

ケ イ 素 の 生 物 学 — 8 —

京都大学名誉教授

高 橋 英 一

陸上植物とケイ素

ケイ素集積植物の特徴と系譜³⁹⁾

今から四億年余り前の古生代のシルル紀の中ごろ、藻類のあるものが上陸を始めました。そして蘚苔植物、羊歯植物、裸子植物、被子植物をつぎつぎに進化させ、陸上を覆ってゆきました。陸上植物は光と炭酸ガスを求めて地上に葉を広げ、水分と無機養分を求めて地中に根を下ろし、両者を導管と師管を内蔵した維管束でつなぎ、互いに養分を交換するという体制をとりました。

彼らが根をおろした土壌には大量のケイ素(20~30%)が存在しており、土壌溶液のケイ素濃度も海水よりはるかに高くなっています。したがって陸上植物は多量のケイ素を吸収することが可能です。実際、トクサヤイネ科の植物にはケイ素含有率の高いものがあることはよく知られています。しかしケイ素含有率が意外に低い植物も沢山あります。

植物は上陸以来、土壌のケイ素を多量に吸収するものと吸収しないものに分かれて進化してきたようです。私達はそれがどのようにしているのかを探るために、同じ土壌に生育しているい

ろな種類の植物の無機組成を調べてみました。三ヶ所の機関(日本新薬山科植物研究所、京都府立植物園、国立遺伝研究所)から採取させていただいた植物は600種に上りましたが、おかげで興味深いことが分かりました。

被子植物におけるケイ素集積

表6は同じ圃場から採取した被子植物147種の地上部の無機成分組成ですが、これをケイ素濃度の大小で三つのグループに分けてみました。いま土壌溶液のケイ素濃度を10ppm、要水量(植物の乾物1gに相当する吸水量)を500mlとすると、植物が土壌溶液中のケイ素をそのまま水とともに吸収(すなわち受動吸収)した場合は、植物乾物当たりのケイ素濃度は0.5%になります。供試した植物にはこの基準値より三倍以上高いグループCと、半分以下のグループAがあります。前者はケイ素を水より速く吸収するタイプ(積極吸収型)、後者は水より遅く吸収するタイプ(排除型)、また基準値に近いグループBは水にともなって吸収するタイプ(中間型)と分類しました。

この分類の妥当性は水耕試験で傍証できます。グループAおよびグループCの代表的な植物としてトマトとイネを比較した実験の結果を、図14~16に示します。図14に見られるように、イネは培養液中のケイ素濃度を著しく低下させますが、トマトは逆に増加させます。しかしこの違いは根を切除すると失われ、両者ともケイ素濃度はほとんど変化しません(リンやカリウムの濃度はこの場合も有意に低下します)。また茎基

表 6 同一圃場から採取した被子植物 147 種の地上部の無機成分組成 (対乾物濃度)³⁹⁾

	Si%	Ca%	Mg%	K%	P%	Bppm	Alppm
被子植物平均(147)	0.50	1.66	0.24	2.70	0.33	19.2	980
単子葉類(40)	0.18	1.78	0.25	3.18	0.34	13.7	676
A双子葉類(77)	0.23	1.87	0.27	2.57	0.33	27.7	1222
平均(117)	0.21	1.84	0.26	2.78	0.33	22.9	1035
B双子葉類(8)	0.86	1.76	0.17	2.34	0.44	9.5	1290
C単子葉類(22)	1.87	0.65	0.14	2.39	0.26	3.0	575
C/A	8.90	0.35	0.54	0.86	0.79	0.13	0.56

植物採取地:日本新薬山科植物研究所圃場

部からの溢液中のケイ素濃度（地上部へ送られる導管液中の濃度を反映）は、イネでは短時間に外液の十倍近くに達していますが、トマトでは外液より著しく低い濃度に抑えられています（図15）。これを反映して地上部のケイ素濃度はイネでは根部より著しく高いが、トマトでは逆に低くなっています（図16）。これらの実験結果から、ケイ素含有率に見られる植物の種特異性の原因は根にあることが分かります。

