【解説】

低リン条件下で房状の根を形成する植物の機能と分布 低リンストレスに対する植物の適応機構

丸山隼人*¹, 和崎 淳*²

リンの不足は植物の生育を大きく制限するが、リンが乏しい土壌で生育する植物の中には、房状の特殊な根を形成して適応するものがある。この房状の根は、根の表面積を増やして吸収効率を高めるだけでなく、有機態リンを分解するホスファターゼや難溶性リンを可溶化する有機酸の分泌能も高めて、リンの吸収を支えていることが示されている。房状の根を形成する植物は西オーストラリアや南アフリカなど南半球に多く分布し、北半球での例はほとんど報告されていなかった。近年、筆者らの研究により、わが国にもこれらの適応戦略を有した植物種が分布し、実際にリン栄養に乏しい土壌に適応するうえで重要な役割を担うことが示唆された。

はじめに：リン資源の問題と農芸化学

リンは植物にとって生育を制限する要因になりやすい必須元素である。そのため、作物の生産においてはリン酸質肥料などの形で農地に投入されるが、リン酸質肥料の原料となるリン鉱石資源は数十年以内の枯渇が懸念さ

れる有限の資源である⁽¹⁾。人間活動におけるリンの利用は、農業や畜産業など食糧生産産業における利用量が8割以上を占めるため、増加し続ける人口を支えるうえでリン資源の持続的な利用は喫緊の課題の一つとなっている。

農地に投入されたリンの多くは土壌中で難利用性の形態となり、作物に吸収される割合は高くても20%に満たず、施用されたリンの多くは土壌に蓄積されて残留する。また、下水汚泥など廃棄物からの再生利用についての取り組みも行われているが、現時点では再利用される割合は低く止まっている。植物によるリン利用効率の改善や、廃棄物などからの再利用においては、農芸化学分野の研究による寄与が大いに期待されるところである。

植物の難利用性リン吸収のための機構と「房状の根」

植物は通常、無機化合物である正リン酸（orthophosphate）としてリンを吸収する。土壌中のリンの利用効率が高い理由は、直接吸収することができない有機化合物（有機態リン酸）が多いことや、リン酸が金属イオンと結合しやすい性質をもち、難溶性リン酸となって土壌

Function and Distribution of Plants Forming Root Clusters under Low Phosphorus Conditions: Plant Adaptation Mechanism to Low P Stress

Hayato MARUYAMA, Jun WASAKI, *¹北海道大学大学院農学研究
院, *²広島大学大学院生物圏科学研究科

図1 ■ 植物による難利用性リン酸の可給化のしくみ

①有機酸トランスポーターによる有機酸の分泌，②有機酸のキレート能による難溶性有機態リン酸の可溶化，③有機酸のキレート能による難溶性無機態リン酸の可溶化，④マスフローによる可溶性有機態リン酸の移動，⑤細胞壁結合型ホスファターゼの輸送，⑥分泌性ホスファターゼの分泌，⑦ホスファターゼによる有機態リン酸の分解，⑧リン酸トランスポーターによるリン酸イオンの吸収。

中を動きにくくなることによる。植物は低リン条件に置かれると、いくつかの戦略を用いてこれらの難利用性リンを可給化（吸収可能な形に変えること）する。その分子機構を図1に示した。土壌中で無機化合物、有機化合物にかかわらずリン酸はアルミニウム、カルシウム、鉄などの金属イオンと結合して難溶性となりやすいが、これを可溶化するために根から有機酸トランスポーターを用いて有機酸を分泌する。根から分泌される有機酸の主なものはトリカルボン酸であるクエン酸、ジカルボン酸であるリンゴ酸やシュウ酸である。これらの有機酸はキレート能を有し、リン酸と結合している金属イオンと錯体を形成して無機態リン酸あるいは有機態リン酸を可溶化する（図1①～③）。可溶化した有機態リン酸は、マスフローにより根の表面に近づき、細胞壁結合型あるいは分泌性のホスファターゼによって分解を受け、無機態リン酸となる（図1④～⑦）。このように、根の表面からおよそ2mm程度からなる根圏においては可溶性の無機態リン酸が増加し、これを根の細胞膜にあるリン酸トランスポーターが吸収する（図1⑧）。

難利用性リンの吸収を促す分子的な戦略に加え、植物の根は低リン条件下で表面積を増やすことが古くから知られている。このことは一般的な植物でも見られ、表皮細胞が変形してできる根毛の密度を高めたり、側根の数

