

2-2 ペルー

2-2-1 氷河後退の実態及びそれに伴う災害（氷河湖決壊）の危険性

(1) 氷河の分布と特性

ペルーの氷河は、図 2-2-1 に示す中央北部から南の国境に広がる 20 の山脈に存在する。各山脈の氷河地域の一覧を表 2-2-1 に示す。流域は太平洋 (Pacific)、大西洋 (Atlantic) と内陸閉塞流域であるチチカカ湖流域 (Titicaca) で区別されている。



図 2-2-1 ペルーの氷河地域（緑色）と主要河川

(出典 : Glaciers of Peru、<http://pubs.usgs.gov/pp/p1386i/peru/>)

表 2-2-1 ペルーの山脈ごとの氷河（1964 – 1967 – 1970 の空中写真による）

出典 : Glacier Inventory of Peru, Hidrandina S.A. -Unit of Glaciology and Hydrology Huaraz と
Glaciers of Peru、<http://pubs.usgs.gov/pp/p1386i/peru/>

山脈	長さ (km)	方位	緯度 (南緯)	経度 (西経)	最高標高 (m)	流域	氷河の 個数	氷河の面積 (km ²)
Blanca	200	NW	08° 08'- 09° 58'	77° 00'- 77° 52'	6,768	Pacific- Atlantic	722	723.37
Huallanca	19	NW	09° 52'- 10° 03'	76° 58'- 77° 04'	5,480	Pacific- Atlantic	56	20.91
Huayhuash	26	NW	10° 11'- 10° 26'	76° 50'- 77° 00'	6,634	Pacific- Atlantic	117	84.97
Raura	20	NW	10° 21'- 10° 31'	76° 41'- 76° 50'	5,727	Pacific- Atlantic	92	55.20
La Viuda	130	NW	10° 33'- 11° 37'	76° 07'- 76° 42'	5,780	Pacific- Atlantic	129	28.60
Central	100	N	11° 37'- 12° 26'	75° 30'- 76° 18'	5,817	Pacific- Atlantic	236	116.65
Huagoruncho	10	E	10° 14'- 10° 19'	75° 57'- 76° 03'	5,879	Atlantic	80	23.40
Huaytapallana	17	NW	11° 47'- 11° 56'	75° 00'- 75° 05'	5,720	Atlantic	152	59.08
Chonta	50	N	12° 37'- 13° 07'	75° 00'- 75° 30'	5,305	Pacific- Atlantic	95	17.85
Ampato	140	E	15° 24'- 15° 51'	71° 51'- 73° 00'	6,426	Pacific	93	146.73
Vilcabamba	85	E	13° 10'- 13° 27'	72° 30'- 73° 15'	6,271	Atlantic	98	37.74
Urubamba	30	NW	13° 08'- 13° 17'	71° 58'- 72° 16'	5,750	Atlantic	90	41.48
Huanzo	57	NW	14° 30'- 15° 01'	72° 50'- 73° 15'	5,445	Pacific- Atlantic	115	36.93
Chila	80	E	15° 02'- 15° 26'	71° 43'- 72° 37'	5,556	Pacific- Atlantic	87	33.89
La Raya	60	E	15° 10'- 15° 26'	70° 36'- 71° 14'	5,489	Pacific- Atlantic- Titicaca	48	11.27
Vilcanota	120	N, W	13° 39'- 14° 29'	70° 31'- 71° 20'	6,384	Atlantic	469	418.43
Carabaya	75	NW	14° 00'- 14° 22'	69° 38'- 70° 19'	5,780	Atlantic- Titicaca	256	104.23
Apolobamba	35	E	14° 35'- 14° 45'	69° 14'- 69° 34'	5,852	Atlantic- Titicaca	109	81.12
Volcánica	---	---	16° 07'- 16° 33'	71° 12'- 71° 33'	---	Pacific	---	---
Barroso	---	---	16° 51'- 17° 37'	69° 45'- 70° 30'	---	Pacific	---	---
						Total	3044	2041.85

ペルー全土にある氷河は 3044、その面積は 2,041.85km² であり、全世界の熱帯氷河の約 70%が存在している。ペルーで最大の氷河面積を持つのは中央北部の Cordillera Blanca で、その氷河地域は北西—南東方向に 200km にわたって伸び、723.4km² の面積を持つ。世界で最も熱帯氷河が集中している山脈である。ペルーの主な氷河を表 2-2-2 に示す。

表 2-2-2 ペルーの主な氷河

(出典 : Glaciers of Peru、<http://pubs.usgs.gov/pp/p1386i/peru/>)

山脈	名前	緯度 (南緯)	経度 (西経)	氷河の面 積(km ²)	最大長もしく は半径(km)	氷河の型
Vilcanota	Quelccaya	14° 00'	70° 46'	54.0	17.0	ice cap
Blanca	Copap	09° 17'	77° 20'	13.8	7.0	plateau
Huayhuash	Yerupaja	10° 14'	76° 55'	9.4	6.0	valley
Blanca	Chopicalqui	09° 05'	77° 36'	9.1	6.5	valley (debris-covered)
Blanca	Pucahirca	08° 53'	77° 35'	6.5	4.5	plateau
Blanca	Artesonraju	08° 58'	77° 38'	6.0	3.6	mountain
Central	Sullcon	11° 52'	76° 03'	5.4	5.3	valley
Blanca	Cook	09° 02'	77° 39'	5.4	4.6	valley (debris-covered)
Blanca	Safuna	08° 51'	77° 37'	4.7	3.6	valley
Raura	Santa Rosa	10° 29'	76° 44'	2.4	2.7	valley
Blanca	Uruashraju	09° 35'	77° 19'	2.2	2.5	valley
Blanca	Yanamarey	09° 39'	77° 16'	1.3	1.7	valley

ペルーで最大の面積を持つ氷河は Vilcanota 山脈の Quelccaya 氷帽であるが、それに次ぐ氷河は Cordillera Blanca に集中している。

ペルーの氷河は、アンデス山脈の地形、標高、降水パターンと関係づけられる。太平洋岸を北上するフンボルト海流とエル・ニーニョ現象やラ・ニーニャ現象はペルーの特異な気候の主因である。図 2-2-2 (次ページ) にペルーの年間降水量分布を示す。

太平洋に沿った海岸部はきわめて乾燥し、降雨は非常に少なく、まったく雨の無い年もある。対照的に、アンデス山脈の東側斜面では、広いアマゾン流域から供給される湿潤な気団により、多くの降水があり、また、一年中降水が継続する。その間のアンデス高地では乾季と雨季が交互にあり、適度の雨がある。氷河を涵養するのは、主にアマゾン流域からもたらされる降水である。アンデス山脈上部では 2,000mm 程度の年間降水があると考えられている。太平洋岸の乾燥地帯の植物と動物はアンデス山脈からの水に依存している。Cordillera Blanca 等の山脈の氷河は、乾季にも水をもたらしてくれる、海岸砂漠地域にとっては非常に貴重な水供給源である。

