

チリ国

**チリ国**  
**レーダ技術による鉱山斜面監視システム**  
**案件化調査（SDGs 支援型）**  
**業務完了報告書**

2021 年 5 月

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

日鉄鉱コンサルタント株式会社

|        |
|--------|
| 民連     |
| JR     |
| 21-013 |

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び提案法人は、いかなる責任も負いかねます。

## 目次

|   |     |
|---|-----|
| 略語一覧  | iii |
| 巻頭写真  | iv  |
| 要約  | v   |
| 案件概要図   | vii |
| 第1章 本 JICA 事業の概要                                    | 1   |
| (1) 本事業実施の背景  | 1   |
| (2) 本事業の達成目標  | 1   |
| (3) 本事業の実施体制  | 1   |
| (4) 本事業の実施内容及び結果                                    | 2   |
| (5) ビジネス展開の見込みと根拠                                   | 4   |
| 第2章 本ビジネスの概要  | 5   |
| (1) ビジネスモデルの全体像                                     | 5   |
| ① 現時点で想定されるビジネスモデルの全体像（図、説明書き等）                     | 5   |
| ② 本ビジネスに用いられる製品・技術・ノウハウ等の概要                         | 6   |
| ③ 上記②の国内外の導入、販売実績（販売開始年、販売数量、売上、シェア等）               | 7   |
| (2) ターゲットとする市場・顧客                                   | 7   |
| ① ターゲットとする市場の概況                                     | 7   |
| ② 本ビジネスに対する現地ニーズ                                    | 8   |
| ③ 本ビジネスの対象とする顧客層とその購買力                              | 8   |
| ④ 必要なインフラの整備状況                                      | 8   |
| ⑤ 競合する企業/製品/サービス等の状況                                | 8   |
| (3) 現時点で想定する実施体制                                    | 8   |
| ① バリューチェーン計画  | 8   |
| ② 本ビジネスの実施体制  | 8   |
| (4) 想定されるリスクとその対応策                                  | 9   |
| ① 許認可等取得の必要性  | 9   |
| ② 許認可以外のリスク対策                                       | 9   |
| ③ 環境・社会・文化・慣習面（ジェンダー、カースト、宗教、マイノリティ等社会的弱者）のリスク対策、配慮 | 9   |
| (5) 現時点で想定する事業計画                                    | 9   |
| ① 収支計画  | 9   |
| ② 収支計画の根拠およびビジネス展開のスケジュール                           | 9   |
| ③ 初期投資額及び投資回収見込時期                                   | 9   |
| ④ 資金調達手段の見込み  | 9   |
| (6) 本ビジネスの提案法人における位置づけ                              | 9   |
| ① 本ビジネスの経営戦略上における位置づけ                               | 9   |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| ② 既存のコアビジネスと本ビジネスの関連（活かせる強み等） ..... | 10        |
| ③ 本ビジネスの社内での検討状況 .....              | 10        |
| (7) 本 JICA 事業終了後のビジネス展開方針 .....     | 10        |
| <b>第 3 章 SDGs 達成への貢献可能性 .....</b>   | <b>11</b> |
| (1) 対象国・地域における課題 .....              | 11        |
| (2) 本ビジネスを通じた SDGs 達成への貢献可能性 .....  | 11        |
| ① 貢献を目指す SDGs のゴール・ターゲット .....      | 11        |
| ② SDGs への貢献可能性 .....                | 12        |
| ③ 波及効果 .....                        | 12        |
| (3) JICA 事業との連携可能性 .....            | 13        |

<別添資料>

別添 1 活動詳細

別添 2 工程表

## 略語一覧

| 略語          | 正式名称  | 日本語            |
|-------------|---|----------------|
| AGCID       | Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo | チリ国際協力開発庁      |
| AK          | Atakama Kozan   | アタカマ・コーザン      |
| CARICOM     | Caribbean Community   | カリブ共同体         |
| CODELCO     | Corporación Nacional del Cobre de Chile                         | チリ銅公社          |
| CORESEMIN   | Corporación Regional de Seguridad Minera                        | 鉱業環境保安協会       |
| COVID-19    | Coronavirus Disease 2019  | 2019年新型コロナウイルス |
| DAC         | Development Assistance Committee                                | 開発援助委員会        |
| ENAMI       | Empresa Nacional De Minería                                     | チリ鉱業公社         |
| FCH         | Fundación Chile   | チリ財団           |
| GB-SAR      | Ground Based Synthetic Aperture Radar                           | 地上設置型合成開口レーダ   |
| JICA        | Japan International Cooperation Agency                          | 独立行政法人国際協力機構   |
| MINVU       | Ministerio de Vivienda y Urbanismo                              | 住宅都市開発省        |
| MOP         | Ministerio de Obras Públicas                                    | 公共事業省          |
| MOU         | Memorandum of Understanding                                     | 基本合意書          |
| NMCC        | Nittetsu Mining Consultants Co., Ltd.                           | 日鉄鉱コンサルタント株式会社 |
| OECD        | Organisation for Economic Co-operation and Development          | 経済協力開発機構       |
| SERNAGEOMIN | Servicio Nacional de Geología y Minería                         | 地質鉱山局          |
| SICA        | Sistema de la Integración Centroamericana                       | 中米統合機構         |
| SUBTEL      | Subsecretaría de Telecomunicaciones                             | 電波通信総局         |

