

かずさDNA研究所ニュースレター 第57号
発行日 平成28年10月15日 (年4回発行)
企画・編集/公益財団法人かずさDNA研究所 広報・社会連携チーム
ニュースレターは以下のサイトからも閲覧できます。
<http://www.kazusa.or.jp/j/information/newsletter.html>
[配信登録: ニュースレターの発行をメールでお知らせします。]

公益財団法人 かずさDNA研究所
〒292-0818 千葉県更津市かずさ鎌足2-6-7
TEL: 0438-52-3900 FAX: 0438-52-3901
<http://www.kazusa.or.jp/>
E-mail: nl-admin@kazusa.or.jp

かずさDNA研究所



特集: iPS細胞の誕生から10年

研究紹介:

キヌアの全ゲノム解読
サブクロマーの全ゲノム解読
高オレイン酸ラッカセイ品種の育種
原発性免疫不全症の原因遺伝子を同定

P02. 活動報告

印西市立小倉台図書館のDNAわくわく実験講座
県立現代産業科学館でのサイエンスショー等

P12. どんなゲノム こんなゲノム

ヒト染色体を合成する?
DNAを読む時代から書く時代へ
縄文人のDNA

P14. 遺伝子ってなんだろう?

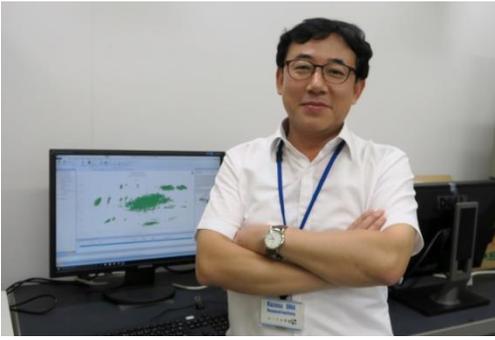
卵アレルギーのアレルゲン回避
完璧な人間はいない?
6万人のエクソーム解析

P16. 挑戦! あなたもゲノム博士

57

2016 OCT

海外からの研究員



韓国農村振興庁国立農業科学院 チャン-ムク・リー博士

技術開発研究部メタボロミクスチームでは、7月19日から3ヶ月間、国立農業科学院の研究員、チャン-ムク・リーさん（Chang-Muk Lee）を海外研究員として受け入れています。

今年の3月より、かずさDNA研究所は国立農業科学院と共同で、トマトを材料に有用形質同定のためのメタボローム解析データの収集と、データ管理システムの開発研究を始めました。まずはパイロットプロジェクトとして、重さ・甘さ・色について特徴のある約40系統のトマトを選び、それぞれについて質量分析を行い、栄養価や食味などに関わる遺伝子座を同定する指標となる代謝物を推測するためのシステム開発を行っています。

リーさんは、セイヨウアブラナで抗真菌効果を持つ代謝産物の研究をしたのち、国立農業科学院でトマトの代謝産物の研究をしています。かずさDNA研究所では、代謝産物の特定の標的を定めない非ターゲット解析に関わる技術やデータ解析法を学び、国立農業科学院のターゲット解析技術と統合して、将来的には病気に強い品種の育成などにもつなげたいと考えています。

「日本と韓国は、文化的によく似ているので、すぐに慣れることができました。チームメンバーの手助けもあり、これまでなじみのなかった研究分野について、集中して興味深く学んでいます。私にとってとても良い経験となっており、機会があればまた来たいと思います。」とリーさんは話していました。

印西市立小倉台図書館の DNAわくわく実験講座

8月19日は、研究所から67km離れた印西市の中央駅前地域交流館を会場に、市立小倉台図書館主催の「DNAわくわく実験講座」を実施しました。中学生から一般の19名が「身近な食品からのDNA抽出実験」を行い、野菜ジュースや魚などから取り出したDNAを興味深く観察していました。また、各自が2本のひもを編んでDNAキーホルダーを作製したので、講義に出てきた「DNAの二重らせん構造」も記憶に残ったかと思います。図書館所蔵のDNA関連の本の紹介もあり、皆さん、つかの間のDNAワールドを楽しんでいました。



