

# Kr-85放射能分析

九州大学アイソトープ総合センター  
百島則幸

# Kr-85の核データ

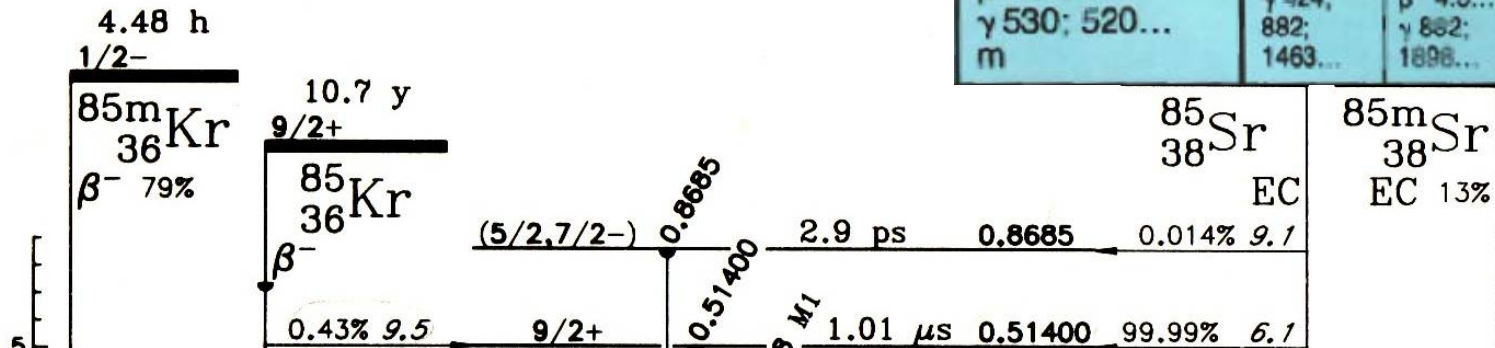
半減期: 10.76年

$\beta^-$ 壊変:

最大エネルギー-0.67MeV (100%)

$\gamma$ 線: 0.514MeV (0.43%)

Rb 85 72.17 $\sigma$ 0.06 + 0.38	Rb 86 1.02 m   18.7 d $\beta^-$ 1.8... $\epsilon$ $\gamma$ 1077 $\sigma$ <20 Iy 556	Rb 87 27.83 4.8 · 10 <sup>10</sup> a $\beta^-$ 0.3 no $\gamma$ ; g $\sigma$ 0.10
Kr 84 56.987 $\sigma$ 0.09 + 0.02	Kr 85 4.48 h   10.76 a $\beta^-$ 0.8... $\gamma$ 151... Iy 305	Kr 86 17.279 $\sigma$ 0.003
Br 83 2.40 h $\beta^-$ 0.9... $\gamma$ 530; 520... m	Br 84 6.0 m   31.8 m $\beta^-$ 2.2 $\gamma$ 424; 882; 1463...	Br 85 2.87 m $\beta^-$ 4.6... $\gamma$ 882; 1896... m



