

# 植物による物質固定効率の向上

## Increase of Matter Fixation Capacity in Plants.

高 橋 保 夫\*

Yasuo Takahashi

植物は太陽エネルギーを利用し、水と空気中の炭酸ガスから光合成によって炭水化物を合成し、根から吸収する無機成分と組み合わせて必要な物質を合成している。これが植物による物質固定である。根から吸収する養分のうち窒素は最も重要なものであり、かつ土中の微生物によって空気中の窒素が植物に利用し得る形に固定される点が重要である。したがって植物による光合成機能を向上し、微生物による窒素固定機能を高めることは、植物の物質固定効率向上にとって重要なことである。さらにこれらの固定された物質をいかに効率よく貯蔵器官に転流させ蓄積するか、また植物は群落として生育しているが、その群落としての物質生産能力をいかにして高めるか、さらに植物をそれととりまく環境にいかにかうまく適合させてその生産能力

を維持するか、が重要であり、究極的には物質生産能力の高い植物を育成することが本研究の目的である。本研究では上記の重要な点を解明するために、6つの大課題を設定しており、その関連は図-1のようである。なお、1、2、4、の課題は53年から開始されたが、3は54年に、5、6、は55年に開始され、現在のところ、主要な成果は1、2、3、4、によって得られている。

### 1 光合成機能の生理的並びに遺伝的機構

#### 1.1 C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, CAM植物について

植物の炭酸ガス固定機構としては、カルビン・ベンソン回路によるいわゆるC<sub>3</sub>植物が植物界の大部分をしめ、クロレラ、シダ類等の下等植物から、イネ、ムギ

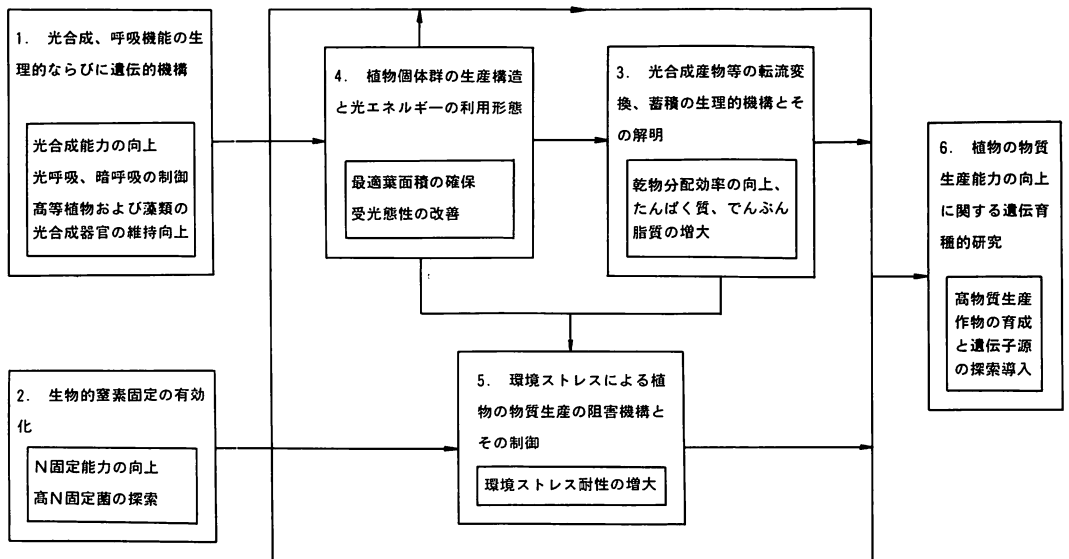


図-1 物質固定系の研究体系

\* 前農林水産省農業技術研究所生理遺伝部長  
〒365 埼玉県鴻巣市大間 553 - 23 (自宅)

等の被子単子葉植物まで広い範囲に及んでいる。一方高等植物のなかでサトウキビ、トウモロコシ等の約1,000種はC<sub>4</sub>ジカルボン酸回路によって取入れた炭酸ガスをカルビン・ベンソン回路に受け渡して固定するいわゆるC<sub>4</sub>植物であり、系統発生の上で進化の新しい被子植物にのみ見出されている。C<sub>3</sub>植物は光呼吸による炭酸ガスの放出があるのに対して、C<sub>4</sub>植物はそれがなく、C<sub>3</sub>植物の1.5～2.0倍の光合成能力を示す。また、C<sub>3</sub>植物とC<sub>4</sub>植物は葉組織の分化に差があり、C<sub>3</sub>植物では葉肉組織に前述のカルビン・ベンソン回路があるのに対して、C<sub>4</sub>植物では葉肉組織にはC<sub>4</sub>ジカルボン酸回路があり、カルビン・ベンソン回路は葉の中心部の維管束鞘細胞に存在している。したがってC<sub>3</sub>植物は葉緑体は葉肉組織のみに存在するのに対して、C<sub>4</sub>植物では葉肉細胞と維管束鞘細胞の両者に存在している。高等植物の第3の炭酸ガス固定系として、乾燥気候下に生育する植物にみられるCAM型がある。これは湿度の高い夜間に炭酸ガスを取入れて、有機酸として液胞中に貯え、乾燥の甚しい日中には気孔を閉じたままの状態では有機酸から炭酸ガスを取り出して、カルビン・ベンソン回路によって炭水化物生成を行うものである。以上のように植物の炭酸ガス固定機構にはC<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、CAMの3つの型が存在する(図-2)。

