

＜業界レポート＞ サウジアラビアのりん酸肥料産業

(2016年7月14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。農業生産に使われる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。

りん鉱石の分布は偏って、北アフリカ、中国中西部、アメリカ南部フロリダ地域に集中している。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によれば、2015年現在、世界のりん酸塩類鉱石の経済的埋蔵量が690億トンと推定され、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、最大の資源が北アフリカ地域にある。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的埋蔵量の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。

サウジアラビアは西アジアにあるサウード家を国王に戴く絶対君主制のイスラム国家で、世界一の原油埋蔵量を持つ国であることがよく知られている。一方、金、ボーキサイト(アルミニウムの鉱石)、りん鉱石などの鉱物資源も豊富である。サウジアラビアのりん鉱石が主にヨルダンに隣接している北西部のSirhan-Turayf地域に分布し、鉱脈はヨルダンから伸びてきたもので、現在確認されたりん鉱山が6ヶ所、経済的埋蔵量が10億トン近く、世界11位である。サウジアラビアはほとんど無人の砂漠であるため、未探索の地域が多く、将来はさらに増えるだろうと予測される。

サウジアラビア政府は石油以外の鉱物資源を開発するために、1997年国営のMa'aden社(Saudi Arabian Mining Company)を設立した。最初は金鉱山の開発に着手したが、その後、りん、アルミ、カオリンなどの事業に拡大してきた。2008年サウジアラビア政府が50%の株式を売却して、株式会社に変更させ、公開上場させた。Ma'aden社はりん資源開発のために2つの合弁子会社を設立し、それぞれりん鉱山の開発とりん酸肥料・りん酸塩化学品の生産を行う。以下はこの2つのりん資源関係の合弁子会社とりん酸肥料産業の現状を紹介する。

一、 Ma'aden Phosphate Company

Ma'aden Phosphate Company (MPC) は、Ma'aden社とSABIC社(Saudi Arabia Basic Industries Corporation)の合弁会社で、それぞれの出資比率がMa'aden 70%、SABIC 30%

で、主に Al Jalamid りん鉱山の採掘と選鉱、Ras Al Khair りん酸肥料工場の運営を担当する。

1. Al Jalamid りん鉱山

Al Jalamid りん鉱山はサウジアラビア北部 Al Hamad Plain 地域にあり、約 33km²の面積に確定されたりん鉱石の埋蔵量が 3 億トン、推定埋蔵量が 5.34 億トン以上である(図 1)。この鉱脈は沈積岩型りん灰石で、2 層から構成される。りん鉱石層の厚さは上層 6~9m、下層 3~4m、2 つの層の間に平均厚さ 3.5m の石灰石とドロマイト、石英、雲母の岩石層が挟まれている。上層りん鉱石の P₂O₅ 平均含有量 20.78%、下層りん鉱石の P₂O₅ 平均含有量 18.10%、中間岩石層の P₂O₅ 平均含有量 9.73% である。この鉱山のりん鉱石の特徴はマグネシウム含有量が多く、特に下層りん鉱石の MgO 含有量が 7% を超えている。一方、りん鉱山の地形が平らで、鉱脈が浅く、露天採掘に適している。



図 1. Al Jalamid りん鉱山と Ras Al Khair りん酸肥料工場の所在地

Al Jalamid りん鉱山の発見が遅く、1990 年代地質調査でりん鉱脈の存在が確認された。2007 年りん鉱山とりん酸肥料生産のために Ma'aden と SABIC が合弁で MPC 社を設立し、開発を始めた。2011 年 4 月に選鉱プラントが完成し、りん鉱石精鉱の生産をスタートした。なお、開発総監理はオーストラリアの Worley Parsons 社、選鉱プラントの施工は中国貴州瓮福（おうふく）社である。

設計生産能力は、りん鉱石採掘量 1250 万トン/年、選鉱した P₂O₅ 31~32% 精鉱 530 万トンである(図 2、3)。現在、年間りん鉱石採掘量約 1160 万トン、選鉱した精鉱 500 万トンである。選鉱した精鉱は列車を使って、Ras Al Khair りん酸肥料工場に輸送する(図 4)。なお、当該鉄道はサウジアラビア鉄道公社がりん鉱石とボーキサイトを輸送するために 2011 年に完成した総延長 1,392 km のものである。

