために落下までは衛星の軌道修正が可能な状態で保たれています。

水星探査機メッセンジャーが任務を終えて水星に墜落

メッセンジャーは2004年8月にNASAが打ち上げた、太陽系の最も内側の惑星水星を探査する探査機です。マリナー10号以来、33年ぶりに水星に接近した探査機となりました。水星周回軌道での観測は4年間にわたりましたが、徐々に軌道を下げてながら観測を続け、日本時間で2015年5月1日、水星に落下しました。



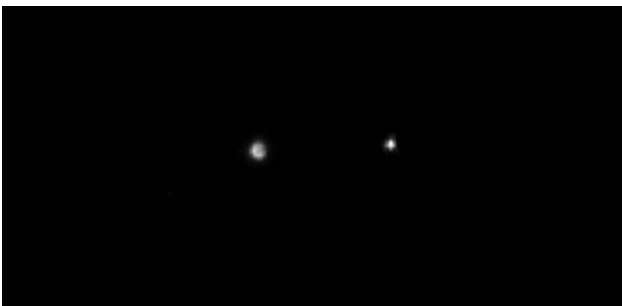
次の写真はメッセンジャーが2008年1月に撮影した水星の表面です。画像の横幅は370キロメートルに相当し、大小様々なクレーターが密集した天体であることがわかります。



このような詳細な写真撮影の他、北極周辺の広い範囲に火山性の堆積物を確認し、すでに噴火口は埋もれているものの過去に活発な火山活動があり、堆積物は現在も地表に残っている証拠をつかみました。

またこれまで鉄が多いと思われていた水星の推定組成を否定し、意外なことにカリウムにとむ元素組成をしており、水性の組成は原始的な隕石に似ているのではないかという新たな提案を行いました。

さらに2014年には地球の皆既月食をはるか彼方の水星軌道上からの観測にも成功しています。下の写真は水星周回中のメッセンジャーから見た地球（中央）と月（右）です。この写真は月食直前の写真でメッセンジャーは月が地球の影に消えていく一部始終の写真撮影に成功しました。



メッセンジャーの収集したデータの解析は現在も続いていますので、今後も新たな発見が期待されますし、メッセンジャーのデータは2016年度に打ち上げ予定のJAXAとESAによる「ベピ・コロombo」探査機の活動にも役立てられることになっています。

(画像はいずれも NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington)

ちょきりこきりヴォイニッチ
今日使える科学の小ネタ

▼タコの足について

タコは自分の足がどこで何をしているのかほとんど把握していません。



タコの足にはそれぞれに運動を制御する神経細胞の集合があって、タコの脳からの干渉を受けつつも独立した生き物のように動くことができます。ですが、勝手に足が動いて足同士が絡まったり、足が勝手に自分にくっついて離れなくなったりすることはないようです。

タコの足は物に触れると必ずくっつきます。タコの足がくっつくかない対象は自分自身や仲間の

タコ以外には見つかっていません。イスラエルのエルサレム・ヘブライ大学の研究者がタコの足は自分で勝手に動くにも関わらずどのようにして自分自身を認識しているのかについて研究を行いました。

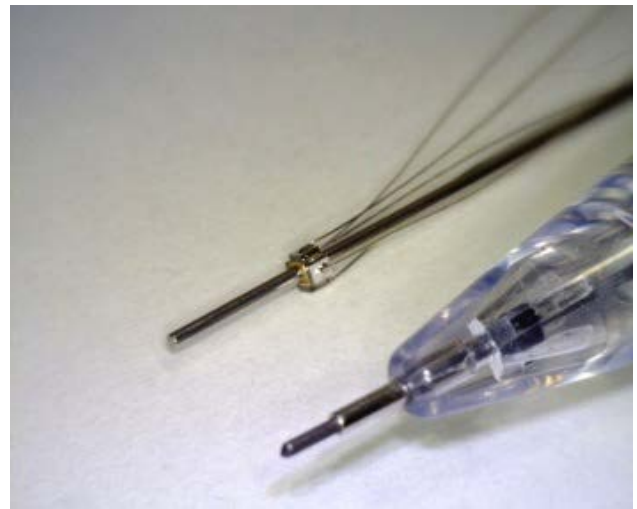
その結果、タコの足の皮をはいだときには、たこつばや他の動物にくっつくのと同じようにくっつくことがわかりました。タコの表面に存在する化学物質を認識することによって自分とそれ以外の動物を識別しているようです。どのような化学物質が関係しているのかはわかりませんが、タコは視覚や触覚ではなく化学反応が重要な感覚としての役割を演じている可能性があります。

