

三鷹光赤外干渉計 MIRA-I.2 の防塵対策：赤外実験室の空気清浄度

岩下 光, 松田 浩

(2002年9月19日受理)

First Actions Towards Dust-proof Clean Conditions in Optical Lab of Mitaka Optical and Infrared Array (MIRA-I.2): Clean Level of Air in Laboratory Rooms

Hikaru IWASHITA and Ko MATSUDA

Abstract

We took some measures to get cleaner the air of the Infrared Laboratory where the major optical units of the Mitaka optical and infrared array (MIRA-I.2) are housed. First, air tightness of the laboratory rooms was improved by blocking up chinks around the doors, by covering all windows with vinyl film, and by hanging a vinyl curtain to separate the entrance room the remaining rooms. Then a clean fan was used to introduce the outside air and to maintain the air pressure within the laboratory slightly higher than the outside. In order to verify the effectiveness of the measures we made a series of measurements to count the numbers of small particles floating in the rooms. A clean level of the class 6000 was found to be attainable in the Infrared Laboratory by operating the clean fan, while the class was 140000 without its operation.

1. はじめに

精密な光学系に対して、埃の類は大敵である。鏡に付いた埃は散乱光を生じて反射光を減光させ、またクリーニング時に鏡を傷める原因となる。国立天文台三鷹キャンパス内は、春先などに砂埃が増え、それが室内に入る。

我々、国立天文台光赤外干渉計グループにおいては、赤外実験室と 30 m 基線観測室において多数の光学部品、観測機器類、鏡を使用している。これらを、埃から守ることは、今後の研究開発、観測において重要である。

赤外実験室については、防塵対策の1つとして、ドアや窓の密閉度を高め、更に外気を空気清浄ユニットから吸入させ、部屋の中を僅かに加圧して建物内への埃の侵入を防いでいる。パーティクルカウンターの測定値を元にその効果について報告する。

2. 概要

2.1 防塵対策

赤外実験室の防塵対策を以下のように行った。建物全体は、約 17.3 m × 6.8 m と 5.7 m × 2.2 m、計 130.2 m² の面積がある。出入り口 3 箇所のドアには、隙間にスキマテープを貼った。6 箇所のアルミサッシの窓枠に、マジックテープで、ビニルフィル

ムを取り付け窓をふさいだ。部屋の加圧は、赤外実験室の煙突跡の穴に、フレキシブルダクトを取り付け、空気清浄ユニットに繋ぎ、外気を吸入した。尚、大型の埃(葉や砂埃)を吸わないようにするプレフィルターとして、フレキシブルダクトの吸入口に市販されている換気扇用のフィルターを取り付けた。そして、玄関ドアを開けた時、埃の侵入を減らすためビニルフィルムカーテンを玄関戸口に付けた。

防塵対策に使った主な製品は以下のとおり。

スキマテープ

材質：軟質ポリウレタンフォーム

厚み約 10 mm, 幅約 15 mm

ビニルフィルム

厚み 0.3 mm 幅 1370 mm 難燃性透明

(商品名セイデン F 静電対策製品)

