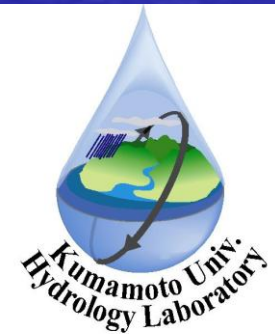


アジアの諸都市の地下水環境

P2-4 都市の地下環境に残る人間活動の影響

熊本大学理学部 嶋田 純



Web of Science による文献検索

“groundwater” and “urban”で1996-2004を検索

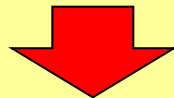
→ 377件

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。

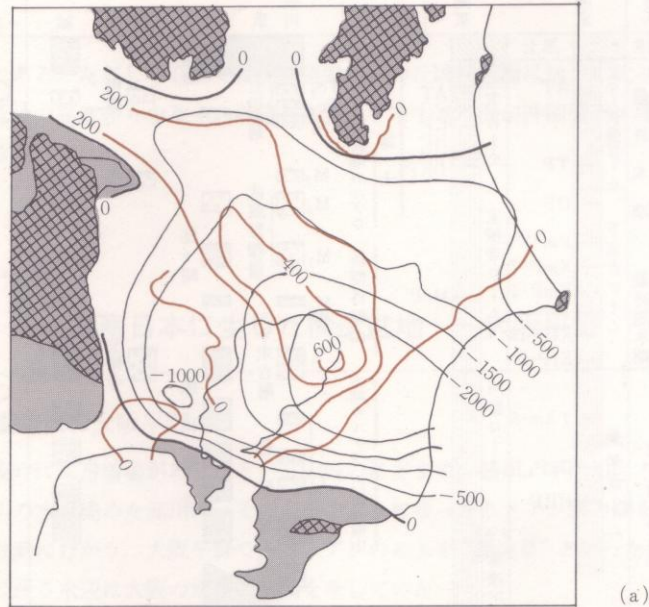
研究対象地域をアジア沿岸域とする場合の 地域の地下水流動に関する特徴

- **東南アジアの大都市**(人口集中地域)は大河川の沖積平野とデルタ地域である
- 深い基盤の谷に堆積した厚い粘土・砂礫層の互層に胎胚する地下水
- 都市の発展に伴う過剰揚水による地下水災害の発生とその対策の有無

地下水環境を調べる方法

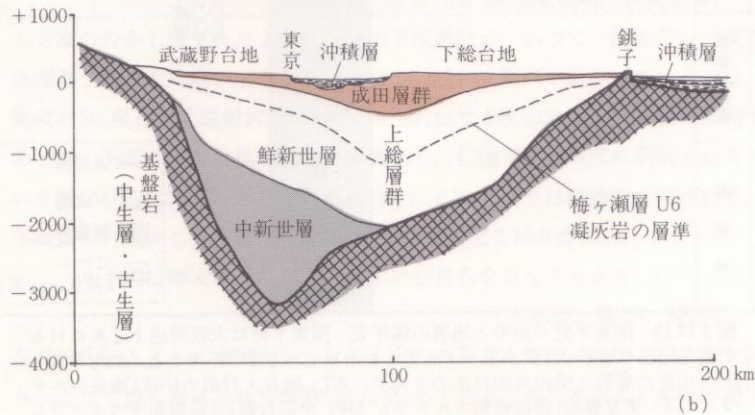
- 帯水層構造の把握(地域の地質情報収集、観測井情報の収集)
- 過去から現在までの地下水流動変化(水位変動記録、揚水量記録の収集)
- 現在の地下水流動状態の調査(現地調査)
人間活動の影響の履歴
- 自然涵養量、適正揚水量の把握(将来への展望)

関東平野



(a)

上総層群以前の岩石
 中新世以前の岩石
— 成田層群基底等高線(m)
 — 上総層群基底等高線(m)



(b)

図 2.12.9 関東平野構成層の深さ(a)と東京を通る東西断面図(b)。これらの図は鮮新世以来関東平野の中央部に厚い地層が堆積したことを示し、東京湾北東部を中心とする沈降を推定させる。(a)の等深線は河井興三, 1965 による)