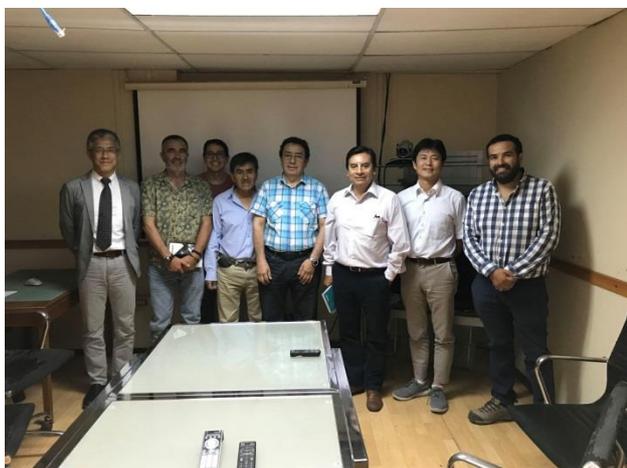
## 巻頭写真



巻頭写真 1 現地ヒアリングの実施（その1）



巻頭写真 4 デモンストレーションサイトに選定したAK社の鉱滓ダム



巻頭写真 2 現地ヒアリングの実施（その2）



巻頭写真 5 CAP社の技術者が参加した見学会



巻頭写真 3 デモンストレーションサイト



巻頭写真 6 Candelaria社の技術者が参加した見学会

## 要約

|                  |  |
|------------------|--|
| 1. 案件名           | レーダ技術による鉱山斜面監視システム案件化調査（SDGs 支援型）<br>SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for radar remote sensing system for monitoring slope stability of mines  |
| 2. 対象国／地域        | チリ共和国サンティアゴ及び第Ⅲ州コピアポ市  |
| 3. ビジネスの概要       | チリの急崖斜面を形成する鉱山において、レーダ技術による斜面監視システムの導入により、鉱山の保安におけるリスク対策と意識向上を目指すもの。   |
| 4. 本事業実施期間       | 2019年9月～2021年5月（1年9ヶ月）   |
| 5. 本事業の達成目標及び結果  | <p>チリ共和国第Ⅲ州で中規模鉱山を操業する企業に対し、デモンストレーションや技術紹介等を通じてジオレーダの効果を知ることによって生産斜面や鉱滓ダムの安定性を客観的且つ定量的に評価することによる防災意識の醸成と具体的な顧客候補の獲得を目標とした。</p> <p>結果は、COVID-19の世界的感染拡大のために比較観測等の現地活動が中断されたため、製品の有用性を十分に訴求するに至らなかったものの、鉱滓ダム監視の側面からは、政府機関が主導する「鉱滓ダム監視プロジェクト」が確認され、同プロジェクトと連携することで防災意識の醸成を図るとともに、中規模鉱山を操業する企業が将来的な顧客となる可能性が示唆された。</p>  |
| 6. ビジネス展開の見込みと根拠 | <p>ビジネス展開を見込むにあたり、具体的な導入先として Candelaria 社や CAP 社が操業する鉱山が顧客として獲得できる可能性が示唆された。また、鉱滓ダムに関しては現時点では監視を義務付ける法律が制定されていないものの、現在進行中の鉱滓ダム監視プロジェクトの成果を反映した管理基準や監視体制の構築に伴って、レーダ技術を用いた監視技術が標準化される可能性が高く、将来的なニーズ拡大が期待されるとの見通しが示された。加えて、関係する政府機関を対象として鉱山保安と環境保全に対する当社システムの有効性について理解を促進させることにより、大きな市場獲得に繋がると考えられた。</p> <p>ただし、具体的な導入の確約を得るには至っておらず、各鉱山会社や鉱業省等の政府機関との協働が今後も必要となるため、ビジネス化の可否について検討を継続することとした。</p> |
| 7. 実現を目指すビジネスモデル | <p>ビジネスモデルに関しては、現地活動でヒアリングの対象としたユーザー層は、資金力の強い大規模鉱山会社から、巨額の初期投資を投じにくい中小規模鉱山会社、チリ国の重点政策である鉱滓ダム監視プロジェクトに携わる政府機関、地滑り等の地域防災に携わる行政など多岐に亘ったことから、3つの案を検討した。</p>  |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <p>8. 貢献を目指す SDGs のゴール・ターゲット</p> | <p>ゴール 9：産業と技術革新の基盤をつくろう「強靱なインフラを整備し、包摂的で持続可能な産業化を推進するとともに、技術革新の拡大を図る」<br/>ターゲット 9.4：「2030 年までに、資源利用効率の向上とクリーン技術及び環境に配慮した技術・産業プロセスの導入拡大を通じたインフラ改良や産業改善により、持続可能性を向上させる。全ての国々は各国の能力に応じた取組を行う。」</p>  |
| <p>9. SDGs 達成への貢献可能性</p>         | <p>対象地域に選定したコピアポ市は、操業鉱山や鉱滓ダムの現場が市街地に近く、鉱滓ダムの決壊事故は住民環境に深刻な負のインパクトをもたらすため、生産斜面やダムの安定性を客観的且つ定量的に評価することができれば、安心安全な地域社会の構築につながる。鉱山保安や鉱滓ダム監視に係るチリ国の重点政策と連携することや、SDGs 達成に対して高い意識を示したチリ財団（以下、FCH）と協働する手段を模索し、デモンストレーションサイトを活用した見学会やステークホルダーを対象としたセミナー等の活動を通じて、鉱山保安と環境保全に対する国民意識の向上を目指す。地震や集中豪雨等の自然災害との関連、更には氷河保全など、他業界の応用分野で確認された潜在ニーズを踏まえると、ゴール 11 や 13 に貢献できる可能性が考えられた。</p> |
| <p>10. ビジネス展開に向けた課題と対応方針</p>     | <p>鉱滓ダム監視プロジェクトの延長期間やポストプロジェクトの有無、国立鉱滓ダム観測所の設立に関する情報収集を継続し、2020 年度第一回公示の普及・実証・ビジネス化事業（SDGs ビジネス支援型）で採択を受けた当社提案の事業計画を検討する。</p>   |

## 案件概要図



# チリ国 レーダ技術による鉱山斜面監視システム 案件化調査

日鉄鉱コンサルタント株式会社(東京都)



### 対象国における課題

- ・ 市街地の近くに、操業鉱山や鉱滓ダムの現場が多数存在
- ・ 鉱業が基幹産業であり、鉱山事故や環境保全の対策が持続的成長を実現する上で不可欠

### 提案製品・技術

- ・ ミリ波帯(76~77GHz)の電波を送受信するレーダで、斜面の微細な変位量を遠隔的に計測可能
- ・ 斜面が崩壊する直前のクリープ変位を検出
- ・ 1~2名での運搬・操作が可能な小型・軽量設計

### 本事業の内容

- ・ 契約期間:2019年9月~2021年5月
- ・ 対象エリア:サンティアゴ及び第Ⅲ州コピアポ市
- ・ 案件概要:
  - チリの急崖斜面を形成する鉱山において、レーダ技術による斜面監視システムの導入により、鉱山の保安におけるリスク対策と意識向上を目指す



ジオレーダ NGR76.5ts

### 実現を目指すビジネスモデル

- ・ 現地法人を事業拠点として、以下三つのビジネスモデルを展開する
- ・ システム販売と必要に応じたメンテナンスの提供
- ・ システム一式をリースし、機材設置、計測、解析、管理、レポートまでの一連の役務サービルを提供
- ・ 斜面監視に係る計測サービスを提供

### ビジネス展開による対象国における課題への貢献

- ・ 鉱山保安と環境保全に対する国民意識の向上に貢献
- ・ 斜面監視サービスの提供を通じて、操業鉱山や鉱滓ダムの安定性を客観的且つ定量的評価を行い、周辺住民の安寧に貢献

2021年3月31日作成

## 第1章 本 JICA 事業の概要

### (1) 本事業実施の背景

チリ国は世界最大の銅埋蔵国であり、埋蔵量で世界の約 29%、生産量では約 36%を占めるとともに、銅の輸出金額は全輸出金額の 60%を占めており、チリ国経済における基幹産業となっている。また銅以外では、電気自動車用のバッテリー原料として今後需要が高まるとみられるリチウムや、モリブデン、レニウム、セレン等のレアメタルの埋蔵量・生産量も世界トップクラスのシェアを誇る。

