

土壌・栄養診断機器開発の現況(2):

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	石井, 和夫
巻/号	43巻12号
掲載ページ	p. 552-556
発行年月	1988年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



土壌・栄養診断機器開発の現況 (2)

—SPAD 開発製品の紹介—

石井 和夫

2. SPAD 開発製品 (承前)

2) 土壌化学性の分析機器

自動抽出・濾過装置

測定項目 土壌化学性の分析法の多くは、分析試料に抽出液の一定量を加え、目的とする土壌養分を攪拌または振とう抽出し、濾過後濾液を分析機器にかける方法がとられる。分析前のこれら一連の操作(分析前処理操作)の機械化は、分析機器の開発と比べ遅れており、効率的な土壌診断を進めるうえで隘路となっている。本装置は面倒な分析前処理操作の自動化を図り、土壌診断の迅速化と精度の向上をねらいとして開発されたものである。

機器の概要と特徴 本装置は、①抽出液の添加—抽出管に試料を投入し、電動式ポンプにより一定量の抽出液を自動分注する、②抽出操作—攪拌抽出方式により一定時間土壌養分の抽出を行う、③濾過操作—ペリスタポンプを用いた強制濾過方式による、の3工程の操作を全自動化しているの、試料を抽出管に投入するだけで自動的に抽出濾液を得ることができる。

本装置の概要は第1図に示すとおりである。抽出管(150ml)はガラス製で底部に濾紙をセットし、試料を投入後本体にセットする。分析項目によって抽出液の種類、

抽出液量及び抽出時間が異なるので、前もって抽出条件を選択し、セットして置くことにより、目的とした抽出条件で操作を行うことが可能である。また、攪拌抽出、濾過の操作を最大4回繰り返すことができ、濾過後抽出管内を攪拌プロペラで洗浄する操作も行えるので、これらの操作を行う塩基交換容量(CEC)や交換性塩基の分析が極めて迅速に行うことができる。

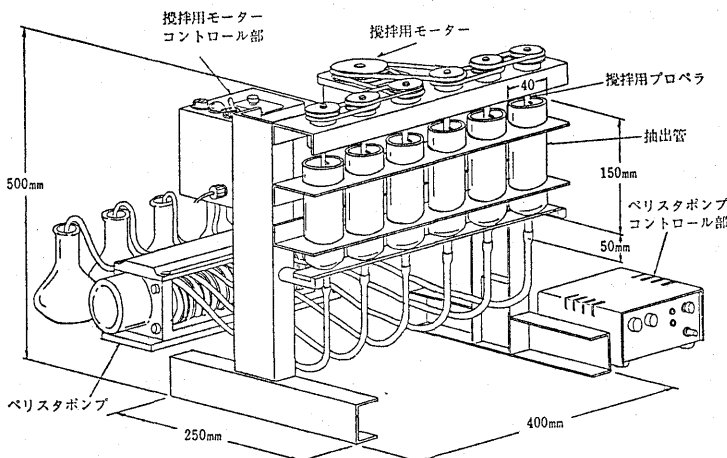
本機器の性能 本装置は交換性塩基、CEC、トルオーグリン酸のほか、重金属、熱水可溶性成分及び水抽出成分等の分析前処理操作に幅広い活用が期待され、従来法による分析結果との比較検討が行われている。これらの結果によると、交換性カルシウム、同マグネシウムは、本装置の抽出条件(土壌と抽出液量との割合、抽出時間など)によって分析値が異なること、換言すれば従来法と一致する本装置による抽出条件を選べば、従来法とよく一致することが明らかにされている。今後本装置の実用化に際しては、分析項目ごとに最適の抽出条件の検討が必要となる。なお、CEC、交換性塩基、トルオーグリン酸については中司らによって詳しく検討され結論が出されている⁹⁾。なお、熱水抽出ホウ素については、ガラス抽出管からホウ素の溶出、加熱時間によるデータのバラツキの問題、粘土含量や有機物含量の多い土壌で抽出操作が困難となり測定値が低くなる等、いくつかの問題点が残されている。

(K. K. 富士平工業開発)

土壌 EC メーター

分析項目 土壌中に EC センサーを挿入し、現地における EC 値(電気伝導度)を測定する。

機器の概要と特徴 土壌中の EC 値の測定は、従来法では土壌を乾土 1:水 5 の割合で攪拌し、懸濁液について電気伝導度計により測定する方法が行われている。この方法は、作物が生育している水分条件とは全く異なる条件で測定するので、現地における EC 値とは異なることが予測される。ここに開発されたセラミック製 EC センサーは、現地でセンサーを挿入するだけで EC 値を直読できるよう考案したものであり、このよ