▼1 ミリメートルサイズのマイクロ超音波モータ

マイクロマシンの用途として真っ先に思い浮かぶのは血管の中を自立的に移動して病気の治療を行う超小型ロボットですが、そのようなメカに使えるような実用的なマイクロモータを豊橋技術科学大学の研究者らが開発しました。

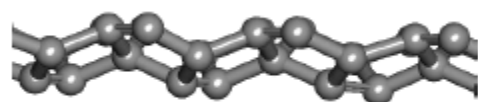
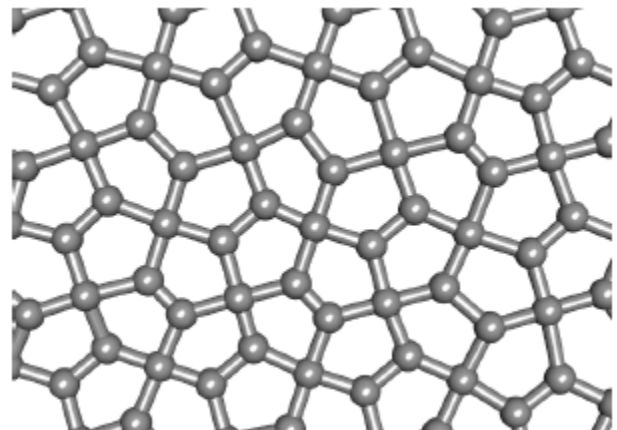
よく使われる電磁モータでは、コイル、磁石、ギアなど複雑な部品が多いため小型化は難しいため、く、小さくしても直径 1.5mm 長さ 10mm 程度の大きさが限界でした。研究者らはマイクロ超音波モータの開発を行い、実用的な力を持った直径 1 ミリメートルほどのモータの開発に成功しました。

次の写真はシャープペンシルの先端との比較です。



▼ペンタグラフェン

東北大学未来科学技術共同研究センターなどによる研究グループが五員環のみから構成される炭素シートグラフェンの別種、ペンタグラフェンを作ることが可能であることをコンピューターシミュレーションによる理論設計で確認しました。



