

個人用塵埃サンプラの特性試験

大畑 勉**, 本郷昭三*, 鈴木間左支*

(1970年3月8日 受理)

A Study on the Characteristics of Some Personal Air Samplers

By Tsutomu OHATA**, Shozo HONGO* and Masashi SUZUKI*

This report describes the results of the test for sampling characteristics of some personal air samplers which are widely used for estimating the hazard due to inhalation of airborne harmful materials in the nuclear fuel plants and other industrial installations.

The personal air samplers investigated are three kinds, namely, of the trade mark of MSA Monitaire Sampler, UNICO Mighty Mite and Casella MK II.

In order to measure the flow rate of each sampler, a transducer was calibrated by means of other experimental procedure, before the flow rate tests were made. The battery capacity without the load and the maximum load under the constant voltage supply were also studied.

The maximum flow-rate without the load was about 5 l/min in the UNICO, 4 l/min in the MSA and 2 l/min in the Casella, respectively. The sampling air volume of the UNICO sampler is, however, most decreased by the increase of load, compared with those of the Casella and the MSA samplers.

Some other basic data useful for improving the characteristics of samplers were also obtained.

I. 序 論

一般に、有害物により汚染された空気の有害度を評価するために、作業施設内の一定のところに設置されたダスト・モニタにより有害物の空気中濃度測定値が使用されているが、この測定値をもつただちに施設内で各作業者が平均的に呼吸する空気中有害物の濃度であると考

えることは、発塵源の位置、作業者の動き、室内空気の流れ、場所による換気状態の差異などの要因とその定置モニタの設置位置や集塵方法などとの関係から考えて、必ずしも妥当でない場合が多く、各作業者の吸入被曝量を適切に評価出来ない場合が多い。

そこで、現時点で上述の諸因子を包括する1方法として、各作業者個人が作業中に自ら携帯し、かつ出来るだけ鼻口に近い場所で空気中の有害粉塵を採集しうる個人用塵埃 サンプラが開発されていることは衆知の事である。

個人用塵埃サンプラは、一般に濾紙を使用して空気中濃度を評価しているが、使用した濾紙の抵抗、電池容量、発塵量の時間的変動などによって、一定時間内に吸

* 放射線医学総合研究所 環境衛生研究部：千葉市大川4-9-1
(National Institute of Radiological Sciences: 1-9-4 Anagawa, Chiba-shi)

※ 現在：日本原子力研究所 保健物理安全管理部：茨城県那珂郡東海村 (Present Adress: Div. Health Physics and Safety, Japan Atomic Energy Research Institute: Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken)

引される全空気量に差が生じてくる。

そこで、今回の試験は、サンブラを使用する上で留意すべき事項を得る事と、負荷などが若干変動しても出来るだけ一定容量で、しかもより人間の呼吸量（作業内容個人間の相異によって変化する）に近い流量を吸引しうるサンブラを開発するための基礎的データを得る事を目的として行った。

II. 試験方法および結果

1. 試験に供したサンブラ

本試験に用いた3種類のサンブラの写真を Fig. 1 に示す。

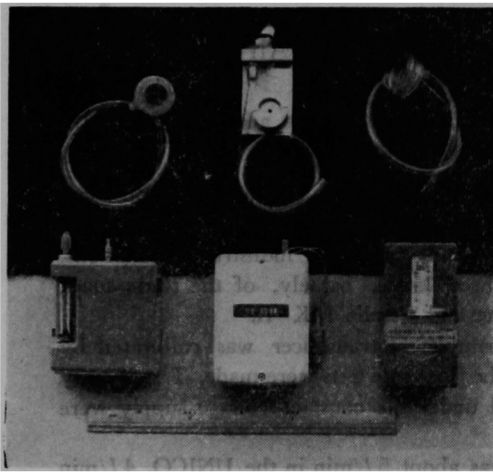


Fig. 1 View of the personal air samplers used for the capacity test
 Right: UNICO Mighty Mite Air Sampler (Model 440)
 Middle: Casella Personal Dust Sampler MK II
 Left: Mine Safety Appliances Monitaire Sampler

