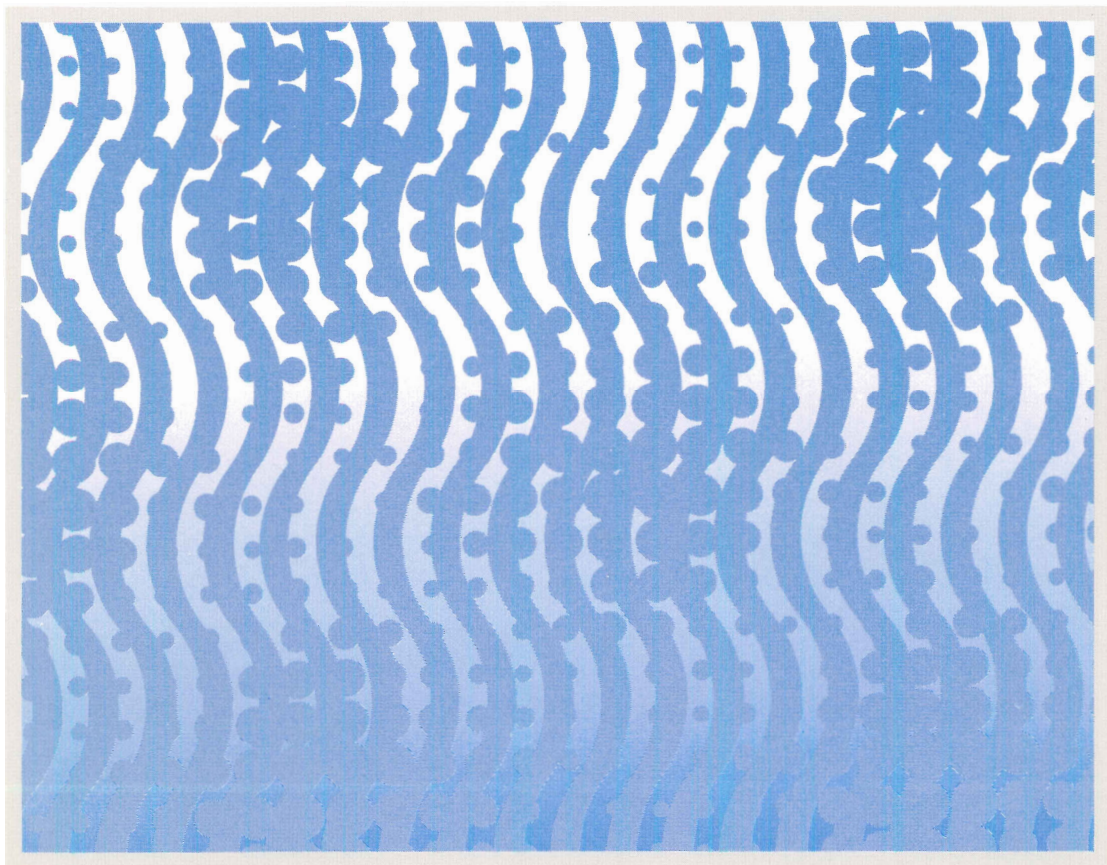


# そるえんす



No.50

# — 目次

巻頭言	1
第13回助成研究発表会における発表概要	2
初めてのアメリカ	17
暑さと水と塩	23
第4回塩事業海外研修に参加して	30
ぐるり一周わが街フライト体験	36
縄文文化と製塩の始まり	38
塩漫筆 大陸は拡大する	50
財団だより	53
編集後記	

# シベリア永久凍土 とその上の植生



有賀 祐勝

東京農業大学教授  
財団法人・ソルト・サイエンス研究財団  
研究運営審議会委員

シベリアにはタイガと呼ばれる針葉樹の大森林が発達している。この針葉樹は表面からわずか1-2mの深さの土壤表層に根を張り、その下には活動層と呼ばれる夏季には解け冬季には凍る厚さ1-2mの凍土層があり、更にその下に夏季でも凍ったままの6-10mの永久凍土層が存在する。東シベリアではカラマツ属を主体とする森林が広がっているが、その森林の間には所々に樹木を殆どあるいは全く含まない草原があり、多くの場合その中ほどに小規模な湖があり、場合によってはこの湖が相当大きな規模のこともある。上空から見ると広大なカラマツ属森林の中に点々として大小の湖を囲む草原（アラスと呼ばれる）が分布している。そして、このような草原の周辺部に民家が点在したり、集落をつくったりしている。アラスは恰好の放牧地であり、牧草生産地ともなっている。アラスの中の湖は年によってある程度広がったり縮小したりはしているようであるが、長年にわたって草原の状態が維持されており、森林に遷移していくことはないという。アラスの周りには種子を生産する立派な森林が存在するのに、なぜ何年経っても草原の中に樹木が侵入してこないのだろうか。

東シベリアのヤクーツク郊外の森林の中で行われている日口共同研究の現地視察を行うためモスクワからの飛行機でヤクーツク空港に降り立った時、スモッグがたち込めており焦げ臭いにおいがかすかに感じられた。迎えに出てくれたロシア人によると「数日前から森林火災が発生しており、

その煙が風に運ばれてきている」との説明であった。シベリアでは森林火災が発生しても、対処しきれないので、自然に消えるのを待つのが普通のことである。当然のことながら、このような森林火災は地球を取り巻く大気中のCO<sub>2</sub>濃度を高めるのに大きく貢献することになるので、火災を未然に防ぐことは極めて重要である。すなわち、このような森林火災の発生条件を知って早めに対処し防止することは、長年の蓄積である材の無駄な消失を防止するだけでなく、地球温暖化の防止という観点からも極めて緊急の重要課題であろう。こうした視点からの日口共同研究の推進が期待される。森林火災などによって植生が破壊されると土壌が露出する。夏季には露出部分の地温は森林であった時より高まり、永久凍土がより深いところまで解けることになる。永久凍土が余計に解けた分だけ地表は低くなる傾向があるから、窪みが出来て水がたまる可能性が出てくる。このようにして湖が形成されたと考えられているが、東シベリアの森林地帯では夏季には降水量より蒸発量がまさり、土壌から溶け出た湖水中の塩類は徐々に濃縮される傾向にある。塩類濃度が高まってくると、周りの森林からアラスの中に種子が運ばれてきても、発芽できなかつたり、例え発芽しても成長できないので、森林が再生することはなくアラスが長年にわたって維持されていると考えられている。塩類の蓄積は森林再生にはマイナスであるが、人々の暮らしにはプラスになっていると言えよう。

# 第13回助成研究発表会における発表概要

平成12年度に当財団が助成した研究について、その成果を発表する「第13回助成研究発表会」が平成13年7月25日に日本都市センターで開催された。参加者約260名で3会場に分かれ、合計73件（末尾一覧表参照）の発表があった。その内訳は、昨年中止された一件を含めて63件の一般公募研究、理工系のプロジェクト研究4件、医・生理系のプロジェクト研究6件であった。

発表件数が増加したため例年より1時間早い9時からの開始となった。また、理工系のプロジェクト研究については、質疑応答、議論の時間を十分に用意したが、時間不足の結果となった。研究発表全体についても熱心な質疑応答で時間延長となり盛会であった。

ここに発表の概要を紹介する。個別の研究発表概要は基本的に研究助成者が作成したもので、部分的に事務局が補足追記したものもある。詳細な研究内容は平成14年3月に発行される「助成研究報告集」に掲載される。各概要末尾の（ ）内数字は記事末尾の「助成研究発表一覧」の「助成番号」である。



（第1会場「理工学」における研究発表）

## 1. 理学・工学関係

理学・工学関係では、一般公募18件とプロジェクト研究である「海水濃縮に関する研究」について4件の発表が行われた。一般公募研究の内訳は、

膜分離関係が7件、その他の分離関係が2件、腐食関係が3件、晶析・結晶関係が3件、分析・測定関係が3件であった。プロジェクト研究の内訳は、膜分離関係が2件、蒸発濃縮関係が2件であった。最初にプロジェクト・リーダーから概要説明があり、各研究発表後に一括して質疑応答、問題点の抽出について議論された。

## (1) 膜分離

膜分離関係の発表で対象とされた膜はイオン交換膜、ナノ濾過膜、限外濾過膜、セラミック膜、モザイク荷電膜と多岐にわたった。その他の分離関係として製塩システム、有用金属の分離も含めた。

医療や研究に汎用される放射性ヨウ素廃液を簡便かつ効率的に濃縮するため、久留米大学の井上らは、イオン交換基としてトリメチルヒドロキシプロピルアミノ基、ジエチルアミノエチル基あるいはこれを一部四級化した交換基を導入した陰イオン交換濾紙膜を調製し、 $\text{Na}^{125}\text{I}$ および $\text{Na}^{36}\text{Cl}$ 濃淡系においてそのイオン選択透過性を測定した。その結果、これら濾紙膜は $^{36}\text{Cl}$ よりも $^{125}\text{I}$ に対して2～3倍の高い選択透過性を有することが明らかとなった。(0001)

東京工業大学資源化学研究所の佐藤らは、イオン交換膜における一価イオン選択性の発現機構を検討するために、ポリアリルアミンゲルの水/有機溶媒混合系でのイオン種特異的、溶媒種特異的膨潤挙動の解析を行った。その結果、 $\text{Cl}^-$ と $\text{Br}^-$ の選択性を向上させるためには、アクセプター数の小さな溶媒系で透過を行うことが有効であり、それと同様の効果は膜基質中にアクセプター数の小さな官能基を導入することによっても達成されると推察された。(0008)

東京大学の高羽は、前1回の助成で新規提案した高温海水淡水化逆浸透膜プロセスが造水コストの大幅な削減に有効であることをプロセス計算により明らかにし、引き続き高温海水淡水化におけるバイオフィアウリング抑制効果について検討した。実海水を用いたナノ濾過膜透過実験からは効果は確認されなかったものの、純水注入による浸透圧ショックがバイオフィアウリングの抑制に有効であることを明らかにした。(0013)

広島大学の都留らは、酸化チタン多孔性膜の電解質濾過特性について検討を行った。その結果、酸化チタン膜のナノ細孔制御に成功し、最も小さ

なもので分画分子量250(細孔径0.8nm)を得た。更に、これらの多孔性膜の電解質透過特性を評価したところ、表面荷電により電解質の分離が可能であること、および、2価金属イオンが対イオンの場合、細孔表面に強く吸着し、細孔内で溶媒分子の透過抵抗になることを明らかとした。(0015)

高分子含有微粒子懸濁液の膜濾過性能を高度に改善する手法の開発を目的に、名古屋大学の入谷らは、その膜濾過特性とpHや塩化ナトリウム濃度等の溶液環境との関係について基礎的な検討を行った。その結果、適切なpHあるいは塩化ナトリウム濃度に調整することにより、高分子や微粒子の荷電状態を変化させ、微粒子の凝集体の大きさを制御することが可能であり、濾過の高速化を促進することができるものと推察された。(0002)

導電性ファイラー添加エポキシマトリックス複合体からの大面積で強固な支持膜作製の指針として、東京大学生産技術研究所の岸本らは、高電圧印加時の導電経路の見積もりを行った。ブレイクダウン時の連続写真撮影から、ホットスポットが一方の電極/材料界面付近に生成、時間とともに成長し、パーコレーションの伝導経路に沿って迂回しながら進展していく。やがてホットスポットはもう一方の電極に達し、連続したフィラメント状の導電領域から強い発光が観測された。(0005)

従来の電気透析法や逆浸透法による海水濃縮や海水淡水化を更に効率的に行うための新しい膜として、九州大学の山内らは、膜内に2種類の異なる荷電基をもつモザイク荷電膜の適用を考えた。その目的のため、このモザイク荷電膜の基礎物性を非平衡熱力学の立場から詳しく検討したところ、塩透過性、透過性等に関する膜パラメーターがより効率的な塩濃縮および塩排除性を示唆する値を示した。(0017)

海水を効率よく高濃度に濃縮して製塩コストを低減できる製塩システムの開発を目指し東京大学生産技術研究所の吉田らは、電気透析システム、イオン交換膜の要件について調査・研究を行った。その結果、膜の電気抵抗を上げることなく電気浸透係数と水の浸透係数を半分にできれば高濃度濃

縮が可能であることが示唆された。そのための膜特性、物質移動現象、透析条件などの解析、および装置設計、新規膜の開発指針について検討した。(0018)

九州大学の後藤らは、前2回の助成でナトリウム選択性の高い包接試薬を開発し、引き続き、その抽出特性について研究を行った。その結果、アルカリ金属に対する抽出挙動が計算化学で予測できることを明らかにした。(0007)

## (2) 腐食

腐食に関する今回の発表は製塩プラントの蒸発缶における腐食、防食に集中した。

東京大学の児島は、高温・高 $\text{Cl}^-$ 濃度環境の製塩プラント環境で用いられる各高耐食性合金のすきま腐食の臨界条件を明示したデータベースの構築を目的に、Ti-Fe合金について再不動態化測定を行い、温度・NaCl濃度・電極電位に関する耐すきま腐食可使用条件を確定し、これに及ぼすFe量の影響を明らかにした。その結果、微量のFe添加は、耐すきま腐食性を向上させ、可使用域を広げることがわかった。(0006)

東京大学の篠原は、製塩プラントの長期信頼性を確保するために、ラプラス方程式と分極曲線を考慮した液中電位分布計算プログラムを作成し、カソード防食適用の可能性を検討した。316鋼製の缶が、半径3m、長さ8mの円筒部と、半径3m、高さ3mの円錐部とからなるとすると、アノード直近の液中電位を0.5Vにすれば、金属の電極電位をすきま再不動態化電位より十分に卑な-0.4V vs. SCE以下とすることができることがわかった。(0010)

青山学院大学の竹本は、製塩装置で問題となっている異種金属接触によるガルバニック腐食の有害度を実プラント運転条件で調べることを目的として実験室腐食装置を開発し、13種類の金属について浸漬電位(電極電位)、ガルバニック電流、それらに及ぼす圧力と温度、カソード/アノード金

属面積比の影響を調べた。しかし、ガルバニック腐食は小さな分極電位でも起こるので、低減・防止対策は極めて難しい。(0014)

## (3) 晶析・結晶

熔融食塩溶液からの特殊な晶析法による特殊な化合物の晶析、製塩におけるスケール成分の晶析条件と析出物の特性、塩結晶表面の形状変化に関する発表があった。

食塩フラックスからの機能性酸化物単結晶の育成を目的に信州大学の大石は、前1回の助成で層状ペロブスカイト型化合物である四ニオブ酸ニカルシウム二ナトリウム単結晶が成長するのを見出した。引き続き、ストロンチウム塩素アパタイト単結晶の食塩フラックス育成を試みた結果、無色透明で自形をもった単結晶(最大8.6mm)が成長した。その結晶は六角の柱状と針状であった。結晶は高品質であった。(0004)

慶応義塾大学の鹿園は、海水から生成した低温性硫酸塩、高温性硫酸塩の生成メカニズムを明らかにするために、分析的・実験的研究を行った。高温性、低温性、結晶サイズによりSr、Mg含有量が異なることが明らかになり、これより、高温性硫酸塩の沈殿は、主に過飽和度、沈殿速度により決められるといえる。石膏-水溶液間の分配実験より、低温性硫酸塩中の微量成分が平衡に近い分配、イオン半径、結晶の物性、水の活量により決定されるといえる。(0009)

中央大学の新藤らは、前1回の助成で岩塩型結晶表面の摩擦の異方性を摩擦力顕微鏡測定で明らかにし、引き続き水分の影響を調べた。その結果、水は潤滑と凝着の作用を持ち、材質、湿度により摩擦が大きくも小さくもなることを明らかにした。さらに熱による食塩結晶上のステップの運動を原子間力顕微鏡で調べたところ、ステップのエネギーと異方性の低下、ファセットの消滅と全体的な平坦化、完全な粗面化が順に起こることを示した。(0011)

#### (4) 分析・測定

海水中の微量成分の高速液体クロマトグラフ分析、海水中の溶存二酸化炭素測定センサー、遺伝子DNA配列を分析し、鎖長の認識システム組み上げに関する発表があった。

海水・濃厚塩水溶液中の超微量重金属元素をルーチンに分析することを目的に、宇都宮大学の上原は、バルブスイッチングを併用した高速液体クロマトグラフ法についての検討と製塩工程の違いによる微量元素の塩中含有量の違いについて検討を行った。その結果、海水中の微量元素の中で高速液体クロマトグラフ法により分析できた元素はCo、Cu、Niであり、これらの元素は煮沸による製塩の工程で揮散する可能性が示唆された。(0003)

海水溶存二酸化炭素センサーを作製し、気体透過膜、蛍光指示薬等の構成条件について詳細に検討し、応答時間の短縮、感度の向上を行う事を目的に、静岡大学の須藤らは、実験的及び理論的な研究開発を行った。その結果、応答時間に与える疎水性膜の透過特性、蛍光指示薬層厚み、濃度変化などの影響因子を明らかにした。また、拡散・溶液反応メカニズムにより応答時間のシミュレーションからセンサー高性能化の指針を与えた。(0012)

九州大学の前田瑞夫は、前回の助成でDNA-ポリアクリルアミド複合体をキャピラリー内に疑似的に固定化し、適切な塩濃度条件を設定することにより遺伝子の一塩基変異の識別に成功した。引き続き、DNA-(N-イソプロピルアクリルアミド)複合体から成るコロイドナノ粒子を調製し、その凝集・分散現象を利用した新規なDNA配列認識システムを構築した結果、一塩基変異だけでなく鎖長も識別できることが明らかになった。(0016)

#### (5) プロジェクト研究

(財)塩事業センターから「海水濃縮法の効率化」に関する委託研究を請け、工学系のプロジェ

クト研究として2年間実施した。その目的は膜性能の迅速測定法の開発、膜構造の均質化技術の開発と最近進展してきた蒸発濃縮法技術の評価であった。前2者の開発については2年間行われた。蒸発濃縮法の評価は膜を使わないで海水から直接製塩する方法をシュミレーションすることによって1年間で行われた。

静岡大学の溝口は、逆浸透装置を用いることなく、高分子素材の逆浸透分離性能を評価するため、透析法による逆浸透膜の性能評価について検討した。塩を用いる透析と膜透過のない蔗糖を用いる透析をそれぞれ行うことによって、逆浸透性能を表す3つのパラメーターを評価する方法を提案し、この方法の妥当性を検証した結果、2回透析法で現実に近い膜透過パラメーター値が得られた。(99A1、00A1)

イオン交換膜の膜構造を制御することを目的にして東京工業大学の扇澤は、重合成膜時における相分離過程を光散乱法及び光学顕微鏡・電子顕微鏡を用いて検討した。その結果、膜の脆さを改良するために加えられるゴムがスチレンの重合とともに相分離を誘起することを明らかにし、相溶性や重合条件を変えることにより相分離構造制御が可能であることを示した。(99A2、00A2)

横浜国立大学の奥山は、製塩を目的とした多重効用式海水濃縮装置の性能を単純化モデルに基づいた計算により調べた。その結果、現在の電気透析法と同じエネルギー消費量で海水からNaCl濃度を100%まで濃縮するには約14の造水比の達成が必要となるが、この値は原理的に可能であることを明らかにした。また高い造水比を得るには、フラッシュ蒸気並びに凝縮水からの徹底した熱回収により海水の予熱を行う必要があることを示した。(00A3-1)

富山大学の吉田は、熱法による海水濃縮の経済性を膜法と比較検討するために、多重効用蒸発缶を用いた熱法による海水濃縮のシュミレーションを行い、エネルギー消費量、プロセス効率、製塩コストなどを試算した。その結果、採かん工程の

みで比較すれば熱法は膜法に遠く及ばないが、採かん工程をせんごう工程と合一した上で徹底した熱回収を行えば、膜法と同等のエネルギー消費量で製塩し得る可能性が示唆された。(00A3-2)

## 2. 農学・生物学関係

農学・生物学関係では昨年発表されなかった1件を加えて18件の発表があった。その内訳は、海洋環境汚染に関する研究7件、植物の耐塩性機構関係5件、塩類化土壌関係2件、生物生産関係2件、その他の研究発表2件であった。

### (1) 環境汚染

海の環境汚染について発表された話題は、防汚剤・硫化水素・アンモニアといった有害物質の除去、環境ホルモンの除去、一般的な水質浄化であった。

岡山大学の岡村らは、前2回の助成で新規防汚剤Irgarol 1051およびその分解産物MIが瀬戸内海沿岸の海水に残留していることを明らかにし、引き続き運命の解析を行った。その結果、天然腐植物質に富む水環境においてIrgarol 1051は容易に太陽光分解してMIを生成することを室内・野外実験で実証した。新規防汚剤が魚類に及ぼす影響評価を、簡便・迅速な浮遊培養細胞を用いた試験で代替できる可能性を示した。(0022)

青潮発生レベル底層海水からの硫化水素のバイオ除去を目指している大阪府立大学の小西らは、緑色硫黄細菌*Chlorobium limicola*による溶存硫化水素の元素硫黄への酸化実験を23℃、pH6.5±0.3の嫌気条件下で行った。その結果、*C. limicola*の光合成色素が最大吸光度を示す近赤外線光（ピーク波長735±25nm、光強度10 lx）の照射が、硫化水素の酸化を促進させるうえで有効な手段であることが示唆された。(0024)

東京工業大学の菅野らは、前2回の助成で海洋

性細菌*Vibrio alginolyticus* Oiso-1がグルコース、スクロースを炭素源として、アンモニアを除去することを明らかにした。平成12年度は、本菌によりアンモニアが変換された物質の同定を行い、複数のアミノ酸の生成を確認した。低コストの炭素源として廃糖蜜を用いた場合も高いアンモニア除去が可能であった。これらの結果から、本菌による高濃度アンモニア除去システムの実用化が期待された。(0026)

岡山県立大学の中島らは、海洋性微細藻類の物質変換能力に着目し、環境汚染関連物質（環境ホルモン物質）の効率的な分解や無毒化（機能改変）を可能にし、海洋環境汚染防止に貢献することを目的として研究を行った。その結果、海洋性微細藻類に、環境ホルモン関連物質に対する分解能力、細胞内への蓄積能力の存在を確認し、海洋汚染物質の分解・回収の一手段として利用可能であることがわかった。(0029)

成蹊大学の樋口らは、前1回の助成で海水中に放出されている内分泌攪乱物質をパーペーパレーション法により濃縮分離可能であることを明らかにした。引き続き環境ホルモン量を手軽に分析する方法の開発、さらに海水中からの環境ホルモンの濃縮・除去の検討を行った。海水と同成分の条件で透過実験を行った結果、NaCl無添加系より分離性は増加していた。海水中の環境ホルモンを本方法により分離除去可能であると考察した。(0031)

日本の沿岸各地で大量繁殖しているアオサ類の種や繁殖特性を把握するため東京水産大学の能登谷は、各地の藻体を採取して形態的特徴と生長におよぼす温度、塩分、栄養塩濃度の影響と栄養塩吸収能を調べた。その結果、栄養繁殖を主体とし、異なる数種が明らかになった。これらの種は温度20-25℃下で高い生長率を示し、広い塩分耐性を持ち、高栄養塩濃度下で生育可能であった。従って、沿岸海域の水質浄化に利用可能と分かった。(0030)

