



食 品 の 貯 蔵 に つ い て

——インドネシアに対する理研の研究協力——

1976年から理研は食品貯蔵の問題について、インドネシア国原子力機関と研究協定を結び、わが国予算による3年計画の共同研究を推進することになり、かって同国留学生を受け入れた当研究室が担当することになった。目的はインドネシアにおける食品の貯蔵に関する微生物学ならびに生化学の問題をとり上げて、熱帯地域における食品貯蔵の問題に科学のメスを入れようというものであるが、もう一つのねらいは共同研究の具体的経験を通じて、インドネシアの科学者が国際学会に進出して活発な研究活動を行ういとぐちをつくるよう支援することである。しかし当所には食品科学を主テーマとする研究室がなく、またアジア諸国の識者がわが国の科学者を欧米一辺倒と批判するように、宇宙線観測を除いて発展途上国との間の研究協力の経験も認識もなく、現地の実験資材供給の事情を考えると、前途は必ずしも楽観を許さないものがある。だが国際社会における責任の重みが急速に増し、しかも東南アジアの資源に期待せざるを得ないわが国の将来にとって、このような研究協力の意義をどのように理解すればよいのだろうか。それは単に与えるというものではなからう。われわれにとって学問的魅力は、研究の舞

台となるインドネシアのあふれるばかりの豊かな自然である。そこに生産される食糧とその加工の過程、つくり出される食品の貯蔵には多くの生物学的問題が介在していて、われわれが新しい学問的方法で研究する対象がある。東南アジア地域での学術的貢献として有名なウォーレスやウェーバーの業績など欧米学者の学術活動に比べ、わが国科学者の活動は残念ながらおこなわれていることを認めねばならないが、この歴史的経緯にとらわれず研究協力を軸にしたわが国の新しい学術的寄与の時代を期待したいものである。

1972年広汎な天候不順を契機にわれわれは突然に、しかし明瞭なかたちで、世界的な食糧事情の悪化に見舞われ、世界の食糧危機がささやかれるようになった。しかしこのことばは、わが国で食糧の輸入依存度がケタはずれて大きいにもかかわらず、多くの日本人にその実感はなく、むしろ意外な感じを与えたといっても過言ではなからう。ようやく最近になって、200カイリ経済水域の時代を迎え、食糧の危機感がひしひしとわれわれに迫ってくるようになったといえよう。さて世界的視野での食糧問題の重要な部分は、熱帯もしくは亜熱帯に多く集中している発展途上国のかかえる

問題である。インドネシアにおいても赤道の南北にひろがる豊かな自然に恵まれながら、農業生産拡大の課題、国民栄養上は低蛋白、低ビタミンの問題をかかえている。今回の研究協力をはじめに当って、世界最大の回教国であるインドネシアの食糧のなかから、重要な蛋白源として魚に注目し、その加工・貯蔵の慣習的方法と今後導入可能な新技術についての障害と腐敗の原因となる微生物について、自然環境での分布やその性質をしらべる生態学的研究をまずとり上げることにした。インドネシア側研究機関ではすでに同国沿岸の湿地帯 Swamp やそこに生棲する魚類を探索して、東南アジアからはじめてボツリヌス菌の分離を報告している。本研究では検索の対象として、好塩菌、好熱菌、好冷菌および放射線抵抗性菌の4群の微生物とくに細菌をしらべることにしている。インドネシアの慣習的魚加工法として塩蔵、加熱、それに冷蔵、将来有効な新技術としての放射線照射を考え、それぞれの障害となる微生物を研究するわけである。1976年7～8月、ジャワ島、マドラ島、バリ島をめぐるインドネシア科学者とともに採取した海水、塩田水、天日塩、魚、土壌、河川水など400以上の試料から、これら4群の微生物がいずれも分離された。このなかで注目されるものの一つは、熱帯地域であるジャワ島内陸部の試料からも好冷性細菌が分離されたことである。従来の研究で好冷菌の主要な分離源は、冷蔵食品、海水、南北両極地帯であるが、熱帯の海洋をはなれた地域から0℃でも良好な増殖を示す好冷菌が見出されたことは、微生物生態学の立場から興味深いことである。しかもこれらの好冷菌の多くは37℃でも増殖するので、室温でも冷蔵中でも腐敗の原因となり、食品の貯蔵上やっかいなものである。これらの分離菌のいくつかは当所に送付され、好塩性や好冷性の機構を究明する生化学的研究に供される予定である。また現地ではこのほか、実際市場を流通している加工食品、例えば最も大衆的な塩干魚の食品科学的な研究を行っている。このなかで野外環境から採集した試料と加工食品の両者の微生物を比較したり、加工法の効果を研究して、食品貯蔵の微生物学的側面を明らかにする計画である。これらの研究協力をすすめ

