



東京大学農学部公開セミナー
第48回

食卓を彩る農学研究

講演要旨集

~~~~~ プログラム ~~~~~

【 開会の挨拶 】

13:35~14:25

和食の中心～米と魚

水圏生物科学専攻

教授

潮 秀樹

【 休憩（10分） 】

14:35~15:25

肉こそ豊かな食卓の主役

獣医学専攻

教授

前多 敬一郎

【 休憩（10分） 】

15:35~16:25

麹菌 和食を彩るミステリー

応用生命工学専攻

特任研究員

北本 勝ひこ

【 閉会の挨拶 】

司会 准教授

松本 安喜

日時 2015年6月13日（土）13:30~16:30  
場所 東京大学弥生講堂・一条ホール  
主催 東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部  
共催 （公財）農学会

# 和食の中心－米と魚

水圏生物科学専攻 教授 潮 秀樹

## 1. はじめに

平成 25 年に「和食；日本人の伝統的な食文化」がユネスコの無形文化遺産に登録されたのは記憶に新しい。日本の国土が南北に長く、海と山が近接していることから、季節感に富み、各地に根差した多様な「和食」が形成されてきた。また、昨今の健康食ブームも影響して「和食」は世界的にも注目されている。一方、sushi の世界的な評価からも、「和食」を語るうえで外せない食材が米と魚であるといえる。ここでは、これまでの我が国を中心としてなされてきた研究成果などをもとに、米と魚の重要性について述べたいと思う。

## 2. 米食

2015 年イタリア・ミラノ国際博覧会の日本館でも大きく取り扱われているが、和食の中心はやはり米であろう。米は約 3000 年前の縄文時代に我が国に伝わったと考えられており、その後長きにわたって主食として愛されてきた。しかしながら、昭和 30 年代以降我が国の米の消費量は減少し、現在では 1 人当たりのコメの年間消費量は 60kg に満たないとされている。このような米離れの原因は、食の欧米化に伴い、その他の主食の摂取量が多くなったことが大きな原因であると考えられる。また近年ではコメは太るなどとされ、敬遠される傾向もみられる。

一般に我が国では、玄米を搗精して胚乳部分のみの白米とし、それを炊いて米飯として食される。搗精によってのぞかれる部分が、胚芽や糠である。胚乳の部分はほとんどがわれわれのエネルギーとなるデンプンでできており、そのデンプンの構造によってうるち米ともち米の違いが生じる。その他の栄養素である脂質、タンパク質、ビタミンなどは、胚乳の外側の胚芽や糠の部分に含まれる。そのため、米の栄養素を余すことなく摂取するには、搗精する前の玄米のまま食するほうがよいと考えられる。

## 3. 米の機能性

米は我が国の主食であるがゆえにその成分についても古くから盛んに研究がなされ、様々な健康機能性成分を含むことが明らかにされてきた。これらの機能性成分は、上述した米の栄養素と同様に、胚乳の外側の部分に多く含まれる。タンパク質や脂質などの栄養素のほかに、米に含まれる機能性成分には、ビタミン E、トコトリエノール、フェルラ酸などの抗酸化成分、ガンマアミノ酪酸 (GABA)、植物性ステロール、ガンマオリザノール、イノ

シトールなどがある。和食の食材には、糠漬けのように米糠を用いた発酵食品や貯蔵食品が多数見受けられるが、最初に思いついたその当時にこのような多様な機能性成分の存在を知るよしもなく、先人たちの経験と知恵には脱帽の一言である。

#### 4. 魚食

魚食は、縄文時代の貝塚からアジの骨などが見つかったことから、米食と同様に非常に古くから行われてきたものと考えられており、我が国が海に囲まれていることから、記録以上に古くから魚食が行われてきたことであろう。しかしながら、米と同様に我が国の水産物の消費量は減少し続けており、平成 18 年を境として肉と魚の消費量が逆転した。とは言っても、消費量は諸外国に比べて高い。一方、魚をはじめとする水産物の需要は世界的に大きく伸びており、我が国とは逆の傾向を示している。また、世界の養殖魚の生産量は 2011 年に牛肉の生産量を上回り、世界的な需要の増大を支えている。

