



P2-4FS 都市の地下環境に残る 人間活動の影響 (地下水グループのレビュー)

熊本大学理学部 嶋田 純

本日の話の流れ

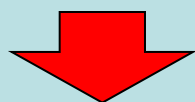
- 都市の地下水流動・賦存特性に残る人間活動の影響(文献レビュー結果)
- アジア諸都市における過剰揚水による地下水障害の台頭(6月報告のサマリー)
- 地下水帯水層からの古水文情報の抽出
- 地域水循環変化から地球温暖化の影響を読む
- 台湾における事例を通じた気候変動(全球温暖化)に伴う地下水環境変動(7月シンガポール打合せ報告)

都市の地下水流動・賦存特性に残る 人間活動の影響

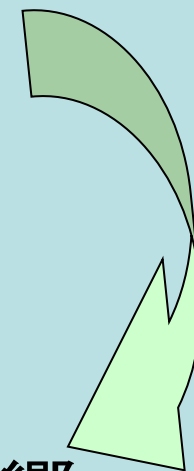
人口増加 → 地球温暖化(気候変動)



都市域(人間活動)への人口集中



地下水環境 → 水質・水量の両面に影響



Web of Science による文献検索

“groundwater” and “urban”で1996-2004を検索
→ 377件

都市域の地下水水質の事例研究が殆ど

(有毒廃棄物、産廃、下水、施肥汚染、有機塩素化合物、ガソリン、他)

地下水流動・低下に関連したもの: 12件

NCP(3), ソウル, メキシコ(2), トロント, UK,
ダッカ, 開発途上国全般(3)



開発途上国と先進国で状況の違いがある

開発途上国

都市域への人口の集中 → 上下水道等のインフラ不足・水源不足

地下水依存経済 (都市域での水道水源
最近50年間に集中 農村域での灌漑水源)

洪水時の排水網不備
汚水槽の絶対的不足

過剰揚水問題の台頭

浅層地下水への漏水

- ①水位低下
- ②塩水化
- ③帯水層汚染(下水、し尿、施肥、産廃等)

- ①水位上昇
- ②微生物(ウイルス)汚染

世界的にデータは少ないが地下水水質確保の問題は地域問題ではなく人類全体の緊急課題である(Foster SSD,2003等による)。

先進国

都市域への人口集中・土地利用変化

点汚染

(CFC,産廃、ガソリン等)

Denver, NE,

面汚染

(Cl,NO₃, Br, EDTA,NTA
MTBE, VOCs(大気経由)等)

Dakka,Tronto,Tejuen,

上下水道からの 漏水涵養

Seoul,UK

過剰揚水

(NCP,Mexicocity,Japan)

地下水障害

(水位低下,塩水化、
地盤沈下、酸欠空気等)

対策・未対策都市

都市化に伴う地下水流動への影響

先進国・開発途上国で状況は異なるが、**過剰揚水による地下水障害の台頭**が共通する最も大きなテーマである。

それらは最近50年間に顕在化したもので、その原因は都市域への過度の人口集中によるものである。先進国の一部では、地下水対策が成功している国(日本等)があるが、多くは未解決で問題は深刻化している。また、日本では揚水規制による水位回復が新たな問題を引き起こしている。

地下水地盤環境に関するシンポジウム2002
—大都市の地下水問題—

発表論文集

平成14年12月

主催 / 地下水地盤環境に関する研究協議会
財団法人 地域地盤環境研究所
財団法人 日本地下水理化学研究所

後援 / 社団法人 地盤工学会関西支部 第3回世界水フォーラム事務局
社団法人 土木学会関西支部 国土交通省近畿地方整備局
社団法人 日本建築学会近畿支部 大 阪 府
日本地下水学会 大 阪 市
日本応用地質学会関西支部

・アジア沿岸域地域の
地下水問題の現状に
関するシンポジウム

関東平野における地下水変動と地盤沈下変動

地下水位変動グラフ

東京大学 深井戸 (深度380m)

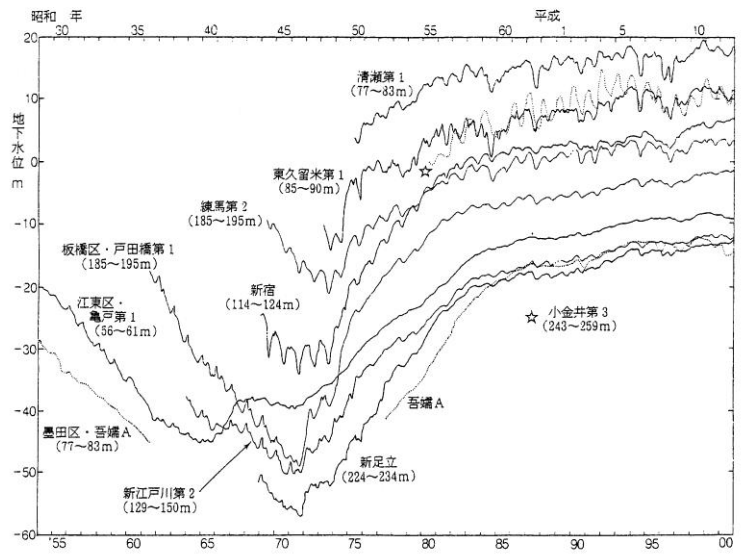
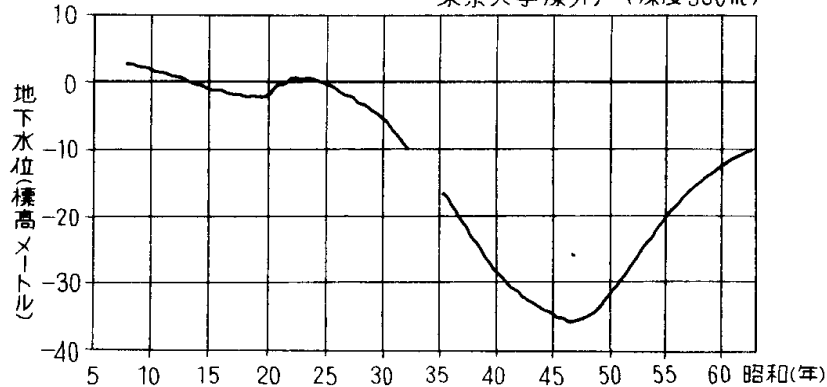


図5 被圧地下水位の経年変動状況の例

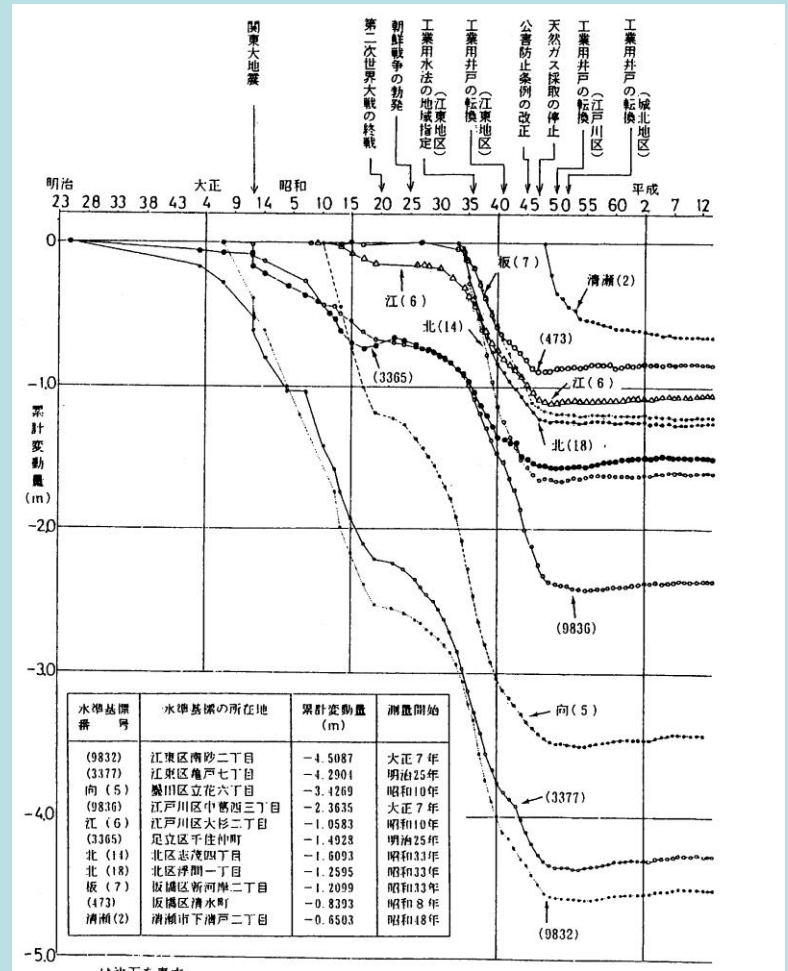
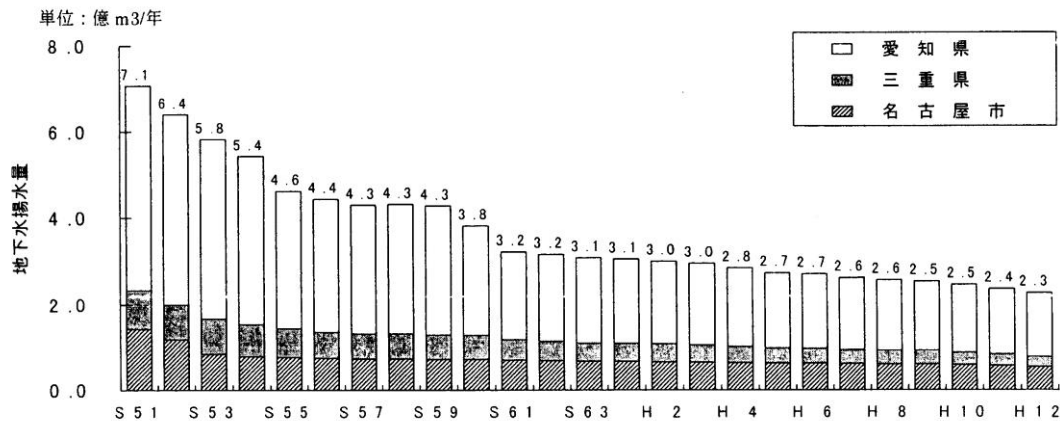
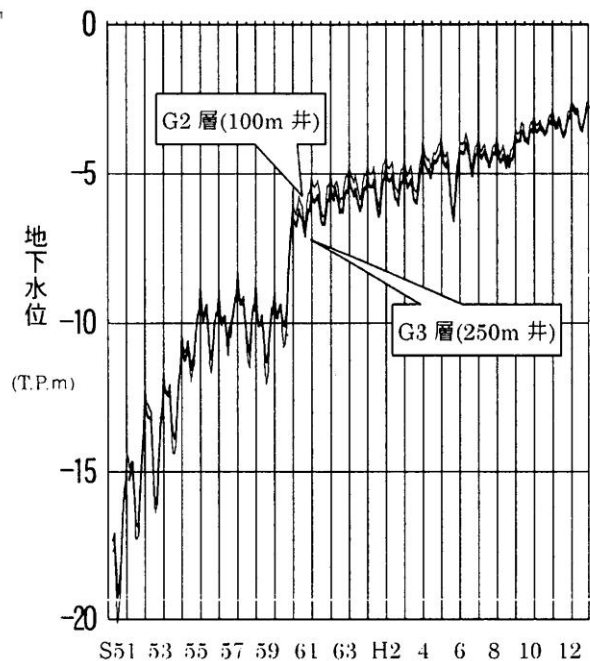


