

海外農業開発

MONTHLY BULLETIN OVERSEAS AGRICULTURAL DEVELOPMENT NEWS

1980 11

- 中国の農業開発とリモート・センシング
- 木炭製造についての一考察

社団法人 海外農業開発協会



1980-11

中国における遠隔探査応用解析システムの

導入に関する提案 1

木質系エネルギー，パルプスラッジ利用

人造木炭製造についての一考案 8



中国における遠隔探査応用解析システムの導入に関する提案

中国の大規模農業開発に取り組む場合、広大な国土の植生などに関する情報の収拾は欠かせない。その有効な方途として空中写真測量で実績のある「餉きもと」（本社東京）が「中国におけるリモート・センシング（遠隔探査）応用解析システムの導入に関する提案書」を作成し、このほど中国の関係当局へ提出したが、もとより中国側も本システムの導入に関心を示しており、実際に活用されることになれば農業開発の推進に大きく貢献しよう。

次に紹介するのは、提案書の中で特に農業分野にふれている部分を中心にした要約である。

概 要

リモート・センシング技術は、中国が4つの近代化を進めるうえで、不可欠な情報源であるといえる。しかし、ランドサットのデータの利用を想定した場合でも中国全土をカバーするためには700枚近くの画面が必要になってき、同時にこれらデータから必要な国土情報を収拾するには膨大な処理機能が求められる。リモート・センシングデータの解析・処理は、情報処理機器が自動的に解析の結果を出力するのではないので有効情報を抽出し、活用するためには、国土に関する地質・地理・環境・都市など周辺に関する知識および技術のバランスをはかることが大事である。従ってここで提案したシステムの基本的な考え方は、リモート・センシングデータの解析上どのような要件があるのか、また、どのようなデータ解析システムが必要かを明確にした。

実際に中国全土にこのようなシステムを導入する場合、単一システムによる実践を試み、それによる周辺の事実・情報を収拾整備していく段階から始め、実用上の問題点を改めてシステ

ム側にフィードバックするプロセスを採用すること、その結果としてリモート・センシングデータ解析を中規模システムに更新し、最終的には中国全土の近代化に役立つような形でシステムが総合化される方向を確立すべきである。

リモート・センシングの応用分野

リモート・センシングの応用分野は、地球的なレベルで自然の生態を把握するほか、都市・農業のような人工的に変化するものも対象になる。地球科学的な分野では、海の動き、太極的な気象、地球レベルでのエコロジカルなダイナミックス、熱や水の収支などを測るのに役に立つ。海洋気象、地質、地形などの応用はその代表的な例である。また、地球資源（エネルギー資源、食糧資源、水資源、森林資源、鉱物資源など）、あるいは経済圏のひとつの資源として、土地利用などを考えれば、これら資源に対しての良き管理、運営に必要な情報を収拾し、推定・予測・評価を行うなど、多方面に応用できる。

1. 農業への応用

① 土壌タイプの識別

農作地に適した土壌タイプであるか、有機物が豊富または微小であるかといった判定、さらには同一土壌の含水変化を考え土中水分の定量化を行う。

② 作付量の推定

ある程度農地が開発、開墾、運営されている場合、どの畑にどのような作物が耕作されているかという評価を可能にする。

③ 作物の生育度評価

作物のタイプ、作物のカレンダーなどがわかれば作物生育度が評価でき、それに応じて収量予測、生育度を助長するような対策がたてられる。耕作技術を適用するための意志決定にも用いられる。

2. 森林への応用

森林タイプ、植生タイプ、広葉樹、落葉、常緑、針葉などの植生タイプを分類する。また、その生育度、樹間距離あるいは生長度など生育の評定・気候などの相互作用メカニズム、潜在植生図、森林などで生成されたバイオマス、特に材積量の推定が可能になる。葉中水分などの

算出によって保水量の評価もできる。赤外線映像などの場合には、森林火災の早期発見ができ、森林資源の枯渇を予防する役割も果す。

3. 地質・地殻への応用

地質、地盤調査など広域的に地形を眺め、土地構造地盤の調査を行う。岩石のがれきの大きさなどの測定、水分の測定にも適用される。特に地質、地殻構造の地表にあらわれる。広域的なリニアメントを調査する方法としてリモート・センシングがよく活用される。地殻構造のパラメータである熱容量、熱慣性などの測定により地下の情報収拾ができる。

4. 水資源開発利用への応用

水系は季節によって異なる。保水量と直接的水系および水域に関する水資源の総量は雨量から推定できる。また、都市域や村落などの人間の社会経済活動、一定の野生動物が生息するための需要量、生存必要量などの算出にも活用される。

5. 海洋水産資源の開発

水質の変化は、河川・海洋・沿岸域などの水の性質を調べることで、陸と海との相互作用がつかめる。たとえば河川汚濁の拡大程度は、拡散水域と両後日数との関係を調べることで水系の流れのパターンを明確にする。

6. 各応用分野ごとの処理手順

リモート・センシングデータの応用処理手順は、処理目的、必要性によって差がある。

1) 土壌タイプの識別

農地開発、農業管理の面から土壌タイプの識別は重要である。土壌内容有機物の代償土中水分は分光的な性質が異なっているので、この点を配慮して土壌図を作成する。ランドサット間のデータから土壌図を作成する試みは種々行われているが、リモート・センシングデータを用いる場合には、大きく次の3点に留意しなければならない。①植生の有無によって土壌の情報が常に表面に出ているとは限らない。②季節の度合いによって被覆の程度が異なっている。③土中水分の影響なども地下水の高低、風の強さ、観測時期前後の降雨量などで異なる。

他の植生の生成や土中水分などの情報に比べて静的な情報は比較的得られやすい。ランド

サットから土壌図を作成する処理手順を次に示す。

① 幾何補正

土壌図を最終的に地図と整合させるため、スケールを測るべき縮尺に合わせる。同時に一般には人工衛星などのデータはひずみを持つので、すぐに幾何学的補正を行う。

② 粗分類

幾何学的に補正されたデータに基づき粗分類を行う。他の方法が未知の場合には、この分類により解析すべきエリアの地域を決め、一般には教師なし分類などクラスタリング手法で細分類する。