るため、理研とインドネシア側双方より毎年研究者が相手側研究所を訪れて共同研究をするようになっていく。この研究協力は事務的準備に意外に手間どり、ようやくその緒についたばかりであるので、次にすでに実施した最初の微生物採取旅行の様相をあらましのべ、現地の食習慣の一端を紹介する。1976年7月30日夕7時すぎ、ようやく暮れた南の空に低く輝く南十字星をながめながら、ジャカルタ南郊のパサジュマ研究所を出発、一行4名である。現地では大部分回教徒のせい、南

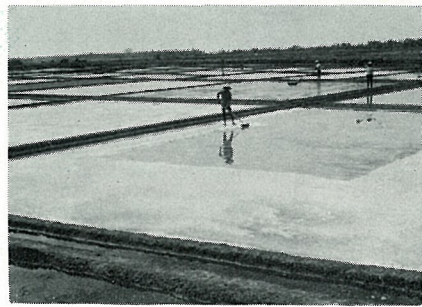


図1 ジャワ島北岸ルンバンの塩田

十字星を凧星とよんで格別の感慨を示さない。われわれの最初の目的地はジャワ島中部の塩田地帯である。熱帯の炎天をさけて夜通しジープで走り、翌々日ルンバンに着いた。ここで天日塩、塩田水など相当数の試料を採取したが、そのなかから前記4群のいずれの細菌も分離され、本旅行中で最も収穫の多い地点であった。なぜ塩田をめざしたかという理由は、この国の魚の加工・貯蔵に食塩を多用し、その微生物は製品の貯蔵性にも関係が深いと思われたからである。インドネシアではとれた魚の約半分は貯蔵用として塩干魚とピンダン Pindang 魚に加工する。製法に地域差があるが、塩干魚は20～25%の食塩水に1夜もしくはより高濃度の塩水に短時間浸漬して、乾期には3～4日で天日乾燥、場合によっては火力乾燥する。フィリピンなど東南アジアで広く行われる魚の加工法であるが、タイでは塩漬けにして煮沸、乾燥する。ピンダン魚はペンディル Pendil とよばれる素焼の容器に比較的良質の魚を入れ、食塩水を加え、時には香辛料の葉をそえて煮沸、最終的にはかなりの高濃度の食塩含量になり、室温といっても30℃前後で1～2ヵ月貯蔵できるとい



図2 マドラ島北岸の漁村風景
右手前はピンダン魚用の土器 Pendil



図3 バリ島南部の塩田
塩のついた砂が小屋に貯えられ、濃い塩水にした後ココヤシの実を燃料にして煮つめる



図4 ジャワ島中部の水田地帯にて
生育期の異なる稲、収穫の稲穂の包みを背に昼食に帰る人々、左端の婦人の笠のなかにアニアニとよばれる収穫用の刃物がみえる。

う。漁村によっては出漁のときブンディルを多数船に積んで、漁獲後直ちにピンダン魚にする。これらの熱源はこの国のいたる所にあるココヤシの実の殻である。このような食塩を多用する魚の加工法は熱帯の人々が伝承している食中毒防止の知恵といえることができよう。ジャワ海沿岸にも食中毒菌ボツリヌス菌が分布している由であるが、この菌の増殖、毒素の生産は食塩により抑制され、また生成した毒素も加熱により失活する。熱帯での魚の保存上注目すべきもう一つの問題は、昆虫による被害が大きいことで、ジャカルタ周辺の市場から集めた加工魚の試料の約75%が昆虫の害を受けていたという調査結果がある。魚だけでなく、馬鈴薯のような根菜類も虫害により損耗し、発芽防止だけでなく虫害防止も重要な課題である。これらに対して放射線照射はきわめて有効で、現在国際原子力機関は熱帯地域の食品貯蔵のため照射法の導入について努力をつづけており、アジア諸国間では魚の照射についての地域協力プロジェクトがすすめられている。

