

関東の農業気象

第 19 号

日本農業気象学会 関東支部会誌

平成5年10月(1993)

〈巻 頭 言〉

支部創立40周年を迎えて 古在 豊樹 ... 1

〈研究トピックス〉

人工種子の実用化に向けて -不定胚の自動選別について- 荊木 康臣 ... 2

膜分離技術の現状 大谷 敏郎 ... 9

〈講 座〉

地域気象観測システムについて 大田 金房 ... 21

〈例 会 案 内〉

1993年度例会40周年記念シンポジウムの御案内 24

〈支 部 報 告〉

1992年度 事業報告 26

1993年度 事業計画案 26

1992年度 収支決算報告 27

1993年度 予算案 28

会計監査報告 29

1992年度 剰余金の処分 29

賛助会友 30

投稿規定 31

日本農業気象学会 関東支部事務局

〒271 千葉県松戸市648

千葉大学園芸学部

振替口座番号 東京 0-57945

日本農業気象学会関東支部規約

昭和28年6月6日 制定
昭和33年2月14日 一部改正
昭和43年2月 一部改正
昭和46年5月 一部改正
昭和47年5月26日 一部改正
昭和48年9月28日 一部改正
昭和50年1月30日 一部改正
昭和52年1月30日 一部改正
昭和57年1月29日 一部改正
昭和62年1月21日 一部改正
平成2年1月26日 一部改正

第1条 名称

本支部は日本農業気象学会関東支部と称する。

第2条 事務所

本支部の事務所は支部長の指定するところにおく。

第3条 目的

本支部は日本農業気象学会の目的達成に必要な地域的活動を行う。

第4条 事業

本支部は前条の目的を達成するために次の事業を行う。

事業年度は4月～3月までとする。

1. 支部総会は年1回開催する。
2. 支部例会は年1回以上行うことを原則とする。
3. 研究部会活動を行う。
4. その他目的達成に必要と認める事業を行う。

第5条 支部会員及び会友

1. 日本農業気象学会の会員のうち下記の区域内に居住し、又は勤務するものを支部会員とする。
東京、神奈川、千葉、埼玉、茨城、栃木、群馬、山梨、長野
2. 前項の他、支部の趣旨に賛同するものは本人の申出により普通会友(個人)ないし、賛助会友にすることができる。

第6条 支部会費

支部を維持運営するために、会員・会友が納入すべき会費は年額それぞれ次のとおりとする。

1. 会員 1人1,000円
2. 会友 1人1,000円
3. 賛助会友 1口5,000円、1口以上

第7条 支部役員

1. 支部に次の役員をおく。支部長1名、理事10名以内、評議員若干名、会計監査2名。
2. 支部長および理事は会員の全体の選挙によって選出する。
3. 評議員、会計監査は理事会の議をへて支部長が委嘱する。
4. 役員任期は2年とする。但し、支部長ならびに理事は原則として連続2期を越えないことにする。また、支部役員に事故が生じた時は理事会の承認を得て、その役員代行者をおくことができる。

第8条 本規約の改定は総会決議による。

巻頭言

巻頭言

支部設立40周年を迎えて

千葉大学 園芸学部

(支部長) 古在豊樹

日本農業気象学会が1992年に設立50周年を祝し、本1993年には関東支部が設立40周年を迎える。先輩諸兄姉の学問・学会発展の努力には心から感謝したい。支部設立40周年の節目の年に、はからずも、支部長をお引き受けることになり、いささかの責任を感じている。

小生が本学会に入会して以来25年以上が経過し、その20年以上を関東支部会員として過ごしてきた。その間、学会および農業をとりまく状況は大きく変化した。学会に関する変化について言えば、1) 会員数が増加したこと、2) 関連する学会が増えたこと、3) 「農業」以外の環境一般を研究対象とする研究者が増えたこと、4) 研究手法の選択の幅が増えたこと、などがある。

以上の変化にあわせて、関東支部の運営方法を見直す時期になっていると考えられる。実際、関東支部理事会に参加してみると、比較的若年の理事メンバーが諸事に多忙をきわめているようである。そして、それらの仕事のいくつかは、「例年実施する事になっているから、とにかく、実施する。」と言ったことが多く、創造的な仕事をする時間的・精神的余裕に欠けているようにも見える。

そもそも学会は同学の士、同行の士が集まった任意団体であるから、「好きな人が、好きなことを、好きだから実施する。そのための苦勞ならいとわない」と言う原則にもとづいて行いたいものである。そこで、本年は、関東支部理事会としては、次のような試みをしてみたい。1) 関東支部会での研究発表者を、わざわざ電話をかけて依頼することによって確保するようなことはやめる、2) 関東支部会での研究発表要旨は、関東支部会・総会に参加した方だけに配布し、支部会誌「関東の農業気象」には掲載しない、3) 関東支部総会と同時開催のシンポジウムを充実させる、4) もし可能であれば、支部会費(現行1000円)を平成6年度から多少値下げする。

組織と言うものは歴史が長くなると、設立時の目的が薄れて硬直化しやすい。関東支部の運営に関しては、なるべくそうならないように柔軟に行いたい。上記の試行は今後とも改善されていくべきものである。関東支部会員ばかりでなく、多くの方々のご批判、ご指導を心からお願い申し上げる。

1993年8月2日

人工種子の実用化に向けて
--不定胚の自動選別について--

東京大学 農学部 環境調節工学研究室
荆木 康臣

1. はじめに

組織培養による種苗生産技術のうち、近年注目を集めている方法として、不定胚形成(somatic embryogenesis)を利用したものがある。不定胚(somatic embryo)とは、体細胞(生殖細胞でない通常の細胞)から得られ、通常の受精によってできる胚と同様な性質を有するもので、体細胞胚とも言われる。すなわち、不定胚とは、本来なら胚ができることがないような細胞から得られた胚のようなものといえる。そして、種苗生産においては、この不定胚が、人工種子の内封物として期待されている。その利点としては、1)増殖過程に切断など行程が必要なく、また、液体培養を中心とした培養系を構成できるので、機械化がしやすい、2)増殖効率が高いなどが挙げられる。組織培養による種苗生産の一番の問題点は、人件費等を含めた高コストの点であり、機械化、自動化がしやすくしかも高効率であるということは、非常に魅力的な方法であるといえる。また、不定胚は小さい組織で芽と根に分化し植物体を再生する能力を有しているので、人工種子の内封物として非常に適していると考えられる。しかし、その反面で、問題点もある。まず、生長の同調性が低いために培養器中には様々な生長発達段階の不定胚が混在する。また、どうしてもカルスを経由するために遺伝的な変異が多くなるという問題もある。これらの結果により、生産される不定胚の質の均一性の維持が難しくなり、不定胚形成を増殖の手段として使用する場合に大きな障害となる。この問題点を回避するには、2つの方法が考えられる。1つは、培養方法の改良により生長の同調性を高め不定胚の質の均一化を図ること、もう1つとしては、混在する不定胚の中から、良好なものだけを選別するシステムを考えることである。今回は、現在我々の研究室で行っている後者の考えに立った不定胚自動選別装置の開発について述べたいと思う。

2. 不定胚の誘導方法およびその問題点の克服

2.1 不定胚の誘導方法

不定胚形成は、ニンジンについて多く研究されているが、近年までは、それを種苗生産に生かすというよりは、胚発生メカニズムを探るための実験系として用いられてきた。しかし次第に、多くの植物種で不定胚の誘導に関する報告がなされるようになり、最近では、人工

種子の実現を目的とした不定胚形成を利用した種苗生産システムの開発も行われつつある。不定胚の誘導方法について、以下ニンジン为例に取り説明する。通常、不定胚は、植物の外植片をオーキシン（2,4-Dを用いることが多い）を入れた培地で培養してカルスを誘導し、そのカルスを増殖させた後、得られたカルスをオーキシンを除いた培地で培養する

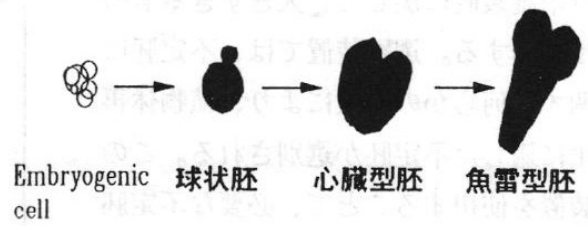


図1. 不定胚の発達段階

ことで誘導される。この場合、すべてのカルスが不定胚になるわけではない。体細胞から誘導されたカルスには、不定胚になりうる能力を有したもの(embryogenic cell、以下EC)とそうでないもの(non-embryogenic cell、以下NC)がある。この2つは、顕微鏡による観察で、容易に区別できる。ECは、小さい細胞の集合体で細胞質に富んでいる。一方、NCは、大きな長細い細胞で、細胞質に乏しく透明に見える。だが、どの様にECが形成されるかについては不明な点が多く、研究の対象である。この細胞質に富んだECを、オーキシンを除いた培地に移植することで、不定胚が誘導される。不定胚の発達の段階は、その形状の変化から、球状胚(globular stage)、心臓型胚(heart stage)、魚雷型胚(torpedo stage)に分けられる(図1)。魚雷型胚では、両極にそれぞれ、将来子葉になる部分(以下cotyledonary part)と将来根になる部分(以下root part)が認められる。さらに、魚雷型胚のroot partが長く伸びた段階を、cotyledonary stageと呼ぶこともある。cotyledonary stageまで培養し続けると2次胚(不定胚の一部分から形成される不定胚)が形成されることが多い。

2.2 生長の同調性を高める

前述した通り、個々の不定胚の発達していくスピードはまちまちであるので、その同調性を高めるために、誘導に使用するカルスをポリエステルメッシュ等でsievingして大きさを統一することがよく行われる。しかし、この方法だけでは不十分で、密度勾配遠心分離にかけたり、さらに顕微鏡下で、球状胚のみを摘出し培養するなど様々な方法がとられているが、いずれにしてもかなりの手間のかかるものである。また、特定の植物種では、誘導時にマニトール等の浸透圧調整物質で浸透ストレスをかけることで同調性が高まるなどの報告もある(大西ら、1988)。

2.3 選別行程を含んだ不定胚生産システム

図2に、不定胚の選別行程を含んだ不定胚生産システムの概念図を示す。不定胚培養槽で誘導された不定胚を一定時間間隔毎(もしくは連続的)に、メッシュで選別し、ある程度大きさの揃った不定胚(当然細胞の塊も含まれる)を選別装置にかける。その際、小さいものは再