を増やしたりすることによって、表面積を拡大して個体あたりのリン酸吸収能を改善することにより低リン条件下に適応するための戦略であると理解されている。なかには、これらの一般的な植物で見られるよりはるかに高い密度で根毛や側根を形成し、極めて特徴的な形状となる「房状の根」を形成する植物群が存在する（表1）。双子葉植物の一部に見られるクラスター根は、2次根の限られた領域に短い側根が密に生じた試験管ブラシ状の構造である^(2,3)。ダウシフォーム根およびキャピラロイド根は、単子葉植物の一部に見られる、長い根毛が密に生じて房状となった根である⁽⁴⁻⁶⁾。これらの房状の根を形成する植物は、自然植生では、極めてリンの乏しい土壌に分布することが多い。ここで挙げる房状の根においては、根の表面積を拡大するだけでなく、前述の可給化戦略も強めることがわかってきており、吸収効率を最大限に高めることで極めて貧栄養な環境に適応しているものと理解される。

クラスター根を形成する植物

クラスター根を形成する植物の多くは木本植物であり、生育が遅いこともあって研究の進展速度が必ずしも速くない。現時点で最も多くの知見が蓄積され、また農

◆◆◆ コ ラ ム ◆◆◆

リンは植物の生育を最も制限する養分の一つであるが、自然環境中にはリンが不足した土壤も多い。こうした土壤に適応した植物の中には、房状となった変わった形の根をつくるものがある。房状の形をとることで、表面積を増やしてリンを吸収する効率を高くすることに加え、ホスファターゼという酵素や有機酸などの分泌物を放出して、土壤中で使われないまま残っているリンを吸収できる形に変換する力を強めている。

房状の根をつくる植物は、多くが南半球（旧 Gondwana 大陸）に分布している。特に西オーストラリアの古い地質は極めてリンに乏しく、双子葉のヤマモガシ科、単子葉のカヤツリグサ科が多く見られ、房状の根を形成することで適応している。日本には、ヤマモガシ科植物としてはヤマモガシという木本植物が唯一存在し、やはりリンの乏しい土壤に生育している。また、カヤツリグサ科は日本の自然植生には普遍的に見られ、貧栄養土壤に加えて、湿地や乾燥地、強酸性土壤や塩類土壤などの強いストレスがある土壤にも分布しており、ストレス耐性に優れた植物群の一つである。

根の形態を変えることで低リンというストレス環

境に適応するようになったこれらの植物の多くは、菌根による共生戦略をもたない。菌根とは、菌根菌という菌類が植物と共生してつくられる共生体のことを言う。菌根は、根が伸びないところまで菌糸が伸びてリンを吸収し、共生している植物に渡す代わりに、植物からは光合成産物が菌根菌に渡される、という互いにメリットのある共生の方式である。菌根は陸上植物の80%ほどがつくっており、多くの植物は菌根によってリン吸収を支えられていると考えられている。ヤマモガシ科やカヤツリグサ科などに見られる房状の根をつくる植物は、進化の過程としては比較的新しい植物群に含まれる。これらの植物は、菌根菌への光合成産物という投資がリン吸収というメリットに見合わないため、共生によるリン吸収という方式を捨て、自らの機能によって適応する道を選んだものと考えられる。こうした植物が地球の歴史上隔離されていた南半球に多いだけでなく、日本やハワイ（マカダミアはヤマモガシ科）などの島嶼部にも少ないながら見られることは、進化や生息域の変化を考えるうえで重要な事実であろう。また、房状の根をつくるうえで微生物との相互作用が必要であるという知見もあり、生物間の相互作用という観点からもたいへん興味深い。

表1 ■ 房状の根を形成する植物群と根のタイプ

区分	科	根のタイプ	文献
単子葉	カヤツリグサ科	ダウシフォーム根	4, 5
	イグサ科	ダウシフォーム根	4
	サンアソウ科	キャピラロイド根	6
双子葉	ウリ科	クラスター根	2
	カバノキ科	クラスター根	2
	グミ科	クラスター根	2
	クワ科	クラスター根	2
	マメ科	クラスター根	2
	モクマオウ科	クラスター根	2
	ヤマモガシ科	クラスター根	2
	ヤマモモ科	クラスター根	2

