

特別寄稿

機能性健康食品研究開発余話とアンダーテーブル研究のすすめ

島根県産業技術センター所長 吉野 勝美

島根県産業技術センターの機能性食品産業化プロジェクトチームでは技術部の生物応用グループ、西部支所である浜田技術センターの食品技術グループ、農林水産素材加工グループと連携をとりながら様々な機能性食品の研究開発を進めてきたが、すでに製品化され世の中に出たもの、機能性の検証を行い世に出す準備中のもの、機能性の検証段階のもの、機能性の探索を目指して素材の取り扱いから基礎的な性質を調べつつある段階のもの、機能性の可能性を予見し取り掛かろうとしているものなど様々な段階のものがあ、極めて多様な素材が対象となり研究開発を進めている。もちろん機能性の検証、特に動物、人などを対象としていわゆるインヴィヴォ（*in vivo*）の検証作業においては島根大学医学部などの協力をお願いし、また素材の栽培、品種改良などを目的とする場合は県の農業技術センター、中山間地域研究センター、島根大学生物資源科学部などの協力をお願いして進めてきている。ここではこれらの様々な素材、段階のものの中の一部を取り上げ説明することとする。後半は筆者がいつも研究者に勧めているアンダーテーブル研究にからむ筆者自身の関与する話に触れる。

尚、以下で述べる研究に携わっている現在のメンバーは機能性食品産業化プロジェクト：勝部プロジェクトマネージャー、渡部研究員、大渡研究員、牧野研究員（兼務 田畑研究員、永瀬研究員、小川研究員、近重研究員）、生物応用グループ：杉中科長、田畑研究員、永田研究員、浜田食品技術グループ：土佐科長、永瀬研究員、小川研究員、近重研究員、農林水産素材加工グループ：生田科長、野津研究員、及び補佐する都問研究補助員、太田研究補助員の総計15名である。

写真はこれまで上市されたものの例であり、多岐にわたっていることが分かる（図1）。

ここではこれらの詳細を述べるのではなく、機能性の可能性を予見し探索中のものについてその一部を述べる。その中で、これまで研究開発をしてきた事柄についても、話の流れの中で少しだけ触れながら記述を進める。この研究開発初期段階の範疇に入るものにも、様々な素材、多様な機能性を対象とするものなど、さらにその研究開発の進展度合いもいろいろな段階のものがある。中にはまさに筆者の提唱しているアンダーテーブル研究にあたるものもあるように思われる。

以下その素材別に述べるが、もちろんここで説明するものの以外に、さらにその数倍以上の種類の素材をスクリーニング対象として検討してきており、中にはかなり良い結果を得つつあるが知財の関係で現時点では報告できないものもかなりある。ここで述べるのはあくまで筆者が適当に選び出したものである。

1. 薩摩芋の葉と茎

薩摩芋は地域によっては別名、琉球芋（りゅうきゅういも）、唐芋（からいも）、甘藷などといろいろな名前と呼ばれており、種類もずいぶんいろいろある。名前のつき方が非常に面白いと小学生か中学生の頃感じたことを覚えている。日本全国では標準的に薩摩芋と呼ばれている。おそらくこの芋が薩摩、鹿児島から来たと言う感覚での名前であろう。島根では琉球芋と呼んでいた。鹿児島よりもっと南



図1 上市された機能性食品の事例
（カラーページp.74参照）

の琉球、沖縄から来たと思っていたのであろう。なんと鹿児島あたりでは唐芋と呼ばれていると聞いた時、そこではもっと向こうから来たと感じていると云うことだろうと思っていた。

ところで意外に知られていないが薩摩芋にはアサガオのような中央部が赤紫色で周りが白い花が咲くことがある(図2)。とても綺麗で大阪の我が家の畑の薩摩芋に花が咲いたときは通りがかりの人が感激していた。日本では食用として根にある大きな芋の他、葉に繋がっている柔らかい茎を炒めたり、煮たりして食べる程度であるが、台湾などでは葉も炒めたりして食べる、しかも台湾ではこの葉が非常に健康に良いといわれている。

そこで芋の葉の性質を調べた。たとえば抗酸化活性を、DPPHラジカル消去活性で測定した結果、290(μmol トロロックス相当/g)と云う値を得ており、これはエゴマの葉の259(μmol トロロックス相当/g)と同程度である。ただしアカメガシワの1,700(μmol トロロックス相当/g)には及ばない。その他、様々な機能性、活用法を検討中である。

2. ハバネロ

筆者が平成15年ごろ偶然に大阪で手に入れた観賞用のハバネロの苗をひと鉢育てて見ると緑、黄色と赤の見事なハバネロの実がなった。当時世界で最も辛い唐辛子と云われていたものである。ここで生った実からとった種を翌年大阪で自宅の畑に蒔いて見ると大量のハバネロが成長し、たくさんの実が取れた。さらに次の年その実の一部を島根の実家(玉湯町)に持ち帰り、畑に植えて見るとさらに大量のハバネロが得られた。それを薄切りにし、島根県庁関係者に供し口にしてもらおうと、殆どの人が余りの辛さに音を上げた。見事にハバネロが島根で容易に栽培できることを確認した上で、その栽培研究を中山間地域研究センターに委託し、実際充分な収量があることを確認してもらった。ハバネロはそのままでもアメリカなどでは市場に出回りスーパーなどで売られていることを確認したので、筆者は大阪の知り合いの韓国料理店、焼肉店、中国料理店などで試してもらったが、余りに酷い辛さで、一寸工夫しないと



図2 薩摩芋の花(カラーページp.74参照)

利用し難いと云う評価を頂いた。一方、島根県大阪事務所の関係者が大阪の中央卸市場に打診したが、商品として現時点では余り取り扱わないと云う評価であったと云う報告を受けた。どの程度の確度のある返答だったのかわからないが、そのままでの商品化はとりあえず一時中断した。

次にこれを加工食品として利用することを検討し、粉末化することを試みたが、余りの辛さに、飛散したハバネロ粉末を極微量吸い込んだと思われる研究員が猛烈に咳き込んだので、取り敢えず研究を進展することを一時中断したと云う実状がある。

ハバネロのことであるのでカプサイシンがあるのは間違いないが、様々な機能性があるものと考えており、時機を見ているいろいろ開発を展開する段取りである。

3. 桑の実

平成17年大阪大学で定年を迎え、島根県産業技術センター顧問に就任することとなった筆者が、当時の山下商工労働部長を訪問した折、部長から島根県西部、江川沿いの桑畑から取れる桑の葉の研究を産業技術センターで行っており、糖代謝に関与する成分を抽出分析し、そのメカニズムを説明するとともに、県内企業と協力して様々な商品、エキス、桑茶などを開発して市場に出している。例えば糖尿病に掛かっている人、糖尿病予備軍の方たちから、“飲み続けていると調子が良い”と云う報告を受けている、と云う話を伺った。子供の頃から桑畑で遊び、美味しい紫色に熟れた桑の実をよく食べた経験のある筆者は即座に提言を行った。“その体によろしい桑茶などの葉が取れる桑の木になる桑の実を使って様々な機能性のあるものが開発できるように思います。これまで桑の葉から見出された有効な物質の他、実では、色からして恐らくアントシアニンも含まれているので、桑の実をそのまま使う、液体で抽出する、ペースト状にする、粉末にするなど様々な処理方法があつていずれも興味深いが、お酒も面白いように思います”と云う話をしたのである。“梅酒のように焼酎につけて桑酒とする、あるいは桑の実そのものを発酵させるなどいろいろあると思いますが”，と付け加えた。昔の爽やかな美味しさの桑の実を思い出し、桑に改めて関心を持ったからである。

