

＜業界レポート＞ 中国加里肥料産業の現状

(2017年4月23日作成)

加里（カリウム、K）は作物の生育に必要な三大必須元素の一つである。加里は植物体を構成する成分ではなく、イオンとして存在し、植物体内の浸透圧の調整等を通して、デンプン、タンパク質の生成、移動、蓄積に役立つ。また、光合成における光りん酸化反応において ATP の合成・転流の促進にも欠かせない。

加里は地殻に於ける存在量が非常に多く、その重量比が酸素（O）、けい素（Si）、アルミニウム（Al）、鉄（Fe）、カルシウム（Ca）、ナトリウム（Na）に次ぐ7番目、地殻の約2.6%を占める。通常、砂壤土と熱帯赤色土壌を除き、土壌に加里（ K_2O ）は1~2.5%を有するが、ほとんどが長石、雲母、粘土鉱物に存在する不溶性のアルミノケイ酸塩鉱物である。水溶性加里とイオン交換態加里という植物に吸収利用される状態として存在する量が少ない。

また、海水には濃度0.046%の加里が含まれ、その量が720兆トン（ K_2O として計算）に達する。しかし、海水中の加里濃度が低すぎて、採算に合う有効な濃縮抽出技術がなく、資源としてカウントされない。現在、利用できる加里資源としては固体の可溶性カリウム塩類鉱物と液体の塩湖鹹水（かんすい）しかない。

中国の加里肥料産業は1958年青海省チャルハン塩湖の開発から始まった。その歴史が60年未満ではあるが、21世紀に入ってから急発展を遂げ、2016年の加里肥料生産量が K_2O 換算で578.3万トンに達し、カナダとロシアに次ぎ世界第3位に躍進した。本レポートは中国の加里肥料業界の現状について解説する。

一、中国の加里資源

地殻にはカリウムの存在量が多いが、そのほとんどが商業的に利用価値のない不溶性のアルミノケイ酸塩鉱物と海水に溶けてイオン態として存在しているものである。商業的価値を有する加里資源はシルビンとカーナリットのような塩化カリウム鉱物、カイナイトとラングバイナイトのような硫酸カリウム鉱物、チリ硝石のような硝酸カリウム鉱物と高カリウム塩湖鹹水に限られる。

中国は地質構造の原因でシルビンとカーナリットなど可溶性カリウム塩類鉱物資源がほとんど発見されていないが、その代わりにチベット、青海、新疆、内モンゴルに多数の塩湖があり、そのうちの幾つからカリウム含有量の高い鹹水が存在していることが確認された。中国の2013年公式データによれば、塩湖等から可溶性加里資源はKCl換算では10億3500万トンが推定され、世界可溶性加里資源の5%を占める。また、アメリカ地質調査局が2016年に発表した世界の加里資源量調査データでは2014年中国の採掘可能な加里資源が2億1000万トン K_2O と記している。ただし、上記の中国加里資源量はすべて商業的採

掘価値のあるものではないことに注意したい。2015年現在、中国の非公式報告によれば、商業ベースで競争能力のある鹹水資源は K_2O 換算では1億トン未満といわれる。

中国の高カリウム鹹水を有する塩湖は主に青海省と新疆に集中し、特にチャルハン塩湖（察尔漢塩湖）と新疆のロプノール（羅布泊）の2つの塩湖に中国商業的採掘可能な加里資源量の95%以上がある。資源型加里肥料メーカーもこの2つの塩湖に集合している。

1. チャルハン塩湖

チャルハン塩湖（Charuhan salt lake）は中国語で「察尔漢塩湖」と呼ばれ、中国西北部チベットに近い青海省にあり、原住民はチベット族である。チャルハン塩湖は9個の有水塩湖と2個の乾塩湖から構成され、東西長さ160km、南北幅20~40km、総面積5,856km²の巨大な湖である。その資源量は塩化ナトリウム資源量500億ドン、塩化マグネシウム17億トン、塩化加里資源量5.4億ドン、塩化リチウム825万トンと推定される。図1はチャルハン塩湖の衛星写真で、下方に現われている緑色の格子模様は鹹水の蒸発池である。図2はチャルハン塩湖の湖畔写真で、上方に見えた建物は加里メーカーの工場と関連施設である。