東京大学の福代らは、活発な貝類養殖が行われている三陸リアス式湾において自家汚染の可能性



を検討するため養殖筏下部の沈降粒子フラックスおよび溶存酸素濃度と海水流動との関連を解析した。この結果、筏下の底質は大量の有機物負荷を受けて酸素消費速度が高いが、頻繁に起こる湾外水の流入によって酸素の補給を十分に受けていることが分かった。三陸海域の地勢的・海洋学的条件が活発な養殖活動を支えていると推察された。(0033)

## (2) 耐塩性機構

植物の耐塩性機構で対象とされた植物はマングローブ、紅藻アヤギヌ、シチメンソウ、胡楊であった。

お茶の水女子大学の芦原らは、マングローブ植物が持つ耐塩性のしくみを代謝レベルで明らかにする研究を進めているが、これらの植物のアデノシン代謝には特徴があり、糖アルコールを適合溶質とするヒルギ科などのマングローブでは、アデノシンのサルベージ能が極めて強いこと、一方グリシンベタインを適合溶質とするヒルギダマシでは、S-アデノシルメチオニンサイクルの活性化にアデノシンの強い分解活性が関与することを明らかにした。(0019)

東京農工大学の平沢らは、マングローブ植物ヤエヤマヒルギを0~500mMの種々のNaCl濃度の水耕液に生育させ、塩収支を水収支にも着目して検討した。その結果、NaCl濃度の比較的高い水耕液ではヤエヤマヒルギはNa<sup>+</sup>よりも水を多く吸収し、体内のNa<sup>+</sup>濃度が調節されていることを明らかにした。さらに、切断根のNaCl輸送特性を検討し、ヤエヤマヒルギはNaClに対する根の反射係数が著しく低いことを明らかにした。(0032)

筑波大学の岩本らは、マンニトール生合成系を導入し耐塩性を付加した植物の耐塩性向上に必要な、mannitol-1-phosphatase (MIPase) のcDNA配列決定に寄与する情報を収集することを目的に、紅藻アヤギヌのMIPaseの精製を行った。その結果、光合成生物では初めてMIPaseの精製に成功し、そ

れにより得られた情報は、組換え体の更なる耐塩性向上に貢献するものと推察される。(0020)

シチメンソウの耐塩性維持機構を解析している佐賀大学の谷本らは、ベタインの合成酵素であるbetaine-aldehyde dehydrogenase (BADH) のcDNAの単離を試みた。その結果、1,342塩基の部分cDNAを単離し、その塩基配列を決定した。その塩基配列及びアミノ酸配列は、同じアカザ科に属するホウレンソウBADHと98%以上相同であった。シチメンソウには複数コピーのBADH遺伝子が存在することがわかった。その発現は塩ストレスと乾燥ストレスによって誘導された。(0027)

理化学研究所の矢吹らは、胡楊の樹液が固化した胡楊酸の生成機構の解明と塩類鉱物について検討するために、天然に存在が確認されていないKHCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>·4H<sub>2</sub>Oを合成KHCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>·4H<sub>2</sub>O、合成KD<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>·4D<sub>2</sub>Oと比較した。X線粉末回折による結晶解析、化学組成、光学特性などからKHCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>·4H<sub>2</sub>Oは合成KHCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>·4H<sub>2</sub>Oと同一であることが判明し、これを奎屯石と命名した。(9914)

## (3) 塩性土壌

土壌の塩性化は農業生産力の低下を来すことから重要な問題であり、地球の砂漠化にもつながる。タイ国の塩性土壌の改善について発表があった。

塩類集積土壌の改良方法として東京農業大学の玉木らは、暗渠排水とソーラーポンピングシステムをタイ東北部の塩類集積地に適用することを提案し実験を行った。実験後の電気伝導度の測定では、システムにより地下水位を低下させた圃場内は、地下水と土壌の塩類化を抑制する効果が見られた。実験結果より、本研究にて提案したシステムは、タイ東北部などにおける塩類土壌の改良法として有効であることが示唆された。(0028)

塩類土壌地域の作物生育における地下灌漑方式の導入について検討するため東京農業大学の三原らは、土壌塩類化が深刻なタイ国東北部の畑地圃

場における塩類集積状況の調査、地下灌漑用セラミック材料の検討、地下灌漑効果を調べるポット実験を行った。その結果カーボンの配合比を25%まで増加させるとセラミックの透水性が高くなり、また地下灌漑用セラミックの中でも特に球形セラミックが作物生育に有効であると推察された。(0034)

#### (4) 生物生産

干拓地開発の中止に伴う閉鎖水域を魚類種苗生産地として利用する方法の可能性、塩水湖における藍藻スピルリナの培養生産に関する発表があった。

干陸工事が予定されていた中海本庄工区を、自然生産力を利用した重要水産魚種の種苗生産基地として、高度利用する計画を提案した。その妥当性の評価を目的として、広島大学の上らは丸2年間にわたって調査を行い、本水域が世界最高の動物プランクトン生産を示す水域であることを明らかにした。本水域は年間に少なくとも580万尾のマダイあるいはヒラメと1450万尾のアユの種苗生産を支えることが可能であると計算された。(0021)

高知女子大学の渡辺らは、開放系によるスピルリナの培養条件を検討することで生理的に有効なビタミンB<sub>12</sub>を強化する方法を検討するためスピルリナの生育およびビタミンB<sub>12</sub>含有量に及ぼすCoの影響について検討した。CoSO<sub>4</sub>はスピルリナの生育に必須でなかったが、顕著にビタミンB<sub>12</sub>含有量を増加させた。CoSO<sub>4</sub>添加により顕著に増加したビタミンB<sub>12</sub>化合物は哺乳動物において生理的に不活性なシュードビタミンB<sub>12</sub>に由来することが示唆された。(0035)

#### (5) その他

原始細胞の発生過程をモデル化して研究することにより細胞機能のメカニズムを探る研究、海水中で炭酸ガス吸収に貢献する円石藻の増殖に及ぼ

すセレンの影響に関する研究発表があった。

動脈壁構築蛋白質—水系のコアセルベーションを、多様な視点から研究している九州大学の甲斐原は、相分離の結果生じる自己組織体の原始細胞モデルとしての特性を検討している。前回までに、遷移金属イオンと自己組織化、剪断応力下での自己組織化を検討し、引続き、イオン選択特異性が自己組織化過程に及ぼす影響を調べ、Ca、La両イオンへの選択特異性と、原始細胞機能、動脈硬化の分子機序との関連について有用な結果を得た。(0023)

海洋において巨大ブルームを引き起こし、大気—海洋間のCO<sub>2</sub>バランスに大きな影響を及ぼす単細胞石灰藻（円石藻）の増殖制御に関する研究を続けている筑波大学の白岩らは、円石藻の成長に微量元素セレンが必須であり、かつその細胞内濃縮率は3000倍程であることを見出した。さらに、その要求性の原因について解析した結果、セレンを特異的に取り込む分子量29kDaの新規セレノプロテインを発見した。(0025)

### 3. 医学関係

医学関係では一般公募研究13件とプロジェクト研究1件（研究発表6件）の発表があった。その内訳は、食塩感受性関係が3件、受容体関係が3件、血圧調節その他を含めて7件であった。

#### (1) 食塩感受性

減塩に対する血圧の日内リズム変化で食塩感受性を推測する研究、ラットの動物モデルで食塩感受性と中枢神経性nNOSとの関係、食塩感受性に関連する遺伝子座位の研究について発表があった。

食塩と血圧の関連を精力的に検討している名古屋市立大学の木村らは、食塩摂取量によって血圧日内リズムがシフトするかどうか検討した。その結

果、食塩感受性の高血圧患者では、食塩摂取量が多いと夜間血圧の低下しない負荷型のnon-dipper型血圧日内リズムを呈するが、食塩制限によってdipper型に正常化することを明らかにした。この事実は、食塩摂取が循環器疾患と直接関連することを示唆する。(0038)

防衛医科大学校の西田らは、前1回の助成研究で、食塩感受性高血圧ラットは神経性NOによる交感神経抑制が顕著に亢進していることが推察された。引き続き、この所見を確定するために、nNOS特異性が高い阻害剤の使用と脳室内投与による臓器特定を行い、かつ脳内nNOS酵素活性・蛋白量が高いことを示し、食塩感受性高血圧ラットでは中枢神経性nNOSを介する交感神経抑制系が著明に発達していることが確立された。(0043)

大阪大学の檜垣らは、食塩感受性高血圧ラットの病因遺伝子の決定と機能解明を目的として研究を行った。その結果、血圧値に連鎖する数種類の遺伝子座位を見出した。また高血圧自然発症ラットの脳アンジオテンシノーゼン遺伝子 (AGN) が高血圧に関係していることを明らかにした。次いで、ヒトAGN; T+31C多型のCアレルが高血圧患者の食塩感受性を高め、夜間の血圧が下がらないタイプを惹起することも示唆された。(0045)

## (2) 各種受容体

浸透圧受容体、Na、Kイオンの受容体に関する研究発表があった。

国立健康・栄養研究所の大坂は、食事誘導性熱産生の新たなモデルを開発する目的で、ウレタン麻酔ラットの十二指腸に各種溶液を注入したときの熱産生反応を調べた。栄養素ばかりでなく非栄養素の食塩水やメチルブドウ糖溶液によっても熱産生量が増加し、生体にとって浸透圧刺激となりにくい尿素溶液の投与では熱産生は少なかった。したがって、浸透圧に依存して熱産生が誘起された。腸内浸透圧受容が食事誘導性熱産生の機構の一部である可能性が示唆された。(0036)

名古屋大学の齋藤は、浸透圧受容体に関係すると思われるアクアポリンをクローニングし、その機能を検討するために、鳥類の脳からアクアポリンのクローニングを行った。その結果、一部分であるがニワトリのアクアポリン4のクローニングに成功し、ニワトリの脳におけるアクアポリン4の遺伝子発現が絶水をするとう増加する傾向であり、アクアポリン4が鳥において浸透圧調節に何らかの関係があるものと示唆された。(0040)

岐阜大学の森田らは、これまでの助成で門脈-肝臓領域Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>受容体が体液恒常性維持に重要な役割をはたしていることを明らかにした。本年度は引き続きNa<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>摂取量変化という食環境の変化がこれらの受容器に及ぼす影響を検討した。その結果、高NaCl食、高KCl食4週間摂取により門脈-肝臓領域Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>受容器発現が抑制され、受容器感度が低下することを明らかにした。(0047)

## (3) 血圧調節、その他

レプチンの血圧調節作用、細胞内マグネシウム濃度の調節機構、塩類暴露と消化管癌発生、Naチャンネルの活性化機序、副甲状腺Na<sup>+</sup>依存性リン輸送担体、抗胸腺抗体腎炎、炭酸泉の生理学的効果に関する研究発表があった。

レプチンの持続的な血圧調節作用を検討するために、京都大学の小川らは、レプチン過剰発現トランスジェニックマウスを用いてレプチンの持続的な血圧調節作用を検討した。その結果、レプチンが交感神経活動亢進を介して血圧上昇をもたらすこと、カロリー制限による降圧効果がレプチンの減少によることが明らかになり、肥満に合併する高血圧におけるレプチンの病態生理的意義が示唆された。(0037)

細胞内Mg<sup>2+</sup>濃度 ([Mg<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>) 調節の分子機構解明を目指している東京医科大学の小西らは、ラット心筋の [Mg<sup>2+</sup>]<sub>i</sub> を全心臓・単離心筋細胞で測定した。その結果、種々の生理活性物質により心筋 [Mg<sup>2+</sup>]<sub>i</sub> が変動することが示され、βアドレナリン

受容体、ムスカリン受容体、インシュリン受容体などの刺激が細胞内cAMP、Protein kinase Cを介して細胞膜の $\text{Na}^+$ - $\text{Mg}^{2+}$ 交換輸送活性を変え、 $[\text{Mg}^{2+}]_i$ を調節していると推察された。(0039)

山梨医科大学の醍醐らは、塩類の摂取が消化管上皮に及ぼす影響および消化管癌の発生と塩類摂取との因果関係の有無を遺伝子レベルで検討するため高NaCl濃度培養液中で継代培養したヒト小腸上皮細胞株のマイクロアレイ解析(281遺伝子)を行った。その結果、複数の遺伝子の発現量が塩類感受性によって変化していることが明らかになり、塩類曝露が消化管上皮細胞内の各種遺伝子発現に影響を与えていることが示唆された。(0041)

熊本大学の富田らは、前1回の助成でセリンプロテアーゼであるラットプロスタシンをクローニングし、Naチャンネルの活性化機序について検討し、Naチャンネルの $\gamma$ サブユニットが関与している可能性を示唆した。引き続きプロスタシンの調節因子について検討した結果、尿細管内での存在様式はGPI-anchored proteinであること、アルドステロン持続投与により尿中排泄量が増加することを明らかにした。(0042)

徳島大学の宮本らは、本研究助成金によりリン濃度感知に関与する副甲状腺 $\text{Na}^+$ 依存性リン輸送担体について検討した。ラット副甲状腺を単離し、リン輸送特性を調べた結果、 $\text{Na}^+$ 存在下にリンの取り込みは促進された。そこで、副甲状腺cDNAライブラリーをスクリーニングした結果、タイプ3に属するPiT1をクローニングした。副甲状腺ホルモン発現とPiT1の機能を調べた結果、PiT1がPTH合成を調節している可能性が示唆された。(0046)

浜松医科大学の山本らは、前1回の助成で抗胸腺抗体(anti-thymocyte serum; ATS)腎炎において、高塩分摂取でTGF- $\beta$ レセプター発現が増加し腎病変が悪化することを明らかにし、引き続きTGF- $\beta$ の細胞内信号伝達因子Smadを検討した。その結果、ATS腎炎糸球体ではSmad2を介するTGF- $\beta$ の信号伝達とその後のユビキチン化、分解が極めて盛んであり、塩分負荷による糸球体病変の悪化、遷延化はSmad3を介する信号伝達の増加

とSmad6による信号伝達抑制の低下を伴うことが示唆された。(0048)

高濃度の遊離炭酸ガスを含む(1000ppm以上)炭酸泉の効果を生理学的に評価している旭川医科大学の橋本らは、天然泉に普遍的に含まれる食塩の効果と炭酸ガスの効果を分離評価するため、ラットを用い、異なる塩濃度の人工炭酸泉浴の心・循環器機能に対する効果を検討した。その結果、1.5%~4%の食塩濃度の人工炭酸泉に浸漬されたラットで血圧の変動が低下することを発見し、炭酸ガスと食塩の複合効果が示唆された。(0044)

#### (4) プロジェクト研究

電解質である塩化ナトリウムのクロールイオンに注目し、各種器官における「クロールイオンの生理的役割と調節機構」についての研究発表が行われた。

関西医科大学の稲垣らは、脳クロライドポンプの構造と病態への関わりを明らかにするため、構成蛋白のcDNAクローニングとアミロイド $\beta$ 蛋白( $A\beta$ )による活性変動解析を行い、分子量55kDaの新規蛋白CIP55がその構成要素であること、また、 $A\beta$ 1-42が培養ラット海馬神経細胞の本ポンプ活性の低下、 $[\text{Cl}^-]_i$ 上昇及びグルタミン酸神経毒性の増強を誘発することを見出した。これらにより、クロライドポンプはCIP55を含む外向きCl<sup>-</sup>輸送系であり、 $A\beta$ 毒性に関わることが推定された。(00C1)

CLCクロライドチャンネルの生体内での役割を検討するため、東京医科歯科大学の内田は、CLC-K1、CLC-3ノックアウトマウスを作成し、その表現型を解析した。CLC-K1は腎臓髄質内層の対向流系に必須のクロライド輸送系であり、髄質内層の浸透圧物質の蓄積に不可欠であることが示された。CLC-3ノックアウトマウスは、その作成に成功し、現在解析中である。(00C2)

心筋細胞のCFTR型クロール・チャンネルについて佐賀医科大学の頼原らは、モルモット心室筋細

胞を用いてビデオ画像解析による細胞容積変化の測定を行い、このチャンネルの活性化によって流れるクロール電流は、等浸透圧液中においても膜電位とクロールの平衡電位に依存しながら細胞の容積調節に関与しうることを示した。また、カリウム・クロール共輸送体も細胞の容積調節に関与していることを示唆した。(00C3)

細胞容積調節におけるクロールの役割について岡崎国立共同研究機構・生理学研究所の岡田は、アポトーシス細胞死の過程に必ず見られる細胞収縮には細胞内クロールイオン濃度減少が伴われること、そして両者ともクロール・チャンネルのプロッカーによって阻止されること、更にはこの阻止はその後のカスパーゼ活性化やDNAラダー化の発生も阻止し、細胞死救済をもたらすことを示した。(00C4)

下部大腸での、substance Pとprostaglandin E2によるクロライドイオン輸送をモルモット下部大腸を用いてUssing Chamber法により、静岡県立大学の桑原らは検討した。その結果、大腸粘膜上皮においてsubstance Pとprostaglandin E2は、相乗的にクロライドイオン分泌を誘発し、その機構には細胞内cAMPが関与していることが示唆された。(00C5)

新生児尿濃縮機構成熟過程におけるクロールイオンの役割を検討している東北大学の根東らは、腎髄質内層尿管の機能解析を行った。その結果、ラット新生仔の腎髄質内層の細いヘンレの上行脚では、新生児期には成熟尿管では見られないクロール能動輸送由来の管腔内正の電位が存在することを明らかにした。また、同様の現象はラットに留まらず、ハムスターとマウスの新生仔でも観察されることを実験結果として明らかにした。(00C6)

## 4. 食品・調理関係

食品・調理関係では14件の研究発表が行われた。その内訳は、塩類添加の効果に関する研究が7件、タンパク質に関する研究が3件、調味その他に関する研究が4件であった。

### (1) 塩類添加の効果

タンパク質(好熱性酵素、ポリフェノール酸化酵素、大豆タンパク質)に対する食塩の添加効果、抗菌効果やアントシアニン色素に対する塩類の添加効果、電子レンジ加熱に対する食塩の添加効果、食品の化学的特性に対する深層海水の添加効果に関する研究発表があった。

京都大学の井上らは、好熱性酵素であるサーモライシン(TLN)が発揮する高度な好塩性の解析を酵素化学、蛋白質工学を用いて行った。その結果、ポリエチレングリコール(PEG)を化学修飾で付加したTLNでは、塩の添加により引き起こされるのと同程度の活性化と熱安定化がもたらされることが示された。TLNに対する塩の効果はPEG化により代替されること、有用ペプチドの合成に利用できることが示唆された。(0049)

名古屋女子大学の太田らは、食塩による野菜の褐変防止のメカニズムを解明する目的で、ポリフェノールオキシダーゼ(PPO)に着目し、野菜・果物には複数のPPOが存在することを見出した。さらに、黒緑豆もやしからPPO(pI 7.6)を精製した。精製酵素は食塩により非拮抗的に阻害されること、食塩の阻害定数は0.22Mであることを解明し、日常使用される食塩濃度でPPOが阻害され、褐変が防止されると推察した。(0052)

大豆タンパク質(7Sおよび11Sグロブリン)の溶解性や熱安定性などに対する塩の効果精密に解明するために、京都大学食糧科学研究所の内海らは、変異大豆を活用して、限定的なサブユニット

組成の分子種を精製して解析した。その結果、溶解性や熱安定性は分子種によって大きく異なること、そしてヘテロ分子種においては構成サブユニットの特性の影響の受け方が7Sと11Sでは異なることを明らかにするとともに、その差異の構造的要因を考察した。(0050)

島根大学の中村は、安全な耐塩性高分子抗菌剤を開発するために、メイラード反応によって鶏卵由来のリゾチームおよびホスビチンと水溶性食物繊維のガラクトマンナンあるいはキシログルカンと複合体を形成させ、大腸菌と黄色ブドウ球菌に対する抗菌試験を行った。その結果、いずれの複合体についても、抗菌効果は塩類の添加によって強化されることが示された。これは、高い塩濃度で供試菌の細胞膜が不安定化したためと推察された。(0059)

塩による植物色素アントシアニンの安定化と発色を研究している名古屋大学の吉田らは、梅干し漬けを例に漬け方や着色方法による梅干しの色の違いを調べた。MgCl<sub>2</sub>の添加により梅酢中の色素が安定化すること、エタノール添加が色素の溶出量を下げ、アク成分のロズマリン酸の溶出を促進することを示した。梅の色は、常法の20% NaClが最もよく、MgCl<sub>2</sub>では暗赤色に、エタノールでは黄色くなることを明らかにした。(0062)

電子レンジ加熱における食塩添加の影響について検討するために福島大学の中村は、液体及び固体モデル試料を用い、加熱前後の温度・重量変化及び吸収エネルギーを測定した。その結果、食塩添加試料では電子レンジから受け取るエネルギー自体が少なく温度上昇に消費される割合も低いこと、食品内部に極端な温度ムラを生じるために加熱中の蒸発量も多いことが明らかになり、これらは誘電特性の相違によると推察された。(0058)

海洋深層水（以下、深層水）を使った種々の食品が市販されているが、その効果に関する科学的根拠は示されていない。高知大学の沢村らは、深層水とその塩の食品化学的特性を明らかにするために、種々の水媒体における諸反応について検討を行った。その結果、ビタミンCの安定性、褐変

反応、寒天ゼリー、食酢の香り立ち、発ガン性物質の生成反応系に関して、深層水が他の水媒体に比べて食品化学的に異なる特性をもつことが示唆された。(0056)

## (2) タンパク質のゲル化と節食抑制作用

魚肉水溶性タンパク質のゲル化特性、加熱過程におけるゲル化、ヒスチジン含有タンパク質の節食抑制作用に関する研究発表があった。

日本大学の太田は、魚肉水溶性タンパク質(WSP)の高度利用を目指してWSPのレオロジー特性、更にWSP濃縮物(WSPC)のゲル化特性を調べた。その結果、水素結合や静電的相互作用がWSPの分子間相互作用に強く寄与していることが示唆された。またWSPCまたは $\beta$ -ラクトグロブリンを混合する事により、常温下でカプリン酸誘導混合タンパク質ゲルを形成できる事が示唆された。(0051)

力学的ゲル化点は動的粘弾性の周波数依存性から正確に決定できるが、反応が早い加熱によるゲル化過程では必ずしも明確にされていなかった。そこで、奈良女子大学の勝田は、偶数次数の高次高調波を重ね合わせたフーリエ合成波を印加して周波数分散同時測定を行い、加熱過程での力学的ゲル化の定量化に成功した。そして、NaCl存在下と非存在下では架橋領域に参画しているタンパク質分子の会合力に差があることを明らかにした。(0054)

佐賀大学の水沼らは、高ヒスチジン含有タンパク質の経口摂取による節食抑制作用（抗肥満効果）を、日本と中国東北部在住の成人を対象として調べた。その結果、エネルギー摂取量とタンパク質摂取量との間には正の相関関係が認められたが、エネルギー摂取量とタンパク質あたりのヒスチジン摂取量との間には負の相関関係が認められた。食塩摂取量には有意な差を認めなかった。したがって、高ヒスチジン含有タンパク質摂取による節食抑制作用が示唆された。(0061)