その場で部長は“なるほど面白いですね”，と云う反応であった。肝心のそれを担当する立場の山崎マネージャー(当時)に後から話したが、その時は特に何の対応もなかった。その後しばらくして、“この間の話し面白いですね、昨年大手のお酒、食品メーカーから特許が出ていることを見つけました”，とニコニコして話しかけてきた。筆者の反応は単純、“それは残念、特許を出されているとは、少しがっかりですね、だけど恐らく発酵はやっていないだろうし、かなり限られたことしかしていないと思うから桑の実の利用を酒を含めて前向きに検討しませんか”，と話した。その後ある程度の検討、研究に関わっているが詳細は

省略する。

筆者が子供の頃は、山の畑だけではなく、平地にも、川の横にも、宍道湖の水辺近くにまで、桑畑がたくさんあった。大人の背丈より少し高いくらいの桑の木の陰で、美味しい赤紫から黒色に熟れた桑の実を食べ、口の回りを紫にしているものだから、すぐに親に知られて注意をされたものである。桑の実が減るからではなく、お腹を壊したらいけないからである。色からしてブルーベリージャムに匹敵するものも作れるはずと思っている。絹糸生産のための蚕の餌としての利用の他に、桑の実が食用に利用されてきた歴史があるのである。筆者の記憶でも、桑の実は甘酸っぱくて非常に美味である。重ねて述べるが、この桑の実を焼酎につけて果実酒として、あるいは発酵させて桑酒としての利用、またもちろんジャムなどの様々な食品、お菓子などとしての利用の道もある。

桑畑がたくさんあったのは、日本の産業の中で生糸と呼ばれる絹糸、絹織物が重要であり、桑の葉はその絹の元になる繭を作る“蚕（かいこ）”の餌となるからである。養蚕（ようさん）している友達の家に行くと、居間の畳を取り払った部屋に蚕棚が作ってあり、そこに桑の葉が一杯入れられ、たくさんの蚕がいた。その餌を食べる音が結構うるさいものだな、と思った記憶がある。

やがて蚕が成長すると繭を作ってその中に入る。その繭から機織（はたおり）機で生糸を紡いでいるおばあさんの姿も、まぶたに浮かんでくる。絹に絡む産業が盛んであったのは、蚕、繭、絹産業の由来や発展にご先祖が関係されたのでは、と想像できる秦さんや錦織さんと云う苗字の人が、子供の頃、周りに結構たくさんおられたのから分かる。今回は、こんな話をいつまでも続けるつもりはなく、この消えていった桑や蚕、繭が今の時代にも立派に産業と結びついている、さらに新しい材料、産業を生み出す可能性もあると云うことの話である。

ところで、漢方でも日本の生薬でも、桑の実や桑の葉が用いられてきた。簡便に、桑の葉をお茶にして飲む風習の所が昔からあり、健康志向が強くなった今、あらためて桑が注目されているのである。

典型的な効果として、桑は糖尿、血糖値が高い場合に有効であるとされてきた。そのためには、小腸で糖が体に取り込まれて血液中にもたらされ、体を巡る過程のどこかで、吸収、変換、反応、代謝などが抑えられればいい筈である。桑の葉が有効に機能して小腸での糖の吸収が抑えられるメカニズムについても明らかになりつつある。

すなわち、桑葉に含まれているブドウ糖に類似のデオキシノジリマイシンと呼ばれる物質が、糖を分解する酵素である α グルコシダーゼと云う物質の活性を抑えるので、糖の吸収が抑制され、血糖値の上昇を抑制することになると説明されている。

鳥根県には、この桑を積極的に現代に生かそうと、桑葉

に酵素を作用させ単細胞化したものをペレット状にし、高血糖の方に有効なサプリメントを製造し商品としたり、桑茶を商品として事業化している企業があり、鳥根県産業技術センターはその開発、メカニズムの解明に寄与してきた。

一方、鳥根県産業技術センターでは、勝部研究員らが中心となって詳細な研究を展開し、桑葉のなかにフラボノールの一種、クエルセチンマロニルグルコシド（Q3MGと名称を付与）がたくさん含まれており、これが動脈硬化を引き起こすとされる血中のLDL（エルディエル）と呼ばれるいわゆる悪玉コレステロールを低下させることを見出すなど、桑葉の有効利用の支援を行っている。

ところで生糸は蛹（さなぎ）の入った繭から糸を紡ぐわけであるが、繭に入っている蛹の利用も考えられる。食用としての利用もあるであろうが、鳥根県には、この生きた蛹に冬虫夏草（とうちゅうかそう）を生やし、市場に送っている企業もある。要するに蚕に茸（きのこ）を生やすのである。冬虫夏草は人間の体を活性化するのに有効であると云われ、中国産で極めて有名になった。一方、15年以上も前のことであるが、繭から生体適合性のある様々な組織を作ろうと云う試みを行っていた研究者もいた。筆者の友人の一人はこれから目の角膜を作ることができることを明らかにした。

どうも考えて見ると桑の木も“神聖な木”と云われるだけあって、いろいろな人間には有難い存在のようであり、子供の頃の思い出に桑が入っていること自体が極めて健康なことであるような気がしてくる。

4. ハラン

昔から弁当や折詰めのいろいろな具材の仕切りに緑の薄い葉が切って入れられていた。時には食物を包んだり、盛ったりすることもあった。これがハラン（葉蘭）の葉である（図3）。その後それが緑のプラスチックの薄いシートに代わっているが、これが食べる際に単に邪魔になって“なんでこんなものを入れているのだ”と云う腹立たしい気持ちになってくることが多い。そんな時、恐らく昔、ハランの葉が入れられていたのは単に仕切りの目的だけでなく別の積極的な意味があるに違いないと前向きに考えることとし



図3 ハランの葉（カラーページp.74参照）

た。単純に思えば恐らく殺菌作用などで腐敗防止し日持ち良くする効果、あるいは消臭の効果があるに違いないと思いい、機能性食品グループにその成分分析、機能性の検証を依頼した。数週間後頂いた結果によると抗酸化性、腐敗進行を抑える成分があると云う結果を得た。その後の展開についてはここでは述べない。

