

<業界レポート>

世界の加里資源の形成と分布

(2018年8月19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。カリウム（K）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。砂壤土と熱帶赤色土壤を除き、通常の土壤中に加里（K₂O）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。

また、海水には濃度0.046%の加里が含まれ、その量（K₂Oとして計算）が720万億トンに達する。しかし、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できない。現在、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）、ごく一部不溶性カリウム鉱物しかない。

一、加里資源の種類とその形成

1. 可溶性カリウム塩類鉱物

自然界にはカリウムを含む鉱物が数え切れないほどあるが、加里肥料の原料に適する可溶性鉱物は下記3種類に限られる。

① カリウムの塩化物：これは古代の海が乾涸して、海水に含まれるカリウムが析出して形成した塩化カリウムの鉱物である。典型的な鉱物はシルビン（sylvine、加里岩塩）とカーナリット（carnallite、光鹹石）である。なお、シルビンの中に塩化カリウム含有量が非常に高く、ほぼ純粋な塩化カリウム岩塩はシルバイト（sylvite）と呼ばれる。

古い地質時代に発生した地殻変動により、海洋から分離され、陸地に囲まれた一部の海が長い年月の間に水分の蒸発に伴い、海水に溶かされている塩類が濃縮して析出し沈降して、海相蒸発鉱物を形成した。塩化カリウムの鉱物もこの海相蒸発鉱物に含まれている。なお、海水の蒸発により塩類の析出沈殿は硫酸塩類（石膏など）→塩化ナトリウム→塩化カリウム→塩化マグネシウムの順序で発生する。このように形成された加里資源は海相蒸発鉱物資源で、石膏、岩塩などと共生している。

海相蒸発鉱物から形成された加里鉱床はすべて古生代と中生代の造山運動で形成された大きな断層盆地と曲降盆地に分布する。造山運動で形成された盆地が海水に覆われて、海面が安定して、数100万年から数1,000万年で乾燥が続き、海水が蒸発して海相蒸発鉱物を形成した後、別の造山運動でその鉱床を覆蓋するなどの条件が必要である。世界加里資源の96%以上がこの海相蒸発鉱物から構成される。

② カリウムの硫酸塩：これは古代の塩湖が乾涸して、カリウムが硫酸塩と塩化物になって一緒に析出した鉱物である。陸に閉ざされた湖は河川に溶かされた塩分が蓄積し、塩分

濃度の高い塩湖となり、その後の気候または地質変動で、河川が消失し、水分が蒸発して塩湖が次第に乾涸し、カリウムの鉱物として沈殿した。注意すべきところは、海と違って、塩湖の塩類量が少なく、カリウムが大体マグネシウムやカルシウムと一緒にカイナイト (kainite) 、ラングバイナイト (langbeinite) 、ポリハライト (polyhalite) のような硫酸塩とまたは硫酸塩と塩化物の混合鉱物となって析出し、小さな鉱床を形成する。なお、古代の塩湖から形成された加里資源は世界の加里資源の 1~2% しかなく、ほとんど新生代の古第三紀（約 6,600 万年前から約 2,300 万年まで）と新第三紀（約 2,300 万年前から 258 万年前まで）に形成された。

③ カリウムの硝酸塩と塩化物、硫酸塩の混合物： これも硝酸塩を豊富に含有する古代の塩湖が乾涸してカリウムが硝酸塩と塩化物、硫酸塩と一緒に析出して形成した鉱床である。主な鉱物はチリ硝石 (niter) 、ハンバーストナイト (humberstonite) などである。このように形成された加里鉱床が非常に少なく、資源としては微々たる量である。
である。

2. 高カリウム塩湖鹹水

塩湖は注ぎ込む河川があるものの、流れ出す河川のない内陸湖が長期間の自然蒸発を経て濃縮された塩分の高い湖である。塩湖の鹹水には塩化カリウム含有量が 1% を超える場合は高カリウム塩湖鹹水として、加里資源として開発利用できる。なお、塩湖鹹水に含まれている加里の資源量は世界加里資源の 1% しかない。

現存の塩湖はすべて新生代の第四紀（約 258 万年前から現在まで）に形成されたもので、降雨量の少ない乾燥地域に分布している。歴史の浅い塩湖は有水または降雨時に一時有水であるが、それ以上に古い塩湖はすでに乾涸して、固体の可溶性カリウム塩類鉱物になった。