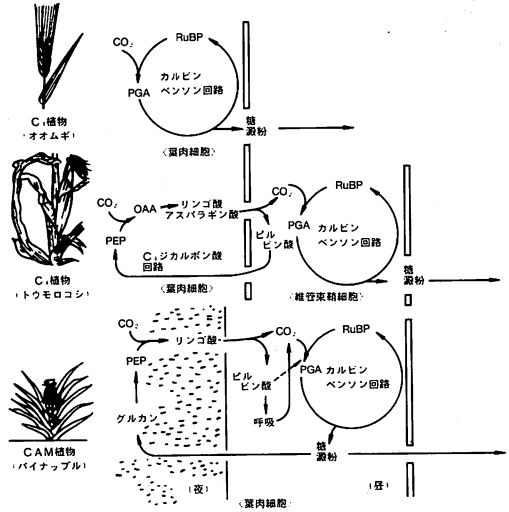


図-2 C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、CAM 植物の炭酸固定回路

1.2 C<sub>3</sub>植物とC<sub>4</sub>植物の遺伝的研究

以上のような炭酸ガス固定機構は一般には種、属によって遺伝的に強く固定されている。しかし、キビ、ハマアカザ、トウダイグサなど15属にはC<sub>3</sub>植物とC<sub>4</sub>植物の両者が存在し、キビ属にはその中間型も見出されている。このことはC<sub>3</sub>型の栽培植物を光合成能力の高いC<sub>4</sub>型植物に改良して、物質生産効率を高め得る可能性を示すものである。

C<sub>4</sub>型とC<sub>3</sub>型の人工交雑はハマアカザ属においてアメリカで行なわれたのが最初であるが、本研究においても交雑に成功している。しかも今までの交雑がC<sub>4</sub>×C<sub>3</sub>のみであったのに対して、本研究ではC<sub>3</sub>×C<sub>4</sub>の交雑にも成功している。C<sub>3</sub>植物とC<sub>4</sub>植物では空気中に微量に存在するC<sup>13</sup>(大部分はC<sup>12</sup>)の吸収割合が異なるので、質量分析を行ないその差から炭酸固定系の違いを推定することができる。ハマアカザ属のC<sub>4</sub>×C<sub>3</sub>、C<sub>3</sub>×C<sub>4</sub>の雑種についての質量分析の結果は図-3のようであり、この結果から雑種であることが確かめられた。さらにこれらのF<sub>1</sub>個体からF<sub>2</sub>個体も得られている。

以上のような人工交雑のほか、人為突然変異によってC<sub>4</sub>植物からC<sub>3</sub>植物へ、あるいはその逆の変異の誘発

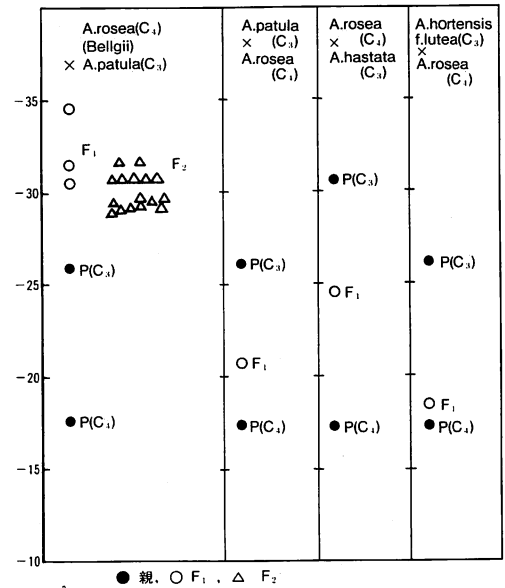


図-3 Atriplex (ハマアカザ属)の交配における交配親およびF<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>の炭素同位元素の比(δ<sup>13</sup>C)

をはかることによって、光合成系や、C<sub>3</sub>に伴う光呼吸系の遺伝様式を解明することが試みられている。突然変異の起る確率は極めて低いものであるから、大量の個体を処理するとともに、処理した個体を大量に検定することが必要である。C<sub>4</sub>植物の特徴は低いCO<sub>2</sub>濃度でも高い光合成能力を示すことであり、図-4のようにC<sub>3</sub>植物とは低いCO<sub>2</sub>濃度で大きな差がある。C<sub>3</sub>植物は

