

# メタ研通信

2024年7月号 (No. 11)

## I. 2024年4-6月第1四半期のショートアプローチの紹介

### II. 寄稿

#### 1. 金属と著名人 アルミニウムと皇帝ナポレオン3世

伊藤忠鉱物資源開発株式会社 五味 篤

#### 2. 非鉄企業現場の日常

-チリ共和国アタカマ州/Atacama Kozan 社での日常生活について-

S.C.M. Atacama Kozan 寺島 克仁

\*おことわり：

webに掲載されるレポート等の内容は、必ずしも日本メタル経済研究所としての見解を示すものではありません。正確な情報をお届けするよう最大限の努力を行ってはおりますが、レポート等の内容に誤りのある可能性もあります。レポート等に基づきとられた行動の帰結につき、日本メタル経済研究所及びレポート執筆者は何らの責めを負いかねます。なお、本資料の図表類等を引用等する場合には、日本メタル経済研究所からの引用である旨を明示してください。

## I. 2024年4-6月第1四半期のショートアプローチの紹介

2022年7月より皆様と情報を共有している「メタ研ショートアプローチ」の2024年4月～6月の発行分は、下表のとおりLME、電線、メジャー動向、名井レポートの10件になりました。

メタ研のWeb会員サイトに閲覧コーナーを設けておりますので、会員の方はぜひ閲覧ください。今後も引き続きショートアプローチコーナーに掲載した記事の表題はメタ研通信でお伝えしますのでご確認ください。

2024年4月16日～6月25日

No	タイトル等	カテゴリー
82	北海道の再エネ電力を関東へ送電するプロジェクト構想(1) 「既設の北海道～本州間送電網」	電線
	2024.4.16 北海道では風力発電を中心に今後再生可能エネルギー発電量の増加が見込まれている。この電力を本州でも有効に活用するとともに、道内の電力インフラの強靱化ポートでは既存の北海道本州間連携線について解説する。	
83	北海道の再エネ電力を関東へ送電するプロジェクト構想(2) 「既設の北海道～本州間送電網」	電線
	2024.4.16 北海道と関東を結ぶ新たな送電線構想に関して、第2回の本レポートでは昨年着工が表明された「新々北本連携線構想」について解説する。	
84	銅相場の上昇とコンタンゴ	LME
	2024.4.25 最近の高値圏で推移している銅相場において、一部読者から寄せられた「9,000ドルを上回るような高値圏にあって、どうして足元では理論上の上限に近いようなコンタンゴが発生し、それが維持されているのか。」との疑問に対し、その理由や現在の価格水準に対する筆者の見解を述べる	

	BHP 社による Anglo American 社買収提案について		
85	2024. 5. 2	4月25日、Anglo American 社はBHP 社から、一方的に全株式合併提案を受け取ったとの報道があった。その後4月27日、Anglo American 社が買収提案を拒否、それを受けてBHP 社は即座に改正案を提出すると発信した。ここでは、筆者が本件の報道を受けて感じたことに対するコメントを記し、2件の報道の意訳（仮訳）を紹介する。	メジャー動向
	BHP とアングロアメリカン：企業買収は意味がある？		
86	2024. 5. 2	4月25日に報じられたBHP によるアングロアメリカン買収に関して、業界全体の視点からの意味合い、メジャー同士の過去の買収事案を例とした欧米型企业買収の特長を述べるとともに、それらを踏まえた本件の今後の見通しについて考察する。	メジャー動向
	「ベースメタルの責任調達問題：最近の動向」 国際金属研究会による合同セミナーの概要		
87	2024. 5. 7	世界的なSDGS への意識の高まりの中で、サプライチェーンでの人権問題への対応が厳しく求められるようになってきている。4月24日、ポルトガル、リスボンにおいて、銅/鉛亜鉛/ニッケルの三つの国際金属研究会による「ベースメタルの責任調達問題：最近の動向」と題した合同セミナーが開催された。セミナーではOECD, EU 等の公的部門、Copper Mark やILA（国際鉛協会）といった認証活動実施機関、またLME 等の各方面から活動状況等についての発表が行われた。本レポートではそのポイントを取りまとめる。	名井レポート
	銅相場とスクィーズ（1）		
88	2024. 6. 4	「銅相場の9,000ドルを超える歴史的な高値圏の継続」、「在庫が10万トン前後の低水準」、といった状況下でスクィーズが発生していない理由について、過去のスクィーズの発生とその対応の歴史を紐解きながら解説する。	LME