チリ国の基幹産業を支える鉱山業界だが、急崖斜面を形成する鉱山の生産切羽は人的・物的被害を伴う斜面崩壊の危険性を抱える。またチリ国の銅鉱山は、低品位・大鉱量が特徴の斑岩銅鉱床型が中心で、鉱滓等の廃棄物量が多く、鉱滓ダムが決壊する危険性を孕んでいる。チリ国では 1960 年代の鉱滓ダムの決壊事故が発生した歴史があり、防災・減災の観点から、近年ではレーダを用いた監視技術が注目を浴びている。潤沢な資金に恵まれた大規模鉱山では、切羽斜面や鉱滓ダムの安全管理を目的にレーダを用いた監視技術の導入が進んでいるが、価格が高額であることに加え、大型・重厚設計が障壁となり、年間粗鋼生産量 10 万トン以下を目安とする中規模鉱山には浸透していない。

以上において、受注者の鉱山斜面監視システム（以下ジオレーダ）は、低廉な価格帯且つ、1~2 名での運搬・操作が可能な小型・軽量設計を達成していることから、中規模鉱山をターゲット顧客として想定し、鉱滓ダムが市街地の近くに建造されており、中規模鉱山が集中している第Ⅲ州のコピアポ周辺において、ビジネスの実現可能性について調査を行う。

### (2) 本事業の達成目標

チリ共和国第Ⅲ州で中規模鉱山を操業する企業に対し、デモンストレーションや技術紹介等を通じてジオレーダの効果を周知することで生産斜面や鉱滓ダムの安定性を客観的且つ定量的に評価することによる防災意識の醸成と具体的な顧客候補の獲得を目標とした。

### (3) 本事業の実施体制

本事業では、提案法人である日鉄鉱コンサルタント株式会社（以下、NMCC）が中心となって全ての担当業務を司り、コピアポ市に事務所を構える日鉄鉱チリ有限会社（以下、日鉄鉱チリ社）及びアタカマ・コーザン鉱山特約会社（以下、AK 社）が補強で参画して、事業化活動に係る現地活動を支援する体制とした。

| 主体                       | 担当業務                    | 担当業務詳細  |
|--------------------------|-------------------------|---|
| 日鉄鉱コンサルタント株式会社<br>(提案法人) | 事業計画策定<br>事業化活動<br>現地活動 | <ul style="list-style-type: none"> <li>市場ニーズ調査とデモンストレーションサイトの準備調査</li> <li>競合製品の導入状況調査</li> <li>バリューチェーン調査</li> <li>SDGs 貢献ロジックの検討</li> <li>ビジネスモデルの策定</li> </ul> |
| 日鉄鉱チリ有限公司 (補強)           | 事業化活動に係る現地活動の支援         | <ul style="list-style-type: none"> <li>デモンストレーションサイトの準備調査</li> <li>ビジネスモデルの策定</li> </ul>  |
| アタカマ・コーザン鉱山特約会社 (補強)     | 事業化活動に係る現地活動の支援         | <ul style="list-style-type: none"> <li>デモンストレーションサイトの準備調査</li> </ul>  |

#### (4) 本事業の実施内容及び結果

##### ① 本事業の実施内容

※本事業における実施内容の詳細と実施結果は別添 2 参照

| 達成<br>目標 | タスク                             |                        |   |
|----------|---------------------------------|------------------------|---|
|          | 大項目                             | 小項目                    | タスクごとの達成目標  |
| a        | 1<br>市場ニーズ調査とデモンストレーションサイトの準備調査 | 操業鉱山へのヒアリングによる市場ニーズの確認 | <ul style="list-style-type: none"> <li>市場ニーズの確認</li> <li>鉱山保安に対する現場意識の確認</li> <li>システム導入実現の費用感を確認</li> <li>法的規制の整備状況等を確認</li> </ul> |
|          |                                 | デモンストレーションサイトの準備調査     | <ul style="list-style-type: none"> <li>デモンストレーションサイトの設営</li> <li>データ集録の開始</li> </ul>  |
|          | 2<br>競合製品の導入状況調査                | 競合製品導入先の現状や問題点等に係る調査   | <ul style="list-style-type: none"> <li>現状の問題点や課題を調査し、弊社システムの優位性を確認</li> </ul>   |
|          |                                 | 電波法による許認可の確認           | <ul style="list-style-type: none"> <li>チリ国に対する弊社システムの適合性を確認</li> </ul>  |
|          | 3<br>バリューチェーン調査                 | 実機デモンストレーションと技術セミナーの開催 | <ul style="list-style-type: none"> <li>弊社システムの性能を周知</li> </ul>  |
|          |                                 | 顧客候補との協議               | <ul style="list-style-type: none"> <li>顧客候補の絞り込み</li> <li>具体的な導入先（一社以上）を獲得</li> </ul>   |
|          |                                 | 潜在的な顧客候補の探索            | <ul style="list-style-type: none"> <li>顧客候補が保有するネットワークを介して潜在的な顧客候補を調査</li> </ul>  |
|          |                                 | 他業界における応用分野や顧客候補の探索    | <ul style="list-style-type: none"> <li>国際学会を通じて、新たな応用分野や顧客候補を調査</li> </ul>  |

|  |   |                |                      |                                      |
|--|---|----------------|----------------------|--------------------------------------|
|  | 4 | SDGs 貢献ロジックの検討 | 顧客候補へのヒアリング          | ・ 対象地域が抱える課題の実態を確認                   |
|  |   |                | 検討するビジネスの貢献可能性を検討    | ・ SDGs への貢献ロジックの策定                   |
|  | 5 | ビジネスモデルの策定     | 現地コンサルタント会社の選定       | ・ 顧客に対するサービス提供に係る業務を担う現地コンサルタント会社を選定 |
|  |   |                | ビジネスモデルと収益モデルの具体化を検討 | ・ サービス提供価格の決定<br>・ 事業モデルの策定          |

② 本事業の達成目標の到達状況

- a) チリ共和国第三州で中規模鉱山を操業する企業に対し、デモンストレーションや技術紹介等を通じてジオレーダの効果を知ることによって生産斜面や鉱滓ダムの安定性を客観的且つ定量的に評価することによる防災意識の醸成と具体的な顧客候補の獲得。