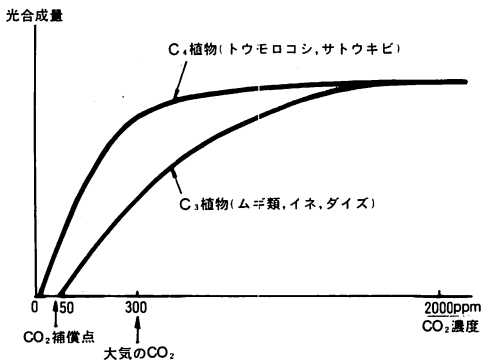


図-4 C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>植物の光合成とCO<sub>2</sub>の関係の概念図

40~60PPm以下になると生存し得ない(CO<sub>2</sub>補償点)のに対し、C<sub>4</sub>植物のCO<sub>2</sub>補償点は10PPm以下である。密封した同化箱内にC<sub>3</sub>植物とC<sub>4</sub>植物を混播して照射すると、同化箱内のCO<sub>2</sub>濃度が低下し、C<sub>3</sub>植物の方が早く枯死する。このことを利用して放射線等の処理をした幼植物を大量にスクリーニングする装置を完成した。本装置によって大量の突然変異体を検定することが可能となり、現在、水稻、大麦、イタリアンライグラス等のC<sub>3</sub>植物、アワ、シコクビエ、ソルガム等のC<sub>4</sub>植物について、ガンマー線や化学物質によって突然変異を誘発し、実験を続けている。

### 1.3 光合成機構の生理・生化学的研究

さきに述べたようにC<sub>4</sub>植物は系統発生のうえでは進化の新しい被子植物にのみ、みられるが、C<sub>4</sub>植物の中には脱炭酸酵素の種類によって3つのタイプが存在しており、NADP-ME型、NAD-ME型、PEP-CK型がある。本研究においてC<sub>4</sub>植物についてこれらの型の分類が行なわれているが、同じ属あるいは亜科で2つあるいは3つのタイプの存在が明らかにされ、例えばキビ亜科では3つのタイプが存在し、スズメガヤ亜科ではNAD-ME型とPEP-CK型が存在することが分った。またパニカム属では3つのタイプのほかC<sub>3</sub>タイプも存在している。また、これらのタイプの維管束鞘細胞の葉緑体の配列はNADP-ME型では遠心的に、NAD-ME型では求心的に、PEP-CK型では遠心的に配列している。ところが本研究によって、パニカム属のグループ中にはNAD-ME型でありながら遠心的な配列のものがあり、またあるグループでは同一種内に求心的なものと同遠心的なもの両型が存在していることが明らかにされた。これらのことはC<sub>4</sub>光合成型の進化のうえで極めて興味深いことである。

C<sub>4</sub>植物の炭酸固定経路は葉組織の分化と密接な関係にあることはすでに述べたが(図-2参照)、生化学

的特徴を解明するには、細胞を単離することが必要である。植物体の細胞は普通は細胞膜で包まれているのでこれを除いたいわば裸の細胞として取り出すことが必要で、これをプロトプラストと称している。今までC<sub>3</sub>植物の光合成系の存在する葉肉細胞のプロトプラストは取出すことができたが、C<sub>4</sub>植物の光合成系の存在する維管束鞘細胞のプロトプラストは取出すことが困難であった。本研究では維管束鞘細胞の単離研究を進めた結果、その単離に成功したので、細胞内小器官レベルの酵素系の分布や中間代謝産物の動態の解明が進むものと期待される。

第3の炭酸固定系としてCAM型があることはさきに述べたが、本研究において、その脱炭酸に対する光の役割や、葉の光合成機構がCAM化する過程および1日間のその炭酸固定に4つの相があり、この相は温度の影響を受けることが明らかにされた。

### 1.4 光呼吸に関する研究

C<sub>3</sub>植物は光呼吸による炭酸ガス放出のためC<sub>4</sub>植物にくらべて光合成能力が劣るとされており、そのメカニズムの解明と制御についての研究が行なわれている。C<sub>3</sub>植物の炭酸固定酵素RuBPカルボキシラーゼはカルボキシラーゼ活性と同時にオキシゲナーゼ活性を持つためにC<sub>3</sub>植物は光合成と同時に光呼吸による損失を避けることができないが、CO<sub>2</sub>濃度を高めるか、O<sub>2</sub>濃度を低めれば光呼吸は減少する。