県立現代産業科学館での サイエンスショー等

市川市にある千葉県立現代産業科学館では、子供たちが科学にさらに興味を持つように、同館の展示・運営協力会主催の夏休みイベントを毎年行っています。当研究所も同会の会員として、8月7日にサイエンスショーで「ブロッコリーからのDNA抽出」の演示実験と、実験・工作教室での「身近な食品からのDNA抽出実験」を開催し、それぞれ120名と20名の皆さんにDNAについてお話しすることができました。



イベント等の報告

<産学官連携>

- ❖ 9月7-9日(水-金)：日本分析・科学機器展示会 (JASIS 2016) に参加しました。(幕張メッセ)
<http://www.jasis.jp/outline/>
- ❖ 9月10/11日(土/日)：日本園芸学会(秋季大会)に参加しました。(名城大学)
http://www.jshs.jp/modules/meeting/index.php?content_id=23
- ❖ 9月24/25日(土/日)：日本育種学会(秋季大会)に参加しました。(鳥取大学)
<http://www.nacos.com/jsb/06/06top.html>
- ❖ 10月4日(火)：千葉県バイオ・ライフサイエンス・ネットワーク会議(千葉市) シーズ発表会「千葉県における医療実現に向けて」を開催しました。
http://www.kazusa.or.jp/workshop/CBLN28_seeds

<その他> *KDRI:かずさDNA研究所に於いて実施

- ❖ DNA出前講座
 - 9月6日(火)：千葉市立千葉高等学校
 - 9月15日(木)：千葉市立白井中学校
- ❖ 分子生物学講座
 - 9月17日(土)：志学館中等部
 - 10月4-6日(火-木)/11日(火)/12日(水)/14日(金)
：木更津高等学校
- ❖ 公民館出張講座
 - 8月19日(金)：印西市立小倉台図書館、中学生一般
- ❖ 教員研修講座
 - 8月23日(火)：生物先端技術研修会(KDRI)、千葉県総合教育センター共催
 - 8月29日(月)：千葉県野生生物研究会(KDRI)
[検見川高等学校、市原八幡高等学校と敬愛大学八日市場高等学校の生徒も参加]
- ❖ 生命科学講座
 - 10月3日(月)：君津高等学校(KDRI)
- ❖ かずさの森のDNA教室(KDRI)
 - 8月3/10日(水/水)：千葉県下の中高生
- ❖ 千葉県夢チャレンジ体験スクール事業(KDRI)
 - 7月22/26日(金/火)：サイエンススクール
 - 7月28(木)：キャリア教育「科学・先端技術体験キャンプ」
- ❖ イベント
 - 8月7日(日)：千葉県立現代産業科学館展示運営協力会サイエンスショー、実験・工作教室
 - 8月13/14日(土/日)：アート・クラフト縁日(株式会社かずさアカデミアパーク主催)
 - 10月9日(日)：千葉市科学フェスタ(千葉市科学館)



iPS細胞の誕生から10年

2006年に京都大学の山中伸弥教授のグループによって、マウスの皮膚組織の細胞(線維芽細胞)からiPS細胞が作られました(8月25日Cell)。2007年にはヒトの皮膚由来の線維芽細胞などからiPS細胞が作られ(11月30日Cell)、大きなニュースになりました。それから10年でどこまで研究が進んだのでしょうか。

iPS細胞とは?

iPS細胞とは、人工多能性幹細胞(induced pluripotent stem cells)の略称で、皮膚などの体細胞に数種類の遺伝子を導入することにより、ES細胞*のように様々な組織や臓器の細胞に分化する能力とほぼ無限に増殖する能力を持つようになった細胞のことです。

*ES細胞：胚性幹細胞(embryonic stem cells)は、受精卵の内部細胞塊(体になる細胞の塊)を取り出して培養したもの。1981年にES細胞作製技術が開発された。

山中先生は、ES細胞に似た細胞を作りたいと考えて、理化学研究所が公開している遺伝子発現データベースで、ES細胞に特異的に働く(発現している)遺伝子を探していました。

その中のひとつ、Fbx15遺伝子の発現がES細胞(様)になったしるし(マーカー)として使えることを明らかにし、Fbx15遺伝子が発現する(=ES細胞に似た状態になった)ときに薬剤耐性遺伝子が発現し、薬剤入りの培養液中で細胞の増殖がみられるという実験系を作りました。