び培養装置に戻して、大きすぎるものは廃棄する。選別装置では、不定胚に関する何らかの情報により、植物体再生に適した不定胚が選別される。この装置を使用することで、必要な不定胚（量の面においても質の面においても）だけを取り出し、人工種子を生産することが可能になると考えられる。この場合、選別に用いられる不定胚に関する情報としては、画像処理により得られた特徴量（形状、大きさ、色、テクスチャ等）が有効であると考えられるが、不定胚の質を評価しうる特徴量についての十分な研究はまだ行われていないのが現状である。

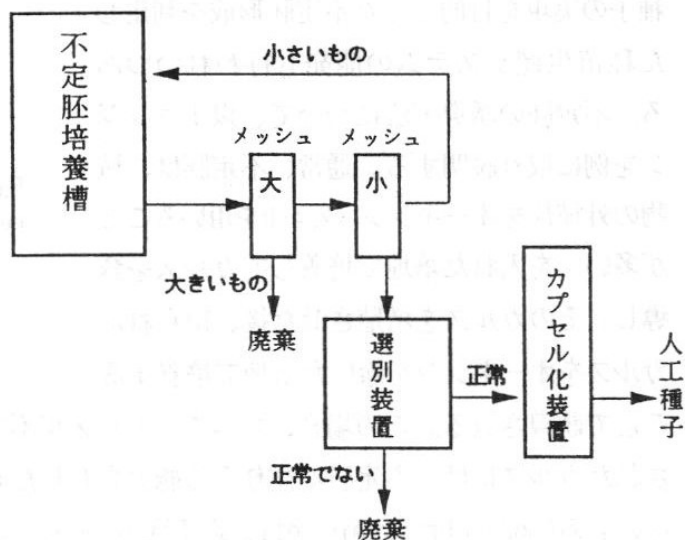


図2. 選別行程を含んだ不定胚生産システム

3. 不定胚を形状によって分類する

3.1 植物体再生に適した不定胚とは

どの様な不定胚が植物体を再生するのに適しているのかについては明確な研究例はないが、本研究室では、適当な大きさの魚雷型胚で、正常な形状のもの（cotyledonary partが適度な大きさに2つに分かれ、root partが極端に曲がっていないものを正常とみなしている）を選別対象としている。一般的に、2次胚を持ったものや奇形を呈したものは正常な小植物体になりにくい。不定胚の質の向上には、この分野の研究が不可欠であろう。

3.2 形状による不定胚の分類

前述した通り、不定胚の生長の同調性は低い、形状によりそれらのステージが区別されているように、生長と共に不定胚の形状は変化していく。また、奇形胚や2次胚を持った不定胚も、顕微鏡を用いれば、人間によって明らかに形が異なるものと判断できる。このように人間が形が異なると判断できるものは、形状に関する特徴量を抽出する画像処理技術を用いることで分類することが可能である。またさらに、画像処理による詳細な形状の解析の結果、形により不定胚の発芽の能力の評価も可能になるかもしれない。

3.3 画像処理を用いた不定胚の分類

不定胚を、画像処理技術を用い、その形状に関する情報で分類する研究は、比較的多く行

われてきている。その方法としては、テンプレートマッチングを用いたもの(Grand d'Esnon et al.、1989)、距離特徴や偏角特徴(Kurata and Shono、1992)を用いたもの、ニューラルネットワーク(Harrell et al.、1992)を用いたものなどがある。当研究室では、蔵田ら(1991)による細線化で得られる骨格画像(幅1ピクセルの線画像)をもとにした判定アルゴリズムを用いている。この方法はまず、不定胚画像を細線化し、得られた骨格画像の形状でその不定胚の形状を判断するものである。正常とみなされる不定胚は、骨格画像がきれいなY字型となる。

4. 不定胚自動選別装置

4.1 装置概要

画像処理技術を用い、不定胚を自動選別する装置を試作した。この装置は、不定胚を1つずつ液体流路に流し、画像取り込みセル(ガラス製、幅6mm、厚さ6mm、以下Imaging Cell)において得た不定胚の画像を画像処理して形状に関する特徴量を抽出した後、正常な形状と判断されるものを流路を切り替え収穫タンク(harvest reservoir)に導入するものである(図3)。

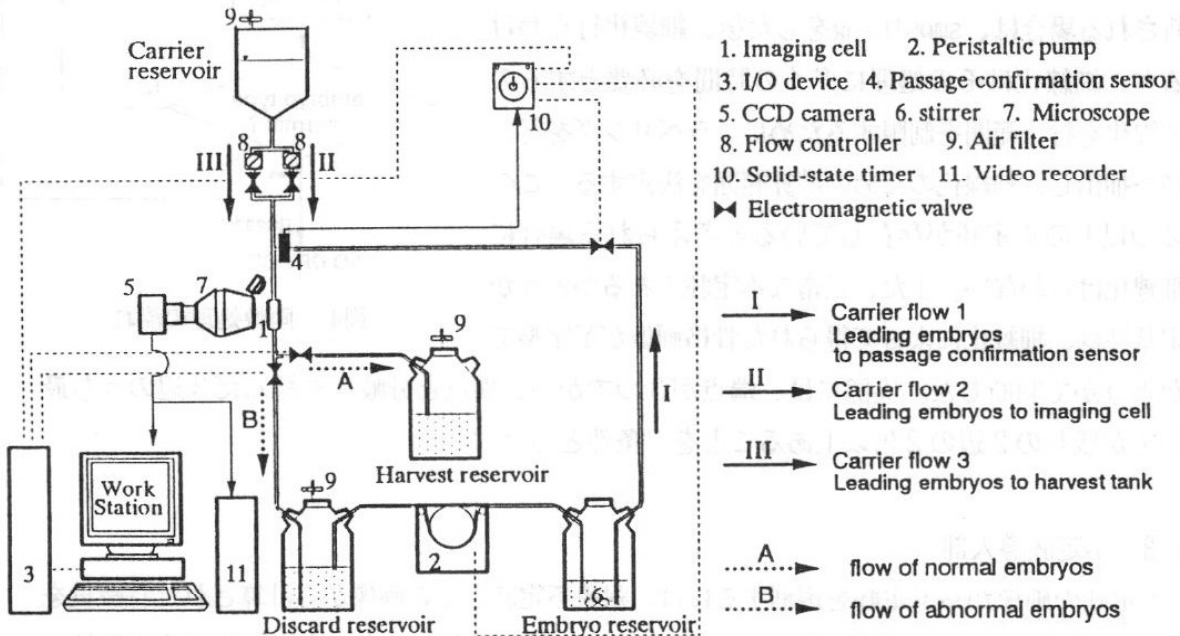


図3. 不定胚自動選別装置

4.1.1 画像取り込み部

不定胚の画像は、不定胚をガラス製の四角柱チューブ(以下Imaging cell、幅6mm、厚さ6mm、ガラス肉厚0.8mm)に、キャリア流体と一緒に通し、実体顕微鏡(倍率10倍)にCCDカメラ(ELMO ES302、有効画素数:276450、電子シャッター:1/1000秒)を接続し獲得した。CCDカメラからのNTSCビデオ信号は、ビデオ信号分配器で分岐し、画像処理のためのコンピュータだけでなくビデオレコーダにも接続して録画を可能とした。

4.1.2 画像処理部

CCDカメラから得られるImaging cellの画像は、画像入力ボード(日本サンマイクロシステムズ VideoPix)を介しワークステーション(日本サンマイクロシステムズ SPARK station 2)に取り込んだ。その処理の流れは以下の順である(図4)。まず、Imaging cellの画像の各画素の時間変化によって、不定胚がImaging cellに入ったかどうか判断する。具体的には、RGBにおけるGの濃淡値の増加値(前の画像と比較して)があるしきい値を越えた画素が、一定個数以上あった場合不定胚が入ってきたと考える。そして、不定胚が存在すると判断された場合のみ、特徴量抽出のための画像処理を行う。このシステムでは、0.6秒間隔で、Imaging cellの画像を取り込むことができる。Imaging cellに不定胚が入ったと判断される場合は、smoothingをした後、細線化を行うわけであるが、細線化はその処理に多くの時間を必要とするので、細線化を行う範囲を制限するために、ラベリングを行い不定胚を抽出し、細線化のための計算範囲を決定する。この時、2つ以上の不定胚が存在していると考えられる場合には、細線化は行わない。また、正常な不定胚であるかどうかの判定基準は、細線化によって得られた骨格画像がY字型であるかどうかで判断した。実際には、端点が3つでかつ、端点と分岐点を結んだ3辺のうち最も長い辺が残りの2辺の2倍以上あることを、条件とした。

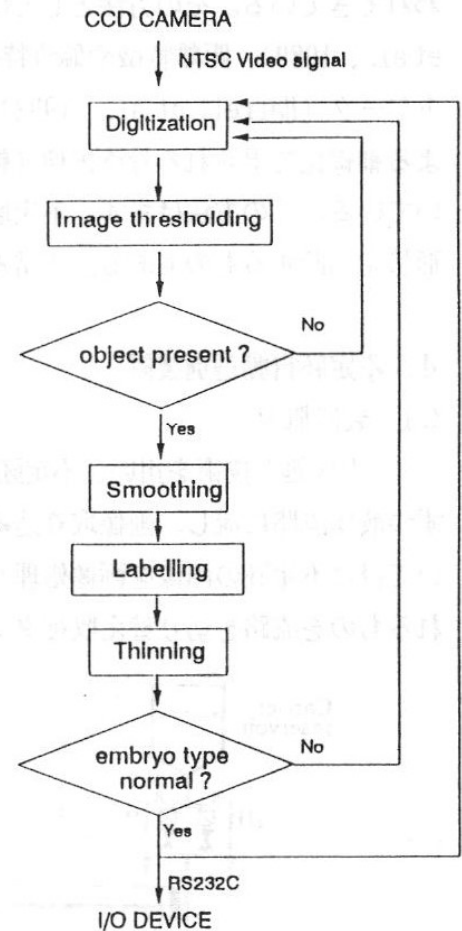


図4. 画像処理の流れ

4.1.3 不定胚導入部

不定胚の画像から不定胚を選別するには、対象不定胚とその画像から計算された特徴量に対応させる必要がある。本装置では、Imaging cellに不定胚を1つずつ取り込む(測定領域に対象物が1つしか存在しない)ことで、その解決を図った。まず、選別対象となる不定胚の集合を、攪拌槽(embryo reservoir)において非常に薄い濃度で攪拌しながら、ローラポンプによって流路にのせる(キャリアフロ1)。この流れによって不定胚は流路分岐点まで運ばれる。分岐点の手前に不定胚の通過をセンシングする光学式通過センサ(KEYENCE PG-602)があり、不定胚の通過が確認されると、続いてくる次の不定胚が分岐点に到達する前に、ローラポンプによる流れが止まり、Carrier reservoirからの重力を利用したゆっくりとした流れに切り替わる。そして、単一の不定胚だけがゆっくりとImaging cell内を通過する。攪拌槽での不定胚の