CO<sub>2</sub>濃縮に関係のあるカーボニックアンヒドラーゼの作用とC<sub>3</sub>植物の光合成との関係が研究され、カーボニックアンヒドラーゼが葉緑体に局在し、細胞質には殆ど存在しないことが明らかにされ、このため細胞質中のCO<sub>2</sub>移動が律速されているのではないかと推測されている。カーボニックアンヒドラーゼの細胞内分布は種によって多様性のあることが明らかにされており、今後の研究によってC<sub>3</sub>植物の光呼吸の制御、光合成能力の向上につながるものと期待される。

## 2 生物的窒素固定の有効化

### 2.1 生物的窒素固定について

植物の生長には光、水、炭酸ガスによる光合成産物のほか、根から吸収する窒素、カリ、リン酸、その他の微量成分が必要であるが、もっとも大きな制限因子は窒素である。窒素は分子状窒素として大気の約8割を占めているが、動植物は分子状の窒素は利用できずアンモニアまたは硝酸の形で利用し得る。窒素はかつては動植物の分解物を肥料として使っていたが、空中

窒素を固定する合成法が発明されて以来大量に利用されるに至った。しかし、これによる環境汚染の問題が生じており、また窒素工業には多量のエネルギーを必要とすることから、根粒菌をはじめとする微生物による窒素固定が見直されるに至っている。生物的窒素固定量は地球上で年間約1億7,500万トンと推定され、うち農耕地で約9,000万トンであり、マメ科植物によるものが約8,000万トンといわれている。マメ科植物においては根に根粒菌が侵入し、根粒が形成される。根粒菌は葉からの光合成産物をエネルギー源として、分子状窒素を還元してアンモニアとし、これを植物に供給する。根粒菌はマメ科植物の宿主・共生菌の特異性の幅がせまく、ダイズ、エンドウ、クローバーなど、それぞれの宿主によって菌の種類も異なっている。根粒菌がマメ科植物と共生関係を確立するまでには多くの段階があり、窒素固定を効果的に利用するためにはそれぞれの段階を十分に研究する必要がある。

マメ科による窒素固定のほか、らん藻および共生らん藻によるものがあり、とくに熱帯の水田ではその効果は大きい。さらに植物根から光合成産物を受けて窒素固定をし、これを植物に供給しているゆるい共生関係をもっている微生物があり、イネ、トウモロコシ、サトウキビ、イネ科の牧草などにみられている。

## 2.2 ダイズの窒素固定能についての研究

ダイズの収量は根粒菌による窒素固定能の変動が大きく関与しているため、土壌由来の窒素を推定する必要があり $^{15}\text{NO}_3\text{-N}$ を用いる方法を開発した。圃場試験によってダイズ根粒着生系統と非着生系統を栽培し、土壌窒素と根粒菌による固定量を調査し、北海道では施肥窒素に依存することなく400 kg/10a以上の多収が可能であることを実証した。また圃場ダイズの根粒活性の消長をダイズの生育時期別に調査し、全生育期間中に吸収した窒素のうち根粒菌の固定した窒素に由来するものは47~93%であることを明らかにした。

根粒生態観測装置（リゾトロン）により、播種後の根の発達や、根粒の着生経過を観測するとともに、土壌の種類の違いによる根粒着生の差も明らかにした。

また $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 比を質量分析計により算出し、生育期間中の窒素固定量を推定し、根粒着生・非着生系統の乾物中の窒素量から、根粒着生系統の窒素の約80%が根粒の窒素固定によるものであることを明らかにした。

さらにアセチレン還元法によって窒素固定量を推定する方法を現場に適応させるための簡便法と測定装置を試作して検討した結果、現場での使用が可能である

ことが明らかとなった。

## 2.3 ダイズの光合成と窒素代謝の研究

多くのダイズ品種を用いて登熟期の窒素追肥の効果を試験したが、窒素の追肥が収量におよぼす影響は品種によって大きく異なっており、対照区とくらべて30%以上の増収を示した品種や20%以上の減収を示した品種があった。追肥による増収は主として莢数の増加によるものであったが品種によっては莢内粒数や百粒重も増加した。追肥によって上位葉でも下位葉でも葉身の老化にとまらな光合成速度の低下が防がれた。

## 2.4 マメ科植物の窒素固定エネルギー収支についての研究

水素発生能を示さずエネルギー利用効率が100%であるエネルギー効率の高い根粒菌菌株が探索され、3菌株（A 1,014, A 1,016, A 1,017）が発見された。これらの菌と水素発生を示す菌とを比較すると、酸素吸収量当りのニトロゲナーゼへの電子の流量は水素発生を示す根粒でやや大きい、窒素固定量は水素発生を示さない根粒が明らかに大きかった。つまり水素発生を示さないエネルギー効率の高い根粒は窒素を固定するために消費したアミノ酸の炭素骨格を十分に補っていることが推察される。事実、 $^{15}\text{N}_2$ ,  $^{14}\text{CO}_2$ を使った実験で水素発生のない根粒ではアミノ酸への $^{14}\text{C}$ の分布が大きく、とくにアスパラギン酸への $^{14}\text{C}$ の分布が大きい。 $^{15}\text{N}$ の分析からアスパラギン酸プールの代謝回転が水素発生のある根粒の場合よりも速く、水素発生のない効率のよい根粒での窒素同化経路はアスパラギン酸経路の比重が大きくなっていることを明らかにした。

