

技術士が次世代へ語りつぐ 食とバイオの イノベーション

著者

東 剛己 石井 一夫
石田 賢吾 佐野 千明
白兼 孝雄 山下 雄
湯川 剛一郎



発刊にあたり

自然科学は、狭義には、自然現象そのものの法則を探索する物理学、化学、生物学、地学、天文学などの基礎科学を指し、広義には、農学、工学、医学などの応用科学と呼ばれる分野を含む。

本書「技術士が次世代へ語りつぐ 食とバイオのイノベーション」(論文集)は、民間企業や大学で農学や工学などの応用科学について長く研鑽を重ねてきた技術士 8 名が執筆を担当した。

ここで、我々が所属する「公益社団法人 日本技術士会」にふれておく。日本技術士会は、技術士法により明示されたわが国で唯一の技術士による社団法人である。2011 年 4 月 11 日に公益社団法人となり、2021 年には創立 70 周年を迎える。

技術士(21 の技術部門)は、高等の専門的応用能力を必要とする事項について、計画、研究、設計、分析、試験、評価、又はこれらに関する指導の業務の分野で活躍している。著者 8 名は、農業部門(創立 1961 年)と生物工学部門(創立 1988 年)に所属している。農業部門の専門領域は、畜産 / 農業・食品 / 農業農村工学 / 農村地域・資源計画 / 植物保護であり、生物工学部門の専門領域は、生物機能工学 / 生物プロセス工学である。

さて本書は「食とバイオのイノベーション」をテーマとし、食品産業・農林水産業(6 次産業)とその食品衛生のための知識・技術、そしてバイオテクノロジーの生体利用技術(微生物利用技術、酵素利用技術、遺伝子組換え技術、バイオインフォマティクスなど)および生体模倣技術(バイオリアクター、バイオセンサーなど)、の最新の革新的な現場を紹介している。

本書を発刊するにあたり、以下の技術士(五十音順)がそれぞれの専門分野を担当した。

東 剛己(農業部門)「コンパウンドチョコレートの科学」、石井一夫(生物工学部門)「非モデル農作物のゲノムデータ解析」、石田賢吾(農業部門)「エキストラクトの調味・減塩・健康機能」、佐野千明(生物工学部門)「アミノ酸の工業生産」、白兼孝雄(生物工学部門)「産業用酵素の展望」、富田因則(生物工学部門)「スーパーコシヒカリのゲノム育種」、山下 雄(農業部門)「技術士視点からの 6 次産業化の課題と成功のポイント」、湯川剛一郎(農業部門)「遺伝子組換え表示のこと」。

本書が、食とバイオの領域で活躍することを志望する農学、工学、理学、薬学、医学系の研究者、技術者、学生など、各方面の関係者に少しでもお役に立てれば幸甚の至りである。なお、知識と見識の不足から誤りや不正確な記述、あるいは古い情報・技術などがあるかも知れない。読者諸兄姉のご教示やご批判をお願いするものである。

2020 年 7 月

著者一同

執筆者一覧

(掲載五十音順)

東 剛己 東京フード株式会社 研究所研究技術部 部長

石井 一夫 久留米大学 バイオ統計センター 准教授

石田 賢吾 石田技術士事務所 所長

佐野 千明 佐野技術士事務所 代表

白兼 孝雄 白兼バイオ技術士事務所 代表

山下 雄 AGURI DESIGN COMPANY 株式会社 代表取締役

湯川剛一郎 湯川食品科学技術士事務所 所長

目 次

発刊にあたり

東 剛己(あずま ごうき)

コンパウンドチョコレートの科学	1
1 はじめに —コンパウンドチョコレートの世界—	2
2 規 格	2
3 チョコレート	10
4 コンパウンドチョコレート	14
5 コンパウンドチョコレートの種類	17
6 おわりに —コンパウンドチョコレートの可能性—	25

石井 一夫(いしい かずお)

非モデル農作物のゲノムデータ解析	27
1 はじめに	28
2 なぜ非モデル農作物のゲノム解析が重要か？	28
3 次世代シーケンサーによる非モデル農作物のゲノム解析法	30
4 筆者の経験した事例	36
5 プログラミングとデータ分析	39
6 まとめ	40

石田 賢吾(いしだ けんご)

エキス調味料の調味・減塩・健康機能	45
1 はじめに	46
2 食品の美味しさと風味成分	46
3 エキス調味料の製造法と調味機能	52
4 エキス調味料の減塩機能	55
5 エキス調味料の健康機能	65
6 おわりに	67

佐野 千明(さの ちあき)

アミノ酸の工業生産	69
1 はじめに	70
2 アミノ酸の構造	70
3 アミノ酸の工業生産	78
4 おわりに	94

白兼 孝雄(しろかね よしお)

産業用酵素の展望	99
1 はじめに	100
2 酵素の分類	101
3 酵素の働き	103
4 産業用酵素の現状(1)	104
5 産業用酵素の現状(2)	110
6 産業用酵素の展望	112
7 おわりに	121

富田 因則(とみた もとのり)

スーパーコシヒカリのスマート育種	127
1 日本の主要品種コシヒカリを取り巻く問題	128
2 短稈コシヒカリの開発	128
3 短稈コシヒカリの次世代 DNA シーケンス解析	130
4 短稈コシヒカリの形質発現	132
5 ASP-PCR 法による十石由来の短稈遺伝子 <i>sd1</i> の遺伝子診断	134
6 <i>Sd1/sd1</i> アレルにおける ASP-PCR マーカーの共優性化	136
7 短稈コシヒカリの品種鑑別方法	137
8 短稈コシヒカリにおける <i>sd1</i> の転写解析	139
9 極早生短稈コシヒカリの開発	140
10 極早生遺伝子 <i>e1</i> のマッピングと NGS 解析	141

※電子版では著作権の都合により割愛しています。

山下 雄(やました ゆう)

技術士視点から見た6次産業化の課題と成功のポイント	145
1 「6次産業化」とは	146
2 6次産業化の現状	147
3 6次産業化は4つに分けて考える	152
4 実務事例(オーガニック抹茶の生産・加工・販売)	165
5 実務事例(耕作放棄地茶園の有効利用技術)	169

湯川 剛一郎(ゆかわ ごういちろう)

遺伝子組換え表示について	173
1 遺伝子組換え表示制度導入の経緯	174
2 JAS法, 食品衛生法に基づく遺伝子組換え表示	177
3 食品表示法に基づく遺伝子組換え表示	183
4 遺伝子組換え表示制度の見直し	186
5 ゲノム編集技術を巡る議論	189
6 おわりに	192

※本書に記載されている会社名, 製品名, サービス名は各社の登録商標または商標です。なお, 必ずしも商標表示 (®, TM) を付記していません。

コンパウンドチョコレート科学



東京フード株式会社
東 剛己



【プロフィール】

略 歴：

- 1996 年 3 月 北海道大学大学院 水産学研究科 水産化学専攻 博士前期課程を修了
- 4 月 東京フード株式会社へ入社，研究室に配属
- 2009 年 3 月 北海道大学大学院 水産科学院 海洋応用生命科学専攻 博士後期課程を修了，博士(水産化学)
- 2013 年 4 月 東京フード株式会社 品質保証部へ異動，品質保証部課長
- 2015 年 3 月 技術士(農業部門)
- 2016 年 3 月 技術士(総合技術監理部門)
- 10 月 食品化学新聞「食品技術士リレーシリーズ」ライター
- 2018 年 4 月 東京フード株式会社 研究所 研究技術部へ異動，研究技術部長
- 2020 年 4 月 公益社団法人技術士会登録 食品技術士センター理事

専 門：

業務用チョコレート製品の研究開発，食品表示，食品分析，油脂化学

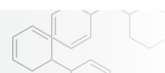
所属学会：

日本油化学会，日本農芸化学会

趣 味：

美術(鑑賞，コレクション)，研究(神話・民間伝承，科学全般)，酒類

1 はじめに —コンパウンドチョコレートの世界—



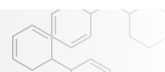
パンに美しくコーティングされている艶やかなチョコレート。メロンパンのビス生地がちりばめられている粒状のチョコレート。ケーキやクッキーの中でとろっととろけるチョコレートクリーム。黒いケーキやパンに練り込まれているチョコレート。

私たちはいろいろなところでチョコレートを見て、おいしく食べている。しかしこれらのチョコレートはスーパーマーケットやコンビニエンスストアで売っているパキッと固い「板チョコレート」と同じものなのだろうか。

確かに色や味は「板チョコレート」と同じである。ところがお菓子作りをするために「板チョコレート」を溶かして、パンやアイスクリームにかけてもうまく固まらない。練り混ぜてもチョコレートクリームにはならない。生地に練り込んでも硬くなってしまう。本当に同じものなのか？