世界有名なカリウム塩湖は中東の死海 (Dead sea) 、アメリカのグレートソルト湖 (Great salt lake) 、南米ボリビアのウユニ塩湖 (Salar De Uyuni) 、オーストラリアの Lake Disappointment 塩湖と Lake Mackay 塩湖、中国のチャルカン塩湖 (Qarhan salt lake、中国名察尔漢塩湖) とロブノール (Lop Nor、中国名羅布泊) である。

塩湖もその塩分の化学組成により塩化物塩湖と硫酸塩塩湖に分けられる。塩化物塩湖は主に塩化ナトリウムと塩化カリウムが占めるが、硫酸塩塩湖は逆に硫酸加里、硫酸マグネシウムが塩類の大部分を構成する。上記の塩湖のうち、死海、ウユニ塩湖、グレートソルト湖、チャルカン塩湖は塩化物塩湖で、Lake Disappointment 塩湖と Lake Mackay 塩湖、ロブノールは硫酸塩塩湖である。

通常、塩湖の蒸発濃縮により、まず塩化ナトリウムまたは硫酸カルシウムが先に飽和に達し、塩類の結晶として析出して沈積する。残りの鹹水はカリウムとマグネシウムの濃度が高い。また、鹹水も表層鹹水と析出した塩類結晶の隙間に存在する結晶隙間鹹水に分け

られる。概して、結晶隙間鹹水はカリウム、マグネシウム、ホウ素、ヨウ素等の含有量が高く、利用価値が高い。

二、世界の加里資源分布

上に述べた通り、加里資源の形成が地殻の変動と気候に支配される。海相蒸発鉱物から形成された加里鉱床はすべて古生代と中生代の造山運動で形成された大きな断層盆地と曲盆盆地に分布する。また、塩湖は少雨乾燥地域しかできない。日本はこのような地質条件に恵まれていないため、加里資源が全く形成されていないわけである。

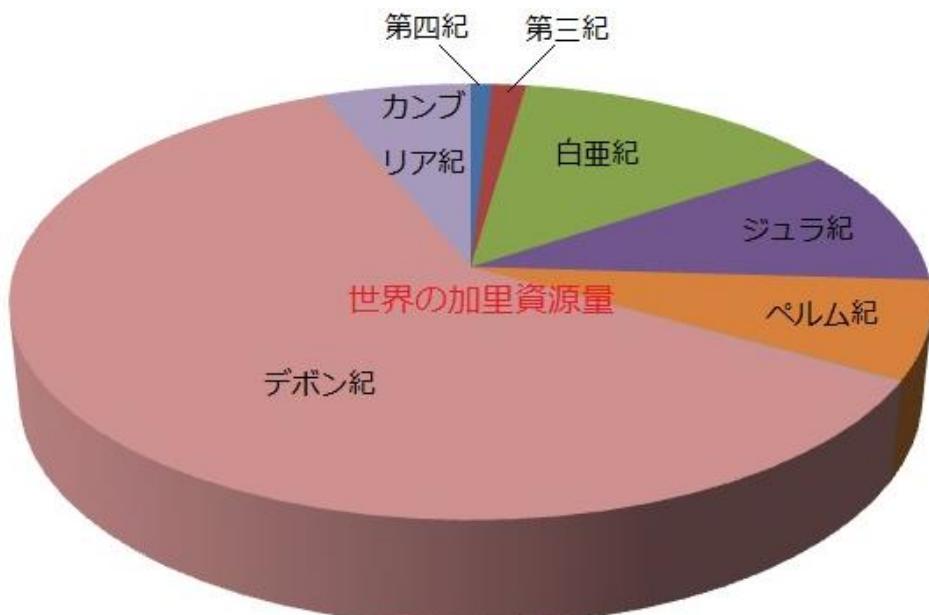


図 1. 世界の加里資源とその生成時代との関係

加里資源の形成特徴は、古生代のカンブリア紀（約 5 億 4,200 万年前から約 4 億 8,830 万年前まで）に形成された加里鉱床が一番古く、アジアにしか発見されず、その資源量が世界加里資源量の約 6%である。古生代のシルル紀、デボン紀と石炭紀に形成された加里鉱床が西北ヨーロッパと北米にだけ存在し、巨大な加里資源を形成した。特にデボン紀（約 4 億 1,600 万年前から約 3 億 5,920 万年前まで）に形成された加里鉱床は世界加里資源量の 60%以上を占める。