## 2.5 有用根粒菌の接種効果の活性検定に関する研究

根粒菌の着生能および窒素固定能について能力検定を行なう簡易な方法を開発した。すなわち血清寒天法と凝集反応法とを併用することによって着生能を検定することが可能となった。また窒素固定能を判定するための窒素固定能誘導培地を創出し、これに培養した根粒菌コロニーの窒素固定能をアセチレン還元法により測定した。

## 2.6 イネ科作物根圏の生物的窒素固定能についての研究

湛水栽培のイネや、イネ科作物のうちヌカキビやシコクビエの根圏土壌は比較的高いアセチレン還元能を示すことが明らかにされた。イネ科畑作物根面および根内部の窒素固定能をアセチレン還元法によって測定し、定性的に窒素固定能がみとめられた。さらにアゾトバクター選択培地を用いて窒素固定菌の分離培養を

試み、各種の肥培管理を行った圃場でアゾトバクターの存在をみとめ、その窒素固定量を定量した。

### 3 光合成産物等の転流・変換・蓄積の生理的機構とその制御

#### 3.1 光合成系と光合成産物蓄積系の相互作用についての研究

光合成器官 (Source) と光合成産物蓄積器官 (Sink) との相互作用について、サツマイモについての研究が行なわれた。サツマイモは地下部に蓄積器官としてのイモがあり、地上部に光合成器官としての葉身があり、イネやムギのように、生育時期によって光合成器官と蓄積器官が同一ということがなく、SourceとSinkの関連の研究には都合がよい。そこで生理的に異った活性のSourceとSinkを結びつけて相互作用を解析するため、接木植物によって検討した。地上部が同じ栽培種であっても、地下部が塊根肥大性のよい栽培種の場合と塊根肥大性の悪い野生種の場合では光合成能力が異なり、塊根肥大性のよい栽培種の接穂が高い光合成能を示した。すなわち、地下部は単なる入れ物ではなく、地下部の活性が地上部に影響を与えているのである。このことは葉の酵素作用にもはっきり現われ、同じ種類の接穂でも地下部が栽培種の場合が高い。

バレイショについての生長物質に関する研究から塊茎形成・肥大にサイトカイニン、アブシジン酸、オーキシン等が促進作用のあることが明らかにされた。

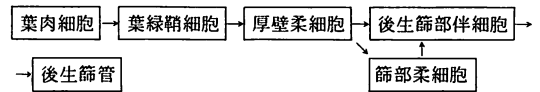
また、イネおよびサツマイモについて、物質蓄積能力と各種生長物質との関連の研究から、サイトカイニンが密接な関係をもっていることが明らかになった。

#### 3.2 光合成産物の配分・転流・蓄積の生理的機構についての研究

てんさいについて、葉で同化された炭水化物が地下部に移行して蓄積される過程においてどのように変化するかを追跡した。<sup>14</sup>C<sub>2</sub>O<sub>2</sub>による実験から、葉身には蔗糖、グルコース、フラクトーズ、ラフィノーズと多様な糖類の存在がみとめられるが、<sup>14</sup>C<sub>2</sub>O<sub>2</sub>供与後の経過に伴い、葉柄、根部では蔗糖およびグルコースの顕著な蓄積がみとめられた。とくに葉柄ではグルコース、根部では蔗糖の蓄積が著しい。以上のことから葉柄は光合成産物の転流経路にあたることも一時的な貯溜の役目も果していることが推定され、転流に関連する糖質の酵素的変換を組織化学的に調査してこのことを確かめ、転流系の組織内で代謝的に変換されつつ物質が転流していることを明らかにした。

#### 3.3 転流系の構造についての研究

光合成産物の転流機構を組織細胞学的に明らかにするため、イネについて電子顕微鏡によって葉身の維管束を重点に詳細な観察を行ない、葉肉細胞から篩管への転流経路を明らかにした。その結果小維管束周囲の葉肉細胞から篩管までの各細胞間に存在する原形質連絡の分布状態から、光合成産物の移動経路を次のように推定した。



さらにイネの穀粒胚乳組織についてやはり電子顕微鏡によって、胚乳細胞組織内の物質蓄積状況および胚乳内への物質流入経路について観察を行なった。その結果胚乳内への物質流入について、登熟に伴い次の3経路に変化するものと考えられた。