### (3) 調味、その他

食品に対する醤油成分の拡散浸透現象、海水成分と味覚センサー応答、味噌醤油の香気成分形成、ガラス状食品に関する研究発表があった。

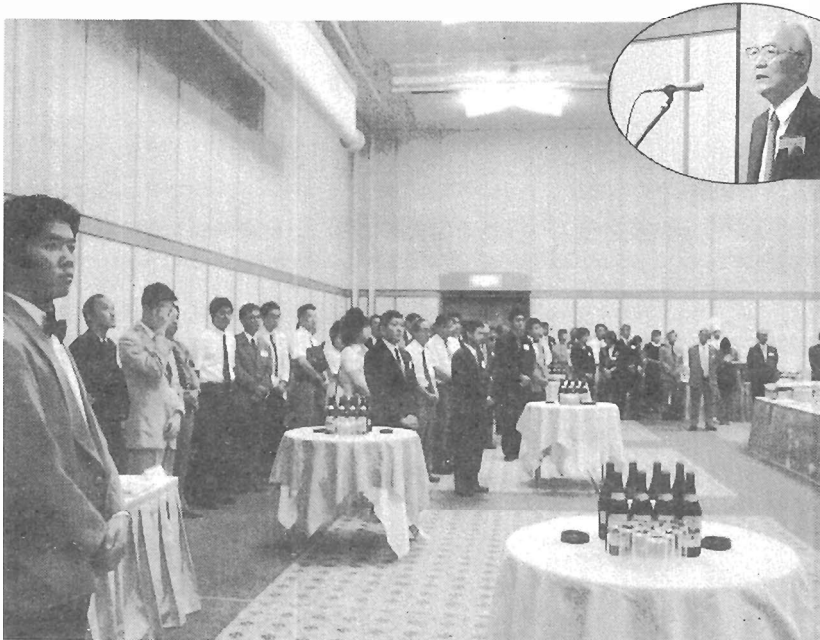
山梨県立女子短期大学の小竹は各種食品に対する醤油成分の拡散現象を把握することを目的として研究を行った。醤油成分の食品（大根、じゃが芋、卵白身、はんぺん）内部への調味は、色素成分が7日以上を要したのに対し、食塩は3時間で終了した。また、水分含量が高い大根、気泡の多く含まれるハンペンでは、調味工程が早く進むことが認められた。(0053)

生成塩の味覚的差異に影響する要因を検討するため秋田県立大学の松永らは、原料海水の無機成分の化学分析値、味覚センサーに対する応答値を解析した。その結果、原料海水の地域的、時期的不均一性を明らかにし、また、その違いが官能検査に反映するという結果を得た。製塩法にもよるがこの違いは生成塩の呈味に反映するものと推察

される。(0060)

味噌醤油において特有香気成分のHEMF (4-Hydroxy-2(or5)-ethyl-5(or2)-methyl-3(2H)-furanone)が多く形成される理由の解明を目的とし、岩手大学の菅原らは、リボースとグリシンを含む加圧殺菌培地で食塩濃度を変化させ、耐塩性酵母*Z. rouxii*を培養したところ、食塩を含まない培地でHEMF形成量は少なかった。食塩は*Z. rouxii*の生育をコントロールし、HEMF形成に必要なアセトアルデヒド様化合物の生産に影響を与えていると推察された。(0057)

東京大学の熊谷は、高電導性のために通常の誘電解析が困難なガラス状食品中に対して電気弾性率を用いた解析を試みた。試料としては、代表的な高分子電解質であるゼラチンを用いた。その結果、金属塩含有のガラスについて電気弾性率を用いた解析が有効であることが示された。また、高含水率の試料に関して観測された電気弾性率の緩和はイオン伝導に、低含水率の試料で観測された緩和は電気双極子の配向に起因することが確認された。(0055)



(コスモス・ホールでの懇親会。円内は古橋理事長による挨拶)

## 平成12年度助成研究発表一覧

助成 番号	表 題	氏 名	所 属
一般公募研究			
0001	陰イオン交換濾紙を用いた放射性実験廃液からの放射性ヨウ素の除去	井上 浩義	久留米大学
0002	塩化ナトリウムを利用した高分子含有微粒子懸濁液の高度膜濾過法の開発	入谷 英司	名古屋大学大学院
0003	海水・濃厚塩水溶液中の超微量金属元素をルーチンに分析するためのバルブスイッチング/高速液体クロマトグラフ法の開発	上原 伸夫	宇都宮大学
0004	食塩フラックスからの機能性酸化物単結晶の育成	大石 修治	信州大学
0005	フィルター充填構造への高電圧印加によるセラミックスメンブレンの作製	岸本 昭	東京大学生産技術研究所
0006	高耐食性金属材料の製塩プラントにおける可使用条件の確定	兒島 洋一	東京大学大学院
0007	計算化学を利用した海水中の有価金属を選択的に抽出する新しい包接試薬の開発と挙動予測	後藤 雅宏	九州大学大学院
0008	イオン交換膜における一価イオンに関する基礎的研究	佐藤 満	東京工業大学資源化学研究所
0009	海水からの硫酸塩の生成メカニズムに関する分析的・実験的研究	鹿園 直建	慶応義塾大学
0010	汎用ステンレス鋼で構成する製塩プラント機器へのカソード防食法の適用	篠原 正	東京大学大学院
0011	食塩結晶表面の物理・化学特性	新藤 斎	中央大学大学院
0012	海水中溶存二酸化炭素濃度センサーの研究開発	須藤 雅夫	静岡大学
0013	高効率ナノ濾過-逆浸透海水淡水化プロセスの開発(2)	高羽 洋充	東京大学大学院
0014	製塩プラント濃厚塩水におけるチタンとの異種金属接触腐食の有害度試験と防止策の提案	竹本 幹男	青山学院大学
0015	ナノ細孔を有するセラミック多孔膜の電解質ナノ濾過特性に及ぼす対イオン効果とその制御	都留 稔了	広島大学
0016	DNAナノスフェアを用いる遺伝子一塩基変異診断におけるマグネシウムイオンの役割	前田 瑞夫	九州大学大学院
0017	モザイク荷電膜の開発と膜性能評価一次世代の塩濃縮のための膜技術-	山内 昭	九州大学大学院
0018	高濃度塩濃縮による製塩システムの開発	吉田章一郎	東京大学生産技術研究所
0019	マングローブ植物の耐塩性の代謝レベルでの解明	芦原 坦	お茶の水女子大学
0020	耐塩性獲得に寄与するマンニトール生合成関連酵素遺伝子のクローニング	岩本 浩二	筑波大学
0021	魚類種苗生産基地としての閉鎖性汽水域の高度水産的利用計画に関する研究	上 真一	広島大学
0022	水圏生態系における新規防汚剤の究極的運命	岡村 秀雄	岡山大学



助成 番号	表 題	氏 名	所 属
0023	遷移金属に富む原始海洋中で生命組織体が如何に形成されたかを探る (3)－原始的蛋白質のイオン選択特異性と自己集合組織体形成－	甲斐原 梢	九州大学大学院
0024	光合成硫黄細菌を利用した青潮発生レベル底層海水からの硫化水素の 除去に関する研究－夜間操作をめざした光源の選定－	小西 康裕	大阪府立大学
0025	円石藻におけるセレン要求性の解析と異常増殖の制御	白岩 善博	筑波大学
0026	新しい海洋性細菌を利用した高濃度アンモニア除去システムの開発	菅野 靖史	東京工業大学
0027	塩生植物シチメンソウの耐塩性維持機構の解析	谷本 静史	佐賀大学
0028	地下水位制御にソーラーポンプを利用した塩類化土壌回復の研究	玉木 浩二	東京農業大学
0029	海洋性微細藻類を用いる、内分泌攪乱物質（環境ホルモン）の機能改 変と海洋汚染物質の除去に関する研究	中島 伸佳	岡山県立大学
0030	大量繁殖するアオサ類の繁殖特性と環境修復に関する研究	能登谷正浩	東京水産大学
0031	海水中内分泌攪乱物質のパーバレーション法を用いた濃縮分離とモニ タリングシステムの開発（Ⅱ）モデルPCB並びにダイオキシンの濃 縮分離	樋口 亜紺	成蹊大学
0032	マングローブ植物の水収支と塩収支の解明	平沢 正	東京農工大学
0033	養殖海域における有機物負荷に関する研究	福代 康夫	東京大学アジア生物資 源環境研究センター
0034	タイ国東北部塩類集積地における地下灌漑システムの導入に関する研究	三原真智人	東京農業大学
0035	スピルリナの栄養成分強化に関する研究	渡辺 文雄	高知女子大学
0036	食事誘導性熱産生における食塩および浸透圧の意義と作用機構	大坂 寿雅	国立健康・栄養研 究所
0037	肥満遺伝子産物（レプチン）の血圧・水電解質代謝調節作用－レプチ ン過剰発現トランスジェニックマウスを用いて－	小川 佳宏	京都大学大学院
0038	食塩制限が血圧日内リズムをnon-dipperからdipperへ正常化する機序	木村玄次郎	名古屋市立大学
0039	生理機能調節・病態における細胞内Mg濃度変動とナトリウム－マグ ネシウム交換輸送機構の役割	小西 真人	東京医科大学
0040	鳥類における浸透圧受容体について	齋藤 昇	名古屋大学大学院
0041	塩類の消化管上皮異型化へ及ぼす影響の分子生物学的解析	醍醐弥太郎	山梨医科大学
0042	プロスタシンによるNaチャンネル活性化部位の同定と調節機構に関す る研究	富田 公夫	熊本大学
0043	神経性NOS/エンドセリン・アンチセンスを用いた食塩感受性高血圧 の病態解析	西田 育弘	防衛医科大学校
0044	炭酸泉浴と食塩泉浴の心・循環生理機能に対する効果の分離評価	橋本 眞明	旭川医科大学
0045	食塩感受性高血圧ラットの病因遺伝子の決定と機能解明	檜垣 實男	大阪大学大学院
0046	リンセンサー機能をもちナトリウム依存性リン輸送担体の同定	宮本 賢一	徳島大学
0047	長期間の高NaCl食および高KCl食が門脈－肝臓領域Na <sup>+</sup> 、K <sup>+</sup> 受容器 発現および門脈－肝臓領域受容器を介するNa <sup>+</sup> 、K <sup>+</sup> 調節機構の感度 に及ぼす影響	森田 啓之	岐阜大学

助成番号	表 題	氏 名	所 属
0048	抗胸腺細胞抗体 (anti-thymocyte serum ; ATS) 腎炎において食塩摂取の多寡がTGF- $\beta$ の細胞内伝達に及ぼす影響の検討	山本 龍夫	浜松医科大学
0049	ポリエチレングリコール修飾によるサーモライシンへの好塩性と高熱性の増強と食品蛋白質由来機能性ペプチド生産	井上 國世	京都大学大学院
0050	大豆タンパク質の溶解性および加工特性に対する塩の効果の精密解析	内海 成	京都大学食糧科学研究 所
0051	魚肉水溶性タンパク質のゲル化特性とその高機能化—混合タンパク質—脂肪酸塩複合システムによる常温下でのゲル形成機構—	太田 尚子	日本大学
0052	塩類が野菜の酸化酵素を阻害するメカニズムの解明	大羽 和子	名古屋女子大学
0053	醤油調味における最適調味条件の数量化—呈色、呈味、香物質の移動速度と官能的強度尺度に関する研究—	小竹佐知子	山梨県女子短期大 学
0054	周波数分散同時測定による加熱過程でのホエイタンパク質ゲルのゾル～ゲル転移点の定量化とゲル物性に及ぼす食塩添加の影響	勝田 啓子	奈良女子大学
0055	電気弾性率を用いた金属塩含有食品のガラス転移の解析	熊谷 仁	東京大学大学院
0056	食品加工における海洋深層水および深層水塩が食品の品質に及ぼす影響	沢村 正義	高知大学
0057	耐塩性酵母によるみそ特有香気成分HEMF (4-hydroxy-2(or5)-ethyl-5(or2)-methyl-3(2H)-furanone) の形成機構	菅原 悦子	岩手大学
0058	電子レンジ加熱における食品の吸収エネルギーに及ぼす食塩の影響	中村 恵子	福島大学
0059	抗菌性食品タンパク質—多糖類複合体の抗菌効果に及ぼす塩類の影響	中村宗一郎	島根大学
0060	原料海水の呈味成分と生成食塩の呈味変化の解明	松永 隆司	秋田県立大学
0061	高ヒスチジン含有タンパク質 (魚) 摂取による抗肥満効果と食塩—塩味調味料は味覚 (塩味) 感度の上昇と抗肥満効果をもつか?—	水沼 俊美	佐賀大学
0062	漬物における、色の安定性や変化におよぼす塩の影響	吉田 久美	名古屋大学
プロジェクト研究			
00A1	逆浸透膜の迅速評価法に関する研究	溝口 健作	静岡大学
00A2	イオン交換膜作成における膜構造の制御に関する研究	扇澤 敏明	東京工業大学
00A3-1	熱 (非膜) 法による海水濃縮の検討 I	奥山 邦人	横浜国立大学
00A3-2	熱 (非膜) 法による海水濃縮の検討 II	吉田 正道	富山大学
00C1	神経系の興奮抑制制御におけるクロールの役割	稲垣千代子	関西医科大学
00C2	腎におけるクロールの役割。CLCクロライドチャンネルの生理的役割とその制御	内田 信一	東京医科歯科大学
00C3	心・血管系におけるクロールの役割	顕原 嗣尚	佐賀医科大学
00C4	細胞容積調節におけるクロールの役割	岡田 泰伸	岡崎国立共同研究 機構生理学研究所
00C5	腸管・分泌細胞におけるクロールの役割	桑原 厚和	静岡県立大学
00C6	新生児早期の尿濃縮機構形質転換における腎髄質尿管尿細管クロールイオン輸送機序の解析	根東 義明	東北大学大学院

# 初めてのアメリカ

—1960年代の初め—

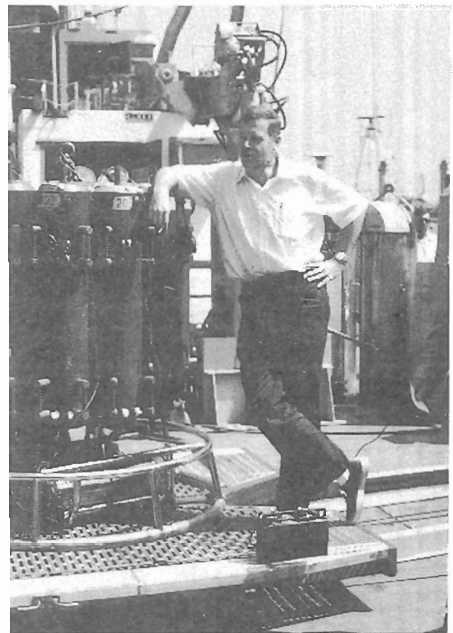
堀部 純男

## 1. アメリカへ行く前

昭和20年に大学を出て、14年目にして大阪大学理学部から理学博士の学位をもらった。今と違って、大学院の3年という区切りがない。もうチョット、もうチョットといっているうちに14年が経って、東京都立大学に在職していたが、阪大で助手にしてもらってから10年目であった。主査は主論文の主題の熱拡散をよくご存じの広田鋼蔵先生、副査は仁田勇先生。昔のよしみで、通してもらってやっと一人前。

昭和30年代となると、学位をもらった連中が外国へ行きたいと考えるようになった。優秀な人たちはフルブライトで出かけていた。そのころの触媒学会の若い研究者の間では、2通の英語の文書が（ひそかに）流通していた。1通は目指す外国の教授あての「あなたのもとでこんな研究がしたい」という手紙の雛型、他は指導教官の教授の雛型推薦書である。「あなたのもとで研究したい」というのに、“study under you”でなく、“study with you”という英語に最初は戸惑いながらも納得。推薦書も自分で適当にがんばって書いて、先生の署名をもらって、論文の別刷りを付けて送る。

当時のアメリカはpost doctoralの不足時代で、10通出せば、70%はOKという返事がもらえると言われていた。



H. Craig教授。研究船Melville船上で新しく開発されたCTD-rosette samplerの側に立っている（1970年頃）。

海洋の研究に魅力があったわけではないが、H. C. Urey先生のお弟子のHarmon Craig教授のいるScripps Institution of Oceanographyに行くことに決めた。Urey先生も最近移ってこられたとか。何といっても、今までシカゴ大学のUrey研究室で進められていた安定同位体 ( $^2\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) 天然存在比を正確に測る方法を知りたかった。当時のスクリップスはカリフォルニア大学がSan Diegoキャンパスを開設するので、そのために多くの先生方が来て、スクリップスの中に同居していた。1964年には、丘の上に今までの州の道路 (Route 101) をう回させて、キャンパスができた。1963年に完成した最初の建物は、Urey Hallと名付けられている。また、同時に寄宿舎もできた。ただし、最初にできたのは、既婚大学院生のための家族用寄宿舎であったのは面白い。私も、1963年に訪れて1か月あまり滞在したときに、一人ではあったが入れてもらい、隣の学生からチェスを教わった。

## 2. 到着まで

1960年8月31日の夜羽田を出発した。妙に機内はがらがら。これがアメリカ行きの最後のプロペラ機とか。私の席からは、エンジンが良く見える。カーリングが開いているので、シリンダーが高温で真っ赤なのが見えた。初めて気付いたときはびっくりしたが、高温で仕事をしたほうが能率的と熱力学を思い出して納得した。次の朝、給油で着陸したウエーキ島では、エンジンから真っ黒な煙が噴き出して調子が悪い。おかげで1日中ウエーキ島に滞在。サーヴィスで古戦場をあちこち見せてくれた。まだ、防空サイレンの後遺症があるので、サイレンを聞いただけでビクっとするわれわれには余り良い気がしない。

やっと深夜にハワイに到着、ロビーでサーヴィスしてもらったフルーツサラダのおいしかったこと。しかし、目的のロサンゼルスには予定から大幅に遅れる。アメリカの国内線への連絡を頼んだが、アメリカのことは分からないと、最後のプロ

ペラ機に乗せられたステューワースは愛想が悪い。ロサンゼルス国内線のカウンターでは、後の小窓からのぞいた受付氏に、今サンディエゴ行きが出るからあれに乗れと走らされる。走りながらも、英語が分かったと内心大喜び。サンディエゴの飛行場で、滞在中の本田雅健さんに迎えられて、やっとラホイヤの宿に落ち着いた。ラホイヤの町は、Labor Day weekendとかで海岸だけがにぎやか。町のレストランもお休みで、9月からの契約というので、9月早々に到着するようにしたのに、なぜこんな休みの日に来たかと、みんなが不思議そうな顔をした。

## 3. ラホイヤで

La Jolla (ラホイヤと聞こえた) の目抜きどおりGerard St. の南のはずれ、小学校の校庭の向かい側のアパートを借りた。研究所までは約4 km。研究所はサンディエゴから来るバスの終点である。バスに乗っているのは、ラホイヤの豪邸に通う白い制服(?)を着たメイドさんくらい。バスは回数が少なく、通勤には不便である。アパートの北側の2ブロックぐらいいは、町の中心でもろもろの店があり、近くにはSafeway、Mayfairなどのスーパーマーケットがあって便利であった。ラホイヤ唯一の映画館も歩いて数分の距離であった。40年たった今は、最初に泊まった小さいホテルも映画館もなくなり、商社が並ぶビジネス街となって、とても住める所ではなくなった。

一応自炊であるから、さっそくMortonの食用塩を買った。雨傘をさした女の子の持った箱からさらさらと塩がこぼれる図案の箱に入った塩である。ビンからなかなか出てこない塩に慣れていたので、化学的にも、これこそ、本当の塩だと思った。何といっても、食料品は安かった。しかも、食料品には3%の税金(カリフォルニア州の税金=今の消費税である)がかからないので、カウンターの端にまとめてならべて、税金を取られない知恵を働かせるよう教えられた。今と違って、品物に貼

られた値段を一つ一つレジスターに打ち込んでいく。カウンターは商品を置く大きな台が回るようになっているので、順番を待っている間に自分の買物をならべる時間が十分にある。前の人の品物との間には、棒を置いて区別する。これを思い出すと、わが国で区別がしにくいからとかいって、食料品に消費税をかけるのは誰かの手抜きであることが良く分かる。

## 4. Scripps Institution of Oceanography

Scripps Institution of Oceanographyは20世紀の初め、Ritter<sup>1)</sup>らの海洋生物の研究から始まり、1912年にはカリフォルニア大学に移管されて、本格的な海洋研究が始められた。1925年に現在の名前となり、1956年からはカリフォルニア大学サンディエゴキャンパス (University of California, San Diego) の一部となって、大学院教育も始まっている。

Craig教授のオフィスはRitter Hallという昔からある頑丈な建物 (1938年の写真にも写っていて、現在も健在である) の3階であったが、実験室は



昼食用の芝生。雨の降るのは2月だけ。何を  
するのにも、雨天順延などの文字はない。

地下にあって、私のお目当ての同位体比測定用の質量分析計のある部屋と試料を作る部屋の2部屋であった。地下といっても、建物が海岸の傾斜地に建っているのだから、海側は1階である。海側から外に出ると、狭い道路の向こうは昼食が食べられるテーブルといすが点在している芝生、そして海である。

わがCraig先生の実験室には、H. Suess教授が木の年輪の<sup>14</sup>Cを測定する部屋を通らないと入れない。時には、Suess教授が試料の木とにらめっこしている横をすり抜けて通る。ガラス戸で仕切られているだけなので、お互いに何をしているかが良く見える。

私の部屋は、Ritter Hallを建て増した新しい建物の3階であった。ここで、水蒸気を集めてその同位体比を測定する仕事をするようになった。1部屋おいた隣は、E. Goldberg教授のオフィスであった。しばらくすると、Goldberg教授が論文のコピーを持ってやってきた。日本塩学会誌 (日本海水学会誌の前身) の論文で、海水中の金属イオンの分析法の報告である。2~3日中に訳してほしいという。1950年代の日本塩学会には、分析化学教室の先生方が多く会員になっておられ、海水中の元素分析で成果を上げておられた。現在の分析法の基礎が開発されており、元素の分離には、イオン交換法が積極的に取り上げられていた。きっと、アメリカより先を行っていたのであろう。ち



スクリプス海洋研究所全景。海に100m突き出した桟橋の先端から (1962年)。中央の屋根のある建物がRitter Hall、その右の屋根のある建物は図書館 (今は移転して、取り壊された)。右前の海ぎわの木造建物がScripps Hall。

よっといい気持ちになって、せっせと訳したが、結論で行き詰まった。お気持ちでは、最良の方法を提案したり、結論を述べておられるのだが、表現がまことに謙虚である。「結論しても」「差し支えない」「と考える」と続くと、そんな英語にお目にかかったことはない。僣越ながら、“conclude”にさせてもらった。

9月の中旬にUrey先生に紹介するというCraig先生について、Urey先生のオフィスに行く。Scripps Hallという波打ち際の木造の建物で、スクリップスの所長室やもろもろの事務室のある所である。所長の部屋は海が丸見えのカーペットを敷いた豪華な部屋であったが、海に面しない窓もない狭い部屋がUrey先生のオフィスであった。きちんとネクタイをして、部屋の中央にある机の前に座っておられた。私は直立不動。わがCraig先生は弟子のくせに机の反対側のいすに脚を組んで腰掛ける。足の裏がUrey先生に見えんばかり。アメリカとはこういう所かと目からウロコであった。

