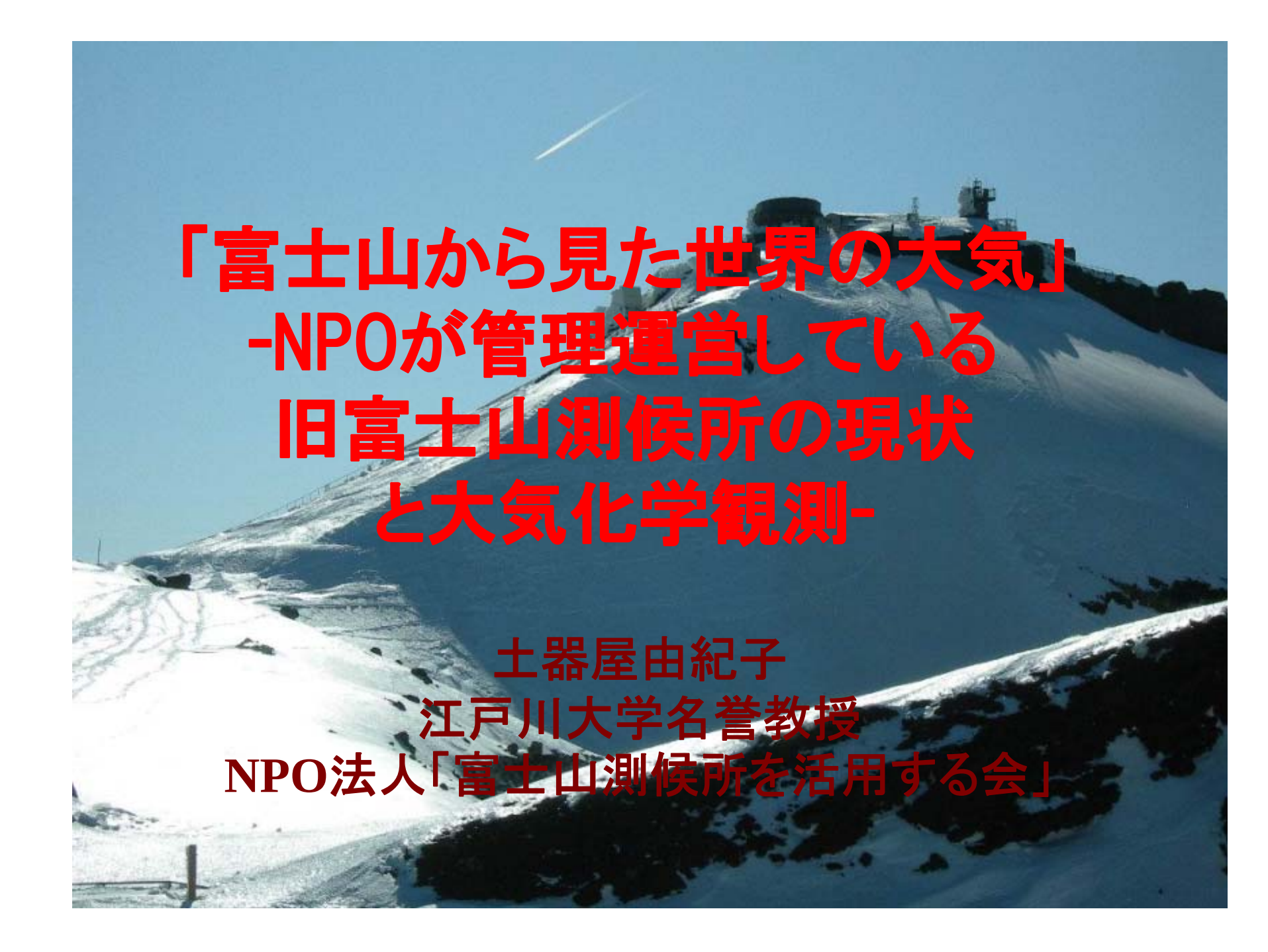




「富士山から見た世界の大気」 -NPOが管理運営している 旧富士山測候所の現状 と大気化学観測-

**土器屋由紀子
江戸川大学名誉教授
NPO法人「富士山測候所を活用する会」**

雲南懇話会で富士山のような低い山
の話しをさせていただくに当たって

われわれの登山は、いわゆる登山家の
それではない。山がそこにあるから登
のではなく、山の上に仕事があるから
登のである。……………従って、登
山は安全第一でなければならない。

富士山測候所安全対策要領
東京管区気象台(1980)

話の進め方

自己紹介：なぜ富士山測候所と係わることになったか

- 1) はじめに：富士山測候所の歴史
- 2) NPOによる山頂の管理運営（2007～2009）
- 3) 未来に向けて（2010～）

富士山測候所(2008)



富士山測候所前史(100年前)

1817年? 富士山の標高測定(伊能忠敬)

1827年 富士山の標高測定(二宮敬作、シーボルト)

1880年 最初の気圧観測(東大教授メンデンホール)

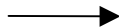
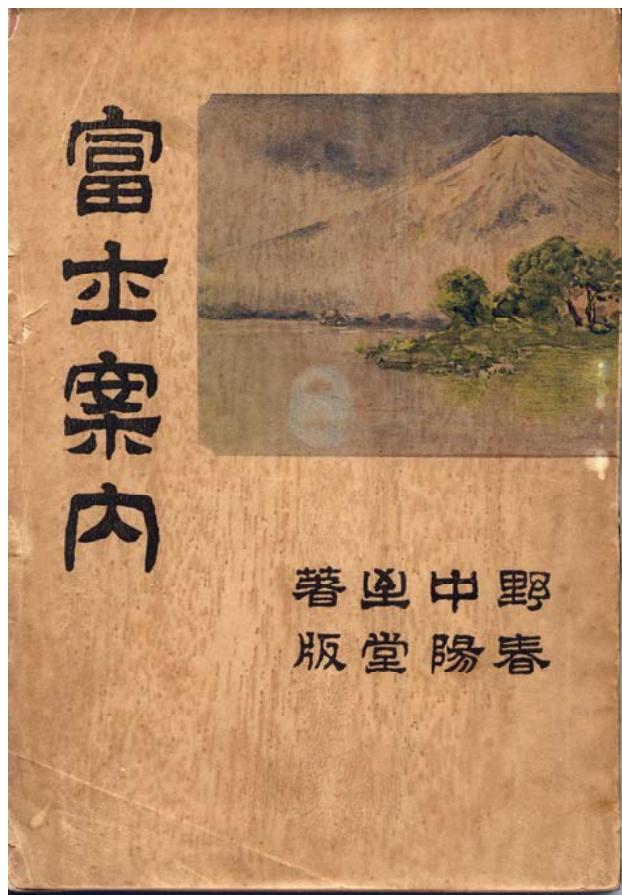
1889年 本格的な気象観測(中央気象台中村精男)

1895年越冬気象観測(野中至夫妻)

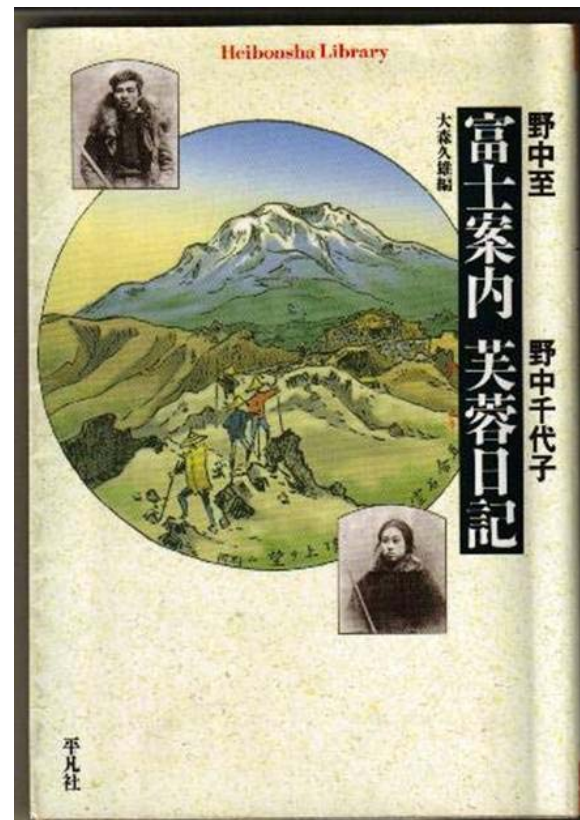
~1910年 夏季のみの気象観測(中央気象台)



野中至(1901)



復刻版
大森久雄編(平凡社、2006)



富士山測候所のあゆみ(1)

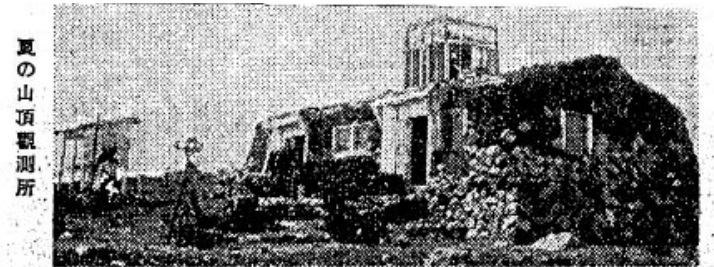
1927年 佐藤順一・元サハリン測候所長が東安河原に三井報恩会の資金援助をうけて観測所を設置

1932年 第2極年国際協同観測、臨時富士山頂気象観測所

1934年 閉鎖の難を免れる,三井報恩会から7千円

1950年 富士山測候所の名称、観測の最盛期

1964年 気象レーダー設置・台風の砦として活躍



夏の山頂観測所

昭和9/8/19

富士山頂の観測所 閉鎖の難を免る

三井報恩会から七千圓

は必死に働くべからざるものとなつて来たばかりでなく、上層の風向きがよく判るところから天気予報の生命線、長期予報今年夏の暑さはとうとうと涼しくなるかとの予報——にも重大な関係があることさへ判つて来たところ昭和七年七月から八年八月までは特に「極年」であるところから文部省で臨時費を支出して呉れたがそれ以後はどこからも費用の出所がない、苦しいふところの無理をして八年の冬はどうにか開けて来たものだが今年こそはどうにもならぬといふことになつて

ふたところなので、金額は僅七千圓でも三井報恩会の補助は全く高気象観測の生命線である……と気象会では大喜び、この七千圓は總て

冬籠 り雪中の食料、薪炭代、人夫賃として支給されることになつてゐる、藤原博士は語るこの一年だけ観測はその内には文部省も仕事の必要を認めて豫算をとつて呉れるやうになるだらうと思つてゐますが、一度中止になつたら中々再開は難かしい、全く数ひの観ですよ!