③ フィールド固定

粗分類の結果は、その空間的な形状から位置固定を容易にする。たとえば池の所在、川、森林地帯、山の位置、村落地帯など。また、特定の植生については、農地などの形状が四角い矩形に近いところから地上の対象の固定を可能にする。地上の対象点をこのような粗分類により、データのクラスに相当する分光的な特性をリモート・センシングデータの統計からみる。また、その統計のスペクトラルな分光特性の形状をみると地上のクラスについてある程度の推定が可能になる。たとえばどのバンドに対しても低い値を示す部分は、水、水域、影で緑および近赤外が強い反射を示す部分は植生の部分と理解できる。その湖と考えられる形状、植生の部分が四角の矩形のように分布していた場合は、池、湖、畑地といった判別を加えられる。つまり粗分類から導き出される結果の空間的な意味あいから他の情報、地表の状態が何であるかが推定される。また、前後の気象、たとえば雨量、風速、風向などから特定のパターンを読む。山、野火のようなものであると風向きにそって広がっている。前後の気象を考えると特定の地区が降雨のために湿度が多くなっているのか、風が強く吹いたために他の所より乾燥の度合いが激しいのか、といった情報を加えることができる。

2) 裸地等の半読

上述③の方法で純性の裸地か、植生が伴っているか、土壌を伴っているのかを区別する。そのときに植生の被覆率が高い地区、たとえば生育のよい栽培地区などを選択し、対象植生被覆地のスペイトラムなどを算出しておく。

① バンド5とバンド7の有効性検討、植生の被覆がある場合、その地区にバイオマスに比例した量は多くがバンド5とバンド7の関係である。B5とB7の比、あるいはその平方根 $B5 \cdot B7$ の和と差とがよく用いられる。この比の値を求めて植生に覆れた土壌地区

の推定をする。次いで土壌タイプを分けるために種々の指標を計算する。たとえば裸地の判読で求められた100%の植生地区を乗数アルファ・ベータとして、ベータ・マイナズB7、ベータ・5・マイナズアルファのような比画像の式をインデックスとし、植生図を得ることができる。

② 緯度・経度からの収録

緯度・経度で収録した結果を地上調査と照合して確認する。ここで基本になるのは気象データで、雨後の日数、雨量、風向、風速、などの基礎データが参照され、その比を決めるパラメータとして有効比の形式または100%植生地区を固定する。トレーニングサンプルデータの意味を十分吟味しなければならない。

3) 土中水分の推定

ランドサットだけに頼ると異なる土壌に同じ画像を与えたり、逆に土壌や土中水分が同じでも異なる画像を与える結果もあるので不確定である。これは表面が風で乾燥してしまうような植生の影響などがあるからだ。従ってこれらの問題点を留意しながら土壌タイプと同じように気象データを参照することが重要になる。そのうえで土中水分を推定すれば近似値は高まる。手順としては、時期の異なった時系列的なデータを次のように用いる。

① 幾何学的な補正をした時系列的なデータの重ね合せを行う。

② 植生に覆われている部分を識別する。識別の結果、そこで計算された分光的なデータを土壌指標の作成上コンスタントを決めるために行う。

③ 二つのシーズンに対してソイルインデックス指標を作成する。一般に土中水分の変化に対して土壌タイプが変わらないとするとソイルインデックス変化は、その土壌が乾燥または湿っているかによって異なってくる。同じ場所での変化、ソイルインデックスの変化を求めることによって、水分と関係した量が得られる。つまり二つのシーズンのソイルインデックスの差、または比を用いることで土中水分の推定が可能になってくる。そこで得られた結果を実際にグラントルースから参照して、その意味付を確定する。

4) 作付の算出

作付面積の算出は、基本的収量予測の基礎的データになるが、作物の種類は地方ごと季節によっても違うので、季節ごとの作物カレンダー（たとえば夏にはトウモロコシ、春には小麦が生育しているというような）を前提として考えねばならない。

その地区の緯度・経度においては作物カレンダーを基礎におく。時期的なりモート・センシングデータを基礎に作物分布の面積を算出する場合には、その目的とする作物カレンダー

の時期を選んで解析する。その第1は作付が判明しているときの適作地探しである。リモート・センシングデータをディスプレイし、地図などとも付け合わせしながらトレーニングフィールドを選択していく。第2の手順は、トレーニングフィールドを選択した結果を教師付分類で分類する。そのおりには、各型ごとの分類制度を挙げるためにフィールドあたりの分類や、そのピクセルの回りの状況を加味しながらピクセルをポピュレーションが優性なものに判定してしまうような分類方法、すなわちパーフィールド分類、あるいは空間的なテクスチャーを考慮した分類方法を行う。ここから導き出された結果を用いて分類計算をし、分類地図を作成するが、確率密度の信頼レベルの設定をする場合もある。信頼レベルの高い部分とそうでない部分をレベル設定し計算をする。そのようにして得られた分類、結果中で目的とする作付に分類されたクラスの画素数を算出することで面積計算ができる。その場合の誤差の算定として、モデル分類がどの程度自らのもとのフィールドに対して再分類することが可能かを知らなければならない。そのためにトレーニングフィールドのパフォーマンスを計算すると同時に、そのモデルが別のフィールドに対してどの程度のパフォーマンスを持っているか算出する。テストパフォーマンス・マトリックスを求めて全体的な誤差の推定を行い、作付のエラー、作付の面積とその信頼度について算出することができる。

5) 雨量の推定

その地区の雨量の程度を知ることは、新しい農業開発、あるいはその年の雨量を推定するうえで重要な課題である。リモート・センシング、特に気象衛星から得られたデータを用いて、その地域の雨量を推定するモデルが開発されている。これは積雲層、積乱雲など、雲のタイプの割合を算出し、また、雲の輝度温度を評価することを前提としている。

手順としては、第1に雨量推定に必要な雲のタイプを気象衛星のデータから分類する。第2にその分類された結果から、それぞれの雲の面積率を算出する。第3に赤外などのデータを用いて雲の輝度を算出、回帰分析用のデータにする。そのデータを線形結合として気象データなどを結びつけてモデル化した係数を決める。全体的な地域ごとの雨量マップの作成にはこれらのモデルが使われる。

6) 農作物育成度の分類地図の作成

ある季節における農作物が季節に応じて十分な生育をしているかどうか、リモート・センシングデータで算出する。この場合にも農作物がいつ、どこで、どのように作られているか、また、作りうるか。たとえばむねの間隔、農作物カレンダーはいつの時期が最大の生長時期なのか、また生育したとき、むねの間隔に応じて100%葉が覆っているか、縦に伸びるよ