スクリップスでは、ネクタイなどお目にかからない。みんなおへそが見えんばかりの格好で歩いている。質量分析計のオペレーターのお嬢さん（といっても、大学院生の奥さん）は、夏には背中丸出しである。ネクタイをしていると、今日はこのパーティへ行くのかとまわりがうるさい。1970年代の初めに滞在了たとき、深海掘削の予備会議があった。日本人が出席しないので、会議に出て様子を日本に知らせろという。例によってスポーツシャツで出席。会議の後で、ウッズホール海洋研究所（Woods Hall Oceanographic Institute—当時の名前）から来たアメリカ人に、「Yoshio、カリフォルニアスタイルに慣れるなよ」といわれた。これは、英語がカリフォルニアなまりになっていた訳ではない。会議にはネクタイぐらいして来いということらしい。

## 5. 英語と祖国

発音は最大の難関である。スクリップスの中で

も大人気のケネディ大統領はボストンなまりという。パーティで話題に窮して、ボストンなまりとカリフォルニアなまりはどう違うかと聞いてみた。発音に自信のある彼女は、両方を交互に発音してくれた。何度聞いても同じに聞こえた。実験室でも困ることがある。電磁石で働くスイッチ (relay) がほしくて、研究室のテクニシャンに頼んだ。何度いっても、通じない。動作を説明したら、「オー、リレー」といったが、どこが違うのか分からない。“r”と“l”との区別は絶望的。私の説では（いささか自己防衛的）、30歳を過ぎてからでは、会話の上達には遅すぎる。耳の機能が固まって、新聞売りのpaperという呼び声が新聞という日本語の呼び声に聞こえる。事実、小学生の時代にアメリカにいて、大学生のときに再びアメリカに来た女性は、慣れてくると、ヨーロッパから来たアメリカ人がどこの国から来たのかがそのなまりから分かるという。

Family nameを見ても、どこの国の人かは分かりにくいことがある。また、英語を母国語としているかどうか分からない。1960年代のアメリカでは、おじいさんかお父さんがヨーロッパから移住して来た人がたくさんいたはずである。その祖国を大切にしている人が多い。わがCraig先生はタータンチェックを大切にしている。きっと、おれは江戸っ子だといっているようなものらしい。ドイツから来たH. Suess教授は家の中ではドイツ語である。娘の友達の家へ招かれたとき、その奥さんが私と話をする（ご主人は私の妻の相手をする）。彼女がわが家はドイツではこんな由緒のある家系であることをとうとうと説明した。初めのうちは、何が話題であるかも分からなかったが、意識を昔に戻して、やっと納得した。外国人のほうが家族の伝統を大切にするのか、あるいは、心の中では随分保守的などころがあるのかもしれない。一方、日本人の家では、子供たちは3か月も経つと仲間との付き合いには不自由をしなくなる。しかし、大人はそうはいかないので、英語に追いつくために家庭内でも英語を使う家もある。当然、子供は日本語がしゃべれなくなる。子供が大き

なるまで、日本に帰ってこられなくなる最大の原因である。

英語の論文の中の文章を利用して自分の論文を書いたとき、誤りを指摘されると、英語の論文にあったと正当性を主張する人がある。これは、その英語の論文を書いた人が英語を母国語としていなかったことが原因である場合があるから注意が必要である。

## 6. AGUとアメリカ東部

水蒸気の仕事を始めて、3か月が経った。どうやら、空気中の水蒸気を100%採取できることが確かめられて、 $^{18}\text{O}$ の測定が軌道に乗ったのは、クリスマスころであった。初めてのデータなので、ワシントンで開かれる春のAGU (American Geophysical Union) の学会で発表することとなった。研究室からは誰も行かない、一人で行ってこいという。その代わり、後の10日間は休暇で、シカゴ大学を見てくることにしてくれた。所属する Geological Research Divisionの秘書が旅行のおぜん立てをしてくれた。ワシントンの宿は向こうでAGUが世話をしてくれるという。ニューヨークとシカゴの宿は予約してくれた。

もちろん、研究室で発表のリハーサルはやったし、会場でもGoldberg教授が首にマイクをぶら下げてくれた。スライドもスクリップスの写真室の専門家が作ってくれたので、申し分がない。そこまでは良かった。しかし、しゃべりだすと、会場は真っ暗となって、頼りにするのは演台の上の小さい光だけである。その上、演台の高さが私の目の高さから10cmぐらい下と高く、置いた原稿はほとんど見えない。もう一つ困ったことは、リハーサルのときに、水蒸気の採取法そのものは1年後に発表することとして、削られてしまった。理由はそれが知られると、ほかの研究者もすぐに同じことをする。ほとんど同じスタート台に立つことになるので、1年くらいは距離を空けるといふ。俗にいうlaboratory secretである。結果はご想像

に任せるほかはない。

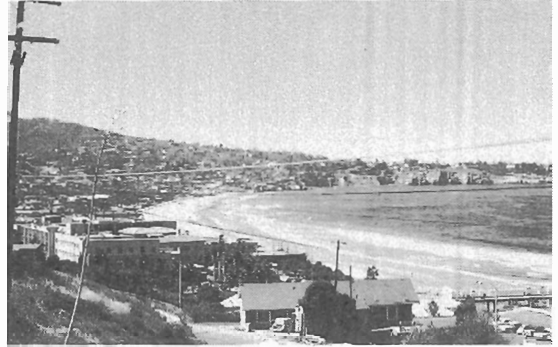
桜のワシントンを後にして、プロペラ飛行機でニューヨークへ行った。着いたのはNewarkという飛行場であった。荷物を受け取ってうろろしているうちに、100人ほどいた乗客は全部なくなった。バスもありそうになく、途方にくれた。そこへ一見その筋かと思われそうなのが、どこへ行くかと聞く。ホテルの名前をいうと、車に乗れという。別に運転手もいる大きな車。後部座席に向かい合って座る。コーヒーも飲める用意がある。心配しつつけているうちに、ちゃんとホテルに着いて、荷物も降ろしてくれた。22ドルであった。これは当時としては大金で、2度とこんな失敗はしないと決心した。今でも、当時の1ドル360円の後遺症で、10ドルという大金のような気がするし、1ドル紙幣あれば、スクリップスのランチはおつりがきた。<sup>2)</sup>

エンパイアステートビルのでっぺんにあがった。国連ビルの中も見学した。ラジオシティホールではラインダンスも楽しんだ。自由の女神の頭から周りを眺め、マンハッタン島の両側を流れるハドソン川の周遊ボートにも乗り、川に突き出した大きいふ頭の並ぶニューヨーク港の巨大さに圧倒された。

ご指定のシカゴ大学へ行った。空港では早速ダウタウン行きのバスを見つけ、地下鉄に乗って、シカゴ大学の近くの駅で降りた。重い荷物を持っているので、公園の中を通りぬけて歩いたが、目指す化学教室は遠かった。ダウタウンからタクシーに乗るべきであったとまた後悔した。目的は、Toshiko Mayedaという女性に会うことである。彼女はUrey教授一門の同位体の論文には必ず出てくる人で、わがCraig先生も「大変世話になった。ぜひ会ってこい」という人である。大阪の市岡高女出身で、戦前にアメリカにわたり、キャンディ会社社長の日系アメリカ人の奥さんとか。研究室のドアを開けると、目の前に彼女がいた。最初の言葉が“What's new?”であった。水蒸気の話が始めたが、すらすらとはいえない。いいよどむと、それはlaboratory secretかと聞く。彼女は面倒を見

たわがCraig先生の近況に興味があるらしく、いろいろスクリップスのことを知りたがった。Urey教授の後任のカナダから来たClayton教授が研究室を案内してくれた。水素の同位体を計るデンプスター型の質量分析計を製作中で、難しい点があるという。学生のときに阪大の仁田先生がほかの研究室を訪問したときは、何か役に立つSuggestionをするのが礼儀といわれたのを思い出して、こんなことをしたらといった。Claytonは実はそれを始めていているという。laboratory secretに口出したかと思って、またまた後悔した。

次にミネアポリスへ行った。ミネソタ大学には、阪大で助手をしていたときに一緒に仕事をした福島昭三君がいた。分析化学で有名なNoyes教授のもとには、北海道大学の西村雅吉氏がおられた。飛行機から下を見ると、4月というのに一面の雪。こんな薄着で来るとはと笑われた。福島君は新車のレンタカーで案内してくれた。ショッピングセンターの大きな駐車場には、熊や狐などの動物の顔を書いた大きな看板があった。駐車位置を示すAとかBの代わりだそうで、福島君は字の読めない



Scripps cottageから見たスクリップス海洋研究所とLa Jolla Beach、背景はラホイヤの町。(1961年)

人が多いからだと小声で教えてくれた。ミネソタ大学には、質量分析の大先生、同位体比質量分析計の創始者であるNier教授がおられたが、さすがに訪問する心臓は持ち合わせていなかった。

## 7. おわりに

そうこうするうちに1年経って、家族が1961年7月に貨物船に乗ってやって来た。家族持ちになったので、研究所の敷地内のScripps cottageといわれる家に住むことになり、一人前の生活が始まった。

(東京大学名誉教授・  
財団法人ソルト・サイエンス研究財団理事)

### 注

- 1) 彼の名前はRitter Hallとして残されている。
- 2) 1ドルあれば、ガソリンが約4ガロン(約15リットル)買えた。



筆者が1年間住んだScripps cottage。



# 暑さと水と塩

森本 武利

## I. はじめに

地球温暖化による地球の平均地上気温の上昇とともに、日本でも熱波におそわれる機会が多くなり、また日中最高気温も多くの測定地点で新記録を塗り替え、体温の36℃を超えることもまれではない。これとともに、いわゆる熱中症予防のための水分補給が多くメディアで取り上げられるようになってきた。

つい一昔前までは、運動時に水分を補給すると発汗量が増加し疲労の原因となると考えられ、また渇きに耐えることも運動トレーニングの一つと位置づけられて、運動時の水分補給が禁忌とされていた。

過去20年の間に、運動時に十分な水分を補給しない場合には、体温が上昇して運動を継続することが出来なくなること、脱水状態では運動能力が低下すること、また水分補給には体液のナトリウム・イオンが重要な働きをもち食塩の補給が不可欠であることなどの生理学的な知見が蓄積されてきた。その結果運動時に水分を補給することが常識となり、これが運動能力の維持や運動時の事故予防に役立っている。

ここではこれら水分補給の重要性および水分の補給における塩の役割、暑さによる障害などについて、その歴史的な背景を含めて紹介したい。

## II. 発汗と飲水

高温環境下での労働時の水分および塩分補給の重要性は、労働衛生の分野では古くから知られ、ことに炭坑や溶鉱炉など高温環境下での作業者では、1日に10ないし15リットルの発汗がおこる。個人差はあるが、1リットルの汗には1～5gの食塩が含まれ、1日に10～30g以上の食塩が失われることもあり、これを補うために大量の食塩が補給されていた。

これを最初に実験的に検討したのが、デイルのハーヴァード砂漠派遣隊（1931～1932年）で、ネバダ砂漠のフーバーダム建設現場で水分代謝の研究を行なった。また彼はイヌをつれて気温40～42℃の砂漠を約6時間にわたって歩行し、水分代謝と体温の上昇を自分自身とイヌで比較し、論文として報告している。その結果、ヒトでは発汗により7.3kgの脱水が起こるが水分の摂取量は5.3kgで、脱水量の68%が補われるにすぎない。一方イ

ヌでは水分の喪失量は2.55kgでそのうち2.45kgが飲水で補われ96%の回復を示すことを認めた。この差異はヒトでは発汗により体温を調節するため塩分を失うが、イヌは浅くて早い呼吸を増やして体温を調節するため、塩分を失わないためであることを示唆した。

1940年代の前半には、ロチェスター大学のアドルフも砂漠でヒトの生理学に関する広汎な研究を行ない、その成果を「砂漠における人の生理学」という著書に纏めている。この中で、初期体重の1%以上の脱水が生じた時には、体重の1%の減少につき0.3℃の体温上昇が認められること、また心拍数も水負債が体重の1%増加するごとに1分間あたり5~10拍上昇して心臓から送り出す血液量を増やすことを明らかにした。また発汗量が1時間に400g以下の場合にはほぼ95%の水分補給が起こるが、発汗量がそれ以上の場合には、発汗量が増加するほど脱水の回復率が低下することを認め、これを自発的脱水と名付けた。

一方スポーツの分野では、1970年代に入ってジョギングブームなど、運動への参加者の増加とともに、運動時の暑熱障害の報告が増加してきた。運動時の暑熱障害の予防に関しては、ケードらがアメリカンフットボールの選手を対象に、運動時に食塩水を与えることにより、体温の上昇、血液組成の変化を抑え、運動能力も維持できることを報告した。

われわれは、この自発的脱水と食塩との関係について一連の検討を加えてきたので、その一部について紹介したい。

### Ⅲ. 水分補給と食塩

#### 1. ヒト発汗時の水分補給と食塩

健康な成人男子8名に高温室(36℃、湿度90%)にて2時間の発汗負荷を加えた。この実験を水道水を自由に摂取する場合とイオンを含んだスポーツ飲料を自由に摂取する場合の2条件下で繰り返し、水分摂取量を発汗負荷中および負荷後3時間

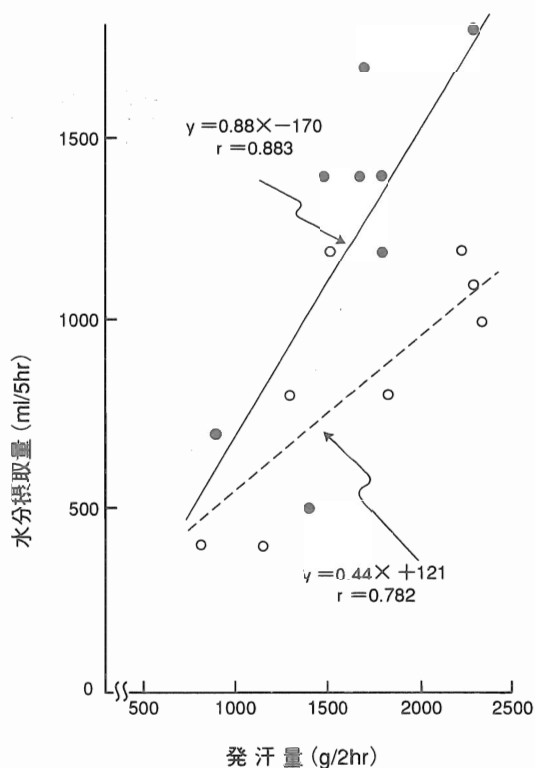


図1 摂取溶液組成の違いによる発汗時水分摂取量の比較

●印および実線はスポーツ飲料、○印と点線は水道水を与えた場合の結果。相関式の係数は8名の被験者における水分摂取量の発汗量に対する割合を示す。

にわたって測定した。その際の発汗量はいずれの条件下でもほぼ1.6kgであった。回復時間の3時間を含めた5時間の水分摂取量を8名の平均値として回帰直線から求めると、水道水群では発汗量の約44%を補給するのみで、2時間の運動負荷中の発汗量に達せず自発的脱水を示した。一方スポーツ飲料群では発汗量の88%の飲水を行うことが認められた(図1)。

飲水による脱水回復過程に及ぼす塩分濃度の影響について、ラットを用いてさらに詳しく検討した。ラットは高温下では唾液をからだに塗りつけて体温を調節するので、ヒトの場合と同様に、高温下では体温調節のために食塩を失う。

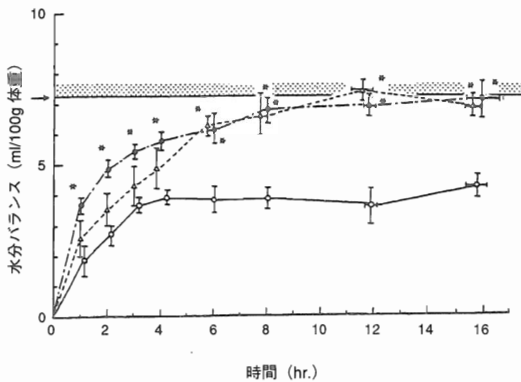


図2 温熱脱水ラットの水分回復過程に及ぼす食塩の影響

水分摂取量から尿量を差し引いた値を、それぞれ7例の平均と標準偏差で示す。○印は水道水、●印は0.45%食塩水、△印は0.9%食塩水を与えた場合の結果。

## 2. ラットの自発的脱水と食塩

図2は高温(36度、湿度20%)に7~8時間暴露し、体重の7~8%の脱水を加えたラットに水道水、0.45%および0.9%の食塩水を自由に飲ませ、その際の水分摂取量と尿量から体液のバランスを求めた結果である。高温負荷による体液の喪失量の7例の平均値と標準偏差を、矢印を付した直線とその影で示したが、食塩水を与えた群では、その濃度にかかわらずほぼ8時間でこの脱水量を回復している。一方水道水を与えた場合には4時間で脱水量のほぼ半分まで回復するのみで、体液量は脱水前の値に戻らない。

すなわち、汗または唾液塗布により体温を調節する場合、脱水の回復には失われたイオンの補給が必要であり、水のみを与えると血液が希釈され、飲水が停止すると共に尿から水分排泄を増やし、体液の浸透圧を一定に保つことが示される。

## 3. 食塩濃度と水分バランス

摂取する溶液の食塩濃度と水分補給との関係をラットを用いて解析したのが図3である。

点線の交点はラットが暑熱負荷により失った水分(8.6ml/100g 体重)およびナトリウム量(6.4

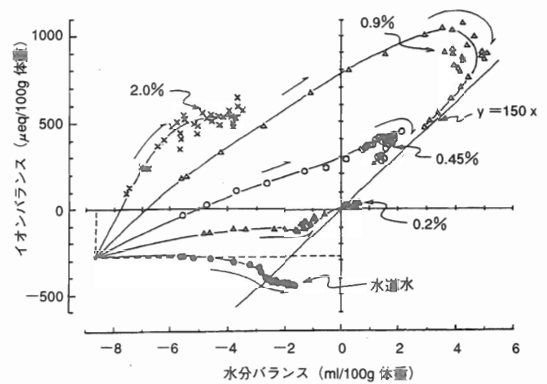


図3 温熱脱水ラットの水分およびナトリウム・イオン回復過程に及ぼす食塩濃度の影響

各グループ(n=8-11)につき30分毎の積算値を脱水後の値(点線の交点)からのバランスとして示した。

mg/100g 体重)である。この点すなわち脱水状態から2.0%、0.9%、0.45%、0.2%の食塩水ないし水道水を自由に飲ませ、水とナトリウムのバランスを30分ごとに積算値として示した。

水道水を与えた場合には、まず脱水量のほぼ半分を回復した時点より尿量が増加し、ナトリウムがさらに失われて体液量は脱水前の原点には戻らない。一方0.2%の食塩水を与えるとほぼ3時間でナトリウム・バランスが等張性を回復し、その後 $y=150x$ の等浸透圧の線に沿って脱水前の値へと回復していく。0.45%および0.9%の食塩水を与えた場合には、いずれも水分およびナトリウムとも過剰に摂取し、その後徐々に腎臓からの水分および塩分の排泄により、等浸透圧の線に沿って脱水前の値へと回復していく。さらに2.0%の食塩水を与えた場合にはナトリウムの摂取量が多いが、浸透圧利尿が起こって水分を体内に保持することが出来ない。すなわち脱水からの回復には0.2~0.9%の食塩水を用いることが必要である。

## 4. 飲水行動による血液量および血液ナトリウム濃度の調節

以上の実験では、水道水ないしは食塩水のいずれか1種類の溶液を与えたが、水道水と1.8%食塩

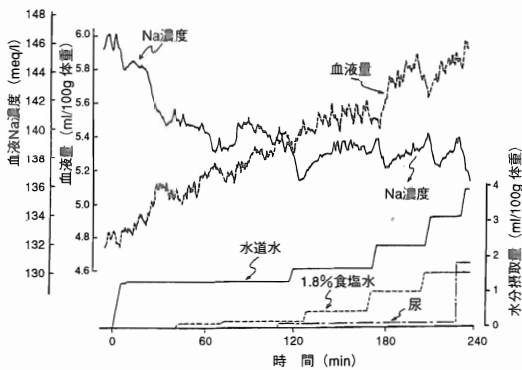


図4 ラット温熱脱水後飲水による血液量および血液ナトリウム濃度の回復過程、水道水および1.8%食塩水の摂取量および尿量

まず水道水を飲み、血液ナトリウム濃度を低下させ、その後徐々に1.8%食塩水を摂取し、血液ナトリウム濃度を正常範囲に調節する。

水を同時に与えて自由にラットが欲する食塩濃度を選択させ、どのような濃度の食塩水を選ぶか、またその際に血液量および血液のナトリウム濃度がどのように変化するかを連続的に測定した(図4)。ラットは脱水後水分の摂取を許すとまず水道水を飲み、その結果血液のナトリウム濃度は急速に低下し、ほぼ1時間で脱水前の値にまで低下した。その後ラットは1.8%の食塩水と水道水を交互に飲み、血液のナトリウム濃度は3.15~3.24 g/lの正常範囲に調節され、血液量はこの間徐々に正常値へと回復していく。いま飲水開始2時間までに摂取された食塩水の濃度を計算する、低濃度(約1.15 g/l)の食塩水に、また2時間以降には血液のナトリウム濃度とほぼ近い(約2.92 g/l)食塩水に希釈して飲水し、血液量が徐々に回復することが明らかとなった。また尿の排泄はナトリウムおよび水を十分補給した4時間以降より増加した。

以上のように脱水からの回復時には、水のみを与えた場合、血液の希釈が起こり脱水を回復することが出来ず、いわゆる自発的脱水が認められる。水分とともに食塩を与えると、まず血液の浸透圧

を回復させ、ついで脱水によって減少した血液量を、ほぼ等浸透圧の溶液を摂取することにより回復させる。この結果は、飲水行動でまず血液のナトリウム濃度を調節し、その上でイオン濃度を一定に保ちながら血液量を回復していくことを示している。

すなわち脱水時の体液調節には水分の補給だけでなく、ナトリウムの補給が不可欠である。また血液浸透圧の調節が優先されるため、水分のみを摂ると血液が薄まって浸透圧が低下するのを防ぐため、自発的脱水が起こる。

#### IV. 脱水と暑熱障害

ヒトの体温は、体内で産生された熱が血液によって体表面まで運ばれ、体表面から放散することによって調節される。穏やかな環境下ではその約1/3が輻射熱として放散され、これは皮膚の血流量変化による皮膚温度の調節によりおこなわれる。環境温度が30℃以上に上昇すると発汗が起こり、皮膚から気化潜熱を奪うことによって放熱量を増加させるが、気温が36℃以上になると体表面からの放熱はほとんど発汗によることになる。

脱水により血液量が低下した血液浸透圧が上昇すると、この皮膚血流量および発汗量が抑制され、体熱の放散が減少して体温が上昇する。体重の1%の脱水は0.3℃の体温上昇を起こすことはすでに述べたが、体温の上昇は運動の制限因子でもあり、体温が40.6℃以上に上昇すると運動が続けられなくなる。同時に体重が発汗により初期体重の3%以上減少すると運動能力が低下する。従って高温環境下での運動時には、暑熱障害が起こりやすく、脱水がその発生に結びついている。