図6 主要水準基準の累計変動量(累積沈下量)図

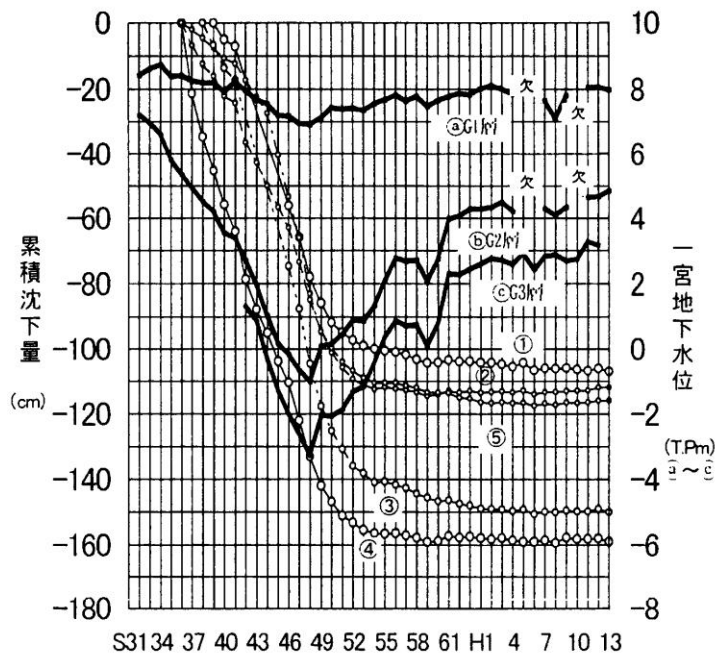


グラフ-2 濃尾平野における年間地下水揚水量
(工業用水法及び公害防止条例による規制地域内)

濃尾平野における地下水・地盤変化



グラフ-3 稲沢観測所 地下水位経年変化 (月平均)



グラフ-4 水準点の累積沈下量と地下水位

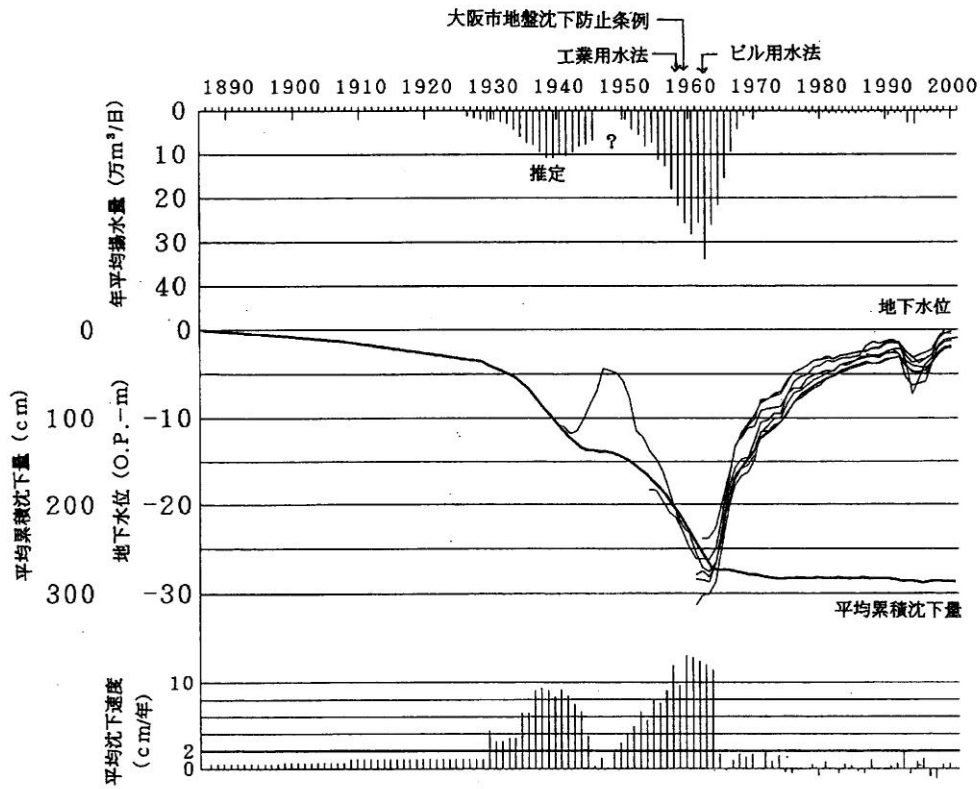


図-2 西大阪地域における長期的揚水量・地下水位・地盤沈下変動状況

大阪平野における 地下水水位観測



図-4 地下水観測井位置図

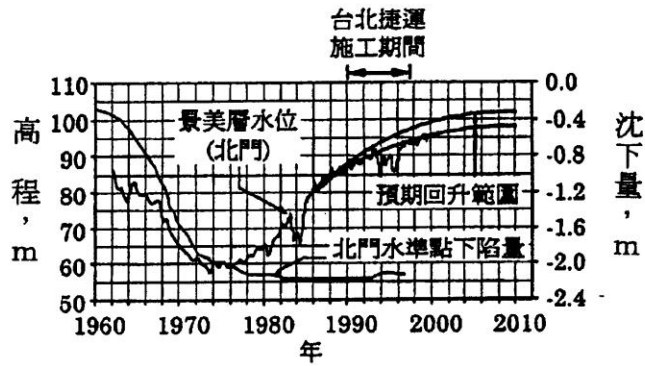


図-5 1960年から台北市内の景美層の地下水水位変化と地盤沈下量²⁾

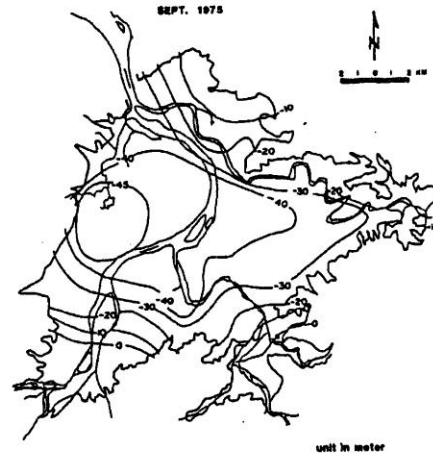


図-6 景美層の地下水水位分布図(1975)⁷⁾

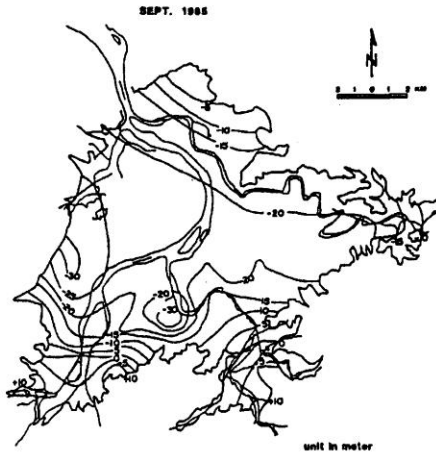


図-7 景美層の地下水水位分布図(1985)⁷⁾

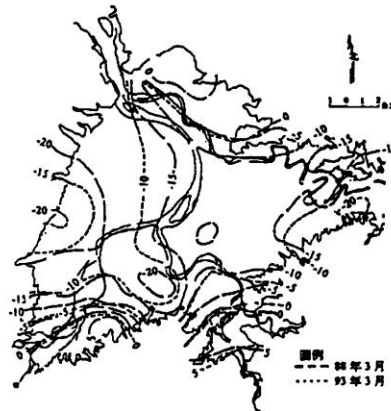
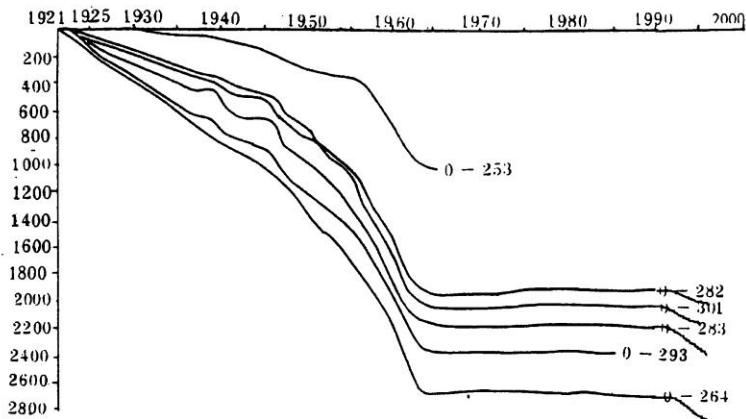


図-8 景美層の地下水水位分布図(1988, 1993)⁴⁾

台北における 地下水水位変化 と地盤沈下量

上海における地盤沈下量



point	position	subsidence (mm)	
		1921 - 1965	1966 - 2000
0 - 253	Huangpu Park	- 1031	-
0 - 282	Nanjing Road and Shanxi Road	- 1934	-41
0 - 301	Jiaozhou Road and Xinzha Road	- 2034	-25
0 - 283	Xikang Road and Xinzha Road	- 2169	-65
0 - 293	Nanjing Road and Jiaxin Road	- 2367	-
0 - 264	Beijing Road and Xizhang Road	- 2629	-74