バンコク

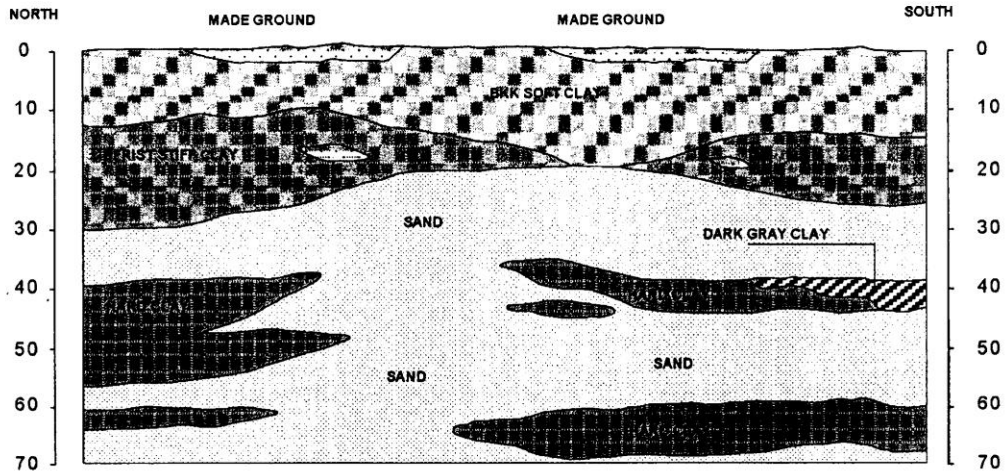


Figure 3 Bangkok Subsoils Conditions

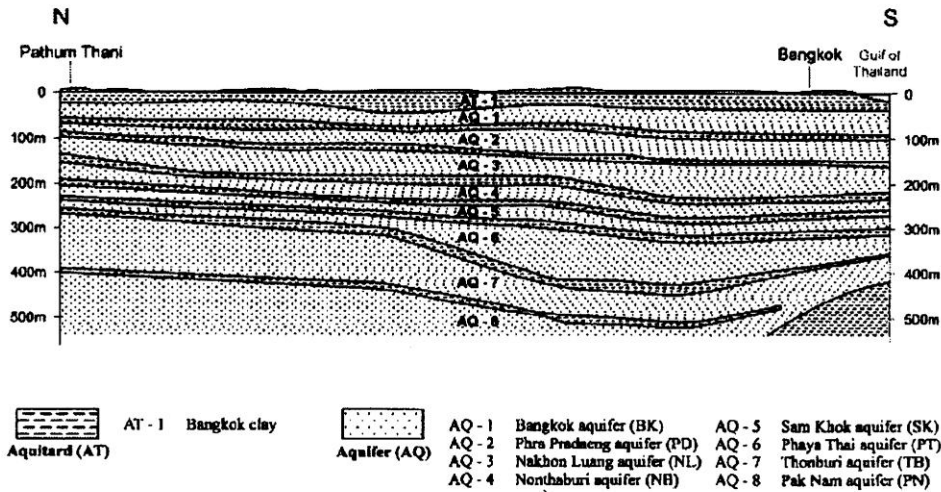


Figure 4 The aquifer system of the Chao Phraya Basin

関東平野における地下水変動と地盤沈下変動

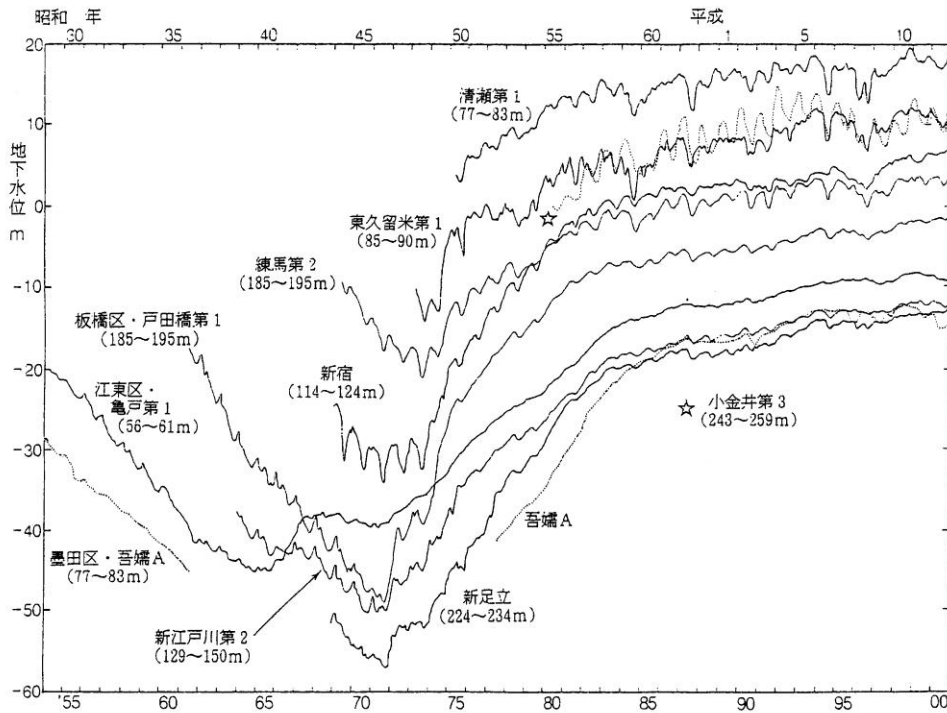


図5 被圧地下水位の経年変動状況の例

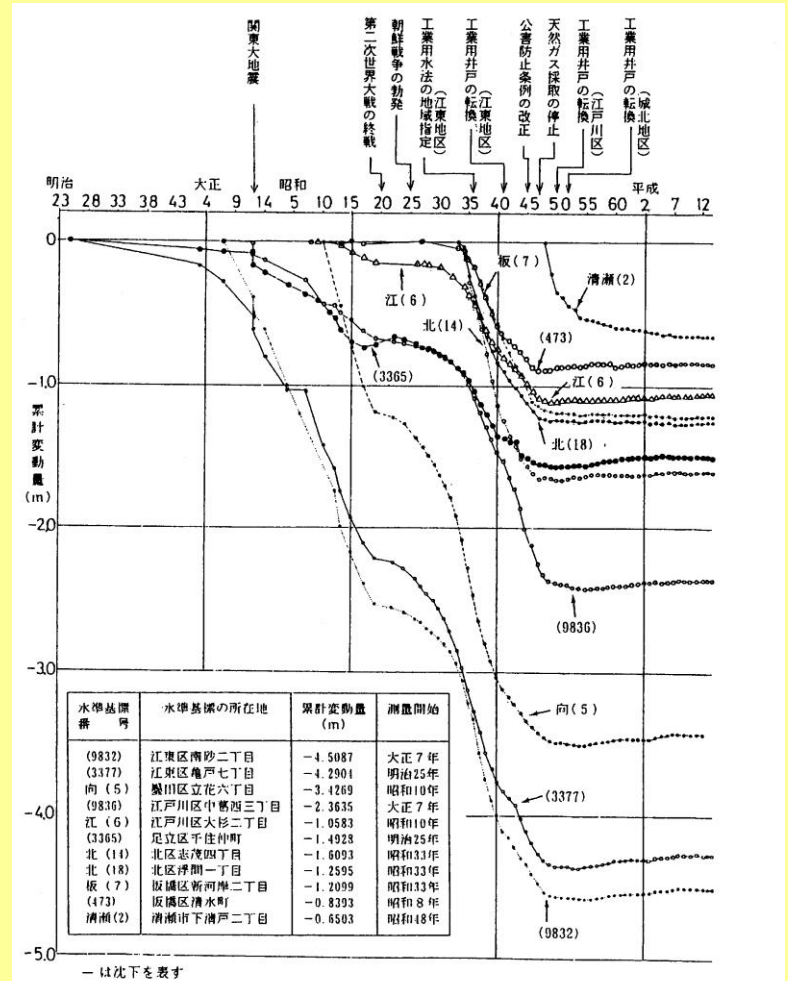
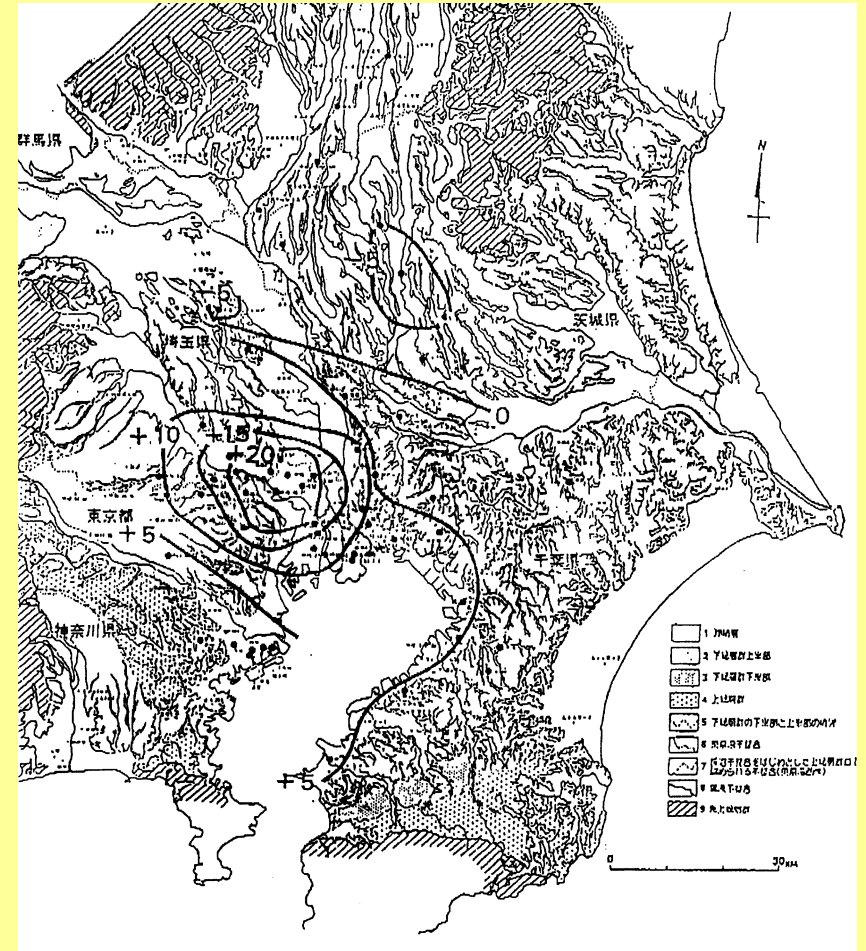
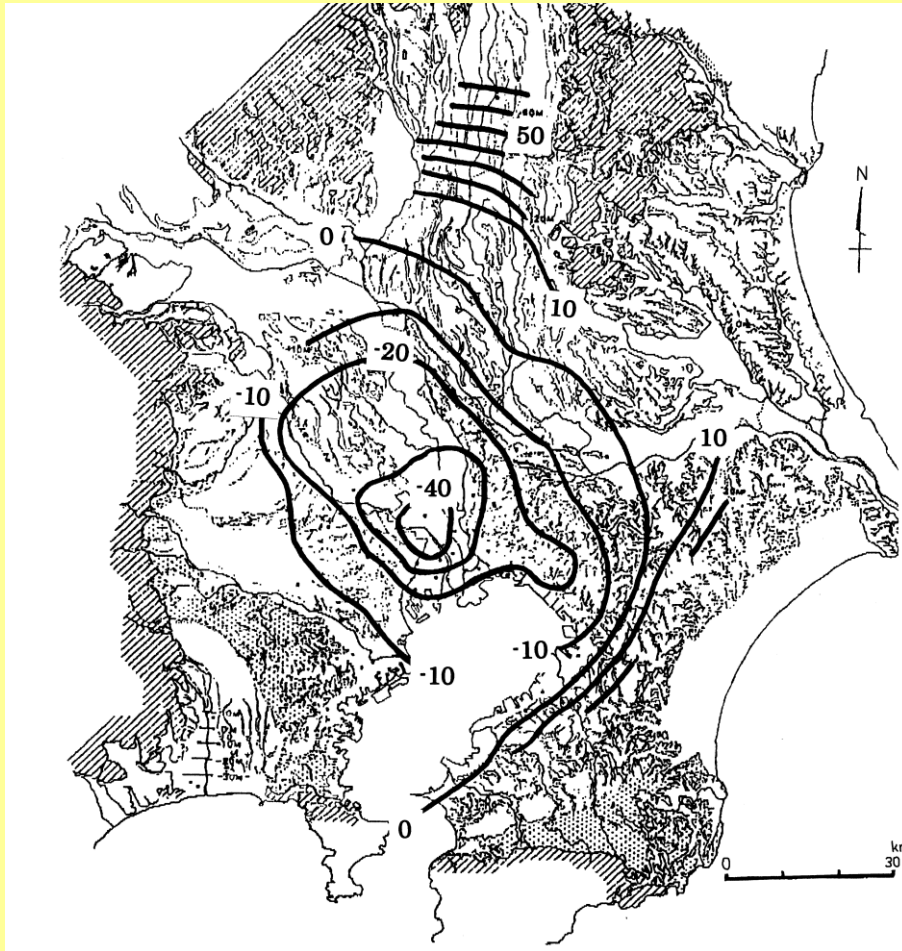


