



2. 作業環境の監視に係わる技術小論

(7) マスクマンテスト

椿 裕彦 小林 博英 深沢 国雄

東海事業所安全管理部

資料番号：81-16

2. Development of Technology on Radiation Monitoring
of Working Environment

(7) Mask-Man Test

Hirohiko Tsubaki Hirohide Kobayashi Kunio Fukasawa

(Health and Safety Division, Tokai Works)

放射線作業、特殊放射線作業等における作業者の放射性物質の吸入を防止するために、各種の呼吸保護具を作業者に着用状態で検査する装置（マスクマンテスト装置）を整備し、作業者の各種動作に対する漏れを評価している。本試験装置は、1974年にNaCl粒子を用いたテスト装置を試作し、その後の改良により現在の装置に至っている。本装置は、NaCl粒子濃度測定器、NaCl粒子発生装置、テストチャンバー等で構成され、呼吸保護具内の粒子濃度とテストチャンバー内の粒子濃度から漏れの評価を行っている。

1. はじめに

放射線作業にあたっては、放射線場や作業形態に応じて、作業者の放射性物質の吸入を防止するために半面マスクあるいは全面マスクを着用している。マスクの着用にあたっては、作業者各自のマスクの顔面への密着性を試験するため、マスクマンテスト装置を用いて、その有効性を確認している。

マスクマンテストを開始するにあたり半面マスク、全面マスクを含めた呼吸保護具全般について各種の動作に対する漏れの性能評価を行える装置の開発を進める必要があった。また、各動作負荷による着用者の生理的現象の影響をも調査し、呼吸保護具の改善や着用基準、着用に伴う肉体的、精神的影響を検討し、防護性能を正しく評価でき、定常的に使うことができるよう諸問題を解決する必要があった。さらに測定データ処理の自動化等も検討を進めることも必要であった。

東海事業所においては、適正なテストを実施するためテスト装置の開発を約10年間にわたり試験用NaCl粒子発生装置、NaCl粒子測定装置の製作および被験者の防護具（衣）着用時の生理的影響等各種特性に関する種々の試験、試作を行い現在のテスト装置に至っている。

2. マスクマンテスト装置の経緯

(1) 1974年、英国とスウェーデンは国家的な基準の中に防護係数(PF)という考え方を採用し、各種の呼吸保護具にPFを示す数値を与え、呼吸保護具の選択に定量化の考え方を導入した。米国も1976年には、同じ方式を採用している。西独は、正式に採用していないが、消防関係については全面マスクの漏れ率を0.05%以下に規制していた。わが国では、井上¹⁾等により1966年頃からこのようなアプローチが開始され、日本原子力研究所、動燃事業団等の原子力施設および呼吸保護具メーカーでもNaCl法等が追試され実施されている。

1982年頃実施しているNaCl法は、英国標準(BS)に基づいて装置を試作したものであり、マスクマンテストは、半面マスクと全面マスクに限られている。またテスト方法も椅子に掛けた状態で頭部のみを動作させて行っており、実際の作業を想定した各種の動作に対する評価は、実施できていない。

また、サンプリングは、マスクの構造上呼吸弁を利用して行うしかないが、この方法では、マスクの漏れを正しく代表するものではない。面体にパイプを入れて呼吸中の空気をサンプリングする方法は、

正しい方法ではあるが実験的には、使えたとしても定常的には使用できない。つまりすべてのマスクに穴を開けてしまうことになるからである。

(2) 東海事業所における呼吸保護具試験の経緯

① 装置の設計、製作 (1980年)

テストチャンバー、測定器、NaCl粒子発生器の仕様検討と設計、製作およびF棟管理区域の一部解除、撤去工事

② テストチャンバー、測定器、NaCl粒子発生器の性能評価試験 (1982年)

テストチャンバーの据え付け工事、テストチャンバー内濃度分布測定と測定器、NaCl粒子発生器の特性試験 (テストチャンバー平面図を図-1に示す。)

③ 呼吸保護具 (衣) 装着による基礎試験 (1983年)

各種呼吸保護具 (衣) を装着し、各種の負荷動作によるPFの測定

④ 各種保護具の性能評価 (1984年)

改良型NaCl発生器の性能評価と各種保護具の性能評価

⑤ 呼吸保護具 (衣) 装着による生理的影響の調査 (1984年)

各種呼吸保護具 (衣) を装着した場合の各種負荷動作による生理的影響を調査

⑥ ルーチン化への適用検討 (1984年)

⑦ テストマニュアルの作成 (1984年)

(3) 東海事業所におけるテスト装置の経緯

① 1969年 DOP粒子発生器と光散乱型測定器を使用

② 1974年 NaCl粒子を用いたテスト装置を試

作 (動燃1号型)

