

# ブータンヒマラヤにおける 氷河湖決壊洪水に関する研究

西 村 浩 一

名古屋大学大学院環境学研究科

# C型氷河とD型氷河

C型氷河：Clean Type Glacier

小型の懸垂氷河  
後退が著しい

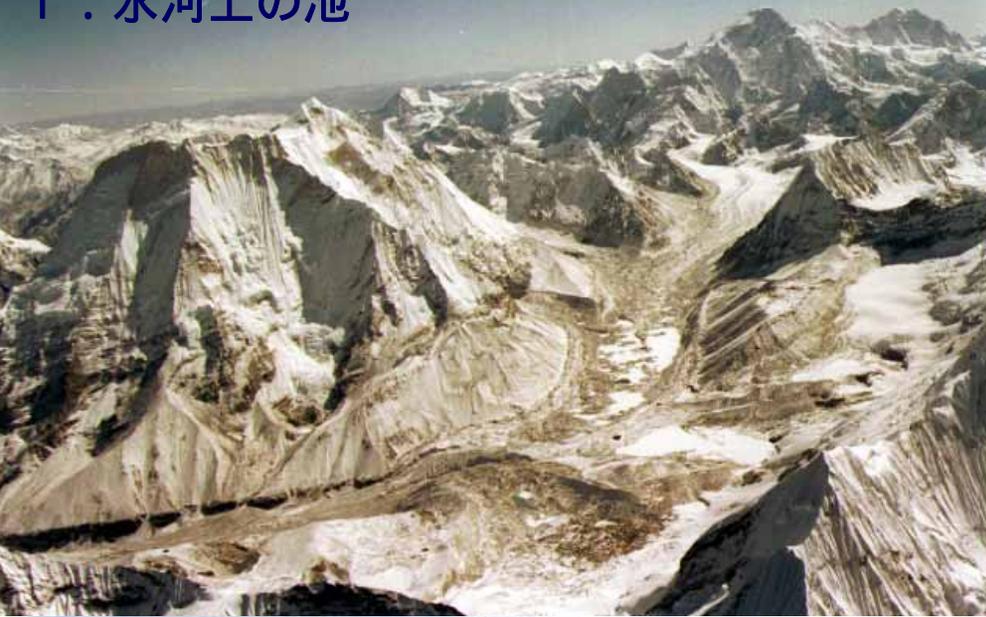
D型氷河：Debris Covered Type Glacier

大型の谷氷河  
消耗域は舌状に伸び（氷舌）、表面に岩屑  
末端に岩屑堆積物の小山（モレーン）を形成  
D型氷河の縮小                      氷河湖の形成