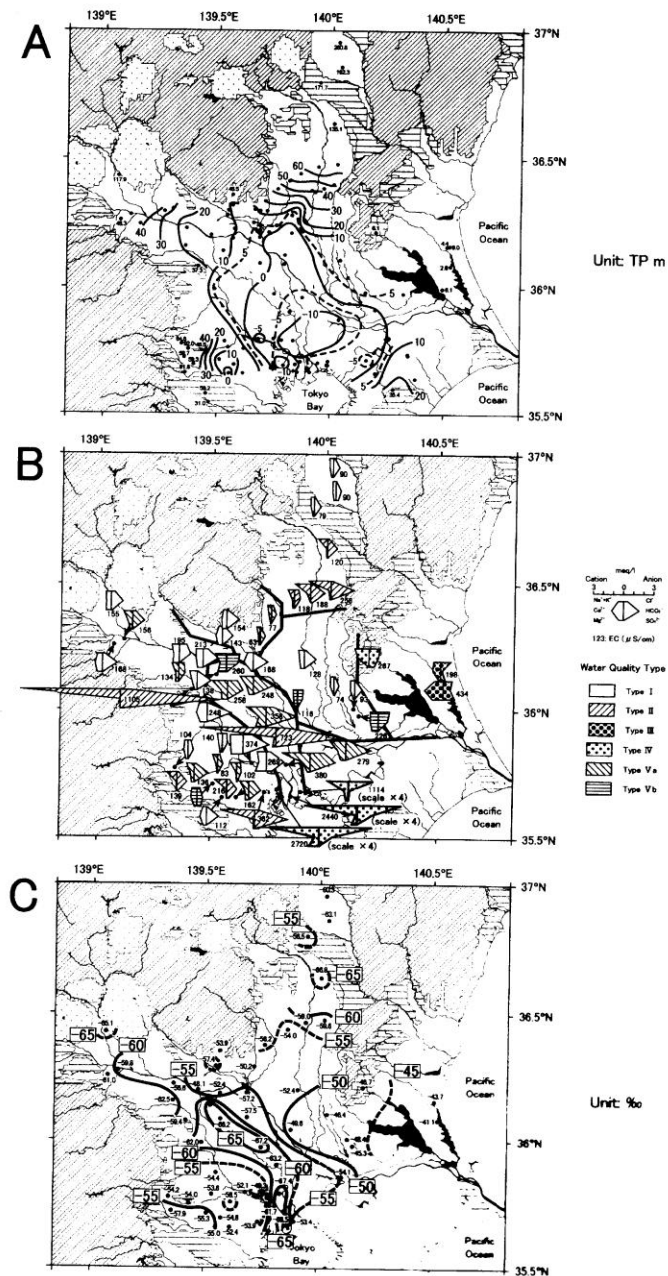
図6 主要水準基準の累計変動量(累積沈下量)図

関東平野における地下水状況



2005. 06. 09

地球研・谷口PJ



関東平野における広域地下水流動

Fig. 5 Horizontal distribution of hydraulic heads (A), Stiff diagram (B) and δD (C) in the depths from about GL-50m to GL-100m.

