

## 気体サンプリング法の基礎と応用 基礎科学, 周辺科学の進め

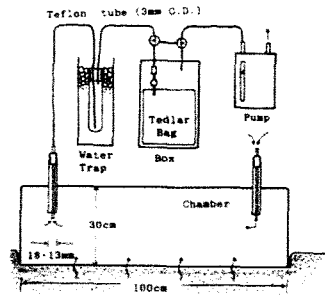


Fig. Sampling chamber

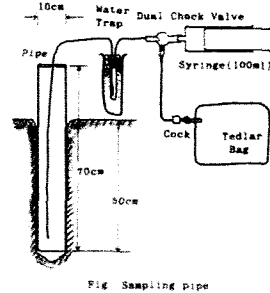
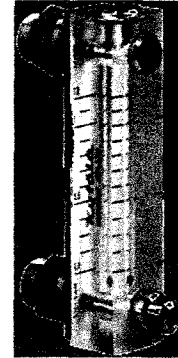


Fig. Sampling pipe



元 国立保健医療科学院 (国立公衆衛生院)  
埼玉工業大学 非常勤講師

渡辺 征夫

[ 第317回, GC研究会. 2012.02.23 ]

### 気体の特性

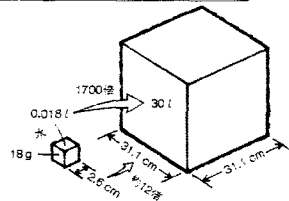
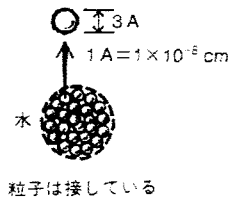
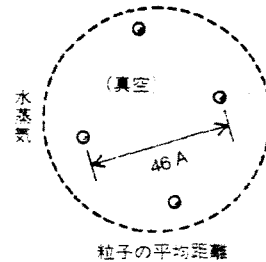


図 3.7 水と水蒸気の体積の比較



粒子は接している

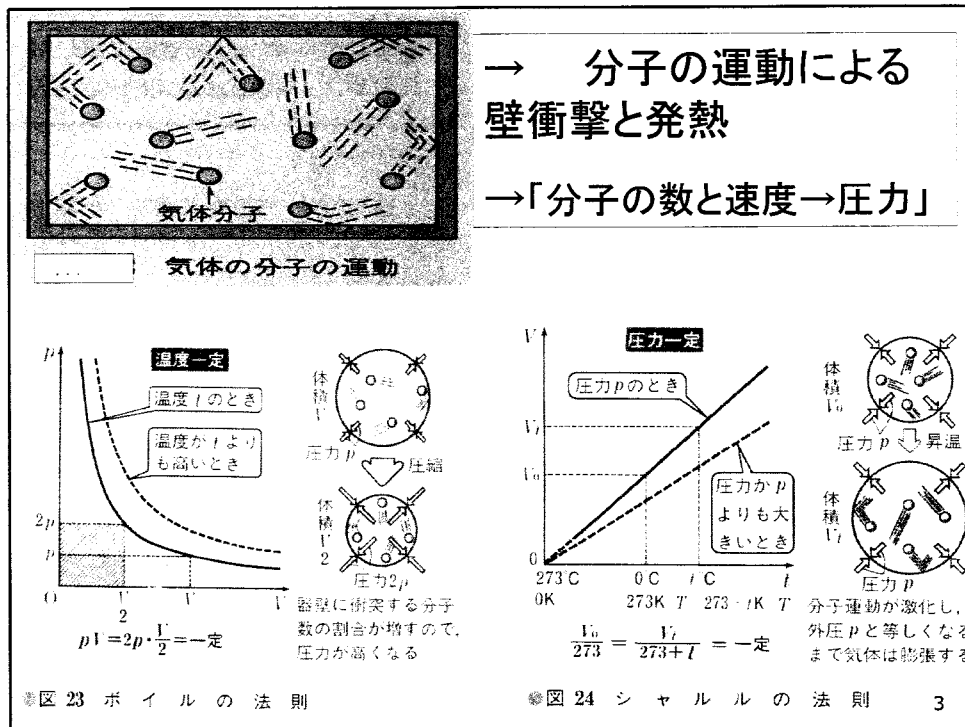


粒子の平均距離

図 3.8 水と水蒸気の中の粒子間距離の比較

- \* 高度0m付近の乾燥空気密度; 約1.3g/L。
- \* 液体空気の密度; 約1g/mL。
- \* 気体では, 分子の密集度合いが液体の約1/1000で, 分子は自由に? 飛び回っている。
- \* 気体状態では分子の化学的な性格はよりも, 粒子としての振る舞いとなり, 一律に扱えるようになる。

→ 理想気体



■ 気体の状態方程式

■  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$  ----- (1)

■  $V = n \cdot R \cdot (T/P)$  ----- (2)

ここで, n; 気体の量(mol), R; 気体定数=8.31[J/(K·mol)], V; 気体の体積(m<sup>3</sup>), T; 温度(K, Kelvin), P; 圧力(Pa, Pascal)

圧力&温度と、運動エネルギーの関係

圧力; 気体の熱運動が面に及ぼす力 → Pa: N(Newton)/m<sup>2</sup>  
 $P \cdot V \rightarrow N/m^2 \times m^3 = N \cdot m = J(\text{Joule})$  ; 仕事量=エネルギー  
 温度の実態; 熱量(Q)/熱容量=Q(Joule)/(体積·Cv)  
 ここで, Cv; 定積比熱

すなわち, (1)式の両辺は, それぞれ仕事量(Joule)。いずれも気体分子の運動エネルギーに基づくことを示している。

■ 濃度換算

①一定の体積や重量に含まれる量(例:mg/m<sup>3</sup>)

②混合比率(例:ppm, %)

両者①と②の換算の式;

A;mg/m<sup>3</sup>表示の濃度, a;ppm表示の濃度

■  $A = a \cdot M(273.15/22.414)/T \cdot P/1013$

■  $A = 0.012 \cdot a \cdot M \cdot P/T$

■ 圧力を1気圧と見なせるとき;  $A \doteq 12.2 \cdot a \cdot M/T$

ここで, M;その汚染化合物の分子量,

T;温度(K,ケルビン), P;圧力(hPa,ヘクトパスカル)

空気(排ガスを含む)中の水分

- 水分への「気遣い」は分析する際に不可欠
- ①水分子の存在で試料成分の容器面との相互作用が変化
- ②温度変化による水分凝縮→成分吸収
- ③検体濃縮時の流路閉鎖や吸着量減少
- ④水分量による検体空気の重量の変化  
———などである。

ドルトンの分圧の法則

混合気体の全圧は, 成分気体の分圧の和に等しい。

湿度の高い空気は, 重い or 軽い ?