5. 椿の葉

筆者が子供の頃、出雲地方では小豆の餡子（あんこ）の入った米粉か小麦粉でできた生の饅頭を型に入れた後、それを椿の葉の上におこして取り出し、その花や動物の型が凸凹にうつった模様の上に赤や緑や黄色の食用紅で着色し、蒸籠（せいろ）で蒸して食べることがあった。確か2月の節分の頃の行事であった。その頃椿の葉を採りに山に入った時、白い雪をかぶった椿の木に赤い椿の花が、ぽつと咲いているのがとても美しかった記憶がある。さっきのハランのことを考えている時、この椿の葉にも恐らく何か意味があるに違いないと思いついた。美しいと云う見栄えの他、機能性の可能性もあるのである。早速、実家の庭や近所の家など近くで集めた椿の葉の分析と機能性のチェックを依頼して結果を得て、やはり意味があると云う確証を持った。

松江、松江城の周りにはいろいろな種類の椿がたくさん生えている。恐らく日本の他の地域に比べて相当多い筈であり、島根で椿の研究をするのも悪くはないのではと思っている。

同じ視点から云うと、6月の端午の節句（新暦では節句は5月になっている）に粽と同じようにカタラの葉（蔓性のサルトリイバラの葉）の上に餡子が入った饅頭状のものをのせ蒸したものを食べるが、このカタラの葉にも抗菌性か抗酸化性があると思っている。

6. 笹

竹の葉である笹、筍の皮などは握り飯を包むなど様々なところに使われている。粽（ちまき）もこれで包んでいる。これにも意味がある筈である。持ちやすい、食べやすいことの他、抗菌性、殺菌効果などがあり長持ちさせるために良い筈である。ともかく昔から伝わる伝統、食習慣などはそれなりの理由がある筈でこの竹の葉、筍の皮などの機能性のチェックも行い良い結果を得ている。

笹の葉に同様なものが含まれ有効な機能、性能を発揮しているかを調べているが、笹の場合二酸化シリコン SiO_2 、いわゆるシリカも有効な働きをしていると考えられる。笹の電子顕微鏡写真を見ると明らかであるが、表面にシリカのナノ粒子が形成されている。笹のみならず、イネ科の植物にも共通に見られる効果である。同じことは筍の皮にも見られる。これらのシリカがどのような役割を演じているかであるが、強度を上げる、微生物、バクテリアなどへの抗菌作用、抵抗性を高める、さらには光、赤外光などとの

相互作用に影響を与えるなどが考えられる。

笹で食品の保存性をあげる効果があることは先に述べた粽、日本粽（笹の葉を使う）、中国粽（筍の皮を使う）が作られることから分かるが、握り飯を包んだりされるのは笹や、筍の皮のシリカ粒子も抗菌性の他いろいろな機能を発揮している可能性があるのである。

ところで、中国の粽に使う筍の皮の外側は茶色で毛羽立っているが、内面はピカピカ白っぽく光っている。基本的には皮はセルロースであるが、筍の皮の内側及び外側は見かけがかなり異なる。内側の電子顕微鏡写真には明らかに微粒子がたくさんある。これは先程から述べているシリカ、二酸化シリコン、いわゆる石英の微粒子である。これが光って見える原因でもある。

竹を特徴付けるものは何と云っても極めて短期間に10メートル以上にも急成長する事実である。

いずれにしても、恐らくミクロに見たセルロースの分子構造、並び方にその秘密があり、分子の隣り合う原子間の結合角の変化、異性化などがあるのだろう。グルカンの変化と云ってもいいかもしれない。何が竹の繊維の配向変化の引き金になっているのか非常に興味深い。温度が重要なことはもちろんだが、何らかの成長ホルモンのものもあると考えることもできよう。地上に出て光を浴びた時、あるいは温度がある条件になったときなどに折り畳まれていたセルロースの構造の中に光異性化とでも呼ばれる分子構造の変化が起こり、それが配向の変化をもたらし、一気に竹の生長が起きるのかも知れない。ともかく竹の先端の力は凄い、ここに何か凄いものが含まれているに違いないと確信している。つい最近、神経伝達物質であるアセチルコリンが大量にあるのではと云う話を聞いた。

一方、竹、笹は健康食品としても重要である。抗菌性、抗酸化性があるだろうし、葉緑素、食物繊維も豊かである。ところが、パンダが美味しそうに食べる竹を人間が食べられないのは何故だろう。人間に消化、吸収できないセルロース類、ヘミセルロースなどの何かが原因だろうが、パンダのお腹の中のバクテリアをうまく利用すれば食することができるかもしれない。それに、紙を食べる羊の胃も研究材料だろう。

食堂のメニューで松竹梅とセットで呼ばれるものがあり、値段も中味も違っている。竹はトップではない。筆者は竹梅松と呼んだ方がいいと思うのだが。

島根県には健康と云う視点で、竹の葉、くま笹などからエキスを抽出しビジネスを行っている企業があるが、その他、竹やその葉からはさまざまな健康上有効な成分が得られる可能性があると思っており、島根県産業技術センターはこれにも協力していくつもりである。少し物忘れが激しくなり始めている筆者にとっては、先程述べた筍の先端を食した方がいいかもしれない、と思うこの頃である。

7. ドラゴンフルーツ

知人の一人、西別府さんと云う方から沖縄観光の土産としてレイシとドラゴンフルーツを頂いて食した。そのうちドラゴンフルーツが見事な濃赤色をしていることから、もしかしたらアントシアニンなどのポリフェノール類の機能性を発現するものが大量に含まれているのではと思い、分析を依頼した。結果としては赤色の起源は多くの植物の果肉に含まれているアントシアニンではなく、ベタシアニンであることが明らかとなった。改めて機会を見てベタシアニンもアントシアニンと同じような効果を発現するか調べてみたいものである。ところでこの色素があると云うことは、ドラゴンフルーツがサボテン科であることを意味する。

このドラゴンフルーツとレイシを食した後、種が残っていたのでそれを蒔いてみた。友人のタクシー運転手さんにも蒔いてもらった。結果としてうまく発芽し、ゆっくりであるが成長を続けている。図4は鉢植の一つであるが、40センチ余りに伸びているのは発芽して成長を始めているレイシである。根元の近くの表面で横の方に這うように伸び始めている小さいサボテン状のものがドラゴンフルーツである。うまく何年も冬を越し大きくなって実を結ぶまでになるかは、沖縄と島根、大阪の気候の差から考えて難しいかもしれないが、もし実を結び収穫できたら、その後、沖縄旅行中に急逝された西別府さんの墓前にまずお供えしたいと思っている（図4）。

8. アボガドの葉

アボガドも筆者の大好きな果物である。一寸バターか柔らかいチーズのような食感もあって、大きな種を取り除いたところに魚やご飯などいろいろなものを入れ少しだけ醤油をかけてスプーンで食べる味は格別である。アボガドを使った寿司が美味しいのもうなずけるところである。

ところで、この取り除いた大きな種を大阪の自宅の庭に



図4 レイシとドラゴンフルーツ
(カラーページp.74参照)