古生代のペルム紀と中生代の三疊紀が超大陸の移動と分裂、Tethys Ocean の開きにより多くの海洋盆地を形成し、その後の海相蒸発鉱物の沈積に繋がる。ペルム紀に形成された加里鉱床はヨーロッパと北米、南米にあり、その資源量が世界加里資源量の約 7%である。三疊紀に形成された加里鉱床が地中海西側のスペインとイタリアだけに発見され、資源量が少ない。

中生代のジュラ紀と白亜紀が超大陸の分裂により多くの海洋盆地を形成し、デボン紀に次ぐ多くの加里資源を生成した。ジュラ紀（約 1 億 9,960 万年前から約 1 億 4,550 万年前

まで)に形成された加里鉱床がアジアにしか存在せず、その資源量が世界加里資源量の約10%である。白亜紀(約1億4,500万年前から6,600万年前まで)に形成された加里鉱床が大西洋を挟む南米とアフリカ、アジアに発見され、その資源量が世界加里資源量の約13%である。

新生代に形成された加里資源は南極大陸を除き、すべての大陸に発見されたが、それぞれの分布面積が小さく、塩湖の鹹水がほとんどで、固体の加里鉱物が少ない。その資源量が世界加里資源量の約1%である。

図1は加里資源量と生成時代との関係を示す。

世界加里鉱床の分布と生成時代、資源量を地域別に簡単に紹介する。

1. アジア地域

アジアの加里資源は主にロシア、中国、イスラエルとヨルダン、タイ、ラオス、トルクメニスタン、ウズベキスタン、インド、パキスタンに存在する。その地理位置と生成時代、生成原因により次の9つの大規模な加里鉱床に分けられる(図2)。



図2. アジアの加里資源分布図

ア：ロシア東シベリアNepa盆地、 イ：タイーラオスKhor at盆地、 ウ：ウズベキスタン－トルクメニスタン中央アジア盆地、 エ：カザフスタンPrecaspian盆地、 オ：パキスタン－インド南アジア大盆地、 カ：イランZagros fold and thrust belt、 キ：イスラエル－ヨルダーン死海、 ク：中国ツァイダム盆地、 ケ：中国新疆ロブノール塩湖

ア. ロシア東シベリアの Nepa 盆地の加里鉱床

Nepa 盆地はロシア東シベリアのイルクーツク州 (Irkutsk) 北部に位置する。その盆地に世界的大型加里鉱床が発見された。加里鉱床の形成時期は古生代のカンブリア紀で、カーナリット、シルバイト-カーナリット混合物、シルビンの 3 種類加里鉱物から構成される。加里鉱石の推定資源量 1,200~1,300 億トン、K₂O 換算資源量 137 億トンである。また開発されていない。

イ. タイとラオスを跨る Khor at 盆地の加里鉱床

タイの東北部からラオス中部まで広げる Khor at 盆地は面積約 170,000km²、Phuphan 山脈によりタイ側の Khor at 盆地とラオス側の Sakon Nakhon 盆地に分けられている。1970 年代アメリカの協力を得てタイ資源庁が Khor at 盆地、1980 年代ベトナム側もラオスの Sakon Nakhon 盆地で探鉱を行い、豊富な加里資源を発見した。

Khor at 盆地の加里鉱床が中生代の白亜紀に形成され、推定資源量が K₂O 換算で 100 億トン以上、7 つの大きな鉱脈に分けられ、アジア最大の資源量を誇る。資源は主にカーナリット、局所にシルビンが発達して、シルビンを主成分とする鉱脈を形成している。現在、ラオス側に中国資本の会社が 4ヶ所で開発を進んで、すでに稼働しているところがある。タイ側は 1980 年代からいくつかの開発計画があるものの、採算性に問題あり、開発が始まっていない。

ウ. ウズベキスタン-トルクメニスタンの中央アジア盆地の加里鉱床

ウズベキスタンとトルクメニスタンを渡る中央アジア盆地は中生代のジュラ紀に形成されたもので、加里鉱床が主にトルクメニスタンの東に位置する。大型と超大型加里鉱脈が 9ヶ所に発見され、トルクメニスタンに 5ヶ所、ウズベキスタンに 4ヶ所、加里鉱石はカーナリットとシルビンで、推定資源量が約 200 億トン、確定された資源量が K₂O 換算で 15 億トン以上。2007 年以降、トルクメニスタンの Karlyuk 加里鉱山とウズベキスタンの Tyubegatan 鉱山が開発され、すでに塩化加里を産出している。

