

■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源(16)

リンの資源および利用の現状と将来

Current Phosphorus Situation and Outlook

記 内 康 明*

Yasuaki Kiuchi

はじめに

リンは生命の維持に欠く事の出来ない重要な元素である。リンは動物体では骨や歯を形成し、又複雑な有機化合物として生物体の重要な一部を形成している。一方、植物体においては窒素、リン酸、加里の三大要素の一つとして、その成長に重要な役割を担っている。

リンは1669年ドイツの化学者H.BRANDによって尿の中より発見されたが、それよりはるか昔紀元前のギリシャ時代に鳥糞が肥料として用いられていたと記録されており、リンの工業は肥料から始ったと言っ

てよい。リンは天然には単体として存在せず、リン酸塩として主にリン鉱石の形で産出される。本稿ではリンの原料であるリン鉱石について述べることにしたい。

1. リンの資源—リン鉱石—

1.1 リン鉱石の種類

肥料用語辞典によれば、リン鉱石とはリンを含有し、リンを目的とする工業に利用できる鉱石とある。

リン鉱石はその成因によって性状が異なり、海成リン鉱石 (Marine Phosphorite)、火成リン石灰 (Igneousapatite)、グアノリン鉱石 (Guanophosphate) の三つに大別することができる。現在生産されているリン鉱石の殆どは海成リン鉱石であり、日本においては産出されず全量輸入されている。

海成リン鉱石は堆積リン鉱石とも言われ、約6億年前のカンブリア時代以降、動植物体が生化学的に海底に沈澱堆積し、その後地殻の変動により隆起して地上に現われたものと言われる。従ってこのリン鉱石の中より時にはサメの歯の化石が見つかる事がある。主成分はリン酸石灰であるが、有機物、鉄、アルミ、フッソの含有量がやや多めである。代表的な産地としてア

メリカ (フロリダ、ノース・カロライナ等)、北アフリカ (モロッコ、チュニジア、エジプト等)、中近東 (ヨルダン、イスラエル等) が挙げられ、最も大量に生産、消費されている。火成リン石灰はリンを含むマグマが噴出して出来た火成岩質のもので、通常フッソリン石灰 (Fluorapatite)、塩素リン石灰 (Chlorapatite) の形で産出され、一般に有機物の含有量は少ない。主な産地はソ連、南アフリカ、ベトナム、中国等である。グアノリン鉱石はリン酸分に富む海鳥等の糞が堆積し、長年の間に雨や海水で含有成分が流出する際、リン酸分がサンゴ礁等に作用して難溶性のリン酸三石灰となり沈澱堆積したもので、従って産出地は海鳥が多く生息し降雨の多い太平洋諸島 (クリスマス島、ナウル島、マカティア島等) である¹⁾。

1.2 リン鉱石の成分

リン鉱石中のリンの含有量は一般に P_2O_5 又は BPL で%表示される。後者は Bone Phosphate of Lime のことで、リン鉱石の中のリンの含有量を骨の主成分であるリン酸三石灰 $Ca_3(PO_4)_2$ と換算したもので、リン鉱石が発見される前、リンの原料を骨に依存したことに由来する。リン酸換算 $BPL = 2.1852 \times P_2O_5$ で計算される。又その他の含有成分はリン鉱石の地理的条件や成因によって異なるが、表1は代表的な産地の分析例を示した。リン鉱石の商品としての生産工程は一般に鉱床から原鉱を採掘し、それを粉碎選鉱 (Crushing/Sizing)、乾燥する (Drying) のものであるが、BPLの品位を高めるため、水選法、浮遊選鉱法、焼鉱法等の方法が取られている。

1.3 リン鉱石の用途

リン鉱石は主にリン酸肥料の原料として使用される。リンそのものは、自然の流出及び作物による吸収のため土壌の中に多くは存在しない。作物の収穫を上げるためにはリン酸肥料の施肥は必須である。リン酸肥料は単に収穫を上げるだけでなく、作物が天候や病害虫に対する抵抗力を強くする働きを持っている。