	銅相場とスクィーズ（２）		
89	2024. 6. 17	先物相場において、一般的な「限月制」（将来の特定の「月」を受け渡し期限とする）とは異なる「３か月先物（「日」を受け渡しの期限とする）方式を採用している LME における取引の複雑さ・リスクの高さについて事例を挙げて解説する。	LME
	北海道の再エネ電力を関東へ送電するプロジェクト構想（３） 「北海道の出力制御を解消するには送電網増強が必須」		
90	2024. 6. 25	北海道と関東を結ぶ新たな送電線構想に関して、第３回の本レポートでは今後太陽光や風力といった再生可能エネルギーを安定的に利用していくために必要となる出力制御の現状と、そのために必要となる送電網の増強について解説する。	電線
	北海道の再エネ電力を関東へ送電するプロジェクト構想（４） 「（仮称）北海道～関東圏間 HVDC 海底送電線構築プロジェクト」		
91	2024. 6. 25	第４回の本レポートでは第３回で述べた送電網強化のための有力な手段として考えられる「（仮称）北海道～関東圏 HVDC 海底送電線構築プロジェクト構想」について解説する。	電線

## II. 寄稿

### 1. 金属と著名人 第8話 –アルミニウムと皇帝ナポレオン3世–

伊藤忠鉱物資源開発株式会社 五味 篤

人類によって盛んに利用されてきた金属は鉄が最も多く、次いでアルミニウム、そして銅が続く。アルミニウムの鉱石であるボーキサイト（写真1）は、アルミナ( $Al_2O_3$ )を40~60%程度含むが、単体の鉱物ではなく、水酸化アルミニウムを成分とするギブス石 (Gibbsite: $Al(OH)_3$ )、ベーム石(Behmite: $\gamma-AlO(OH)$ )、ダイアスポア (Diaspore: $\alpha-AlO(OH)$ )と針鉄鉱(Goethite  $\alpha-FeO(OH)$ )などの鉱物の混合物からなる。ボーキサイトの名前は最初の産地であったフランスのボー地方<sup>(注-1)</sup>に因むが、一般にボーキサイトは熱帯・亜熱帯地方のように高温多雨な場所で岩石が風化（ラテライト風化）して形成され、主に豪州、中国、ギニア、ブラジル、インド、ジャマイカなどで露天掘りにより採掘されている。2022年の世界のアルミニウム生産量は6,654万トンであった。



写真1 ボーキサイト  
産地 インドネシア、ビンタン島

日本では香川県坂出市金山に、サヌカイト(古銅輝石安山岩)の風化によって生成したギブス石を主としたボーキサイトを少量産した。日本語ではボーキサイトを「鉄礬土」と呼び、中国語ではアルミナを多く含む頁岩を「礬土頁岩」と呼んでいたが、ここで「礬」というのがアルミニウムのことで、硫酸アルミニウムである明礬の「礬」も同じ意味である。

日本ではインドネシアや豪州から輸入したボーキサイトからアルミニウムを生産する製錬所が各地に稼働し、1978年には6社14工場体制で年間生産量164万トンを生産するに至っていたが、1971年からの円高の進行と1973年石油ショックによる電力費高騰によって、国際競争力を失って次々と撤退し、2014年以降は皆無となってしまった。

アルミニウムは元素であって、どうやら明礬や粘土に含まれているらしいことは昔から推定されていたが、酸素との結合が非常に強いために還元して金属にすることが困難で、歴史的に多くの化学者が還元することに挑戦してきた。1824年、デンマークの物理学者ハンス・クリスチャン・エルステッド<sup>(注-2)</sup>は、無水塩化アルミニウムから錫に似た金属の塊を得た。その後、ドイツの化学者フリードリッヒ・ヴェーラー<sup>(注-3)</sup>によって、塩化アルミニウムを金属カリウムで還元する方法が発見され、やがて1854年にフランスの化学者 アンリ・エティエンヌ・サント＝クレール・ドビーユ<sup>(注-4)</sup>が、高価な金属カリウムに代わって金属ナトリウムで還元する方法を発表した。しかし、当時の金属カリウムも金属ナトリウムも非常に高価であったため、アルミニウムは「粘土からの銀」と呼ばれ、1852年には1オンス(28.4グラム)34米ドルで販売されており、金の1トロイオンス(31.1g)19米ドルよりも高価であった。