エ. カザフスタン Precaspian 盆地の加里鉱床

カザフスタンのアラル海北部に広げる Precaspian 盆地は古生代のカンブリア紀から石炭紀、ペルム紀にかけて形成された盆地である。石油と天然ガスが豊富に埋蔵されている。Precaspian 盆地の加里鉱床はペルム紀に形成され、鉱物は主にシルビンとポリハライトである。探鉱された 3 つの鉱脈だけで確定された資源量が K₂O 換算 3.8 億トン、推定資源量 20 億トン以上。現在、カザフスタン政府はアメリカ、中国資本の協力を得て、加里鉱山の開発を進んでいる。

オ. パキスタン-インドの南アジア大盆地の加里鉱床

パキスタン Punjab 州とインド Rajasthan 州に跨る南アジア大盆地は古生代のカンブリア紀に形成されたもので、その中に小さな加里鉱脈が数 10 か所に散布している。20 世紀初頭、パキスタンの Sail Range に岩塩を採掘した際に加里鉱脈を発見したのが皮切りにインド側の Rajasthan 盆地からも加里鉱脈を発見された。主な鉱物はカーナリットである。推定資源量が 25 億トンであるが、地質が複雑で、それぞれの鉱脈が小さい上、加里鉱物中の K₂O 含有量も低く、採算が取れない。現時点では開発されていない。

カ. イラン Zagros fold and thrust belt の加里鉱床

イラン南西部にある Zagros 山脈を含む Zagros fold and thrust belt にはカンブリア紀に形成された海相蒸発鉱物が大量に沈着されているが、中生代から現在まで続くユーラシアプレートとアラビアプレートの 2 つの構造プレートの衝突によって破壊され、岩塩など海相蒸発鉱物が不透水の地層となり、石油と天然ガスの生成と蓄積が促進され、世界有数の大油田となっている。石油探索の際にいくつかの場所から加里鉱脈が発見されたが、石油開発との兼合いで、まだ加里資源の開発などを考えていないようである。当然、加里資源の探鉱も行わず、資源量が判明されていない。

キ. イスラエル・ヨルダンの死海

イスラエルとヨルダンに挟まれる死海は新生代第四紀（258 万 8,000 年前から現在まで）に形成された東アフリカの大地溝帯断層の延長部分である。加里資源は鹹水で、塩化加里換算で 20 億トン以上であるが、商業的採掘可能な資源量が K₂O 換算で 4,000 万トンと推定される。現在、イスラエル側は ICL 社、ヨルダン側は APC 社がそれぞれ塩化加里を生産している。なお、両国の塩化加里の年間生産量が合計で 550～600 万トンである。

ク. 中国ツァイダム盆地の塩湖群

中国青海省にあるツァイダム盆地には数 100 の塩湖が点在して、すべて新生代第四紀（258 万 8,000 年前から現在まで）に形成されたものである。推定された加里資源は塩化加里換算で約 10 億トン、すべて鹹水である。チャルハン塩湖が最大の塩湖で、年間約 400 万トン塩化加里が産出される。ほかに Kuteyi 塩湖、Taijnar 塩湖なども開発している。

ケ. 中国新疆のロプノール塩湖

中国新疆にあるロプノール塩湖は新生代の第四紀に形成される塩湖である。1960 年代前半までは有水であるが、上流に灌漑用ダムの建設に伴い、1970 年代に完全乾涸した。ロプノール塩湖の面積約 10,000km²、地下鹹水に豊富な硫酸加里を含んでいる。推測資源量硫酸加里換算で 1.18 億トン。2000 年から開発を進み、現在年間 120 万トン硫酸加里の生産能力を有する。

2. アフリカ地域

アフリカの加里資源は主にコンゴ、エチオピア、エリトリア、エジプトとモロッコに分布している。その地理位置と生成時代、生成原因により次の4つの大規模な加里鉱床に分けられる（図3）。



図3. アフリカの加里資源分布図

◎：コンゴの Congo 盆地、□：エチオピア・エリトリアの Danakil 盆地、△：エジプトのスエズ湾盆地、★：モロッコの Khemisset 盆地

コ. コンゴ盆地の加里鉱床

コンゴ盆地（Congo Basin）はアフリカ中部に位置し、ガボン、コンゴ、中央アフリカ、コンゴ民主共和国（旧ザイール）に跨る。コンゴ盆地は古生代のカンブリア紀に形成したが、海相蒸発鉱物が中生代の白亜紀に発生した。加里鉱物が主にカーナリットで、少量のシリビンもある。すでに Mengo、Kola、Holi などに大型のカーナリット鉱脈が発見された。

