

## ラオスの加里資源とその開発

2024年5月7日作成

ラオスは東南アジアのインドシナ半島に位置して、面積 23.7 万 km<sup>2</sup>、日本の約 63%に相当し、人口約 733 万人、日本の約 6%しかない小さな国である。北は中国、東はベトナム、南はカンボジア、南西はタイ、西はミャンマーと国境を接する。首都はヴィエンチャン (Vientiane)、ASEAN 加盟 10 カ国中、唯一の内陸国である。1975 年以降、共産党系のラオス人民革命党による一党独裁が続いているため、経済が発展されておらず、国連が定める世界最貧国の一つである。

ラオス国土の約 70%は高原や山岳地帯であるため、鉱物資源が非常に豊富である。すでに加里、アンチモン、硫黄、金、タングステン、鉄、銅、鉛、マンガンなどの鉱床が発見されたが、交通網が不発達で、資金の問題もあり、開発されるところが少ない。

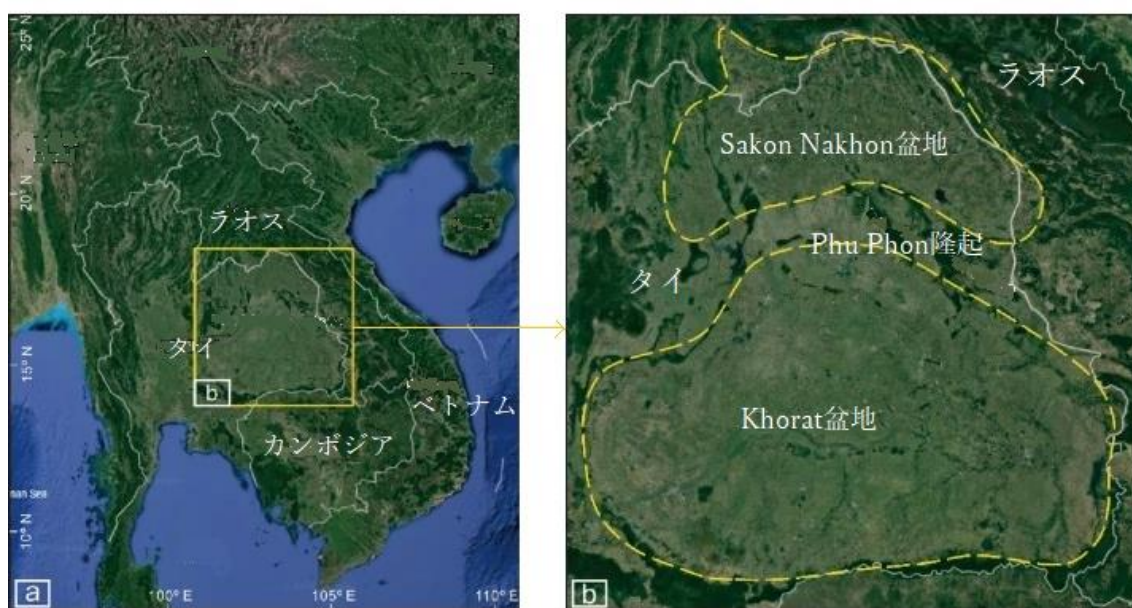
タイとラオスをまたがる Khorat 盆地は太古の昔に浅い海であったが、その後の地殻変動で 1 億 4500 万年前の白亜紀に陸に変わり、海相堆積盆地となった。地質的に炭酸塩沈積岩 (ドロマイトと石灰岩) および蒸発岩 (岩塩、石膏、カーナリットなど) に構成されて、豊富な加里資源を存在している。

Khorat 盆地の加里資源はほとんどカーナリット (carnallite、光鹵石) で、ごく少量のシルビン (sylvine、加里岩塩) が混ざっている。1960 年代にタイに加里資源が発見されたが、政治と経済の問題で、全く開発されていない。ラオスの加里資源は 1980 年代に確認された後、中国資本によりその開発が始まり、2000 年代に最初の加里鉱山を建設し、2008 年に最初の試験規模の加里鉱山が完成され、稼働することになった。その後、開発が速いスピードで進み、2023 年末現在、すでに年間 300 万トン塩化加里生産能力を有する新興の加里生産国と輸出国となった。本レポートはラオスの加里資源およびその開発について解説する。