#### 5. 魚の機能性

魚肉に含まれるタンパク質などの栄養素については、畜肉に比べても遜色なく、十分な栄養価が得られることが明らかとなっている。1960 年代に行われた疫学調査によって、魚油に含まれるエイコサペンタエン酸（EPA）の摂取量が多いグリーンランドイヌイットの人たちが、心臓疾患や炎症疾患に見舞われる確率が低いということが明らかにされた。これを発端として、水産油脂ひいてはそれを含む水産物そのものの健康機能性が注目されるようになった。その後、EPA と類似した脂肪酸のドコサヘキサエン酸（DHA）やアミノ酸の一種であるタウリン、抗酸化性が強いアスタキサンチンなど多くの健康機能性成分が水産物から見出され、水産物の世界的な需要の伸びに拍車をかけている。

#### 6. 和食の欠点

このように健康機能性に富む「米と魚」を中心に添える和食は非常に優れており、我が国を長寿国とするための一役を買っていると考えられるが、欠点もある。貯蔵性を高めるために用いられる食塩の量である。WHO の勧告で一日の塩分摂取量：5g 以下が望ましいとされたが、我が国の平均摂取量は成人男子で 1 日あたり 11g 程度と倍以上である。このような基準を満たすためには、相当の無理をしなければならない。これも先人たちがひとつのヒントをわれわれに与えてくれている。英語でも **umami** と表記されるうま味の利用である。水産加工品である昆布、鰹節、煮干などからしっかりとった出汁を用いることで、塩分量が少なくても満足できる味を実現できる。我が国で生まれ、和食を支える出汁文化は、われわれの子孫の健康も維持してくれるかもしれない。

# 肉こそ豊かな食卓の主演

獣医学専攻 教授 前多 敬一郎

## 1. 畜産物と食料危機、生活の向上

国際連合食糧農業機関（FAO）に興味深い統計がある。世界のあらゆる地域において、GDP（国内総生産）と肉の消費量の間には、正の相関があるというのである。すなわち、どんな国においても経済的に豊かになればなるほど、たくさんの肉を食べ始めるのである。肉をはじめとしてソーセージやハムなどの加工品、さらには牛乳や乳製品であるバターやチーズ、そして卵など、畜産物に囲まれた生活は、ほとんどの人にとって豊かさを感じさせる。

人類がめざすべき最も大きな目標の一つが、貧困の克服であることは間違いないだろう。貧困は栄養の不足を招き、様々な病気の原因となる。児童奴隷や様々な紛争も貧困がその根っこにある。世界の食料事情は決して改善していない。世界の穀物生産量 21 億トンで養える人口は 65 億人程度であり、いまやその人口を大きく上回っている。

人類の食を確保する上で、畜産物の生産は大きな矛盾をはらんでいる。すなわち、牛肉や豚肉、鶏肉を生産するためには、大量の穀物を給与しなければならないからである。つまり、豊かな国が大量の畜産物を食べることで、等比級数的に大量の穀物を消費し、それによって世界の食糧不足がますます加速していく。勝者がすべてを握る。貧富の差はますます拡大する。

その一方で、牛乳をはじめとする畜産物が十分に供給されることで栄養が飛躍的に改善し、乳幼児の死亡率を低下させることができる。また、様々な病気に対する罹患率が低下する。畜産物によって生活の質は飛躍的に向上するのである。第二次世界大戦後に日本政府が牛乳の生産を国策として推進し、日本人の健康が牛乳によって改善されたことは、われわれの世代にとっても記憶に新しいところである。畜産物は人類の生活の質の向上にとって、欠かすことのできないものである。

## 2. 畜産を変えた科学

畜産技術の発展に伴って、産業動物の生産量は飛躍的に増大してきた。乳用牛は科学の発達により、50 年前とは比べものにならないくらい変容した家畜の一つである。現在、乳用牛の 99% 以上を占めるホルスタイン種は年間平均 8,000kg の牛乳を生産するが、60 年前はわずか 3,000kg しか乳を出さなかった。これは人工授精によって急速に品種改良が進んだためである。ホルスタイン種のウシがもともとの能力として生産する牛乳はわずか 2～