結果：

鉱業省、SERNAGEOMIN、チリ国際協力開発庁（以下、AGCID）とのオンライン会議及び、チリ財団（以下、FCH）へのアンケート調査、文献調査を通して、チリ国内には742の鉱滓ダム（104件が稼働中、463件が休止中、173件が放棄、2件が建設中、2019年現在）が存在するが、そのうち河川上流に設計された214件に対する安全性の低さが指摘されており、鉱滓ダムの管理を強化するソリューションの開発は不可欠との認識が示され、隣国ブラジルで発生した鉱滓ダム決壊事故を受けて、チリ国内においても鉱滓ダム監視に対する取り組みが始まっていることが確認された。具体的には、鉱滓ダムが存在する地域住民の安全や環境への配慮等を図る目的で、鉱滓ダム崩壊の危険性や周辺住民に与える影響の低減を目指した物理的管理基準、並びに地域の水資源汚染に係るリスクの低減を目指した化学的管理基準について、現行する鉱滓ダム管理基準を改定するための重点政策として、2016年からの5ヵ年計画で鉱滓ダム監視プロジェクトを鉱業省が開始した。同プロジェクトの管理・監督はSERNAGEOMINが担い、Los Pelambres鉱山のEl Mauro鉱滓ダムをテストサイトとしたパイロットプログラムをFCHが実施しており、管理基準策定に向けた実験が進行中である。FCHに対するアンケート調査及び文献調査によると、SERNAGEOMINの管轄下にObservatorio Nacional de Relaves（以下、国立鉱滓ダム観測所）の設立が計画されており、鉱滓ダム監視プロジェクトで得られた成果は同観測所に引き継がれる予定であることが明らかとなった。このようなチリ側の動向とリンクするチャンスを模索できるよう、本事業で設置したデモンストレーションサイトはAK社が継承することとし、顧客獲得に向けた継続的な活動に利用することで調整した。

## (5) ビジネス展開の見込みと根拠

### ① ビジネス化可否の判断

ビジネス化の可否に関しては、今後も検討の継続が必要と考えられる。

### ② ビジネス化可否の判断根拠

非公開

## 第2章 本ビジネスの概要

### (1) ビジネスモデルの全体像

- ① 現時点で想定されるビジネスモデルの全体像（図、説明書き等）

非公開

② 本ビジネスに用いられる製品・技術・ノウハウ等の概要

当社が開発したジオレーダは、ミリ波帯（76～77GHz）の電波を用いたレーダによるセンシング技術に基づいている。ジオレーダのレーダ部に装着したアンテナから照射された電波は、鉱山切羽や活火山の山肌、インフラ構造物などの観測対象物で反射し、アンテナに戻ってきた成分が受信される。受信した信号から算出される位相情報は、アンテナから観測対象に向かう視線方向の距離に関する情報を格納しており、複数回の位相情報をモニターすることにより観測対象物の変位量が計測される（計測精度は 0.2mm）。ジオレーダは水平方向と垂直方向の回転機構を実装しており、回転しながら電波の送受信を繰り返すことによって二次元スキャンを行い、微細な変位量の面的且つ遠隔的な計測を実現する。計測データは現場に設置したパソコンに保存され、モバイル Wi-Fi 等を用いたメール通信を利用して当社事務所に設置したパソコンに転送されて処理・解析が実施される。斜面や地上建造物が物理的に崩壊する前には、数 mm～数 cm のオーダーで加速度的に変位するクリープ現象が予兆として観測されるので、前兆現象が及ぼす変位量以下の感度を持つ本装置で計測することで、斜面崩壊の監視技術として活用することができる。NMCC は、国内での長期実証試験において、地滑りが発生する 2 週間程度前から mm オーダーの微小変位を前兆現象として検出した実績を有する（図 1 及び図 2）。

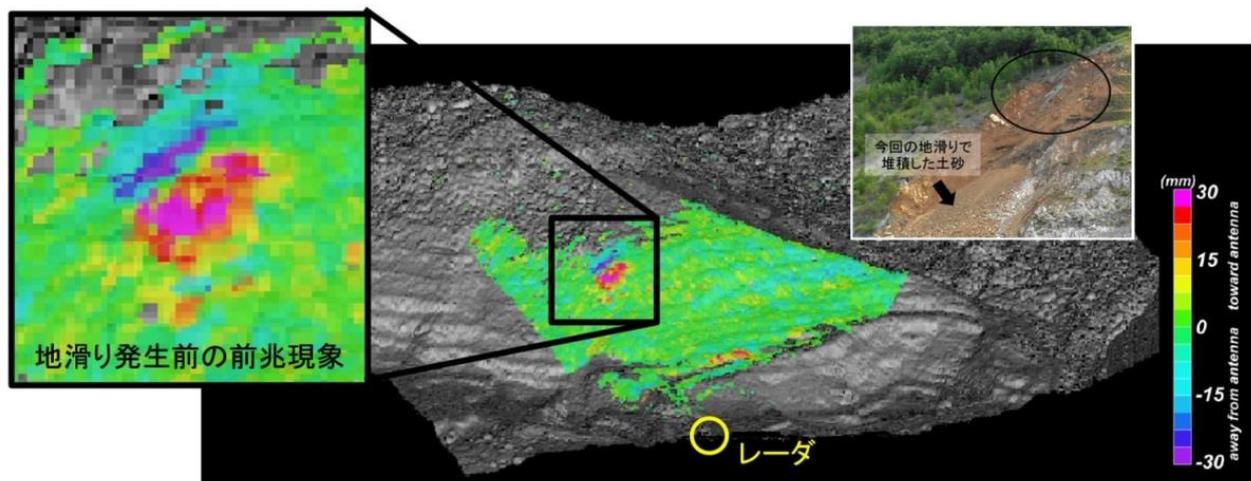


図 1 斜面崩壊前の前兆現象を検出した結果

暖色系がレーダ側に向かう方向の変位、寒色系がレーダから離れる方向の変位を意味する。斜面の下部がレーダに近づく方向に変位（膨張）、斜面の上部がレーダから遠ざかる方向に変位（収縮）しており、斜面が崩壊する前に発生した下方への僅かな移動を前兆現象として捕捉したと解釈できる。

