

第6章 閉山計画審査のケーススタディ

第6章 閉山計画審査のケーススタディ

6.1 閉山計画審査のケーススタディについて

6.1.1 ケーススタディの目的と内容

閉山計画書に記載されたコンポーネントの内容と現場の状況に乖離が生じている場合、閉山計画書の内容を適正に審査することが困難となり、鉱害発生リスクを低減できなくなる懸念される。

ケーススタディは、閉山計画書に記載された内容と実際の現場の状況を比較することにより、閉山計画書を効果的に審査できることを確認すると共に、現地視察を実施する際の課題を抽出することを目的として実施した。

ケーススタディの目的と内容を以下に示す。

- ・ ケーススタディの目的 ：
 - 閉山計画書と現状との乖離状況、新規改善点等の現地確認
 - 必要な改善計画および方法の現地検討
 - 改善計画の現地での鉱山側への対応
 - 現地視察の実施上の課題の検討
- ・ ケーススタディの内容 ：
 - 稼行鉱山の施設の立地状況の確認
 - 鉱山域内・外の環境状況の確認
 - 段階的閉山計画および実施状況の確認
 - 閉山計画書と現状との乖離状況、及び明示されていない（新規）改善点の指摘
 - 々・乖離状況がある場合 ：改善計画およびその方法の検討
 - 々・新規改善点がある場合 ：改善計画およびその方法の検討
 - カウンターパートへのOJT

また、ケーススタディは、閉山計画（PCM）審査における現地視察の実施を前提とし、実施上の課題の検討は、主に現地視察後に実施する。現地視察の実施上の検討内容は、以下のとおりである。

- 現地視察の必要性、名所の検討
- 現地視察の作業内容
- 現地視察の実施時期（PCM 審査フロー内での位置付け）
- 現地視察の人員・期間
- 現地視察の予算
- チェックリストの作成
- 作業報告書の作成

なお、稼行鉱山の現地視察の結果に基づいて、審査（側）の課題点、閉山計画書との乖離点および各鉱山の必要な改善点および新規改善点を抽出するものとする。

6.1.2 ケーススタディの手順

ケーススタディは、実施する稼行鉱山を選定し、当該閉山計画書の内容を確認すると共に鉱山の閉鎖活動状況を確認し、現場において調査する内容を事前にピックアップしておく必要がある。ケーススタディの手順を図6.1に示す。

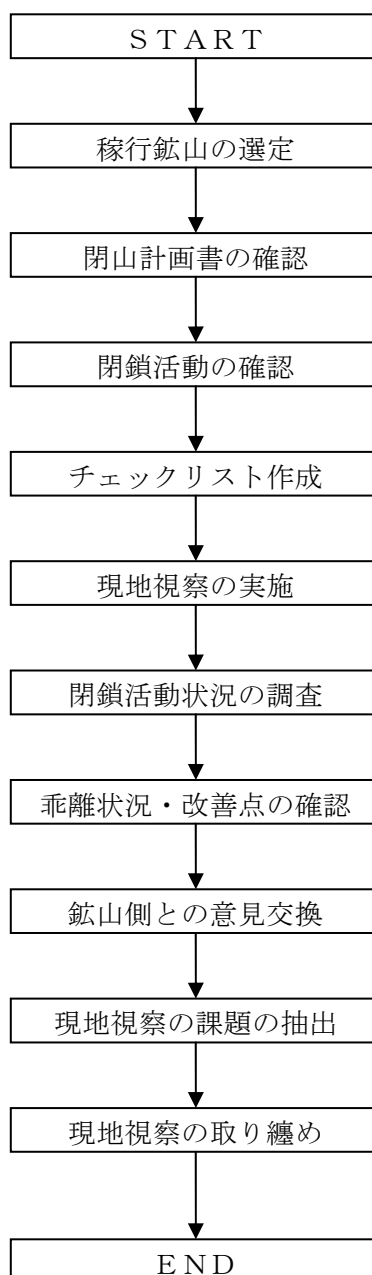


図6.1 ケーススタディの手順

6.1.3 ケーススタディの対象鉱山の選定

ケーススタディの対象鉱山は閉山計画審査を申請した稼行鉱山とした。

2009年7月までに閉山計画審査を申請した稼行鉱山は、合計137鉱山であり、すべての鉱山について、審査内容を確認することは効率的でない。このため、ケーススタディとして検討する鉱山について選定作業を行った。

2010年4月時点における、稼行鉱山の審査状況を表6.1に、稼行鉱山のリストを表6.2に、対象鉱山の選定方法および選定結果を以下に示す。

表 6.1 稼行鉱山の審査状況

申請受理 鉱山数	申請期間	閉山計画 認可鉱山数	審査所見の提示				審査中 E
			A	B	C	D	
137	2006/8～ 2009/7	115	7	2	1	1	12

A: Declaracion No Presentado (審査所見の回答なし)
B: Acumulado Nuevo PCM (新規閉山計画作成中)
C: No Presentado (審査所見への回答待ち)
D: Desistido (申請放棄)
E: Pendiente (審査中)

(1) 選定方法

検討鉱山の選定方法は、選定要素を設定し、各種要素別による選定を行い、最も重複する鉱山（選定要素の多い鉱山）を検討鉱山として抽出した。

稼行鉱山の一覧を表6.2に、最終選定表を表6.3に示す。また、選定手順を以下に述べる。

- ① 第1次選定 : 全選定要素による選定
↓
- ② 第2次選定 : 地形－地域（鉱山の位置）の組合せによる選定
↓
- ③ 第3次選定 : 鉱種－地域（鉱山の位置）の組合せによる選定
↓
- ④ 第4次選定 : 鉱床タイプ－採掘法の組合せによる選定
↓
- ⑤ 第5次選定 : 鉱山の規模による選定
↓
- ⑥ 最終選定 : ①～⑤の組合せ選定結果から3回以上選定された鉱山を抽出

表 6.2 稼行鉱山一覽表(1)

No.	UNIDAD MINERA	EMPRESA MINERA	composición de capital	FECHA DE INGRESO	SITUACION A partir de abril 2010	LOCALIZACIÓN	
			(capital composition)			Provincia	Distrito Regional
1	San Genaro	Castrovirreyna Cra. Minera S.A.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	Santa Ana, Castrovirreyna, Huancavelica	Central - Sur
2	Catalina Huanca	Catalina Huanca Soc. Min. S.A.C.	Extranjero	14/08/2006	Aprobado	Canaria, Víctor Fajardo, Ayacucho	Central - Sur
3	Acumulación Ancovo	Cedimin S.A.C.	Extranjero	15/08/2006	Aprobado	Choco, Castilla, Arequipa	Sur
4	Chaquelle	Cedimin S.A.C.	Extranjero	15/08/2006	Aprobado	Choco, Castilla, Arequipa	Sur
5	Proyecto Exploración "Ampato"	Cedimin S.A.C.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Chachas, Castilla, Arequipa	Sur
6	Cantera las Hienas	Cementos Lima S.A.	Nacional	15/08/2006	Aprobado	San Antonio, Cañete, Lima	Sur - Chico
7	Las Dunas 1 y Las Dunas 3	Cementos Lima S.A.	Nacional	15/08/2006	Aprobado	San Clemente, Pisco, Ica	Sur
8	Cantera Cristina	Cementos Lima S.A.	Nacional	15/08/2006	Aprobado	Villa María del Triunfo, Lima, Lima,	Sur - Chico
9	Cantera Miguel Segundo	Cementos Lima S.A.	Nacional	15/08/2006	Aprobado	Lurin, Lima, Lima	Sur - Chico
10	Concesión Virgen de Fátima	Cementos Lima S.A.	Nacional	15/08/2006	Decl. No Presentado	Huaros, Canta, Lima	Norte - Chico
11	Concesión Atocongo	Cementos Lima S.A.	Nacional	15/08/2006	Aprobado	Villa María del Triunfo, Lima, Lima,	Sur - Chico
12	Concesión Conchan 1	Cementos Lima S.A.	Nacional	15/08/2006	Decl. No Presentado	Villa El salvador, Lima, Lima,	Sur - Chico
13	Concesión Mussa 2	Cementos Lima S.A.	Nacional	15/08/2006	Desistido	Pachacamac, Lima, Lima	Sur - Chico
14	Raúl	Cementos Pacasmayo S.A.A.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	Mala, Cañete, Lima	Central - Sur
15	Cantera Tembladera	Cementos Pacasmayo S.A.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Yonán, Contumaza, Cajamarca	Norte
16	Cantera Fila Larga	Cementos Selva S.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	El Milagro, Utcubamba, Amazonas	Norte
17	Cantera Tiyoacu	Cementos Selva S.A.	Nacional	16/08/2006	Decl. No Presentado	Elias Splin Vargas, Rioja, San Martín	Norte
18	Cantera El Pajonal	Cementos Selva S.A.	Nacional	16/08/2006	Decl. No Presentado	Rioja, Rioja, San Martín	Norte
19	Cantera Jera	Cementos Selva S.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Moyobamba, Moyobamba, San Martín	Norte
20	Barreno	Cía de Minas Arirahua S.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Yanquihua, Condesuyos, Arequipa	Sur
21	Mina Ishihuica Caravelí	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Arequipa	Sur-Oeste
22	Antapite	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	16/08/2006	Acumulado nuevo PCM	Ocoyo, Huaytará, Huancavelica	Central-Sur
23	Recuperada	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	14/08/2006	Aprobado	Huachocolpa, Huancavelica, Huancavelica	Centro
24	Anamaray (proy. Exploración)	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	25/08/2006	Aprobado	Oyon, Oyon, Lima	Norte - Chico
25	Pozo Rico (Proy. Exploración)	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	11/08/2006	Aprobado	Yanahuanca, Daniel A.C., Pasco	Centro
26	Pampacota (Proy. Exploración)	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	11/08/2006	Acumulado nuevo PCM	Cayarani, Condesuyos, Arequipa	Sur
27	Soras (Proyecto exploración)	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	14/08/2006	Pendiente	Cayarani, Condesuyos, Arequipa	Sur
28	Mallay (Proyecto exploración)	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	11/08/2006	Aprobado	Oyon, Oyon, Lima	Norte - Chico
29	Layo (Proyecto exploración)	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	11/08/2006	Aprobado	Chachas, Castilla, Arequipa	Sur
30	Pampa Andino (Proy. Expl)	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	11/08/2006	Aprobado	San Pedro de H., Chinchá, Ica	Sur
31	Los Pircos -Cirato (Proy. Expl)	Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Sexi, Santa Cruz, Cajamarca	Norte
32	Antamina	Compañía Minera Antamina S.A.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	San Marcos, Huari, Ancash	Central-Norte
33	Arcata	Compañía Minera Ares S.A.C.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Cayarani, Condesuyos, Arequipa	Sur
34	Ares	Compañía Minera Ares S.A.C.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Ocopampa, Ares, Arequipa	Sur-Central
35	Selene Explorador	Compañía Minera Ares S.A.C.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Cotaruse, Aymaraes, Aprímac	Sur-Central
36	Morococha., Manuelita, Anticona	Compañía Minera Argentum S.A.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	Morococha, Yauli, Junín	Central-Sur
37	Florencia - Tucari	Compañía Minera Aruntani S.A.C.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Carumas, Mariscal Nieto, Moquegua	Sur
38	Santa Rosa	Compañía Minera Aruntani S.A.C.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Santa Rosa, El Collao, Puno	Sur-Oriente
39	Tantahuatay	Compañía Minera Coimolache S.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Hualgayoc, Hualgayoc, Cajamarca	Norte
40	Condestable	Cía. Minera Condestable S.A	Extranjero	14/08/2006	Aprobado	Mala, Cañete, Lima	Central-Sur
41	Poderosa de Trujillo	Compañía Minera Poderosa S.A.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	Pataz, Pataz, La Libertad	Norte-Sur
42	Raura	Compañía Minera Raura S.A.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	San Miguel de cauri, Lauricocha, Huánuco	Centro
43	Santa Rosa	Cía. Mra. Aurífera Santa Rosa S.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Angamarca, Santiago de Chuco, La Libertad	Norte
44	Huanzala	Compañía Minera Santa Luisa S.A.	Extranjero	10/08/2006	Aprobado	Huallanca, Bolognesi, Ancash	Norte
45	Sipan	Compañía Minera Sipan S.A.C.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	Llapa, San Miguel, Cajamarca	Norte
46	Parcoy	Consorcio Minero Horizonte S.A.	Extranjero	15/08/2006	Aprobado	Parcoy, Pataz, La Libertad ?	Norte
47	Dep. Concent. de Minerale	Cormin Callao S.A.C.	Nacional	16/08/2006	Pendiente	Callao, Callao, Callao	
48	Cerro Corona	Gold Fields La Cima S.A.	Extranjero	04/12/2006	Aprobado	Hualgayoc, Hualgayoc, Cajamarca	Norte
49	Pta. de Benef. Rio Seco	Inkabor S.A.C.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	San Juan de Tarucani, Arequipa, Arequipa	Sur
50	Borax	Inkabor S.A.C.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	San Juan de Tarucani, Arequipa, Arequipa	Sur
51	Adelaida	Minera Adelaida S.A.	Nacional	15/08/2006	Aprobado	Villa María del Triunfo, Lima, Lima,	Sur - Chico
52	Retamas	Minera Aurífera Retamas S.A.	Extranjero	15/08/2006	Aprobado	Parcoy, Pataz, La Libertad	Norte-Sur
53	Pierina	Minera Barrick Misquichilca S.A.	Extranjero	14/08/2006	Aprobado	Jangas, Huaraz, Ancash	Central-Norte
54	Alto Chicama	Minera Barrick Misquichilca S.A.	Extranjero	14/08/2006	Aprobado	Quirivilca, Santiago de Chuco, La Libertad	Norte
55	Contonga	Minera Huallanca S.A.	Extranjero	15/08/2006	Aprobado	San Marcos, Huari, Ancash	Central-Norte
56	Pucarrajo	Minera Huallanca S.A.	Extranjero	15/08/2006	Aprobado	Chavín de Huanter, Huari, Ancash	Norte
57	La Zanja	Minera La Zanja S.R.L	Nacional	16/08/2006	Pendiente	Pulan, Santa Cruz, Cajamarca	Norte
58	Mina Chapi	Minera Pampa de Cobre S.A.	Nacional	11/09/2006	Aprobado	La Capilla, Gral Sanche Cerro, Moquegua	Sur
59	La Virgen	Minera San Simon S.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	La Libertad	Norte-Sur
60	Yanacocha	Minera Yanacocha S.R.L.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	Cajamarca	Norte
61	Acum. Quenamarí San Rafael	MINSUR S.A.	Nacional	14/08/2006	Aprobado	Puno	Sur-Oriente
62	Quirivilca	Pan American Silver S.A.C.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	La Libertad	Norte
63	Huaron	Pan American Silver S.A.C.	Extranjero	16/08/2006	Decl. No Presentado	Huayllay, Pasco, Pasco	Centro
64	CPS N° 1 -Marcona	Shougang Hierro Peru S.A.A.	Extranjero	15/08/2006	Aprobado	Marcona, Nazca, Ica	Sur
65	Colquijirca	Sociedad Minera "El Brocal" S.A.	Nacional	15/08/2006	Aprobado	Pasco	Central
66	Austra Duvaz	S.A.C.	Extranjero	15/08/2006	Aprobado	Morococha, Yauli, Junín	Centro
67	Carolina N°1	Sociedad Minera Corona S.A.	Nacional	23/03/2006	Aprobado	Hualgayoc, Hualgayoc, Cajamarca	Norte
68	Yauricocha	Sociedad Minera Corona S.A.	Nacional	16/08/2006	Aprobado	Junín	Central
69	Cerro Verde	Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	Extranjero	14/08/2006	Aprobado	Arequipa	Sur

表 6.2 稼行鉱山一覽表 (2)