これらは確かにチョコレートではあるが、多くの人が思い描くチョコレートではない。ただ、このチョコレートたちに総称らしきものもない。チョコレートコーティング、チョコチップ、練り込み用チョコレートなど、用途ごとに呼ばれているだけである。ここでは後述する Codex Alimentarius(以下コーデックス規格)の言葉を借りて「コンパウンドチョコレート」と呼ぶことにする。ただし、本稿で説明するのはコーデックス規格で示されているコンパウンドチョコレートには限らない。

2 規 格



コンパウンドチョコレートを説明するにあたり、そもそも「チョコレートとは何か」を明確にしておく必要がある。

チョコレートはカカオ原料(カカオマス、ココアバターなど)、砂糖、粉乳類などで作られている菓子の一つである。この中で、カカオ原料こそがチョコレートの根幹となるものなので、カカオ原料の量を中心にチョコレートは規格化されている。

2.1 日本の規格

まずは日本のチョコレートの規準を図1、表1に示す。なお、日本ではチョコレートの規格は「チョコレートの表示に関する公正競争規約」(以下規約)の中で「基準」と記されている。

規約は業界内の自主ルールである。そのため、全国チョコレート業公正取引協議会の会員企業でなければ従う義務はない。しかし、この規準は日本チョコレート・ココア協会のホームページやチョコレート関連の本にも掲載されているので、会員企業でなくても規約に従っている場合が多い。

「表示に関する」と題されているとおり、内容は食品表示に関するさまざまな法令(食品表示法、計量法など)に追加する形で定められている。

図1は食品表示法で定められる「名称(種類別、種類別名称)」について明確にした基準である。チョコレート類ではこの4つの名称だけが認められている。市販されているチョコレート

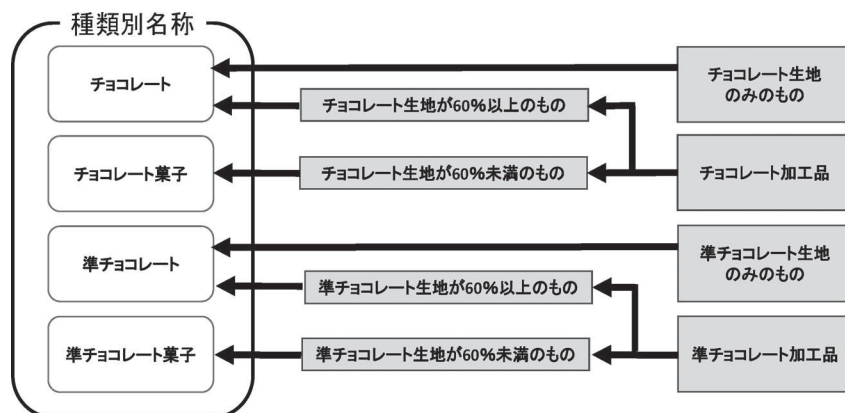


図1 日本のチョコレート表示の種類別名称

表1 日本のチョコレート生地・準チョコレートの生地の基準

生地のタイプ	チョコレート生地 (基本タイプ)	チョコレート生地 (カカオ分の代わりに乳 製品を使用したタイプ)	ミルク チョコレート生地	準チョコレート 生地 (基本タイプ)	準ミルク チョコレート生地
カカオ分	35%以上	21%以上	21%以上	15%以上	7%以上
うちココアバター	18%以上	18%以上	18%以上	3%以上	3%以上
乳固形分	—	カカオ分と合わせて 35%以上	14%以上	—	12.5%以上
うち乳脂肪	—	3%以上	3%以上	—	2%以上
水分	3%以下	3%以下	3%以下	3%以下	3%以下
総脂肪分	—	—	—	18%以上	18%以上

の裏面表示を見てもらえればわかるが、名称の欄に「ミルクチョコレート」とか「麦チョコ」とは書かれていない。

さらに見てみると、チョコレート以外の原料を使っても「チョコレート」と書けることがわかる。たとえば粉碎されたナッツやスナックを練り込んだバーチョコレートや、アーモンドをチョコレートで覆ったアーモンドチョコレートのように菓子と組み合わせたものは、「チョコレート加工品」に分類され、チョコレートの量が60%を超えていれば「チョコレート」となる。

そしてチョコレート部分(生地と呼ばれる)の基準を定めたものが表1である。表1では5種類の生地について説明している。「チョコレート生地(基本タイプ)」「チョコレート生地(カカオ分の代わりに乳製品を使用したタイプ)」「ミルクチョコレート生地」「準チョコレート生地(基本タイプ)」「準ミルクチョコレート生地」である。

ビターチョコレート、スイートチョコレート、ホワイトチョコレートといったよく聞く名前がない一方で、「準チョコレート」という聞き慣れないチョコレート名が出てくる。

実はビター、スイート、セミスweetなどといった名前に決まりはなく、これらはメーカーが自由なイメージでつけている。「ホワイトチョコレート」は「カカオ原料がココアバターのみのも」として解釈されており、同じ考えで「ホワイトミルクチョコレート」という名前が規約の解説書¹⁾に提示されている。ただ、後者の名はあまり見ない。ミルクが全く入っていない

この先をご覧いただくには、パスワードが必要です。

制限つきPDFにて電子試読を行っております。
(制限内容：閲覧期間の設定、コピーやプリントの禁止など)

PDFの閲覧には、パスワードと専用のビューア（無料）が必要です。

費用は一切かかりません。

※WindowsのPCでのみご覧いただけます。予めご了承ください。

パスワード

<https://www.nts-book.com/nts>の電子試読 より、
ページ下部のフォームからお申込み下さい。

ビューアのダウンロード

PDFは、株式会社スカイCOMの SkyPDF Viewer（無償のPDFビューア）をダウンロードすることで閲覧可能です。
※Adobe Acrobat Readerなど他のPDF閲覧アプリケーションでは
ご覧になれません。

SkyPDF Viewer 無償ダウンロード：

<https://www.skycom.jp/free/>

非モデル農作物のゲノムデータ解析



久留米大学
石井 一夫



【プロフィール】

資格・学位：博士(医学)，技術士(生物工学)，技術士フェロー，APEC エンジニア，IPEA 国際エンジニア，薬剤師

学歴：徳島大学大学院医学研究科博士課程 1995 年修了，静岡薬科大学大学院薬学研究科修士課程 1990 年修了，静岡薬科大学薬学部 1988 年卒業

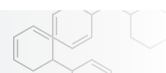
職歴：東京大学医科学研究所，理化学研究所，フランス国立遺伝子多型解析センター，米国ノースウエスタン大学 Feinberg 医学部，東京農工大学特任教授などを経て，2017 年より久留米大学バイオ統計センター准教授

受賞：情報処理学会優秀教育賞(2015 年度)，日本技術士会会長表彰(2006 年度)

専門分野：ビッグデータ分析，計算機統計学，数理モデリング，データマイニング，機械学習，人工知能。主に，医療分野におけるプログラミングに基づく大規模データ分析を専門とする。解析対象は，医療ビッグデータ(レセプト，健診データなど)，医療ゲノムデータ(次世代シーケンサー，マイクロアレイ，プロテオーム，メタボローム)，医療 IoT データ(画像診断データ，医療用センサーデータ)などで，医学研究，医療経済研究，医療経営研究，医療政策提言などを行う。さらに，農業分野のビッグデータ解析，ゲノム解析，スマート農業なども研究対象としている

特技・趣味：プログラミングで，C, C++, Java, Perl, Python, Ruby, R, Lisp, Scala, Go, Rust, Julia, Swift, JavaScript などの言語を使用する。Linux を用いたスパコンやクラウドでのプログラミングを好む。基本的に自然言語・プログラミング言語を問わず言語は好き；英語，フランス語，ドイツ語，その他ラテン系言語(スペイン語，イタリア語など)

1 はじめに



イネ *Oryza sativa*¹⁾²⁾, コムギ *Triticum*³⁾⁻⁵⁾, オオムギ *Hordeum vulgare*⁶⁾⁷⁾, トウモロコシ *Zea mays*⁸⁾⁹⁾, ソルガム *Sorghum bicolor*¹⁰⁾¹¹⁾ などのイネ科および、ダイズ *Glycine max*¹²⁾, アズキ *Vigna angularis*¹³⁾ などのマメ科などの穀物は、重要な食糧源およびエネルギー源となっている主要な農産物であり、世界的レベルで詳細なゲノム解析が行われている。このため、植物研究のモデル生物としてゲノム編集¹⁴⁾を含む育種研究が進んでいる。これらの研究成果は、育種の効率化において、収量の増大、寒冷や高温、乾燥などへの耐性付与、あるいは耐病性の付与などに貢献している¹⁵⁾。

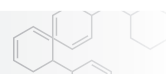
一方、穀物以外の、野菜・果実・ナッツなどの非穀物、非モデル生物種の農作物は、ポリフェノール¹⁶⁾, ペプチド¹⁷⁾, 不飽和脂肪酸¹⁸⁾, ビタミン類¹⁹⁾, ミネラル¹⁹⁾, 食物繊維²⁰⁾などの多種多様な機能性成分を豊富に含むことから、高付加価値食品として重要である。