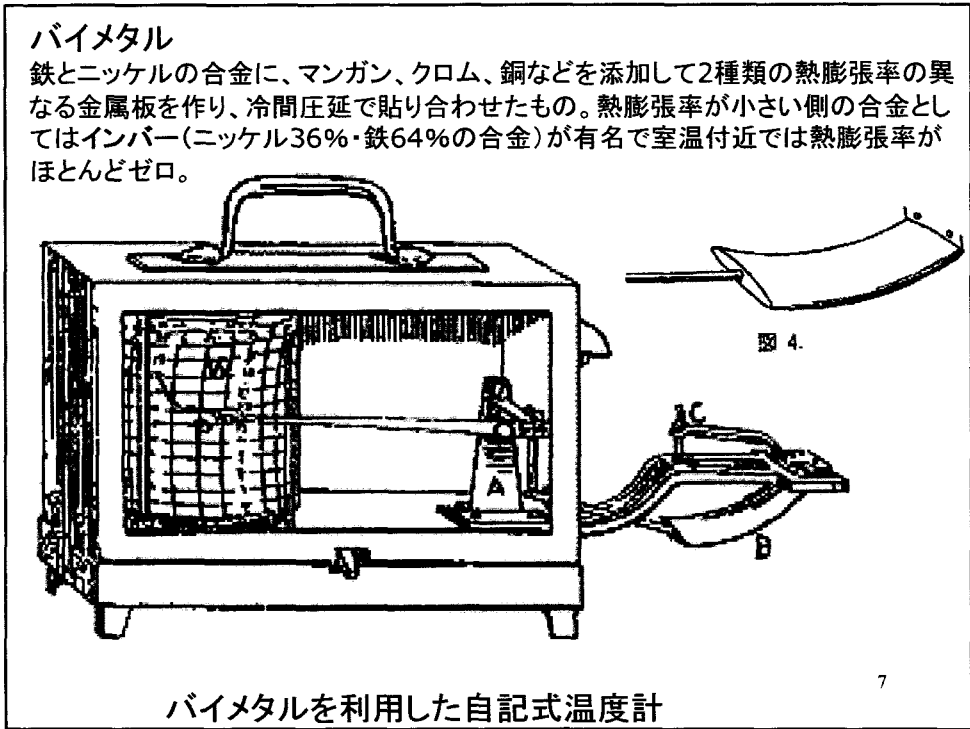
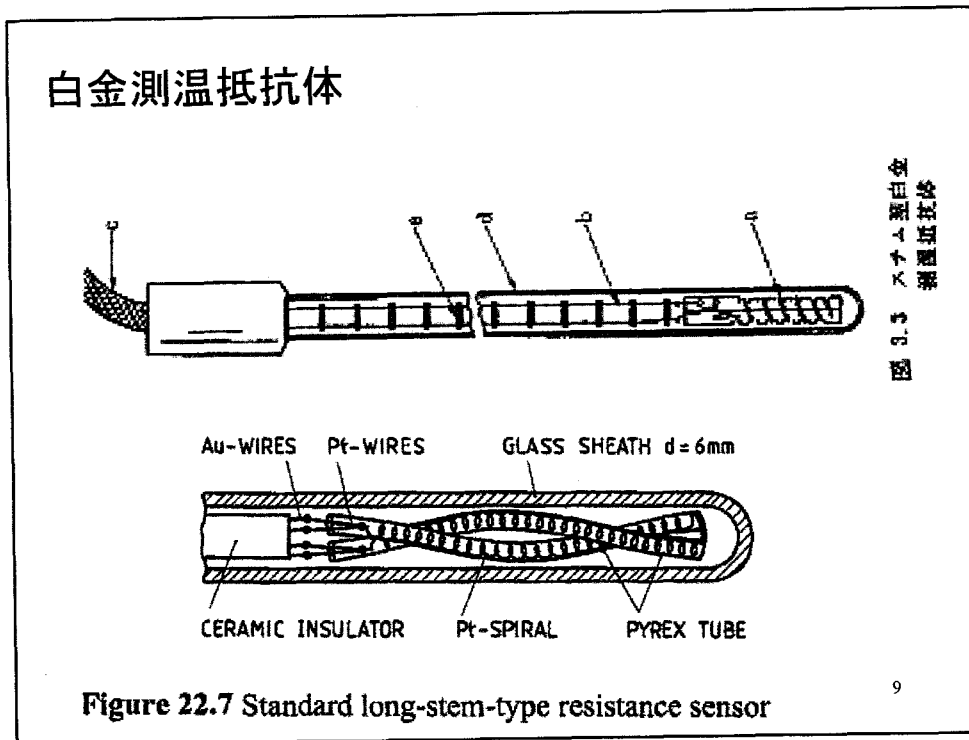


表 2.12 JIS 熱電対の使用上の特徴

種類	特性	使用温度範囲	対雰囲気性	特 徴
貴金属熱電対	B	600~1700℃	不活性ガス・酸化性雰囲気に適する。	JIS 熱電対中使用温度最高。常温熱起電力きわめて小
	R	0~1600℃	水素・金属蒸気・還元性雰囲気に弱い。安定性良	白金系熱電対では起電力最大。もっとも多く使用されている
	S	0~1600℃		熱起電力はRよりやや小
卑金属熱電対	K	-200~1200℃	酸化性雰囲気に適し、還元性雰囲気に弱い。金属蒸気に強い	熱起電力の直線性がよい。JIS 熱電対ではもっとも多く使用されている。やや履歴変化あり +側; NiとCrの合金, -側; Niの合金
	E	-200~800℃	ほぼKと同じ	Kより安い。Jより耐食性がよい。熱起電力はJIS, 熱電対中最大
	J	0~750℃	還元性雰囲気に適し、酸化性雰囲気に弱い	価格は安い。さびやすい。特性のばらつきがある
	T	-200~350℃	還元性雰囲気に適する	価格が安い。低温特性がよい。特性のばらつきが少ない。熱伝導誤差大



