

# ボリビア氷河と水資源

## Glacier and Water Resources in Bolivia



朝岡良浩，東北大学

Yoshihiro ASAOKA, Tohoku University

アゴラキーノート3、日本科学未来館、平成26年11月8日



TOHOKU  
UNIVERSITY

# ボリビア多民族国

## Plurinational State of Bolivia

▶ 人口：9,863,000人, 面積：1,100,000km<sup>2</sup>

▶ 実質の首都：ラパス (人口：約87万人)

世界で最高度の都市  
(海拔3400-4000m)

周辺地域に人口が流入

氷河の融解水を生活用水に利用



# ウユニ塩湖 (Salar de Uyuni)

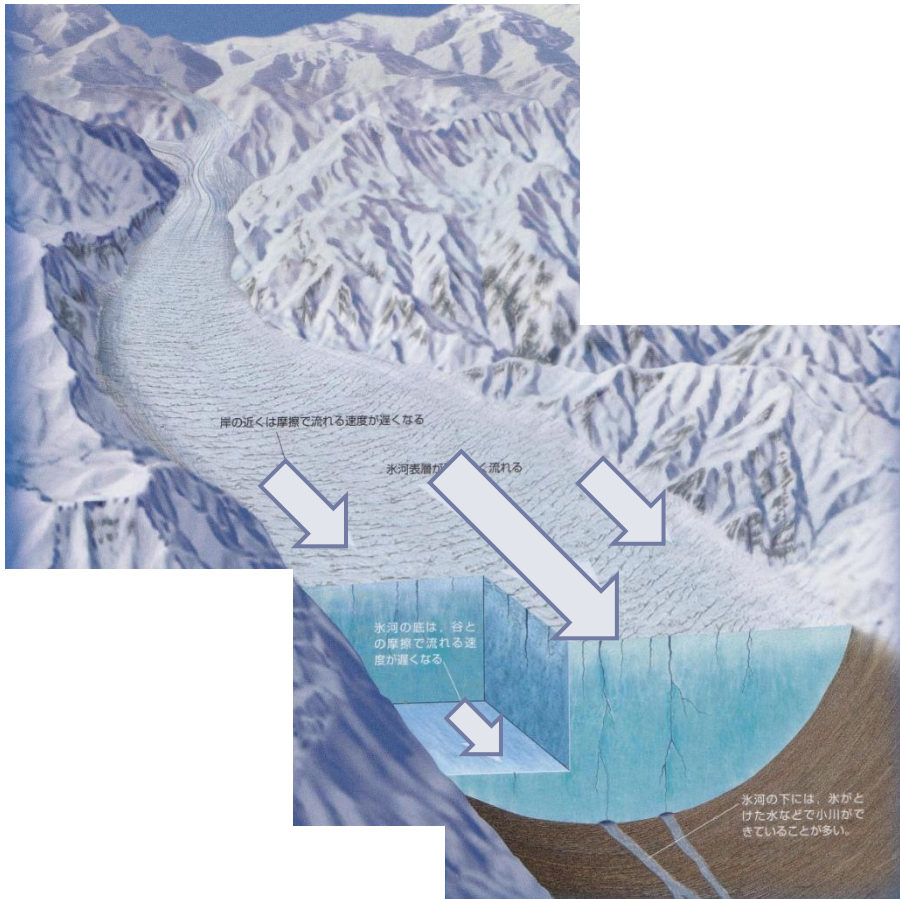


# 氷河とは

Glacier is

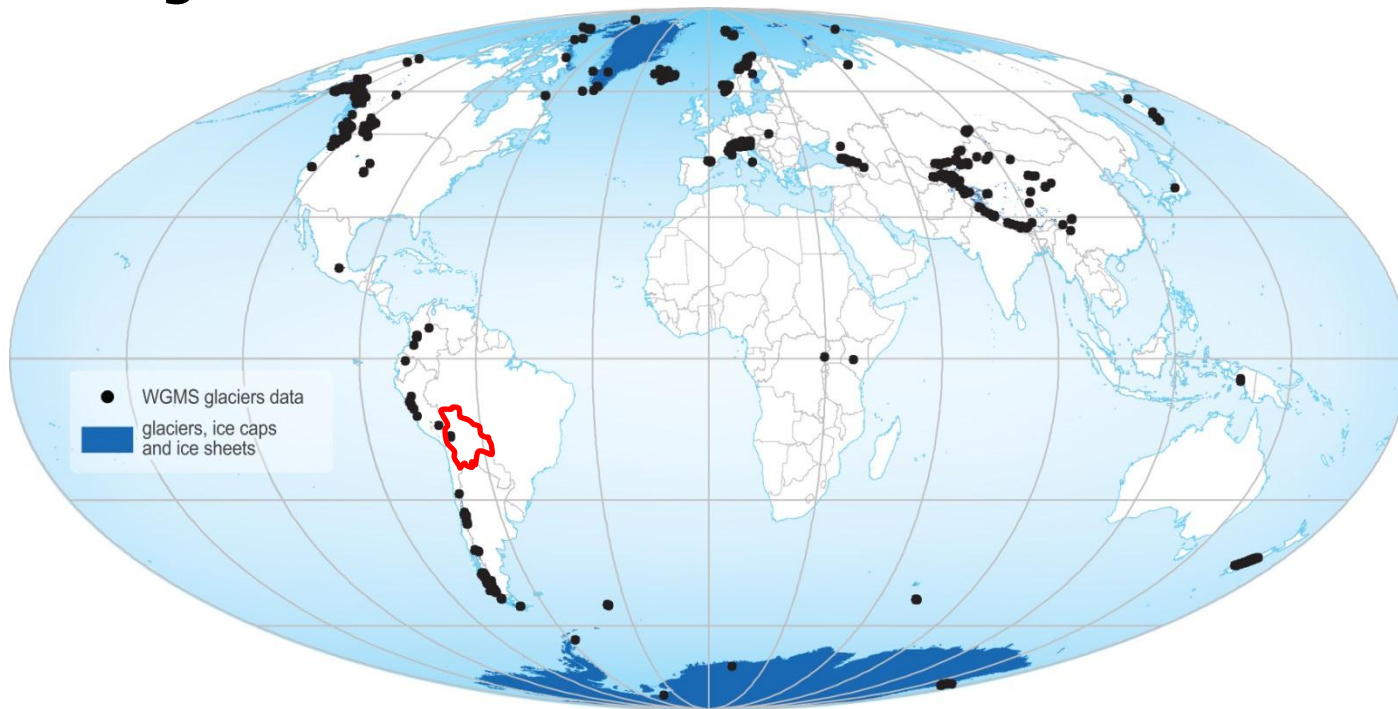
- ▶ 「**越年**し、かつ重力によって長期間にわたり連続して**流動**する雪氷体（雪と氷の大きな塊）」

※雪渓は氷河に分類されない



# 世界の氷河分布

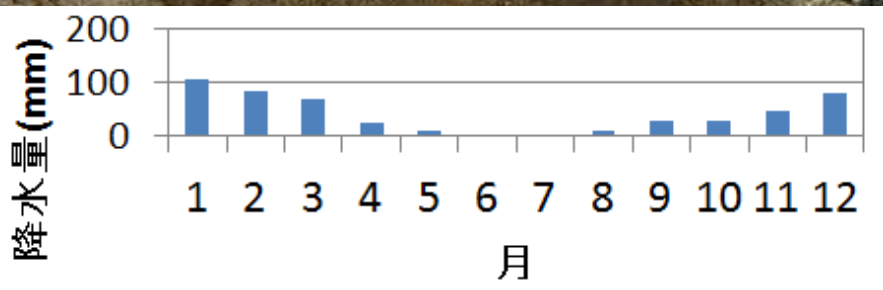
## ▶ WGMS glacier data<sup>1)</sup>



- 熱帯氷河  
ペルー : 1780km<sup>2</sup>, ボリビア : 534km<sup>2</sup>(Kaser, 2002)

