

＜業界レポート＞ オーストラリアのりん資源とその開発

(2016年2月15日作成)

りんは植物の生育に欠かせない重要な元素で、窒素、加里と並び、三大栄養分と呼ばれている。農業生産に使うりん酸肥料はりん鉱石から生産されたもので、採掘されたりん鉱石の90%以上がりん酸系化学肥料のために使われていると言われる。

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のはカルシウムのりん酸塩鉱物に限られる。典型的なりん鉱物はりん灰石（apatite）で、主に火成岩、変質岩と沈積岩に生成されるもので、りん鉱石を指すものはこのりん灰石である。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、構造が緻密で、分解しにくいいため、肥料原料としての利用価値が低い。他に海鳥やコウモリの糞から形成されたグアノもあるが、熱帯の島しか産出されず、産出量も少なく、原料ソースとしての価値が低い。

表1. 2014年と2015年各国のりん鉱石採掘量と確認された経済埋蔵量（USGS2016年発表）

国または地域	りん鉱石採掘量（万トン）		経済的埋蔵量（2015年） （万トン）
	2014年	2015年	
中国	10,000	10,000	370,000
モロッコ	3,000	3,000	5,000,000
アメリカ	2,530	2,760	110,000
ロシア	1,100	1,250	130,000
ヨルダン	714	750	130,000
ブラジル	604	670	31,500
エジプト	550	550	125,000
ペルー	380	400	82,000
チュニジア	378	400	10,000
イスラエル	336	330	13,000
サウジアラビア	300	330	95,600
ベトナム	270	270	3,000
オーストラリア	260	260	103,000
南アフリカ	216	220	150,000
その他	1,162	1,110	546,900
合計	21,800	22,300	6,900,000

註： 経済埋蔵量とは将来にわたって、採掘、選鉱に於いて経済性に採算の取れる埋蔵量である。

りん鉱石の分布は偏って、北アフリカのモロッコとチュニジア、中国中西部、アメリカ南部フロリダに集中している。アメリカ地質調査所（USGS）は2016年に発表された最新のデータは表1に示す。

2015年現在、世界のりん酸塩類鉱石の推定経済埋蔵量が690億トン、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索が難しい。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、将来は調査により埋蔵量が大きく変動することがある。

オーストラリアはりん鉱石の経済的埋蔵量は10億トンを超え、世界第9位であるが、2015年の採掘量が260万トンに留まり、世界第13位であった。その理由は、

- ① 国内のりん需要不足。オーストラリアは農業大国ではあるが、気候が乾燥であるため、畜産業が主要で、小麦など農産物の栽培面積が大きくなり、りん酸肥料の需要が少ない。また、化学工業が発達せず、りん酸や工業用りん酸塩化学品の需要も少ない。
- ② りん鉱石の産地は人口の少ない交通不便の北部準州に集中して、採掘と輸送に費用がかかる。また、北部準州はマンガン鉱石やボーキサイト、鉄鉱石の産地でもあるため、資金と労働力が付加価値の高いマンガン鉱石、鉄鉱石、ボーキサイトの開発に流される。
- ③ 高品質のりん鉱石に選鉱が必要であるが、乾燥地域であるため、選鉱に必要な水量を確保しにくい。
- ④ 政府の環境規制が厳しく、原住民保護政策もあり、開発には制限がかかる。

オーストラリアのりん鉱石産地は北部準州（Northern Territory）の南東部とクイーンズランド州（Queensland）の北西部に集中している。その特徴は鉱床が浅く、地表が平らで、低コストの露天採掘が可能である。主要な有望のりん鉱石資源の所在地を紹介する。

1. ジョージナ盆地（Georgina Basin）： ジョージナ盆地は総面積330,000km²もある広大な盆地で、大部分が北部準州にあるが、一部がクイーンズランド州まで広がっている。オーストラリアのりん鉱石埋蔵量の約93%がジョージナ盆地にあると言われる。りん鉱床はカンブリア紀中期（5億1000万年前）の沈積岩に形成された。現在、北部準州に Wonarah、Ammaroo、Highland Plains、Ammaroo South の4鉱山、クイーンズランド州に Phosphate Hill、Paradise South と Paradise North の3鉱山計7鉱山がすでに開発されて、Alroy、Buchanan Dam と Patanella の3鉱山がまだ探鉱中で、鉱山の建設が始まっていない。