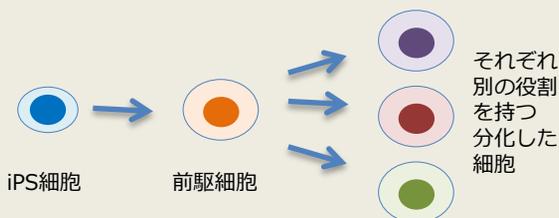
次に、ES細胞で特異的に発現し、分化万能性の維持に重要と考えられる因子を中心に、24個の候補遺伝子を選んで上述の系で実験を行いました。すると、24種類すべてを導入した細胞でのみ細胞増殖が観察できました。その後の実験で、Oct3/4・Sox2・Klf4・c-Mycの4遺伝子(山中4因子)を同時に入れたときに、ES細胞に似た細胞ができることがわかり、この細胞をiPS細胞と名付けました。

iPS細胞作製の効率化

がん化の危険性を高めると考えられたc-Myc遺伝子をL-Myc遺伝子に変更してがん化を防いだり、導入する遺伝子の種類を変更したり、導入する遺伝子が細胞のDNAを傷つけないようにするなど、iPS細胞を安全に効率よく作製する方法の開発が行われています。また、血液の中にある細胞（末梢血由来単核球）から作製するなど、細胞を提供する側のリスクの軽減も図られています。

iPS細胞から様々な細胞を作る

ひとつの受精卵から、神経細胞や皮膚細胞など様々な役割を持つ細胞になることを『分化』といいます。生物の体が形作られる際には、『成長因子/増殖因子』と呼ばれるタンパク質によって細胞の分化が誘導され、200種類以上の細胞へと分かれて、心臓や筋肉などの組織が作られます。この分化のしくみを研究することで、iPS細胞から様々な細胞を作り出すことができます。



現在はまだ一種類の細胞をシート状に培養することしかできないようですが、バイオ3Dプリンターなど立体的に細胞を構築する方法や、ブタなどの体内で臓器を作らせる研究が進んでいます。そう遠くない将来には、肝臓や心臓など、複雑な臓器が作り出せるようになっていくかもしれません。



iPS細胞の医療応用

1. 病気になるしくみを調べて、薬を開発

病気のヒトの細胞からiPS細胞を作り、病態を再現することで、病気になるしくみを明らかにし、薬を開発する研究が行われています。今年2月には、順天堂大学と慶應大学がパーキンソン病の患者さんの血液の細胞からiPS細胞を作り、病態研究を行うと発表しました。多くの患者さんの細胞を比較することで、これまでわからなかった神経難病の詳しい原因の解明や、新たな治療法・医薬品の開発などにつながると期待されています。

2. 再生医療

再生医療研究は、成体幹細胞やES細胞を用いた研究が先行しています。成体幹細胞とは、体の中にある新しい細胞を供給する能力のある細胞のことで、筋肉の元となる筋芽細胞や血液の元となる造血幹細胞などがあります。筋肉の細胞をシート状にしたものを心臓病の患者さんの心臓に貼り付ける臨床治験をニュース等でご覧になった方もいるでしょう。

また、ES細胞を用いた臨床試験も進んでいますが、拒絶反応の問題や、受精卵を用いるという倫理的な問題もあります。日本ではES細胞を扱うことに対する規制が厳しかったため、ES細胞の臨床応用では海外に遅れをとっており、iPS細胞にかかる期待が大きくなっています。

2014年9月、加齢黄斑変性の70代の女性患者に、iPS細胞から作った網膜色素上皮細胞のシートを移植する手術が行われたことも記憶に新しいところです。2015年12月に文部科学省が発表したiPS細胞研究のロードマップには、パーキンソン病の治療、眼の角膜、血液中の血小板の再生が最も臨床応用の早いものとして挙げられています。



ゲノム編集技術を用いる

CRISPR/Cas9を用いたゲノム編集（ニューズレター54号で紹介）をiPS細胞に導入して遺伝病を治療しようという研究も行われています。この4月には、米国のグループが、早発性アルツハイマー病の原因となる優性変異を導入したiPS細胞を作製した、と発表しました。将来的には、患者さんの変異を修正したiPS細胞作製が行われることでしょう。

再生医療への問題点

患者さん自身の細胞からiPS細胞を作り、移植できるようになるまでには、半年から1年の時間と、安全性の確認などに1億円近くかかるとされています。そのため、京都大学iPS細胞研究所では「再生医療用iPS細胞ストックプロジェクト」として、多くの日本人に対して移植時に拒絶反応が起きにくいタイプのiPS細胞をあらかじめ作製しておき、医療に活かそうとしています。2017年度末までに日本人の3割から5割を、2022年度末には日本人の大半をカバーするiPS細胞を備蓄することを目標にしているとのことでした。