##### 1. 暑熱障害の種類と病態

###### 1) 熱中症および日射病

暑熱障害のうち最も重篤なものが熱中症で、体温の上昇による突発的な体温調節中枢の障害が特徴である。その原因は産熱量が放熱量を上回るこ

とによって生じる鬱熱状態で、高温多湿環境下での運動時などに多発する。また日射病は直接日光により脳温が上昇した場合に発生する。

症状としては、高度の体温上昇（40℃以上）、頭痛、悪心、めまい、浅い頻脈、意識喪失、ショック症状等を認める。なお高温時に高齢者に発症するいわゆる古典的熱中症では皮膚が乾燥して高温を示すことが特徴であるが、運動時などに認められる熱中症では発汗が認められることが多い。

治療はできるだけ迅速に体温を39℃以下に下げ、水分補給を行いショック状態から回復させることである。またその後も急性腎不全や肝機能障害をきたすことがあるので注意が必要である。

## 2) 熱疲労

長時間の発汗ないしは水分補給の不足により高度の脱水が生じた場合に脱水による熱疲労が生じる。症状としては、激しい口渇、食欲の減退、脱力、倦怠感、皮膚温・体温の上昇、血液の濃縮などが認められる。

これに塩分の喪失が加わると、脱塩による熱疲

労が生じ、頭痛、めまい、悪心、嘔吐、下痢が加わる。これらの障害時には体温調節機能が低下するため、高温環境下では容易に体温の上昇を来し、熱射病ないしは熱中症に移行することがある。

処置としてはいずれも涼所で横臥安静をとらせ、水分および塩分を補給する。

## 3) 熱痙攣

大量発汗時に塩分を含まない水分のみを摂取し、血液のナトリウム濃度が低下した場合に認められる。下肢、腹部、腕などの筋肉の疼痛、痙攣を主訴とする。かつては炭鉱労働者や砂糖きび労働者などに多く見られ、鉱夫痙攣、砂糖きび農夫痙攣とも呼ばれたが、現在ではトライアスロンの選手などで報告されている。これは体液塩分の低下によるものであり、処置としては涼所で横臥安静をとらせ、軽症者には食塩水をのませ、重症者に対しては生理的食塩水の静注を行う。

## 4) 熱虚脱または熱失神

体温の上昇時にはすでに述べたように皮膚血管の拡張による相対的ないしは発汗による絶対的な

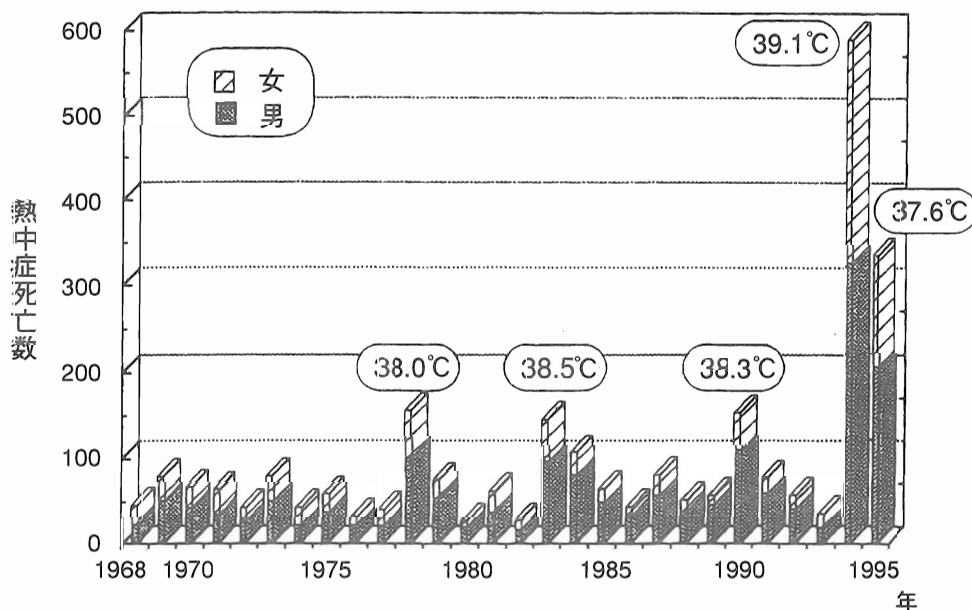


図5 熱中症死亡数の年次推移

厚生省人口動態統計による。

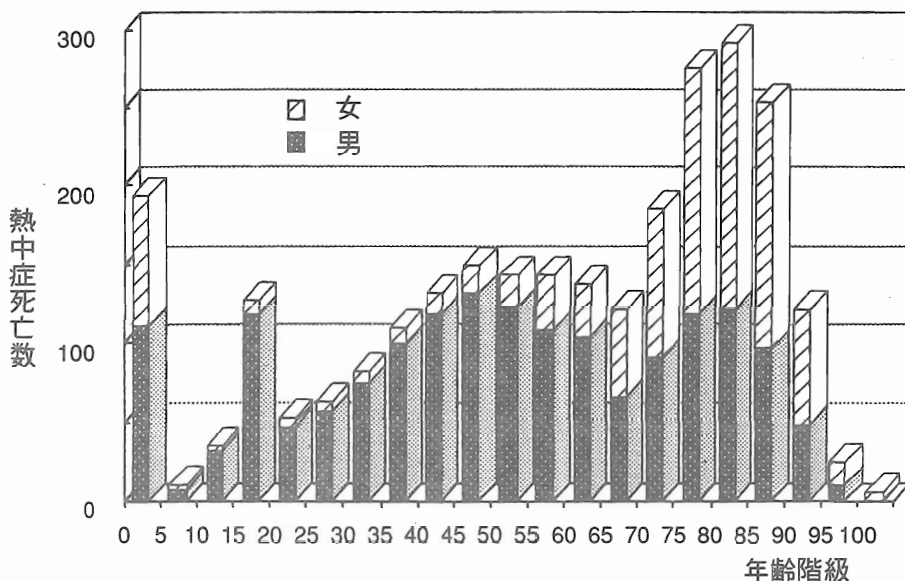


図6 年齢階層別熱中症死亡数

1968年から1995年の累積数で示す。

血液量の減少を来し、これに体位の変動や身体運動が加わると容易に循環不全による熱虚脱が生じる。

症状としては顔面蒼白、意識喪失、全身脱力感、疲労、視覚異常、低血圧、皮膚温および深部体温の上昇、過呼吸などが認められる。

治療としては、涼所で頭部を低くして横臥安静を保たせ、食塩水を飲用させる。比較的一過性のことが多い。

以上が暑熱障害の主なものであるが、まず水分・塩分の補給による予防が第一である。従来運動時に飲水すると発汗量が増加して脱水の原因になり、また疲労が増すと考えられていたが、われわれの実験結果では、脱水状態にある人では飲水により発汗量が増加するが、充分水分を補給して脱水状態になっていない人では発汗量が増加しないという結果を得ている。すなわち脱水および血液ナトリウム濃度の上昇により発汗が抑制されている時には、飲水により発汗が増加するわけである。

従って運動時には充分水分・塩分を補給し、体

温の上昇を防ぐ必要がある。

## 2. 暑熱障害の疫学

厚生省の死亡統計に基づいて、日本における1968年から1995年までの間の熱中症による死亡数について検討した結果が図5である。熱中症による死亡数は、上記の28年間に2,661件、男子1,685件、女子976件が認められる。年間26件(1982年)から589件(1994年)で、年平均にすると95件である。例数としては多くないが、確定診断されたもののみであること、南京での熱波の際の死亡数は入院患者数の3%であること等を勘案すると、暑熱障害の発生数は年間3,000例を上回るものと考えられる。さらに日本で熱波を経験した、1978、1983、1984および1990年ではそれぞれ155、144、105、152件の熱中症による死亡が、また日本の气象台・測候所の約40%において観測史上最高気温を記録した1994年には589件の熱中症が発生している。なおこの図のカラムの上に示した数字は大阪市におけるその年度の最高気温である。またこの期間のうち、1976、1982-83、1986-87、1991-93年に

はエルニーニョが発生しており、エルニーニョの発生と日本での熱波が交互に認められている点、今後の注意が必要であろう。

次に1968年から1995年までの間の熱中症による死亡者の年齢分布を示したのが図6である。この図より、熱中症の多発年齢として、5歳未満、15-20歳、35-50歳および70歳以上の4グループが認められる。まず5歳未満のピークは、自動車の車内に残された幼児の死亡、および発熱した幼児を毛布等でくるみ放熱を妨げた場合などが考えられる。15-20歳のグループは体育やスポーツ場面での事故が、また35-50歳のグループではスポーツや建築現場などでの労働場面での事故が考えられる。

図7は1968年以降、1994年までに日本で熱波を経験した4年における熱中症による死亡の年齢分布を示したものであるが、1994年には65歳以上の高齢者の発症が全体の64%を占め、気温の上昇とともに高齢者の死亡数が大幅に増加することを示している。高齢者では高温負荷に対する調節反応の予備能力が低下し、また体液量が低下して脱水になりやすいことにより説明出来るが、今後の地球温暖化、さらには都市におけるヒートアイランド化などの問題を考えるとき、十分な対応が必要である。

## 終わりに

以上水分バランスにおける塩の重要性を、暑熱障害との関係から紹介した。血液のナトリウム濃度は図4に示したごとく、非常に厳密に調節されている。この血液ナトリウム濃度の調節には、間質に含まれる約70gの食塩および骨格などに含まれる約90gの食塩がバッファーとして働くことが考えられるが、これらはそれぞれ組織に水分を保持するなどの重要な役割をもっている。従って失

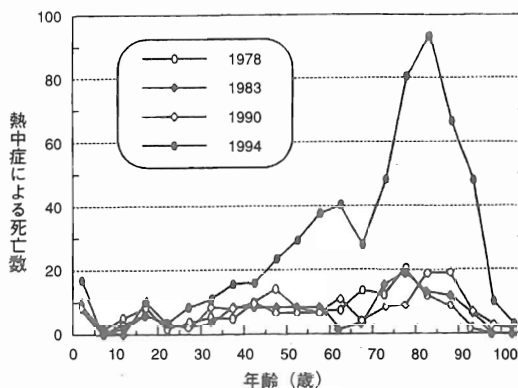


図7 日本において熱波を経験した年度の熱中症死亡数の年齢分布

った食塩を摂取により補わない場合には、それぞれ機能障害を起こす。この最も著名な例が発汗による食塩の喪失で、生命が危険に晒されることを紹介した。

(神戸女子大学学長・研究運営審議会委員)

## 【文献】

詳細は以下の論文および総説の文献を参照下さい。

1. 森本武利、伊藤俊之：高热による疾患、最新内科学体系75、中山書店、東京、66-71、1994
2. E. Greenleaf and T. Morimoto : Mechanism controlling fluid ingestion : Thirst and drinking. In : "Body Fluid Balance : Exercise and Sport" edited by E.R. Buskirk and S.M. Puhl, CRC Press, New York, pp.3-17, 1996
3. T. Morimoto and T. Itoh : Thermoregulation and body fluid osmolality. J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol. 9 : 51-72, 1998
4. T. Morimoto, T. Itoh and A. Takamata : Thermoregulation and body fluid in hot environment. In : Progress in Brain Research, Vol.115, Brain Function in Hot Environment" Elsevier, Amsterdam, 499-508, 1998
5. S. Nakai, T. Itoh and T. Morimoto : Deaths from heatstroke in Japan. Int. J. Biometeorol. 43 : 124-127, 1999

# 第4回塩事業海外研修に参加して

橋本 壽夫

昨年（2000年10月）のことでいささか時期を失しているが、（財）塩事業センター主催の第4回塩事業海外研修に参加する機会に恵まれたので、その折りの印象をまとめた。今回の研修場所はオーストラリア。初めて訪れる国であり、また初めて南半球に足跡を印すこともあって期待一杯で参加した。西オーストラリアにある天日塩田の一つシャークベイ塩田の見学、パース、メルボルン、シドニー各地の塩売場調査が目的であった。

## ● 西オーストラリアの塩生産地

ソーダ工業用の原料塩を確保するために、西オーストラリアには図1に示すようにいくつかの大規模な天日塩田がある。オーストラリアからは毎年約320万トンの天日塩が輸入されており、輸出している塩田はダンピア（丸紅、日商岩井、伊藤忠商事で持株がそれぞれ20、10、5%）、レーク・マクレオード、シャークベイ（三井物産の子会社である三井ソルトの持株30%）、ポートヘッドランドである。

## ● シャークベイ塩田

この度の研修ではシャークベイ塩田を見学することになった。オーストラリア大陸の最西端、パ



図1 西オーストラリアの天日塩田

ース市の北約800kmに位置するシャークベイ塩田の概要は表1に示すとおりである。日本には年間約20万トンが輸出されている。

パースから10人乗りの小型機で3時間（途中給油のために着陸）かけて到着したシャークベイ塩田の滑走路は第二濃縮池の近くにあり、赤土がむき出しで、離着陸の時には猛烈な土埃が上がった。着陸前に旋回したとき窓から見えた塩田は緑色であった。その瞬間、10年以上も前に蒸発促進のために塩田に緑色の色素を添加する記事を読んだこ



表1 シャークベイ塩田の概要

沿革	1962年 アデレード・スチームシップ社とガリック・アグニュー社が協同で塩田開発開始 1964年 採塩開始 1967年 対日輸出開始 1973年 三井物産、経営に参画 1997年 シャークベイ・リソーシイズ社設立 1998年 増設工事開始
出資者	シャークベイ・リソーシイズ社 70% 三井ソルト 30%
生産能力	100~110万トン/年、2005年頃までに160万トン/年まで増産予定
塩田総面積	約6,900ヘクタール
年間降雨量	230~300mm
年間蒸発量	2,250~2,500mm
出荷設備	バース水深 約10m 最大船型 25,000トン級船
塩田従業員数	60名

とが思い出された。後ほど事務所で概要説明を受けた後の質疑応答で8~15%の蒸発効率アップとのこと。バスで塩田見学となったが、風が強いため第一濃縮池の方へは行けず、第二濃縮池から結晶池、塩洗浄場、積出用貯塩場の見学だけに終わ

った。

シャークベイ塩田は図2に示すように世界遺産指定地となっているシャークベイに面したインド洋側の半島にある2つの入り江をそれぞれ濃縮池と結晶池に利用している。塩田全体は図3に示すようにユースレス・インレットの湾内を堤防で仕切り、外洋より25%高い塩分濃度の海水を取り入れ、海水は予備濃縮されながら湾の奥の方へ進む。ポンプ1で海面より高い位置に設置した第一濃縮池に汲み上げ、そこから再び濃縮されながら低い位置にある⑧番池の方へ流れていく。そこから再びポンプ2で濃縮かん水を15mの高さにある用水路に汲み上げ、第二濃縮池や結晶池がある19km先のユースレス・ループの方に送る。

ユースレス・ループの方では、かん水は第二濃縮池を経て、硫酸カルシウム（石膏）を沈殿させるピクル・ポンドを通り、塩が析出する塩化ナトリウムの飽和濃度に達した段階で結晶池に送られる。結晶池は、深さ15cmの細かい砂地の上にポリエチレンシートを敷き、その上に5cmの塩層を

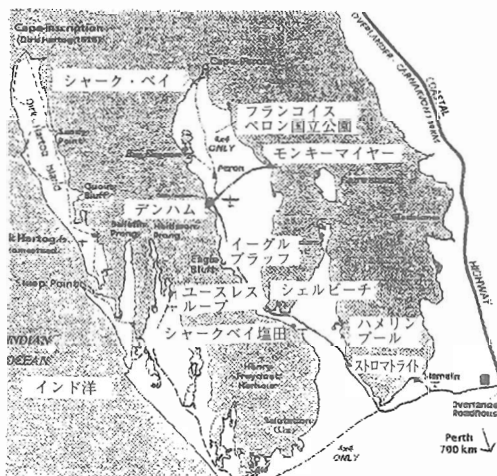


図2 シャーク・ベイ

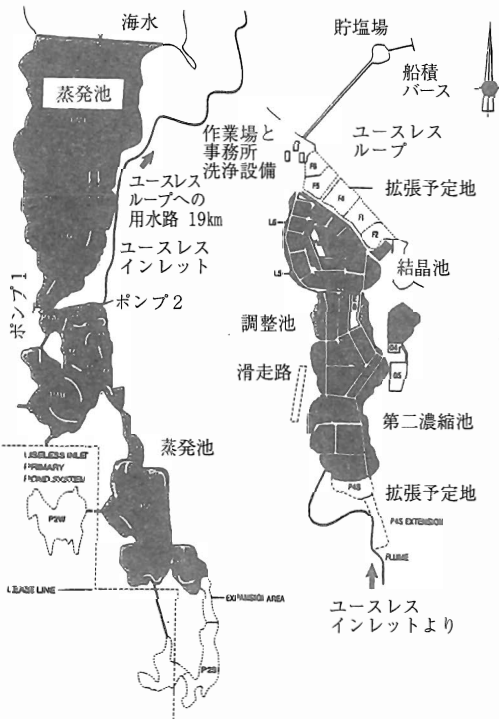


図3 シャーク・ベイ塩田

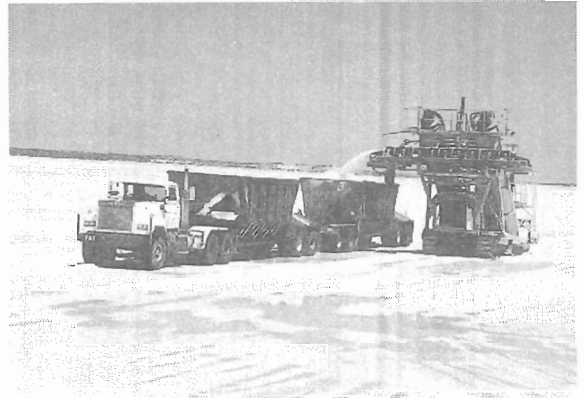
形成させて、塩で舗装された床を地盤とし、各種車両の通行に耐えられるようになっている。

結晶池で塩の結晶が沈積し、硫酸ナトリウムが析出する前に苦汁を排出してグレーダーで塩を掻き寄せ、ハーベスターで1時間に1,500トンのスピードで塩を収穫する。収穫された塩は50トン積みトレーラー2両に積まれ、塩堆場に積み上げられて苦汁を落とす。それを塩洗浄場に運び、海水と飽和かん水で洗浄した後、ベルトコンベアで船積みに近い貯塩場に運び、水切りする。

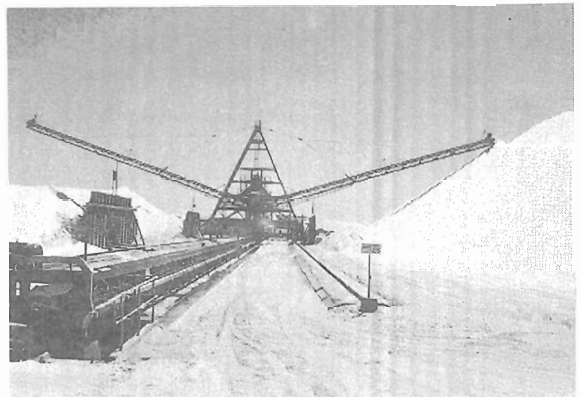
ここで生産される塩の品質は高く、乾物基準で99.7%を超えることが多く、きれいな水質に負うところが大きい。海水洗浄では10%位も溶解による目減り損失があるので飽和かん水で洗浄。結晶池の水深は25～30cmを維持するようにかん水を連続供給。収穫される塩の層は10から20cm。苦汁の排泄は環境に影響を及ぼすので放出しないで、新しく増設する結晶池の地盤形成に（シーリング剤として）使用。この地に新しく塩田を築造した時に



天日塩田で析出した塩の床を掻き起こして集め、塩の畝を作る作業中のグレーダー



塩の畝を取崩して収穫し、トレーラーに積込中のハーベスター



洗塩場で洗浄された塩の貯塩場

は、結晶池の地盤からかん水が漏れ、塩が収穫できるようになるまでに苦労した。したがって漏水防止のため塩田にポリエチレンシートを敷いている。インレット・ループからユースレス・ループまでの19kmの用水路にも同じシートが敷かれている。用水路の周囲は有刺鉄線の柵で保護。カンガルーにシートを踏み破られて濃縮かん水が漏洩するのを防ぐためである。好塩菌による着色問題はない。緑色の染料は植物性で分解されるので、製品に色が残ることはない。昨年12月と1月にサイクロンが来襲。今春の雨による災害でも減産。雨だけであれば上水を排水できるが、強い風があるとかん水と混じり薄められ損害が大となる。と言ったことが質疑応答や見学中に説明された。

シャークベイ塩田では100万トン/年から160万トン/年へ増産するために塩田増設を行っている。図3に拡大計画の濃縮池や結晶池が破線で示されている。シャークベイ塩田はほぼ山手線の内側に相当する塩田面積を持ち、強い日差しと風で降雨量の約10倍の蒸発量を持つ自然条件に恵まれた地で、時々襲われる自然災害を心配しながら操業していた。

## ● モンキー・マイア

塩田見学後、デンナム（図2参照）まで一飛びして泊まった。夜、強い風が吹く中を浜辺に出てオーストラリアの国旗に描かれている南十字星を探したが見つからなかった。その時期、低い位置にあるのでなかなか見つからないとのこと。翌朝早くモンキー・マイアに出かけた。そこでは野生のイルカに餌付けをしており、浜辺に寄ってくるイルカを観光客が触ることができる。イルカも心得たもので横腹を見せて気持ちよさそうに撫でられている。

この辺りにはジュゴンが住んでいることから、双胴ヨットでジュゴン・ウォッチングに出かけた。一番前に陣取って照り返す海面を見つめていたが、なかなか現れない。時々イルカが競争するように船の前や脇を右に左に泳ぎ寄ってくる。そのうち、案内人がジュゴンが見えたとはばかり、遥



モンキー・マイア・ドルフィン・リゾートで野生のイルカに触れる前の管理官からの説明

か彼方を指さす。何だか白っぽい物が浮かんで潜る様が見えた。明らかにイルカとは違い、あれがジュゴンかと思うだけであった。塩田では海水の品質が良いから良い品質の塩ができるとのことであったが、海水にキラキラした輝きと透明感はなく、海水のきれいな日本海の手前で育った筆者には品質の良い海水とは思えなかった。

## ● シェル・ビーチ

昼食後、背丈の低いブッシュが一面に生えている荒涼とした中をバスでハメルン空港までいった。その途中、イーグル・ブラッフとシェル・ビーチ



シェル・ビーチから切り出された細かい貝殻のブロックを積み上げて作られた入り口の門

に立ち寄った。シェル・ビーチは誠に不思議な浜である。砂や小石はまったくなく、8~13mmの貝殻ばかりで出来た浜である。資料がないのでよく分からないが幅1km、長さ10km以上、深さ数mはあるようだ。どうしてこのような貝殻ばかりが集まって浜ができたのであろうか？写真のモンキー・マイア入り口の門や塀はシェル・ビーチから切り出した貝殻の固まった岩で出来ていた。シェル・ビーチに行く前に見たので、飾りとして貝殻を接着してあるものと思っていたが、後で中まで貝殻で出来ていることに気付いた。



ハメルン・プールで地球最古の生物、ストロマトライトが引き潮で露出

## ● ハメルン・プール

ハメルン・プールでは地球最古の生物であるストロマトライト（藍藻類）が生息している様子を見た。西オーストラリアでは35億年前のストロマトライトの化石が数カ所で発見されている。ハメルン・プールには海底隆起があるため海水の入れ替わりが充分に行われず、温度が高く塩分濃度も2倍近くも高いので外敵が住めず、繁殖するのに適した場所となったとのこと。3,500年ほど前から住みつくようになったらしい。年間0.3mmほどしか成長せず、3,500年かけて今のような姿になった。訪れたときは干潮時で、腰掛け型に成長したストロマトライトが木製の歩道橋から無数見られた。