 **氷河湖決壊洪水**  
**Glacier Lake Outburst Flood (GLOF)**

モレーン：岩、礫、砂、粘土鉱物から成る氷河堆積物

1 . 氷河上の池



2 . 拡大過程にある氷河湖



3 . 拡大を終えた氷河湖：1998年決壊



# ディグ・ツォ - 氷河湖



標高：4400 m

長さ：1.3 m、幅：300 m

面積： $50 \times 10^4 \text{ m}^2$ 、最大深さ：18 m

貯水量： $675 \times 10^4 \text{ m}^3$

1985年8月4日

- ・  $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ の氷雪崩が湖を直撃



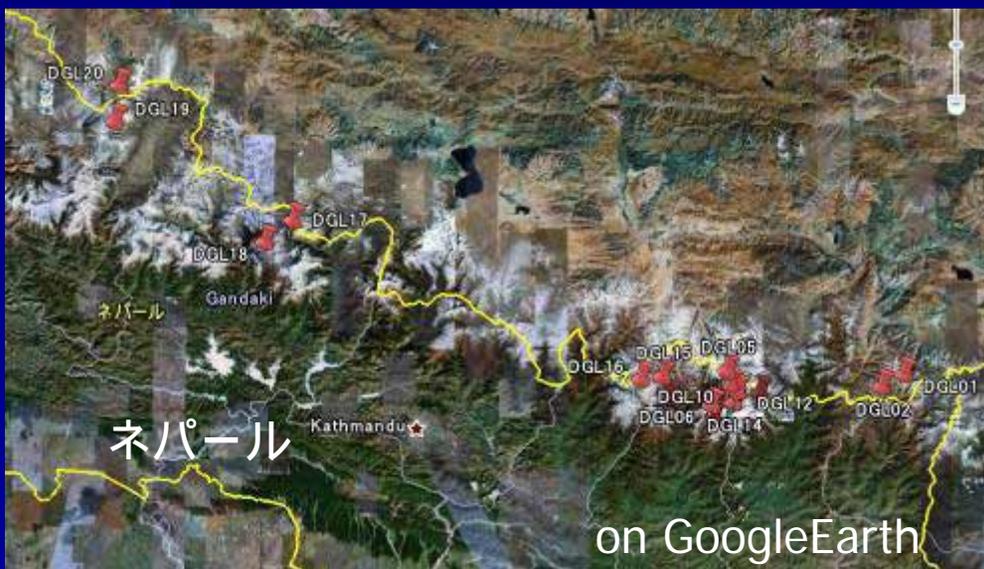
- ・ 波高5 mの大波がモレーンを決壊
- ・  $500 \times 10^4 \text{ m}^3$ の湖水が5時間にわたり流出
- ・ 最大流量 $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ が、毎秒4–5 mで流下（多量の土砂を含む土石流）

被害（下流40kmまで）

- ・ ナムチェ水力発電所が流失
- ・ 橋梁：14、家屋：30、耕地、生活道路、家畜、人命
- ・ 河岸を削り、側面斜面の崩壊
- ・ 河床に大規模な削剥と堆砂

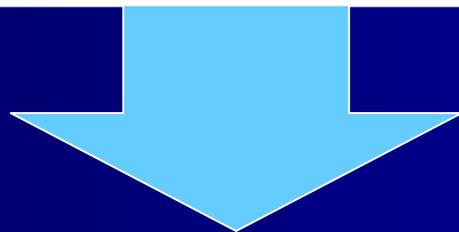
# 決壊が危惧される氷河湖

- 20 in Nepal, 24 in Bhutan
  - 不明瞭な基準 / 現地踏査なし
- 対象地域：モンデ・チュ流域
  - **ルナナ地方**はUNEP/GEFが支援開始