うな作物であるか、といった諸点を配慮する。

作物の生育度マップの作成には、比画像が重要な役割を果たす。ランドサットデータではB7とB5の比を作る。情報が判っているときは、そのうえに比画像をオーバーレイしていかねばならない。グラントルースあるいはその作物の近赤外の反射が季節的によりどう変化するかという点が解析の精度を左右する。

一般に目的とする時期にその地区が雲におおわれていることもあり、全平野が雲のないデータであるとは限らない。従って作付面積が既知であれば空のない部分について限られたフィールドのサンプリングを行って推定する。全体に対してはサンプリングしたエリアに推定補間をする。

7) 収量予想

収量の予想は作付面積が判明しているときと作付面積だけに比例させる場合の2つに大別される。

作付面積からその年の気候だけに応じた気候モデルで十分予想できる場合と耕作技術が高度で単なる作付面積と気候だけでは予想できない場合とがある。日本における稲の場合をみると7月下旬から8月上旬のデータが収量にかなりよい相関をもっている。この例にみられるように作物別の作付収量を予想するには、なるべく早い相関度の高い季節についての知識が前提となる。つまり、必要な時期に必要な作物生育が芽ばえているか、あるいは出穂のように分光的な傾向が顕著に変るような時期はいつか、さらにはその時系列的に変化したデータが必要な生育度曲線を描いているかどうか、などをみなければならない。そのためには比演算処理が有効となる。

単位面積当りの収量予想モデルを用いて作付面積をかければ全体的な収量予想が可能になり、作付面積については前述したように雲にかくれている部分については内挿するサンプリングについての技術を使うことになる。

木質系エネルギー、パルプ・スラッジ利用

人造木炭製造についての一考察

海外農業開発協会専門委員 鈴木 清

代替エネルギーの見通し

これまでのところ代替エネルギーにこれといった名案がないのが実情である。ここ当分エネルギーの大半は石油が動かない地位を占めるものと考えられるが、鉄鋼業では溶鉱炉のオイルレス化が進められて、コークスが石油に再びとって代わろうとしている。ここで、われわれの身近かなところで灯油やA重油の再代替を見直してみよう。

都市の住宅構造が、すでにエネルギーの再代替を許さない事情にあるが、一部の業界や農村部では、転換が必ずしも不可能ではない。

全国の農協で組織する農業用燃料等資源資料対策委員会の調査によれば、農業用石油の需要は515万 kl （54年度）で、そのうち施設園芸用重油が182万 kl を占めている。農村用石油はこれに生活用を含めて、1,000万 kl で、わが国全体の石油需要量2億9,000万 kl の4～5%に相当するが、優先的に農林用石油が確保される保証はなにもない。

農林水産省が研究しているグリーンエネルギー計画も注目すべきプランであるが、どの案も実現までに数年ないし10年を要すると言われ、現実の解決には程遠い段階である。

筆者の考えでは、木質エネルギーの代替が最も手早いものと思われるが、わが国の木材需要の3分の2を外材に頼っている状況のなかで、森林の木材資源を燃料とすることは得策ではない。しかし木材加工過程での廃材、林地に放置されている残材などは活用の対象

となる。

末木、枝条が約1,900万 m^3 、市場での工場廃材が700万 m^3 、合計2,600万 m^3 が未利用資源として木質エネルギーに代替できるわけである。

ちなみに、今日薪や木炭の生産状況を眺めてみると、昭和30年をピークに年々生産は減少し、昭和49年、薪が435（単位1,000層積 m^3 ）木炭は75（1,000トン）という僅かさである。この問題については後述することとし、生産の減少の著しいことと指摘しておこう。

資源エネルギー庁の第一次エネルギー供給量（総合エネルギー統計53年版）に対する割合で見ると、木材工場の残廃材0.4%、林地残材1.0%、住宅解体材で1.1%、シイタケの廃材が0.03%、これらを石油に換算するとエネルギー力量は、石油金額にして5,702億円（それぞれ原油価格を1バレル40ドルとして算出）となる。

大変な未利用資源があるわけであるが、これを利用するとなると、むずかしい問題がいろいろとある。すなわち、広い地域に賦存しており、その集積輸送に経費と、石油燃料を要する。また貯材するのにかなりの面積を要するし、燃材の安定供給のため他との競合が障害となる。昨今ノコクズは家畜の飼料、肥料あるいはシイタケの培地にされていて、地域によっては安定供給がむずかしいところもある。

集約的に供給される木質系未利用資源はこ

の他、製紙・パルプ工場の廃液中にある。現在のところ、廃液中のスラッジにどの程度のファイバーやリグニンが賦存するか資料が乏しく、推定することも困難であるが、資源の回収に設備投資する余裕のない製紙パルプ業界は公害防止対策に困却していることも事実である。

この木質系資源が最も容易に集積輸送しうるものである。

筆者は、2, 3の製紙会社から廃棄物処理の相談を受け、かつまた人造炭の製造会社から原料のことで相談を受けていたので両者の利害を一致させることを思いついたのである。省エネ木質系エネルギー活用的人造炭の製造は最も今日の問題である。

パルプ製紙工業は、製造工場による環境汚染の1つの典型でもある。大量の水を使用し、工場から出る排水に大量の汚染物質を含んでいる。ファイバー等の固形物とリグニン等の化学薬品がその主成分である。廃液に大量に含まれるリグニンからは中性油、フェノール、カテコールなど多種類の製品ができるが、値段と市場性からみて余り期待できない。

樹液に多く含まれているテルペン系の物質は精油に含まれている($C_{10}H_{16}$) $_n$ という化学式をもつ不飽和炭化水素の一群である。イソブレン C_5H_8 はその n が2分の1になったもので、 n が $\frac{1}{2}$, 1, 3, 4, 6, 8…… n によって、それぞれ名称が異なる。今代表的な不飽和炭化水素は表3に示す通りである。

この揮発性油は炭化の際、気化燃焼するの

で炭材内部の数多くの孔を発生させることとなる。

木材は約70%弱の炭水化物と30%弱のリグニンからなり、その他に油脂、樹脂、精油、色素、タンニン、灰分が多少含まれている。

この主成分である炭水化物は約45%の炭素を含み、リグニンには約56%の炭素を含んでいる。熱分解のとき、炭化水素、酸、アルコール、ケトン等の化合物を分離し、炭素を残すのである。木材の炭化のときの生産物は木炭、メチルアルコール、醋酸のほか、気体として炭酸ガス、一酸化炭素、メタン、エチレン、アセチレン、液体としては、アセトン、蟻酸、プロピオン酸、カブロン酸、エステル類、アルデヒド類、炭化水素類、フェノール類である。

現在のパルプ工場では、パルピングの方法によって、クラフト法、サルファイト法のいずれかの方法を用いているが、クラフト法の場合、廃蒸煮液中の薬品の大部分が回収可能であり、サルファイト法においての薬品回収は技術的困難を伴うが、廃蒸煮液から醗酵によって、トルラ・イーストやアルコールがつくられ、また、ワニリン、酢酸、蟻酸などが回収できる。しかし、回収した副産物の価格が他の手段で生産されたものと対抗できないことが多く、回収は十分行われていないのが現状である。

上述の如く、熱量の大きい種々の物質があり、炭水化物とリグニンの配合を木材と同じ材料を混合すれば、木炭と同じ炭化が可能であることが容易に理解しうる。

表1.