コンゴ共和国政府の推測によれば、カーナリット鉱石の埋蔵量が約 8,000 億トンである。ただし、内政とインフラの関係で、まだ開発していない。

サ. エチオピアーエリトリア Danakil 盆地の加里鉱床

Danakil 盆地 (Danakil Depression) はエチオピアの北東部とエリトリアの東部を跨る凹地で、東アフリカの大地溝帯断層の最北端に位置する。約 1 万年前の新生代第四紀からの地殻変動で、新たにできた山脈が Danakil 盆地を紅海から隔離され、海面より 100m も低い凹地を形成した。のちに凹地内の海水が蒸発され、析出された塩分が面積約 1,200km²、厚さ約数 10m の塩板を形成した。

Danakil 盆地の加里資源が豊富で、すでにエチオピアにある Crescent 鉱脈と Musley 鉱脈が探鉱された。Crescent 鉱脈はカーナリットで、Musley 鉱脈はシルビンであり、推定資源量が塩化加里換算で約 1.6 億トンである。2007 年からインド資本の Sainik 社が開発の契約をしたが、進んでいない。エリトリアの Kurly からもシルビンの鉱脈が発見され、推定資源量が塩化加里換算で約 1.9 億トンである。開発の計画があるものの、まだ実行されていない。

シ. エジプトスエズ湾盆地の加里鉱床

スエズ湾盆地 (Gulf of Suez basin) はエジプトのアフリカ大陸の東北部とアジア大陸に接するシナイ半島に位置し、新生代の第四紀 (2,800 万年前) に紅海の一部が地殻変動により上昇し、形成されたリフト盆地である。スエズ湾盆地には油田とガス田が多く発見、エジプトの石油産地である。Jaguar 地方に加里鉱床が 2 層発見され、上層の鉱床は Zeit 系の岩塩層にあり、厚さ約 8m、分布面積約 250km²、下層の鉱床は Gharib 系第 5 層の岩塩層にあり、分布面積約 100km²、最大厚さ 25m である。鉱物は主にシルビンとポリハライトである。資源量が不明。現時点では石油と天然ガスの開発が最重要視であるため、加里資源開発の動きがない。

ス. モロッコ Khemisset 盆地の加里鉱床

Khemisset 盆地はモロッコの北部に位置し、面積 300~500km²、加里鉱床の形成は中生代の三疊紀 (約 2 億 5,100 万年前から約 1 億 9,960 万年前まで)、推定資源量がカーナリット 2.5 億トン (平均 K₂O 含有量 9.5%)、シルビン 6,000 万トン (平均 K₂O 含有量 11%)、全体の資源量が K₂O 換算で約 2,000 万トン。現在、オーストラリアの Emmerson 社が開発を準備している。

3. 南米地域

南米の加里資源は主にブラジル、アルゼンチンに分布し、主に古生代の白亜紀、二疊紀、ジュラ紀に形成されたものである。ほかにボリビア、チリ、ペルーには新生代の第四紀に

形成された塩湖が存在している。加里鉱床が存在している盆地の地理位置、形成時代および資源種類により、4つの鉱床に分けられる（図4）。



図4. 南米の加里資源分布図

セ：ブラジルの Sergipe 盆地、 ソ. ブラジルの Amazon 盆地、 タ. アルゼンチンの Neuquen - Mendoza 盆地、 チ. アンデス山脈の塩湖群

セ. ブラジル Sergipe 盆地の加里鉱床

Sergipe 盆地はブラジル東北部の Sergipe 州にあり、大西洋の海岸に近い。1億4,000万年前の中生代の白亜紀に海岸線の隆起で形成された盆地である。加里鉱床はこの時代に形成され、主に Taquari-Vassouras 地域と Santa Rosa de Lima 地区に発見され、周辺地域も含めて、推定資源量がシルビン 5.25 億トン、カーナリット 116 億トンである。Rio Verde Minerals Developmen 社と Harvest Minerals 社がそれぞれ開発を計画している。

ソ. ブラジル Amazon 盆地の加里鉱床

ブラジルの Amazon 盆地は古生代に形成された大型盆地である。加里鉱床は古生代のペルム紀に発生した海相蒸発鉱物層に発見され、鉱物が主にシルビンで、K₂O 含有量 11%以上、品質が非常によいという。Vale 社が Fazendinha 加里鉱山（推定資源量 K₂O 換算で 5,600 万トン）、Petrobras 社が Arari 加里鉱山（推定資源量 K₂O 換算で 5,800 万トン）