### 一、ラオスの加里資源

Khorat 盆地は白亜紀に形成された海相堆積盆地で、中央には東西に横たわる Phu phan 隆起があるため、南の Khorat 盆地と北の Sakon Nakhon 盆地に分けられる。2023 年末現在の調査結果によれば、タイ国内にある Khorat 盆地に加里資源を有する地層面積約 15,100km<sup>2</sup>、タイとラオス国境の Sakon Nakhon 盆地に加里資源を有する地層面積約 9,800km<sup>2</sup>、合計約 24,900km<sup>2</sup>が確認された。

Khorat 盆地の加里鉱石層が地下 100~300m にあり、層の平均厚さ 23m、塩化加里平均含有量 13.67%である。Sakon Nakhon 盆地の加里鉱石層が地下約 100m にあり、層の平均厚さ 43.2m、塩化加里平均含有量 15.68%である。なお、これらの加里資源はほとんどカーナリットで、シルビンの存在がわずかである。図 1 は Khorat 盆地の地図を示す。



a図：タイとラオスをまたがるKhorat盆地の地図

b図：Phu Phon隆起によって、南のKhorat盆地と北のSakon Nakhon盆地に分けられる

図 1. Khorat 盆地の地図

Sakon Nakhon 盆地は面積の 85%がタイ国内にあり、15%がラオスにある。また、ラオス境内の Sakon Nakhon 盆地は首都ヴィエンチャン (Vientiane) 市が位置するところが Vientiane 盆地、カムアン県 (Khammouane province) とサワンナケット県 (Savannakhet province) が位置するところは Khorat 盆地と呼ばれている。

ヴィエンチャン市のある Vientiane 盆地の加里資源の埋蔵面積が広く、交通も便利だが、鉱床に水溶性の高いタキヒドライト (tachyhydrite、分子式  $\text{CaMg}_2\text{Cl}_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) が多く混ざって、湿った空気にさらされると、急速に潮解して溶解するため、採掘と選鉱工程が複雑で、生産コストが高くなる。また、首都ヴィエンチャンに近いので、環境への影響が大きく、開発には規制が多いので、現時点では探鉱だけに留まり、本格の採掘がまだ行っていない。図 2 は 2021 年末現在、ラオス政府が Vientiane 盆地に各開発会社に与える加里資源探鉱権の地図である。

カムアン県とサワンナケット県のある Khorat 盆地は加里鉱床にはタキヒドライトがほとんど存在せず、鉱床の埋蔵が浅く (地下約 100~200m)、鉱床の層が厚く (30~60m)、住民が少なく、環境への影響も少ないので、現在稼働している加里鉱山はすべてカムアン県にある。図 3 は 2021 年末現在、ラオス政府がカムアン県とサワンナケット県に各開発会社に与える加里資源探鉱権とすでに稼働している加里鉱山の所在地を示す地図である。