副産物	量	回収物の値うち
テルペン	1.5～4.3 ガロン/製品1トン	0.2～0.4 ドル/製品1トン
トル油	180～300 ポンド/製品1トン	9～15 ドル/製品1トン
石 灰	1.5 トン/製品1トン	40 ドル /製品1トン
ソーダ灰	1.5 トン/製品1トン	40 ドル /製品1トン

出典：佐川治男、「環境工学入門」

(価格は1977年現在)

表2. 代表的木材の成分比較

	ホロセルローズ (%)	ビセルローズ (%)	リグニン (%)	ペントサン (%)	ペクチン (%)	樹脂 (%)	灰分 (%)
針葉樹 赤松	48.6～58.3	—	2.49～3.16	9.9～12.9	—	1.9～3.9	0.1～0.4
広葉樹 ぶな	51.9～61.2	—	1.83～2.42	21.3～26.2	—	0.6～1.0	0.2～1.0

出典：森本正和：紙パルプ技術予測研究会編，紙1 非木材パルプp.34（1976）

表3. 不飽和炭化水素 (C₁₀ H₁₆)_n

イソプレンの数			存在しているもの
ヘミテルペン	C ₅ H ₈	1	クマリン，キノンなどと化合
モノテルペン	C ₁₀ H ₁₆	2	精油，iridoids
セスキテルペン	C ₁₅ H ₂₄	3	精油，苦味素
ジテルペン	C ₂₀ H ₃₂	4	樹脂酸フィトール（葉緑素中に エステルとして存在するオレフ ィングアルコール）ビタミンA ジルベリン
トリテルペン	C ₃₀ H ₄₈	6	ステロール，ステロイド，サポ ニン
テトラテルペン	C ₄₀ H ₆₄	8	カルチノイド
ポリテルペン	(C ₁₀ H ₁₆) _n	n	ゴ ム

表4. 代表的木材の比重量と発熱量比較

樹 種	空 気 乾 燥 比 重 量 (kg/m ³)	空 気 乾 燥 熱 量 × 10 ³ (Kcal/m ³)
松	259 ～ 323	924 ～ 1,425
ぶ な	467	1,515

出典：C. H. ストナー編，渡辺茂監訳「手づくりエネルギー」

表5. 木材の比重量と発熱量

樹 種	空気乾燥比重量 kg/m^3	空気乾燥熱量 $10^3\text{Kcal}/\text{m}^3$
せいようとりねこ	428	1,390
ポ プ ラ	269	869
せいようぶな	467	1,515
か ば	457	1,480
ドーグラスもみ	298	1,251
に れ	360	1,195
ヒ ッ コ リ ー	527	1,710
か え で	398	1,293
オ ー ク(赤)	457	1,488
" (白)	487	1,578

出典：表4と同じ

表4, 5に木材の比重量と発熱量を示したが、パルプ材は殆んど外材であるので米材の樹種を選んだ。わが国の木炭材としては、黒炭にはクヌギを最適とし、ナラ、カシがこれに次ぎ、硬質炭の白炭はイタヤカエデ、ケヤキ、オノオレカンバなどである。白炭中世界最良の備長炭はウバメガシを炭材とし、硬質炭はアカガシ、シラガシ、ウラジロカシを良品とし、クヌギ、ナラも用いられていた。

1850年頃まで人類はエネルギー需要の90%を薪(炭水化物 $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$)で賄ってきた。

植物を燃やすとき、水分子が多いため、水は蒸発熱を奪い水蒸気となるため、燃料としての発熱量が落ちる。逆にいうと乾燥すれば生木の倍以上のカロリーがえられることになる。薪の水分含有量と発熱量の関係を表6に示しておく。

木材そのものは炭素原子と水素分子の結合したもので低カロリーである。

最近盛んに叫ばれているバイオマスを採用して、水分子を改質し、水酸基(OH)という形に変える醸酵法でアルコール燃料とすることも有望である。

表6. 薪の水分含有量と発熱量

水分含有量(%)	発 熱 量(Kcal/kg)
オープン乾燥 0	3,948
5	3,725
10	3,503
15	3,225
空気乾燥 20	3,002
25	2,669
30	2,502
35	2,224
40	2,002
45	1,890
50	1,612
55	1,390
60	1,168

出典：表4と同じ

農村のエネルギー消費を考えると、農林業生産に使用されるエネルギーは、農林水産部門全体の3分の1を占めるに過ぎない。農林水産部門の総需要エネルギーは、102兆4,000億Kcalで、その内訳は、電力3兆4,000億Kcal、灯油12兆Kcal、軽油7兆7,000億Kcal、重油79兆

3,000億kcalとなっている。

農家経済調査の物財統計から計算した総需要は、わが国の総エネルギー需要の1%に相当する。

昭和30年の部門別シェアは、電力45%、石油製品15%、薪21%、木炭3%、石炭3%、その他13%で、電力、薪のウェイトが相対的に高い。しかし、この割合はその後20年間で大きく変化し、35年には薪による消費量が統計数値から消え、電力のシェアも低下してきている。反面、石油製品の伸びが著しい。特に燃料用のウェイトが相対的に高まってきているのが特徴である。

今日、農村は農林業専業の集落ではない。それはさておき、農業生産に使用されるエネルギーより農家生活に使用されるエネルギーの方が遙かに大きい。昭和30年から昭和50年までの農村のエネルギー消費の推移も生産と生活に分けてみると、生活部面の消費が遙かに大きい。昭和30年では生活が生産の十倍ものエネルギーを消費している。このことは熱効率の悪い薪を多く使っていたことを意味し、その後急速に落ち込み、昭和50年には17%になっている。従って、自給率も急速に落ち込んで、化石燃料への傾斜を深めていることがわかる。