# 氷河と水資源

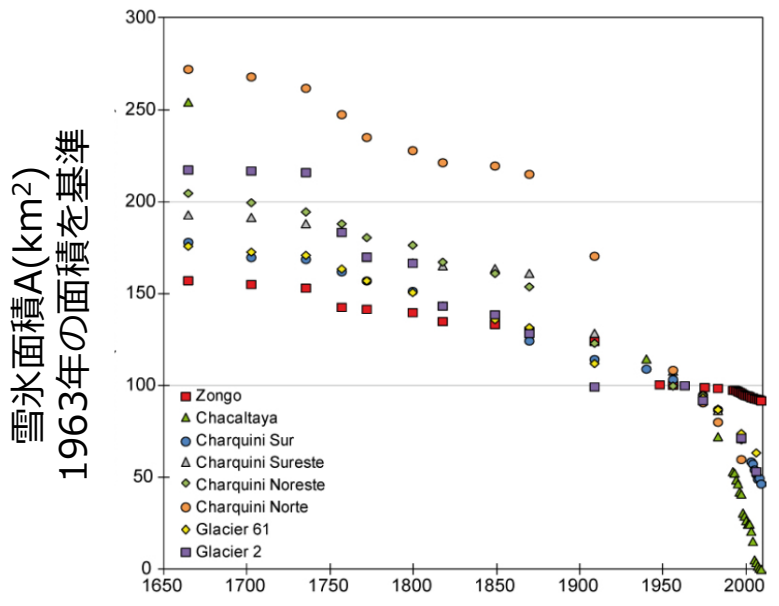
## Glacier and Water Resources



ラパスの降水量は年500-800mm  
雨季の融解水を貯水池にためて、  
乾季に生活用水として利用

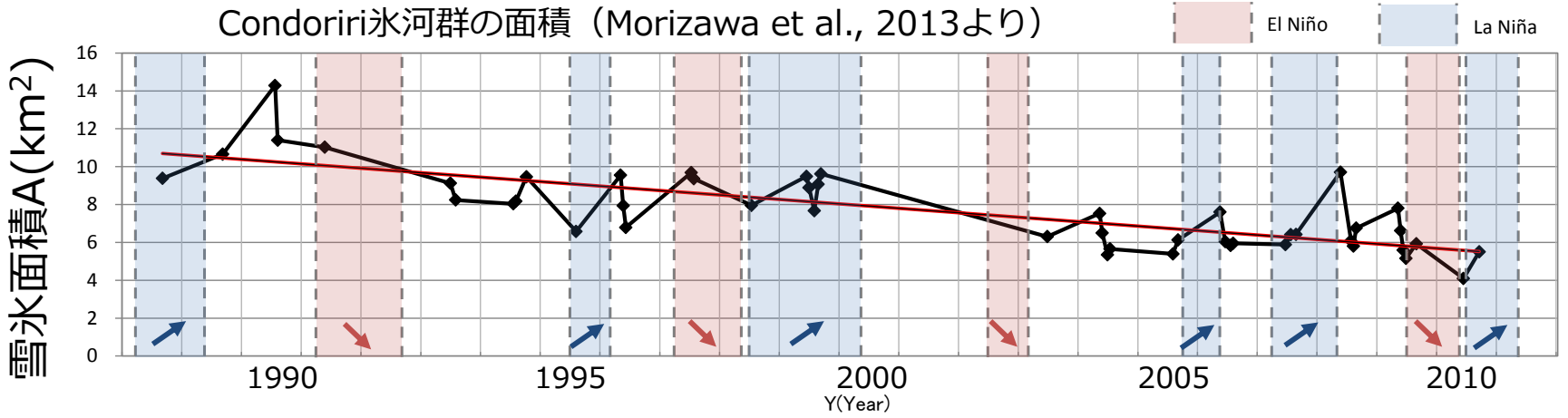
# アンデス高地の氷河後退 Glacier Retreat in Andes Mountain

Rabatel et al., 2013より



- 氷河面積は小氷期の終わり頃（18世紀後半）から徐々に後退
- 1980年以降は急速な後退
- Condoriri氷河群は過去30年間で約40%の減少
- 短期的にはエルニーニョ期間に後退が著しくなる

Condoriri氷河群の面積 (Morizawa et al., 2013より)



