



プラントとプラント

堤

繁*

私は化学が専門で、触媒化学、石油化学を得意としているが、一般に化学製品をつくるときの Chemical Plant と私が道楽として200本余のバラの化学的栽培を行っている Plant との間にどのような関係があるであろうか。

いま手元にある英和辞典の Plant の項をみると①装置設備、機械一式、工場②植物、草木、草(草木に対し)の2つの意味に大別され、これによって私の日頃の得意さ、すなわち化学者である私が専門の違った植物学の研究を行っていること(?)が打砕かれた形となったが、一方類似の専門分野であれば、植物学に深いメスを加えることも不可能ではあるまいと、ある程度自信を深めてきた次第である。

それでは現在、花、葉をつけている植物プラントはどうして進化してきたのであろうか。

これについては、まず地球の冷却曲線を参考にする必要はある。

地球と月とは略同じ年代の45億年前に生成したといわれ、表面の温度は5~15億年後それぞれ

約390°Cおよび180°Cとなり、一方生物が生存し得る最高温度の100°Cになったのは約5億年前と推定され、それまでの地球を取巻く雰囲気はCO₂、スチーム、水素で、窒素は少量存在したが、酸素はなかったと推定されている。

さて地上の温度100°C以下となればスチームは凝縮して水となり、湖、河川、海の生成が考えられ、やがて水中に植物の前身とも思われる藻の生成が始まったとされている。

この方面については第14回大阪大学開放講座「いのちを考える」(昭57)の77頁に書かれた「光はいのちの母」が良き参考となるであろう(田村)。

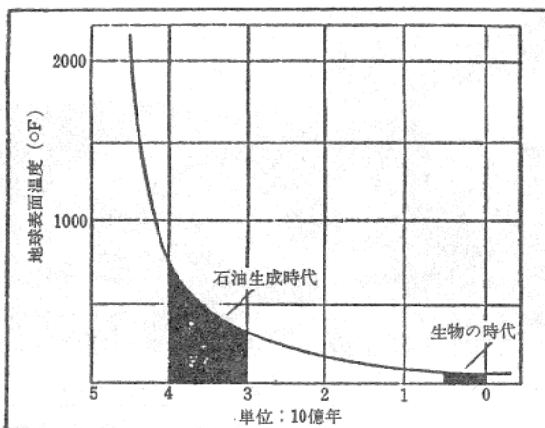
それによると植物として実際上の姿を表したのは藍藻で、水中で次第に進化し、緑、褐、赤藻となった由である。勿論、これらの存在の下に光合成が開始されたわけである。

さて色はそれと補色関係にある部分の光の波長をよく吸収し、緑藻は赤、褐藻は青、紅藻は緑の波長を利用し、一方水中に散射された光の波長のうち赤の部分が最も早く水中で吸収される結果緑藻は浅い所に、一方褐藻は中間層また赤藻は一番深い所に繁殖することになったわけです。

さて浅い水中に繁殖した緑藻はやがて陸上に入りシダ、コケとなったが、最初は根も葉もない全く茎だけで、胞子をつけて有性生殖を初めたが、その後根ができ、さらに葉、ついで花と進化した由である。

1. 淡水と海水

最近のNHK テレビは「食糧、地球は警告する」と題して連続放送を行い「豊かな土地が消えて行く、米国が食糧不作ともなれば日本はお手上げだと、今のうちに品種改良を行って、地下水から毛管現象によって土上に舞上る食塩に



地球の経時冷却図

図 1

*堤 繁 (Shigeru TSUTSUMI), 阪大名誉教授, 理博, 触媒化学, 石油化学

も耐える植物を開発すべきだ」としている。

成程陸上植物に対して食塩は確かに有害であるが、海水中で繁殖している海藻類をどう考えるかである。

因みに植物の光同化作用のときの光量子収率、すなわち一定量の光を吸収して得られる植物乾体の収率は理論値の12.5%に対し、平均0.2%、一方蔗糖は1.2%、これに対し海藻は意外に高く2%またはそれ以上で、この方面で有名なのは“giant California kelp”で、これによる Ocean farm が一時計画された程である(全長約60m, 1日の伸び50~60cm)

それでは陸上植物と海藻とはどのように違うであろうか。前者は地上部は空気にさらされているのに対し、後者は食塩を含んだ海水に没しており、前者が葉→花と進化しているのに対し、後者では花をつけるのは殆んどなく、ただ例外として1種類があるともいわれている。