る。そして、単一の不定胚だけがゆっくりとImaging cell内を通過する。攪拌槽での不定胚の濃度を調節することで、この方法で約90%の割合で不定胚のImaging cellへの単独導入が成功した。

4.1.4 選別動作

選別動作は、ワークステーションとRS232Cによって接続された入出力装置(ESD Greenkit88)を用い、画像処理の結果をもとに電磁弁を制御し流路を切り替えることで行った。また、無菌条件下での作動を考慮し、流路を構成するチューブ、容器には高圧蒸気滅菌可能な部品を、電磁弁は流体に非接触のタイプのもの(柴田ハリオ(株)製)を使用した。

4.2 選別結果

表1に、実際の培養で得られたニンジンの不定胚を使って行った選別結果の例を示す。

表1. 動作試験結果

検査した不定胚		選別された不定胚		必要時間 (s)
normal	abnormal	normal	abnormal	
44	201	19	15	14.8

*1つの不定胚を処理するのに必要とされる時間

また、表2にその時の条件を示す。約15秒に1回の割合で、不定胚を検査し選別することができた。材料として使用した不定胚の正常率(全体の不定胚数に対する正常な不定胚の比率)は約19%で、選別装置によって正常なものとして選別された不定胚における正常率は約57%に向上した。この結果では、正常な不定胚のうち43%を正常と判断でき(以下正解

表2. 動作試験条件

供試材料	ニンジン不定胚
品種	金港四寸
サイズ	435-950 μ m (メッシュサイズ)
攪拌槽における不定胚密度	60-180 (number / L)
キャリア流体	純水
流量	
carrier flow 1	160 mL/min
carrier flow 2	4 mL/min
carrier flow 3	1 L/min
流路チューブ径	5mm (内径)

率)、正常でない不定胚のうち7.5%を正常であると誤った判断をしたことになる。正常な胚を正常と認識できなかった主な原因としては、画像獲得時の不定胚の方向がばらばらになってしまうことがあげられる。魚雷型胚は、見る方向によりその2次元形状は異って見える。Imaging cellにおいて不定胚が回転してしまい、正常な不定胚でも骨格画像がY字形にならない場合が

生じた。

4.3 パフォーマンス向上の可能性

この種の装置の評価としては、選別の正確さとスピードが重要である。スピードに関しては、画像処理に要する時間は、3秒以下（不定胚の大きさによって異なる）であり、不定胚を Imaging cell に導入する機構の改良により、今後ある程度的高速化は可能であると思われる。また、選別の正確性については、Imaging cell の径を細くして不定胚の cell 内での回転を抑えること、および2方向からの画像取り込みを可能にすることで向上が期待できる。また、コスト面で許されるのなら、図2の不定胚生産システムにおいて、選別装置を並列的につなげれば、生産の要求に見合うスピードが実現でき、直列的につなげば（選別された不定胚を再び選別装置にかける）、不定胚の均一性を高めることが可能であろう。

5. おわりに

今回紹介した装置は、不定胚自動選別装置の prototype であり、実際の生産の場面での要求に耐えうるものではない。今後多くの改良が必要である。しかしながら、本装置を、植物体再生に適した不定胚の条件を探るうえでの手段として使用し、人工種子をめざした不定胚生産システムの構築のためのデータ蓄積に応用することは可能であろう。良いものを選別するには、どういうものが良いものであるかを確立する必要がある。

文献

Grand d'Esnon, A., Ning, S., Furaure, S., and Sevila, F., 1989: On line evaluation by vision systems in biotechnologies. ASAE paper, No. 89-7057.

Harrell, R. C., Hood, C. F., Molto, E., and Munilla, R., 1992: Automatic identification and separation of somatic embryos in vitro. Acta Horticulturae, 319, 595-600.

駒嶺 穆 編, 1992: 植物全能性の分子生物学, 朝倉書店

Kurata, K., Terada, M., Konime, M., and Liyanage, K. H., 1991: Computer vision for selecting somatic embryos. ASAE paper, No. 91-3054.

Kurata, K. and Shono, H. 1992: An application of fourier descriptor for selecting somatic embryo. Acta Horticulturae, 319, 591-594.

大西昇, 川野隆明, Smith, S. C., Stuart, D., 1988: 育種学雑誌. 38 (別冊2), 46.

膜分離技術の現状

農業工学研究所
大谷 敏郎

はじめに

「膜」とは何か？ 例えば、細胞膜や横隔膜も膜と呼ばれるし、東京ドームの屋根も膜構造と呼ばれる。一般に、対象となる物の全体の大きさに対して、極めて薄い構造を持ち、ある物質と他の物質を隔てる層が膜と呼ばれている。

ここで紹介する膜分離技術は、極めて薄い膜に開いた分子レベルの細孔によって、あたかも分子や粒子をふるいのように分離する技術を指している。

膜分離技術にあまり馴染みのない方でも、生ビールや生酒をご存知であろう。これらのアルコール類は、発酵後の微生物を加熱滅菌することなく、精密ろ過膜で微生物だけをろ過して製造されている。そのため、加熱による風味の劣化がなく、近年消費が非常に伸びている。

現在わが国で製造される食塩は、全量がイオン交換膜法によって、効率的に海水から製造されている。化学工業でも、重要な基本原料である水酸化ナトリウムは、100%がイオン交換膜法で作られる。さらに、半導体の製造工程で大量に消費される超純水を作るために、現在あるほとんど全ての膜分離技術が使用されており、日本の半導体の歩留まり向上に大きな貢献を果たしている。医学分野でも、血液透析膜は必要不可欠であるし、血液からウイルスを除去する膜も実用化の段階に入っている。

膜分離技術は、基本的に溶媒と溶質を分離する技術であるが、膜の細孔の大きさによっては溶質同士あるいは懸濁物質同士を分離することもできる。このことは、特定の物質を精製可能なことを意味する。また、溶媒を水と考え、溶質をすべて水から分離することは、溶質を濃縮していることに他ならない。このように膜分離技術には、分離を基本としながら、精製と濃縮という2つの重要な機能がある。

以下に、農業気象分野でも応用可能と考えられる代表的な膜分離技術の現状について紹介する。

1. 膜分離技術とは

1-1. 濾過と膜

従来から懸濁物質の清澄化に使われている通常の濾過技術は、「おおむね $10\mu\text{m}$ 以上の不溶性固体を、懸濁液から濾材を通して主に回分操作により固体粒子と液体とを分離する機械的単位操作」と定義されている。一方、膜分離技術は「分離対象物をコロイドや低分子物質、さらにイオンにまで拡大し、溶液から主として連続操作

により対象物を分離する単位操作」と定義される。しかし最近では濾過技術もより精密な分離を目指す方向にあり、両者に明確な違いはなくなりつつある。

1-2. 膜分離技術の沿革と特徴

1950年代後半に海水淡水化の一つの方法として誕生した逆浸透法は、1960年代にカルフォルニア大学の S.Loeb と S.Sourirajan が、それまでの膜に比べ非常に透過性のよい逆浸透膜を開発したことで、一躍実用的な方法として注目を集めることになった。以来現在に至るまで、海水淡水化分野での膜の素材や分離性能の向上はもちろん、高分子物質や懸濁物質の分離、さらにガスの分離に至るまで、研究開発と実用化が非常に広範な分野で行われてきた。

膜分離技術の特徴を海水淡水化の例で説明すると、膜法には、従来の蒸発法比べ水の相変化を伴わないためエネルギー消費量が非常に少ないこと、基本的には膜とポンプだけでプロセスを組めるので省スペースでかつ操作性が良いこと、の2つの大きな特徴がある。さらに、後述する様々な孔径を持つ膜を組み合わせることで、簡単に目的とする物質を精製したり、濃縮したりすることができる。特に、食品や医薬品など熱による変性が問題となる分野では、加熱操作がないことが非常に重要で、膜分離技術が注目されている。

2. 溶液系膜分離技術の原理

溶液系を対象に利用される主な膜分離技術を大別すると表1に示したように4種類に分けられる。

表1 主な膜分離法の特徴

膜分離法	駆動力	膜の機能	応用例
電気透析法(ED)	電位差	イオン性物質の選択透過	○脱塩(育児用粉乳、廃糖蜜、減塩醤油)、○製塩
精密濾過法(MF)	圧力差 (0.5~5気圧)	膜孔径による粒子サイズのふるい分け	○除菌(ワイン、ビール) ○酒類の清澄化 ○果糖 ○ウイルス、マイコプラズマなどの除去
限外濾過法(UF)	圧力差 (2~10気圧)	膜孔径による分子サイズのふるい分け	○牛乳、チーズ・ホエーの濃縮 ○果汁、酒類の清澄化 ○タンパク質、酵素、ポリペプチド、多糖など高分子物質の分離・濃縮
逆浸透法(RO)	圧力差 (10~100気圧)	膜による溶質と溶媒との分離	○ジュース等の濃縮 ○塩類、糖類、アミノ酸の濃縮 ○海水淡水化、水の回収 ○廃液処理 ○希薄アルコールの濃縮

2-1. 電気透析法 (Electrodialysis, ED)

ED法は、電位差を駆動力として分子の静電的特性と分子の大きさの違いにより

分離を行う方法で、主に低分子電解質と非電解質の分離に用いられる。基本的な原理を以下に示す。

電極をはさんでカチオン・アニオン交換膜を交互に図1のように設置する。食塩水を例にとると、はじめ図1のC部に導入された食塩水(NaCl)の内 Na^+ は陰極側にひかれ、アニオン交換膜のほうに移動する。しかし、アニオン交換膜は陽イオン(カチオン)を透過させないため、 Na^+ はC部にとどまる。一方、 Cl^- は、陽極側にひかれカチオン交換膜のほうに移動するが、同じくカチオン交換膜を透過できずC部にとどまる。また、D部に導入されたNaClの Na^+ は陰極側に移動し、カチオン交換膜にぶつかるがこの場合は膜を透過しC部に流入する。一方、 Cl^- も陰極側に移動しアニオン交換膜を透過してC部に流入する。従って、C部には Na^+ と Cl^- が多くなり、D部からは Na^+ と Cl^- が除去されることになり、C部の液を考えると食塩の濃縮、D部では脱塩が行われることになる。