図1. チャルハン塩湖の衛星写真



図2. チャルハン塩湖の湖畔

2. ロプノール

ロプノール（Lop Nor）は中国語で「羅布泊」と呼ばれ、中国西北部の新疆ウイグル自治区にある。周辺は古楼蘭などの遺跡があるものの、原住民が全くいない無人の砂漠地域である。1970年までに中国第2の有水塩湖であったが、ロプノールに流入した河川は1950年代から農業生産の拡大に伴い、ダムや灌漑など上流の過度取水により断流し、1970年に湖水が完全に干上がり、乾塩湖となった。衛星写真からみると、ロプノールは耳のような形で、南北長さ115km、東西幅90km、総面積10,350km²に達する。ロプノールは乾塩湖ではあるものの、湖面塩殻の下には硫酸カリウム・マグネシウム塩類を主成分とする鹹水が豊富に埋蔵され、その量は KCl 換算で2.5億トンと推定されている。図3はロプノールの衛星写真、図4はロプノールの地表写真である。



図 3. ロプノールの衛星写真



図 4. ロプノールの地表写真

ほかにチベット 35 個の塩湖に塩化加里資源量 6,600 万トン、内モンゴル 11 個の塩湖に塩化加里資源量 257 万トンがあると推定される。

二、 中国加里肥料産業の歩み

1958 年中国政府が青海のチャルハン塩湖に青海加里工場を建設することを決定した。これは中国加里肥料産業の始まりである。その年に簡易な工場を建てて、約 1,000 トンの塩化加里を生産した。但し、技術力がなく、分離・精製の問題が解決されず、生産された製品の品質が悪く、生産コストが高く、消費地までの長距離輸送がネックとなって、30 年間鳴かず飛ばずの状態が続いている。

1986 年中国政府は農業生産に欠かせない加里肥料の国内生産能力を増強するため、チャルハン塩湖の塩化加里生産能力の拡大を重点建設プロジェクトに指定した。1989 年新生産ラインの完成により、生産能力が 20 万トンに拡大されたが、上記の問題が解決されず、実生産量が年間 10 万トン前後に推移する。1996 年青海加里工場が青海塩湖工業グループに改組され、国有株式会社に変身し、株式市場に上場も果たして、開発に必要な資金を市場から調達できた。その後、開発のスピードを上げて、2002 年に塩化加里生産量が 44.68 万トンに達した。

2002 年、イスラエルの「逆浮遊選鉱－冷結晶」技術を導入し、チャルハン塩湖鹹水に適するように改善改良を加えた。その技術を利用して 100 万トン塩化加里プロジェクトがスタートした。2004 年に当該プロジェクトが完成し、その年に 100 万トン塩化加里の生産目標を達成した。その後も数回生産能力の拡張を行い、2016 年現在の生産能力が 400 万トンを超え、さらに 2018 年に 600 万トンに拡張される計画である。

青海塩湖工業グループの成功を見て、チャルハン塩湖とその周辺にあるその他の塩湖に多数の投資者が集まり、50～60社が塩化加里の生産を参入したが、成功したのは一部だけである。その中に2002年に設立された民営の蔵格加里肥料会社が生産能力200万トンまで成長し、中国第2の加里肥料メーカーとなった。

一方、ロプノールの加里資源について、2000年9月中国政府の出資で「国家投資ロプノール加里塩有限公司」を設立したが、実際の開発は技術と環境の問題で進まなかった。その理由はロプノールの加里資源は主に硫酸カリウム・マグネシウム鹹水であり、必要な分離・精製技術の開発と選定に苦労した。また、無人の砂漠地域にあるため、生産に必要な水源と居住環境の確保にも骨を折った。2002年硫酸加里生産能力2万トンのパイロット工場を建設し、2003年10月完成して、生産を開始した。その後も技術と設備の改良改善と増強を繰り返して、2006年に生産能力10万トンに拡張された。

パイロット工場の成功をもとに、硫酸加里生産能力300万トンのプロジェクトを許可され、その第1期120万トンの建設工事が2006年4月から始まり、2008年11月に完成し、生産開始した。10万トン硫酸加里苦土パイロット工場と60万トン硫酸加里工場と100万トン硫酸加里苦土工場からなる第2期170万トンの建設も2011年9月から始まり、2015年末に完成する予定であるが、資源、技術と環境の問題を抱えて、やむなく中止した。