学的応用価値がある群としてマメ科のルピナス (*Lupinus*) 属の植物がある。

1. マメ科ルピナス属植物

Lupinus 属のマメ科植物にはクラスター根を形成するものと形成しないものがある⁷⁾。クラスター根を形成する *Lupinus* 属植物のうち、クラスター根の生理学的特徴はヨーロッパやオーストラリアでよく栽培される飼料作物のシロバナルーピン (*Lupinus albus* L.) を中心に

図2 ■ シロバナルーピン (A) とリン欠乏条件で育てたときの根系 (B) およびクラスター根 (C)

バーはすべて1cmを示す。

明らかにされてきた (図2)。

クラスター根は、表面積を拡大するだけでなく、土壤中に未利用のまま残っている難利用性リンを有効利用する有機酸および酸性ホスファターゼの分泌を顕著に高め

ることが知られている^(3, 8, 9)。表2に、各種の植物が有機酸を根から分泌する速度のデータをまとめた。クラスター根を形成するシロバナルーピンやヤマモガシ科の *Hakea* 属植物において、特に分泌速度が速いことが示されている^(10, 11)。シロバナルーピンを石灰質土壌で育てたときには、クラスター根から分泌されたクエン酸が土壌中のカルシウムと結合して生じたクエン酸カルシウムの結晶が目視で確認できるほど多量のクエン酸を分泌することが報告されている⁽¹²⁾。前述のとおり、有機酸は土壌中のリン酸を可溶化することを主な目的として分泌されることが考えられるが、クエン酸やリンゴ酸は基本代謝経路であるクエン酸回路に含まれる代謝物であることから、多くの土壌微生物がこれを資化することが可能である。根圏は通常の土壌と比較して炭素がリッチになる環境であり、土壌微生物密度は通常2桁程度多くなる。この微生物からの分解を防ぐしくみとして、根圏pHを低下させて細菌の生育を抑えたり、フラボノイド分泌による菌類の胞子形成を促したり、細胞壁を分解する酵素(キチナーゼやグルカナーゼ)を分泌したりする⁽¹³⁾。こうした応答を通して、クラスター根の発達に伴い特異的な根圏微生物群集構造が形成されていることも示されている^(14, 15)。

シロバナルーピンは、酸性ホスファターゼの分泌能が高いことでも知られる⁽¹⁶⁾。シロバナルーピン根分泌性の酸性ホスファターゼは電気泳動的に1種類しかなく、精製酵素は基質特異性が低く、幅広い領域の温度やpHに安定で、土壌中での安定性も高い^(16~18)。これらの性質は根圏土壌中ではたらくうえで極めて有利な特性であり、シロバナルーピンが低リン条件下でも比較的良好に育つ特性を支えていると考えられる。

筆者らは本酵素をコードする遺伝子LASAP2を単離し⁽¹⁹⁾、過剰発現させたタバコにおいて有機態リン酸の利用効率が高まることを示した^(20, 21)。また、LASAP2の精製酵素を土壌中に添加した場合にも別の植物のリン

吸収を増加させる効果を示すことが示されている⁽²²⁾。しかしながら、酵素だけによる土壌への効果は限定的であり、可溶性の基質に限られた。このことは、有機態リンも難溶性になることが重大な問題になることを示している。つまり、有機酸が可溶化してこれをホスファターゼが分解する、ということが重要となるだろう。酵素を土壌添加などの方法で活用するためには、可溶化の道筋をつけることが鍵となると考えられる。

2. ヤマモガシ科植物

地質学的に古い土壌では、長い期間溶脱や侵食を受けることに伴い、リンが極めて乏しくなる⁽²³⁾。特にこれが特徴的なのは西オーストラリアで、クラスター根を形成するヤマモガシ科が多く分布し、ヤマモガシ科植物が優占した極相林を形成する場合もある。

西オーストラリア原産のヤマモガシ科植物では、極めて特徴的な試験管ブラシ状のクラスター根を形成する(図3AB)。これまで、*Hakea* 属や *Banksia* 属で多くの研究が行われ、これらヤマモガシ科植物のクラスター根では有機酸分泌の増大が見られる(表2)ことや、ホス