しかし、非穀物、非モデル生物種の農作物は、穀物類に比べて多種多様な生物種を含んでいる。ゲノム解析のコストはいまだに高く、穀物類に比べて研究リソース(研究者人口や、研究機器、研究資金など)が少ないことから、ゲノム配列解析が進んでいない。このため参照配列として使えるデータベースの整備も穀物類に比べて未整備である。したがって次世代シーケンサーが登場するまでは非穀物、非モデル生物種の農作物のゲノム多型解析、ゲノム発現定量解析、エピゲノム解析などのゲノム解析を試みることは困難であった。

しかし、次世代シーケンサーが、商用化、実用化され、その普及が進んだ2010年ごろから、このような非穀物、非モデル生物種の農作物に対してもゲノム解析が可能となり、農作物の機能解析研究や育種、ブランド戦略に活用されるようになってきている。

本稿では、これら非穀物および非モデル生物種の農作物ゲノム解析の概要に関して、データ解析の視点から述べ、その後、筆者の関係した事例を中心に解析事例を紹介する。

2 なぜ非モデル農作物のゲノム解析が重要か？



2.1 モデル農作物

モデル生物とは生物学において、普遍的な生命現象の研究に用いられる生物のことである。地球上の生物は大きさも形も多種多様であるが、共通の祖先に由来するよく似た遺伝子を持っている。このため、分子生物学や遺伝学的研究においては、生育期間が短くて実験的扱いがしやすく、比較的ゲノムサイズが小さく全ゲノム配列のわかっている生物をモデル生物として利用することが多く、大腸菌や酵母は頻繁にモデル生物として利用される。

代表的なモデル生物には、単細胞生物では大腸菌 *Escherichia coli*²¹⁾, 酵母 *Saccharomyces cerevisiae*²²⁾⁻²⁴⁾, 多細胞生物ではショウジョウバエ *Drosophila melanogaster*²⁵⁾, 線虫 *Caenorhabditis elegans*²⁶⁾, ゼブラフィッシュ *Danio rerio*²⁷⁾, マウス *Mus musculus*²⁸⁾, 植物ではシロイヌナズナ *Arabidopsis thaliana*²⁹⁾ などがある。農作物では、イネがモデル生物として認知されている。イネ以外には、トウモロコシ、コムギ、ダイズ、トマト *Solanum lycopersicum*³⁰⁾, タバコ *Nicotiana tabacum*³¹⁾ など、比較的生産量が多い、世界各地で生産されている普遍的な

農産物がモデル生物として用いられることもある。いわゆるエネルギー供給源としてイネ科やマメ科などの穀物に分類される植物が用いられることが多い。

2.2 機能性食品としての非モデル農作物

しかし、いうまでもなくこのような主要農産物以外に、食糧供給という意味では、野菜・果実・ナッツなどの多種多様な農産物の育種と安定供給が重要である。これらは、ビタミン¹⁹⁾、ミネラル¹⁹⁾、各種アミノ酸などの各種栄養素のほか、さまざまな機能的効果が期待される成分である機能性成分を含んでいる。

機能性成分とは、生命活動に必須の栄養素では無いものの、健康を維持したり、抗酸化性を示したり、発がん性物質などの有害物質の作用を緩和するなどのさまざまな機能的効果が期待される成分である。たとえば、温州みかんの「 β -クリプトキサンチン」³²⁾や、お茶の「カテキン」³³⁾、大豆の「イソフラボン」³⁴⁾、発芽玄米に含まれるアミノ酸のひとつである「 γ -アミノ酪酸(GABA)」³⁵⁾などが知られている。これら機能性成分は、糖尿病や高血圧、高脂血症などの生活習慣病の予防にも役立つ成分と考えられている。表1に健康への好影響が知られている非モデル農作物の例を、そのよく知られている機能成分と効能、ゲノムサイズと並べて示す(注：これら機能成分には学術的に効能が確立されていないものも含まれている)。

2.3 地域振興農産物ブランドとしての非モデル農作物

これらの農産物には、各種の野菜、果実が含まれ、日本の各地域の特産物ブランドとなっている重要な農作物も多い。愛媛や和歌山のミカン、福岡や栃木のイチゴ、徳島や岩手のシタケなどが挙げられる。最近では、日本国内のイチゴ品種が海外に流出して栽培され、海外の特産農産物として販売され問題となった例もある。これらのことから、各種機能性農産物のゲノム育種や、ゲノム機能解析評価による安定供給や、ゲノム解析による地域農産物のブランド保護という点から、非モデル農作物のゲノム解析は極めて重要なものである。

表1 機能成分を含む非モデル農作物の例とそのゲノムサイズ

非モデル農作物	機能成分	効 能	ゲノムサイズ
シタケ	β -グルカン	免疫賦活作用、抗がん作用	36 Mb
ブルーベリー	アントシアニン	視機能の改善や視力低下の防止	500 Mb(2 倍体)
温州ミカン	β -クリプトキサンチン	抗酸化作用、がん予防	360 Mb
クルミ	オメガ3 脂肪酸	心筋梗塞、糖尿病などの予防	600 Mb
イチゴ	ビタミン C	抗酸化作用、がん予防	800 Mb(8 倍体)

この先をご覧いただくには、パスワードが必要です。

制限つきPDFにて電子試読を行っております。
(制限内容：閲覧期間の設定、コピーやプリントの禁止など)

PDFの閲覧には、パスワードと専用のビューア（無料）が必要です。

費用は一切かかりません。

※WindowsのPCでのみご覧いただけます。予めご了承ください。

パスワード

<https://www.nts-book.com/nts>の電子試読 より、
ページ下部のフォームからお申込み下さい。

ビューアのダウンロード

PDFは、株式会社スカイコムの SkyPDF Viewer（無償のPDFビューア）をダウンロードすることで閲覧可能です。
※Adobe Acrobat Readerなど他のPDF閲覧アプリケーションでは
ご覧になれません。

SkyPDF Viewer 無償ダウンロード：

<https://www.skycom.jp/free/>

エキス調味料の調味・減塩・健康機能



石田技術士事務所
所長
石田 賢吾



【プロフィール】

技術士(農業部門), 農学博士, (公社)日本技術士会(登録 食品技術士センター/登録 食品産業
関連技術懇話会)会員, 日本エキス調味料協会 顧問

〔略 歴〕

1962年 協和発酵工業(株)(現:協和キリン(株))入社, 東京研究所(食品基礎研究)
1978年 同社 食品酒類研究所 主査, 所長(調味料, 健康食品, タンパク等の開発研究)
1978年 農学博士(東京農業大学 酵素利用によるアミノ酸系調味料の製造に関する研究)
1990年 同社 本社 食品開発部長(食品事業の企画・開発)
1995年 味日本(株)出向 専務取締役(研究開発, 生産担当)
2002年 協和発酵工業(株)定年退職, 石田技術士事務所開設(技術士登録番号 37610)
2003年 日本エキス調味料協会 専務理事(2003~2017), 顧問(2018~現在)
2006年 (公社)日本技術士会, 登録 食品技術士センター会長(2008~2012)
2019年 HACCP の考え方を取り入れた衛生管理のための手引書作成
(小規模なエキス調味料事業者向け)・作業部会 座長

〔投稿・著書・講演・趣味〕

学会誌: 日本食品工業学会誌(天然調味料に関する研究第1~7報, 総説: 天然調味料の製造と
利用), 食品関連業界誌(月刊フードケミカル他 多数投稿 エキス調味料関連)

著 書: 「微生物と発酵生産」分担執筆(酒類及び発酵食品)・共立出版(1978)
「食品工業と酵素」分担執筆(タンパク分解酵素と調味料)・朝倉書店(1983)
「隠し味の科学」分担執筆(エキス類)・幸書房(1994)
「天然調味料の現状とその利用技術」工業技術会(1996)
「改訂版天然調味料総覧」分担執筆(天然調味料の定義)・食品化学新聞社(2005)
「食品技術の革新に挑む」分担執筆(カニ蒲鉾用調味料, ビーフエキス)・幸書房(2006)
「改訂新版食品調味の知識」改訂編著・幸書房(2019)

座 長: 「おいしい減塩プロジェクト」(セミナー)・食品化学新聞社(2014~2019 6回)

趣 味: 囲碁, ゴルフ, 日本酒

お問合せ先: 〒252-0316 神奈川県相模原市南区双葉 2-1-18

Tel&Fax 042-766-8176 E-mail: kengo-ishida@jcom.home.ne.jp

1 はじめに

食品工業の目的は、農・水・畜産物の嗜好性、保存性および利便性を高めることにある。なかでも食品においては、嗜好性が極めて重要である。人類の食に関する技術的革新はこの美味しさの追及によるものが多い。同時に、医食同源といわれるように、食べて健康を増進する健康機能も重要である。

食べ物の美味しさを佳良にするものが調味料であり、なかでもブイヨン、だしのようなエキスやそれを2次加工した調味料は、加工食品や家庭、レストランなどで広く利用されている。