3kg くらいである。しかし、現在平均的なホルスタイン種のウシでも一日に 30kg 近く生産する。スーパーカウと呼ばれる高泌乳牛では、一日に 80kg 生産したという記録がある。人工授精技術の発達により、国民誰もが 24 時間どこでも新しい牛乳を手に入れることができる世の中が実現した。われわれの食卓を飾る和牛でも、人工授精技術は遺伝的な改良に大きく貢献した。適度にサシが入った和牛の肉は、絶え間のない畜産技術の向上により実現した。

加えて、世界の畜産を変えたもう一つの科学の勝利について言及しておきたい。2011 年、牛疫という病気が世界から消えた。ウシの伝染病、という意味のこの病気は、ウイルスによって引き起こされ、数千年にわたり人類を悩ませてきた感染症である。18 世紀のヨーロッパでは 2 億頭のウシが死んだとされている。永年の獣医学研究により、ワクチンが開発され、牛疫の根絶が宣言されるにいたった。

### 3. ウシの繁殖率低下の危機

一方、乳用牛でも肉用牛でも繁殖機能が年々低下している。乳用牛でも、肉用牛でも、優秀な母親に優秀な父親の種をつけて、優秀な子供を得ることが畜産農家の至上命題である。分娩後のはじめての授精によって妊娠する割合のことを受胎率と呼ぶが、乳用牛でも肉用牛でも受胎率は 50% を切っている。いくらウシ個体の能力が優秀であっても、受胎率が低ければ生産は上がらない。ウシの発情期は 21 日のサイクルで回る。21 日に一度しか人工授精のチャンスは来ない。一度発情を見逃せば、21 日間ウシには無駄飯を食わせることになる。

ここからはまた科学の出番である。受胎率低下の原因を突き止め、100% にすることがわれわれに課せられた使命である。急速な遺伝的改良がその原因だったとしたら、昔に戻るのではなく、今われわれがもっている生産能力を失うことなく、解決しなければならない。そうでなければ、国民の健康、人類の健康は守れない。

### 4. 家畜の生産を向上させるための科学

第二次大戦後、とにかくウシの能力を向上させ、病気をなくし、肉や牛乳、卵を供給し、国民の生活の質を向上させてきた畜産学・獣医学が、また一つの困難な問題にぶつかった。われわれ科学者も手をこまねいているわけではなく、あの手この手で解決の糸口をつかもうとしているが、今回もなかなか手強い。

畜産物が人間の生活を豊かにし、平和な世界を手にするための手段の一つであることに疑いはない。われわれ農学者が未来の畜産を築き上げるため、国民のみなさまの応援を切にお願いする次第である。

# 麹菌 和食を彩るミステリー

応用生命工学専攻 特任研究員 北本 勝ひこ

一昨年 12 月、ユネスコの無形文化遺産に登録された「和食」。その味を決める醤油、味噌、味醂、清酒などの製造には麹菌 (*Aspergillus oryzae*) が使用されている。麹菌は和食にとってなくてはならない微生物であり、我が国を代表する菌として、日本醸造学会により「国菌」に認定されている。

麹菌は、酵母に比べて、より複雑な細胞構造をもつこと、また、古典的遺伝学の適用が困難なことから基礎的な研究が遅れていた。しかし、20 年前から分子生物学的手法を用いて様々な解析が進められるようになり、2005 年には麹菌の全ゲノム解析が完了し、8 本からなる染色体地図も明らかになった。このゲノム情報と緑色蛍光タンパク質 (GFP) を用いたライブセルイメージング技術を駆使して、麹菌細胞の詳細な構造も明らかになった。酵母と同様に真核細胞に存在する核やミトコンドリアなどは存在するが、一つの細胞に多数の核が共存するというユニークな多核生物である。麹菌は細長い細胞が連続してつながり、糸状の菌糸を形成して生長する。生育にともない空中に向かって伸びる菌糸 (気中菌糸) を立ち上げ、その先端に孢子 (正しくは分生子) を形成する。(図 1、図 2)