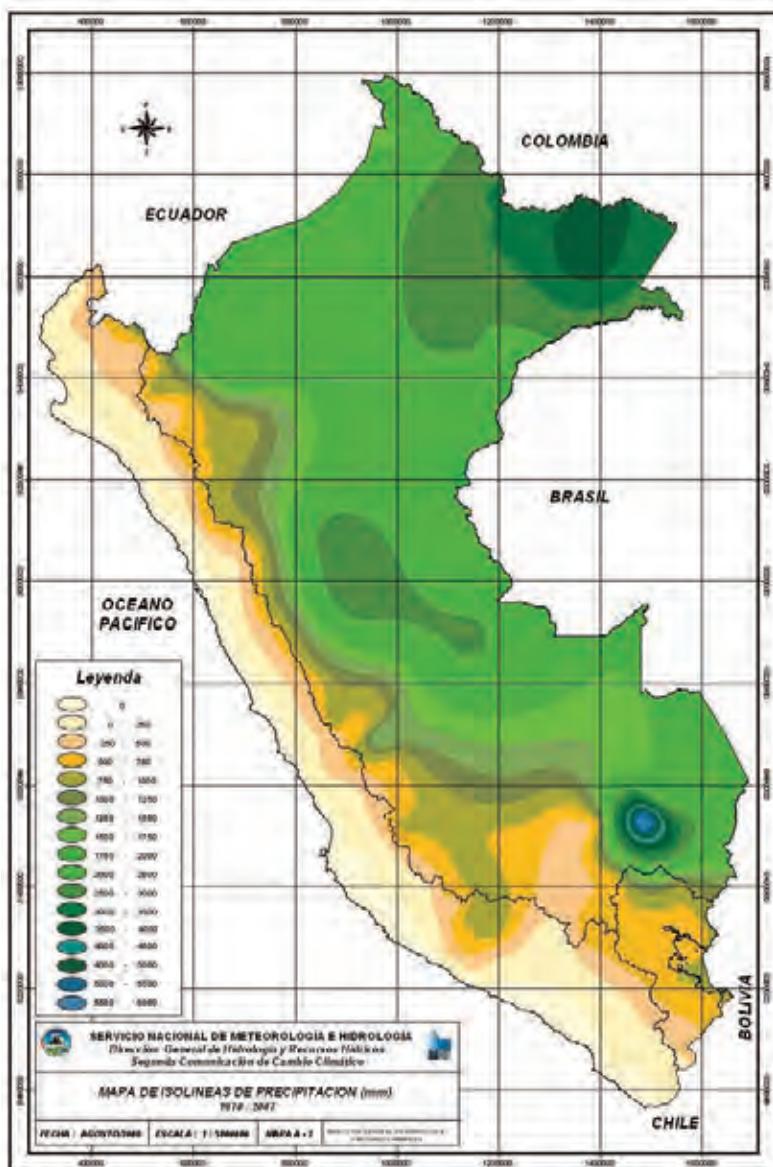


図 2-2-2 ペルーの年間降水量分布（出典：SENAMHI）

(2) 現地視察

ペルーで氷河がもっとも発達している Cordillera Blanca を対象に、2009 年 3 月 17~20 日に氷河、氷河湖、氷河湖決壊洪水対策施設、およびチャビン・デ・ワンタル遺跡の視察を行った。また、3 月 23、24 日には首都リマ市の水源である Rimac 川上流の氷河、湖の視察を行った。

1) 氷河および氷河湖

Cordillera Blanca の Llaca 湖の写真を図 2-2-3~2-2-8 に示す。氷河湖決壊洪水対策施設の項で詳述するが、この湖には人工のダムが造られている。その堰堤の上部から湖を見た写真

が図 2-2-3 である。湖の奥は岩屑に覆われているのでわかりづらいが、氷河は湖の中に迄伸びている。図 2-2-4 は湖の奥の氷体である。この部分はすでに流動しておらず、ゆっくり融解していると考えられる。さらに上流を見ると、垂直に近い氷壁をもった末端部分があり、この氷の崩壊で氷河は消耗している（図 2-2-5 参照）。氷河表面は右岸のモレーンよりだいぶ低く、氷河は後退中であることを示している。また、図 2-2-5 の左岸側の氷体のすこし上部には植生がみられ、氷河がこの高さになってからかなりの年月がたっていることを示している。

図 2-2-6 に最下部を除く氷河を示す。中・上流部は表面に岩屑がなく、中流部は傾斜が急で、流動方向と垂直に多くのクレバスがあり、アイスフォール状である。図 2-2-7 は図 2-2-6 とほぼ同方向から、1979 年 7 月に撮影された写真である。30 年前と比較すると、現在はアイスフォール右岸側の壁に懸垂している氷河がない。左岸側の植生を基準に比較すると、写真の下部 1/3 ぐらいの表面が岩屑に覆われている部分の氷河表面が低下していることがわかる。図 2-2-8 は Llaca 湖の堰堤を下流側から見た写真であり、もともとの堰堤は自然にできたエンドモレーンであることが確認できる。



図 2-2-3 Llaca 湖



図 2-2-4 Llaca 湖奥の氷体



図 2-2-5 Llaca 氷河の下部



図 2-2-6 Llaca 氷河



図 2-2-7 1979 年 7 月撮影の Llaca 氷河
(竹中修平氏提供)



図 2-2-8 Llaca 湖の堰堤

Cordillera Blanca の Llanganuco 谷の氷河湖の写真を図 2-2-9 に示す。上流側が Orconcocha 湖、下流側が Chinancocha 湖である。Chinancocha 湖の下流側にはフリュームが作られており、水位観測によって湖からの流出量が観測を行っている。



図 2-2-9 Llanganuco 谷の Orconcocha 湖
(手前) と Chinancocha 湖



図 2-2-10 Chinancocha 湖からの流出量観
測用のフリューム

Llanganuco 谷の上部の氷河の写真を図 2-2-11 に示す。Chopicalqui 山からの氷河が向かって左から、Huascarán 山南峰と北峰からの氷河が右から流れ込み、下流部で合流している。氷河表面は中流部までは白いが、中流部からは灰色になっている。氷河に含まれている岩屑が氷河表面の融解により徐々に姿を現すため、表面の岩屑は下流部ほど厚くなる。この岩屑により、氷河の両側にサイドモレーン、末端にエンドモレーンが形成される。写真ではエンドモレーンから融解水が流出している。図 2-2-12 はほぼ同方向から、1979 年 7 月に撮影された写真である。氷河の末端部分はモレーンとほぼ同じ高さである。一方、30 年後の写真では、末端部分はモレーンよりもかなり低下しており、氷河が後退、あるいは表面が低下していることを示している。末端部付近はほとんど流動がないと考えられる。現在