食塩は身体に欠くことのできないミネラルであると同時に、極めて重要な調味料であるが、過剰摂取による健康問題も指摘されている¹⁾。ここでは、食べ物の美味しさ、エキス調味料の概要、食塩の重要性と過剰摂取の問題点、エキス調味料による減塩と健康機能について解説する。

2 食品の美味しさと風味成分

2.1 食品の美味しさと基本味

食品の美味しさは、主観的なものであるが、図1のようにまとめられている²⁾。

図1に示すように、食品の美味しさは、甘・酸・塩・苦・うま味の基本味に辛味、渋味、コク味などが加わって味が形成され、香り、テクスチャー、色、音などの総合的感觉によって食味(フレーバー)が形成される。これらは、外部環境、食文化、生体状況によって影響を受ける。

この美味しさの中で重要な基本味は、甘味、酸味、塩味、苦味、うま味から成り立ち、その条件は、「①明らかに他の味と違う味である、②普遍的な味である、③他の基本味を組合わせてもその味を作り出せない、④他の基本味と独立の味であることが、神経生理学的・生化学的に証明される味である。」とされている³⁾。

これらの基本味が、ヒトに対してどのような生理学的情報を持っているかを表1に示した。

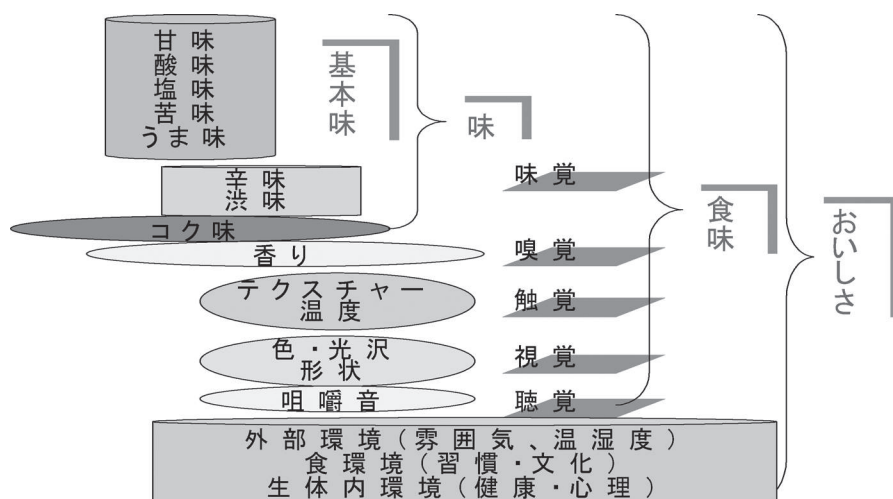


図1 食品の美味しさ(うま味の普及会の資料を一部改変)²⁾

ヒトの味覚は、食物摂取時の選択や忌避に関与し、また体内の栄養状態に影響を受ける。

お腹が空いたときには甘味のグルコースを好み、発汗したときには塩味の食塩を欲する。第5番目の基本

味として1985年に認定されたうま味は、たん白質摂取による体内へのアミノ酸補充の重要な役割を有する。酸味は、腐敗したときや未熟の果実の味であり、忌避すべき味の一種であるが、同時に運動の後に欲求の高まるクエン酸などの味でもある。苦味は毒物のシグナルであり、ヒトが味により経験的に食品の安全性と健康に良い食べ物を選別してきたことを物語っている。

表1 基本味とそのシグナルおよび生理学的な意義⁴⁾

基本味	シグナル	生理的意義
甘 味	糖のシグナル	エネルギー補給(グルコースなど)
塩 味	ミネラルのシグナル	ミネラルの補給(ナトリウム、カリウムなど)
酸 味	腐敗物のシグナル	腐敗物の忌避、エネルギー補給(酢酸、クエン酸など)
苦 味	毒物のシグナル	毒物の忌避、薬物識別(植物アルカロイドなど)
うま味	たん白質のシグナル	たん白質補給(アミノ酸など)

2.2 食品の風味生成とその成分

食品の風味は、そのエキスイ成分に由来するものである。食品原料である動植物体を構成している成分のうち、温水または熱水で抽出した溶液から、脂質などの不溶解物を除いたものをエキスイと呼ぶ。エキスイの内容は非常に複雑で、遊離アミノ酸、ペプチド、核酸関連物質、糖類、有機酸類、有機塩基類、含硫化合物および無機塩類などがある。その構成物や二次的な自己消化、熟成、加熱などにより各種食品の美味しさが形成されている。

このようなエキスイを中心とする食品のフレーバーが生物体より生成される過程は大別して表2のように分類される。

新鮮な果物や野菜では第1次フレーバー成分、干し柿や熟成させたまぐろなどは第2次、ローストビーフやスープ、煮物など加熱調理を行うものには第3次フレーバー成分が関与する。

以上のような工程で生成する食品の風味に関与する主要成分の概要を表3に示す。食品の味に関与する成分は、スープストックで

表2 食品フレーバー生成の分類

分 類	フレーバーの構成成分
第1次フレーバー	生物体の正常な代謝過程を通じて生合成され、農・水・畜産物の収穫、捕獲、屠殺時に存在している成分(プリハーベストで生成された成分)
第2次フレーバー	生物体のポストハーベスト(収穫、捕獲、屠殺後)の生体の組織、細胞の自己消化、生分解によって生成する成分
第3次フレーバー	加熱、乾燥、調理、加工、貯蔵などの工程によって生成するフレーバー

表3 食品の味を構成する主要呈味成分

含窒素化合物	アミノ酸、ペプチド 他 グアニジン化合物(クレアチン、クレアチニン 他) イミダゾール化合物(アンセリン、カルノシン 他) トリメチルアンモニウム化合物(トリメチルアンモニウムオキサイド、ベタイン 他) 核酸関連物質(ヌクレオチド、ヌクレオシド 他)
有機酸	乳酸、酢酸、コハク酸、フマル酸、クエン酸、リンゴ酸、 γ -アミノ酪酸 他
糖 類	グルコース、リボース、グリコーゲン、マンニトール、グルコース-6-リン酸 他
無機塩	リン、ナトリウム、カリウム、マグネシウム、カルシウム 他
油 脂	油脂および油脂関連物質(EPA、DHA 他) 他
その他	ビタミン類、解糖中間生成物、たん白、メイラード反応生成物、含硫化合物 他

この先をご覧いただくには、パスワードが必要です。

制限つきPDFにて電子試読を行っております。
(制限内容：閲覧期間の設定、コピーやプリントの禁止など)

PDFの閲覧には、パスワードと専用のビューア（無料）が必要です。

費用は一切かかりません。

※WindowsのPCでのみご覧いただけます。予めご了承ください。

パスワード

<https://www.nts-book.com/nts>の電子試読 より、
ページ下部のフォームからお申込み下さい。

ビューアのダウンロード

PDFは、株式会社スカイコム の SkyPDF Viewer（無償のPDFビューア）をダウンロードすることで閲覧可能です。
※Adobe Acrobat Readerなど他のPDF閲覧アプリケーションでは
ご覧になれません。

SkyPDF Viewer 無償ダウンロード：

<https://www.skycom.jp/free/>

アミノ酸の工業生産



佐野技術士事務所
代表
佐野 千明



【プロフィール】

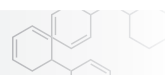
資格・学位：技術士(生物工学部門)，博士(農学)

略 歴：1977 年 東京大学農学研究科修士課程(農芸化学)修了，味の素株式会社 入社
1998 年 味の素ユーロリジン社(在フランス)出向
2001 年 博士(農学)の学位取得，東京大学
2003 年 味の素株式会社 生産技術開発センター長
2013 年 味の素株式会社 常務執行役員 イノベーション研究所長を退任
2014 年 公益社団法人日本農芸化学会事務局長
2015 年 東京農業大学 非常勤講師
2016 年 公益社団法人日本農芸化学会事務局長 退任
2017 年 技術士(生物工学)登録 第 88850 号，佐野技術士事務所 代表
2019 年 公益社団法人日本技術士会 生物工学部会 副部会長

所 属 学 会：日本農芸化学会，日本生物工学会，化学工学会，日本結晶成長学会，
アメリカ化学工学会，アメリカ化学会 など

その他資格：第一種公害防止管理者(水質)，危険物取扱主任者(甲)，
第一級アマチュア無線技士 など

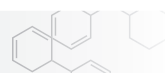
1 はじめに



我々の体は種々の物質から構成されるが、なかでも最も重要な機能を果たしている物質はタンパク質である。タンパク質は英語では protein と呼ばれ、ギリシャ語の第一の意味を持つ言葉プロトスから命名された。タンパク質は生体の成分として、筋肉や臓器など身体を構成する一方、生体反応を触媒する酵素を形成するなど極めて多彩な機能を持つ。タンパク質は 20 種類のアミノ酸で構成され、各アミノ酸のつながり方で決まる立体構造によりその機能を発揮する。アミノ酸配列情報は DNA の核酸塩基配列として保存されており、必要なときに DNA 情報が mRNA に写し取られ(転写)され、20 種類のアミノ酸に結合した tRNA がリボソーム上で mRNA の 3 塩基ずつの配列(コドン)を認識して、対応するアミノ酸が合成中のペプチドに結合し、最終的にタンパク質が構成(翻訳)される。したがって、生体において最も重要な働きをしているタンパク質の機能はアミノ酸によって形成されているといえる。これらタンパク質を構成するアミノ酸以外にも、尿素回路の中間体である L-オルニチン、L-シトルリン、またイミダゾールジペプチドを構成する β -アラニン、抑制性の神経伝達物質として知られる γ -アミノ酪酸(GABA)、お茶のうま味成分である L-テアニン、ヘムやクロロフィルの原料となる 5-アミノレブリン酸(ALA)など多くの重要な機能を持つアミノ酸などが知られている。