また、Al Jalamid りん鉱山には採掘した鉱山跡に堆積容量 1 億 8000 万トンの尾鉱貯蔵場も付設されている。



図 2. Al Jalamid りん鉱山の採掘現場



図 3. Al Jalamid りん鉱山の選鉱プラント



図 4. Al Jalamid りん鉱山からりん精鉱を Ras Al Khair りん酸肥料工場に運ぶ専用列車



2. Ras Al Khair りん酸肥料工場

Ras Al Khair りん酸肥料工場はサウジアラビア東部ペルシャ湾沿いの Ras Al Khair 市にある。Ras Al Khair 市はサウジアラビア最大の工業都市 Jubail 市の北 120km にあり、もとは Ras Az Zawr という地名で、砂漠の荒地であったが、2011 年 7 月当時のアブドラ国王は、新たな工業都市の誕生を祝うために Ras Al Khair に改名させた経緯がある。Ras Al Khair 市はりん酸肥料工場のほか、アルミニウム精製工場もあり、将来はサウジアラビア最大の鉱業生産拠点となる計画である。

Ras Al Khair りん酸肥料工場（図 5）は 2007 年着工、4 つのプラントから構成され、生産能力は DAP300 万トン、総投資額（Al Jalamid りん鉱山の開発費用を含む）55 億ドル、2011 年 6 月全体が完成し、7 月から正式に稼働し、DAP を生産している。



図 5. Ras Al Khair りん酸肥料工場の全景と各プラントの位置

① **硫酸プラント**： 硫酸プラントは地元の石油精錬所から出た副産硫黄を原料として、3系列の硫酸生産ラインから構成される。各ラインの硫酸生産能力は4500トン/日、最大生産能力13500トン/日である。施工メーカーはフィンランドのOutotec社で、2010年5月竣工し、2011年6月から稼働し始めた（図6）。



図 6. Ras Al Khair りん酸肥料工場の硫酸プラント

② アンモニアプラント： アンモニアプラントは、ドイツ Uhde 社の技術を使い、地元産出の天然ガスを原料として、アンモニアを合成する。設計生産能力 3300 トン／日、年間約 100 万トンアンモニアを生産する。2011 年 1 月完成し、2011 年 6 月から稼働し始めた。生産されたアンモニアは同工場の DAP プラントに供給するほか、約 40 万トンが外販される（図 7）。



図 7. Ras Al Khair リン酸肥料工場のアンモニアプラント

③ リン酸プラント： リン酸プラントは、ノルウェーYara 社の技術を導入して、りん鉱石を硫酸で分解するいわゆる湿法りん酸を製造する。3 系列のりん酸生産ラインから構成され、各ラインのりん酸生産能力 1460 トン／日、最大生産能力 4380 トン／日である。2011 年 6 月完成し、稼働し始めた。生産されたりん酸は同工場の DAP プラントに供給するほか、約 16 万トンが外販される（図 8、9、10）。



図 8. Ras Al Khair リン酸肥料工場のりん酸プラント



図 9. Ras Al Khair リン酸肥料工場のりん鉱石置き場



図 10. リン石膏堆積場

④ **DAP プラント**： DAP プラントは4つの生産ラインから構成される。各ラインの生産能力は2250 トン/日、最大生産能力9000 トン/日、設計生産能力300 万トン/年である。設計と施工はスペイン Incro 社、2011 年5月完成し、6月から稼働し始めた（図11）。



図 11. Ras Al Khair リン酸肥料工場の DAP プラント

上記の4つプラントのほか、Ma'aden の Ras Al Khair アルミニウム精製工場と共用の形で、火力発電所（発電能力150メガワット、ドイツ Siemens 社施工、2010年6月完成）、海水淡水化プラント（淡水化量40000m³/日、フランス Entropie 社施工、2010年10月完成）、製品輸出専用の Ras Al Khair 港も建設された（図12、13、14）。

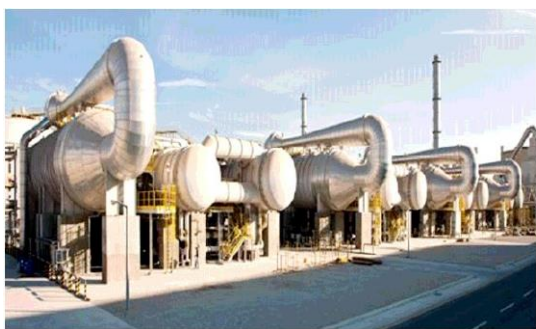


図 12. Ras Al Khair 火力発電所



図 13. Ras Al Khair 海水淡水化プラント



図 14. Ras Al Khair 港

二、 Ma'aden Wa'ad Al-Shamal Phosphate Company (MWSPC)