インドネシアの至るところに栽培されるココヤシ、サゴヤシなど各種のヤシの木は、住民の生活と切っても切れない関係にあるがその利用法も多様である。扇ヤシからは Tuak や Legen とよばれる酒をかます。酒といえばバリ島にはここだけで作られる米からの醸造酒がある。そのほか家庭で同じく米からつくられる赤い甘酒がある。勿論いずれも微生物のはたらきによるが、この研究の対象には入らない。ジャワ島、マドラ島、バリ島のそれぞれ北岸に点在する漁村、雨季には養魚池、乾季には塩田に変わるというスラバヤ郊外のカノスカノス、バリ島やジャワ島中部の水田地

帯、ジャングルのなかの温泉などを経て3000キロに近い微生物採集旅行を終えたのは、同行のインドネシアの研究者ともすっかり親しくなった2週間後、インドネシア独立記念日の直前であった。この最初の採集旅行は約半年つづく乾期の最中であつたが、モンスーン気候のこの国の雨期の微生物相との比較、採集微生物の性質、例えば好塩菌の耐熱性、あるいははげしい太陽光線を浴びる熱帯微生物のDNA修復能など、微生物学的観点からも今後研究をすすめて行きたい。しかし途上国との間の共同研究の推進には多くの困難がつきまとい、充分の討論、正確な実験技術の伝達、研究機器の提供など国内や所内の共同研究にない難問を一つ一つ解決する必要がある。この研究を通じてインドネシアの科学者が自助の精神を自覚し、この国ではきわめて困難な基礎研究の重要性を理解するに至ったとき、当所の関係者が現在払っている支援の努力は報いられ、やがては両国の将来の発展と友好に寄与するものと考えている。

放射線生物学研究室 主任研究員 松山 晃

開発テーマ

軟鋼へのイオンインプラネーション

はじめに

イオンを使用した表面処理技術は、近年無公害化、省力化、リサイクル化等の視点から注目されており、イオン注入技術もその一つとして取り上げられています。

イオン注入法とは添加したい原子や分子をイオン化し、静電界で加速して固体基板の表面層へ添加することにより、表面層をバルクと異なった性質にする方法です。この方法は、現在、半導体素子製作技術の一つとして定着してきました。

これまでの研究成果によると、イオン注入法は、熱拡散法と比べ、次のような特長をもっています。

① 添加する元素、添加される基板は、何でもよい。すなわち、非熱平衡下でのプロセスですから、溶解しない元素まで、好きなだけ添加できます。

② 添加する深さは、添加するイオンと添加される基板に関係しますが、加速電圧によってコントロールすることができます。

③ 添加する量（注入量）は、イオン電流と注入時間によって正確にコントロールできます。

これらの特長を振り返ってみますと、新しい表面層の形成（表面層の合金化）に対して、有望な技術であると考えられます。当所では、変形工学、摩擦工学、半導体工学の各研究室の協力で、金属材料表面層の最も影響を受ける、耐食性、表面硬化、摩擦などについて研究してきました。その二、三の例について紹介します。

注入イオンの分布

図1に軟鋼板へイオン注入した銅の分布を示します。注入イオンは、通常予測されるLSS理論による分布よりも増速拡散により非常に深くまで浸入していますが、ピークの深さはほとんど理論で

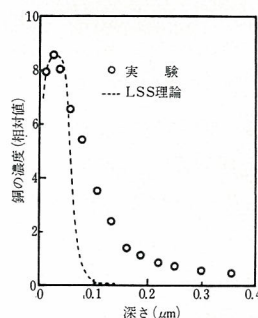


図1 軟鋼板へイオン注入した銅の分布
(注入量 1×10^{16} 個/cm², 加速電圧150keV)

予測されます。なおピークにおける銅の鉄に対する割合は、 1×10^{16} 個/cm²注入で約1%です。

耐食性

一般に、腐食は表面から起こり表面状態に依存します。したがって、ペンキを塗ったり、電気めっきをしたりして材料の腐食を防ぎました。さらに、ステンレスのようなバルク全体の合金化によって腐食防止をおこなってきました。しかし、公害、省資源などの問題から新しい耐食性材料の要求が高まっています。イオン注入法による表面層の合金化は、バルク濃度に対応させればppmオーダーになり、リサイクル化、省資源の点から有力