* 三菱商事(株)化学肥料部輸入第一チーム課長

〒100-91 東京都千代田区丸の内2-3-1

表1 リン鉱石の産地別分析例

成分	産地	アメリカ(フロリダ)		ヨルダン		モロッコ	ナウル	クリスマス	中国	南アフリカ
BPL %	%	72.10	68.10	73.86	70.69	72.50	85.54	81.44	74.01	86.53
P ₂ O ₅ %	%	33.00	31.15	33.80	32.35	33.10	39.14	37.27	33.87	39.66
CaO %	%	48.27	46.67	51.67	49.70	51.00	53.52	49.71	48.65	55.06
Fe ₂ O ₃ %	%	1.19	1.49	0.16	0.30	0.20	0.34	1.20	1.04	0.17
Al ₂ D ₃ %	%	1.07	1.10	0.24	0.48	0.76	0.16	2.64	0.88	0.01
CO ₂ %	%	3.40	3.80	4.40	4.65	4.49	2.60	2.71	3.24	1.79
SO ₃ %	%	1.10	1.10	1.10	1.21	1.65	0.19	0.00	0.42	0.00
MgO %	%	0.40	0.50	0.25	0.40	0.75	0.38	0.56	1.42	0.66
SiO ₂ %	%	3.81	8.70	2.50	5.00	1.14	0.23	0.20	4.72	0.35
F %	%	3.70	3.65	3.80	3.65	4.34	2.92	1.64	3.25	2.70
Cd(ppm)		16.00	16.00	4.00	4.00	2.08	70.00	41.00	0.10	2.40

2000年までには60億人に達するといわれる人口増に対処すべく、農産物の生産を高めるためにリン酸肥料ひいてはその原料であるリン鉱石は必要不可欠なものといえる。現在リン鉱石の最大生産国であり消費国であるアメリカでは、生産されるリン鉱石の90%がリン酸肥料の生産に使われ、残り10%は主に工業用乾式リン酸を生産するための原料として消費されている。乾式リン酸は電炉でリン鉱石を溶かして出来る黄リンを空气中で燃して作られる。主に洗剤原料であるSTPP (Sodium Tripolyphosphate) の原料として使

われ、又食添用、歯磨き用、飼料用、金属表面処理用等に使われるリン酸塩の原料として利用される²⁾。

2. リン鉱石の需給

2.1 世界のリン鉱石の生産量³⁾

リン鉱石の生産量は、1970年代はほぼ順調に伸びて1980年には139百万トンのピークに達したが、1981/1982年は世界的な景気の落込みによりリン鉱石の生産量も大きく落込んだ。特にアメリカにおいてリン鉱石の在庫が2000万トン近くに達し、その在庫調整のため

表2 世界のリン鉱石生産量 (1979年～1985年)

(千トン)

地域	年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
ヨーロッパ		126	246	368	357	554	701	740
ソ連		24,662	24,767	25,720	27,520	28,500	29,000	30,500
アフリカ		33,978	33,384	33,486	30,285	34,159	36,065	34,354
アルジェリア		1,084	1,036	916	947	893	1,000	1,208
エジプト		645	658	720	708	647	1,043	1,074
モロッコ/サハラ		20,136	18,824	19,696	17,860	20,107	21,133	20,737
南アフリカ		3,221	3,282	3,034	3,173	2,742	2,585	2,421
セネガル		1,804	1,752	2,153	1,247	1,522	2,123	1,781
トーゴ		2,916	2,933	2,244	2,035	2,081	2,696	2,452
チュニジア		4,040	4,768	4,596	4,196	6,016	5,346	4,530
アメリカ		51,611	54,415	53,624	37,414	42,573	49,197	50,835
中南アメリカ		2,029	3,270	3,052	3,110	3,710	4,264	4,838
メキシコ		275	330	262	331	436	375	549
ブラジル		1,695	2,921	2,764	2,732	3,208	3,855	4,214
アジア		17,599	21,623	21,262	23,212	24,330	29,146	27,261
中国		8,517	10,726	10,862	11,730	11,630	14,210	12,000
クリスマス		1,357	1,638	1,336	1,365	1,066	1,257	1,187
インド		645	523	549	552	787	883	929
イラク					363	1,199	1,000	1,000
イスラエル		2,225	2,611	2,372	2,717	2,969	3,312	4,076
ヨルダン		2,826	3,927	4,244	4,431	4,748	6,263	6,067
シリア		1,170	1,219	1,320	1,455	1,229	1,514	1,270
オセアニア		2,291	2,094	1,504	1,568	1,705	1,376	1,542
ナウル		1,838	2,087	1,480	1,333	1,684	1,359	1,508
合計		132,296	139,799	139,016	123,466	135,531	149,749	150,070
(対前年比)			5.7%	-0.6%	-11.2%	9.8%	10.5%	0.2%