麹菌のルーツに関しては、これまで中国から伝来したという説と日本で独自に分離されたという説があった。しかし、麹菌と近縁のカビのゲノム解析の結果などから、麹菌 (*A. oryzae*) は *Aspergillus flavus* を祖先として家畜化された微生物であるという説が有力になってきた。*A. flavus* が長い年月をかけて家畜化されて *A. oryzae* となったというものである。日本には、室町時代から優良な麹菌の孢子を販売する種麹屋 (もやし屋) が存在している。この世界で最も古いバイオ産業とも言える種麹屋により、麹菌は数百年以上もの長いあいだ優良菌株が綿々と植え継ぎされて得られた菌株、すなわち家畜化された菌株が *A. oryzae* ということになる。

家畜化された微生物であるという観点からみた麹菌の最近の知見は次のようになる。1) *A. flavus* が  $\alpha$  アミラーゼ遺伝子を 1 つだけ持つのに対して、*A. oryzae* は *amyA*、*amyB*、*amyC* の 3 つの遺伝子をもつ。麹の重要な働きは米澱粉の糖化であることを考えると、家畜化の過程で  $\alpha$  アミラーゼ遺伝子が増幅したものが選ばれたと考えられる。2) *A. flavus* は暗培養条件では分生子形成が抑制されるのに対して、*A. oryzae* は分生子形成が促進される。この性質は、江戸時代以前の種麹製造が通常、地下もしくは半地下の暗所で行われてきたことを考慮すると、優良な孢子をたくさんとるには不利な条件である。すなわち、*A. flavus* のもつ明暗に対する応答が逆転した株が

家畜化の過程で取得されたと考えられる。3) 清酒醸造に使用されている *A. oryzae* では、1個の分生子細胞に3~5個と多数の核が存在する。*A. flavus* は単核の分生子をもつものがほとんどであり、家畜化の過程で獲得された優良な形質が脱落しにくい株が選抜された結果と考えられる。

本講演では、和食の味を決めている主人公ともいえる麹菌について、ゲノム解析完了後に急激に進んでいる分子細胞生物学的研究により明らかになった知見と、麹菌のルーツに関する最近の話題を紹介する。

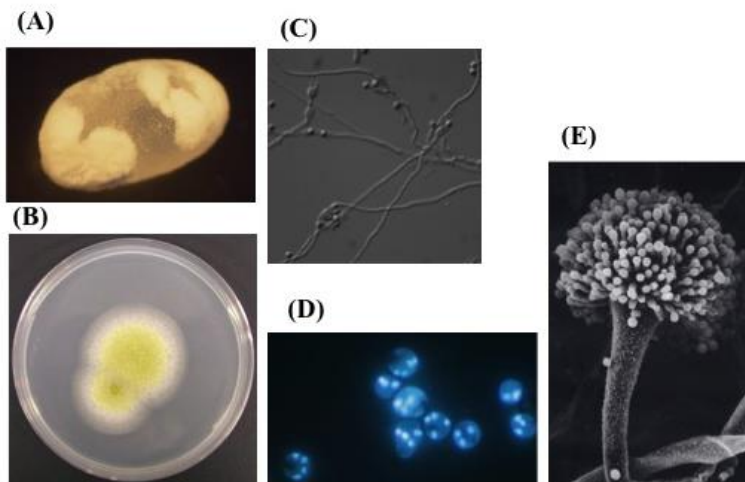


図1 麹菌 *Aspergillus oryzae*

(A)吟醸酒用の麹。白く見えているのが菌糸。(B)寒天培地に生育したコロニー。黄緑色の分生子を着生する。(C)菌糸の顕微鏡写真。丸く見えるのは分生子。(D)分生子細胞の中に2~5個の核が見える。(E)分生子柄の電子顕微鏡写真。

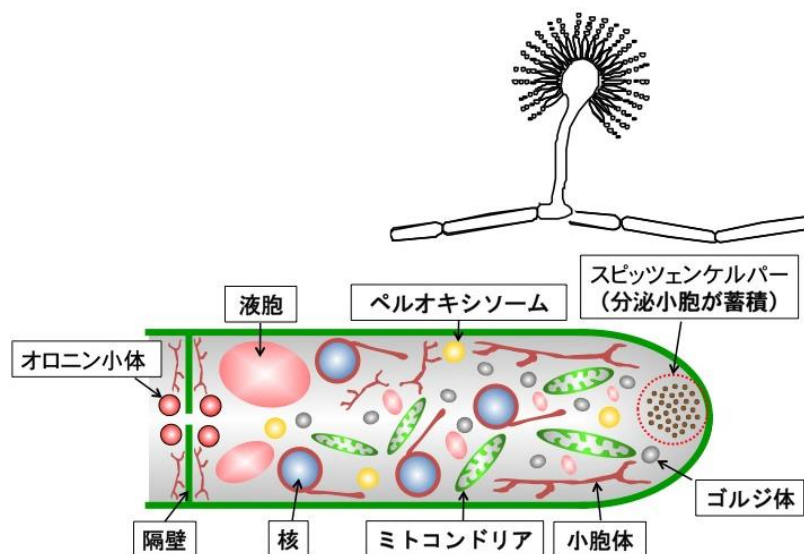


図2 麹菌の細胞構造

## プロフィール

うしお ひでき  
**潮 秀樹**

水圏生物科学専攻 水産化学研究室

### 主な研究活動

水生生物は我々の祖先がかつて暮らしていた水中に現在でも生息しており、その生物学は我々にもいろいろな情報を提供してくれます。また、食品としても多くの健康に不可欠な成分を与えてくれます。このような観点から、生物および食品としての水生生物に着目し、幅広い研究活動を行っています。

まえだ けいいちろう  
**前多 敬一郎**

獣医学専攻 獣医繁殖育種学研究室

### 主な研究活動

排卵や精子形成、発情行動など、哺乳類の繁殖活動をコントロールしているホルモンと脳のしくみを研究しています。この研究を通して、ウシやブタなどの産業動物を効率的に殖やしたり、あるいはシカやイノシシ、サルなど野生動物の繁殖を抑えることで野生獣害を軽減するための方法を開発しようとしています。

きたもと かつ  
**北本 勝ひこ**

応用生命工学専攻 微生物学研究室

### 主な研究活動

日本酒醸造に使用される清酒酵母と麹菌を対象として、分子生物学的ならびに細胞生物学手法を用いて様々な機能解析を行ってきました。最近では、麹菌の細胞機能の基礎的な解析ならびに、有用タンパク質生産の宿主としての利用を目指した研究を行っています。