

## &lt;業界レポート&gt; ロシアの加里資源と加里肥料産業

(2020年3月11日作成)

ロシア連邦はユーラシア大陸北部に位置し、ヨーロッパ諸国やアジア諸国と国境を接し、太平洋と北極海にも面して、総面積 1,707 万 5,400km<sup>2</sup>、世界で最も領土面積が広い国である。国内にはツンドラ地帯、森林、亜熱帯のビーチといった多様性に富んだ地形が広がって、豊富な自然資源を有している。加里資源もその中の一つである。ロシアはその豊富な加里資源を活用して、世界第 2 位の加里生産大国と第 3 位の輸出大国の地位を築いてきた。本レポートはロシアの加里資源と加里肥料産業を紹介する。

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。砂壌土と熱帶赤色土壤を除き、通常の土壤中に加里 (K<sub>2</sub>O) 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、植物に吸収利用されない。また、海水には濃度 0.046% の加里が含まれ、その量 (K<sub>2</sub>O として計算) が 720 万億トンに達するが、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できない。現時点では、利用できる加里資源は固体の可溶性カリウム塩鉱物と液体の塩湖鹹水（かんすい）しかない。その中に最も重要な加里資源はシルビン (sylvine、加里岩塩) とカーナリット (carnallite、光鹹石) である。

### 一、世界の加里資源量とその分布

アメリカ地質調査所 (USGS) の報告によれば、2019 年末現在、各国から発表されたデータにより既に確認された商業的採掘可能な加里資源（純 K<sub>2</sub>O 計算、以下同）の埋蔵量が約 95.07 億トン、この数字から地球上の加里資源総量が約 2,500 億トンと推算される。表 1 には 2019 年現在の各国商業的採掘可能な加里資源埋蔵量を示す。

表 1. 2019 年末現在の世界商業的採掘可能な加里資源量と 2018 年の加里生産量（万トン）

国名	商業的採掘可能埋蔵量(K <sub>2</sub> O 換算)	2018 年生産量(K <sub>2</sub> O 換算)
カナダ	100,000	1,380
ロシア	60,000	717
ベラルーシ	75,000	720
中国	35,000	500
イスラエル	27,000	220
ヨルダン	27,000	148
アメリカ	22,000	52

ドイツ	15,000	320
ラオス	20,000	20
チリ	10,000	120
スペイン	6,800	70
ブラジル	2,400	20
その他	30,000	351
世界合計	>360,000	4,330

出所：アメリカ地質調査局（USGS）

但し、表 1 に示すデータは現時点での商業的採算性のある資源で、加里の探鉱、採掘、精製技術の進歩により、新たに採算性のある加里資源が追加される可能性が大きい。世界の加里資源が豊富ではあるものの、その分布が非常に偏っている。可溶性塩化カリウム鉱物シルビンとカーナリットはカナダサスカチュエワン州、ロシア、ベラルーシ、ドイツに大きな鉱脈を形成している。塩湖鹹水はイスラエルとヨルダンの死海、中国北西部、アフリカ北部、オーストラリアなど砂漠地域に集中している。表 1 にも示したようにロシアは商業的採掘可能な加里資源約 6 億トンであり、カナダとベラルーシに次いで世界第 3 位ではあるが、探査によりすでに推定される加里資源量が  $K_2O$  換算で 300 億トン以上、カナダに次ぐ世界第 2 位である。

## 二、ロシアの加里資源

ロシアの加里資源はすべて可溶性塩化カリウム鉱物のシルビンとカーナリットである。主にウラル地域にあるウラル前縁陥入帯とシベリア地域にある Nepa 盆地とに埋蔵して、ほかにカリーニングラード地域とヴォルゴグラード地域にも加里資源がある。

### 1. 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 Verkhnekamskoye 加里鉱床（別名 Upper kama 加里鉱床）がある。加里鉱物はシルビンとカーナリットで、鉱脈の深度が地下 350~450m、鉱脈がカーナリット層とシルビン層から構成される。その特徴は鉱床の厚さが約 100m もあり、傾斜が緩く、鉱石の加里含有量も平均で  $K_2O$  17.39% で高く、採掘しやすい。探鉱により確認された資源量が  $K_2O$  換算で約 7 億トン、商業的採掘可能資源量約 6 億トン、推定資源量約 117.74 億トンとされている。現在国内稼働している 6 鉱山はすべてこの地域にある。