蒔いたことがある。すると間もなく見事な芽が出てきて凄いスピードで成長することが分かった。最初の年、50センチくらいに伸びて木と呼んでももうよさそうな状態になったものは、その年の冬に寒さにやられて枯れてしまった。ところがその数年後同じように埋めた種から出た芽から伸びた木はうまく冬を超え、7、8年たった平成23年には5、6メートル以上の高さにまで成長している（図5）。その間寒い冬には何度か葉が全て枯れ落ち、凍死してしまったのでは思ったが、その都度春になるとたくましく新しい芽を吹き成長を続けている。ところが残念なことに今のところこの木は全く実を結ばない、アボガドは雌雄異株ではないが、雌雄の成熟時期が異なるタイプがあるので、木が一本だけのときは実がならない場合もあるらしい。しかし、我が家には二本が育って成長しているのに実を結ばない。しばしば実生から育った果樹は実を結び難いものがあると聞くから、そのうち実を結んでくれるのではと花が咲くのを待っている。

ところで、アボガドは凄い成長力であるが、その成長の力の起源が分かれば成長ホルモンなどとも関係する何か有効な成分が見出せるかも知れない。もう一つ気の付いたことは全く葉っぱに虫がつかないと云うことである。もしかしたら、虫を寄せ付けない何かの香りを発しているか、虫が食べると極めて不味いあるいは毒があると云うこともあるかも知れないと思い、それなら機能性が何かあるのでは、抗菌性、抗酸化性やほかにいろんなものがあるかも知れないと思い調べつつある。

9. 鯖の塩辛

筆者が子供の頃、昭和20年前後、塩辛のことを“しょから”と呼んで、結構頻繁に食べており、私の一番の好物でもあった。島根県にははるか昔から鯖（さば）の塩辛を食べる食習慣があったのである。次に塩辛の思い出があるのは大学4年生の時、日立製作所武蔵工場に工場実習に行っ



図5 アボガドの木（カラーページp.74参照）

て社員寮で生活している時、ご飯のおかずとしてイカの塩辛を買ってきた人がおり、それを食べたことがある。その時、なんか生臭い、ヌルッとしたイカの塩辛は、これは塩辛としてたいしたことはない、と思い、“島根では鯖の塩辛を食べるが、その方がずっと美味しいし、これを鍋物にすると最高ですよ”と説明したが、誰からも信じてもらえなかった。しかも塩辛を鍋物にするなんて変だといわれる始末であった。しかし、その後、鯖の塩辛のことをすっかり忘れていた。鯖の塩辛がほとんど手に入らないこともあったし、極まれに手に入っても随分発酵が進み、ドロドロの状態に近く、調味料としてはいいが楽しむものには今ひとつと云う気がしたのである。

それが平成17年、島根県産業技術センターのお手伝いをする事となって、着任し、センターの中に健康食品産業化プロジェクト、生物応用グループがあることを知った時、即座に、発酵食品の知識、経験を充分持っている人がいる筈であると思ったのである。

センターの研究者や県庁商工労働部の人にあたずねたところ、一部の日本海沿岸の漁港に近い所の出身の人を除いて、ほとんどの人が鯖の塩辛のことを知らない。“これでは島根の古代から誇る貴重な食品の伝統が失われる、是非とも本格的に復活して、島根はもとより、日本、世界に発信する必要がある”と思ったのである。早速、ほとんど手間がかからないから、合間にアンダーテーブルの楽しみの研究として手伝って欲しいと頼み、協力の了解をもらった。

当時93歳だった母と、94歳の兄嫁さんのお父さんに尋ねると、大賛成で作り方を教えてくれた。二人とも塩辛が大好きだったのである。塩辛は塩分が多いから健康に良くないと云われていたが、二人とも享年98歳、96歳とずいぶん長命であった。

よく“塩分はナトリウムが主体だから体に悪いので摂取量を一日につき何グラム以下に減らせ”，と云う話を聞く。しかし、私の想像では、恐らく摂取量と云うよりも他のもの、例えば、カリウムなどの摂取量とのバランスの方が大事であるような気がする。そんな気持ちなので、純粹に精製した食塩よりも、いろんなものを含んだ海水から直接作った、できるだけ手を加えていないものを買うことにしている。ところで、話を聞くと、面白いことに兄弟姉妹のうちで、もの凄く塩辛の好きな子と、普通の子がいたようで、私は前者であった。

作り方の要点は“身もの三杯に塩一杯”と教えてくれた。“身もの”ではなく、“実物”だったかもしれないが、確認を忘れてしまった。鯖の内臓を残す場合、内臓を取り除く場合などいろいろある。壺に蓋をして置いて置く。数ヶ月すると水が上がってくる。その頃から食べられるが、長い期間の方が良い。

そのままお酒の当てやご飯のおかずにするのも良いが、すき焼きのように鍋物にするのが最高である。これを“しょ



図6 鯖の塩辛（カラーページp.74参照）

から鍋”と呼んでいたのである。

島根県産業技術センターでは母などから学んだ古くからの方法で塩辛を作り、さらに最近の発酵に関する知見を入れて様々な工夫をし、いろいろなタイプの塩辛を開発している。塩辛は塩分があるから長持ちすると云うわけだけでなく、発酵により塩辛には蛋白質から多量のうまみ成分であるアミノ酸や各種の乳酸菌などの菌類が含まれ、さらにそれらが新たなものを生み出し、これらが腐敗菌や食中毒を引き起こす細菌などの発生や生育を阻害し、抑制してしまっているからの筈である。すなわち、発酵の進み方などをアミノ酸分析などの手法で確認しながら進めているが、イノシン酸など核酸に由来するうまみ成分も豊富にあるようである。鯖の塩辛が美味しくて長持ちして当たり前である。図6は鯖の塩辛の例である。

ところで、島根の名産、赤い津田蕪漬けも非常に美味であるが、乳酸発酵と云う点からも非常に優れたものである。島根県産業技術センターでは、これに関しても詳細な研究を進めている。

10. お酒と酵母

島根県産業技術センターは酒造関連の支援も行っており数名発酵関連技術者がいる。

日本のお酒の起源は島根県出雲市（旧平田市）の佐香神社に始まる。この神社は別名松尾神社とも呼ばれるが、佐香神社の名前の方が由緒があり古く出雲風土記にも佐加社と記載されている。松尾神社の名前は京都の松尾大社に繋がるが、これは恐らくかなり後のことで、丁度全国の商店街に銀座と云う名前が冠されることがあることと同様であろう。佐香は酒に繋がるのである。主祭神は久斯神（くすのかみ）であり、大国主命と一緒に出雲の国づくりをした少名彦（すくなひこ）の神の別名とも云われる。

この佐香神社の例大祭は10月13日であり、当日には参拝者にお神酒として濁酒（にぎりぎけ）がふるまわれる。この神社は濁酒の製造許可が与えられているのである。販売はできないが参拝者にふるまわれるのである。