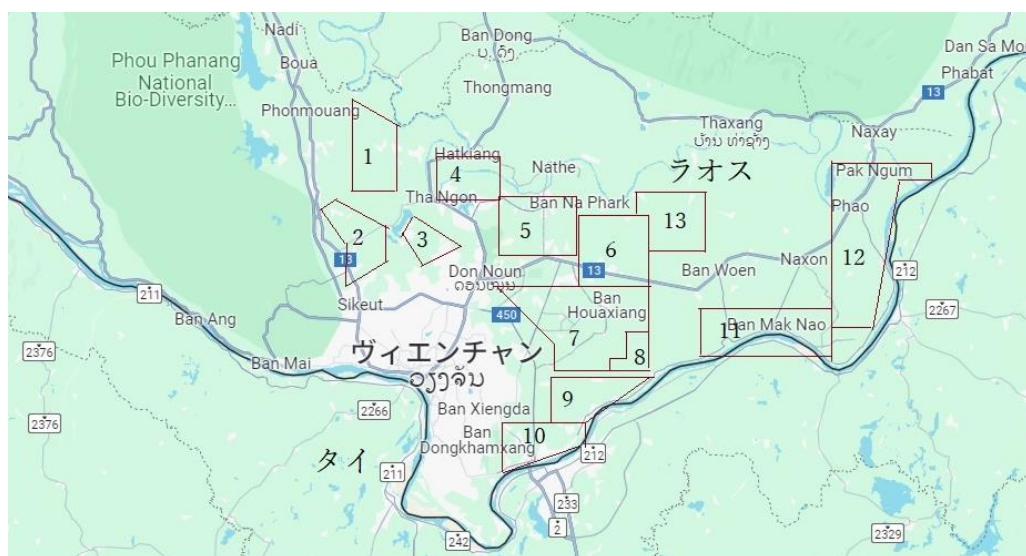


図 2. ラオス Vientiane 盆地の加里探鉱地域

1：ラオス海王鉱業、2, 10：香港東方鉱業投資、3, 4：中国水電鉱業、5, 6：中寮鉱業、7, 8：北京普悦投資、9：雲南騰邦加里、11, 13：アジア加里、12：青海鑫帝鉱業

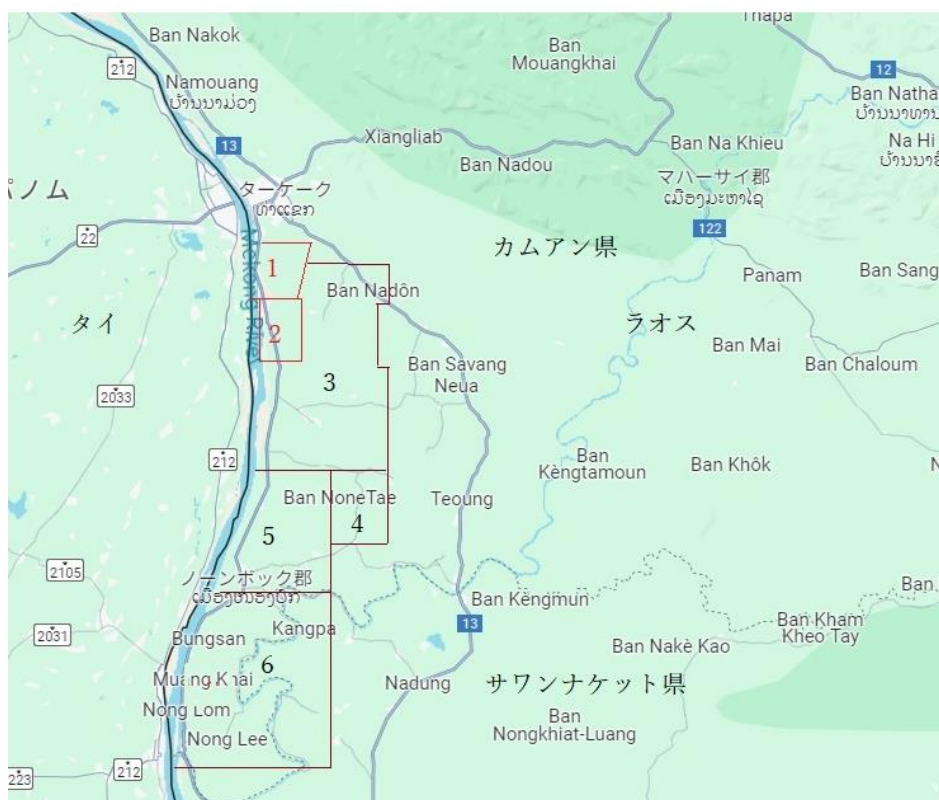


図 3. ラオスカムアン県とサワンナケット県の加里探鉱地域図

1：青島東方鉄塔（稼働中）、2：アジア加里（稼働中）、3：アジア加里、4：青島東方鉄塔、5, 6：ベトナム化学工業



アメリカ地質調査所 (USGS) の 2023 年データによれば、ラオスの商業的採掘可能な加里資源が 10 億トン、 $K_2O$  換算では 7,500 万トンとされているが、中国の非公式データでは加里資源量 100 億トンを超え、その半分が商業的な採掘価値があるという。

## 二、ラオス加里資源の開発歴史

1960 年代、タイの Khorat 盆地に加里資源が発見されたことをきっかけに、盆地でつながっているラオスにも加里資源が存在することを予測したが、その時期にベトナム戦争が激化して、ラオスも巻き込まれ、現地での採鉱が全くできない状態であった。1975 年にベトナム戦争が終結したが、隣国のカンボジア内戦が勃発して、ラオス側の Vientiane 盆地と Khorat 盆地に加里資源の存在が確認されたのは 1980 年代であった。1983~1986 年、ベトナム国家地質総局は Vientiane 盆地に加里資源の調査を行い、探鉱孔からカーナリットを取り出して、加里資源の存在が確認された。その後、ラオス政府の要請を受けて、中国雲南地下鉱物探索総公司是 2001~2003 年に Vientiane 盆地に加里資源の調査を行った結果により、豊富な加里資源の存在が明らかにされた。