# Condoriri氷河の後退

## Retreat of Condoriri Glacier, Boliva

May, 2010



July, 2012



June, 2013



June, 2014

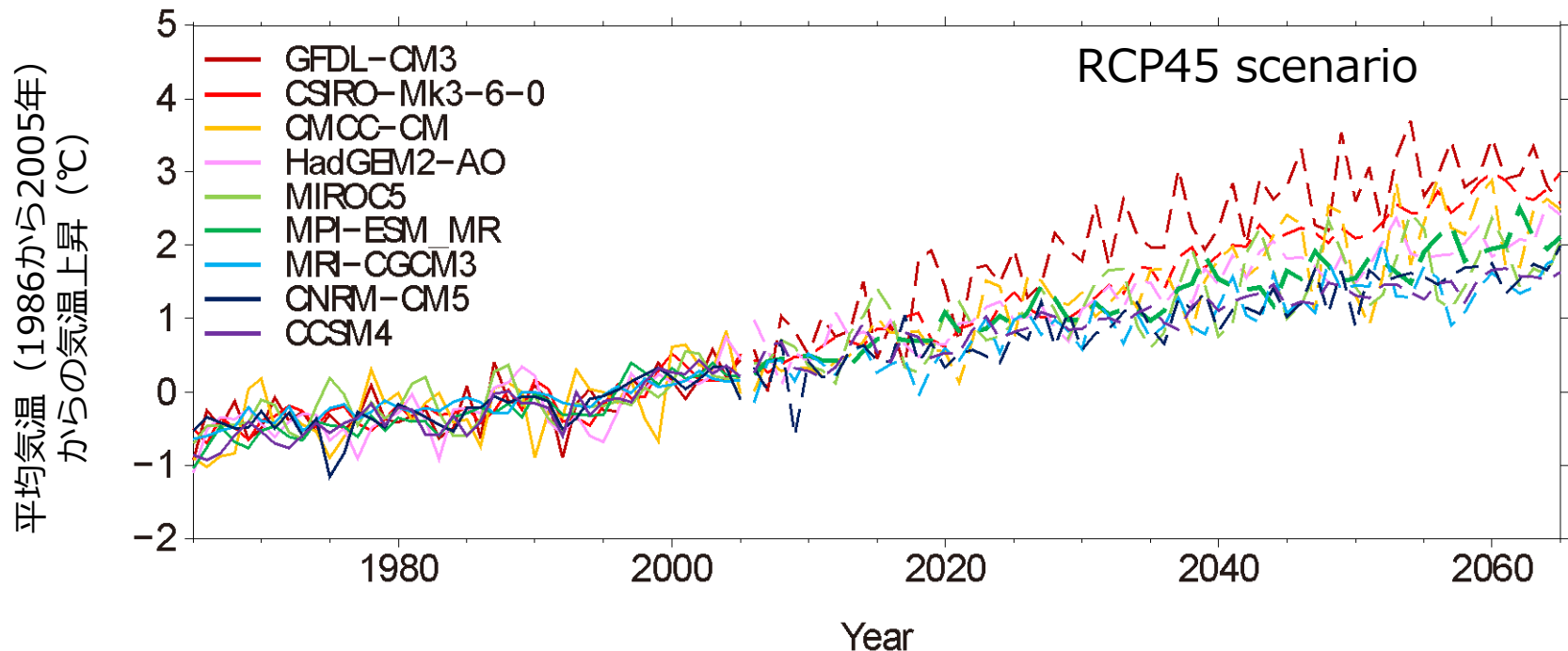




# ラパス周辺の気候変動展望

## Climate Projection of LaPaz urban area

### ▶ CMIP5による気候計算



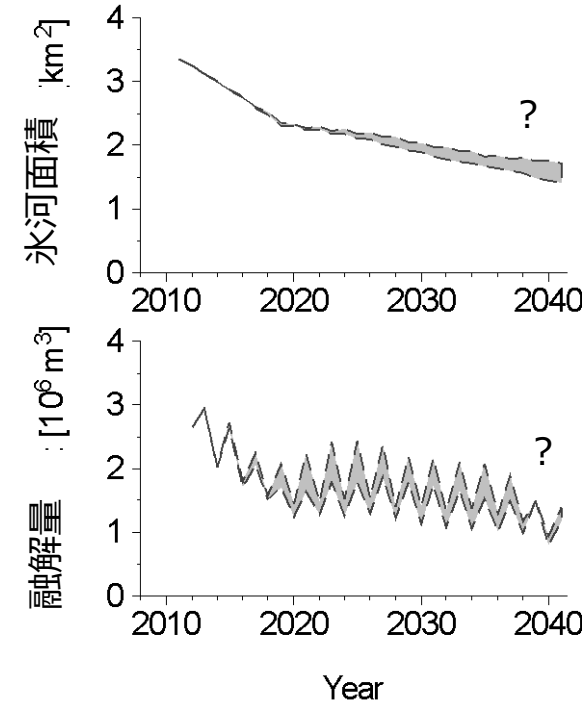
- 全てのモデル計算で気温上昇の傾向が続く結果
- 一般に、高緯度と高標高の地域で気温上昇は著しい