また肥料の補給は、陸上植物では主として根を通じて行われるが、海藻では、プランクトン、魚介類の糞を通じての肥料の補給も豊富で、常時波によって葉面上における肥料の拡散も理想に近く、また陸上植物では温度の変化が大きいのに対し、海藻では極めて少く、ここに肥料分は海藻では葉を通じて吸収されているのではないかと考えられ、私が行っている葉面散布法の原理と一致するのではあるまいか。すなわち、N, P, K 以外に Fe, Ni, Co, Ca, Mg など微量金属も無尽蔵に近いと思われるからである。

それでは陸上植物はなぜ食塩の存在で生長不可能に近いであろうか。

これについては最近イスラエル、インドで行われている塩水農法をあげる必要がある。この成否のキーポイントは砂、土、砂砕土によって吸着された塩分が再び海水の灌漑によって速かに脱着されることを理想とする多孔性土を用いることで、イスラエルではサイザル、サトウ大根、オオムギ、またインドではベニバナが塩水農法によって成功裡に実施されている由である。

海水利用のプラント化は最初塩田法に初まったが、戦時中には多孔性のワラを利用する濃縮

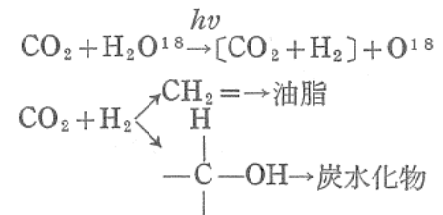
法また近くはイオン交換膜による分離法などが検討されたが、外国からの岩塩に経済的に押えられる現状ではあるが、深海資源の開発プラントは今後に残された大きなテーマであろう。

II. プラントと触媒

化学プラントでは触媒を用いることが多い。特に植物プラントと関係が深いと思われるものに Stereo-specific な重合法(立体特異性)がある。これはポリエチレン、ポリプロピレンその他のポリマーの製造に用いられているもので、この方面の最初の触媒はアルミニウム・トリエチルであった。

ところで、植物の光同化作用によって得られる蛋白質、アミノ酸、油脂、炭水化物何れも立体特異性のものが多い。

私は前記物質の生成に対し



のように簡単にカルベン型の中間体の生成を仮定したが、生成物が立体特異をもつためには、アルミニウム・トリエチルのような特殊な触媒の作用によるか、また基板(Substrate)の影響によることを考える必要がある。

さて、葉の主成分であるクロロフィルは2図のように、4個のピロール核に取囲まれたマグネシウムを中心としたもので、人間の生命を支配するヘモグロビンと極めて類似の構造をもっていることは興味深い。

さて、最近石油危機に刺激されて、Solar-energy の商品化が活発となり、Solar collector または Solar Concentrator といわゆる集熱型のものと、Solar cell (太陽電池) の2つが競走の中心であるが、一方将来のことを考えて、水の光化学分解による水素の製造も検討されている。

さて集熱型ではここに述べるまでもなく、Black body すなわちカーボンからスタートし、その後黒色の銅、鉄、コバルト、クロムなどの酸化物が実際的に採用され、その後どのような