Ma'aden Wa'ad Al Shamal Phosphate Company (MWSPC) は、2012年 Ma'aden 社とアメリカ Mosaic 社、SABIC 社の 3 社により設立された合弁会社である。出資比率はそれぞれ 60%、25%、15%で、目的は Umm Wu'al リン酸プロジェクト (Umm Wu'al Phosphate Project) の遂行である。

Umm Wu'al リン酸プロジェクトは主に Umm Wu'al リン鉱山の開発と選鉱プラント、Wa'ad Al Shamal リン酸とりん酸塩化学品工場、Ras Al Khair 肥料工場及び関連施設から構成される。総投資額 66.7 億ドルと予定され、プロジェクトの全体設計と施工監理はアメリカの Fluor 社が担当する。

1. Umm Wu'al リン鉱山

Umm Wu'al リン鉱山はサウジアラビア北部都市 Turaif 市の北東 40km に位置し、ヨルダンとイラクに近く、それぞれの国境まで 30km と 100km しかない。なお、同じ Ma'aden の子会社 Ma'aden Phosphate Company (MPC) が所有している Al Jalamid リン鉱山は Umm Wu'al リン鉱山の東南側にあり、その距離は約 100km である (図 15)。

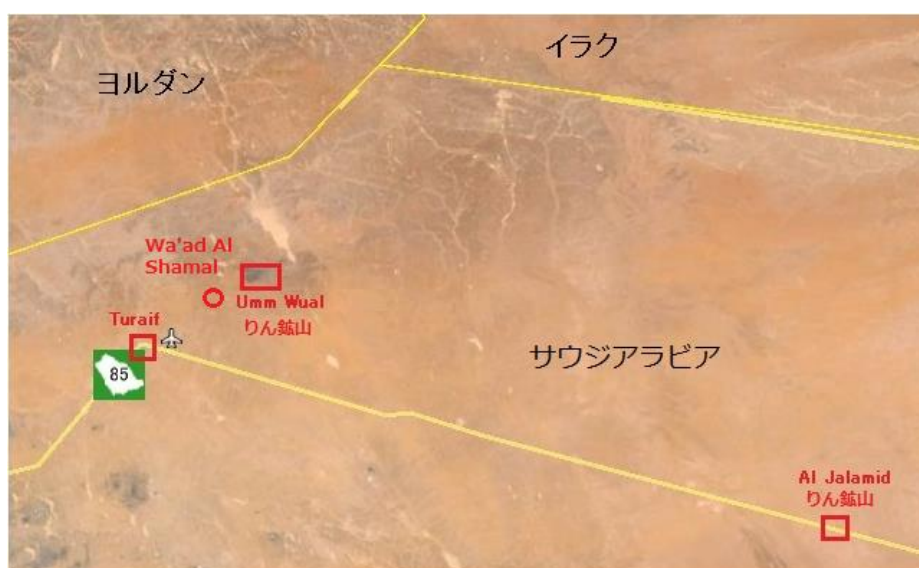


図 15. Umm Wu'al りん鉱山の地図

Umm Wu'al りん鉱山は総面積 58km²、すでに確定されたりん鉱石埋蔵量が 2 億 3600 万トン、推定埋蔵量が 4 億 5000 万トン以上で、りん鉱石の P₂O₅ 含有量 17~19.6%である。起伏の緩やかな丘陵地帯にあり、鉱脈が浅く、露天採掘に適する。最大の特徴はりん鉱石に混ざっているマグネシウム、鉄など金属元素の含有量が低く、高品質のりん酸を生産することができ、りん酸肥料だけではなく、工業用や食品用りん酸塩化合物の生産にも適する(図 16)。



図 16. Umm Wu'al りん鉱山の開発現場

1990 年代後半、Umm Wu'al りん鉱山が発見されたが、2012 年サウジアラビア政府が Al Jalamid りん鉱山の開発成功を見て、開発を決定した。設計生産能力は、りん鉱石採掘

量 1350 万トン／年、選鉱した P_2O_5 31～32%精鉱 600 万トンである。選鉱プラントの施工担当は中国環球工程公司（CHCEC）、2016 年 3 月完成する予定である（図 17）。