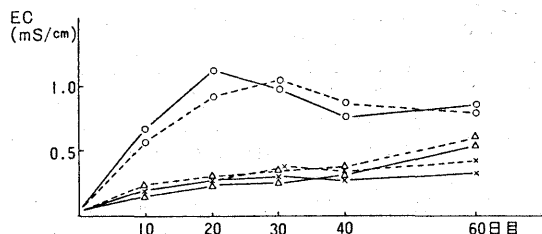
第1図 装置の概要

Kazuo ISHII: Present Status of Soil and Plant Analyzer Development (2). 農業技術 43 (12), 1988.

うな EC メーターはこれまで開発されたことはない。また、測定位置に埋設固定しておけば、EC 値の変化をリアルタイムに測定できるという特徴がある。

診断の意味 乾燥地帯や干拓地土壤では、土壤溶液中に多量の可溶性塩類が含まれ、いわゆる塩類土壤が分布している。土壤中に塩類濃度が高まると浸透圧の高まりによって作物は養水分の吸収が阻害され、発芽障害や生育障害が起こる(塩類濃度障害)。塩類濃度障害は、わが国では多肥栽培が行われる野菜作、とくに施設野菜作で認められ、塩類集積及び塩類濃度障害との関係を示す指標として EC 値の測定が広く使われている。また作付前の EC 値から残存施肥窒素量(硝酸態窒素)を推定する手法としてこの測定が行われている。EC 値の測定は野菜畑の土壤診断には欠かせない重要な分析項目である。

機器の性能 EC センサーによる測定値を、塩化ナトリウム標準溶液を用いて測定し、電気伝導度計による測定値と比較した結果によると⁹⁾、電気伝導度計よりも全般に低い値を示したが、その差は小さく許容範囲内であり、また個体間のバラツキも小さく、センサーの完成度は高いと判断されている¹⁰⁾。圃場における測定事例(第2図)によると¹⁰⁾、EC の経目的変化は動きのある土壤溶液(ポーラスカップで採取)の EC 値の変化によく追従しており、現地の EC 値をリアルタイムに測定できる



EC センサー、ポーラスカップ埋設部位：○-20cm △-40cm
×-60cm — EC センサー指示値 -- 土壤溶液 EC 値

第2図 土壤大型カラム中の施肥分に対する EC センサーの応答性

注) カラム直径 30cm, 長さ 100cm 充填土壤 赤黄色土
散水量 30mm/回/3日 施肥量 10a 当り N15kg

機器としてその実用性が高いと評価されている。

本器のセンサー部と土壤との接触面積は小さく、微量の土壤溶液の EC 値を測定するので、埋設位置によって EC 値の差が大きい土壤では、他の土壤によるコンタミには注意して埋設することが必要である。EC 値は土壤水分の変化に伴い変動するので、現地の EC 値の測定に併行して pF 値を測定して置くことが望ましい。本器の測定可能な土壤水分は、pF 2.7~3.0 以下とされている。また、本器は携帯用としても利用できるが、土壤へ挿入後測定値が安定するまでには 3~4 時間を要す

るので^{9,10)}、測定地点を特定し、長期にわたる EC 値の推移測定に有効な機器である。

今後、本機器が現地において有効に利用されるためには、測定目的に応じたセンサーの埋設位置(深さ、施肥位置との関係)及び測定時期の検討が必要である。また本測定法による EC 値を指標とした基準値の作成も、当面緊急を要する研究課題である。

(K. K. 藤原製作所, K. K. 電気化学計器共同開発)

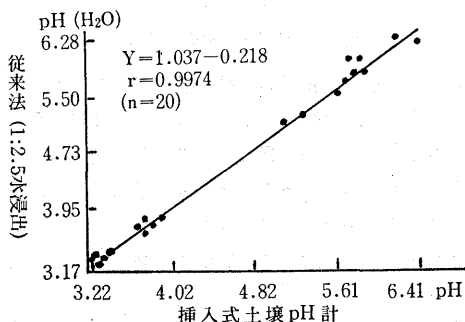
土壤挿入式 pH 計 SPAD: pH S-33 型

分析項目 現地土壤の酸度 (pH) の測定を行う。

機器の概要と特徴 本器は現地において直接ガラス電極を土壤中に挿入し、即時に土壤 pH を測定する携帯用の pH 計である。pH 計を圃場に挿入して置き、経目的な土壤 pH の推移を測定することも可能である。従来使用していた pH メータのガラス電極は破損し易いため、本器の pH 電極は破損しにくい形状に工夫されており、またテフロンジャンクションの採用で液絡部の面積を拡大させ、内部液を補充することなく、長期間の使用が可能としてある。