その他の分野では・・・

医療分野以外では、ケニアに世界で3頭だけ残るキタシロサイをiPS細胞技術を使って絶滅の危機から救おうとする研究などが行われています。この10年、生物・医学分野は驚くべきほどのスピードで進んでいます。さらに10年後は、どのような世の中になっているのでしょうか。

参考文献：
2016年6月15日 *Nature* : *How iPS cells changed the world*
京都大学iPS細胞研究所HP : <http://www.cira.kyoto-u.ac.jp>



写真提供：国際農林水産業研究センター

キヌアの全ゲノム解読

かずさDNA研究所と国際農林水産業研究センター、京都大学、石川県立大学、株式会社アクトリーとの共同研究

キヌアは南米アンデス地方原産の植物で、ホウレンソウやテンサイなどと同じヒユ科の雑穀です。近年、栄養価が高いスーパーフードとして注目されており、スーパーなどでもみかけるようになりました。小麦アレルギーの原因物質であるグルテンを含まないことから、小麦にアレルギーのある人も食べることができます。

キヌアは、干ばつや高塩濃度などの不良環境に対する適応性が高い一方で、雑種ができやすく、種子にサポニンという有毒成分を含み、種子が脱落しやすいなど、野生的な性質を多く持っています。

研究グループでは、キヌアの遺伝子資源を利用しやすくするために、分子解析に適した純系の系統（標準自殖系統）を確立し、そのゲノムを解析しました。そして、この情報を元にキヌアのゲノムデータベースを作成しました。

今後は、栽培しやすく、生産量の高い品種などの育成が期待されています。

染色体数： $2n=4x=36$

ゲノムの大きさ：15億塩基

予測遺伝子数：62,512

2016年7月26日 *DNA Research* オンライン版



サブクローバの全ゲノム解読

かずさDNA研究所と西オーストラリア大学、西オーストラリア州農業・食品部、マードック大学との共同研究

シロツメクサなどのマメ科クローバ属は、栄養性の高い牧草として世界で広く栽培されています。中でもサブクローバは、乾燥に強いこと、落花生のように開花後に花器官が土中にもぐり結実するので、一度牧草地に播種すれば永年的に利用できる（毎年種を蒔く必要がない）ことから、広大な牧草地で肉牛を飼育するオーストラリアではよく栽培されています。

一方で、マメ科牧草は、家畜の呼気（げっぷ）等から発生するメタンガスの原因となります。メタンガスは二酸化炭素に比べて（大気圏中の）温室効果が高く、畜産大国であるオーストラリアでは、家畜からのメタンガス発生の抑制が課題となっています。

そこで、ゲノム情報を活用して、メタンガスの発生を抑制することができるマメ科牧草の品種育成を目指す共同研究の一環として、サブクローバのゲノムを解読しました。

日本は、オーストラリアから食肉や乳製品などの畜産物を大量に輸入しています。この研究がオーストラリアの畜産業に少しでも役に立つことが期待されます。

染色体数：2n=16

ゲノムの大きさ：4億7180万塩基

予測遺伝子数：42,706

2016年8月22日 *Scientific Reports*



写真提供：千葉県農林総合研究センター

高オレイン酸ラッカセイ品種の育種

かずさDNA研究所と千葉県農林総合研究センターとの共同研究

ラッカセイの生産地として有名な千葉県では、さらなる消費拡大を目指して、酸化されにくく、動脈硬化や高血圧、心疾患などの生活習慣病を予防・改善するとされる、オレイン酸を多く含む品種の育成を行っています。

これまでに、千葉県農林総合研究センターで保存されていた高オレイン酸母本（写真左）を焙煎向け栽培品種（ナカテユタカ：写真右）と交配し、「ほぼナカテユタカのゲノムで高オレイン酸にかかわる領域のみ母本由来」の品種を作出しようとしていますが、既存の技術ではその判定に手間や時間がかかるという問題がありました。