# 調査項目

- 氷河湖決壊の危険性の再検討
- 氷河湖および周辺地形の現地観測
- 氷河湖拡大履歴のデータベース化
- ハザードマッピング



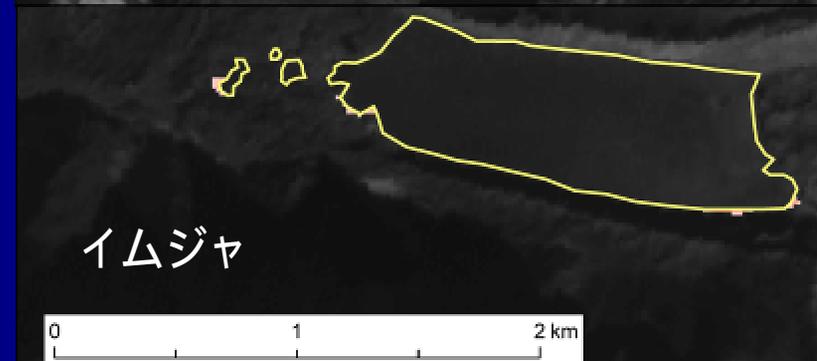
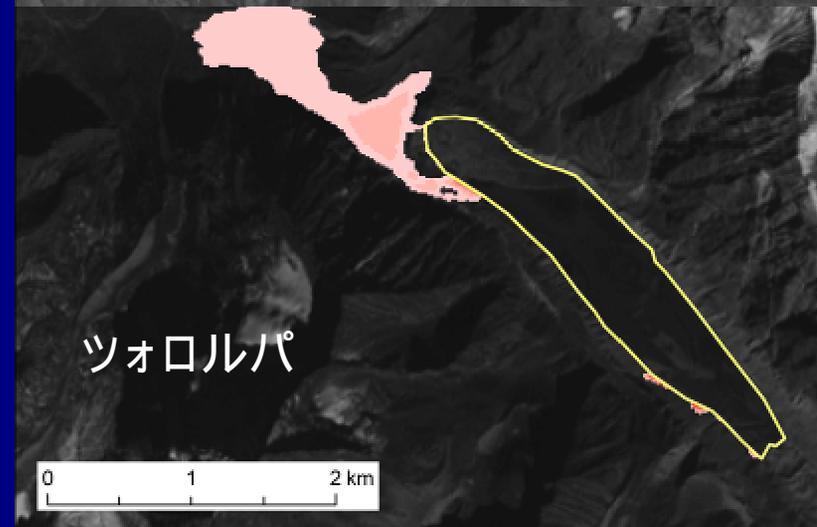
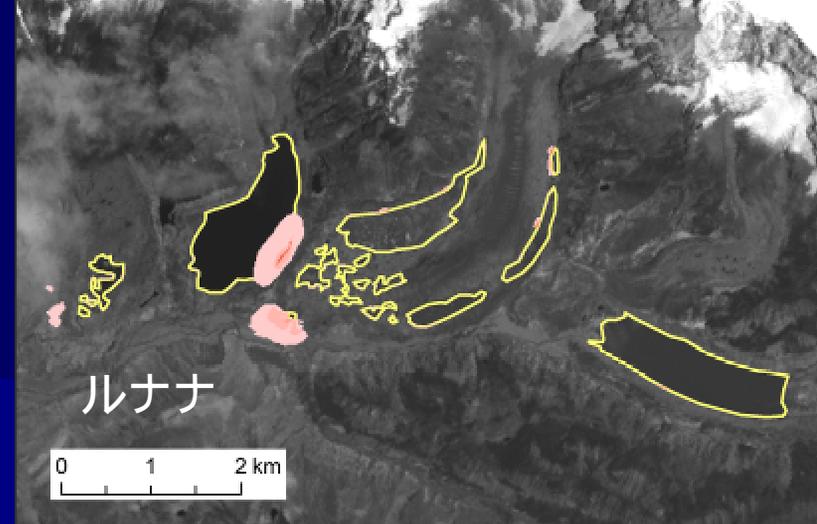
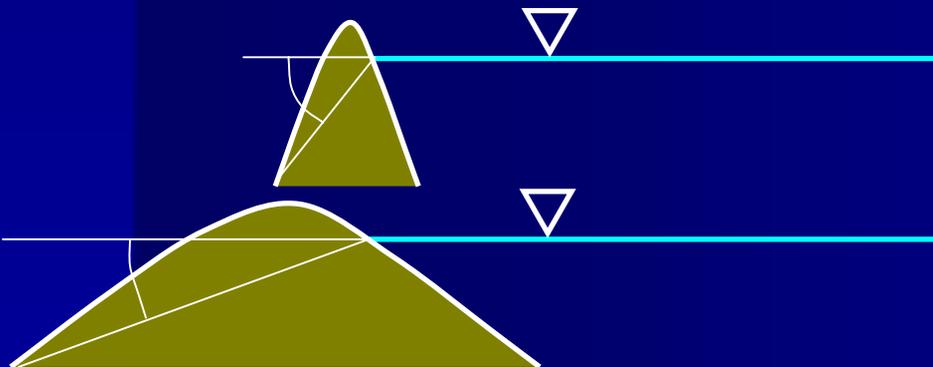
早期警戒ネットワークに関するシステム設計

# 氷河湖決壊危険度の再検討

- 客観的基準による危険度評価
  - 主に衛星データを利用
    - ネパール・ブータン・チベット全域を再評価
  - 過去にGLOFが発生した氷河湖の検証
    - GLOF発生に関する評価基準を検討

# 危険度の定量化

- 氷河湖の湖面に対する周辺地形の角度
  - 衛星デジタル標高データを使用して試算
  - 湖面に対し、 $-10^\circ$ 以下の領域を表示



## ■ ASTER

DEM: 15m

同一地域を対象に複数の画像取得可能  
(ALOSのバックアップ)

## ■ ALOS

PRISM: DEM作成 (3m+3m)