No.	UNIDAD MINERA	EMPRESA MINERA	composición de capital (capital composition)	FECHA DE INGRESO	SITUACION	LOCALIZACIÓN	
					A partir de abril 2010	Provincia	Distrito Regional
70	Tintaya	Xstrata Tintaya S.A.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	Cuzco	Sur-Central
71	Arasi	Arasi S.A.C.	Nacional	13/08/2008	Aprobado	Puno	Sur-Oriente
72	Cantera de Arcilla Cerro Pintura	Cementos Pacasmayo S.A.A.	Nacional	31/03/2008	Aprobado	Pacasmayo, Pacasmayo, La libertad	Norte
73	Ampliacion Antapite	Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	04/08/2008	Aprobado	Ocoyo, Huaytará, Huancavelica	Centro
74	El Milagro	Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	23/11/2007	Aprobado	Pilpichaca, Huaytará, Huancavelica	Centro
75	Uchucchacua	Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	15/05/2006	Aprobado	Oyon, Oyon, Lima	Central
76	Huaron	Pan American Silver S.A.C.	Extranjero	16/08/2006	Aprobado	Huayllay, Pasco, Pasco	Centro
77	Julcani	Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	15/05/2006	Aprobado	Cochaccasa, Angaraes, Huancavelica	Central-Sur
78	Esperanza 2001	Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	10/08/2007	Aprobado	Lircay, Angaraes, Huancavelica	Centro
79	Orcopampa	Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	15/05/2006	Aprobado	Orcopampa, Castilla, Arequipa	Sur
80	"Poracota"	Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	18/07/2008	Pendiente	Cayarani, Condesuyos, Arequipa	Sur
81	"Pozo Rico"	Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.	Nacional	17/10/2008	Aprobado	Yanahuanca, D.A. Carrión, Pasco	Centro
82	Pozos Ricos - Cerro Jesus	Compania Minera Colquirumi S.A.	Nacional	17/07/2007	Aprobado	Hualgayoc, Hualgayoc, Cajamarca	Norte
83	Pailca	Compania Minera Santa Luisa S.A.	Extranjero	20/05/2008	Aprobado	Huallanca, Bolognesi, Ancash	Central-Norte
84	Corianta	Coriant A S.A.	Nacional	28/04/2008	Aprobado	San Cristobal, Lucanas, Ayacucho ?	Centro
85	Pallancata	Minera Suyamarca S.A.C.	Nacional	12/07/2008	Aprobado	Coronel Castañeda, Parinacochas, Ayacucho	Centro
86	Corihuarmi	Minera I.R.L S.A.	Extranjero	27/03/2008	Aprobado	Huantan, Yauyos, Lima	Centro
87	La Oroya - Refineria 1-2	Doe Run Peru S.R.L.	Extranjero	07/03/2008	Decl. No presentado	Junin	Central
88	Cobriza	Doe Run Peru S.R.L.	Extranjero	28/02/2008	Decl. No presentado	Huancavelica	Central-Sur
89	Cantera Conchan 1	Cementos Lima S.A.	Nacional	05/08/2008	Aprobado	Villa El salvador, Lima, Lima,	Sur - Chico
90	Cantera El Pajonal	Cementos Selva S.A.	Nacional	17/09/2008	Aprobado	Rioja, Rioja, San Martín	Norte
91	Concesion Virgen de Fatima	Cementos Lima S.A.	Nacional	18/07/2008	Aprobado	Huaros, Canta, Lima	Norte - Chico
92	Comicsa 567	Cia. Minera las Camelias S.A.	Nacional	18/08/2006	Aprobado	Puente Piedra, Lima, Lima	
93	Cobriza	Doe Run Peru S.R.L.	Extranjero	17/11/2008	Aprobado	Huancavelica	Central-Sur
94	La Oroya -Refineria 1-2	Doe Run Peru S.R.L.	Extranjero	17/11/2008	Aprobado	La oroya, Yauli, Junín	Centro
95	Cantera "Tioyacu "	Cementos Selva S.A.	Nacional	03/11/2008	Aprobado	Elías Solpin Vargas, Rioja, San Martín	Norte
96	"San Fernando 2005 "	Jorge Fernando Ponce Huilcaya	Nacional	11/08/2008	No Presentado (PPM)	Lurigancho, Lima, Lima	
97	Terminal Marítimo Ilo	Sucursal Peru	Extranjero	06/11/2008	Aprobado	Moquegua	Sur
98	"Fosfato Bayobar "	Cia. Minera Miski Mayo S.A.C.	Extranjero	16/04/2009	Aprobado	Piura	Norte
99	"Planta de Beneficio Santa Rosa"	ICM Procesadora S.A.C.	Nacional	05/05/2009	Pendiente	Sancos, Lucanas, Ayacucho	Centro
100	San Fernando 2005	Fernando	Nacional	08/05/2009	Pendiente	Lurigancho, Lima, Lima	
101	La Zanja	Minera La Zanja S.R.L.	Nacional	13/10/2009	Aprobado	Pulan, Santa Cruz, Cajamarca	Norte
102	Dep. de Concent. del Callao	BHL Peru S.A.C.	Nacional	31/03/2008	Aprobado	Callao, Callao, Callao	
103	Americana	Cia. Minera Casapalca S.A.	Nacional	31/03/2008	Pendiente	Chilca, Huarochirí, Lima	Centro
104	San Vicente	Morococha S.A.	Nacional	10/06/2008	Aprobado	Junin	Central-Oriental
105	Culebrillas	S.A.C.	Extranjero	11/03/2008	Aprobado	Pataz - Pataz - La Libertad	Norte
106	Atacocha	Compania Minera Atacocha S.A.	Extranjero	19/02/2008	Aprobado	Pasco	Central-Norte
107	Huachocolpa Uno	Compania Minera Caudalosa S.A.	Nacional	27/03/2008	Aprobado	Huachocolpa, Huancavelica, Huancavelica	Centro
108	Maria Teresa	Compania Minera Colausiri S.A.	Nacional	28/03/2008	Aprobado	Lima	Central
109	Lomo de Corvina	Compania Minera Luren S.A.	Nacional	25/03/2008	Aprobado	Villa El salvador, Lima, Lima,	Sur - Chico
110	Milpo N°1	Compania Minera Milpo S.A.A.	Extranjero	04/02/2008	Aprobado	Pasco	Central-Norte
111	Cerro Lindro	Compania Minera Milpo S.A. A.	Extranjero	13/05/2008	Aprobado	Chavin, Chinchá, Ica	Sur
112	P.B. Funsur	Minsur S.A.	Nacional	19/02/2008	Aprobado	Ica	Central-Sur
113	San Valentin	Compania Minera San Valentin S.A.	Nacional	11/03/2008	Aprobado	Laraos, Yauyos, Lima	Centro
114	Quicay	Chancadora Centauro S.A.A.	Nacional	25/02/2008	Aprobado	Pasco	Central-Norte
115	Animon	S.A.C.	Extranjero	24/04/2008	Aprobado	Pasco	Central-Norte
116	Vinchos	Empresa Explotadora Vinchos Ltda.	Extranjero	15/04/2008	Aprobado	Pallanchacra, Pasco, Pasco	Centro
117	Casapalca	Empresa Minera Los Quenuales S.A.	Extranjero	14/04/2008	Aprobado	Junin	Central
118	Iscaycruz	Empresa Minera Los Quenuales S.A.	Extranjero	19/05/2008	Aprobado	Pasco	Central
119	San Cristobal	Minera Bateas S.A.C.	Extranjero	19/05/2008	Aprobado	Junin	Central
120	Casapalca 7	Perubar S.A.	Extranjero	26/02/2008	Aprobado	Junin	Central
121	Toquepala	Sucursal Peru	Extranjero	27/03/2008	Aprobado	Tacna	SurSur
122	Cuajone	Sucursal Peru	Extranjero	27/03/2008	Aprobado	Moquegua	SurSur
123	Ilo	Sucursal Peru	Extranjero	27/03/2008	Aprobado	Moquegua	SurSur
124	Ticlio	Volean Compania Minera S.A.A.	Extranjero	14/03/2008	Aprobado	Chilca, Huarochirí, Lima	Centro
125	Cerro de Pasco	Volean Compania Minera S.A.A.	Extranjero	11/02/2008	Aprobado	Pasco	Central
126	Refineria Cafamarquilla	S.A.	Extranjero	19/06/2008	Aprobado	Lurigancho, Lima, Lima	
127	Dep. de Concentrad. Rimac	Perubar S.A.	Nacional	24/03/2008	Pendiente	Callao, Callao, Callao	
128	Andres	Cia. Minera Caravel S.A.C.	Nacional	11/06/2008	Aprobado	Huanu Huanu, Caravelí, Arequipa	Sur
129	Mahr Tunel -San Cristobal	Volean Compania Minera S.A.A.	Extranjero	10/12/2008	Aprobado	Yauli, Yauli, Junín	Centro
130	Carahuacra	Volean Compania Minera S.A.A.	Extranjero	10/12/2008	Pendiente	Junin	Central
131	Andaychaqua	Volean Compania Minera S.A.A.	Extranjero	19/12/2008	Aprobado	Huay Huay, Yauli, Junín	Centro
132	Tamboraque	Cia. Minera San Juan S.A.C.	Extranjero	14/10/2008	Aprobado	San Mateo, Huarochirí, Lima	Centro
133	Andino "A"	Cemento Andino S.A.	Nacional	15/08/2008	Aprobado	La Unión, Tarma, Junín	Centro
134	Cemento Andino "B "	Cemento Andino S.A.	Nacional	20/08/2008	Pendiente	La Unión, Tarma, Junín	Centro
135	El Cofre	Ciensa	Nacional	31/10/2008	Aprobado	Paratía, Lampa, Puno	Sur
136	"Pachapaqui"	ICM Pachapaqui S.A.C.	Nacional	03/02/2009	Pendiente	Aquia, Bolognesi, Ancash	Norte
137	Nuevo Deposito de Minerales	PERUBAR S.A.	Nacional	02/07/2009	Pendiente	Callao, Callao, Callao	

表 6.3 稼行鉱山の最終選定表

選択要素	大区分	最終的に選定した鉱山
地形区分	海岸	14, 21, 40, 108, 112, 123
地形区分	山岳	65, 87, 106, 117
地形区分	森林	20, 104
地域(鉱山の場所)	北部	60
地域(鉱山の場所)	中央部	14, 40, 108, 112, 117
地域(鉱山の場所)	南部	70, 123
鉱種	Au	21, 65, 106
鉱種	Ag	－
鉱種	Cu	14, 70, 88
鉱種	Zn-Pb	44, 83, 108, 117
鉱種	Sn	61
鉱種	石灰岩	－
鉱床区	I	41
鉱床区	II	88
鉱床区	III	－
鉱床区	IV	104
鉱床区	V	－
鉱床区	VI	－
鉱床区	VII	14, 54
鉱床区	VIII	－
鉱床区	IX	21
鉱床区	X	108
鉱床区	X I	－
鉱床区	X II	38, 40
鉱床区	X III	122
鉱床区	X IV	70
鉱床区	X V	－
鉱床区	X VI	115
鉱床区	X VII	65
鉱床区	X VIII	44
鉱床タイプ	鉱脈型	14, 40, 108
鉱床タイプ	斑岩銅型	32, 60, 70
鉱床タイプ	鉱染(金)型	21, 60
鉱床タイプ	接触交代鉱床型	32
鉱床タイプ	漂砂鉱床型	－
採掘法	露天掘削型	60, 70
採掘法	坑内採掘型	38, 88, 117
採掘法	露天・坑内採掘併用	14, 32, 40
選鉱法	浮遊選鉱	14, 40, 108
選鉱法	比重選鉱	－
選鉱法	CIP(金抽出)法	－
選鉱法	ヒープリーチング	70
製錬・製錬	製錬所・製錬所	60, 70, 112, 123
鉱山の規模	大	32, 60, 69, 123
鉱山の規模	中	14, 40, 108, 112, 117

(2) 選定結果

上記の手法により選定した結果、合計 21 鉱山（表 6.4 参照）が選定された。

表 6.4 選定鉱山一覧表

No.	リスト番号	鉱 山 名
1	14	Raúl
2	21	Mina Ishihuinca Caravelí
3	38	Santa Rosa
4	40	Condestable
5	41	Poderosa de Trujillo
6	44	Huanzala
7	54	Alto Chicama
8	32	Antamina
9	61	Acum. Quenamari San Rafael
10	65	Colquijirca
11	70	Tintaya
12	87	La Oroya - Refineria 1-2
13	88	Cobriza
14	104	San Vicente
15	106	Atacocha
16	108	Maria Teresa
17	112	P.B. Funsur
18	115	Animon
19	117	Casapalca
20	122	Cuajone
21	123	Ilo

6.2 ケーススタディの実施 - その1

第1回目のケーススタディとして、下記の3鉱山について現地調査を実施した。

- ① リスト番号 14 の Raúl 鉱山
- ② リスト番号 40 の Condestable 鉱山
- ③ リスト番号 117 の Casapalca 鉱山

なお、上記鉱山のうち、Raúl 鉱山については、2010 年 3 月に Condestable 鉱山が利権を獲得し、Condestable 鉱山の一部として開発を再開している。Raúl 鉱山と Condestable 鉱山は隣接しており、同様の気象・地形・鉱床形態を示していることから、同一鉱山として検討を行った。

6.2.1 Condestable 鉱山 - Raúl 鉱山の検討

(1) Condestable 鉱山 - Raúl 鉱山の概要

a. 鉱山の概要

Condestable 鉱山はコンデスタブレ鉱山会社の所有であり、リマ市から南東へ海岸線に沿って約 80km、マラ町の手前をマラ川に沿って北東方面に約 5km に位置する。

鉱山開発は、1962 年から探査し 1964 年には採掘が開始された。銅品位は 2.5%、採掘量は 600t/日であった。その後、変遷があったが、2004 年には 5,500t/日に規模を拡大している。2006 年における埋蔵量は 4,630,000t、銅品位 1.53%、鉱山城 5,319ha である。

採掘法は、1985 年頃は露天採掘法が全盛期であったが、ズリ量が多くなったことから、坑内採掘法へと転換し、現在では地下坑道 200m 付近で、主にシュリンケージ法により採掘している。2006 年には試験的にリーチングを実施し、カップーセメントとして銅を 500t/日回収していたが、現在では行っていない。

なお、Raúl 鉱山が隣接して稼行していたが、1997 年には操業を休止した。その後、Condestable 鉱山が利権を獲得し、2010 年 3 月には Condestable 鉱山の一部として開発を再開している。

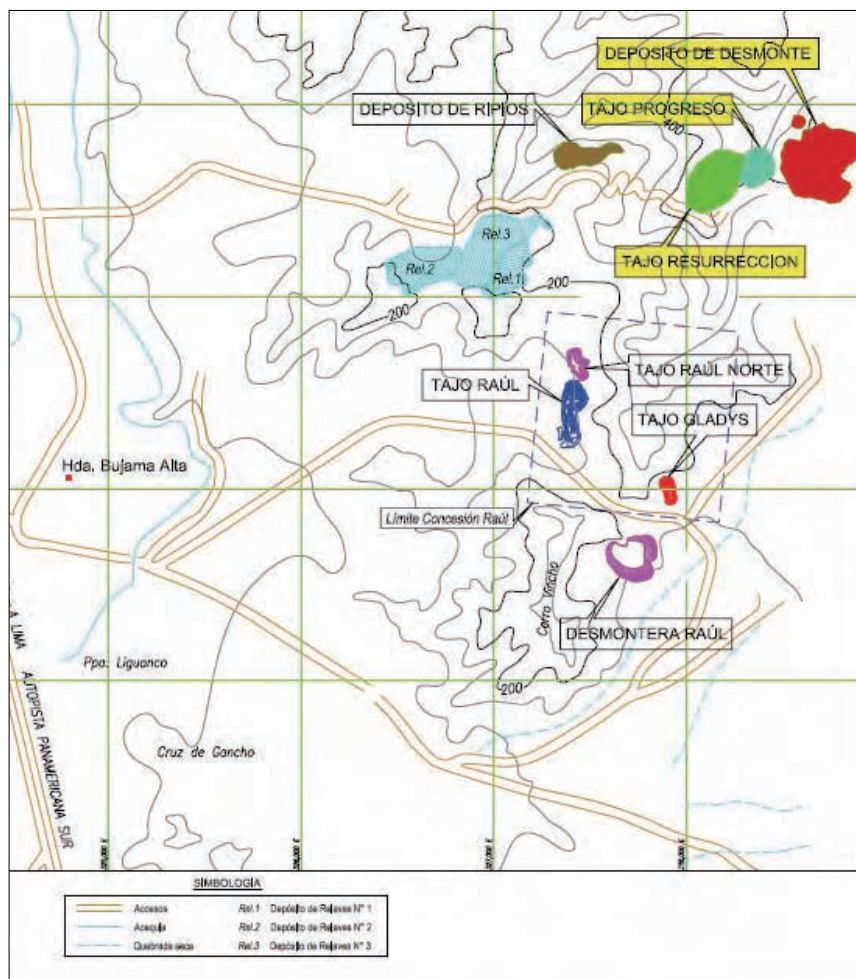


図 6.2 Condestable - Raúl 鉱山調査位置図

b. 主要な鉱山施設

Condestable 鉱山には、最大 6,000t/日規模の選鉱設備、4 箇所の廃さい堆積場、2 箇所のブリ捨場、2 箇所の露天採掘跡、坑口、立坑、地下坑道、砂利置場、酸化物置場、キャンプ、事務所等が配置されている。

Raúl 鉱山は、2 箇所の露天採掘跡、4 箇所の廃さい堆積場と 1 箇所の古い廃さい堆積場、3 箇所のブリ捨場、坑口、立坑、地下坑道等が存在する。

c. 水理学的特長

Condestable 鉱山地域は、海岸地方特有の気候であり、年間平均降水量 20～40mm、統計蒸発量 1,250mm の砂漠性気候である。そのため、閉鎖した堆積場からは浸透水はほとんど発生しない状況であり、酸性水発生リスクが小さいと考えられる。