サンブラの吸引形式には、ファン式¹⁾²⁾もあるが、抵抗の高い、濾紙や濃度の高い空気中粉塵を長時間集塵する事に適さない。これに比べ1枚のダイヤフラムの往復運動で吸引する方法が、現在、世界的に広く使用されている。

今回試験に用いた3種類のサンブラは、全てこの形式である。Casella に使用されているダイヤフラムの材質は、合成ゴムである。そして、フレオンを使用しているサンブラ³⁾も報告されている。

2. 流量校正

ポンプの振動数、流量などを連続的に測定できるトラ

ンス・ジューサ MFP 1 T (抵抗 2.5mmH₂O/l/sec, 最大流量 2 l/sec, 日本光電製)を、流量測定に使用した。流量校正の方法を Fig. 2 に示す。図において上部に

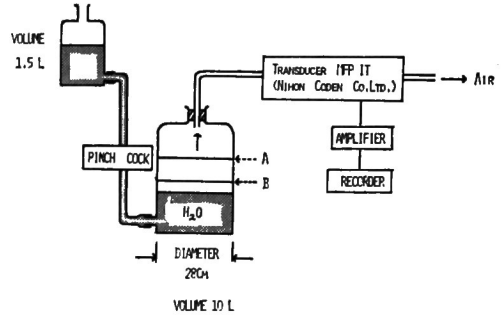


Fig. 2 Experimental diagram for the calibration of flow rate

置いた 1.5 l のビンより目的の空気流量になるよう、ピンチコックで水量を調節し、下部においたピン（容積 10 l, 底面直径 28cm）に B 点より 1 l になる A 点を通してまでの時間を測定して校正をおこなった。

3. 無負荷時の電池電圧の降下試験

3機種ともニッケル・カドニウム電池を使用しているが、吸引される空気量は電池の変化に影響される。そこで濾紙などの抵抗をいっさい加えない（無負荷）条件で、サンブラのみ可動させた場合の電池電圧の降下試験をおこなった。

その結果を Fig. 3 に示す。可動前の電圧は、UNICO

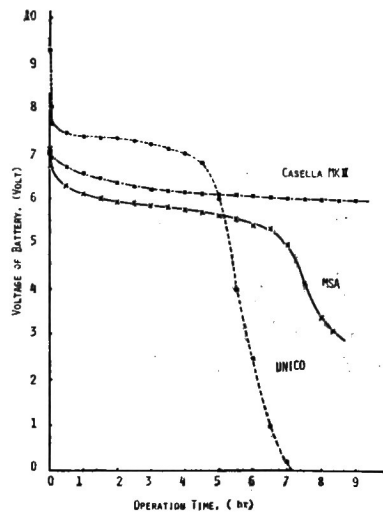


Fig. 3 Change of battery voltage vs operation time of the personal air samplers

で約 9.2V と一番高く、MSA は 7.1V、Casella は 6.9V であった。可動直後の電圧降下は、UNICO で約 1.8V と最も低下し、ついで MSA の 0.5V、Casella の 0.2V である。Casella の場合、9 時間経た後の電池電圧は 6V までしか低下していない。