はエンドモレーン越しに流出が見られるが、氷河の融解が進み、さらに氷河表面が低下し、また、地中への融解水の浸透が止まれば、氷河湖が形成されるであろう。



図 2-2-11 Cordillera Blanca の Chopicalqui 山(左)、Huascarán 山南峰(正面右)、Huascarán 山北峰(右端)から Llanganuco 谷に流れ下る氷河



図 2-2-12 図 2-2-11 と
ほぼ同方向からの 1979
年 7 月撮影の写真(竹
中修平氏提供)

2) 氷河湖決壊洪水対策施設

Cordillera Blanca では、以前からたびたび氷河湖決壊による洪水が発生し、大きい被害も受けてきた。そこで、その対策のために、湖の水位を下げる、あるいは堰堤の補強による防災工事が行われてきた。

図 2-2-13~2-2-15 は、前述の Llaca 湖に作られたダムの写真である。氷河湖の自然堰堤であるエンドモレーンを上部から少しづつ開削し、注意深く掘り下げ、設定された水位まで排水する。排水後、コンクリートの排水パイプを設置し、パイプ上に元のモレーンと同じ高さまで土を圧密し、表面を岩やコンクリートでおおって人口の堰堤を作っている。



図 2-2-13 上流側から見た Llaca 湖のダム



図 2-2-14 下流側から見た Llaca 湖のダム

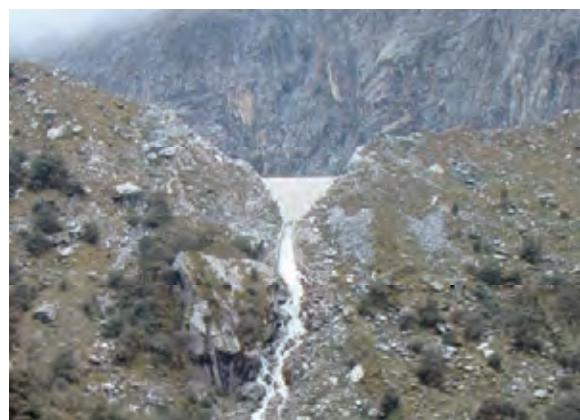


図 2-2-15 下流側から見た Llaca 湖のダム全景

氷河湖決壊洪水対策の方法としては、ダムの建設以外に、排水トンネルの掘削がある。Cordillera Blanca の Paron 湖には排水トンネルで掘削されており、その写真を図 2-2-15~2-2-20 に示す。この排水トンネルは 1984 年に完成された。トンネルは湖底から 25m の高さ、堰堤から 45m 低い位置に造られ、長さは 1,261m で、流出量を $1.63\sim5.63\text{m}^3/\text{sec}$ で調整し、堤防から 15~45m 下に水位を調整することになっている。図 2-2-16 は湖岸にあるトンネルへの入り口で、ここに冲合の湖底にトンネルの取水口がある。自然堰堤の外側には、図 2-2-17 に示すトンネルの出口があり、図 2-2-18 に示すフリュームで流出量が測定できるようになっている。自然堰堤上には、図 2-2-19、2-2-20 に示す余水吐が確認できた。この余水吐はトンネル工事以前からあったものということである。このトンネルの工事が開始されたのは 1970 年で、途中、掘削失敗、再掘削で、完成までに 14 年かかっている。この余水吐は、工事開始の時に安全のために作ったか、それ以前から、決壊洪水の危険性を認識し作ったものと考えられる。



図 2-2-16 湖岸にあるトンネルへの入口



図 2-2-17 Paron 湖のトンネルの出口



図 2-2-18 トンネルの出口のフリューム



図 2-2-19 自然堰堤上の余水吐の取水口



図 2-2-20 自然堰堤上の余水吐の下流側

3) チャビン・デ・ワンタル遺跡

Cordillera Blanca の南東側には世界遺産のチャビン・デ・ワンタル遺跡がある。同遺跡の写真を図 2-2-21～2-2-24 に示す。図 2-2-21 は遺跡の一部の写真である。遺跡は地上ばかりでなく、地下部にもある。

チャビン・デ・ワンタルは、神による自然の支配を示すことで威信を高める目的で、あえて氾濫や地滑りの危険性の高い場所に作られた。Mosna 川の河床に、川を迂回させて建造された。図 2-2-22 の遺跡の手前側に Mosna 川が流れている。また、図 2-2-23 に示すように、西から Mosna 川に流れ込む Huachecsa 川の狭隘部の出口にも位置している。近年、遺跡を守るために、図 2-2-24 に示す堤防が作られたが、高さ 1m のもので増水時の川岸の浸食には対処できるものの、氾濫や土石流には対処できるものではない。



図 2-2-21 チャビン・デ・ワンタル遺跡



図 2-2-22 遺跡と Mosna 川



図 2-2-23 遺跡と Huachecsa 川の狭隘部（左側）



図 2-2-24 遺跡の Mosna 川沿いに建造された堤防

4) 洪水・土砂崩れ災害

氷河後退との直接の関連はないが、今回の調査で河川の増水、土砂崩れなどの降雨による災害を目にした。温暖化により、強度の強い降雨の頻度が増えることが指摘されており、図 2-2-25～2-2-30 を示し、水・土砂崩れ災害についても簡単に記す。現地にいた 3 月中・下旬は雨期の終わりであり、時折、強い雨が降っていた。

図 2-2-25 はリマの北方の海岸沿いの町 Chancay を流れる 3 月 15 日の Chancay 川である。海岸部には降雨はなかったが、約 50km 上流の山脈では前日夜に大雨があり、海岸沿いの川はすべて増水していた。ペルーの海岸部は年間を通じて、ほとんど降雨がない。灌漑されているところだけが農地となり、あとは土漠である。写真で、灌漑されている農地の向

こう側は植生のない土漠であることが確認できる。

図 2-2-26 は 3 月 15 日の新聞記事で、増水のためリマ市内の Rimac 川にかかる Balta 橋の一部が壊されたことを報じている。3 月 24 日に現場に行ってみると、依然として修理中であった（図 2-2-27 参照）。