を開発して、すでに稼働している。また、2010年に Pacific Potash 社が Rio Uatumá 加里鉱山を発見し、開発を計画している。

タ. アルゼンチン Neuquen-Mendoza 盆地の加里鉱床

Neuquen-Mendoza 盆地はアルゼンチン中西部の Neuquen 州と Mendoza 州に位置する。1 億 6,000 万年前の中世代のジュラ紀から始まった地殻変動で、南アメリカプレートとナスカプレートの衝突で、形成されたアンデス山脈が太平洋から Neuquen-Mendoza 盆地を分離した。加里鉱床が白亜紀に形成され、主な鉱物はカーナリットとシルビンである。すでに Rio Tinto 社が大型の Rio Colorado 加里鉱山の開発を計画しているほか、Huitrin も厚さ 4m のシルビン鉱脈が発見された。探鉱が進んでいないため、全体の資源量が不明である。

チ. アンデス山脈の塩湖群

ペルー、チリ、ポリビア、アルゼンチンを縦断するアンデス山脈にいくつかの塩湖が存在する。これらの塩湖は約 2 万年前の新生代第四期の最終氷河期が終わると、氷河から溶けた水は、土中の塩分を溶かしながら塩水となり、アンデス高地のくぼみにたまって形成したものである。加里資源は鹹水で、世界最大の塩湖として知られているポリビアのウニ塩湖 (Salar De Uyuni) が豊富なりチウム資源のほか、加里資源量が K₂O 換算で約 5,000 万トン、チリのアタカマ塩湖 (Salar de Atacama) も加里資源量が K₂O 換算で 2,870 万トンと推定される。現在、チリの SQM 社がアタカマ塩湖の加里採掘を行っている。

4. 北米地域

北米地域は世界最大の加里資源を有し、世界資源量の約半分を占める。カナダが世界最大の加里資源量を誇り、すでに確認された資源量は K₂O 換算で 44 億トン、推定資源量 110 億トンを超える。また、アメリカの推定加里資源量が K₂O 換算で 70 億トン以上である。

北米の加里資源は盆地の地理位置、形成時期により、7 つの鉱床に分けられる（図 5）。

ツ. エルクポイント盆地の加里鉱床

エルクポイント盆地 (Elk Point Basin) はカナダのノースウェスト準州の南から米国のノースダコタ州まで広がる広大な盆地である。太古の昔、この地域は浅い海であったが、その後の地殻変動で古生代のデボン紀中期（3 億 8,270 万年前）に陸となり、海相堆積盆地となった。地質的に炭酸塩沈積岩（ドロマイドと石灰岩）および蒸発岩（岩塩、石膏、シルビンなど）に構成されている。

エルクポイント盆地の地下に世界最大の加里鉱床があり、その鉱脈の分布範囲は南北が隣国のアメリカモンタナ州東北部からアルバータ州のノースサスカチュワーン川まで、東西がマニトバ州西部からアルバータ州東部まで、総面積約 6.8 万 km² もあり、その資源量の 90% 以上がサスカചェワン州にある。その加里鉱床が 4 層から構成され、鉱物はシルビン

とカーナリットで、シルビンが主である。鉱脈が厚く、塩化加里含有量が高く、採掘が容易であるなどの特徴があり、世界最大の塩化加里産地となっている。

現在、カナダのサスカチュワン州にすでに 11 カ所の加里鉱山が稼働して、年間塩化加里生産能力 2,300 万トン。ほかに 6 ケ所に加里鉱山の開発または開発を計画している。



図 5. 北米の加里資源分布図

ツ. カナダとアメリカのエルクポイント盆地、 テ. カナダ Marinetimes 盆地、 ト. アメリカ Michigan 盆地、 ナ. アメリカユタ州 Paradox 盆地、 二. アメリカニューメキシコ州 Delaware 盆地、 ヌ. アメリカアリゾナ州 Holbrook 盆地、 ネ. アメリカユタ州の塩湖群

テ. カナダ Marinetimes 盆地の加里鉱床

Marinetimes 盆地はカナダの南東部大西洋の海沿に位置し、ニューブランズウィック州、ノバスコシア州、プリンスエドワードアイランド州、ニューファンドランド・ラブラドル州に跨る。古生代デボン紀に発生した Acadian 造山運動で大西洋から分離され、形成された盆地である。Marinetimes 盆地の加里鉱床は石炭紀に形成し、地下 400~1,000m にあり、主にシルビンで、その塩化加里含有量が 30% に達し、品質が非常に良い。すでに 5 か