Fig.1 The typical subsidence map in Shanghai

NE 70°

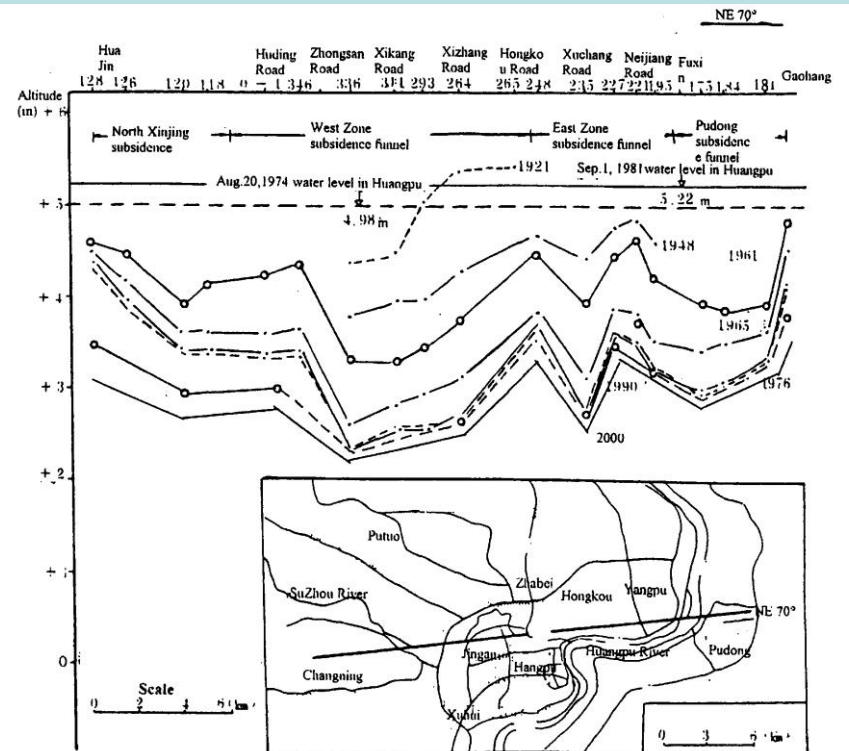


Fig.2 The profile of land subsidence in Shanghai

バンコクにおける地下水揚水量・ 地下水位・地盤沈下量変化

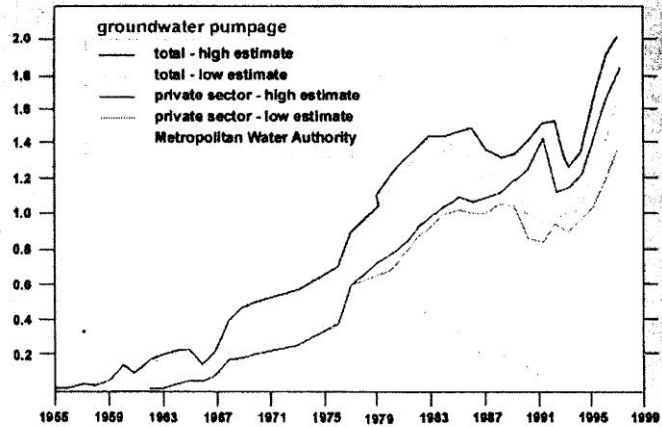


Figure 6 Rate of ground water extraction

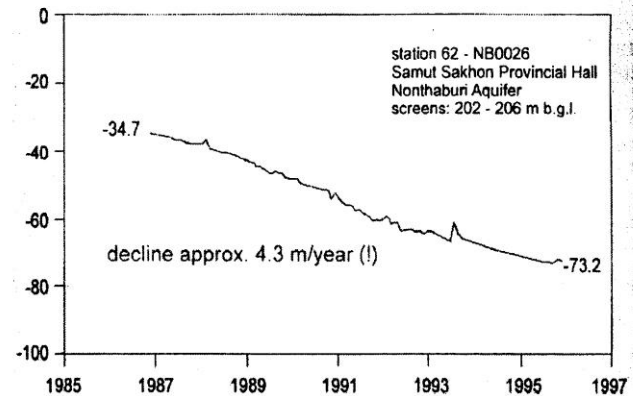


Figure 7a Decline of ground water level

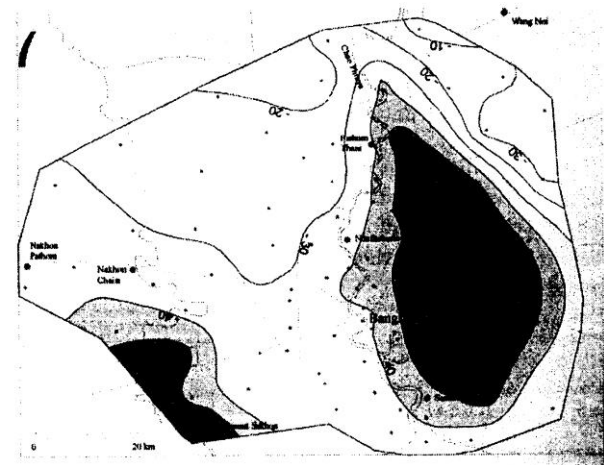
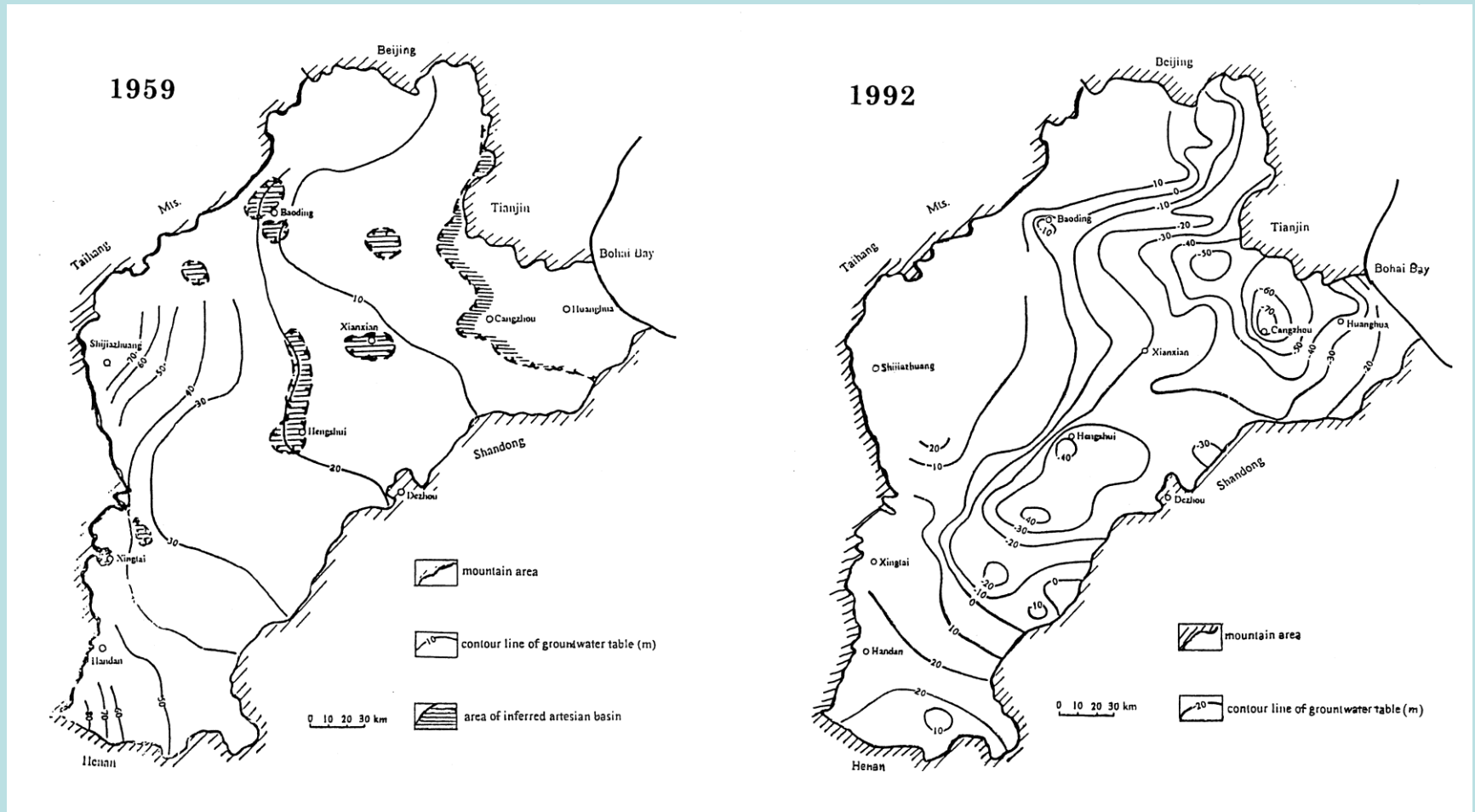
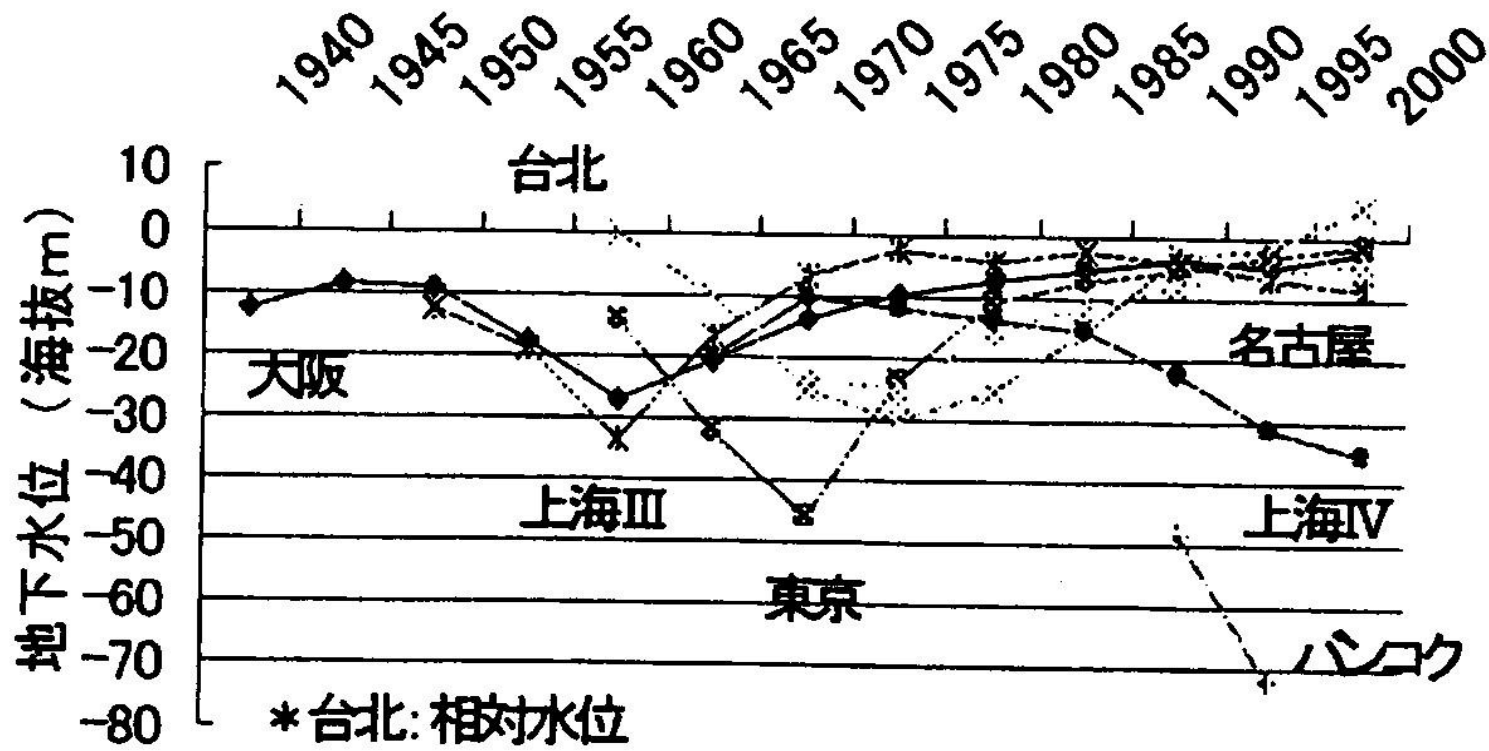


Figure 7b Contour of ground water decline

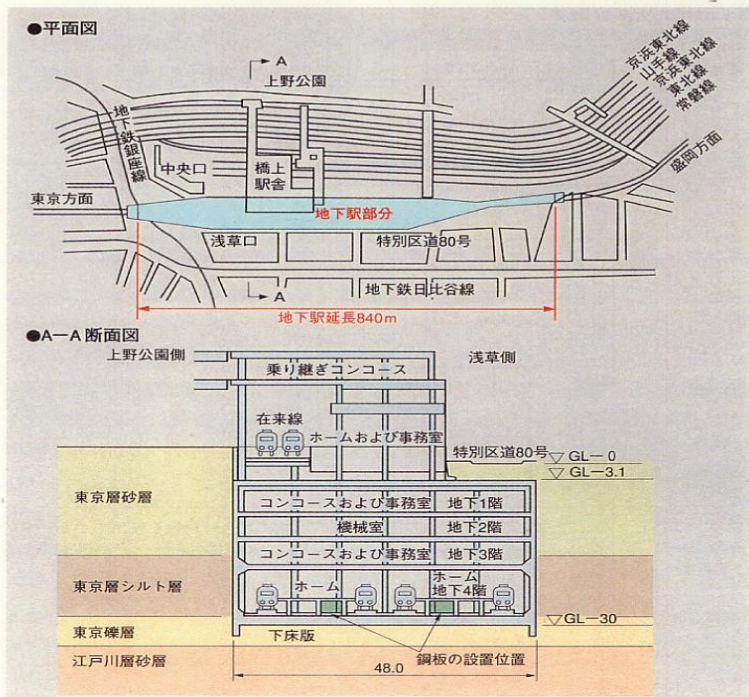
河北平原の地下水水位変化





アジア大都市の地下水位経年変化比較図

地下4階で行われている鉄板の設置作業。鉄板の重量は1枚あたり約2t (写真: JR 東日本)



Another problem created by the quick groundwater recovery in Kanto Plain.

floating power by water !