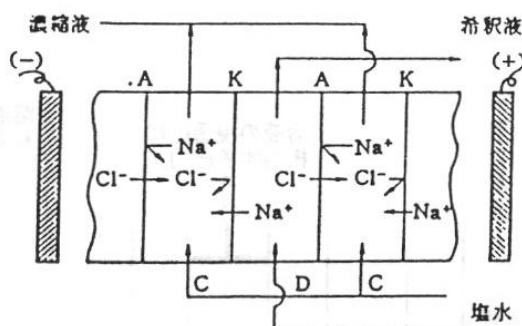


図1 イオン交換膜を用いた食塩水の濃縮

EDに使用されるイオン交換膜の化学構造はイオン交換樹脂と同じものである。イオン交換樹脂はイオンの選択吸着であるのに対し、イオン交換膜はイオンの選択的透過であるので再生が不要であり、連続操作・高濃度処理が可能である等の利点を持つ。

2-2. 精密濾過法(Microfiltration, MF)

溶液中の、微生物や凝集タンパク質等の懸濁物質の除去に用いられる膜分離技術で、従来からの濾過もこの方法の一種である。

一般に濾材は、デプスフィルターとスクリーンフィルターとに分けられる。典型的なデプスフィルターは濾紙であり、セルロース繊維のからみ合ったものであるので大きな粒子はフィルター表面、微粒子はフィルターのマトリックス内で捕捉される。スクリーンフィルターはフィルターの表から裏まで孔径の同じ孔があいており、孔径より大きな粒子は膜面で捕捉され、孔径より小さな粒子は孔を通過する。通常のMF用の膜は、これらの中間の構造をしている。

一般に、濾過というと濾材に直角方向に処理液を流し濾材にケーキを形成される

垂直流濾過が主体であったが、膜濾過では十字流濾過(cross flow filtration)が多くなってきた。次に述べる限外濾過、逆浸透法はいずれも一般にCross Flow方式が行われているが、この方法では被処理液は膜面上を流れ、透過液は被濾過液の流れと直角方向に流れる。膜面に形成されるケーキはこの被処理液の流れにより洗い取られるため、濾過速度を高めることができる。

2-3. 限外濾過法(Ultrafiltration, UF)と逆浸透法(Reverse Osmosis, RO)

UFとROはよく似た分離法であるのでROから説明する。図2に示したように理想的な半透膜を介し、水と溶液とをいれると水が溶液側に移動する浸透現象が生ずる(図2-A)。浸透を阻止し平衡状態を保つためには、溶液側に溶液の浸透の圧力に相当する力を加えなくてはならない(図2-B)。この圧力が浸透圧である。逆に、溶液側に浸透圧以上の圧力を加えると溶液中の水は半透膜を透過し水側に移動する(図2-C)。これがROの原理であり、正常な浸透(Osmosis)の逆(Reverse)であるので逆浸透と呼ばれる。

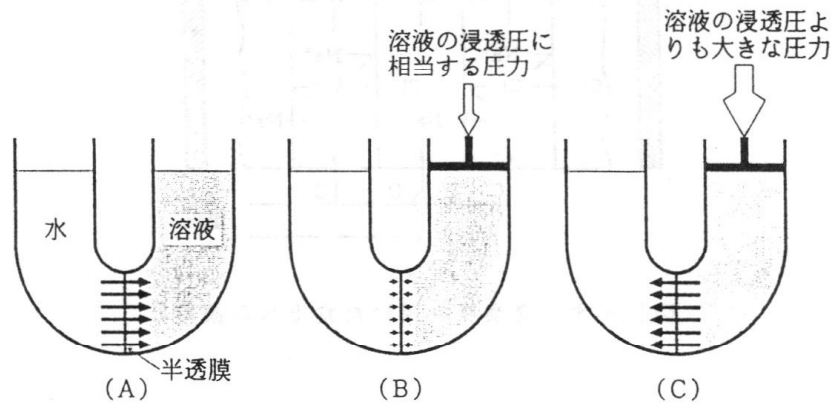


図2 逆浸透法の原理

(AおよびBは正常な浸透を表しており、Cのように溶液側に圧力をかけ、浸透と逆方向に水を移動させる方法が逆浸透法の原理である。)

UFとROの相違を図3に示した。ROでは低分子の塩類でもほとんど透過させないが、UFでは孔径が大きいため、低分子物質を透過させる。従ってROでは透過液はほとんど純水であり、被処理液と透過液の浸透圧差が大となるため、この浸透圧差より高い圧力を加えねば水の移動が起こらず、高圧を必要とする。例えば、海水の浸透圧は約 $25\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ あるので、海水の淡水化には $50\sim 100\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ の圧力が使用されている。これに対し、UFでは低分子物質は透過液側に透過するため、被処理液と透過液の浸透圧差は小さく、比較的低下で分離が行える。一般に、UFで $1\sim 3\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 、ROで $30\sim 100\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ の圧力が使用される。

なお、ROはHyperfiltration(超濾過)と呼ばれることもある。

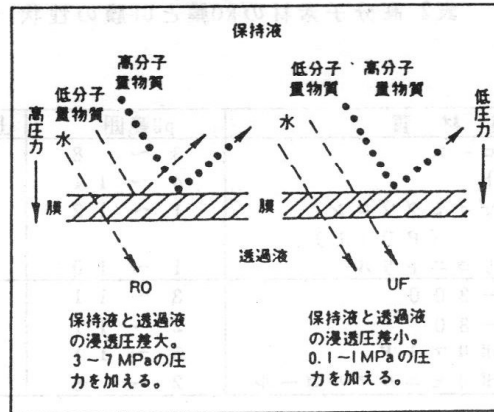


図3 RO法とUF法の相違

2-4. RO膜およびUF膜の構造と材質

RO、UF で使用される膜は非対称構造をしており、膜の表層と裏層の構造が異なる(図4)。すなわち、表層は緻密な構造で、活性層と呼ばれ、厚みは $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 程度である。また、活性層の下部は支持層と呼ばれ多孔性の構造をしている。支持層に対して、実際に分離を行う活性層が極めて薄いことが「膜」と呼ばれる由縁である。

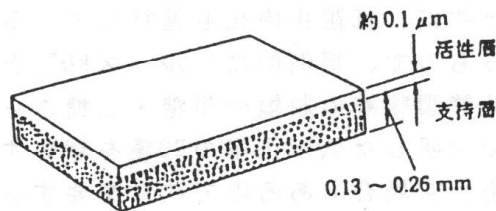


図4 非対称膜の構造

溶質の分離能および溶媒の透過に対する抵抗は活性層にあり、活性層を透過した溶媒は抵抗を受けることなく支持層を透過する。溶媒の膜透過流束は活性層の厚みに反比例し、膜が薄いほど透過流束は大となる。従って、非対称構造膜のように薄い活性層をもつ膜の溶媒透過流束は大きい。この非対称膜が開発されたことで、RO技術が実用化されるようになった。

工業的に利用可能な膜が開発され当時は、この非対称な構造の膜を製造時に一工程で作成していたため膜材質が限られていたが、現在では、多孔質支持体膜の上に活性層を別の工程で形成させる複合膜が開発され、材質も豊富になり、それだけ性能も向上した。表2に主な高分子UF、RO膜の性状を示した。

表2 高分子素材のRO膜とUF膜の性状

RO膜

膜材質		pH範囲	上限温度(°C)
酢酸セルロース		3 ~ 8	35 ~ 40
ポリアミド		4 ~ 11	45 ~ 50
ポリベンゾイミダゾロン (PBIL)		1 ~ 12	50 ~ 60
ポリアクリロニトリル		1 ~ 10	35 ~ 45
複合膜	PA-300	3 ~ 11	50 ~ 60
	FT-30	2 ~ 11	50 ~ 60
	変性ポリアミド	5 ~ 11	45 ~ 50
	変性ポリビニルアルコール	2 ~ 8	50 ~ 60

UF膜

膜材質		pH範囲	上限温度(°C)
酢酸セルロース		3 ~ 8	40 ~ 45
ポリアクリロニトリル		2 ~ 10	45 ~ 50
ポリオレフィン		1 ~ 13	40 ~ 50
ポリサルフォン		1 ~ 13	80
ポリエーテルサルフォン		1 ~ 13	90

中でもRO膜における最近の進歩は著しいものがある。例えば、ポリエーテル系の膜では、食塩の阻止率は99.7%にまでなり、エタノールの阻止率も80%以上あり、芳香性を大切にするジュースやコーヒーの濃縮にも十分対応することができる。この膜の欠点は塩素剤等の酸化剤に弱いことであるが、最近では架橋芳香剤ポリアミド膜が開発され、阻止性能および耐薬品性もかなり改善されてきた。

RO膜の高阻止率化と共に、低阻止率化も進行している。これは、ちょうどRO膜とUF膜の中間に位置するもので、慣例的に"ルーズRO"と呼ばれている。これらの膜を利用すると、アミノ酸調味液の脱塩や単糖・二糖さらにオリゴ糖の分離が行える。"ルーズRO"は、上で説明した低阻止率のRO膜を意味する場合と低圧操作でも高い阻止率が得られる膜を示す場合もあるので注意を要する。

UF膜の材質については、ポリスルフォンとポリエーテルスルフォンが主体となっており、130度で熱殺菌ができ、1%のカセイソーダ溶液で洗浄することも可能になっている。また、ポリイミドや他の新しい素材を用いたUF膜は有機溶媒に耐えるため、大豆油等のヘキサン抽出液の分離精製に利用することができる。現在の所、MFとUF膜だけであるが、ROにおいても有機溶媒に耐える膜が開発されれば、抽出液の蒸留工程を膜分離で置きかえることもでき、省エネルギー技術として新たな発展が期待できる。

無機材質の膜については、アルミナ系セラミック膜、さらにはこの表面にチタニアの活性層を形成させた膜、焼結炭素を支持体とした膜、ガラス膜、さらにステンレス膜等がある。

2-5. モジュールの種類

膜は、基本的には平面状であるが、実用プラントにおいては膜の種類(RO、UF等)や利用の目的、さらに装置の単位体積当たりの膜面積を稼ぐため、平面状だけでは

なく、管状膜やさらに管を糸の様に細くした中空糸膜が用いられる。平膜でも膜面積を稼ぐため、折曲げたり螺旋状に巻いたりするなど各種の形状が考案されている。

基本的には管状、中空糸状、平膜の3つの形状を持つ膜これら膜は、耐圧容器内に組み込まれ、処理液の入口出口、透過液の出口が付いたいわゆる「モジュール」の形で供給される。各種モジュールの特徴を表3に示した。