## ● 市場調査

研修では塩生産現場の塩田見学だけでなく、市場調査と言うことで行く先々の都市の大型スーパーに入って塩の売場に行き、塩の種類や価格、包装の状況を調査した。塩の種類は多く、売場面積も幅3m、高さ2.5mほどの広さを取っている店もあった。塩は天日塩を粉碎した製品、せんごう塩、岩塩と表示された製品と様々であり、価格は製品によって大幅に異なり、食卓塩や調理用塩の安い物ではキログラム当たり30-50円であった。

オーストラリアにも減塩製品である塩化ナトリウムと塩化カリウムを半々に混ぜたライト・ソルトがあった。表示にはゴシック体の赤字で「正常な健康人用の低ナトリウム塩混合物」とあり、そ

の下に同じ大きさの通常の活字で「医者の指示なく低ナトリウムやカリウム摂取用に使ってはいけない。利尿剤を服用している人は使用禁止。」と書かれている。つまり病気でない人は使ってよいが、病人は（とは書いてないが）医者の指示で使用すること、と読める。ところで減塩用に日本にも同じような製品が販売されている。それには健康な人、または医者へ減塩を指示されている人にお勧めする、と表示されている。血圧が高ければ、ワンパターンで医者は減塩を勧める。となるとこの塩が使われることもあるが、オーストラリア製品の表示からして本当に使って良いのか不安になる。

## ● シドニー水族館

シドニーは最後の訪問地であった。ここでは自由行動の時間に水族館を見学した。時間にゆとりがなかったので朝一番に開くのを待って入場した。入って直ぐに非常に珍しい動物がせわしなく泳いでいる光景に出くわした。泳ぐというよりも水中をせわしなくはいずり回っている、という表現の方が当たっている。卵を生んで、乳を飲ませながら子供を育てていくカモノハシである。30cmほどの小さな動物であり、アヒルのようにくちばしを使って首をふりふり餌を探している様はユーモラスであった。

この水族館にはオーストラリア近海や河川に住



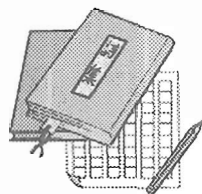
シドニー水族館の海水処理施設

む650種類、11,000匹ほどの動物が飼われている。設備的には目新しい展示法ではなかったが、南半球だからであろうか、はじめてみる奇妙な形をしたサメなのかエイの仲間なのか判断できかねる魚が何種類かいた。海水は目の前のダーリング・ハーバーから取り入れており、館の裏側にはその海水を処理する設備が設置されていた。

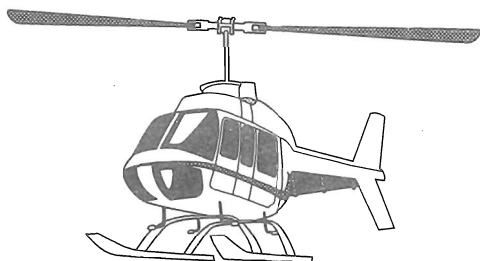
以上が海外研修で印象に残った顛末記である。日本で秋の終わり頃はオーストラリアでは春の終わりの頃である。日差しが強く日焼け防止のため、日焼け止めクリームと帽子を用意するよう注意があった。しかし、いずれも用意しなかった。日差しの強さ、暑さは大変なもので、パース郊外のフリーマントルで塩の市場調査のためにマーケットに入ったとき、オーストラリア国旗と五輪マーク入りのシドニー・オリンピック・グッズの帽子を格安で買った。オリンピックが終わり、処分品となっていたからである。麦わら帽子ほどの幅広い縁があり、あご紐もあって日除けには恰好の物であったが、折り畳んで仕舞えるほどのフレキシブルな帽子だけに、風が強いと縁が折れてしまい塩田では役に立たなかった。シャークベイ塩田の思い出として我が家の壁に掛かっている。

最後になったが、塩田を案内していただいた三井物産(株)の高木部長と竹内主幹、(財)塩事業センターの岡林(技術課長)団長に記して謝意を表する。

(ソルト・サイエンス研究財団専務理事)



# ぐるり一周わが街フライト体験



中村 和市

コーヒーブレイクの話題をひとつ。わたしがこの街に住んで、もうかれこれ20年近くになる。この街は埼玉県ほぼ中央に位置し、都心からは50キロメートル圏内。冬は北からの赤城おろし、西からの秩父おろしの冷たい季節風が吹き、夏は高温でむし暑い。わが街の名前は東松山市。どんな街なのか2、3紹介したい。まず代表的なのが、毎年11月に行なわれる日本スリーデーマーチ。同マーチは今や世界第2の規模を誇る歩けの大会で、国内外から大勢のウォーカーで賑わう。そのほか国内では数か所しか見られないオーストラリア棲息のコアラ、関東有数のぼたん園、「原爆の図」で有名な丸木美術館、ブタのカシラ肉に韓国風の味噌ダレをつけて食べるやきとりなど、バラエティに富んだものが多い街である。

昨秋、わが街の広報誌に、ヘリコプターに乗って、空から市の未来を考える「市内一望体験」の募集があったので、早速、市の企画課あてハガキを出してみた。募集人員は20人で、応募者が多数の場合は抽選。正直いってヘリコプターに乗るのは少々不安ではあったが、企画がとてもユニークだったので、小さな勇気を出して応募してみた。ヘリコプターによる市内一望体験は、11月3日の祝日。NHKの調査によると、同祝日の天候は、晴

れの日が過去100年間で70パーセントという報道であったが、当日はあいにくの曇り空。低い雲が大空いっぱい広がっていた。わたしの搭乗時刻は正午。少し早めに、市のはずれにある運動広場に行く。搭乗時刻がきたので、グラウンドに出て待合のイスに座る。担当の方から注意事項の説明。ヘリコプターは本田航空の6人乗りで、前の席がパイロットのほか1人、後ろの席が4人。搭乗前に、前の席に座る人をジャンケンで決める。そうこうしている内に、ヘリコプターが帰ってきた。早速、搭乗のためヘリコプターに向かうが、プロペラの風で吹き飛ばされそうになる。わたしは後の席の右側に座り、シートベルトをしめる。爆音とともにヘリコプターが飛び立つと、あっという間に飛行コースの最初のポイントである都幾川リバーサイドパーク上空へ。ここは市民全体が交流できる多目的広場。続いて東武東上線・高坂駅周辺からコアラのいる県立こども動物自然公園、箱根駅伝やラグビーに実績のある大東文化大学東松山校舎を経て、市民の森上空へ。周辺には黒ずんだ緑深いゴルフ場が幾何学模様を描いている。続いて鞍掛橋、少し下流の稲荷橋も見える。この稲荷橋は、明治時代の代表的児童文学「天の園」（打木村治著）の舞台となった所。パイロットがヘリコプターの

高度450メートル、時速200キロメートルのアナウンス。約50社が立ち並ぶ東松山工業団地を経て、関越自動車道インターチェンジ上空へ。続いて市の中心地である東松山駅周辺から市役所、総合会館上空へ。しばらくいくと、関東有数の東松山ばたん園、ゴルフ場が見えてくる。先端技術系産業誘致予定地を大きく右旋回して、マッチ箱を並べたような団地を経て、岩鼻運動公園、東松山陸上競技場上空へ。続いて市立東中学校のグラウンドを見ながら、近くのわが家を確認できてラッキー。コース最後のポイントは、秋風景が広がる野本耕地上空。

パイロットが今回のフライトのしめくりとして、無重力体験をサービスするというアナウンス。一瞬、機体の高度がスッと下がるが、気分は悪くない。ヘリコプターは思ったより安定した乗り物であることに少々驚いた。運動広場で、次の搭乗者を乗せて発進するヘリコプターをカメラに撮

り、わが家に帰った。今回のメインテーマであるヘリコプターに乗って、空から市の未来を考えるについては、フライト中は次々と変わっていく風景にみとれて、とても考える余裕などはなかった。翌日、もう1度、自分を高度450メートルにおいたつもりで、市の未来をあれこれ考えてみるが、しょせん凡人の悲しさ。何もいい考えは浮かばない。しかしそれでは目的を果たさないで考えてみる。高度450メートルから、わが街を見ると、丘陵地あり市街地あり田園ありで、大変変化に富んでいるのが印象的だった。このような自然にめぐまれた環境の中で、そこに暮らす人々が心豊かに生活できる個性的で魅力ある田園文化都市づくりを進めていけば、21世紀もわが街が地区の中核都市として輝いていくことができるのではないか、と思った。

(元日本たばこ産業株式会社知的財産部調査役)





# 縄文文化と製塩の始まり

村上 正祥

## 1. 日本列島の縄文文化

アジア大陸の東部では、長江と黄河という2大河の流域に古代文化が興り、中国文明が華開いた。その大陸の東縁に弧状に連なる日本列島が位置する。

人類は旧石器時代から新石器へと進化し、やがて土器を作りだした。土器を作り使用することは古代人の文化誕生のメルクマールの一つであろう。その土器で世界最古とされているのは日本の縄文土器であり、今から1万3000年前のものである。以来約1万年にわたって、多彩な縄文土器を伴った独自の文化が日本列島に成立してきた。この「縄文文化」（地名を冠するのであれば「日本文化」）は、年代からいっても、またその内容から見ても、中国の古代文明に匹敵するものである。ただ、中国の古代文明との違いは、城郭都市を造らず、王朝が成立しなかったということだけである。

古代文明発生の要件は、北緯 $30^{\circ} \pm 10^{\circ}$ のゾーン（地帯）で、大河の流域とされてきたが、これは水辺（大河、沿海）の原野ということではなかろうか。縄文文化の中心地は東日本、関東地方であった。数千年前の頃、関東平野の海岸線は現在より

ずっと内陸部に入りこんでおり、インダス河の下流部と似たような環境だったはずである。ここに古代文明が華開いたのも故無しとしない。

### 1) 三内丸山遺跡（青森県）<sup>1) 2)</sup>

青森市の西南、三内丸山から古代遺物が出土することはすでに江戸時代から知られていた。近代になって何度かの発掘調査が行われ、とくに1992年からの発掘調査によって巨大な古代集落跡が姿を現した。縄文時代前期から中期（約5500年前～4000年前）にわたる集落遺跡である。

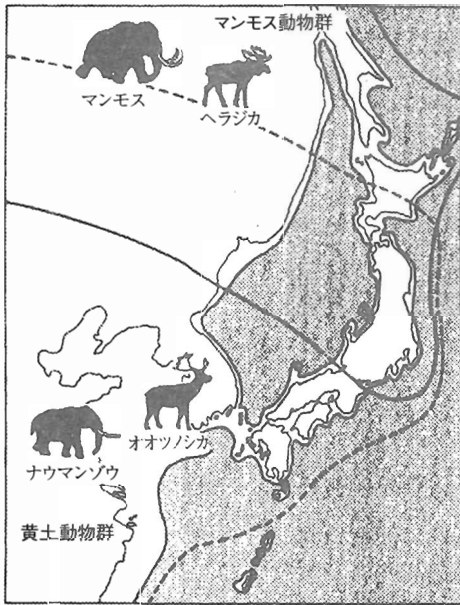
中国の良渚文化、龍山文化から仰韶文化の年代に相当し、その内容においても何ら遜色がない高度な文化である。

### 2) 二分された縄文文化圏——東日本と西日本

今から1万数千年前の頃、日本列島はほぼ現代の形となり、陸続きの時代に北と西からここへ進出した人々が生活していた。そうして1万3千年前の頃、土器を作り出し縄文文化の幕明けとなった。（図-1、2参照）

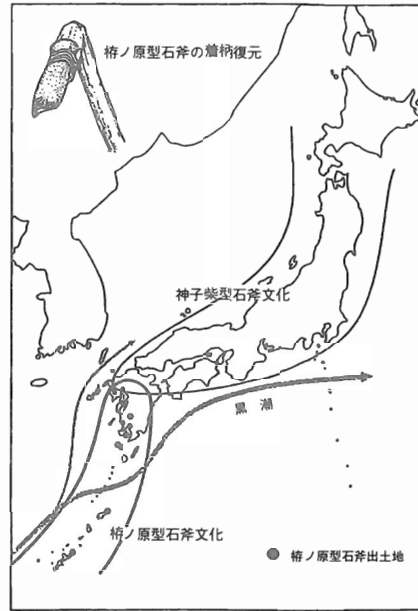
その後も、西南の島伝いに黒潮に乗ってやってくる人の移住は続き、列島の西側からその居住域を拡大していった。この人類の移動には何度かの





図一 1 ヴェルム氷期最盛期の日本列島と動物分布

勅使河原彰著「縄文文化」  
新日本新書488 (1998) 新日本出版社



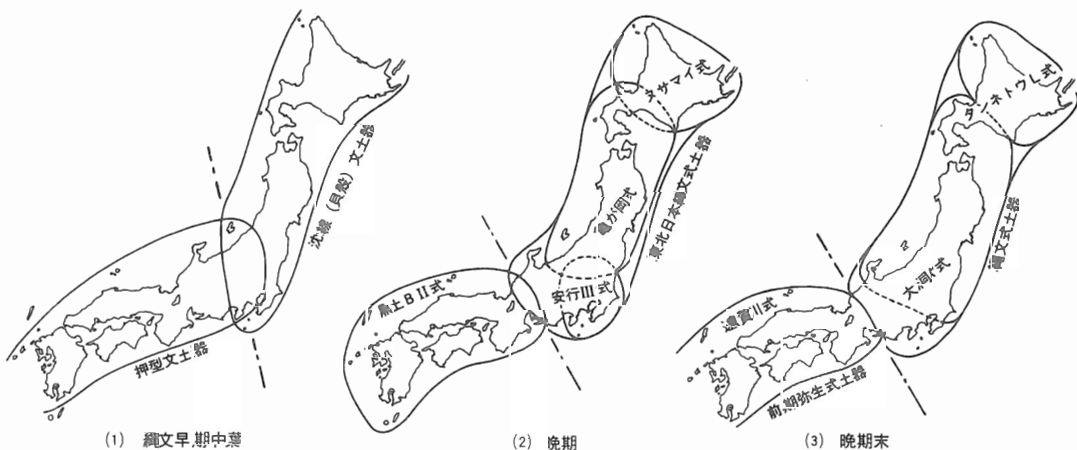
図一 2 二つの石斧文化 (縄文早期)

波があり、縄文中期と後期に中国南部の江南系の人々が日本へ移住してきた。

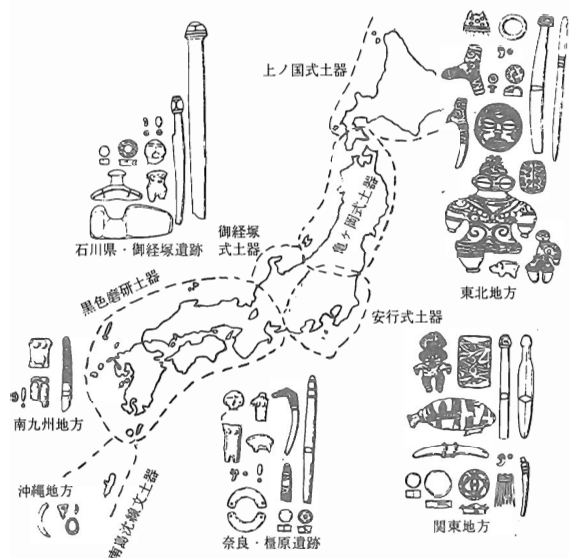
住民の文化の違いは土器様式に現れる。図一 3 に縄文土器の分布を掲げる。時代によって境界線は東・西に移動するが、現代の中部地方を境界と

して日本列島は東・西、二つの文化圏に分けられている。

図一 4 は、勅使河原氏の著書から借用した「縄文晩期の呪具と装身具の分布」図である。東日本(安行式・亀岡式)と西日本で、はっきり2群に分かれている。東日本のものは細かい彫刻線文様をいれた土偶や人面が独特のものである。これを見

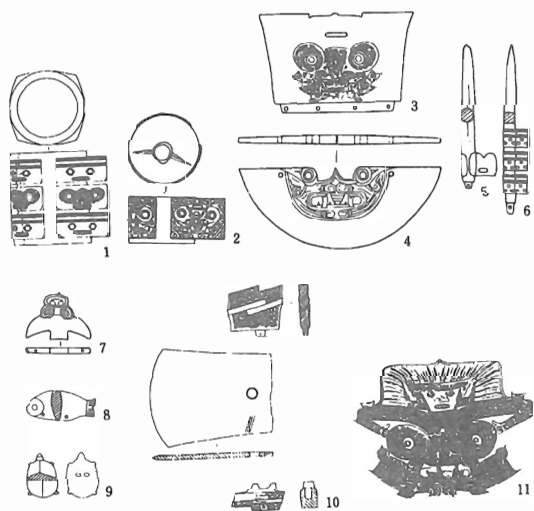


図一 3 縄文土器の分布



図一四 縄文晩期の呪具と装身具の分布

勅使河原彰著「縄文文化」  
新日本新書488 (1998) 新日本出版社



図一五 中国、良渚文化の装飾品、玉器

て思い出したのが、長江下流域良渚文化の玉器(図一五)<sup>3)</sup>である。こちらは土器でなく玉器であるが、細かい彫刻線や神像、同じ江南部族の文様として誠によく似ていると思うが、どうだろう。



図一六 南海産貝製腕輪の分布(二つの貝輪の道)

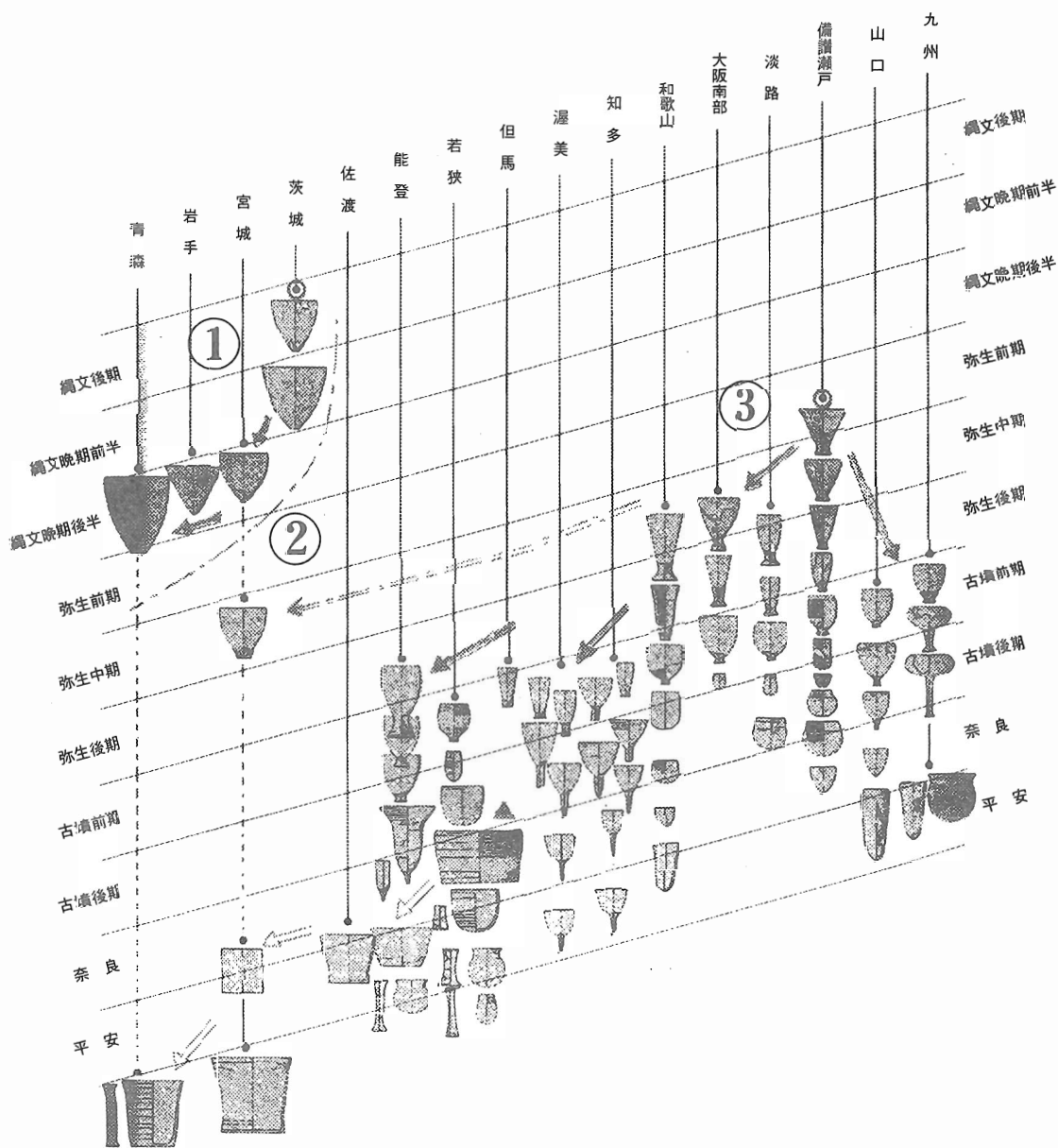
また図一六は、同じ時代の貝製腕輪の分布図<sup>4)</sup>である。これも東日本はオオッタノハ、西日本はゴホウラ、イモガイときれいに分かれている。

以上述べてきた様に縄文時代後期以降の日本列島は、東西二つの文化圏に分かれており、人口も多く高度な文化を持ったのは東日本であり、関東・甲信越がその主体を成していた。

### 3) 歴史に抹殺された縄文・東日本文化

縄文晩期も半ばを過ぎると、中国では春秋・戦国時代となり五覇、七雄等諸国の抗争が続いた。長江下流では呉越の争いが続き、前472年呉は越に滅ぼされ、越は山東にまで勢力を拡大した。その越も前333年楚に敗れた。こういった動乱を逃れて東方の海上に新天地を求めて移住する者が多かった。彼等は稲作の習俗を持つ江南系の部族であり、朝鮮半島の南岸や西日本に住みついた。こうして西日本に新たな文化が興り、時代は縄文から弥生へと移行した。その後の日本は、西日本に倭国の王権が生まれ、大和地方に都して国号を日本と称するようになる。

わが国の歴史が始まって以来、王朝、文化の中心は奈良、京都と近畿地方に在り、西日本がその勢力圏であった。そうして東日本は東夷の地、蝦夷の国というのが一般の認識となり、縄文時代



図一七 地域、時代別にみた製塩土器の型式概要図

の東日本文化は抹消されてしまった。

前述した古代中国の長江文明と黄河文明の構図、これと全く同じことが縄文時代の東日本文化と西日本文化の関係である。

## 2. 製塩土器

約1万年にわたる縄文時代は、その名の元となった縄文土器文化の年代である。多様多彩な土器が各地で作られ、生活に使用されてきた。

日本列島には岩塩、塩泉などの塩資源がないので、海水を濃縮しこれを煮つめて塩を作る方法しかない。製塩遺物として最初に現れるのは煮沸用の土器であり、これを製塩土器という。最古の製塩土器は縄文後期の後葉、関東霞ヶ浦南東部に出現して周辺の地に拡大し、次いで常陸、磐城と太平洋岸沿いに北上して宮城松島湾に達し、晩期末までには三陸沿岸から陸奥湾にまで拡大した。かくして縄文晩期の土器製塩は東日本全域に興ったのである。