低濃度Kr-85測定なら  $\beta$  線

# 低濃度Kr-85のβ線測定には

## 低バックグラウンド液体シンチレーション カウンター(LSC)

特注の石英バイアルに  
Krを閉じ込めて測定



特注石英バイアル



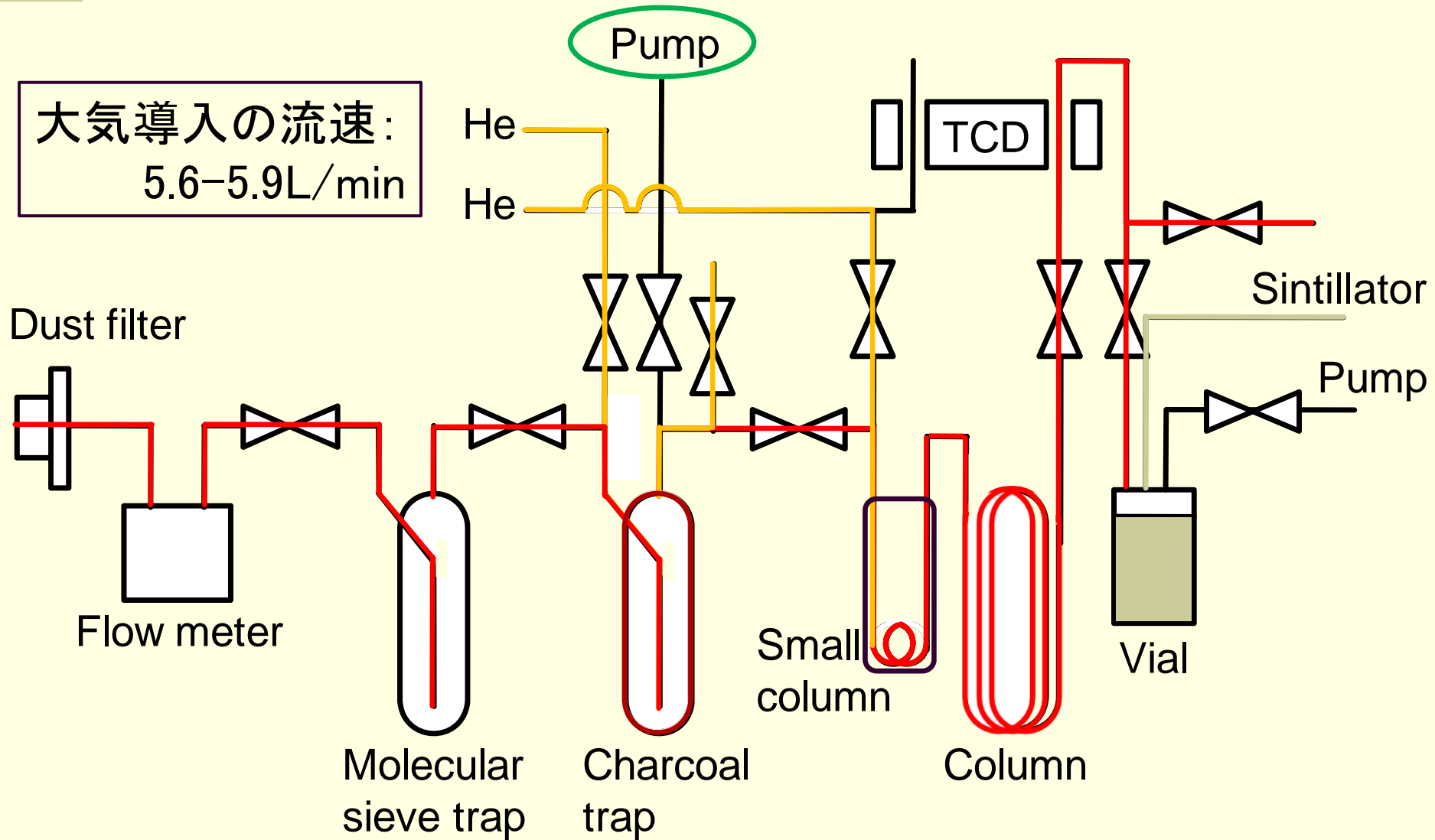
ALOKA LB-5

# 地下水に溶存しているガスは 空気とCO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>

- 空気(N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar, He, Kr, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>...)はヘンリーの法則で溶けている。分圧に比例。
- ほとんどは、窒素、酸素であり大量の酸素・窒素の除去が必要
- 炭酸ガスとメタンは地下水に余分に加わる可能性がある

ガスの分離は  
ガスクロマトグラフィー

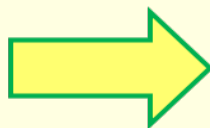
# Kr分離・捕集装置



大気中Krの分離装置ガスクロマトグラフ

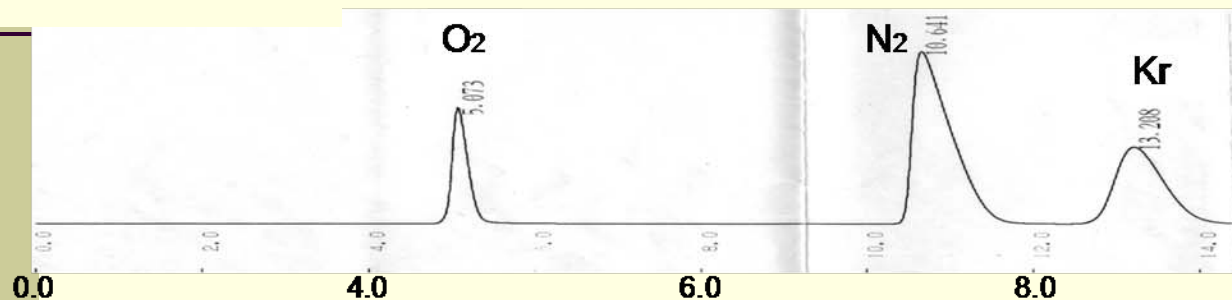


# Kr分離の検討



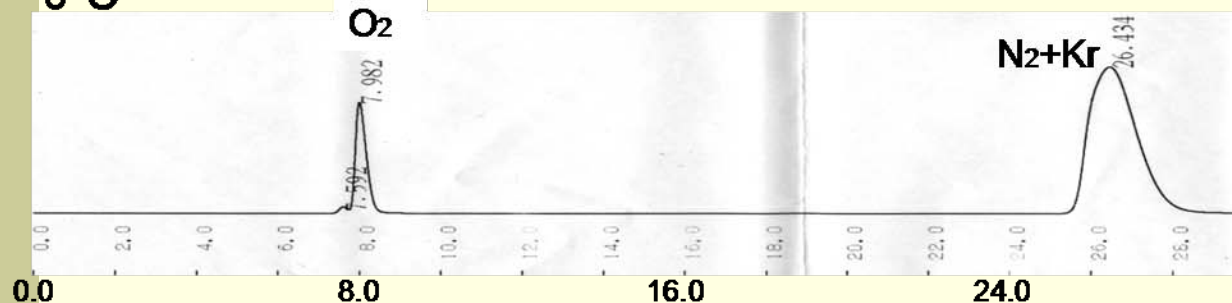
カラム: MS-5A 30-60mesh, 6m  
展開温度: 36°C

・ 36°C



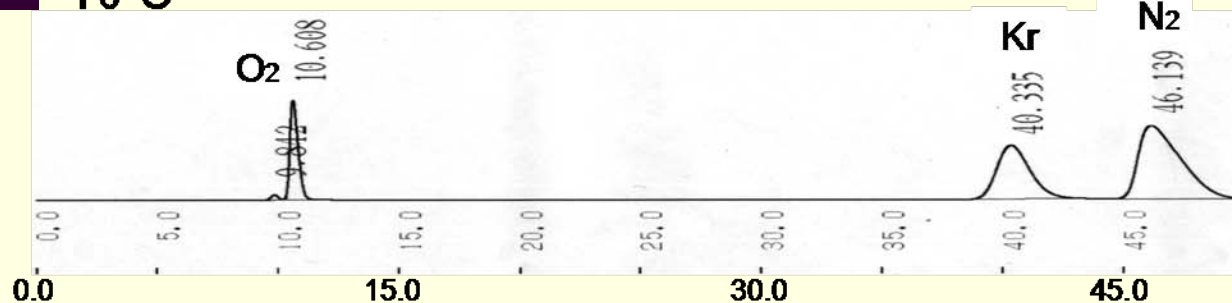
	Area
O <sub>2</sub>	201808
N <sub>2</sub>	727051
Kr	414625