初代測候所長・藤村郁雄

1932～1933年の国際極年にあたり、1年
限りの予算で山頂観測が行なわれた。



藤村郁雄氏(1993年6月
山の気象シンポジウムで)

食料・燃料を運び込み若
手が山頂に泊まりこみ、
三井報恩会の寄付など
により以後連続観測が
始まった。

関口鯉吉によるオゾン測定(1933)

第2回国際極年(1932)の仕事の一部として
光電管とフィルターを使って、富士山頂で
紫外線日射を測定し、日本上空のオゾン
量を求めた。(川平・牧野、1989)

～300ドブソンユニット
(現在の値に近い)



富士山レーダー(1964)

1962年～2年かけて建設

プロジェクトX・・・伊藤庄助氏(大成建設)

新田次郎(藤原寛人)「富士山頂」

石原プロの映画「富士山頂」



富士山測候所のあゆみ(2)

1999年 レーダー運用廃止

2001年 レーダードーム撤去

2004年秋 山頂測候所無人化・閉鎖

2005年～2006年

7,8月開所、
遠隔地上気象観測



大気化学観測について

気象学と大気化学

ほとんど同じようですが・・・

1933 関口鯉吉(中央気象台)光電管フィルターで全気柱オゾン測定

1948 小山忠四郎ら(名古屋大学)霧氷の化学成分測定

1980～81 中澤高清ら(東北大学)CO₂の連続測定

1990～ 大気化学グループによる利用

「大気化学グループ」はどんな研究をやってきたか

1990～1992：降水の化学成分について

(丸田、坪井、土器屋)

1992～2004: オゾン濃度の測定開始

(堤、財前、牧野)

1993：エアロゾル、微量気体の集中観測

HCl, SO₂, NH₃ (坪井、土器屋)

1994：エアロゾル、微量気体、Be-7

(関野、五十嵐、土器屋)

1997：気象研究所中心の集中観測

(堤、五十嵐、土器屋)

1998～2001：(気象研究所、気象大学校、東京農工大学)

2002～2004：集中観測の強化 (気象研究所、気象大学校、
国立環境研究所、産業技術総合研究所、島根県、東京農工大学、
江戸川大学、大阪府立大学、富山大学)

(I)

(II)

(III)

そのほか気象学、大気化学以外の 各研究

1980年～ 植物生態学、雪氷学に関する調査
研究

1986－91年 高所医学実験 高山病による
生理的変化研究

1992年 サブミリ波望遠鏡の設置計画検討開始

1994年 山頂が優れたサブミリ波サイトであるこ
とを実証

1998年～山頂にわが国初のサブミリ波望遠鏡設置
(西安河原) 冬季に連続観測

1997－2002年 植物生態学、雪氷学に関する本
格調査研究

NPOによる管理運営

2007年～

NPO法人による管理運営

2005年11月NPO設立

2006年4月内閣府承認

2007年6月気象庁より庁舎の一部借用(第1期3
年契約)

7-8月設営

2008年6月借用範囲を増加

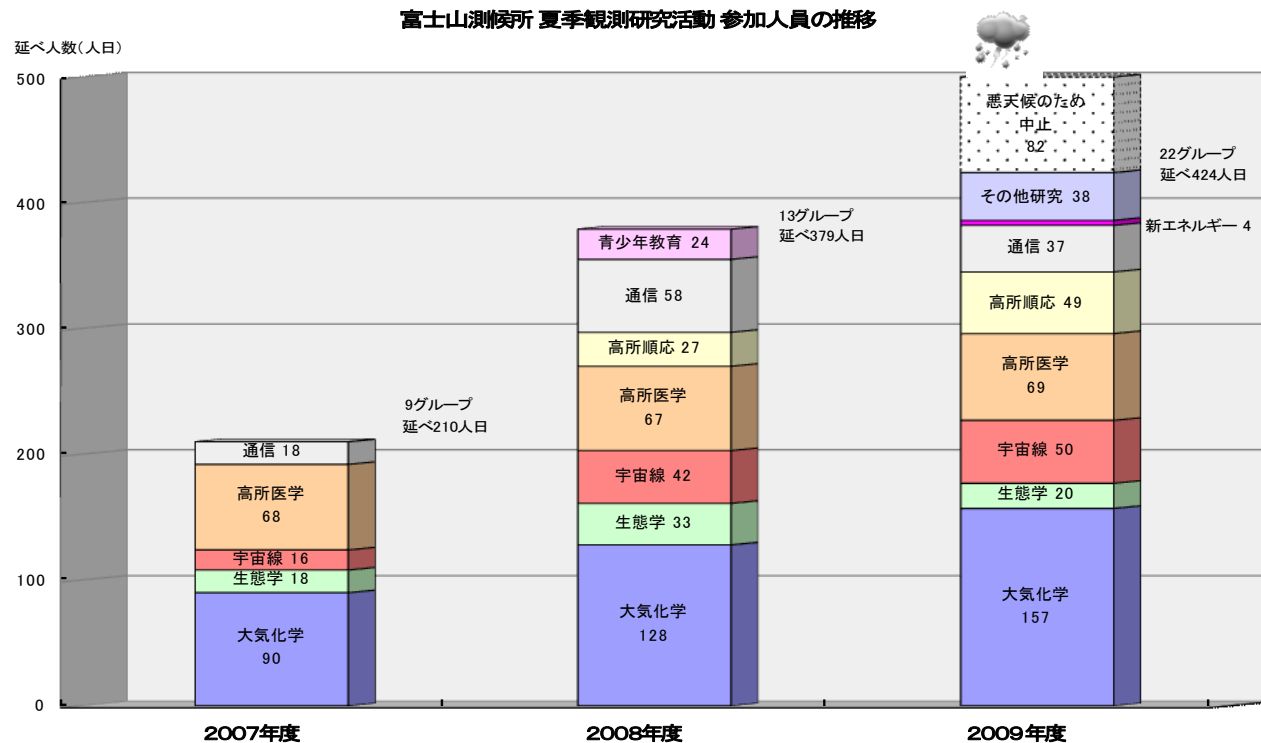
7-8月設営

2009年7-8月設営

2010年4月気象庁との契約更新(第2期3年契約)

2007年～2009年

- NPOによる第1期借用
- 7-8月の設営



設営の基本方針

1. 安全

2. 安全

3.

4.