(BSC Phosphorus & Potassium より抜粋)

に大幅に生産を落した事が主な原因である。1983年より生産は再び上向きに転じ、1985年には150.1百万トンと過去最高の生産量となった。(表2)

世界最大のリン鉱石生産国はアメリカで、50.8百万トンと世界全体の30%以上のシェアを占めているが、それでも1980年の生産量54.4百万トンに至っていない。アメリカに次いで生産量の大きな国はソ連、モロッコ、中国、ヨルダンの順であり、この上位五ヶ国で世界の生産の80%を占めている。(図-1)

1980年対比生産を大きく伸ばしている国は、ソ連の5.7百万トンを筆頭にヨルダン、モロッコ、イスラエル、中国、ブラジル等が1.3—2.2百万トンの増となっている。

2.2 世界のリン鉱石の消費量³⁾

1984年の世界のリン鉱石の消費量は1983年対比14.4百万トン増え(+10.1%)、152.6百万トンに達した。過去最大の消費量である。アメリカの消費が大幅に伸びたためアメリカの伸びは世界の伸びの約50%を占めている。世界最大の消費国はアメリカで1984年の消費量は41.7百万トンと世界の消費の約30%を占めており、次いでソ連の24.6百万トン、中国の14.8百万トンが続き、これら上位三ヶ国で、世界の消費の50%強を占めている。(図-2)

リン鉱石の消費量は穀物増産のため毎年10%の割合いで伸びているが、1981/1982年にはそれぞれ約10%の落込みを示した。これは米国で穀物の在庫が増え市況が低迷したため、農作物の作付け面積を減やす減反政策を取ったことにより、肥料の消費が大巾に落込んだ

だ事が主な要因である。(表3)

2.3 リン鉱石の貿易

1985年の貿易量は46.5百万トンでこの2/3年は同レベルで推移している。世界の生産量の約30%が輸出されているとみてよい。主要な輸出国はモロッコの14.8百万トン、アメリカの10.8百万トンとこの二ヶ国で世界の輸出量全体の約50%を占めている。次いで、ヨルダン(4.6百万トン)、ソ連(3.9百万トン)が続いている。(表4)

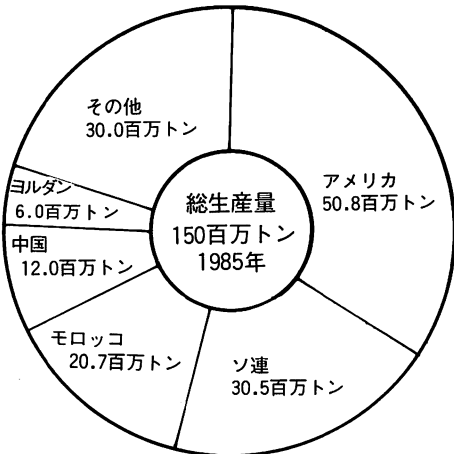
輸出先としてモロッコはスペイン、フランスを中心とした西ヨーロッパ向けにその64%を、次いでポーランドを中心とした東ヨーロッパ向けに20%を輸出している。アメリカはアジア向けに32%、西ヨーロッパ向けに28%、カナダ向けに24%となっている。ヨルダンはアジア、東ヨーロッパ向けを主に、ソ連はその殆んどを東ヨーロッパ向けに輸出している。