・ 0°C



	Area
O <sub>2</sub>	216820
N <sub>2</sub>	1218461
Kr	

・ -16°C



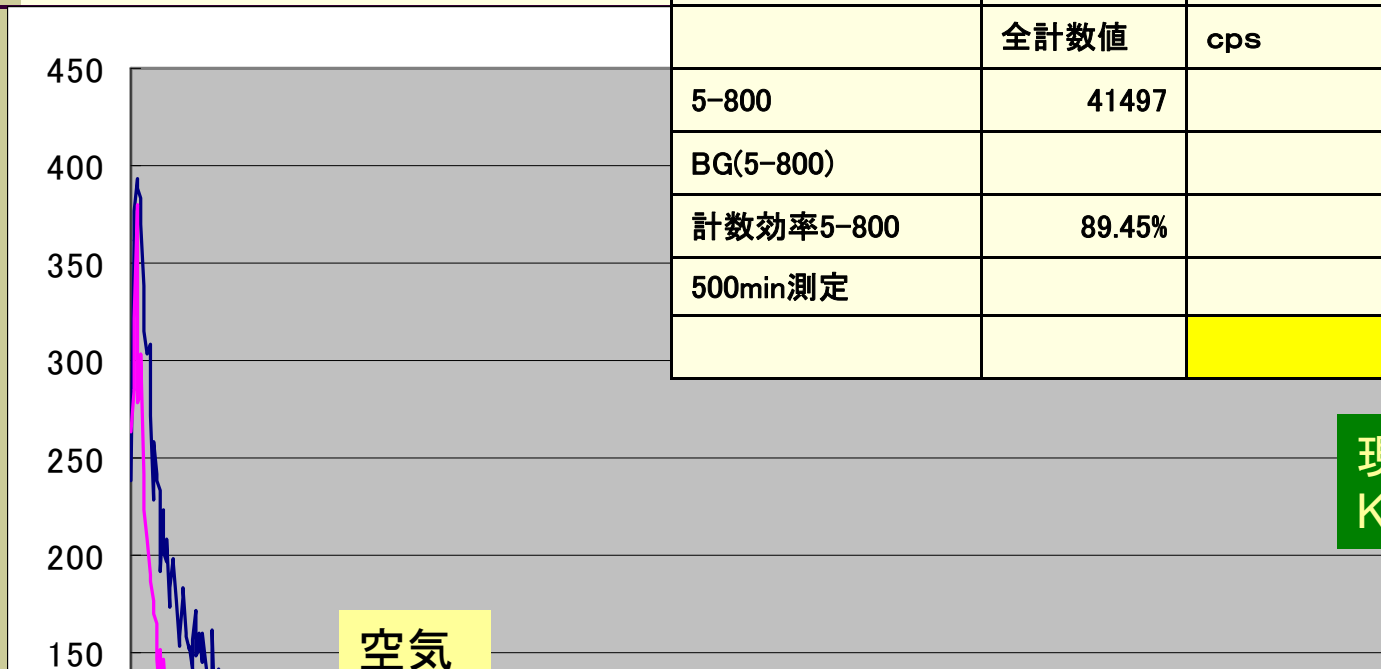
	Area
O <sub>2</sub>	206748
N <sub>2</sub>	768679
Kr	443261

各展開温度での分離状態



# とりあえず一般大気の 分析(福岡市)

2008年2月12日		Kr-85濃度	1.5Bq/m3
大気1000L		Kr濃度	1.14ml/m3
Kr0.842ml		期待される濃度	1.107895
回収率 73.9%			
	全計数値	cps	
5-800	41497	1.38	
BG(5-800)		0.37	
計数効率5-800	89.45%	1.13	
500min測定			
		1.53	Bq/m3



現在の大気中  
Kr-85濃度

他の報告値と同レベル  
うまく測定できている

# 測定精度（誤差（K=1））

(1) Kr-85標準ガス値付

2.5%

証明書に記載

(2) Kr-85標準ガスサンプリング

0.46%

シリンジでのKr-85標準ガス  
サンプリング誤差(n=5)