空気清浄ユニット

HEPA フィルター：0.3 μm 以上の粒子を 99.99 %以上集塵

吹き出し風速：約 0.6 m/min ~ 0.2 m/min

吹き出し風量：約 6.3 m³/min ~ 2.1 m³/min

ドア、窓、空気清浄ユニットの設置場所などを図 1 に示した。

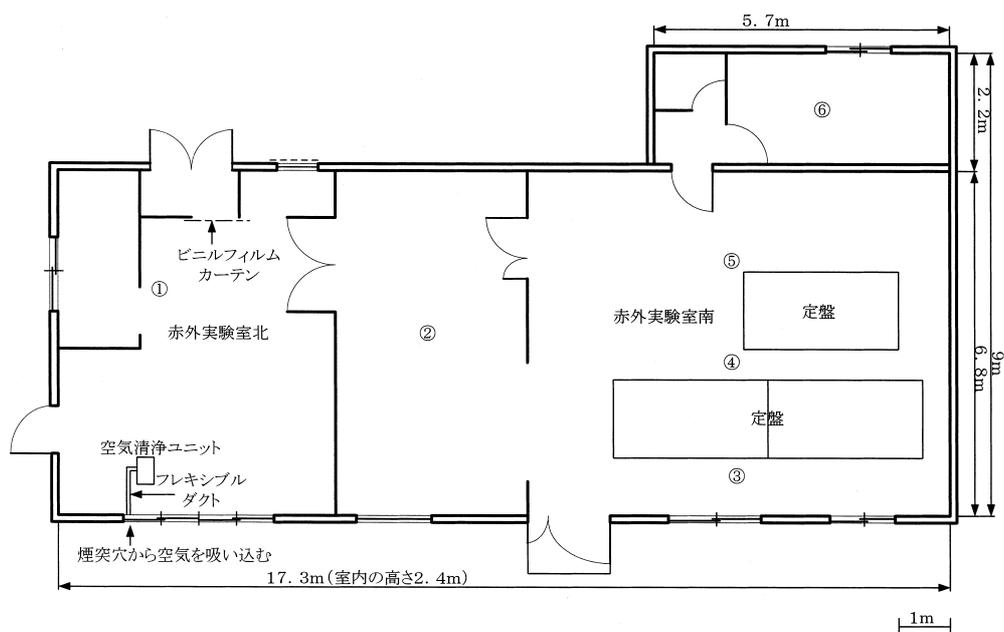


図 1. 赤外実験室見取り図

①～⑥：測定場所．高さ 0.8 m で測定．

2.2 清浄度クラス・測定装置・測定場所について

清浄度クラスの規格の目安として，米国連邦規格 (Fed.Std.209) の Fed.Std.209D で表わすことにする．

Fed.Std.209D は，1 ft³ あたりの 0.5 μm 以上の浮遊粒子上限値を表示したもの．清浄度クラスは，次の例のように表される．

0.5 μm 100 ケ/ft³ = クラス 100

0.5 μm 1,000 ケ/ft³ = クラス 1,000

測定に使用した装置は，天文機器開発実験センターより借用したパーティクルカウンターである．パーティクルカウンターは，空気中の浮遊微粒子数を計測するものである．測定装置の概要は以下のとおり．

パーティクルカウンター

RION 社 KM-07B

光 学 系：光軸交角 90°，側方散乱方式

光 源：半導体レーザー

定格流量：2.83 L/min

測定浮遊粒子径は，0.3 μm 以上と 0.5 μm 以上の 2 点．

測定場所は図 1 に示すように 6 ケ所である．床上 0.8 m のところに，パーティクルカウンターを置き測定した．

図 2～9 までは Y 軸を 1 ft³ あたりの個数で表わしているが，図 2, 3 は，1 分間測定時の個数の 10 倍として計算し，図 4～9 は，30 秒間測定時の個数の 20 倍で計算した．又，図 4, 6～9 は 1 分間隔で測定した．

2.3 測定と結果

(1) 空気清浄ユニットの運転状態，停止状態それぞれ 5 日間の浮遊粒子数の日変化 (図 2, 3) 赤外実験室の 6 箇所 (場所①～⑥) で，空気清浄ユニットの運転状態 (ON)，停止状態 (OFF) それぞれ 5 日間の浮遊粒子数を測定．毎日 9 時と 17 時に各場所で 1 回測定．