### 放射温度計

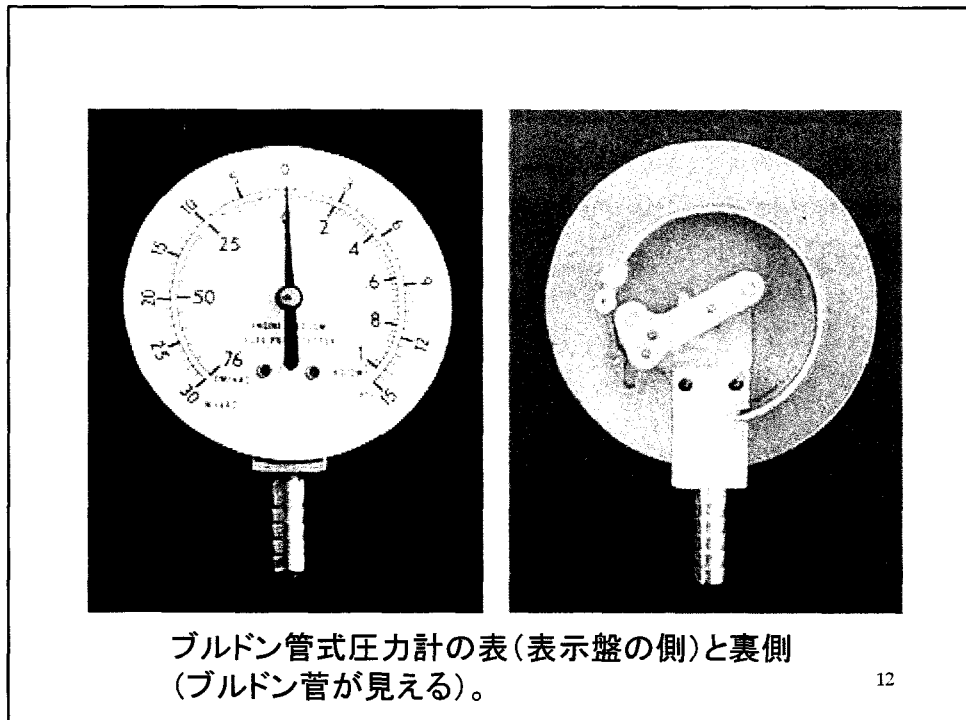
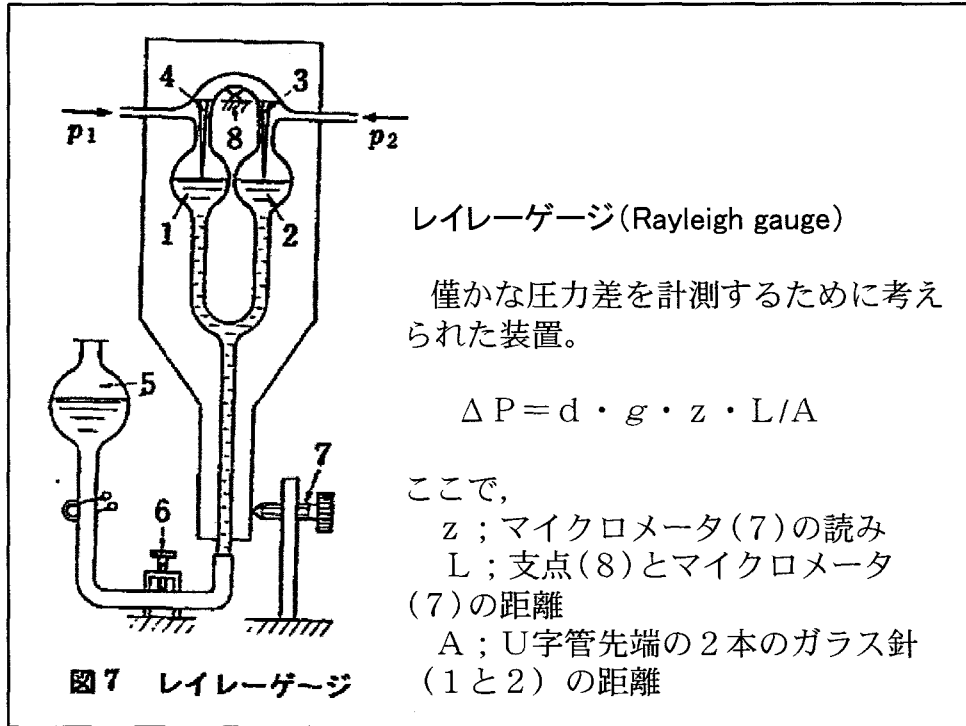
#### 物体の温度と放射される光の種類と色

#### 黒体放射

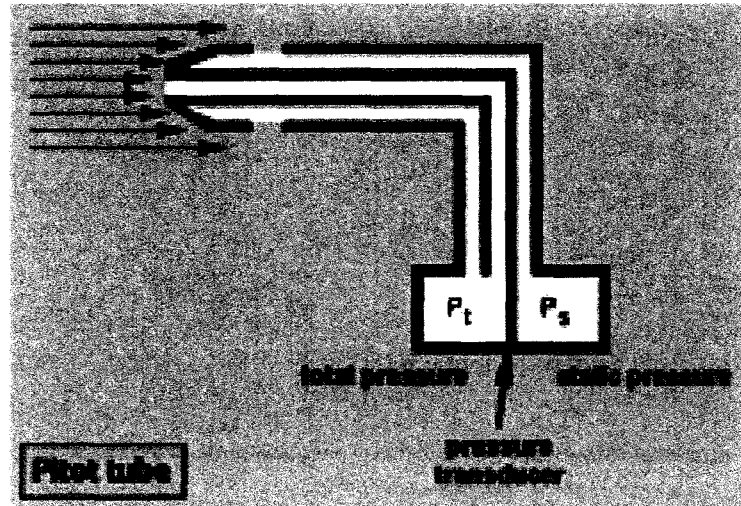
黒体から放射される光。  
温度が低いときは赤っぽく、温度が高いほど青白くなる。  
夜空に輝く星も青白い星ほど温度が高い。  
右の図のKは温度(ケルビン)を示す。

3000K  
4000K  
5000K  
6000K  
7000K  
8000K  
9000K  
10000K

赤外線レンズ → 検出素子 → 変換・処理 → 100℃

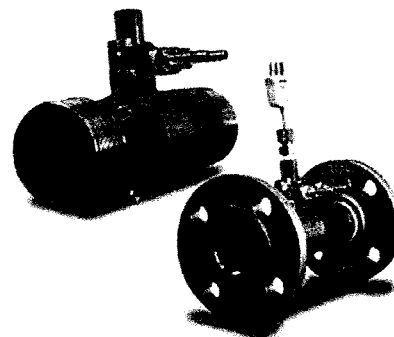
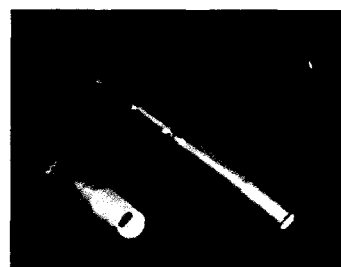
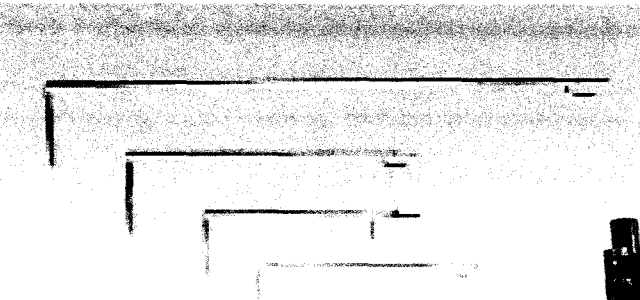