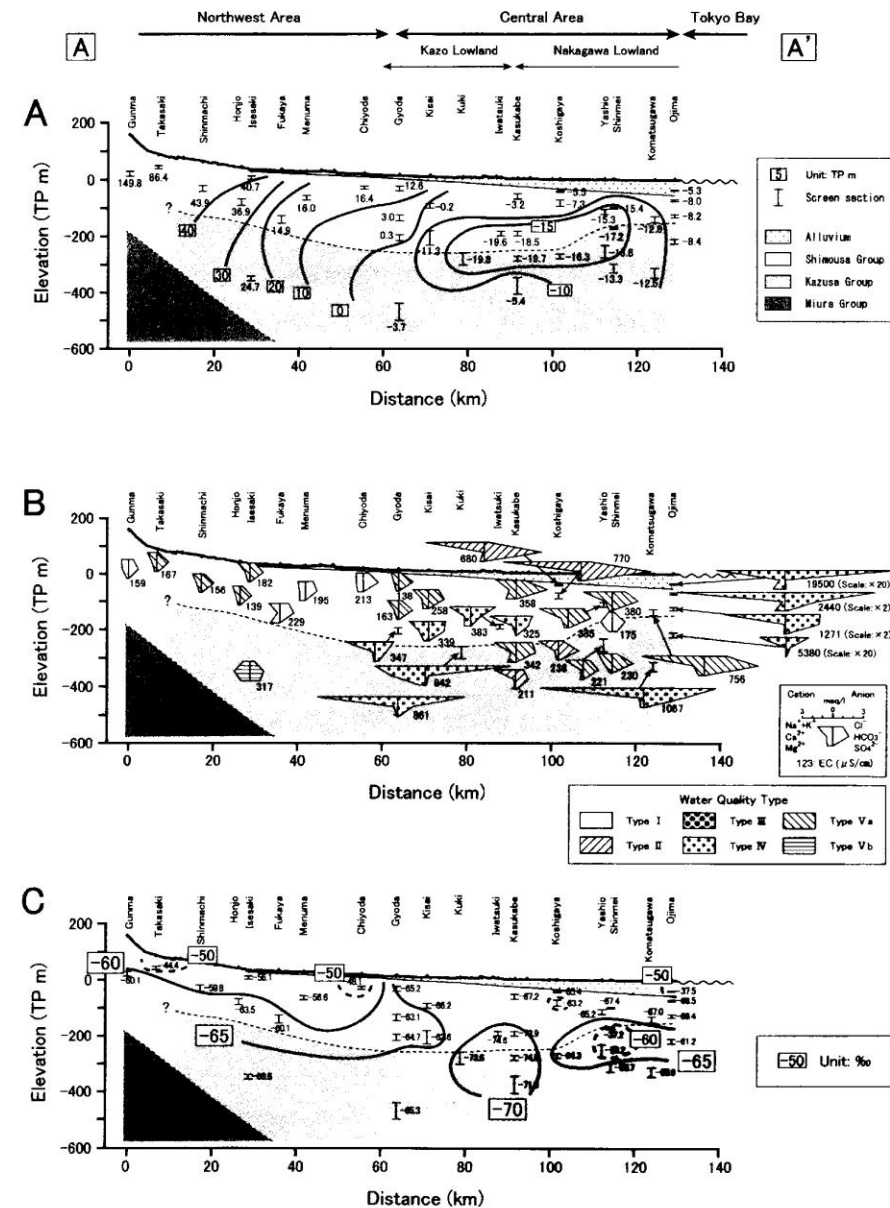


Fig. 7 Vertical distribution of hydraulic heads (A), Stiff diagram (B) and δD (C) in the longitudinal section (A-A').

関東平野における 広域地下水流動

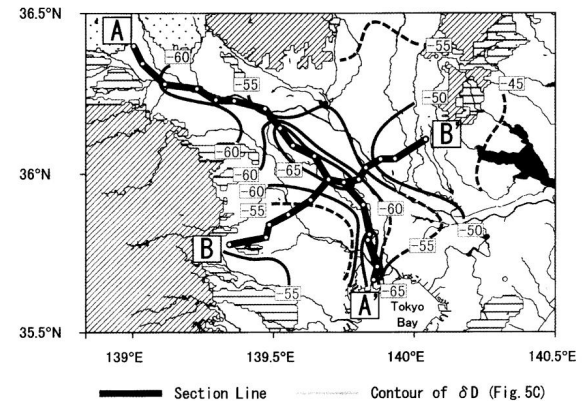


Fig. 6 Location of section line of groundwater zone which has relatively low isotopic ratio; longitudinal section (A-A') and cross section (B-B').

関東平野における地下水中の同位体比分布

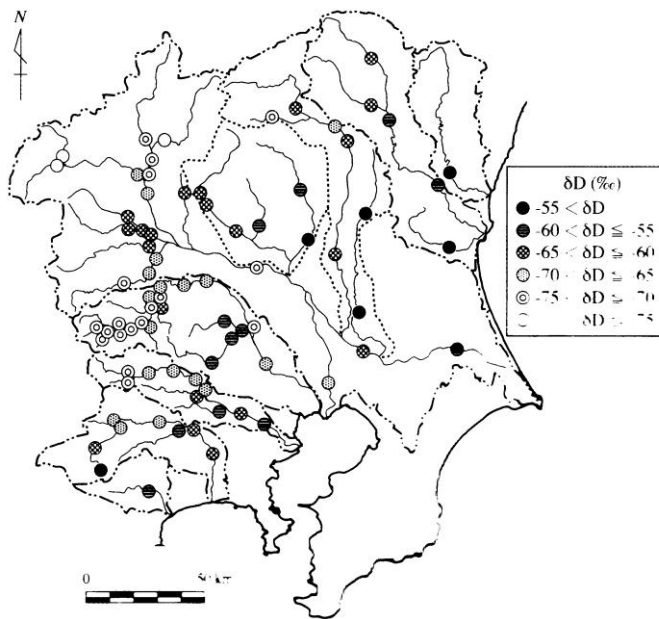


Fig. 6 Distribution of δD of river waters sampled in March, 2002.

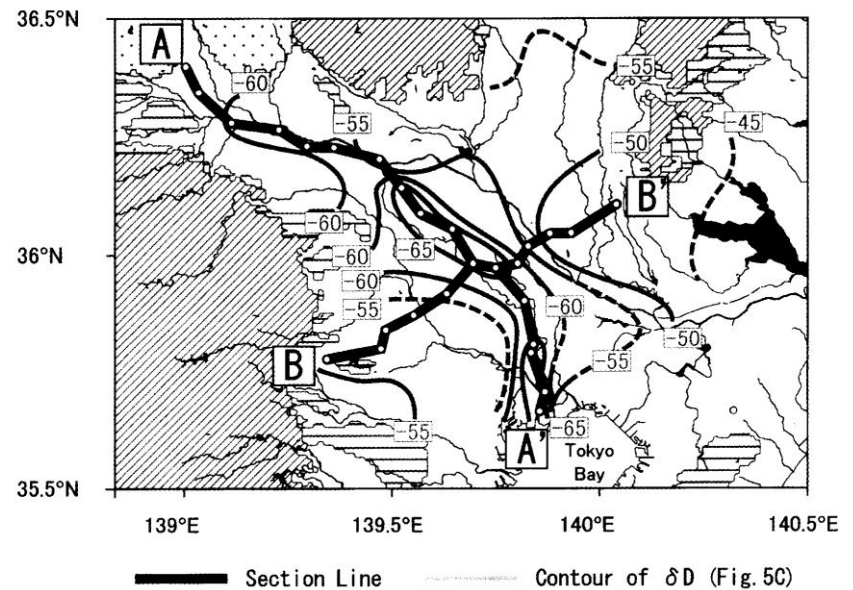


Fig. 6 Location of section line of groundwater zone which has relatively low isotopic ratio: longitudinal section (A-A) and cross section (B-B').