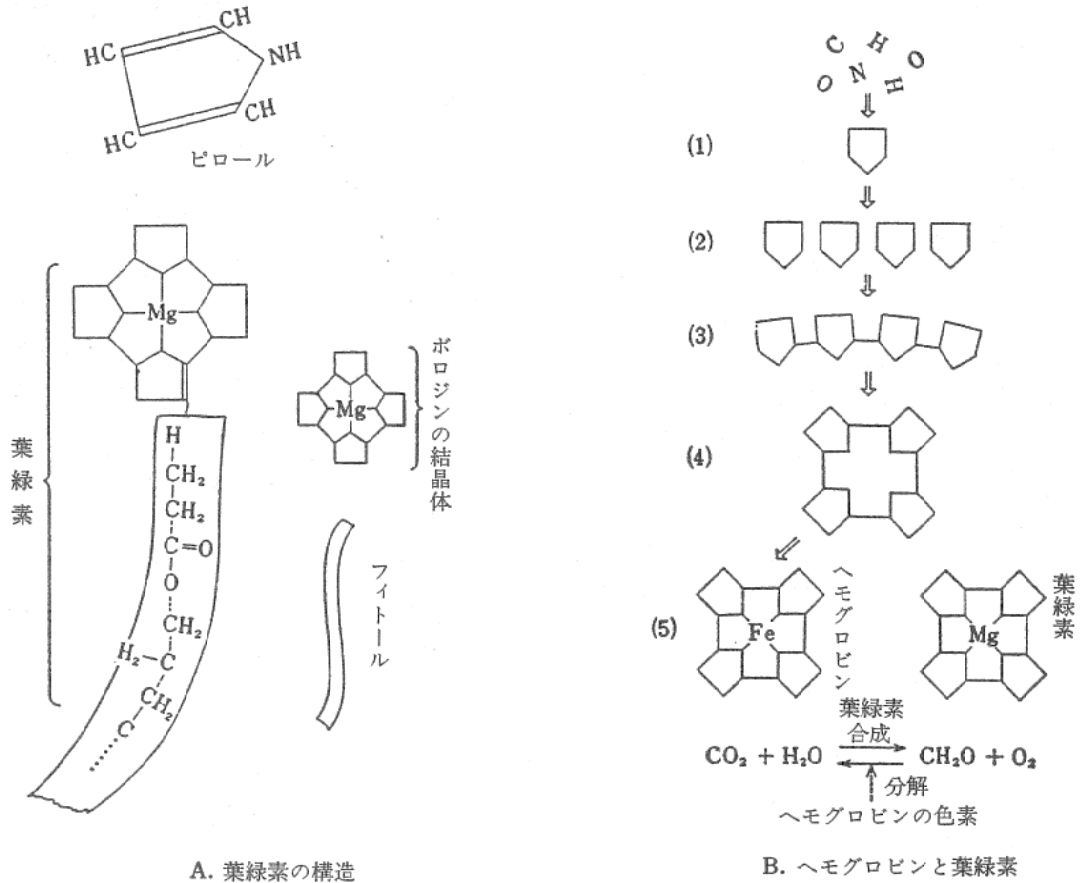


図 2

Black body が用いられているが判らない。

一方 Solar cell は一応シリコン単結晶またはアモルファスに統一されてきた様である。

また水の光化学分解用半導体として Si, Inp, GaAs, CdSe, CuO, Cu₂O, Fe₂O₃, GaP, CdS, WO₃, ZnO, Bi₂O₃, PbO, SiC などが検討されているが、安定なものとして TiO₂ に担持せしめた SrTiO₃, BaTiO₃ さらに TaO₃, SnO₂ がよいとされている。

このようなことから、マグネシウムを中心としたクロロフィルに加えて、水の光化学分解を促進する上述のような半導体、さらに集熱型の役目をするもの、また Solar cell の主体であるシリコンが混在して光同化作用を促進しているのが実際上のクロロフィルの現実な姿ではあるまいか。

ここに注目すべきは銅の酸化物が集熱型と光水分解型の両方の性状をもっていることである。銅以外にも、たとえば鉄にもその両作用をもっているものと考えられる。

ただし、上述の各種の触媒が、立体特異性の物質の生成にどのようにして関与しているかは今後の研究として残されるであろう。

Ⅲ. プラントの連続性

化学プラントでは夜昼のない連続線業が主として行われているが、植物プラントでは昼は光合成反応、夜は Dark reaction または休眠と考えられるが、菊作りのときに夜電灯をつけ開花期を遅らせることがよく行われている。

一方、養鶏場でも略同様なことが行われているが、はたして化学プラントのような連続化が可能かどうか。

ただし、促成を目的とすれば、あるいは可能性もあるかも知れない。

ここに植物の連続化は、タイマーのようにある時期が来れば花が咲くことを除けば、たとえば花を付けない海藻のときには可能性が出てくるかも知れない。

また常緑樹はどうであろうか。

Ⅳ. Solar cell と結び付く植物プラント

前述のように現代の花形、太陽電池の主体はシリコンの単結晶かまたはアモルファス・シリコンで、後者はたとえばテトラヒドロシラン (SiH₄) の放電分解により製造され、不純物として F, B の添加がなされている。

ところで、お米の「モミガラ」中には微粉末のシリコンが約20%含まれ、これを300~700°Cで焼成したものは明らかにアモルファス性を示し、一方700~1500°Cでは結晶性になる。

一方「モミガラ」から得られたアモルファス・シリコン中にはBが含まれ、ここに植物生長に対するシリコンの大きな役割を再検討する必要がおこってきた。

シリコンの最も多いのは竹で、これが最初電灯のフィラメントの材料に用いられたことはここに述べるまでもなく、またシリコンの少い稲は実りの秋の台風に折れ易く、これの補給法として製鉄関係の副産物、たとえばケイ酸 Ca が施肥されている。