ピトー管の模式図

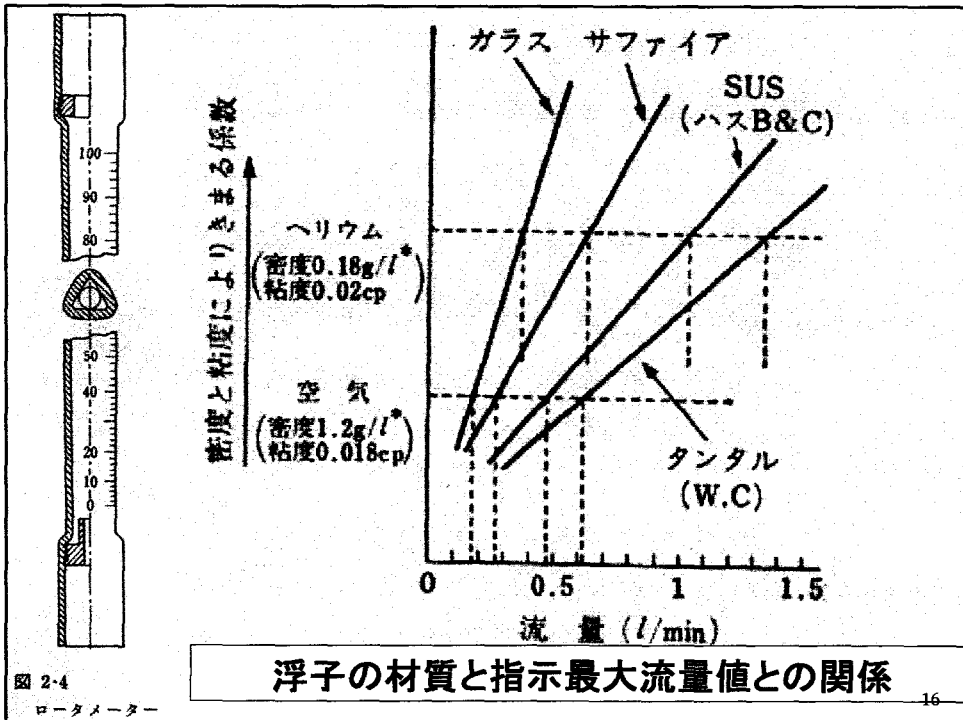
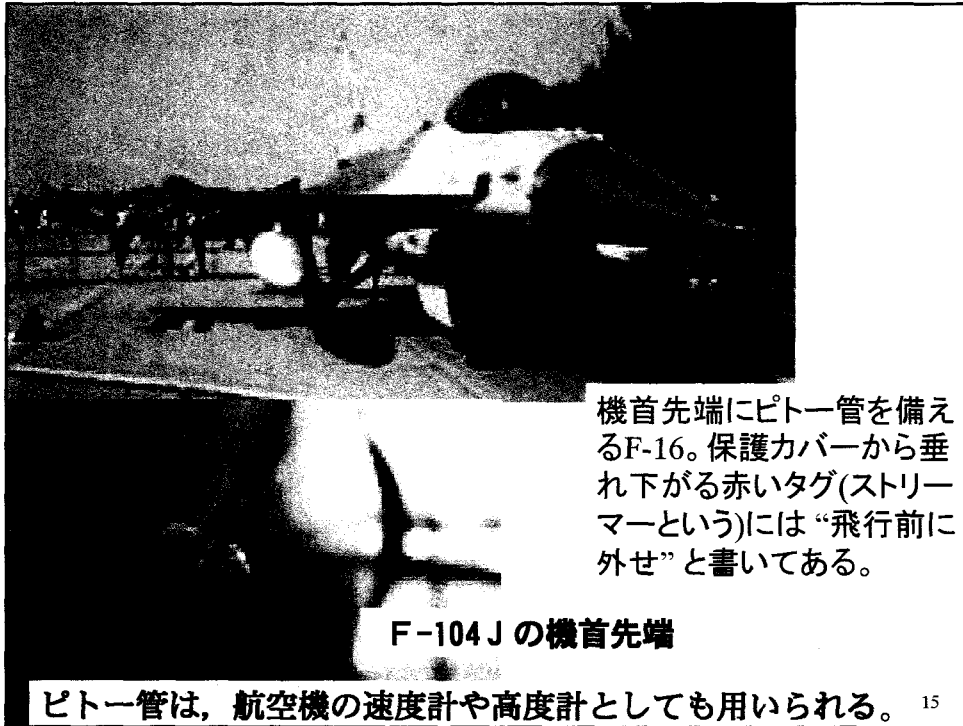


ピトー静圧管の概念図。黄色い部分には静圧が、白い部分には全圧がかかっており、その差圧を赤色のセンサ部(ダイヤフラム等)で検出する。

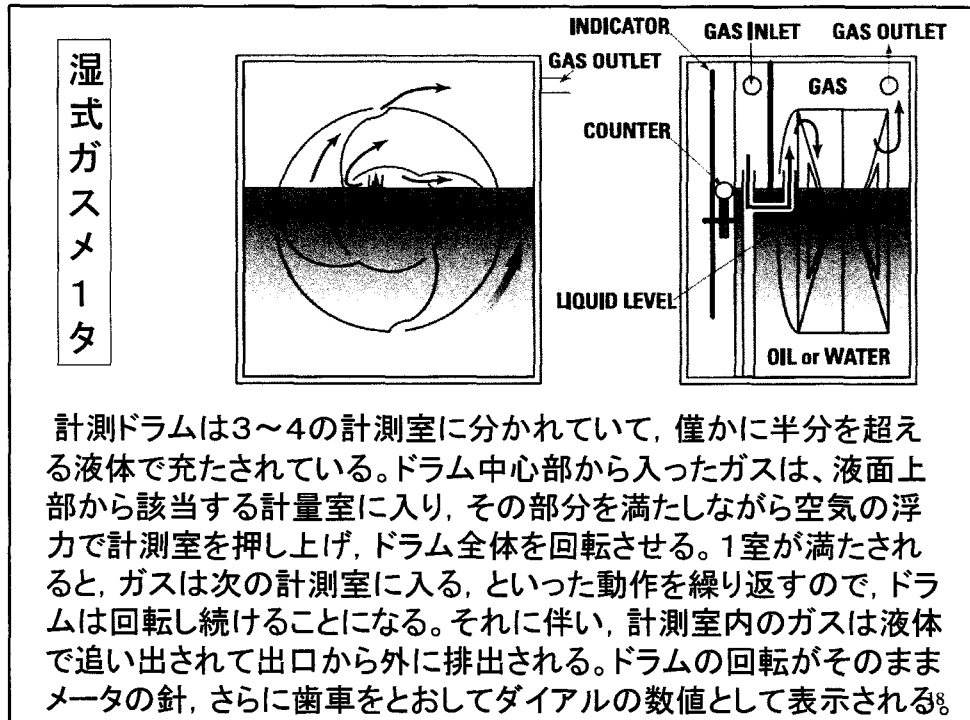
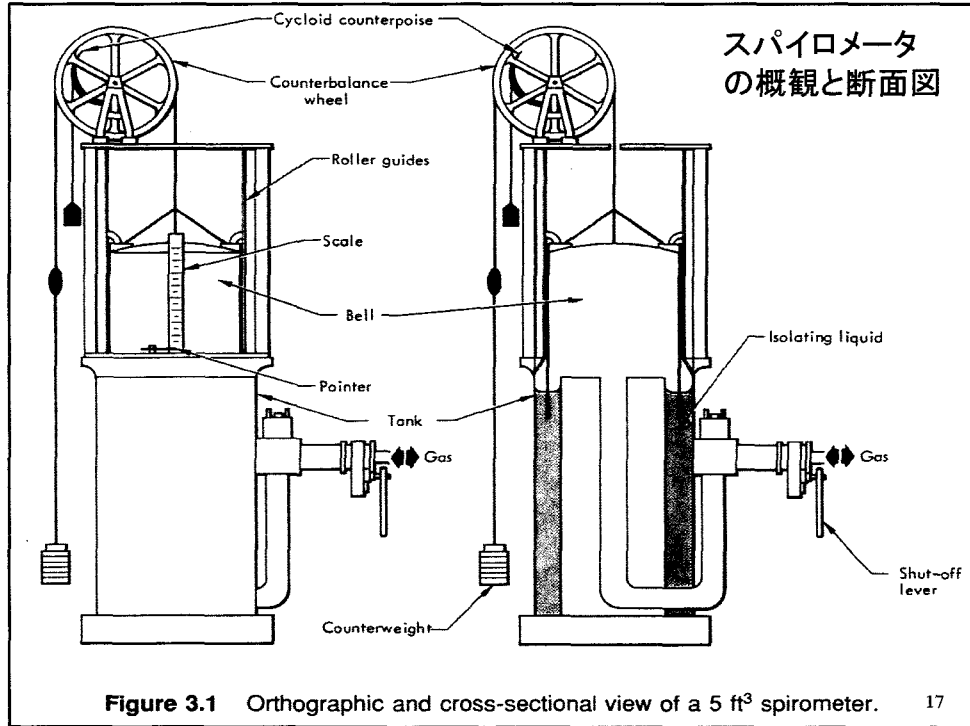
● L型ピトー管 LK-