PALSAR: InSARによる氷河表面流動の把握

AVNIR2: マルチスペクトルによる氷河抽出

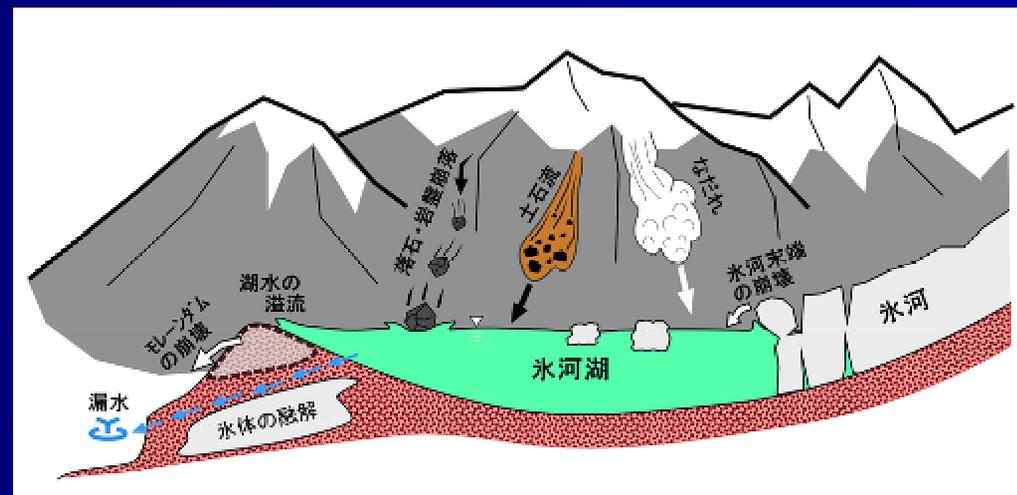
# 現地観測

- 危険と評価された氷河湖の現地調査
  - トリガーとなる要因
  - モレーンの脆弱性
  - 上流側の氷河の動態



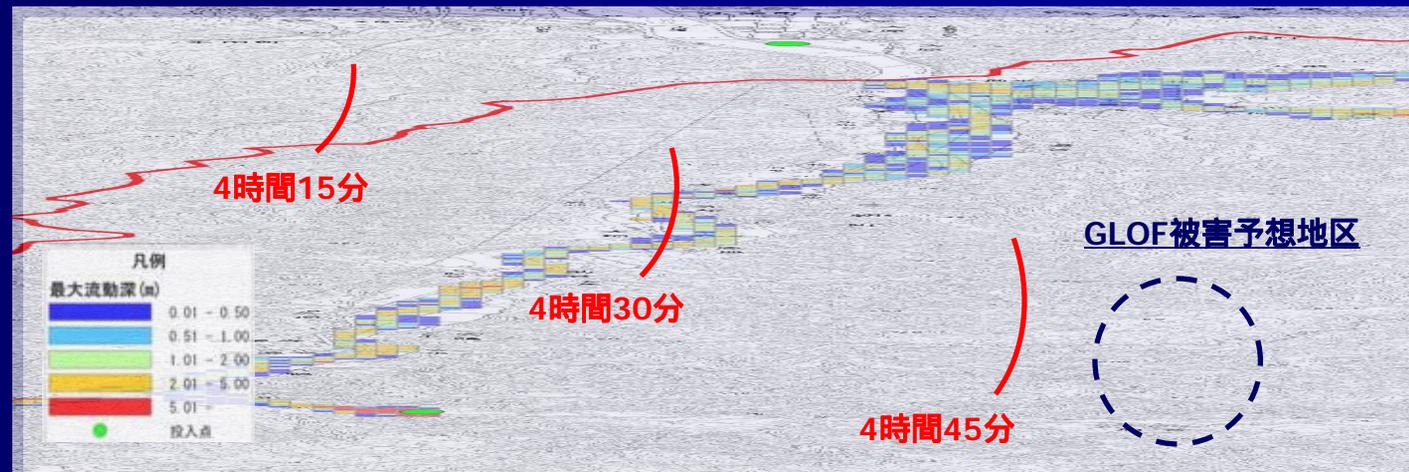
Nov. 2007

提供：朝日新聞



# ハザードマッピング

- 決壊時の被害予測、早期警戒の基礎資料
  - モレーン構造や過去の決壊実績 流出量設定
  - 被害予測区域設定、洪水到達時間の予測
- 技術移転と波及効果
  - ブータン国内の土石流・洪水災害予測への拡張