農家生活のなかで、昭和45年頃から自動車用ガソリンの消費が急増し、45年の14%から昭和50年には21%と上昇している。このことは生活のための移動距離が大きく、都市部に比べ公共交通施設整備が遅れていることによる。

その上、家屋の暖房にも都市と同様の快適性を求めるとすれば、より多くのエネルギーの面からとらえてゆく発想が必要であろう。

わが国での木炭の発展は、古くから養蚕と醗酵に木炭の無煙性を利用して生産に使用され、わが国独特の発展をとげた花火にもみることができる。

またわが国独特の喫茶、聞香は平安時代以前から存在したが、足利時代に至り、茶道、

香道と呼ばれる特有の芸道を完成するに至り特に木炭の質と好みが厳格となった。

木炭の製法には大別して硬質製炭法と軟質製炭法があるが、日本の築窯製炭法の技術は二種類あって世界でも独特のものである。

窯内消火法がその一つで、土をもって造った窯に炭材を詰め、点火炭化して、赤熱の炭材を窯内に密閉消火する方法で、黒炭または土窯炭といわれる木炭がえられる。原木の17~20%が炭化する。

もう一つの方法は窯外消火法で、土と石で窯を築き、炭材を詰め炭化後高温で精練をおこない、精練が徹底して白熱したものから順次掻き出して消粉（土に炭粉と灰を混ぜたもの）で被って消火する方法で、炭は灰に被われて灰色を呈し、これを白炭と呼ぶ。窯を石窯というので製品を石窯炭ともいう。同一樹種から製炭する場合、白炭は黒炭よりも硬質であるから白炭は堅炭、黒炭を軟炭ともいう。

昭和初期に窯内に出炭重量の数%の化学肥料の塩安（ CH_4Cl ）を散布添加すると、炭収率を45%以上とする触媒製炭法が考案され、技術革新が進んだ。この製法は、岩本定吉著の触媒製炭（木炭増収法）、林野共済会発行に詳しく述べられている。

本年4月20日NHK TVの「北から南から」という番組で、「ドラム缶で木炭づくり」を放映していた。神奈川県平塚市の杉山さんという農家で、自家製の木炭で殆どのエネルギーを賄っている。その製法は古ドラム缶の底に小さな穴をあけ、煙突をさし込む。このドラム缶を横に地中に半部程埋め、窯口から薪を詰め込み点火する。最初は普通の家庭用扇風機で送風し、発熱を助け、窯口を土で塞ぎ加熱炭化する。窯口に土を被せて小孔からしばらくは小型扇風機で空気を送り、徐々に塞いでゆくのゴツである。この方法で一日で製炭できるというので、附近の農家もこの杉山さんにならって自家用製炭を行っている。エネルギー代替策の自衛である。

表7. 農家におけるエネルギー消費構成割合の推移

	電力	石油製品	薪	木炭	石炭	その他(%)
昭30年	45	15	21	3	3	13
35	44	39 { ガ14 灯12 軽6 重5	—	3	8	6
40	29	63 { ガ23 灯20 軽3 重15	—	—	—	5
45	27	69 { ガ21 灯19 軽4 重17	—	—	—	4
50	27	70 { ガ9 灯21 軽6 重34	—	—	—	3

出典：宇田川武俊，農業とエネルギー

表8. 農村における生産，生活部門別エネルギー消費量の推移

(1,000 Kcal/戸)

	生産	生活	同左薪への 依存度 (%)	同左エネルギー 自給率 (%)
昭和30年	1,310	13,374	85	77
35	1,451	14,806	74	71
40	3,134	14,215	59	56
45	5,510	17,585	38	37
50	7,841	19,721	17	23

出所：宇田川武俊，農業とエネルギー

この方法は先に説明した窯内消火法で、黒炭が生産されるわけである。この方法では炭の収率は乾留炭化温度に左右されて炭焼釜の温度が高いほど炭の収率が低い。杉山さんの体験から出たノウハウは、送風を徐々に弱め

てゆくところにあるのであろう。

木材を熱分解するさい、無機塩類が接触機作を有することは衆知のところであるが、木炭の増収を目的とした研究は、炭火中の煙道口制度による炭化速度の制御、炭材中に水分

を多量に含ませることによる炭化速度の抑制を行うなどの操作が行われても白灰窯12~13%, 黒灰窯17~18%以上にあげることは困難である。そこで岸本らは、無機塩類の触媒機作を製炭のさい利用することによって収炭率を増加させる方法を開発した。

オガクズに一定濃度の塩安を浸透させ一定条件で炭化することにより塩安濃度と収炭率の増減との関係を求め、両者には対数的関係があることを明らかにし、塩安11% (重量比) 使用することにより収炭率は約2倍に増加することが確認されている。

そのさい添加の場合は炭化率は35%であったが、 NH_4Cl 1Nを1ccを加えたものは炭化率の増加率が16.2%, 5ccを加えたものが57.1%, 30ccを加えた場合は96.5%増であった。

従って、炭化率と増加率と NH_4Cl 使用量との関係は対数的で次の実験式が求められる。

$$y = 51.18\% x + 22.23 \dots\dots(1)$$

オガクズ炭の工業分析では、水分、揮発分は薬品の種類にかかわらず変化なく、灰分はカリ安を加えたものは2.84%より8.18%に増加しているが、これは KCl を含むためと考えられている。

以上の実験結果からスラッジ炭材はコロイド状を固めたものであるので、オガクズに近似のものと考えてよいだろう。勿論、炭化実験を行う必要があるが、これらの炭化にさいして尿素は炭化にさいし悪臭を発生し、カリ安は灰分の著増、硫酸は木炭中に硫黄分の含有量が増加するので、製炭の目的から塩安が比較的欠点が多く経済的である。

開発の方向

パルプ製紙工場はスラッジの放棄で環境汚染を拡散させた事例は静岡県田子の浦のヘドロ問題を持ち出すまでもなく数多く、地域住民の反撃をかってている。

パルプ製紙業界は利幅の薄い産業といわれ、環境保全や公害防止対策が遅れている分野で

ある。

残念なことであるが、薬品および水の回収と再利用が現在すべて行われているわけではない。またファイバーの回収も殆んど行われていない。

米国紙化学協会 (IPC) が開発し、パイロットプラントの運転に成功した「ホロパルピング・プロセス」が最も省エネ技術であり、リサイクルの進んだプロセスであるが、この製法の採用は工場の新設以外にない。今の業界にとって、それだけの設備投資の余裕はありそうにない。