グループCのようなケイ素含有率の高い植物をケイ酸植物と呼ぶことがあります。その特徴を表6から探ってみると次のような事柄があげられます。ケイ酸植物は被子植物の中では、単子葉類

図 16 地上部と根部の Si 含有率³⁹⁾

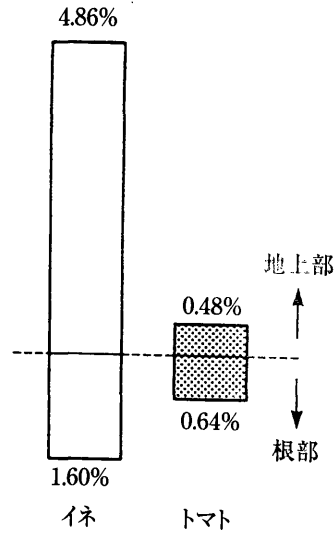


図 14 培養液中の Si 濃度の減少速度（72時間後）³⁹⁾

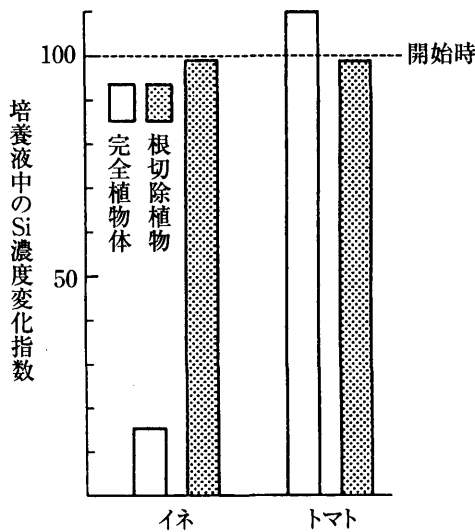
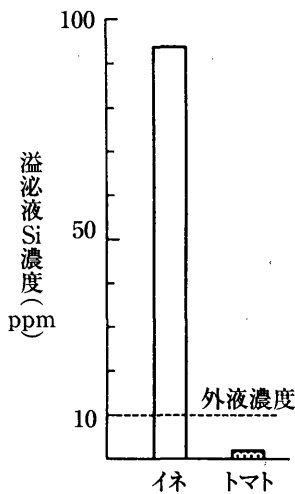


図 15 溢液中の Si 濃度（5時間後）³⁹⁾



のイネ科、カヤツリグサ科に集中していること。カルシウムと特にホウ素含有率が低いこと。またアルミニウムも低くなっていますが、これはむしろ単子葉類の特徴というべきであろうと思われます。単子葉類にはケイ素の高いものはありますが、アルミニウムの高いものはありません。これに対して双子葉類にはケイ素の高いものはありませんが、アルミニウムを集積するものがあります。