所に大型加里鉱脈を発見して、確認された資源量が塩化加里換算で 6,800 万トン、3ヶ所に加里鉱山として採掘していたが、サスカチューク州の加里資源に比べ、採掘条件が厳しく、生産コストが高いため、2015 年に最後の加里鉱山を閉鎖してから採掘をしていない。

ト. アメリカ Michigan 盆地の加里鉱床

アメリカ北東部五大湖地域にある Michigan 盆地は古生代のシルル紀に形成されたもので、加里鉱物がシルビンである。1966 年石油探鉱の際に試掘井戸からシルビンを発見し、その後の探鉱ではシルビンが広面積に分布していることを判明した。ただし、シルビンの鉱脈が 2,300~2,700m の地下にあり、推定資源量 7,500 万トン以上であるが、多層に分けて塩化ナトリウムと混在しているため、K₂O 平均含有量が 4% しかなく、開発に値する価値が低い。現時点では開発の計画が全くない。

ナ. アメリカユタ州 Paradox 盆地の加里鉱床

アメリカユタ州南東部に位置する Paradox 盆地は古生代の石炭紀に形成され、加里鉱物がシルビンとカーナリットで、少量のポリハライトとリンネイト（カリウムと鉄の塩化物）、カイナイト（塩化カリウムと硫酸マグネシウムの共結晶鉱物）が混ざっている。シルビンの K₂O 含有量が 30% に達するところもある。シルビンとカーナリットの推定資源量 18 億トン、現在 Moab 加里鉱山が稼働している。

二. アメリカニューメキシコ州 Delaware 盆地の加里鉱床

アメリカニューメキシコ州にある Delaware 盆地は古生代のペルム紀に形成された。1920 年代石油の探鉱時に加里鉱床が発見された。主な鉱物はシルビンとラングバイナイトで、鉱脈が浅く、K₂O 含有量が高いため、現在は 3 つの加里鉱山が稼働して、そのうち Carlsbad 鉱山が一番有名である。しかし、高い品位の鉱脈がほぼ採掘されてしまい、生産量が減っている。

ヌ. アメリカアリゾナ州 Holbrook 盆地の加里鉱床

アメリカアリゾナ州にある Holbrook 盆地は古生代のペルム紀に形成されたもので、Supai 層にあるシルビンとカーナリットの推定埋蔵量 0.7~2.5 億トンである。まだ開発されていない。

ネ. アメリカユタ州の塩湖群

アメリカユタ州にいくつかの塩湖が存在している。そのうち一番有名なのは Great Salt Lake である。新生代の第四紀に形成され、面積 4,400km²、鹹水中の硫酸カリウムの濃度が高い。現在、Compass Minerals 社が年間数万トンの硫酸加里を生産している。

5. ヨーロッパ地域

ヨーロッパは世界加里資源第2位の地域で、ロシア、ベラルーシ、ドイツ、イギリス、スペイン、イタリアなどから加里鉱床が発見された。アメリカ USGS（アメリカ地質調査所）2012年の報告によれば、ヨーロッパの加里資源量が K_2O 換算で42億トン、世界加里資源量の約44%を占める。

ヨーロッパの加里資源はその地理位置、形成時期により、7つの鉱床に分けられる（図6）。



図6. ヨーロッパの加里資源分布図

ノ. 西北ヨーロッパ Zechstein 盆地、ハ. フランス-ドイツのライン地溝帯、ヒ. スペイン Ebro 盆地、フ. イタリア Lercara 盆地、ヘ. ベラルーシ Pripyat 盆地、ホ. ウクライナの Carpathian 前縁陥入帯、マ. ロシアのウラル前縁陥入帯

ノ. 西北ヨーロッパ Zechstein 盆地加里鉱床

Zechstein 盆地は古生代のペルム紀に形成され、イギリス東部からオランダ、ドイツ、ポーランド、リトアニアまで広がる細長い盆地である。加里鉱床はほとんどドイツに分布し、推定資源量が K_2O 換算で8億5,000万トン、商業的採掘可能量1億5,000万トン。現在6つの加里鉱山が稼働中で、年間塩化加里約300万トン、副産物の硫酸苦土などを加えると、約750万トンを生産している。