# ボリビアでの活動

## Activity in Bolivia



- ▶ ボリビアの熱帯氷河を対象として
  - ・ 氷河研究の空白地帯の1つ
  - ・ 縮小・融解するプロセスを明らかにする
  - ・ 気候変動に対してどのように応答するか
  - ・ 融解水による水資源を見積もる方法を開発  
(雪解け水を水資源として利用する東北地方の方法を改良)
- ▶ 技術移転とボリビアの水資源計画への貢献



# 氷河・水文モニタリング網

## Glacial and Hydrological Monitoring Network

Condoriri氷河

対象流域：Tuni貯水池流域

15°W 68° 13'W 68° 11'W 68° 09'W

Tuni氷河

16° 12'S

16° 14'S

Tuni貯水池  
(4437m)

Huayna Potosi氷河

貯水池・湖 氷河  
 河川 導水

▲ 気象観測点  
 ▲ 流量観測点  
 --- 流域界

0 2.5 5km

MC1

MH1

MT1

MC2

MH2

HCG

HHG

HC

HT

HH

WQ monitoring

3D Scanner

Soil erosion





# Question

このうち何人が倒れたでしょうか？

1. 1人
2. 3人
3. 5人
4. 全員

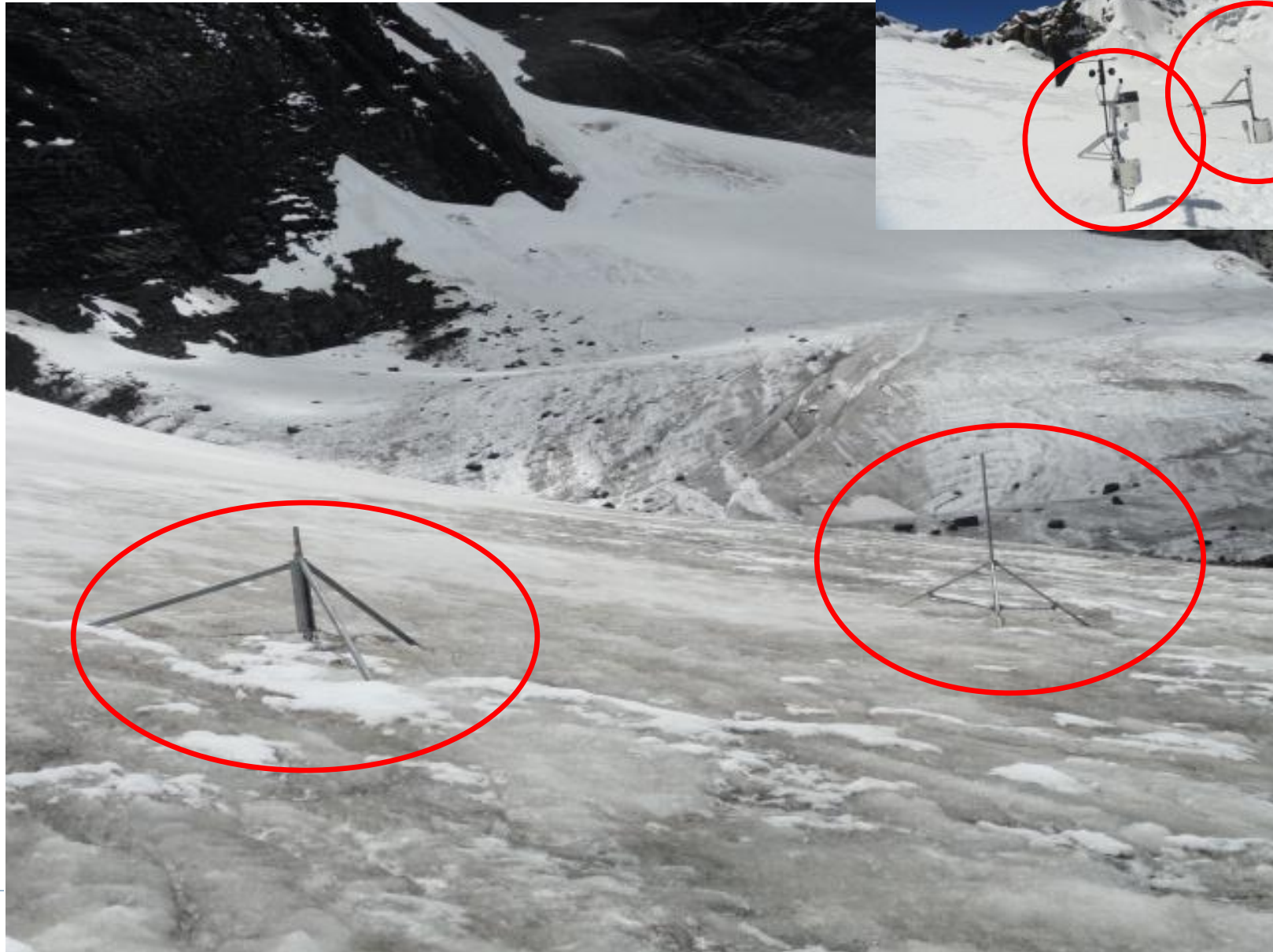


# 観測機材の破壊

Destroyed Instrument