診断の意味 土壤 pH と作物生育の関係は極めて密接である。土壤 pH が作物生育に及ぼす影響は pH の高低ばかりでなく、pH の変化に伴う土壤化学性の変化(有効態成分や微量元素の溶解度が pH によって変わり、あるいは有害成分が溶出する)、さらには土壤病害に対する抵抗性が pH によって変わるなど多くの要因が複雑に関連して作物生育を規制する。作物の種類による好適 pH の範囲も異なる。多くの試験成果を総合して、作物別の適正 pH 範囲が明らかにされており¹¹⁾、土壤診断の基準値として利用されている。

機器の性能 本器による測定値は従来法(乾土 1 : 水 2.5 懸濁液、ガラス電極にて測定)と比較した結果(第3図)、両者の間に高い相関が認められ、直線の勾配も 1.0 に近似し、従来法とよく一致する結果が得られている。



第3図 土壤 pH 測定結果(従来法との比較)

注) 供試土壤: 細粒黄色土, 細粒灰色低地土, 砂丘未熟土, 厚層多腐植質黒ボク土

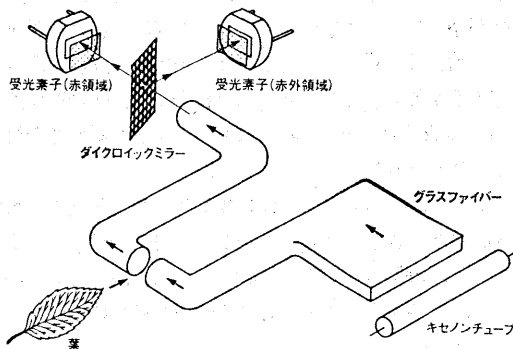
挿入式土壌 pH メータの圃場への電極挿入は水田や高水分の畑地では容易であるが、低水分の畑地では土壌硬度が高まり、挿入が困難なことがある。また、土壌水分の変化により pH の測定値が変動することが予測され、これらの関係が土壌の種類によっても異なると考えられる。これらの問題は土壌 pH の測定が現地で測定可能とによって生じた問題であり、EC の現地測定の場合と同様、今後実用化の段階で明らかにしなければならない問題である。その解明によって、本器の現地での活用がより有効なものとなる。

(K. K. 藤原製作所, K. K. 電気化学計器共同開発)

葉緑素計 SPAD-501

分析項目 農作物の葉中に含まれる葉緑素含量を非破壊的に測定する。この測定値より農作物に対する窒素追肥量の策定や、各種のデータの分析に活用することを目的に開発されたものである。

機器の概要と特徴 農作物の葉色、つまり葉中の葉緑素含量は、葉中の窒素濃度と相関があることはよく知られたことであるが、本器は葉中の葉緑素含量を光学的手法を用いて数値化し(SPAD値)、これと葉中の窒素濃度との関係を明らかにし、窒素栄養診断を可能としたものであり、これまでの葉色板利用による測定値の個人差の解消と、測定の迅速化が図られている。



第4図 葉緑素の光学系原理

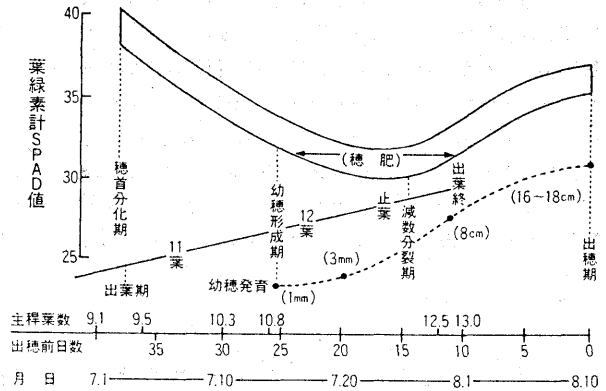
本器の測定原理は、葉緑素が強い吸収帯を持っている赤領域の波長帯と、葉緑素によってほとんど吸収を受けない近赤外領域の波長帯の吸光度の差から、葉緑素濃度を求めようとするものである。光学系原理は第4図に示すとおりであり、キセノンチューブから発せられた光は、グラスファイバーを通して測定される葉を透過し、対向したもう一方のグラスファイバーから受光部に導かれる。受光部では葉を透過した光が赤外反射のダイクロックミラーによって2光路に分けられ、赤領域と近赤外領域にそれぞれ分光感度を持った受光素子へ導かれる。