結果

- 空気清浄ユニットを使用しない状態 (OFF) では室内はクラス 140,000～30,000 である．
- ON と OFF の浮遊粒子数の比は粒径 0.3 μm 以上 (図 2)，0.5 μm 以上 (図 3) 共に 1 桁下り，クラス 6,000 程度が達成できる．
- OFF の場合，浮遊粒子数は場所によってあまり変わらず，6 箇所の標準偏差は粒径 0.3 μm 以上で 2～10%，粒径 0.5 μm 以上で 5～17% に収まっている．ON の場合，ややバラツキが大きく粒径 0.3 μm 以上で 5～36%，粒径 0.5 μm 以上で 5～39% である．但し 12/13 9h の値は，場所②の測定後近くのドアを 1 分ほど開けてしまい浮遊粒子が部屋に入ってしまったため，正しい測定値では無いので考慮から外した．

(2) 空気清浄ユニットを運転状態から停止させた時の，浮遊粒子の増加 (短時間) (図 4)

空気清浄ユニットを運転状態 (ON) から停止状態 (OFF) にして，浮遊粒子数を測定．それぞれ 20

三鷹光赤外干渉計 MIRA-I.2 の防塵対策：赤外実験室の空気清浄度

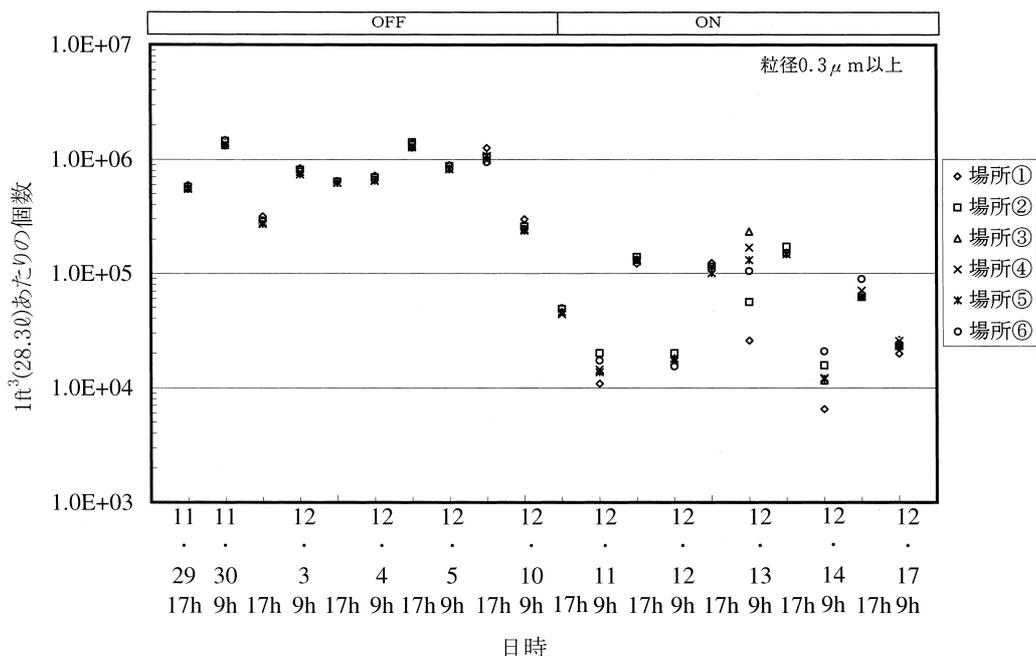


図 2. 赤外実験室空気清浄度日変化 (粒径 0.3 μm 以上)
 1 日 2 回測定 (9:00, 17:00)
 ON : 空気清浄ユニットを運転 OFF : 停止
 (2001 11/29 ~ 12/10)