そこで、ラッカセイ祖先種のゲノム情報（ニュースレター55号で紹介）を元にして、栽培品種のDNAマーカーとして利用可能なDNA配列の違いを解析しました。次に、ゲノム全体に広がる、これらのDNAマーカーを効率的に解析する方法を検討しました。ラッカセイは品種間の遺伝的多様性が小さく、従来法では判別が難しいことがわかったため、一度に多くのDNAマーカーを解析する新しい解析法を開発しました。

9月下旬から10月はラッカセイの収穫時期で、新豆が店頭に並び始めています。ぜひ千葉県産のラッカセイをお召し上がりください！

2016年8月31日 *The Plant Genome*オンライン版



原発性免疫不全症の原因遺伝子を同定

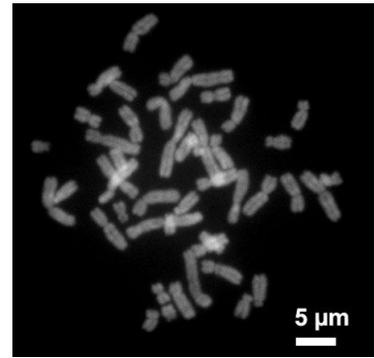
かずさDNA研究所と防衛医科大学校、東京医科歯科大学、広島大学、岐阜大学、京都大学、名古屋大学や東京大学との共同研究

原発性免疫不全症とは、先天的な要因により生まれながらに免疫系が正常に働かない状態を指します。適切な治療がされないと、生活に支障をきたす障害が残ったり、生命に関わる重い感染症にかかることもあります。

この免疫不全症の原因となる遺伝子は300種類以上知られていますが、いまだに原因遺伝子が同定できずに診断のつかない方もいるそうです。研究チームは、原発性免疫不全症データベースに登録された症例の中から、活性化PI3K- δ 症候群に似た臨床症状の症例を2例見出し、次世代シーケンサーを用いた遺伝子解析（全エクソーム解析）を行った結果、*PTEN*と呼ばれる遺伝子に変異を見出し、新たな原因遺伝子として同定することができました。

この研究成果は、これまでに原因を診断できなかった免疫不全症の患者の方にとって、新たな診断の手がかりとなる可能性があるとともに、患者の方への適切な治療法の選択や、新規治療法の開発にもつながることが期待できます。

2016年7月14日 *Journal of Allergy and Clinical Immunology*



ヒト染色体を合成する？ DNAを読む時代から書く時代へ

1990年に30億USドルの予算で発足したヒトゲノムプロジェクト [今回の報告では、《ヒトゲノムプロジェクト-read (=読む)》と呼んでいる] は、DNA配列を解析する技術を向上させて2004年に終了しました。今やヒト1人分のゲノムを解析するコストは10万円を切り、次世代シーケンサーを活用した様々な分析法の開発も進んでいます。

このような状況の中、ニューヨーク大学のジェフ・ポーク博士を含む25人の研究者は、今年6月、ヒトの完全なゲノムを合成して細胞内で機能させることを目指す《ヒトゲノムプロジェクト-write (=書く)》を今年中に開始したい、とする論文を発表しました。プロジェクトにより、DNA合成にかかるコストを下げ、合成生物学などの新しい生物学の分野の発展に貢献しようとするものです。

このプロジェクトにより、基礎研究だけでなく、医療応用技術の発展も期待されていますが、親が希望する外見や能力を持ったデザイナーベイビーや、遺伝的に親のいない子供の誕生につながると危惧する声もあります。

2016年6月2日 *Science*オンライン版

写真 : *Metaphase chromosomes from a female human lymphocyte* (by Steffen Dietzel, 14 November 2006)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HumanChromosomesChromomycinA3.jpg>





縄文人のDNA

今や考古学の分野でもDNA解析は欠かせない技術となっています。日本のように高温多湿で酸性土壌だと、骨やDNAが分解されてしまうことが多いのですが、条件良くみつかった200体以上の縄文人でミトコンドリア(mt) DNAが解析されており、DNA配列から日本人のルーツを探る研究も行われています。

しかしながら、mtDNAは母親のものしか遺伝せず、またサイズも小さいことから、縄文人のことをより詳しく知るには、核にあるゲノムの情報が必要でした。そこで、国立大学法人総合研究大学院大学のグループは、福島県北部海岸地方にある三貫地貝塚から発掘された約3,000年前（縄文終期）の人骨の大白歯からDNAを抽出して、次世代シーケンサーでDNA配列を解析しました。