そしてそれぞれ光電変換され葉緑素含量に比例した値が得られるよう演算処理される。

測定方法は、被測定用の葉を測定ヘッドに挿入し、測定ボタンを押すだけで瞬時に測定値が表示され、農作物をそのままの状態での測定できる。コンパクトサイズで、携帯に便利となっている。

診断の意味(葉色診断について) 本器を栄養診断に活用するためには、作物ごとにどのような生育期に葉色を測定し、そのデータに基づいてどのような施肥管理を行えばよいかという、作物ごとのソフトの開発が必須である。

現在のところ水稻を中心にソフトの開発が進められており、いくつかの報告がある^{12,13)}。宮城県では水稻栽培及び葉色測定に関する数多くの調査データを基礎に、県下の水稻ササニシキの良質安定多収生産に必要な期待葉色曲線(第5図)を求めている。これによると、幼穂形成



第5図 ササニシキの期待葉色曲線

期及び減数分裂期の期待葉色(SPAD値)はそれぞれ34, 30を示し、その葉色値を幼穂形成期と減数分裂期における穂肥要否判定の指標としている¹²⁾。葉色値から追肥量を策定(定量化)するためには、さらに生育診断や土壌からの窒素供給量の予測値などの情報を加味したプログラムの作成が必要であり、現在各地で鋭意研究が行われている。今後この場面での葉緑素計の活用が期待される。

(K. K. ミノルタカメラ開発)

3. 現在開発中の機器

SPAD委員会では、新たに考案された機器や診断用に改良された既存の機器について、その性能及び実用化に向けての測定法の検討等を行っている。以下の機器は現在検討中で性能については結論が得られていないが、開発のねらい、機械の概要を中心に紹介する。

土壌用有効積算温度計

開発のねらい 地温は土壌中の有機物の分解による土

壤窒素の無機化、肥料・土壌養分の溶解度及び根の生育を通じ作物生育に影響を及ぼす。近年、地温と土壌窒素無機化量に関する研究が進み^{14,15)}、地温の変化から土壌窒素無機化量の予測が可能となり、その診断結果を作物栄養診断による施肥法の策定に活用する道が開かれつつある。ここに考案された土壌用有効積算温度計は、温度センサーにより地中温度を測定するとともに有効積算温度及び反応速度論による窒素無機化量の計算に必要な温度変換日数を算出するコンピューターが内蔵されている。

機器の概要と特徴 本器は①1日の平均土中温度(DMT)の測定(1時間ごとに測定し、日付が更新したときにDMTを算出し、毎日累積する)、②1日の平均有効温度(DET)を求める(1日毎に測定し、毎日累積する、基準温度は15°Cを使う)、③1日の平均温度変換日数(DTS)を求める(1日の平均土中温度変換日数を、予め入力しておいた活性化エネルギーと標準温度25°Cを使い算出し、測定期間毎日累積する。

以上のとおり、本器は地中温度の測定に加え、土壌窒素無機化量の予測に必要なデータが算出、記録され、地力窒素診断への活用が期待される。現在現地測定によってその性能を検討中である。(K. K. 藤原製作所開発)

葉緑素計 II型

開発のねらい 本器は前記葉緑素計 SPAD-501 を改良し、普及型として開発されたものである。

機器の概要と特徴 普及型として改良された主な点は次のとおりである。①単葉の測定法が挿入式からはさみ込み方式に改められたため、キャベツのように凹凸のある葉ではとくに測定が容易になっている。②コンピューターの組込みによってデータ処理が効率化し実用性が高まっている。なお、現在の装置は機差の修正機能がないことから、実用化に不可欠の機能として現在改良を進めている。(K. K. ミノルタカメラ開発)