# 早期警戒システム設計



イムジャ氷河のField Server  
by 福井弘道

## ■ 求められるシステム

- 確実性のある、メンテナンス容易なシステム
  - 既存システムは機能していない

## ■ 調査項目

- 対象氷河・保全地区の設定
- 警報基準設定、伝達方法、保守・管理手法

## ■ 社会性と投資効果を考慮した設計

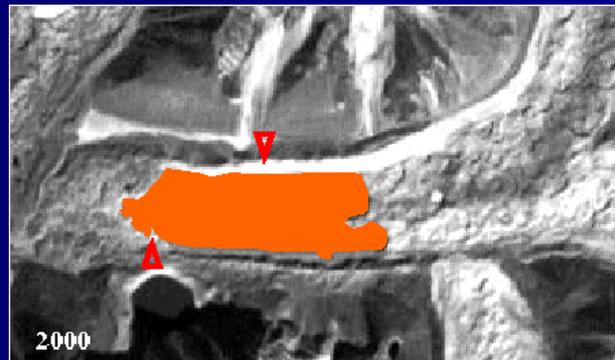
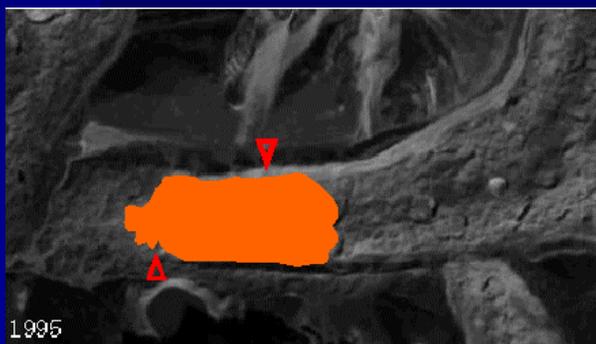
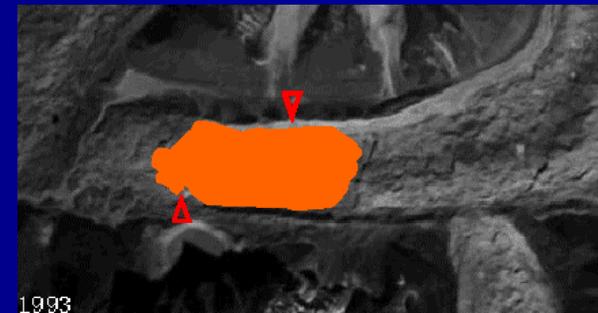
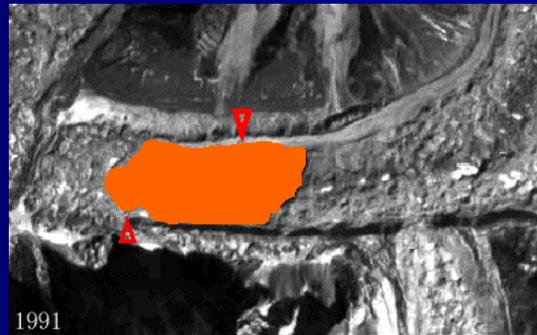
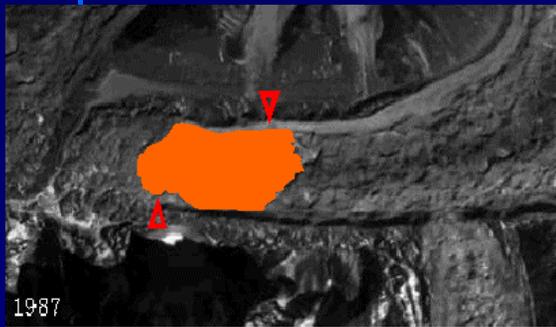
- 住民の防災意識の確認（社会調査）
- ハザードマップ解析結果の反映

# 氷河湖拡大メカニズム

- 氷河湖の有無を決めているのは何か？
- 将来氷河湖が拡大しうる氷河はあるか？
  - 最近の地球温暖化の影響が現れるのはこれから
  - 水がたまる前の対策は、格段に楽！
- 氷河湖拡大履歴のデータベース化が重要