図3 ■ ヤマモガシ科植物とクラスター根

Hakea laurina (A) とそのクラスター根 (B)、クラスター根を形成したヤマモガシ (C)。バーはすべて2cmを示す。

表2 ■ 各種植物の有機酸分泌速度

科	種	有機酸分泌速度 (nmol g ⁻¹ FW s ⁻¹)	文献
ヤマモガシ科	<i>Hakea prostrata</i> *	1.0-2.5	10
マメ科	<i>Lupinus albus</i> * (シロバナルーピン)	0.2-0.8	10
	<i>Cajanus cajan</i> (キマメ)	0.03	11
	<i>Brassica napus</i> (ナタネ)	0.01-0.05	11
アブラナ科	<i>Oryza sativa</i> (イネ)	0.01-0.12	11
イネ科	<i>Triticum aestivum</i> (コムギ)	0.09	11
	<i>Zea mays</i> (トウモロコシ)	0.03-0.38	10
	<i>Sorghum bicolor</i> (ソルガム)	0.001-0.006	10

クラスター根を形成する植物は*で示した。

ファクターゼ活性が高まることなど、前述のシロバナルーピンと同様に難利用性リンの可給化能を示すことが明らかにされている^(24, 25)。また、これらのヤマモガシ科植物は極めて乏しいリンの条件下で生育することから、吸収する能力だけでなく、一度体内に取り込んだリンを有効利用することも明らかにされてきた。リンを含む生体分子として量の多いものにRNAやリン脂質があるが、これを分解して再利用するために、RNAのうち最も量の多いrRNAを減らすことや、膜脂質を構成する脂質のうちリン脂質の割合を減らすことなどが最近になって明らかにされている⁽²⁶⁾。ここでRNAやリン脂質から減らされたリンは、若い葉などのより優先的に必要な部位に運ばれ、そこで必要なリン化合物として使われる。つまり、ヤマモガシ科植物は、難利用性リンの吸収能が高いだけでなく、一度取り込んだリンの有効利用を行う能力も高く、体の内外の戦略を総合して低リン耐性の強いグループであると言えるだろう。

ヤマモガシ科植物は、オーストラリアや南アフリカなどの旧 Gondwana 大陸に広く分布する木本の双子葉植物で、約 80 属 1,500 種がある。これまでにリン栄養と関係した研究例があるのはオーストラリア原産のもの以外では南アフリカやチリなど南半球に自生するものに限られており、北半球ではハワイのマカダミアの研究例があるのみである⁽²⁷⁾。わが国には、ヤマモガシ (*Helicia cochinchinensis*) の 1 属 1 種のみが自生しており、ヤマモガシ科植物ではほぼ北限の生息地と考えられる。

ヤマモガシは、静岡県以西の西日本の暖地に分布し、広島県内では宮島（広島県廿日市市）や大黒神島（広島県江田島市）に自生することが知られている。これらの地域の地質は花崗岩を母岩とし、リンなどの栄養塩が比較的乏しい土壌である。このことから、筆者らは宮島に生育するヤマモガシを対象としてクラスター根の形成の有無と低リン適応戦略について調査を行っている。

宮島に自生するヤマモガシの成木の根元や実生を掘り起こしたところ、比較的簡単に典型的なクラスター根を見いだすことができた。図 3C には砂耕栽培したヤマモガシと、クラスター根の様子を示す。クラスター根の根圏では、これまでに知られている *Hakea* 属植物などと同様に有機酸の分泌を強めたり、ホスファターゼ活性を高めたりして、リンの少ない環境に適応していることが示された⁽²⁸⁾。宮島でヤマモガシが生育する土壌の可給態（可給化された状態）のリンは $2.0 \sim 2.5 \text{ mg-P kg soil}^{-1}$ 程度であり、西オーストラリアに見られる極めてリンに乏しい砂丘土壌における可給態リンと比較するとやや高いものの、通常の農耕地における可給態リンの 1/100 程度

と極めて低いレベルである。このことから、ヤマモガシはわが国の土壌では優占するほどではないにせよ、日本の低リン土壌に適応し、ある程度の個体数が生息してきたものと判断される。

密な根毛により房状の根を形成する植物

単子葉植物では、密な側根の集合であるクラスター根を形成するのではなく、密な根毛を集合させて房状の形状をとるダウシフォーム根を主にカヤツリグサ科植物が^(4, 5)、キャピラロイド根をサンアソウ科植物が形成する⁽⁶⁾ことが知られている（表 1）。

ダウシフォーム根は、成熟過程の中間的な形状がニンジンのような形態をとるため、ニンジン (Dauci-; ニンジンの学名 *Daucus carota* に由来) のような形 (form) という名称がつけられた。表皮細胞が変形した根毛は、ほとんどすべての表皮細胞から形成されるとともに、極端に長くなり、集合体として房状の形状をとる（図 4）。