廃棄物の資源化というとなんとなく廃物利用のみみっちいイメージがつきまとうが、廃棄物と資源との間に相違があるわけではなく、それを何如にして生かすかの人間の才覚にかかっている。

紙は、全量の40%前後が再生利用されているが、再生紙は繊維が短くなっているため最初の紙と比べ品質が劣る。そのうえ新聞紙にはインクが含まれていて漂白に手がかかる。そこで漂白しないまま使えるボール紙の内側などに使う紙を造る。これはリサイクルでなくカスケードである。

スラッジの主成分は、ファイバー等の有機物とリグニン系の薬品、そして漂白に使った石灰と珪藻土である。

ここでパルピングのプロセスを考えてみよう。概念を図式化した方が理解しやすいと思うので次の図によって説明しよう。

このフローシートから各工程間を大量の液が流れ、各工程で大量の副産物が発生する。

回収技術によって副産物、ファイバーおよび有効成分のリグニンを回収し、炭化材として活用する。また石灰および珪藻土は分離し、他の製品材料として再生する。

木炭化のプロセスを説明すると概ね次の通りであるが、個々の工程におけるハードの技術はそれ程の困難はないが、ソフトの面での研究開発にはかなりの時間を要するものと思

表9. オガクズを使ったときの炭化率

	1N (NH ₄) ₂ SO ₄	CO (NH ₂) ₂ $\frac{1}{10}$	カリ安 $\frac{1}{10}$	1N NH ₄ Cl	1N NH ₂ SO ₃ H
添加量 0	30.49	30.50	—	—	—
1	31.38	31.49	34.41	34.8	—
2	37.93	—	36.38	—	—
3	47.79	36.56	39.47	39.1	—
5	46.34	41.66	39.80	41.8	46.8
10	51.22	—	48.65	45.8	49.9
15	39.40	42.70	54.75	47.3	51.7
20	53.90	—	54.65	50.4	54.0
25	—	—	—	51.6	54.1
30	—	—	—	52.4	—

備考：アカマツ鋸屑10〜20メッシュ、10g 試料につき試験放置時間は24時間。

出典：岸本定吉ほか、「薬品による収炭量の増加に関する試験」林試研究報告 第115、1959

表10. オガクズ炭の工業分析結果

薬品名 工業分析% 添加量cc	1N (NH ₄) ₂ SO ₄			CO (NH ₂) ₂ $\frac{1}{10}$ %			カリ安 $\frac{1}{10}$ %		
	水分	灰分	揮発分	水分	灰分	揮発分	水分	灰分	揮発分
無 処 理	4.27	1.92	1803	—	—	—	—	—	—
1	4.65	3.15	—	5.29	2.73	—	4.34	2.84	—
2	5.42	2.18	—	5.84	2.69	—	5.37	2.68	—
3	5.60	2.43	—	5.38	2.61	17.12	5.45	4.23	1405
5	6.22	2.99	—	8.73	1.96	—	6.36	2.86	—
10	7.56	2.27	1564	6.54	2.69	1550	6.96	3.45	1224
15	7.53	2.24	—	6.21	2.61	—	6.79	4.52	—
29	8.13	2.58	—	5.18	1.62	—	6.89	8.18	—

出典：表9と同じ

われる。

(A)炭化材の配合

工場内でスラッジを石灰、珪藻土、ファイバーおよびリグニンを分離し、炭水化物7、リグニン3の割合に配合し、これに樹皮あるいは適当な高発熱混和剤および塩安液を添加混合し、脱水しつつホッパーから押出形成機に送る。

(B)押出成形機によって運出可能な固さの直

径6センチ、長さ60センチの棒状の練りものを成形し含水40%で乾燥炉に送る。

(C)乾燥炉は太陽熱集熱式熱風乾燥方式とし、空気乾燥20%とする。

(D)乾燥された炭材を炭化窯（図参考）に送り炭化委託業者によって製品化する。

一方、大量生産体制を確立するため、炭化燃焼装置を開発する。

(E)俵詰め製品化

木炭はスミ俵詰め（1俵15キロ）とし縄をかける。

現在、一部のメーカーでこれらの廃棄物を炭材として豆材として豆炭の製造システムを検討する動きがあると聞く。筆者らがなぜ工程の患わしい人造木炭を考えたかを述べる必要がある。

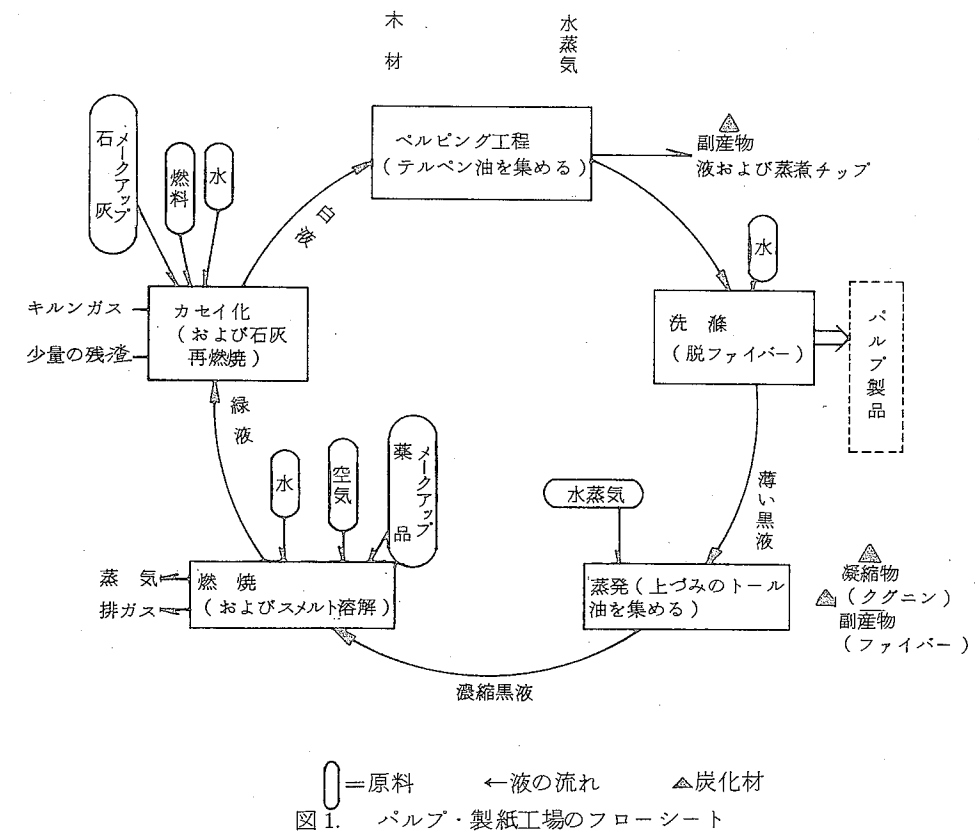
わが国の木炭の起源は古く、生活的関係は密接で木造床張家屋の無煙燃料として適当であったことと、木材資源で豊富なこと、温暖なわが国の気候に合った暖房熱源として木炭が適応していたことである。