群落葉緑素計

開発のねらい 前記の葉緑素計が単葉の葉色を非破壊的に測定するのに対して、本器は群落状態で葉色を非接触で数値化しようとするものである。葉緑計は単葉を対象に測定するため、測定値に個体差があり多数の測定が必要であるとともに、作物の葉位、単葉の測定部位によって葉色が異なるので、事前にこれら測定法を検討して置かなければならない。本器はこれらの問題を回避し、測定法の簡易化をねらいとして考案されたものである。

機器の概要と特徴 本器の測定原理は、緑色部及び近赤外部の二波長における葉面反射率比は、葉緑素含量と高い相関を持つことにより、この反射率の変化を検出してその比から葉緑素含量を測定している。本器の

特長は前にも述べたとおり、非接触により葉色診断を可能にしていることである。

群落葉色計は従来の葉色計の代替として利用できることが認められているが、本器は次のような測定条件によって測定値が異なるという問題が残されている¹⁶⁾。①対象物からの仰角の違いが測定値に影響し、仰角を小さくすることが葉色計との整合性を高める。仰角を小さくするためには対象物との距離を長くすることが必要であるが、余り距離を長くして測定すると葉中窒素濃度との相関は低くなる。②曇天、晴天の違いで結果が異なる。これは天候状態によって反射光の強度が複雑に変化することによると考えられ、測定法及び機械性能面での改良を含め現在検討中である。(K. K. ミノルタカメラ開発)

茎かん挫折性試験器

開発のねらい 稲・麦等の茎かんの強弱は耐倒伏性に関係がある。そこで茎かんの挫折抵抗性を測定し、挫折性に関する品種間差異及び土壌・施肥管理法との関係を明らかにし、耐倒伏性品種の育成や倒伏防止のための肥培管理法を確立するための診断手法として本器が開発されている。

機器の概要と特徴 挫折抵抗の測定は長さ約10cmの茎かんを採取し、ホルダーとフックの間を通してホルダー上に茎かんを固定し、一定の速度(電動)でフックを移動させて茎かんを挫折させ、挫折時の茎かんの抵抗値を測定する。

倒伏に関与する作物体からみた要因は、挫折抵抗値に加え、節間長、生体重が考えられる。今後本器を倒伏に関与する作物の診断に活用するためには、施肥管理法の異なる条件で生育時期別の測定値の集積が必要であり、これらと節間長、生体重等の生育状況との関係を検討することが肝要である。(K. K. 木屋製作所開発)

土壌・作物体総合分析計 SPCA-626 PC 9800 シリーズインターフェイス

開発のねらい 前報で紹介した総合分析計 SPCA 626 のデータをパソコン PC-9800 シリーズに直入するためのインターフェイス及び検量線の作成、濃度のデジタル化が可能なプログラムの開発を行う。

(K. K. 島津製作所開発)

あ と が き

2報にわたって SPAD 委員会において開発及び開発中の診断機器の概要を紹介した。これらの機器が診断の精度の向上と迅速化に著しく寄与するものと期待される。しかし、診断において最も重要なことは、診断にふさわしいサンプルを選んで分析することであり、徒らに

分析点数をこなすことが目的ではない。それには診断のねらい、診断の意味をよく理解し、それに適したサンプリングを行うことである。現地測定用の機器においては、同様にどのような時期・位置を測定するか、測定法が診断の結果を左右する。診断機器の中には、ECセンサーのようにこれまでは室内実験により測定していたものが、現地で直接測定が可能となり、作物生育との関係究明により有効なデータが得られるようになってきている。しかし測定条件が全く異なるので、新しい測定法による診断基準の作成が必要である。また、測定項目が診断の目的ではなく、ソフトの開発によって診断の目的が達成する機器がある。これについては各項目のところでも述べてきたとおりであり、試験研究機関において早急な解明が求められよう。(農業研究センター土壌改良研究室長)