##### ① 初期から糊粉層分化まで

背部維管束→珠心組織→胚乳表層細胞

##### ② 糊粉層形成・珠心退化以降珠心表皮スベリン化まで

背部維管束→珠心突起→背部糊粉層→でんぷん貯蔵細胞  
 珠心表皮→背部以外糊粉層

##### ③ 珠心表皮スベリン化(種皮形成)以降

背部維管束→珠心突起→背部糊粉層→でんぷん貯蔵細胞→背部以外糊粉層

### 4 植物個体群の生産機構と光エネルギーの利用機能

#### 4.1 C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, CAM植物個体群における光エネルギー利用に関する比較作物学的研究

植物による太陽エネルギーの効率の利用をはかるには光合成能力の向上をめざす細胞レベルの研究、光合成産物の転流・蓄積効果の向上をめざす個体レベルの研究など、種々の段階の研究があるが、人間が栽培する場合は群落(個体群)として存在する場合が多い。したがって人間が利用を目的としている部位の収穫量を増大するには群落としてのエネルギー利用効率の向上をはかる必要がある。我国の主要な作物について、種々の環境条件のもとで、実際の圃場における乾物生産の状況を把握し、その地域で最も太陽エネルギー利用効率の高い作物を選出し、その作付体系を確立するため

の資料を得るための連絡試験を行なった。供試した作物はイネ、コムギ、ダイズ、サツマイモ、パレイショ（以上C<sub>3</sub>植物）、トウモロコシ、サトウキビ（以上C<sub>4</sub>植物）、パイナップル（CAM植物）の8作物で、気候帯の大きく異なる数ヶ所の地点ではほぼ同一の条件で栽培した。その配置は図-5のようである。各作物について収量性および生長パターンを解析するとともに、日射量、気温、日照時間、降水量などの気象要因を測定した。各作物のCGR（個体群生長率…面積当り単位期間内に増加した乾物重）の最大値は表1に示すとうりてC<sub>4</sub>型植物であるトウモロコシの3ヶ年を通じて最大のCGR値は45.33 g/m<sup>2</sup>/日、サトウキビは37.85 gであるのに対して、C<sub>3</sub>型植物ではイネの32.05 gが最大であった。一般に言われているようにC<sub>4</sub>植物のCGR値がC<sub>3</sub>植物よりも大きいことがみとめられた。

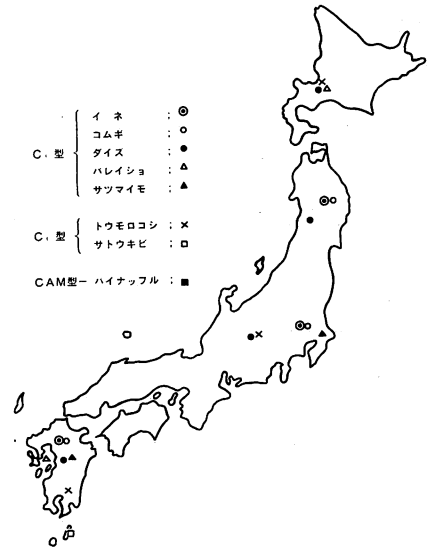


図-5 作物個体群の生産構造と光エネルギーの利用機能に関する比較栽培試験配置図

4.2 植物生体情報の計測手法の開発研究

個体群の生産構造を解析してエネルギー利用効率の高い群落構造を明らかにするには、群落に関する種々の情報を得る必要がある。従来、植物の生体情報を得るには刈取って調査する方法がとられ、群落の斉一性を前提として生育を追ってサンプリングする方法がとられていた。しかし、理想的には同一作物体の連続測定、計測機移動による大量計測が求められ、このため対象作物を破壊せず、離れた所から情報を得るいわゆる「非破壊非接触」の研究が行なわれている。

表1 CGRの最大値の平均最高値

種名	CGRの最大値 (g/m <sup>2</sup> /日)						調査点数
	昭和53年		昭和54年		昭和55年		
	最大値の平均	最高値	最大値の平均	最高値	最大値の平均	最高値	
イネ	26.23	32.05	23.90	30.86	23.49	31.94	3カ所、6品種
コムギ	21.70	26.22	19.39	23.14			3カ所、6品種
ダイズ	17.98	27.08	16.46	21.25	14.96	17.48	4カ所、9品種
カンショ	19.99	24.40	21.68	23.22	18.17	22.38	2カ所、4品種
パレイショ	20.90	22.59	26.36	29.20	25.29	30.20	(53年) 1カ所2品種 (54,55年) 2カ所6品種
トウモロコシ	33.99	45.33	30.22	34.00	30.96	37.10	(53年) 2カ所6品種 (54,55年) 3カ所9品種
サトウキビ	37.85	37.85	31.11	34.08	28.52	29.35	(53年) 1カ所1品種 (54,55年) 2カ所4品種
パイナップル	8.03	8.42					1カ所、2品種