③ 1977年 上記同機の改良型として希釈装置付きを製作 (動燃2号型)

④ 1980年 装置の小型化 (動燃3号型) を図るとともに被験者が全身入ってテスト可能なテストフードを製作 (これ以前は、被験者の上半身だけを覆っていた)

⑤ 1985年10月 発生部・検出部等の改良を図った新型装置を備えて試験を実施

3. 防護具性能試験装置

(1) 装置の概要

本試験装置は、半面マスク、全面マスク、エアラインマスク (スーツ) 等を含めた呼吸保護具全般について、各呼吸保護具の防護性能をPF (防護係数) として評価するためのものである。

本試験装置は図-1に示すようにNaCl粒子濃度測定器、NaCl粒子発生装置、テストチャンバー等からなっており、NaCl水溶液をNaCl粒子発生装置で噴霧してNaCl粒子を発生させ、ミスト拡散ドライヤーで乾燥後、希釈筒で希釈エアラインと混合希釈し、テストチャンバー内のNaCl粒子混合室を経由し試験室に導入する。

被験者は、呼吸保護具を着用後テストチャンバー内に入室し、試験室内 (環境側) と呼吸保護具内のNaCl粒子濃度を2つのデジタル粉塵計検出器で測定し、結果をPFとして求めるものである。

(2) 試験結果

半面マスク、全面マスク、エアラインマスク、エアラインスーツ、ハウエル型加圧服について、静止、話す、顔の上下、腕の上下、床面作業、踏み台

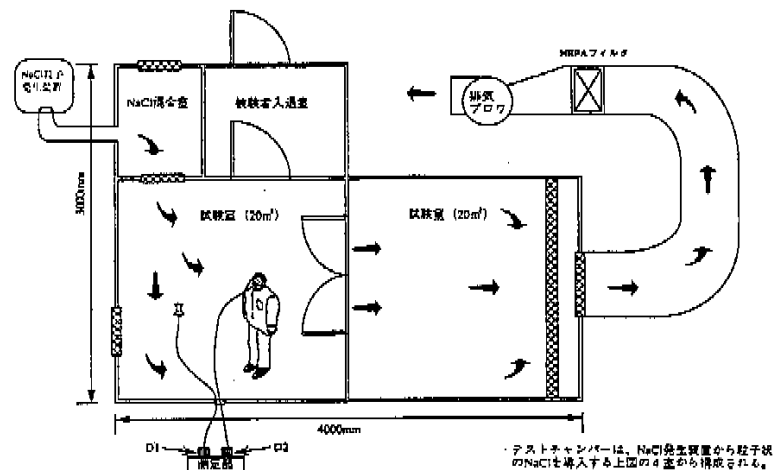


図-1 テストチャンバー平面図

表-1 性能評価試験結果

保護具の種類	PF値 (漏れ率%)	備 考
半面マスク	~200 (0.5)	負荷動作では全面マスクと同程度の防護性能が得られた。
全面マスク (I) (II)	~200 (0.5) ~500 (0.2)	(II)は、タイベックスーツを雇用し、周辺部をシーリングしたデータである。タイベックスーツが防護性能に果たす役割の大きいことがわかった。
エアラインマスク 送風量 120 l/min 150 l/min 200 l/min	~1000 (0.1) ~1000 (0.1) 5000~10000 (0.02~0.01)	適当な送風量で内部圧力が陽圧を維持していれば高いPF値を得ることができる。
エアラインスーツ	5000~10000 (0.02~0.01)	全身スーツおよび半身フードの保護具については、負荷動作では内圧変化から感じる粒子の「しゃくり込み」現象が確認されず、高いPF値を得ることができた。
ハウエル型加圧服	5000~10000 (0.02~0.01)	

昇降の各動作を行った。各保護具についての性能評価試験結果を表-1に示す。

全面マスクは、半面マスクと比較して顔面への密着性が優れている。フィルタはNaCl粒子に対して、0.01%前後の漏れ率であるため防護性能は顔面への密着性が主要因となっている。

エアラインマスクは、コンプレッサー等の空気源から一定流量でマスク内に供給される構造になっており、さらに陽圧弁を有しマスク内が呼吸時でも陽圧になるようになっている。この形状のエアラインマスクで大きなPF値を得るためには、頭ひもの締め具合を強めにするか、供給空気量を200l/min程度にする必要がある。

エアラインスーツに供給した空気流量は250l/minであり、この時のスーツ内圧は、被験者により異なるが約35mmH₂Oであった。

ハウエル型加圧服は充電式電池とブローを使用し、3個のフィルタにより浄化した空気を保護具内に供給する半身フードである。漏れ率は0.01%前後であり、有意な漏れは示さず、大きなPF値が得られた。

4. マスクマンテスト

(1) マスクマンテスト装置 (MT-100型)