世界初のアミノ酸の工業生産は、1908 年、東京帝国大学理科大学化学科教授池田菊苗博士の特許「グルタミン酸塩を主成分とする調味料製造法」¹⁾を鈴木製薬所(現、味の素(株))の鈴木三郎助が事業化したことから始まる²⁾³⁾。当初、グルタミン酸の生産は、小麦グルテン、脱脂大豆などタンパク質加水分解法によったが、1956 年、協和発酵工業(株)(現、協和発酵バイオ(株))によるグルタミン酸生産菌の発見⁴⁾を契機に、1960 年代初めには、糖からの直接発酵法へ切り替わった。日本は、グルタミン酸以外のアミノ酸も、その製法や用途を世界に先駆けて開発し、世界をリードしてきた歴史を持つ。ここでは、日本発のバイオ産業として、アミノ酸の工業生産の発展をその基盤となった技術を含めて解説する。

2 アミノ酸の構造



2.1 基本構造と光学活性⁵⁾

タンパク質を構成しているアミノ酸は 20 種類であるが、環状アミノ酸であるプロリンを除いて、同一の炭素(α 炭素)にアミノ基とカルボキシル基、側鎖(R 基)と水素が結合して正四面体を形成している。このようなアミノ酸を α -アミノ酸と呼び、側鎖が水素であるグリシンを除いてこの α 炭素はキラル中心(不斉炭素)である。側鎖を下に配置した場合、アミノ基が左にくる分子を L 型立体異性体(L 体)、右にくる分子を D 型立体異性体(D 体)と呼ぶ(図 1)。L 体と D 体は鏡像異性体(エナンチオマー)である。本稿では、アミノ酸名のみを記した場合は L 体を示すものとする。その他、D 体との区別が必要な場合は L-と表記し、D-アミノ酸は D-と表記する。

生物が作るタンパク質を構成するアミノ酸は L 体のみである。原始地球にあっては確率的に L 体と D 体が半々で生成されたと考えられるが、なぜタンパク質は L-アミノ酸のみから構

成されるのかは生物学上の大きな謎である。L 体と D 体が半々に存在する世界がもし存在したなら、タンパク質の特異的な分子認識構造は作りにくくなり、立体異性体が倍増して目的の機能を持つタンパク質の生産効率は低下して、L 体または D 体のみから構成され

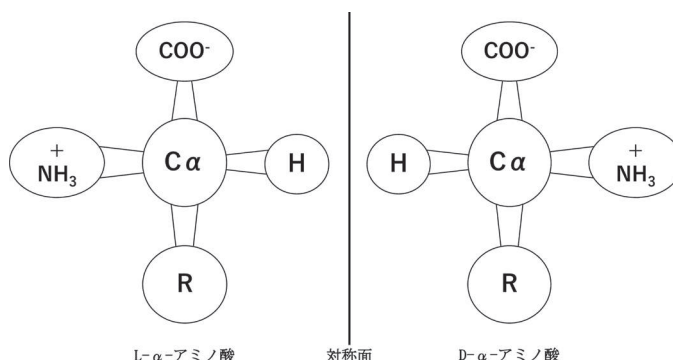


図1 α -アミノ酸における立体異性

る生物に対して生存上の優位性を保ち得なかったかもしれない。しかし、なぜ生物において L 体が優位となったかの疑問は残る。

D-アミノ酸は、長らく細菌の膜成分であるペプチドグリカンなど限られた成分と考えられてきたが、近年分析技術の急速な進歩により多くの生物機能において D-アミノ酸の関与が報告されるようになってきた。食品の例では、納豆のネバネバ成分である PGA(ポリグルタミン酸)には半分程度 D-グルタミン酸が含まれ⁶⁾、その他の発酵食品にも D-アミノ酸が多く見だされている。歴史的に人類は D-アミノ酸の食経験を持ってきたが、自身のタンパク質の構成成分として D-アミノ酸を取り入れてこなかった。また、D-アミノ酸の一つである D-セリンはヒトの脳に多く分布し、神経伝達を助け、D-アスパラギン酸はホルモンの分泌を制御しているといわれている⁷⁾。これらの D-アミノ酸は L-アミノ酸のように酵素反応の基質になりにくく、代謝されにくいいため、溶存状態で両性電解質として緩衝機能や浸透圧調整機能、また生体信号の伝達機能を担っているとも考えられる。2013 年には、D-アミノ酸学会⁸⁾も発足し、今後の研究によりさらに多くの新たな機能の発見が期待される。

2.2 タンパク質を構成する L- α -アミノ酸側鎖の構造による分類

これらのアミノ酸はその側鎖(R)によって、一般的には、非極性の脂肪族側鎖、極性の脂肪族側鎖、芳香族側鎖、正荷電性側鎖、負荷電性側鎖と 5 種類に構造的に分類される(表 1)。個々のアミノ酸の特性、代謝、用途、食品中含量については、成書に詳しい記述がある^{9)~12)}。

2.2.1 非極性の脂肪族側鎖を持つアミノ酸

グリシン、アラニン、メチオニン、プロリン、分岐鎖アミノ酸であるバリン、ロイシン、イソロイシンがある。グリシン、アラニンは側鎖が小さく疎水性相互作用には寄与しない。メチオニンは、側鎖に S を持ちチオエーテル構造を形成するため弱い極性がある。プロリンは強固な環状の独特の構造を持ち、疎水性は低く極めて水に溶けやすい。分岐鎖アミノ酸は疎水的な側鎖を持ち、その結晶は側鎖が積み重なった構造をとり、分岐鎖アミノ酸どうして混晶を作りやすい。この疎水的側鎖は疎水性相互作用を生じ、タンパク質の構造の安定に役立つとともに、酵素においては芳香族アミノ酸と同様に基質分子の疎水的構造を認識する役割を持つ。

この先をご覧いただくには、パスワードが必要です。

制限つきPDFにて電子試読を行っております。
(制限内容：閲覧期間の設定、コピーやプリントの禁止など)

PDFの閲覧には、パスワードと専用のビューア（無料）が必要です。

費用は一切かかりません。

※WindowsのPCでのみご覧いただけます。予めご了承ください。

パスワード

<https://www.nts-book.com/nts>の電子試読 より、
ページ下部のフォームからお申込み下さい。

ビューアのダウンロード

PDFは、株式会社スカイコム の SkyPDF Viewer（無償のPDFビューア）をダウンロードすることで閲覧可能です。
※Adobe Acrobat Readerなど他のPDF閲覧アプリケーションでは
ご覧になれません。

SkyPDF Viewer 無償ダウンロード：

<https://www.skycom.jp/free/>

産業用酵素の展望



白兼バイオ技術士事務所
代表
白兼 孝雄



【プロフィール】

資格・学歴・職歴 技術士(生物工学部門), 博士(工学), サイエンスライター: 広島大学 大学院工学研究科発酵工学専攻: キッコーマン(株) 研究開発に従事

〔著 書〕

小巻利章(原著者), 白兼孝雄(改訂編著者): 改訂新版 酵素応用の知識, 幸書房(2019).