また、地下坑道には帯水層が存在しないため、坑廃水の発生するリスクが小さく酸性水の発生の可能性も報告されていない。

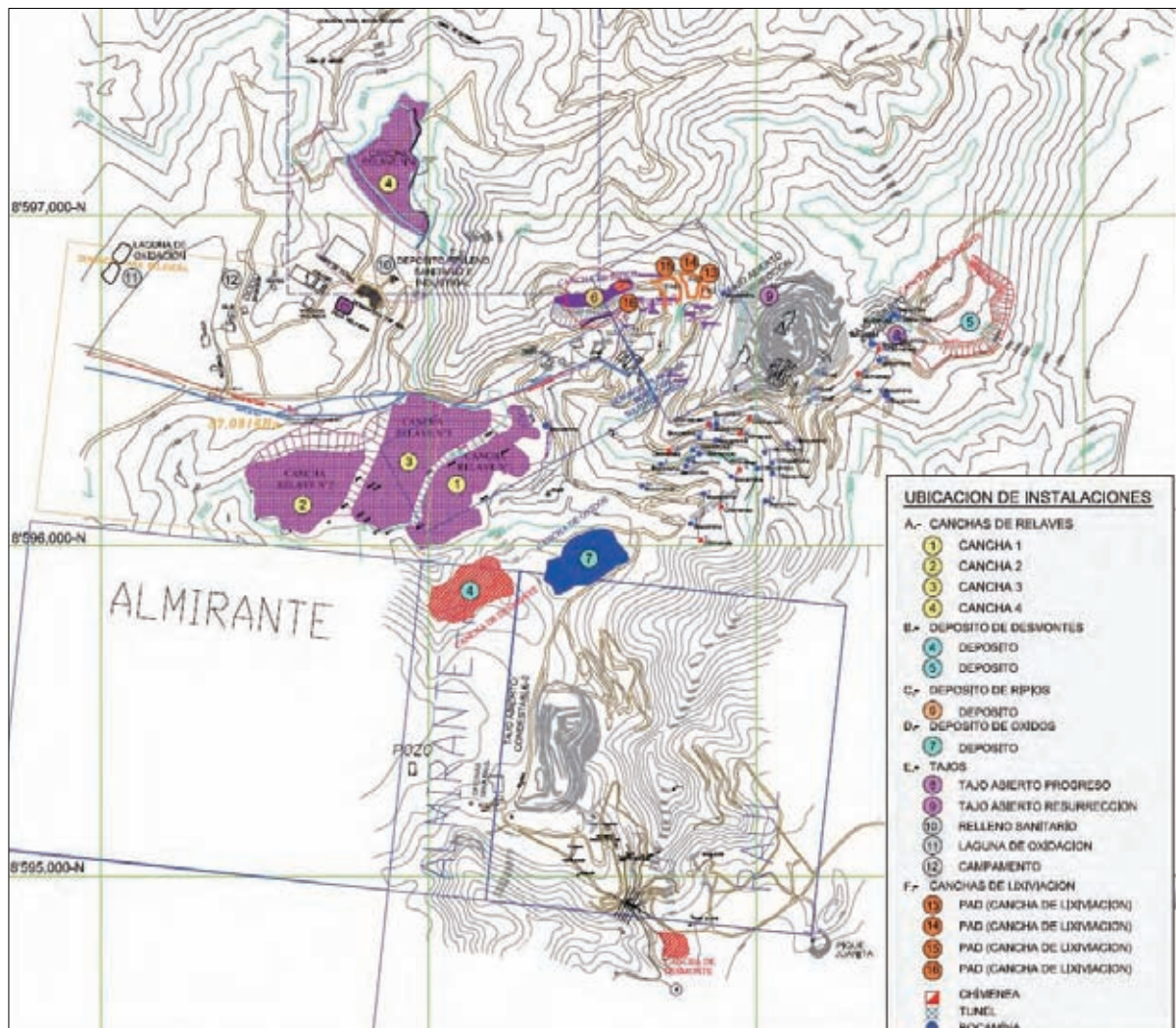


図 6.3 Condestable - Raúl 鉱山主要鉱山施設位置図

d. 環境管理

Condestable 鉱山では、鉱山内と周辺 3 箇所のモニタリングポイントにおいて、PM10、鉛、砒素の大気質測定を行っている。

また、水収支については、選鉱プラントから出る排水および廃さい堆積場の浸透水は、全量再利用しており、敷地外への排出水は無いクローズドシステムにより運営されている。

e. 段階的閉鎖

段階的閉鎖の主な内容は、操業していない坑口の閉鎖、廃さい堆積場の閉鎖、ズリ捨場の閉鎖等である。また、利権を入手した Raúl 鉱山についても廃さい堆積場の閉鎖を実施している状況である。

f. 最終閉鎖

最終閉鎖の主な内容は、露天採掘後の閉鎖、坑口や立坑の閉鎖、廃さい堆積場の閉鎖、ズリ捨場の閉鎖、選鉱プラントの解体、事務所やキャンプの撤去等である。

(2) Condestable 鉱山 - Raúl 鉱山の現地視察結果

現地視察は、2010 年 8 月 25 日から 8 月 26 日に実施した。

現地視察では、一連のプロセスを確認すると共に、プロセス用水や坑廃水の発生を含めて、水管理システムを重点的に視察した。また、坑口や露天採掘跡、ズリ捨場や廃さい堆積場など段階的閉鎖計画の実施状況についても確認した。現地視察結果を以下に示す。

a. 坑口と露天採掘場跡地

Condestable 鉱山と Raúl 鉱山は、当初露天採掘を行い、ズリ量の増加に伴い坑道採掘へと移行しており、露天採掘跡の中に坑口が点在している。露天採掘跡に存在する坑口の閉鎖は、露天採掘跡地の閉鎖の方法に合わせて実施されることになるが、現時点では露天採掘跡地の閉鎖方法を検討している段階であった。閉山計画では、ズリ充填法、犬走りの設置とフェンス設置の組み合わせ方法を併記している。閉鎖方法を検討している露天採掘跡地を写真 6.1 に示す。



写真 6.1 露天採掘跡地 (Tajo abierto resurreccion) の状況

また、坑口の閉鎖は、ズリ充填により、第三者や動物の侵入を防止する方法を採用しているが、万一の点検用として坑口頂部は空間が設けられている。坑口の閉鎖状況を写真 6.2 に示す。



写真 6.2 坑口の閉鎖状況

b. 地下坑道

地下坑道は、Raúl 露天採掘跡地にある坑口から現在採鉱を実施中であるが、休止中の地下坑道からは坑内水の排出は確認されなかった。また、Condestable 鉱山の採掘中の地下坑道には入坑しなかったが、採掘跡からの浸透水の湧出は無いとの説明であった。



写真 6.3 坑道の状況

c. 選鉱プラント

Condestable 鉱山では、井戸から生活用水と鉱業用水を取水している。鉱業用水は、全て再利用しており、鉱山外へ排出する用水は無い状況である。選鉱プラントは、最大 6,000t/日の鉱石を処理する能力を有し、鉱石 1t 当たり用水を 2.5t 使用している。その割合は、再利用水約 1.5t、井戸水（地下水）約 1t である。

鉱石 1t 当たり、新しい井戸水を約 1t 供給されているが、この補給水のほとんどは選鉱廃さいと共に堆積場内に貯留し、一部は蒸発等により失われている。井戸水と廃さい堆積場の浸透水についてパックテストによる水質測定を行ったが、特に問題になるような値は確認されなかった。選鉱プラントは、一次破碎、二次破碎、ミル磨耗、最終スクリーニング（ $\#30\mu\text{m}$ ）を経て浮選設備へ送られている。二次破碎では約 6mm 以下まで破碎するが、飛散する細粒成分を集塵するためバグフィルター式集塵装置を設置している。ミル磨耗で

は、加水しながらボールミルにより $70\mu\text{m}$ 以下まで鉱石を磨耗処理している。

浮選設備では、酸化カルシウムによる pH 調整 (pH10.3、鉄分が多い時は pH10.6)、銅を回収するための試薬等を添加し、品位約 26% の銅精鉱を回収している。実収率は約 90% である。銅精鉱を回収した後の選鉱ペーストは、シックナーで固液分離され上澄水は再利用される。また、濃縮ペーストは、廃さい堆積場へ移送される。選鉱プラントの主要設備を写真 6.4 と写真 6.5 に示す。



【受入・一次破碎設備】



【二次破碎設備と集塵装置】

写真 6.4 選鉱プラントの主要設備その 1



【磨鉱装置】



【スクリーン装置とシックナー】

写真 6.5 選鉱プラントの主要設備その 2

d. ズリ捨場

Condesutable 鉱山では、現在、Tajo progreso 奥にあるズリ捨場の段階的閉鎖を計画している。閉鎖内容は、表層面の成形と被覆、法面の成形であるが、まだプランニングの段階である。

当ズリ捨場の表層の堆積物は、黄鉄鉱の含有が認められる。しかしながら、降雨が少ないことから下流に流出している形跡は確認されなかった。

また、ズリ捨場は、最終閉鎖を考慮して堆積されていないことから、斜面の安定化を図るための法面の修復作業には多大な労力が必要になると考えられる。ズリ捨場の法面の状況を写真 6.6 に示す。



写真 6.6 ズリ捨場の法面の状況

e. 廃さい堆積場

Condestable 鉱山では、Raúl 鉱山を含めて 5 箇所の廃さい堆積場が存在し、現在、その内 2 箇所の段階的閉鎖を進めている状況である。

Raúl 鉱山の Relave-1、2、3、3A の 4 箇所の廃さい堆積場は、隣接していることから纏めて処置している。閉鎖内容は、廃さいの飛散防止を図るため覆土（ズリを使用し、厚さ約 50cm）、降雨時の排水のための暗渠敷設である。なお、使用するズリは酸生成可能性が無い材質のものを使用する。また、当該エリアは、乾燥地帯に位置し植生が存在しないことから、植栽の計画は無い。写真 6.7 にズリによる被覆状況を示す。



写真 6.7 Raúl 鉱山の Relave-1、2、3、3A のズリによる被覆状況

Condestable 鉱山の No. 2 廃さい堆積場は、廃さいの平坦部分に対して中央部を基点とし法面方向に向けて約 1%以上の勾配を確保できるように成形し、その上に約 50cm 以上の砂利層を被覆し転圧している。また、提体部分の斜面は、将来的には砂利層で被覆する計画であり、現在、提体部から斜面の法尻にかけてピエゾメーターを設置し、浸潤線（地下水位面）を測定している。砂利層の被覆前の浸潤線（地下水位面）の高さは、堆積場底面から+0.5m の高さにあったが、砂利層を敷き詰めたことにより+2m にまで上昇している。しかしながら、浸透水の排出は認められない状況である。砂利層の被覆状況を写真 6.8 に示す。



写真 6.8 Condestable 鉱山の No. 2 廃さい堆積場の被覆状況

Condestable 鉱山の No. 4 廃さい堆積場は、現在使用中である、廃さいペーストをシクナーで固液分離した濃縮ペーストをサイクロンにより細粒と粗粒に分級し、粗粒成分を提体外側、細粒成分を提体内部に排出している。細粒成分を貯留する提体下部は、廃さい細粒による遮水処理を行っている。粗粒成分により築堤された提体下部には、提体内の湿潤線を低下させるための排水暗渠が敷設されている。また、廃さい堆積場用地はボーリングの結果、地下 60m まで帯水層が存在しないことを確認している。廃さいの充填状況を写真 6.9 に示す。



写真 6.9 No. 4 廃さい堆積場の使用状況

提体下部の集水暗渠は、集水スリット付のポリエチレン管を目詰防止用のフィルターで被覆して砂利層に埋設している。集水パイプの構造を写真 6.10 に示す。



写真 6.10 No. 4 廃さい堆積場の集水設備

提体下部に設置された集水設備から集水された浸透水は、一旦浸透水用プールに貯水した後、選鉱用水として再利用されており、系外へ排出する水は認められなかった。また、浸透水用プールは、遮水シートが敷設されていた。浸透水集水池の使用状況を写真 6.11 に示す。



写真 6.11 No. 4 廃さい堆積場浸透水集水池

f. 取水設備

飲料用水と鉱業用水に取水している井戸の使用状況を写真 6.12 に示す。

井戸は約 40m 掘削し、井戸水位は井戸底部より約 +8m である。井戸ポンプにより約 2.3m³/分の水量で汲み上げており、井水は無色透明の性状であったが、電気伝導度が約 240mS/m あったことから塩分濃度が高いと考えられる。

また、相当の水量を連続的に汲み上げていることから、近隣の井戸水にも影響を与えていることが懸念され、農業用水の海水化による農地の塩害が懸念される。



写真 6.12 取水井戸の状況

g. 安全管理

鉱山事務所には、常時 4 名救急隊員と救急車両 1 台を待機させ、火災や事故に対処できるようにしている。救急隊の内訳は、防火、保守、救急車両、危険物防止で構成されている。救急隊員は、健康面、精神面、理論面に係る国家試験をパスしてその資格を得ることが出来る。

h. 社会的活動

Condestable 鉱山では、閉山に向けて社会的活動の一環として、近隣住民に対して、簡易な診療サービス、裁縫などのテクニカル訓練、薬用植物や葡萄などを栽培する試験農場を建設して、閉山後の経済的自立をサポートする活動を実施している。

近隣住民に対しては、これまでも EIA、閉山計画に係る住民説明会を実施している。現在は、鉱山の環境対策や閉山後の社会的影響について、啓蒙に努めているところである。

閉山についての説明会では、住民から特別な意見は無かった。

(3) Condestable 鉱山 - Raúl 鉱山の現地視察に係る考察

Condestable - Raúl 鉱山の現地視察結果と閉山計画書との乖離状況について比較検討した結果、以下の指摘事項が抽出された。

(地表水と地下水)

- ① 閉山計画書には地表水のみを考慮して作成しているように見受けられる。もっと地下水に対する検討も取り入れるべきである。
- ② 閉山計画書には個々の施設におけるバランスシートはあるが、鉱山全体のマテリアルバランスシートが存在しない。鉱山全体の状況を把握する意味でも、閉山計画書に記載すべきであると判断される。
- ③ Raúl 鉱山の廃さい堆積場について、閉山計画書にはピエゾメータ設置の記載はなく、オブザベーションでも指摘されていない。廃さい堆積場にモニタリング孔を設置し、地下水の水質、地下水位の状況を把握する必要がある。
- ④ 閉山計画書には、地下水の流れの概要は記載されているが、流動解析は行われていない。また、オブザベーションでも指摘されていない。廃さい堆積場等から重

金属が地下水に流入した場合、影響の有無および影響がある場合の範囲等を推定する必要がある。

- ⑤ 閉山計画書では、廃さいの酸性水の発生について検討されているが、廃さいの覆土材（ズリ）について酸性水の発生の有無が検討されていない。また、オブザベーションでも指摘されていない。
- ⑥ Condestable 鉱山 No. 4 廃さい堆積場については、下流部で廃さい堆積場から出た水を集水し、選鉱場へ送って再利用しているが、既存の集水施設ではすべての浸透水を集水することは困難であると判断される。送水量、集水量、浸透量、蒸発量について、解析する必要がある。
- ⑦ Raúl ピットについて降水等による地下水汚染発生の可能性について検討するようにとの指示に対し、年間降水量より年間蒸散量が大きいため、問題は発生しないとの返答が出されている。しかしながら、閉山後の採掘跡等の定常水位を解析し、必要に応じて採掘跡等からの重金属類の溶出について検討する必要がある。
- ⑧ Raúl 鉱山では、鉱山下流部に 2 箇所、Condestable 鉱山では鉱山内に 1 箇所と鉱山下流部に 1 箇所、モニタリングポイント（井戸）が設置されている。しかしながら、各モニタリングポイント（井戸）の設置目的が明瞭でない。見直し閉山計画書には、各モニタリングポイント（井戸）を再検討する必要がある。

（粉塵）

- ⑨ 選鉱場には集塵機が設置され、また、廃さい堆積場には礫石が敷設されており、粉塵の発生を抑制している。本事項は、既存の閉山計画書に記載されていない。3 年後の見直し閉山計画書に記載することを提案する。

（坑外施設）

- ⑩ 閉山計画書には、坑道・坑口の種々な閉塞方法が記載されているが、本地域は坑水の流出がないことから、格子を入れて閉塞することを提案する。
- ⑪ オープンピット跡地の閉鎖について、費用対効果を検討すると、犬走りを付ける方法は費用がかさみ、将来的に風化して崩れる可能性があり、あまり効果的ではないと考えられる。我々としてはフェンスで囲む方法を提案する。

（堆積場）

- ⑫ Condestable 鉱山のリーチング跡地について、水位観測孔等のモニタリング設備の記載がない。ピエゾメーターによるモニタリングを提案する。
- ⑬ 閉山計画書には、大規模なズリ捨場についての対策案の記載はあるが、小規模なズリ捨場について記載されていない。大きな問題にはならないと考えられるが、閉山計画書に整地等の対策案を記載することを提案する。

（社会環境）

- ⑭ 鉱山地域の下流部に部落があり、地下水を飲料水等に用いている。閉山計画書に鉱山地域の下流部の部落について、水の利用状況についての記載がない。水の利用状況について調査して記載する必要がある。

また、上記の指摘事項について、Condestable 鉱山に再訪問し、検証を行った。その結果は、以下のとおりである。

(地表水と地下水)

- ①の回答：本地域は、乾燥地帯に対比され、水理解析結果から、地表水の浸透および海からの海水の流入はないと考えられる。また、採掘現場からの湧水も無い。今後、状況に応じて（地下採掘場から水が湧出した場合）、見直し計画書で検討する。
- ②の回答：鉱山全体のマテリアルバランスシートについては、見直し閉山計画書提出時に取り入れる。
- ③の回答：Raúl 鉱山は、鉱山閉鎖法の制定前に閉山(1996 年)しており、廃さい堆積場にピエゾメーターの設置は義務付けられていない。しかしながら、ピエゾメーター設置のスタディーを行い、設置が必要か判断する。
- ④の回答：現在、地下採掘場からの地下水の湧出はない。また、水理・水文調査結果からも水の浸入はないとの結果が出ている。今後、状況に応じて（地下採掘場から水が湧出した場合）、見直し計画書で検討する。
- ⑤の回答：Condestable 鉱山では覆土材（ズリ）について酸性水の発生の有無を確認している。しかしながら、覆土材すべてについて酸性水の発生の有無を確認しているわけではない。一部をサンプリングして試験を行っている。このため、覆土材(ズリ)の一部に硫化物が混入していたものと考えられる。
- ⑥の回答：No.4 廃さい堆積場の下流にモニタリング孔設置して観測している。次回の更新時の閉山計画書に、本堆積場の水収支バランスを鉱山全体のバランスシートに取り入れる。
- ⑦の回答：現在、地下採掘場からの地下水の湧出はない。また、水理・水文調査結果からも水の浸入はないとの結果が出ている。今後、状況に応じて（地下採掘場から水が湧出した場合）、見直し計画書で検討する。
- ⑧の回答：Raúl 鉱山は鉱山閉鎖法制定前に閉山しており、モニタリングを実施する必要はない。もし、Condestable 鉱山と Raúl 鉱山の閉山計画書を一つの鉱山として提出することが可能であるならば考慮する。

(粉塵)

- ⑨の回答：選鉱場の集塵機と廃さい堆積場は覆土状況については、3 年後の見直し閉山計画書で更新する。

(坑外施設)