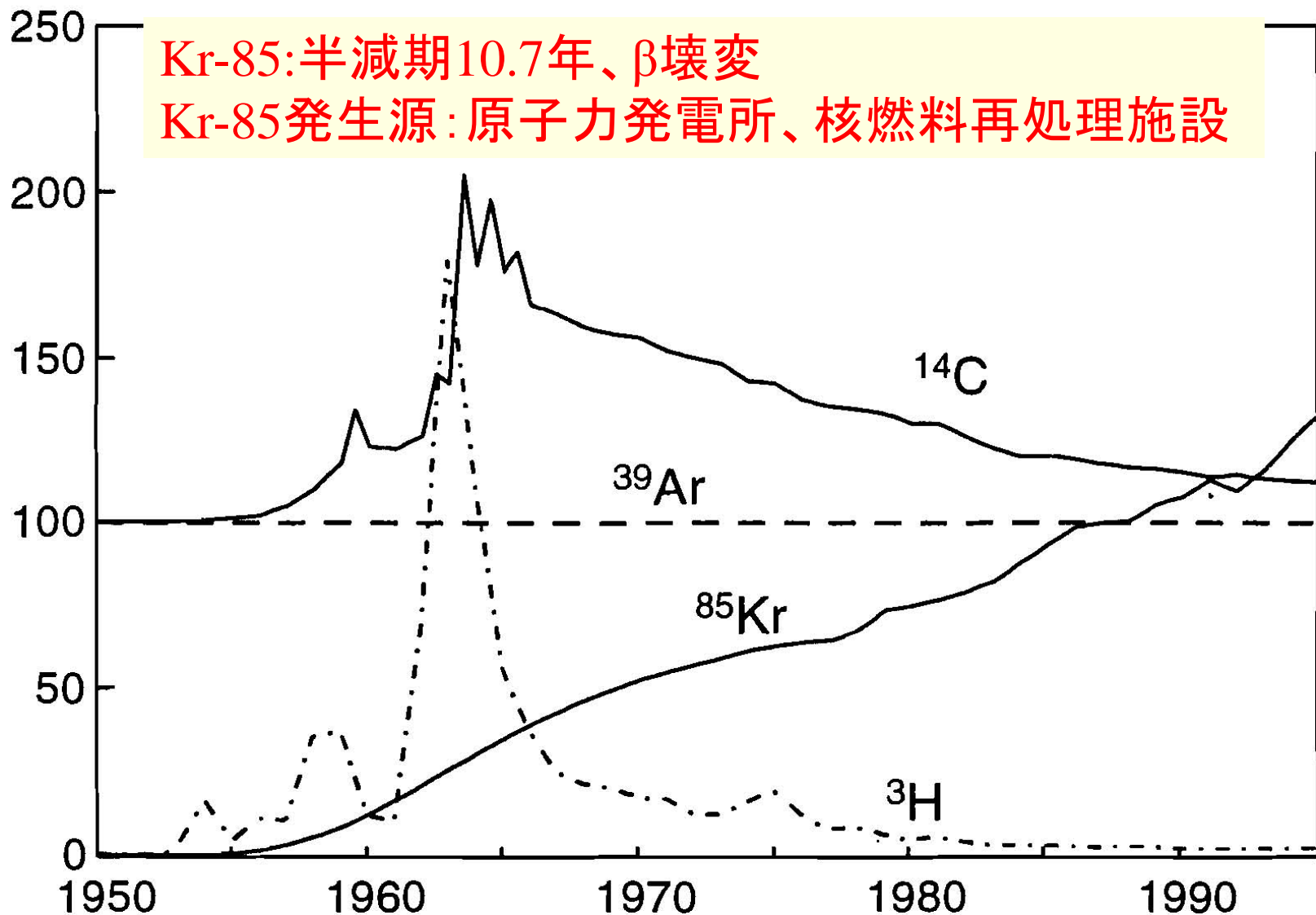
(3) ガスクロによるKr定量

0.33%

安定Kr定量誤差(n=5)

放射能測定以外の誤差は2.563%

高い測定精度が得られる



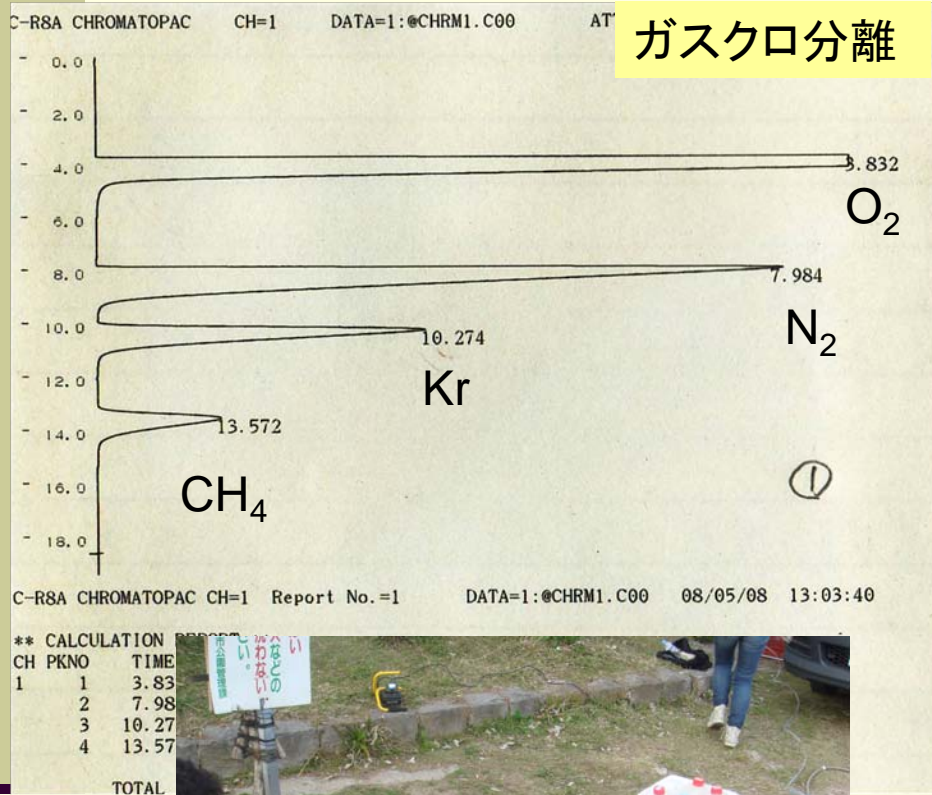
**Figure 12.1**  $^{85}\text{Kr}$  activity of tropospheric air between 1950 and 1995 compared to those of  $^{39}\text{Ar}$  and  $^{14}\text{C}$ , and to  $^3\text{H}$  data representative for precipitation in central Switzerland. The vertical scale factors are: 100 = 1 Bq m<sup>-3</sup> of air for  $^{85}\text{Kr}$ , 100 % modern for  $^{39}\text{Ar}$  (equal to  $1.67 \times 10^{-2}$  Bq m<sup>-3</sup> of air), 100 pmC for  $^{14}\text{C}$ , and 1000 TU for  $^3\text{H}$ .