先ずボーキサイトから純粋なアルミナを取り出す必要があるが、これは 1889 年にオーストリアの化学者カール・ヨーゼフ・バイヤー<sup>(注-5)</sup>が、ボーキサイトを濃水酸化ナトリウムに溶解して純粋な水酸化アルミニウムを沈殿させ、焼成してアルミナにする「バイヤー法」を開発した。アルミナからのアルミニウム製錬法は、1886 年に米国の化学者チャールズ・マーティン・ホール<sup>(注-6)</sup>とフランスのポール・エルー<sup>(注-7)</sup>が別々に開発した「ホール・エルー法」で、これは溶融したアルミナから電気分解でアルミニウムを得る方法であった。これらの開発によってアルミニウムの生産と利用が急速に進んだ。

アルミナを溶融するためには、アルミナの高い融点 2054℃を下げる必要があった。これは融点 1012℃の氷晶石(Cryolite :  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  : 写真 2) を加えることで実現できた。氷晶石は現在では人工的に製造されるが、以前は世界で唯一デンマーク領グリーンランド西海岸のイヒドゥート(Ivittuut)鉱山(写真 3)にのみに産出した。鉱床は 1799 年に発見され、1854 年から試掘が開始され、1864 年に氷晶石鉱山貿易会社<sup>(注-8)</sup>が鉱業権を得て 1864 年から本格的に露天掘が開始された(写真 4)。第二次世界大戦中はドイツがデンマーク本国を占領したため、米国はイヒドゥート鉱山に小隊を派遣、さらに近傍カンギリングイト(Kangilinnuit)に海軍基地を建設し、米国沿岸警備隊を常駐させて氷晶石の資源セキュリティを確保した。大戦後、デンマーク法人氷晶石会社<sup>(注-9)</sup>が採掘を継続、氷晶石の独占的な採掘と販売で莫大な収益を得て、グリーンランド航空(Grønlandsfly)の設立資金を提供した。最終的に計 380 万トン、氷晶石含有率 58%の鉱石を採掘して鉱量が尽き、1962 年に採掘を終了、その後は貯めてあった鉱石を処理していたが、遂に 1987 年に完全に閉山するに至った。



写真 2 氷晶石, Cryolite :  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$   
産地 グリーンランド、イヒドゥート鉱山



写真 3 イヒドゥート鉱山露天掘と積出設備  
産地 グリーンランド、イヒドゥート鉱山  
出典 : Peter Bancroft (1984)



写真 4 操業中のイヒドゥート鉱山露天掘  
出典 : Peter Bancroft (1984)



写真5 ナポレオン3世肖像写真  
Mayer & Pierson 撮影  
出典：松戸市生涯学習部文化財保存活用  
課戸定歴史館

フランス皇帝ナポレオン3世<sup>(注-10)</sup> (写真5) は、ナポレオン1世の甥にあたり、1848年のフランス革命後の大統領選挙でフランス第二共和政の大統領に選出されたが、1852年に大統領に全権を認めた憲法を制定して独裁体制を樹立、皇帝即位を宣言して第二帝政を樹立した。しかし、1860年代になると自由主義・議会主義的な統治へと転換、内政では技術者を優遇して経済を発展させた上で労働者の権利を向上させる「サン＝シモン(Saint-Simon)主義」を擁護した。また、パリ改造計画、インフラ整備などを推進し、外交では英国と組みクリミア戦争でロシアと戦うなどフランスの国際的地位を向上させ、さらにアジア・アフリカ地域に植民地を拡大するなどの政策に注力した。

ナポレオン3世はアルミニウムに魅了されていたことで有名で、自分の衣服のボタンをアルミニウムで作らせたほか、晩餐会では重要な賓客にアルミニウム製のスプーンやフォークを使わせ、他の一般客には金銀製を使わせたと記録されている。1855年のパリ万国博覧会では特別陳列室に戴冠用宝飾品とともに、小さなアルミニウム延棒10本が初めて展示された。1867年のパリ万国博覧会は1864年のナポレオン3世の勅令によって計画され、パリ市内に48ヘクタール、ブローニュ＝ビヤンクール<sup>(注-11)</sup>に21ヘクタールの土地が用意された。パリ市内の土地はシャン・ド・マルス公園<sup>(注-12)</sup>となって、これ以降のパリ万国博覧会の会場となった。1867年のパリ万国博覧会(図版1)には日本から江戸幕府(写真6)、薩摩藩、佐賀藩が初めて参加したが、ここでもまたフランス館ではアルミニウム製の扇子(写真7)などが出品された。