輸入国としては、フランスの4.1百万トンを筆頭に3百万トン台でポーランド、2百万トン台でカナダ、日本、オランダ、ベルギー、西独、スペイン、ルーマニアとなっている。

3. 日本におけるリン鉱石の輸入と需要

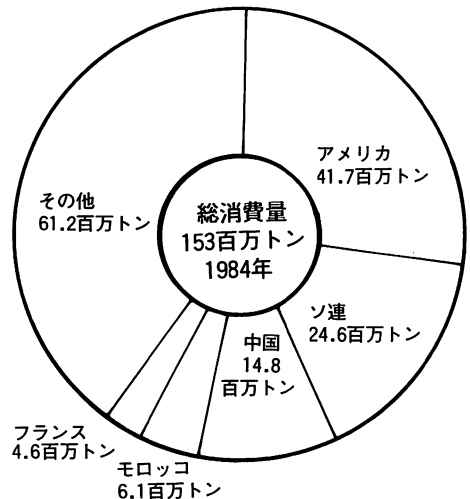
3.1 輸入

先に述べたように日本ではリンの原料は全量輸入に頼っている。図-3^{4),5)}にみられる如く輸入量は1970年代前半で、約300万トンで推移し、1974年383万トンに急増したが、これは石油危機による仮需が発生した



アメリカ	34%	中国	8%
ソ連	20%	ヨルダン	4%
モロッコ	14%	その他	20%

図-1 リン鉱石国別生産量 (1985年)



アメリカ	27%	モロッコ	4%
ソ連	16%	フランス	3%
中国	10%	その他	40%

図-2 リン鉱石国別消費量 (1984年)

表3 世界のリン鉱石消費量 (1979年~1984年)

(千トン)

地域	年	1979	1980	1981	1982	1983	1984
西ヨーロッパ		23,270	22,913	20,848	19,202	20,949	21,120
ベルギー		2,128	2,263	2,425	2,049	2,477	2,437
フランス		5,394	5,329	4,518	4,417	4,570	4,606
西ドイツ		2,566	2,557	1,966	1,813	1,909	1,643
オランダ		2,339	2,214	2,168	1,958	2,320	2,202
イタリア		1,766	1,647	1,398	1,317	1,443	1,549
スペイン		2,960	2,515	2,427	2,334	2,464	2,859
イギリス		1,731	1,680	1,428	1,357	1,480	1,430
東ヨーロッパ		31,828	31,215	31,370	32,796	35,091	35,803
東ドイツ		1,536	1,301	1,285	1,109	1,126	1,105
ポーランド		3,230	3,248	2,950	3,407	3,413	3,407
ルーマニア		2,911	2,742	2,694	2,559	2,922	2,903
ソ連		20,532	20,209	20,700	22,169	23,600	24,629
ユーゴスラビア		944	1,338	1,276	1,173	1,522	1,562
北アメリカ		43,000	44,381	38,210	31,113	37,592	44,877
カナダ		3,396	3,825	3,080	2,363	2,762	3,130
アメリカ		39,605	40,556	35,130	28,750	34,830	41,747
中南アメリカ		4,201	5,315	4,537	4,659	5,026	5,973
メキシコ		1,434	1,391	1,425	1,467	1,573	1,530
ブラジル		2,462	3,692	2,930	2,978	3,306	4,264
アフリカ		8,354	9,592	10,263	11,053	12,601	14,191
モロッコ		1,133	2,408	3,504	32,889	5,328	6,151
南アフリカ		2,887	3,136	2,627	2,656	1,968	2,499
チュニジア		2,218	3,078	3,158	3,312	3,943	3,662
アジア		19,118	21,211	19,396	21,651	23,966	27,931
中国		8,964	11,305	11,163	12,147	12,209	14,829
インド		2,098	1,861	1,920	2,105	2,184	2,555
日本		2,918	2,615	2,345	2,127	2,477	2,349
イスラエル		445	502	552	363	1,199	1,000
韓国		1,804	1,835	1,033	1,607	1,663	1,704
オセアニア		3,857	3,851	2,872	3,020	3,007	2,692
オーストリア		2,644	2,705	1,907	2,112	2,109	1,824
ニュージーランド		1,213	1,146	965	908	898	868
合計 (対前年比)		133,628	138,478 3.6%	127,496 -7.9%	123,494 -3.1%	138,232 11.9%	152,587 10.4%