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

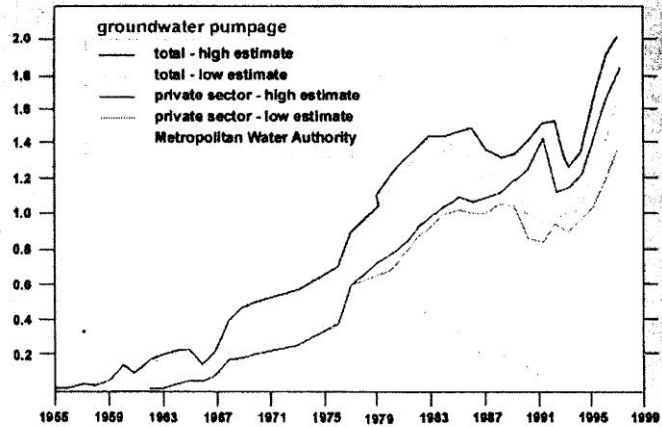


Figure 6 Rate of ground water extraction

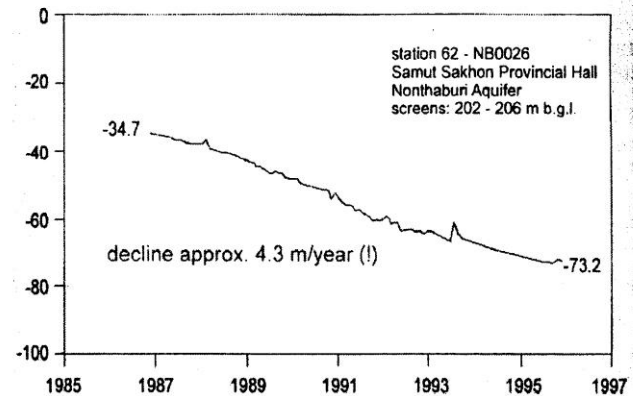


Figure 7a Decline of ground water level

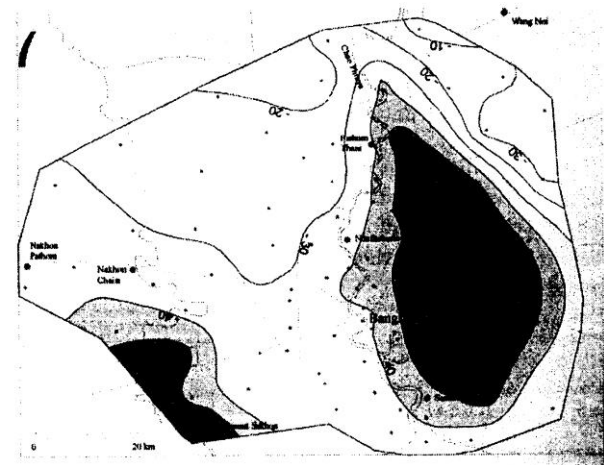
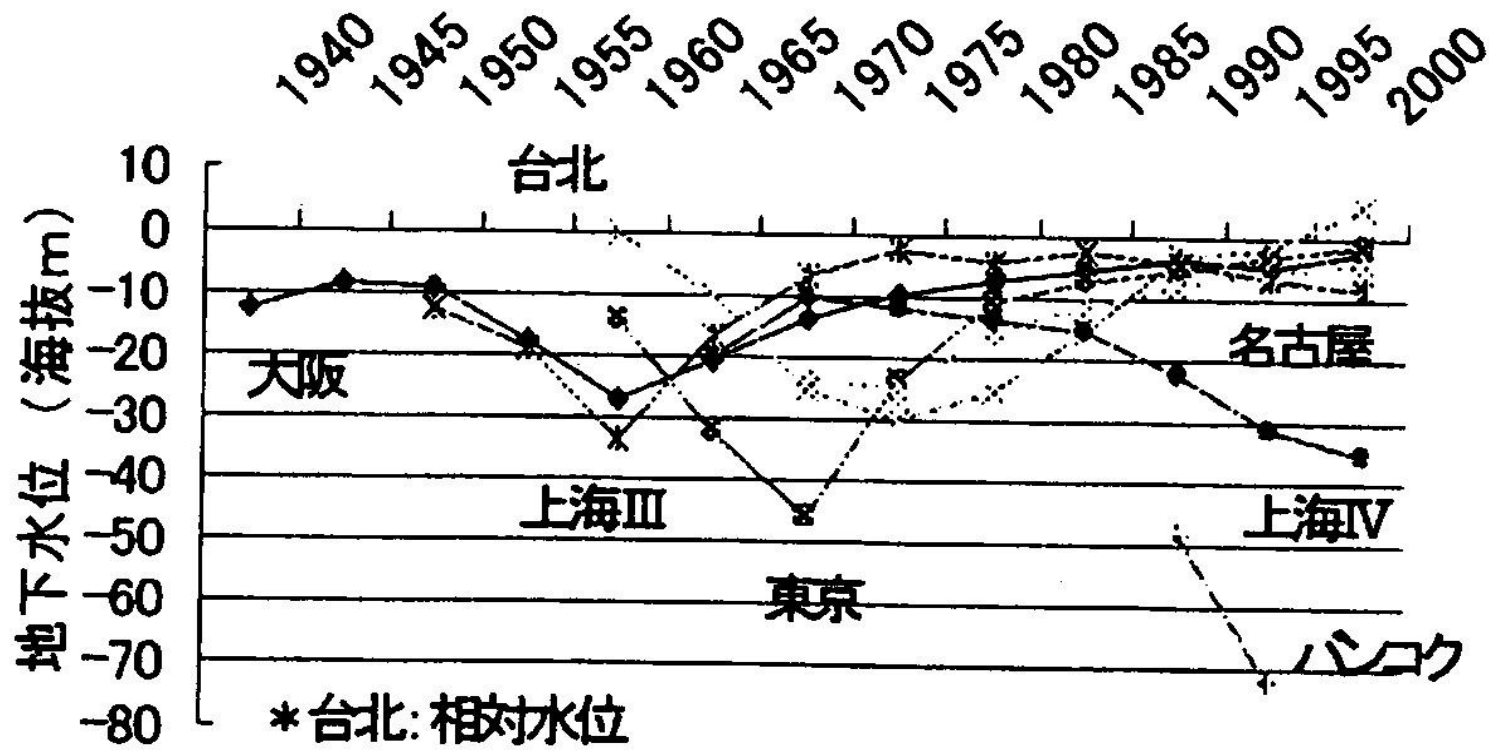
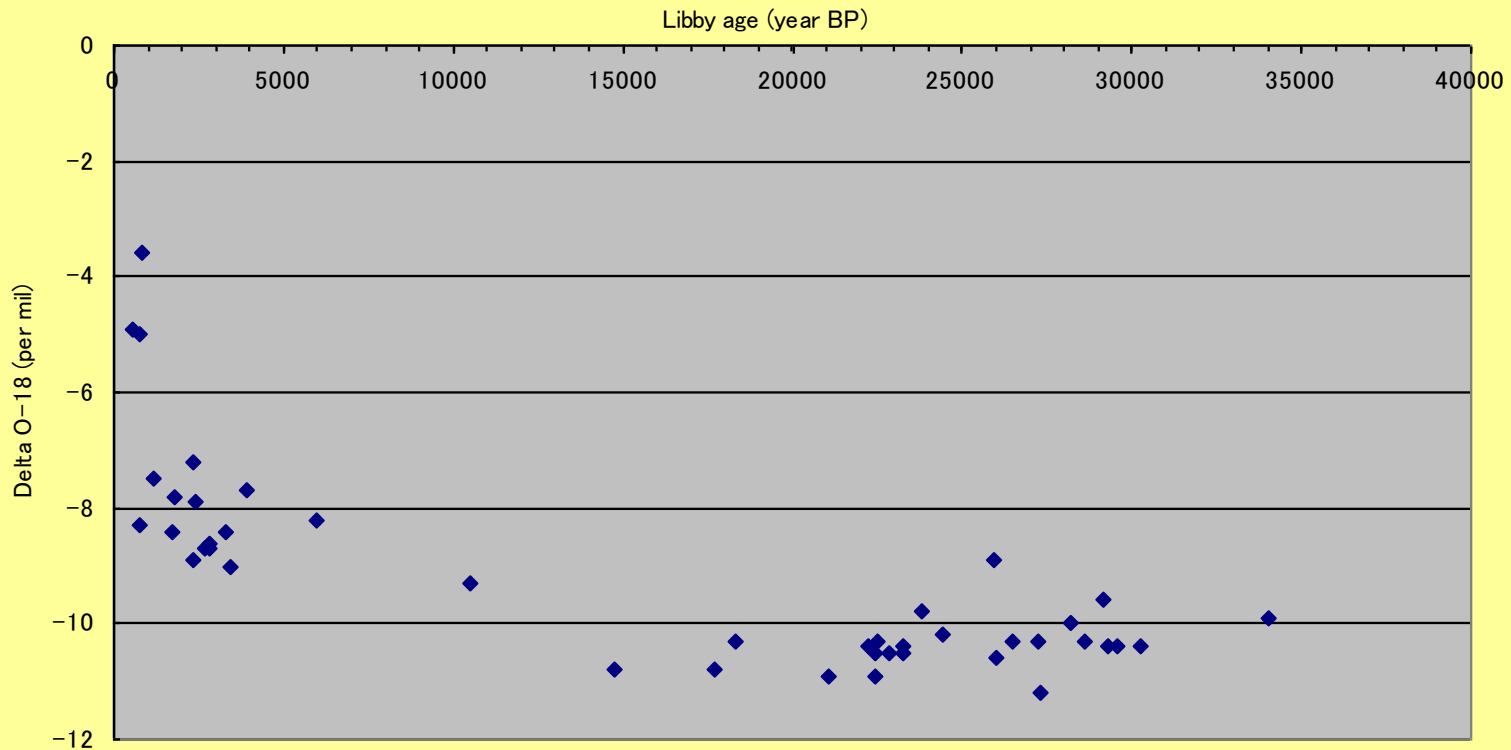