# 地下水年代測定への適応

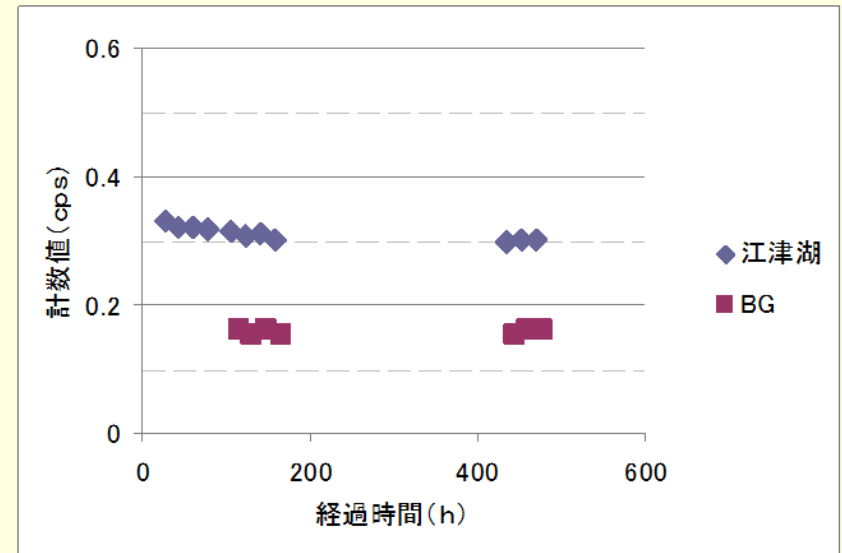
---

- 京都大学原子炉実験所井戸水  
(6m<sup>3</sup>、2007年12月18日)
- 熊本市江津湖自噴井  
(5178.9 L、2008年3月14日)
- 熊本市大津観測井  
(6542 L、2008年3月15日～16日)

# 江津湖自噴井の分析



放射能測定



大気中濃度に換算

$$0.651 \pm 0.02 \text{ Bq/m}^3$$



現在の大気中濃度  
1.53 Bq/m<sup>3</sup>

大津  $\sqrt{(0.71\%)^2 + (2.563\%)^2} = 2.659\%$   
大気中濃度に換算 1.057 ± 0.028 Bq/m<sup>3</sup>

江津湖  $\sqrt{(1.608\%)^2 + (2.563\%)^2} = 3.026\%$   
大気中濃度に換算 0.660 ± 0.020 Bq/m<sup>3</sup>