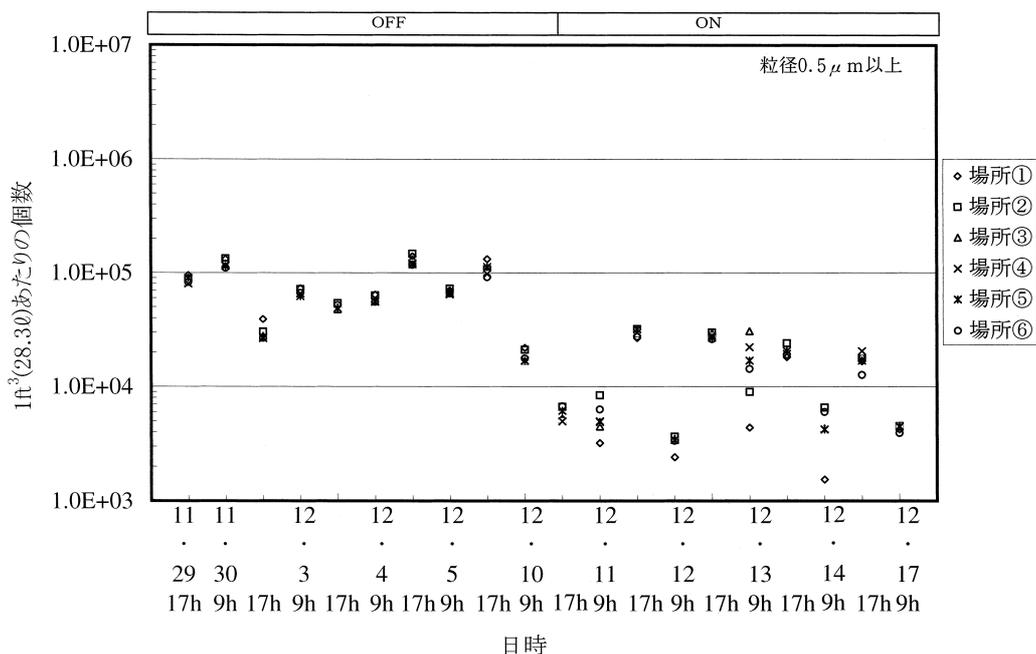


図 3. 赤外実験室空気清浄度日変化 (粒径 0.5 μm 以上)
 1 日 2 回測定 (9:00, 17:00)
 ON : 空気清浄ユニットを運転 OFF : 停止
 (2001 11/29 ~ 12/10)

分間測定・測定場所は、場所②。

結果

- ON のとき、粒径 0.3 μm 以上の浮遊粒子数はだいたい 40,000 個程度。粒径 0.5 μm 以上の

浮遊粒子数はだいたい 5,000 個程度。清浄度クラスで 5,000 程度になる。

- OFF にすると、粒径 0.3 μm 以上の浮遊粒子数は 5 分後から増えてくる。20 分後には、70,000 個までになる。粒径 0.5 μm 以上の浮遊粒子数