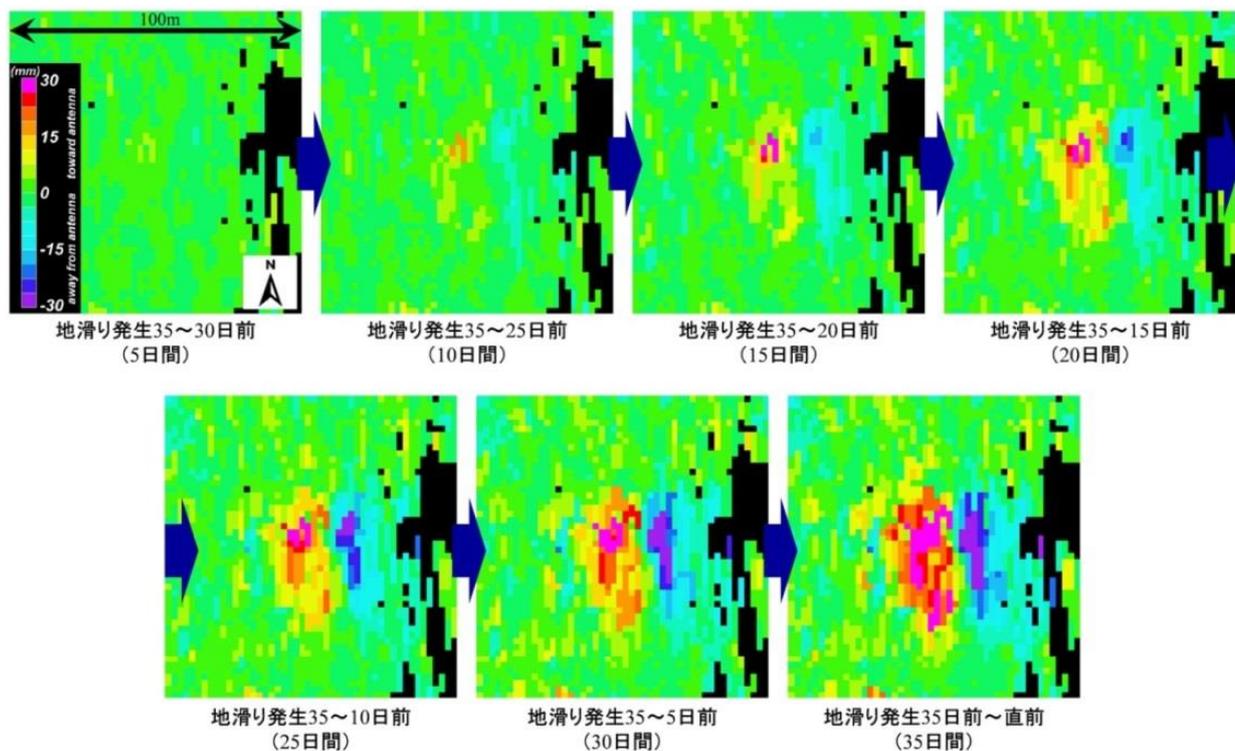


図 2 前兆現象の時空間変化

時間の経過に伴って斜面の変位を検出した異常が空間的に拡大する様相を視覚的に理解できる。斜面崩壊が発生する約3週間前から、目視では認識できないレベルの変位量を明確に可視化することに成功したと考えられる。

- ③ 上記②の国内外の導入、販売実績（販売開始年、販売数量、売上、シェア等）

非公開

## (2) ターゲットとする市場・顧客

### ① ターゲットとする市場の概況

対象とする市場は、世界有数の資源国として知られるチリの鉱山業界である。首都サンティアゴ以北の第I～V州で鉱山の探鉱・開発が活発に展開されており、多くの金属鉱山が稼働している。露天掘鉱山の生産切羽には、崩壊リスクを抱える急崖斜面が形成されるほか、周囲にはズリや鉱滓等の廃棄物を貯留・堆積する人工構造物が建設される。これらが崩壊し、人的あるいは物的損害を伴う事故が発生した場合には、地域経済や周辺環境に負のインパクトを与えるだけでなく、鉱業が重要産業に位置付けられているチリ経済全体に及ぼす影響は甚大となる。

チリでは1960年代に鉱滓ダムの決壊事故が発生した歴史があり、1985年及び2010年にM8級の大地震が発生した際には鉱滓ダムが被災した記録が残されている。近年は2015年と2019年に隣国ブラジルにおいて鉱滓ダムが決壊した事故は記憶に新しい。このような背景から、チリ政府は2016年からの5ヵ年計画で、官民の取り組みである鉱滓ダム監視プロジェクトを立ち上げた。同プロジェクトでは、鉱滓ダムの物理的・化学的特性を評価するための管理基準の策定に加え、恒久的で透明性の高い操業とオンライン監視を実現するためのプラットフォーム開発や、緊急事態が発生した際の意思

決定と信頼性の高いタイムリーな情報発信に向けたプロトコルの作成等が柱となっており、鉱滓ダムモニタリングの分野で世界をリードし、鉱業が将来性と持続性の高い産業へ成長できるよう貢献することを目指している。また、地域社会、ステークホルダー、当局、民間企業を含めた鉱山業界の間に信頼性を構築するために、オープンな組織として国立鉱滓ダム観測所の設立が構想に置かれている。

## ② 本ビジネスに対する現地ニーズ

露天掘鉱山に関しては、CODELCO や海外の資源メジャーが積極的に競合製品の導入を進めており、斜面防災に対するレーダ技術の有効性が周知されている。資金力が豊富な鉱山会社において、保安活動に欠かすことのできない技術として高いニーズが確認された。中～小規模の鉱山や、鉱滓ダムのように維持管理への費用を投じにくい設備に関しては、費用対効果の高いモニタリングシステムに対する需要が大きく、鉱滓ダム監視プロジェクトに携わっている SERNAGEOMIN の技術者から、レーダが標準化される可能性について見解が示された。坑内掘鉱山については、坑道のような狭隘な空間に設置可能なコンパクトで可搬性の高いシステムに対する期待値を想定していなかったため、2 回の現地活動を通じて聴取された新規のニーズである。その他、地盤の安定性を地震前後で評価するニーズに加え、高地の鉱山開発では氷河の保全が義務付けられており、氷河を含めた周辺環境のモニタリングやベースライン調査に対するニーズも存在する事が判明した。

## ③ 本ビジネスの対象とする顧客層とその購買力

非公開

## ④ 必要なインフラの整備状況

鉱山の操業現場では、アクセス道路や電力、携帯電話等の通信環境が整備されており、ジオレーダの設置と運用に必要なインフラの整備状況に特段の問題は見受けられない。鉱滓ダムについては、アクセス道路や通信環境は整備されている地域が多い一方で、リモートサイトに建設されたダムに関しては電力の供給網が期待できない。ただし、鉱山活動が活発な地域は概して砂漠気候に属しており、豊富な日照に恵まれることから、太陽光発電による電力供給と蓄電池で代替可能と考えられる。

## ⑤ 競合する企業/製品/サービス等の状況

非公開

# (3) 現時点で想定する実施体制

## ① バリューチェーン計画

非公開

## ② 本ビジネスの実施体制

非公開

#### (4) 想定されるリスクとその対応策

##### ① 許認可等取得の必要性

76～77GHz の電波を発信するためには、SUBTEL から許認可を取得する必要がある。日鉄鉱チリ社を通じて申請書類を提出し、使用する場所や期間に制約の無い許認可取得を目指したが、第Ⅱ州で稼働するアルマ望遠鏡の特別許可と競合するとの指摘を受けた。SUBTEL と協議を行い、使用場所を第Ⅲ州の Copiapo 地区及び Tierra Amarilla 地区に、使用期間を 10 年間に限定した許認可を取得した。

