

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

2011年4月16日
Chapter-336 人工肉
配付資料



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

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

オランダ、アイントホーフェン工科大学の研究者らは豚の筋肉の細胞を培養して人工の豚肉を作る研究をしています。ただ、研究の前途は多難で、今のところできあがっているのは白っぽくて張りの無い肉的な破片で、味も無いそうです。ただ、最終的な目標としては本物そっくりのステーキ肉を開発し、食肉を得るために家畜を生産するというむだの多い従来のやり方にとられない食肉生産を実現することです。ただ、当面の目標としては、人工豚肉を挽いて作ったソーセージを作ることだそうです。



世界的には水が非常に重要な資源となっています。世界の人々を野菜しか食べない菜食主義者と、肉を好んで食べる人に分けた場合、菜食主義者のための食料を生産するのに必要な水は、肉を食べる人の食料を生産するために必要な水のわずか

35%ですみます。また、エネルギーも 40%しか使いません。肉を生産しないことがなぜこれほど資源の節約につながるのかと言えば、肉を生産するためには家畜を飼うための飼料作物を育てなければならず、この効率が悪いからです。そこで、家畜の肉を現在研究中の人工肉に置き換えることができれば、水やエネルギーの消費は肉を食べながらも菜食主義者並みに抑えることができることが期待されています¹。

科学的な視点からこの研究を見ると、近年のヒト細胞や臓器を用いた組織工学技術の進展によって、これらの技術を応用して動物の筋肉から幹細胞を単離・培養して増殖させ、さらに融合させて、長さ 1cm の筋肉片を作ることまではすでに可能になっています。

食肉を作製するにあたって、研究者が最初に考えなければならないのは、筋肉細胞や脂肪細胞のかたまりである人工肉を家畜のどの細胞から作り出すかということです。まず思いつくのが ES 細胞

¹ 米国ヴァージニア州ノーフォークを本拠地とする「動物の倫理的扱いを求める会」では動物愛護の観点から人工肉の研究を推奨しており、2016 年までに米国の少なくとも 6 つの州の店舗で人工鶏肉を販売できるようになった最初の企業に、100 万ドル (約 8300 万円) の賞金を出すと発表しています。

ですが、ES細胞は安価な原料として期待できる一方、実は家畜のES細胞はまだ誰も作っていません。そのため、現在は筋肉の成長と修復に関与する成体幹細胞である筋衛星細胞を用いています。筋衛星細胞はブタ、ウシ、ヒツジ、ニワトリ、七面鳥などから動物を生かしたまま危害を与えることなく筋肉の一部を採取し、酵素を用いた方法で抽出し、培養して増殖させることができます。



一方、米国トゥーロ大学ニューヨーク校の研究者らは採取した生体組織の全体を培養プレートに植えつける方法で研究を進めています。すでにこの研究室では2002年に金魚のヒレ肉を作ることに成功しています。この時は培養した細胞だけでなく、細かく挽いた筋肉の細胞を添加することにより、1週間で表面積を79%も増やすことに成功しています。ただし、組織の中に含まれている筋衛星細胞は数十回しか分裂することができないので、このような方法で市販できる量の肉を生産できるかどうかは不明です。

筋衛星細胞の分裂が止まってしまう理由は細胞のテロメアが細胞分裂を行うごとに短くなってしまいうためです。この問題を解決して細胞の増殖を盛んにする方法はいくつかあります。1つは、テ

ロメアを修復するテロメラーゼという酵素の遺伝子を加えることで、もう1つは腫瘍の増殖を促進する遺伝子を組み込むというものです。けれど、消費者が遺伝子組み換え人工食肉を受け入れてくれるかどうかは分かりません。

また、現在細胞の培養に使用されている培地も改善の余地があり、現在は普通の細胞培養用培地を使って豚肉の筋衛星細胞を育てていますが、この中には、死んだ牛に由来するウシ胎児血清が栄養源として含まれていますので、人工的に食肉を作る意義が大きく損なわれていますし、同時に含まれる抗生物質や抗真菌薬も問題です。植物や細菌の懸濁液から作った、動物由来成分を含まない培地も市販されていますが、それらは価格が高いという問題点があります。ちなみに、先ほどの金魚のヒレ肉の場合はこの栄養源として細かく挽いたマイタケが効果的であることが発見され、これが利用されました。このほか、遺伝子組み換え大腸菌に食肉が成長するために必要な成分を生産させて添加する方法なども考案されていますが決定的な培養方法はまだ考案されていません。