Figure 7b Contour of ground water decline



アジア大都市の地下水位経年変化比較図

河北平原の地下水 (氷期の涵養水の存在)



2005. 06. 09

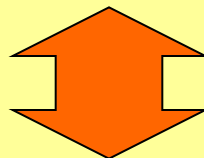
地球研・谷口PJ

研究目的

1. 選定された各都市及びその周辺における地下水帯水層とその地下水流動特性を把握する。
2. 都市化に伴う過去及び現在の地下水変化状況をコンパイルする。
3. 対象となる帯水層中の古水文情報を抽出する。
4. 持続可能な地下水資源利用法を確立する。(含むシミュレーション解析)

研究方法

0. 関東地域の地下水流動に基づく潜在涵養量の評価(シミュレーション解析を基本とする)← **プレプロジェクト時に予備的实施**
1. 各都市における基本的な水文地質情報を収集する。
2. 対象地域の地下水観測井戸等を利用して地下水ポテンシャル、水質・環境同位体情報を基に現在の地下水流動特性を把握。
3. 観測井戸の水位変動記録情報を収集することにより、過去の地下水利用に伴う地下水災害の状態を把握。
4. 地域に関連する水文気象データや、野外観測等を通じて当該帯水層の地下水涵養量を評価。(含むシミュレーション解析)



対象都市の地下水を管轄する**的確なカウンターパート**如何

研究計画

各都市においては以下の3段階で約2.5年毎に調査を展開してゆく。対象都市(3都市?)は、他のサブプロジェクトとの調整により決定。

1. 各都市のカウンターパートを通じた、地域の地下水水文地質情報の入手。
2. 同様に過去の地下水変動記録の入手。
3. 地下水観測井戸情報の入手。(ここまで0.5年)
4. 地下水採水(水質、同位体、ポテンシャル測定等)と分析(1.0年)
5. 入手データおよび分析結果の解釈(含むシミュレーション解析)(1.0年)



研究对象都市

2005. 06. 09

地球研・谷口PJ

特色ある研究手法

- 新しい地下水年代評価手法の導入
→ CFC法、K-85法（日本での実績なし）

都市化の指標??

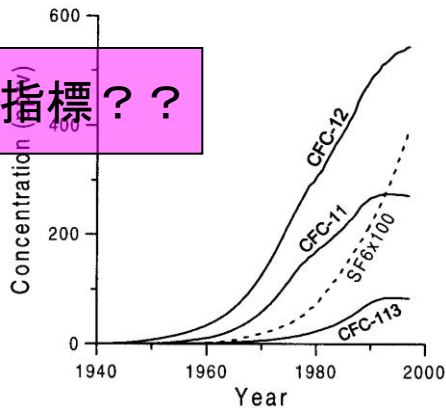


Figure 15.1 Atmospheric mixing ratios of CFC-11, CFC-12, CFC-113, and SF₆ in North American air.

辻村(筑波大)

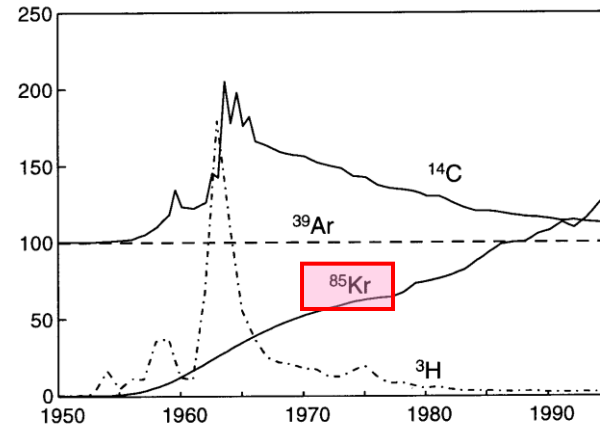


Figure 12.1 ⁸⁵Kr activity of tropospheric air between 1950 and 1995 compared to those of ³⁹Ar and ¹⁴C, and to ³H data representative for precipitation in central Switzerland. The vertical scale factors are: 100 = 1 Bq m⁻³ of air for ⁸⁵Kr, 100 % modern for ³⁹Ar (equal to 1.67 × 10⁻² Bq m⁻³ of air), 100 pMC for ¹⁴C, and 1000 TU for ³H.