データを現代の日本人集団と比較すると、縄文人はアイヌ人と一番近く、次にオキナワ人と近いこと、約1万5000年前に東アジアからアメリカ大陸に渡った集団よりも先に分かれた古い集団であることがわかりました。また、現代の多くの日本人に伝えられたゲノムの割合は、13-21%程度と推定されています。

今も複数の古代人のゲノムが解析されていて、詳細な解析から日本人集団の成り立ちが解明できるのではないかと期待されています。

2016年9月1日 *Journal of Human Genetics*

斎藤成也著『日本列島人の歴史』岩波ジュニア新書

写真：深鉢形土器（火焰型土器）縄文中期 伝新潟県長岡市関原町馬高遺跡出土 東京国立博物館蔵



卵アレルギーのアレルゲン回避

アレルギーの中には、食べ物に含まれる成分が原因（アレルゲン）となる、食物アレルギーがあります。乳児期にも発症するために、食べられるものが制限され、お悩みの方も多いようです。

原因となるアレルゲンを摂取しない、触れないなどのアレルゲン回避はひとつの対処方法ですが、例えば、卵アレルギーの場合、世の中には卵を使った料理や食品が多いことから避けるのも一苦労です。

卵アレルギーの原因となるアレルゲンのひとつに、卵白に含まれるオボムコイドがあります。オボムコイドは熱に強いので、調理してもアレルゲンとなる可能性が高いそうです。

産業技術総合研究所などの研究グループは、新しい遺伝子改変技術である「ゲノム編集」によって、両親から由来する2つのオボムコイドの遺伝子に変異が入ったニワトリを開発することに成功しました。

今後、このオボムコイドに変異が入ったニワトリの性質に他の影響がないことや、産んだ鶏卵がアレルゲンとして働かないことなどを確かめていくとのことでした。

2016年4月6日 *Scientific Reports*



完璧な人間はいない？ 6万人のエクソーム解析

ゲノムDNA配列は、タンパク質に翻訳される部分（エクソン）とそれ以外の部分に分けることができます。エクソン部分のDNA配列が変化することによって、病気になったりすることがあります。希少疾患などでは病気の原因となる遺伝子を明らかにするために、ゲノムにあるエクソムの部分だけを全て（エクソーム）解析する研究が行われています。

エクソーム集約コンソーシアム（ExAC）では、標準的なエクソームを明らかにしようと、2014年10月までに公開されたヨーロッパ人を主とする、東アジア、南アジア、アフリカ、ラテンアメリカ人を含む60,706人分のデータを集めて解析し、公開しました。

全体では740万の一塩基多型とDNA配列の挿入と欠失の変異がみつき、うち半数以上は、解析した中でひとりしかその変異を持っていませんでした。また、変異により作られるタンパク質が不完全になる場合がありますが、そのような変異で両親からもらった遺伝子の両方が壊れている場合がひとり当たり平均して35ヶ所、片方が壊れている場合が平均して85ヶ所あることもわかりました。

つまり私たちの多くは、約2万個ある遺伝子の幾つかが壊れている変異体なのです。それでも普通に生きているのは、私たちの体が想像している以上に複雑だからかもしれません。

2016年8月17日 Natureオンライン版



挑戦！あなたもゲノム博士

このコーナーではゲノムに関するクイズを出題します。答えはかずさDNA研究所のHPに掲載。
(<http://www.kazusa.or.jp/j/information/newsletter.html>)

問題 1

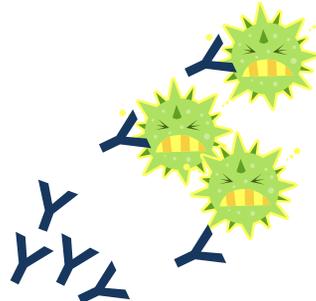
ある種のウイルスや細菌が感染したときに、これら外敵から体を守るための防御反応が起こります。この反応を何というのでしょうか？



A: 抗原 B: 免疫 C: ワクチン D: ストレス

問題 2

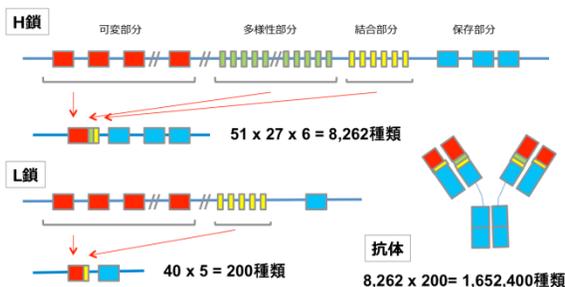
免疫システムでは、細菌や毒素のある部分（抗原）に特異的に結合する武器を作って体を守ることがあります。この武器のことを何というのでしょうか？