本装置は、NaCl粒子発生部、NaCl粒子濃度検出部、演算表示部、試験動作案内部、テストチェンバー部より構成されている。NaCl粒子発生部では、9%濃度のNaCl水溶液を圧縮空気により噴霧し、ミストを発生させ、乾燥管内で加熱乾燥し、NaCl粒子とする。装置の系統を図-2に示す。

NaCl粒子は、テストチェンバー部のテストフード内に連続供給され、テストフード内濃度が一定となるようにしている。

試験中、マスク面体内とテストフード内のNaCl濃度をそれぞれ連続サンプリングし、NaCl粒子濃度検出部で光散乱光量積分方式によりそれぞれのNaCl濃度を検出し、以下の式から漏れ率を計算する。

$$\text{漏れ率} = \frac{\text{マスク面体内NaCl濃度} - \text{BG}^{*1}}{\text{テストフード内NaCl濃度} - \text{BG}^{*2}} \times \text{ブランク}^{*3} \times 100\%$$

ここで、

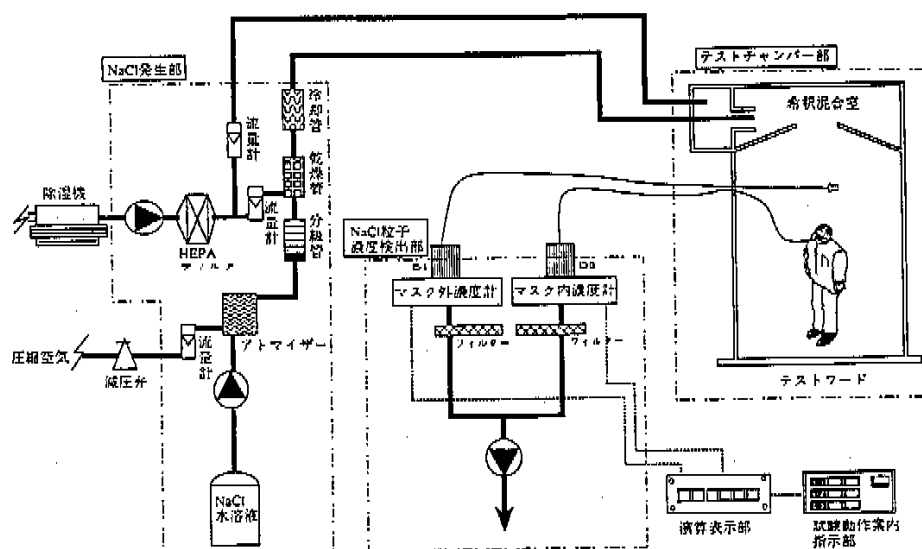


図-2 マスクマンテスト装置 (MT-100型) 系統図

- *1: 面体内測定用検出器のバックグラウンド
- *2: テストフード内測定用検出器のバックグラウンド
- *3: 面体内とテストフード内が同濃度のときのテストフード内濃度測定値を1としたときの面体内の濃度測定値の割合

検出された値は、自動的に漏れ率に演算処理され面体内、テストフード内の濃度および漏れ率が表示されるとともに漏れ率が5%を超えた場合はブザーが吹鳴する。

被験者の動作指示は、試験動作案内指示部によりテストフード内スピーカでアナウンスされるようになっている。

(2) 装置の仕様

現在使用しているマスクマンテスト装置の仕様を以下に示す。

測定対象: 半面、全面マスク装着時の漏れ率試験

測定範囲: 漏れ率 0.01~99.99%

測定時間: 1分間

再現性: 漏れ率 $\pm 0.1\%$ FS

測定方法: オートコードにより指示案内(自動)

検出感度: $1\text{ CPM} = 1\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NaCl粒子による)

検出範囲: $0 \sim 10^5\text{ CPM}$

発生濃度: 約 $10\text{mg}/\text{m}^3$

発生粒子径: 平均径 $0.3\mu\text{m}$

表示: 環境濃度(テストチャンパー内濃度)

面体内濃度

ブランク値(同濃度中での環境濃度と

面体内濃度の割合)

漏れ率測定時間(残時間、1秒単位)

判定(OK/NG)

判定値設定(ダイヤル表示)

警報(電子ブザー)