表3 各種膜モジュールの特徴

形 式	原液側	膜充填密度	詰まりやすさ	膜形態	適用分離膜		
					RO	UF	MF
ホローファイバー キャピラリー	管外	非常に大	非常に大	中空糸	●	-	-
	管内	やや大 (膜径依存)	非常に大	中空糸	-	●	●
スパイラル	-	やや大	大	平膜	●	●	-
ブリーツ	-	中	大	平膜	●	●	●
プレート&フレーム	-	中	大	平膜	●	●	●
ディスク	-	小	-	平膜	-	-	●
チューブラー	管内	小	詰まり にくい	管状膜	●	●	●
	管外						

チューブラー(管)型モジュールは、通常内径1~1.5cm程度の管の内側が膜となっており、供給液は内側を流れ、透過液は管の外側へ流出し分離が行われる。管自体はFRPやステンレス等耐圧性の高い素材で作られており、透過液が流出するための微小な孔が空けられている。チューブラー型の利点は、濃度の高い懸濁溶液や高粘性溶液であっても処理することができ、しかもスポンジボールを通して容易に洗浄できることである。欠点は、膜の占める体積の割には膜面積を広くとれないことや供給液を高流量で流さなければならないため大きなエネルギーが必要なことである。(図5)

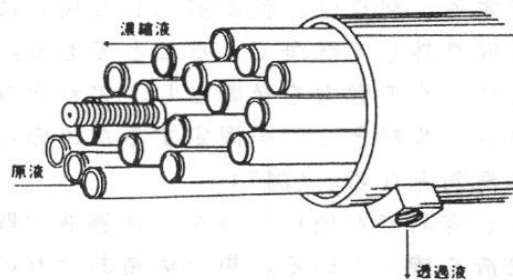


図5 チューブラー型モジュール

ホローファイバー(中空糸)型は、通常UF用で内径0.4~1.2mm、RO用で40~250μmの中空繊維よりなっており、チューブラー型を縮小したものと考えてよい。供給液

はUF用で中空繊維の内側を、RO用では耐圧性の面から外側を流れる。ホローファイバー型の利点は、単位体積あたりの膜面積を広くとれること、透過液側から圧力を加えて洗浄する逆圧洗浄が可能なこと等があげられる。一方欠点は、流路が細いため処理液に懸濁物質が多量に含まれていると、流路閉塞を起こしやすい。また、膜を支持する強度を持った支持体を使用しないので、膜自体で強度を持たせているため、UF用の場合あまり高い圧力に耐えられない。

キャピラリー型は、チューブラー型とホローファイバー型の中間の管径を持つタイプで、構造的にはホローファイバー型と同一である。ホローファイバー型より懸濁物質を含む処理液に適するが、耐圧性に劣る。ホローファイバー型の一様として区別しない場合もある。(図6)

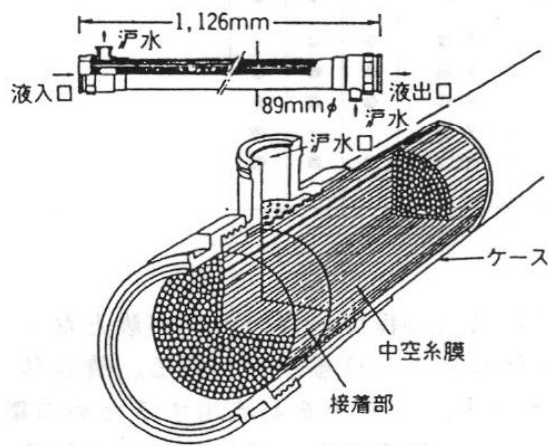


図6 キャピラリー(ホローファイバー)型モジュール

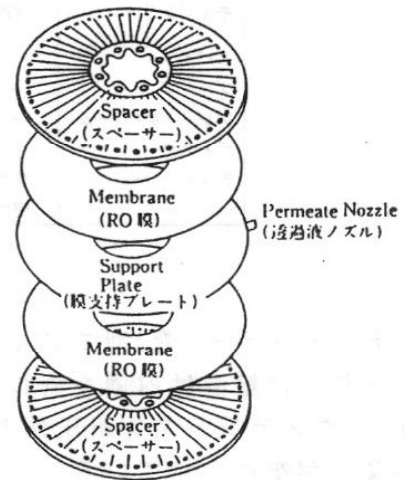


図7 プレートアンドフレーム型モジュール

プレートアンドフレーム型は、平膜がプレートの間に挟み込まれた形態となっており、膜全体が流路を形成する。利点は、膜が劣化した場合にその膜だけを交換することが可能で、また膜を取り外して洗浄できることである。逆にこのことは、膜を交換したり洗浄する場合に多くの労力を必要とし、欠点となる。また、液の漏れを防止するための耐圧性のシール材とこれを固定するための部品が多数必要であり、そのため初期の設備費用が高額となる。(図7)

スパイラル型は、膜製造が容易で安価な平膜を、透過液回収用の管の回りに巻き付けて膜面積を広く取る構造を持っている。単位体積あたりの膜面積は、膜と共に巻き付けるスペーサーの厚さにより決まる。利点としては、膜の交換が容易であること、スペーサーが膜の支持体となっており高い操作圧力に耐えられることが挙げられる。一方、スペーサーが網目構造のため懸濁物質や繊維質を多く含む溶液を処理した場合、流路閉塞を起こしやすいのが欠点である。現在、スペーサーの改良で、UFではチューブラー型と、ROではホローファイバー型と同等の生産性を持つモジュールも開発されている。(図8)

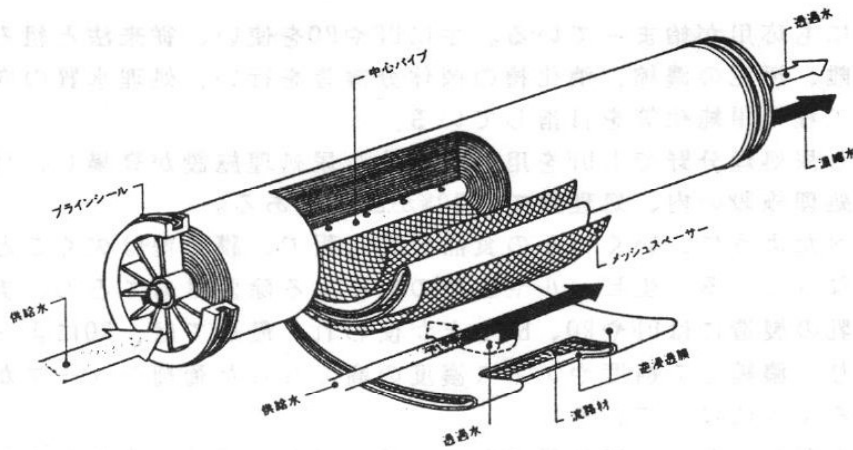


図8 スパイラル型モジュール

プリーツ型は、平膜を折り畳むことで、膜面積を稼ごうとするモジュールである。UF、ROの一部で用いられている。

ディスク型は、通常実験室で用いられる少量の膜処理モジュールである。この場合、円盤状の膜を一枚装着し、膜を頻繁に交換し実験を行うので、モジュールと言うより、膜実験用の圧力容器と言った方が適切かも知れない。

2-6. 用途

溶液系の膜分離技術の大きな用途には次のような分野がある。

海水・かん水の淡水化分野は、従来の蒸発法（多段フラッシュ法）に比べ逆浸透法の造水コストが1/3から1/5になること、膜の耐久性が向上したこと等から、近年は逆浸透法の増加が著しい。現在世界の海水淡水化装置の約1/3が逆浸透法である。膜法では、塩分濃度35000ppmの海水から一回のROで500ppm以下の淡水を製造することが可能である。最大の装置は、サウジアラビアの一日当たり5万7千tの造水能力を持つプラントで、わが国でも沖縄県で4万t/dayの装置が計画されている。

超純水は、その50～55%が半導体製造用、30%が電力分野、5～10%が医薬品用、その他10～15%となっている。特に、半導体用は通常のろ過装置から始まり、ED、MF、UF、ROと全ての膜分離技術を使用している。半導体の集積度が向上するにつれ限りなく理論純水に近い超純水が要求されるようになっている。

上水分野は、最近の水道水に対する安全でおいしい水を求める要求から、膜の利用が検討されている。主にRO膜やルーズRO膜を用い、殺菌剤の注入量低減、トリハロメタン前駆体の除去、工程短縮等を目的としている。現在、長期試験が行われており、今後大きな利用分野として期待されている。

中水道も膜が利用されている分野である。中水道とは、ビルのトイレや洗浄用の水として、そのビルから出される廃水をリサイクルするシステムで、近年の大型ビルではかなり普及している。特に、膜法は他の生物処理方法に比べ、設置面積が少なく場所を取らず、操作が単純なため注目されている。使用する膜は、主にUFであ

る。

下水処理にも応用が始まっている。主にUFやROを使い、従来法と組み合わせ、活性汚泥の分離、汚泥の濃縮、消化槽の菌体分離等を行い、処理水質の向上、設置面積の低減、工程の単純化等を目指している。

同様に、し尿処理分野でもUFを用いたUF法し尿処理施設が登場し、1991年に建設されたし尿処理施設の内、処理量で約20%が膜法である。

最初に述べたように、いくつかの食品製造工程で、膜処理は欠くことのできないプロセスとなっている。生ビールや生酒のMFによる除菌はもちろん、チーズの製造や育児用粉乳の製造にはUFやRO、EDなどが使われ、最近では、ROによってジュースを濃縮したり、濃縮して糖度やエキス濃度の高くなった葡萄ジュースから高級ワインを製造するようになってきている。

家庭用浄水器も重要な応用分野である。活性炭だけでは、十分な浄化効果が得られないため、多くの場合中空糸MF膜を組み込んでいる。水道水の圧力だけでろ過を行うのでMFが限界となる。そのため、菌体の除去は可能でも、トリハロメタン等低分子物質やイオンの除去はできない。

他にも、EDによる食塩や水酸化ナトリウムの製造、メッキ工程で不可欠になった膜による有害物質の回収、電着塗装工程からの塗料の回収、原子力発電所の放射性廃水の処理、含油廃水処理などで欠くことのできない技術である。

3. その他の分離膜

3-1. 気体分離膜

上記のRO相当の膜を使って、気体分子同士の分離が可能である。膜の材質を適当に選ぶことにより、例えば、空気の組成を酸素富化にしたり、窒素富化にすることが可能である。水素およびヘリウムの分離は実用化されている。気体分離膜に期待される用途の例を表4に示した。