(BSC Phosphorus & Potassium より抜粋)

表4 世界のリン鉱石貿易量 (1985年)

(千トン)

輸入国	輸出国	アメリカ	モロッコ /サハラ	ヨルダン	ソ連	ナウル/ クリスマス	トーゴ	イスラエル	その他	合計
西ヨーロッパ		3,023	9,424	504	888	0	1,628	2,041	2,396	19,904
ベルギー		700	1,497	0	53		222	0	218	2,690
フランス		668	1,622	110	369		532	489	358	4,148
西ドイツ		665	577	14	0		40	191	601	2,088
イタリア		97	524	53	0		212	320	75	1,281
オランダ		555	599	0	0		341	548	50	2,093
スペイン		0	2,504	0	0		77	17	210	2,808
イギリス		0	779	14	0		283	45	25	1,146
東ヨーロッパ		1,022	2,800	1,478	3,060	0	567	192	1,709	10,828
東ドイツ		0	156	0	921		0	0	39	1,116
ポーランド		754	1,153	333	519		227	0	269	3,255
ルーマニア		268	602	684	435		0	137	649	2,775
ユーゴスラビア		0	430	233	25		332	55	339	1,414
アフリカ		0	15	0	0		11	0	8	34
北アメリカ		2,532	22	0	0		98	0	1	2,653
カナダ		2,532	22	0	0		36	0	0	2,590
中南アメリカ		263	877	0	0		20	6	37	1,233
メキシコ		208	805				0	0	0	1,013
アジア		3,518	1,557	2,561	0	519	111	53	665	8,984
インド		344	305	968	0	46	0	0	204	1,667
日本		1,395	599	311	39	0	0	26	73	2,443
韓国		1,619	3	168	59	0	0	0	16	1,865
オセアニア		372	96	67	0	2,090	11	0	0	2,636
オーストリア		217	96	22		1,424	11	0	0	1,770
不明								12	246	258
合計		10,780	14,791	4,610	3,948	2,609	2,446	2,304	5,062	46,530

(BSC Phosphorus & Potassium No.144, 1986)

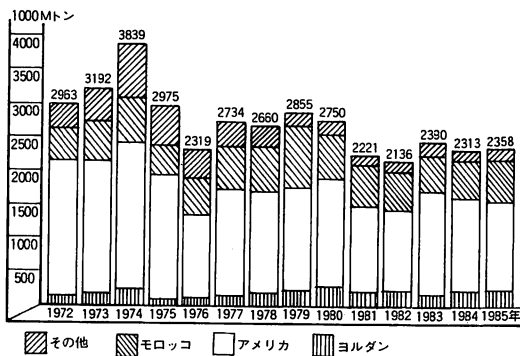


図-3 日本のリン鉱石輸入量

ため、1975/1976年にはその反動で輸入量は大巾に落込んだ。その後輸入量は回復したものの減少を続け、1985年では236万トンまで落込み、この数字はここ2/3年大きくは変わっていない。輸入先はアメリカ133万トン(56%)、モロッコ62万トン(26%)、ヨルダン27万トン(12%)、その他南アフリカ、タイバ、クリスマス、ナウル等があるが、上位三ヶ国で総輸入量の94%を占めている。