Wonarah 鉱山： 目下オーストラリア最大のりん鉱山である。当該鉱山は Main Zone と Arruwarra の 2 鉱床に分けられ、推定埋蔵量は Main Zone 鉱床 7 億 700 万トン、Arruwarra 鉱床 1 億 3,500 万トンの合計 8 億 4200 万トン、経済的埋蔵量が 3 億トン、 P_2O_5 平均含有率 18.2%、その中に P_2O_5 含有率 30% の高品質りん鉱石埋蔵量が 970 万トンもある。当該鉱山の所有者は Avenirra 社（原 Minemakers 社）である。採掘されたりん鉱石は湿法りん酸やりん酸二アンモニウム（DAP）などに加工するパイロット工場が 2015 年に完成した。図 1 は採掘現場、図 2 はりん酸と DAP 工場の写真である。



図 1. Wonarah 鉱山の採掘現場



図 2. Avenirra 社のりん酸と DAP 工場

Ammaroo 鉱山： 推定埋蔵量が 11 億 4,500 万トン、 P_2O_5 平均含有率 14% で、 P_2O_5 含有率 18% 以上の経済的埋蔵量が 1 億 4,800 万トンもある。当該鉱山の所有者は Rum Jungle Resources 社である。すでにフィージビリティ研究は完成し、2014 年 9 月に発表した。

Ammaroo South 鉱山： Ammaroo 鉱山の南に位置し、Ammaroo とは別の鉱床である。推定埋蔵量 7,000 万トン、 P_2O_5 平均含有率 13% で、 P_2O_5 含有率 17% 以上の経済的埋蔵量が 1,300 万トンである。当該鉱山の所有者は同じ Rum Jungle Resources 社である。

Highland Plains 鉱山： 経済的埋蔵量 5,300 万トン、 P_2O_5 平均含有率 16%、鉱山所有者が Phosphate Australia 社である。年間採掘量 300 万トン、りん鉱石を 68km 離れる稼働中の Century 亜鉛鉱山まで輸送し、選鉱する。選鉱した P_2O_5 含有率 32.3% の精鉱スラリーはパイプラインを使って Carpentaria 湾にある Karumba 港まで運び、そこでスラリーを脱水して精鉱粉を輸出に供する計画である。

Phosphate Hill 鉱山： 高品質、低コストで採掘と選鉱ができるりん鉱山として有名である。経済的埋蔵量 1 億 6,860 万トン、 P_2O_5 平均含有率 25.5%、鉱山所有者が Incitec Pivot 社である。りん鉱石の年間採掘量 97.5 万トン、自社りん酸とりん安肥料の原料として使用される。近所に亜鉛精錬工場があり、毎年 130 万トンの精錬硫酸が副産され、りん酸の生

産に使われる。図 3 は Phosphate Hill 鉱山の選鉱場、図 4 はりん酸とりん安肥料工場の写真である。



図 3. Phosphate Hill 鉱山の選鉱場

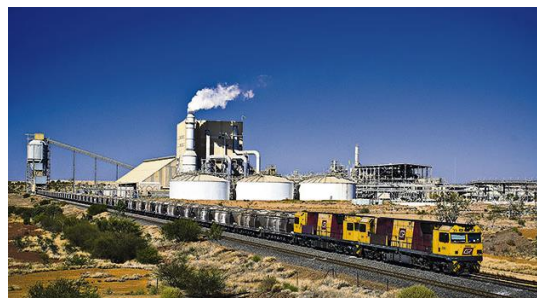


図 4. Incitec Pivot 社のりん酸とりん安肥料工場

Paradise South 鉱山： 推定埋蔵量 2 億 9,300 万トンであるが、 P_2O_5 平均含有率 16.6%、鉱山所有者が Paradise Phosphate 社（アメリカの Legend International Holding の子会社）である。

Paradise North 鉱山： 推定埋蔵量が 1 億 9,300 万トン、 P_2O_5 平均含有率 17.6%、特に P_2O_5 含有率 28.4% の高品質りん鉱石埋蔵量が 334 万トンもあり、経済性の良いりん鉱山である。鉱山所有者が Paradise Phosphate 社である。Paradise South 鉱山と合わせて年間りん鉱石採掘量 200 万トン、Mount Isa にあるりん安肥料工場で DAP80 万トン、MAP40 万トンを生産する計画である。図 5 は Mount Isa りん安肥料工場、図 6 は Paradise South 鉱山の探鉱風景の写真である。