表4 気体分離膜の期待される用途

対象ガス	用途
O ₂ /N ₂	O ₂ 富化：燃焼効率の向上、化学反応の促進、呼吸疾患の治療・補助、運動後の疲労回復、養魚、発酵など N ₂ 富化：半導体用不活性ガス、食品保存用、化学工場の保安
H ₂ /炭化水素	石油精製工程のH ₂ 回収
H ₂ /CO	合成ガス中のH ₂ /COの濃度の調節
H ₂ /N ₂	アンモニア合成排ガス処理におけるH ₂ の回収
CO ₂ /炭化水素	油田におけるCO ₂ 回収、バイオガスからのメタン回収、食品保存用CO ₂ の濃度制御、発酵タンクのCO ₂ 濃度制御、排ガス処理
H ₂ O/炭化水素	天然ガスの脱水、有機薬品からの脱水
H ₂ O/空気、ガス	空気、ガスからの脱水
H ₂ S/炭化水素	ガス処理
He/炭化水素	天然ガスからのHe回収
He/N ₂	Heの回収
炭化水素/空気	炭化水素の回収

気体分離が実用的に広く使用されるようになったのは、吸着法あるいは膜分離法による分離技術の進歩により、装置の高性能小型化が確立されたことによる。一時期、酸素を富化した燃焼用空気製造用の膜が多く研究されたが、最近では、フロンガスによるオゾン層の破壊、 SO_x 、 NO_x による酸性雨の発生、 CO_2 ガスによる地球温暖化等のガスに関する地球環境問題が大きくクローズアップされ、主に化学工業からの廃ガス処理に研究対象が移っている。

膜分離法は、小型で、操作が簡単な反面、高純度のガスを得るのが難しい。空気中の酸素を富化する場合、膜分離法では30~40%が限界で、さらに高純度の酸素を得る場合にはモレキュラーシーブ法を使用する。ただし、窒素に注目すれば97~98%の高純度窒素ガスが得られる。

3-2. 脱気膜

疎水性の膜の片側に溶液を入れ、片側を減圧にすることで溶液中のガスを除去する膜法である。特に、脱酸素を目的に使用されており、ボイラー用水、超純水、飲料水の製造に用いられる。従来の加熱法、通常の減圧脱気法、薬剤投入法に比べ脱気効率、操作性、メンテナンス性に優れている。また、減圧で引かずに、特定のガスを加圧することで溶液中に任意の濃度でガスを溶存させることもできる。

4. 農業気象分野での応用の可能性

農業気象といってもその分野は極めて広く、膜分離技術が直接「気象」そのものに応用できるとは考え難い。しかしながら、限定された分野での応用は可能と考えられる。

4-1. 実験室

実験室内では、すでに多くの分析用の水が使用されている。水道水は多種類のイオンが存在するので、イオン交換樹脂カラムを通してイオン交換水を作る。このいわゆるイオン交換水は、イオンはある程度除去されているものの、水道水中に多量に含まれる懸濁物質やコロイドはほとんど除去されていない。孔径 $0.1\mu m$ 程度のMF膜で、通常のイオン交換水をろ過すると極めて短時間に目詰まりを起こしてしまう程である。従って、いろいろな膜を使って目的物質を精製する場合や精密な分析を行う際には、ROやUFが組み込まれた分析用の純水製造装置が必要となる。

4-2. 海水・かん水の淡水化

当初、ROによる海水の淡水化は、イニシャルコスト（膜および高圧ポンプ）とランニングコスト（電気代と膜の交換費用）が高く、原油の価格が高い場合のみ蒸発法より勝ると考えられていた。しかし、近年、膜の価格が下がった上、操作圧力が低いにもかかわらず透過水量が多く、しかも阻止率の高いルーズRO膜が開発され、一気に実用化に近づいた。ROの操作圧力は、供給液側と透過液側の浸透圧差、すなわち塩濃度差によるので、塩濃度の低いかん水を濃縮する場合や、海水を比較的高い塩分濃度まで淡水化する場合には、操作圧力は低くて済む。従って、配管やポンプなどのイニシャルコストとランニングコストの電気代をかなり抑えることができる。

このことは、塩濃度が高くこれまで利用できなかった水源の利用や耐塩性の植物を組み合わせることで離島や乾燥地での農産物生産に道を開くものと考えられる。また、灌漑計画とも組み合わせ、上流側で使用し塩濃度の高くなった水を途中で一旦ROによりろ過して塩濃度を下げ、下流で使用方法なども考えられる。これらは、ROが登場した当初考案されたが、コストが全く合わずほとんど実現しなかった。ルーズRO膜の登場によって、条件によっては再度検討されても良いのではなかと考えられる。

4-3. 成分調整

環境問題が注目される中、農地あるいは温室等からの排出される水が、河川や湖沼の汚染源として問題となろう。研究レベルでは、例えば温室で使用する水の完全クロード化等が課題として考えられる。このとき、回収した排水から、余分な成分を分離・濃縮し、必要な成分の濃度調整をするといった目的には、各種の膜分離技術が利用できる。コストをどのように見積もるかがポイントになろうが、養液栽培の場合には、土耕栽培に比べ排水中の溶解物質や懸濁物質の種類と量が少ないことから、さらにクロード化の可能性が高いと考えられる。また、灌漑用水の問題でも、一度使用した用水の塩分だけではなく、成分も調整することが考えられる。

精密な養液栽培の実験としてほとんど検討されていなかった養液中のコロイド粒子や溶存ガスの影響等についても膜法を使って検討が可能である。

4-4. 空気組成の変更

施設農業の場合に限られるが、気体分離膜を使って、比較的ランニングコストをかけずに空気組成のコントロールができる。

おわりに - 膜技術の将来 -

膜技術で使用される究極の膜は生体膜と同じくきわめて高度な選択分離機能を持つ膜と考えられるが、現在開発されている膜は生体膜にはまだまだ及ばず、細孔の大きさにより分子を分離するものが主体である。もちろん、膜の電荷や分子のアフィニティーを利用した分離する方法も開発されつつあるが実用の段階ではない。

究極と考えられる生体膜との差があるだけ逆に、膜技術の発展する余地が残されているといえる。すなわち、膜技術は膜そのものの性質をまだまだ変化させ得る可能性を持ち、膜の機能が高まればそれに応じて膜の応用分野はますます広がる。

多くの分野で実用化されながら、さらに開発改良が進められており、今後さらに利用範囲が広がるものと考えられる。農業気象分野でも、利用されることを期待したい。

参考文献

- 川崎順一郎、国眼孝雄、酒井清孝、白田利勝編：“高度膜分離技術ハンドブック”、サイエンスフォーラム、(1987)
- 中垣正幸監修、清水博他編：“膜処理技術大系”、フジ・テクノシステム、(1991)

他

1 はじめに

「地域気象観測システム」は、その英訳 Automated Meteorological Data Acquisition System、略してアメダス (AMeDAS) と呼ばれ、報道機関などを通じ広く知られている。

当システムは1974年11月1日、約900か所の雨量観測のみでスタートし、その後観測所の設置箇所や気温、風向・風速、日照の観測項目を追加し、現在に至っている。

システムによる観測データは気象庁部内はもとより、報道機関、農業関係機関など各方面での利用度が年々高まっている。

ここでは、システムの概要、観測データの利用方法などについて紹介する。

2 システムの概要について

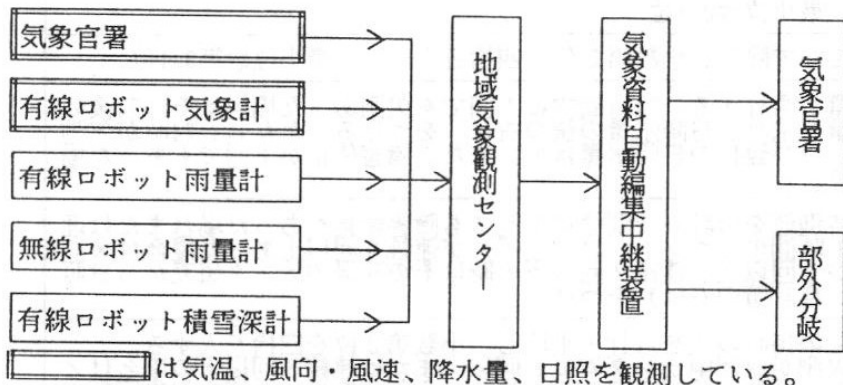
(1) 観測所の配置状況

観測所は、降水量について約17Km四方に1か所(全国で約1300か所)、風向・風速、気温、日照については約21Km四方に1か所(同約840か所)の割合で配置されている。また、積雪地域には積雪深計が約210か所設置されている。

各観測所には、固有の観測所番号(5桁)を付けており、上位2桁の都道府県(支庁)区分表示(例:栃木県41、東京都44など)と、第3位~5位の地点表示番号からなっている。地点表示番号は各府県支庁ごとに緯度、経度を0.1度ごとに格子を作り、各格子に西から東に、北から南の順に5とび(001,006,011,...)に一連の番号を付け、観測所の設置されている地点表示番号と都道府県区分表示番号とを合わせたものを観測所番号としている。

(2) 観測データの流れ

観測データの流れの概略は下図のとおりとなっている。



各観測所には観測装置とデータを送信する符号送信機が設置されており、毎正時(00分)になると、観測所からの自動発信、あるいは東京の地域気象観測センターからの呼び出しにより各観測所のデータはNTT回線を通じて地域気象観測センターに集信される。ここでデータの品質管理(データの誤りの有無等)を行った後、気象庁の資料自動編集・中継装置を経て、各地方気象台に送信すると同時に民間の気象会社、報道機関にも配信され即時的に利用されている。

(3) 観測データの処理について

有線ロボット気象計における各要素別の使用感部及び観測データの処理方法は次のとおりとなっている。

① 風向: 風車型風向風速計

32方位の風向信号を2秒毎にベクトル成分に分け、1分間積算したものをベクトル合成して1分間平均風向(16方位)に変換する。これを10個積算してベクトル合成を行い前10分間平均風向に変換する。

② 風速: 風車型風向風速計

風速パルス信号を1秒間計数して風速に変換し、この値を1分間積算して1分間平均風速(0.1m/s)に変換する。また前10分間の1分間平均風速を平均し10分間平均風速に

変換する。

③ 気温：白金抵抗温度計

測温抵抗体の温度による抵抗値を1分間毎にリニアライズして、0.1℃単位で温度(-50.0~+49.9℃)に変換する。

④ 降水量：転倒ます型雨量計

パルス信号を積算し、1パルスを0.5mmとした値に変換している。

⑤ 日照：太陽電池式日照計

日照による電圧出力が曇天と晴天を区別するしきい値(直達日射量: 0.12kW/m²)以上あるかないかを30秒毎に判別し、0.12kW/m²以上の判別4個を2分(1パルス)とする日照時間に変換する。たとえば、1時間の間全てしきい値以上あった場合には30パルス(カウント)となる。