##### ② 許認可以外のリスク対策

非公開

##### ③ 環境・社会・文化・慣習面（ジェンダー、カースト、宗教、マイノリティ等社会的弱者）のリスク対策、配慮

本事業でビジネス化を図るシステムは防災活動の意識向上に寄与するものであり、地域住民の生活環境や社会活動、文化・慣習等に配慮すべきリスクは想定していない。

#### (5) 現時点で想定する事業計画

##### ① 収支計画

非公開

##### ② 収支計画の根拠およびビジネス展開のスケジュール

非公開

##### ③ 初期投資額及び投資回収見込時期

非公開

##### ④ 資金調達手段の見込み

非公開

#### (6) 本ビジネスの提案法人における位置づけ

##### ① 本ビジネスの経営戦略上における位置づけ

当社は地下資源関連の調査ならびに開発を担うコンサルタント会社であり、金属鉱物資源の探査・探鉱に係る業務が事業の中核となっている。ジオレーダ事業は、新技術の開発・導入により、防災・環境に係る分野の強化を目指して立ち上げた社内プロジェクトである。防災先進国とも言える日本は、防災に対する国民意識が高く、様々な斜面監視技術が成熟しており、国内の市場規模を見込むことが難しい結果を市場調査で得た背景から、資源国に向けた事業展開を図るに至った。

本事業でチリを対象国に選定した理由は、親会社である日鉄鉱業株式会社が主体となって資源探鉱をチリで活発に展開してきた歴史と、それによって培った強固な地盤を利用できるためである。当社

にはチリ駐在経験者が多く在籍しており、日鉄鉱チリ社は現地鉱山会社及び政府関係機関と良好な関係を築いていることから、ジオレーダのビジネス展開を目論む市場としてチリが最適と判断した。

② 既存のコアビジネスと本ビジネスの関連（活かせる強み等）

弊社は 30 年以上前からチリ国で地質調査業務を実施してきた経験を持ち、現地駐在経験者も多く在籍している。

③ 本ビジネスの社内での検討状況

非公開

**(7) 本 JICA 事業終了後のビジネス展開方針**

2021 年度中に現地渡航の再開が可能になることを前提とし、ビジネス展開の方針を以下に整理する。

非公開

## 第3章 SDGs 達成への貢献可能性

### (1) 対象国・地域における課題

チリは世界最大の銅生産国としての地位を長年に亘って堅持しており、2018年の銅生産量は世界生産量の28.1%を占めた。銅の輸出金額は全輸出額の約48.2%を誇り、チリ経済を支える基幹産業として認知されている。銅以外の鉱物資源についても豊富に埋蔵し、電気自動車用バッテリーの原料として需要が高まるリチウムを始め、レアメタルやヨウ素の埋蔵量及び生産量も世界トップクラスに位置する。地下資源だけでなく水産資源にも恵まれ、政治的安定と健全財政、治安の良さを活用して、海外からの投資を積極的に呼び込み、南米諸国の中では比較的高い所得水準が維持されている。

2018年には、一定の経済発展を達成したとの評価を受けて、OECD/DACの援助受取国・地域リストから卒業するに至ったが、自然災害多発国としても知られるチリは、地震や津波等の災害に対する脆弱性を抱えており、災害リスクを軽減し、持続可能且つ強靱な社会の構築が課題に掲げられている。チリは我が国にとって重要な資源供給国の一つであり、伝統的に友好関係を築いてきた歴史がある。我が国と自然災害や地理的条件が類似するチリでは、過去の災害経験から得た教訓やノウハウを活かした人材育成や能力向上に対するニーズが高く、包括的な防災体制を構築し、SDGs及び「仙台防災枠組2015-2030」の達成に貢献することを目指している。

とりわけ、チリの重要産業である鉱山の操業現場で人的・物的損害を被る災害が発生する、あるいは周辺環境に甚大な負のインパクトを与える事故が発生すれば、生産現場の活動が停止するだけでなく、賠償問題や経営責任問題に発展する。鉱滓ダムが決壊すれば地域社会や周辺インフラに深刻な環境負荷をもたらす可能性が指摘され、その結果、鉱山会社の休業・倒産が余儀なくされるほか、資源供給量の低下、ひいては資源価格の高騰が懸念され、チリ経済への影響は計り知れない。鉱山業界において防災体制を構築することは、我が国の資源安定確保の観点から意義が大きいと考えられ、鉱山事故への対策がチリの持続的成長を実現する上で不可欠な課題となる。災害リスク軽減や被害の最小化に向けた防災体制の構築に取り組むことにより、対チリ共和国国別開発協力方針の基本方針に掲げられた『質の高い持続可能かつ包摂的な成長への貢献』の達成に寄与できると考えられる。

本事業の対象地域に設定した第Ⅲ州の州都コピアポ市には、市街地の周囲に操業中の鉱山や鉱滓ダムが多く存在し、鉱山事故が発生した場合には地域経済や住民生活が負のインパクトを被る可能性が想定されることから、鉱山保安と環境保全に対する国民意識の向上が重要な課題に挙げられ、持続性の高い住民生活に安寧を与える活動に貢献できると考えられる。

### (2) 本ビジネスを通じたSDGs達成への貢献可能性

#### ① 貢献を目指すSDGsのゴール・ターゲット

ゴール9：産業と技術革新の基盤をつくろう「強靱なインフラを整備し、包摂的で持続可能な産業化を推進するとともに、技術革新の拡大を図る」

ターゲット9.4：「2030年までに、資源利用効率の向上とクリーン技術及び環境に配慮した技術・産業プロセスの導入拡大を通じたインフラ改良や産業改善により、持続可能性を向上させる。全ての国々は各国の能力に応じた取組を行う。」

## ② SDGs への貢献可能性

上記（１）の通り、鉱業を基幹産業とするチリ国に対し、本事業で提案した「レーダ技術による鉱山斜面監視システム」を導入することにより SDGs 達成への貢献を目指した。

鉱業省の試算では、2014 年度は 5 億 2500 万トンの鉱滓が生産され、2026 年度には 74% 増の 9 億 1500 万トンを超えると報告されている。稼働している 104 件の鉱滓ダムには約 96 億トンの鉱滓が貯留されており、将来的な貯留量は 210 億トンに達する見込みとされる。巨大なインフラとして認識されている鉱滓ダムの管理を強化するソリューションの開発は不可欠であり、持続可能な鉱業への発展に貢献できるとの見解は、FCH へのアンケート調査において確認された。