3.2 リン鉱石の需要量

日本のリンの総需要量は多少の上下はあるが、P₂O₅ベースで約100万トンとあってよく、これは過去10年間変わっていない。このうち約80%がリン酸肥料用で、残り20%が工業用として消費されている。図-4⁴⁾に見られる如く、10年前ではリンの総需要量のうち、その原料は95%が輸入リン鉱石で占められていたが、海外より、リン安(P₂O₅ 46%)、重過石(P₂O₅ 48%)、リン酸液(P₂O₅ 52-54%)等のリン酸肥料中間製品の輸入が増大し、リン鉱石に置き変わったため、1985年にはリン鉱石のシェアは76%まで落込んだ。

昨今の円高によるリン酸製品/中間製品の輸入に拍車がかかることが予想され、リンの総需要量は今後も大きくは変わらないと予想されるものの、リン鉱石の輸入量は減少することが予想される。

4. リン鉱石の将来

4.1 世界のリン鉱石の需給見通し³⁾

1990年の世界のリン鉱石生産能力は1985年対比約13%増の204百万トンと推定され、一方、需要は約19%増の約180百万トンと推定され、この結果1990年の生産能力と需要のバランスは、世界全体で24百万トンの生産能力の余剰が見込まれ、これは全生産能力の約12%に相当する。(図-5)

1985/1990年にかけて生産能力の増強が計画又は予

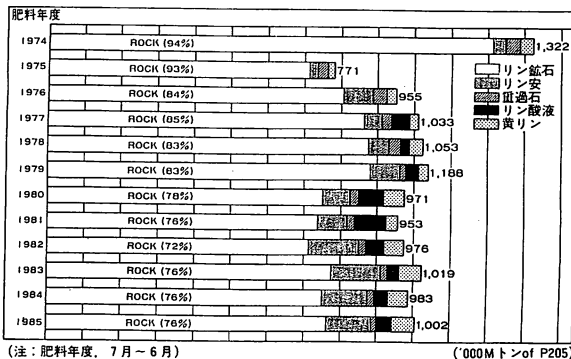


図-4 日本のP₂O₅輸入量(原料別)

想されるのは、モロッコ、チュニジア、セネガルを中心とした北、西アフリカ地域、その他ソ連、中国、ヨルダン等のアジア、中近東地域であるが、一方最大の生産国であるアメリカにおいては、現在採掘中の鉱床の枯渇により1990年の生産能力は1985年の62百万トンから53百万トンに減少すると推定される。

4.2 リン鉱石の埋蔵量

リン鉱石の埋蔵量の表現にResourus と Reserves があり、一般に前者は資源として埋蔵が確認されているもの、後者は可採埋蔵量、すなわち一定条件下における経済的な採掘可能量を示す事が多い。Resources については一般に1,000/1,500億トンといわれており、Reservesについては調査機関により数字が異なるが、米国内務省鉱山局によれば、35米ドル以下での採掘可能量は140億トン、100米ドル以下では340億トンと推定している。(表5)

国別で見ると35ドル以下、100ドル以下いずれの場合

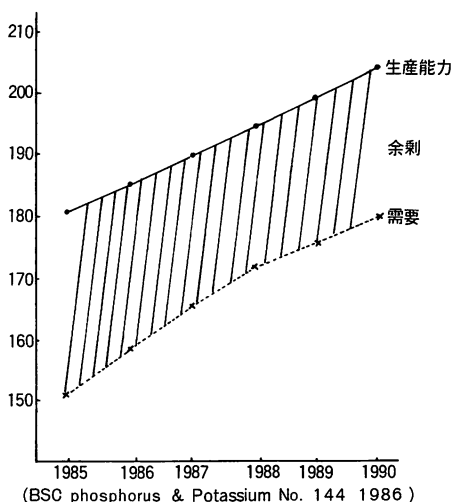


図-5 世界のリン鉱石需給見通し

表5 リン鉱石の埋蔵量 (百万トン)