3 観測データの統計処理方法及び利用について

毎時の観測データは時別観測値や日別、旬別、月別及び年別に統計処理されており、その主要素(項目)の統計処理方法は次表のとおり行っている。

なお、日の極値(最高気温等)の処理方法は気象官署の統計値が1日の記録の中から最高(最大)値または最低値を求めているのに対し、アメダス統計値では1~24時の毎時のデータ(24個)の中から最高(最大)値または最低値を求めているため、資料を利用するにあたっては注意が必要となる。

表 アメダスデータの統計方法

		要素	統計方法
時別値		降水量	最小位数第1位とし、前1時間との差から求める。
		風速	16方位(NNE~N)の10分間平均風速の小数第1位を四捨五入。最小位数第1位
		気温	毎正時の値。最小位数0.1位
		日照時間	カウント値を30で除し、小数第2位を四捨五入する。最小位数第0.1位
日別値	合計	降水量	毎時の降水量を合計する。24時間内に1回でも欠測あった場合はその前後の差から降水量を求め、日降水量の右に×をつける。ただし、24時が欠測の場合は当日の降水量は×。また、障害休止が1回でもあった場合も×とする。
	日照時間	4~20時の時別値を合計。時別値に1回でも障害休止があった場合または理論エラー(1時間のカウントが31以上等)が連続3回以上あった場合は×とする。理論エラーが1回以上、連続2回以下の時はその前後のメータ値差から日照時間を求め、合計値の右に×をつける。	
平均値	風速	気温	1~24時までの毎時の値を合計・平均し、小数第2位を四捨五入する。障害休止、欠測が24回中ランダムに6回以上または連続3回以上の場合には×で割り、その値の右に×をつける。
		降水量	各要素とも1~24時までの毎時の値から最大値を求め起時を併記する。極値が二つ以上ある時は、時刻の最新の方をとりその時刻の右に×をつける。なお、障害休止、欠測が1回でもあれば極値は×とする。
半旬・旬	月別値	降水量	日別値を合計、または平均(小数第2位を四捨五入)して求める。なお、対象期間は欠測(×)がありその回数が対象期間日数の20%を超える場合は×とする。また、欠測日数が20%以下の場合には合計値を求め、合計値の右に×をつける。

注) 時別値、日別値の際の障害休止は、測器等の機械的な障害であり、欠測は回線障害等によりデータの集信ができなかった場合をいう。

これらの統計処理された観測資料は気象庁本庁(統計室)では全国分が、各地方気象台では当該都道府県の資料が保存されており閲覧ができる。気象庁本庁には要素別、年別に磁気テープにファイルされており、所定の手続きにより利用が可能となっている。

また、印刷物として次のものが(財)日本気象協会から市販されている。

観測所気象年報(全国観測所気象表) 各年の全アメダス観測所の月・年及び積雪観測資料。

地域気象観測(アメダス)準平年値表 1979~1990年までの12年間の各観測所の平年値表。掲載項目は気温・降水量・風速(日照については統計を行っていない)の各種統計値及び各観測所の緯度・経度等を掲載。

農業気象の測器と測定法

編集：日本農業気象学会関東支部（編集代表：久保祐雄）
執筆：農業気象専攻15氏

A5版上製344ページ（図160，表70）定価3,200円 送料300円

気象は一般生活はもちろん、農業生産にも多大な影響を与え、気象要素の追跡や確認なしでは安定生産や生産要因の解明も困難になります。

本書は、近年進歩している農業気象用測定機器と、それらを使用しての農業気象測定法の基礎と応用について平易に解説したものです。農業生産に関係する各分野座右の書として広くご活用いただけるものです。

ご注文は下記へ直接または最寄りの書店へお願いします。
〒114 東京都北区西ヶ原1-26-3 （財）農業技術協会

関東支部1993年度例会

支部創立40周年記念シンポジウム『2010年の都市農業』のご案内

日時：1993年11月5日 10時より一般研究発表、13時より記念シンポジウム

会場：千葉大学園芸学部合同講義室

〒271千葉県松戸市松戸648 Tel 0473-63-1221 (代)

交通：JR松戸駅から徒歩約20分

食事：学内食堂の利用はできません。当日受け付けで11時まで、弁当の申し込みを承ります（市販の弁当を購入して承ります）。なお、評議員、理事の食事は用意します。

その他：(1) 一般研究発表は、発表12分、質疑応答3分の合計15分です。

(2) 支部創立40周年記念シンポジウムの参加費は、

一般会員：1500円

学生会員：無料

資料のみ販売（1000円）も致します。

(3) 懇親会参加費（3000円）は当日受け付けます。

(4) 例会、シンポジウム実行事務局は、

〒271千葉県松戸市松戸648 千葉大学園芸学部緑地気象研究室内

(5) シンポジウムは、日本農業気象学会関東支部が主催、日本植物工場学会、日本生物環境調節学会、農業情報利用研究会の協賛を得ています。

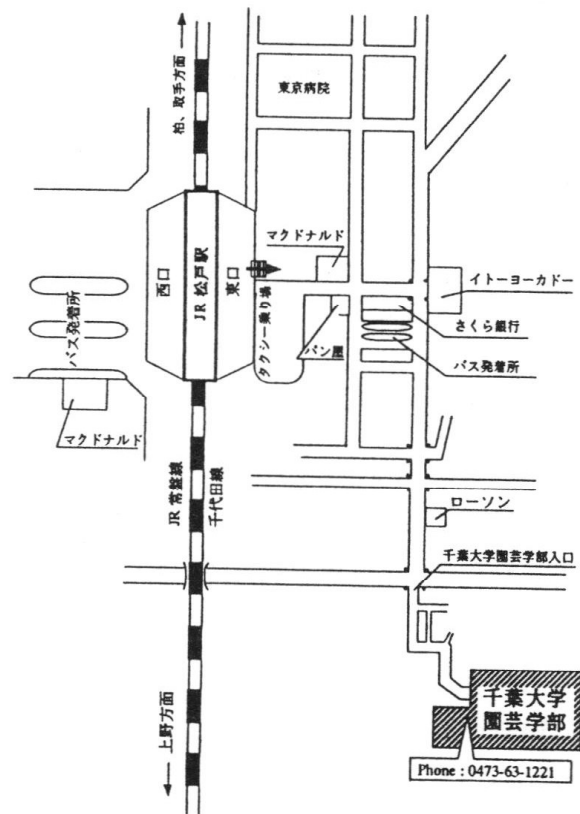
日程：10:00 一般研究発表

12:00 昼食、理事・評議会

13:00 シンポジウム

16:30 総会

17:15 懇親会



一般研究発表

1. 北極域ツンドラのガスフラックス
原蘭芳信 (農業環境技術研究所)
2. ツンドラにおける微気象の特性と熱収支法の適用範囲について
吉本真由美 (農業環境技術研究所)
3. 秋季、中国の乾燥地トルファンにおける2列のタマリスク防風林による気象改良
真木太一 (熱帯農業研究センター)、潘伯榮 (中国科学院, 新疆生物, 土壤沙漠研)
4. 水稻の平置育苗下の微気象
高橋行継 (群馬県農業総合試験場)
5. 積算温度に基づいた水稻の葉重、地上部重のモデル
川方俊和 (農業環境技術研究所)
6. エコトロンを用いた温暖化時の小麦の収量予測
山口規武 (農業環境技術研究所)
7. 栽培可能期間の生物季節観測による評価
小柴厚 (気象庁)
8. 二次元ノンパラメトリック法による茶の萌芽期予測
久米信夫 (埼玉県茶業試験場)

記念シンポジウム

1. 科学技術の動向
平藤雅之 (農業研究センター)
2. 情報システム
田上隆一 (農業情報利用研究会)
3. 閉鎖エコシステム
北宅喜昭 (千葉大学)
4. 都市緑化と都市環境
松岡延浩 (千葉大学)

賛助会友

加入順、| |内は加入口数

株式会社 牧野応用測器研究所 [2]

〒165 東京都 中野区 沼袋3-19-4 TEL 03-3387-6241 FAX 03-3319-9996

光電式微風速計, ソーラーパネル・カードメモリによる長期観測。

電話回線による伝送システム。

横河ウェザック 株式会社 [2]

〒104 東京都 中央区 新川1-5-13 伊成ビル6 F TEL 03-3552-6231

風向, 風速, 温湿度, 気圧, 雨量, 日射, 日照, 水位, 流速, 流量, 傾斜, 地盤沈下等の観測機器の設計及び製造販売。総合気象水文観測システムの設計及び製造販売。

英弘精機 株式会社 [2]

〒151 東京都 渋谷区 幡ヶ谷1-21-8 TEL 03-3469-4511

各種日射計, 放射計の製作販売を行い, 気象観測, 農業, 工業, 土木, 建築方面に広く使用されております。

トビーグリーン株式会社 [1]

〒136 東京都 江東区 新砂3-3-1 TEL 03-3699-0559

温室トップライト並びに付帯設備の設計, 製作, 施工及び販売。環境制御機器の設計, 製作, 施工及び販売。緑化造園工事の設計, 施工及び管理

朝日印刷株式会社 つくば支社 [2]

〒305 茨城県 つくば市東2-11-15 TEL 0298-51-1188

タイプオフセット印刷, 電算写植システム, 美術オフセット印刷, 活版印刷, ダイレクト印刷, 写真植字製版, カメラ製版。

太陽計測株式会社 [1]

〒143 東京都 大田区 山王1-2-6 TEL 03-3774-6111

横河電機・横河ヒューレットパッカード・中浅測器製品販売サービス, 計測・制御・情報処理・ハード/ソフトの開発・設計・製造・施工。

日本農園芸資材研究会 [2]

〒111 東京都 台東区 浅草橋4-2-2 秀和浅草橋西口ビル3 F

TEL 03-3866-0675

農業関連資材, 施設の改良に関する調査, 試験研究, 研究成果の普及。資材, 機材の利用法と技術に関する調査, 試験研究。

東日本印刷株式会社 [2]

〒305 茨城県 つくば市 上ノ室 283-1 TEL 0298-57-4141

フォーム・オフセット・PTO・他一般印刷 コンピュータサプライ用品・PPC用紙・事務機器

会誌「関東の農業気象」編集投稿規約

会誌「関東の農業気象」は日本農業気象学会関東支部が年1回以上、発行する機関誌で、農業気象に関する経験と知識の交流を図ることを目的とする。本会誌には農業気象に関する調査・研究についての報告や解説記事および支部活動に必要な記事などを掲載する。関東支部の会員、会友は自由に投稿することができる。