実際平成23年のこの日、ふと思い立って夜6時45分の一畑電鉄に乗って一畑薬師駅で降り、夜道を歩いてこの神社

に参拝に行った。少し距離があったが、頂いたお神酒の濁酒の美味かったことといたらこの上もないほどである。なんと素晴らしい濁酒なのである。

大学に入った頃からいろんな機会にこっそり内緒で作られたらしい濁酒（どぶろく）を頂いたが、少し酸っぱめではあるが独特の美味しさが好きだった。許可なく造られた密造酒とみなされる濁酒はどぶろくと巷では言われていた。最近では濁酒（どぶろく）特区が作られ、島根県でもある地域で許可がおり製造されているので、これをいただいたことがあるが、これもとても美味しいものだった。韓国のマッコリも同じようなもののようで、おそらく発酵に関わる酵母が日本のものと異なるだろうが、やはり美味しい。一度在日の韓国の方から“自宅で母が造りました”と、何かのビンに詰め新聞紙を丸めて栓をしたマッコリを頂いたことがある。そのときこれが密造酒にあたるのかどうか何とも考えもしなかった。ともかくそれを大学の教授室の冷蔵庫に入れておいた。ところが、それからしばらく経ったある日の夜来客があり、仕事の話した後、“頂いたマッコリがありますから少し飲みますか”，と冷蔵庫から取り出してテーブルの上にちょっと置いておいたところ、突然ボンと大きなはじける音がして新聞紙の栓が吹き飛び、マッコリが噴水のように天井まで吹き上げ、大変な事態になったことがある。マッコリが生きた状態にあり、発酵が進むとともにどんどん炭酸ガスが発生しビンの中に充満していたようである。冷蔵庫から取り出したため温度が上がって圧力が上昇し栓をフッ飛ばしたわけである。その後一週間ほど教授室が酒臭くて困ったことを今でも鮮明に覚えている。

佐香神社で特別の濁酒を頂いた翌日、産業技術センターでお酒を含めて発酵関係が専門の研究者の一人田畑研究員に尋ねた所、佐香神社に協力もしていると云う説明を受け、とても嬉しく誇らしい気持ちになった。来年は多くの人を連れて参拝しようと心に決めたのである。

このような伝統があることから島根県には多くの優れた美味しいお酒があり、近年は各種の焼酎の製造も進められている。それらの開発などには島根県産業技術センターも積極的に支援を行っている。

すなわち、島根は出雲杜氏と石見杜氏が優れた伝統を守っているが、よいお米とよい水にも恵まれている。島根県産業技術センターでは島根県ほとんど全ての造り酒屋さんと連携し、支援すると共に杜氏さんの後継者育成に協力する目的もあって、技術指導、研修などを積極的に行っている。また、種酵母の貯蔵を始め、消費者に好まれるお酒の開発などにも関与している。

お米から日本酒を造るには工夫を凝らさなければならない。糖をアルコールに変える主役は酵母でありアルコール発酵と云う。酵母は数ミクロン（1ミクロンは千分の1ミリ）の大きさの単細胞微生物であり、これが効率の極めて高い発酵をもたらす、糖をアルコールに変える。

これに対し、お米は甘くない。お米は澱粉（でんぷん）なのである。澱粉は糖の分子がもの凄く長く繋がったもので、これを直接発酵させる力が酵母には足りないのである。酵母を働かすためにはこの澱粉をズタズタに切って糖に変える必要がある。これを行うのが麴（こうじ）、米麴、麴菌である。麴菌はカビの仲間である。カビには多くの種類があるが、うまくお米の澱粉を糖に変えるカビを育て、選別を繰り返して現在の米麴に至っているのである。この麴を蒸して膨らんだ蒸米（むしまい）に少し撒いておくと、カビとして菌糸を伸ばしていき、澱粉をズタズタに切って短くして糖と変えるのである。同じように麦でも芋でも、大抵の澱粉はそれぞれに適するカビの仲間の菌によって糖に変えられる。その後、種酵母から、酵母を増やして本格的な発酵段階に入る。

子供の頃、大抵の人が飲んだことがあると思われるが、おかゆと麴菌と水とを混ぜてコタツの中に入れるなどして少し温かい温度で数日おいて造ってもらった甘酒は、麴で澱粉が糖に変わったものである。まだ酵母が働いていないから、お酒になっておらず、子供でも飲める。その糖を酵母でアルコールに変えたとお酒になり、子供は飲めない。筵（むしろ）の上に広げた麴を摘んで食べると結構甘くて美味しかった。なぜか、麴屋さんの娘さんは美しくて気品があったが、筆者の思い込みなのだろうか、麴のせいなのだろうか。

お米から日本酒を作る最初の段階は澱粉を糖に変え、次にアルコールに変えるプロセスを踏むのである。お米は稲の先端部分にある糊（もみ）の形で収穫する。この糊から脱穀して糊殻（もみがら）をはずし玄米を得る。玄米の中央部が澱粉であり、周辺に様々な蛋白質とかミネラルを多く含む糠（ぬか）がある。この糠を取り除く精米によって、色がこげ茶色から白色に変わる。

この取り除いた糠は稲が芽を出し成長する際に重要であり、人間が食べても栄養価が高いが、これはお酒を作った時には雑味となるのでまずい。しかも、糠を落としても似たような成分がまだ米粒の外側の部分に残っているので、これを表面から削り取る。これが吟醸、大吟醸と云うことになる。精米の歩合が60パーセント以下が吟醸、50パーセント以下が大吟醸となる。大吟醸となってお米は半分以上削り取られているのである。

お酒のビンには山田錦などと米の種類が書かれている。特に、お酒を作るのに適したお米が昔から選別され、改良された品種が酒造好適米と呼ばれている。そのお米の栽培が適する土地と適さない土地がある。島根県でも随分研究され、酒造好適米として佐香錦と云う品種が生まれた。この名前は先にも述べたが出雲風土記にも名が出てくる佐香神社に由来しており、佐香（サカ）は酒に通じ、日本酒の原点が島根にあるとも云われる所以である。スサノオノミコトのヤマタノオロチ退治の話からも、島根が酒の発祥地

と云っていい。

ともかく、発酵、醸造などから発展した微生物などの持つ力を基にしたバイオテクノロジーが極めて重要なものとなっているが、工学分野にも大きなインパクトを及ぼしつつある。

さて、発酵の研究開発、商品化などで不可欠のものは当然酵母であるが、新たな有効な酵母を見出すことは容易なことではない。ところが最近、島根県産業技術センターの土佐研究員は新しい優れた酵母を発見した。経緯は(株)石見銀山生活文化研究所の房(ファン)氏が大田市の花でもあり石見銀山で必要があつて昔から植えられていた梅から酵母が取れないだろうかという相談がセンターに持ち込まれ、それを受けて浜田の食品技術グループの土佐研究員が実際に採取を試み、発見、分離、松江の機能性食品産業化プロジェクトの大渡研究員がその酵母を詳細に解析し、新しい酵母であることを確認、種類とその性質を明らかにしたというわけである。その後すぐに、この酵母を用いてやはり浜田の農林水産素材加工グループの生田研究員は、米粉を使ってすばらしい米粉パンが作れることを実証した。この梅花酵母、石見銀山梅花酵母と名付けた酵母は、かなりの優れもので、パン、コメ粉パン、お酒、調味料など様々な分野で試作をはじめ、事業化を急いでいる。今年、平成23年11月には特許も取得している。

11. アンダーテーブル研究

現在島根県産業技術センターのメンバー全員は非常に多忙である。本来の企業支援の他に新産業創出プロジェクトを始めとする新たな研究開発、人材支援教育、産官学連携の中核的存在としての役割など非常に多いのである。