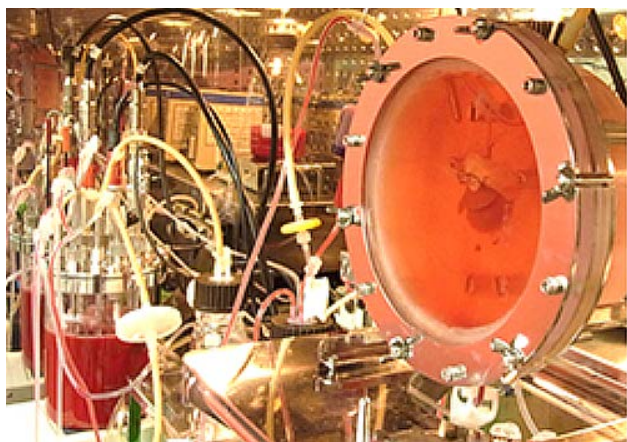
断面

ペンタグラフェンは可視光を全て透過するはずなので、酸化亜鉛に替わる透明半導体を実現出来ます。そのほか、超伝導体への応用も可能です。

▼移植用摘出臓器を 22 度で保存する技術

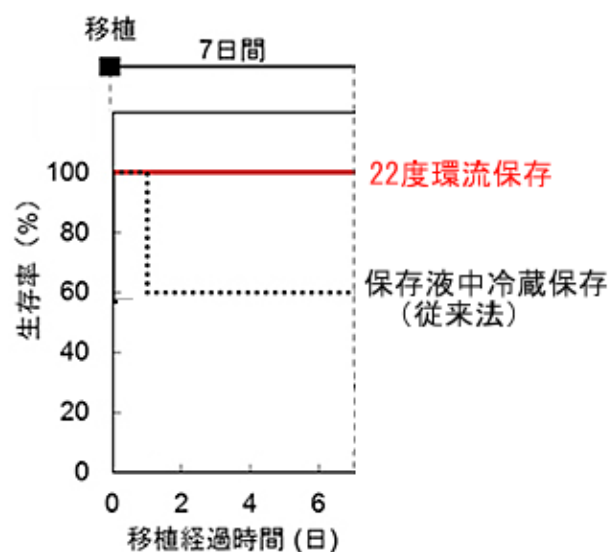
臓器食手術を行う場合、摘出された臓器は急速に劣化してしまうため、現在は特殊な液体に浸して低温で保存・輸送されます。ですが、この方法で摘出臓器の品質を維持できる時間は短く、移植手術の成功率を下げている原因の一つはこの保存方法にあるのではないかと考えられていました。

理化学研究所などの共同研究チームは臓器が身体の中にあった時と同じような血液循環を再現しながら 22 度で臓器を保存する培養システムを開発しました。(下写真)



ラットから摘出した肝臓をこの装置で保存したところ、48 時間にわたって肝臓機能が維持されることがわかりました。

また、この装置で 24 時間保存したラット肝臓を別のラットに移植する手術を行ったところ、7 日後の生存率は 100% となり、従来の低温保存による 7 日後生存率の 60% から大きく改善されました。



▼食品が健康に与える影響と腸内細菌

米国ジョージア州立大学の研究者らが、人間に対する安全性が高いとして一般に使用されている乳化剤がマウスの腸内細菌の多様性を低下させることを明らかにしました。

乳化剤はアイスクリームやマヨネーズに広く使用されています。今回のマウスを使った実験は「食事がアイスクリームのみの場合の摂取量に相当する乳化剤を摂取」という普通にはあり得ない極端な条件ではありますが、腸内細菌叢の変化によって炎症性腸疾患や代謝性疾患のリスクが上昇することがわかったということです。

近年の様々な研究で私たちの健康状態の多くが腸内細菌に支配されていることがわかってきましたが、腸内細菌は個人差が非常に大きく、当然マウスと人間でも大きく異なります。医薬品の処方においてはオーダーメイド医療などといわれて個人の遺伝子パターンに応じた治療を施すことが次第に広がってきましたが、食品添加物も同様に個人個人の腸内細菌がどのようなものであるかによって、それを食べた人に与える影響は異なるようです。