百島(熊大)

クリプトン-85放射能測定

(熊大・百島則幸)

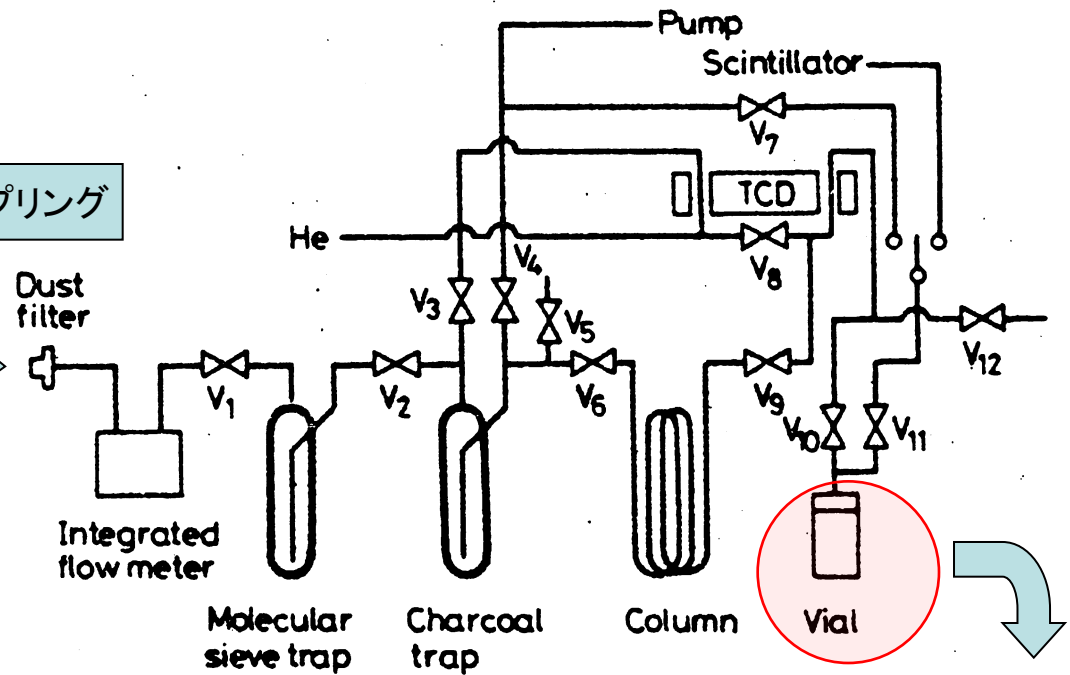
- 地下水から回収されたKr-85を測定する。
- 大気中Kr-85の液体シンチレーションカウンターによる測定法を応用 Measurement of Krypton-85 in the atmosphere with a portable apparatus, T. Okai, Y. Takashima, N. Shiraishi, M. Matusuoka, J. Radioanal. Nucl. Chem., 81, 161-165(1984)
- Kr: 大気中濃度1.14ppm、沸点 -159.2°C 、融点 -156.6°C
- Kr溶解度: 水(11ml/100ml 0°C 、4.67ml/100ml 50°C)、有機溶媒へは水の20-60倍溶ける
- 地下水中濃度: $6-8 \times 10^{-8} \text{ml/g water}$ (0.06-0.08ml/1000 liter)
- Kr-85: 半減期10.7年、 β 壊変(0.687MeV)、 γ 線(0.513MeV, 43%)
- Kr-85発生源: 原子力発電所、核燃料再処理施設(人為起源)

Kr-85分離系

分離系の構成

- ・活性炭トラップ
- ・分離カラム
- ・熱伝導度検出器 (TCD)
- ・Kr回収バイアル

フィールドサンプリング

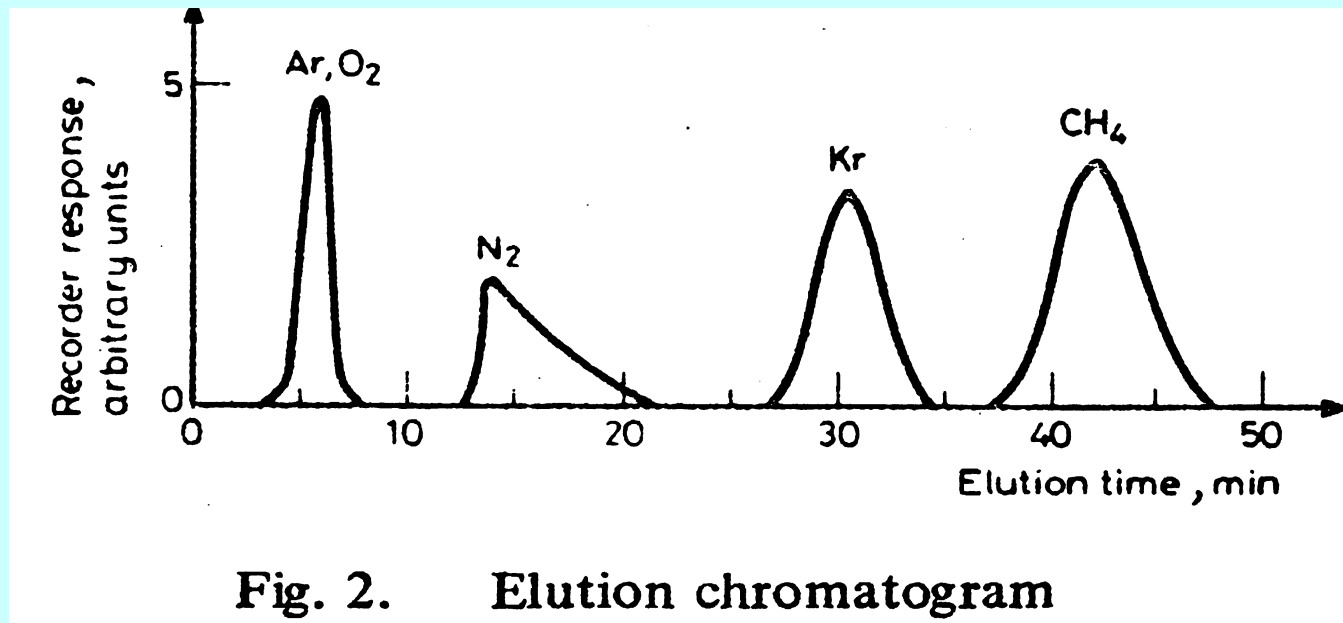


地下水中のKrはパージガス (N₂、He等) で取り出す
パージガス (Kr) をKr-85分離系に導入
活性炭トラップでパージガスを粗分離
分離カラムでKrと他ガスを精密分離
ガスクロ (TCD) でKrのピークを確認し、Kr回収系へ導入