たとえば筆者が所長に就任してしばらくして国の人材支援の制度ができて課題の募集があつた。県には多くの部、研究機関などがあるから様々な提案があり、それを最終的に財団法人しまね産業振興財団が経済産業省に提出するのである。国から入るお金を県が直接受け取るのではなく、このような外郭の財団法人などを介して受け取り活用する制度になっているのである。平成23年度からこの財団は法人法改正で公益法人となっている。

平成20年度から経済産業省では企業立地を促進するために広く人材育成講座の計画実施を募集し、各都道府県に申請の道を開いたのである。

そこで島根県産業技術センターの技術グループ、新産業創出プロジェクトチームに対しそれぞれのところから思い切った育成講座の計画を立てるように指示、依頼したのである。結果としては5つの人材育成講座が提案のためにあがつた。各リーダーには“我々はこの5件を提案するが、おそらく島根県全体としては、相当数が提案されるだろうし、財団自身も提案するだろうから、結果として我々の提案するもののうち1つか2つが財団を通じて国に申請され、

さらに国で審査されるので、最終的にはこのセンターが主導する育成講座は恐らく1つくらいだろう、だから、余り皆さんに過度の負担はかからないと思うのでよろしく”，と説明してこの5つすべてを提案した。

ところが蓋を開けて見ると県の他の機関からの提案はなかったようで、この5件が国に申請され、しかもそれ全てが通つたと言うのが実際である。実際、しっかり練り上げられた良い提案であつたと我々自身自負していたのである。その結果、育成講座の事務局は財団が行っているが、実際はセンターで立案したもので、当初はかなりの実務はセンターのメンバーが行っており、研究員には過度の負担をかけることとなつてしまつたのである。現在もこの流れ、この延長、発展型でこの人材育成講座が形は少し変えたとしても本質的には同様のものが続いている。平成20年度当初のものは次の通りであつた。

平成20年度企業立地促進法関連の人材育成講座

- ① デジタルコンテンツ開発技術者人材育成講座
ICT技術開発プロジェクトチーム提案
- ② 総合的組込制御技術者育成講座
戦略機動スタッフ提案
- ③ 製品評価開発技術者育成講座
環境技術グループ提案
- ④ 機械・電気系技術者のための設計信頼性向上講座
熱制御システム開発プロジェクトチーム提案
- ⑤ 食品製造技術者のための成分分析講座
機能性食品産業化プロジェクトチーム提案

万事このような状況で皆さんを結果として非常に忙しくしてしまっているのが事実である。

さらにその上、筆者は所長としてセンターのメンバーに、“各自アンダーテーブルの研究をやって良い、やったが良い”と話しをしている。県費を入れたり、勤務時間内でやる研究ではなくとも、正式にセンターの研究として提案する以前のものであつても、研究員自らの関心、直感、発想、興味などから、そつと、金をかけることなく、業務に支障を与えないように研究をやって良いと云うことで、うまく行きそうな芽が出れば正式テーマとして提案し研究開発の段階に移れば良いと云う考え方である。

こう云うことを皆さんに云っている手前、筆者自身も迷惑をまわりにかけない範囲でアンダーテーブル研究をやることとしたのである。実際には殆ど、島根県に限らず全国の大学、企業、外国の友人、大学などに様々な提案をメール、電話などで行い、むしろアイデアの提供、得られた結果の解釈、理論付けなどを筆者が協力してやると云う姿勢をとっているのである。そのいくつかの例を記しておこう。

11.1 珪藻のシリカのナノ構造

これは主として味の素(株)フェローで信州大学客員教授の山中茂先生との共同研究である。淡水中にも海水中にも多くの種類の珪藻が存在しておりこれが生物界で極めて

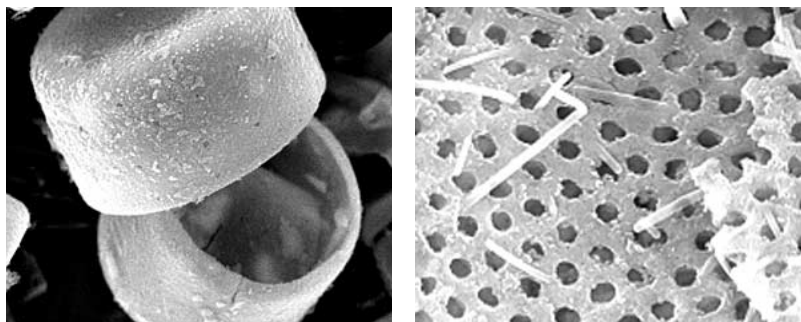


図7 珪藻の電子顕微鏡写真（カラーページp.75参照）

重要な役割を果たしている。珪藻はシリカでできた殻の中に葉緑素が入っており、この葉緑素が光吸収して光合成を行っているのである。種類により様々なシリカ構造のものがあるが、共通しているのはいずれもシリカの殻にそれぞれ特徴的なナノスケールの穴が規則正しく形成されている点である。この穴の役割が何かと云うことに興味を持ち、研究を始めた。

長野県の千曲川で水中から採取した珪藻を用いて研究を進めた。この珪藻も見事なナノ構造を持ったシリカの中に葉緑素が入っている。このシリカを電子顕微鏡で見ると図7の写真で示すように約百ナノメートル周期で穴が形成されていることが分かる。この穴をモデル的に見ると図8のようにみなすことができるので、これをフォトリソニック結晶として理論計算を行った。理論計算は小生が大阪大学時代に博士課程を卒業して当時カナダにいた武田寛之博士に協力してもらった。

結果の詳細は述べないが、ある波長域、穴の周期に多少よるが、写真のものの場合青色部で光スペクトルに特異な特徴が現れた。これは青色領域の光が遅くなることを意味すると解釈した。その結果光と葉緑素の相互作用する時間が長くなり、光合成の効率向上に寄与していると判断できる。この結果は米国物理学会の応用物理部門の雑誌に論文として掲載された。(Journal of Applied Physics. 108, (2008), 074701 : Optical properties of diatom silica frustule with special reference to blue light.)

この効果は原理的にはうまく利用すると太陽電池の効率を上げることに繋がると考えられる。

11.2 稲の葉

田舎育ちの人間であれば稲の葉に触るとザラザラしていることを知っていると思う。実はこれもシリカなのである。大阪の自宅の横の田圃に植えられている隣の家の稲をもらって山中先生に送ってその電子顕微鏡写真を撮ると図9のような極めて特徴的なものであることが分かる。葉はもちろんセルロースなどの有機物が主体であるが、その上にシリカが極めて特徴的な形で存在しているのである。