案内: オートコード

電源: AC100V, 50Hz, 2KVA

寸法重量: 発生・測定・表示部

約 $597\text{W} \times 770\text{D} \times 1800\text{H mm}$

約180kg

テストチャンパー部

約 $900\text{W} \times 1135\text{D} \times 2200\text{H mm}$

約160kg

(3) テストの方法

マスクマンテストは、予備テストと本テストの2段階により行っている。それぞれのテスト方法を以下に示す。

① 予備テスト

- (a) 静止状態で普通の呼吸をする
- (b) 顔をゆっくり左右に動かす

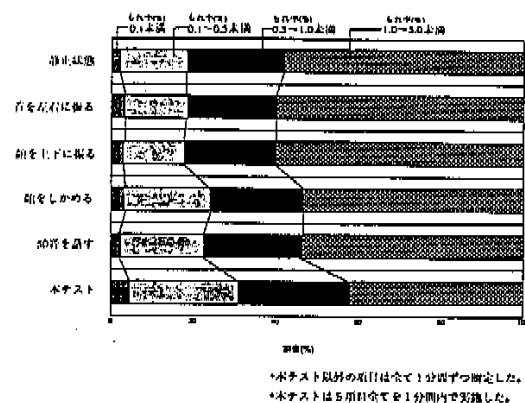


図-3 マスクマンテスト漏れ率分布

(c) 顔をゆっくり上下に動かす

(d) 顔をしかめる

(e) 五十音をゆっくり大きな声で話す

を各1分間行い、各項目毎の漏れ率を確認する。

② 本テスト

テスト装置から流れる案内により、(1)の予備テストの項目を1分間で行い、漏れ率を確認する。

(4) テスト結果と判定

半面マスクのPFは、通常10~100程度と報告されている。東海事業所の放射線管理基準でも半面マスクのPFを10としていることからテスト時には、2倍の安全係数を見込んでPFを保証できること、すなわち漏れ率で5%以下を合格基準としている。

1回でテストに合格しなかった場合には、マスクを装着しなおすとか、マスクを交換する等して再度テストを行っている。

平成2年度におけるテスト結果は図-3のとおりである。

5. マスク着用時の感触等調査

マスクマンテスト受験者にマスク着用経験、テストの感想、マスク着用時の感触、マスク着用のし易さ等についてアンケートを実施した。アンケートの結果については、図-4に示すとおりである。

アンケート結果からマスク着用の経験がありながらも着用時には息苦しさを感じている人が50%を超えており、また不快感を感じた人が70%近くに達していることがわかった。

マスクのゴムのかたさについては、評判は悪くない結果となっている。

これらの結果を踏まえ、マスク装着技術やマスク性能試験方法の向上に寄与していく。

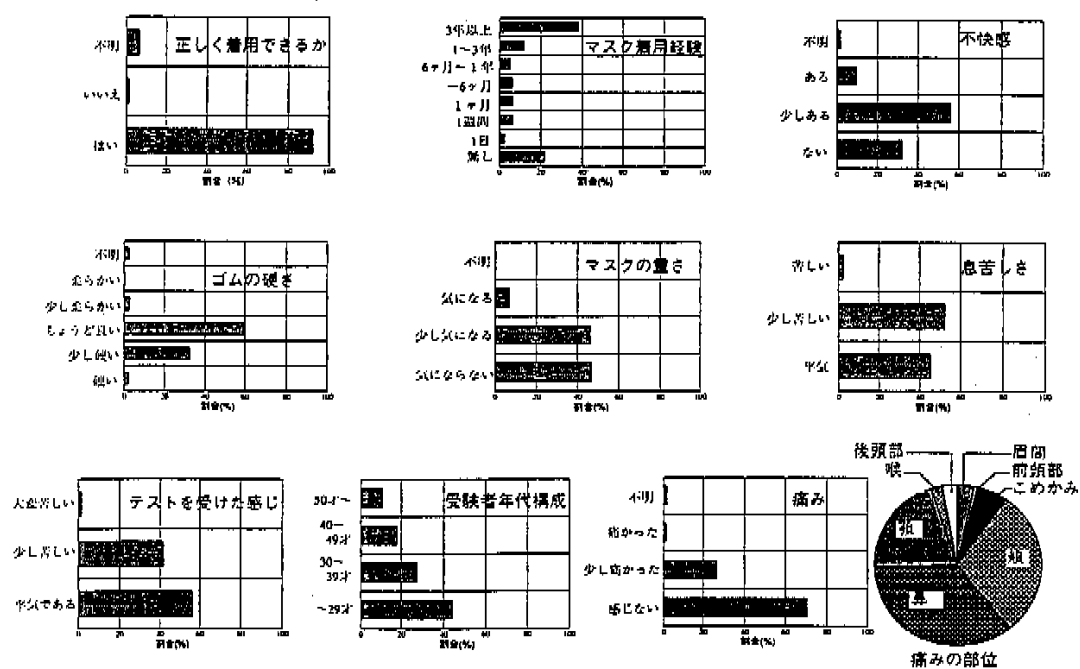


図-4 マスクマントテスト感触等アンケート

参考文献

- 1) 井上武一郎, 呼吸器の防護性能その定量的評価へのアプローチ, セイフティダイジェスト, 25 (2), (1979)