図 1 はペルミ地域のソリカムスク市付近 Verkhnekamskoye 加里鉱床 Solikamsk 鉱区の鉱脈断面図である。

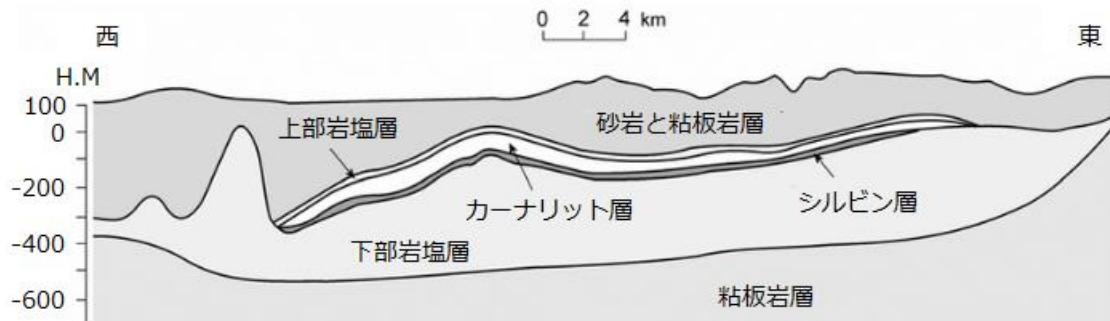


図 1. Verkhnekamskoe 鉱床 Solikamsk 鉱区の鉱脈断面図

## 2. シベリアNepa盆地の加里鉱床

Nepa 盆地は西シベリアのイルクーツク州 (Irkutsk) 北部に位置する面積約 2.2 万 km<sup>2</sup> の大型盆地である。その盆地に超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、シルバイトー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。加里含有量が KCl 換算で 25~55% があり、不溶物が少ないのが特徴である。探鉱により鉱脈範囲が約 1 万 km<sup>2</sup>、地下 800~900m にあり、3 層から構成され、鉱石の組成はカーナリット : シルビン = 7 : 1、推定資源量 1,200~1,300 億トン、K<sub>2</sub>O 換算資源量 137 億トンと確認された。但し、環境が悪く、交通が非常に不便であるため、商業採掘には採算性に問題あり、また開発されていない。

## 3. カリーニングラードの加里鉱床

リトアニアに隣接しているロシアの飛び地カリーニングラード地域には約 6 億トンの加里資源があると推定されるが、加里鉱石の KCl 含有量が高くななく、商業的採算価値が低いため、手つかずの状態である。

## 4. ヴォルゴグラード地域の加里鉱床

ロシア西部を流れているヴォルガ川の下流ヴォルゴグラード地域に Gremyachinskoe 鉱床が発見された。鉱脈の深さが地下 1000m、塩化加里を主成分とするシルビンから構成され、鉱脈の厚さ約 10m、KCl 平均含有量 39.5%、既知の加里鉱床の中で一番品位が高い。その資源量が約 40.15 億トンと推定される。ただし、鉱脈が地下に深いうえ、地表から鉱脈までの間に地下水層が 4 層もあり、開発条件が良くない。2011 年から EuroChem 社が加里開発プロジェクトを実施して、2019 年末までに約 23 億ドルを投入したが、地下水などの問題で、やっと 1 本の堅坑を完成した所までこぎつけた。