図 5. Mount Isa りん安肥料工場



図 6. Paradise South 鉱山の探鉱

Alroy 鉱山： 探鉱中の鉱山で、経済的埋蔵量が 500 万トン、 P_2O_5 平均含有率 20% と報告される。探鉱権者は Phosphate Australia 社、開発時期は未定。

Buchanan Dam 鉱山： 探鉱中の鉱山で、経済的埋蔵量が 800 万トン、 P_2O_5 平均含有率 20% と報告される。探鉱権者は Phosphate Australia 社、開発時期は未定。

Patanella 鉱山： 最近に発見された鉱山で、経済的埋蔵量 800 万トンであるが、 P_2O_5 含有率が非常に高く、34.2%もあるという。探鉱権者は Rum Jungle Resources 社である。北部準州の奥地にあり、州都ダーウィンまで 1,000km 以上も離れているため、開発時期は未定。

Arganara 鉱山： 探鉱中の鉱山で、推定埋蔵量 3 億 1,000 万トン、 P_2O_5 平均含有率 15% と報告される。探鉱権者は Rum Jungle Resources 社で、開発時期は未定。

2. Arunta Region 地域： 北部準州に位置する Arunta Region 地域は銅鉱山の存在により有名であるが、小規模のりん鉱山も多数点在している。この地域のりん鉱石の特徴はレアアースと共生している。Ripple Resources 社は Alexandria りん鉱山の探鉱を行っている。現時点では、経済的埋蔵量 1,500 万トン、 P_2O_5 平均含有率 10% と報告されている。開発時期は未定。

また、Nolans Bore 鉱山もりん鉱石と多種類のレアアースを混在する鉱山で、推定埋蔵量 4,600 万トン、 P_2O_5 平均含有率 11%、確認された埋蔵量 2,400 万トン、 P_2O_5 平均含有率 12% であるが、鉱石にはレアアース 2.8%、ウラン 0.45% も共生している。探鉱権者は Arafura Resources 社で、開発時期は未定。

西オーストラリア州の Mount Weld 地域にもいくつかのりん鉱山が発見された。現在、Lynas Corporation 社が Swan 鉱山、Coors 鉱山と Crown 鉱山を探鉱して、推定埋蔵量 2 億 1,300 万トン、 P_2O_5 平均含有率 13.9% と報告した。

他に北部準州の Pine Creek Orogen 地域、McArthur Basin 盆地、Money Shoal Basin 盆地、北部準州と西オーストラリア州に跨る Amadeus Basin 盆地にも小規模のりん鉱床が発見されたが、開発には至らなかった。

ほかにクリスマス島 (Christmas Island) にりん資源もある。クリスマス島はインド洋にある島で、西オーストラリア州のパースの北西 2,360km、インドネシアのジャカルタの南 500km に位置する。面積は 143km² で、人口は 2,000 人しかいない。島面積の 63% が国立公園に指定されており、熱帯雨林で覆われている。クリスマス島は 1888 年にイギリス領となり、1958 年にオーストラリア領となった。1880 年代、クリスマス島に豊富なグアノが発見され、1895 年、当時の統治者イギリスの許可を得て、グアノの採掘と輸出が始まった。最盛期に年間約 100 万トンが採掘・輸出されたが、長期採掘により資源が枯渇となり、政府の環境保護も強化され、採掘が厳しく制限される。従って、グアノの産出量が次第に減り、最近では年間輸出量が 5 万トン未満となった。1990 年 9 月から Phosphate Resources 社がグアノの採掘と輸出を独占的に行う。図 7 はクリスマス島のグアノ積出港の写真である。



図 7. クリスマス島のグアノ積出港

オーストラリアの主なりん鉱山のデータは表 2 に纏めた。

表 2. 主なりん鉱山の埋蔵量と所有者（探鉱権者）に関するデータ

鉱山名	地域	推定埋蔵量 (万トン)	経済的埋蔵 量(万トン)	P ₂ O ₅ 平均 含有率(%)	鉱山所有者	備考
Wonarah	北部準州	84,200	30,000	18.2	Avenira	開発中
Ammaroo	北部準州	34,800	14,800	18.0	Rum Jungle Resources	開発中
Ammaroo South	北部準州	7,000	1,300	17	Rum Jungle Resources	開発中
Highland Plains	北部準州		5,300	16	Phosphate Australia	開発中
Phosphate Hill	クイーンズ ランド州		16,860	25.5	Incitec Pivot	開発中
Paradise South	クイーンズ ランド州	38,000		9.6	Paradise Phosphate	開発中
Paradise North	クイーンズ ランド州		334	28.4	Paradise Phosphate	開発中
Alroy	北部準州		500	20	Phosphate	探鉱中、開