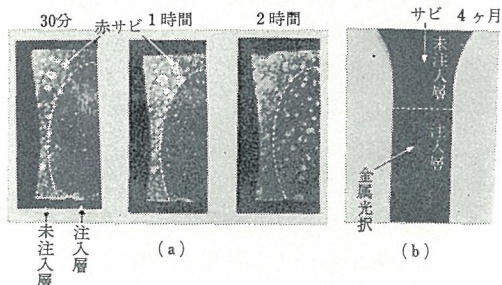


図2 (a) 塩水噴霧試験 (50°C)(銅注入 1×10^{17} 個/cm²)
(b) 大気中放置 (室中室温 4ヶ月)

な技術と考えられます。

図2(a)に塩水噴霧試験結果の一例を示します。注入した試料は通常のSPCC材に銅を 1×10^{17}

個/cm²を個注入したものです。塩水噴霧試験には約5%NaCl溶液を用い、30分間隔で噴霧し、その間は、50°Cの恒温槽内で約30度の角度で放置しました。試験開始30分後の状態で未注入部にさびが発生しています。1時間後でさらにその差は明確になっています。この結果は、注入層がさびにくいことを示しています。同様な結果は、クロム、ニッケル、窒素注入材においてもみられました。また、大気中での酸化テストの例を図2(b)に示します。注入材はSPCCに窒素を注入したもので、注入層は4ヶ月後でも、まだ、サビは発生していません。

硬 さ

機械的性質の重要な因子の一つに硬さがあります。硬さは通常バルク特性としてとらえられますが、バルクと表面層の間で異なった硬さの材料が要求されてきました。

図3は窒素をイオン注入したチタン入り軟鋼板のピッカース硬度を板厚方向に測定した結果です。片面あるいは両面注入において注入面側の硬度が高くなっていることがわかります。なかでも10¹⁸個/cm²注入材の表面硬さは、通常値の約60%の増加を示しました。これは、表面とバルクの硬度の異なる材料が作製できることを示しています。

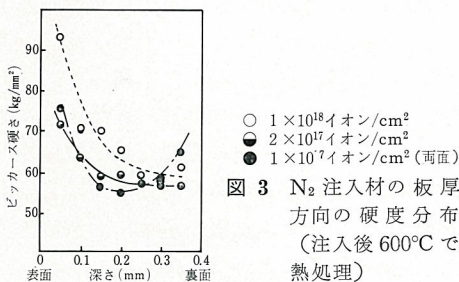


図3 N₂注入材の板厚方向の硬度分布 (注入後600°Cで熱処理)

また、10¹⁷個/cm²注入材において、引張り試験、曲げ試験を試みてみました。材料の降伏点は、約5kg/mm²程度の上昇を示し、スプリングバックの開き角は、降伏点増加以上に、大きいことを示しました。

摩 擦

摩擦係数は、材料AとBをこすり合わせた時にあらわれる摩擦力の大小を示す一つの工学量です。この値は、表面状態によって影響されること

は、よく知られた事実であります。したがって、イオン注入法によって表面組成を変化させることにより同一材料で異なった摩擦係数の材料を作製することができると思われます。

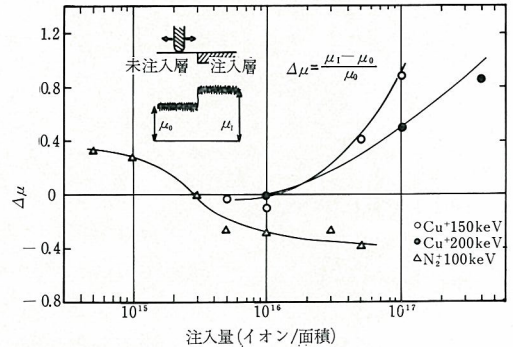


図4 相対摩擦係数の変化

図4に銅、窒素を注入した軟鋼板の相対摩擦係数の変化(Δμ)と注入量、加速電圧の関係を示します。加速電圧が低いと、分布の最大濃度は表面に近くなり、同じ注入量なら濃度は高くなります。したがって、銅注入の場合が示すように、低エネルギーの方が同じ注入量でもΔμが大きくなっています。また、銅注入の場合が示すように注入量の増加とともにΔμも増加しますが、窒素注入材のΔμは、低濃度注入、高濃度注入で符号が逆転しています。これらのことは、同一材でも種々の摩擦係数をもつ材料ができることを示しています。