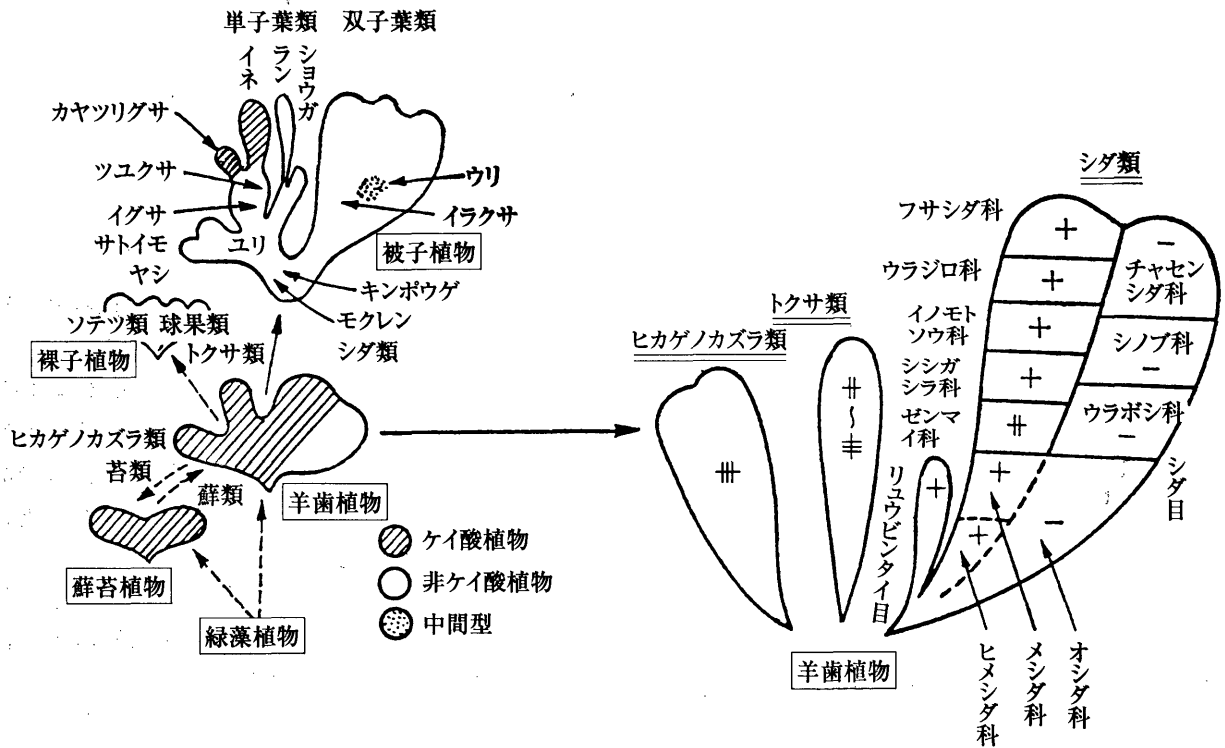
グループBにはウリ科やイラクサ科の植物が入っていますが、これらは外液中のケイ素濃度が高いと、かなりのケイ素含有率を示します。しかしカルシウム含有率はケイ素より高くなっています。後で述べるようにウリ科のカボチャには、根がトマトなどのようにケイ素に対して排除的に振る舞う品種と振る舞わない品種とがあります。

被子植物以外におけるケイ素集積

裸子植物は代表的なもの12種（ソテツ類2種、マツ類10種）を供試しましたが、ケイ素含有率は平均0.13%で、高いものではありませんでした。

羊歯植物はヒカゲノカズラ類2種、トクサ類2種、シダ類1種を供試しましたが、ヒカゲノカズラ類（平均4.60%）とトクサ類（平均5.81%）は、いずれも著しく高いケイ素含有率を示しました。これに対してシダ類にはケイ素含有率の高いものと低いものの二つの系統が見られました。すなわち6科19種の平均ケイ素含有率は2.53%、3科22

図 17 系統樹におけるケイ酸植物の分布³⁹⁾



種のそれは0.26%でした。そして科レベルでは二つの系統が重なり合うことはありませんでした。

蘚苔植物は2種を供試しただけでしたが、ケイ素含有率はミズゴケ(蘚類) 1.37%、ゼニゴケ 5.55%(苔類) でいずれも高い値を示しました。

このように被子植物以外にも、ケイ素含有率の高い「ケイ酸植物」と認められるものがありますが、これらのカルシウム含有率は被子植物のケイ酸植物のように低くはありません。シダ類にはケイ素含有率から二つの系統が認められますが、両系統のカルシウム含有率には有意の差はありませんでした。

しかし陸上植物全体を通してみると、限られたデータではありますが図17にまとめたように、

ケイ素集積性は系統分類と関係があるように見えます。植物の集積する特殊な元素はほかにもアルミニウム、マンガン、セレンなどがありますが、これらは土壌の酸度や酸化還元、母材などの特殊な土壌環境に個別的に適応した結果と考えられます。これに対してケイ素は土壌中に普遍的に多量存在しており、どれだけ吸収するかは植物に委ねられています。おそらくケイ素の集積が植物に有利に働いたため、そのような形質が進化の過程で保存されたのではないかと思います。

参考文献

39) 高橋英一：ケイ酸植物と石灰植物, 45~60頁, 165~176頁, 農文協 (1987)