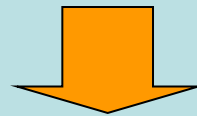
都市の台頭による**人為的な**
地下水流動への影響が主体

気候変動に伴う地下水流動への影響は？

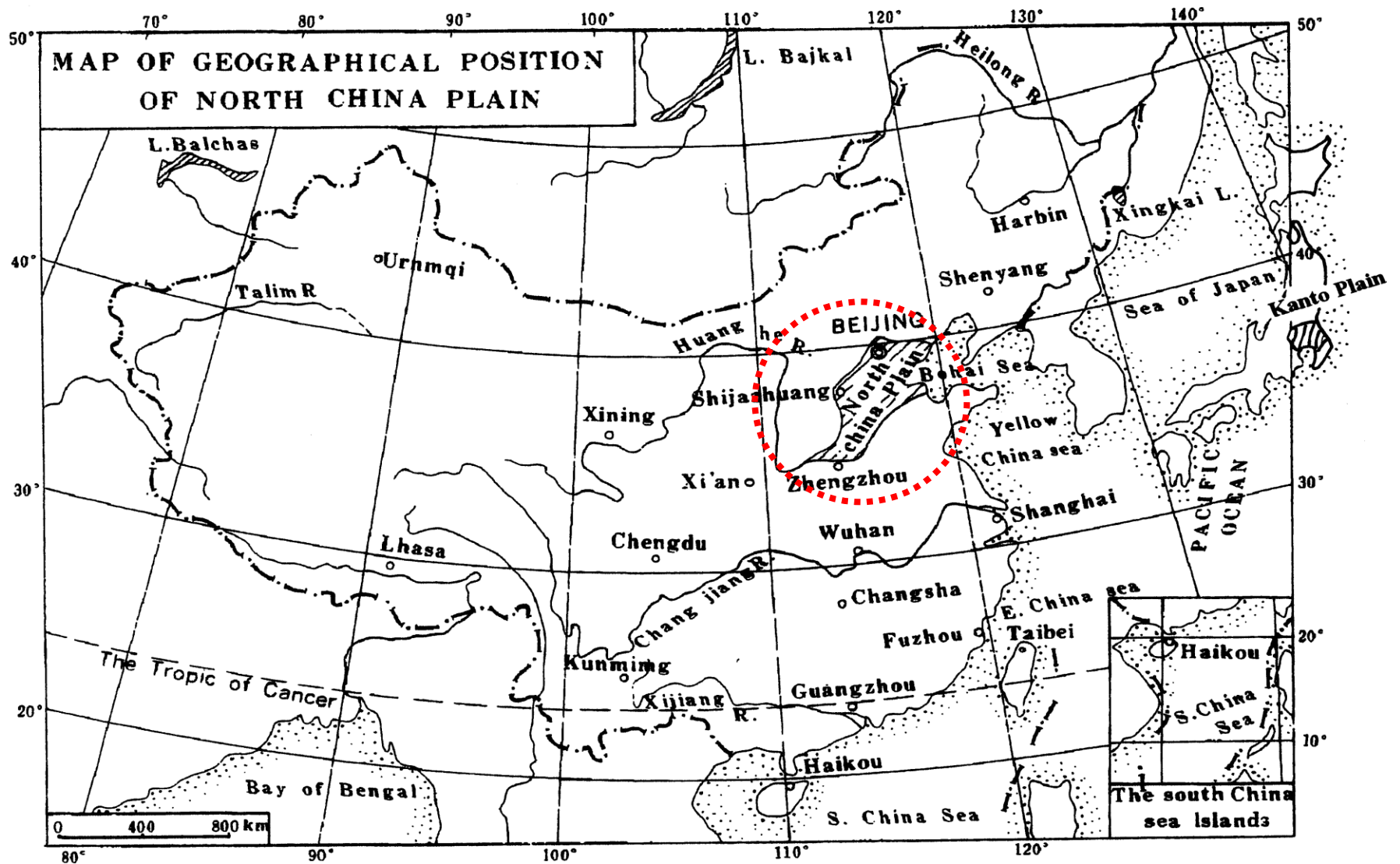
古水文学的研究による追求の可能性

地下水帯水層からの古水文情報の抽出

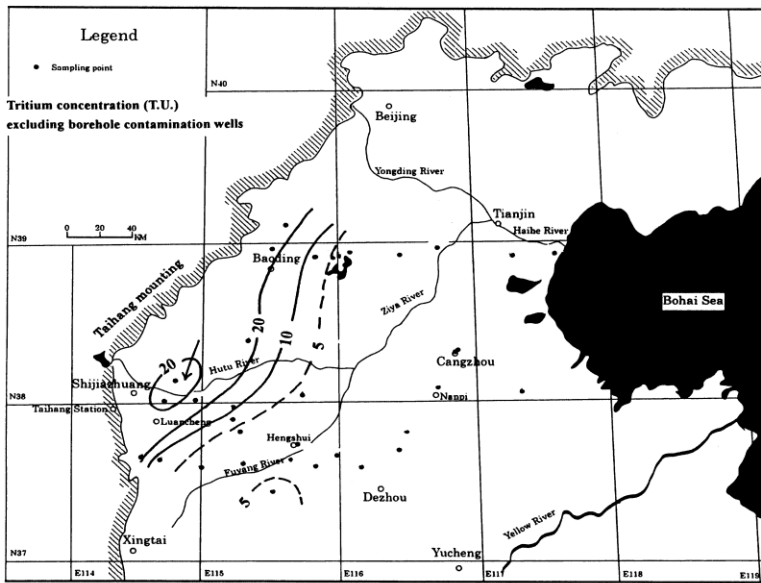
- 流動規模の大きな地下水帯水層
- 異なる気候時の涵養状況の変化が帯水層中に記録されている → 古水文情報



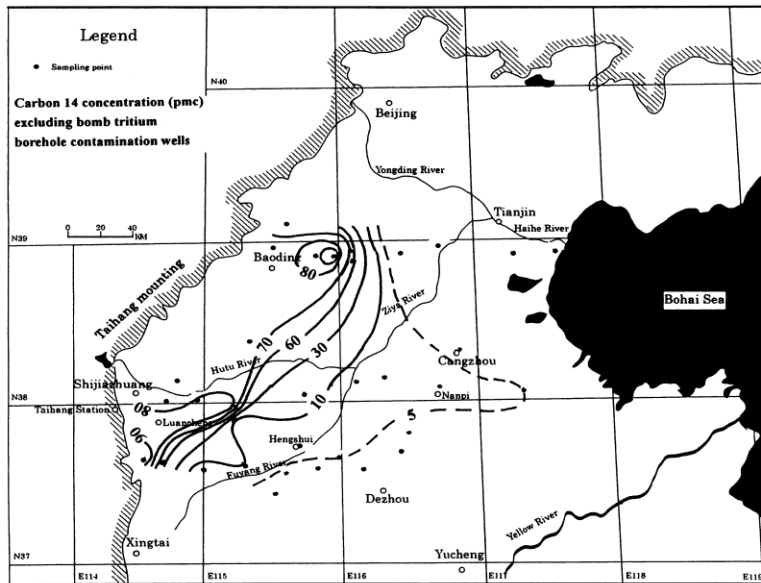
- 地下水帯水層を利用した陸域の古水文情報のコンパイル → 全球スケールの古環境情報への貢献



Location of North China Plain and Kanto Plain.