構造上は、ダウシフォーム根はクラスター根とは大きく異なるものの、根の表面積を増やすことに加え、有機酸やホスファターゼなどの根分泌を増大させて難利用性リンを可給化する能力が強まる点で、同様な意義があると考えられている⁽⁶⁾。筆者らは、西日本地域の貧栄養土壌に比較的普遍的に自生しているナキリスゲ (*Carex lenta*) を材料とした調査を行ったところ、リン濃度が

図 4 ■ カヤツリグサ科 *Carex macroglossa* の根系 (A) およびダウシフォーム根 (B)

典型的なダウシフォーム根を矢印で示した。バーは A が 1 cm, B が 2 mm を示す。

少ない土壌でダウシフォーム根の数が有意に多いこと、根圏土壌においては非根圏土壌と比較して可給態の無機態リンが56~80%多くなることが示された。すなわち、日本に自生するカヤツリグサ科植物においても、低リン環境でダウシフォーム根の形成が誘導され、難利用性リンを可給化する能力が高いものと理解される。

カヤツリグサ科植物のうち、ダウシフォーム根の形成に関する研究例の多くはやはり極端に貧栄養なオーストラリアの事例が多い。日本でもカヤツリグサ科は普遍的に見られるものの、これまであまり研究されてこなかった。筆者らは、西日本を中心に野生のカヤツリグサ科植物28種について調査したところ、14種からダウシフォーム根の形成を確認することができた。そのうち、*Kyllinga* など4属についてはこれまでに知られていない属からの発見である。現在のところ知見はまだ蓄積されていないが、ダウシフォーム根を形成して土壌中の難利用性リンを可給化する戦略は、日本在来のカヤツリグサ科植物にとって普遍的なのかもしれない。

おわりに

日本にも極めてリンの少ない土壌は存在する。日本の貧栄養土壌に自生する植物群の生態を理解することは、リンの有効利用戦略を理解することにつながるため重要である。陸上植物の多くは菌根菌との共生によりリン吸収が支えられている場合が多いが、本稿で取り上げた房状の根をつくる植物群は、菌根菌との非共生の植物が多い。リンの吸収における菌根菌への投資よりもクラスター根の機能を優先していると考えられる。

また、根分泌物のうち特に量の多い有機酸は微生物によって容易に消費を受ける。微生物によって有機酸が消費されることに伴って、微生物バイオマスへ土壌中のリンが蓄積されることは自明である。また、クラスター根の形成は微生物が存在することで促進されることが示唆されている⁽³⁾。これらの観点から考えても、植物微生物間相互作用という視点は重要であろう。

リンは限りある資源であり、土壌中に蓄積している未利用リンの利用ということは古くて新しい課題である。実際に土壌中で起きていることを明らかにしつつ、農学的に有用な分子（酸性ホスファターゼや有機酸分泌にかかわる輸送体など）を活用する方法を検討するという点で、今後の研究の進展が期待される。