このシリカは三つのタイプの構造を形成していると考えられる。一つは丸い小さなシリカ粒子がほぼ百ミクロン程

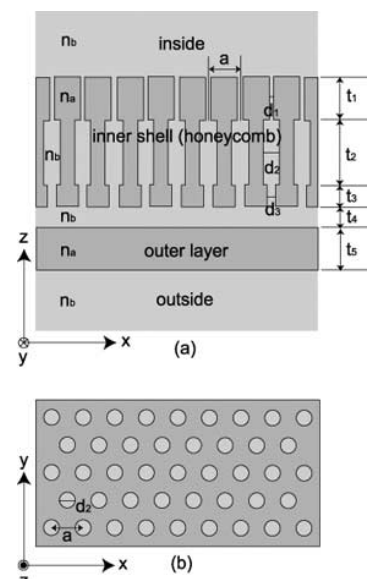


図8 珪藻の穴構造のモデル（カラーページp.75参照）

度の間隔である程度周期的に並んでいる。また算盤（そろばん）球のような二列に並んだ構造が見られる。もう一つは少し大きなフック状の構造である。

手で触ってザラザラ感ずるのはこのフック状のシリカのためであると考えられる。また算盤球が連なったような形の二次元構造は葉っぱが丸まって光を受ける面積が小さくならないよう、すなわち葉が丸まりにくくする役割をしていると考えられる。実際、算盤球状、梯子状のものでは、梯子の横方向には曲がり難いことが計算上からも容易に分かる。このことは当センターの小松原研究員に確かめてもらった。

一方、小さな粒子がほぼ規則的に百ミクロン程度の周期構造を形成しているとして、やはり武田博士に協力してもらって理論計算をすると、約十ミクロンくらいの波長の赤外線部分で異常が現れることが明らかになった。これは赤外線との相互作用に特徴的な効果を発現すると云うことに繋がり、このシリカが熱作用、温度に関係する重要な役割を演じている可能性がある。

その他シリカは病虫害の予防、水滴を球状にし葉の表面から転がり落とすなど様々な役割を演じていると考えられ

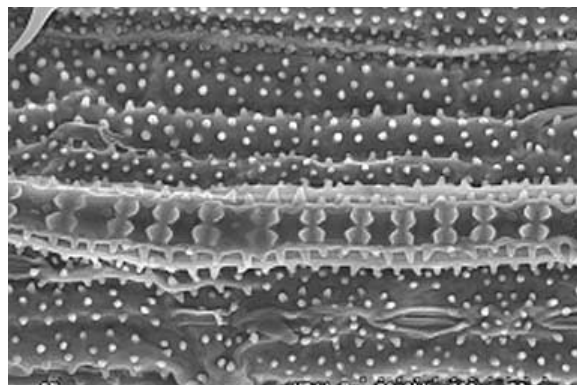


図9 稲の葉の電子顕微鏡写真（カラーページp.75参照）

る。

この成果はやはり米国物理学会の応用物理分野の速報誌に論文として掲載された。(Applied Physics Letters. 95, (2009), 123703 : Structures and physiological functions of silica bodies in the epidermis of rice plants.)

この研究を通じて気がついたことは稲を栽培するのに田圃に水を張ることの意味である。稲にたくさんのシリカがあるということは稲が根からシリカを吸収しているということで、水の中のシリカ、おそらく土から溶け出し水に溶けたシリカが吸収されているはずである。シリカ、石英がそのまま水に溶けるわけがなく、稲の根からの何かバクテリアか微生物か何かがシリカを溶ける形に変えていると考えられるのである。と云うことはシリカを食べるバクテリアか微生物などがある筈と云うことになる。実際、それを見出した。一方、畑に種をまいて育てる稲、陸稲がある。今の考えを拡大して考えると、陸稲の根からのバクテリアか微生物は水稻の根のものより強力、少なくとも余り水がたきさんなくても働き機能を発揮すると云うことのように思える。好きなように思いをめぐらすことは長いJR車中ではとても楽しいことである。

11.3 棕の葉とトクサ (木賊)

棕の木の葉には大量のシリカがあり、その構造が極めて特徴的であることを電子顕微鏡で確かめており(図10)、その役割が何であるかを現在研究している。

トクサは野原や川べりなどあちこちに結構生えているが名前を知る人は意外に少ない。

図11は通りがかりの庭先に生えていたものであるが、まるでツクシ(土筆)が長く伸びたように見える。茎と云うか幹は真っ直ぐで手でつまむと少し硬めで中に穴が開いており竹のような感じもするが先端はまるでツクシである。中には筆者の身長よりほかに長いものもある。これを電子顕微鏡観察や分析をするとシリカが大量に含まれていることがわかる。シリカの役割が何であるのか現在調べているがトクサが太古の植物につながっていることから考えると生物進化過程でシリカが重要な役を演じていた時期があったものと考えて自然である。シリカは現在の植物、特に木材などに含まれているリグニンなどの役割もかねていた可

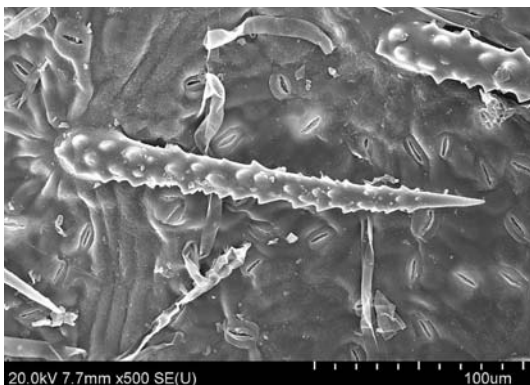


図10 棕の葉の電子顕微鏡写真(カラーページp.75参照)



図11 トクサ(木賊)(カラーページp.75参照)

能性があると考えている。

以来、生物界におけるシリカの役割に関して精力的に研究を展開している。一方、シリカが機能性食品あるいは飲料として健康の維持、向上に有効であると云う話も随所で聞かされるのも事実である。機会を見て試みてみたいものである。

11.4 フタロシアニン、ポルフィリン

小生は学生の頃から植物の葉の中にあり葉緑素の緑色を呈する元になっているクロロフィルの骨格であるポルフィリン、それとよく似た構造で中心金属の種類により様々な色を呈するフタロシアニンの研究も行った経験があるので、最近でもいろいろな方にそれらを利用した様々な機能性を提言することがある。例えば、島根大学の田中助教には有機太陽電池の界面にリチウムフタロシアニンを挿入すると面白い効果が現れると云う考え方を話し実験を行ってもらって、実際興味ある結果を得、米国の学術誌に論文を発表した。(Applied Physics Letters. 97, (2010), 253306 : Improvement of power conversion efficiency of phthalocyanine/C60 heterojunction solar cells by inserting a lithium phthalocyanine layer at the indium-tin oxide/ phthalocyanine interface.)

11.5 バクテリアセルロース

山中先生はバクテリアセルロースの研究の先駆者、世界的権威者であり、筆者が40歳代の頃、このバクテリアセルロース関連の共同研究を山中先生と行い、論文発表や特許申請を行ったことがある。従ってある程度のバクテリアセルロースに関する知識は持っている。

セルロースは普通植物由来、すなわち草木の主構成要素であり、それらから分離されて利用されることはよく知られているが、バクテリアセルロースは酢酸菌が作り出すものである。その性質の解明、大量作成法、工学や医学応用を山中先生は若い時代から手がけられてきていたのである。

こう云う知見をある程度持っていたので、何人かの友人あるいは昔から共同研究を行ったことのある人たちに、彼らの研究にバクテリアセルロースも取り込むことによるいろいろなアイデアを吹聴してきた。例えば、中国天津大学

Feng Wei (封偉) 教授, 島根大学の森准教授, 高橋教授である。森准教授は人工骨とバクテリアセルロースを組み合わせたものを使うことによって薬の除放に利用できることを示した。(Clinical Orthopaedics and Related Research 469, (2011), 600 : Increased Antibiotic Release from a Bone Cement Containing Bacterial Cellulose.)