図 2 は Gremyachinskoe 鉱床の断面図、図 3 はロシアの加里資源分布図である。

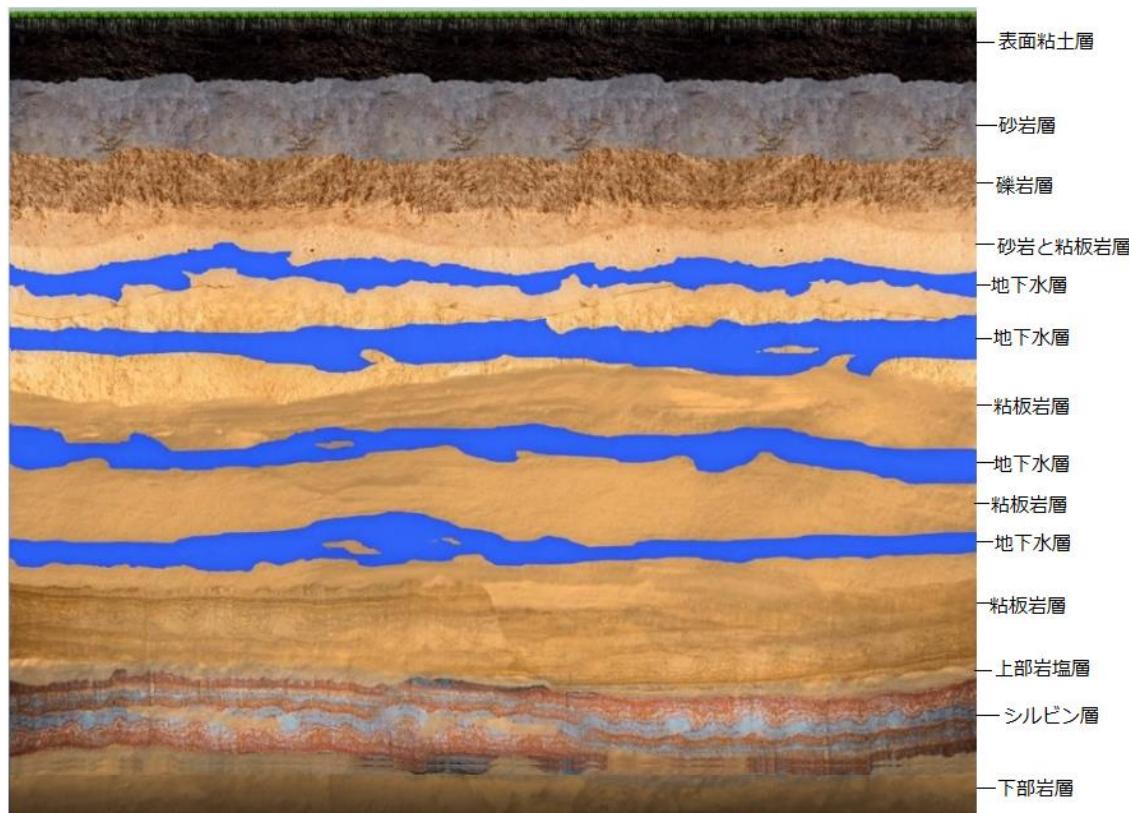


図 2. Gremyachinskoe 鉱床の断面図（出所： EuroChem）

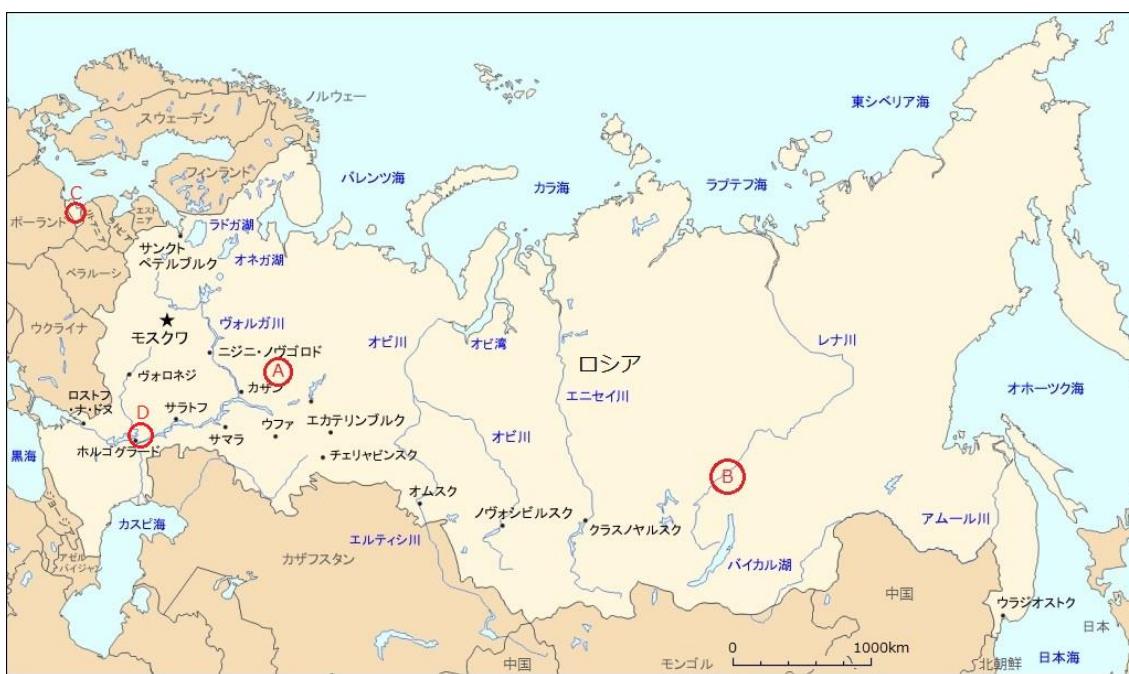


図 3. ロシアの加里資源分布図

A : ペルミ地域の Verkhnekamskoye 鉱床、 B : Nepa 盆地の加里鉱床、 C : カリーニングラード地域の加里鉱床、 D : ヴォルゴグラード地域の Gremyachinskoe 鉱床

### 三、ロシアの加里資源開発の歴史と現状

#### 1. ロシアの加里資源開発の歴史

1925年ソビエト連邦の Pavel Preobrazhensky 教授が率いる探鉱隊は、Kama川東側のペルミ（perm）地域にシルビンとカーナリットからなる大型加里鉱床を発見し、Verkhnekamskoe 鉱床と命名した。1926年ソビエトの国家計画委員会はペルミ地域のソリカムスク (Solikamsk) 市とその隣接地域にソビエトの加里産業を発展させる決議を下した。それに伴い、ソユーズカリグループ (Soyuzkali Group) が設立された。1927年ソユーズカリグループによりソリカムスク市のベレズニキ (Berezniki) 鉱区に初の加里鉱山ベレズニキ-1 鉱山の建設が始まった。1930年ベレズニキ-2 鉱山の建設も決定され、ロシアの塩化加里生産がスタートした。

