

リンをめぐる国内外の動向と 2019 年度事業計画案

リン循環産業振興機構 理事長・大竹久夫

1. 地球の限界と持続的開発目標

地球の限界(Planetary boundaries)や国連の持続的開発目標(SDGs)に見るように、いま世界は持続可能な社会の実現に向けて動き強めている。しかし、SDGs は 2030 年までに達成すべき「短期」の目標であり、持続可能な開発のためには地下資源への過度な依存を断ち切らなければならないという基本問題への言及が乏しいことには注意すべきである。一方、SDGs の推進に必要な概念と喧伝される「地球の限界」でも、その安全な作業スペース(Safe Operating Space [link](#))という概念には資源問題への視点が欠けている。例えば、陸域から海洋へのリン負荷速度は、すでに地球の収容限界を越えていると言うが(図 1)、その根拠は今後 1,000 年以内に海洋無酸素事変(地球規模での無酸素海域の発生)を引き起こしかねないリン負荷速度としている。しかし、1000 年後にその様な事態が発生する前に、世界のリン鉱石の経済埋蔵量の方が枯渇(耐用年数=約 270 年)してしまうことだろう。今年 1 月、世界で最も権威のある医学雑誌の一つであるランセット(The Lancet)は、「持続的な食料システムによる健康な食事(Healthy diets from sustainable food systems) [link](#)」という報告書を発表して世界の注目を集めたが、リンのリサイクルが持続的な食料システムを実現するために重要であるとの見解が繰り返し述べられている。リンリサイクルの必要性が、資源問題よりも「地球の限界」との絡みで論じられることが増えてきている。

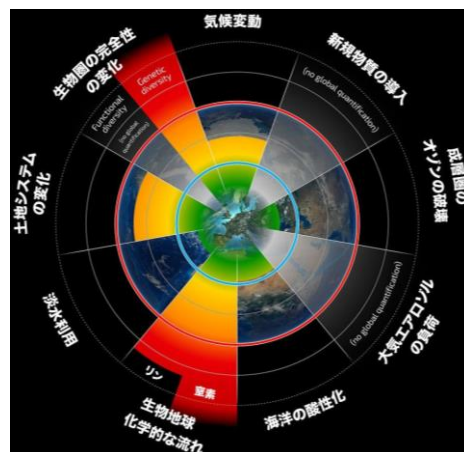


図 1 地球の限界(Planetary boundaries).

2. 「資源にやさしい」グローバル企業

欧州の成長戦略に、直線型経済(Linear Economy)から循環型経済(Circular Economy)への移行がある([link](#))。循環型経済では、地下資源はできるだけ掘らずに多くを将来の世代へ残し、どうしても掘る必要がある場合には、掘り出した資源を地上資源として何度も循環利用できる社会システムの構築が求められる。これから「地球にやさしい」グローバル企業には、これまでの「環境にやさしい」に加えて「資源にやさしい」ことが求められるだろう。いま世界では、発展途上国での地下資源採掘に伴う環境破壊に加えて、先進国による現地への廃棄物の置き去りが問題となってきた。たとえ日本の企業が原料から製品までの工程でゼロエミッションをいくら謳っても、海外で原料を得る際に環境を破壊したり、現地に廃棄物を置き去りにしていれば、「地球にやさしい」企業とは言いにくくなる。「資源は金で買えばよい」と言えた時代がすでに過去のことになるようにしていることに、日本も早く気がつかなければならない。

3. 欧州の肥料法の改正とリンリサイクル

持続的リン利用への取組みの中でいま最も注目すべきは、欧州における肥料法の大改正であろう([link](#))。肥料法の改正のねらいは、リン鉱石などの地下資源に依存した化学肥料を直線型経済の遺物として、循環型経済に相応しい地上資源を活用する肥料(Innovative fertilizer)のための市場を開拓することである。すでに EU 加盟各国の承認もなされて、現在 EU 議会と理事会による最終調印が待たれている。懸案(輸入リン鉱石の多くが締め出されかねない)であったリン酸肥料のカドミウム規制値は、60 mg Cd/kg P₂O₅ で合意がなされ、4 年後に再度の見直しが行われることとなっている。なお、肥料の原料区分(Component Material Category)には、下水汚泥、産業廃棄物や副産物からの回収リンは含まれておらず、このままでは下水汚泥等からリンを回収しても、欧州共同市場で取引が可能な肥料(Innovative fertilizer)の原料には使用できない。このため、EU 委員会は 2017 年に作業部会を設置して、回収リンのための肥料原料区分を新たに設けるための検討を行ってきた。まもなく作業部会から肥料原料への追加の提案が EU 委員会になされる予定である。新肥料法が施行されれば、欧州内で取引されているリン酸肥料の約 30% がリサイクル肥料で置き換えられると期待されている。EU は 2014 年にリン鉱石を重要原料物質(Critical raw materials)のリストに加えていたが、2017 年には黄リンをこのリストに加えた([link](#))。これにより、リンはリン鉱石と黄リンの 2 つが重要原料物質のリストに加えられたこととなり、欧州におけるリンの持続的利用を政策課題とするための行政上の根拠が出揃った。