引用文献

- 1) 藤本 潔：土壌・作物体分析機器開発事業について，肥料時報，No. 1, 30~33 (1985)
- 2) (財)農産業振興奨励会：昭和56年度分析機器システム開発委員会検討資料 p. 13 (1982)
- 3) 鎌田春海：土壌診断のすすめ方と診断システム，農業技術大系，土壌施肥編，4「土壌診断・生育診断」，II土壌診断，基本 p. 46~60 (1984)
- 4) (財)農産業振興奨励会：昭和58年度土壌作物体分析機器システム開発委員会検討資料 p. 3 (1984)
- 5) 石井和夫・神田健一：オートコアサンプラーの性能試験，日土肥学会講演要旨集，33集，p. 287 (1987)
- 6) 岩間秀矩・石井和夫：重粘性土壌に対する砂客土による易耕性改善効果，土壌の物理性，30, 7~14 (1974)
- 7) (財)農産業振興奨励会：昭和57年度土壌作物体分析機器システム開発委員会検討資料 26~85 (1983)
- 8) 中司啓二・柳井政史・清水義昭・足立嗣雄：攪拌抽出法による塩基交換容量と交換性塩基測定の迅速化，日土肥誌，58 (4), 480~483 (1987)
- 9) (財)農産業振興奨励会：昭和61年度植付前土壌等診断機器実用化事業実績報告書，42~46 (1987)
- 10) (財)農産業振興奨励会：昭和61年度植付前土壌等診断機器実用化事業実績報告書，51~54 (1987)
- 11) 伊達 昇：土壌 pH，調査・分析項目の意味と診断，農業技術大系，土壌施肥編，4，土壌診断・生育診断，基本 104~108 (1984)
- 12) 中鉢富夫・浅野岩夫・及川 勉：葉緑素計による水稻(ササニシキ)の窒素栄養診断，日土肥誌，57 (2) 190~193 (1986)
- 13) 丹野文雄：総合計量化方式によるコシヒカリ，ササニシキの生育予測と診断技術，日土肥誌，59 (4), 423~428 (1988)
- 14) 杉原 進・金野隆光・石井和夫：土壌中における有機態窒素無機化の反応速度的解析法，農環研報，1, 127~166 (1986)
- 15) Yoshino, T. and Dei, Y.: Patterns of Nitrogen release in Paddy Soils Predicted by incubation method, TARQ, 8, 138 (1974)
- 16) (財)農産業振興奨励会：昭和61年度植付前土壌等診断器実用化事業実績報告書，66~74 (1987)

訂正：前報①の P484 右段17~21行目「なお，以上は……開発されている。」の文章は，次の陽イオン交換容量測定装置の説明文のため，P485 右段13行目の機器の概要と特徴の項の最後に入ります。訂正いたします。

◇駐日英国大使館広報新聞から◇

作物のスプレー液の散布量チェック機器 第88/491号(1988年9月26日) ルアマーク社は，作物への散布に先立ち，スプレー液の均等性を現場でチェックする可搬型で価格の非常に安い機器「ルアマーク・パタネータ」を製品化した。正しいノズル流量を定めて，スプレー・ブームの下にこの機器を移動させると，ブームは必要な高さにセットされ，サンプル・テストを行う。長さ3mのこの機器に付けた一連の容器にスプレー液が収集されると，機器は元の位置に戻り，傾斜してスプレー液を目盛りの付いた試験管に流し込み，その液量からスプレーされた水量のパターンを正確に知ることができる。試験農場，園芸農園のスプレーのテストに好適である。

土壌の温度管理用サーモスタット/温度計 第88/499号(1988年9月22日) プライローン社は，作物の最適な生育温度を維持する温度計/サーモスタット組合せ機器「プライローン」(Prylorn)を開発した。サーモスタットはダブル・スイッチ形式のもので，土壌温度を正確に管理し，作物の最適生育温度を保つ。各種の土壌加熱

系や通気系に使用でき，温度変化を記録し，最高及び最低温度を記憶する。2つある制御点で1℃という精密な温度管理をセットでき，2つの出力スイッチは個別に作動する。「低温」スイッチは，加熱体を制御し，「高温」スイッチは換気ファンまたは通風口を制御するもので，温度がセットした最高温度を上回った時にこれらを作動させる。温度に対する精度は±1℃で，サーミスタ・タイプのセンサを使用している。温度は液晶ディスプレイに連続的に表示される。

果物・野菜の選別機 第88/591号(1988年10月19日) ロクトロニック・グレイダー社は，7tものイモまたは果物，野菜などを1時間で自動的に選り分け，梱包するシステムを開発した。リンゴ，オレンジ，トマト，ピーマン，玉ねぎなどが対象である。コンベヤの上を農作物が動いていくと，テレビカメラが高速コンピュータでもって，それぞれの長さ，最小・最大幅，適切形状との合致そして総収量などを記録する。また，自動的に重さをはかり，サイズ・重さ・形状によって分別もできる。

問合せ先：東京都千代田区1-1 英国大使館広報部・tel 03-265-6340~9