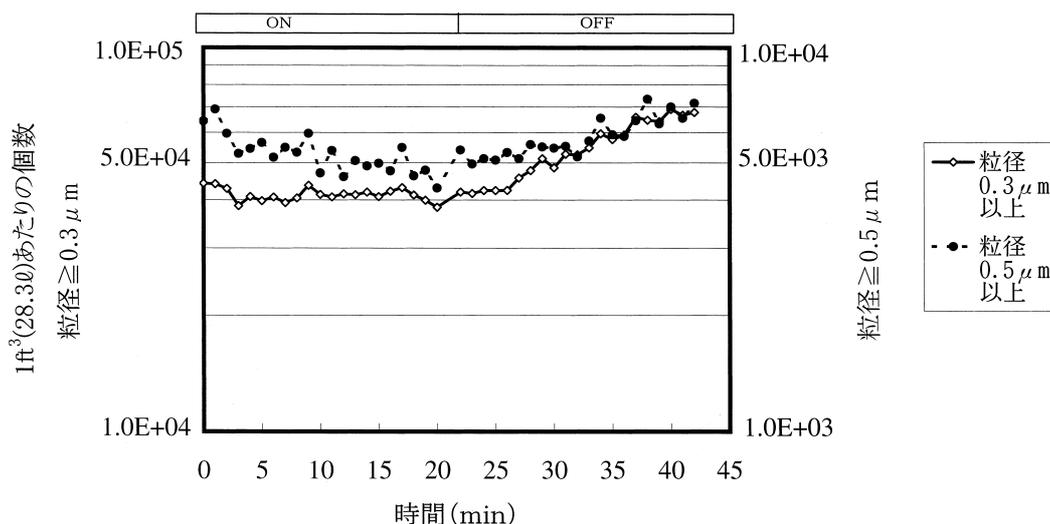


図 4. 空気清浄ユニット停止後の浮遊粒子数の変化
ON : 空気清浄ユニットを運転 OFF : 停止
(2002 1/29 9:25 ~ 10:09)

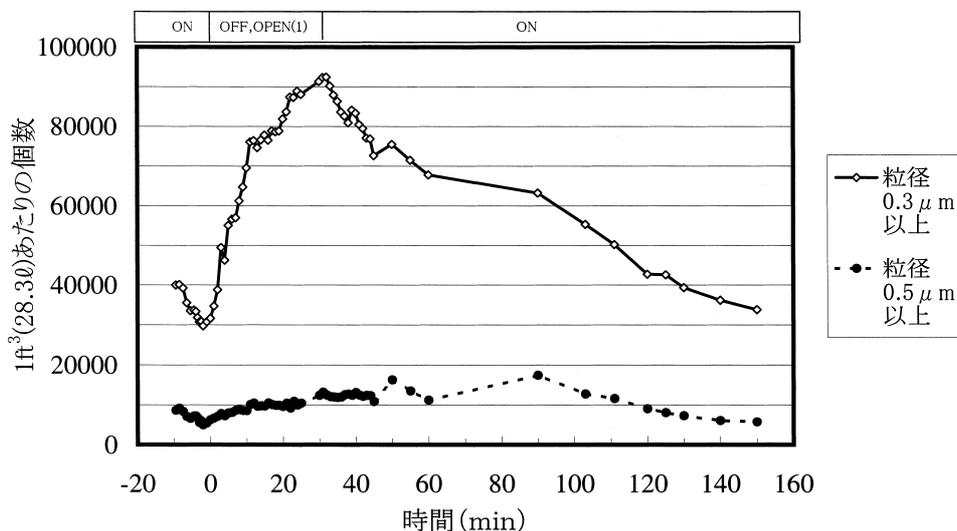


図 5. 空気清浄ユニット停止後と運転開始後の浮遊粒子数の変化
ON : 空気清浄ユニットを運転 OFF : 停止
OPEN (1): 玄関ドアを 1 回, 10 秒間開ける
0 分から 25 分間後までは, 1 分間隔で測定 .
30 分後に測定を再開し 45 分後までは, 1 分間隔で測定 .
45 分後から 60 分後までは, 5 分間隔で測定 .
90 分後, 100 分後, 111 分後に測定 .
120 分後から 150 分後までは 5 分間隔で測定 .
(2002 1/23 10:03 ~ 12:36)

は, OFF にして 20 分後では 7,000 個程度になる . 粒径 $0.3 \mu\text{m}$ 以上, 粒径 $0.5 \mu\text{m}$ 以上の浮遊粒子数の増加傾向は, ほぼ同じ .

(3) 空気清浄ユニットの停止後と運転開始後の浮遊粒子数の変化 (図 5, 6)

次の A, B の 2 つの測定を行なった . 測定場所は場所② .

空気清浄ユニットを停止 (OFF) させ, 玄関戸口に付けたカーテンを開け玄関ドアを 10 秒開けて (OPEN), 外気を直接入れる . その直後 (0 分) から 30 分間の内にどの位浮遊粒子数が増えるかを見る . 30 分後に空気清浄ユニットを運転 (ON) させて, ON 時から 120 分間の間に, どの位浮遊粒子が減るかを見る .