Distribution of Tritium content for the sampled groundwater

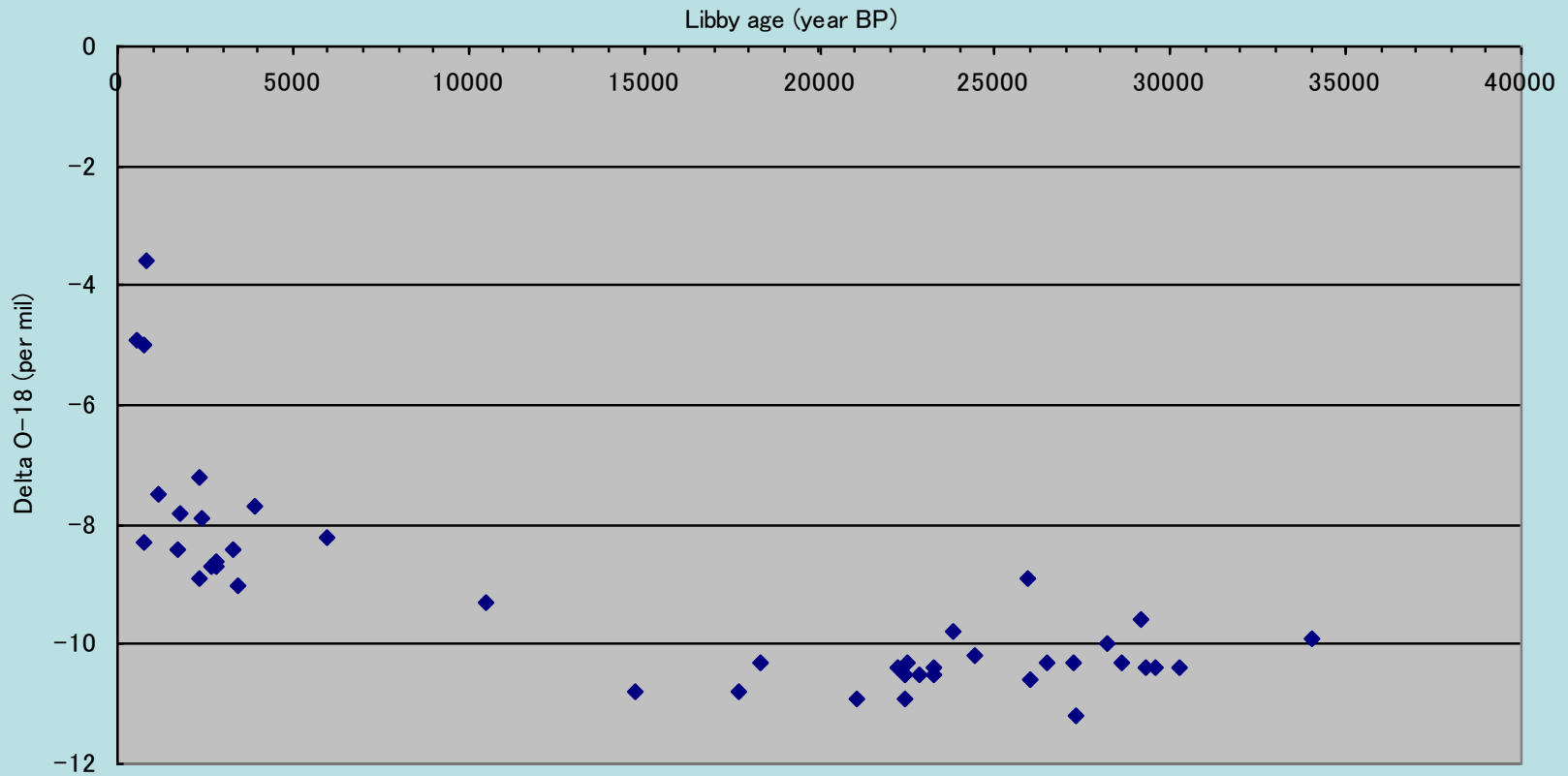


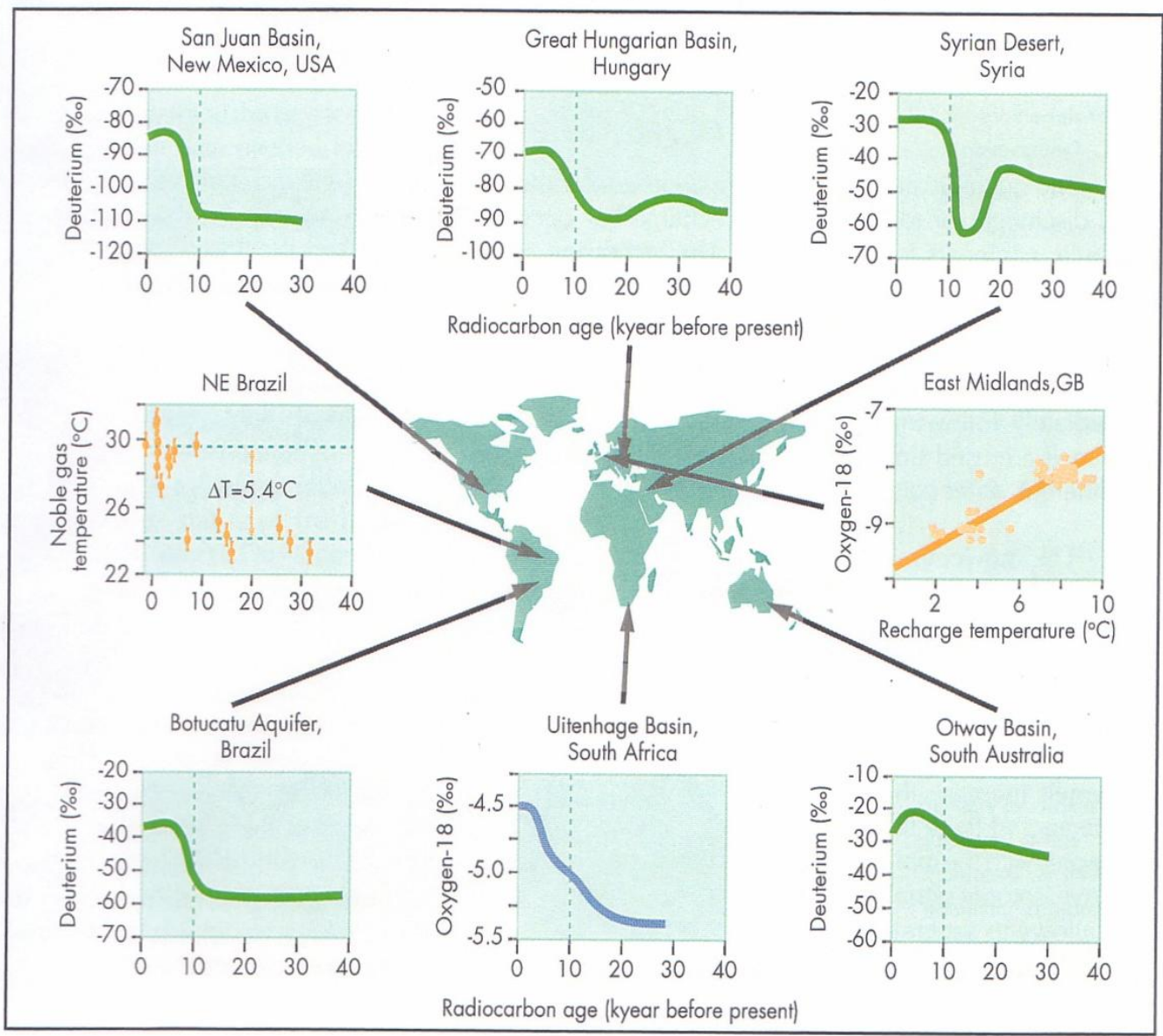
Distribution of Carbon 14 content for the sampled groundwater

The distribution of ^3H and ^{14}C content in the NCP groundwater

Relations between $\delta^{18}\text{O}$ and Libby age by ^{14}C

$(-0.5 \text{ ‰} / \text{ }^\circ\text{C}) \text{ ‰}$





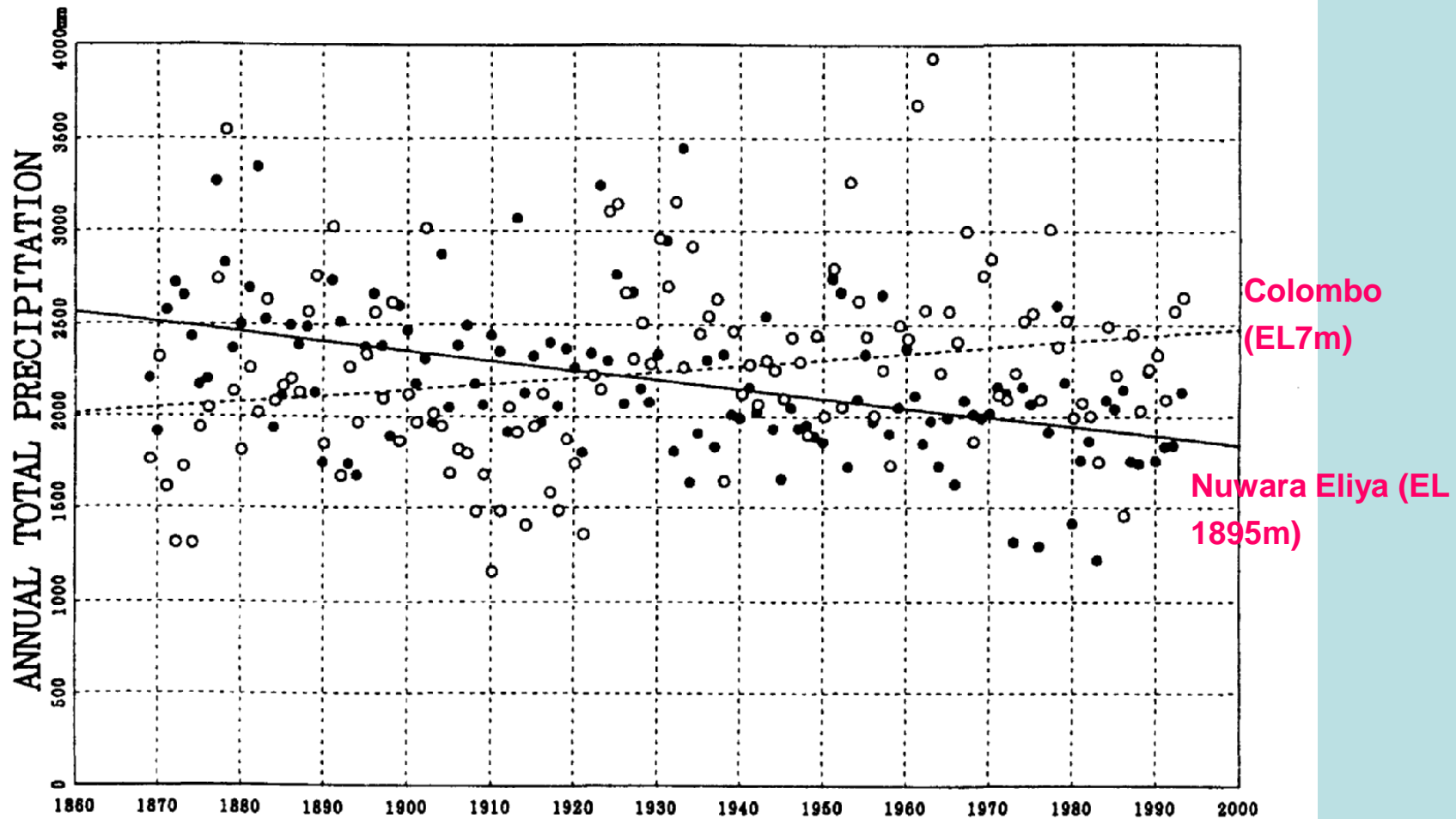
世界各地における
地下水帯水層から
の古水文情報

地域水循環変化から地球温暖化の影響を読む

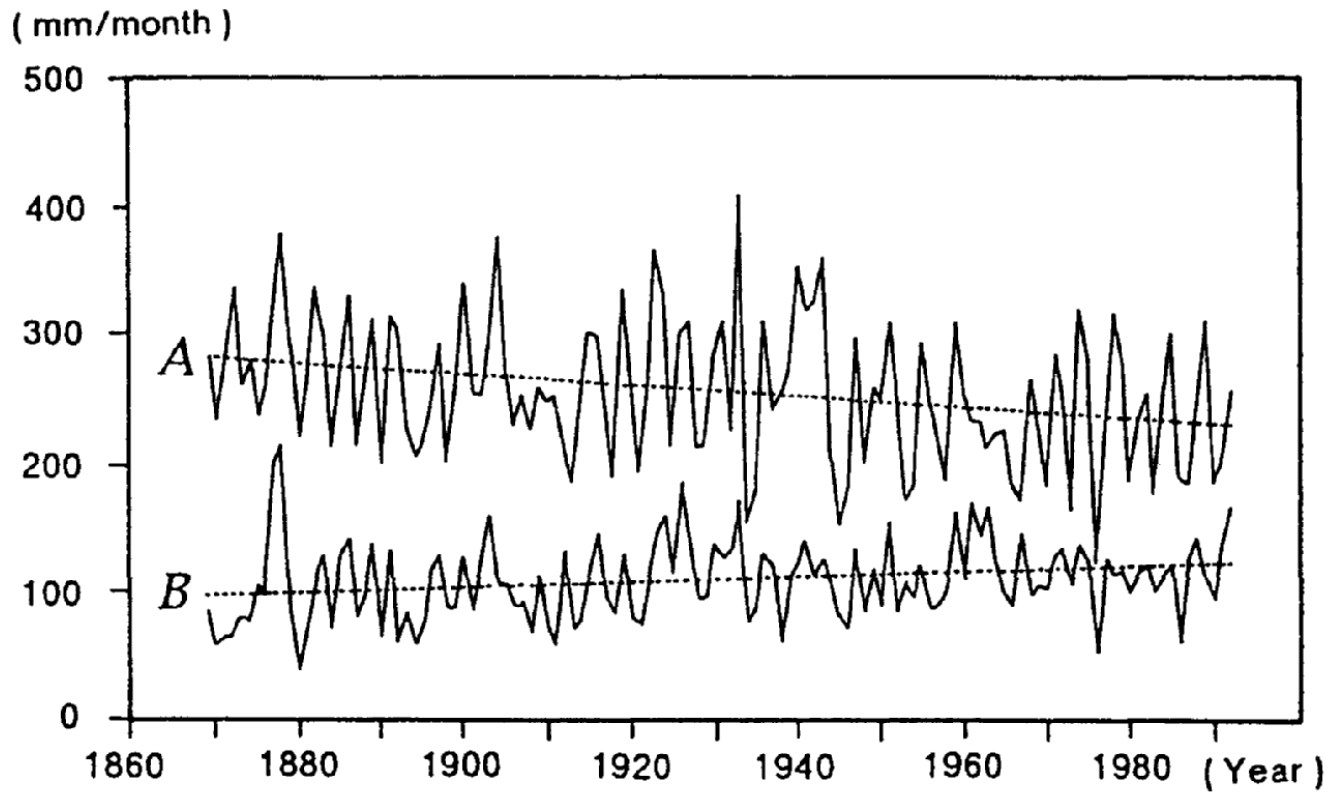
SAHC (South Asia Hydrological Cycle Project, 1992-1994) によるスリランカの成果