三、加里肥料メーカー数、生産能力と実生産量と輸入量

2016年末の中国公式統計データでは、加里肥料メーカーは128社、そのうち鹹水から塩化加里と硫酸加里を作るいわゆる資源型メーカー37社、塩化加里を原料に硫酸加里を製造するいわゆる加工型硫酸加里メーカー91社である。その詳細は表1に示す。

表1. 2016年末現在の中国加里肥料メーカー数と生産能力

種類	製品	メーカー数(社)	生産能力(万トン/年)
資源型	塩化加里	25	803
	硫酸加里	12	287
加工型	硫酸加里	91	460

出所：中国無機塩工業協会カリウム塩／加里肥料分会の統計データ

これらのメーカーのうち、資源型では中国政府の資源政策もあり、寡占化が目立つ。塩化加里は青海塩湖工業グループと蔵格加里肥料会社2社だけで生産能力が600万トンを超え、硫酸加里はロプノール加里塩会社1社だけで130万トンの生産能力を有する。一方、輸入塩化加里を原料として加里資源不要の加工型硫酸加里メーカーでは群雄乱立の状態、その中には1994年から中国に進出した台湾資本の青上化工グループは16工場、硫酸加里生産能力56万トンを超え、マンハイム法硫酸加里メーカーの最大手である。

2010～2016年中国の資源型加里肥料生産量と輸入量、消費量の推移は表2に示す。

表 2. 中国の資源型加里肥料生産量、輸入量と消費量 (K₂O 換算、万トン)

	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
生産量	347.9	385.6	380	470	553	571.7	578.3
輸入量	321.3	386.2	388.6	368.0	480.6	565.8	411.5
消費量	663.4	769.1	744.6	812	996	1002	

出所：中国化工インフォメーションセンター (CNCIC) と中国税関のデータ

中国は農業大国で、13 億人を養うために大量の化学肥料を必要である。2000 年以降、窒素肥料とりん酸肥料について国内生産量が消費量を大幅に超え、多く輸出され、化学肥料の輸出大国となったが、加里肥料に限っては国内生産量が増えたものの、消費量も増え続けて、2007 年以前は消費量の 80%以上を輸入に依存し、2010 年以降も自給率が大体 50～60%に徘徊する。

中国産加里肥料の最大の特徴は、輸入加里肥料の価格をベースにその販売価格を設定することである。大体、青海塩湖工業の塩化加里は輸入塩化加里と同等かやや安い価格、ほかの中小メーカーの製品はさらに安い価格を設定する。ロプノール加里塩会社の硫酸加里は輸入塩化加里を原料とする加工型硫酸加里メーカーの販売価格と同等に設定される。

加里肥料の主な輸入元はロシアとベラルーシで、それぞれ年間 200 万トン以上の輸入量である。ほかにカナダとイスラエル、ヨルダンからもそれぞれ年間数 10 万トン単位で輸入されている。

中国政府は加里肥料の輸入には免許制を採用する。すなわち、企業は政府から加里肥料の輸入企業として認可されなければ、加里肥料の輸入業務に参入できない。2016 年末現在、中国政府が許可している加里肥料の輸入資格を有する企業が 10 社しかない。さらに輸入をコントロールするために直接外国加里メーカーと契約できるのは国営の中国化工と中国農業生産資材の 2 社に限られる。ほかの 8 社は独自に輸入できず、中国化工と中国農業生産資材と再契約の形で輸入するが、輸入された加里肥料は自家用に限られ、外販できないという制限付きである。表 3 は輸入業者の一覧表である。

表 3. 加里肥料の輸入資格を有する業者一覧表

企業名	属性	許可年	企業名	属性	許可年
中国化工	国営	1993 年	中国海洋石油	国営	2004 年
中国-アラビア化学肥料	国営と外資合弁	1993 年	山東省魯北企業	国営	2004 年
中国農業生産資材	国営	1998 年	山東省魯西化工	国営	2004 年
中国化工建設	国営	2002 年	湖北洋豊	民営	2004 年
華墾国際貿易	国営	2002 年	遼寧西洋特肥	民営	2004 年