5. 研究活動

安全管理のためには
(1)「ヒト」の問題
(2)電源
(3)生活条件(富士山の特殊性)
(4)・・・



庁舎の開所前点検, June 28, 2007

Photo by the mountain crews

富士山測候所の電源



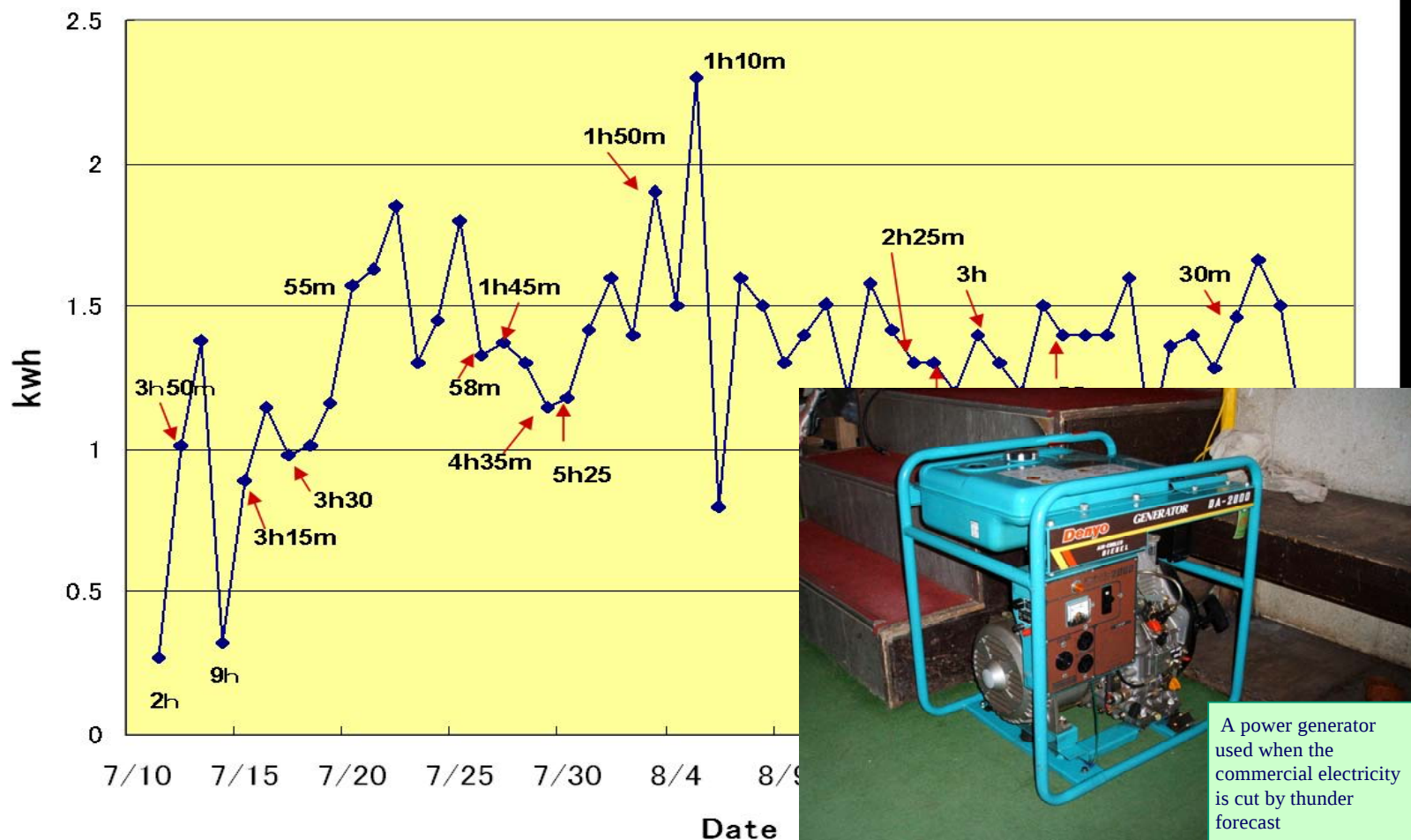
切れやすい場所

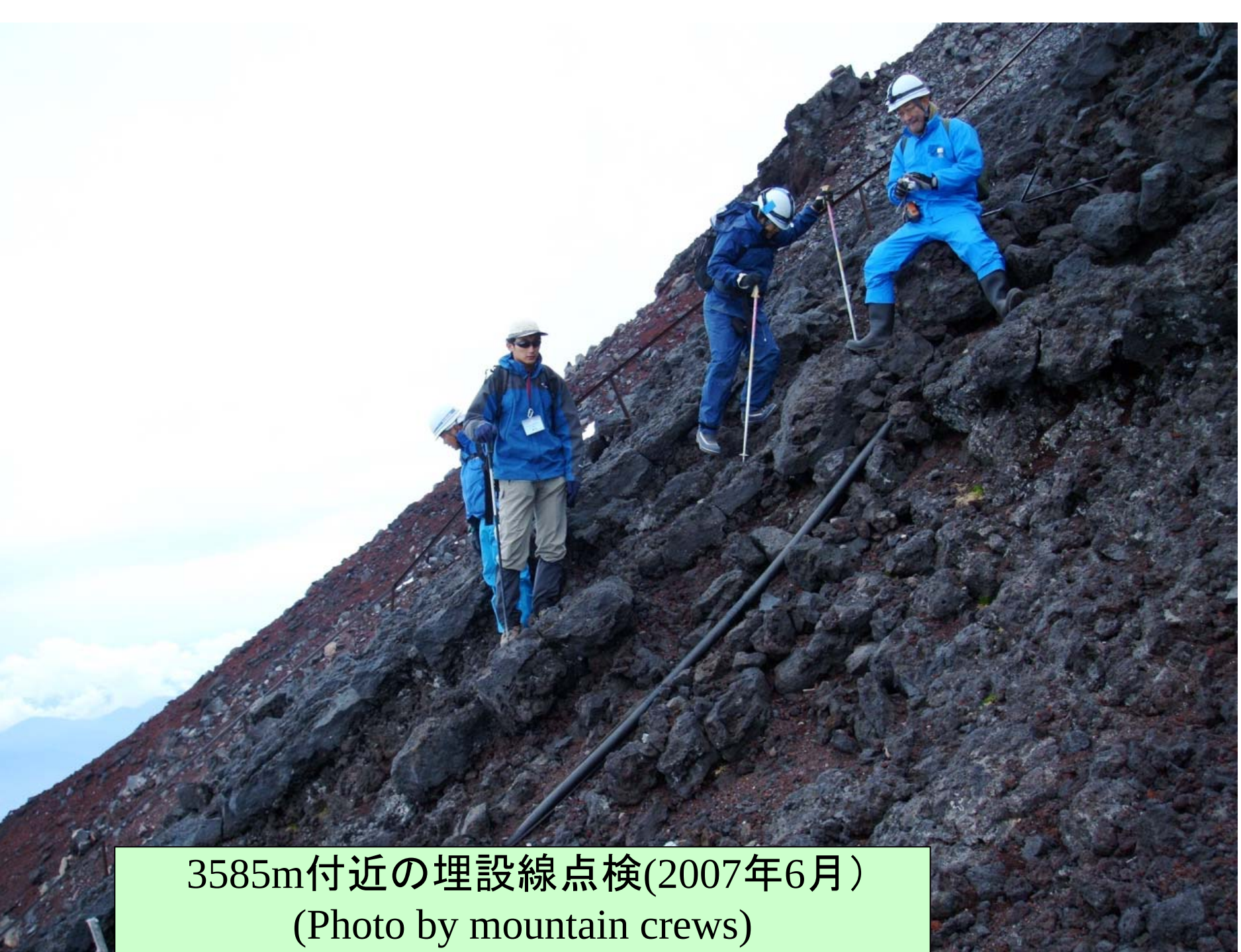
電線は殆どの部分が埋設されているが部分的に架設線.

**2008年5月、12本の電柱に
雪害が見つかる**



雷予測による電源の切断/発々使用(2007)





3585m付近の埋設線点検(2007年6月)
(Photo by mountain crews)



パールトイレの汲取り作業
Sept.4, 2007 (photo by the mountain crews)



盛り山時期の山頂付近の混雑
Aug.10, 2008 (photo by the mountain crews)



測候所付近の人混み

Aug. 26, 2007.(photo by the mountain crews)



測候所内に投げ込まれたゴミ

Aug. 28, 2007 (photo by the mountain crews)



登山道の補修

July 12, 2007

(photo by the mountain crews)



土嚢ヲ積んで登山道の崩壊を防ぐ
(photo by the mountain crews)

現在、富士山頂でどんな研究が行なわれているか

大気化学

宇宙線科学

永久凍土と生態学

高所医学、トレーニングなど

新エネルギー

大気化学

自由対流圏における微量気体の観測

- 日本の上空大気の
ベースライン観測
- 長距離輸送
- 観測タワーとして
- 国際ネットワーク観測
- 通年観測に向けて



イラスト: つみた ゆういちろう

自由対流圏とは

富士山頂はほとんどの時間自由対流圏である。

自由対流圏(質量70%)