榎根・枝川・中川(1995): SAHCの成果. 大学等におけるIGBP研究成果報告書
163-171.による

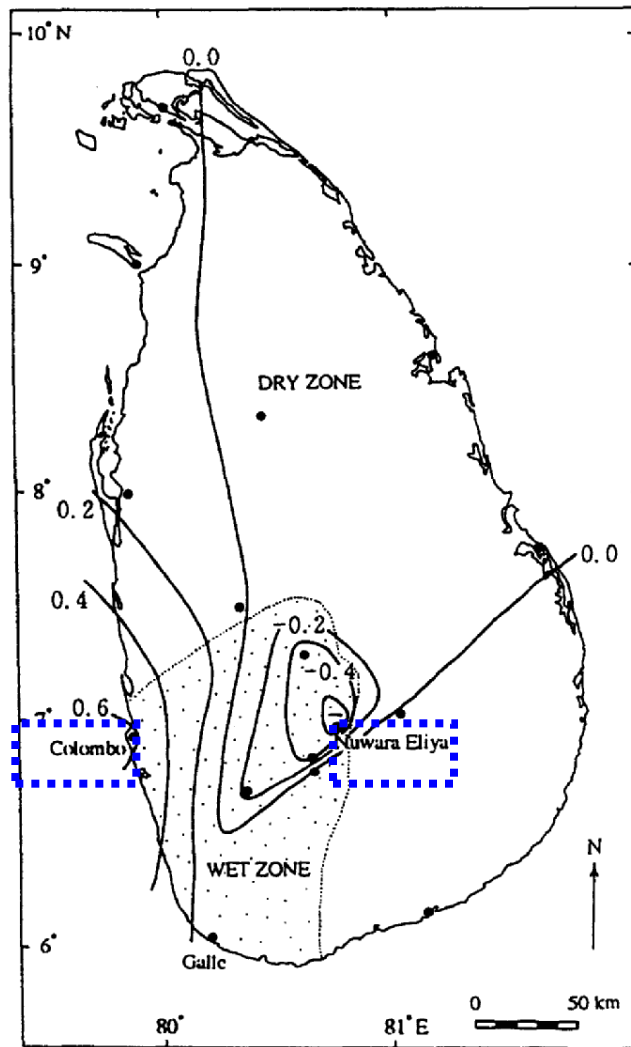




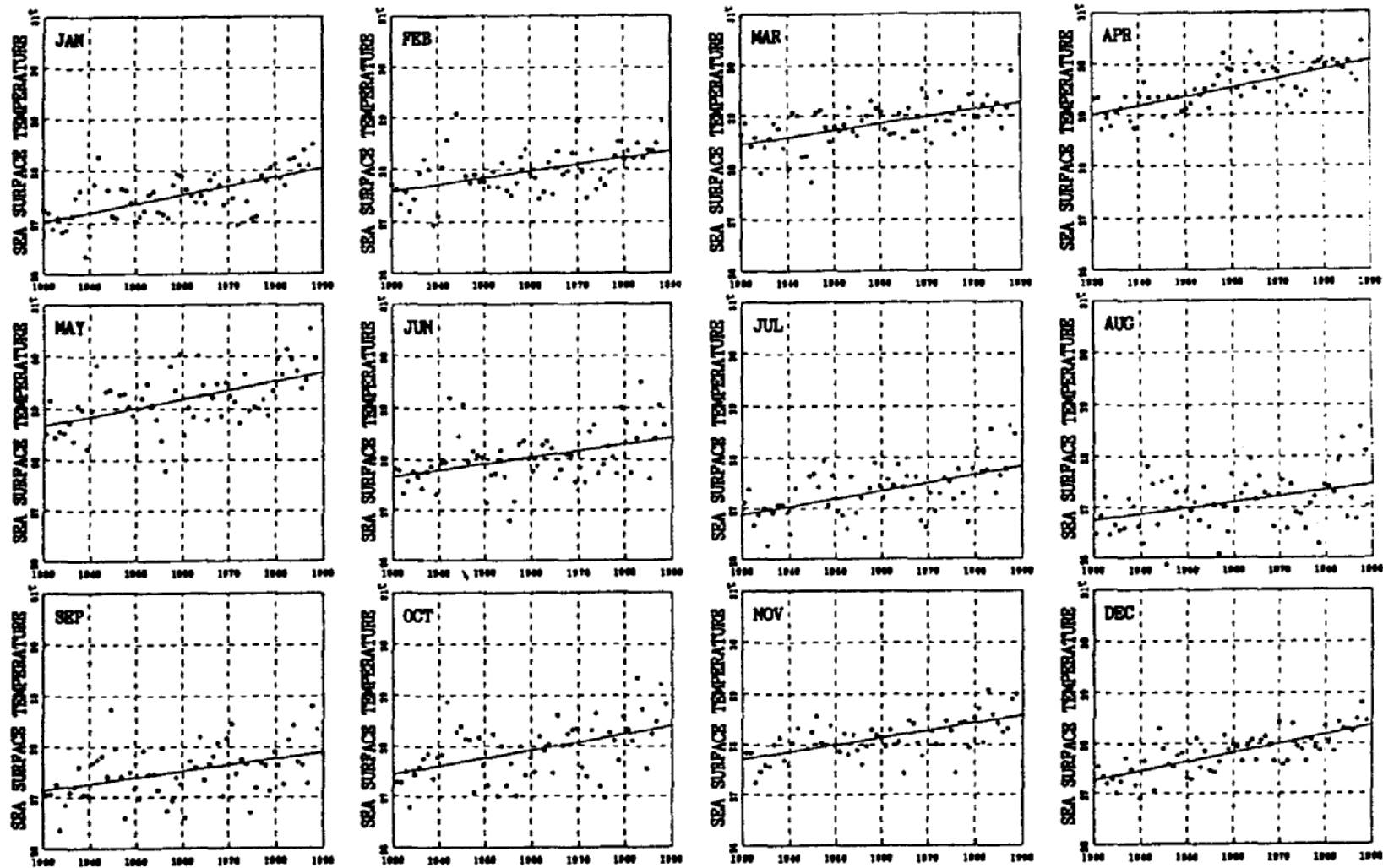
コロンボとヌワラエリヤにおける年降水量の時系列
 白丸と破線はコロンボ、黒丸と実線はヌワラエリヤ



南西モンスーン季におけるスリランカ南西部の山地6地点(A)と平地6地点(B)の平均月降水量の時系列とトレンド



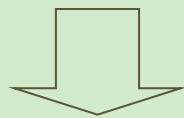
南西モンスーン季の平均月降水量のトレンドの傾き (mm/y) の地理的分布



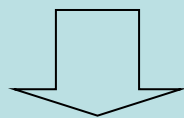
スリランカ西方海域(75-80E, 5-10N)の月平均海面水温(°C)の時系列

地球規模の気候変動

地球温暖化

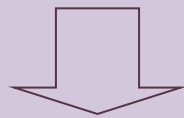


SSTの上昇 → 海面水蒸気量の増加 → 大気中の水蒸気量の増加
(インドモンスーンの強化)



地域規模の水循環変化

コロomboの雲底高度の低下



スリランカの南西部低地の降水量の増大 + 南西部山地の降水量の減少



地球研谷口PJ. 2004.11.26 **地下水循環の変化???**

The Long-Term Change of Taiwan Precipitation: Observations and Implications

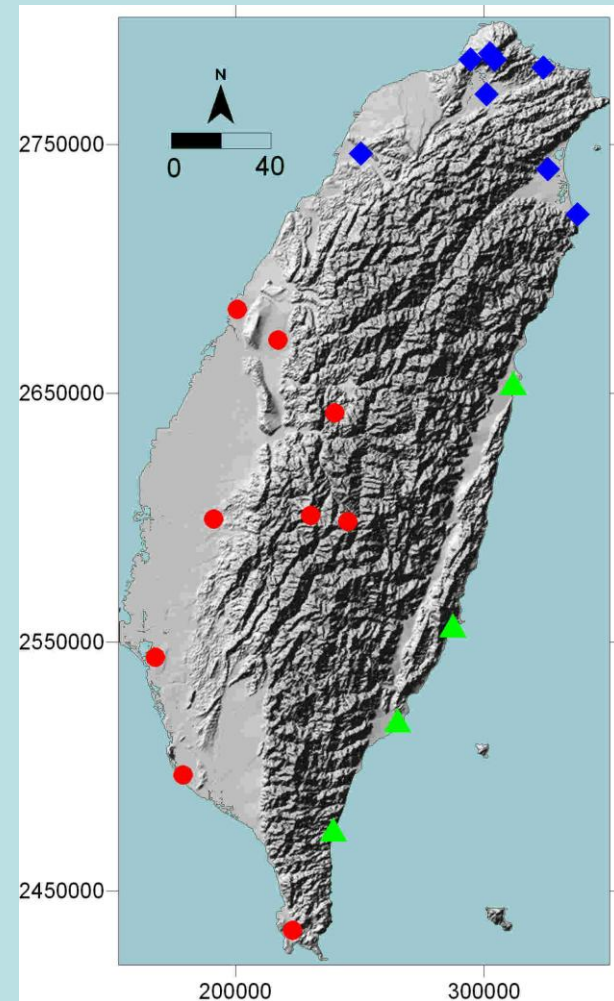
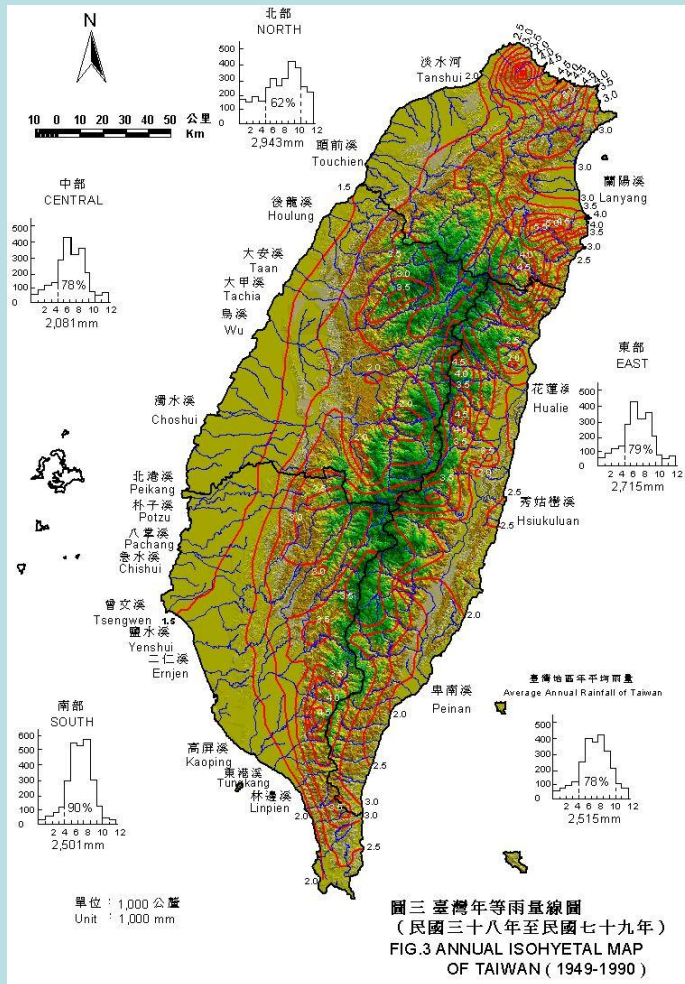
(シンガポールでの打合せ時の台湾側による報告より)