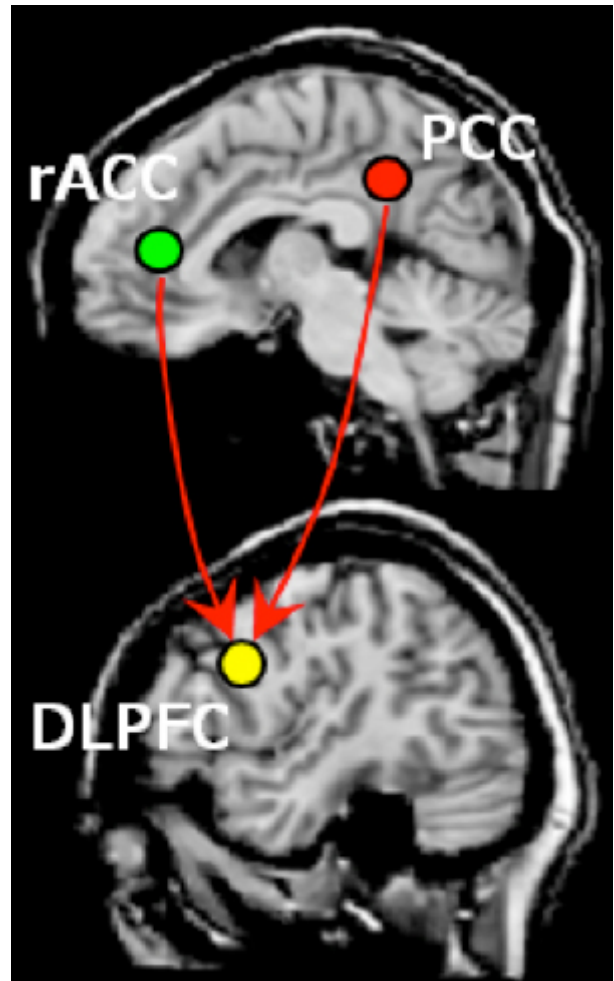
▼攻める戦術と守る戦術は独立して判断される

理化学研究所の研究が、将棋の棋士が次の手を決める際の直観的な戦略決定は脳の帯状皮質と呼ばれる領域を中心とするネットワークによって行われていることを機能的磁気共鳴画像法（fMRI法）で明らかにしました。

将棋のような複雑な状況の中で対応の決定を迫られたとき、戦略を決め、次にその戦略のもとで具体的な作戦を考えます。戦略決定のプロセスは勝敗決定までの展開を具体的に検討せずに行うので直観的と呼ぶことができます。直観的な戦略決定の脳メカニズムはこれまで分かっていませんでした。

将棋は攻めの行動と守りの行動がはっきりと分かれていると考えられます。攻めは大まかな判断で行われますが、守りは敵がどのように攻めてくるのかを具体的に予測して対応するので、両者は脳の働きが異なる可能性が予測されました。fMRIのデータは両者が独立した別の脳ネットワークで行われることを示していました。

具体的には右上の写真のように攻めの直感的判断時にはPCCと書かれた後帯状皮質が活性化し、守りの判断はあrACCと書かれた前帯状皮質唯側部が活性化します。その両者の情報がDLPFCと書かれた前頭前野背外側部に伝えられて、ここで攻めるか守るかの戦略が決定されます。



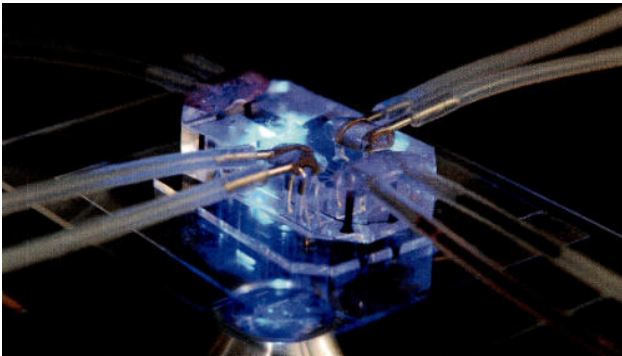
▼手のひらサイズで人間を再現する

研究サイズはどんどん小さくなっています。ここでいう研究サイズとは実験に使用する器具の大きさと思って頂いてかまいません。

古くはガラスや陶器の器を使って、ドボドボと薬品を注いで研究をしていましたが、やがて小型の使い捨て試験管の普及で実験サイズは数グラムとなり、さらに樹脂製の使い捨て実験器具とそれにマッチした分析装置の普及で実験は1グラム以下のスケールで行われるようになりました。そして現在は樹脂やガラスのプレートの上に小さくぼみを作って薬品タンクとしたり、タンクをつなぐ髪の毛程度の溝を刻んで配管とし、そこに薬品