観測は主として
航空機による

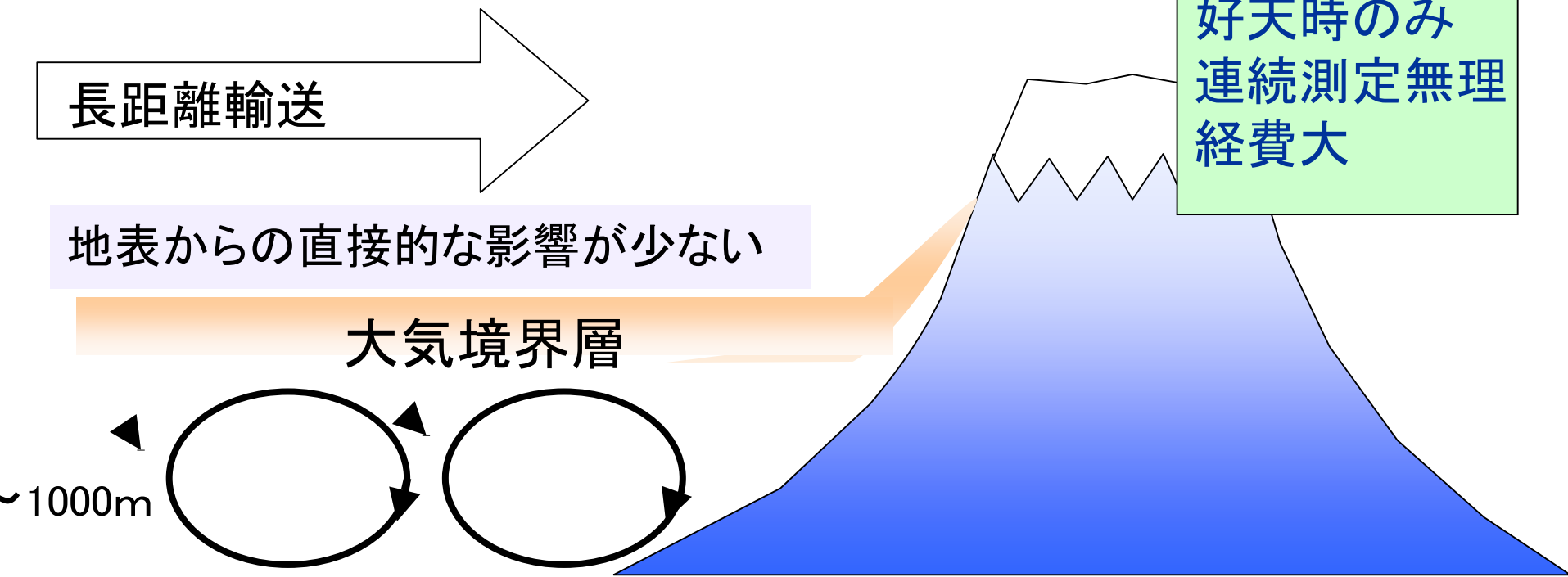
長距離輸送

地表からの直接的な影響が少ない

大気境界層

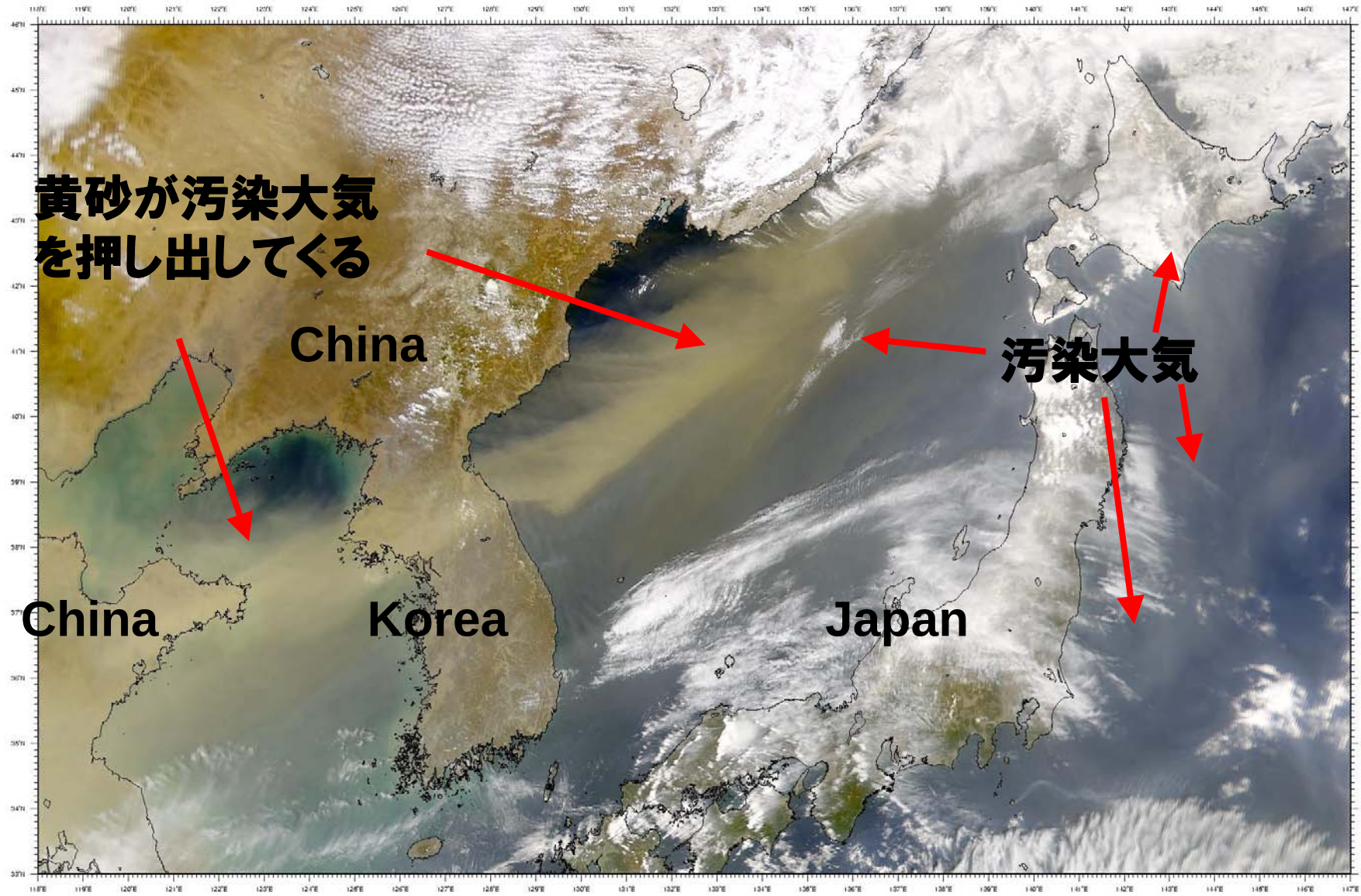
好天時のみ
連続測定無理
経費大

~1000m



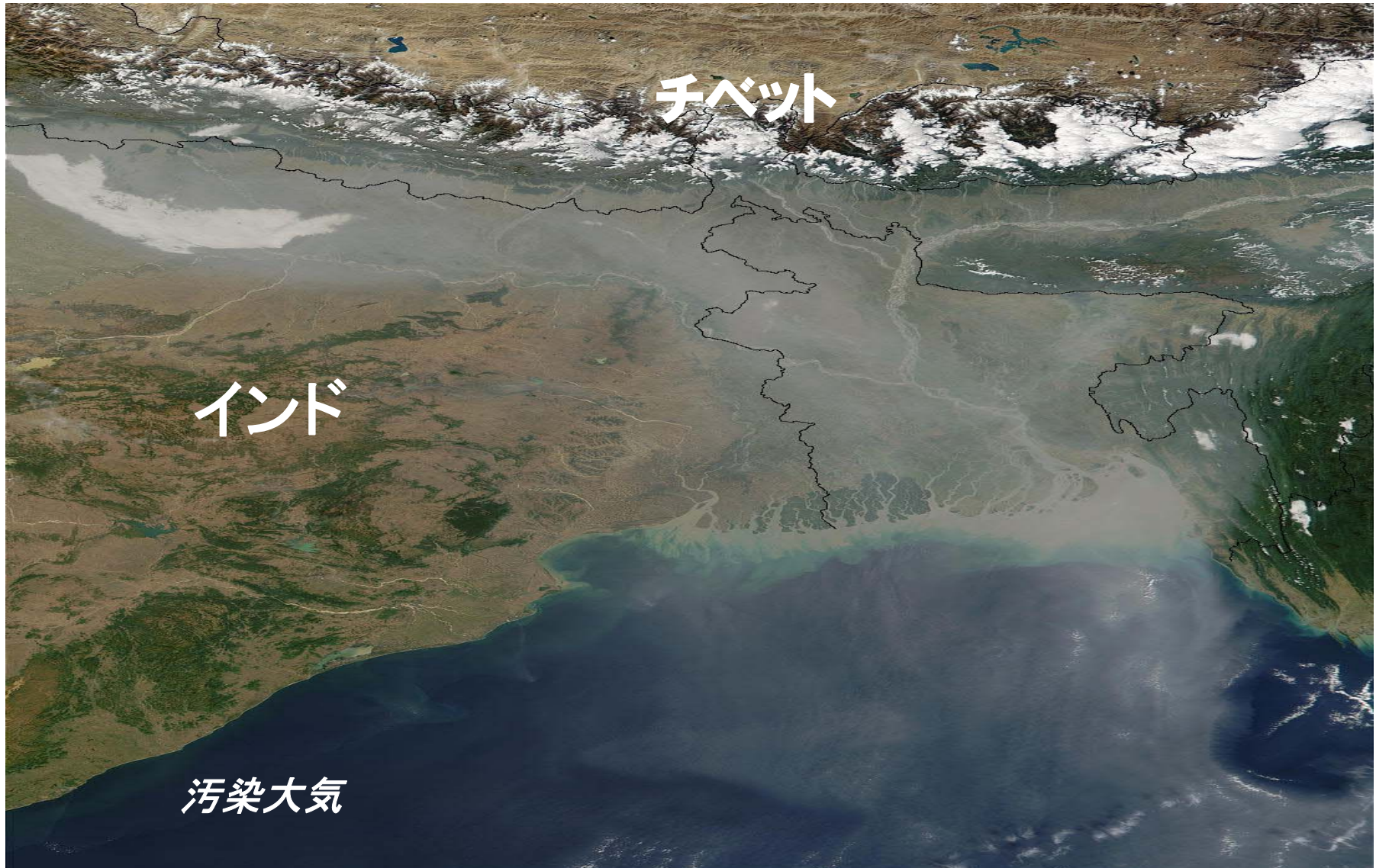
黄砂と汚染大気がアジア大陸から上空を流れてくる

(SeaWifs/NASA 衛星写真 : R. C. Schnell)

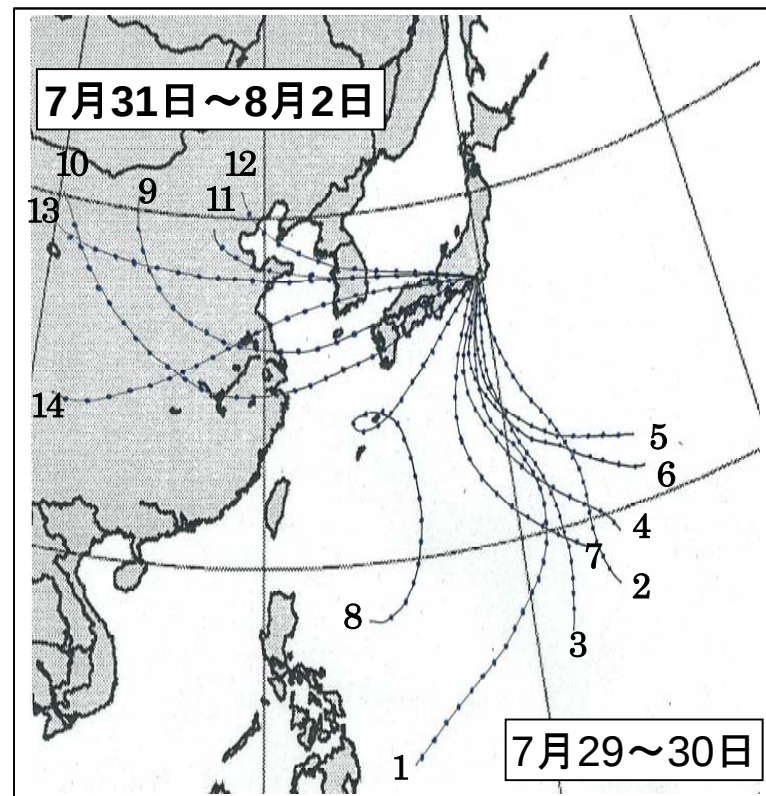
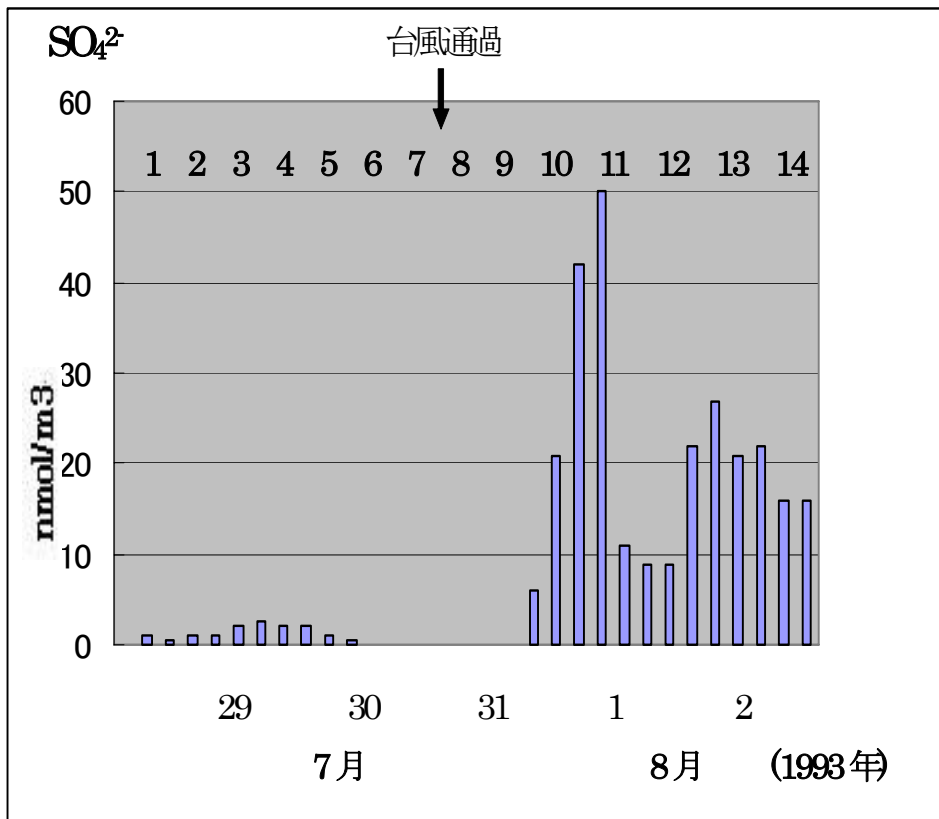