本事業の対象地域に選定したコピアポ市は、操業鉱山や鉱滓ダムの現場が市街地に近く、鉱滓ダムの決壊事故は住民環境に深刻な負のインパクトをもたらし、生産斜面やダムの安定性を客観的且つ定量的に評価することができれば、安心安全な地域社会の構築につながる。鉱山保安や鉱滓ダム監視に係るチリ国の重点政策と連携する、更には SDGs 達成に対して高い意識を示した FCH と協働する手段を模索し、デモンストレーションサイトを活用した見学会やステークホルダーを対象としたセミナー等の活動を通じて、鉱山保安と環境保全に対する国民意識の向上を目指すことにより、SDGs 9.4 の一部である「環境に配慮した技術・産業プロセスの導入拡大を通じたインフラ改良や産業改善により、持続可能性を向上させる」に貢献できると考えられる。

表 1 本事業後の投入リソース、活動、短期的及び中長期的効果

|                 |   |
|-----------------|---|
| ① 投入するリソース      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日鉄鉱チリ社に派遣する技術者</li> <li>・ 顧客ニーズに応じたシステム改修</li> <li>・ メンテナンス設備</li> <li>・ 日鉄鉱チリ社協力によるサポート体制</li> </ul>  |
| ② SDGs 達成に向けた活動 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ AK 社の鉱滓ダムに設置したデモンストレーションサイトでの見学会及び研修の実施</li> <li>・ ステークホルダーに対するセミナー開催</li> <li>・ チリ側の国策プロジェクトとの連携</li> <li>・ カウンターパートへの技術教育、トレーニング</li> <li>・ 日系技術者の雇用と育成</li> </ul> |
| ③ 期待できる短期的効果    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鉱山保安と環境保全に対する意識向上</li> <li>・ レーダ技術に対する認知度の向上</li> <li>・ 対象地域における斜面監視システム導入率の向上</li> </ul>  |
| ④ 期待できる中長期的効果   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2030 年までにチリ全土における斜面監視システム導入率の向上</li> </ul>   |

## ③ 波及効果

現地活動で実施したヒアリングでは、地震前後における地盤安定性評価に対するニーズや、氷河等の周辺環境を含めた鉱山開発活動の監視に対するニーズが聴取された。実際に、鉱山事故は採掘や発破といった生産活動の影響に加えて、地震や降雨のような外的自然現象に誘発された事例も多く報告されている。チリは地震多発国として知られ、1965 年、1985 年、2010 年に発生した地震の際には、鉱滓ダムに崩壊、滑落、液状化といった事象が観測されており、鉱滓の流出被害が確認された。近年は地球規模での気候変動の影響を受けて、砂漠気候に属する地域においても集中豪雨が頻繁に発生し

ている。2015年と2019年にブラジルで発生した鉱滓ダム決壊事故においては、短時間ではあるが直前に観測された豪雨がトリガーとなった可能性があり、気候変動の影響を指摘する見解が示されている。

また、気候変動との関連が推察される地球温暖化現象に応答して地球上の氷河が縮小しており、氷河の変動は自然環境や水資源循環に影響を与えると考えられている。地球上に存在する総氷河面積の97%以上を占める南極やグリーンランドの氷床と比較して、僅か3%に満たない小規模な山岳氷河の方が年間質量収支は遥かに大きく、気候変動に伴って現象化する海面上昇に対しては、山岳氷河の融解水が強く寄与することが知られている。

以上のような現地活動で確認された潜在的なニーズを踏まえて、SDGs 11「都市と人間の居住地を包摂的、安全、レジリエントかつ持続可能にする」、あるいはSDGs 13.1「すべての国々において、気候変動に起因する危険や自然災害に対するレジリエンスおよび適応力を強化する」といった視点での貢献も検討していきたい。

本事業に参画した業務従事者は日本在住者が中心であり、現地活動では日本からチリへ渡航して調査を遂行した。日本から見てチリは地球の裏側に位置し、地理的な距離と時差を払拭するためには現地常駐スタッフの存在は大きく、事業拡大に応じて営業スタッフと技術スタッフの現地雇用は必須となる。チリ駐在者を除き、日本人の業務従事者がスペイン語圏で活動するうえで言葉の壁を解消することの困難さを考慮すると、日本語（少なくとも英語）に精通した人材の確保は重要課題となり、日系社会との交流は不可欠と言える。この点は「令和元年度革新的事業活動に関する実行計画」に記述された「iii) 日本の魅力を活かす施策」－「海外日系社会との連携を通じた成長市場の取込み」に貢献できると考えられ、若手日系人の活力を取り込みつつ、日系社会とのネットワーク強化に繋がる事業へ波及する効果を期待できる。現地雇用を拡大し、システムのメンテナンス設備等に係るリソースをチリに設置できるステージにまでビジネスを展開できれば、鉱物資源に恵まれた隣国に向けて事業範囲を拡大することも可能となり、メルコスール加盟国・準加盟国との関係構築と、ひいては日本のプレゼンス向上に貢献できる可能性が考えられる。

### (3) JICA 事業との連携可能性

チリで進行中の ODA 事業の中で、本提案との関連性が高いと考えられる防災案件として、『災害リスク軽減のための ONEMI 組織強化プロジェクト』が挙げられる。同プロジェクトは地震・津波といった自然災害に限定した事業となっているが、地震多発国のチリでは鉱滓ダムが M8 級の大地震で被災した記録が残されており、地震前後の斜面安定性評価や二次災害防止等の課題を通じて、防災能力の向上と人材育成の観点で同プロジェクトとの連携要素を見出すことが可能と思料される。

本提案はチリを対象国としたものであるが、中南米のスペイン語圏に活動の場を広げれば、ホンジュラス、ドミニカ、ペルー、コスタリカ、メキシコといった中南米諸国において防災・災害対策に係る多数の ODA プロジェクトが実施されているほか、民間企業の製品・技術の活用に対する期待値も高いことが JICA のホームページに記されている。とりわけ、「民間企業の製品・技術の活用が期待される開発途上国の課題」として、

- ・ 課題シート No. 10-318-0291、地すべり遠隔監視システム
- ・ 課題シート No. 10-227-0286、地すべり、道路斜面对策、砂防、観測モニタリング機器設置

が掲載されており、当社システムは高い効果を発揮すると考えられる。

なお、チリは長年の日本の開発協力の実績が実を結び、第三国への支援が可能な段階になっている。とりわけ、環境・防災対策分野等は中南米地域に共通した開発課題であるため、中米統合機構（SICA）やカリブ共同体（CARICOM）といった地域共同体とも協力しつつ、本事業とシームレスに実施予定の普及・実証・ビジネス支援事業において、第三国研修での技術紹介の実施など、JICA 事業と更なる連携の可能性がある。

以 上

#### 【参考文献】

地盤工学会 2010 年チリ Maule 地震による被害に対する災害緊急調査団：地盤工学会 2010 年チリ

Maule 地震による被害に対する災害緊急調査団報告書、2010.

