

7. 高圧酸素装置の清浄法に関する研究

中林 和彦* 小此木国明* 大岩 弘典*

目 的

航空宇宙、原子力分野で重視されてきた、機器の清浄度維持の理念は、潜水装置・支援機器にも適用され始めている。これは酸素系の事故の多くが汚染によるものであり、潜水装置におけるこの系の重要さにある。米国での液体酸素・高圧酸素ガス系の事故 46 件の原因は、液体酸素では酸素適合性のない材料使用の事故が多く (32%)、高圧酸素ガスでは、清浄度不良によるものが多く (32%) になっている。清浄度不良とする汚染物は、アルミチップ、錆、有機物質、潤滑剤、そしてナイロン等の樹脂の弁やパッキンのくずである。高圧酸素中では、わずかの油分 (炭化水素系切削油濃度 $14 \text{ mg}/\text{ft}^2$) でも断熱圧縮の温度上昇から発火する (Walde 1965)。アルミ・鉄など金属も重量に比較し表面積の大きい粉末では、空気中で燃える (鉄 7μ 粒子 $153 \text{ g}/\text{Nm}^3$; Botteri 1968) ため、金属粉塵自らの摩擦による発熱や静電気火花から、高圧下で容易に爆発する (北川 1969)。

高圧室内実験装置等の汚染による事故を防ぐために、機器の洗浄方法と清浄度基準を得る目的で以下の実験をした。

方 法

1. 純酸素でパージし続ける塩化ビニール製クリーンボックス内に、減圧弁、アルミ製コック各 3 個をブラシにより、粗洗浄、本洗浄、ゆすぎの 3 回洗浄した。
2. 洗浄液には 1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane (フロン 113: じょ限度 1000

* 横須賀地区病院潜水医学実験部

ppm) を用いた。

3. 使用済洗浄液は、ミリポアメンブラン 0.8μ フィルターで吸収濾過し、フィルター上の粒子の径と数を測定した (粒子検査)。濾液は溶剤を蒸発させ、不揮発性残渣を秤量した (不揮発性残渣検査)。
4. 比較のため、クリーンボックス内と室内の浮遊塵埃を捕集測定した。

結 果

図 1 は測定した粒子の径とその数の関係を示す。洗浄後の溶剤とゆすぎ液中の粒子は、レベル 750 以下、使用前の溶剤中はレベル 300 以下、クリーンボックス内はレベル 200 の清浄度であった。表 1 は不揮発性残渣の結果を示す。ゆすぎ液を見ると、最初の汚染状態は最終値に関係なく、同じ汚れの減圧器で $0.2 \sim 2.0 \text{ mg}/\text{ft}^2$ と差があり、おおむね $1/20$ の清浄化を示す。

不揮発性残渣に関して要求される清浄度は $1 \text{ mg}/\text{ft}^2$ で、 $1/3$ が不合格だった。粒子に関する清浄度は、規格や被験物の種類によって異っている。表 2 は、MIL 規格と、連邦規格、企業規格とを比較したもので、レベル 100 は連邦規格 10 万のクリーンルームの清浄度に相当する。今回の実験で得られた清浄度 (レベル 750) は、液体酸素エンジンの規格は満足する。しかし、航空機の酸素系の規格 (MIL-STD-1359) は達成できなかった。

考 察

今回、ゆすぎ液と洗浄溶液とを図 1 において区別していないが、 300μ 以上の粒子がゆすぎ液には少なかった。よってレベル 750 の清浄度を得るためには、 300μ 以上の粒子を除く必要

があり、レベル 200, 300 の清浄度達成を目標とすることにより、300 μ 以上の粒子を除去できると思われる。

MIL-STD-1359 のレベル 200 を達成するには、① クリーンルームの設計基準、② 本

洗浄はブラッシングではなく超音波洗浄を適用（洗浄の再現性の向上）、③ 被洗浄物の形状及び表面加工の違いによる汚染除去率の差を少なくする。④ プラスチック・ゴム類に使用できる水溶性洗剤の選択、などの問題点がある。

図 1 測定結果 (粒子計数)

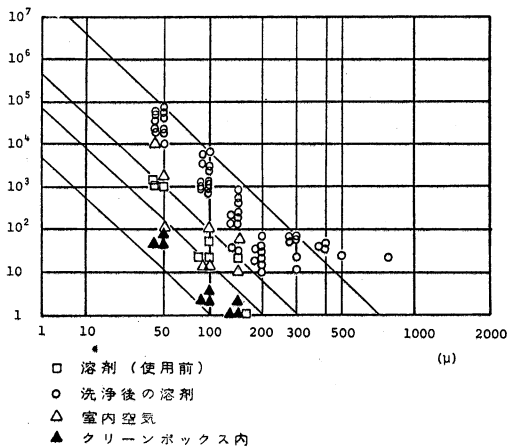


表 1 不揮発性残渣測定検査 (mg/ft²)

	1回目洗浄液	2回目洗浄液	ゆすぎ液
二方コック A	4.4	1.5	0.8
B	68.9	5.5	1.3
C	12.3	1.5	0.5
減圧器 A	4.9	2.1	0.4
B	4.6	5.0	2.0
C	4.5	0.2	0.2

洗浄前溶剤 平均 0.6

表 2

Cleanliness Level (Particulates) MIL-STD-1246a

Cleanliness Level	Range Surface and Fluids	Quantity of Particulates
10	5	Less than 3
25	5	21
	15	Less than 4
	25	1
50	5	180
	15	25
	25	7
	50	1
100	15	280
	25	75
	50	11
	100	1
200	15	4100
	25	1100
	50	180
	100	16
300	25	7000
	50	1000
	100	90
	250	Less than 3
500	50	11000
	100	950
	250	25
	500	1
750	100	6500
	250	170
	500	7
	750	1
1000	250	1000
	500	45
	750	7
	1000	1

Level 75
(GE Spec. S34065)

Class 100,000
(U.S. Government
Federal Standard
No. 209a)

MIL-STD-1359

LOX Engine