4. 一定電圧の負荷と吸引流量との関係

この試験は Fig. 4 に示す試験系でおこない、MSA と

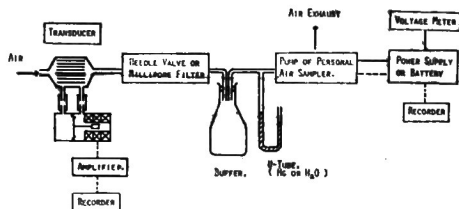


Fig. 4 Experimental diagram for the capacity test of personal air samplers

UNICO に対しては 7.5V で、Casella は 6V の一定電

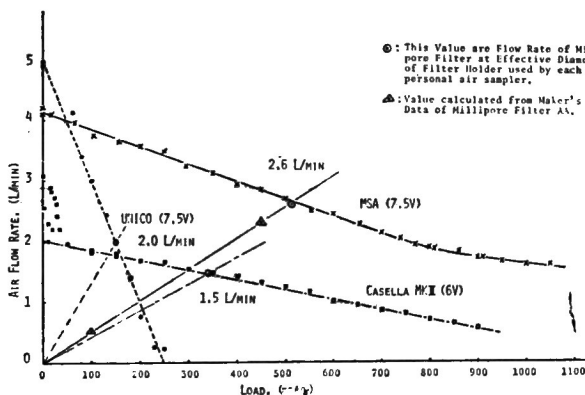


Fig. 5 Decreasing of the flow rate by load

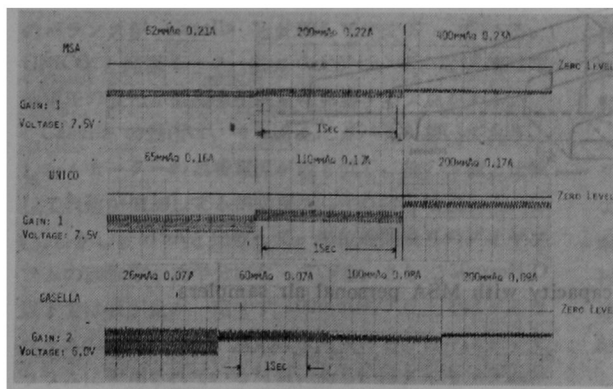


Fig. 6 Pattern of air flow in suction in three different kinds of personal samplers

圧を加えておこなった。この時サンプラに用いられている電池は使用せずに外部電源を使用した。

サンプラに加える負荷を調整するために、ニードル・バルブを使用した。加わる負荷の圧力降下を測定するために、サンプラの直前に U 字管を装入れた。

またミリポア・フィルタ AA の流量と抵抗を測定した。この際用いたフィルタの大きさは、それぞれのサンプラに用いられているホルダーの集塵直径と同一である。

その結果を Fig. 5 に示めすが、Casella の場合、負荷が 50mmH₂O 以下の吸引量は 2~3l/min の間にバラついて安定性に欠けている。約 900mmH₂O で約 0.5 l/min の吸引能力を持っている。

UNICO の場合は、無負荷時の吸引量が最も多く約 5 l/min にも達しているが、負荷の増加によって著しく流量に影響し、約 250mmH₂O 前後で停止した。

MSA の無負荷時の流量は、約 4.1l/min と UNICO より小さいが、約 1500mmH₂O まで吸引可能であることが判った。

ミリポア・フィルタ AA の流量と抵抗の試験結は、Casella で 1.5l/min (340mmH₂O)、UNICO で 2l/min (150mmH₂O)、MSA は 2.6 l/min (515mmH₂O) であった。

5. 一定電圧時のサンプラの吸引状態

脈動を平滑化する系を除いて、4 と同様の電圧で、2, 3 の負荷時におけるそれぞれのサンプラについて、ダイヤフラムの振動数、消費電流を測定した。

その結果を Fig. 6 に示す。UNICO は負荷が増加するとダイヤフラムの振幅が顕著に減少している。振動数および消費電流は、MSA で 62 mmH₂O の時 50回/sec, 0.21 A, UNICO は 65 mmH₂O で 48回/sec, 0.16A, Casella は 60mm H₂O で 30回/sec, 0.07A であった。また 3 種類のサンプラとも負荷が増加すると消費電流は若干増加の傾向を示めしている。

6. 無負荷時の供給電圧と流量との関係

それぞれのサンプラへの供給電圧を MSA と Casella の場合 7.5V まで、UNICO は 9V まで変化させ、可動開始電圧および流量を測定した。

その結果を Fig. 7 に示す。UNICO と MSA は電圧が増加するに従い、ほぼ直線的に流量は増加している。これに対し Casella は電圧を 5.5V 以