Si は太陽電池、または水の光化学分解の触媒として作用することを考えれば「植物の生長に対する微弱電流の影響が今後の興味あるテーマとなるのではあるまいか。

V. 次第になくなる専門分野間の相違

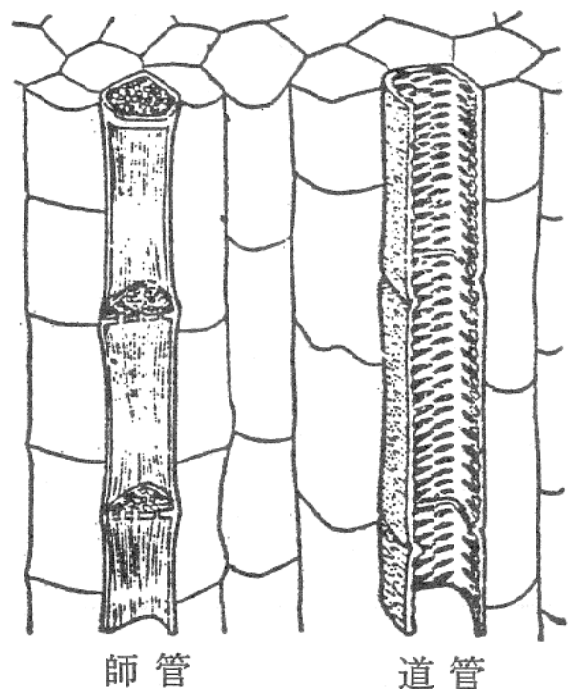
よく機械専門の方々から質問をうけることは、10m以上の高さの木がどうして根を通じて水を吸上げるかである。成程葉から水が蒸発

し、真空になれば、水の比重その他を考えても10mの高さまでは可能かも知れないが、それ以上は不可能に近い。

一方、根圧は0.2気圧位と教えられた。

これに関して植物関係の人々の意見も聞いたが、どうもはっきりしない様である。

さてバラ作りを道楽としている私は、文献によって茎並びに根には道管と師管とがあり、前者は水または肥料を吸上げて茎、葉部に達せしめ、一方、光同化作用によって生成したものは



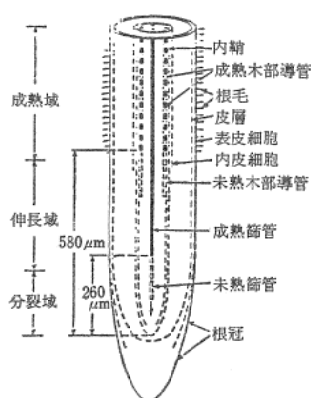
師管

道管

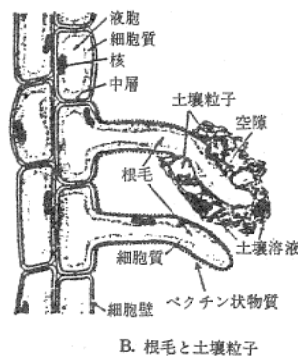
師管と道管

図 3

垂直方向の根の構造

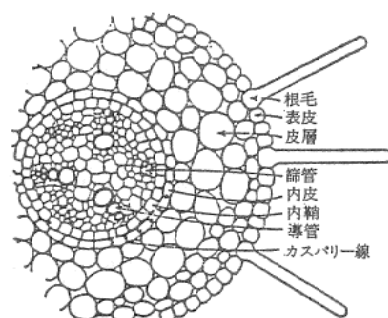


A. タバコの根端組織の模式図 (Esau. 1941)



B. 根毛と土壤粒子

根の構造



C. カボチャの吸収域の根の横断面図 (Craft と Broyer. 1938)

生産と技術

師管を通じて降下し、根の生成に役立つ。ここに師管中の物質の約90%は蔗糖で、後はアミノ酸その他であることが最近の優れた分析技術によって明らかにされている。

つぎの3～4図に茎並びに根部の道管と師管を示し参考に供したい。

ところで根には主根、側根、細根、毛根とがあり、前2者は主として水の吸上げ用、一方後2者は肥料の吸上げ用で、前2者は一名ゴボウ根、またはサポーターともいわれている。

ところで、根の表面はゼラチン質のペクチン質で覆われているが、熱水または酸によって加水分解されて、ペクチン酸のCa、Mg塩となり、あるいはガラクトuron酸その他に変化し、

この加水分解によるペクチン質の軟弱化に刺激されて、主根、側根から肥料吸収用の細根、毛根が発生するとは私が確めた実験結果で、根は肥料を求めて延びるのではなく、むしろ水を求めて延びるとした方が妥当のように考えられる。

しかし、このような根、茎の道管を通じての水の吸上げ機構は依然として神秘のベールに包まれている。

この吸上げ機構が解明できれば、水上げポンプ工業に大きく貢献すると考えている私であるが、過信であるかも知れない。境界領域の研究こそ、今後の独創力のトップに立つことを終記しておきたい。(57. 10. 12)

書 名 「緑の錬金術」

(Metal Ions Catalyzed Foliar Spray Cultivation)

著 者 堤 繁 大阪大学名誉教授
理学博士

出版社 (株) 青 巧 社
大阪市北区天満2～12～3
TEL 06 (353) 7708

内 容 葉面散布による化学的植物栽培法に関する諸論
2月初旬発行 予価 3,200円