1934年同じソリカムスク市にあるソリカムスク (Solikamsk) 鉱区にも加里鉱山の建設が始まった。しかし、スターリンによるソ連邦の大肅清と第2次世界大戦の戦火により、ロシアの加里資源開発が15年間も停滞し、1949年に鉱山の建設が再開された。1964年ソビエト政府はウラル加里産業協会を設立し、ベレズニキ-1 鉱山とベレズニキ-2 鉱山の生産管理に充てる。その生産能力が350万トンである。

1965年ソリカムスク-2 鉱山の建設が始まり、1973年に完成した当該鉱山の生産能力が塩化加里 360 万トン／年、当時には世界最大の加里鉱山である。しかし、完成した時からソリカムスク-2 鉱山の地下水の滲出がひどく、設計通りの生産能力が達成せず、仕方なく、1986年からソリカムスク-3 鉱山の建設を開始した。1992年ソリカムスク-3 鉱山が稼働し、現在のペルミ地方の加里産業を形成した。

1989年ソビエトが崩壊した後、ウラル加里産業協会が民営化され、ウラル加里 (Uralkali) とシルヴィニット (Silvinit) の2社に分割され、南部ベレズニキ鉱区の2鉱山はウラル加里、北部ソリカムスク鉱区の3鉱山はシルヴィニットに割り当てられた。2004年ウラル加里が Verkhnekamskoe 鉱床の Ust-Yaivinsky 鉱区の探査と開発の許可を取得した。2008年シルヴィニットも Verkhnekamskoe 鉱床の Polovodovsky 鉱区の探査と採掘との許可を取得した。