欧州ではまた、下水汚泥やその焼却灰などの地上リン資源からリンを回収し再資源化するビジネスへの政策支援が始まっている。例えば、スイスやドイツなどでは、条例により下水汚泥の農地還元を全面的に禁止するとともに、下水汚泥からリンを回収することが義務づけられた。下水汚泥からのリン回収が義務づけられれば、下水処理場は業務としてリンを回収しなければならず、その費用は下水道のサービスを楽しむ企業や市民が負担することになる。この経済ルールの変更により、下水からのリン回収は経済採算性の分岐点を越えて、ビジネスとして成り立つことになる。下水汚泥の農地還元を禁止してリン回収を義務付ける動きは、オーストリアやスウェーデンなどにも広がってきている。その背景には、欧州の大手食品会社が下水汚泥を散布した農地からの農作物を買わない動きを見せていることや、下水汚泥に濃縮されたマイクロプラスチックが農地に持ち込まれることへの懸念がある。

4. 北米でのリン回収事業

欧州と同様に、米国も 2018 年に重要物質(Critical Materials)のリストを作成し、産業上の重要度からリン(リン酸)は、77 種類の鉱物資源の中で第 20 位に位置づけられた。しかし、米国は、今でも世界第 2 位のリン鉱石の産出国(輸出は 1995 年に中止)であるため、リン酸は国内でまだ供給が可能であるとして、銅、亜鉛、モリブデン、金や銀などとともに、最終的にまとめられた 35 の重要物質のリストには入らなかった。一方、2005 年にカナダで設立された Ostara Nutrient Recovery Technologies 社(以下 Ostara 社 [link](#))は、下水処理場の消化汚泥からリンを MAP(NH₄MgPO₄・6H₂O)として回収するプロセス(Pearl プロセス)を実用化し、2009 年以降北米を中心に業績を伸ばしている。Ostara 社の



図2 Ostara 社の Pearl プロセス

図2 Ostara 社の Pearl プロセス

Pearl プロセスは、2016年までに北米に11 および欧州に3の合計14の下水処理場に導入されている。しかも、その約半数は2015年および2016年に導入されており、とくに2016年5月に米国シカゴ市の下水処理場(処理人口約240万人)に導入されたMAP回収装置は、年間約10,000-15,000トンのMAP(商品名Crystal Green)を回収できる世界最大の規模を誇っている。北米の地下水にはマグネシウム(Mg²⁺)が比較的多く溶け込んでいるため、多くの下水処理場はMAPによる配管等の閉塞障害に悩まされてきた。シカゴの下水処理場においても、MAPによる配管閉塞障害の防止等に、年間約800-900万ドルの薬品費(主に塩化鉄)がかかっており、Pearlプロセスの運転と管理にかかわる経費がCrystal Greenの販売で賄えれば、プラントの建設費も薬品代の節約により約3-5年の短期で回収できるとしている。

5. 日本におけるリン資源問題

わが国では農業、肥料、下水道、浄化槽・し尿、食品や環境などの個別の分野で、リンに関連する事業が行われているものの、分野を越えた総合的な取組みはなく、国にも俯瞰的な立場で政策を調整するような動きはない。驚くことに、わが国にはリンの科学と技術について専門的に研究している公的な機関がどこにもなく、リンに関連する分野を俯瞰して総合的に政策を立案している国の部署もない。わが国の政策担当者が、持続的なリン利用について、正しい情報に基づいて有効な政策を立案ができるためには、日本におけるリンのフロー、ニーズ、コストやマーケットなど「リンの実態」についてよく知っていなければならない。しかし、日本における「リンの実態」は驚くほどよくわかっていない。日本人の多くは、未だにわが国にはリン資源がないことをよく理解しておらず、日本人のリンに関する認識を変える取組みが求められる。

これまで資源問題は、おもに経済成長や国際競争力と言った視点から語られてきた。たしかに石油やレアメタルなどは、人間が快適で便利な暮らしをするためには重要であるが、これらは人間の生存にとり絶対的に必要な資源と言うわけではない。資源問題を、経済効率や利便性といった視点からばかり議論していると、持続可能な開発とはいずれどこかで矛盾をきたしかねない。リンの資源問題は、生命の存在そのものに絶対的に必要な元素の資源問題という点で、他の資源問題とはかなり出発点が違う。生命の存在に絶対的に必要なリンの資源問題では、経済効率や利便性といった視点は本質的なものではない。日本列島にはいま、約1.25億人の人間が暮らしている。人間ひとりが健康に暮らすためには毎日約1gのリンが必要であり、約1.25億人の人間が1年間に必要とするリンの量は約4.6万トン(静岡県浜松市の全人口の合計体重に相当)になる。「リンをもたない」日本には、国