他に 1996 年から黒竜江省、内モンゴル、新疆などロシアと接する地域では特別に許可される一部の貿易商社が国境貿易の形で少量の加里肥料を輸入することが認められる。国境貿易を通じてロシアから輸入される塩化加里は最初年間数万トン程度であったが、現在、年間 200～250 万トンまでに成長し、総輸入量の約 30%を占めている。

加里肥料輸入事業の寡占化により、輸入実態の不透明化と輸入コストの上昇などを招き、中国肥料業界のがんといわれるほど弊害が大きい。従って、国境貿易を通じて輸入された廉価の塩化加里が増えてきた要因の一つでもある。

三、加里肥料の生産技術

中国の加里資源がすべて塩湖の鹹水であるため、その抽出分離と精製に特別な技術が必要である。2002 年までに青海塩湖工業がチャルハン塩湖の鹹水を原料に生産した塩化加里に塩化ナトリウムや塩化マグネシウム不純物が多く含まれ、 K_2O 含有量が 55～57%しかなかった。また、ロプノールの加里肥料の生産もうまく行けず、2006 年までに年間 1～5 万トン程度の低品質の硫酸加里しか産出しなかった。

2002 年青海塩湖工業はイスラエルが 1979 年に開発した「逆浮遊選鉱—冷結晶」技術をもとに改良を加え、チャルハン塩湖の鹹水を原料として塩化加里の生産技術を確立した。現在、中国では塩化カリウム系鹹水を原料として塩化加里を生産するものはすべてこの技術を使用している。

逆浮遊選鉱—冷結晶技術の概要は、まず、鹹水を蒸発池に導入して、太陽熱で水分を蒸発し、析出したカーナリット (carnallite、光鹵石) と塩化ナトリウム結晶を回収する。逆浮遊選鉱でカーナリットと塩化ナトリウム結晶を分離して、カーナリットに少量の淡水を加えて溶解させ、塩化カリウムを再結晶させ、塩化マグネシウムと塩化ナトリウムなどを分離する手法である。この技術の長所は塩化カリウムの回収率が高く、結晶粒子が大きく、純度が良い。短所は鹹水の蒸発期間が長く、生産工程の制御が複雑である。技術の詳細は本 HP の「肥料製造学、塩化加里編」をご参考ください。図 5 と図 6 は青海塩湖工業の生産ライン一部の写真である。



図 5. 塩湖鹹水を蒸発池に注入する



図 6. 逆浮遊選鉱—冷結晶プラント

青海塩湖工業は年間約 2.5 億 m³ 以上の鹹水を採集し、最終的に約 400 万トンの塩化加里を生産する。鹹水から塩化加里まで約 1.5~2 年かかる。

一方、ロプノール加里塩公司是ロプノールの鹹水に硫酸塩類を多く含む状況を鑑み、独自の硫酸加里生産技術を開発した。その概要は、まず、鹹水を蒸発池に入れ、太陽熱で水分を蒸発し、ラングバイナイト (langbeinite、K₂Mg₂[SO₄]₃) を析出させる。そのままでは硫酸加里苦土肥料として製品化することもできるが、硫酸加里を最終製品にする場合には、析出したラングバイナイトを回収してから残った鹹水をさらに蒸発させ、カーナリットを析出させて、回収する。カーナリットに少量の淡水を加えて溶解させ、ラングバイナイトと混合して反応させ、硫酸加里と塩化マグネシウムを生成してから再結晶を通して分離させ、製品とする。技術の詳細は本 HP の「肥料製造学、硫酸加里編」をご参考ください。図 7 と図 8 はロプノール加里塩公司の生産ラインの写真である。



図 7. ロプノールの鹹水蒸発池



図 8. 蒸発池からカーナリットの回収

ロプノール加里塩公司是年間鹹水採集量約 4.5 億 m³、4 段階の蒸発池を通して、最終的に約 1700 万トンのラングバイナイトとカーナリット結晶を回収し、約 130 万トン硫酸加里を生産する。鹹水から硫酸加里までに約 2 年間かかる。

四、 中国加里肥料産業の現状と問題

中国加里産業は急発展を遂げ、加里肥料の自給率 60%を達成した。加里肥料の生産能力の増加率が 2000~2015 年の間に平均で 18.6%であった。また、昨今の化学肥料需要不足、価格低迷の悪環境に於いて、窒素肥料とりん酸肥料業界が赤字に陥っているにも関わらず、加里肥料業界全体では黒字を計上している。しかし、急発展の裏に問題も山積している。主な問題を下記に纏める。