3 月 15 日は、山間部の至る所で、降雨による土砂崩れが発生していた。図 2-2-28 は、車のフロントガラス越しに土砂が崩れ落ちるのを見て、停車し、岩、石を除いたあとに、通過した土砂崩れの写真である。また、図 2-2-29 は 3 月 19 日に、Paron 湖へ行く時にあった土砂崩れである。土砂をよけ、大きい落石を避けて通過した。3 月 24 日には Rimac 川上流に向かったが、山道が土砂崩れで通行止めになつており、重機による除去作業が行われていた（図 2-2-30 参照）。土砂の両側にはすでに何台もの車両が止まって、開通を待っていた。



図 2-2-25 Chancay 川の増水と農地の様子（3 月 15 日）



図 2-2-26 3 月 15 日の新聞「壊れた Balta 橋」の記事



図 2-2-27 Balta 橋の修理の様子（3 月 24 日）



図 2-2-28 土砂崩れ（3 月 15 日、ワラスに入る峠付近）



図 2-2-29 土砂崩れ（3月 19 日、Paron 湖への道）



図 2-2-30 土砂崩れ（3月 24 日、Rimac 上流への道）

(3) 現地機関による氷河調査の現況

ペルー国内で氷河に関する調査を行っているのは、MINAM に所属する SENAMHI、ANA に所属する Jefe de la Unidad de Glaciología (Glaciological Unit) と IRD である。

SENAMHI は防衛省の組織であったが、2008 年の環境省 (MINAM) の創設に伴い、MINAM のもとに移った。ペルー全土の気象、水文の観測、調査を担当する組織であり、約 700 の気象・雨量観測所（約 50 が自動、約 650 がマニュアル観測）および 184 の水文観測所（30 が自動観測、154 がマニュアル観測）を運用しているほか、種々の気象、水文に関する調査も行っている。氷河に関する調査は 1987 年から、ANA(当時の INRENA)と共にで行っており、主に気象、水文観測を担当している。1990 年代からは、IRD とも共同で調査を行っている。

IRD はフランス国立の研究教育組織で、発展途上国と共同で調査研究を行いながら、途上国の研究者の育成を行っている。ラテンアメリカ、アフリカ、アジアの 44 の発展途上国に事務所があり、フランス政府、大学、各国からのファンドで運用されている。ペルーでは約 20 人のフランスから派遣された研究者が氷河、水文、海洋、生物、医学、魚類等の研究を現地研究者とともにに行っている。

1941 年 12 月に Cordillera Blanca の氷河湖が崩壊し、その洪水で、ワラスの町の約 25% が破壊され、4,000 人以上が死亡した。その対策として、Instituto Geológico del Perú による Cordillera Blanca の氷河と湖のインベントリー作成や氷河湖決壊洪水対策プロジェクトが始まり、これを契機に現在の Glaciological Unit がワラスに創設された。それ以降、氷河や氷河湖の観測、表 2-2-3 に示す氷河湖の危険度評価や 37 の湖での防災工事を行ってきた。