2011年ウラル加里とシルヴィニットが合併し、存続会社はウラル加里 (Uralkali) として、世界第2位の加里メーカーとして復活した。

一方、2007年にロシアの肥料メーカー EuroChem 社が加里肥料事業に参入すると発表し、ヴォルゴグラード地域にある Gremyachinskoe 鉱床の開発許可を取得して、VolgaKaliy プロジェクトを推進している。また、2010年にペルミ地域の Verkhnekamskoe 鉱床の Usolskiy 鉱区の開発許可を得て、Usolskiy Potash Complex プロジェクトを展開し、2018年に稼働し始めた。なお、Usolskiy 鉱区は Berezniki 鉱区の西側に 10km 離れて kama 川を渡ったところにある。

もう一つのロシア肥料メーカー Acron 社も 2008年に加里肥料事業に参入すると発表し、VPC (Verkhnekamsk Potash Company) という子会社を設立して、ペルミ地域の

Verkhnekamsk 鉱床の Talitsky 鉱区に探査と開発の許可を取得し、加里鉱山の建設を進んでいる。なお、Talitsky 鉱区は Berezniki 鉱区の東南東約 450km のところにある。

2012 年ウラル加里は Verkhnekamskoye 鉱床の Ust-Yaivinsky 鉱区に新しい加里鉱山の建設が始まった。また、2014 年ウラル加里は同じ Verkhnekamskoye 鉱床の Romanovsky 鉱区の探査と開発の許可を取得した。この鉱区には 3 億 8,500 万トンのシルビンの埋蔵量を有するという。

## 2. ロシア加里資源開発の現状

現在ロシア政府から発行された加里鉱山の探査、開発と採掘のライセンスが計 11 件あり、そのうちの 10 件（10 鉱山）がペルミ地域の Verkhnekamskoye 鉱床で、1 件（1 鉱山）がヴォルゴグラード（Volgograd）地域の Gremyachinskoe 鉱床にある。実際に稼働している鉱山が 6ヶ所、開発中の鉱山が 3ヶ所である。