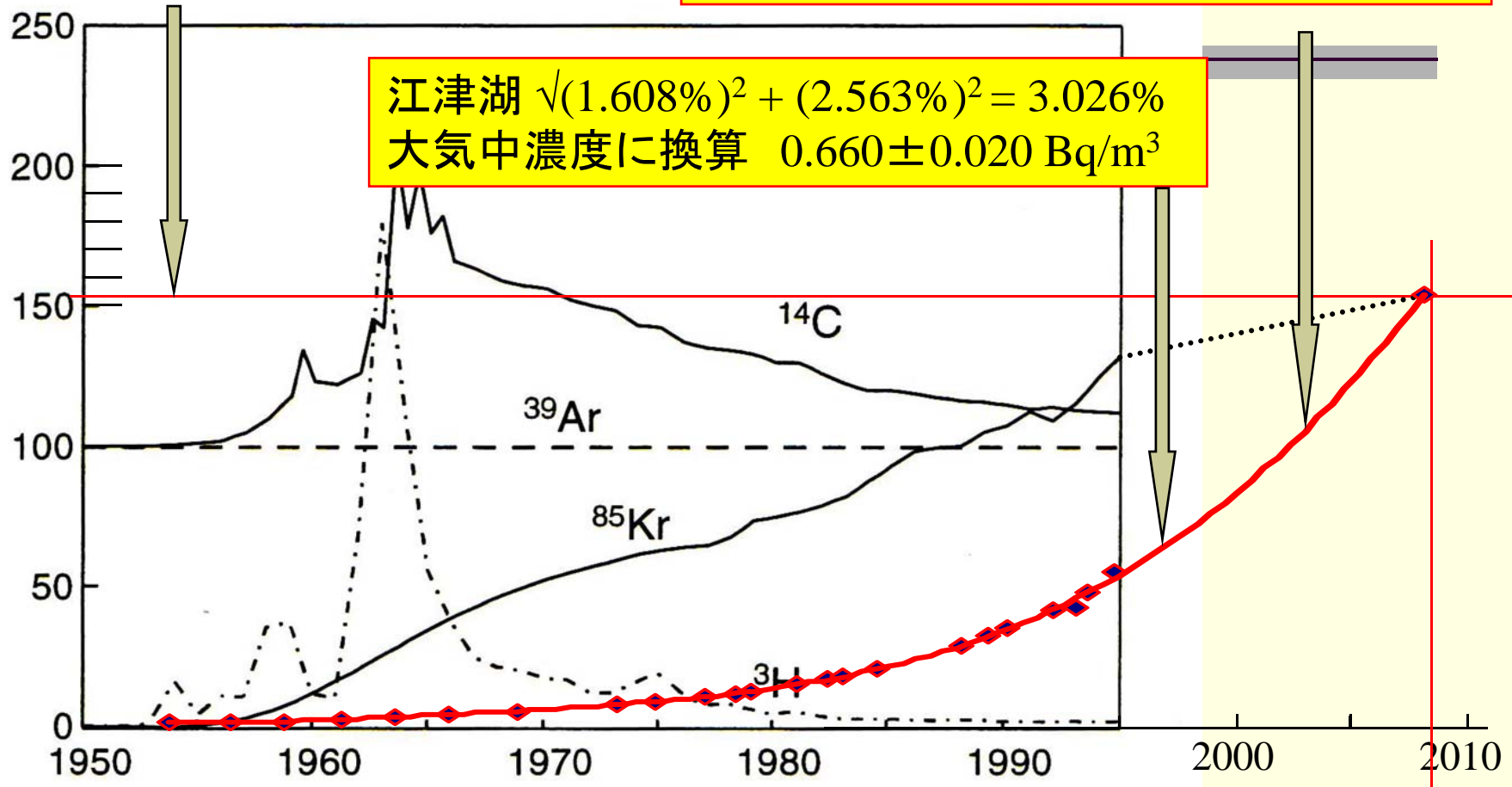
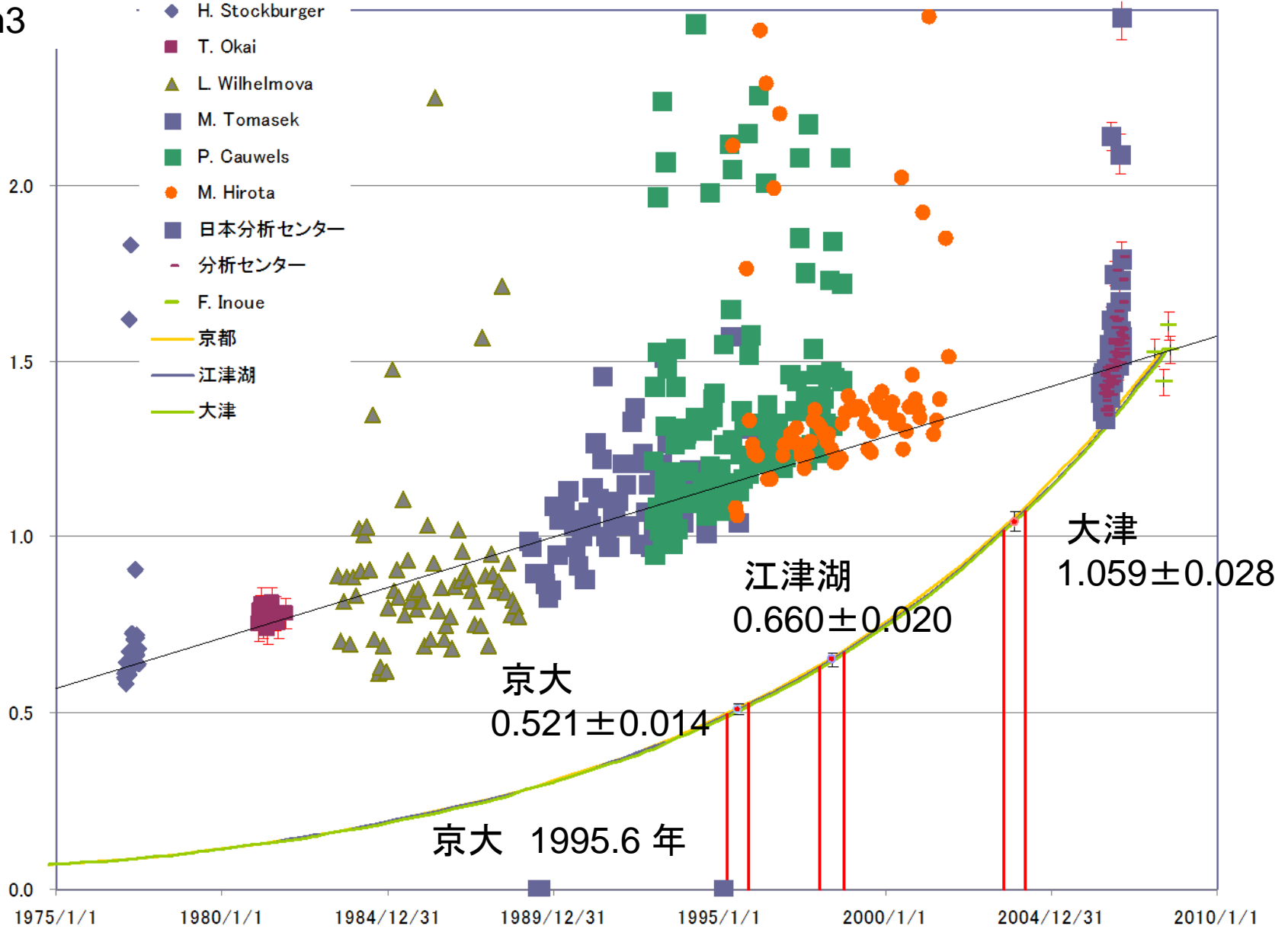


Figure 12.1 <sup>85</sup>Kr activity of tropospheric air between 1950 and 1995 compared to those of <sup>39</sup>Ar and <sup>14</sup>C, and to <sup>3</sup>H data representative for precipitation in central Switzerland. The vertical scale factors are: 100 = 1 Bq m<sup>-3</sup> of air for <sup>85</sup>Kr,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

# 大気中濃度

Bq/m<sup>3</sup>

- ◆ H. Stockburger
- T. Okai
- ▲ L. Wilhelmo
- M. Tomasek
- P. Cauwels
- M. Hirota
- 日本分析センター
- 分析センター
- ◆ F. Inoue
- 京都
- 江津湖
- 大津





誤差年代(-側) K=1	2003.6
<b>大津</b>	<b>2003.9</b>
誤差年代(+側) K=1	2004.2

阿蘇山

有明海



15.7km/5.5年 (2.9km/年)  
(7.8m/日)