図-7は〔たばこと塩の博物館〕に展示してあるもので、製塩土器の変遷がよくわかる。昭和53年開館の時、近藤義郎氏御指導の下に制作された。<sup>5) 6)</sup>

図の左上が東日本の製塩土器の一群であり、縄文晩期の終りと共に消滅する。そうして今度は弥生前期も半ば過ぎ、瀬戸内海の中央、吉備児島に製塩土器が出現し、東方へ大阪湾、紀伊と伝播し、さらに太平洋側は伊勢・三河湾へ、日本海側は若狭・能登へと拡大する。また西に向っては周防、北九州と進み、そこから南下して有明海、天草にまで、大和王権の勢力圏の全域に拡大していった。

さらに図に示された個々の土器を観ると、その形状と大きさに幾つかの系流が認められる。土器の底部の形をみると、図-8の4種に大別されよう。縄文期東日本の製塩土器は大型で丸底A型であり、西日本の土器は盃状B型に始まり、古墳後期以降一脚C型が現れてくる。また土器の大きさは地域により大小様々であるが、時代と共に小型化してくる。こうした流れの中で、奈良時代の若狭に大型平底の土器が出現し、このD型土器は能登、佐渡と伝えられ、さらに東日本の宮城、青森にまで伝播していった。

古代中国の土器について述べたように、大型の丸底と平底は煮沸土器の原型であり、丸底は南方系、平底は北方系の様式であった。わが国の縄文早期の土器も南方系の丸底であった。8世紀の若狭に出現する大型平底の様式は、朝鮮の北側から伝えられた様式と考えられる。

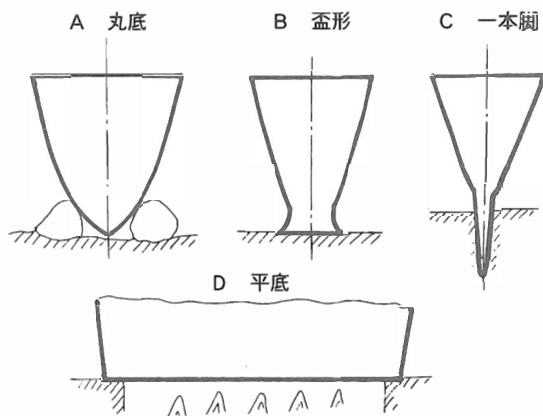


図-8 製塩土器の底部の形

### 3. 古代製塩の始まり—東日本

図-7は縄文後期以降の製塩土器の趨勢を表わしているが、2群の土器盛行の前後3カ所に永い空白の年代がある。即ち、

- ① 製塩土器出現以前の縄文人は、どのような塩分を摂っていたのだろうか。
  - ② 製塩土器が消滅した後の、東日本の製塩方式は？
  - ③ 西日本の製塩土器出現以前の製塩方法は？
- 以下、これについて述べよう。

#### 1) 縄文人の塩

地球上の生物が原始海水中に発生したのに由来して、人の体内には海水と共通した成分が存在しており、中でもNa(ナトリウム)やK(カリウム)は人体を構成する必須ミネラルである。動物性食品はNaとKを含んでいるが、一般の植物性食品はKのみでNaはない。雑食性の人間は、何らかの方法で塩分(とくにNa)を摂取しないと生きて行けない。

海岸部の縄文人は魚貝を採取して食用とし、その跡に貝塚を残した。縄文中期の頃から、大規模貝塚が各地に在り、これは単に日常に食した貝殻ではなく干貝生産場の跡とされている。貝を煮て

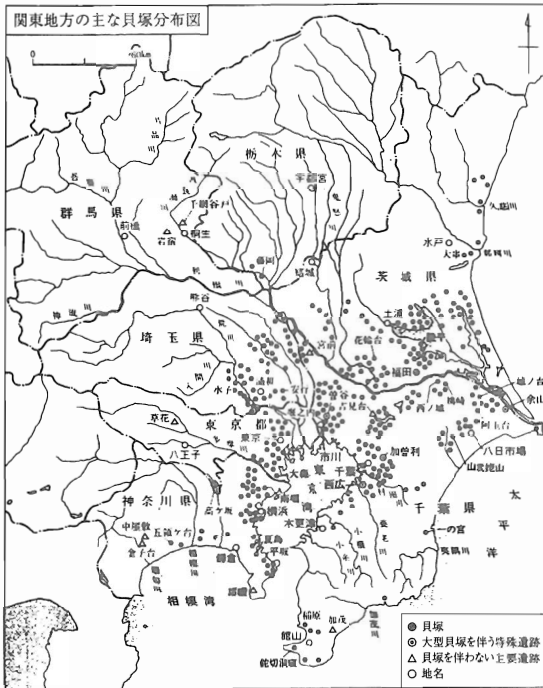


図-9 貝塚

殻をとり、中身を干物にして干貝をつくった作業場であり、干貝は貴重なNa源として内陸部住民との交易品となった<sup>7)</sup>。(図-9参照)

海からの食料としては、魚貝の他に海藻がある。海藻は一般の植物と違って、Kと共にNaを多く含んでおり、日本列島の住人は世界でも有数の海藻多食民族である。縄文人も海藻をよく食べ、貯蔵、交易のために干物とした。さらに海水で濡れた海藻を浜に拡げて陽に干し、これを焼くと微粒塩混じりの「灰塩」ができる。この灰塩に少し海水を加えて湿り気をもたせて団子に丸め、巾広の葉っぱ等で包んで仕上げる。これが塩商品第1号の「灰塩」であり、内陸部住民との貴重な交易品であった。

ただ海藻は、魚貝のように骨や貝殻などを残さないで、遺跡調査でも見逃がされ、記録されることも少なかった。

縄文後期の霞ヶ浦南東部で新しい塩がつくり出された。干した海藻を焼いた灰塩を集め、少量の

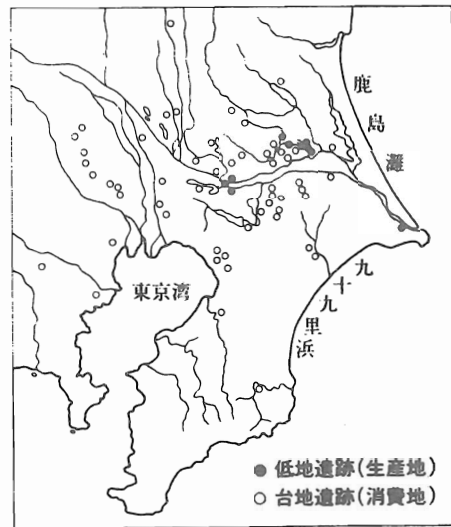


図-10 関東の製塩土器出土遺跡

海水を注いで塩分を抽出すると、濃い塩水(鹹水<sup>かんすい</sup>)が得られる。このかん水を土器で煮つめると塩の結晶が出る。これが縄文人が手にした最初の「塩」であり、そのための土器が縄文の製塩土器である。

海水を直接土器で煮つめて塩にすることは、理論上は可能であるが、実作業としては非常に難しい。既に灰塩を知っていた縄文人は、灰塩からかん水を採り、土器で煮つめるといった製塩法を開発したのである。

東日本で製塩土器が使われるようになると、大規模貝塚が衰退し見られなくなる<sup>7)</sup>。交易品としての干貝に塩がとって替ったのであろう。(図-10)<sup>1)</sup>

「灰塩」の初見は、塩竈神社に伝わる古文書「塩煮伝」であり、これに灰塩と灰塩採かんの記述がある<sup>8)</sup>。

またニューギニアの原住民モニ族は現代においても「灰塩」を使用しており、メナカ族は青竹を鍋替りにして灰塩から抽出したかん水を煮つめて塩をつくっている<sup>8)</sup>。

中世ヨーロッパにおいても、焚火に塩泉かん水を撒布して灰塩をつくる住民の記録があり<sup>9)</sup>、中国福建省福寧では明治末頃、「塩樹」を焼いた灰か

ら採ったかん水から塩がつくられていた記録がある<sup>10)</sup>。

縄文人の製塩法は、次の2ステップである。

- ① 灰塩
- ② 灰塩採鹹—土器煮つめ (煎熬)

2) 土器以外の製塩法—塩竈

霞ヶ浦周辺の製塩土器は縄文晩期半ば頃消滅する。その他の地域でも晩期の終りと共に消滅する。その後、東日本の人々が塩を摂らなかつたわけがなく、土器以外の製塩法へ発展したのである。

大量の海藻を浜に展げて陽に干すと、海水中の塩分が干藻に白く塩吹く。干藻を集めて、上から海水を注ぐとその塩分を洗い溶かして濃いかん水が下に垂れ落ちる。このかん水を「藻垂れ」あるいは「垂塩 (潮)」という。この方法だと、海藻は焼かないので繰返して利用でき、採鹹量は格段に増加する。この大量のかん水を処理するために大容量の煮沸具が必要となり、塩竈が発達した。藻塩採鹹・塩竈煎熬の製塩法である。

土器によるかん水の煮沸は、例えば図-11のように海辺の傾斜面等を利用して、土器を据え火を

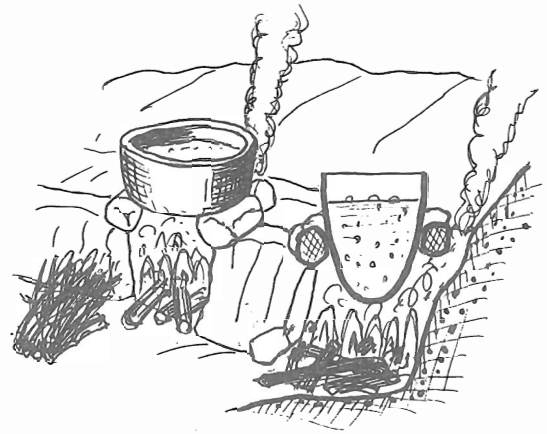


図-11 製塩土器の焚き口

焚く場所 (炉、カマド) を設ける。やがて、この土器の替りに赤土、粘土等を水で練ったもので浅い釜状に形作り、カマドと一体に塗り上げる。(「塗り釜」あるいは「漆喰釜」とでも名付けておこう)

この塗り釜は図-12のように、より大型の塩竈へと発達していった。この塩竈は、釜底の構造・部材によって次のように分類され、江戸時代各地

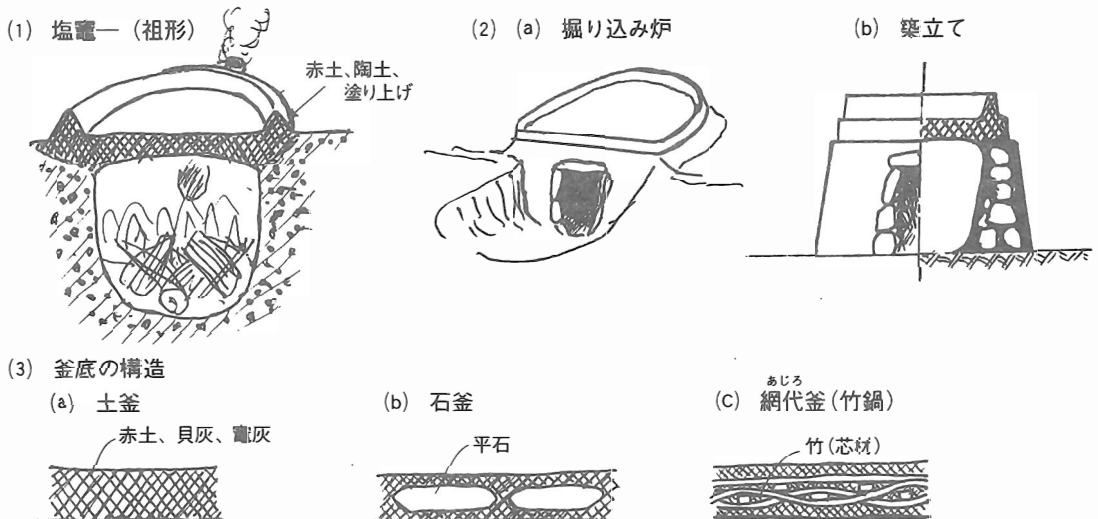


図-12 塩竈—しっくい・塗り釜・竈

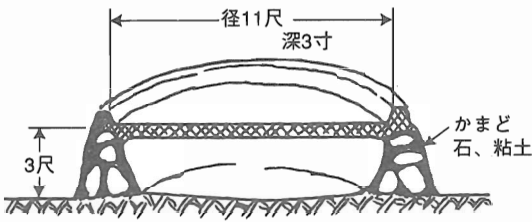


図-13 朝鮮の土釜（平安南道）<sup>11)</sup>

の製塩場で操業した。

- (a) 土釜（貝釜）一貝殻を焼いた貝灰を配合したもの
- (b) 石釜一底面に平石を並べ、その隙間を漆喰で埋め、両面を塗り上げたもの
- (c) 網代釜（中国では「竹鍋」という）一割竹などで芯材を構成し、その両面を漆喰で塗り上げる

土釜は古代中国では山東半島以北の系統であり、網代釜は華南沿岸部の様式である<sup>12)</sup>。

朝鮮半島では、高麗史に「高麗太祖20年（937）塩盆ヲ崔承老ニ賜給ス」とあるように塩釜が使われていた。塩釜は塩釜のことであり、当時は土釜であった。図-13は明治期に稼働していた土釜であるが、高麗時代の塩釜もこれと同型式で、ただ大きさは径5尺程度のものであったと推定される。

### 3) 塩竈神社<sup>8)</sup>

考古学の方では、この時代の塩竈の遺物、遺跡は未だ見付かっていないようである。わが国の史資料に最初に登場する塩釜は、地名としての「塩竈」であり、その地に坐します神の社「塩竈神社」であった。

7世紀の頃、すでに関東の地に進出していた大和王権は、さらに東国の経営に乗出し、前進基地鹿島から太平洋岸を北上して松島湾に進出し、そこに多賀柵を設営した。その駐留軍の食糧を賄うため、その海岸で製塩を始め塩竈を築造した。日夜、煙を上げて操業する最新鋭の塩竈は壮観であり、やがてその地が「塩竈」と呼ばれるようになった。さらに、その地に進駐軍の信奉する神を祀

る社が造営され、塩竈に坐します社として「塩竈神社」と称することとなった。後の陸奥一の宮、塩竈神社である。

その塩竈神社で、例年7月初めに取り行われる藻塩焼神事の内容は、藻塩法でかん水を探り塩竈で煮るという工程を神事化したものである。

724年多賀城が築かれ、続いて733年出羽の柵を秋田に進めた。この秋田の柵は780年には秋田城と記されている。その秋田城跡から出土した漆紙文書<sup>13)</sup>に、象潟で「勘收釜沓口」の文書が見つかった。秋田城の食料として、日本海側の象潟で塩釜による製塩が行われており、その塩釜は毎年製塩シーズンの前に修築整備される様式であったことがわかる<sup>14)</sup>。

8世紀初めに撰上された『常陸風土記』に、信太郡浮島村に「火塩爲業」の百姓が居り、行方郡に「焼塩藻」が多く産出すると記述しており、当時の常陸ではなお藻塩焼製塩法が盛行していたのである。

製塩土器消滅後の東日本の製塩法は、

〔藻塩法採かん＝塩竈せんごう〕ということになる。

### 4) 西日本の製塩法

西日本の製塩土器は、弥生時代の半ば頃、瀬戸内海の中央、吉備児島に始まる。それより前の時代、西日本ではどの様な製塩法が行われていたのだろうか。

8世紀に入ると文字による記録、文書史資料が急増する。古事記、日本書紀、風土記、万葉集など、まさに文化の華開くように相次いで世に出た。これ等の文書は大和王朝によって編纂撰上されたもので、西日本中心の記録であることは言うまでもない。

これらの史資料に、塩、製塩に関する記事が多々あり、これを要約すると次の通りである。

#### (1) 塩砂採かん法<sup>15) 8)</sup>

日本書紀、仲哀天皇八年に「魚塩地」「塩地」とあって塩作りのための土地、場所があったことを示し、「法隆寺資財帳」（747）に「海浜二渚、…」

の字句がある。さらに天平勝宝五年から七年にかけて「塩堤」築造の記録があり、海岸干拓工事が行われていたことがわかる。そうして貞観5年(875)赤穂郡石塩生庄に

塩浜 五十町九段百七十二歩

の記録<sup>15)</sup>に至る。「塩浜」の字句の初見である。

また製塩用燃料として、「塩木」「塩(木)山」の字が多く見られ、塩竈が常用されていたことを示している。

公文書の記録は、専ら「塩砂法採かん＝塩竈」である。

(2) 藻塩法<sup>8)</sup>

ところが、万葉集や風土記には各地の在来製塩作業、日用の塩等の色彩が濃くなり、「藻刈塩焼き」「藻塩」「玉藻」「塩垂る」…等の字句が多くみられるが、塩砂法らしき字句は極めて乏しい。

縄文末期以来、西日本で行われてきたのは「灰塩法」「藻塩法」であり、弥生時代の中頃から朝鮮半島経由で「塩砂法(鹹砂法)」が入ってきたと考えられる。

藻塩法で、何回か採かん作業に利用した海藻は、粗朶・柴に混ぜて塩竈の燃料とする。その竈の灰を浜砂面に撒布して着塩量を増す方式(晒灰法)があり、宋代中国の淮浙以南の塩浜で行われていた<sup>16)</sup>。灰塩・藻塩法と塩砂法が合体した方式であり、古代西日本でも各地で行われていたようであり、江戸時代の小豆島や竹原塩浜に記録が残されている<sup>16)</sup>。

(3) 「塩ヲ焼ク」<sup>17)</sup>

古代中国では、鹹水かんすいを塩釜で焚いて塩(結晶)を製る操作は「煮」であり、また「煎」あるいは「熬」の字も使われた。塩釜を焚いて製った塩を「煎塩」と称し、天日結晶塩は「晒塩」という。

これに対して日本書紀、風土記等では、製塩の作業をすべて「焼塩」、「塩ヲ焼(火)ク」と表記している。製塩作業を(煮ル)ではなく(焼ク)と称しているのである。8世紀以前のわが国の製塩が、かん水を釜で煮て作った粗塩を、さらに一定の大きさの塊に成型し、これを焼き固めた固型塩「堅塩」が製品だったからである。製塩の仕上

げ工程が(焼ク)であり、これが全工程を総括する用語となったのであろう。

(4) 固型塩、「堅塩」<sup>18)</sup>

わが国で、塩の形、荷姿および数量の記録が多く見られるようになるのは8世紀以降である。当時、塩の量は石、斗、升…と容量で表記されたものが多いが、〇〇果(顆)と個数で数えられ、表記された例も多々ある。

釜で煮き上げた塩(散塩、粗塩)を、一定量(例えば1升)の柶型に詰めて塊とし、これを焼き固めたものが製品「堅塩」である。この堅塩1顆(個)が塩1升到る。

宝亀元年(770)、周防凡直葦原が「錢百万、塩三千顆」を献じ外従五位上を授されている。(『続日本紀』)<sup>19)</sup>

(5) 伊勢神宮の御塩づくり<sup>20)</sup>

日本書紀によれば、崇神天皇6年皇祖大神を倭の笠縫邑に祀り、垂仁天皇25年これを伊勢五十鈴川の畔に遷祀したとある。伊勢に御鎮座の頭初から、神宮の御塩は二見の浜で作られた堅塩とされており、そのために堅田つくりの社がおかれた。以来千数百年、神宮の御塩製造は絶えることなく続けられ、例年の製塩作業のクライマックスは堅塩焼上げの御塩殿祭(10月5日)となる。

御塩づくりの工程は

- ① 塩砂採かん一元は二見の海浜。今は御塩浜。浜作業は夏土用。
- ② 塩釜で荒塩をつくる一御塩焼所で焚き上げ。荒塩は御塩殿裏の御塩倉に。
- ③ 堅塩奉製—1日20個の堅塩焼上げ。5日間で計100個をつくる。従前は年4回の焼固め作業で、年間400個奉製。

この御塩づくりは、5世紀頃の西日本、とくに王朝側で行われていた製塩作業を現代に伝えるものである。

5) 西日本の製塩土器

弥生時代の前期、西日本の沿岸では藻塩採かん法が行われていた。稲作、米食の習性をもつ弥生人にとって、炊飯などの煮沸具は日常のものであ



り、かん水煎熬用の釜籠も使われていた。さらにその頃から、朝鮮半島南部で行われていた〔塩砂採鹹—塩籠煎熬〕の製塩法が北九州や瀬戸内海西部に伝えられ、次第に東方へと拡大していった。

そうして弥生時代の半ば頃、瀬戸内中央の吉備児島に製塩土器が出現し、前述の如く東と西に伝播して、奈良・平安時代にかけて西日本の全域に製塩土器が伝えられた。(前掲図-7参照)。

こういった情勢から考えると、この製塩土器はかん水煎熬用ではなく、焼塩(堅塩)製造用の土器ということになる。最初に出現するやや大振りの土器は、別の塩籠でつくったシャーベット状の粗塩を、火上に置かれたこの土器に入れて煮つめ、

焼き上げるという方式で利用されたのであり、一般的な蒔形小振りの土器は、予め作っておいた粗塩をこの土器に詰め、炉面に多数を配置して焼上げるという方式で使われたものと、私は考えている。焼き上げた堅塩が製品であり、貴重な交易品であった。

前掲、図-7、8のように、西日本の製塩土器は大きさ、形状に二・三の傾向が見られる。これら土器の中、B(丸底)とC(脚付)が、この焼塩用に使われたものであり、8世紀若狭に出現した大型平底のD形はかん水煮つめ用土器と考えられる。また、平安期九州の大型丸底土器も焼塩用でなく、煮つめ用の土器であろう。