表 2-2-3 Glaciological Unitによる水河湖の危険度評価と水河湖決壊洪水防止工事

LAGUNAS GLACIARES DE LA CORDILLERA BLANCA CON OBRAS DE SEGURIDAD Y BATIMETRÍA

Nº ORD.	Nº MAP. IND.	NOMBRE	SUB- CUENCA	UBIC. POLIT.ICA	COORDENADAS	CARACTERÍSTICAS INICIALES			CARACTERÍSTICAS FINALES			CARACTERÍSTICAS ACTUALES			CLASIF. INV							
						E	N	m.s.n.m.	ALT. AREA m.s.n.m.	PROF. m³	ALT. AREA m.s.n.m.	PROF. m³	LARGO m	ANCHO m	FECHA DE BATIM.							
1	294	SAFUNA ALTA	QUITARACSA	POMABAMBA	211812 901923	4.320	567.750	2.119.905	98	4.291	305.750	1.020.000	81.5	850.0	1.050.0	Abr/02						
2	295	PLUACOCHA	QUITARACSA	POMABAMBA	210484 901995	4.481	275.400	8.824.060	53	4.490	265.320	25.870.0	78.5	651.0	632.0	Sep/05						
3	33	LULLACOCHA	QUITARACSA	POMABAMBA	209739 900307	4.470	1.000.000	4.738	960	560	650	153	3	1.968	T.A.-DA	N						
4	46	CULICOCCHA	LOS CEDROS	HUAYAS	198513 901983	6.145	946.080	70.485.566	153	4.607	867.640	621.400.000	145	5	1.970	T.A.-DA	R					
5	48	YURACOCHA	STA. CRUZ	HUAYAS	189058 901950	6.145	921.500	1.000.000	960	330	350	50	9	8	1.951	T.A.-DA	R					
6	55	TAULICOCCHA	STA. CRUZ	HUAYAS	211598 901975	4.420	901.575	4.416	145.000	250.000	74	350	320	2	1.962	T.A.-DA	N					
7	55	JATUN COCHA	STA. CRUZ	HUAYAS	207140 901974	3.880	475.000	5.400.000	74	3.890	475.000	5.400.000	26	1.200	470	260	120	3.410	1.920	1.920	3.404	Jun/07
8	61	ABHUAYOCOCHA	STA. CRUZ	HUAYAS	211554 901974	4.437	381.250	9.175.484	124	4.429	282.000	650.000.000	115	470	280	2.000	2.000	T.A.-DA	M			
9	61	PARON	PARON	HUAYAS	204817 900092	4.200	1.850.000	73.500.000	69	4.155	1.850.000	115.250.000	24	1.261	52	1.984	T.A.-DA	M				
10	64	HUANDOY	LANG	YUNGAY	207056 899252	4.440	12.500	4.738	833	674.800	171.700	8	1.700	450	1.974	T.A.-DA	M					
11	67	LLANGANUCO ALTA	LLANG	YUNGAY	208810 899191	3.620	587.400	12.000.000	30	3.620	587.400	12.000.000	30	1.460	550	1.971	T.C.E	E				
12	69	LLANGANUCO BAJA	LLANG	YUNGAY	213109 900720	4.356	159.880	3.113.920	64	4.340	25.000	380.000	80	360	100	15	1.961	T.A.-DA	M			
13	69	ARTESA	BULN	CARHUAZ	223455 899158	4.356	899.580	898.361	4.355	156.975	5.046.300	57	4.345	171.000	380.000	87	380	100	10	1.976	T.A.-DA	M
14	78	ARTESA	BULN	CARHUAZ	219879 898623	4.356	899.580	898.361	4.355	156.975	5.046.300	57	4.328	75.600	946.400	24	350	200	60	3.000	T.A.-DA	M
15	80	MIULACOCHA	BULN	CARHUAZ	200539 898623	4.320	899.580	898.361	4.320	156.975	5.046.300	57	4.328	75.600	946.400	24	350	200	60	3.000	T.A.-DA	M
16	85	COCHUA	BULN	CARHUAZ	219341 898746	4.320	899.580	898.361	4.320	156.975	5.046.300	57	4.328	75.600	946.400	24	350	200	60	3.000	T.A.-DA	M
17	86	RAJUPOQUINAN	BULN	CARHUAZ	219810 898746	4.320	899.580	898.361	4.320	156.975	5.046.300	57	4.328	75.600	946.400	24	350	200	60	3.000	T.A.-DA	M
18	513	RAJUPOQUINAN	BULN	CARHUAZ	219810 898623	4.320	899.580	898.361	4.320	156.975	5.046.300	57	4.328	75.600	946.400	24	350	200	60	3.000	T.A.-DA	M
19	87	PAJACOCHA	MARCARA	CARHUAZ	224463 898623	4.200	341.180	10.246.000	61	4.620	168.320	149.650.000	19	920	250	60	12	6	1.963	T.A.-DA	R	
20	89	PACHCHARURI	MARCARA	CARHUAZ	220043 898623	4.200	341.180	10.246.000	61	4.620	285.850	159.000	80	1.000	480	286	18	10	1.966	T.A.-DA	M	
21	90	PACCHARANACOCHA	MARCARA	CARHUAZ	242454 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	900	240	285	2	1.976	T.A.-DA	M	
22	91	ANILPO	MARCARA	CARHUAZ	223981 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
23	92	PALIASH COCHA	MARCARA	CARHUAZ	240239 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
24	96	PALIASH	MARCARA	CARHUAZ	242453 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
25	98	PALIASH	MARCARA	CARHUAZ	242458 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
26	104	SHALLAP	MARCARA	CARHUAZ	242509 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
27	106	LLACA	LLACA	YUARAZ	227365 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
28	115	PALACOCHA	LLACA	YUARAZ	231212 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
29	115	CUCHILLACOCHA	LLACA	YUARAZ	241514 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
30	116	TULLIPARRAII	LLACA	YUARAZ	242481 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
31	118	CAYES	LLACA	YUARAZ	242483 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
32	119	SHALLAP	LLACA	YUARAZ	241129 898623	4.356	159.880	158.904	3.323.100	38	4.390	177.307	265.810.000	36	1.040	500	8	8	1.976	T.A.-DA	M	
33	133	ARTINCA BAJO	STA. CRUZ	HUAYAS	212339 891133	4.314	180.833	4.620.000	49	4.807	146.000	350.000	43	6	2.000	T.A.-CE	M					
34	142	CANCARAC GRANDE	ASUNCIÓN	HUAYAS	224539 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	108.000	36.000	43	30	6	4	1.953	T.A.-DA	M			
35	143	CANCARAC CHICO	ASUNCIÓN	HUAYAS	231212 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	289.400	29.000	44	280	140	98	14.5	1.977	T.A.-DA	M		
36	144	YANACOCHA	ASUNCIÓN	HUAYAS	242717 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	342.332	32.000	33	8	1.974	T.A.-DA	M					
37	145	YANARAJU	ASUNCIÓN	HUAYAS	227028 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	220.337	22.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
38	146	OQUEPAPAC	ASUNCIÓN	HUAYAS	223242 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	141.000	22.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
39	147	QUERUAY	ASUNCIÓN	HUAYAS	244155 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	145.500	22.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
40	148	ALIECOCHA	ASUNCIÓN	HUAYAS	211971 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.777	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
41	149	CHEQUACOCHA	ASUNCIÓN	HUAYAS	262711 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	907.444	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
42	150	SOTEROCOCHA	ACHIN	BOLOCNESI	226533 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	898.000	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
43	151	MACAR	TCUO	RECUAY	225900 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
44	152	YANACOCHA	YANACOCHA	RECUAY	242797 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
45	153	JANTINTALLANCOCHA	YANACOCHA	RECUAY	222911 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
46	154	VERDECOCCHA	OLEROES	RECUAY	244748 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
47	155	PUSACOCHA	PUSACOCHA	RECUAY	179091 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
48	156	PUSACOCHA 2	PUSACOCHA	RECUAY	211984 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
49	157	PUSACOCHA 2	PUSACOCHA	RECUAY	211985 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
50	158	SOTEROCOCHA	ACHIN	BOLOCNESI	226533 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
51	159	JAHUACOCHA	ACHIN	BOLOCNESI	235600 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
52	160	VANACOCHA	YANACOCHA	RECUAY	242771 898623	4.314	180.833	4.620.000	49	4.808	897.947	3.000	32	8	1.973	T.A.-DA	M					
53	161	JANTINTALLANCOCHA	YANACOCHA																			

その後、Glaciological Unit は国営企業である Electric Peru の所属となり、一時は所属員が 400 名を超える大組織となった。1997 年に Electric Peru が民営化されるときに、規模を縮小され、当時の INRENA に所属することとなった。

現在はその後継機関である ANA に属しているが、今後、MINAM（環境省）のもとに移行すると考えられている。現在の所属員は 16 名で、土木工事は行わず、観測、調査だけを行っている。Glaciological Unit は Cordillera Blanca だけでなく、ペルー全土の氷河を対象にしており、22 の気象観測所、16 の水位もしくは流量観測所を運営している。このうち 6 の気象観測所、14 の観測所は IRD などとの共同プロジェクトにより機材を提供されたもので、Glaciological Unit はプロジェクト終了後も観測を継続している。氷河・氷河湖に特化したペルーで唯一の恒久的観測、調査機関である。氷河の調査は、Glaciological Unit を中心に、IRD や SENAMHI と共に、Cordillera Blanca を中心に、Cordillera Central でも行われてきた。質量収支、エネルギー収支、水文収支の解析も行ってはいるが、気象、水文観測が主体である。

(4) 氷河の現況

ペルーの氷河は 1630～1680 年に最大に前進し、その後 19 世紀中期より後退が顕著になった。最大前進の時点から 20 世紀初頭までに氷河は長さで約 1,000m 後退し、20 世紀中にも約 1,000m 後退した。

表 2-2-1 に示したように 1970 年ごろのペルー全土の氷河面積は $2,041.85 \text{ km}^2$ であるが、1997 年には $1,695.6 \text{ km}^2$ と、 346.25 km^2 、 21.9% 減少している。減少速度は $-12.82 \text{ km}^2/\text{年}$ 、 $0.81\%/\text{年}$ となる。表 2-2-4 に示すように Cordillera Blanca でも、氷河面積は減少しており、1997 年以降は、それ以前と比べて減少速度が大きく増加している。

表 2-2-4 Cordillera Blanca の氷河面積の変化

(出典：Glaciological Unit)