近世の初め、佗茶趣味が流行し炉や風呂の炭にやかましい外形と品質が要求され、木炭の技術は急速な進歩を果し、さらに茶礼や茶

趣味が日常生活に融合すると、家庭用木炭の消費は急にたかまり、その上、近世にはいつわが住宅建築が室内全面に畳を敷くことになったので、畳上の燃料・暖房用として無煙の木炭の需要を増し、生活必須の生活用品として世界最高の品質を持つ木炭を造る技術が完成していることである。

1950年代から急速に木炭が家庭から姿を消し、灯油、ガスに移っていったが、木炭に対する郷愁は失なわれていない。

街角の焼とり屋で郊外のバーベキュー店、はたまた街のなかの炉端料理は若い人達や、子供づれでニギニギしい。現在の都会の住宅ではサンマやイワシの塩焼きすら容易でない。家屋の構造、台所がガスか電気しか受入れられなくなっているからで、勢い、そうした



店で郷愁を楽しむ他はない。

電気料金もガス代も値上げで、そうした店でもガスや電気から、木炭への回帰も考える傾向が強い。

話を簡単にするため、親子4人の標準世帯で一般的なサラリーマン家庭を例にとりてガス代が家計に響くか試算した例があるのでそれを借用してみよう。

統計によると、ガステーブルを食卓にのせて楽しむナベ料理に日本人は平均55分の時間をかけている。これを1時間として計算するとガスの時間当り使用量は 0.48m^3 、東京ガスの新料金で40円31銭かかる。昨年までは26円22銭ですんだものが53%も値上げしたことになる。

多量のガスを使う飲食店では、ガス代が経営を圧迫しかねない。大衆もガスで直焼きする料理より炭火の直焼きを好む。

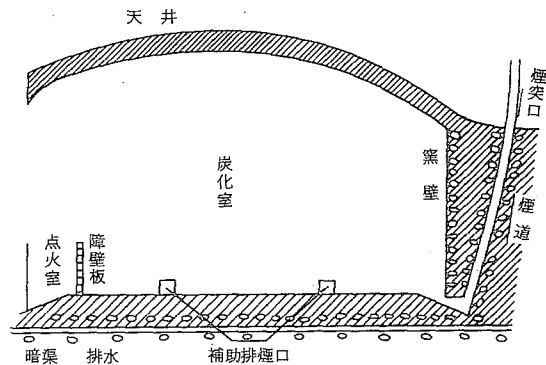
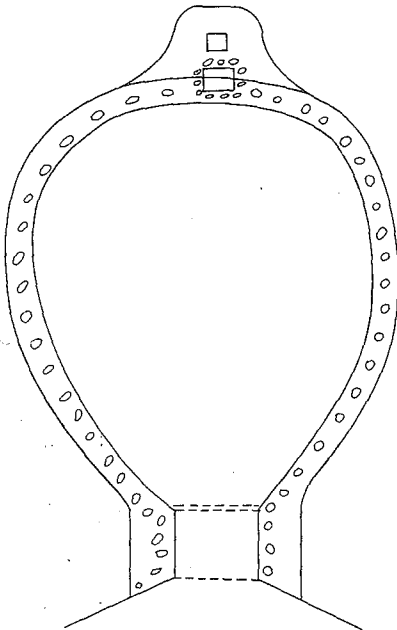
「焼肉は最古の料理である」といわれる。

愛媛県喜多郡肱川村山島坂宇唐岩谷、下敷石

の石灰洞中で発見された鹿ノ川人に伴う木炭片が、わが国の木炭の歴史の古さを示しているが、この木炭片は少くとも30数万年前の北京人の周口店洞窟のものと同時代のものと認められている。鹿ノ川人が獣肉を木炭で焼いたことは間違いないであろう。

オーブンの輻射熱を利用しての焼魚、油脂をフライパンに敷いてビフテキを焼く、はては肉や魚をクッキング・ホイルにくるんでする包み焼きなど新しい料理法が日本の台所に導入され、七輪を屋外に出してウチワでばたばたさせながら、人類最古の料理法直火焼きでサンマを焼くことは今や伝説となってしまった。

アリストテレスは、「古代の人間はすべての食物を焼いて食べた」とのべ、焼くことが料理の起源であるといい出した最初の人であるが、「昔、焼いて料理した肉を現在煮て料理することは許されるが、煮た肉を焼くことは許されない。それは歴史に逆行する料理法



であるから」と哲学的解釈を加えている。

ところが、「直火で焼くという行為は食物を火熱に直接さらすことであるのに対して、煮るという行為は水と容器という二重の媒介物によって火熱と食物をへだてている。文化というものは、自然界と人間のあいだの媒介物である。そこで、火熱という自然界の現象に水と容器という媒介物を通じて関係させる煮るという行為のほうが、直火焼きよりは文化的行為である。同じ焼くという行為でも直火焼きよりはバタ焼きのほうが文化的行為に位置づけられる」というフランス人類学者レヴィ・ストロースの形而上学が家庭の奥方どのに受入れられているが、焼魚を好む日本人は反文化的料理志向をもつ民族であっても、肥満型文化人より、より健康的であると考えべきであろう。現に男はその方を好むものである。

筆者らは、その点を重視し、木炭を人工的に製造した方が外食産業に受入れられ易いと考えた次第である。

しかし、将来の市場として施設園芸の暖房用焼材としては、商品イメージより効率的な炭を考慮すべきであろう。

今日、木炭は家庭内で使用されるのは茶道具位で産業用としては一部の飲食店でのチャコール・クック用位いのものであろう。

ちなみに今日の木炭の生産をみると、わが国の木炭の生産量は昭和30年をピークにして減少してきており、49年の生産量は30年のその4%にすぎない。49年の木炭は7万5,000トンである。