を流すことによっていろいろな実験を行うことが
デキルオンチップラボが一般的となりました。

そして現在、精力的に研究されているのがオン
チップ臓器です。下の写真はオンチップ臓器の壺
で人工肺です。



2

指の上に乗るほど小さなチップに栄養などを供
給する配管とそこからつながる溝を刻み、そこに
肺細胞が植えられています。ここに栄養液を流す
ことによってこのチップで肺の機能を再現するこ
とが可能です。このようなオンチップ臓器は脾臓
や骨髄、肝臓などもすでに作成されています。

このような装置を使うことによってダイオキシ
ンなどの化学物質が臓器でどのように処理される
かや、臓器にウイルスが感染したときにどのよう
なことが起きるか、また様々な毒物を与えたとき
の臓器の反応パターンをデータベース化すること
により化学テロが発生した際に迅速に化学物質を
特定したりすることが可能になります。

また、今後全身のあらゆる臓器・組織がオンチ
ップ化されれば、チップ同士を配管で接続するこ
とによって人間の全身の反応を手のひらサイズで
再現することも可能になることが期待されていま
す。

² Nature ダイジェスト 2015年5月号より引用

▼ヒトとネコの花粉症の違い

今年の花粉症のシーズンも終わりを迎えた時期
となってタイミングを外した話題ではありますが、
オーストラリア・ウィーン大学の研究者らが人間
とネコの花粉症の違いについて研究しています。

花粉症のアレルギー反応時代は人間もネコもほ
とんど同じメカニズムや関与細胞で発症します。
ですが、その症状は人間が多くの場合アレルギー
性鼻炎であるのに対し、ネコでは気管支ぜんそく
と皮膚症状がおもになるようです。

鼻水を垂らしたネコはカワイイですが、花粉症
の場合はちょっと症状が違うようです。

▼小麦粉が病気を治す不思議・遺伝子が司るプラ セボ効果

米国ハーバード大学やシンシナティ大学の研究
者らがそれぞれプラセボ効果と遺伝子の関係につ
いて研究をしています。



プラセボ効果とは医薬品の臨床試験（人間に投
与して安全性や効果を確認する試験）で見られる
現象のことです。医薬品の開発の最終過程で薬が
本当に効くのかどうかを確認するために、小麦粉
のような医薬品作用のない偽薬と開発段階の薬の
飲み比べを行い、その有効性を判断します³。

³ 薬が効かないと臨床試験協力者の生命に危険が

この試験は患者さんや場合によっては医師にもどれが偽薬でどれが本物の薬なのかを教えずに行うのですが、そうすると不思議なほど偽薬が効くことがあります。つまり、時として医薬品より小麦粉の方が病気の治療効果が高いことが起こるのです。理由としては「この最新の薬を飲めば治る」という患者の前向きな気持ちが治療効果につながるからだと考えられています。

数億円、数十億円をかけて開発した新薬がプラセボ効果によってボツになるのは製薬メーカーとしては大きなダメージですが、一方でプラセボ効果を研究することは生命のメカニズムを知る上で有効ですし、医療に貢献する研究でもあります。

精神的な影響による免疫機能の向上などと考えられるプラセボ効果ですが、その強さが特定の遺伝子によって支配されているらしいことがわかってきました。

プラセボ効果には脳内で情報の伝達を行い、運動や感情などに関係している物質ドパミンが関わっていると考えられています。ドパミンの合成そのものに関わる遺伝子や、ドパミンを使った情報伝達に関係する分子の遺伝子においてプラセボ効果の出た人、出なかった人で多様性があるようです。個人個人のそのような遺伝情報を把握せずに行う臨床試験は開発中の薬の効果を過大に評価したり、あるいは多くの人にとっては有効な新薬を試験中断に追い込んでしまったりする可能性があります。

ただし、プラセボ効果の高い人を完全に除外することが新薬の研究で有効であるとは一概には言えず、今後は臨床試験の計画においてプラセボ効果が高い人を事前に見分け、どのような試験を行えば最も効果的で正確な臨床試験を行うことがで