P. P. De Deyn *et al.* (Eds.) "Guanidino Compounds in Biology & Medicine", John Libbey & Company Ltd., London (1992). ほか

〔趣 味〕

1) マラソン〔2020年1月現在, フルマラソン 60回完走〕

・ Abbott World Marathon Majors-Six Star Finisher

6大マラソンとは: ボストン, ニューヨークシティ, シカゴ, 東京,
ベルリン, ロンドン

・その他の海外マラソン: ローマシティ, パリ, コペンハーゲン, ス
tockholm, 北京, 上海, シンガポールほか

・ウルトラマラソン/ウォーキング大会: しまなみ海道 100 km ウルト
ラ遠足^{とおし}~完走/三河湾チャリティー100 km 歩け歩け大会~完歩

2) 山歩き〔現在は高尾山などの低山ハイキング〕

・ホテル・エベレスト・ビュー(標高 3880 m; シャンボチエ, ネパール)展望テラスから, 最
高峰エベレストを眺望(ただしホテルに宿泊でなくテラスでコーヒーのみ楽しむ)

・海外/国内山歩き: 玉山(3952 m, 台湾), キナバル山(4095 m, マレーシア), トルーカ山
北峰(4620 m, メキシコ)ほか/富士山(3776 m), 北岳, 奥穂高岳, 槍ヶ岳ほか

3) 囲碁〔現在はザル碁〕

4) 一人旅(旅ラン, 鉄道の旅)〔現在は主に国内〕

(ヨーロッパ) ローマ→ベネチア→ブダペスト→ウィーン→プラハ→チューリッヒ→ジュ
ネーブ→パリ / ほか (アメリカ) ボストン→シカゴ→シアトル / ほか



2016年
ロンドンマラソン

1 はじめに^{1)~9)}

酵素とは、生細胞のみが生産しうる特異的な触媒作用を有するタンパク質性の物質である。さらに酵素の一般的な特性や用途などを理解するため、ここに国語辞典(大辞林 第三版)の説明を引用しておく。

(酵素とは)生物の細胞内で合成され、消化・呼吸など、生体内で行われるほとんどすべての化学反応の触媒となる高分子化合物の総称。タンパク質だけまたはタンパク質と低分子化合物とから成る。その種類は多種多様で、化学反応に応じて作用する酵素の種類が異なる。酒・味噌の醸造をはじめ、食品工業・製薬工業に広く利用される。エンザイム。エンチーム。

酵素科学は、微生物学、ビタミン学、タンパク質科学、および核酸科学の発展とあいまって確立されてきた。図1に、酵素科学の成立ちと利用技術について概略を示す。また、初期の酵素科学の歴史(1800年代~1900年代前半)を表1に示す。

1833年に、フランスの生化学者ペイアンとペルソが、麦芽からデンプンを分解する成分を発見(酵素を物質として初めて抽出)し、ジアスターゼと命名した。1836年には、ブタ胃粘膜の抽出液からペプシンが見出された。

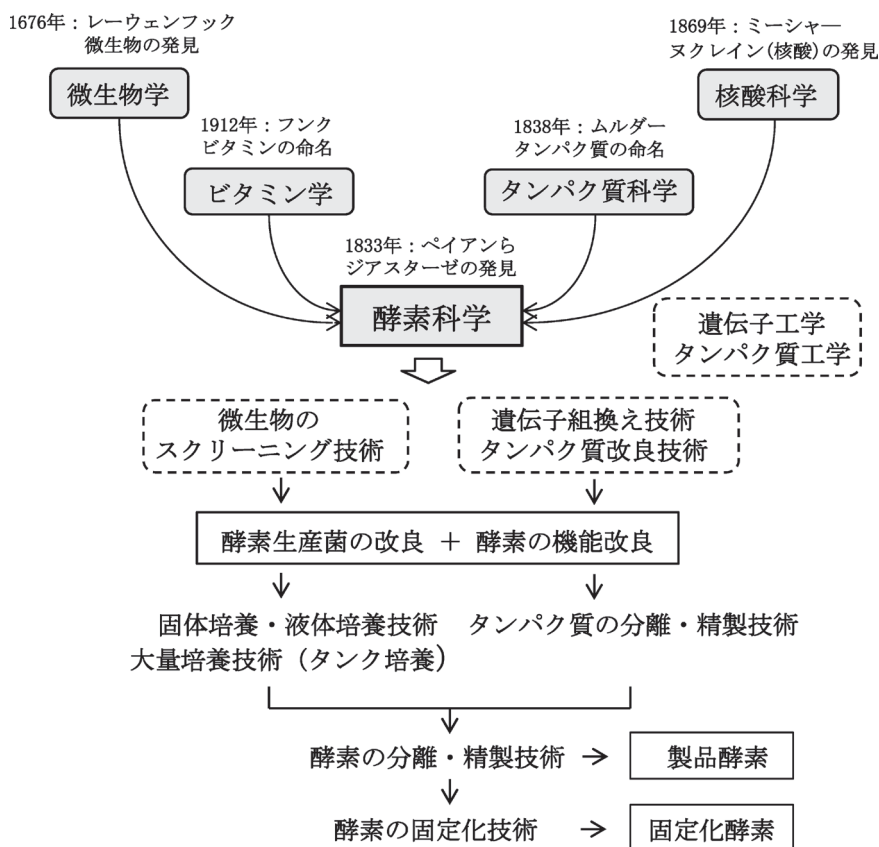


図1 酵素科学の成立ちと利用技術⁸⁾

表 1 酵素科学の歴史(1800 年代～1900 年代前半)

年 代	研究者	業 績
1833 年	ペイアン(A. Payen) ペルソー(J. F. Persoz)	麦芽からデンプンを分解する成分を発見しジアスターゼと命名
1836 年	シュワン(T. Schwann)	ブタの胃粘膜から肉を消化する成分を見出しペプシンと命名
1837 年	ベルセリウス(J. J. Berzelius)	酵素反応を化学反応として捉えた触媒作用の概念を提唱
1860 年	ベルテロ(P. E. M. Berthelot)	ビール酵母からインベルターゼを発見
1876 年 1878 年	キューネ(F. W. Kühne)	ウシ膵液から消化酵素トリプシンを発見 酵素を「酵母の中にあるもの」の意味から enzyme と命名
1894 年	フィッシャー(H. E. Fischer) 高峰譲吉	酵素の基質特異性は「鍵と鍵穴」の関係にあると発表 タカジアスターゼの発明
1897 年	ブフナー(E. Buchner)	アルコール発酵が酵母無細胞抽出液(チマーゼ)で起こることを発見
1898 年	デュクロー(P. É. Duclaux)	酵素に“ase”という接尾語を付けることを提唱
1903 年	アンリ(V. Henri)	酵素-基質複合体を形成するという考え(反応速度論)を提唱
1905 年	ハーデン(A. Harden) ヤング(W. J. Young)	酵素の作用に必要な低分子物質(補酵素)の存在を実証
1913 年	ミカエリス(L. Michaelis) メンテン(M. L. Menten)	アンリの考えを受けて「ミカエリス-メンテン式」を発表
1922 年	フレミング(A. Fleming)	涙、唾液、鼻汁などからリゾチームを発見
1926 年	サムナー(J. B. Sumner)	タチナタマメのウレアーゼを初めて酵素結晶として単離
1930 年	ノースロープ(J. H. Northrop)	ペプシンの結晶化
1932 年	ワールブルグ(O. H. Warburg) クリスチャン(W. Christian)	フラビンタンパク質(黄色酵素)を発見
1941 年	ビードル(G. W. Beadle) テータム(E. L. Tatum)	「一遺伝子一酵素説」を提唱

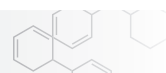
1878 年に、ドイツの生理学者キューネは酵素を「酵母の中にあるもの」の意味から“enzyme”と命名した。1894 年に、ドイツの化学者フィッシャーは酵素の基質特異性を説明するため「鍵と鍵穴説」を発表した。1898 年には、フランスの生物学者・化学者デュクローが酵素名の語尾に“ase”を付けることを提唱した。

1926 年に、アメリカの化学者サムナーがタチナタマメからウレアーゼを結晶化し、酵素の本体がタンパク質であることを証明した。1930 年には、ペプシンも結晶化された。

1941 年に、アメリカの遺伝学者ビードルとテータムは 1 つの遺伝子が 1 つの酵素に対応することを発表した(一遺伝子一酵素説)。

このようにして発展してきた酵素科学は、関連する科学領域の知見や技術と融合し、図 1 に示したような系統的な酵素の生産、分離精製、そして酵素の製品化の技術が生まれ、現在の酵素産業が構築された。

2 酵素の分類



2.1 酵素の分類命名法^{9)10)~16)}

1961 年に、国際生化学連合(IUB)(現在の国際生化学分子生物学連合, IUBMB)の酵素委員会は、酵素の系統的な分類命名法を制定した。この方法において酵素には、反応特異性と基質特異性の違いにより 4 組の酵素番号(EC 番号, Enzyme Commission numbers)(EC X.X.X.X)

この先をご覧いただくには、パスワードが必要です。

制限つきPDFにて電子試読を行っております。
(制限内容：閲覧期間の設定、コピーやプリントの禁止など)

PDFの閲覧には、パスワードと専用のビューア（無料）が必要です。

費用は一切かかりません。

※WindowsのPCでのみご覧いただけます。予めご了承ください。

パスワード

<https://www.nts-book.com/nts>の電子試読 より、
ページ下部のフォームからお申込み下さい。

ビューアのダウンロード

PDFは、株式会社スカイCOMのSkyPDF Viewer（無償のPDFビューア）をダウンロードすることで閲覧可能です。
※Adobe Acrobat Readerなど他のPDF閲覧アプリケーションでは
ご覧になれません。

SkyPDF Viewer 無償ダウンロード：

<https://www.skycom.jp/free/>

技術士視点から見た6次産業化の課題と成功のポイント



AGURI DESIGN
COMPANY 株式会社
代表取締役
山下 雄



【プロフィール】

資格：技術士(農業部門)，国際エンジニア，APEC エンジニア(Bio)