A: ビタミン B: 赤血球 C: ワクチン D: 抗体

問題 3

抗体は、免疫グロブリン遺伝子から作られますが、様々な抗原に対する多様な抗体を作るための遺伝子構造を解明してノーベル生理学・医学賞を受賞したのは誰でしょうか？



A: 利根川進 B: エドワード・ジェンナー
C: ルイ・パスツール D: 北里柴三郎

2016年大和（ダイワ）エイドリアン賞

先端研究部細胞工学研究室（舩本寛室長）が、エジンバラ大学のWilliam C. Earnshaw教授の研究室と共に、2016年の大和エイドリアン賞に選ばれました。この賞は、大和日英基金が行っている活動のひとつで、1992年に設立され、その後、財団の創立理事であるエイドリアン卿の名が冠されました。

3年に一度、日英の科学的協力に貢献した4つの日英科学共同研究チームにこの賞が与えられています。受賞理由となった研究テーマは、「ヒト人工染色体を用いた、染色体分離のエピジェネティック制御の研究」で、両研究室は長年に渡ってこの分野での共同研究を行っています。

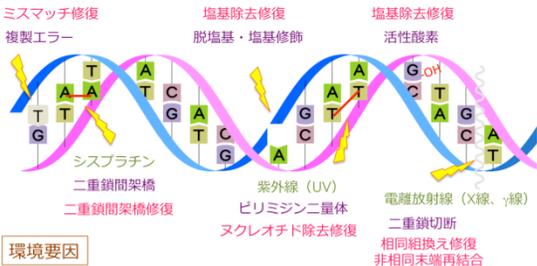
同賞は、2016年11月に英国王立協会で行われる式典にて授与されます。

<http://www.dajf.org.uk/ja/grants-awards-and-prizes/daiwa-adrian-prizes>

問題4

細胞の中にあるDNAは、1日あたり5万から50万ヶ所に損傷が起こると言われています。細胞が生きるためにこの損傷を治す必要がありますが、その反応を何というのでしょうか？

内的要因

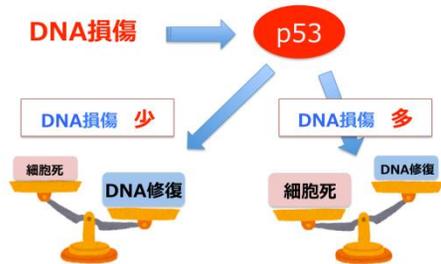


環境要因

- A: DNA修復
- B: DNA回復
- C: DNA修理
- D: DNA治療

問題5

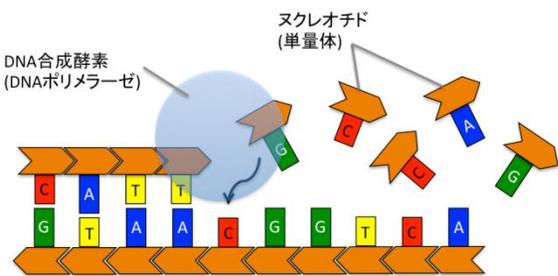
DNA損傷の原因には、DNAを複製するときのエラーや紫外線などの環境要因があります。DNAの修復が間に合わないほど多くのDNA損傷が起きた場合には、その細胞を自滅させることもあります。その反応を何というのでしょうか？



- A: 老化
- B: 壊死
- C: プログラム細胞死
- D: 癌化

問題6

DNAを複製する酵素としてDNAポリメラーゼがあります。大腸菌のDNAポリメラーゼは1秒間に何塩基くらいのDNAを複製するのでしょうか？



- A: 約2.5塩基
- B: 約25塩基
- C: 約250塩基
- D: 約2500塩基

表紙の写真

研究所の北門を入るとすぐ右側にマメ科のネムノキ（落葉高木）があります。開花時期は6月から8月で、数十本の淡紅色の長く伸びたおしべがひとつの花のようにみえます。ネムノキの葉は夜になると閉じることから、「眠りの木」が名前の由来とも言われます。（撮影：平成28年7月16日）