					Australia	発未定
Buchanan Dam	北部準州		800	20	Ripple Resources	探鉱中、開発未定
Patanella	北部準州		800	34.2	Rum Jungle Resources	探鉱中、開発未定
Alexandria	北部準州		1,500	10	Ripple Resources	レアアース混在、開発未定
Nolans Bore	北部準州	4,600	2,400	11	Arafura Resources	レアアース混在、開発未定
Arganara	北部準州	31,000		15	Rum Jungle Resources	探鉱中、開発未定
Christmas Island	インド洋				Phosphate Resources	グアノ

出所： オーストラリア北部準州、クイーンズランド州政府及び各社の発表資料

一方、オーストラリアの化学肥料生産と消費について、2008年のデータは表3に示す。

表3. オーストラリアの化学肥料及び肥料原料の生産量と消費量（2008年）

	生産量（万トン）	消費量（万トン）
アンモニア	128.3	117.0
尿素	27.5	123.8
硝安	141.8	133.0
硫安	43.1	46.0
DAP	58.8	49.8
MAP	25.7	65.7
重過りん酸石灰	0	10.6
塩化加里	0	38.9
りん鉱石	249.2	330.9
硫黄	6.0	77.4

出所： 国際肥料工業会（IFA）資料

オーストラリアは豊富なりん資源を有するが、所在地はほとんど砂漠など辺鄙地にあるため、採掘と輸送にコストがかかり、環境規制も厳しく、採掘の許可が得られにくいのも実情である。従って、りん酸肥料消費量の約 50%を輸入に依存する。加里についても事情が同じである。

参考として、表 4 はオーストラリア 2002～2011 年のりん鉱石とりん酸肥料の生産量、輸入量と輸出量のデータを示す。

表 4. オーストラリア 2002～2011 年のりん鉱石とりん酸肥料の生産量、輸入量と輸出量(万トン)

	2002 年			2006 年			2011 年		
	生産量	輸入量	輸出量	生産量	輸入量	輸出量	生産量	輸入量	輸出量
りん鉱石	208.3	71.1		213.1	47.2		193.6	40.8	
DAP	48.0	25.0	28.4	34.3	23.6	15.6	21.0	20.0	38.8
MAP	11.5	44.4		25.6	65.6		15.9	55.7	
重過石	0	19.4		0	10.7		0	4.7	
過石	123.1	6.7		102.7	3.9		55.6	8.0	

註：輸出量はりん酸肥料全体の合計値

出所： オーストラリア肥料工業会（FIFA）とオーストラリア農業と水資源省（ABARES）の資料

また、オーストラリアのりん酸、りん酸塩、りん酸肥料の主なメーカーは下記の数社しかない。

1. Albright and Wilson： イギリスの工業用りん酸とりん酸化合物メーカーであるが、オーストラリア子会社はビクトリア州 Yarraville 市にりん酸とりん酸塩工場を設けている。化学肥料を生産していない。
2. Ameropa Australia Pty Ltd.： Impact Fertilisers 社が 2016 年 1 月に改名した肥料会社である。オーストラリアに計 5 工場を設け、DAP、MAP 等を生産している。
3. Incitec Pivot Ltd.： Phosphate Hill 鉱山から産出されたりん鉱石と近所の亜鉛精錬所からの精錬硫酸を原料に DAP と MAP を生産している。
4. CSBP： Wesfarmers Chemicals, Energy & Fertiliser (WesCEF) 社の子会社で、西オーストラリア州 Kwinana に工場があり、DAP と MAP を生産している。

5. Paradise Phosphate 社： 主に Paradise South 鉱山と Paradise North 鉱山から産出されたりん鉱石を輸出するが、一部のりん鉱石を原料として Mount Isa にあるりん安肥料工場で DAP と MAP を生産している。
6. Phosphate Resources Ltd.： CI Resources Ltd.社の子会社で、クリスマス島のグアノを採掘・加工して輸出する。
7. Avenira Ltd.： 大手鉱山探鉱会社で、Wonarah 鉱山のりん鉱石を原料にりん酸とりん安肥料のパイロット工場を稼働している。