1. 自然環境が悪い

地理的にチャルハン塩湖とロプノールは中国西北部に位置して、自然環境が悪く、採掘精製作業が難しい。鹹水を原料とする加里肥料の生産には、太陽熱による蒸発が不可欠で

あるが、冬季気温が低く、鹹水も凍結して野外作業できず、すべてのメーカーは11月から翌年3月までの冬季に4~5ヶ月休業せざるを得ない。

2. 淡水が不足

加里肥料生産の選鉱と再結晶工程には大量の淡水が必要である。例えば、ロプノールでは硫酸加里1トンを生産するには7m³以上の淡水を消費する。チャルハン塩湖とロプノールは乾燥地域にあり、淡水が不足である。特にロプノールは周辺に淡水が全くなく、60~80km離れた所から取水する。淡水不足が生産規模拡大の最大障害となっている。

3. 良質の鹹水が少なく、生産コストが高い

中国塩湖鹹水の特徴はマグネシウム含有量が高く、カリウム含有量が低い。中国文献によれば、チャルハン塩湖鹹水のカリウム平均含有量0.48%しかなく、ロプノールも0.77%である。イスラエル死海の0.77に比べて、チャルハン塩湖のカリウム含有量が低いことが明らかである。また、太陽熱不足で、鹹水の蒸発によりカーナリットが結晶として析出してくるのは1年以上かかる。従って、生産コストが高い。

4. 廃水の処理が大変

鹹水のカリウム含有量が低いため、カリウム抽出後の老廃鹹水量が多い。チャルハン塩湖では1トン塩化加里を生産するには約40m³の塩化マグネシウムと塩化ナトリウムの老廃鹹水を発生する。青海塩湖工業だけでも年間約1.6億m³以上の老廃鹹水が排出される。現状では老廃鹹水が処理せずにそのまま塩湖に戻されるが、環境汚染と鹹水品質低下の問題が起きている。

5. 製品の輸送距離が長く、輸送コストが高い

チャルハン塩湖とロプノールは中国の西北内陸部にあり、主要消費地まで2,000~3,000km離れている。主に列車輸送に依存しているが、運賃が高いために留まらず、車両の調達も困難で、生産した製品がなかなか消費地に運べない。

6. 製品の品質が悪く、人気が高い

青海塩湖工業やロプノール加里塩公司のような大手メーカーは技術力があって、製品に問題がないが、中小加里肥料メーカーは設備と技術の問題で生産した製品の品質が悪く、塩化マグネシウムと塩化ナトリウムが多く混ざって、K₂O含有量55~57%しかないものが多く、消費者に歓迎されない。また、ロシア品やカナダ品に比べ、中国産塩化加里は吸湿性が高く、固結しやすい欠点がある。販売に苦労している。

以上の問題が原因で、資源型加里肥料メーカー、特にチャルハン塩湖とその周辺の塩湖にある民営の中小企業が資金と技術などの問題で、経営難に陥ることが多い。2016年9月

のデータによれば、赤字企業が 28 社もあり、2013～2016 年の間で倒産や買収により資源型中小塩化加里肥料メーカー 16 社も消えた。

また、中国の加里肥料はすべてカリウム含有量が高く、採集しやすい結晶隙間鹹水を原料とする。しかし、これらのグレートの高い鹹水資源が少なく、 K_2O 換算では 1 億トン未満といわれる。現在のスピードで採掘し続ければ、20 数年で底につく。従って、中国政府も加里資源の保護に力を入れ、新たな資源型加里肥料の生産許可を出さない。その代わりに外国での加里探鉱と生産を奨励する。

五、 中国企業が外国での加里資源開発

中国政府は不足な国内加里資源を補うために、国内消費の加里肥料について「国産 1/3、外国に進出して持ち帰り 1/3、輸入 1/3」という戦略を打ち出した。政府の後押しで 2001 年から中国企業が外国に進出して加里資源の探鉱と開発を開始した。2016 年末現在、10 か国での加里資源開発プロジェクトが 28 件あり、すでに約 30 億ドルを投資して、計画される塩化加里の生産能力約 2000 万トンである。大きな加里資源開発プロジェクトは北米のカナダ、東南アジアのラオス、中央アジアのウズベキスタンとカザフスタン、アフリカのコンゴとエチオピアにある。外国に進出した中国企業の加里開発プロジェクトの一部は表 4 に示す。