- ⑩の回答：鉱山閉山計画は鉱山開発前にもどすことを前提としており、原則的にズリで閉塞する。重機が入れない場所については別途検討する。
- ⑪の回答：オープンピットの閉鎖計画について、フェンスのみにすると盗まれる可能性がある。現在、犬走りの設置と盗まれにくいフェンスで囲むことを検討している。

(堆積場)

⑫の回答：リーチングにより発生した堆積場については、現在、1箇所にピエゾメーターを設置してモニタリングを行っている。

⑬の回答：Condestable 鉱山のズリたい積場については、大小を問わず記載している。ズリの仮置場と勘違いした可能性がある。

(社会環境)

⑭の回答：鉱山地域の下流部の住民の飲料水等は地下水を使用し、農業はマラ川から灌漑して使用している。更新時の閉山計画書に記載する。

その結果、抽出された問題点は、地下水の状況、堆積場の状況、地下水モニタリング状況、ズリの状況、坑道および坑口の閉塞状況、等である。これらの事項は、何れも実際に現地に出向かなければ確認することが出来ない事項であり、閉山計画審査時に現地調査を行う必要があると判断される。

6.2.2 Casapalca 鉱山の検討

(1) Casapalca 鉱山の概要

a. 鉱山の概要

Casapalca 鉱山は、リマ市から北東へ 120km、地区の首市チクラの北東 10km に位置する。

本鉱山は、標高 3,251m (Graton トンネル) ～5,000m (レベル HA) にかけて、鉛直方向に 40m から 60m 間隔に坑道 25 レベル (標高約 3,800～5,000m) を有する。当初は、H0 坑口区域で、トレンチ (約幅 4.5m×長さ 25m×深さ 2.0m) による露天採掘を行っていたが、現在は、坑内採掘により行われている。鉱石はポリメタリック型で、亜鉛 2.99%、鉛 1.33%、銀 4.47 オンス/t、銅 0.31%の品位を有している。

b. 主な鉱山施設

鉱山の採掘量は、3,600t/日であり、平均 3,354t/日の選鉱廃さいが発生している。

Chinchan 廃さい堆積場は、標高 4,400m、選鉱プラントの北西 5.5km に位置している。現在は、全ての選鉱廃さいを Chinchan 廃さい堆積場へ流送している。

標高 4,800m には、選鉱ペーストを充填するプラント (ペースト充填プラント) が設置されており、現在は休止しているが将来は運転を再開する計画である。また、Casapalca 鉱山には、計 17 箇所のズリ捨場 (容積合計約 196,274m³) が登録されている。

用水設備は、生活用水と鉱業用水がある。鉱業用水は、Yuracocha 峡谷と Antajasha 峡谷の取水口から定期的に取水しており、渇水期には Chinchan 川から直接取水している。

土取場としては、容積 7,500m³の採石場が 2 箇所、容積 1,050m³の粘土置場が 2 箇所、容積約 30,000m³の泥炭集積場が 1 箇所ある。

その他、倉庫、メンテナンス工場、エネルギー供給設備、廃さい処理施設、道路、水供給処理施設、キャンプと事務所などが存在する。

c. 水理学的特長

Chinchan 廃さい堆積場は、Yuracocha 峡谷を利用して設置されているが、Yuracocha 峡谷の上流からの沢水は、Chinchan 廃さい堆積場の上部で切替水路により分岐され、堆積場の下流部で再度合流する。そして、Antajasha 峡谷からの水と合流して Chinchan 峡谷を形成している。この Chinchan 峡谷が、Rimac 川の源流となっている。

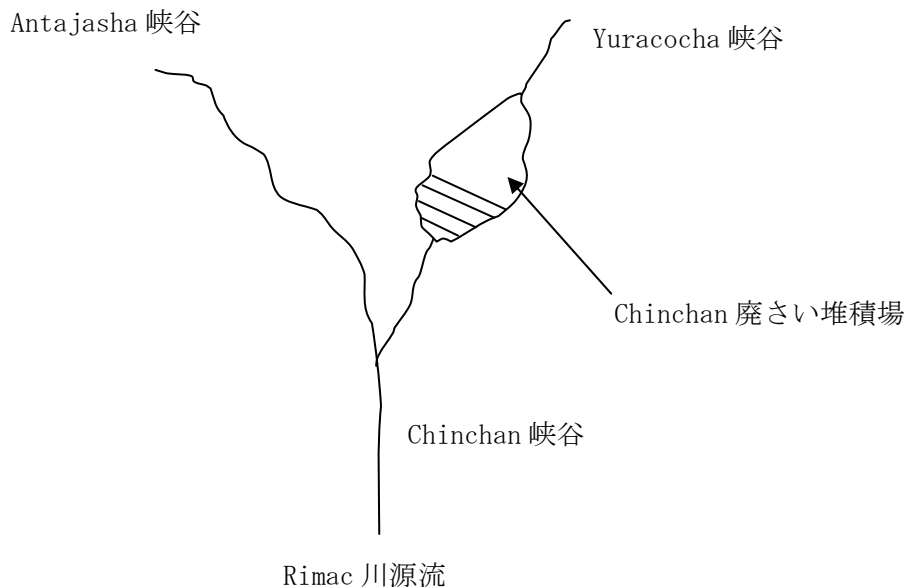


図 6.6 Chinchan 廃さい堆積場の概念図

d. 環境管理

Casapalca 鉱山では、鉱山周辺の 3 箇所のモニタリングポイントにおいて、PM10、鉛、砒素の大気質測定を行っており、その平均値は環境基準値を下回っている。また、排水の水質測定も定期的に実行している。Rimac 川の上流地点のモニタリング地点における水質測定は、pH、TSS、Pb、Cu、Zn、Fe、As、T-CN について行っており、その平均値のほとんどが最大排水基準値を満足している。

e. 段階的閉鎖

段階的閉鎖は、2008 年－2024 年にかけて実施する計画である。主な工事内容は、操業していない地下坑道の閉鎖、Chinchan 堆積場の修復、ズリ捨場の修復、最終年度のキャンプやレクリエーション施設の解体である。

閉山にとって最も重要な問題は、地下坑道からの酸性水の発生であり、現在、対策案を策定するための補足試験を実施している。

坑道・坑口の閉鎖箇所は、計 78 箇所あり、鉱山稼行の進捗状況にあわせて、鉱山の上部から順次実施する。閉塞方法はズリ充填により行う。通気立坑は、鉄筋コンクリートの蓋をし、ズリを充填して坑口をシールする。排水の認められる坑口は、事前に地化学的評価を実施し、適合する水処理法により処理を行う。具体的には、嫌気性湿地による水処理、

切替水路等による立坑への浸透水の流入の防止、立坑のシールと坑口閉塞の3つである。

Chinchan 廃さい堆積場は、ダム頂部に 20m の犬走りを建設すること、廃さい堆積面の再形成と再植栽である。Chinchan 廃さい堆積場の閉鎖措置は、廃さい部分に水が浸み込むのを避けるための不透水層の設置、廃さい堆積場の地表水の排除等である。

段階的閉鎖では、20 箇所のズリ捨場を処置する。主な工事内容は、流出水の導水システムの建設、導水勾配の設置、再植生等である。

f. 最終閉鎖

最終閉鎖は、2025 年－2027 年に実施予定である。主要な工事内容は、段階的閉鎖で処置できなかった坑口と立坑の閉鎖、メンテナンス倉庫や鉱山稼行施設の解体、土取場の安定化、鉱業用水設備の閉鎖、再植栽化、モニタリング活動である。

具体的には、操業中の 6 箇所の坑口を閉塞する予定（他の坑口は段階的閉鎖で処置済みの予定）である。選鉱装置や水供給取扱設備は解体し、また、5 箇所の土取場は閉鎖され、再植生化を図る。その他の施設では、ペースト充填プラント、選鉱プラント、エネルギーネットワーク、店舗、労働者の住居などを解体する。

(2) Casapalca 鉱山の現地視察結果

現地視察は、2010 年 8 月 31 日に実施した。

現地視察では、主に坑口、廃さい堆積場などの水管理プロセスを重点的に視察した。現地視察結果を以下に示す。

a. 坑口

坑口の閉鎖は合計 78 箇所を予定しており、鉱山の上部から実施する予定である。閉塞方法は、ズリにより閉鎖する。ただし、排水の認められる坑口は、事前に地化学的評価を実施し、適合する水処理方法により処理を行うことを検討している。坑口からの排水状況を写真 6.13 に示す。



写真 6.13 坑口からの排水状況

b. 廃さい堆積場

鉦山の採掘量は、3,600t/日であり、平均 3,354t/日の選鉦廃さいが発生している。

現在、本鉦山で使用している Chinchán 廃さい堆積場は、標高 4,400m、選鉦場の北西 5.5km に位置している。現在、全ての選鉦廃さいは、Chinchán 廃さい堆積場へ流送している。なお、廃さい堆積場の下流部には、浸透水を集水する集水池が設置されており、集水した浸透水は、製鉦場に送水され、選鉦用水として再利用されている。



写真 6.14 Chinchán 廃さい堆積場の使用状況



写真 6.15 Chinchán 廃さい堆積場の浸透水集水池

(3) Casapalca 鉱山の現地視察に係る考察

Casapalca 鉱山の現地視察を行い、閉山計画書の記載内容の妥当性について比較検討した結果、以下の指摘事項が抽出された。

(地表水と地下水)

- ① Chinchán 廃さい堆積場の浸透水は選鉱用水として再利用されている。浸透水は、選鉱プラントから送られる廃さいに含まれる水分と Chinchán 廃さい堆積場の斜面から浸透する地下水の合計と考えられる。浸透水は、上流側の沢水と一緒に導水されることから、Chinchán 廃さい堆積場の斜面から進入する地下水量を把握する必要がある。
- ② Yuracpama 取水口 (Bocatoma) は、Chinchán 廃さい堆積場の上流の約 11km² の面積をカバーし、最大水量 9.5m³/s を排除する計画となっているが、11km² の面積の全てをカバーすることはできない。他の取水口 (Bocatoma) やコンクリート排水路が受け持つ集水面積と排水量を計算し、500 年確率の日最大降水量に対応する水量を安全に排除できる構造とする必要がある。

(坑外施設)

- ③ 選鉱場では、Carlos Francisco 坑口から排出される坑廃水を選鉱用水として再利用している。坑廃水は、鉛の濃度が高いため、選鉱場の閉鎖直後の対策を検討しておく必要がある。
- ④ 全ての坑口は、鉄筋コンクリート製の壁によりシールされ、坑廃水の流出を防止するとともに、酸素の供給を遮断することにより、坑廃水の水質を改善する計画である。坑廃水は、全て Graton トンネルを経由して Rimac 川へ放流される計画である。

しかし、地下空間は水没しないこと、降雨等による浸透水の侵入は防止できないこと、および降雨とともに酸素が供給されることから、酸性水の生成可能性は存続する。また、Graton トンネルから排出される水量は、渇水期には Rimac 川の水量の約 3 倍もの量になるため、Rimac 川の水質に与える影響が非常に大きい。坑廃水の水質が改善されないことを前提とした場合、坑廃水の水質が良くない坑口 (Carlos Francisco 坑口) の閉鎖壁には、排水用のドレンを設け、別途必要な水処理を施すことが必要である。

(堆積場)

- ⑤ Chinchán 廃さい堆積場の最終閉鎖は、平面部を遮水性シートでシールし、水と酸素の進入を防ぐことで酸の生成を防止する計画である。また、排水ピット (Poza) を閉鎖することにより、廃さい堆積場内の水位が上昇するため、廃さい (Relave) の含水率も上昇する。特に、地震時の安全率を低下させる可能性がある。排水ピット (Poza) を閉鎖した場合において、テーリングダム内の水位上昇と廃さい (Relave) 含水率の上昇を考慮して、物理的安定化のシミュレーションを実施する必要がある。また、酸生成可能性について、再検討する必要がある。
- ⑥ ブリ捨場の中には、水銀を溶出する可能性のあるものが含まれているが、記載さ

れたズリ捨場の被覆方法では水銀の溶出を防ぐことは困難と考えられるため、閉鎖方法について再検討する必要がある。

また、上記の指摘事項について、Casapalca 鉱山に再訪問し、意見交換を行った。その結果は、以下のとおりである。

(地表水と地下水)

- ① Chinchán 廃さい堆積場へ流入する地下水の流入については、鉱山側でも十分把握していることが確認できた。また、今後廃さい堆積場の容積を拡張する際に、下流の排水ピットは埋設されるが、浸透水を集水するピットは位置を変えて新設する計画であることを確認できた。
- ② 廃さい堆積場の容積を拡張する際に、山腹水路を新たに設置し直し、廃さい堆積場周辺の降雨を適切に集水する計画であることを確認した。

(坑外施設)

- ③ Casapalca 鉱山は、坑内水の水量や水質の変化について、水理地質学的調査を継続して実施しており、その調査結果により適切な処置を検討するという回答が得られた。なお、現状では、坑内水は適切な処理を行い選鉱用水に利用するとともに排水基準を満足して放流しているとの説明を受けた。
- ④ 坑内水の水質変化については、水理地質学的調査を継続して実施しており、その調査結果により適切な処置を検討するという回答が得られた。また、Graton トンネルから排出される水は、他の鉱山からの排水も含まれており、万一、水質に異常が認められた場合は、監査機関が必要な調査を行い異常の原因となる排出源を特定するとのことであった。

(堆積場)

- ⑤ Chinchán 廃さい堆積場は、拡張に伴って浸透水の排水ピットを閉塞するのではなく、位置を変えて新設する計画であり、廃さい堆積場内の水位は上昇しないとの説明を受けた。また、将来の閉山に向けて、酸性正反応の調査を実施しているとの説明を受けた。
- ⑥ 一部のズリ捨場には、水銀が含まれるものが存在するが、岩石の一部分の分析でズリ捨場全体を評価することは難しいと考えられる。このズリ捨場のズリは、容易に成分が溶出する形状をしてはいない。なお、ズリについての酸生成や金属溶出等の調査を計画しているとの説明があった。

Casapalca 鉱山では、坑口から排出される坑内水やChinchán廃さい堆積場の浸透水の水質が排水基準を満足していないことから、閉山後も鉱害発生ポテンシャルが存続することが予測されるため、その鉱害対策について鉱山側と意見交換を行った。

その結果、鉱山側では、水理地質工学的な調査を実施し坑内水の水量や水質の予測、及び廃さい堆積場の浸透水の酸生成可能性に係る調査研究を実施中であり、また今後、水銀を含有するズリ捨場についても、調査を実施する予定であり、その結果を更新閉山計画書

に反映させる意向であることを確認できた。

Casapalca鉱山は開発期間が長期に渡ることから、鉱害発生ポテンシャルの高いコンポーネントについては、調査研究を実施しながら、閉鎖活動に採用する鉱害対策技術を更新してゆく考えである。

このように、鉱山稼行中に調査研究を継続しながら鉱害対策を更新する場合、実際のコンポーネントの鉱害発生ポテンシャルとそれに対する鉱害対策技術の妥当性を確認するためには、現地視察が重要なアイテムになると考えられる。

6.3 ケーススタディの実施 - その2

第2回目のケーススタディとして、下記の2鉱山について現地調査を実施した。

- ① リスト番号 21 の Caraveli 鉱山
- ② リスト番号 112 の Funsur 製錬所

6.3.1 Caraveli 鉱山の検討

(1) Caraveli 鉱山の概要

a. 鉱山の概要

U. A. E Caraveli-Ishihuınca鉱山は、リマからアティコまで約700km南下し、そこから北東へ約70kmのArequipa県Caraveli郡Caraveli地区の標高2,100mに位置している。

鉱山の主要産出鉱種は、金、銀、銅である。鉱山の生産は、2つのユニットがあり、坑内採掘法により鉱石を採掘している。また、選鉱場では、200トン／日の鉱石を処理し、銅と金を生産している。選鉱場では、黄鉄鉱の精鉱のシアン処理と、銅と金を含む黄鉄鉱の浮選処理を行っている。

本鉱山は、現在最終的な段階にあり、新規鉱床の探鉱を行っている。2009年11月30日時点の残鉱量は、57,020トンであり、2010年以降の生産量は18,000トン／年(1,500トン／月)である。

b. 主要な鉱山施設

主な鉱山コンポーネントは、選鉱場1カ所、廃さい堆積場1カ所、主なズリ堆積場18カ所、坑口、地下坑道、キャンプ、事務所等である。

c. 水理学的特長

Caraveli鉱山は、沿岸地方特有の乾燥地帯に位置している。また、廃さい堆積場についても、廃さい中の水分は速やかに乾燥することから、浸透水の発生は認められない状況であり、従って浸透水のリサイクルも実施していなかった。

d. 環境管理

廃さい堆積場の約1.5km北東の下流には、カラベリ川が流れており、選鉱場からの浸透水による影響が懸念される。鉱山側では、廃さい堆積場からカラベリ側に向かって4カ所

の井戸を設け、水質観測を継続している。過去に、水質の異常が認められたことは無い状況である。また、選鉱設備の周辺2カ所に大気のモニタリングポイントを設け、大気質の観測を実施している。



図 6.7 Caraveli 鉱山調査位置図

e. 段階的閉鎖

鉱山では、採掘が完了した地下坑道の坑口や埋め立てが完了したズリ捨場の段階的閉鎖活動と山腹水路の設置を実施している。ズリは、酸生成可能性ズリと酸生成可能性の無いズリを区分して、それぞれに適した閉鎖方法を採用していた。

f. 最終閉鎖

最終閉鎖は、廃さい堆積場やズリ捨場の被覆、坑口閉塞、選鉱場の解体撤去、アクセス道路の閉鎖、キャンプ、事務所等の撤去である。

(2) Caraveli 鉱山の現地視察結果

現地視察は、2010年11月12日から11月14日にかけて実施し、鉱山訪問は11月13日、前後の1日は移動日に当てた。

a. 坑口

採掘が終了した地下坑道の坑口は、坑口から奥へ 1.2m ズリを充填し、鉄筋コンクリートの閉鎖壁を打設し、その奥に 20m の長さまでズリを充填する工法を採用している。本鉱山は、金の採掘を行っていることから、盗掘による被害を防止するためにも強固な閉鎖方法が必要とされている。