年	氷河面積 (km^2)	氷河面積減少分 (km^2)	減少速度 ($\text{km}^2/\text{年}$)
1970	723.37	—	—
1997	611.48	111.89	4.14
2003	535.72	75.76	12.63

Cordillera Blanca の Yanamarey、Broggi、Pastoruri、Uruashraju、Gajap の氷河後退は前述の図 2-1-9 に示されている。いずれの氷河も後退を続けており、特に、Yanamarey、Broggi、Pastoruri 氷河ではここ数年の後退が顕著である。なお、Broggi 氷河は 2005 年に消滅した。Yanamarey 氷河の後退の様子を図 2-2-31 に示す。



図 2-2-31 Cordillera Blanca Yanamarey 氷河の後退の様子

(出典 : Glaciological Unit)

1982 年には湖の中にまで伸びていたが、1987 年には湖の岸まで後退し、その後も後退、縮小を続けている。

ペルー南部の Cordillera Vilcanota の Qoli Kalis 氷河では、1991～2005 年の後退速度は約 60m/年で、1963～1978 年の 10 倍の速度となっている。Cordillera Ampato の Coropuna 氷河の面積は 1962 年には 82.6 km^2 であったが、2000 年には 60.8km^2 に減少している。リマ市近郊の Cordillera Central 山脈の Shullcon 氷河でも、2001～2008 年の 7 年間に氷河の末端が 133m 後退した。

このようにペルーにおいても氷河は後退しており、特に近年の後退は著しい。

(5) 災害の可能性およびその対策の現況

表 2-2-5 にペルー国内で、1702 年以来の氷河が原因となった記録に残っている自然災害を示す。表中の記述で”Aluvión”はペルーで使われる言葉で、土砂を伴った洪水で、大きい岩石や氷の塊も一緒に流れ下る現象である。記録には雪崩だけの災害もあるが、Aluvión も多い。特に 1932 年以降には”Aluvión from Lago”が多くみられ、氷河湖の決壊洪水が顕著である。

表 2-2-5 ペルーで氷河が原因となった自然災害

(出典 : Glaciers of Peru、<http://pubs.usgs.gov/pp/p1386i/peru/>)

No.	山脈	地域	災害の記述	起日
1	Blanca	Huaraz	Floods destroyed part of the city of Huaraz.	1702/3/4
2	Blanca	Huaraz	Earthquake, ice avalanche, and floods damaged the city of Huaraz. Approximately 1,500 people were reported missing; only 300 people were left alive.	1725/1/6
3	Blanca	Yungay	Avalanche from Nevados Huandoy. Flood destroyed the town of Ancash, and 1,500 people were reported to have perished. At the same time, an earthquake also took place.	1725/1/6
4	Blanca	Huaraz	Slides and floods affected the village of Monterrey, destroying houses and fields; 11 people missing.	1869/2/10
5	Blanca	Huaraz	Flood in the town of Macacsha. Many people were reported to have died. Rajucolla levee was broken.	1883/6/24
6	Blanca	Yungay	Ice avalanche from Huascaran impacted Shacsha and Ranrahirca.	1917/1/22
7	Huayhuash	Bolognesi	Aluvión form Lago Solteracocha in the Pacllon basin.	1932/3/14
8	Blanca	Carhuaz	Aluvión form Lago Artez (Pacliašcocha) into the Quebrada Ulta (Rio Buin) near Carhuaz (kinzI, 1940).	1938/1/20
9	Blanca	Pallasca	Aluvión from Lago Magistral affected the town of Conchucos.	1938
10	Huayhuash	Bolognesi	Aluvión from Lago Suerococha impacted Rio Pativilca causing damage to agricultural fields and town of Sarapo.	1941/4/20
11	Blanca	Huaraz	Aluvión from Lago Palcacocha damaged the city of Huaraz.	1941/12/13
12	Blanca	Huari	Aluvión from Lagos Ayhuinaraju and Carhuacocha caused by an ice avalanche from the Huantsan peak damaged the town of Chavin. Many people died.	1945/1/17
13	Blanca	Huaylas	Aluvión from Lago Jancarurish above the Los Cedros drainage basin. Destruction of the Central Hidroelectrica del Cañon del Pato, the highway and part of the railway.	1950/10/20
14	Blanca	Huaylas	Aluvión from Lago Artesoncocha into Lago Paron (two events)	1951/6/16, 1951/10/28
15	Blanca	Huaraz	Aluvión from Lago Milluacochan into the Quebrada Ishinca drainage basin.	1952/11/6
16	Blanca	Huaraz	Slide and flood from Lago Tullparaju affected Huaraz city.	1959/12/8
17	Blanca	Yungay	Avalanches and aluviones from Huascaran Norte. About 4,000 people died; 9 towns were destroyed, one of which was Ranrahirca.	1962/1/10
18	Blanca	Huari	Ice avalanche from Nevado San Juan above Lago Tumarina (Quebrada Carhuascancha, Huantar District) 10 people died.	1965/12/19
19	Blanca	Yungay	Rock and ice avalanche from Huascaran norte severely affected the city of Yungay. Approximately 23,000 people died. The same day another avalanche took place between lagunas Liaganuco.	1970/5/31
20	Blanca	Huaraz	Small avalanche from Tocllaraju near Paltay into Lago	1982/8/31
21	Blanca	Yungay	Small ice avalanche from Huascaran Norte reached the Rio Santa.	1987/12/16
22	Blanca	Yungay	Small ice avalanche from Huascaran Norte reached the Rio Santa.	1989/1/20

ペルー全土には 12,000 の湖があり、そのうちの 986 は Cordillera Blanca がある Ancash 県にある。ほとんどが氷河後退に伴って形成された氷河湖である。この中には、17 世紀ごろの小氷期後の温暖化や、それ以前にできた湖も含まれている。

氷河の後退に伴い、非常に侵食されやすい自然堤防で湖が形成される。地震そのほかの原因で、大量の岩石、土石、氷河の一部が湖に落ち、大きい波を発生させ、それが自然堤防を破壊し、Aluvión を発生させる。湖の水位が高くなる雨季に発生することが多い。

1975 年以降、10,000 人が氷河湖決壊洪水で命を失っており、被害は非常に大きい。

今後も氷河湖の形成は進むと考えられ、防災のためには氷河湖の危険度評価、それに基づく対策が必要である。今後も危険度評価は Glaciological Unit が担当するが、設計や工事は地方政府が担当することとなる。

(6) 今後の計画と課題

1) 氷河・氷河湖の観測と解析

ペルーではこれまで、Glaciological Unit を中心に、氷河、氷河湖の観測、氷河湖決壊洪水への防災対策を行ってきた。対象地域が全国にわたり広いこと、対象氷河も多いこと、アクセスが難しいこと、機材・人材の不足などのため、今後の氷河や氷河湖の予測に必要なデータは得られていない。また、Glaciological Unit の組織も縮小傾向にある。