その情報を元に中国系企業がラオスに進出し、加里資源の開発を始めた。最初に進出した中国企業はラオスと国境を挟んだ中国雲南省にある国営企業雲天化社である。2004 年雲天化は中寮鋳業開発投資公司 (中国はラオスを寮国と呼ばれる) を設立して、Vientiane 盆地に加里資源の探鉱を行う。2004 年 11 月にラオス政府から投資許可証と加里採掘許可証を得て、Vientiane 盆地に土地面積 78km<sup>2</sup>、加里資源量 (KCl 換算で) 約 8 億 6000 万トンの 30 年間採掘権利を獲得した。最初はカナダの採掘方法に倣って、熱水を鋳床に注入し、加里鋳石を溶解してから地面に抽出し、蒸発と再結晶を経て塩化加里を得る溶解採鋳法を採用したが、技術の制限とコストに問題があり、うまく行かなかった。その後、中国科学院青海塩湖研究所の協力を得て、通常の乾式採鋳法に転換した。2008 年 12 月に年間生産能力 5 万トンの中間試験採鋳井戸を完成し、鋳石の採掘と精製を開始したが、しばらくして、堅坑と地下主採掘長壁切羽に地下水が侵入したため、数 100 トン塩化加里を生産ただけで開発を中止した。

2 社目の中国水電鋳業は 2006 年から Vientiane 盆地に探鋳権を獲得し、加里資源の探索を行う。2009 年 3 月に中国長沙化工設計研究院の協力を得て、溶解採鋳法を利用する年間生産能力 12 万トンの中間試験鋳山を設計し、2009 年 12 月にラオス政府から土地面積 39.33km<sup>2</sup> の加里鋳石採掘権を得た。2013 年 6 月に中間試験鋳山を完成して、生産を始めたが、生産コストが割高で、採算が取れず、約 1 万トン塩化加里を生産ただけで 2016 年に稼働を停止した。

3 社目の中農国際加里開発社は 2006 年にカムアン県に 84km<sup>2</sup> の探鋳面積を獲得し、中国科学院地質と地球物理研究所の協力を得て、加里資源の探索を行った。2009 年 1 月にラオス政府から採掘権を得て、2011 年末に乾式採鋳法を利用する年間塩化加里生産能力 12 万トンの中間試験鋳山を完成し、塩化加里の生産を始めた。2015 年、中農国際加里開

発社は中国のアジア加里社に買収され、新しい斜坑と地下主採掘切羽を建設して、年間塩化加里生産能力 100 万トンまでに拡張した。2020 年から 2 番目の年間塩化加里生産能力 100 万トンの新鉱山を建設して、2023 年 1 月に完成し、稼働が始まった。また、2022 年から 3 番目の年間塩化加里生産能力 100 万トンの新鉱山を建設して、2024 年に完成する予定である。

4 社目の中国開元鉱業は 2008 年 11 月にラオス政府からカムアン県に 194.8km<sup>2</sup>の探鉱面積を獲得し、2010 年に採掘権をも得た。2011 年から年間塩化加里生産能力 50 万トン鉱山の建設を開始し、2014 年に完成し、稼働を始めた。2016 年 10 月中国の青島東方鉄塔社は中国開元鉱業を買収したことをきっかけに、年間塩化加里生産能力 150 万トンの 2 番目の鉱山を建設する。2023 年に新鉱山の第 1 期 50 万トン工事が完成し、年間塩化加里生産能力が 100 万トンになった。また、第 2 期 100 万トンの工事は 2025 年に完成する予定である。

上記 4 社のほか、多くの中国企業がラオスの加里資源開発に参入した。2023 年末現在、計 10 社の中国企業がラオス政府の許可を得て、探鉱または採掘を行っている。

中国以外にはベトナムの国営化学工業グループも 2004 年からカムアン県に加里資源の探鉱を行い、小規模の中間試験鉱山も建設したが、資金と技術の関係で、2010 年頃から開発が止まっている模様。