誤差年代(-側) K=1	1998.1
<b>江津湖</b>	<b>1998.4</b>
誤差年代(+側) K=1	1998.8

熊本

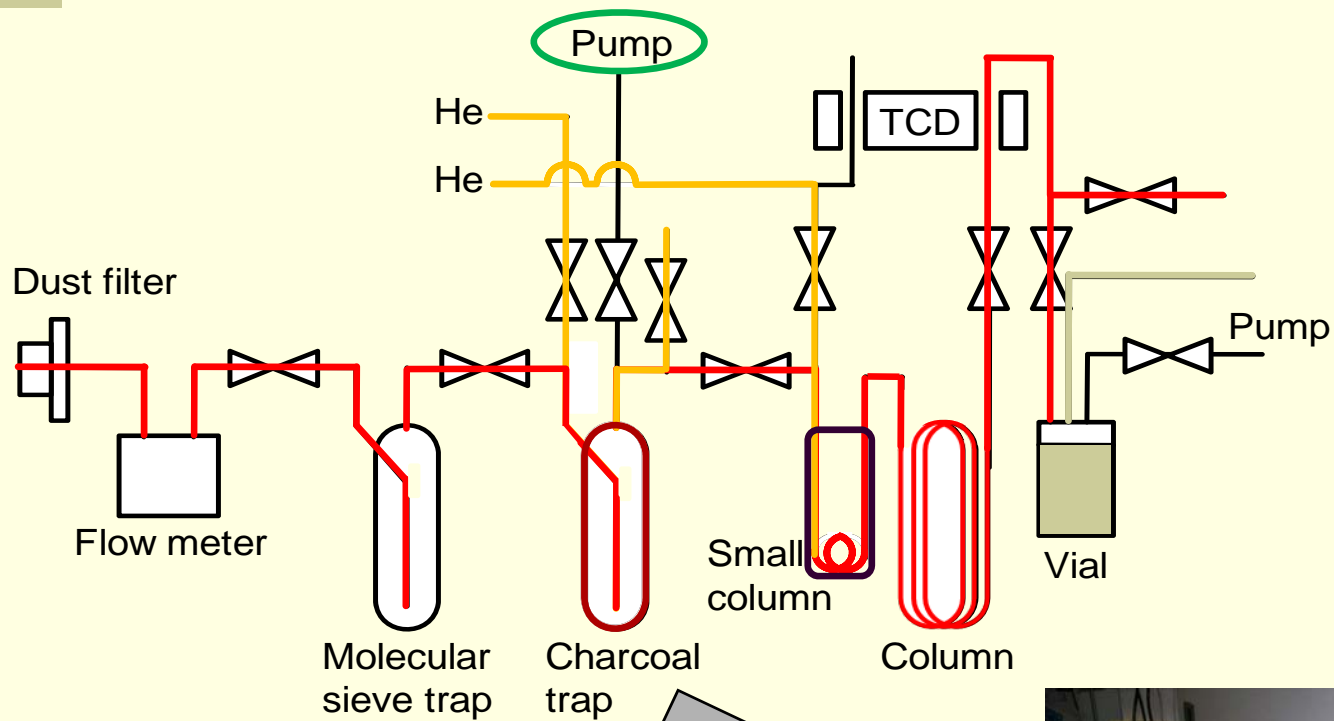
天草

# 進行中のKr-85分析

---

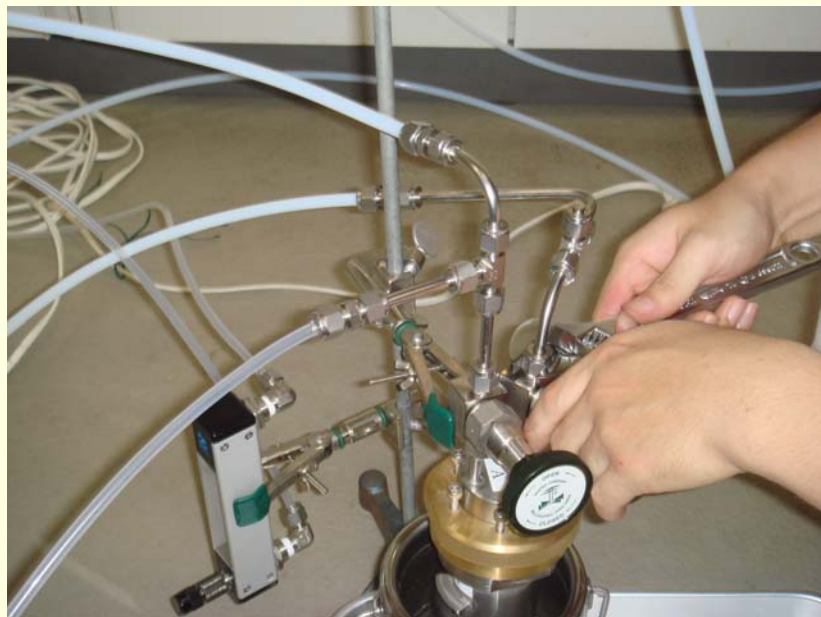
- 装置の改良(海外への対応)
- 二酸化炭素の除去
- メタンの除去

# 分離装置の改良(1)



活性炭トラップを脱着式に改良

# 分離装置の改良(2)



現地調達が必要なもの：ヘリウムガス、  
ドライアイス、液体窒素

# 大量の炭酸ガスの除去(1)

4連の3モル  
NaOH溶液に  
バブリングさせ  
て取除く



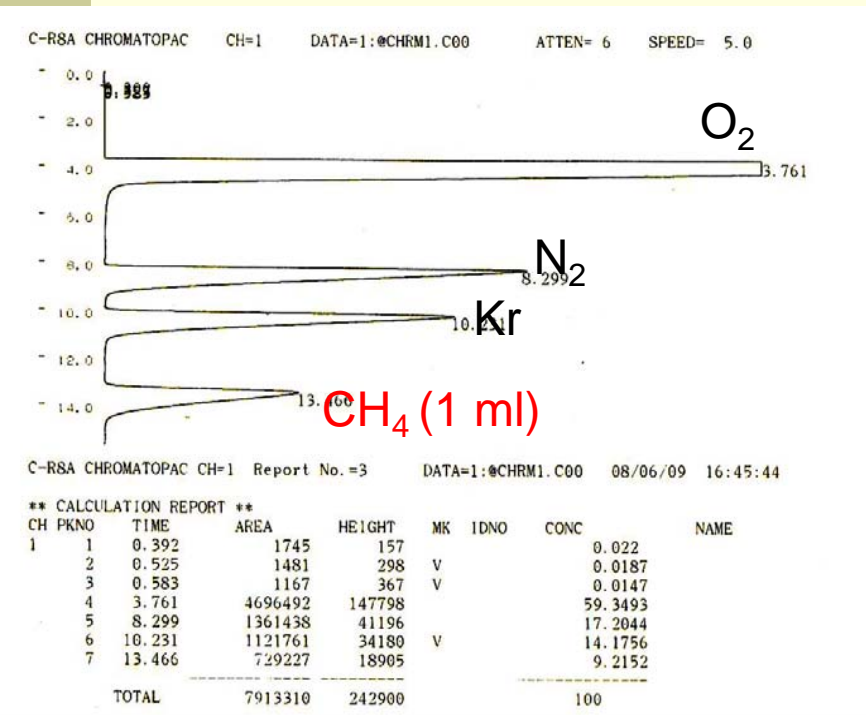
# 大量の炭酸ガスの除去(2)