表1 人体を構成する元素

元素	重量%	
酸素	65.0	多量元素 1%以上
炭素	18.0	
水素	10.0	
窒素	3.0	
カルシウム	1.6	
リン	1.0	
硫黄	0.25	少量元素 0.01-1%
カリウム	0.20	
ナトリウム	0.15	
塩素	0.15	
マグネシウム	0.15	
鉄	0.009	微量元素 0.0001-0.01%
フッ素	0.005	
ケイ素	0.003	
亜鉛	0.003	
ストロンチウム	> 0.001	
ルビジウム	> 0.001	
臭素	> 0.001	
鉛	> 0.001	
マンガン	> 0.001	
銅	> 0.001	

民の生命を維持するためだけでも、毎年これだけ多くのリンを海外から輸入し続けなければならないという宿命がある。

6. 2019年度の事業計画案

日本は地下リン資源はもたないが、毎年国内で約20万トンの地上リン資源(リンを含有する未利用の廃棄物や副産物)が発生している。これらの地上リン資源を活用してリンの自給体制を構築するための事業に取り組むためには、リンバリューチェーンのイノベーションが必要である。リンバリューチェーンのイノベーションをめざすプロジェクトとして、次のようなプロジェクトが考えられる。①黄リンの国内生産による画期的なリンバリューチェーンの構築(Pイノベーションプロジェクト)、②バイオマス由来の有機リン酸エステルを出発原料とする黄リン製造を経由しないリンバリューチェーンの構築(Pバイオエステルプロジェクト)、③国内未利用リン資源からのリン酸製造による黄リン製造を経由しないリンバリューチェーンの構築(Pルネッサンスプロジェクト)や、④回収リンの農業利用のためのリンバリューチェーンの構築(Pリサイクルプロジェクト)。特別会員および正会員から、積極的なプロジェクトの提案をお願いしたい。これらのプロジェクトに取り組む中で、リンに関連するイノベーション・シーズを網羅的に拾い上げ、その情報を会員に提供したい。リンバリューチェーンのイノベーションに取り組むためには、産官学での情報交換と機構のネットワークを最大限に活用した会員交流、とくに異分野間での交流が重要である。産官学での情報交換と会員の異分野交流を推進するための事業を行いたい。

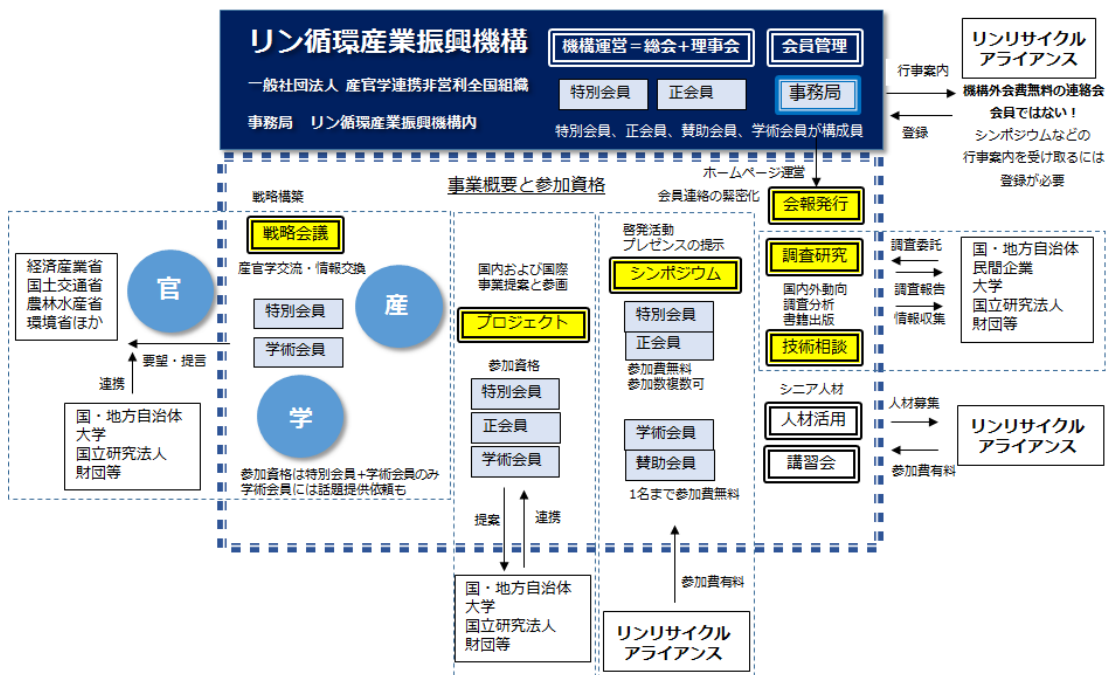


図4 一般社団法人リン循環産業振興機構の事業概要

連絡先

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3丁目8番3号 東硝ビル8階
 一般社団法人リン循環産業振興機構 事務局
 電子メール：info@pido.or.jp ホームページ：http://www.pido.or.jp