小口径ダクト組込用ピトー管とダクト組込型流量センサ







クリティカル  
オリフィスと  
その臨界比

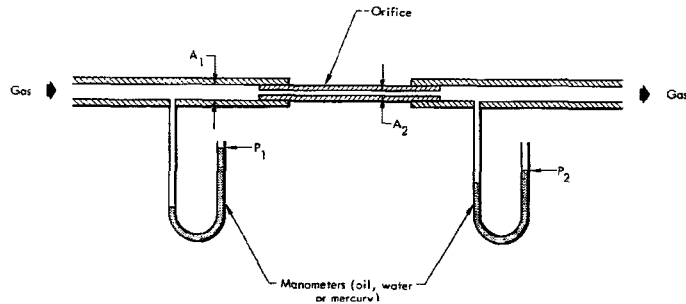
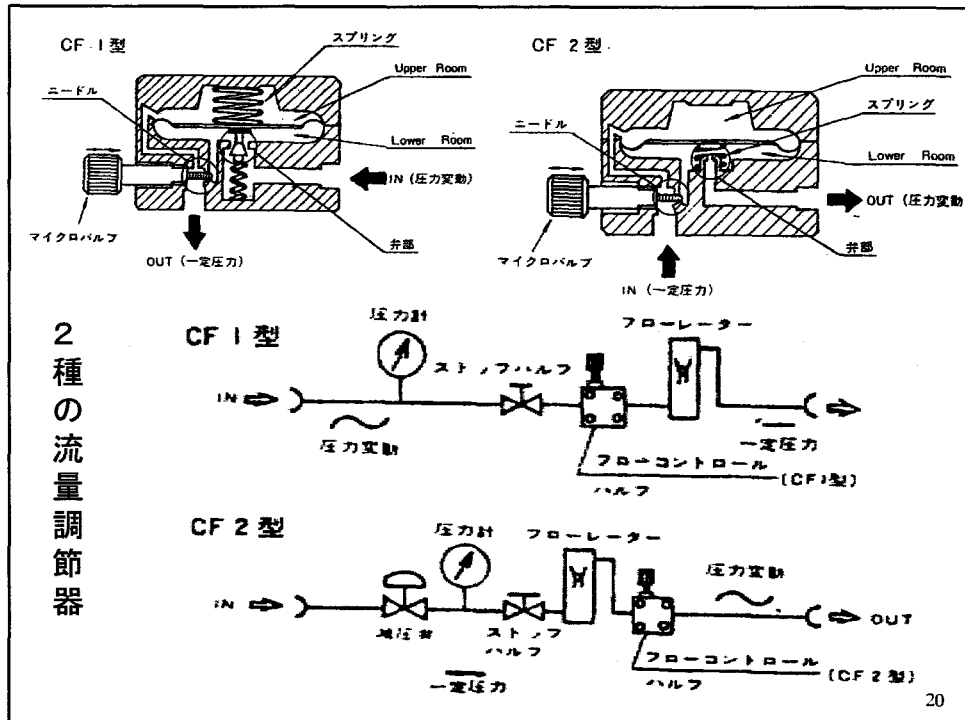


Table 3.7 Critical Ratio Values for Different Orifice Configurations

Orifice Type	Throat dia. (mm)	Critical Ratio
Blunt entry, elongated parallel sides	0.8	0.44
Square edged	0.8	0.44
Sharp edged	0.5	0.46
Converging	0.95	0.47
Converging to elongated parallel sides	1.0	0.47
Short converging, included angle 0.7°	1.0	0.56
Short converging, included angle 16.6°	1.1	0.60
Short converging, included angle 7.8°	1.2	0.76
Short converging, included angle 4.4°	1.0	0.85
Short converging, included angle 2.5°	1.0	0.85
Short converging, included angle 4.4°	2.4	0.87

Data taken from Zimmerman, N. J. and P. C. Reist. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 45:340 (1984), with permission.