氷河湖決壊洪水では、1975 年以降、10,000 人以上の人命を失っており、被害は非常に大きい。今後も温暖化は進むと予測され、氷河湖決壊は発生すると考えられる。氷河後退への適応策策定を行うためには、氷河・氷河湖の観測はさらに重要になり、その観測に基づく氷河の質量収支、エネルギー収支、水文収支の解析も必要である。防災の面では、水位や降雨をリアルタイムで監視し、必要な場合には警報を発生するシステムも必要である。

Glaciological Unit がその責務を担うためには、通信システムの改善を含む気象、水文観測機材のアップグレード、観測データのデータベース化、人員の拡充や研修が必要である。また、氷河の厚さを測る地中レーダー、涵養量測定のために積雪・氷のコアの採取機など、氷河そのものデータ取得のための器具も必要である。

Glaciological Unit も同じ考え方を持っており、JICA からの協力を要望していた。

2) チャビン・デ・ワンタル遺跡の保護

チャビン・デ・ワンタル遺跡については現地視察に記したように、自然災害に遭いやすい場所に作られた経緯がある。発掘以前も土砂に埋もれていたわけであり、近年でも氷河湖決壊による被害に遭っている。チャビン・デ・ワンタル博物館に書かれた説明では、1934 年には湖の氾濫で起こった地滑りにより、建造物の一部が破壊されていたことが確認されている。また、Glaciological Unit の災害記録では、1945 年 1 月 17 日の氷河湖決壊により、チャビンの集落の一部が破壊され、300 人が死亡、遺跡の大部分も土砂に覆われた記述がある。以上のことから、今後も、氷河湖決壊洪水の被害を受ける可能性は高いと考えられる。また、氷河湖決壊以外にも、洪水や土砂崩れにもあいやすいと考えられる。

洪水対策のため、堤防が作られてはいるが、高さ 1m のもので増水時の川岸の浸食には対処できるが、氷河湖決壊洪水には対処できるものではない。遺跡の保護のためには、さらなる土木工事が必要である。

3) 洪水、土砂崩れ対策

今回の山岳部での現地調査では、いたるところで土砂崩れに遭遇した。今後、温暖化により豪雨の可能性も高くなり、土砂崩れなどの災害の頻度はさらに高くなることが予想される。

ペルー全土の日常的な気象、水文観測は SENAMHI が行っている。旧式な機器で人手に頼る観測が主体であり、データの入手も遅がちで、データの信頼度も低い。災害の危険予知の点では、水位や雨量を時間の遅れなく、中央に連絡するシステムや警報発生システムが必要である。また、正確な気象、水文データを中央で集中管理することは防災対策策定の基礎資料となる。したがって、今後の洪水や土砂崩れの防災のためには、道路の防災対策はもちろん、SENAMHI への通信システムを含む気象・水文観測機器のアップグレード、人員の拡充、研修が必要である。

また、災害の情報収集、リスク評価、防災プログラムの作成、地方政府への対策の指示、およびその追跡調査は INDECI が行い、実際の防災対策は地方政府の責務である。したがって、SENAMHI、INDECI、地方政府の連携も必要である。

2-2-2 水資源に関する現況

(1) ペルーにおける水資源管理体制と主要政府関係機関

ペルーにおいては、Autoridad Nacional del Agua (ANA) が、国の水資源管理のための最高機関として位置づけられている。現在のところ農業省に属しているが、新しい水法が成立し、それにより近い将来、環境省への所属となることが決まっている。生活用水、農業灌漑用水、発電・鉱工業用水などすべての水資源を統一的に扱うとしており、流域管理の考え方に基づき水資源の管理（配分、利用の効率化）を行おうとしている。実際の水資源の取水などについては、例えば上水道は地方政府による公共事業体（首都圏では国営企業）が担当している。水力発電用水については、エネルギー・鉱山省監督の下で公営、私営の発電会社が施設の建設・維持管理を行っている。農業用水の利用については、ANA が直接に管理指導している（取水施設等の管理については従来の水利用組合があたっている）。ちなみにペルーにおける水利用の 80%が農業用水であり、12%が飲料・生活用水、8%が発電・鉱工業用水となっている。

水資源に関する政府関係組織として訪問したのは以下にあげた機関である。

- ① Autoridad Nacional del Agua (ANA) 国家水資源局
- ② Ministerio del Ambiente (MINAM) 環境省
- ③ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (住宅建設衛生省)
- ④ SEDAPAL (リマ市の上下水道公社)
- ⑤ Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) ワラスの上下水道公社
- ⑥ Ministerio de Energía y Minas (エネルギー・鉱山省)

1) Autoridad Nacional del Agua (ANA) 国家水資源局

国の水資源管理のための最高機関として位置づけられた生活用水、農業灌漑用水、発電・鉱工業用水などすべての水資源を統一的に扱うための機関である。氷河の調査を担当している Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos も ANA に属している。ペルーにおける水利用の 80%を占める農業用水について、かつては灌漑水利用組合ごとに、それぞれが管理していたものを、流域に基づき 14 の管轄地区にわけ、ANA の指導で流域管理の考え方による水管理を進めてゆく予定である。リマの本部に約 300 人、69 の地方事務所に各 8~17 人の職員がいる。現在のところ農業省に属しているが、新しい水法が成立し、近い将来、環境省への所属となることが決まっている

2) Ministerio del Ambiente (MINAM) 環境省

気候変動、水資源を含む自然環境問題を扱う省として、昨年、新たに設置された省であり、現在も組織化の最中である。前身の組織は Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) である。世銀によるプロジェクト PRAA、UNDP の支援を受けた Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático (SCNCC) などについて、関連機関との調整業務を行っている。これらのプロジェクトで実際に調査活動などを行っているのは SENAMHI、ANA などである。

3) Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento 住宅建設衛生省

都市、農村地域への上下水道サービスの供給を管轄している省であるが、水道水源となる水資源開発については責任を負っているわけではない。また、直接の上下水道サービス機関は後述する EPS、SEDAPAL などが担当している。外国からの借款などによる水道プロジェクトについては省が担当するが、地方政府が独自に行うプロジェクトについては関知しないとのことである。

4) Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) リマ上下水道公社

リマ市の上下水道サービス事業を行っている国営企業である。Rimac 川から取水した水を浄水場で処理し、市内に給水している。Rimac 川の上流域の 3 つの水系にある 19 の湖と 2 つのダムの管理を行っており、上流域周辺住民や水力発電所と水利用についての調整をしている。電力会社とは 15 日ごとに水利用の水量調整を行っているとのことである。また地下水の開発も行っている。

5) Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) ワラスの上下水道公社

EPS は地方都市における水道事業を行っている地方政府が主要株主となっている公営企業であり、全国で 50 社弱の EPS が活動している。本調査ではワラス市に本拠を置き、ワラ

ス県内で活動している EPS を訪問した。ワラス県内の 5 都市への水供給を管理しており、直接雇用による 104 人の職員と委託職員 40~50 人が所属し、取水から浄水、配水、料金徴収と、水道サービス全般にわたって業務を行っている。

6) Ministerio de Energía y Minas (エネルギー・鉱山省)

水力発電を管轄する省であり、そこの水担当者との面談を試みたが、スケジュールの調整が出来ず面談することは出来なかった。現在、世銀の支援を受け、環境省、SENAMHI が主体となった Santa 川、Rimac 川、Mantaro 川流域の発電用水に、氷河が与える影響を調査するプロジェクトに協力している。

(2) 関連政府機関の氷河後退に対する考え方と取り組み

1) Autoridad Nacional del Agua (ANA) 国家水資源局

先述のように農業省に属する国の水資源管理のための最高機関であり、氷河については担当部 Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos が観測・調査活動を行っている。生活用水、農業用水、発電・工業用水は、主に表流水に依存しており、それらの中で、氷河からの融解水がどの程度の割合を占めているのかを、このユニットの活動により明らかにしようとしているが、まだ成果は出ていない。その為もあり、現段階での水資源に関わる氷河後退の問題に対して、具体的対応策などは特に検討されていない。

現在は、流域管理の考え方に基づき、流域内の節水農業の普及、工業用水などもふくめた水利用の効率化を検討しており、一部流域では世銀、UNDP などの支援を受けた流域管理プロジェクトも始まっている。これらは、気候変動に対処する一環としてのプロジェクトだが、広い意味で氷河後退に対応するものといえる。

2) Ministerio del Ambiente (MINAM) 環境省

近い将来 ANA は、環境省に所属することになるが、現在のところ、別組織である。環境省に属する SENAMHI では気象観測網の整備などをおこなっているが、省として、氷河後退に対処する特別なプロジェクトは今のところ実施されていない。SENAMHI では、将来、アマゾン流域側の水資源利用、地下水の利用などを検討すると共に、節水農業など、水の効率的な利用を推し進める必要があるだろうと考えているところであり、広い意味で、氷河後退に対処するものと言えるかも知れない。いずれにしても水資源の問題は統合的に考へる必要があるが、具体的にはまだ何も決まっていない、との説明を得た。

3) Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento 住宅建設衛生省

生活用水について管轄する省だが、水資源そのものについて、特に開発などには関わっているわけではない。省としても、水資源の確保は ANA の仕事であり、例えはある都市へ

の水供給の必要が生じた場合には、必要量を ANA へ申請し、ANA が環境調査などを行うことになる、という話であった。その為、氷河後退についても特に対応策の検討などは行われていない。ただし、水資源管理に関しては、ANA だけにゆだねておけばよいわけではなく関係機関が力を合わせる必要があるだろう、という認識は持っている。リマでは節水キャンペーンを実施しており、地方でも行う予定であり、またペルーでは 49~60%が漏水（未収水）となっているため、今後の改善が必要であるとしている。

4) Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) リマ上下水道公社

氷河後退に関して、特に独自の調査研究や対策を検討しているわけではない。首都圏への水供給を行っているため、将来の水不足に備えて、水資源の確保については検討しており、Rimac 川上流域での新規の貯水池建設と導水を計画している。

5) Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) ワラス上下水道公社

氷河後退に関する水資源問題として、水質の悪化が生じていると考えている。取水地点上流域に、氷河後退により小さな湖が出来、降水により周辺の細かな土砂が流入し、それが取水する河川の水に影響を与えているとみられる。雨が降ると濁度が高まり、既存の浄水プラントでは処理しきれず、一時的に供給を止めて沈殿を待つ必要がある。氷河後退について、それ以上の懸念は持っていない。雨季にはにごりは出るものの中は豊富であり、乾季は不足傾向はあるが上流に貯水池を造ることで解決可能であるとしている。また、01 年ごろから一部の水系の水質にアルミニウムなどが含まれるようになったので水源を変更した経緯がある。

(3) ペルーで進行中の氷河後退に関わるプロジェクト

現在、ペルーでは、政府関連機関と世銀、UNDP などのドナーとの協力でいくつかの氷河後退及び気候変動に関わるプロジェクトが進行中または計画中である。世銀の支援によるプロジェクトは、Mantaro 流域、Urbamba 流域を対象とした PRAA が着手されている。その他に、水資源管理計画、水資源問題の啓蒙、情報センターの設立、SENAMHI の強化、水質管理などをコンポーネントとするプロジェクトを Ica、Arequipa、Chancay の 3 流域で行う予定で、世銀と交渉中であり、09 年 8 月から開始される見込みである。Piura、Santa、Tacna の 3 流域においても、ほぼ同様のコンポーネントを持つプロジェクトの実施を目指して、米州開発銀行 (IDB) と交渉中であり、こちらは順調に行けば 09 年 11 月から開始できる予定となっている。また 08 年に開始された UNDP、SDC などが支援している Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC) は、気候変動の及ぼす影響とその適応策について Cusco、Apurímac 地域を対象として 2011 年までに水資源、自然災害、農業分野での検討を行うとしている。

(4) ペルーにおける水資源関係まとめ

現在、ペルーにおいて氷河後退問題を中心となって扱っているのは ANA の下部組織である Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos と、仏研究機関 IRD であり、これらの関係者は氷河後退の進展が近年特に著しいことに危機感を持っている。しかし、水資源を利用する側は、直接には主に表流水を利用しておらず、見かけ上は豊富であるとともに、氷河が水資源（表流水）に対してどれだけ貢献しているかという数値が出ていないこともあります。氷河後退の水資源への影響の認識は関係機関（あるいは担当者）によって差がある。水資源の利用に関わる機関では、氷河後退という個別テーマではなく、将来の水資源不足に対処するという観点から対策を検討している。例えば、リマ市の上水サービスを担当する SEDAPAL ではリマ市上流域のダム建設などの新規水源開発を計画している。

ペルーの水力発電事業は原則として民営化されている。しかし発電のための水源の確保は、水資源管理の最高機関とされる ANA が責任を負っている。ANA では、流域管理の考え方に基づき、水文気象観測および水利用の現況から流域内の水収支を検討し、より効率的な水利用を目標とした管理を行おうとしており、世銀、UNDP が支援をしている流域管理プロジェクトもそのような内容であると考えられる。それらのプロジェクトでは、流域内の水文観測が、氷河後退に関する観測調査の一つとして実施されている。