

# 産業保健調査研究報告書

ダストランプ法によるエアロゾルの可視化  
に関する研究

平成12年 3月

労働福祉事業団

神奈川産業保健推進センター

## 研 究 員 名 簿

### 主任研究者

神奈川産業保健推進センター労働衛生工学担当相談員 沼 野 雄 志

### 共同研究者

神奈川産業保健推進センター労働衛生工学担当相談員 毛 利 哲 夫

神奈川産業保健推進センター労働衛生工学担当相談員 芦 田 敏 文

神奈川産業保健推進センター労働衛生工学担当相談員 白 須 吉 男

# 目 次

## 研究員名簿

1. 調査研究の目的
2. 従前の研究結果
3. 調査研究の方法
4. 実験に使用した器具等のセットアップ
5. 実験結果
6. 考 察
  - (1) 光源の種類と強さ
  - (2) 室内照明と背景色の影響
  - (3) 観察角度と直射光の遮蔽
  - (4) 写真撮影条件
7. 総 括
8. 参考文献

## 調査研究結果報告書

# ダストランプによるエアロゾルの可視化

### 1. 調査研究の目的

じん肺をはじめとする有害物質に起因する職業性呼吸器疾患は、作業者が作業中に有害物質にばく露され吸入することが主な原因であり、ばく露を抑制することによって予防することが可能である。

有害物質に対するばく露を抑制する方法としては、一般に作業環境管理によって作業環境気中濃度を抑制することが有効であるが、アーク溶接、はんだ付け、手持ちグラインダーを使用する研磨、粉体原料の秤量袋詰等の作業では、作業者が発散源に近接して作業することがほとんどで、平均的な気中濃度の抑制では十分な効果を得られないことが多い。これらの作業者のばく露を効果的に抑制するためには、作業者教育によってばく露の危険性を認識させ、作業者自身にばく露の少ない作業姿勢をとらせる、有効な呼吸保護具を使用させる等の、作業管理を徹底することが必要不可欠である。

作業管理を効果的に行うためには、作業者に有害物質の発散と拡散の状態を認識させる必要があるが、アーク溶接、はんだ付け等の作業で発散する有害物質は、一般にヒュームと呼ばれる粒子径のきわめて小さいエアロゾルであるために、肉眼では認識しにくい。また、研磨作業や粉体原料の取扱いで発散する比較的粒径の大きいエアロゾルも、照明の十分でない作業場では肉眼での認識は困難である。

本調査研究は、エアロゾルを構成する微粒子による光の散乱、いわゆるチンダル現象を利用して、肉眼で認識しにくいエアロゾルを簡便な方法で可視化し、作業管理に有効な手段を提供することを目的として行った。

### 2. 従前の研究結果

1950年代に英国の複数の技術者が、換気装置の設計に役立てる目的で、研磨盤、手持ちグラインダーから発散する粉じんスポットライトを当てて写真撮影を行ったが、その過程で普通の照明の下では見えなかった微細な粒子が、強力な光線を照射することによって観測可能であることを発見した<sup>1)</sup>。

その後、この方法で多くの鑄造工場で粉じんの発散状態が写真撮影され、政府刊行物や学会誌に発表された<sup>2)、3)、4)、5)、6)</sup>。

1997年には、この方法が「ダストランプ」という名前で英国労働省の有害物質測定法 (Method for the Determination of Hazardous Substances、HMDS)<sup>7)</sup>に採用された。

### 3. 調査研究の方法

ダストランプ法を効果的に利用するためには、光源の種類、光源の強さ、観察角度等について検討し、最適条件を見出す必要がある。また写真、ビデオに記録する場合には、感度、露出、絞り、焦点の合わせ方等の撮影条件についても検討が必要である。

本調査研究では、これらの条件について下記のような検討を行った。

- (1) 光源の種類と強さ
- (2) 室内照明と背景色の影響
- (3) 観察角度と直射光の遮蔽
- (4) 写真撮影条件

### 4. 実験に使用した器具等のセットアップ

実験に使用した器具等のセットアップを図1に示す。

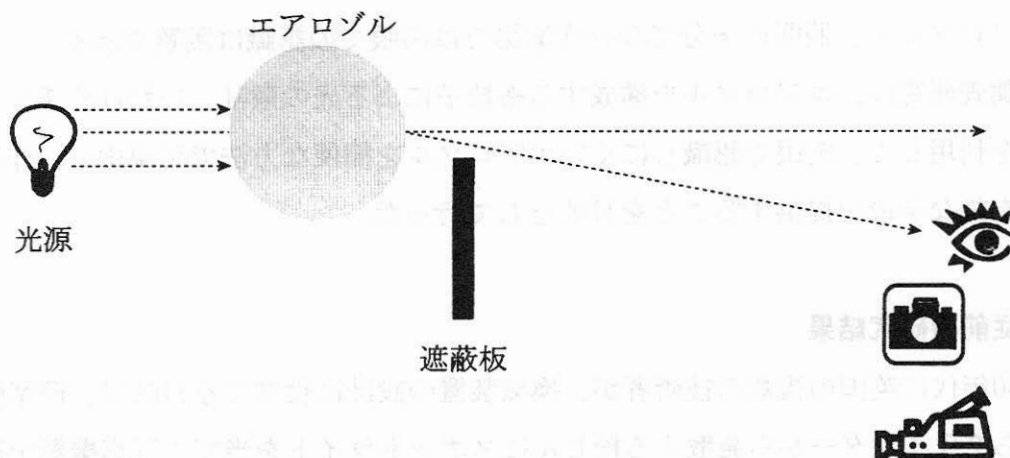


図1 ダストランプのセットアップ

## 5. 実験結果

図1のセットアップを使用して、表1に示す条件で撮影した写真を写真1～42に示す。

## 6. 考察

### (1) 光源の種類と強さ

予備実験において300Wと500Wの写真撮影用電灯（ビデオライト）を光源として使用した場合について比較したが、あまり差は無かった。むしろ、周囲の明るさの影響が大きく、周囲の照度が低い場合には300Wでも十分であったが、周囲が明るい場合には500Wの方が適当であった。したがって、その後の実験はすべて500Wの光源を使用して行った。