**マスフローコントローラー(MFC)**

MFCは、流体の質量流量の計測で流量制御を行うので、環境温度や使用圧力等の変化の影響を受け難く、高精度で安定した流体計測・制御が可能である。

高知豊中技研のHPより

**各種ガスのコンバージョンファクター(C. F)**

マスフローコントローラーやマスフローメーターの流量表示はガスの種類や混合比により変動をする。それを補正する係数がC.F値で、一般に窒素を基準(1.00)として、およそ下表のようになる。

ガス種	C.F	ガス種	C.F
窒素 (N <sub>2</sub> )	1.00	空気 (Air)	1.00
ヘリウム (He)	1.40	一酸化炭素 (CO)	1.00
水素 (H <sub>2</sub> )	1.00	二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )	0.74
酸素 (O <sub>2</sub> )	0.99	一酸化窒素 (NO)	0.99
アルゴン (Ar)	1.40		

[例]: ヘリウム (He) で校正された MFC に酸素 (O<sub>2</sub>) を流し、【100ccm】と表示された場合の酸素の実流量は？

[計算式]: 酸素の実流量 = 表示 × (ガスの C.F / MFC の C.F) = 100 × (0.99 / 1.40) = 70.71ccm

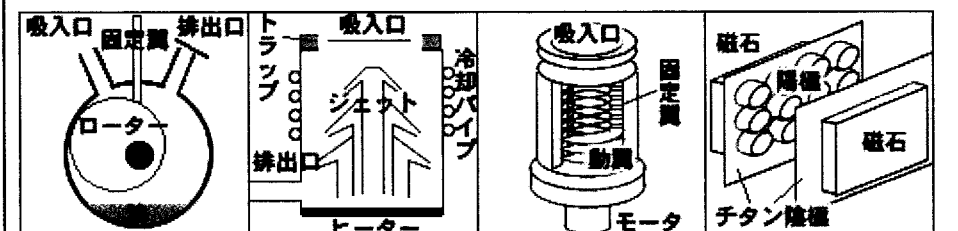
22

### 真空ポンプの種類

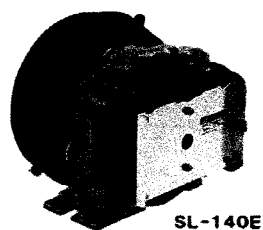
一般のポンプは流体の移動が目的で、真空ポンプは密閉容器から効率よく残り少ない空気をくみ出すかが目的。対応できる圧力（真空度）がそれぞれ的方式で違うので、2つ以上のポンプを組み合わせて使用することも多い。

#### 代表的な真空ポンプ

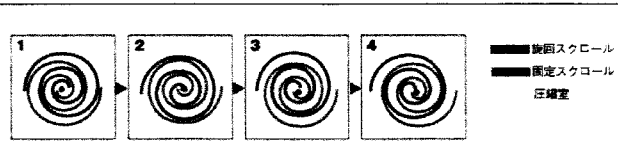
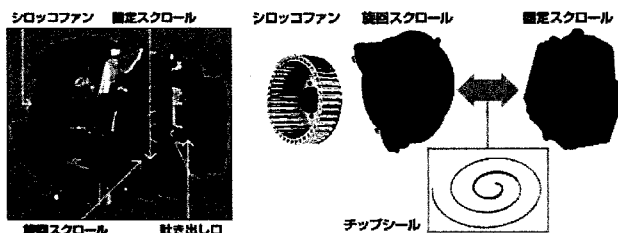
- 1: ロータリーポンプ（油回転ポンプ）
- 2: 油拡散ポンプ
- 3: ターボ分子ポンプ（TMP）
- 4: イオンポンプ



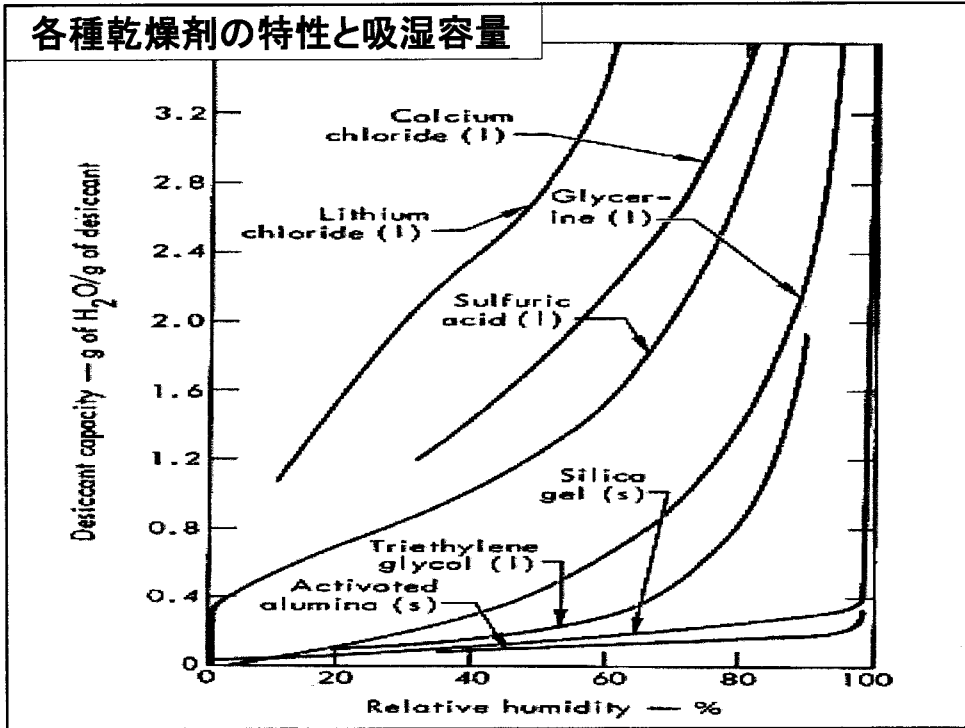
### コンプレッサーの例、II (回転式)



#### 【本体と主要部品】



スクロール方式；インボリュート曲線で構成されたラップを半回転ずらせた状態をかみ合わせ、両ラップに仕切られた空間の容積変化により気体を圧縮する。バルブが不用でもっともトルク変動が少なく、音・振動が飛びぬけて小さい。また小形クラスでもっとも効率が高い。

