○矢吹萬壽（大阪府立大学）

Carbon dioxide fixation by plant from the gloval environmental point of view

Kazutoshi Yabuki(University of Osaka Prefecture)

はじめに

最近地球規模の環境問題が大きく取り上げられており、その中で最重点のものに、化石燃料の大量消費による大気中のCO₂濃度増加問題がある。そこでその対策として、CO₂固定技術の開発が研究されている。ところが現在の科学技術では、CO₂固定に大量のエネルギーを消費し、そのために発生するCO₂量が、固定されるCO₂量より多いとされている。唯一の可能性は、エントロピーを減少する直物の光合成反応による方法が考えられている。

また一方では、熱帯多雨林が無軌道に伐採されて荒廃し、CO₂固定量の減少が問題となり、熱帯多雨林の保全、再生が唱えられ、経済的立場では南北問題ともなっている。

そこで、植物の光合成によるCO₂固定という立場から、地球環境を考えてみたい。

1. 光合成によるCO₂固定.

ここでは光合成を大気中のCO₂が、葉内に点在する葉緑体へ拡散する物理現象と考える。即ち、葉が光に照射されると、葉緑体で光化学反応をおこしてCO₂を固定、CO₂濃度が低下して、大気との間にCO₂濃度差を生じてCO₂拡散がおこる。大気中のCO₂は葉面境界層を通過して葉面に達し、さらに気孔、葉肉を通過して葉緑体に達する。これら中間体は、CO₂拡散に対して、一種の抵抗体として作用する。そこでCO₂拡散を電流と同様に考え、オームの法則を適用すると、CO₂拡散量 $=(\phi_a - \phi_c) / (r_b + r_s + r_m)$ となる。ここで、 ϕ_a : 大気中

のCO₂濃度、 ϕ_c : 葉緑体内のCO₂濃度で光合成および呼吸の反応速度により異なる。 r_b : 葉面境界層抵抗で、風速と葉長により異なる。 r_s : 気孔抵抗で、葉内の水分とCO₂により変化する。 r_m : 葉肉抵抗で葉内水分率に関係する。この式から解るごとく、CO₂拡散量を多くするには、(1) CO₂濃度差($\phi_a - \phi_c$)を大きくすること、(2) 拡散抵抗値を小さくすることである。 $(\phi_a - \phi_c)$ を大きくして作物を栽培する技術を「CO₂施肥」と呼び、すでに一部で実用化されている。

2. 大気中のCO₂濃度を高めた場合のCO₂固定.

植物栄養の根源が大気中のCO₂であるとしたのが、インヘンホース(1796)で、さらに1804年、ソシュールによって、根から吸収する水と、水に溶解している土壌成分であるとして、今日の光合成反応の基本的考え方を確立した。ところが大変興味あることは、1800年にはバルセバルによって、大気中のCO₂濃度を高めると、作物の生育は促進されるだろうと唱えており、それ以来CO₂施肥の研究が行われて来た。

光合成反応の光効率は、CO₂濃度300ppmの下で、光強度が極めて弱い場合は15~18%であるが、光強度が強くなり、0.6cal/cm²・min以上になると、3%以下に低下する。その理由は葉緑体へのCO₂拡散量が少ないことによるものである。地球上に植物が出現した時代のCO₂濃度は、21%であったので、その条件に適応した葉の構造、CO₂固定反応が出来た。

植物により大気中のCO₂ が固定され、現在の0.03%(300ppm)になった。従って今日も遺伝的形質が残っており、CO₂ 濃度を高めると、光合成量が増加すると考えられている。

講演者らは、1960年以来、CO₂ 環境の一環としてCO₂ 施用の研究を行ってきた。その結果によると、(1)フダンソウをCO₂ 濃度3,000ppmの下で栽培すると、60日後には対象区の約5倍の乾物重となり、(2)コカブを9,000ppmの下では全植物体の乾物重で約6倍、塊根は約20倍にもなり、光合成産物が塊根に多量転流、貯蔵されていた。(3)サツマイモの一葉挿しによる栽培は、生長点がないので、光合成産物が、ほとんど塊根に転流し、イモの生産量が多く、実用栽培で2,000ppmの下で、15kg/m²の収穫があった。

なお、風速を高めたり、葉を振動させると葉面境界層抵抗値が小さくなり、光合成速度を増し、収量が多くなる。

3. 熱帯多雨林の光合成

熱帯多雨林は多種の樹木で構成されているが、卓越樹は樹高50m以上にも達するフタバガキ科で、ラワン材として私達が利用しているものである。熱帯多雨林の光合成速度について、講演者らの測定結果によると、林は生長の限界に達した大木であり、呼吸量が多く、正味の光合成量は少なく、夜間の呼吸量を計算に入れると、1日の光合成量は零に近く、多くても温帯林の10%程度である。丁度大人が幾ら食事をととっても成長しないのと同じことである。

熱帯多雨林が伐採により破壊されるといわれているが、伐採される木は1ヘクタールで5~6本である。うす暗い林床には多数の芽生えがあり、林が伐採されて陽にあたると、急速に生長し、伐採一年後には2~3mの高さにもなり、林は回復して行く。ところが伐採後開墾されて、ゴム、アブラヤシあるいはキャッサバなどの換金植物が栽培され、毎日やってくるシャワーによって表土が流亡されるから

である。

おわりに

CO₂ は大気、海水、植物あるいは石炭・石油などに蓄積されているが、その中で植物はCO₂ 濃度に応じて、ある周期でCO₂ の固定と放出を繰返している。例えば水稻では、水田上約8,000mまでの大気容積中に含まれているCO₂ を全部吸収した計算になるが、その半分のコメは翌年中にほぼ消費され、CO₂ として放出、根部も1年で分解される。ワラも定期的に分解されており、1年の周期と考えてよい。熱帯多雨林も1本の木の寿命は300~400年程度と考えられよう。

大気中のCO₂ 濃度年変化を見ると、大略8~10ppmで、夏季は光合成により減少し、冬季は光合成量より呼吸量の方が多いため、CO₂ 濃度は増加している。ところが年間平均で1.5~2.0ppm増加している。いま地球上の林地を含め緑地を2倍に増やすと、CO₂ 固定量は2倍となり、CO₂ 濃度は8~10ppm低下するであろうが、5~8年後には現在の値に戻る。それ程に現在の化石燃料を消費している。この消費量を少なくすることが、唯一のCO₂ 対策である。