図 17. Umm Wu'al リン鉱山の選鉱プラント建設現場

2. Wa'ad Al Shamal (Turaif) リン酸工場

Ma'aden 社が Al Jalamid リン鉱山と Ras Al Khair リン酸肥料工場の操業経験からリン精鉱の長距離輸送の無駄を省くため、Umm Wu'al リン鉱山から約 13km 離れたところにリン酸・リン化学工場を中心とする鉱業都市の建設を決定した。そのリン鉱山・リン化学を中心とする産業コンプレックスは Wa'ad Al Shamal 鉱業都市と命名され、人口 10 万人の新しい町である（図 18）。アメリカの Bechtel 社が Wa'ad Al Shamal 鉱業都市の基本設計とインフラ構築を担当する。



図 18. Wa'ad Al Shamal 鉱業都市の模型を囲む Ma'aden 社関係者
(2014 年 2 月撮影、Ma'aden 社から引用)

Wa'ad Al Shamal リン酸工場はこの Wa'ad Al Shamal 鉱業都市に建設される。アメリカの Fluor 社が Wa'ad Al Shamal リン酸工場の基本設計を担当する。

Wa'ad Al Shamal リン酸工場はリン酸プラント、硫酸プラント、食品用精製リン酸と食品添加物、飼料添加物用リン酸塩プラントの3つのプラントから構成される。

① **硫酸プラント**： 硫酸プラントは地元の石油精錬所から出た副産硫黄を原料として、設計生産能力 15000 トン/日である。設計監理はカナダの SNC Lavalin 社、施工は中国の中国石油化工社 (Sinopec)、2016 年上半期に完成する予定である (図 19)。



図 19. 建設中の硫酸プラント

② **リン酸プラント**： リン酸プラントは、韓国 Hanwha Engineering & Construction 社が設計・施工して、リン鉱石を硫酸で分解するいわゆる湿法リン酸を製造する。設計生産能力 150 万トン/年、その中精製リン酸 44 万トンを含む。2016 年下半期完成する予定である。



図 20. Wa'ad Al Shamal リン酸工場のリン酸塩化合物プラント竣工記念 (2016 年 3 月撮影、Ma'aden 社から引用)

③ **りん酸塩化合物プラント**： りん酸塩化合物プラントは、りん酸プラントからの精製りん酸を原料として、食品用と飼料用、化工用りん酸塩化合物を生産する（図 20）。予定生産能力は、食品用精製りん酸 10 万トン、食品添加剤用トリポリりん酸ナトリウム（STPP）9 万トン、飼料添加剤用りん酸一カルシウム（MCP）とりん酸二カルシウム（DCP）25 万トンである。2016 年 3 月完成した。

3. Ras Al Khair りん酸肥料工場の拡張

現在稼働中の Ras Al Khair りん酸肥料工場の隣に新たにりん酸肥料プラントを建設して、Wa'ad Al Shamal りん酸工場から列車で運んでくるりん酸を原料にして DAP と NPK 高度化成肥料を生産する。

増設されるプラントは次のものがある。

① **アンモニアプラント**： アンモニアプラントは、地元産出の天然ガスを原料として、アンモニアを合成する。設計生産能力 109 万トン、ドイツ Uhde 社の技術を使い、韓国の会社が施工、2016 年上半期に完成する予定である。

② **肥料プラント**： 肥料プラントは、Wa'ad Al Shamal りん酸工場のりん酸を原料にして DAP と NPK 高度化成肥料を生産する。設計生産能力は DAP 222.8 万トン、NPK 高度化成肥料 76.7 万トン、スペインの Intecsa 社が設計と施工を担当する。2016 年下半年期完成する予定である（図 20）。



図 20. 建設中の DAP と NPK 化成肥料プラント

サウジアラビアのりん酸肥料産業は歴史が非常に浅いが、豊富なりん鉱石資源と天然ガス資源、硫黄資源に加え、外国から最新鋭の設備と技術を積極的に導入した結果、DAP

生産コストが 250 ドル／トン未満で、世界一低いといわれる。また、2016 年下半期に Umm Wu'al リン酸プロジェクトが完成されると、生産コストがさらに下がる。DAP の品質も非常に良いため、世界市場での価格競争力が高い。生産されたりん酸肥料がほとんど輸出され、主な輸出先はインドで、南米のアルゼンチン、ウルグアイ、アフリカなどにも輸出される。