この測定中, 測定者以外の人, 3 ~ 4 人赤外実験

室に出入りした。(図5)

結果

- ・ この場合は0分から30分の間に、浮遊粒子数は急激に増える。粒径0.3 μm 以上の浮遊粒子

- 数は約30,000個から90,000個以上になる。粒径0.5 μm 以上の浮遊粒子数は約5,000個(クラス5,000程度)から12,000個程度(クラス12,000程度)に清浄度が悪くなっている。
- ・ 0分より前の個数は、測定者が入室したために増加した浮遊粒子が減っていく様子を表していると思われる。
- ・ 30分後のON以降は、測定者以外の人立入りがあった時間における、浮遊粒子数の増加を含みつつ、全体として減少を続け、150分後には、0分のときの浮遊粒子数に戻っている。

表1. 4つの測定方法

測定条件		玄関戸口のカーテン	
		閉	開
空気清浄ユニット	ON	a	b
	OFF	c	d

(4) ビニルフィルムカーテンの効果(図6~9)

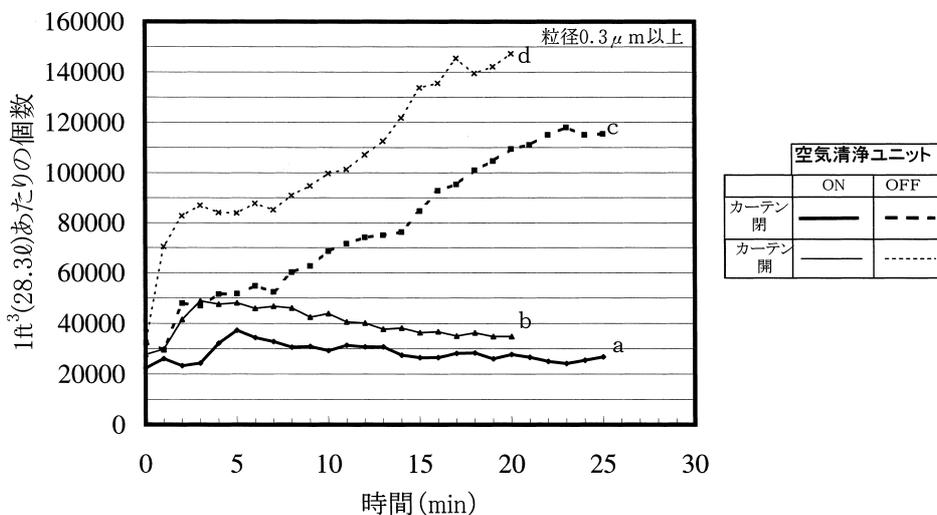


図6. 玄関ドアを10秒開けたときの浮遊粒子数の変化(粒径0.3 μm 以上)
ON: 空気清浄ユニットを運転 OFF: 停止
(2002 1/24, 1/30)