4.2.1 作物体分光センサーの開発研究

作物群落の反射分光スペクトルから、作物体内の各種成分含量を推定しようとするものである。この装置は太陽光を計るための上向き入射窓と、作物体反射光を計るための下向き入射窓を持ち、2つの光を同一光学系、電気系で測定するよう設計した（図-6）。太陽光は雲の動きなどによって激しく変動するが、太陽光と作物反射光を同時に測ることによって安定な分光反射率（ある波長における作物反射量/太陽光量比）を得ることができた。窒素肥料、播種密度を変えて計20処理の水稲幼植物のモデル群落を作り、300 Wタングステン電球照明下で本装置により測定を行なった。クロロフィル含量、水分含量等を実測し、波長別反射率からの推定値との相関を求めた（図-7～図-9）。図のようにならりの相関がみられるが、生体要因間にならりの相関がみられるものがあるので、今後は単一の成分だけを変化させた群落を作って検討する必要がある。

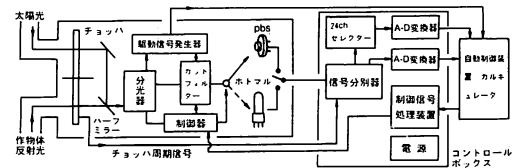


図-6 圃場用作物反射分光計測装置のブロック図

作物体内のデンプン含量を分光計測できれば立毛のまま収量の計測が可能となる筈である。粳、玄米、粳

ガラ等の反射分光スペクトルをしらべたところ、近赤外の1,240 nm付近にデンプン固有の吸収帯とみられる波長が発見された。そこで品種、施肥量、施肥法を変えて葉色、生育量、収量等に変化のある群落を作り、測定を行なった。実測収量と反射スペクトルから推定