文部科学省国家資格である技術士(農業部門 農芸化学)のなかでも、6次産業化支援、GAP、ノウフク(農福)、土壌肥料および土壌改良、肥料品質の技術専門コンサルタントです。技術士国際基準のIPEA 国際エンジニアおよびAPEC エンジニアの資格も取得しております。農林水産業に関するコンサルティングを得意とし、作物の適性に合わせた土づくりや土壌分析、収量増加技術など、現場におけるあらゆる問題点を専門的な知識と経験からトータル的にアドバイスいたします。支援地域は国内だけにとどまらず海外農業分野技術支援を行っております。主にアジア地域で、現在は中国国内全土、台湾、ベトナム、マレーシア、シンガポールへ支援中です。国内外でのオンラインでの個別相談、セミナー、WEB 会議、電話相談も行っていますのですぐに現場で必要になった時に海外からでもどこからでも対応可能です。

ご依頼等のご連絡はこちら >>>

山下雄	YU YAMASHITA
Email	onlineacademy@aguridesign.com
HP	https://aguridesign.com
FACEBOOK	https://www.facebook.com/AguriDesignCompany
OFFICE	静岡県掛川市富部 693-1 AGURI DESIGN 桜木ビル A
PHONE	0537-29-8571
FAX	0537-29-8572



ホームページは
こちら



メールはこちら

1 「6次産業化」とは



農林漁業の6次産業化とは、第1次産業としての農林漁業と第2次産業としての加工および製造業、そして第3次産業としての小売業の流通販売を足し算($1+2+3=6$)または掛け算($1\times 2\times 3=6$)で表したものである(図1)¹⁾。これは総合的かつ一体的な推進を図り、農山漁村の豊かな地域資源を活用して新たな付加価値を生み出す取り組みのことである。

今まで、生産者による直接販売はごく限られた人達が行っていた。通常は市場流通に乗せた共選での販売が主である。そのため生産者の収益は加工・製造の第2次産業や流通・販売に係る第3次産業に比べてあまり多くないのが現状である。そこで、生産者はさらなる高付加価値や収益の向上を目指し加工・製造業や流通販売まで行い、最終消費者にできるだけ近いところへ届けることにより収益を上げるビジネスモデルを構築した。それが6次産業化である。

他産業からの参入や異分野の技術およびノウハウを取り入れて、新商品や新サービスを提供し最終消費者へと届ける。このスキームは農商工連携と対になっている。農商工連携のイメージとしては、中小企業者が農林漁業者と連携し、新しいサービス商品を開発していく上で長期的、安定的な取引を契約することである。商品サービスの共同開発を行うことで、中小企業者は技術とノウハウを農林漁業者は原料である農林水産物を提供し最終消費者に届ける。

6次産業化が生産者主体で作り上げているビジネスモデルに対し、農商工連携は中小企業が主体になったビジネスモデルとして捉えてもいいだろう(図2)¹⁾。

6次産業化のポイントとしては、今まで生産者は自分の作った農産物を市場流通に乗せるこ

1 6次産業化とは

「一次産業としての農林漁業と、二次産業としての製造業、三次産業としての小売業等の事業との総合的かつ一体的な推進を図り、地域資源を活用した新たな付加価値を生み出す取組」

(「地域資源を活用した農林漁業者等による新事業の創出等及び地域の農林水産物の利用促進に関する法律」(六次産業化・地産地消法)の前文より)

(法律の公布日：平成22年12月3日、施行日：地産地消関係は平成22年12月3日、6次産業化関係は平成23年3月1日)

【参考】

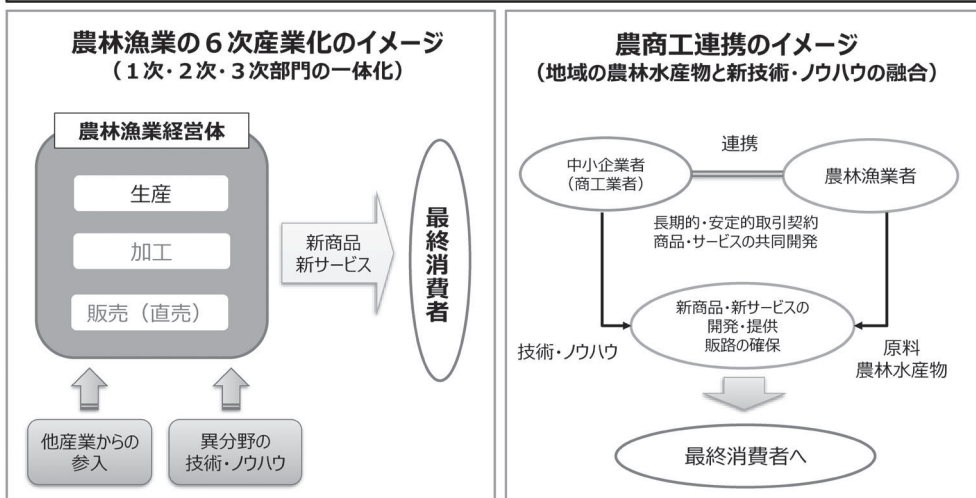
6次産業化とは、農業を1次産業としてだけでなく、加工などの2次産業、さらにはサービスや販売などの3次産業まで含め、1次から3次まで一体化した産業として農業の可能性を広げようとするものである。

出典：「文部科学省検定教科書(高等学校農業科用) 農業経営」(実教出版)
※平成26年度から使用

**$1\times 2\times 3=6$ で
6次産業化**

2 6次産業化と農商工連携

- 6次産業化は、農林水産物の付加価値向上を目指した、農林漁業者による生産・加工・販売の一体化等に向けた取組。
- 農商工連携は、農林漁業者と中小企業者が新商品や新サービスの開発・販路拡大等のため連携する取組。



農林水産省 食料産業局 / Food Industry Affairs Bureau, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

2

図2 6次産業化と農商工連携¹⁾

とて販路について考える必要がないまま進んできた業界構造がある。そのため生産者が直接消費者へ販売したり、消費者のニーズに答えて商いをすることが非常に手薄だったように感じられる。これからの農業は生産者からのプロダクトアウトではなく消費者や市場のリサーチ、そしてターゲットを明確にしたマーケットインの考えをそれぞれの生産者や農業生産法人が独自に考え、商いを行っていく必要がある(図3)¹⁾。国内の消費者や市場のニーズは多岐にわたってきている。それぞれのライフスタイルに合った新しい商品や新サービスを提供していく必要が出てきた。

言葉として6次産業化が成熟されてきた中、さまざまな業態や加工商品、新サービスが生まれてきている。だがしかし、見えない部分で問題や課題も出てきている。

私が技術士を取得し、6次産業化中央サポートセンターのプランナーや県のプランナーとしてコンサルティング活動をする中で、技術士視点で考えた場合にどのような課題が浮き彫りになっているのか、またそれを解決していくためにはどのようにして行けば良いのか、その点をできるだけ分かりやすくお伝えしていきたいと思う。

2 6次産業化の現状

農林漁業者による加工直売に関する市場規模の現状は穏やかに拡大しており、6次産業化総合調査によれば2017年度の加工直売の売り上げは約2.2兆円、内訳は農業関連約2兆円、漁業関連0.2兆円である。

この先をご覧いただくには、パスワードが必要です。

制限つきPDFにて電子試読を行っております。
(制限内容：閲覧期間の設定、コピーやプリントの禁止など)

PDFの閲覧には、パスワードと専用のビューア（無料）が必要です。

費用は一切かかりません。

※WindowsのPCでのみご覧いただけます。予めご了承ください。

パスワード

<https://www.nts-book.com/nts>の電子試読 より、
ページ下部のフォームからお申込み下さい。

ビューアのダウンロード

PDFは、株式会社スカイコムの SkyPDF Viewer（無償のPDFビューア）をダウンロードすることで閲覧可能です。
※Adobe Acrobat Readerなど他のPDF閲覧アプリケーションでは
ご覧になれません。

SkyPDF Viewer 無償ダウンロード：

<https://www.skycom.jp/free/>

遺伝子組換え表示について



湯川食品科学技術士事務所
所長

湯川 剛一郎



【プロフィール】

1976 年 京都大学理学部生物物理学科 卒業

同年 農林水産省入省。食品流通局(現消費・安全局)、独立行政法人農林水産消費技術センター(現農林水産消費安全技術センター(FAMIC))企画調整部長、同横浜センター所長、同理事等を経て 2008 年農林水産省退職