図 4 はロシアペルミ地域にある加里鉱山と精製工場の所在地および許可された探査と開発地区の MAP である。

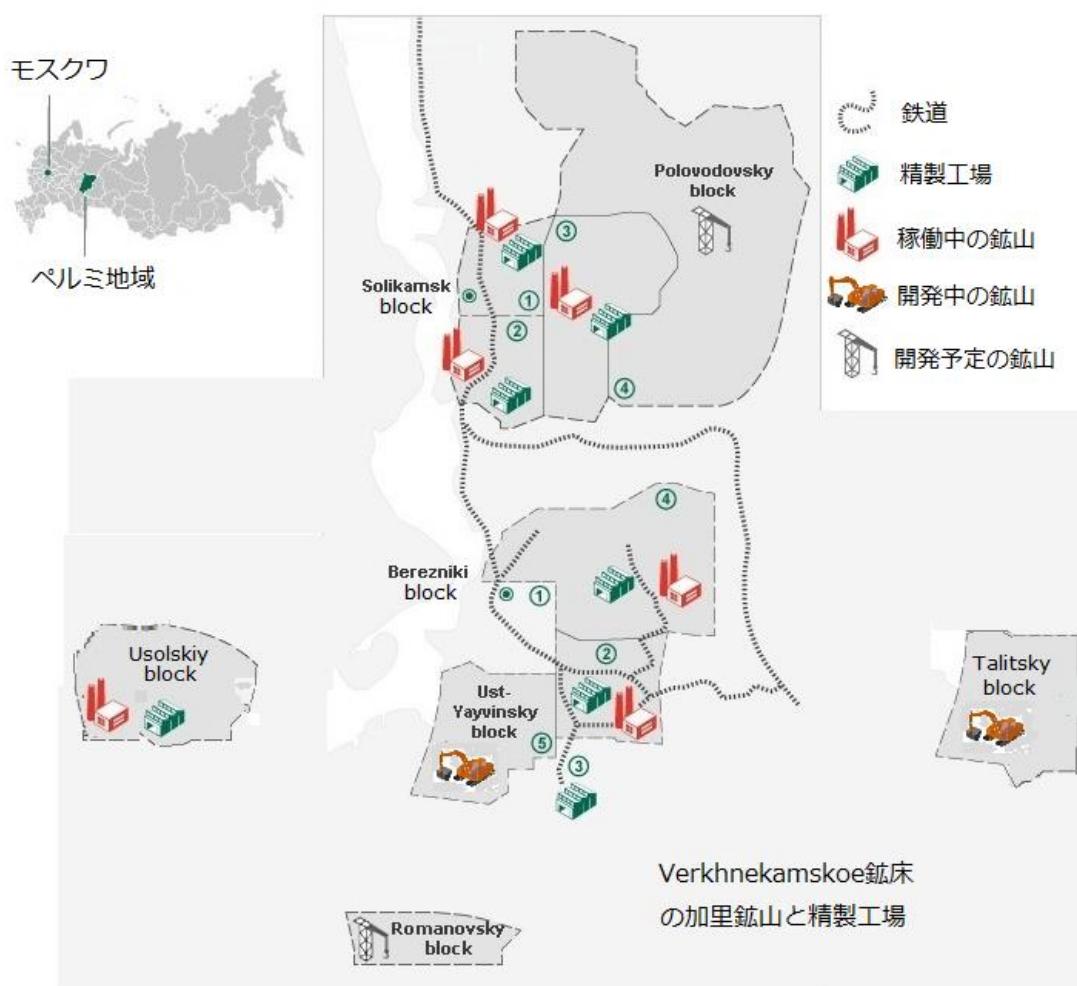


図 4. ロシアペルミ地域の加里鉱山と精製工場、開発プロジェクトの MAP

ロシアの加里鉱山の採掘はすべて乾式採鉱法を使っている。

乾式採鉱法は、一般の鉱山で行われているのと同じように、まず加里鉱物層まで巨大な豊坑を掘り、そこから鉱脈層に 100m～350m 長さの長壁切羽を設け、加里鉱物層に沿って加里鉱物を採掘していく。上下には不透水の頑丈の岩塩層があるため、支保がほとんど要らない。採掘機械はドラムカッターまたはコンテニアスマイナ、パンツアーコンベアの組み合せがよく用いられている。採掘した鉱石を豊坑まで運び、エレベーターで地面まで上げる。開発コストは高いものの、鉱石の回収率は高く、鉱脈条件がよく大規模な採掘が可能な場合には、生産性の高い採掘法である。写真 1 は Verkhnekamskoye 鉱床の鉱脈、赤いのはシルビン鉱脈で、灰色の天井部はカーナリット層である。図 2 は Berezniki 鉱山の採掘現場である。



写真 1. Verkhnekamskoye 鉱床の鉱脈  
(出所 : Saltworkconsultants.com)

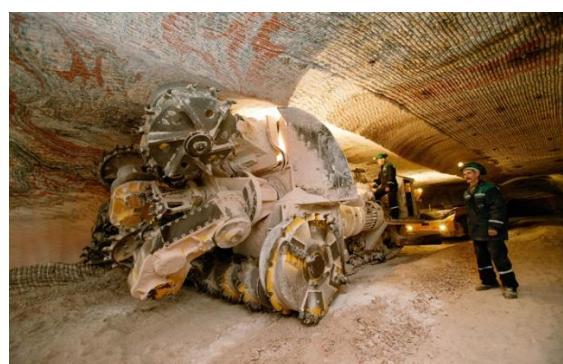


写真 2. Berezniki 鉱山の採掘現場  
(出所 : Uralkali)

現在採掘中の Verkhnekamskoye 鉱床はシルビンとカーナリットの 2 種類の加里鉱物から構成される。シルビンは塩化カリウム (KCl) 鉱物で少量の塩化ナトリウムと微量の酸化鉄を含むため、赤色を呈する。カーナリットは塩化カリウムと塩化マグネシウムの共結晶鉱物で、化学式は  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$  である。こちらの一部も微量の酸化鉄を含み、灰色が主体で、赤色などが混ざっている多彩な色を呈する。

ロシアの加里は赤塩化加里と白塩化加里の 2 種類がある。その違いは原料となる加里鉱石の種類と精製工程にある。

赤塩化加里はシルビンを原料とするものである。掘出したシルビンの原石はまず粉碎して、浮遊選鉱法により塩化ナトリウム及び他の鉱物を分離し、塩化加里だけを取り出し、粒状品と粉品に分けしてから出荷される。シルビンに含まれている微量の酸化鉄が製品に残り、赤塩化加里となる。