さて、実際の培養は細胞の足場となる枠組みを使って筋衛星細胞を培養する方法で行われますが、成長した細胞は足場の上で細胞同士が融合して筋線維となり、これらが束になって筋肉を作ります。けれど、実験室で培養して作った筋肉は鍛え方がたりないので歯ごたえの無い肉にしかありません。肉の歯ごたえを出すためには筋肉にタンパク質を付着させて肥大させなければなりません。そこで、培養して作った筋肉に運動をさせることにしました。有効なのは、実際の筋肉のように両端を束ねて形を作ることで、こうすると自然な張力が生じ、筋肉の収縮運動が生じ、タンパク質が著しく増加することが分かっています。さらに、毎秒10Vの

電気ショックも与えるとタンパク質はさらに増加します。ただし、市販できるほどの量の人工肉を電気を使って育てると電気代がとても高額になるため、この点も何か別の工夫が必要です。

さて、食肉にするには筋肉をたっぷり育てることが必要ですが、足場の上で育った筋肉はある程度成長すると、内部の細胞は栄養分と酸素が不足して死んでしまいます。この問題を解決するためには筋肉の中に血管も人工的に形成し、そこに栄養分や酸素をながさなければならぬため解決は困難そうです。そこで、とりあえずは死なない程度の多数の小さい筋肉片を育てて、細かく挽いてソーセージにすればよいと考えられています。挽肉を作るには、NASA が低重力下での筋肉の成長を研究するために開発したような、特殊な培養装置を使うと便利なのですが、ただ、この方法も商業的な人工肉の生産段階になると、とても巨大な培養装置が必要になって、その大きさはおそらく5階建てのビルくらいになるだろうと見積もられています。



気になる味ですが、人工食肉の推進派がその味について語ることはほとんどないそうです。というのも、人工肉を食べた研究者はまだいないのではないかと考えられています。金魚のヒレ肉を作ったとき、それをオリーブオイルに浸し、パン粉をまぶしてフライにしたところ、食べられそうに見える物体ができあがりしましたが、誰も試食はしなかったそうです。重要なのは歯ごたえで、味は調味料を使って味付けをすれば解決する問題ですし、あえて素材レベルで解決しようと思えば、筋衛星細胞は脂肪に転換することもできるので、霜降り肉も理論的には作ることが可能です。さらには、天然の肉の場合血液に由来して含まれる鉄分や、腸内細菌に由来するビタミン B12 などの栄養分を添加してやれば完璧です。

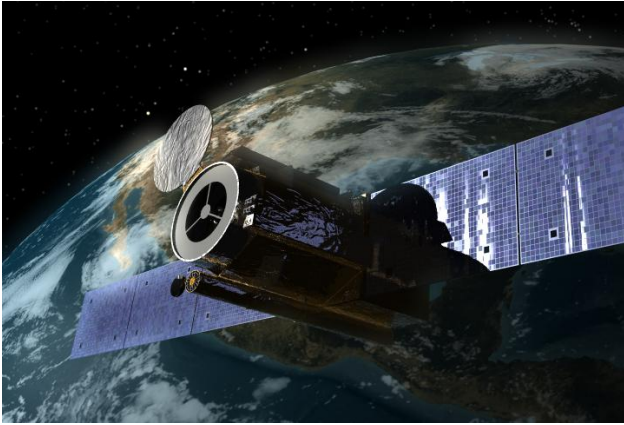
人工肉については、まだ実用化には10年以上を要すると多くの研究者が考えていますが、もし市販に成功すれば、肉食主義者や、罪悪感にさいなまれることなく環境に優しい肉を食べたいと考える人々の役に立てるものと思われそうですし、普通は食べることのできない、変わった動物や絶滅した動物の肉を食べられるようになるかもしれません。

ちょきりこきりヴォイニッチ
今日使える科学の小ネタ

▼太陽観測衛星「ひので」が巨大フレアを観測

2011年2月15日に太陽の表面で数年ぶりに起きた大規模な爆発現象であるフレアを、太陽観測衛星「ひので」がX線望遠鏡、可視光、磁場の各望遠鏡でとらえました。太陽の活動は11年周期となっていますが、2009年に始まった今のサイクルでは、大きなフレアが発生しない状況が続いていました。今回観測されたフレアの発生をきっかけに今後は太陽活動もより活発になり、今回を上回る