2008～2012 年 (一財)日本食品分析センター 参与

2012～2018 年 東京海洋大学 教授

2018 年 4 月～ 湯川食品科学技術士事務所 所長

2019 年 5 月～ (一社)食品表示検定協会 副理事長

その他、TC34/SC17 国内検討委員会委員、同食品安全マネジメントシステム専門分科会委員、(公社)日本技術士会農業部会長

この間

2015 年 12 月～2016 年 12 月

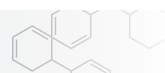
消費者庁食品のインターネット販売における情報提供の在り方懇談会座長

2017 年 4 月～2018 年 3 月

消費者庁遺伝子組換え表示制度に関する検討会座長

専門は、食品表示、HACCP、食品安全マネジメントシステム、食品関連法規、食品安全行政など

1 遺伝子組換え表示制度導入の経緯



1.1 遺伝子組換え食品とは¹⁾²⁾

遺伝子組換え技術(組換え DNA 技術)によって得られた生物を利用した食品(食品添加物を含む)を遺伝子組換え食品という。遺伝子組換え技術とは、ある生物の遺伝子を人為的にほかの生物の染色体などに導入する技術のことである。この技術を応用することにより、作物の生産効率の向上や、有用成分を強化した食品の開発が可能となる。除草作業の効率を高める除草剤耐性作物や殺虫剤の散布を軽減できる害虫抵抗性作物などの遺伝子組換え作物(大豆、トウモロコシ、ナタネ、ワタなど)、遺伝子組換え微生物を利用して製造された酵素などの食品添加物が実用化されている。

遺伝子組換え作物などについては、食品としての安全性に関しては「食品安全基本法」および「食品衛生法」に基づき、また環境への安全性(生物多様性への影響)に関しては「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」に基づき、審査・承認を得ることとされており、科学的に評価し、安全性が確認されたものだけが国内で流通・使用できる仕組みとなっている。

遺伝子組換え技術を用いることにより、自然では交配しない生物から遺伝子を導入することができるため、従来の掛け合わせによる品種改良では不可能と考えられていた特長を持つ農作物を作ることができる。害虫抵抗性のとうもろこしでは、農薬をまかなくても害虫の繁殖を抑えることができるため、収穫量の増大が期待できる。また、除草剤耐性の大豆では、除草剤の使用により雑草だけを駆除することができるため、除草作業が楽になるだけでなく、雑草を取り除くために土を掘り返さなくてもよくなるため、地表の土壌が風により舞い上がって失われることを防ぐことができるなど、食糧供給だけでなく環境保全の面でも大きなメリットがある。

1.2 作物改良技術の発展過程³⁾

人類は、長い時間をかけ、野生の作物を人間の目的に合うように品種改良を重ね、作物として育ててきた。たとえばトウモロコシは、約 9,000 年前にメキシコに自生していたテオシントという野生種を改良したものとされている。このテオシントと現在のトウモロコシを比較すると、茎のかたち、実の状態など全く似ていない姿をしている。テオシントを栽培していく過程で、度々生じる突然変異から好ましい性質を持つ固体を選抜してきた。この手法は、分離育種といわれ、現在の多様なトウモロコシ栽培種は、人類が自分たちにとって有用な方向へ選択圧を加え続けてきた結果、作り出されたものである。

19 世紀以降、遺伝や進化の概念が明らかにされるにつれ、優れた性質を持つ個体を交配によって意図的に作り出そうとする交雑育種が盛んに行われるようになる。たとえば、味はよいが病気への抵抗性の弱い品種 A と、味はよくないが病気に強い抵抗性を示す品種 B を掛け合わせ、人類にとって望ましい、味がよく病気に強い品種を作ろうとする試みが見られるようになる。品種 A のめしべに品種 B の花粉をつけて受粉し、種子を採取、さらにこの種子を植えて目的とする味がよく病気に強い植物を選抜し、その種子を取り、さらに次世代を植えるとい

う作業を繰り返し、目的の形質のみを持つ作物を、時間をかけて育成していく。コメでもこうした取り組みが行われ、我々が普段食べるコメのほとんどは、交配を介した品種改良によるものとなっている。

20世紀になると、放射線や化学物質を用いて人為的に突然変異を誘発することで、新たな品種を産み出す技術(突然変異育種)が現れる。しかし、これらの品種改良の手法は、不確実で偶然に頼る部分が多く、新しい品種を作り出すまでに長い年月を必要としていた。また、遺伝子に関する知識の不足のため、どのような理由でそうした変異が現れたのか全くわからず再現させることも難しかった。

1953年にワトソンとクリックがDNAの二重らせん構造を解明した。その後、新しいDNAを細胞に導入する研究が行われるとともに、1970年代以降の組織培養技術の発達とが組み合わせられ、遺伝子組換え技術を応用した品種開発が急速に発達してきた。

1994年には遺伝子組換え技術で作られた日持ちのよいトマトが米国で初めて市販、1996年には米国で遺伝子組換え農産物の商業栽培が本格化している。遺伝子組換え農作物の栽培はその後にも拡大を続け2018年には1億9170万ヘクタール⁴⁾に達し、日本の主な輸入農産物であるトウモロコシ、ダイズ、ナタネの主要輸出国から輸入される農作物の多くが組換え体と推定されている(図1、2)。

日本においては、遺伝子組換え農作物の商業的栽培の実績はないが、輸入品に遺伝子組換え農作物が多いことから食品衛生法などにより安全性評価が行われ、輸入が認められている。2019年8月16日現在、日本で使用が認められている遺伝子組換え作物は、トウモロコシ、ナタネ、ワタ、ダイズ、テンサイ、ジャガイモ、アルファルファ、パパイヤの8種類である。特にトウモロコシについては106品種が認められており、その特徴は、害虫抵抗性、除草剤耐性、高リシン形質、乾燥耐性、耐熱性α-アミラーゼ産生などとなっている。

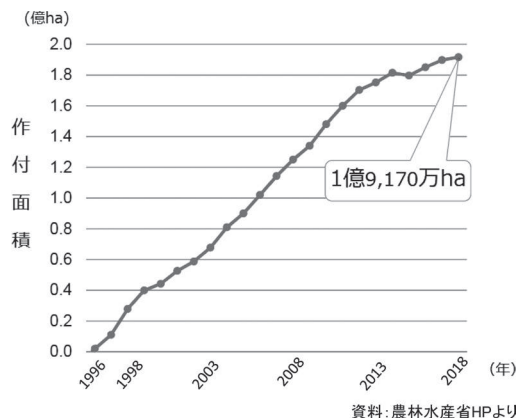


図1 遺伝子組換え農作物の栽培面積の推移⁴⁾

(日本への最大輸出国におけるGMの作付割合(白抜きの数値%))

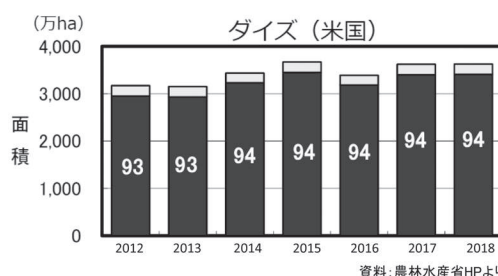
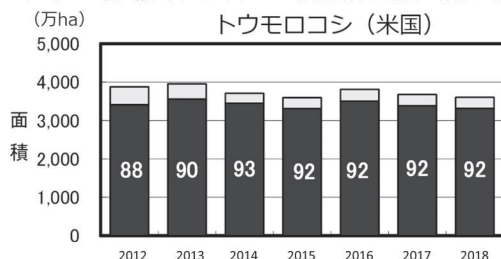


図2 遺伝子組換え農作物の栽培状況⁴⁾

この先をご覧いただくには、パスワードが必要です。

制限つきPDFで全ページをご覧いただけます。
(制限内容：閲覧期間の設定、コピーやプリントの禁止など)

- ・ PDFの閲覧

「パスワード」と「専用のビューア」（無料）が必要です。
費用は一切かかりません。

※WindowsのPCでのみご覧いただけます。予めご了承ください。

- ・ パスワード ※電子試読ページよりお申込みください

<https://www.nts-book.com/ntsの電子試読>

ページ下部にお申込みフォームがあります。

右のQRコードからも
電子試読ページにアクセス
いただけます。



- ・ ビューアのダウンロード

PDFは、株式会社スカイコムの SkyPDF Viewer（無償のPDFビューア）をダウンロードしてご覧いただけます。

※Adobe Acrobat Readerなど他のPDF閲覧アプリケーションではご覧になれません。

SkyPDF Viewer 無償ダウンロード：

<https://www.skycom.jp/free/>

技術士が次世代へ語りつぐ 食とバイオのイノベーション

発行日	2020年7月15日 初版第一刷発行
著 者	東 剛己, 石井 一夫, 石田 賢吾, 佐野 千明 白兼 孝雄, 山下 雄, 湯川 剛一郎
発行者	吉田 隆
発行所	株式会社 エヌ・ティー・エス 〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園 2-1 科学技術館 2階 TEL.03-5224-5430 http://www.nts-book.co.jp
印刷・製本	倉敷印刷株式会社

電子版 ISBN978-4-86043-674-2

©2020 東剛己, 石井一夫, 石田賢吾, 佐野千明, 白兼孝雄, 山下雄, 湯川剛一郎

落丁・乱丁本はお取り替えます。無断複写・転写を禁じます。

本書の内容に関し追加・訂正情報が生じた場合は、(株)エヌ・ティー・エスホームページにて掲載いたします。

※ ホームページを閲覧する環境のない方は、当社営業部(03-5224-5430)へお問い合わせください。