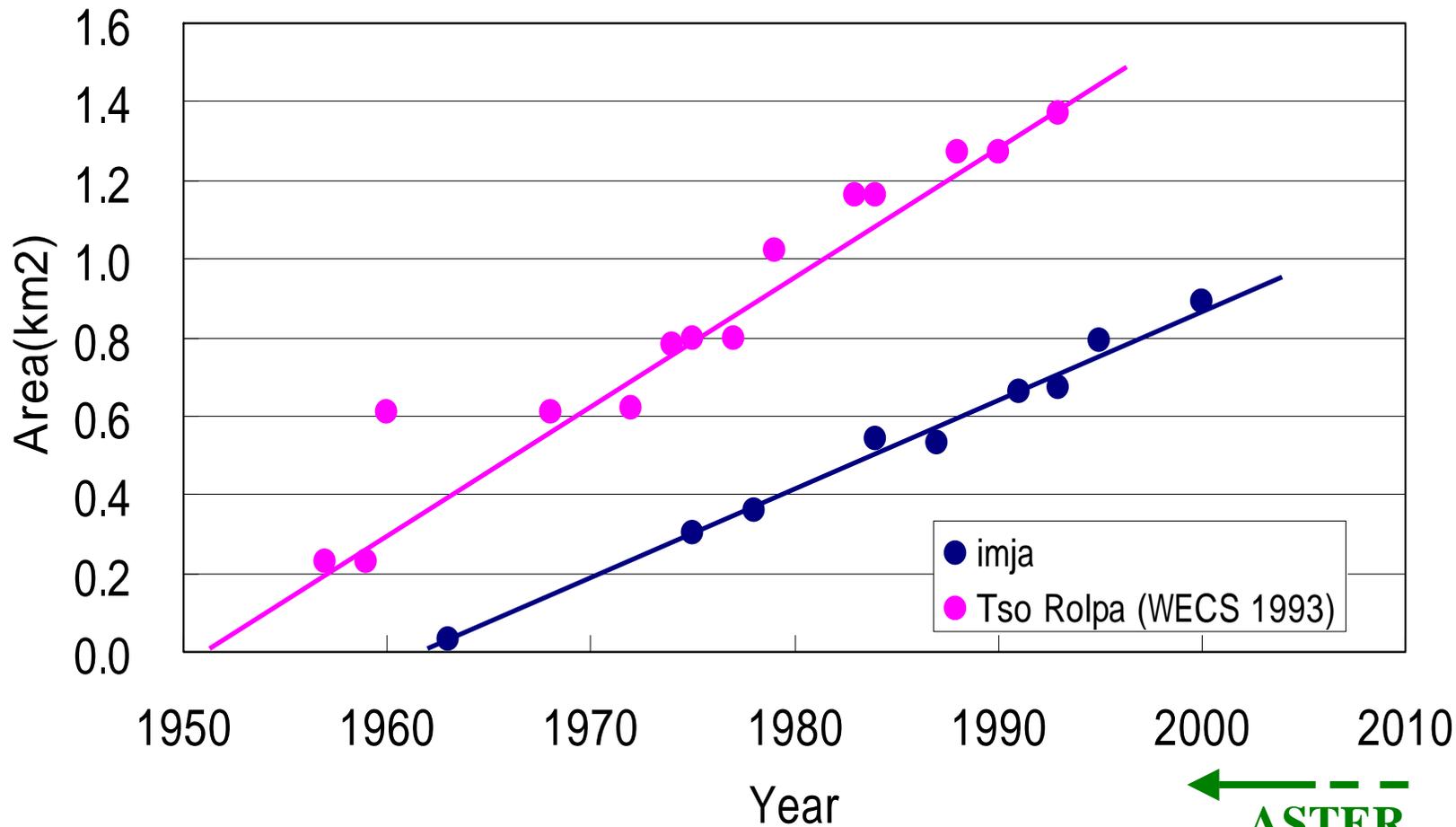
# Changing Lake size from 1975 to 2000 at Imja Glacier lake



(Yabuki : 2002)

# 氷河湖の面積変化

(Yabuki : 2002)



# 実施体制