上増しても約 2.6l/min の一定流量になっている。これはモーターに回転数を調整するガバナが装着されていて、それが効果を発揮しているものと思われる。可動開始電圧は、UNICO で約 0.8V, MSA で 1V, Casella で 1.6V 前後である。

7. MSA における個々のサンプラの性能の比較試験

同一機種においても個々のサンプラ間で同じ程度の性能があるかどうかは、使用する上で重要である。そこで今回は 4 と同様に負荷と流量との関係について、供給電圧を 7.5V として試験をおこなった。

その結果を Fig. 8 に示すが、Fig. 5 と良く一致しており、しかも相互間にそれほど差が生じていないことから同時期に製作されたサンプラであれば、同程度の性能を持っていると思われる。

MSA については、当研究所において使用していることから、試験結果を総合すると Fig. 9 の特性図が得られた。この図において、直線 AB は、供給電圧が 7.5V から 4V までのミリポア・フィルタ AA の流量を表わしている。そこで、II-3 の試験結果から、使用時の電池電圧は約 7V より、実際の使用時における開始流量を図上より求めると約 2.5l/min (C点) となる。

以上の試験結果を、3 種類のサンプラについて比較するために Table 1 に示めた。

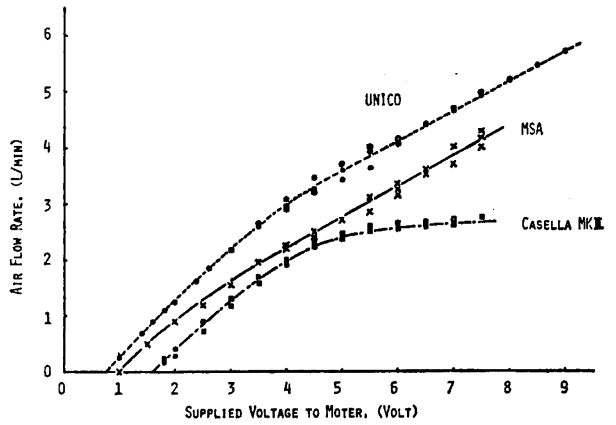


Fig. 7 Relation between the flow and supplied voltage to moter

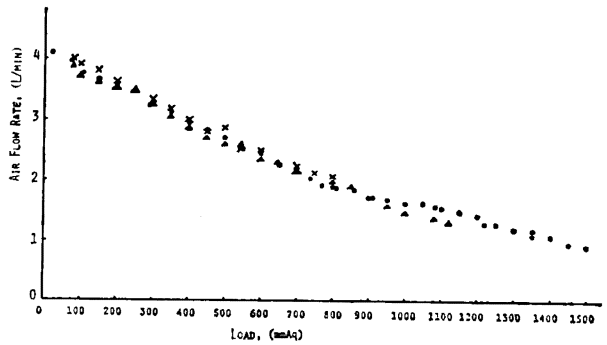


Fig. 8 Deviation of capacity among three MSA personal air samplers

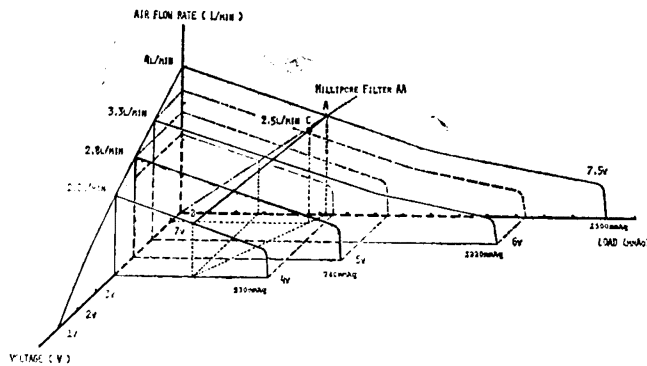


Fig. 9 Geometrical illustration of capacity with MSA personal air samplers

Table 1. Results of the capacity test in three kinds of personal air sampler.