Chung-Ho Wang

Research Fellow

Institute of Earth Sciences, Academia Sinica
Nankang, Taipei, Taiwan, Republic of China

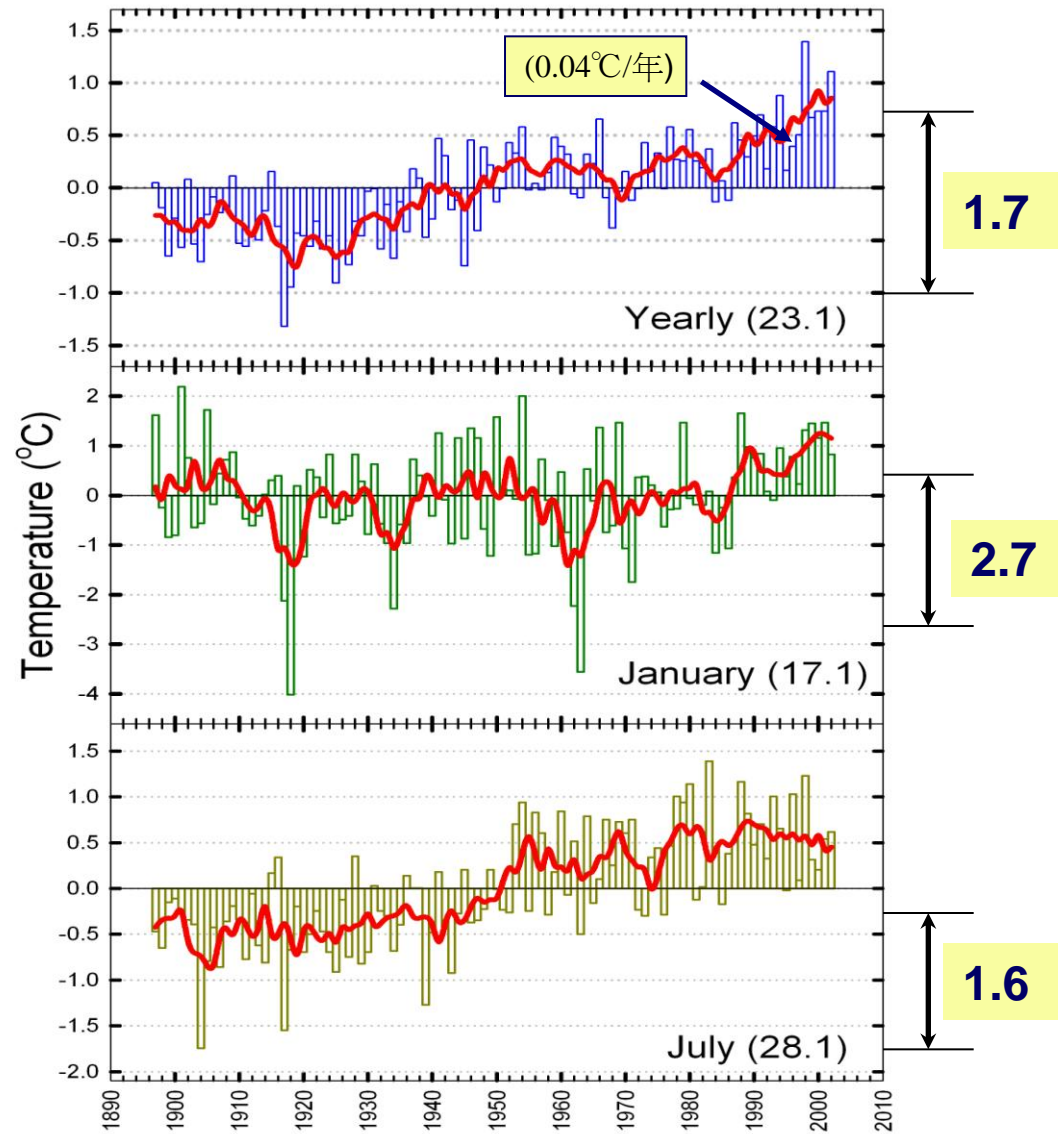
Meteorological stations



台灣年均溫變化

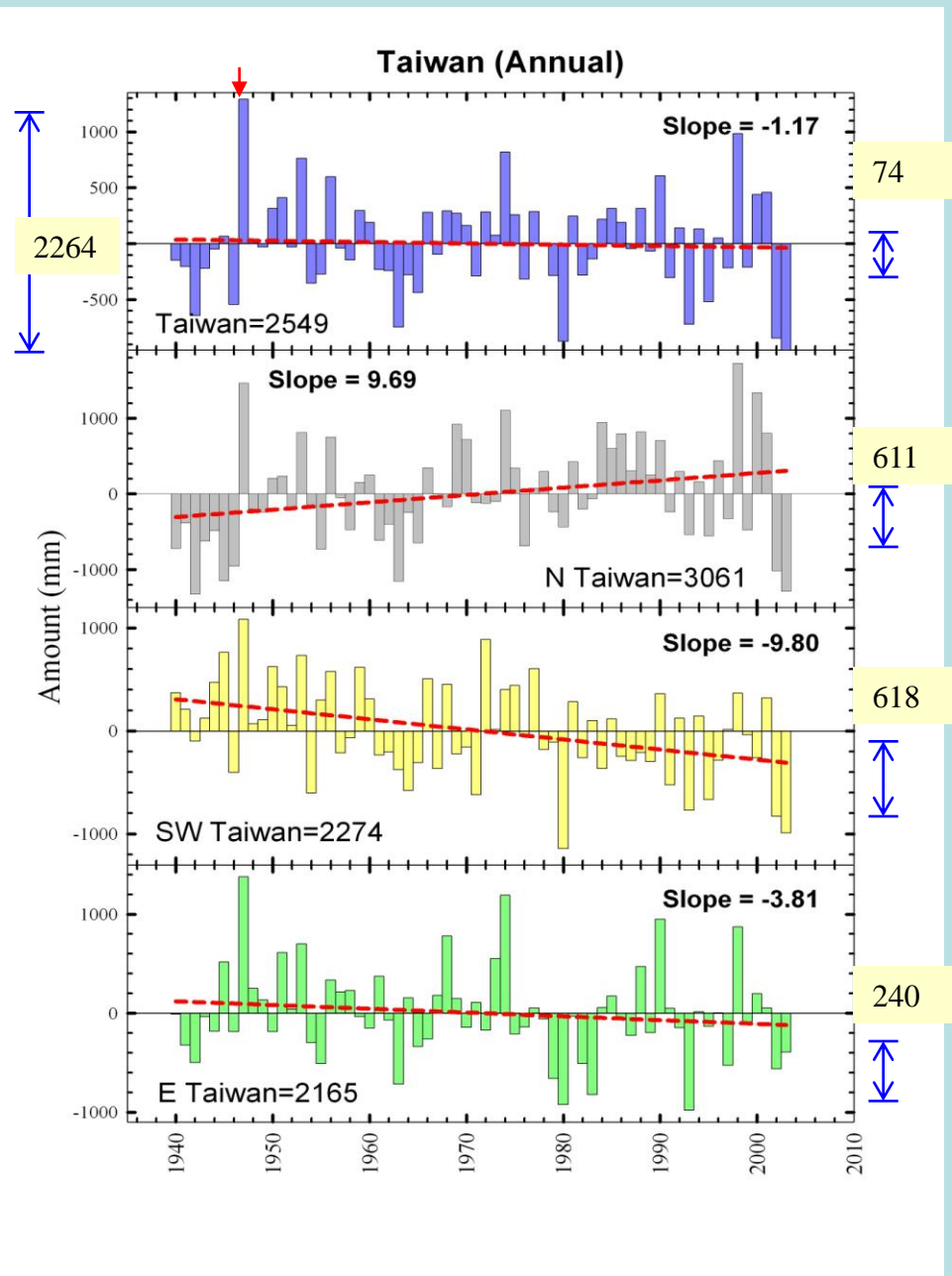
- 台灣百年來年均溫已上升1.7度，尤以近二十年來上升速率最快。
- 冬季變化幅度較大，近二十年來暖冬現象明顯。
- 夏季溫度變化較小，但二十世紀前半期與後半期有明顯的差異。

- 從一萬年前到五千年前的自然增溫率為每千年一度
- 全球平均約有 0.6°C
- 1998也是百年來最暖的一年



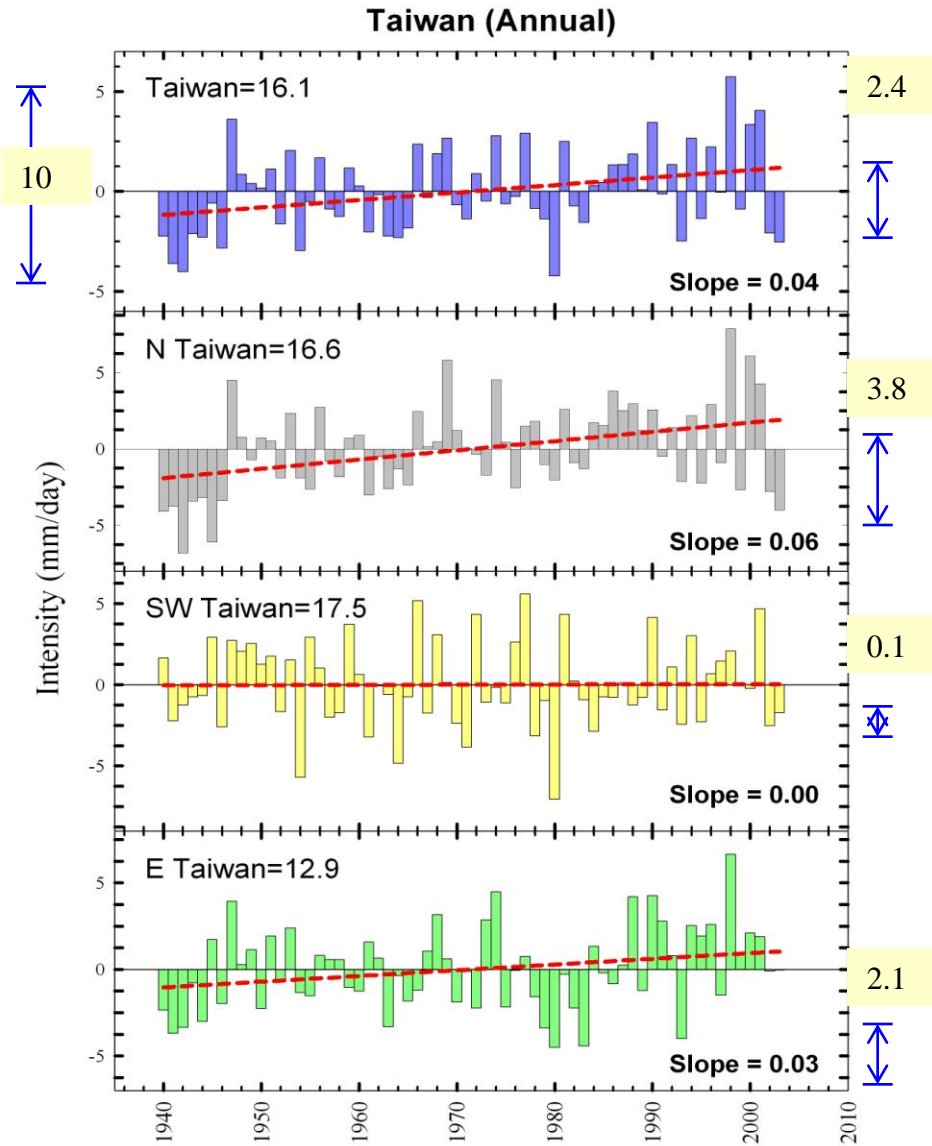
The variations of Precipitation

- A slight decreasing trend for the Taiwan mean precipitation
- Significant rising trend for northern region
- Significant decreasing trend for southwestern region
- Minor decreasing trend for eastern region