大規模なフレアが頻発することが予想されていません。



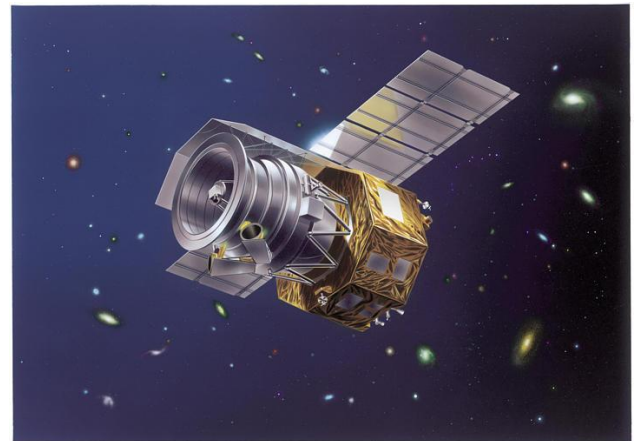
▼「あかり」が赤色巨星の塵の詳細観測に成功

日本の赤外線天文衛星「あかり」が、赤色巨星が塵を放出して惑星上星雲を形成する過程を詳細に観測することに成功しました。宇宙に存在するさまざまな元素は構成の核融合反応で作られて宇宙空間に放出されると考えられていますので、そのメカニズムを知る重要な手がかりとなります。国立天文台と東京大学を中心とする研究チームが観測したのはうみへび座とポンプ座の赤色巨星です。

うみへび座の赤色巨星の観測では放出された塵はきれいな球状に広がり、非常に薄いボールの皮のような構造を形成していることがわかりました。これは質量放出が赤色巨星を中心に全方向に短期間に集中して行われたことを示しています。計算によると、わずか 1000 年ほどの間に地球約 30 個分の塵とその 100 倍ほどのガスが放出されたと考えられています。

ポンプ座の赤色巨星においても同様のボールの皮のような構造が観測されましたが、こちらは中間赤外線という波長で観測することに成功したため、より詳細な構造、つまり、このダストシェルと呼ばれる構造はおよそ 50 度ほど温度の異なる 2 層に分かれることがわかりました。素の 2 層はガ

スに富んでいる層とダストに富んでいる層で、そこに含まれる固体粒子のサイズも異なっていると考えられています。



▼「こうのとり」2号機、ミッション終了

2011 年 3 月 30 日、日本の宇宙ステーション補給機「こうのとり」2号機が大気圏に突入し、67 日間のミッションを無事完了しました。



2号機は実験装置や国際宇宙ステーション滞在員のための日用品などを送り届け、国際宇宙ステーションでの取り外しと再結合を行い、日本、アメリカ、EU、ロシアの宇宙船大集合に参加し、運用中に発生した東日本大震災でNASAが運用を代行するなど、いろいろなイベントのあるミッションでした。3号機は2011年内の打ち上げを目指しています。

▼「すざく」銀河団外縁部の物質の分布を明らかに

日本の X 線観測衛星「すざく」によるペルセウス座銀河団の観測で、差し渡し数百万光年という巨大な銀河団のサイズや重さなどを詳細に調べ、銀河団外縁部の物質の分布を初めて明らかにしました。

銀河団において、普通の物質のほとんどは銀河そのものの中ではなく X 線を発する高温のガスとして銀河と銀河の間の空間に存在しています。ところが、この存在量は、WMAP 衛星による宇宙マイクロ波背景放射の測定から算出した宇宙全体で普通の物質が占める割合に比べて非常に少ないという謎がありました。これまで銀が談の観測は明るい部分について重点的に行われていましたが、今回「すざく」ではペルセウス座銀河団の中心から東と北東の方向の 2 方向に対して 900 万光年という非常に広い領域での X 線強度を測定しマッピングを行いました。この結果、ペルセウス座銀河団の大きさは直径が 1160 万光年、質量は太陽の 660 兆倍で銀河系の 1000 倍程度であることがわかりました。また、外縁部には所々に普通の物質が高い密度で集まった塊が点在していることが発見され、これらを考慮するとこれまで謎だった銀が談の中の普通の物質の存在量のつじつまが合うことがわかりました。



水星探査機メッセンジャー