写真 6.16 坑口の閉鎖状況

b. 選鉱プラント

選鉱設備では、黄鉄鉱の精鉱のシアン処理と、銅と金を含む黄鉄鉱の浮選処理を行っている。シアン処理廃液を含む廃さいは、直接廃さい堆積場へ移送されている。現在、鉱石産出量が減少していることから、ある程度鉱石のストック量を確保してから、選鉱設備を稼働させている。また、電力消費の平滑化を図るため、夜間操業なども実施している。



写真 6.17 選鉱設備

c. ズリ捨場

堆積が完了したズリ捨場は、酸生成可能性ズリと酸生成可能性のないズリに区分して、被覆及び山腹水路の設置を行っていた。ズリ捨場は、斜面勾配を成形し、酸生成可能性のないズリを 40cm 被覆して成形されていた。また、斜面端部には、崩壊防止用のコンクリートブロックを打設するとともに、ズリ内の水を排水する配水管が埋め込まれている。



写真 6.18 ズリ捨場と山腹水路

d. 廃さい堆積場

当該地区は乾燥地帯に位置しており、降雨は非常に少ない状況である。そのため、廃さい堆積場では、浸透水の発生が確認されていない。また、廃さい中に含まれるシアン化合物は、太陽光の紫外線的作用により、分解され無害化されている。

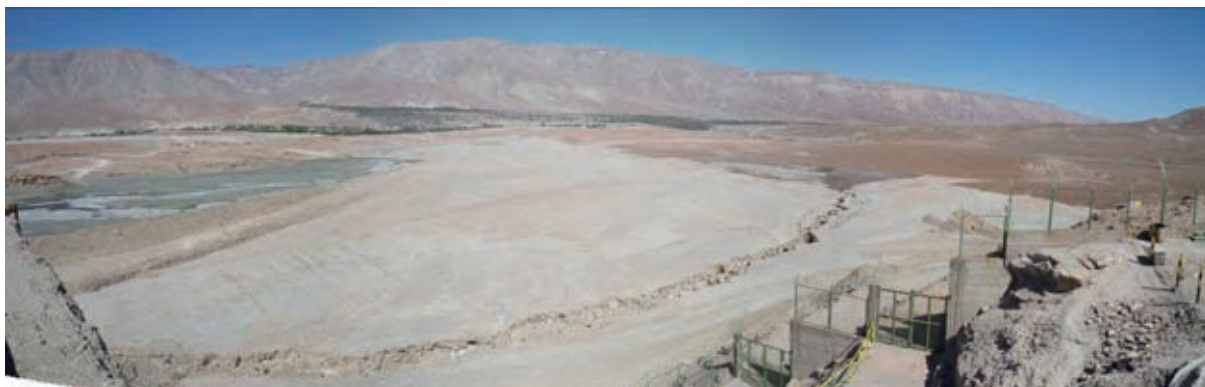


写真 6.19 廃さい堆積場

e. 取水設備

本鉱山では、井戸からの取水と地下坑道の湧水を鉱業用水として利用している。井戸の設置については、Caraveli 地区の住民との協議により、設置位置に制約を受けている。

f. 社会的活動

Caraveli 地区の鉱山労働者 40 人に対して、観光などの養成プログラムを 2 年間で実施する計画が記載されている。

(3) Caraveli 鉱山の現地視察に係る考察

Caraveli 鉱山の現地視察結果と閉山計画書との乖離状況及び現地での留意点について比較検討した結果、以下の指摘事項が抽出された。

(地表水と地下水)

- ① シアン廃さいを堆積するので、地下水のモニタリング状況を確認し、廃さい堆積場からカラベリ川へ北東方向に向かって、PM2 から PM5 の水質モニタリングを実施していたが、河川の流れ方向（北西⇒南東）に沿って、廃さい堆積場の東側にもモニタリング井戸を追加するのが望ましいと考えられる。
- ② 鉱山全体の水収支が作成されていなかった。また、地下坑道の湧水を鉱業用水として再利用していたが、使用量も把握されていない状況であった。地下湧水量を含め鉱山内で使用する水のバランスシートを作成することが、水の効果的な活用と鉱業廃水に起因する水質汚染を防止するために重要であると考えられる。

(ズリ捨場)

- ③ 坑口の閉鎖方法は、閉山計画書に記載された方式と異なる方式であったが、閉鎖の構造としては、より強固で盗難が難しい構造に改善されていた。

(廃さい堆積場)

- ④ 選鉱設備からのシアン廃さいは、直接廃さい堆積場へ移送しているが、廃さい堆積場は下層部の透水性の確認等は実施しているか。また、地下への浸透について確認する必要がある。

また、上記の指摘事項について、Caraveli 鉱山と意見交換を行った。その結果は、以下のとおりである。

(地表水と地下水)

- ①の回答：シアン廃さい堆積場に起因する地下水の汚染状態は、PM2 から PM5 の地点について水質モニタリングを実施しており、今まで異常が確認されたことはない。水質モニタリング方法は、EIA の実施により承認を受けている。
- ②の回答：鉱山全体の水バランスシートの提供は無かったが、今後は作成したいとの回答が得られた。

(ズリ捨場)

- ③の回答：閉山計画書と異なる方法により閉鎖を実施する場合、修正計画書の提出が必要となる。例えば、閉山計画書が認可された場合、閉山計画のスケジュールや方法に基づいて、閉山が実施されているかについて OEFA の監査を受けるが、監査時に閉山計画に示された方法で施工されていないことを指摘された場合 (OEFA⇒DGAAM へ連絡がある)、修正計画書を作成し、OEFA と DGAAM へ提出することが必要となる。但し、変更した施工方法で閉鎖することが妥当であることが必要である。
- なお、本鉱山のケースのように、修正計画書の提出・認可の処理を行うと、閉山計画のスケジュールどおりに閉山を実施できなくなる場合には、DGAAM に対して、口頭による連絡で施工方法等の変更を了解するケースはある。

(廃さい堆積場)

- ④の回答：本鉱山は、1980 年代に稼行を開始しており、廃さい堆積場の使用も、当時の規則に準じて実施している。当時は、鉱山稼行に係る法整備が十分でなかったこともあり、現在の規則では認められない運用も認められていた。その後、稼行鉱山による環境影響を改善するため、PAMA (環境適正化計画) が 1993 年 7 月から 1996 年にかけて実施され、鉱山由来による環境汚染の状況を調査し、汚染が認められた鉱山は適正に対処することが義務付けられた。Caraveli 鉱山でも PAMA が実施されたが、廃さい堆積場からの汚染は認められなかったことから、現在の基準とは異なるものの、廃さい堆積場の使用が認められている。

Caraveli 鉱山では、シアン廃さいを直接廃さい堆積場へ移送しており、特にその鉱害対策について鉱山側と意見交換を行った。その結果、古い時代に稼行を開始した鉱山においては、PAMA による環境影響適正化により鉱山由来の環境汚染の改善対策が実施されたものの、現在の基準には適合しない、いわゆる既存不適格のコンポーネントを持つ鉱山が存在することが明らかになった。

このような既存不適格の状態にあるコンポーネントを閉鎖するに当たっては、そのコンポーネントの鉱害発生ポテンシャルと採用する閉鎖技術の妥当性について十分確認する必要があると考えられる。そのためには、実際のコンポーネントの状況を確認し、鉱害発生ポテンシャルを評価し、それに対する鉱害対策技術の妥当性を確認するため、現地視察が重要なアイテムになると考えられる。

6.3.2 Funsur製錬所の検討

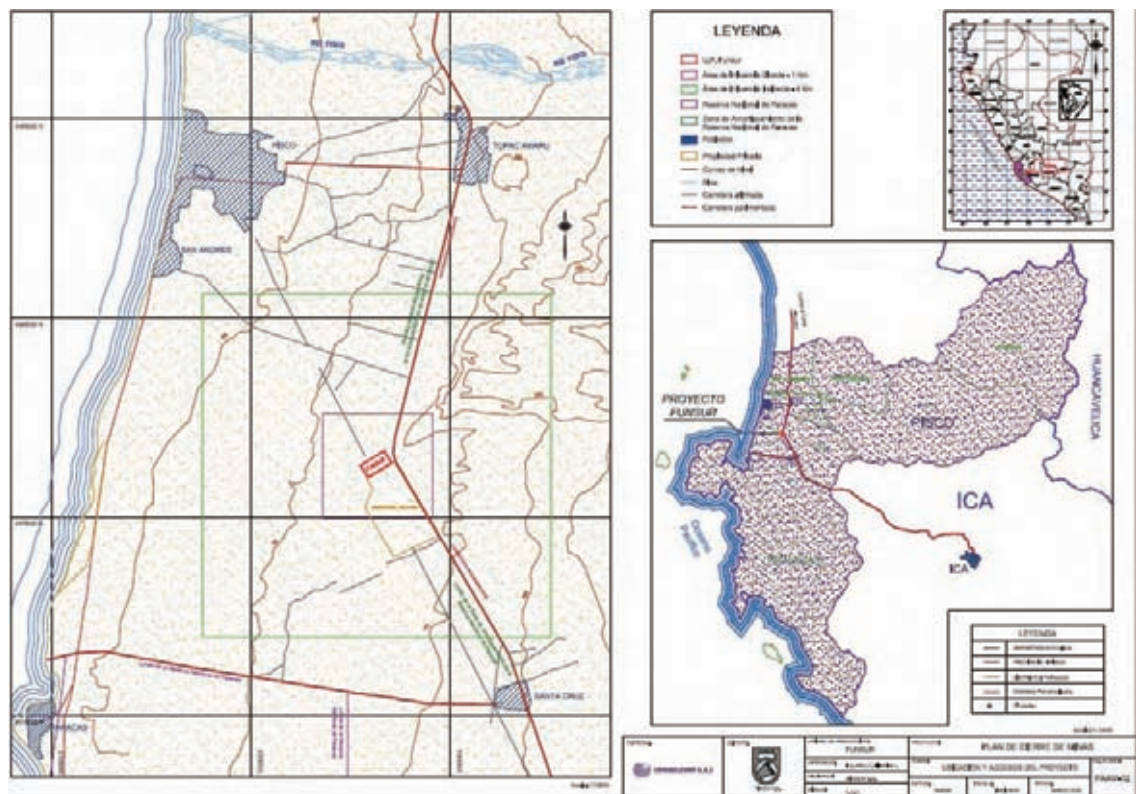
(1) Funsur 製錬所の概要

a. 鉾山の概要

Funsur 製錬所は MINSUR 株式会社に属し錫精鉱の製錬を行っている。

MINSUR 株式会社が所有するプーノ県サンラファエル鉱山 (Mina San Rafael en Puno) からの錫鉱石を錫精鉱として 244 トン/日処理する能力を有する。

1988 年 8 月 2 日に錫の製錬と精錬設備のための 25ha の土地に精鉱権利が与えられた。開始時点では、96 トン/日で操業したが、現在では、錫 244 トン/日の精鉱プロセスの許可がある。通常、2 系列ある処理工程のうち 1 系列をスタンバイ用として 186 トン/日の処理を行っている。最終生産品の錫の品位は 99.95%である。



 : Funsur 製鍊所位置

図 6.9 Funsur 製錬所調査位置図

b. 主要な鉱山施設

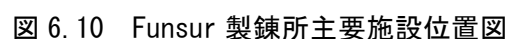
主な製錬所施設は、アクセス道路、オフィス、ストックヤード（貯蔵庫）、製造工場、発電設備、メンテナンス工場、金属化学研究室（分析所）等からなる。

c. 水理学的特長

イカ県ピスコ郡パラカス地区にあり、リマ市から陸路で南約 240 km に位置する。地理

工場から 1km の影響範囲の面積は 727 ha、間接的な影響の領域は、工場から 4km を考慮して 7,563 ha である。（図 6.9 参照）

硫化物を精鋅プロセスとする他の銅、鉛、錫といった製錬と違い Funsur は、SnO₂ を処理しているため、高濃度の SO₂ による酸性ガス、および高濃度の残硫黄スラグは発生しない。これにより、大気、水、土壌への影響は、非常に少ない製錬所である。



e. 閉山までのスケジュール

閉山計画全体（段階的閉鎖を含む）の実施スケジュールは、下表の通りである。

閉山計画全体の実施スケジュール																																					
ACTIVIDAD	Tiempo, años																																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
機械・金属構造物・コンクリートの撤去																																					
サンドブラスト・洗浄・ろ過・床・壁																																					
コンクリート構造物の解体と処理																																					
非危険廃材の運搬と隔離																																					
サンドブラスト・廃棄物の運搬および隔離																																					
アスファルト皮膜の撤去																																					
アスファルト廃材の運搬・隔離																																					
工場敷地の掻き均しおよび整地																																					
鉱山充填使用のために古いスラグを破砕																																					
土壌モニタリング・操業期間																																					
仕事転換トレーニング																																					
土壌・水・大気の閉山後モニタリング																																					
閉山証明書の許諾																																					

(2) Funsur 製錬所の現地視察結果

現地視察は、2010 年 11 月 18 日に実施した。

現地視察では、下記内容を製錬所に特有な項目として重点的に視察した。

- ・ 浸出水：酸性水及び重金属類による汚濁水の発生
- ・ 粉塵：重金属類を含む粉塵の発生
- ・ 使用薬品等：有害性（リスク）
- ・ 場内貯鉱場：酸性水及び重金属類による汚濁水の発生、粉塵の発生
- ・ スラグ置き場：重金属類による汚濁水の発生、粉塵の発生
- ・ 生態系：生態系への影響
- ・ 周辺環境：河川（特に、下流側）、生態系
- ・ 社会環境：周辺住民への影響（生活、農業、飲料水等）

現地視察結果を以下に示す。

- ・ 従業員は 210 名、その内約 30 名が技術職である。
- ・ サンラファエル鉱山から 1,500km の道程を一週間掛けてダンプ輸送している。サンラファエル鉱山が産出する錫鉱石は SnO₂(cassiterite)で、高純度の鉱石であり、放射性物質は一切含まない。Funsur 製錬所としては、サンラファエル鉱山以外からの買鉱も可能であるが、有害物質には買鉱条件として成分を厳しく規定している。
- ・ サンラファエル鉱山の錫鉱石には、鉄、銅、砒素、アンチモニー、鉛、ビスマスを

含み副産物として生産している。

- ・ 製品の輸出先は米国が 60%と大半を占め、残りが 40%欧州に出荷され、日本への輸出は無いとのことであった。
- ・ 大気へ排出するガスは炉ガスを含む水蒸気である。
- ・ 廃棄物として出るスラグは 2006 年から粉砕してサンラファエル鉱山の坑内充填材として使用している。2006 年までに製錬所内に貯蔵していたスラグも今後 12 年間掛けて全量再利用する。
- ・ 採水用の井戸を 9 本保有している。クーリングタワーの冷却水はリサイクルしている。採水した水を、冷却水、灌漑水にリサイクルして最終的に放流していなのか、汚染減となる放流水の発生がないかは詳細の確認が必要である。
- ・ 製錬所内に分析所が設置されており、品質管理責任者を置いて品質管理を行っている。ISO9001、ISO14001、OHSAS18001 を取得しており、品質・環境保全に取り組んでいる。
- ・ 製錬所側からの資料提供がなく 1 日では確認できなかった点もあるが、現地視察の結果でも Funsur 製錬所として処理する鉱石の特性により、大気、水、土壌への影響は、非常に少ない製錬所であることが確認できた。今後、排気の分析値のチェック、敷地内外のモニタリング地点、モニタリング方法、バグ・ハウスの粉塵の行方等が当製錬所での重要事項となる。
- ・ 2010 年 9 月に OEFA の監査があり、監査チームは 3 名、分析担当者は 5 名で期間は 4 日間で行われた。製錬所側の話では、従来の OSINERGMIN の監査と比較して、OEFA は規則により厳密に監査を実施しているとの印象を受けたとのことであった。
- ・ 地域教育への寄付や植林にも努めていて持続的な発展を実現するため、地域との交流を推進している。



- ・ 排気量 20～22 万 m³
- ・ 排気温度 130～140℃
- ・ モニタリングポイント・
- ・ サンプルング方法の検討必要
- ・ 今後のモニタリング状況を通じて継続的に改善していく必要がある。

写真 6.20 煙突（高さ 40m）



写真 6. 21 スラグの粉砕プラント

- ・ 製錬工程で排出されるスラグは、粉砕プラントで粉砕され
- ・ サンラファエル鉱山の坑内充填材として再利用される。
- ・ スラグ充填については、サンラファエル鉱山側で地下水への溶出の危険性については確認する必要がある。

(3) DGAAM による Funsur 製錬所の閉山計画書審査状況

a. 閉山計画書の作成および DGAAM 承認経緯

- ・ 閉山計画書作成コンサルタント：Consulcont S. A. C
- ・ 閉山計画書受付日：FECHA DE INGRESO 19/02/2008
- ・ 初期技術評価：EVALUACION TÉCNICA INICIAL INF. N° 457-2008 (23/04/08)
- ・ 市民参加：PARTICIPACION CIUDADANA OF. N° 1284 (19/08/08)
- ・ 専門評価：EVALUACION ESPECIALIZADA INF. N° 129 (04/02/09)
- ・ 総局承認：RESOLUCION DIRECTORAL DE APROBACION INF. N° 740 -RD N° 178 (23/06/09)

b. 初期技術評価におけるオブザーベーション

初期技術評価におけるオブザーベーションは、第 1 号から第 9 号の計 9 件であった。各オブザーベーションの要点を下記に示す。

1) 第 1 号

閉鎖計画の構成は DS(最高令) 033 - 2005-EM の附属書 I の規則に準拠していない。第 2 章のアイテム 2.8 の労働力やリソースに関して報告がない。Funsur が実施する内容を第 5 章に段階的閉山と最終的閉山を分けて情報を項目ごとに提出する。