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000072553.pdf>

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000072555.pdf>

活動詳細

別添 1

非公開

工程表

別添 2

非公開

## Resumen

|  |   |
|--|---|
| 1. Nombre del proyecto                           | Estudio de proyectos de sistemas de monitoreo de taludes de minas utilizando tecnología de radar (Contribuyendo a los ODS)<br>SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for radar remote sensing system for monitoring slope stability of mines  |
| 2. País o región de destino                      | Chile, región Metropolitana y Atacama   |
| 3. Descripción general                           | Con el objetivo de sensibilizar en materia de seguridad y prevención de riesgos en la minería chilena, donde se construyen taludes empinadas, introducir un sistema de monitoreo de pendientes que utilice tecnología de radar.   |
| 4. Período de ejecución                          | Septiembre 2019 a mayo 2021 (1 año 9 meses)   |
| 5. Metodología, objetivos y resultados esperados | <p>Instalar estaciones de monitoreo de demostración en Chile, específicamente en la tercera de Región de Atacama, en una mediana empresa de minería. En la demostración se espera concientizar sobre la importancia de prevención de desastres, mediante la evaluación objetiva y cuantitativa de la estabilidad de las pendientes en las minas y los tranques de relave, y esperamos identificar posibles clientes. Lamentablemente, debido al contexto actual de pandemia a nivel mundial el monitoreo de demostración se vio afectada, debido a que afectó al nivel de difusión del proyecto.</p> <p>Paralelamente el gobierno chileno, a través de fundación Chile, se encuentra en desarrollo de el “programa tranque”, consideramos que cooperar en este proyecto aportará al objetivo de fomentar la conciencia sobre prevención de desastres en la mediana minería.</p> |
| 6. Perspectiva y Justificación del proyecto      | En relación con la perspectiva de realización del proyecto, se considera que las minas operadas por Candelaria y CAP puedan ser potenciales clientes. Además, aunque no se ha promulgado ninguna ley que especifique la tecnología a utilizar en el monitoreo de los tranques de relave, se comprobó la utilización de tecnología de radar en sistemas de monitoreo, y estándares para la gestión del “programa tranque” en curso. Es probable que se estandarice los métodos de monitoreo, y se espera que las necesidades aumenten en el futuro.  |

|   |   |
|---|---|
|   | <p>Además, estimamos que promover en organismos públicos la eficacia de nuestro sistema para la seguridad de la mina y la conservación del medio ambiente, conduciría a una gran adquisición de mercado.</p> <p>Sin embargo, aún no hemos obtenido un acuerdo concreto para introducir nuestro equipo en organismos públicos, y dado que para este proyecto requeriremos la cooperación con agencias gubernamentales como el Ministerio de Minería y empresas mineras privadas, continuamos analizando la real posibilidad de comercialización en el futuro.</p>  |
| <p>7. Modelo de negocio propuesto para la realización</p> | <p>Respecto al modelo de negocio, según los usuarios que entrevistamos e identificamos en las actividades locales, están las grandes empresas mineras con fuertes recursos financieros, pequeñas y medianas empresas mineras que tienen dificultades para invertir grandes inversiones, y las diversas agencias gubernamentales involucradas en el monitoreo de tranques de relave (Al ser una política prioritaria de Chile).</p> <p>Dada la amplia variedad de potenciales usuarios, se consideran los siguientes tres modelos de negocio.</p> <p>Mediante los 3 modelos presentados buscamos dar flexibilidad según la necesidad de usuario para promover y facilitar el uso del sistema/equipo.</p>   |
| <p>8. Contribución a los objetivos y metas de los ODS</p> | <p>Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.</p> <p>9.4 De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas</p>  |
| <p>9. Posibilidad de contribuir al logro de los ODS</p>   | <p>En la ciudad de Copiapó, que fue seleccionada como el área objetivo, las operaciones mineras y los tranques de relaves encuentran cercanas a zonas urbanas, por lo que un accidente como el colapso de un tranque de relave tendría un impacto grave al medio ambiente y para la población. El desarrollo de este proyecto conducirá a la construcción de una comunidad segura y protegida.</p> <p>Tenemos como objetivo concientizar sobre la seguridad de las minas y la conservación del medio ambiente, a través de actividades como, recorridos de sitios de demostración y seminarios para los stakeholders relacionados a la minería, prevención de riesgos, medio ambiente, etc.</p> <p>También tenemos considerado la cooperación con organismos como Fundación Chile, que tiene una alta conciencia en el logro de los ODS, y la</p> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>cooperación en las políticas prioritarias de Chile sobre seguridad minera y monitoreo tranques de relave.</p> <p>Además, si se consideran la aplicación del equipo en materias relacionados con desastres naturales como terremotos y lluvias torrenciales, y la aplicación en la conservación de glaciares, pensamos que podría contribuir a las metas 11 y 13 de las ODS.</p>  |
| <p>10. Objetivos específicos para el desarrollo del proyecto</p> | <p>Recopilar información y verificar si se extenderá el período del proyecto de monitoreo de tranques de relave (programa tranque), y si existen proyectos posteriores. Además, continuar recopilando información sobre el establecimiento del Observatorio Nacional de tranques de Relaves.</p> <p>Considerando el plan de negocio propuesto por nuestra empresa para la difusión / demostración / comercialización del proyecto (en línea con las ODS), el cual fue presentado en 2020.</p> |

## Situación/ Problemas en el país de destino

- Las faenas mineras y tranques de relave se encuentran cercanas a zonas urbanas
- La minería es una industria clave, sin embargo para un crecimiento sostenido es necesario la prevención de riesgos y las medidas de conservación del medio ambiente.

## Tecnología/ producto propuesto

- Radar que emite y recibe ondas milimétricas (76 a 77 Ghz) para medir de forma remota la el desplazamiento de pendientes de forma precisa.
- Puede detectar los fenómenos previos a un derrumbe
- Diseño compacto y liviano, lo que permite ser operado por 1 o 2 personas

## Contenido del proyecto

- Tiempo de proyecto: Septiembre 2019 a Mayo 2021
- Zona objetivo: Santiago y Copiapó
- Resumen del proyecto:
  - Con el objetivo de sensibilizar en materia de seguridad y prevención de riesgos en la minería, introducir un sistema de monitoreo de pendientes que utilice tecnología de radar.



Georadar NGR76.5ts

## Modelo de negocio propuesto

- Estableciendo como base comercial a una subsidiaria en Chile se contemplan 3 modelos
- Venta y mantenimiento de equipo.
- Arriendo de equipo con soporte en instalación, medición, análisis, gestión, e informes.
- Proporcionar directamente el servicio de medición / monitoreo de pendientes.

## Contribución a problemas locales por medio del presente proyecto

- Concientización sobre la seguridad de las minas y la conservación del medio ambiente.
- Evaluación objetiva y cuantitativamente sobre la estabilidad de las minas en operación y tranques de relave, y contribuyendo al bienestar de los residentes locales.

31 de Marzo 2021