インドは世界の大気汚染の新しい参加者

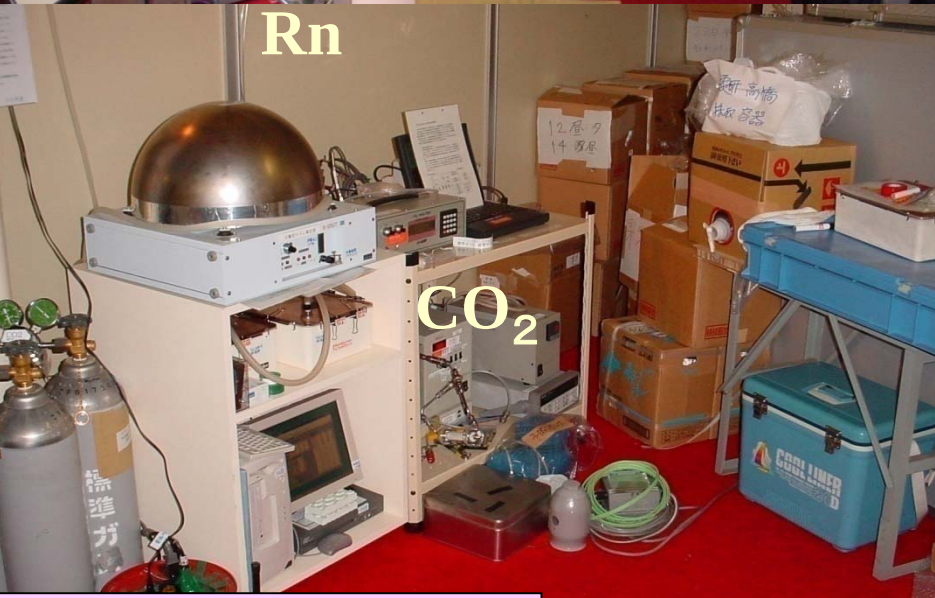
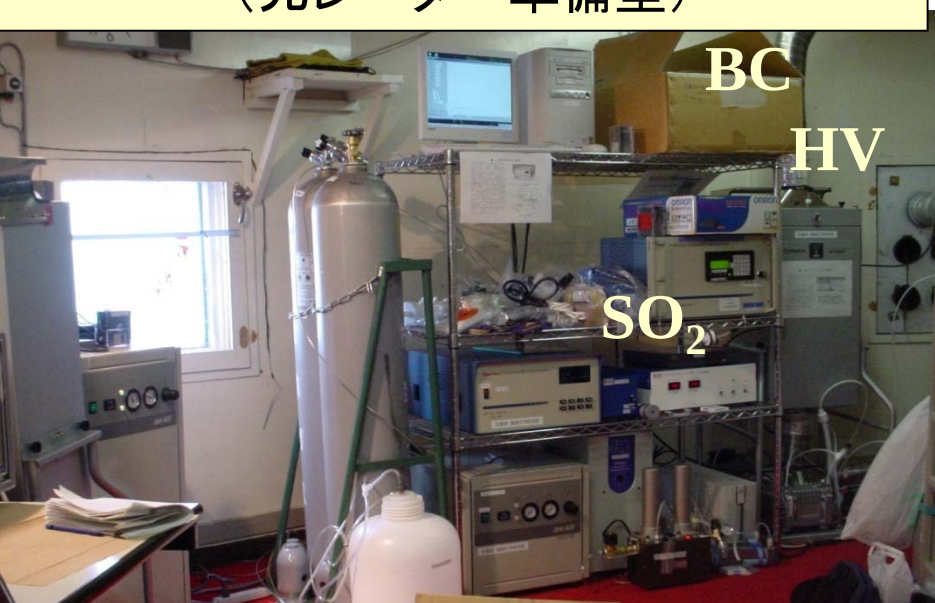
(SeaWiFS/NASA 衛星写真 : R. C. Schnell)



富士山頂の風向とエアロゾルの硫酸イオン濃度(Dokiya et al, 1995より作成)



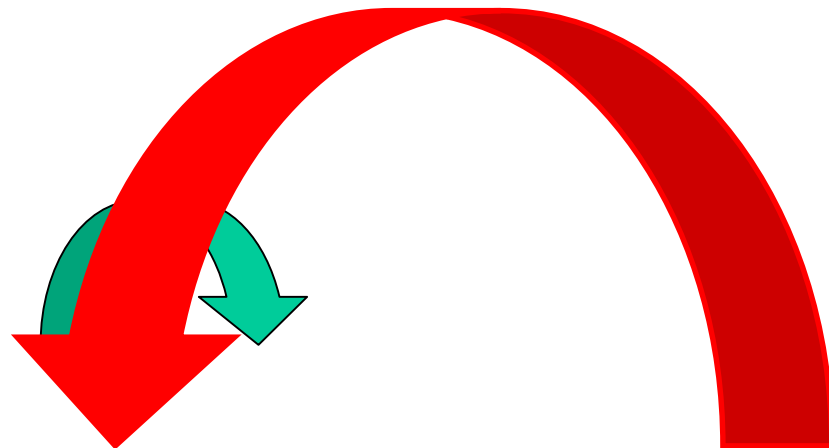
大気化学観測 (元レーダー準備室)



2004年7月以前

2002 9 13

中断している観測の再開を！



2004年8月以降



オキシダントの測定(加藤俊吾)

測定装置

CO計

赤外吸収法

Thermo Environment社

model 48C (CO)

model96 (ゼロガス)

COは定期的にゼロガスを測定
(毎0-15分にゼロガス)

O₃計

紫外吸収法

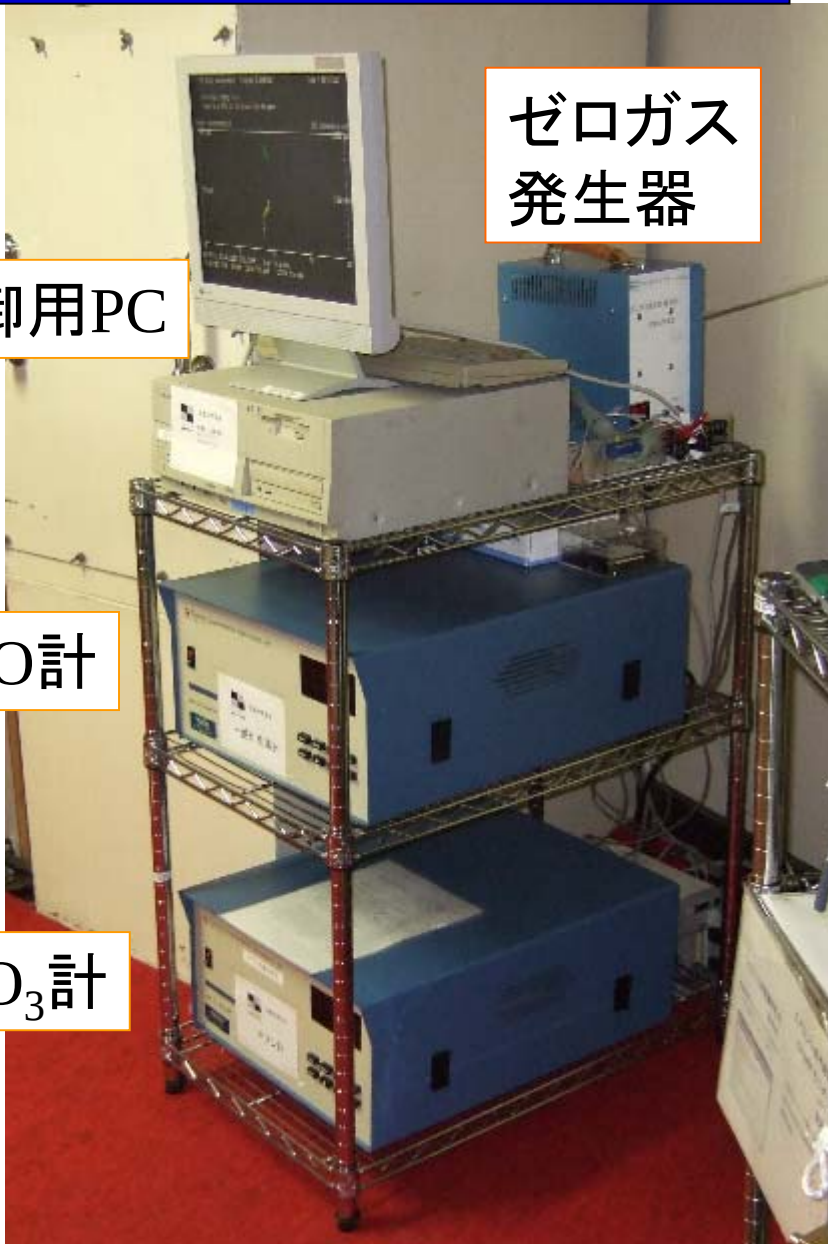
model 49C (O₃)