	Total Weight. (gram)	Max. Volt. of Battery (Volt)	Max. F. R. without Load. (l/min)	Max. Load tolerated (mmH ₂ O)	F. R. of M. F. AA used. V(l/min)	Effect. Dia. of Filter Holder. d(mm)	Frequ. and Amp. of Pump at Load. (Fre/sec) (A)	Start. Volt. of Pump without Load. (Volt)	Sampling Velocity. (cm/sec)
UNICO Mighty Mite.	570	9.2	4.8 (7.5V)	about 260 (7.5V)	2.1 150mmH ₂ O (7.5V)	34	48 0.16A (65mm H ₂ O)	0.8	3.9
Casella MK. II	730	6.9	213 (6V)	about 900 (6V)	1.5 340 mmH ₂ O (6V)	21	30 0.07A (60mm H ₂ O)	1.6	7.6
M.S.A.	660	7.1	4.1 (7.5V)	about 1500 (7.5V)	2.6 520 mmH ₂ O (7.5V)	21	50 0.21A (62mm H ₂ O)	1.0	12.5

Where F.R.=Flow Rate. Sampling Velocity = $V/\pi(d/2)^2$
M.F.=Millipore Filter.

Ⅲ. 考 察

UNICO の場合、1台のみの試験結果であり、しかも今回試験に用いた電池が劣化している事も考えられるので即座に断定出来ないが、短時間でしかも抵抗の低い汚紙を装着して空気汚染の有無を知る程度に使用される方が良く考える。しかも汚紙の材質によっては、集塵されるところが幾つかの同心円上のみになされ、集塵有効面積は実際に用いられている汚紙の集塵面積よりかなり小さくなり負荷が急激に増加する場合が生じ、吸引した全量はさらに小さくなると思われる。

MSA はサンプラに用いられているモーターと電池とのバランスが Casella と比較してやや劣っている。UNICO と同様モーターにガバナがついていない事は電池電圧の変化が直接吸引流量に影響する欠点がある。

Casella の長所は、モーターにガバナが着いており、しかもモーターの消費電流が最も低く、他の2種と比較して負荷が増加しても消費電流はそれほど増加していない。しかし、MSAと比較して、単位時間当りのダイヤフラムの回転数が約半分になっている。さらに50mmH₂O以下では吸引量が一定せず100mmH₂O以上ではダイヤフラムの可動状態が不規則になっている。これはダイヤフラムに使用されている材質、あるいはダイヤフラムの可動機構に難点があるためと思われる。

個人用サンプラの性能としては、吸引性能が良いこと

も必要であるが、サンプラ自体の大きさ、形状および重量も大きな要因となる。その点、今回試験したサンプラは約700g前後で作業能率の低下を引きおこすほどではないと考えられる。

以上の試験結果から判る様に、吸引量は電池容量、空気中の粉塵量、ポンプの可動特性などによって、いちじるしく変化すると思われる。

そこで、現状のサンプラを使用して全吸引量を求める場合、Fig. 9 に示す特性図を個々のサンプラについて求めておき、集塵開始から終了まで負荷と電池電圧を測定するか、あるいは流量を連続的に測定しなければ、より正確な全吸引量は評価しえない。しかし、使用時には、種々の制約が加わるので開始時と終了時の流量を測定し、もって平均流量より全吸引量を算出することは現時点ではやもえないと思われる。

