

File No. 05 りん鉱石の産地、種類と埋蔵量

一、 りん鉱石の種類

自然界にはりんを含む鉱物が約 100 種あるが、りん酸やりん酸肥料の原料に適する鉱物はカルシウムのりん酸塩類鉱物に限られる。典型なりん鉱物はフッ素りん灰石 (fluorapatite) で、その構造式は $(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \cdot \text{F}_2)$ であり、純粋の鉱物では P_2O_5 42.26%、 CaO 55.56%、 F 3.77%である。しかし、フッ素りん灰石の結晶構造中に F^- 、 Ca^{2+} 、 PO_4^{3-} イオンはその結晶化学半径の近いほかのイオンとの間に置換作用を起こし、別のりん酸塩鉱物になる。例えば、 F^- は Cl^- 又は OH^- に置換され、塩化りん灰石 ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \cdot \text{Cl}_2$) 又は水酸化りん灰石 (ハイドロキシアパタイト、 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \cdot (\text{OH})_2$) となり、 Ca^{2+} は Na^+ 、 K^+ 又は Sr^{2+} に置換され、 PO_4^{3-} は AsO_4^{3-} 、 SiO_4^{3-} 、 SO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 又は CO_3^{2-} に置換される。概して、結晶構造中に置換された CO_3^{2-} が増えれば増えるほど、鉱物の屈折率が低くなり、結晶結合が緩くなり、隙間が多くなり、クエン酸に溶けるいわゆるく溶性りん酸分が多くなる。

りん鉱石が主に火成岩、変質岩と沈積岩に生成され、特に沈積岩から生成されたりん鉱石は結晶が細かく、結晶の結合が緩く、 CO_3^{2-} 等に置換された場合が多く、分解しやすいため、肥料原料としての利用価値が高い。一方、火成岩と変質岩から発見されたりん鉱石は大体結晶格子が大きく、構造が細密で、分解しにくいいため、肥料原料としての利用価値が低い。

二、世界のりん酸塩類鉱物の埋蔵量

りん鉱石の分布は偏って、北アフリカのモロッコに集中している。2002 年、アメリカ地質調査局が 1990 年代に各国公表された統計データからまとめたりん鉱石の埋蔵量は表 1-1 に示す。

表 1-1. 世界りん酸塩類鉱物の分布と埋蔵量 (2002 年)

国又は地域	確認可採掘埋蔵量 (億トン)	予測埋蔵量 (億トン)
モロッコと西サハラ	57.0	210.0
アメリカ	10.0	40.0
ロシア	2.0	10.0
南アフリカ	15.0	25.0
ヨルダン	9.0	17.0
中国	66.0	130.0
ブラジル	3.3	3.7
チュニジア	1.0	6.0
イスラエル	1.8	8.0
セネガル	0.5	1.6

シリア	1.0	8.0
トーゴ	0.3	0.6
その他の国	10.0	20.0
世界合計	176.9	479.0

21 世紀に入ってから、資源問題が重要視され、りん鉱石の探鉱が盛んになり、特に北アフリカ地域では大きなりん鉱石の鉱脈が発見されたため、りん鉱石の現時点採掘可能埋蔵量と将来採掘可能の経済埋蔵量が大幅増えた。表 1-2 は 2010 年アメリカ地質調査局が発表した最新のデータである。

表 1-2. 世界りん鉱石採掘量と確認された経済埋蔵量 (2010 年)

国又は地域	採掘量 (百万トン/年)	経済埋蔵量 (億トン)
モロッコと西サハラ	26.0	500.0
アメリカ	26.1	14.0
ロシア	10.0	13.0
南アフリカ	2.3	14.0
ヨルダン	6.0	15.0
中国	65.0	37.0
アルジェリア	2.0	22.0
ブラジル	5.5	3.4
チュニジア	7.6	1.0
イスラエル	3.0	1.8
セネガル	0.65	1.8
シリア	2.8	18.0
トーゴ	0.8	0.6
オーストラリア	2.8	0.8
エジプト	5.0	1.0
その他の国	9.5	6.6
世界合計	176.0	650.0

註： 経済埋蔵量とは、将来にわたって、採掘、選鉱においても経済採算性のとれるりん鉱石の埋蔵量である。

2010 年現在、世界のりん酸塩類鉱石の推定経済埋蔵量が 650 億トン、アフリカ、北米、アジア、中東、南米の 60 数ヶ国に分布しているが、最大の埋蔵地が北アフリカ地域である。モロッコ (西サハラを含む) だけで 500 億トンの埋蔵量が推定される。中国が 2 位で、約

37 億トン、アルジェリアが第 3 位で、約 22 億トンである。モロッコ、中国、アメリカ、アルジェリア、シリア、ヨルダン、南アフリカ、ロシアの 8 ヶ国だけで世界りん鉱石の経済埋蔵量の 97.5%を占める。なお、りん鉱石の鉱脈はほかの金属系鉱石と異なり、磁力線や赤外線に反応しないため、衛星等でのリモート探査が難しい。大体地質資料からりん鉱石が生成できそうな沈積岩の存在地形を確認し、現地で実地調査する。従って、埋蔵量のデータが大きく変動することがある。

三、世界主要りん鉱石産地の鉱石種類と形成形態

産地により、りん鉱石の種類と形成母岩および形成形態が異なる。主要産地のりん鉱石種類と形成形態、主な用途を表 1-3 に示す。

表 1-3. 各産地のりん鉱石種類と形態

産地	鉱石種類	形成形態	結晶状態	りん酸含有量	く溶性りん酸含有量	用途
中国雲南省	水酸化フッ素りん灰石	沈積岩	コロイド状、結晶の結合が緩い	16～35%	16～20%	りん酸肥料原料のほか、そのまま肥料として使える
中国湖北省	水酸化フッ素りん灰石	変性沈積岩	コロイド状、結晶の結合が緩い	10～32%	8～18%	りん酸肥料原料
モロッコ	フッ素りん灰石	沈積岩	微結晶	12～36%	10～15%	りん酸肥料原料
アメリカフロリダ	(フッ素過剰の)フッ素りん灰石	沈積岩(小石、沙、粘土と一緒に産出)	微結晶	10～35%	6～12%	りん酸肥料原料
ヨルダン	フッ素りん灰石	沈積岩	結晶	10～26%	6～15%	りん酸肥料原料
ナウル、マカテア等の太平洋諸島	りん酸三カルシウム	鳥糞等とサンゴ礁と反応物	微結晶	25～40%	20～30%	そのままりん酸肥料として使える。

りん鉱石の商業価値は

1. 全りん酸 (P_2O_5) 含有量、
2. く溶性りん酸含有量

により決められる。

全りん酸含有量が高いほど、原料としての利用価値が高くなるのが当然であるが、く溶性りん酸含有量が高い場合は、その結晶構造が小さく、結晶の結合が緩く、 CO_3^{2-} 等に置換された場合が多く、分解しやすい。つまり、りん酸を分解抽出にかかる手間暇が省き、生産効率が高く、生産コストを低く抑えることができる。また、く溶性りん酸含有量が高いものは、そのまま粉砕してりん酸肥料として施用することができる。有名なグアノ肥料は長年堆積してきた海鳥の糞がサンゴ礁等のカルシウム鉱物と反応してできたりん鉱石を粉砕したものである。