ゼロガス
発生器

制御用PC

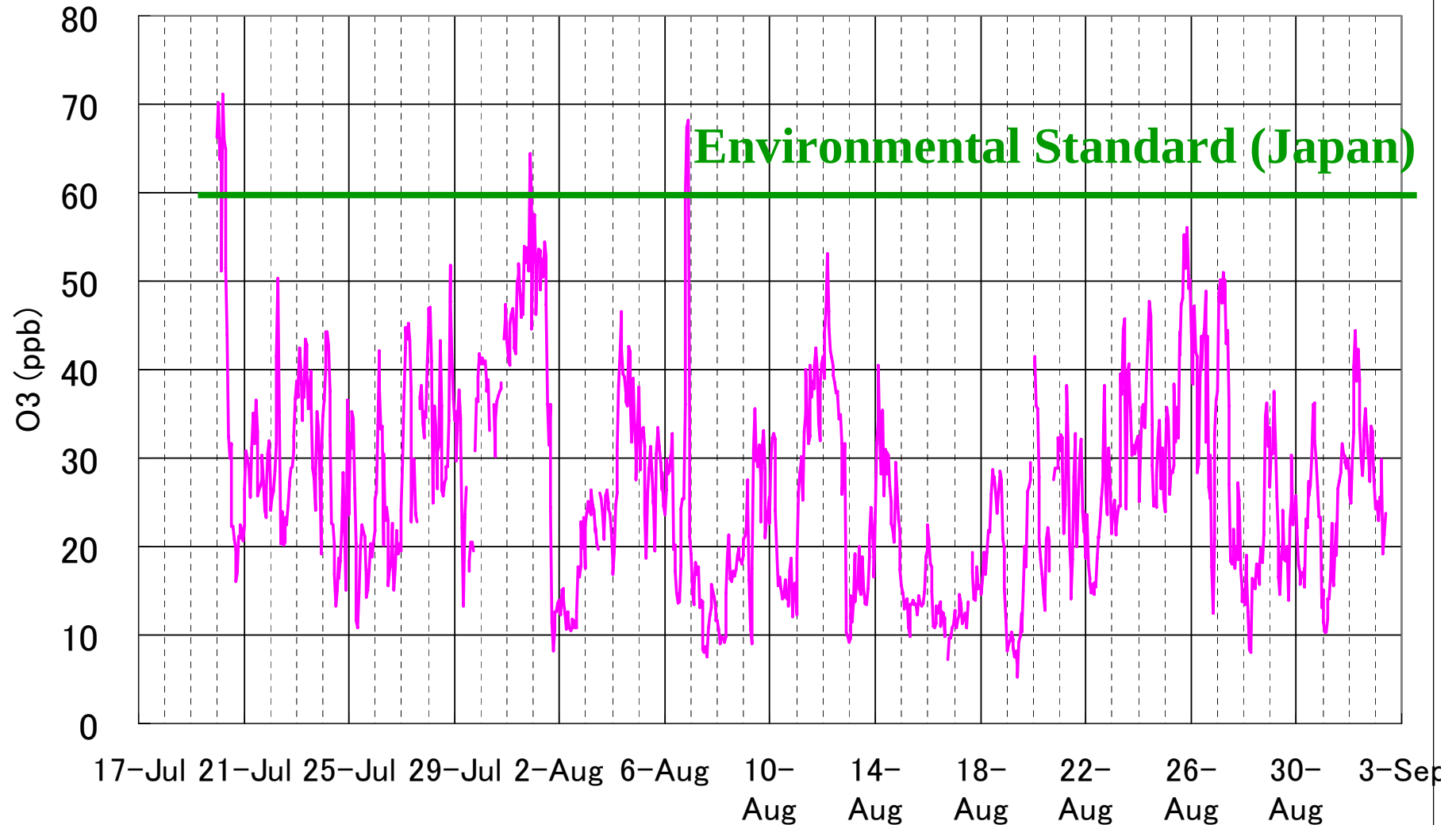
CO計

O₃計

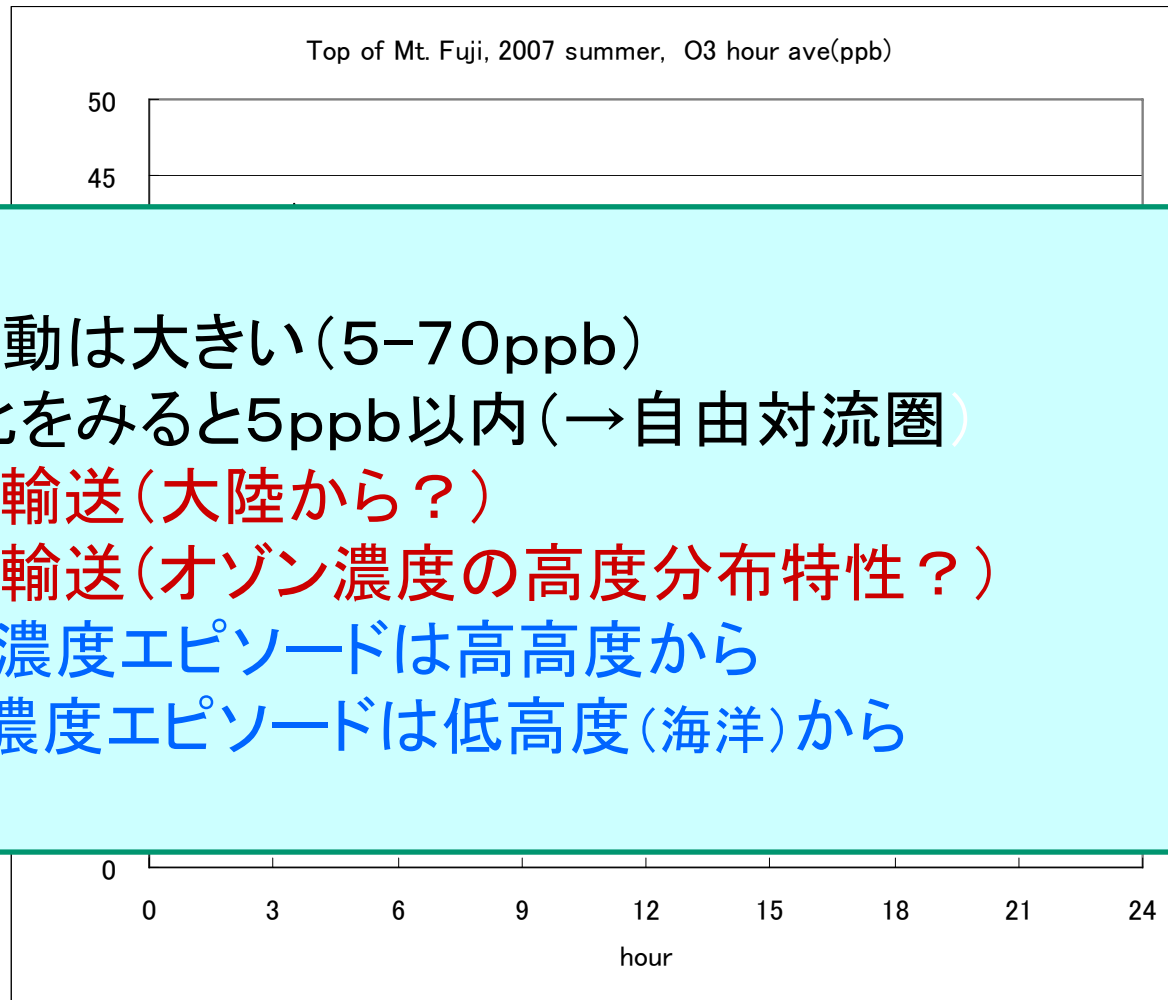


O_3 Concentration(July 17–Sept. 3, 2007)

富士山頂 O_3 (ppb) 一時間値



平均日変動



濃度変動は大きい(5-70ppb)

日変化をみると5ppb以内(→自由対流圏)

水平輸送(大陸から?)

鉛直輸送(オゾン濃度の高度分布特性?)