- ・ 1. a：第 1 章エグゼクティブサマリーを提出する。

- ・ 1. b : 2. 8 を再度検討し提出する。
- ・ 1. c : ガイドラインに沿って第 5 章を再検討する。

以前第 5 章に記入していた閉山に関しての考え方や選択方法などを附属書 II に記入し提出する。

2) 第 2 号

閉山計画書を作成した責任者のリストと署名を提出する。

閉山計画書の作成に参加した専門家のリストを添付する。

- ・ 冶金エンジニア、土木エンジニア、生物学者

3) 第 3 号

MINSUR SA の閉山活動の責任者を記述した組織図を提出する。

- ・ ゼネラルマネージャー、操業マネージャー、保安と環境の責任者

4) 第 4 号

環境機器の概要と地表面の土地利用認可および受理した権利の情報を提出する。

5) 第 5 号

製錬所の敷地の範囲とプロジェクトにより直接的に影響を受ける範囲を座標で示す。また、適切な縮尺で位置図と製錬所へのアクセス図を提出する。

6) 第 6 号

各コンポーネントの閉鎖に関して、修復活動を考慮した一般的な特徴と閉鎖段階（段階的もしくは最終）を示した、閉鎖計画における各コンポーネントの概要表を添付する。

7) 第 7 号

閉鎖による影響を緩和するために、従業員の工場以外での様々な活動およびトレーニングプログラムを記述する。

8) 第 8 号

プラントの適切な縮尺図面と閉鎖計画の全コンポーネントの区分と座標を記載した図面を提出する。

9) 第 9 号

一般的な地質図を提出する。地質図は、岩相区別を色別にし、プロジェクトの位置および座標を記載する。

c. 専門評価におけるオブザーベーション

専門技術審査におけるオブザーベーションは、第1号から第6号の計6件であった。各オブザーベーションの要点を下記に示す。

1) 第1号

堆積場の錫の精鉱の受け入れの経歴や閉鎖計画における各コンポーネントについての説明がない。また、製錬所の閉鎖計画工程および閉鎖費用について説明する。

2) 第2号

製錬所の生産範囲および稼行により直接的および間接的に影響を及ぼす範囲を記述する。

3) 第3号

Funsur 工場の閉鎖を行う場合の電気設備の閉鎖手順、工程および安全の確保について、記述する。

4) 第4号

閉山計画に関連するインフラの回復作業の詳細について記述する。また、販売機材と構造の点検やインベントリーと解体の方法を記述する。

5) 第5号

製錬所の閉鎖により、直接に影響を受ける地域の経済的・社会的依存性を定量化し、代替雇用の先導的支援活動を検討する。

6) 第6号

稼行期間中の土壌のモニタリング頻度について、適時に是正措置を取るために、モニタリング頻度の再検討を行う。(年次モニタリング)

(4) Funsur 製錬所のケーススタディにおける考察

ケーススタディ-2 として DGAAM カウンターパートと共に Funsur 製錬所の現地視察を行い、下記の項目について現地確認を実施した。

- ・ 製錬所施設の立地状況
- ・ 製錬所域内・外の環境状況
- ・ 段階的閉山計画および実施状況
- ・ 提出された閉山計画書と現状との乖離状況
- ・ 改善計画およびその方法（乖離がある場合）

Funsur 製錬所の閉山計画書は、初期技術評価におけるオブザーベーションが計9件、専門技術審査におけるオブザーベーションが計6件あり、細かな点までオブザーベーション

として指摘されている。しかしながら、閉山計画の審査時に現地調査は実施されていない。

ペルー国内の製錬所では、規制量を上回るガスの排出、河川への未処理かつ無許可の液体廃棄物の排出、規制量を上回る液体廃棄物の排出、未処理の二酸化硫黄の排出、等の環境規制違反による各種社会問題が発生している。

Funsur 製錬所は、受け入れる鉱石が高品質のため、大気、水、土壌への影響は非常に少ない製錬所であるが、受け入れる鉱石の品質変化、水やスラグの排出先および処理方法に問題があった場合、周辺環境への悪影響は多大なものとなる。

このため、JICA 調査団としては、閉山計画審査時の現地視察は審査の一環として実施すべき重要な要素であると考ええる。

6.4 ケーススタディの実施 - その3

第3回目のケーススタディとして、下記の2鉱山について現地調査を実施した。

- ① リスト番号 108 の Maria Teresa 鉱山
- ② リスト番号 32 の Antamina 鉱山

6.4.1 Maria Teresa 鉱山の検討

(1) Maria Teresa 鉱山の概要

a. 鉱山の概要

Maria Teresa 鉱山は、リマ州ウアラル市の西方面約 11km に位置しており、1979 年から鉱山開発が行われたが、1998 年にコルキシリ S.A へ鉱区権が移譲され、本格的な鉱山稼行が開始された。

当初は、露天開発が行われたが、計画書提出段階では、主に地下坑道による採掘をおこなっており、浮遊選鉱により銅、鉛、亜鉛の金属を回収している。

廃滓の堆積場は、3 箇所あり、N01 は捨石による被覆を行い、既に閉鎖されている。N02 は、計画書提出段階では使用中とされていたが、視察時点では、段階的閉鎖活動が行われており、N03 が使用されている状況である。

プラント用水は、井戸水やチャンカイ川からカリチュエラキャナルで導水しているが、廃滓堆積場からの浸出水も沈降分離処理を行い、選鉱装置や植栽に再利用している。

閉山計画は、2008 年 3 月 28 日に提出され、残り 4.5 年の稼行期間を考慮して作成されたものであり、鉱山稼行と共に段階的閉鎖活動も実施されている。

閉山計画書では、Maria Teresa 鉱山は、海岸地方特有の乾燥少雨地域に位置しており、酸性坑廃水の発生による鉱害発生のリスクが小さいことが述べられている。

なお、鉱区内において新しい鉱床が発見されたことから、閉山計画書は修正される予定である。

b. 主要な鉱山施設

Maria Teresa 鉱山には、最大 1,500t/日規模の選鉱設備、古い水銀除去設備、3 箇所の廃さい堆積場、2 箇所のズリ捨場、2 箇所の露天採掘跡、坑口、立坑、地下坑道、事務所等

が配置されている。

c. 水理学的特長

Maria Teresa 鉱山地域は、海岸地方特有の気候であり、年間平均降水量 25.5mm、蒸発可能量 882mm/年の砂漠性気候である。そのため、閉鎖した廃さい堆積場からは浸透水はほとんど発生しない状況であり、酸性水発生リスクが小さいと考えられる。

また、地下坑道には帯水層が存在しないため、坑廃水の発生するリスクが小さく酸性水の発生の可能性も報告されていない。

d. 環境管理

Maria Teresa 鉱山では、鉱山内と周辺 5 箇所のモニタリングポイントにおいて、地下水等の水質測定、及び PM10、鉛、砒素の大気質測定を行っている。

また、水収支については、選鉱プラントから出る排水および廃さい堆積場の浸透水は、選鉱用水と敷地内植林散水用水として全量再利用しており、敷地外への排出水は無いシステムにより運営されている。

e. 段階的閉鎖

段階的閉鎖の主な内容は、露天堀跡のカバー、坑口や坑道の閉塞、廃さい堆積場の被覆と植栽、ズリ捨場のズリ除去、古い水銀除去設備の撤去、山腹水路の設置等となっているが、視察時点では、N02 廃さい堆積場の被覆、古い水銀除去設備の撤去、山腹水路の設置を実施している状況であった。

f. 最終閉鎖

最終閉鎖の主な内容は、坑口や坑道の閉鎖、選鉱プラントの解体、アクセス道路の撤去、事務所の撤去等である。

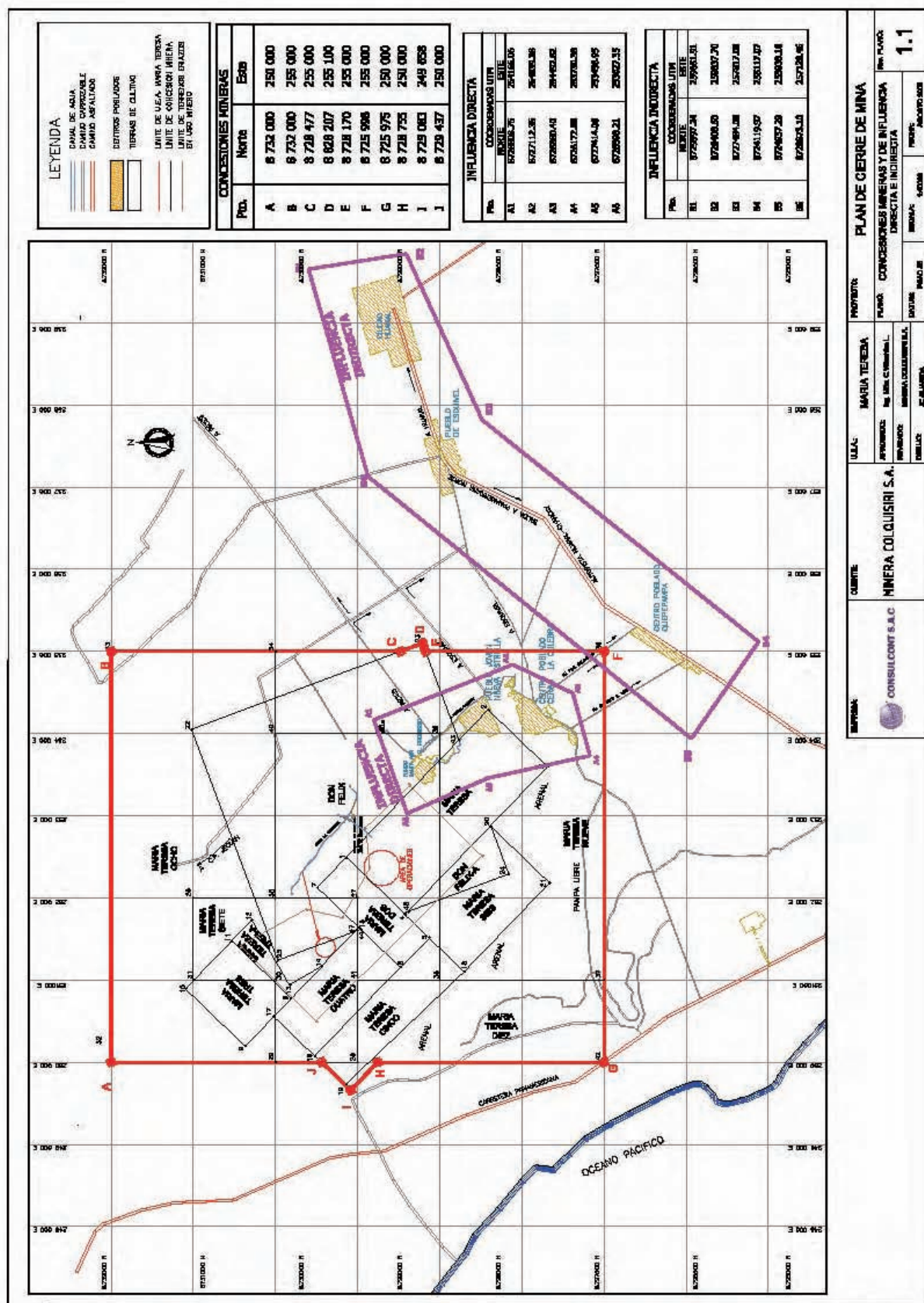


図 6.11 Maria Teresa 鉱山調査位置図

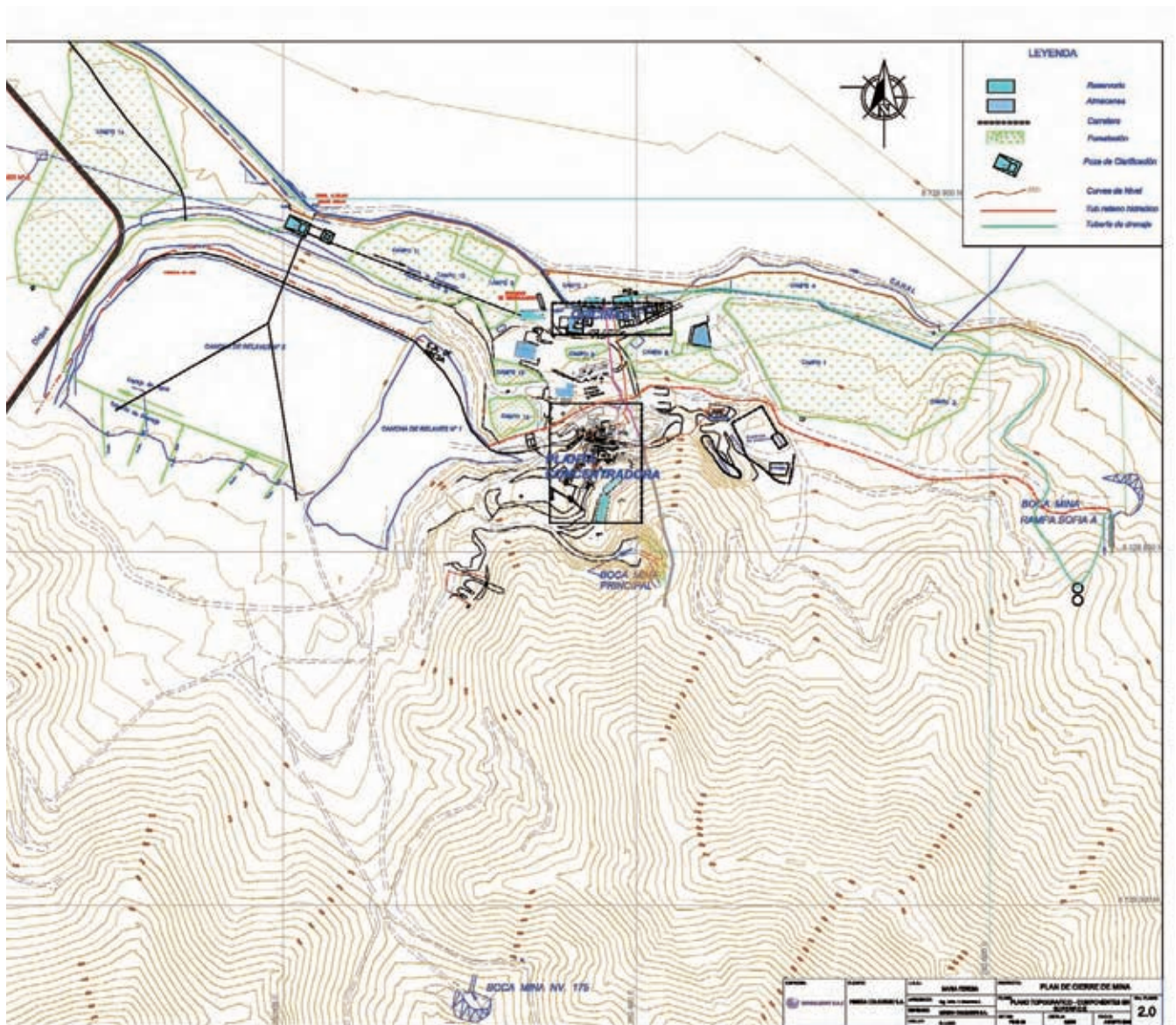


図 6.12 Maria Teresa 鉱山主要鉱山施設位置図

(2) Maria Teresa 鉱山の現地視察結果

現地視察は、2011 年 1 月 14 日に実施した。

現地視察では、一連のプロセスを確認すると共に、プロセス用水や坑廃水の発生を含めて、水管理システムを重点的に視察した。また、古い水銀除去設備、NO₂ 廃さい堆積場、山腹水路など段階的閉鎖計画の実施状況についても確認した。現地視察結果を以下に示す。

a. 山腹水路

廃さい堆積場の山側の斜面に降雨排水用の山腹水路を建設中であり、掘削が完了した段階である。山腹水路の設置は、DGAAM の指摘を受けて実施することになったものである。

鉦山が乾燥地帯にあることから、降雨量が少なく必要な形状は幅 20cm の小さなものとなるが、施工を考慮した大きさとして幅 30cm を採用している。



写真 6.22 山腹水路の建設状況

b. 坑口

La Mina2 のランプ 170 坑口は、入り口部分をユーカリの坑木で補強していたが、奥の坑道は岩盤が強固であることから、補強は行っていない。削岩用水は、このランプ 170 坑口から供給し、Bubulina 坑口から排水して N03 廃さい堆積場へ移送している。

また、坑口の閉塞は、坑口から 10m 奥までズリで充填し、坑口部分もズリにより斜面を形成して安定化させる計画であり、コンクリート等の閉塞は実施する必要があると判断している。



写真 6.23 坑口の状況

c. 廃さい堆積場

N02 廃さい堆積場は、段階的閉山を実施中であり、ズリによる被覆を 50cm 厚さ行っており、約 70%を完了した状況である。現在は、N03 廃さい堆積場を使用しており、選鉦設備からの廃水と削岩排水を受け入れて、下部から浸透水を排出している。浸透水は、下流部

に2槽ある沈殿分離槽を経由し、リサイクル用のピットへ送られる。選鉱廃水は pH9～10、浸透水は pH7～7.5 であり、廃さい中の硫化鉱成分の酸化の影響を受けている。