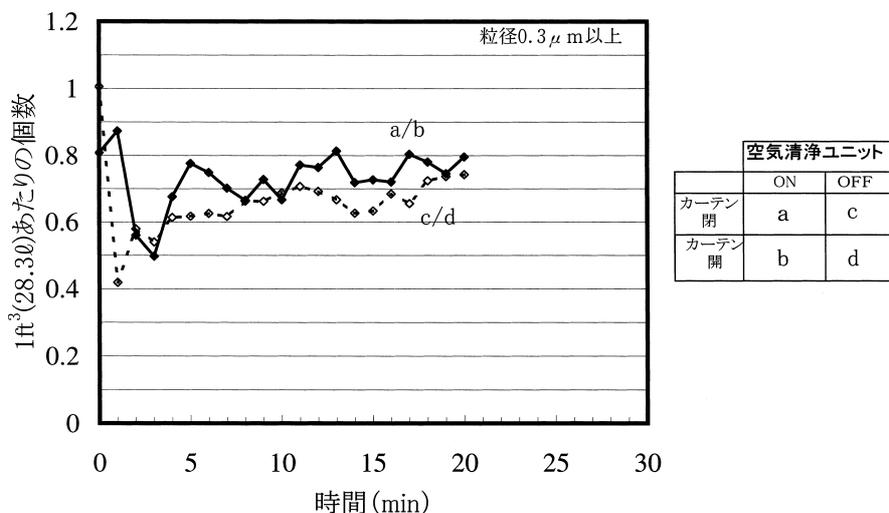


図7. ビニルフィルムカーテン閉時と開時の浮遊粒子数の比(粒径0.3 μm 以上)
ON: 空気清浄ユニットを運転 OFF: 停止
(2002 1/24, 1/30)

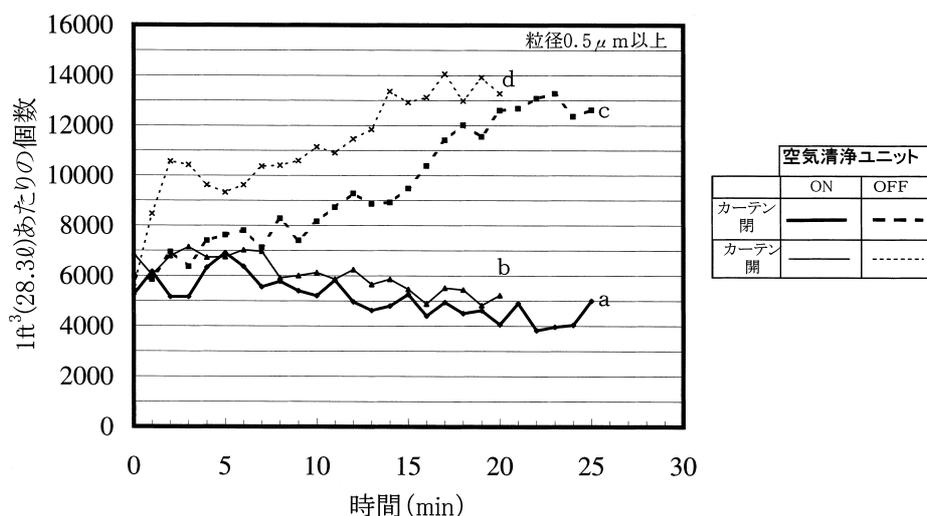


図 8. 玄関ドアを 10 秒開けたときの浮遊粒子数の変化 (粒径 0.5 μm 以上)
ON : 空気清浄ユニットを運転 OFF : 停止
(2002 1/24, 1/30)

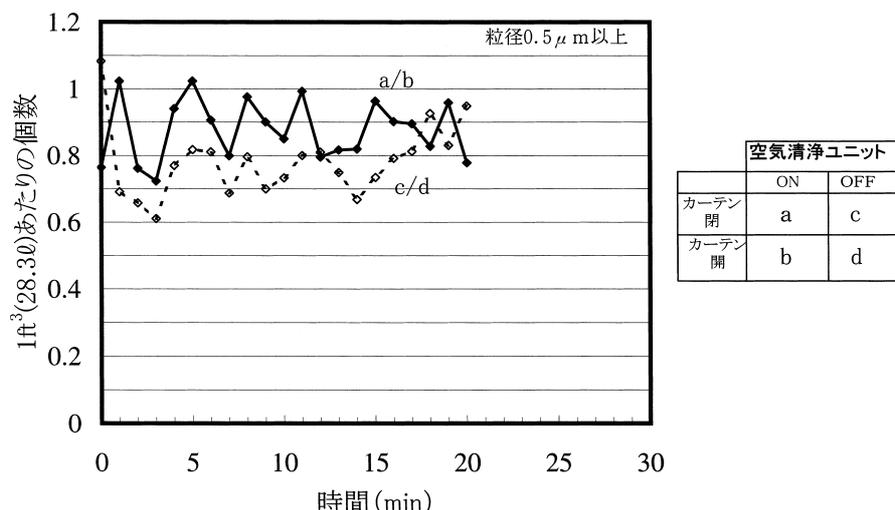


図 9. フィルムカーテン閉時と開時の浮遊粒子数の比 (粒径 0.5 μm 以上)
ON : 空気清浄ユニットを運転 OFF : 停止
(2002 1/24, 1/30)