文献

- 1) 和崎 淳：土づくりとエコ農業, **45**, 10 (2013).
- 2) M. W. Shane & H. Lambers: *Plant Soil*, **274**, 101 (2005).
- 3) 和崎 淳：化学と生物, **44**, 420 (2006).
- 4) M. W. Shane, K. W. Dixon & H. Lambers: *New Phytol.*, **165**, 887 (2004).
- 5) M. W. Shane, G. R. Cawthray, M. D. Cramer, J. Kuo & H. Lambers: *Plant Cell Environ.*, **29**, 1989 (2006).
- 6) H. Lambers, M. W. Shane, M. D. Cramer, S. J. Pearse & E. J. Veneklaas: *Ann. Bot. (Lond.)*, **98**, 693 (2006).
- 7) K. R. Skene: *Ann. Bot. (Lond.)*, **85**, 901 (2000).
- 8) G. Neumann & E. Martinoia: *Trends Plant Sci.*, **7**, 162 (2002).
- 9) J. Wasaki, T. Yamamura, T. Shinano & M. Osaki: *Plant Soil*, **248**, 129 (2003).
- 10) D. L. Jones: *Plant Soil*, **205**, 25 (1998).
- 11) R. F. R. Roelofs, Z. Rengel, G. R. Cawthray, K. W. Dixon & H. Lambers: *Plant Cell Environ.*, **24**, 891 (2001).
- 12) B. Dinkelaker, V. Römhelt & H. Marschner: *Plant Cell Environ.*, **12**, 285 (1989).
- 13) L. Weisskopf, E. Abou-Mansour, N. Fromin, N. Tomasi, D. Santelia, I. Edelkott, G. Neumann, M. Aragno, R. Tabacchi & E. Martinoia: *Plant Cell Environ.*, **29**, 919 (2006).
- 14) P. Marschner, G. Neumann, A. Kania, L. Weisskopf & R. Lieberei: *Plant Soil*, **246**, 167 (2002).
- 15) J. Wasaki, A. Rothe, A. Kania, G. Neumann, V. Römhelt, T. Shinano, M. Osaki & E. Kandeler: *J. Environ. Qual.*, **34**, 2157 (2005).
- 16) T. Tadano, K. Ozawa, H. Sakai, M. Osaki & H. Matsui: *Plant Soil*, **155/156**, 95 (1993).
- 17) K. Ozawa, M. Osaki, H. Matsui, M. Homma & T. Tadano: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **41**, 461 (1995).
- 18) M. Li & T. Tadano: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **42**, 753 (1996).
- 19) J. Wasaki, M. Omura, M. Ando, H. Dateki, T. Shinano, M. Osaki, H. Ito, H. Matsui & T. Tadano: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **46**, 427 (2000).
- 20) J. Wasaki, H. Maruyama, M. Tanaka, T. Yamamura, H. Dateki, T. Shinano, S. Ito & M. Osaki: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **55**, 107 (2009).
- 21) H. Maruyama, T. Yamamura, Y. Kaneko, H. Matsui, T. Watanabe, T. Shinano, M. Osaki & J. Wasaki: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **58**, 41 (2012).
- 22) T. Tadano & K. Komatsu: *Trans. 15th World Congr. Soil Sci.*, **9**, 521 (1994).
- 23) H. Lambers, J. A. Raven, G. R. Shaver & S. E. Smith: *Trends Ecol. Evol.*, **23**, 95 (2008).
- 24) M. W. Shane, M. de Vos, S. de Roock, G. R. Cawthray & H. Lambers: *Plant Soil*, **248**, 209 (2003).
- 25) P. F. Grierson & N. B. Comerford: *Plant Soil*, **218**, 49 (2000).
- 26) R. Sulpice, H. Ishihara, A. Schlereth, G. R. Cawthray, B. Encke, P. Giavalisco, A. Ivacov, S. Arrivault, R. Jost, N. Krohn *et al.*: *Plant Cell Environ.*, **37**, 1276 (2014).
- 27) N. V. Hue: *Plant Soil*, **318**, 93 (2009).
- 28) 山内大輝, 丸山隼人, 内田慎治, 向井誠二, 坪田博美, 和崎 淳：植物研究雑誌, **90**, 103 (2015).

プロフィール

丸山 隼人 (Hayato MARUYAMA)

＜略歴＞2007年北海道大学農学部生物機能化学科卒業／2009年同大学大学院農学院共生基盤学専攻博士課程前期修了／2012年広島大学大学院生物圏科学研究科環境循環系制御学専攻博士課程後期修了／同年同大学大学院生物圏科学研究科博士研究員／2015年北海道大学大学院農学研究院博士研究員／2016年同大学大学院農学研究院助教，現在に至る＜研究テーマと抱負＞植物のリン利用と獲得戦略の解明，土壤中未利用リンの植物による活用＜趣味＞旅行，登山，サッカー

和崎 淳 (Jun WASAKI)

＜略歴＞1994年静岡大学農学部応用生物科学科卒業／1999年北海道大学大学院農学研究科農芸化学専攻博士後期課程修了／同年JST CREST研究員／2003年日本学術振興会特別研究員／2004年北海道大学創成科学研究機構特任助教授／2007年広島大学大学院生物圏科学研究科准教授／2016年同教授，現在に至る＜研究テーマと抱負＞植物の低リン適応戦略の理解と活用，枯渇しつつあるリン資源の有効活用により，持続的な食糧生産に寄与したいと思っています＜趣味＞旅行，ダイビング＜ウェブサイト＞<http://home.hiroshima-u.ac.jp/rhizo/>

Copyright © 2017 公益社団法人日本農芸化学会
DOI: 10.1271/kagakutoseibutsu.55.189