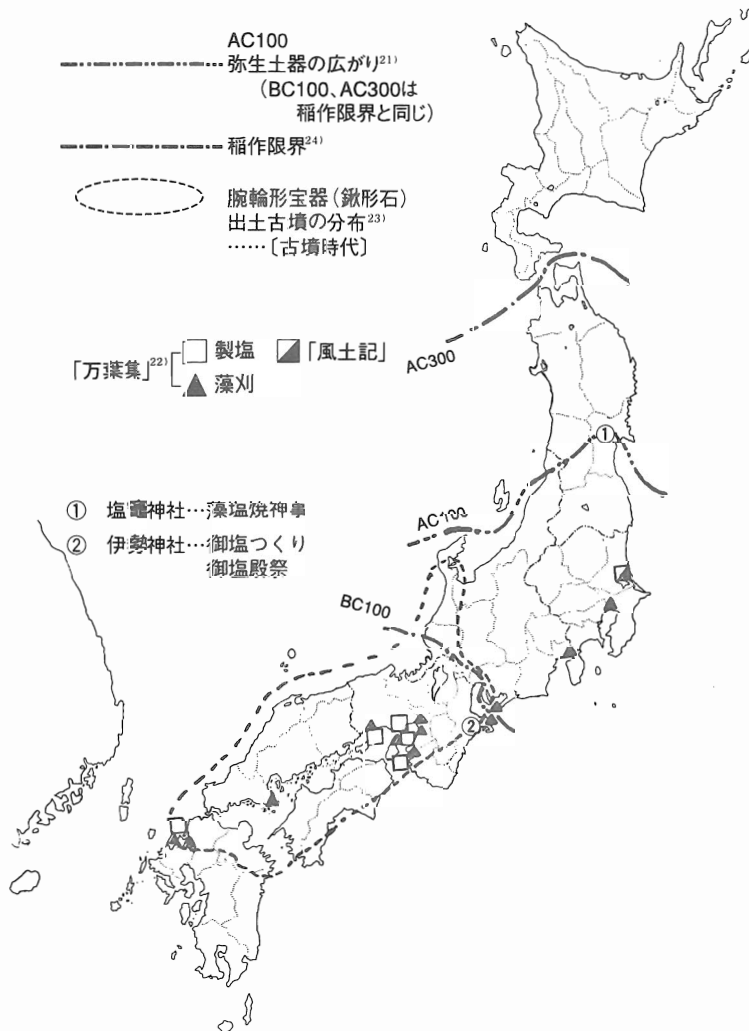
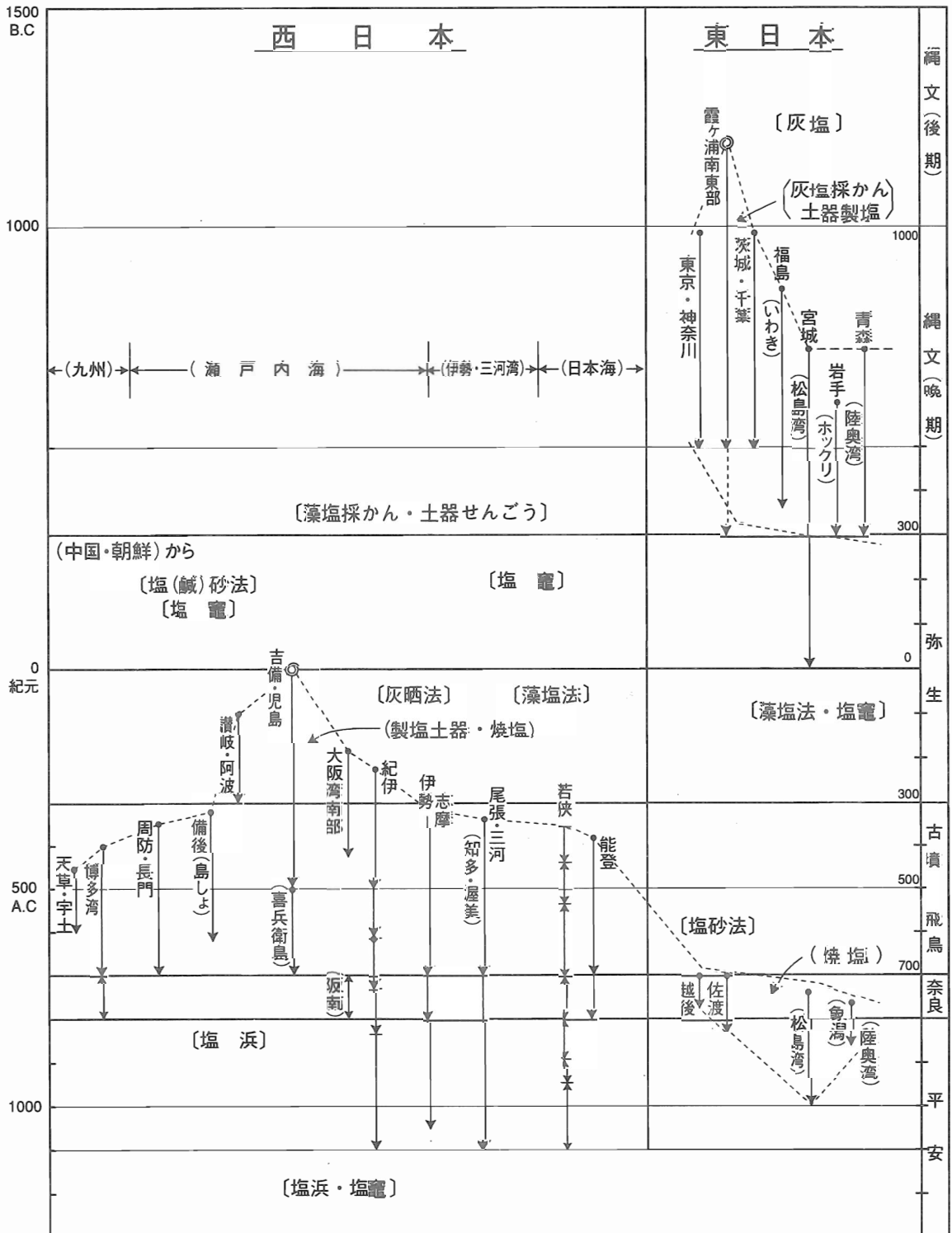


図-14 西日本文化の拡大

古代製塩法と製塩土器



## 〔参考文献・資料〕

- 1) 泉拓良編；歴史発掘 2. 「縄文土器出現」 p.131 講談社 (1996)
- 2) 三内丸山遺跡、青森県教育委員会
- 3) 小沢正人、谷 豊信、西江清高；『中国の考古学』世界の考古学⑦ 同成社 (1999)
- 4) 小田静夫；海を渡った縄文人、講演会 (2000.12.8. 東大ホール) 資料
- 5) 「たばこと塩の博物館」 同館刊行 (昭和60)
- 6) 近藤義郎；「日本塩業大系、史料編・考古」 (昭和53)
- 7) 森浩一編；日本の古代 4. 「縄文・弥生の生活」中央公論社 (昭和61)
- 8) 村上正祥；日本の古代製塩、「そるえんす」 No 2、3 (1989)
- 9) 三枝博音訳；「デ・レ・メタリカ」 (1968)
- 10) 村上正祥；欧米製塩法概説、「日本塩業の研究」第18集 (昭和52)
- 11) 村上正祥；朝鮮の在来製塩法について、「日本塩業の研究」第20集 (平成3)
- 12) 村上正祥；日本・朝鮮および中国における塩釜の変遷、「日本塩業の研究」第19集 (昭和55)
- 13) 「秋田城跡出土文字資料集 II」 秋田城を語る友の会 (平成3)
- 14) 村上正祥；幻の製塩地、象潟、「そるえんす」 No.42 (1999)
- 15) 村上正祥；入浜式塩田に至る塩浜形態の変遷、「日本塩業の研究」第22集 (平成5)
- 16) 村上正祥；塩浜の話——鹹砂法と藻塩、灰塩法『そるえんす』 No47 (2000)
- 17) 村上正祥；「煮塩」と「焼塩」、「そるえんす」 No 35 (1997)
- 18) 村上正祥；古代社会における塩とその形状、「日本塩業の研究」第25集 (平成9)
- 19) 村上正祥；塩浜の発達と入浜式塩田の成立、「日本塩業の研究」第27集 (平成12)
- 20) 村上正祥；伊勢神宮の御塩づくり、「日本塩業の研究」第19集 (昭和55)
- 21) 酒井龍一；歴史発掘 6. 「弥生の世界」 p.108 講談社 (1997)
- 22) 大林太良；日本の古代 8. 「海人の伝統」 中央公論社 (昭和62)
- 23) 上野、国立博物館、考古展 ('01.2月)
- 24) 「世界考古学地図」 p.197 朝日タイムズ (1988)

(元日本専売公社技術担当調査役)



# 塩漫筆

塩車

## 大陸は拡大する

### 1. 東進する中国

崑崙山脈に水源を發し東へ流れる2つの大河、長江（江水）と黄河（河水）。この大河は水と共に大量の土砂を伴い、川筋に広大な沖積地を形成した。そこに人が集まり、集落が形成されて、とくに中流・下流域に古代文化が興った。

紀元前21世紀の頃、世界的に河川が氾濫し大洪水が発生したが、とくに長江、黄河の下流域は大水害を蒙った。そうして黄河下流部の人々は内陸部へ移動し、長江下流部の人々は長江支流の漢水沿いに西北へ移動して、黄河中流域に人々が集ま

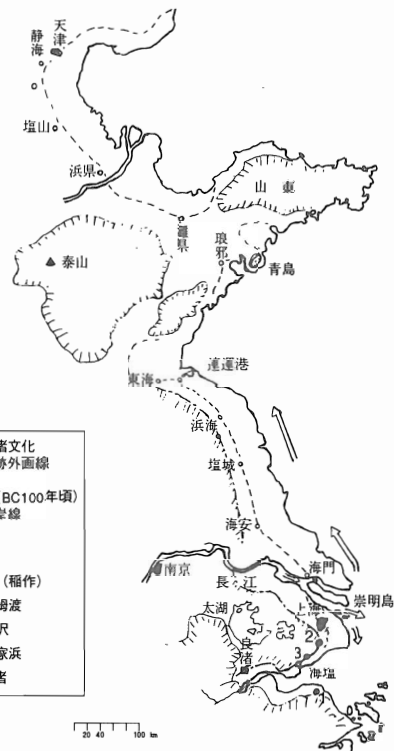


図-2 長江の河口部

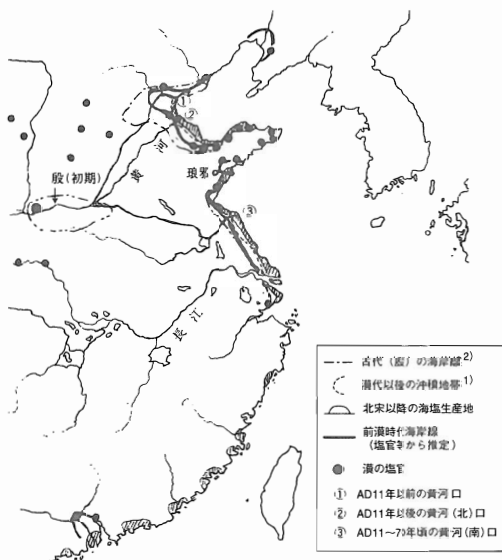


図-1 中国古代の海岸線

り、そこに夏王朝が成立した（前2070年）。中国古代文明の起りである。次いで前1600年には殷王朝へと代った。

以来、この黄河中流部を中心として周王朝が成立し（前1046年）、春秋・戦国時代を経て秦が統一王朝を樹立（前221年）、続いて前202年漢王朝が成立した。

漢の武帝は前119年、塩の専売制を施行し、全国に塩官36カ所を設置した。中国の産塩は海塩、池塩、井塩および土塩と多様であるが、主体は東部海岸線の塩浜で生産する海塩であり、とくに山東半島の沿岸が主産地となっていた。

図-1に古代中国の海岸線を示す。山のある山東半島は別として、その北側と南側、黄河と長江

の流域平野部の海岸線は、現代の海岸線より大きく内側に入りこんでいた。黄河はA.D.11年の大洪水によって河筋が変わり、泰山・山東半島の北と南に流れが二分されるという大変動。この状態はA.D.70年まで続いたという。<sup>1) 2)</sup>

長江・黄河の流れは、絶えることなく上流から土砂を運び、河口部に堆積し沖へ伸びて行く。土砂の流れはそれに止まらず、海流に乗って周辺海岸の汀線に堆積して、海岸線（陸）は沖へ進出する。こうして、中国大陸は有史以来数千年にわたって、東方へ拡大を続けている。

また、こうして出来た新しい海岸線は塩浜にもってこいの場所であり、北宋時代以降多くの塩場がここに拓かれ、海塩の大産地となった。

長江河口の崇明島<sup>3)</sup>は、唐代（A.D.618年）中州として出現し、以来休むことなく東方の海に向かって伸び続けている。近年のスピードは毎年145mといわれ、島の面積はこの半世紀で2倍に成長したという。

また、河口から海へ出た土砂は海流によって北上し、江蘇省の海岸線でも大地を広げている。北宋時代、海岸線に築かれた「范公堤」は今国道204号線となっているが、現在の海岸線までは約100km

の内陸にある。1000年で100km、1年に100m近いスピードで、大陸が拡大を続けているのである。<sup>3)</sup>（図-2）

## 2. 成長する干潟

中国の東海岸ほど大規模ではないが、河川の土砂搬出がある限り、陸地は常に拡大の方向にある。わが日本列島においても、500年あるいは1000年前の海岸線をたどってみると、河川の河口部、湾内、内海などの陸地の拡大は著しいものがある。

瀬戸内海の中央、児島半島についてみると、古代の児島は名の如く、本州側吉備津の沖にある島であった。源平合戦の当時、「藤戸の渡し」を廻っての一幕があるように、なお本土側とは離れていた。やがてその島が地続きとなって児島半島となり、近世・近代と内海の陸地化が進行し、現代の形となった。今や半島ではなく、岡山県海岸線の「出っぱり」といったところ。

陸地の拡大（即、土砂の堆積）は河川、海岸線の状況によって変わってくる。図-3（上）は広大な干潟のある海岸線。この干潟の外縁に堤防を築き、干拓地を造成する。この時堤防の外側に干潟はな

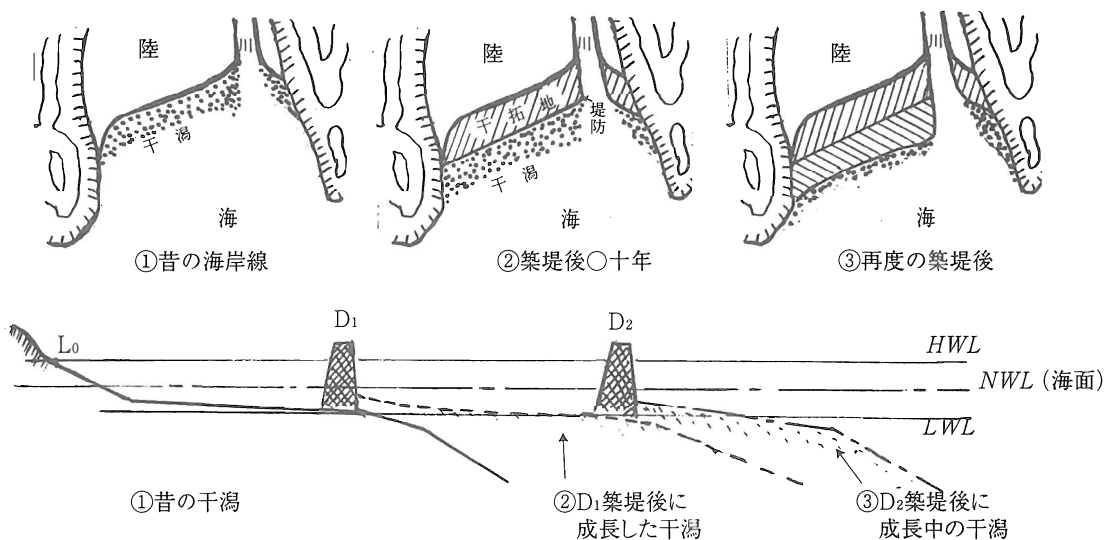
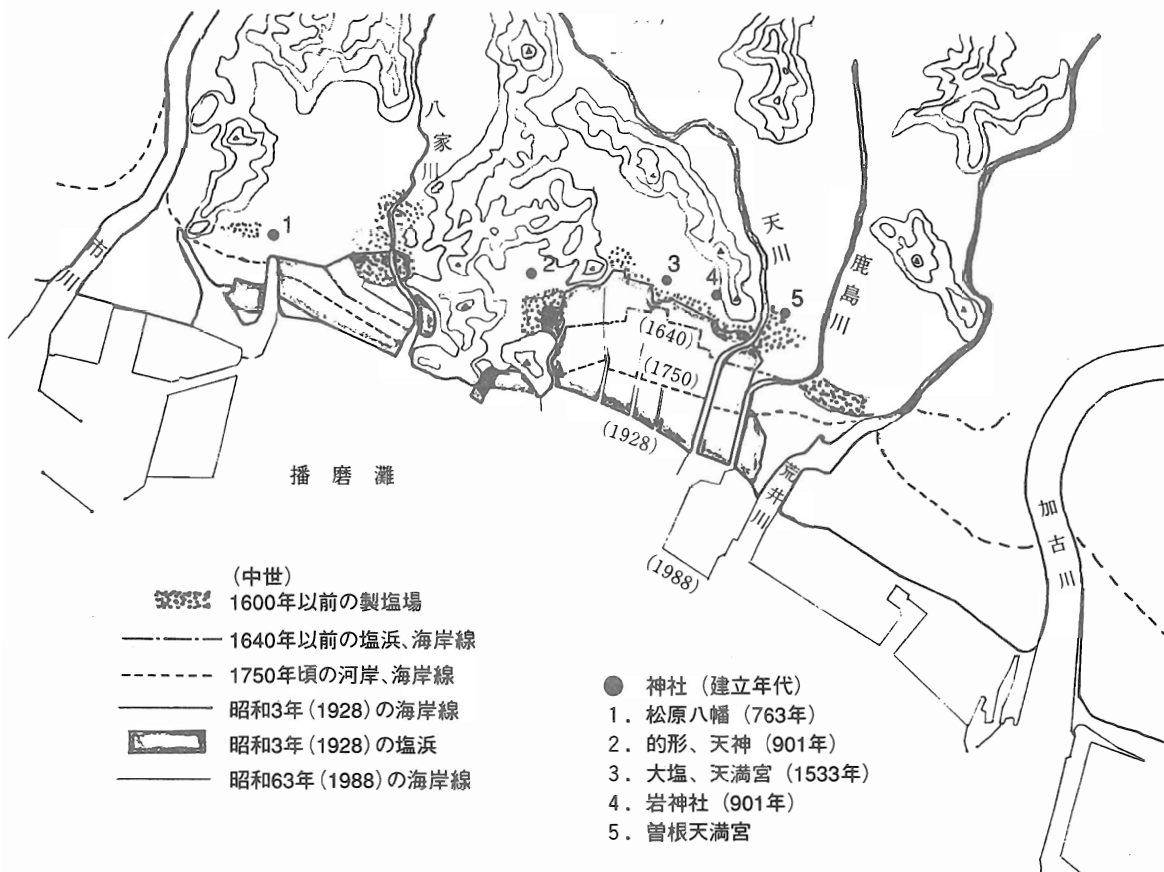


図-3 干潟の形成



図一 4 播磨・中央部海岸線の前進  
 (八木・大塩 塩浜の発達)

いが、新たな土砂の堆積が始まり、50年、100年後には干潟が形成される。(図一 3 (下) 参照) この場合、干潟を堤防で仕切ることによって、土砂の堆積場所が堤外へと変わったのであり、陸地の拡大は加速されたことになる。こうして陸地は段階的に沖へ沖へと拡大して行く。

江戸時代に入ると、各藩の殖産振興・土地開発が盛んになった。とくに海岸部の干拓地造成は農地、塩浜の開発として有利な事業として多く行われた。その結果は陸地の拡大に拍車をかけることになる。

瀬戸内に限らず、東京湾、伊勢湾、有明海等の

沿岸は、この数百年間、陸地の拡大(海岸線の後退)は相当な勢いである。

図一 4 は、播磨中央部に拓かれた大塩、的形および八家地区の塩浜であり、各塩浜の開築年代と海岸線を示す。

〔参考資料〕

- 1) R. I. ムーア編、中村英勝訳;『世界歴史地図』東京出版(昭和57)
- 2) 『世界考古学地図』朝日新聞社(1991)  
 PAST WORLDS ATLAS OF ARCHAEOLOGY  
 TIMES BOOKS(1988)
- 3) 朝日新聞 H13.4.13 “長江が中国の大地を広げる”

# 財団だより

## 平成14年度研究助成を公募

(財)ソルト・サイエンス研究財団では、平成14年度研究助成の公募を行ないます。公募の要領などは以下のとおりです。

**[助成の対象]** 一般助成研究

海水濃縮技術、食塩結晶の製造および加工技術、海水資源の利用および環境問題、塩性土壌改良、耐塩性植物・微生物、食塩やミネラルの生理作用、および食品における塩の用法や役割などに関連する研究に対して助成します。

とくに要望課題に対する応募と若手研究者の積極的な応募を期待します。

**プロジェクト研究**

「食塩の呈味性に関する調理科学的研究」に助成します。

詳しくは、ソルト・サイエンス研究財団のホームページを見て下さい。

URL <http://www.mesh.ne.jp/saltscience/>

**[助成件数]** 50～60件程度

**[助成金額]** 一般助成研究（単年度）

A区分：100万円から200万円規模の研究

B区分：100万円規模の研究

プロジェクト研究（3ヶ年） 一件当たり100万円

**[応募の方法]** 当財団の応募要領による。

申請書類については、当財団のホームページ

<http://www.mesh.ne.jp/saltscience/>からダウンロードするか、

またはFAXで当財団に請求して下さい。

**[受付期間]** 平成13年11月1日～平成14年1月10日（申請書類必着）

**[申込先]** 〒106-0032 東京都港区六本木7-15-14 塩業ビル3F

(財)ソルト・サイエンス研究財団

TEL：03-3497-5711

FAX：03-3497-5712

## 第13回助成研究発表会終わる

去る7月25日（水）に東京・千代田区の日本都市センターホテルにおいて第13回助成研究発表会を開催しました。

発表会では、当財団が平成12年度に助成した研究の成果を各研究者が発表するもので、平成12年度の助成研究74件、平成11年度の助成研究1件の発表があり、約260名が参加して活発な意見交換、質疑応答が行なわれました。

また、発表会終了後、同ビルのコスモホール（同ビル3F）にて懇親会を開催し盛会のうちに終了しました。

## 第27回研究運営審議会を開催

去る9月6日（木）に東京・千代田区のKKRホテル東京において、第27回研究運営審議会を開催しました。審議会では、去る7月25日開催の第13回研究発表会の総括と平成14年度の研究助成の方針などについて審議を行ないました。

## 平成12年度『ソルト・サイエンス研究財団事業概要』の発行（平成13年8月6日）

研究助成をはじめとする、当財団が平成12年度に実施した事業などを周知するために、標記の事業概要を発行しました。



## 編集後記

第13回助成研究発表会の発表概要を掲載しました。暑い中約260名の参加者で盛会でした。来年は7月19日（金）に、同じ都市センターホテルで開催しますので多くの方々の参加を期待しています。

\* 堀部純男氏から昭和30年代にアメリカに留学した時の経緯をこぼれ話として寄稿していただきました。「行く前と到着」「スクリップス海洋研究所での研究逸話」「英語の発音“r”と“l”等」「アメリカ地球物理学会での研究発表失敗談」等、苦労話、楽しい話を紹介していただきました。

\* 森本武利氏寄稿の「暑さと水と塩」。水分・ミネラル補給の重要性と暑熱障害などについて、歴史的な背景を含めて紹介していただきました。高齢者は高温負荷に対する調整反応能力が低下しているので、特に発汗による塩分喪失に対する十分な対応が必要です。

\* 古代史の研究が盛んであるが、製塩はどのようにして始まったのであろうか。それを考える手掛かりは製塩土器にある。「縄文文化と製塩の始まり」で村上正祥氏は、古代日本の塩作りを中国との関係で考察し、歴史考古学的見地に立って土器製塩法を体系的に解明されています。

皆様からのご意見、ご要望と楽しい記事のご投稿をお待ちしております。

|そるえんす|

(SAL' ENCE)

第 50 号

発行日 平成13年 9月30日

発行

財団法人ソルト・サイエンス研究財団

(The Salt Science

Research Foundation)

〒106-0032

東京都港区六本木 7-15-14 塩業ビル

電話 03-3497-5711

F A X 03-3497-5712

URL <http://www.mesh.ne.jp/saltscience/>