図版1 1867年パリ万国博覧会会場  
出典：Bibliothèque Nationale, Paris



写真6 パリ万博幕府使節一行  
(慶応3年4月マルセイユ港撮影)。  
後列左に渋沢篤大夫(栄一)が認められる。  
出典：渋沢史料館



写真7 アルミニウム製扇子

ナポレオン3世は、軽量なアルミニウムが軍事面でも優れていると考え、フランス軍の武器、ヘルメット、鎧などの装備が、この新しい軽量で光沢のある金属で作られることを望んでいた。平時ではアルミニウム製のヘルメットは軽くて良いとしても、実戦ではひとたまりもなかったであろう。硬いアルミニウムが実現するのは、1906年のアルフレート・ヴィルム<sup>(注-13)</sup>によるジュラルミン(銅4.2%、マグネシウム0.5%、マンガン0.6%のアルミニウム合金)の発明まで待たねばならなかった。さらに1931年には、あのホール・エルー法を開発したホールが1886年に創業したアルコア社<sup>(注-14)</sup>によって、超ジュラルミン(銅4.5%、マグネシウム1.5%、マンガン0.6%のアルミニウム合金)が開発され、航空機などに多用された。なお、最近のヘルメットは金属ではなく、1960年代に発明され、鋼鉄の7倍もの強度をもつ特殊なアラミド繊維(アロマティックス(芳香族)+アミド(結合))で作られている。

注-1 Les Baux-de-Provence

注-2 Hans Christian Ørsted : 1777 - 1851年

注-3 Friedrich Wöhler : 1800 - 1882年

注-4 Henri Étienne Sainte-Claire Deville : 1818 -1881年

注-5 Karl Josef Bayer : 1847 -1904年 父親のフリードリヒ・バイヤーはアスピリンを製造した世界最大級の製薬会社バイエルの創業者であった。

注-6 Charles Martin Hall : 1863 - 1914年

注-7 Paul Louis-Toussaint Héroult : 1863 - 1914年

注-8 Kriolit Mine og Handels Selskabet

注-9 Kryolitselskabet Øresund

注-10 Napoléon III, 1808 - 1873年

注-11 Boulogne-Billancourt

注-12 Parc du Champ-de-Mars

注-13 Alfred Wilm : 1869- 1937年

注-14 Alcoa Inc. : Aluminum Company of America 1885年に完成したアメリカ合衆国ワシントン記念塔の最上部22cmは、避雷針を兼ねるピラミッド型のアルミニウム鍛造製(写真8)で、アルコア社は「ワシントン記念塔のキャップはアルミニウム産業の宝である」と述べ、建設前にニューヨーク五番街のティファニーで公開され衆目を集めた。当時アルミニウム建値は1オンス(28g)当り1米ドルまで下がっていたが、まだ高価な金属であることに変わりはなかった。



写真 8 ワシントン記念塔のアルミニウム・キャップ (1885年)

#### 参考文献

ヒュー・オールダシー=ウィリアムズ、安部恵子・鍛原多恵子・田淵健太・松井信彦(訳)(2017): 陳腐化、「元素を美と驚き アステカの黄金からゴッホの絵具まで(下)」、早川書房. p. 84-99.

サリーム・H・アリ、村尾智(訳)(2018): 鉱物の人類史。青土社. pp. 103-104.

Peter Bancroft (1984) : Arsyk Fjord Mine, Ivigtut, Kalaallit Nunaat, Greenland. *In Gem & Crystal Treasures*. pp.152-154. Western Enterprises. The Mineralogical Record Inc.

大宮理(2022) : ケミストリー世界史 その時、化学が時代を変えた！. (株)PHP 研究所. pp. 333-335, pp. 389-392.

大宮理(2023) : ケミストリー現代史 その時、化学が時代を一変させた！. (株)PHP 研究所. pp. 336-338.

桜井 弘(2018) : 宮沢賢治の元素図鑑－作品を彩る元素と鉱物. (株)化学同人. pp. 46-47.

左巻健男(2021) : 絶対に面白い化学入門 世界史は化学でできている. ダイヤモンド社. pp. 389-392.