1. 編集

- 1.1. 投稿原稿の採否の決定ならびに会誌の編集は理事会が行う。
- 1.2. 理事会は投稿原稿の加筆、修正および削除を求めることがある。

2. 投稿

- 2.1. 本会誌への寄稿は投稿を原則とする。
- 2.2. 投稿者は本支部の会員、会友もしくはこれと連名でなければならない。
- 2.3. 投稿者は原稿を支部事務局あてに送付する。
- 2.4. 投稿原稿は理事会が指定した形式のワープロ原稿（図表は別）が望ましい。ただし、市販の400字詰原稿用紙（A4版）を使用してもよい。400字詰原稿3枚が刷上り約1ページに相当する。
- 2.5. 投稿原稿の受理日は支部事務局がこれを受理した日とする。

3. 投稿の種類

- 3.1. 「関東の農業気象」は巻頭言（とびら）、研究短報、総説、研究トピックス、講座・（解説）、報告、書評、支部例会の講演要旨および本支部の活動の連絡記事等より構成される。
- 3.2. 研究短報は農業気象に関連した調査研究についての報告である。

4. 研究短報の執筆要領

4.1. 次のような構成を原則とし、英文要旨は必要としない。

1. はじめに（序文）

2. 材料および方法

3. 結果

結果および考察としてもよい。

4. 考察

5. 引用文献

必要に応じて小見出しをつける。

4.2. 写真、図表は総数で4枚以内を原則とする。図および写真の大きさは刷上りで1/4頁を原則とするが、原図はその2～3倍の大きさにスミ入れして提出する。プリンタやプロッタを用いて描いた図表も鮮明なものであれば受けつける。図表の説明は和文とするが、座標軸の説明は英文でもよい。

4.3. 図表を含めて上り4頁以内となるようにする。このため、本文は400字詰原稿用紙で10枚が限度である。

4.4. 表題、見出しおよび数式に対しては、行間を1行以上あける。

4.5. 図表の挿入箇所は3行あけて、図表の説明を書く。

4.6. 手書きの原稿の場合、添字は \wedge \vee （朱）で上つき、下つきを指定する。

4.7. 単位はS I か C G S 単位系のどちらかに統一する。

4.8. 引用文献は最小限度にする。本文中での引用は、三原(1969)によれば、などとする。引用文献はA B C 順に本文末に一括する。その書き方は次のようにする。

三原義秋、1969：無加温小温室の夜間温度について、農業気象、25、1-8

4.9. 校正は原則として理事会が行うので、完全原稿を提出する。

4.10. 別刷は請求があれば実費で入手できる。その場合、50部の倍数を単位として、投稿時に支部理事局に申し込む。

5. 支部例会の講演要旨の執筆要領

5.1. 「関東の農業気象」掲載用

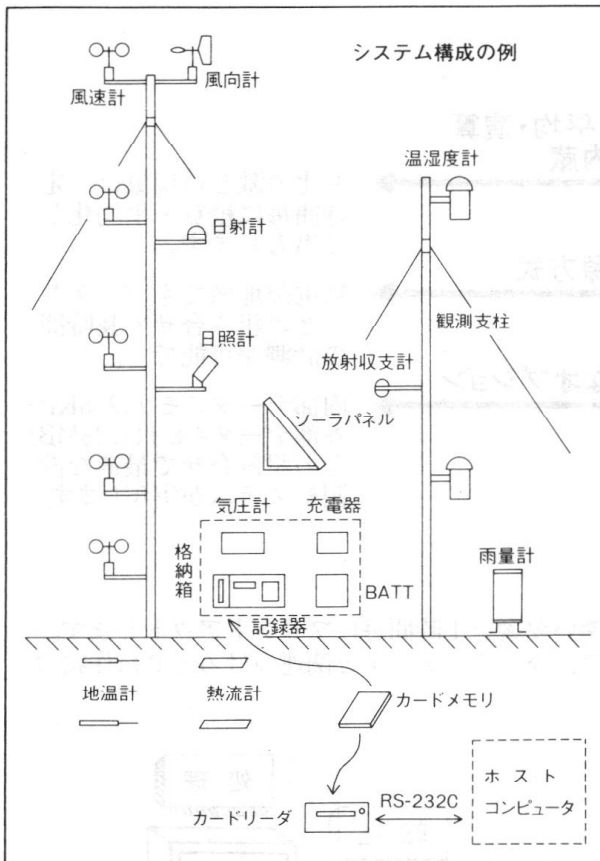
執筆用紙・書式は、全国大会の形式に準ずる。長さは1ページ以上。

5.2. 「農業気象」（全国誌）掲載用

200字程度にまとめる。

WEATHER LOG シリーズ

風速分布の測定を中心に、微細な気象の変化を詳細に記録して行きます。
電源にはソーラシステムが使用でき、データはカードメモリに記録されるので
長期間の安定計測が可能です。電話回線によるデータ回収も可能です。(Option)



- 接地気層の乱気流や熱収支の変化の様子を微細に、正確に計測するために、現象変化の速さに応じて、測定項目毎にデータ入力のインターバルを設定し、各センサの非直線補正を自動的に行います。
- 測定項目・測点数の設定がある程度自由に行き、設定の内容によって連続記録の期間が異なってきます。(例えば1~2ヵ月)

● 設定の例

項目	数	データ内容
風向計	(1)	平均値 主風向の割合
風速計	(5)	平均値 最大値 RMS
気温計	(2)	10分/30分毎の値 あるいは毎正時値
湿度計	(2)	
日照計	(1)	
放射収支	(1)	
雨量計	(1)	
気圧計	(1)	
地温計	(2)	
熱流計	(2)	
土壌水分		(Option)

- 湿度センサは湿球温度式と静電容量型が用意されています。
- 計測のための初期設定条件をあらかじめカードリーダーを介して、ホストコンピュータによりデータ記録用のカードに記録しておきます。そのカードを記録器にセットしてスタートさせれば簡単に計測の開始ができます。
- 上記の基本センサとは異なるものをご希望の場合には、ご相談ください。



株式会社 牧野応用測器研究所

〒165 東京都中野区沼袋3-19-4 TEL.03-3387-6241 FAX.03-3319-9996

ソラックIII + F.Dライター

MULTIPLEX DATA LOGGER

シンプル操作で多機能!
気象観測用データ・ロガー



積算・平均・演算
機能内蔵

→ 変化の激しい現象は一定時間毎に積算・平均化して出力します。

3電源方式

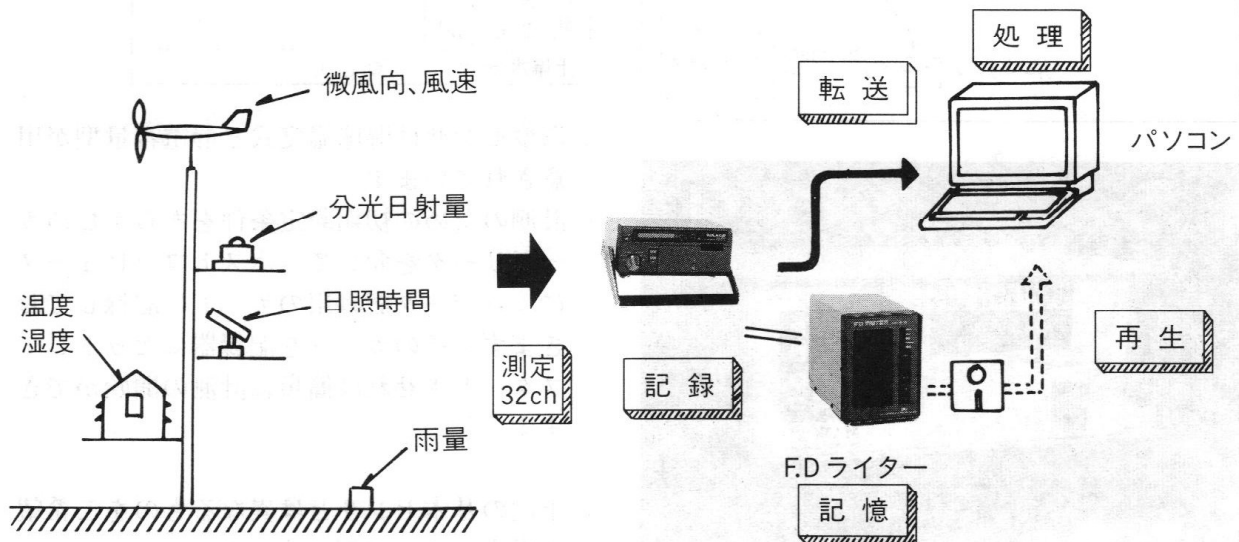
→ 無電源地域でもバッテリーとの組み合わせで長時間の計測が可能です。

豊富なオプション

→ 内部データメモリ(256KB)、外部データメモリ(1.28MB)との組み合わせで最適な計測システムが実現します。

応用例(農業気象計測システム)

一般農業気象計測システムで、農業気象に関係の深い要素を1時間毎にプリントアウトします。特に日射量、日照時間を精度良く測定するシステムで、今までのデータと関連づけると共に作物の生育状態が把握できます。



※ RS-232Cにより他のコンピューターに接続することにより、週間、月間、年間集計が可能です。

EKO 英弘精機株式会社 本社/東京都渋谷区幡ヶ谷1-21-8 TEL.03-469-4511~6 FAX.03-469-4593
大阪/大阪市東区豊後町5(メディカルビル) TEL.06-943-7588・06-943-7286

1993年度 農業気象学会関東支部 支部長、理事連絡先

支部長

古在豊樹 千葉大園芸学部 〒271松戸市松戸648 0473-63-1221内320

理事

(会計)

杉浦俊彦 果樹試 〒305つくば市藤本2-1 0298-38-6506
 平藤雅之 農研センター 〒305つくば市観音台3-1-1 0298-38-8815
 宮田 明 農環技研 〒305つくば市観音台3-1-1 0298-38-8207

(編集)

鮫島良次 農研センター 〒305つくば市観音台3-1-1 0298-38-8418
 川方俊和 農環技研 〒305つくば市観音台3-1-1 0298-38-8208

(庶務)

松岡延浩 千葉大園芸学部 〒271松戸市松戸648 0298-63-1221
 奥島里美 農工研 〒305つくば市観音台2-1-2 0298-38-7655
 太田金房 気象庁産業気象課 〒100東京都千代田区大手町1-3-4 03-3212-8341

(発送)

名取俊樹 国立環境研 〒305つくば市小野川16-2 0298-51-6111内516
 荊木康臣 東大農学部 〒113東京都文京区弥生1-1-1 03-3812-2111