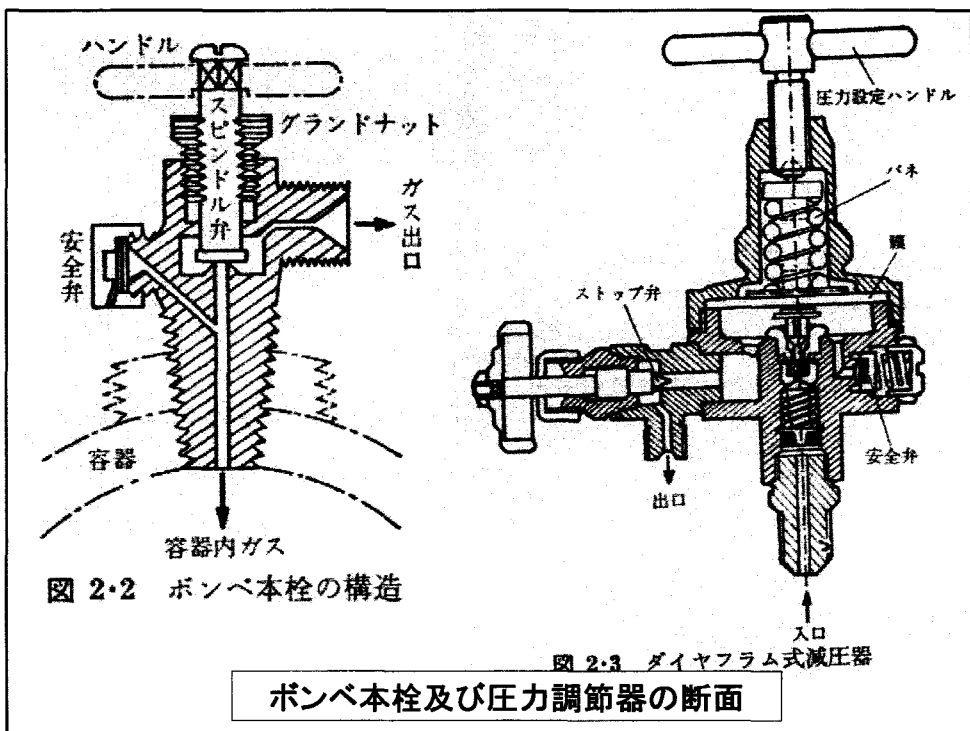


(L) N <sub>2</sub> BYKK 39686 V 40.8 W 60.7 7. 1965	TP 250 FP 150 W 60.6 (D) 5-69 W 60.6 (V) 7-72	
---	--	--

---

(L) : 製造メーカー記号      V 40.8 : 内容量40.8/      TP 250 : 耐圧試験圧力  
 N<sub>2</sub> : 充てんガス              W 60.7 : 重量60.7kg      FP 150 : 使用最高圧力  
 BYKK 39686 : ポンベ番号      7.1965 : 製造年月日 1965年7月  
 W 60.6 (D) 5-69 : (D) 耐圧試験所で1969年5月に試験  
 W 60.6 (V) 7-72 : (V) 耐圧試験所で1972年7月に試験

ポンベの刻印とその意味



### 気体試料採取の概要

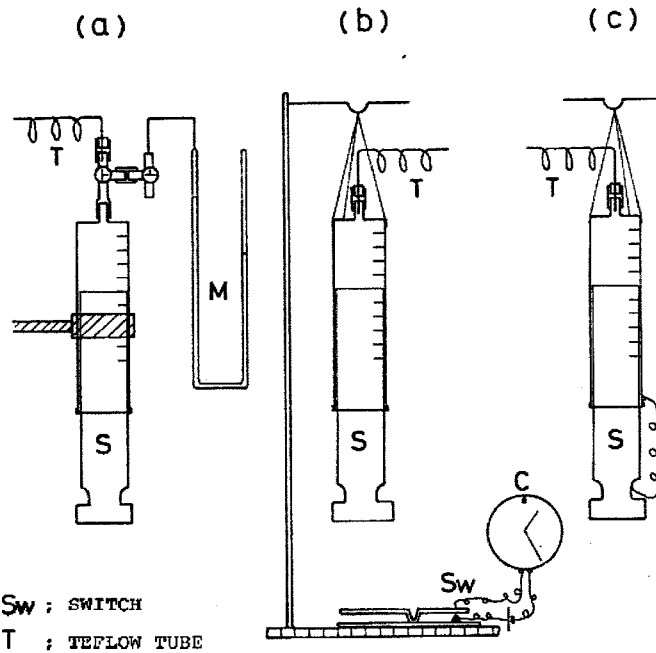
- 1 容器採取法
    - 1.1 注射筒 \*
    - 1.2 バッグ \*
    - 1.3 採気ビン \*
    - 1.4 キャニスター(金属容器)法
  - 2 濃縮捕集法
    - 2.1 吸収液法
    - 2.2 フィルター捕集法
    - 2.3 深冷却捕集法
    - 2.4 吸着捕集法/加熱導入型
    - 2.5 吸着捕集法/溶媒抽出型
- \* 曝露式(パッシブ)採取法

## 容器採取法の概要

- 1 注射筒(可変容器)  
(ガスタイトシリンジ、マグナムシリンジなどを含む)
- 2 バッグ(可変容器)  
フィルム材質;マイラー, テドラー(フッ化ビニル樹脂),  
テフロン(フッ素樹脂)  
構造; 積層構造;ラミネイト化アルミニウムバッグ  
(積層アルミ箔で遮光)、他
- 3 固定容器  
材質; ガラス, ステンレス鋼(内面処理)  
構造; 2口;採気ビン  
1口;真空ビン, キャニスター(金属容器)

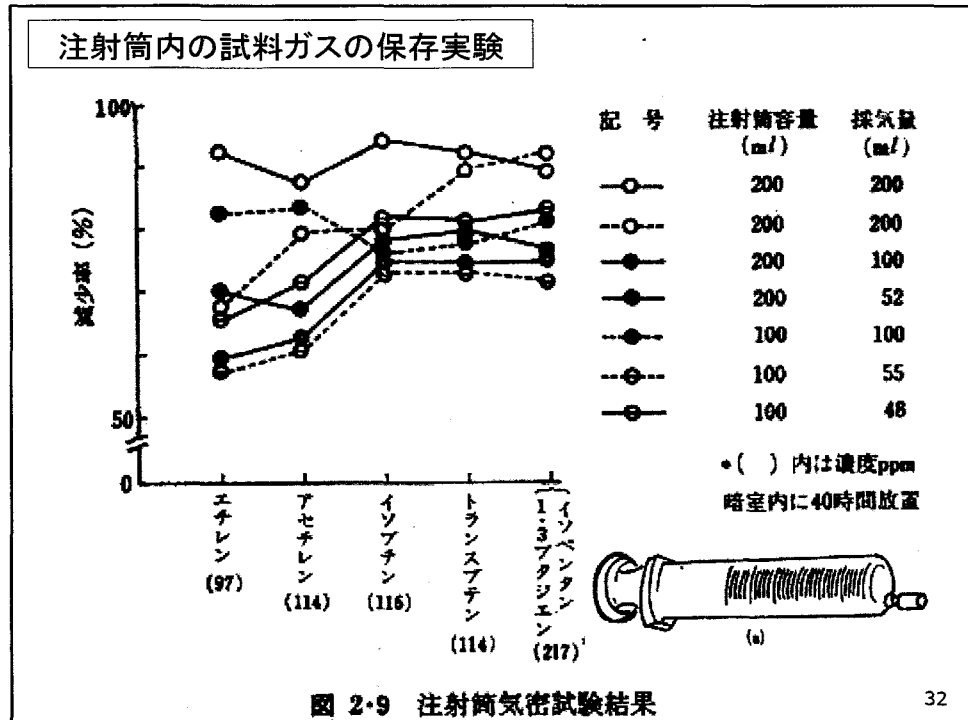
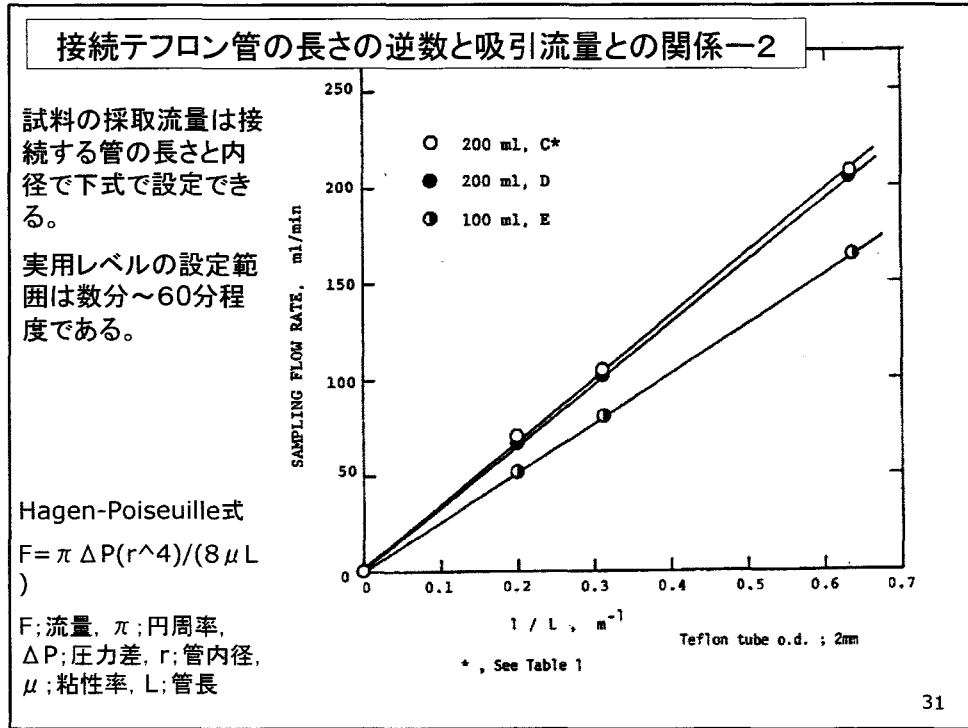
29