2023 年末現在、ラオスに稼働している加里鉱山が 4 ヶ所、年間塩化加里生産能力 300 万トンである。

### 三、ラオス加里鉱山の開発方法と将来への予測

ラオスの加里資源は次の特徴がある。

- ① 加里鉱物はほとんどカーナリット (carnallite、光鹵石) で、加里含有量が低く、塩化加里含有量 10~25% で、平均では 14~16% しかなく、カナダやロシアの加里資源に比べて、塩化加里含有量がその半分以下である。
- ② Khorat 盆地は新生代古第三紀~現在に至るヒマラヤ造山運動の影響を強く受け、褶曲と変成が発生し、多くの断層が形成されているため、地質条件が複雑で、開発と採掘時に地盤に起因する事故が発生しやすい。
- ③ 鉱床がメコン川に隣接して、地下水が多く、鉱山の漏水事故が発生しやすい。

ラオスの加里資源は加里含有量が低いため、最初は溶解採鉱法を利用して、地面から井戸を鉱床まで掘り、パイプを通じて熱水を鉱床に注入し、加里鉱石を溶解してから地面に抽出し、ろ過、蒸発、再結晶などの工程を経て塩化加里を得る。しかし、地質構造が複雑で、鉱床に亀裂が多く、注入した水が岩盤に漏れたことが多く、回収率が低いうえ、抽出した塩水の濃縮にエネルギー消費量が多く、生産コストが高いため、実用に至らなかった。

その教訓から乾式採鉱法と浮遊選鉱法の組合せを採用することになった。乾式採鉱法は地面から鉱床までの豎坑または斜坑を掘り、地下主採掘切羽を作って、加里鉱石を採掘する。採掘された鉱石は地上に運び、0～4mmまで粉砕して、浮遊選鉱で鉱石から塩化加里を分離して、回収して乾燥し製品にする。選鉱後に残された岩塩やその他の脈石と選鉱廃液に酸化マグネシウムを加え、凝集させてから採掘された鉱床の空洞に埋め戻す。現在、稼働している4カ所の加里鉱山はすべてこの方法を採用している。

図4は加里鉱山の外観、図5は鉱床での採掘作業、図6は浮遊選鉱工程、図7は選鉱後、乾燥された塩化加里の写真である。



図4. アジア加里のラオス東泰鉱山外観  
(中国恩菲工程技术社より引用)



図5. アジア加里東泰鉱山の加里鉱石採掘  
(中国網より引用)



図6. 採掘された加里鉱石の浮遊選鉱工程  
(アジア加里より引用)



図7. 選鉱で得た塩化加里の乾燥  
(アジア加里より引用)

この方法で生産された塩化加里は結晶ではなく、すべて粉状である。外観では灰白色の粉末、かさ密度がやや低く、ふわふわ感があり、加里含有量も若干低い。

ラオスで生産された塩化加里の大半が中国に輸出され、ベトナムにも一定量が入る。中国への輸出量は2020年の12.78万トンから2023年に171万トンと急増して、中国年間塩化加里輸入量の15%まで成長してきた。ラオス塩化加里の輸出量急増は2021年12月に運転し始めた中国ーラオス鉄道が大きな役割を果たしている。なお、2024年は200万

トン以上を輸出する予定である。表 1 は 2020～2024 年 3 月までの中国塩化加里輸入に示すラオス産塩化加里の輸入量である。

表 1. 2020～2024 年 3 月の中国加里輸入量（万トン）とラオス産塩化加里の輸入シェア

	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年 1～3 月
塩化加里全輸入量	874	757	794	1157	384
ラオスからの輸入量	13	42	61	171	47
ラオス産のシェア	1.5%	5.5%	7.7%	14.8%	12.2%

データ出所： 中国税関

#### 四、ラオスに進出した加里開発の中国企業

2023 年末現在、ラオスの加里資源を開発するために進出した中国企業は 10 社である。そのうち 4 社が探鉱権と採掘権両方、6 社が探鉱権だけを獲得した。中国側のデータによれば、2023 年末現在、すでに確認された加里資源は塩化加里換算で約 80 億トン、資源の 95% 以上はカーナリットで、シルビンが 5% 未満である。稼働している加里鉱山が 4 ヶ所、塩化加里の年間生産能力 300 万トンである。また、2026 年に塩化加里生産能力を 800 万トン、2030 年に 1000 万トンまで拡張する計画がある。