LL液シンへ

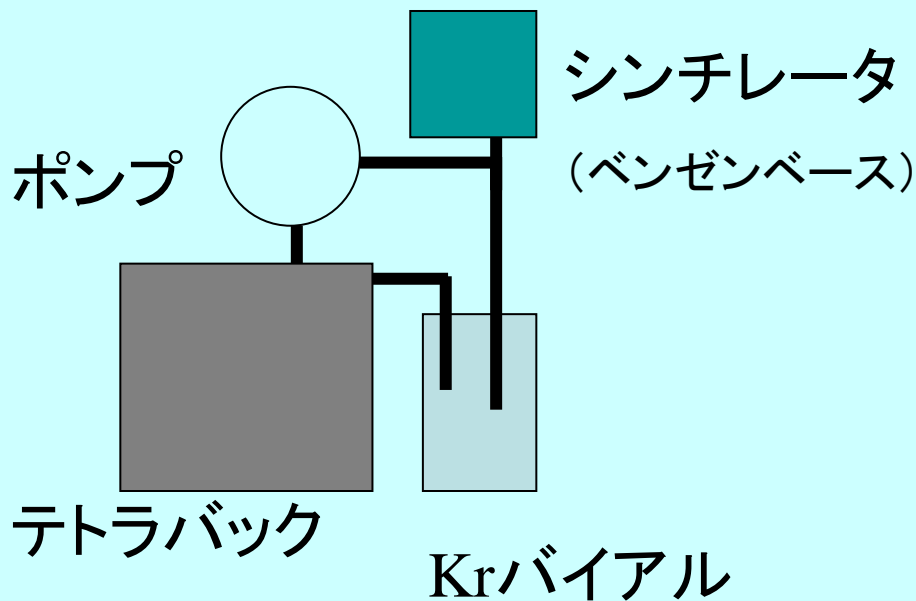
精密分離の例

大気中Krの分離の場合はN₂との分離がポイントである。
大量のN₂のテイルがKrと重なり妨害する。
地下水のパージガスはHeが良いであろう。

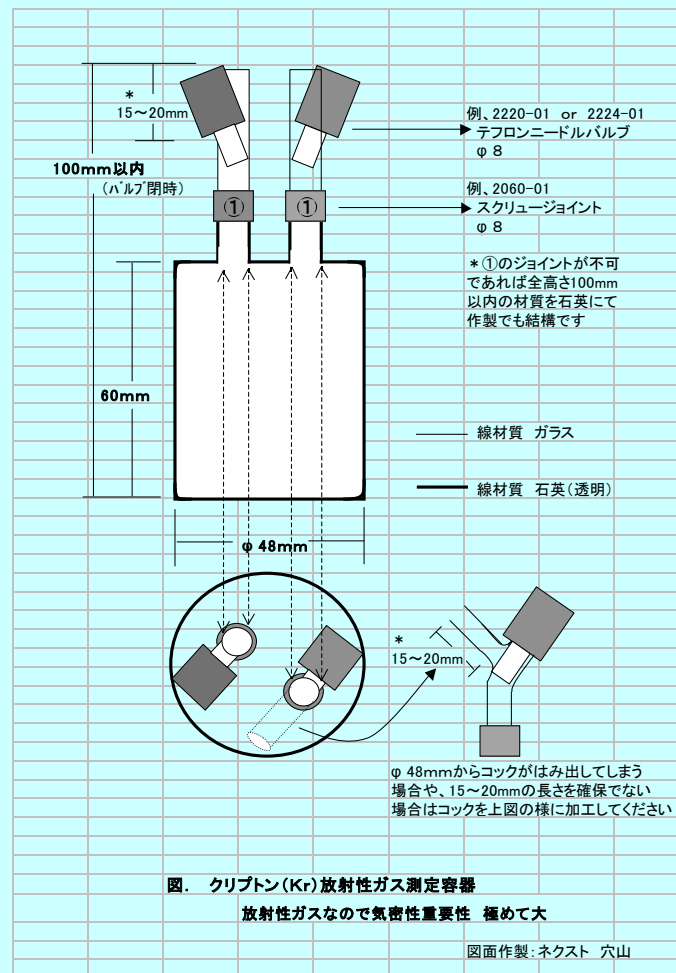


Kr回収系

- ・精密分離カラムからKrをテトラバッグへ移す
- ・KrバイアルにKrを回収 (Heキャリアー、液体窒素)
- ・シンチレータをKrバイアルへ入れ密閉する



石英製Krバイアル(100ml)



マイクロバルブで機密性を確保、
大容量を確保

放射能測定

アロカ製液体シンチレーションカウンター(LB5)

低バックグラウンド、大容量バイアル対応→(必要地下水量の低減)

大気測定の例

(20mlガラスバイアル)

・約5%の相対誤差(2 σ)で

大気中Kr-85は測定されている。

処理大気500リットル=0.57mlのKr

→ 地下水にすると8000リットル相当

・地下水の検出限界決定因子

1) Krバイアルのバックグラウンド

2) 測定時間

* 処理水量を多くしてKr-85を

増やせばより測定精度は上がる。

Table 1
Concentration of krypton-85 in the atmosphere in Fukuoka

Sampling date	Concentration of krypton-85,* pCi/m ³
Jan. 30, 1981	20.3 \pm 1.3
Feb. 19, 1981	21.3 \pm 1.2
Mar. 17, 1981	21.8 \pm 1.3
Apr. 3, 1981	20.5 \pm 1.2
May 21, 1981	20.0 \pm 1.2
Jul. 14, 1981	21.9 \pm 1.2
Aug. 7, 1981	21.1 \pm 1.3
Sept. 11, 1981	20.4 \pm 1.2
Dec. 9, 1981	21.1 \pm 1.2

*The precision corresponds to $\pm 2\sigma$.

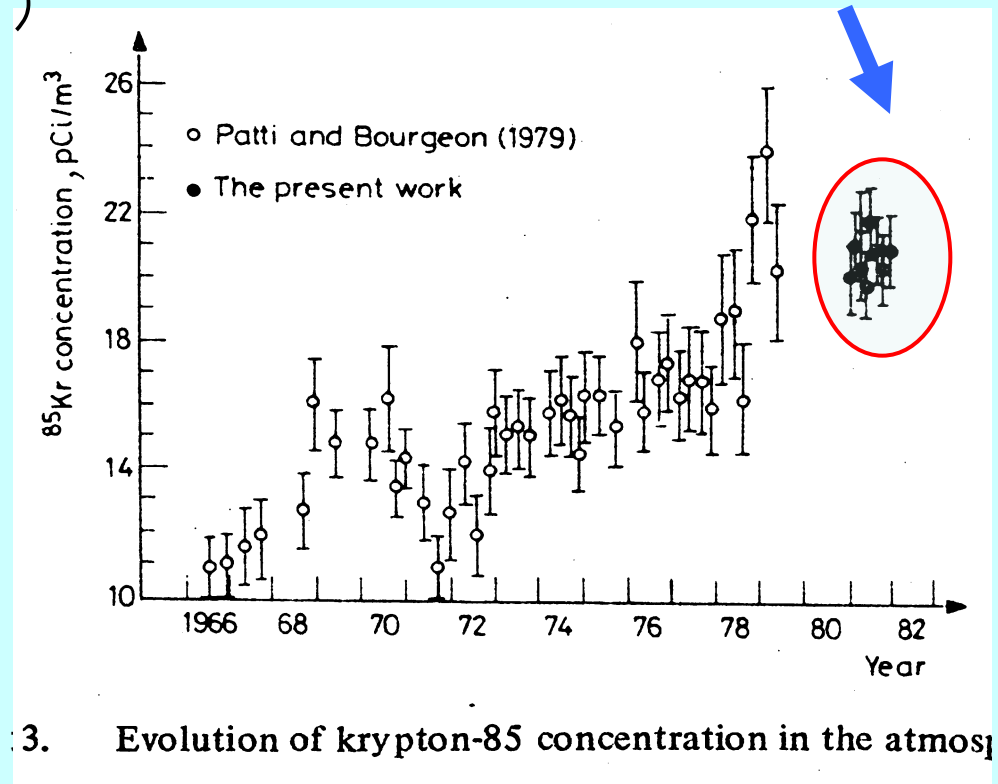
必要な装置

- ・ガスクロ装置(島津)
- ・液体シンチレーションカウンター(アロカLB5)
- ・Krバイアル(特注)
- ・分離カラム(特注)
- ・Kr-85標準ガス(特注)
- ・フィールド用Kr回収装置(?)

液シン法による
大気中のKr測定実績例

・液シン測定 of Kr-85 計数効率を決定するには、Kr-85 の使用許可を持つRI施設が必要(現在熊大は許可がない、九大?)

・地下水からのKr回収率の見積もり(Kr同位体比の利用)



おわり