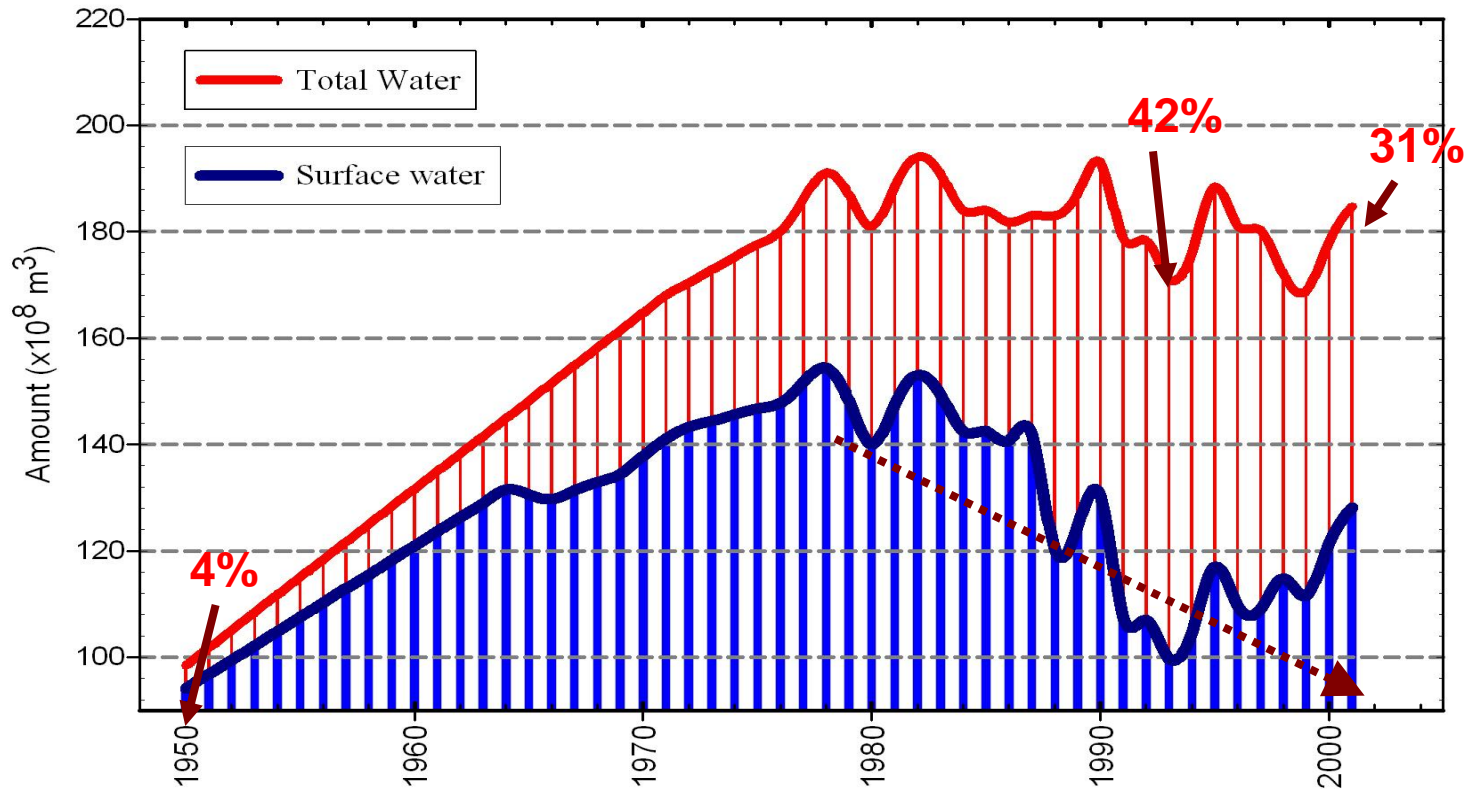


The variations of Precipitation Intensity

- Significant rising trend for the Taiwan mean precipitation intensity
- Significant positive trend for the northern region
- No apparent trend for the southwestern region
- Small positive trend for the eastern region



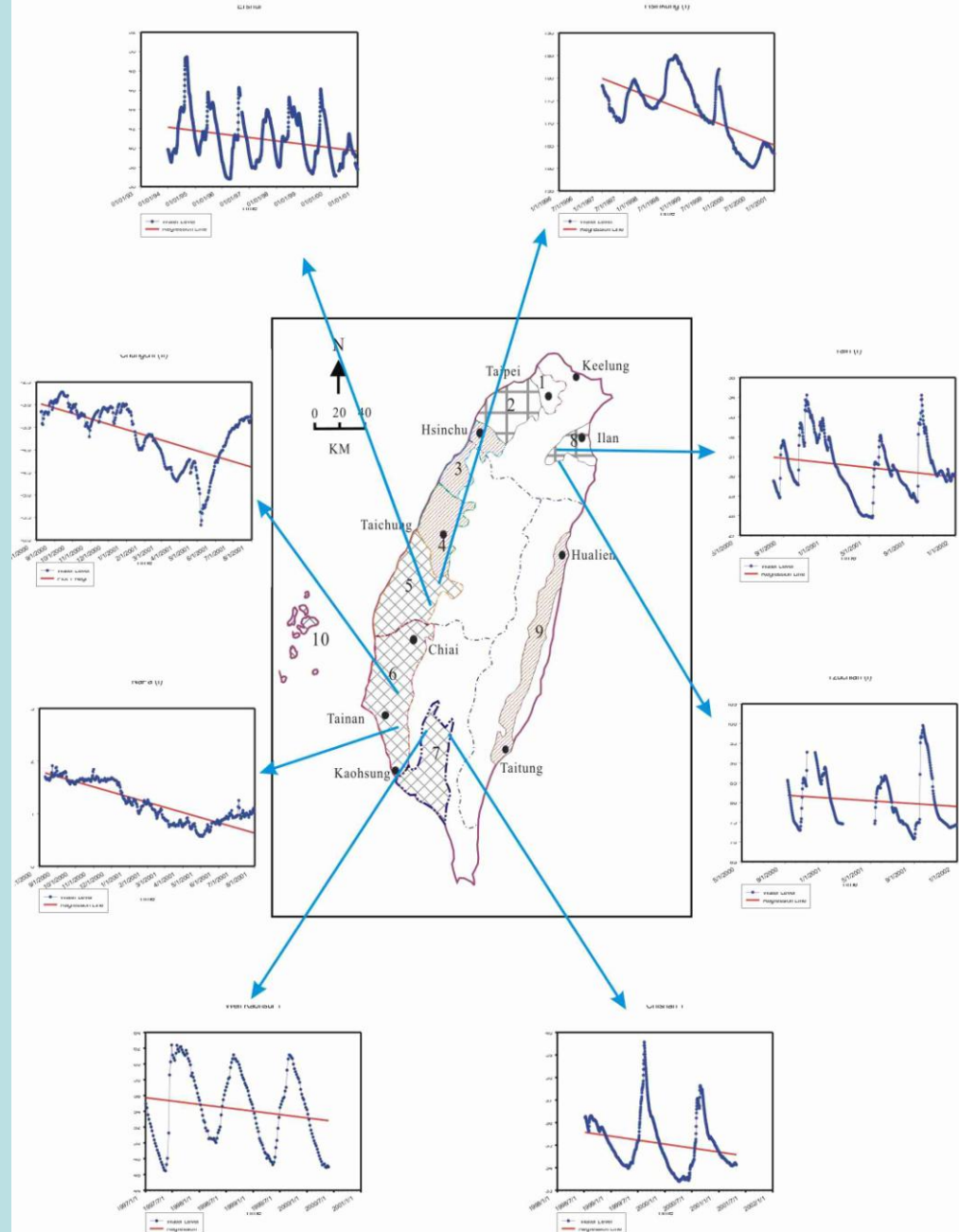
Water Usage in Taiwan for the past 50 years





The amount of surface waters utilized for the water resource has been considerably reduced since 1980 in part due to the shortening of precipitation days in Taiwan.

台灣地下水觀測網補注 區觀測站水位歷線圖

- 藍色線條為水位歷線，紅色為線性迴歸線，代表水位長期趨勢。
- 目前除了臺北盆地及花東縱谷外，其餘地下水區均有地下水位長期持續下降的情形。
- 山麓區地下水位下降的趨勢正是地下水儲量逐漸降低的重要警訊。



台湾における事例を通じた 気候変動(全球温暖化)に伴う地下水環境変動

- 全球温暖化による気温・降水量の変化
(気温上昇+降水量減少+降水量変動大) → スリランカの事例
- 
- 地表水の流量変動拡大に伴い相対的に安定した水資源としての地下水の台頭
- 
- 地下水の過剰揚水に伴う水位低下+地下水災害
(1970年代の日本の大型平野域での経験)

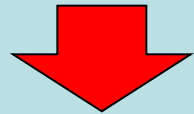
現在出現している気候変化に伴う間接的地下水環境変動

FS研究のまとめ

- 都市の地下水流動・賦存特性に残る人間活動の影響は、先進国と開発途上国で状況はことなるが共通事情として**過剰揚水に伴う地下水障害の台頭**が挙げられる。
- アジア諸都市における過剰揚水による地下水障害は顕在化しており、対策が成功している場合とそうでない場合が見られる。
- 地下水帯水層からの古水文情報の抽出する技術は確立されてきているが、都市の影響(最近50年程度)を見るには時間スケールが短すぎる。
- **気候変動(全球温暖化)が間接的に地下水環境変動を引き起こしている事例(台湾)が確認された。**

今後のプロジェクトに於ける課題

- 地域の地下水流動の実態把握
- 地域の水文・社会状況とその変動(特に降水量、水利用量、人口等)
- 各都市における地下水位変動データの収集



温暖化+都市化に伴う地下水利用の変化、地下水流動の変化の抽出と検証