## 2. 非鉄金属企業の日常

### ーチリ共和国アタカマ州/Atacama Kozan 社での日常生活についてー

S.C.M. Atacama Kozan 寺島 克仁

#### 1. S.C.M. Atacama Kozan の紹介

当社は 1999 年に日鉄鉱業と現地法人との共同出資により設立された合弁会社であり、チリ共和国アタカマ州にて坑内掘り銅鉱山を操業している。1990 年代初頭、日鉄鉱業が当地区における探査活動を実施し、その結果、可採鉱量約 2 千万トン、銅品位 1.5%を確認するに至った。その後、当社が鉱山開発に着手し、2003 年に当鉱山の操業を開始した。生産と同時並行で周辺の探鉱を実施して新規鉱量を確保していくことで、操業 20 周年を迎えた 2023 年には、開山当初の計画を大きく超える累計粗鉱生産量 3 千万トンを達成した。

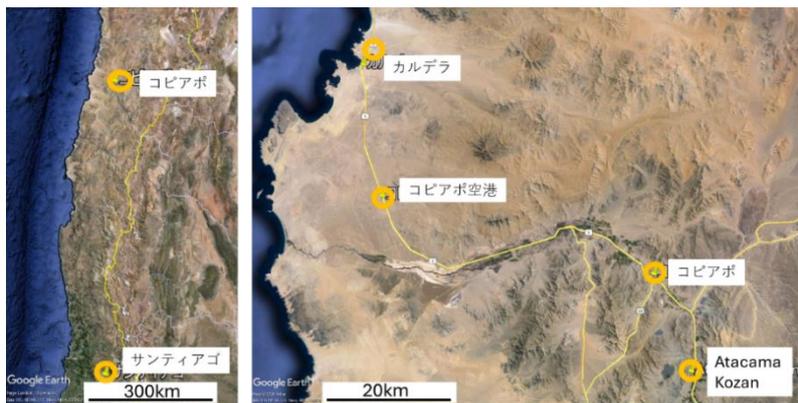
当鉱山は、アタカマ州の州都であるコピアポ市から車で 40 分程度でアクセスできるティエラ・アマリージャという街に位置する。都市部から遠く離れた鉱山も多い中、この 2 つの街に近い立地のメリットは大きく、「家族と毎日一緒に過ごせるから」という理由で当社での勤務を希望する社員もおり、従業員の多くが近隣の出身である。



Atacama Kozan 鳥瞰写真



坑口



コピアポ周辺位置図

#### 2. コピアポ市の紹介

チリは北から南までの総延長が約 4,300km に及ぶ細長い国で、当鉱山は北部のアタカマ州に位置する。その州都がコピアポ市で、人口は 2024 年時点で約 17.6 万人 (INE、チリ国家統計院推定)

であり、日本人駐在員もこの街に居住する。日本から見れば地球の裏側というような位置であり、時差はサマータイム期間で 12 時間、移動は飛行機で日本からアメリカやヨーロッパ等を経由し、チリの首都サンティアゴ、チリ国内線でコピアポ空港に至る旅行となる。更に空港から街までは車で 1 時間弱であり、乗り継ぎを考慮すると、日本からコピアポへの移動は合計で 40 時間ほどである。

コピアポは古くから銀や銅の採掘で発展してきた街であり、現在も周辺に大小さまざまな規模の鉱山が数多くある。街の露店で鉱物が売っていたり、多くのピックアップトラックが走っていたりすることから、鉱山の街であることを生活の中で日々実感する。

南北に長く、多様な気候をもつチリであるが、コピアポ周辺の特徴といえばやはり雨が降らない砂漠気候である。このため気温の日較差は大きく、一日の間に 15℃ほど気温が変化することも多いが、1 年を通して気温は 10~30℃くらいの範囲に収まり、生活するには非常に快適である。まとまった雨が降るのは数年に一度で、この点からも非常に過ごしやすい気候であると言える。あまりに雨が降らないので雨が懐かしくなることもあるが、雨に対するインフラが整っておらず、少量の雨でも洪水を引き起こしてかなりの被害となることがあるため、やはり雨は降ってほしくないという結論になる。一方で、雨が降った年には、砂漠に一面の花が咲く Desierto Florido (砂漠の花) を見ることができる。それほど観光スポットの多くないコピアポであるが、この時ばかりは絶景を目当てに多くの人々が集まる。