Relavera No. 2（段階的閉鎖中）



Relavera No. 3（使用中）

写真 6. 24 廃さい堆積場の状況

d. 鉱業用水

鉱業用水は、井戸水と Chancay 川から Calichera キャンナルで導水して受水しているが、廃さい堆積場の浸透水もリサイクルし、削岩用と選鉱用として利用している。リサイクル水の一部は、鉱山敷地内の植林に利用している。



写真 6. 25 廃さい堆積場からの浸透水の沈殿池

e. 選鉱設備

鉱石を 1,550t/日で処理し、亜鉛、銅、鉛、銀を回収している。選鉱廃水は、24 時間連続で N03 廃さい堆積場へ移送される。



写真 6. 26 選鉱設備

f. 水銀除去設備

鉱石中の水銀を除去するための設備は、段階的閉山計画により、機器類を撤去した段階である。この水銀除去設備は、コンクリート基礎の上に立てられており、地下への汚染は考えられないが、基礎コンクリートとその下部の土壌を撤去する計画としている。なお、現在採掘している鉱石は、水銀除去を必要としない品質である。



写真 6. 27 段階的閉鎖中の水銀除去設備

g. 環境対策

鉱山の操業により発生する粉じんを抑えるため、搬入道路に散水を実施するとともに、植林地域を設けている。植林は、粉じんの拡散を抑える上で、最も効果が認められる方式である。植林の散水は、廃さい堆積場の浸透水をリサイクルしており、鉱石処理量 1550t/日の処理規模では、約 12L/s を 10 時間、約 432m³/日を植林エリアに散水している。

h. 社会環境対策

鉱山敷地内に閉山後の職業訓練用の菜園を作っており、全従業員 147 名をグループ分けし、農業従事のために必要な知識や技術の習得を図っている。Maria Teresa 鉱山を営んでいるコルキシリ S.A が保有する鉱山は Maria Teresa 鉱山のみであり、閉山後は全従業員が失職する見込みである。収穫した農作物は、鉱山の食堂で消費している。



写真 6.28 職業訓練用の菜園

(3) Maria Teresa 鉱山の現地視察に係る考察

Maria Teresa 鉱山の現地視察結果と閉山計画書との乖離状況及び現地での留意点について比較検討した結果、以下の指摘事項が抽出された。

(廃さい堆積場)

- ① N02 廃さい堆積場は、段階的閉鎖の活動として、50cm 厚でブリの敷均しを行っているが、最終的な閉鎖の計画を確認したい。
- ② N02 廃さい堆積場は、場内のピエゾメーターを撤去しているが、乾燥地帯においても降雨の可能性があることから、最終閉山後のモニタリング期間においても廃さい堆積場の水位を測定する必要があると考えられる。

(地表水と地下水)

- ③ 廃さい堆積場の浸透水を選鉱用水や植林の散水に全量利用しているが、敷地内の植林へ散水する量が大いと考えられ、水使用のバランスシートを確認する必要がある。
- ④ 敷地内植林の下流側に農場があることから、植林区域に行った散水が地下水として農園側に影響を与えていないか確認する必要がある。

(その他)

- ⑤ 新しい鉱床の開発により、閉山計画書の更新が行われるが、現段階においてどの程度の期間を想定しているか。

また、上記の指摘事項について、Maria Teresa 鉱山側から回答を得ることができた。そ

の結果は、以下のとおりである。

(廃さい堆積場)

- ① N02 廃さい堆積場の最終閉山は、50cm 厚でズリを敷均した後、20cm の土壌を被覆する。土壌には、現地に植生する小雨でも育成する植物を植栽する計画である。この植物は、空気中の水分を取り入れることができるものである。また、土壌は、鉱山敷地内から入手するが、現地の地形が変化するような状況にはならない
- ② N02 廃さい堆積場は、約 1 年間乾燥させた後、水が無いことを確認したため、一部のピエゾメーターは撤去している。但し、水質管理用の井戸は残っており、廃さいの堆積場の水位を測定することは可能である。

(地表水と地下水)

- ③ リサイクル水は、1 回／月の割合で水質検査を実施し、検査結果は半年に 1 回の割合で MEM へ報告している。リサイクルの水量は、鉱石処理量やサイクロンの効率の変化などにより変動があるものの、過去 20 年以上リサイクル水を鉱山敷地の植林エリアへ散水して下流部にある農園において鉱害が発生した事例は無い。農園で生産している柑橘類は、輸出先であるイギリスの厳しい品質基準を満足していることから、鉱害が発生していないことを実証できるものである。農園の下流側にある Calichera キャンダルに設けた井戸水の検査でも、過去に異常が認められたことは無い。なお、水バランスシートの提供は無かった。
- ④ 鉱山敷地と農園の間には 4 本の井戸が設置されており、この井戸には水の存在が確認されたことは無いものの、次回の更新計画書には、この井戸の水質管理についても記載することを確認した。

(その他)

- ⑤ 新規の閉山計画書の作成には、基本概念の作成のため、4 名のコンサルタントが 3 ～4 ヶ月の期間を要して作成した。その後、オブザーベーションによる修正を繰り返す作業が必要とされた。次回の更新時に作成する更新計画書では、概ね 8 割の情報は流用可能であることから、約 2 割の情報を追加することを考慮して 3 ヶ月程度を見込んでいる。

質疑応答の結果、抽出された問題点は、リサイクル水利用の状況、堆積場の状況、地下水モニタリング状況等である。これらの事項は、何れも実際に現地に出向かなければ確認することが出来ない事項であり、閉山計画審査時に現地調査を行う必要があると判断される。

6.4.2 Antamina 鉱山の検討

(1) Antamina 鉱山の概要

a. 鉱山の概要

Antamina 鉱山は、Huaraz 市の東約 100km、標高約 4,100m にある山岳地帯に位置している。鉱山開発は、19 世紀の後半から始まったが、当時は散発的なものであった。1996 年に Antamina 鉱山会社が組織され、鉱山経営の実現性と環境影響の調査が行われた。

鉱山関連設備の建設は、1998 年に認可された EIA に基づき 1999 年に開始され、最初の閉山計画は 2006 年 8 月に提出された。その後、閉山計画の審査中に露天堀と処理工程の拡張に係る EIA の認可を 2008 年 4 月に受けたことから、閉山計画は新規認可の EIA を考慮して修正され、最終的に 2009 年 10 月に認可された。

選鉱設備は、鉱石処理量 87,000t/日を 104,000t/日に拡張し、銅、亜鉛、モリブデン、鉛／ビスマススの浮遊選鉱処理を行っている。60－70%に濃縮した銅や亜鉛の精鉱スラリーは、約 302km のパイプラインにより Huarmey 近くの港湾へ輸送され、水分約 8%にまで脱水後に積荷される。脱水処理により回収された水は、荷積作業に伴う粉塵対策として、港湾地区に隣接して設けた約 166ha の植林に散水される。

モリブデンと鉛／ビスマススは、フィルタープレスにより水分 8－10%にまで脱水された後、倉庫内で 2 又は 3%の水分にまで温風乾燥される。

なお、鉱石の採掘はおおよそ 2024 年に終了すると見積もられている。

閉山計画では、段階的閉山活動を 2021 年から開始し最終閉山を 2029 年に予定しているが、開発地区の再植栽による環境修復と閉山活動に使用する覆土用材量を確保する活動は継続して実施している状況である。

閉山に向けた調査研究としては、実際に排出されるズリや廃さいを用いて、ラボ試験やフィールド試験を実施し、閉山時の環境負荷の予測と対策について、必要なデータを収集している。

閉山後の環境修復として実施する再植栽についても、現地の環境に適した種や土壌の構成等について栽培試験を実施している。

また、Antamina 鉱山では、2010 年に EIA の修正プロセスを実施したが、住民問題も生じていない状況である。

b. 主要な鉱山施設

Antamina 鉱山には、1 カ所の露天堀、最大 104,000t/日規模の選鉱設備、1 箇所の廃さい堆積場、2 箇所のズリ捨場、修理工場、コンクリート工場、キャンプ、事務所等が配置されている。

c. 水理学的特長

Antamina 鉱山は、標高の高い山岳地帯特有の気候であり、年間平均気温約 5-6℃、平均降水量 1,335mm/年、平均蒸発可能量 828mm/年の比較的降雨の多い気候である。また、夏季の降水量が多く、気温が低いことから降雪が認められる。

鉱山活動に必要な用水は、峡谷を堰き止めて造ったダムの貯留水を利用するとともに、廃さい堆積場内に貯水した水をリサイクルしており、過剰な分は排水基準を満足することを確認して下流の峡谷へ放流している。

d. 環境管理

Antamina 鉱山では、鉱山地域 10km 四方に 40 カ所以上のモニタリングポイントにおいて、

地下水の水質測定を行っている。また、5カ所においてPM10の大気質測定を行っている。また、水収支については、鉱山活動に関連する排水は、廃さい堆積場の浸透水を含めて全て廃さい堆積場へ移送され、再び選鉱用水としてリサイクルされている。また、余剰の水は、排水基準を満足することを確認して、下流の峡谷へ放流されている。

e. 段階的閉鎖

段階的閉鎖の主な内容は、Este ズリ捨場の表層水排水溝や地下水取水溝の建設と被覆と再植栽、Tucush ズリ捨場の被覆と再植栽、廃さい堆積場に隣接した撤去材量の処分場の建設、廃さい堆積場の放流口建設、露天堀の安全用犬走りの建設等となっているが、視察時点では、段階的閉鎖活動は行われておらず、被覆用土壌の確保や開発区域の再植栽を実施している状況であった。

f. 最終閉鎖

最終閉鎖の主な内容は、露天堀跡の水没、取水ダムの撤去、選鉱設備の撤去、パイプラインの洗浄と撤去、港湾設備の撤去、Este ズリ捨場浸透水の処理プラント建設、アクセス道路の撤去、キャンプ、事務所の撤去等である。最終閉鎖は、2,029 年までに完了し、その後のメンテナンスとモニタリングは、2,049 年まで継続する計画である。

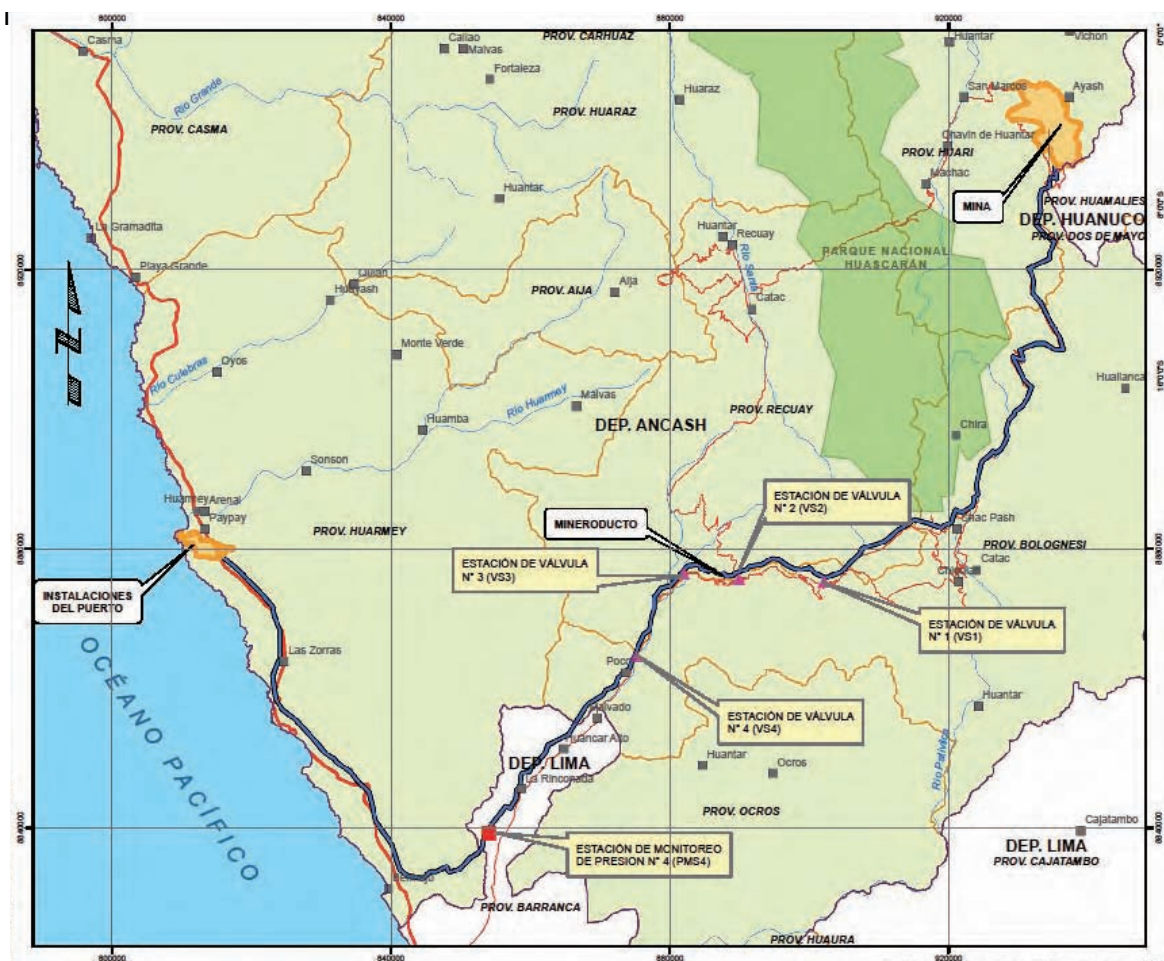


図 6.13 Antamina 鉱山調査位置図

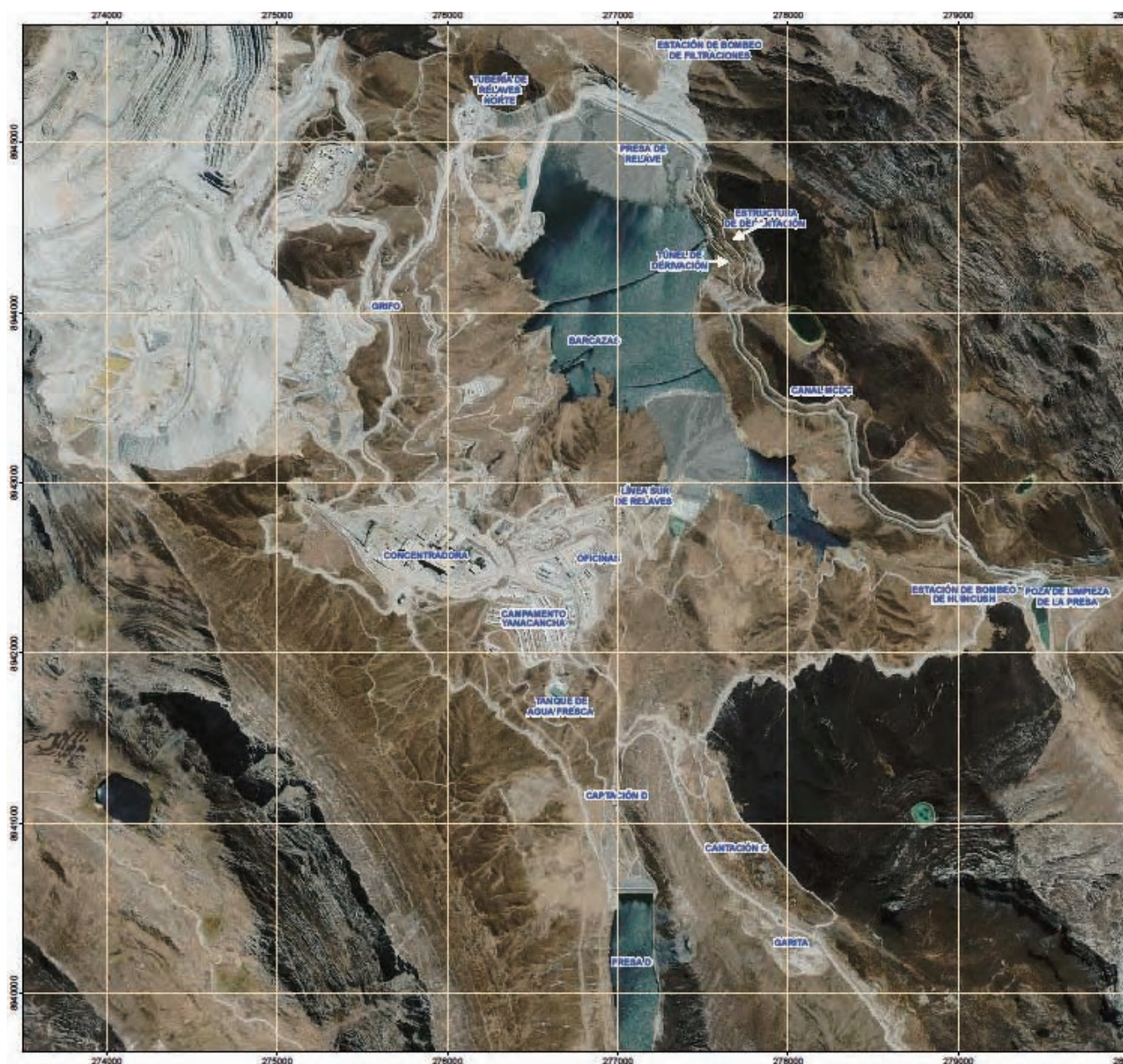


図 6.14 Antamina 鉱山主要鉱山施設位置図

(2) Antamina 鉱山の現地視察結果

現地視察は、2011 年 1 月 27-29 日に実施したが、鉱山訪問は 28 日のみであり、その前後は移動日に当てている。

現地視察では、未だ段階的閉鎖活動を実施していない状況であったが、一連のプロセスを確認すると共に、プロセス用水や坑廃水の発生を含めて、水管理システムを重点的に視察した。