FAOの統計によると世界全体で木材生産のうち薪炭材の割合は1976年で47%であるが、先進国ではソ連が21%と最も多く、フランス10%、西ドイツ6%、スウェーデン5%、アメリカ4%、カナダ3%で、石油・石炭産出が僅少のわが国が2%と最も少ない。

木炭・薪炭生産量の推移を統計から眺めてみよう。

表11. 木炭・薪炭生産量の推移
(単位：1,000トン)

年度	薪	木炭
30	6,188	2,089
31	5,741	2,101
32	5,601	2,168
33	5,452	1,779
34	4,907	1,533
35	5,161	1,504
36	4,468	1,264
37	4,000	1,116
38	3,859	900
39	3,273	792
40	2,659	593
41	2,446	517
42	2,024	450
43	1,855	360
44	1,275	256
45	964	178
49	504	75
49/40	0.19	0.13
49/30	0.08	0.04

出典：林野統計（時系列）

現代社会生活に合せて木質系エネルギー活用のシステムは効率的集積、生産、配送など物流システムとその燃焼システムをセットすることである。効率的な原材料の集積、加工、輸送がソフトの課題である。一方、ハードな課題として、燃焼システムの確立のために各種トラブルの発生防止技術、自動制御技術、ばい塵処理技術、熱収支の向上技術などである。

木炭の主成分は前にも述べた通り、無定形の炭素であるが、高熱で精練したものほど炭素の純度は高い。すなわち275度で炭火したものは炭素81%、水素15%であるが、備長炭は炭素96%、水素0.1%、酸素および窒素各2%、灰分1.5%で熱量は黒炭平均7,158キ

ロカロリー、白炭平均7,235キロカロリーといわれる。世界最高の品質を誇る備長炭より良質の炭を望むべくもないが、一応の生産品質としては炭素95%が目標である。

木炭をつくるには生木の重量でおよそ十倍の木材が必要である。木材はよく乾燥したものでも1kg当りおよそ3,500キロカロリーの熱量しかない(表4, 5参照)

従って木炭製造原料を森林に求めることは得策でないことは前にも述べたが、廃棄物であるパルプ・スラッジは、公害対策上且つ、未利用資源の活用という点で一鳥二石である。しかし、木材と同じ成分の炭材を配合すると

いっても簡単ではない。

木材のファイバーが炭水化物のそれと同質のものではないので、添加する物質はその不足分を補うことでなければならないだろう。

最も望ましいものとして樹皮であるか、これに代るものとして草本が考えられる。

バガス、稲わら、竹、モミガラなどはどうであろうか。非木材原料の成分が木材に近い構成であるとすれば、これらを燻焼炭化し、炭材に添加することが第一である。

次に他の産業廃棄物、例えば、自動車産業から出る廃棄物の利用も検討に値いしよう。

表12. 非木材原料の成分比較 (%)

	ホロセルロース	α-セルロース	リグニン	ペントサン	ペクチン	樹脂	灰分
バガス	5.66	41.4	18.2	25.1	—	3.2	1.7
稲わら	5.17	37.3	13.1	20.0	—	2.6	18.4
竹	52.7	—	26.6	23.6	—	—	1.2

註 バガスの主成分はセルロース

稲わらにはセルロースを大量に含む

竹の灰分中シリカ多い

【出典】 御田昭雄, 佐伯 剛 22回リグニン化学討論会
20回

札幌(1977)

名古屋(1975)

表13. 廃棄物の分析結果表

	発熱量kJ/kg	水分%	灰分%	Cl分%	S分%
脱水汚泥	327	74.17	14.73	Tr	0.19
塗料カス	1,990	50.51	13.72	Tr	0.04
化成カス	5,892	41.80	32.18	測定不可	0.08
研磨カス	832	3.75	91.39	"	0.03
ヘドロ	4,907	41.11	5.13	Tr	0.32

あとがき

木質エネルギーの開発は、直接燃焼方式の開発、木質燃料の供給体系の整備、薪工学への期待、自動枝払機、自動収集機、ケップ化、貯蔵、運搬、自動火力調整装置、古材、廃材の利用、木材ボイラ等が研究対象とされている。今日、重視されているバイオマス利用のアルコール化も木材資源量の飛躍的増大を目指す、木材セルローズの醗酵による糖化であるが、リグニン除去が大きな問題である。

石油の代替として、石炭液化、原子力、オイルシェール、アルコール、地熱、風力、浪力、産業廃棄物等々が考えられているが、木

質系廃棄物のエネルギー化について論議するところが少ないのは何故だろうか。行政の縦割りの谷間にあるのだろうか。木質系エネルギーの活用は、林野庁普及課長松田堯氏の提起があるが、筆者にとってよき刺激となった。

火の問題は地球上の生物の中で人間だけに与えられた課題であり、人間であれば誰でもが考えざるをえない。日常の生活にそれほど火の必要性を感じない今日においても、その祖先がたどった道であり、正しい方向を示すことこそ文化を守ることであり且つ先進国としての努力であろう。これが木炭化を選んだ背景である。

海外農業開発 第65号 1980. 11. 15

発行人 社団法人 海外農業開発協会 岩田喜雄 編集人 小林一彦

〒107 東京都港区赤坂 8-10-32 アジア会館

TEL (03)478-3508

定価 500円

年間購読料 6,000円 送料共

(海外船便郵送の場合は6,500円)

印刷所 日本軽印刷工業㈱ (833)6971

大きな夢を育てたい。



《日債銀》は、みなさまの有利な財産づくりのお役に立つワリシン・リッシンを発行しています。また、産業からご家庭まで安定した長期資金を供給することによって、明日のゆたかな社会づくりに貢献しています。

高利回りの1年貯蓄

ワリモン

高利回りの5年貯蓄

リッモン

日本債券信用銀行

本店／東京都千代田区九段北1-13 電話 263-1111
支店／札幌・仙台・東京・新宿・渋谷・横浜・金沢
名古屋・京都・大阪・梅田・広島・高松・福岡
ロンドン・ニューヨーク支店／駐在員事務所：ロサンゼルス・ペイロート・フランクフルト



いろいろな国があり、

いろいろな人が住む、

私たちの地球。

しかし豊かな明日への願いは同じ。

日商岩井は貿易を通じて

世界の平和と繁栄に、

貢献したいと願っています。

**We,
The World
Family**

日商岩井のネットワークは

世界160都市を結びます。

NI 日商岩井

海外農業開発 第 65 号

第 3 種郵便物認可 昭和55年11月15日発行

MONTHLY BULLETIN OVERSEAS AGRICULTURAL DEVELOPMENT NEWS