表 4. 外国における中国企業の主な加里開発プロジェクト

企業名	国名	プロジェクト概要	計画生産能力
中農鉍産資源	ラオス	探鉱、採掘（一部完成）	400 万トン
中国-ラオス鉍業開発	ラオス	探鉱、採掘（一部完成）	100 万トン
中国水電ラオス鉍業	ラオス	探鉱、採掘（一部完成）	100 万トン
四川開元	ラオス	探鉱、採掘（一部完成）	300 万トン
中川国際、青海塩湖工業	カナダ	探鉱	
長聯石油	カナダ	探鉱	
兌州煤業	カナダ	探鉱	
中信国際	ウズベキスタン	探鉱、採掘	40 万トン
中国春和、東華科技	コンゴ	探鉱、採掘	120 万トン
中哈富通加里肥料技術	カザフスタン	探鉱	
明達加里塩（タイ）	タイ	探鉱	
隆邦鉍業	タイ	探鉱	
青海塩湖工業	エチオピア	探鉱	

但し、2016 年末現在、一部完成したプロジェクトはラオスの 4 件だけで、生産能力 77 万トン、2015 年生産量が塩化加里 58 万トンしかなく、2016 年の実生産量がさらに減少し

たといわれる。また、カナダにある兎州煤業のプロジェクトが 2016 年 6 月に着工前の準備段階に入った。ほとんどのプロジェクトはまだ探鉱または探鉱準備段階に留まっている。

中国企業による外国の加里資源の開発が進まない理由は、主に下記の 5 点ある。

1. 情報不足で、ゼロからのスタート

中国企業が進出した国、特にアジアとアフリカは地下資源に関する地質情報などがほとんどなく、ゼロからのスタートが多い。鉱産業界の慣例では行政許可と探鉱技術に障害がなくても、一つの鉱脈は探鉱準備から資源量を把握して、開発計画を作成するまで 10 年以上が必要で、鉱山開発も着工から完成まで数年かかる。

2. 所在国の法律などの制限、言葉や慣習の適応が必要

所在国の法律による採掘への環境評価、用地買収、雇用上の制限など、探鉱と開発の許可手続きに時間がかかる。言葉や慣習に適応するにも大変である。また、高額な環境税や資源税も悩みの種である。

3. 適用される技術を所持していない

外国の加里資源は可溶性固体カリウム塩鉱物の場合が多い。中国企業が使用している塩湖鹹水を原料とする技術が適用されず、新たに技術を導入する必要がある。新技術の習得と現地加里資源の特性に適合させる研究開発は時間がかかる。

4. 開発資金が調達できない

外国進出には多額の初期資金が必要で、特に資源開発には不確実性が高く、市場からの資金調達が困難である。通常、塩化加里生産能力 100 万トンの鉱山と精製工場の開発に数億～10 数億ドルの資金が必要である。例えば、2007 年中国の中川国際はカナダ政府から面積 96km²の探鉱権を取得したが、生産能力 300 万トンの開発計画を達成するには少なくとも 22 億ドル以上の投資が必要である。中川国際は中国政府から 8000 万人民币元（約 1200 万ドル）の支援金を得たが、初期探鉱に充てる資金にもならない。すでに 10 年経ったが、開発の目途が立たない。

5. 生産以外のコストが高く、採算が取れない

アジアとアフリカのインフラが整っていない。開発にあたって港や道路を自前で整備しなければならない。ラオスの例では、採掘と精製、港までの輸送費用を含めて、塩化加里 1 トンの総合コストが 420 ドルを超えて、塩化加里現在の国際市場価格のほぼ 2 倍である。従って、ラオスに進出した 9 つのプロジェクトのうち 4 つはすでに一部が完成したが、後続の工事が止まったまま、完成した設備の稼働も大分抑えている。

中国企業の外国加里資源開発に気軽に進出するケースが多いが、厳しい現実にぶつかり、そのまま止まっているプロジェクトも多い。理想と現実が違い過ぎて、実現するまで解決すべき課題が多く存在する。