	鉱床数	埋蔵量 (生産コスト 35ドル以下)	埋蔵量 (生産コスト 100ドル以下)
北アメリカ	109	1,400	5,440
アメリカ	108	1,400	5,400
カナダ	1	—	40
中, 南アメリカ	14	40	710
メキシコ	2	—	120
ブラジル	9	40	350
コロンビア	1	—	100
ペルー	1	—	140
ベネズエラ	1	—	10
ヨーロッパ	14	1,300	1,500
フィンランド	2	—	110
トルコ	1	—	30
ソ連	11	1,300	1,300
アフリカ	31	11,000	25,000
アルジェリア	1	—	250
エジプト	5	—	790
モロッコ	11	6,900	20,000
西サハラ	1	850	850
セネガル	2	130	130
南アフリカ	1	2,600	2,600
トーゴ	1	50	50
チュニジア	7	60	120
その他	2	—	—
アジア	19	380	1,300
中国	6	210	210
クリスマス島	2	30	30
イスラエル	3	20	90
ヨルダン	3	120	510
シリア	2	—	180
その他	.3	—	320
オセアニア	5	10	520
オーストラリア	4	—	500
ナウル	1	10	10
合計	192	14,000	34,000

注1. コストには15%のRoIを含む。

2. コストは1983年1月現在のF.O.B.Mineコストである。

(アメリカ内務省鉱山局調査による)

合でも、モロッコの埋蔵量がそれぞれ69億トン(49%)200億トン(59%)と圧倒的であり、これに次いでアメリカの埋蔵量が多く、この両国で、35ドル以下の場合60%、100ドル以下の場合70%のReservesを有していることになる。

いずれにしても、現在のReservesは需要の伸びを見込んで、今後200年は存続するものとおもわれる。

5. さいごに

リン鉱石の需給は、リン鉱石を原料としているリン酸肥料工業と密接に結びついているといつてよい。世界最大のリン鉱石の生産国であり需要国であるアメリカにおいては、そのリン酸肥料工業も世界最大であり、世界のリーダー的な役割を果たしてきたが、長びく農業不況の中で体力を消耗しつつあり、この結果、リン鉱石工業も低迷し、低コストで採掘できる現在の鉱区は枯渇しつつある上に、今のような市況低迷状態では、

公害等環境問題もあり、開発に莫大な投資を要する新規鉱区の開発は不可能な状態にある。アメリカの場合リン鉱石の生産は私企業によって行われており、株主を満足させなければならないのに対し、他の生産国では政府のコントロール下にある国営企業が採掘、販売に当たっているのが殆んどであり、他の外貨獲得手段が少ないリン鉱石産出国が多いだけに、時には政府の経済政策に基づき、経済原則から離れた形で、生産、販売が行なわれる場合がある。加えて、付加価値を高めた輸出を行なう為、リン酸液、リン安、重過石等の川下製品の生産に力を入れはじめている。

かかる状況下、アメリカにおいては大手企業の合併等による操業調整、複数社による新規鉱区共同開発等、生産の合理化、企業の再編成は避けられないとみられる一方、先にも述べた様に諸外国の攻勢もあり、今後今までの様な世界のリーダー的な立場は後退してゆくものと思われる。日本はリン源をすべて輸入に頼っているだけに、このあたりの動きに注目していく必要があると思われる。

参考文献

- 1) 堀省一郎, 村上恵一; “リン酸” 誠文堂新光社
- 2) “Phosphate Rock”, A Chapter from Mineral Facts and Problems 1985 Edition, Bureau of Mines, United States Dept. of TheInterior.
- 3) “Phosphorus & Potassium”, The British Sulphur Corporation Ltd.
- 4) 肥料輸出入協議会統計資料
- 5) 大蔵省輸入通関実績統計資料