あるサンプラを用いて集塵する場合、フィルタ・ホルダの構造、面速度、流線とホルダとの角度などの因子によって空気中に浮遊する粉塵が選択的に集塵されることが、Walton⁴⁾、Fuchs⁵⁾らによって示めされている。木村²⁾は、柴田化学の個人用サンプラで煙灰、石英と電極用のカーボンを粉塵に用いて実験的に試みている。その結果によると、数10 μ 以上の粗大粒子を含む粉塵が浮遊している場合でも、サンプラに採取される粒子の大きさは、ほとんど5~6 μ 以下であったと報告している。この時の面速度は、最大でも3cm/sec前後と推定され、今

回の試験中最も低い、UNICO (Table 1) より若干低い、が、同様のことが今回試験をおこなったサンプラでも起りうると思われ。

したがって、個人用サンプラを使用して空气中濃度を評価するさい、上述の因子のほかに、電池の回復能力、作業時のポンプ特性、ホルダの装着位置⁶⁾などの影響を十分考慮する必要がある。

現在の時点で改善するとすれば、

(1) 電池電圧の変動に対しモーターの回転数があまり影響されないガバナ付モーターを使用する。

(2) サンプラの重量、大きさがやや増加しても、電池容量とモーターの消費電力とのバランスの均れたものにする。この点、電池容量に限界があるので、使用時間の設定が必要になる。

(3) ダイアフラムの材質の劣化が問題になり交換時期を明記すると共に、より劣化しにくい材質を選択する必要がある。

(4) 負荷がある程度増加しても、ダイアフラムおよび機械的な可動機構などが円滑に作動する様改善する。

IV. 結 論

以上の試験結果から

(1) UNICO は無負荷時に最も多量に吸引するが、負

荷の変化に著しく影響される。

(2) MSA は吸引可能な最大負荷で、他の2種類と比較して優っており、ミリポア・フィルタを装着した時も吸引量が最大値となった。しかし電池電圧の変化に伴ない流量が変化するので使用には注意を要する。

(3) Casella は MSA と比較して、無負荷時の吸引量、負荷時の流量において劣っているが、モーターの消費電力が最小でしかもガバナが装着されているなど、今回試験をおこなった中で、実用的であると云える。

しかし、吸引量など今だ改善されるべき点は多々みうけられた。

参 考 文 献

- (1) 木村菊二; 労働科学, 41, (5), P. 239 (1965)
- (2) 木村菊二; 労働科学, 43, (8), P. 443 (1967)
- (3) R. J. Sherwood and D. M. S. Greenhalgh; *Ann. Occup. Hyg.* 2, 127 (1960)
- (4) W. H. Walton; *Brit. J. Appl. Phys. Suppl.* Paper A. 5 No. 3, P. s 29-s 33. (1954)
- (5) N. A. Fuchs; "The Mechanics of Aerosols." P. 142-P151, Pergamon. (1964)
- (6) B. B. Chatterjee. et al.; *Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 30, 643 (1969)

Société Française de Radioprotection からの会議開催案内

当協議会委員長宛、下記の案内がとどきましたので御知らせいたします。

Dear Chairman,

I have the honour to inform you that the "Société Française de Radioprotection" will hold its Vth International meeting in Grenoble (Isère) from February 1 to 5, 1971. As president-elect of our Society I have been entrusted with the organization of this meeting, the general theme of which will be : Bone-seeking isotope contamination and radiation protection. The following subjects have been retained :

- metabolism of bone-seeking radionuclides
- assessment of bone burden and measurement of the delivered doses
- early and late biological effects on bone and hematopoietic tissues
- practical standards for radiation protection
- treatment of deposited bone-seeking radionuclides

The official languages will be french and english.

An exhibition of scientific equipment will take place jointly.

Within a few weeks further information and registration forms will be circulated. You will receive some copies.

Yet, I would be very grateful to you if you could already announce this meeting to the members of your Society whom we warmly invite through your intermediary.

I thank you forward for it with kind regard,

Yours sincerely,

M. AVARGUES

S. F. R. P. President-elect
Congress General Secretary
Centre d'Etudes Nucléaires
D. P. S. —B.P. n° 6

92-Fontenay-aux-Roses (France)