つい先日Feng教授は, グラフェンとバクテリアセルロースを組み合わせることで特徴のある薄膜の作製に成功し, その薄膜で非常に面白い物性を見出したので小生も著者に入れて論文を投稿し掲載が決まったと云うことを報告して来た。(Carbohydrate Polymers. 87, (2012), 644. to be published. : A mechanically strong, flexible and conductive film based on bacterial cellulose/graphene nanocomposite.)

グラフェンは昨年のノーベル賞受賞対象になったことで有名な炭素の一形態, グラファイトを一層だけ剥がした形態の材料である, 極めて特徴的な物性を呈する。

ここで述べてきた筆者等の仕事はほんの発端的な研究であり, 産業応用, 医学応用などにすぐ活用できるとは云え

ないものだろうが, 将来的にはいろいろな可能性が出てくるものと考えている。

これらのアンダーテーブル的研究を行うのに特別に時間や作業を負担と感じてやったことはなく, アイデアは殆ど島根と大阪を云ったり来たりのJR車中で得たものである。長い時間のかかる移動は体にはきついが, のんびりといろんなことに思索をめぐらすことも悪いことではなく, 良いアイデアに行き着いたときなどは小躍りしたくなるくらいなこともあることを述べて, 多くの人がアンダーテーブルの研究も, 仕事と余り考えないで楽しむことを勧めたいと思っている。

悪口をズケズケ小生に云う友人からは, “吉野君は泳ぎ続けないと酸素が吸収できず生きていけない回遊魚みたいなもので, 一生研究開発, 仕事を続けないと, 止めればバタリとお仕舞いだろうから, 死ぬまで頑張り続けざるを得ないだろうが, 古希を過ぎて体力が落ちてきたから, その程度のことしかできないようになったんじゃない”とも云われそうである。



図1 上市された機能性食品の事例



図4 レイシとドラゴンフルーツ



図2 薩摩芋の花



図5 アボガドの木



図3 ハランの葉



図6 鯖の塩辛

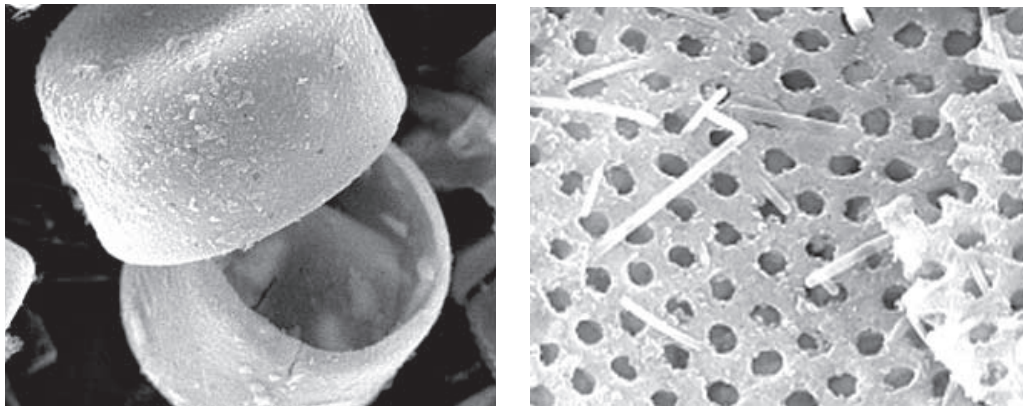


図7 珪藻の電子顕微鏡写真

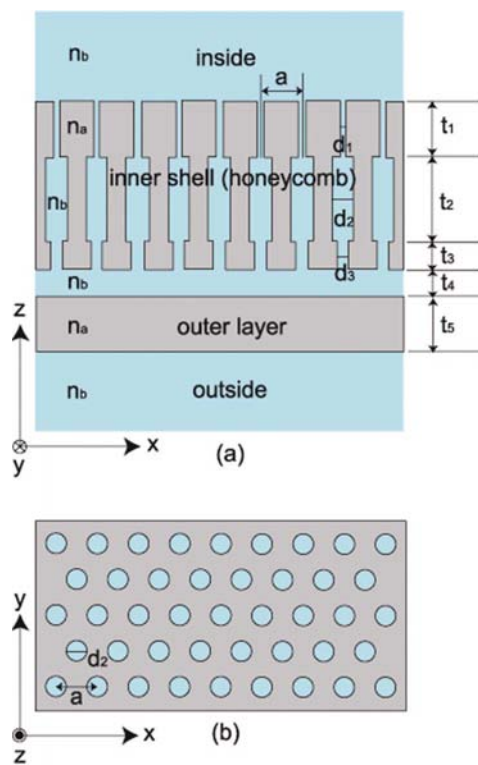


図8 珪藻の穴構造のモデル

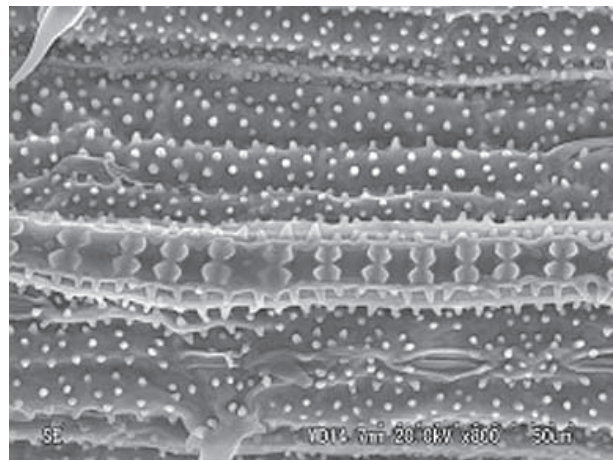


図9 稲の葉の電子顕微鏡写真

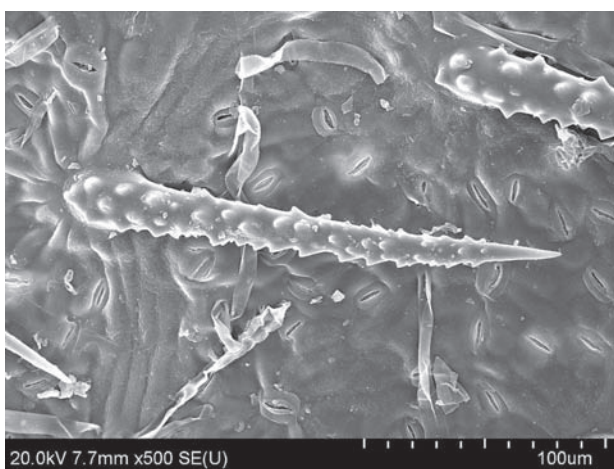


図10 棕の葉の電子顕微鏡写真



図11 トクサ（木賊）