また、Antamina 鉱山は、大規模鉱山であり、鉱山内のコンポーネント 1 つ 1 つの規模が大きいことから、現地調査に必要な時間的配分についても確認した。

a. 露天堀

露天堀は、1 度に 19－30 万 t の鉱石を破碎している。岩石の約 6 割は石灰岩が占めている。露天堀内の降水は、廃さい堆積場へ移送されている。



写真 6. 29 露天堀の状況

b. 廃さい堆積場

廃さい堆積場は、面積約 578.9ha、約 353 百万 m³ の容積を持ち、充填する廃さい量は約 346 百万 m³ である。また、廃さい堆積場は、Antamina 鉱山から排出される全ての排水の貯水ダムとして利用されており、選鉱設備からの廃さい、ズリ捨て場からの排水、廃さいダムやズリ捨て場からの浸透水等は全て一旦廃さい堆積場へ送水される。また、廃さい堆積場に貯水された水から、選鉱用水等を取水するとともに、排水基準を満足している部分は、Ayash 峡谷へ放流されている。



写真 6. 30 廃さい堆積場の状況

c. ズリ捨場

Antamina 鉱山には、Este ズリ捨場と Tucush ズリ捨場の 2 つのズリ捨場がある。Este ズリ捨場は、最初に使用開始したズリ捨場であり、Yanacancha 峡谷に位置し、最大高さ 490m、最終面積 367ha、堆積高 50m–60m の規模を有している。2003 年末までに約 220 百万 t のズリを堆積している。堆積したズリは、主にクラス A と B に分類されており、クラスが高いほど亜鉛、銅、硫化物を含み酸生成能力が高い性質を持っている。Tucush ズリ捨場は、Tucush 峡谷に位置し、最大高さ 525m、最終面積 209ha、堆積高 50–60m の規模を有している。2006 年末までに約 12 百万 t のズリを堆積し、ズリの約 99% はクラス C に分類され、残りはクラス B である。クラス C は石灰石を主体とした酸生成可能性の小さい性質であるが、浸出水中に銅が溶出する可能性に備えて、下流部には 3.08ha の人工湿地を建設し試験を実施している。



【Este ズリ捨場の状況】



【Tucush ズリ捨場の状況】

写真 6.31 ズリ捨場の状況

d. 調査研究

Antamina 鉱山では、鉱山で実際に生産されるズリを用い、ラボ試験とフィールド試験を実施している。ズリは、銅、亜鉛、硫化物を多く含み酸生成可能性の高い順に、クラス A、B、C に分類され、クラス C は石灰岩の比率が高く酸生成可能性は小さい。試験では、それぞれの混合比率や被覆土壌の厚さを変化させて、排出される浸透水の水理特性や水質変化等のデータを収集し、実物のズリ捨て場の浸出水の特性を予測するとともに、鉱害発生のポテンシャルを低減させる計画である。



写真 6.32 ラボ試験場の状況

e. 植栽試験場

Antamina 鉱山では、ズリ捨て場など鉱山跡地の環境修復のために最適な植物品種と土壌構成を調査するため、被覆する土壌構成や植栽する植物品種を変えた栽培試験を実施している。また、試験区域から排出される排水についても、水量と水質のデータを収集している。



写真 6.33 植栽試験場の状況

f. 被覆用土壌保管場所

Antamina 鉱山では、鉱山跡地の環境修復のために用いる、被覆用土壌を確保を継続して行っている。最終的に約 370 万 m³ の土壌を必要とするが、現在までに敷地内の 19 カ所に約 300 万 m³ の土壌を確保している。残りの必要な分についても、水没が予定されている廃さい堆積場周辺の表土を取得することで確保できる見込みである。

確保した土壌の表層には、植栽を実施し、土壌と栄養分の流出を防止している。



写真 6.34 土壌保管場所の状況

g. 環境対策

鉱山エリア内と上流側と下流側について、大気質、水質、土壌、及び水生生物のモニタリングを継続し、鉱山稼行が環境に与える影響を調査している。また、鉱山の開発を行った区域については、毎年約 800,000 米ドルを投資し、浸食防止や再植栽による環境修復を継続して行っている状況である。

h. 社会環境対策

Antamina 鉱山では、地域住民に対する説明会を実施しており、EIA の修正プロセスにおいても、住民側からのクレーム等は無いた況であった。また、鉱山関連従業員に対する社会環境プログラムは未だ実施する段階にはなっていない。

(3) Antamina 鉱山の現地視察に係る考察

Antamina 鉱山の現地視察により、以下の指摘事項が抽出された。

(廃さい堆積場)

- ① 廃さい堆積場に貯留された水は選鉱用水として再利用しているが、全量リサイクル

ルすることは困難と考えられるため、廃さいダムからの浸透水の処理方法などを含め、水質管理の方法について確認する必要がある。

(地表水と地下水)

- ② 港湾地区では、精鉱スラリーの脱水ろ液を使用して植林を実施しているが、閉山後は散水のための水源が存在しなくなる。閉山後の植林を維持するための方策について検討されているか。
- ③ 鉱山エリアの地下水のシミュレーションは、どのようなデータを根拠に行っているのか。

(露天堀)

- ④ 露天堀跡の閉鎖方法は、水没させる方針であるが、水没までに 50 年以上の長い年月が必要と見積もられている。長期に渡って行われる水没による地下水への影響は検討されているか。

(その他)

- ⑤ 一般に、鉱山エリアは開発区域以外にも鉱床が発達している場合が多いため、自然由来の汚染が認められる場合もある。本鉱山における自然由来の汚染の発生について確認しているか。
- ⑥ 鉱山エリア内外について、土壌汚染や生物種モニタリングを実施しているが、仮に鉱山エリア由来の汚染が認められた場合、どのような対策を実施するのか。

また、上記の指摘事項について、Antamina 鉱山側から回答を得ることができた。その結果は、以下のとおりである。

(廃さい堆積場)

- ① 廃さい堆積場は、選鉱廃さいやズリ石置場からの排水、浸透水等を受け入れ、選鉱用水を取水しているが、全量を再利用しているわけではなく、基準値を達成している分は放流している。また、廃さい堆積場は、湿潤カバーによる被覆を行う予定であり、浸透水の水質が悪くなる予測はされていない。

(地表水と地下水)

- ② 港湾地区の植林は、積荷の再発生する粉塵を防止するため、精鉱貯蔵庫に隣接し、約 166ha の植林用地を確保している。また、精鉱スラリーの脱水工程により排出される排水は、植林に散水するとともに、植林による保水と蒸散作用により、水バランスを保っている。植林に使用した種は、散水を維持しなければ閉山後は維持することはできないため、乾燥地帯においても存続できる樹木の栽培研究を実施している。
- ③ 鉱山エリア内外の 10km 四方において、40 本以上のモニタリング井戸を設け、2008 年以降井戸の水質記録を管理している。モニタリングの結果より、地下水には汚染が認められないことを確認しており、MEM へも定期的に報告している。また、モニタリングデータを基にシミュレーションを行い地下水挙動の概念的モデルを作成している。

(露天堀)

- ④ 岩石性状やモニタリングの結果、及び種々の設計条件を考慮し、露天堀跡は水没させる方針が採用されている。また、開発前には湖があった場所であり、金属堆積物が鉱化して鉱床が発達した場所であることから、閉山後は基の湖に戻すのが望ましいと判断した結果である。

(その他)

- ⑤ 鉱山エリア内には、ボーリング調査の結果、露天堀エリア以外に硫化鉱物の存在が確認されておらず、自然由来の汚染源も確認されていない。
- ⑥ 生物種のモニタリングは、鉱山上流側と下流側について実施しており、現段階までの観察では異常は認められない状況である。モニタリングエリアの選定は、生物種が存在すること及び地元住民への説明等を考慮して選定している。また、土壌汚染についても鉱山上流、鉱山内、鉱山下流において実施しており、仮に鉱山由来の汚染が認められた場合には、必要な対策を実施することとしている。

Antamina 鉱山では、段階的閉鎖活動を実施する段階までに至っていないことから、閉鎖活動に必要な覆土材量の確保を行うとともに、開発済みエリアについて部分的な植栽活動を実施している状況であった。また、ズリ捨場から発生する浸透水の重金属や酸生成可能性を予測するための調査研究を実施し、その結果をズリ捨場から発生する鉱害ポテンシャルの予測や低減のために活用する計画であった。

このように開発が長期に渡る鉱山においては、鉱山稼行期間において、鉱害ポテンシャルを低減するための研究開発を実施し、その成果を閉山計画へフィードバックする手法が採用されていくと考えられる。鉱害対策技術の研究開発も進歩することが予測されることから、新規技術の採用や鉱害対策の変更が、今後、閉山計画の修正や更新に盛り込まれていくことが想定される。

このような状況に対応し、鉱害発生のパテンシャルとその対策を評価し、閉山計画の適否を判断するためには、実際の鉱山コンポーネントの状況を把握するとともに、鉱山側の実施している鉱害対策を確認する必要があると考えられる。このためのアイテムとして、現地視察は非常に重要であると考えられる。

また、Antamina 鉱山のように段階的閉鎖活動を実施する段階にまで至っていない鉱山においては、閉山活動の妥当性をチェックする上で最も効果的な時期に現地視察を実施することが望ましいと考えられる。現地視察には、調査員、移動手段、調査機材等の確保及びそれらを手当てするための資金を確保する必要があるとあり、経済的負担が大きいためである。

さらに、Antamina 鉱山のように大規模鉱山においては、1つ1つのコンポーネントの規模が大きいと、視察に必要な時間が必要であり、鉱山規模やコンポーネントの数を考慮して視察日程を調整することも重要であることを把握できた。

6.5 まとめ

ケーススタディの対象鉱山は、閉山計画審査を申請した稼行鉱山とした。2009年7月までに閉山計画審査を申請した稼行鉱山は、合計137鉱山であり、すべての鉱山について、審査内容を確認することは効率的でない。このため、ケーススタディとして検討する鉱山について選定作業を行った。検討鉱山の選定方法は、選定要素を設定し、各種要素別による選定を行い、最も重複する鉱山（選定要素の多い鉱山）を検討鉱山として抽出した。

その結果、合計21鉱山が選定され、これらの鉱山をメインに審査内容について検討を行った。

上記の抽出された検討鉱山のうち、第1回から第3回に分けケーススタディとして、下記の7鉱山について現地調査を実施し、現地調査結果と閉山計画書との乖離状況について比較検討を行うとともに、閉山計画の現地調査を実施するための課題の抽出を行った。

なお、Raúl 鉱山については、2010年3月に Condestable 鉱山が利権を獲得し、Condestable 鉱山の一部として開発を再開している。Raúl 鉱山と Condestable 鉱山は隣接しており、同様の気象・地形・鉱床形態を示していることから、同一鉱山として検討を行った。

また、Antamina 鉱山は、段階的閉鎖活動を実施する前の稼行鉱山であったが、大規模鉱山であることから、鉱山のコンポーネント1つ1つの規模が大きく、このようなコンポーネントの視察に必要な時間配分についても調査を行った。

ケーススタディを実施した鉱山のリストは以下のとおりである。

表 6.5 ケーススタディの実施鉱山

ケーススタディ	実施鉱山	視察日
第1回	Raúl 鉱山	2010. 8. 26－8. 27
	Condestable 鉱山	2010. 9. 9
	Casapalca 鉱山	2010. 8. 31、2010. 11. 8
第2回	Calaveri 鉱山	2010. 11. 13
	Funsur 製錬所	2010. 11. 18
第3回	Maria Teresa 鉱山	2011. 1. 14
	Antamina 鉱山	2011. 1. 28

現地視察を行った結果、地表水や地下水、堆積場、ズリ捨場、坑外施設、大気粉塵、社会環境等について指摘事項が確認された。

指摘事項の分類を表 6.6 に整理する。

表 6.6 指摘事項の集計

視察鉱山	指摘内容の分類					
	地下水・表層水	廃さい堆積場	ズリ捨場	大気粉塵	露天堀・坑外施設	社会環境・その他
Raúl	8	2		1	2	1
Condestable						
Casapalca	2	1	1		2	
Caraveli	2	1	1			
Funsur						
Maria Teresa	2	2				
Antamina	2	1			1	2
計	16	7	2	1	5	3

今回、ケーススタディで抽出された指摘事項は、現地調査を行うことにより、確認することができた事項であり、閉山計画審査時における現地調査の必要性が認識されたと判断される。

ケーススタディで指摘された指摘事項については、鉱山側と意見交換を行うとともに、対応策や改善案にいて、鉱山側の考え方や方針を確認することが出来た。

また、鉱山稼行の期間の長い鉱山においては、鉱山稼行と平行して、鉱山コンポーネントの鉱害発生ポテンシャルやその対策について調査研究を実施し、その成果を更新閉山計画書に反映させる方針であることも確認できた。鉱害防止対策技術の進歩や新規開発によって、閉山計画の内容が更新されてゆくことが想定されるため、閉山計画審査においては、このような新規技術とそれを適用する鉱山コンポーネントの実際の状況を適切に評価することが必須となっていくと考えられる。この意味でも、現地視察は、閉山計画書の審査にとって非常に重要なアイテムになると考えられる。

閉山計画書は、EIA の認可後 1 年以内に提出する必要があるが、EIA 1 年後の鉱山の開発状況は、未だ段階的閉鎖活動を実施していない段階であり主要な鉱山コンポーネントは実在しないことが想定される。そのため、閉山計画書の審査は、主に書面における鉱害防止対策と閉鎖技術を審査することになると考えられる。

従って、閉山計画書の審査における現地視察を効果的に行うためには、現地視察の実施時期について十分検討しておく必要がある。この点については、ケーススタディを通して得られた知見を基に、アクションプランにて検討することとする。

また、ケーススタディを実施した鉱山においては、鉱山稼行による鉱害発生を防止するとともに段階的閉鎖活動によって周辺環境に与える影響を緩和している状況を確認することができた。

最後にケーススタディ実施鉱山の位置を図 6.15 に示す。

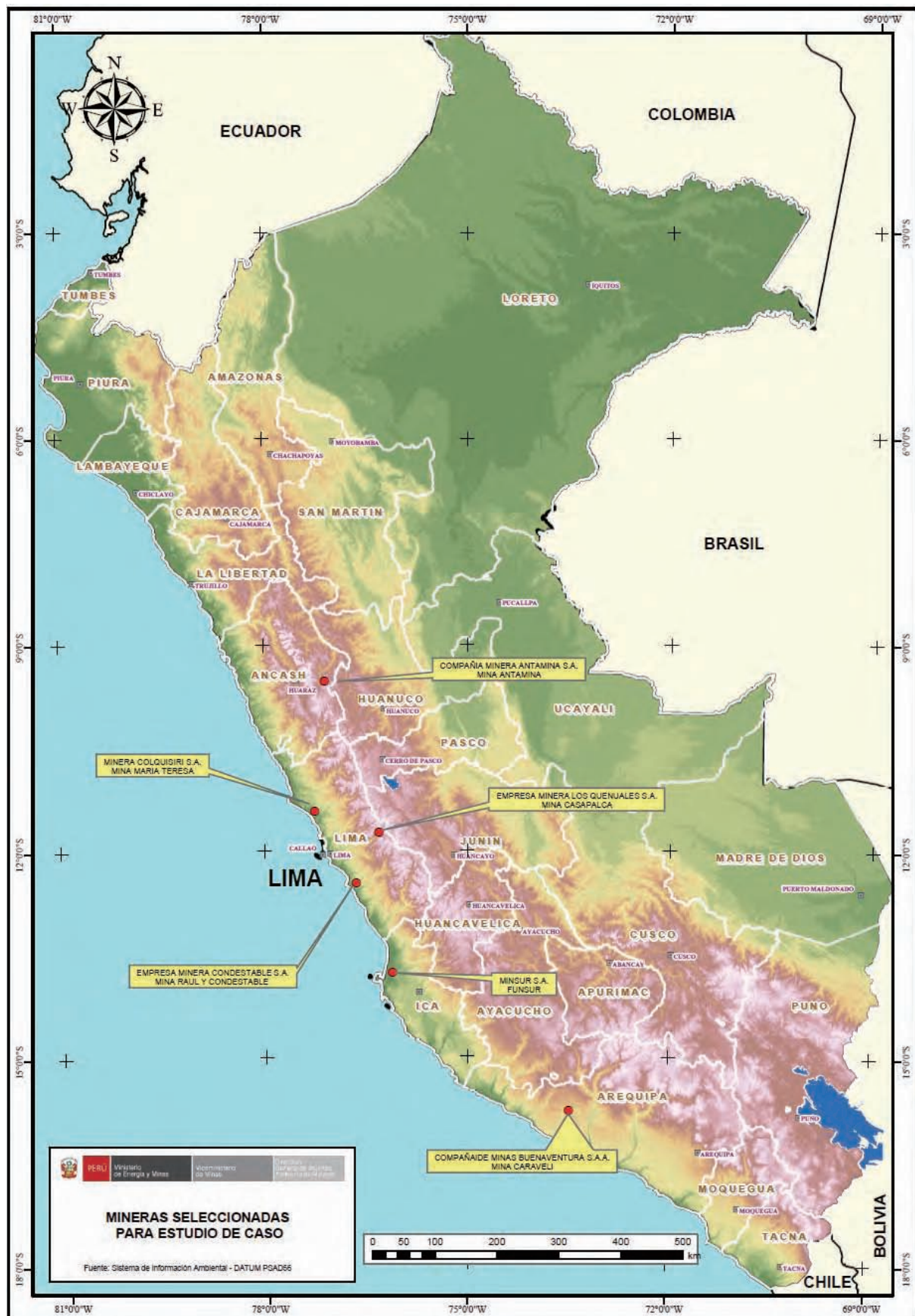


図 6.15 ケーススタディ実施箇所