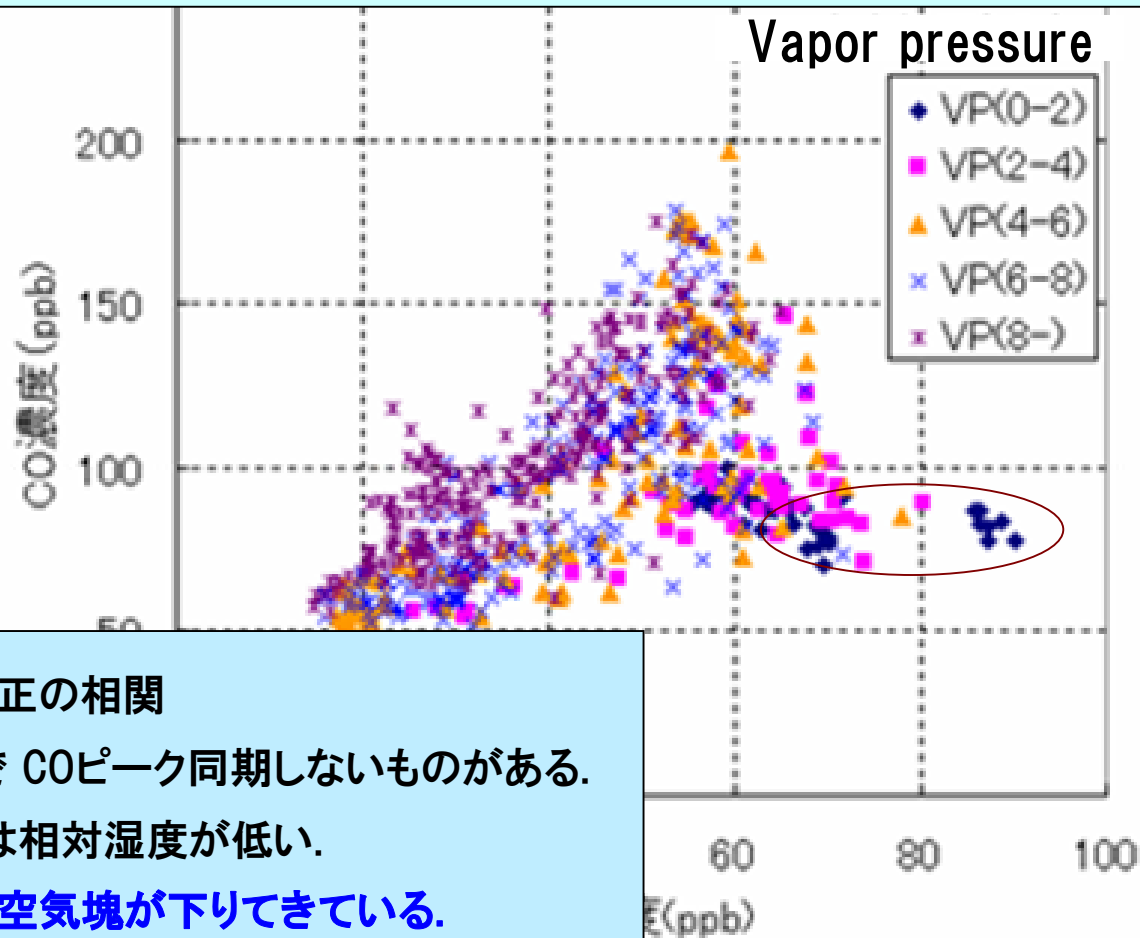
高濃度エピソードは高高度から

低濃度エピソードは低高度(海洋)から

層内

観測期間を平均すると、朝4時に最大、昼13時に最低濃度となり、その差は5ppb程度であった

湿度の変動と O_3 ,CO濃度



- 全般的によい正の相関
- O_3 のピークで COピーク同期しないものがある.
- このような時は相対湿度が低い.
- 高い高度から空気塊が下りてきている.

富士山頂のオキシダントについて

発生源:

- ①成層圏から(地球大気のオゾン分布)
- ②汚染起源のオキシダント(長距離輸送、
山谷風…)

オキシダント測定の原因

- 1.空気塊の指標として(風などの情報とあわせて)
上から? 横から? 下から?
- 2. 汚染の有無をチェック
(COなどと比較)

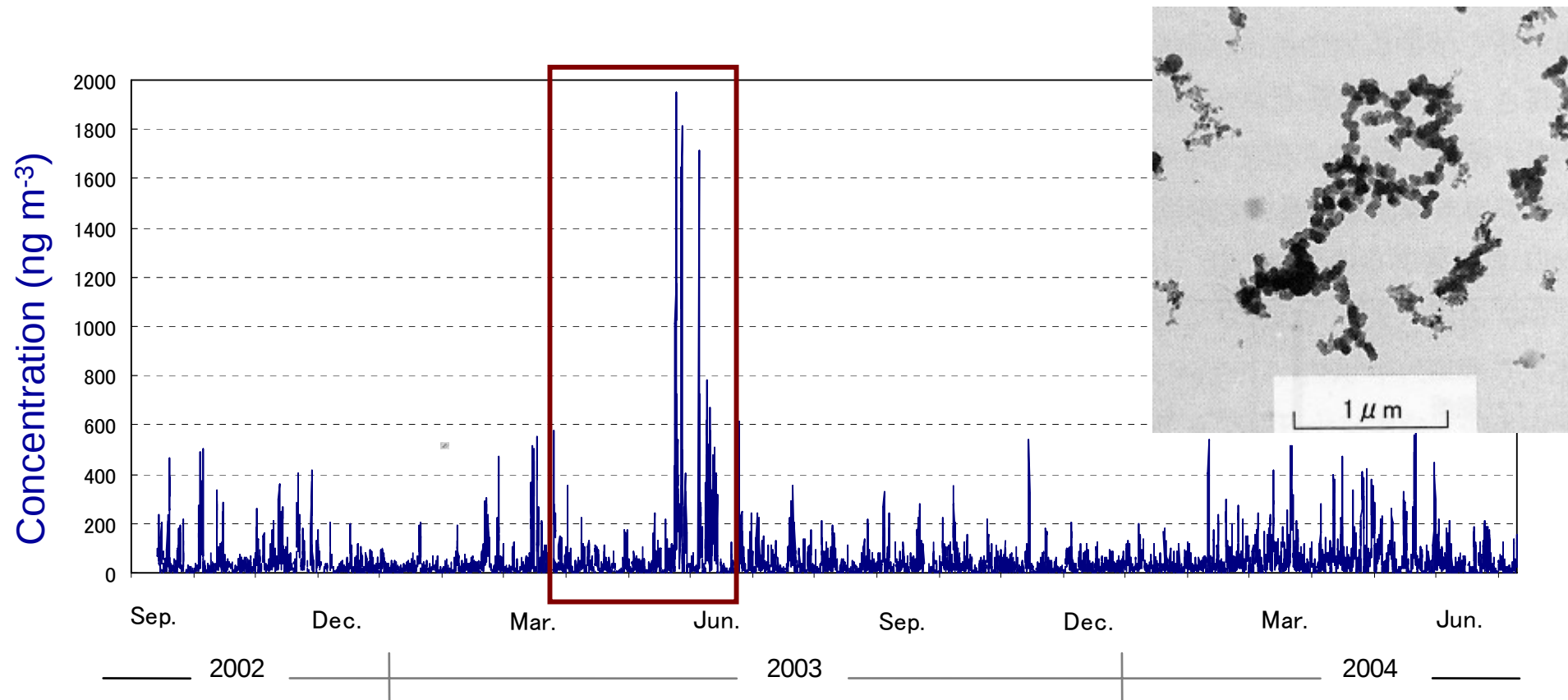
富士山頂のすす(BC)の観測(兼保直樹)

シベリア森林
火災の影響
2003年5月22
日午後3時



札幌市中心街H全天に雲がないにもかかわらず霞がかかって赤い太陽が見られた(札幌管区気象台提供)

富士山頂でのblack carbon (BC)濃度の 季節変化(速報値)(兼保直樹)



- 春季および秋季に高頻度でBC濃度のピークが観測される

シベリア森林火災のまとめ

(兼保直樹)

エサロメータのピーク (BC)

パーティクルカウンターでは小粒系にピーク

(高橋宙)

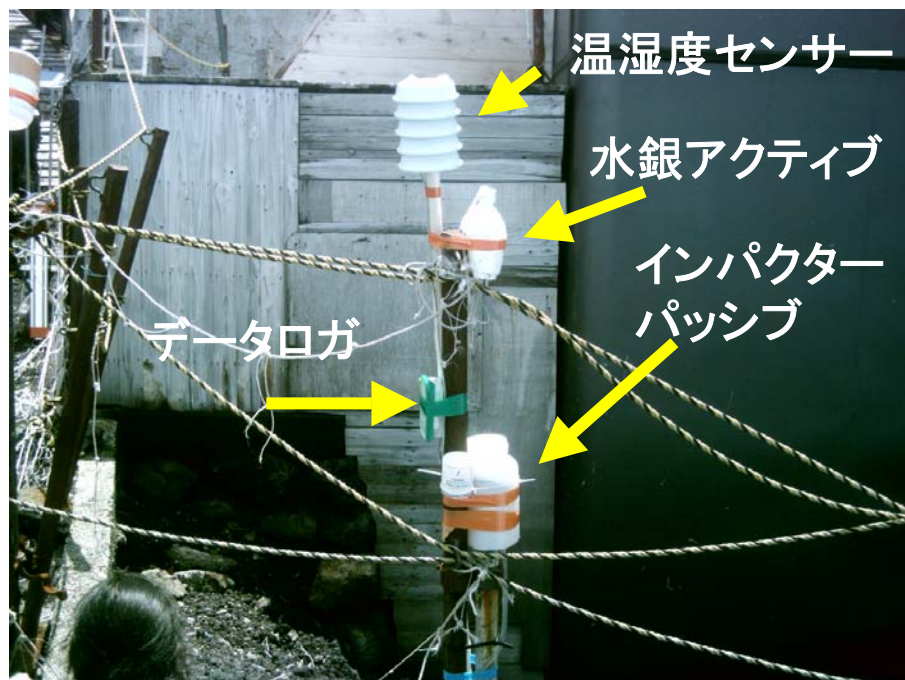
CO 濃度とBC濃度はよい相関

Aged smokeである(多環炭素化合物から、高田秀重)

O₃ 濃度はBC濃度と相関関係なし(澤庸介)

山岳大気の水銀測定(永淵修)

商用電源なしのシステム(山岳地での利用)



富士山頂



ヒズクシ峰(屋久島)

山岳でのサンプラーの設置例

富士山で測定した水銀について

大気中の水銀は90%以上 gas-Hg(0)