コピアポの街並み



砂漠の花

### 3. コピアポでの生活

コピアポはそれほど大きな街ではないが、その分コンパクトで生活には非常に便利である。駐在員は街の中心部に近いマンションに住み、徒歩圏内にスーパーが複数ある。欲しいものがなんでも手に入る、というような品揃えではないが、醤油など馴染みの調味料も手に入り、生活で困

ることはあまりない。手に入らないものに関しても、手作りをしてみたり代用品を探してみたりと、不便さもそれはそれで試行錯誤が楽しい。

スーパー以外では、街から車で1時間ほどのカルデラという海沿いの町に行くと、小さな市場があり、色々な魚介が手に入る（新鮮な刺身が食べたいと釣りに行く人もいるが、筆者はヒラメを狙って海に4回行って見たが一度も釣れず、自分で釣るのは諦めてしまった）。それ以外にも、曜日によって開催場所が変わる移動式の市場があり、こちらは食品から工具や古着まで、様々なものが並ぶ。少し雑多な雰囲気楽しく、散歩を兼ねて買い物に行くことも多い。

地方なこと関係あるのか、街の治安は比較的良く、当然注意は必要だが普通に外を歩く分には危険な思いをするようなことはほぼない。人懐っこい人が多く、スーパーの会計の列に並んでいる間に知らない人に話しかけられるようなこともよくある。

遊びや買い物に出かけるというような場所は少なく、外食先の選択肢も決して多くはないので、週末は手間のかかる料理を作ってみたり、チリワインを持ち寄って飲み会を開いたりして過ごしている。現地従業員と集まるときには、かなりの確率でアサード（チリ式のバーベキュー）が開催される。チリの人のアサード愛は凄まじく、何かと理由をつけてはアサードを開いて大きな肉を焼く。肉を焼くのが得意な人が担当（アサードと呼ばれる）となって調理をし、焼きあがり次第切り分けて参加者に配るという流れで、マイナイフなどこだわりの道具を使って、慣れた様子で塊肉を調理する姿に、アサードへの思い入れの強さと経験の豊富さを感じる。



カルデラの海鮮市場



移動式の市場



アサードの様子

#### 4. 社員食堂

当社では外部の給食業者によって食事が提供されている。食事はパスタや米、ジャガイモなどを主食とした通常の料理が二種類、低カロリーな料理が一種類の、合計三種類が準備されており、各々が食べたいものを選び形式となっている。数か月に一回、テーマが決められた食事の時があり、これまでにメキシコ、ペルー、ブラジル、日本（日本の日本食とはかなり異なるが）といった国の料理が提供された。こういったイベントを素直に思いきり楽しむ人が多く、それぞれのテーマの日には食堂で各国の音楽が流されたり、国旗が飾られたりといった雰囲気作りもされて盛り上がる。

食堂は地上の総合事務所、作業場、そして坑内の合計3か所にある。どの食堂でもメニューは基本的に同じだが、調理工程の都合上、坑内の食堂では飛行機の機内食のような形式で食事が提供される。坑内では常にヘルメット等の保護具を着用することが義務付けられているが、食堂は非常時の緊急避難場所としての役割も持っており強固な支保工が施されていることから、保護具を外してリラックスできる空間になっている。その他の特徴として、坑内で食事をとった場合のみ、ビニール袋に入った Colación と呼ばれる軽食が食後に渡される。中身はパンやクラッカー、ジュースといったシンプルなものであるが、地上に出てきてから一息ついて食べたりと、大切なリフレッシュの要素となっている。



坑内の食堂  
日本食の日なので、日本国旗を模したバルーンアートで飾りつけされている



坑内の食堂での食事



坑内で支給される軽食

## 5. さいごに

チリの地方都市という日本とは大きく異なる環境ではあるが、総じてコピアポでの生活は非常に楽しいものである。日本と比べれば手に入るものやできることには多少の制限はあるが、下町的な雰囲気の中で、人と人が近い距離で接している。

チリの中でも特にコピアポの人は温かみがあるという駐在員も多い。職場は圧倒的にチリの人が多い環境だが、皆明るく素直で、コミュニケーションは非常にとりやすい。不安を持ちながらチリに赴任してきた筆者であったが、到着して早々に夜遅くまでアサードをして踊るというイベントがあり、打ち解けられたことを今でも思い出す。今後もチリの人との交流と、試行錯誤の生活を楽しみながら過ごしていきたいと執筆しながら改めて感じた。



同僚とのアサードでの集合写真（中段左から4番目が筆者）

以上