玄関ドアを 10 秒開けたとき、浮遊粒子数がどのくらい変化するか見る。更に、ビニルフィルムカーテンが開閉していたときの違いを見る。表 1 に示したように測定条件を変えて a, b, c, d 4 つの測定を行なった。0 分が測定開始時間。測定場所は、場所②。

結果

- ・ ビニルフィルムカーテンが閉まっていると、開いているときより浮遊粒子数の増加を抑えることができる。
- ・ ビニルフィルムカーテンの効果を見るために、空気清浄ユニット運転(ON)、空気清浄ユニッ

ト停止(OFF)のときの、ビニルフィルムカーテン閉時と開時の浮遊粒子数の比を見た。20 分間の平均値を見るとビニルフィルムカーテンが閉まっている場合開いているときより、OFF では浮遊粒子数の増加を、粒径 0.3 μm 以上で 66 %、粒径 0.5 μm 以上で 78 % に抑え、ON では粒径 0.3 μm 以上で 73 %、粒径 0.5 μm 以上で 88 % に抑えている。

3. 考察とまとめ

戸や窓の隙間を塞ぎ、空気清浄ユニットを運転することで、クラス 140,000 の部屋をクラス 6,000 に

出来た。数時間の空気清浄ユニットの運転で、清浄度は1桁下がる。

部屋の間所による $0.3\ \mu\text{m}$ 以上と $0.5\ \mu\text{m}$ 以上の浮遊粒子数の違いは、最大で 36 % と 39 %、最小で 2 % と 5 % である。空気清浄ユニットが運転状態 (ON) のときバラツキが大きいのは、浮遊粒子数が少ない状態から人の出入りにより浮遊粒子数が増加したのち、一様になっていないときに測定したためと思われる。

空気清浄ユニットを停止状態にして室内に入ると、浮遊粒子数は急激に増加するが、その後運転させて、多少人の出入りがあっても (ドアの開閉は短時間で回数が少ない)、人が入る前の浮遊粒子数に落ち着かせるのには 120 分程度あればよいと言える。

空気清浄ユニットを運転状態にしておいても、清浄度を悪くする原因と考えられる大きな三つの要因

- ・ 多数の人の出入り
- ・ 数多いドアの開閉
- ・ 長い間ドアを開けておく

のうち1つ又は2つ3つが重なると、浮遊粒子数は、空気清浄ユニットを停止状態と同じ位に増加し

てしまう。空気清浄ユニットのパワーが不足していて、二重ドア間の排気がないためと考えられる。ただ、人の出入りが無くなると、浮遊粒子数は急激に減少して行く。

玄関戸口に付けたカーテンは効果をあらわしており、室内に浮遊粒子が入るのを防いでいる。カーテンを閉めておけば、空気清浄ユニット停止 (OFF) 状態でも、粒径 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上の浮遊粒子を約 80 % 侵入するのを抑え、空気清浄ユニット運転 (ON) 状態なら、約 90 % にすることが出来る。

これらに掛けた費用は、総額 16 万円程度である。この程度の費用で、清浄度クラス 6,000 ~ 7,000 が達成出来た。

今後は、光学定盤など赤外実験室内の一部の領域に対して、防塵対策を強化していく予定である。

謝 辞

この報告をまとめるにあたり、色々と御指導して下さった西川淳、三上良孝の各氏に感謝の意を表します。

そして、測定機器を借して下さった天文機器開発実験センターに御礼を申し上げます。