Hg(p)の測定は富士山で始めて

2007年8月23-30日、2008年8月10-18日、
2009年8月-9月2日の gas-Hg(0)、Hg(p)の
測定を行なった。

一般大気バックグラウンド
が、高濃度のときもある

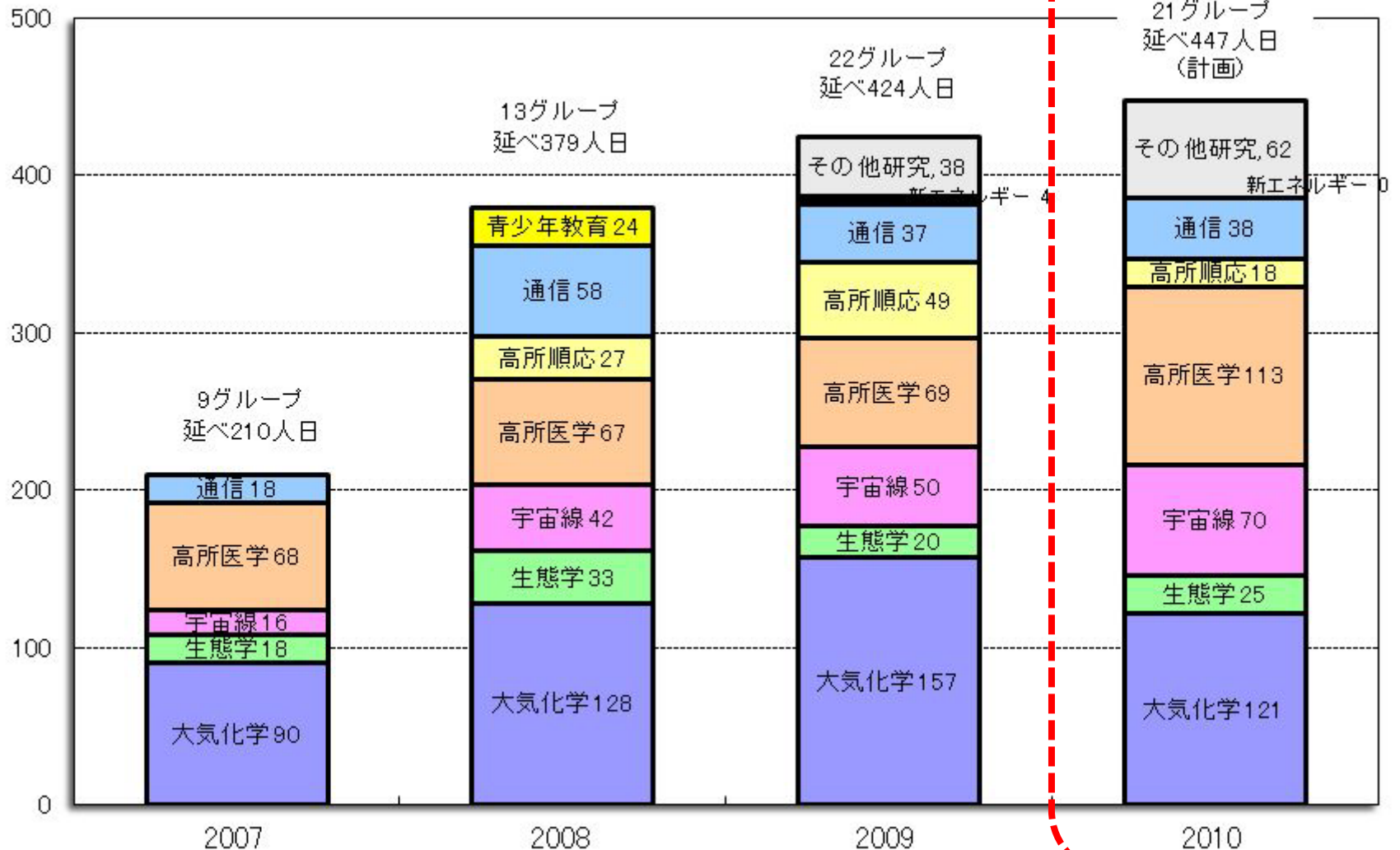
大陸起源 (Back trajectory)
SO₄²⁻などとの比較
他の山岳との比較
鉛直比較

未来へ向けて 2010～

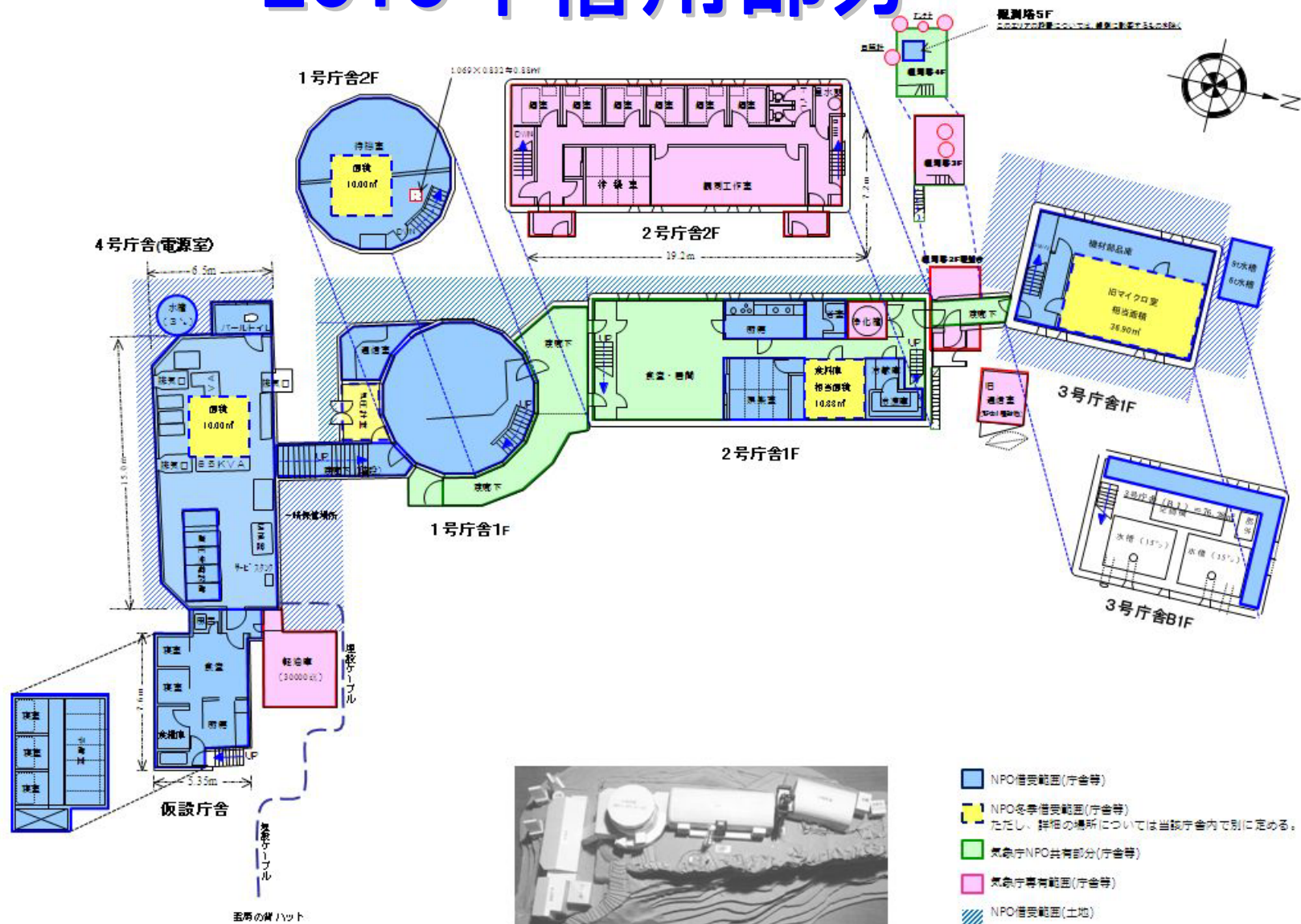
- NPOによる第2期
借用・設営

山頂利用研究の推移

延べ人数（人日）



2010年借用部分



2010年～NPOによる第2期借用・設営

2010年の研究テーマ(1) (大気化学)

- ・富士山頂 におけるPM2.5エアロゾル粒子の動態解明および反応性測定
金谷有剛、竹谷文一(海洋研究開発機構)、兼保直樹(産業技術総合研究所)
- ・富士山頂での夏季のオゾン・一酸化炭素の特性 加藤俊吾(首都大学東京)
- ・独立電源 による富士山頂における通年二酸化炭素濃度観測
向井人史、野尻幸宏、須永温子(国立環境研究所)
- ・富士山体 を利用した自由対流圏高度におけるエアロゾル—雲—降水相互作用の観測 大河内博(早稲田大学)
- ・富士山頂 におけるエアロゾル粒子と雲凝結核の測定
三浦和彦(東京理科大学)
- ・富士山頂 における新粒子生成の観測 キャリン・セレグリ(物理気象研究所フランス国立科学研究センター)松木篤(金沢大学)
- ・富士山を 観測タワーとした大気中水銀の長距離輸送に係わる計測・動態・制御に関する研究 永淵修(滋賀県立大学)
- ・富士山頂 における有機エアロゾルの組成に関する研究 河村公隆(北海道大学)Jost Heintzenberg(Leibniz-Institute for Tropospheric Research (IfT))

2010年の研究テーマ(2)

(宇宙線科学)

- ・高高度宇宙線環境のリアルタイムモニタリング

保田浩志(放射線医学総合研究所)

(高所医学)

- ・中高年登山者における富士登山時および山頂滞在時の生理的負担度の測定評価 山本正嘉(鹿屋体育大学)11
- ・富士山頂 短期滞在時の安静および鍼灸施術の脳血流・心行動態に及ぼす影響に関する研究 浅野勝己(日本伝統医療科学大学院大学)
- ・富士山頂 における睡眠時の低酸素症に対する口腔内装置の効果
野口いづみ(鶴見大学)
- ・高所登山 と酸化ストレス
長澤純一(電気通信大学)
- ・高所滞在中の尿タンパク量とアンギオテンシン遺伝子型の関連
上小牧憲寛(国際医療福祉大学)

2010年の研究テーマ(3)

(永久凍土、新エネルギー、通信、製品テスト、建築ほか)

- ・富士山における地温観測孔堀削:永久凍土の直接観測に向けて
池田敦(信州大学)
- ・富士山頂における排ガスマイクログリッド構築の可能性に関する研究
土器屋由紀子(NPO)安本勝、佐々木一哉(東京大学)
- ・富士山旧測候所を活用した通信の可能性について
安藤雅一(KDDI)
- ・マイクロ波帯・ミリ波帯の電波伝搬研究
横尾富夫(横浜アマチュア・マイクロウェーブ・アソシエーション)
- ・3次元雨量計の強風環境下における性能検証現地調査
松田 益義(MTS雪氷研)
- ・富士山測候所の居住環境調査
村上祐資(東京大学)
- ・海外遠征登山高所訓練 出利葉義次(静岡市山岳連盟)

克服すべき問題点

不安定な電源

雷対策

NO_xフリー代替電源の開発

高山病、安全対策

富士山独特の問題 (国立公園、特別名勝、
登山者の集中)

資金不足



ご清聴有難うございました