白塩化加里は採掘したカーナリットを原料として、水で溶かして塩化カリウムと塩化マグネシウムの共結晶を分離してから、ろ過や蒸発などの工程を経て塩化加里を結晶として

析出させる。この工程には酸化鉄も除去されたので、得た製品は白い粉状か小さな結晶の塩化加里である。

### 3. ロシアの加里生産量と輸出量

ロシアはカナダを次いで、世界第2位の加里生産量を誇る。また、塩化加里の輸出量もカナダとベラルーシについて、世界第3位である。2011～2018年ロシアの加里生産量と輸出量を表2に示す。

表2. 2011～2018年ロシアの塩化加里生産量と輸出量（万トン）

	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
生産量	1,100.1	923.5	1,012.1	1,227.3	1,154.6	1,092.8	1,208.5	1,175.0
輸出量	729.5	886.1	621.5	1,038.4	1,112.2	870.0	1,097.6	933.9

1992年から2017年まで、ロシアの稼働している加里鉱山は5ヶ所で、新規鉱山の稼働がなかった。従って、2017年までの塩化加里生産量が大体900～1,200万トンの間に推移している。しかし、2007年以降 EuroChem 社が加里肥料産業に進出し、2018年に Usolskiy Potash Complex 加里鉱山を完成し、稼働し始めた。ほかに、EuroChem 社の VolgaKaliy プロジェクトが2021～2022年に、VPC 社の Talitsky プロジェクトが2022年末か2023年初頭に完成する計画である。従って、2020年代からロシアの塩化加里生産量と輸出量が大幅に増加する可能性がある。

### 4. ロシアの加里肥料産業の競争力

現在採掘しているペルミ地域の Verkhnekamskoye 鉱床は鉱脈の深度が地下350～450m、採掘鉱区の鉱脈がカーナリット層とシルビン層から構成され、その厚さが約100mもあり、水平状に延び、傾斜がほとんどなく、地下水も少ないため、坑道掘りの乾式採鉱法に適して、採鉱コストが低い。また、鉱石の加里含有量も平均で K<sub>2</sub>O 17.39% (KCl換算では29%) で高く、塩化加里の分離精製が割と簡単である。Uralkali が公開している業績報告書から塩化加里の生産コストが約120ドル／トンと推定され、主要加里生産国の中では一番低く、強い競争力がある。

## 四、ロシアの加里メーカー

2019年末現在ではロシアの加里メーカーが3社で、ペルミ地域に計6ヶ所の加里鉱山を稼働させている。以下はこれらのメーカーを簡単に紹介する。

### 1. Uralkali (ウラル加里)

1926年に設立されたソユーズカリ (Soyuzkali) はその前身で、1989年に民営化され、Uralkali と Silvinit の2社に分割されたが、2011年に合併され、再び1社となり、カナダ

の Nutrien 社に次ぐ世界 No.2 の加里メーカーである。また、2018 年 EuroChem 社の Usolskiy Potash Complex 完成までにロシア唯一の加里メーカーであった。

Uralkali 社はペルミ地域のベレズニキ地区とソリカムスク地区に 5 つの加里鉱山と 7 つの精製工場を持っている。従業員数約 12,000 人である。ほかに Ust-Yayvinsky 鉱区と Polovodovsky 鉱区、Romanovsky 鉱区の 3 ヶ所の開発許可を保有して、すでに Ust-Yaivinsky 鉱区の開発を始めた。保有される加里鉱石の資源量が約 82 億トンと推定され、2018 年に 1,150 万トン塩化加里を生産し、製品の 75% が輸出され、その輸出先は 60 ヶ国以上である。

生産部門のほか、製品輸送と輸出のために、7,800 台の鉄道輸送車両とサンクトペテルブルク港に年間積込み能力 740 万トンを有するバルト海バルクターミナル (BBT) を保有している。