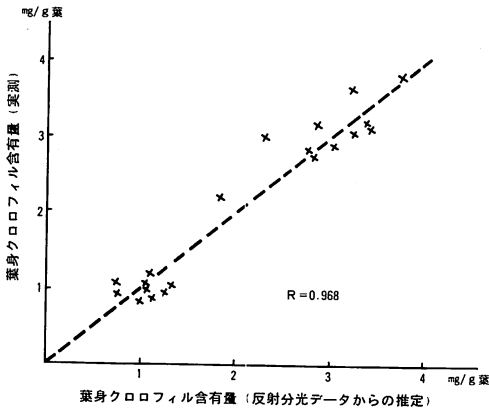


図-7 重回帰式より求めた推定クロロフィル含有量と実測との関係

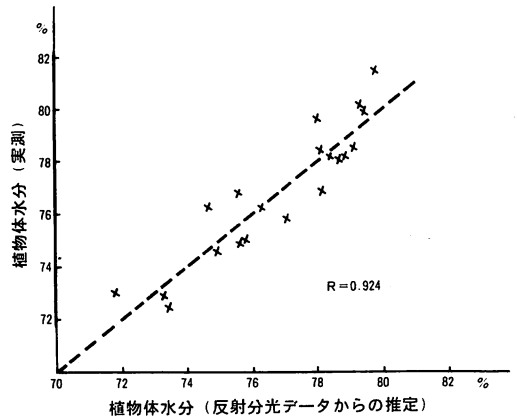


図-8 重回帰式より求めた推定水分と実測との関係

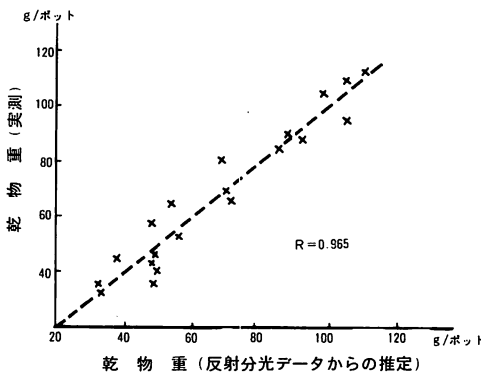


図-9 重回帰式より求めた推定乾物重と実測値との関係

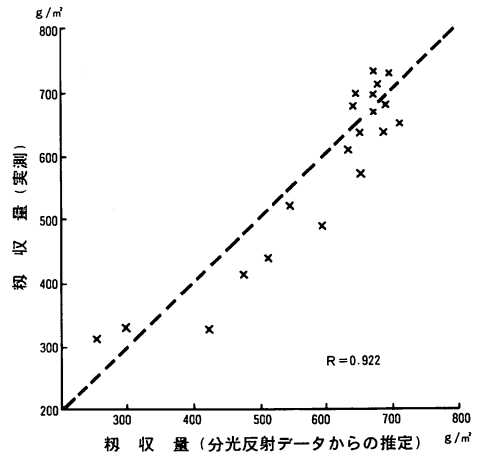


図-10 重回帰式により求めた推定収量と実測値の関係

した収量との相図は図-10のようで、立毛のままの状態での収量推定の可能性を得た。

#### 4.2.2 TVカメラによる群落構造計測装置の開発研究

作物群落における葉の空間配置状態は太陽光の受光能率，したがって群落光合成能力に大きな影響を与える。従来，群落の立体構造の把握は層別刈取法等の極めて多労な調査法によって行なわれ，しかも同一群落を経時的に測定することができなかった。本装置はリモコン可能な複眼のテレビカメラ装置，画像情報を瞬時にデジタル収録するフレームメモリー装置，全体を管理するミニコンピューターからできている。全体の構成は図-11に示すようである。本装置により，当初は角錐のような簡単な立体の計測から始め，実際の植物の計測は針植えのゴムの木について行なった。おおむね計測可能とみられたが，今後誤差をさらに少なくする

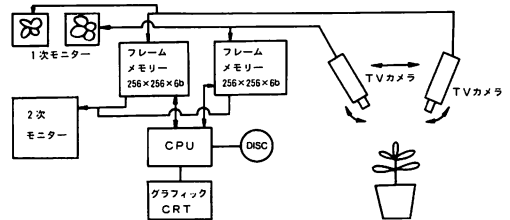


図-11 作物群落立体構造解析装置の構成

よう改良を行う必要がある。

#### 4.2.3 新しい植物用センサーの開発研究

光以外の利用による非接触計測としてマイクロ波，X線，超音波等々があるが，マイクロ波利用のセンサーの開発が試みられている。マイクロ波は光と同様に物

質によって吸収され、残りは反射または透過する。マイクロ波の特長の1つは光より波長が長いので、物体の貫通力が強いことである。したがって光では届かない群落の深部の情報を入手できる可能性をもち、この装置によって水稻の観測が試みられている。

## 5 環境ストレスによる植物生産の阻害機構とその制御

### 5.1 低温ストレス耐性に関する研究

イネが障害型冷害を受け不稔が発生するのは18°Cが限界温度としてみとめられている。本研究において低温に遭遇する以前の根の生育温度が不稔発生に大きく影響することが明らかにされた。根は地上部の蛋白代謝とくに合成過程を支配していることから、根の生育環境が不稔発生に関与するものと推察される。

### 5.2 高温ストレス耐性に関する研究

生育適温域内であっても高温は茎葉の伸長を旺盛にし、光合成産物をリグニンやセルロースとして消費し、また呼吸による消耗も大となる。本研究においてイネの籾容量(籾数×精籾1,000粒重)に品種間差があることがみとめられており、今後品種の耐暑性との関係を検討することになっている。

### 5.3 水分ストレス耐性に関する研究

水分ストレスは干バツのように植物に萎凋を起すような状態でなくても、根の吸収が葉の蒸散に追いつけなくなった時に起る。本研究の結果、気孔閉鎖が起る以前に光合成速度が低下することがみとめられており、水分ストレスが直接光合成反応に影響を与えていることが推測された。

## 6 植物の物質生産能力の向上に関する遺伝育種的研究

### 6.1 エネルギーの効率的利用に関する遺伝機構の解明と種・品種の育成に関する研究

イネの光合成能力を多数の点数について能率よく検定する方法として、酸素電極法がすぐれていることを明らかにした。また、トウモロコシの乾物重について、多くの組合せのF<sub>1</sub>を供試してヘテロシスを調査し、組合せ能力の高いものを明らかにした。さらに、ソルガムについて、生育各期の収量諸形質の諸査から、Sinkサイズ決定の時期と登熟期に生長量を大きくすることが多収につながることを推定した。

### 6.2 高能率物質生産の種・品種の育成に関する機能検定法に関する研究

かんしょの1葉挿しによる塊根重と普通栽培による塊根重の間に相関がみとめられることから、1葉挿しが高能率な検定法であることを示唆した。また露地トマトのビタミンCの高能率検定法として、ジュースによって搾汁し、インドフェノール滴下法による方法がよいことを明らかにした。さらに、オーチャードグラスの粗たん白、粗脂肪および乾物量を近赤外線反射率で能率よく、しかも高い精度で検定し得ることを明らかにした。

### 6.3 高能率物質生産に関する遺伝子源の探索導入と育種法の確立

従来我国で検討されなかった作物として子実用アマランサス、ヒマワリ、キノア等が検討された。子実用アマランサスはC<sub>4</sub>型の夏作物で乾物生産量が大きい。モチ・ウルチ性の分化があり、でん粉特性も特徴のあることが明らかにされた。ヒマワリは寒地向きの夏作物で1代雑種の生産性が高い。油分検定法としては、Foss-Let法が簡易かつ精度が高く実用性のあることを明らかにした。キノアはアカザ科に属する夏作物で低温抵抗性と短期性が期待されている。

(GEP 57 II-1-7)