加里資源を開発するためにラオスに進出している中国企業は下記の通りである。

##### 1. アジア加里 (Asia Potash International Investment (Guangzhou) Co. Ltd.)

アジア加里は民間企業で、その前身の広州植之元油脂有限公司は 1999 年 12 月設立され、大豆などの製油を行う企業であった。2009 年中国の証券市場に上場された際に東凌糧油有限公司に改名し、2015 年 9 月にラオスに加里の開発を行っている中農国際加里開発会社を買収して、アジア加里と改名した。

アジア加里はラオスのカムアン県に 2 件、土地面積計 214.8km<sup>2</sup> の探鉱権と採掘権、ヴィエンチャン市に 2 件、土地面積計 48.5km<sup>2</sup> の探鉱権を獲得し、すでに確認された加里資源は塩化加里換算で約 10 億トンと発表した。また、サワンナケット県に土地面積 74.5km<sup>2</sup> の探鉱権を申請中である。カムアン県に 2 つの加里鉱山が稼働して、年間 200 万トン塩化加里を生産する能力がある。また、カムアン県に 3 番目の加里鉱山を建設中、2023 年末に完成、2024 年から稼働する予定である。2023 年 10 月アジア加里はラオス政府と加里生産能力拡張に関する覚書を締結し、2025 年に年間塩化加里生産能力 500 万トンに達するようにさらに新規鉱山の開発を計画している。

##### 2. 青島東方鉄塔 (Qingdao East Steel Tower Stock Co. Ltd.)

青島東方鉄塔は 1982 年に設立された民間企業である。最初は電波塔、通信塔、送電塔などの鉄構造物の製造を主業とするが、2015 年 12 月ラオスの中国開元鉱業を買収したことをきっかけに加里採掘に進出した。



中国開元鋳業は元々四川開元グループが2008年10月ラオスに進出して、カムアン県に探鋳権を獲得した際に設立した加里開発を担当する子会社である。2011年4月ラオス政府から採掘権を得て、年間塩化加里生産能力50万トンの加里鋳山を建設し、2012年に完成、稼働し始めた。2016年10月青島東方鉄塔社に買収された。2023年末現在、青島東方鉄塔社はラオスのカムアン県に2件、土地面積計194.8km<sup>2</sup>の探鋳権を獲得し、そのうちの41.69km<sup>2</sup>の採掘権をも有する。確認された加里鋳石資源量12億トン、塩化加里換算で2億1763万トンとされている。

2023年末現在2ヶ所の加里鋳山が稼働して、年間100万トン塩化加里の生産能力を有するが、2025年に250万トンに達し、最終的に年間300万トン塩化加里の生産能力になるよう計画している。

### 3. 雲南中寮鋳業開発投資公司 (Yunnan Sino-Laos Mining Development & Investment Co., Ltd.)

2004年3月、中国雲南省にある国営肥料メーカー雲天化社はラオスの加里資源を開発するため、子会社雲南中寮鋳業開発投資公司（中国はラオスを寮国と呼ばれる）を設立した。2004年11月にラオス政府から投資許可証と加里採掘許可証を得て、首都ヴィエンチャン市の郊外に2件、土地面積計78km<sup>2</sup>の30年間採掘権利を獲得して、開発を行った。その加里資源量（KCl換算で）約8億6000万トンである。2008年12月に年間生産能力5万トンの中間試験鋳山が完成し、2011年から鋳石の採掘と精製を開始したが、しばらくして、堅坑と地下主採掘長壁切羽に地下水が侵入して、数100トン塩化加里を生産しただけで生産を停止した。その後、開発活動を中止した。

2022年10月、雲南中寮鋳業開発投資公司是ラオス政府の協力を得て、同じ場所に年間400万トンカーナリット鋳石を採掘して、50万トン塩化加里を生産する開発プロジェクトを着工した。2024年に完成し、稼働する計画である。

### 4. 中国水電鋳業（ラオス）加里有限公司

2006年、中国の国営企業中国水電建設国際工程有限公司はラオスVientiane盆地の加里資源開発に進出して、2007年3月に子会社中国水電鋳業（ラオス）加里有限公司を設立し、加里資源の開発を担当させる。2007年にラオス政府から首都ヴィエンチャン市の郊外に3件、土地面積計580km<sup>2</sup>の探鋳権を取得した。2009年12月に1件、面積39.33km<sup>2</sup>の採掘権を得てから、そのうちの加里鋳石資源量約7000万トンの5.8km<sup>2</sup>の地域に年間塩化加里生産能力12万トンの中間試験鋳山を開発する計画を策定し、2010年6月着工、2013年6月に完成したが、地質に問題が多く、生産コストも割高で、約1万トン塩化加里を生産しただけで開発を中止した。2018年に中国国内にラオスの加里探鋳権と採掘権を売出したが、買手が現れず、開店休業の状態が続いている。