# 観測機材の盗難 Stolen Instrument



# まとめ Summary

---

## ▶ ボリビアでの研究

- アンデス高地は地球温暖化の影響が大きい地域の1つ  
氷河の後退により、水資源が減少する可能性がある
- 科学的に氷河後退のプロセスを研究して、水資源への影響を明らかにする

## ▶ 現地での活動

- 登山と低酸素、体力が必要
- 現場では現地住民の理解を得ることが大切
- 生活や文化が異なる国では予測もつかないトラブルが発生する  
そのためにも、十分な準備と対策が重要



ご清聴ありがとうございました  
Thank you for your kind attention

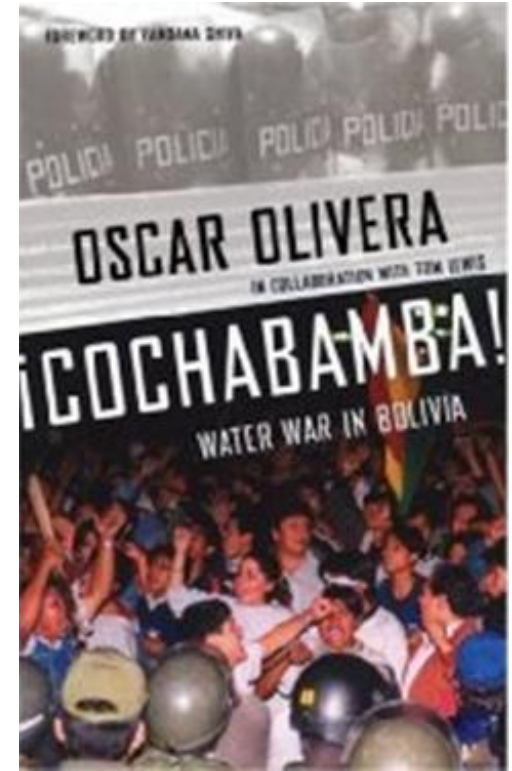


# コチャバンバ水紛争(2000年1月～)

## Cochabamba Water War

---

- ボリビア第3の都市コチャバンバで発生した抗議運動
- 世界銀行の主導により上下水道事業が民営化
  - 水道料金値上げ
  - ストライキによる都市機能の停止
  - 公営化後は週5日の水供給



# UN ESTUDIO REVELA PROYECCIONES A 40 AÑOS VOLUMEN DE AGUA DEL reducirá drásticamente

El cambio climático a nivel mundial, también afecta al país. Plantean opciones.