写真 3～6 は uraukali 社の鉱山採掘、浮遊選鉱、鉄道による陸送とバルト海バルクターミナルである。写真の出所はすべて Uralkali 社である。



写真 3. 加里鉱石の採掘



写真 4. 加里鉱石の浮遊選鉱



写真 5. 塩化加里を輸送する専用鉄道車両



写真 6. 専用のバルト海バルクターミナル

## 2. EuroChem (ユーロケム)

EuroChem 社は、スイスのツークに本社を置くロシア最大の化学肥料メーカーである。主に窒素肥料とりん酸肥料を生産し、ほかに石油と天然ガス事業も行っている。同社の生産施設はロシア、ベルギー、リトアニアにある。生産能力と収益性ではヨーロッパ No.3、世界のトップ 10 にも入る化学肥料メーカーである。

2007 年に EuroChem 社が加里肥料産業に参入すると表明し、ロシア政府からヴォルゴグラード地域 Gremyachinskoe 鉱床の開発許可を取得して、VolgaKaliy プロジェクトを開始した。Gremyachinskoe 鉱床には 16 億トン以上の加里鉱石資源があり、平均 KCI 含有量が 39.5% である。当該プロジェクトは 2013 年に一部完成し、稼働し始まる計画であったが、掘削した豊坑に大量の地下水が滲出して、坑道のシャフトが沈下できず、工事が中止した。その後いろいろ対策を練り、凍結法で地下水の流入を阻止し、やっと豊坑の完成に漕ぎつけた。すでに約 23 億ドルを投資し、2020 年に試運転する予定である。フェーズ 1 の生産能力は年間 230 万トン塩化加里、フェーズ 2 が完成すれば、年間 460 万トン塩化加里を生産することが可能である。

また、2010 年にペルミ地域 Verkhnekamskoe 鉱床の開発許可を得て、Usolskiy Potash Complex プロジェクトを実施した。Usolskiy 鉱区には 23 億トンの加里鉱石資源があり、平均 KCI 含有量が 30.8% である。このプロジェクトにすでに約 18 億ドルを投資して、2018 年 3 月に生産能力 230 万トン塩化加里のフェーズ 1 を一部稼働させ、初年度の 2018 年に 25 万トンを生産したが、2019 年に 114 万トン、2020 年から 230 万トンの満額生産が可能となる。2020 年代後半にフェーズ 2 が完成すれば、Usolskiy 鉱山が年間 460 万トン塩化加里の生産能力を有する。

写真 7 は Usolskiy 鉱山の全景、写真 8 は Usolskiy 鉱山の採掘現場である



写真 7. EuroChem 社の Usolskiy 鉱山と精製工場の全景（出所：Fertilizer Daily）



写真 8. Usolskiy 鉱山の加里鉱石採掘現場（出所：International Mining）

### 3. VPC (Verkhnekamsk Potash Company)

VPC はロシアの大手化学肥料 Acron 社の 100% 子会社である。Acron 社はロシアの窒素肥料と化成肥料の大手メーカーで、従業員 11,000 名、化学肥料生産能力 700 万トンを超えた。2018 年の生産実績はアンモニア 261.6 万トン、尿素 101.5 万トン、硝安 179.8 万トン、UAN (尿素硝安液肥) 144.2 万トン、りん安 121.4 万トン、NPK 化成肥料 232.9 万トンである。

2008 年 Acron 社はペルミ地域の Verkhnekamsk 鉱床の Talitsky 鉱区の開発許可を得て、その開発のために VPC (Verkhnekamsk Potash Company) を設立した。

Talitsky 鉱区にはすでに確定されたシルビン鉱石量 1.9 億トン、全体の加里鉱石推定資源量 7.26 億トン、平均 KCl 含有量が 31.4% である。

2009 年から鉱山建設を開始し、2018 年に稼働し始める計画であったが、開発が遅れ、2022 年末～2023 年初頭に稼働することに変更した。完成すれば、年間塩化加里 200 万トンの生産能力を有する。すでに最大生産能力を 260 万トンまでに拡張する計画がある。総投資額が 25 億ドルを超える見通しである。写真 9 は Talitsky 鉱山プロジェクトの建設現場である。



写真 9. VPC 社の Talitsky 加里鉱山の建設現場（出所：Fertilizer Daily）