おわりに

以上のように、添加元素により高い耐食性材料、表面層硬度の高い材料、摩擦係数の増減する材料作製が可能であることがわかりました。また、超電導材料のTcの増減がイオン注入によってコントロールできることもわかりました。こうして、イオン注入により金属材料に新しい性質を付与することのできることをわかりましたが、今後装置自体を簡易化する問題や大電流化する等の技術的課題もかかえています。そして、これらの課題も、困難ながらも近い将来、必ず実現されるものと信じています。

摩擦工学研究室

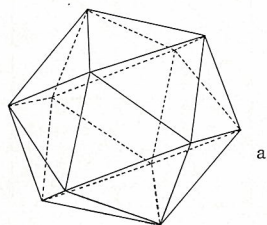
研究員 岩木正哉

(開発テーマの欄に対するお問い合わせは開発調査室へお寄せください。)

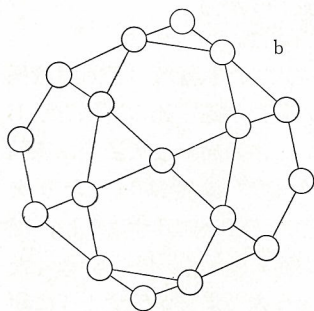


硼素化合物とサッカーボールとの関係

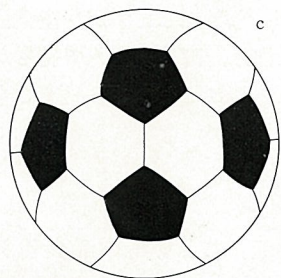
図の(a)は正二十面体である。昔のギリシャの哲学者は宇宙を五種類の元素から成ると考え、その一つの水が正二十面体をしていると



a



b



c

考えた。現在では元素の一種である硼素の化合物が正二十面体を作ることが知られている。ところでこの様な元素の形を決めるのにはX線が使われている。しかしX線で直接見えるのは元素の形そのものではなく、もっと複雑な像であり、その像から数学的手段を使ってはじめて本当の形がわかることになる。数年前硼素化合物のX線像を調べていた時球面上に(b)図のような点の配置がある筈だという事に気がついた。この図は何処かで見た事があるような気がしたので試みに五角形の所を黒く塗って見るとサッカーボールのデザイン(図(c))とそっくりである事がわかった。ただ(b)では五角形の頂点が接してその間が三角形になっているのに対し、(c)では五角形が少し小さくなってその間が六角形になっているだけである。このサッカーボールが誰によって

どうして考えられたか私は知らないが、多分正二十面体か、正十二面体からヒントを得ているものと思われるので硼素化合物と関係があっても不思議はない。また硼素の中にはその構造自身が(c)の様な配置をしているものも存在する。ただ正二十面体のX線像にそれが現われることはデザイナーも気がつかなかったに違いない。逆にX線像の中にこのサッカーボールの様な像が見つければそれから硼素化合物の構造を知ることができることになる。

さてこの話はこれだけの事であって、別にこれから新しい法則が導かれるわけでもなければ、金もうかるわけでもない。ただ研究者とはこんなことに面白い閑人だというだけのことである。夏目漱石の「わがはいは猫である」の中の理学士の寒月君は首つりの力学や、ドンダリのスタビリティと天体の運行の関係などおよそ浮世ばなれのした研究をしている。俗世間を代表する鼻女史は「そんな事をやっていて博士になれるのでしょうか?」と心配する。この話についても「税金を使っている理化学研究所でそんな事をやっていて良いのだろうか?」と恐い顔をする方があるといけないので一つだけ蛇足をつけ加えておく。硼素やその水素化合物の中にはこの様な多面体的な構造が沢山ある。ところがこの様な構造を作るために硼素原子同士を結びつける力は普通の原子の間の力の法則では説明できない奇妙な性質を持っている。この謎を解き明かした米国のリプスカム教授に昨年度のノーベル化学賞があたえられた。最近セラミックス研究室の東研究員や結晶物理研究室の伊藤研究員等との共同研究によって硼素のX線像からリプスカム教授の理論に対する綺麗な実験的検証を得ることができた。

結晶物理研究室

副主任研究員 桜井敏雄