溶存ガスはバブリング装置、ガラストラップ  
(ドライアイス温度)を通してバルーンに回収

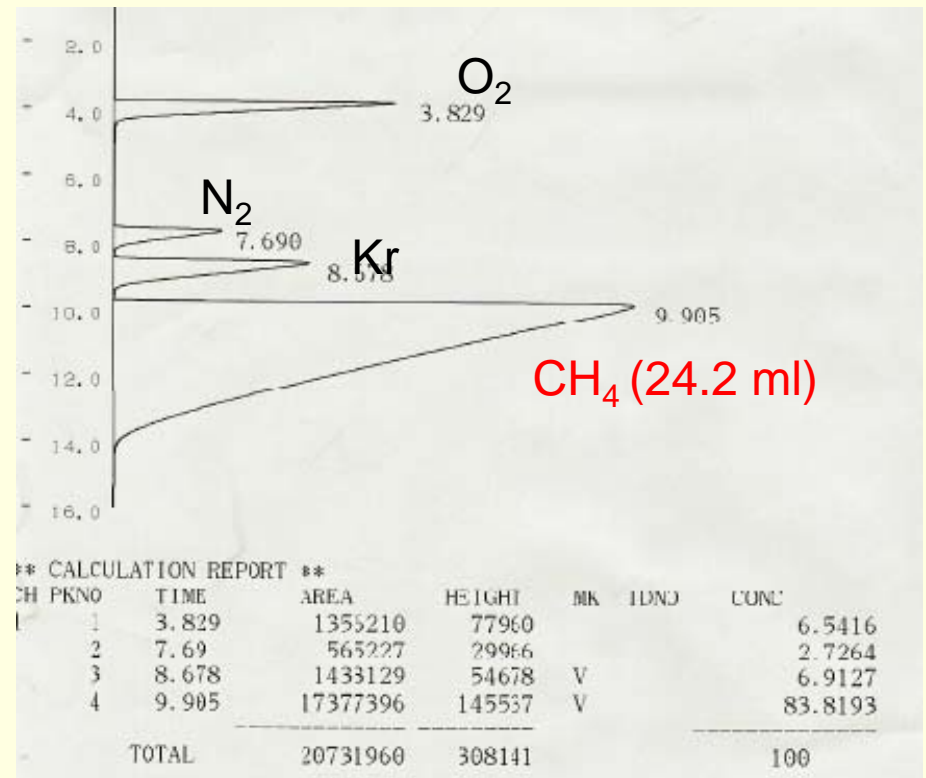


# 大津と京大の地下水中のメタン

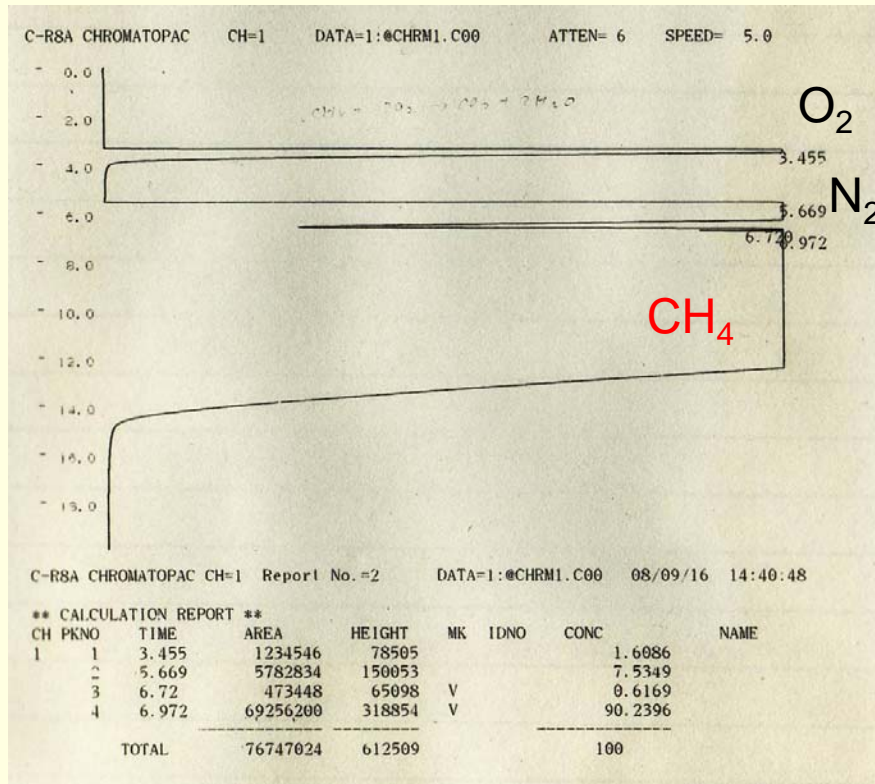
熊本市大津観測井



京都大学原子炉実験所井戸水



# 台湾の省民地下水中のメタン



台湾省民のガスクロマトグラム

1. 大量のメタンが含まれていた(93ml)。除去が必要
2. 分離ガスは現在AIバッグに保管中
3. 燃焼してメタンを除去する