イギリス、オランダ、ポーランドにある部分は Zechstein 盆地の縁側であるため、加里鉱脈が薄く、K₂O 含有量が低いため、商業的採掘価値がない。

ハ. フランス-ドイツのライン地溝帯の加里鉱床

ライン地溝帯 (Rhine Graben) はスイスのバーセルからフランスを横断してドイツのフランクフルトまで伸びる南北 300km、東西 40km ほどの地溝で、ライン川がその中を流れている。ライン地溝帯は新生代の古第三紀始新世に形成され、漸新世にも海水が進入していたため、2 層の加里鉱床を形成した。加里資源が主にフランスの Wittelsheim 盆地と Munchausen 盆地、ドイツの Buggingen 盆地に分布し、主な鉱物はカーナリットとシリビンで、推定資源量約 15 億トンである。

ヒ. スペイン Ebro 盆地の加里鉱床

スペイン北東部、フランスとの国境に聳えるピレネー山脈の南側にある Ebro 盆地は新生代の第三紀に形成され、加里資源はカタルーニャ州とナバラ州に発見された。アメリカ USGS の調査データによれば、加里資源量が K₂O 換算で 2,000 万トン。すでに Llobregat と Suria の 2 つの加里鉱山が稼働中で、年間生産量が K₂O 換算で 40~45 万トンである。

フ. イタリア Lercara 盆地の加里鉱床

Lercara 盆地はイタリアのシチリア島中央 Enna、Caltanissetta、Agrigento にある盆地で、新生代の第三紀に形成された。Lercara 盆地にある加里鉱床は長さ約 100km、Nicosia から南西に伸び、地中海まで達し、主な鉱物がカイナイト（カリウムの硫酸塩）である。1 つの加里鉱山が稼働していたが、閉山された。

ヘ. ベラルーシ Pripyat 盆地の加里鉱床

ベラルーシのミンスク州にある Pripyat 盆地は古生代のデボン紀に形成され、その盆地に豊富な加里資源が発見された。Soligorsk 地域の Stariobin 加里鉱脈と Petrikof 地域の Petrikovsky 加里鉱脈が有名である。商業的採掘可能量が K₂O 換算で 7 億 5,000 万トン、推定資源量が K₂O 換算で 54 億トン、主な加里鉱物はカーナリットとシリビンである。現在、国営の BPC 社が 6 つの鉱山と 4 つの加里精製工場を運営して、年間塩化加里 650~700 万トンを生産している。さらに新たに 1 つの加里鉱山を開発して、2021 年完成する予定である。

ホ. ウクライナの Carpathian 前縁陥入帯の加里鉱床

Carpathian 前縁陥入帯は Carpathian 山脈の北側とロシア台地に挟まれる地溝で、大半がウクライナにある。この陥入帯は新生代の新第三紀 (2,303 万年前から 258 万年前まで) に形成され、中には多くの場所に加里鉱脈が発見された。加里鉱物が主に硫酸塩類で、少

量の塩化物が混ぜている。推定資源量が加里の硫酸塩 135 億トン、加里の塩化物 15 億トンである。

マ. ロシアのウラル前縁陥入帯の加里鉱床

ウラル前縁陥入帯はウラル山脈の西麓に位置する地溝で、古生代のペルム紀に形成された。この前縁陥入帯を流れる Kama 川西側の perm 地域に豊富な加里資源を有する Upper kama 加里鉱床が発見された。加里鉱物はシルビンとカーナリットで、推定資源量が K_2O 換算で 117.74 億トン。すでに Uralkali 社が 5 つの鉱山を稼働している。

6. オセアニア地域

オーストラリアとニュージーランドから構成されたオセアニアは地質構造の特徴から固体の加里鉱床が生成しにくく、加里資源の乏しい地域である。現時点では西オーストラリア州と北部準州の塩湖群だけが資源である（図 7）。



図 7. オセアニアの加里資源分布図

ミ. 西オーストラリアの塩湖群、 ム. 北部準州の塩湖群

ミ. 西オーストラリアの塩湖群

西オーストラリアの塩湖群は新生代の第四紀に形成されたもので、数万年の歴史しかない。特徴は大雨の時に限って出現する一時湖がほとんどで、鹹水には硫酸加里と硫酸マグネシウムが多量含んでいる。主な塩湖は Lake Disappointment、Lake Wells、Lake Mackay、

Lake Chandler、Percival Lakes と Lake Auld などである。推定資源量が硫酸加里 8 億トンである。

ム. 北部準州の塩湖群

北部準州には Karinga Lakes と呼ばれる 25 の乾塩湖がある。合計面積 132km²で、地下鹹水には硫酸加里と硫酸マグネシウムが多量含んでいる。推定資源量が硫酸加里 840 万トン、硫酸苦土加里 (Schoenite) を入れると 1,900 万トンである。