#### 5. ラオス海王鉱業 (Laos Haiwang Mining Co., Ltd.)

ラオス海王鉱業会社は中国の民営企業、山東海王化学会社がラオスの加里資源を開発するために 2011 年 11 月に設立された子会社である。2012 年首都ヴィエンチャン市の郊外に 1 件、土地面積 174km<sup>2</sup>の探鉱権を得てから探鉱を行い、加里資源量数億トン埋蔵していることが判明したが、資金の問題で、採掘権の取得までに進まず、開店休業の状態が続いている。

#### 6. 北京普悦投資公司

中国河南省の国営金採掘企業、靈宝黄金公司是ラオスの加里資源を開発するために 2012 年にラオス政府から首都ヴィエンチャン市の郊外に 1 件、土地面積 259.4km<sup>2</sup>の探鉱権を得て、2013 年 7 月に子会社北京普悦投資公司を設立して、その開発を担当する。数年間の探鉱を経て、加里鉱石資源量数 10 億トンを確認したが、資金と技術の問題で、採掘権を申請せず、開発を中止した状態である。

#### 7. 四川龍蟒ラオス加里公司

四川龍蟒ラオス加里公司是中国四川省の民営企業上益龍蟒鉱業会社がラオスの加里資源を開発するために 2012 年に設立した子会社である。2012 年首都ヴィエンチャン市の郊外に 1 件、土地面積約 180km<sup>2</sup>の探鉱権を得て、加里鉱石 1 億トンの資源量を確認したが、資金と技術の問題で、採掘権を申請せず、開発を中止した状態である。

#### 8. 雲南騰邦加里公司

雲南騰邦加里公司是中国雲南省の投資家グループがラオスの加里資源を開発するために 2012 年に設立された会社である。2012 年にラオスのボーリカムサイ県に 1 件、土地面積 177km<sup>2</sup>の探鉱権を獲得した。数個の探鉱孔を試掘したが、加里鉱床を見つからず、その探鉱権を放棄した。その後 2014 年に首都ヴィエンチャン市の郊外に 1 件、土地面積約 55km<sup>2</sup>の探鉱権を獲得して、試掘で数億トンの加里鉱石資源を発見したが、資金と技術の問題で、採掘権を申請せず、開発を中止した状態である。

#### 9. 青海鑫帝ラオス鉱業公司

青海鑫帝ラオス鉱業公司是中国青海省にある民営企業青海鑫帝鉱業会社がラオスの加里資源を開発するために 2012 年に設立された子会社である。2012 年にラオスのボーリカムサイ県に 1 件、土地面積 161km<sup>2</sup>の探鉱権を獲得した。3 個の探鉱孔を試掘したが、加里鉱床を見つからず、その後は探鉱と採掘の動きが全くない。

#### 10. 青海蔵格鉱業 (Zangge Mining International Pte.Ltd.)

民営企業の青海蔵格鉍業は中国第3位の加里メーカーで、2023年2月にラオス政府から首都ヴィエンチャン市郊外2件、土地面積がそれぞれ198.97km<sup>2</sup>と199.29km<sup>2</sup>の約400km<sup>2</sup>の加里資源探鉍権と採掘権を獲得し、塩化加里換算の資源量約6億トンが確認された。2024年から年間塩化加里生産能力200万トンの加里鉍山と精製工場の建設を開始し、2026年に完成、稼働する計画を立てている。

ほかに香港にある中国系の香港東方鉍業投資社は2010年頃に首都ヴィエンチャン市の郊外に2件の加里資源探鉍権を獲得したが、ほとんど探鉍を行わず、放棄している模様。

中国以外には、ベトナムの国営ベトナム化学工業グループ (Vietnam National Chemical Group) が2014年にカムアン県とサワンナケット県に2件、面積計196km<sup>2</sup>の探鉍権を獲得して、探鉍を行い、数億トンの加里資源を確認した。資金と技術の問題で、開発が全く進んでいない模様。