### ガス平均化 採取法 注射筒方式

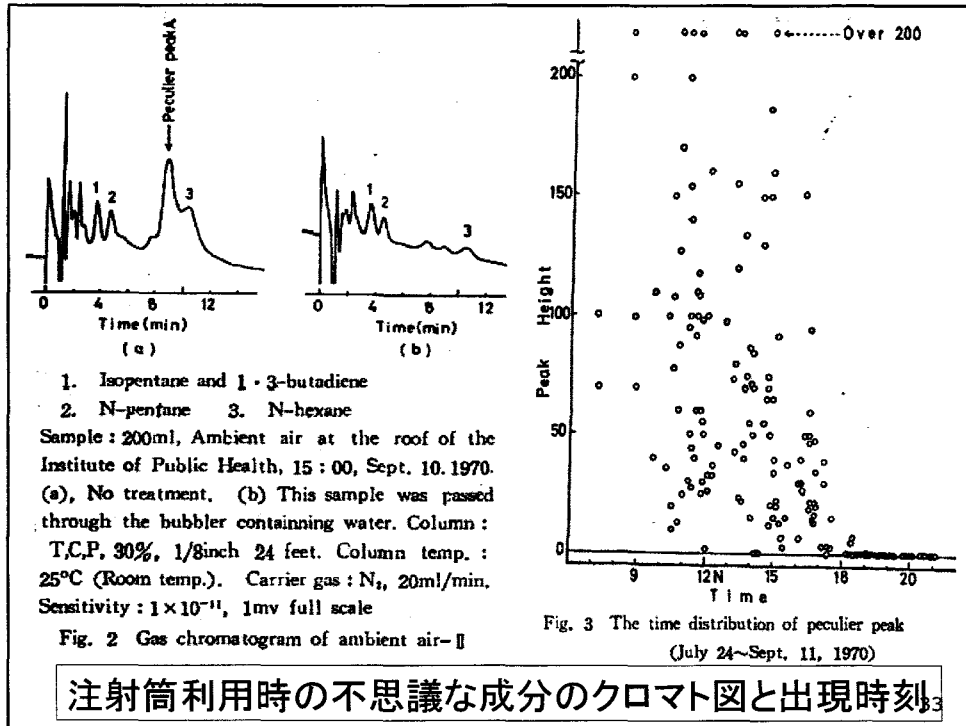


C ; ELECTRIC CLOCK Sw ; SWITCH  
M ; WATER MANOMETER T ; TEFLOW TUBE  
S ; SYRINGE

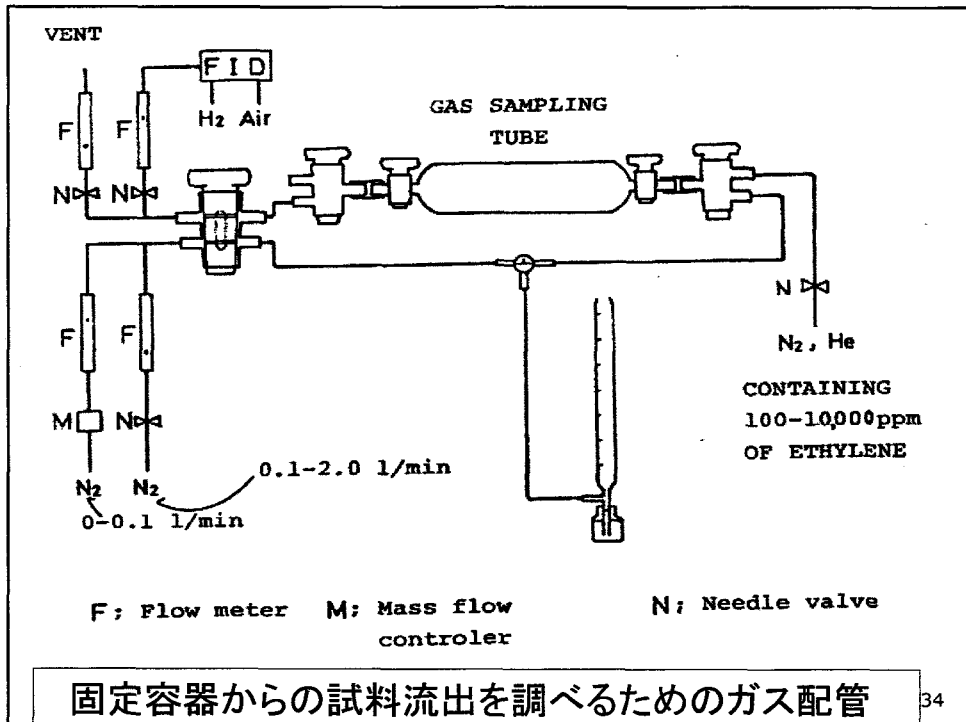
30







注射筒利用時の不思議な成分のクロマト図と出現時刻



固定容器からの試料流出を調べるためのガス配管