MIRNA ECHAVE  
 mirnarem@yahoo.com

Los próximos 40 años, la cantidad de agua contenida en la represa de Tuni se reducirá considerablemente, según un estudio basado en un modelo numérico. Esta represa es una de las principales fuentes de agua que abastece a las ciudades de La Paz y El Alto.

Los especialistas japoneses Makoto Umeda, experto en hidráulica, y Kazunori Nakano, especialista en tratamiento de aguas residuales, quienes se encuentran en la sede de Gobierno informaron que este fue el resultado de un trabajo enmarcado en el proyecto GRAND, realizado por varias instituciones, cuyos procedimientos están centrados en el uso de tecnología, con el fin de realizar tratamiento natural de las aguas residuales.

Según Umeda, la pureza del agua proveniente de los glaciares Huayna Potosí y Tuni Condoriri es excepcional y no sufrirá grandes cambios en el futuro, sin embargo, lo que sí cambiará notablemente es la cantidad de agua disponible en la represa, que disminuirá considerablemente por la desaparición del glaciar.

"Una de las certezas que tenemos hasta ahora es que, en comparación al volumen actual, la cantidad de agua que llegará al reservorio de la Laguna Tuni se reducirá considerablemente en los próximos 30 a 40 años. La principal causa será la desaparición de los glaciares en el Huayna Potosí y el Tuni Condoriri", señaló. En este sentido, explicó que el proyecto permitirá contar con datos científicamente comprobables acerca del impacto que tendrá el cambio climático en la disponibilidad del recurso agua para las ciudades de La Paz y El Alto.

Por su parte, el doctor Nakano explicó que la metodología utilizada para el estudio es de amplio uso en Europa y su aplicabilidad es factible en La Paz, gracias a las pendientes que predominan en las áreas urbanas del departamento. "No requiere de energía ni alta tecnología, se trata de construir bóvedas que pueden ser administradas por las comunidades o 'clúso familias", dijo.

Umeda adelantó también que desarrolló un modelo numérico que permitirá conocer la calidad del agua en la Laguna Tuni proyectada hasta el 2090. Para ello, se realizó un seminario conjunto con el equipo de expertos bolivianos sobre este modelo que se encuentra en un 80 por ciento de avance. El trabajo incluye lecturas periódicas de la calidad y temperatura del agua en el embalse.



**EL PROYECTO GRANDE ES UTILIZADO PARA LA EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN VARIOS PAISES.** El proyecto llevado adelante por los expertos japoneses Makoto Umeda, y Kazunori Nakano, es un modelo que se ejecuta bajo el esquema de SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development), una iniciativa del Gobierno del Japón, cuyo objetivo es desarrollar modelos que permitan evaluar la disponibilidad de recursos hídricos, en este caso, para las ciudades de La Paz y El Alto en el escenario del cambio climático que se vive a nivel global.



Avenida Mario Chambo, calle Azucena, Peñas, Camilo, Pa...

- ZONA: SOPOC...**  
 Desde horas 15:00  
**MOTIVO DEL CORTE: ME...**  
 Dejando sin energía eléctric...  
 (desde calle Arantzas hasta Sotomayor (desde calle...
- ZONA: BELLO...**  
 Desde horas 15:00  
**MOTIVO DEL CORTE: RE...**  
 Dejando sin energía eléctric...  
 El Prado (entre calle Calles Cosmos, Sabo Limitada, A Hotel Copacabana, Museo automático del Banco de Cr Dirección de Turismo del G...
- ZONA: A...**  
 Desde horas 15:00  
**MOTIVO DEL CORTE: AN...**  
 INSTALACIÓ...  
 Dejando sin energía eléctric...  
 Calle San Martín y...
- ZONA: URBANIZAC...**  
 Desde horas 15:00  
**MOTIVO DEL CORTE: F...**  
 DE...  
 Dejando sin energía eléctric...  
 Pai, Amancaya, Wiacuma Kory Unku, Aírara...
- ZONA: A...**  
 Desde horas 15:00  
**MOTIVO DEL CORTE: F...**  
 Dejando sin energía eléctric...  
 Entre Ríos hasta calle l...  
 calle Nueva York has...  
 pasaje R...

Agradecemos...  
 y le pedimos...  
**POR NORMAS DE CONSIDERARSE EL SUMINISTRO POD...**  
 Empresa especializada y regulada p...