きるのか、その点についても研究を進める必要があります。

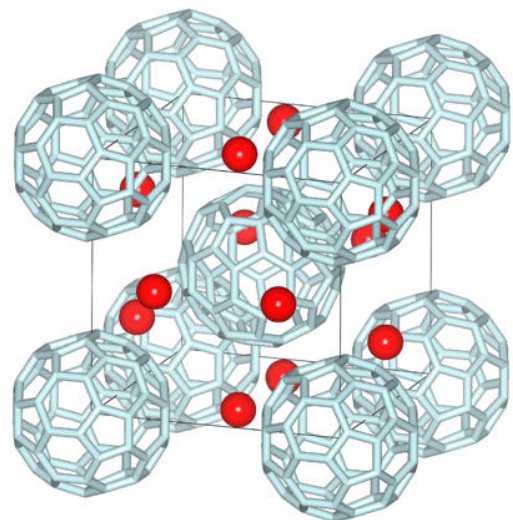
▼金のナノ粒子で熱電発電の効率劇的向上

大阪府立大学発ベンチャー企業のグリーンケム社が直径30ナノメートルの微粒子を1ナノメートル間隔で直径400ナノメートルのビーズに数百個取り付け、太陽の光に当てるとわずか100秒で70度にまで温度が上昇することを発見しました。

これまで知られていない高い効率で太陽光を熱エネルギーに変換できていることを意味しており、すでにフィルム状に整形もできていますので太陽光を使った効率の高い熱電発電装置が開発できそうです。

▼フラーレンが超伝導材料になる理由

ある特定の金属をボール状炭素フラーレンと共に立体的に配置すると(次図)フラーレンが超伝導状態になることがわかっています。



このときとき、フラーレン分子1個ずつがそれぞれ縦長や横長に超高速で変形する分子振動運動

及ぶような薬の場合は偽薬を使わない試験が行われます。

をしていることを東北大学の研究者らが明らかにしました。これまでフラーレンが超伝導状態になっているときの様子はわかっていませんでしたので、この分子の変形振動が超伝導化のポイントであるならば、今後、高温超伝導材料の開発におけるヒントになるものと思われます。

▼プログレス制御不能に

4月28日に打ち上げられた国際宇宙ステーション行きのロシアの補給機プログレスがトラブルのため制御不能となり、国際宇宙ステーションへのドッキングを断念して破棄されることになりました。プログレスには2トンの物資が積載されましたが、国際宇宙ステーションの運用に影響はないようです。

ですが、5月27日には油井宇宙飛行士がロシアの有人宇宙船ソユーズで国際宇宙ステーションに向かう予定でしたので、こちらの計画にも影響が及ぶ可能性もあります。



写真は今回トラブルを起こしたプログレス M-27M

▼神経活動がA β を加速する

東京大学などの国際研究チームがアルツハイマー病の原因となるアミロイド β タンパク質の蓄積

による脳の状態の悪化は神経活動によって強められることを発見しました。

アルツハイマー病患者の脳ではアミロイド β が蓄積していることがわかっており、これが認知症の症状の原因であろうと考えられていますが、神経活動との関係はよくわかっていませんでした。

アルツハイマー病を再現しているマウスに対し、記憶に関連している脳の領域である海馬への情報入力を意図的に高い状態に5ヶ月間保ったところ、海馬へのアミロイド β の蓄積が増えていることがわかりました。

人間の患者での画像診断においても神経活動の高い部位からアミロイド β が蓄積していくことは確認されており、神経活動そのものがアミロイド β の蓄積を加速させる因子である可能性を示唆しており、アルツハイマー病の予防、治療へのヒントになりそうです。

一方では長年知的な活動をしていた人はアルツハイマー病を発症しても知的機能の低下が遅いという多くの診断結果もあり、単純に頭を使えば早くアルツハイマー病になる、といわけではないと信じたいところです。