### (2) 室内照明と背景色の影響

周囲の明るさは散乱光の観測に大きな影響を与える。室内照明は暗い方が良く。壁、作業台等の背景が明るい場合には背後に暗色の衝立を立てるか、暗幕を張ることにより観察がしやすくなる。

### (3) 観察角度と直射光の遮蔽

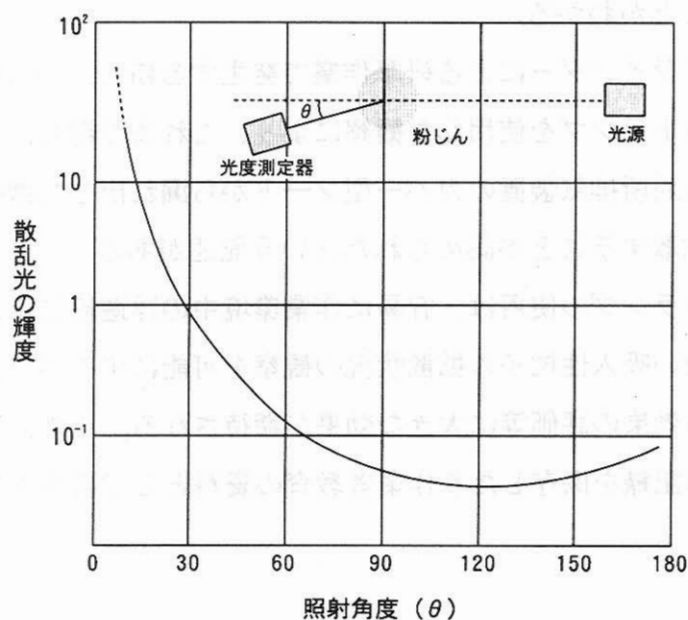


図2 照射角度と散乱光輝度の関係

照射角度と散乱光輝度の関係については、**図2**に示すように微細粒子では、照射光の角度が小さい程、散乱光の強さは大きいといわれているが、本研究では25°、35°、45°、55°の4つの観察角度について実験した結果、著しい差は認められなかった。また、光源からの光が直接カメラまたは観察者の眼に入るような条件では、散乱光を観察することが困難であるので、ランプには、映画撮影用のような遮光羽根（ダンパー）付きのものが適当である。

#### (4) 写真撮影条件

スチールカメラでもデジタルカメラでもISO感度は、400で十分であった。また絞りはF2.8、露出時間は1/8秒、1/15秒、1/30秒、1/60秒の4条件で撮影したが著しい差は認められず、一般には自動で露出で差し支えない。

焦点合わせは、自動焦点カメラの場合には、焦点が粒子雲に合わずに背景の物体に合ってしまうので、焦点合わせはマニュアルが適当である。

## 7. 総 括

**写真43、44**は、アーク溶接作業で発生するヒュームを、ダストランプを使用して観察した場合と使用せずに観察した場合の比較を示すものである。ダストランプを使用することにより、使用せずに観察した拡散範囲よりはるかに広い範囲にヒュームが拡散していることがわかる。

文献によると、グラインダーによる研磨作業で発生する粉じんについても同様のことがいわれ、ダストランプを使用した観察により、これまで粉じんの除去に効果的と考えられていた局所排気装置のカバー型フードから漏れ出した微細な粒子が、作業者の呼吸域に拡散することが認められたという記述がある。

このようにダストランプの使用は、容易に作業環境中の浮遊粉じん、特に微細で肉眼では観察されない吸入性粒子の拡散状況の観察を可能にするので、作業者の教育、局所排気装置の効果の評価等に大きな効果が期待される。また、写真やビデオ録画により、調査の記録を保存したり作業者教育の資料として活用することができる。

## 8. 参考文献

- 1) Ministry of Labour and National Service: Conditions in iron foundries-  
First Report of the Joint Standing Committee HMSO, 1956
- 2) Ministry of Labour : Conditions in steel foundries-First Report of the  
Joint Standing Committee HMSO, 1961
- 3) Joint Standing Committee on Health, Safety and Safety Executive: Foundry  
dust control-fettling benches and small adjustable hoods HMSO, 1975
- 4) Joint Standing Committee on Health, Safety and Safety Executive: Prin  
ciples of local exhaust ventilation HMSO, 1975 ISBN 0 11 3610742
- 5) British Occupational Hygiene Society: Controlling airborne contaminants  
in the workplace British Occupational Hygiene Society Technical Guide  
No. 7, 1987 ISBN 0905
- 6) Comite Europeen de Normalisation Workplace atmospheres: Size fraction  
definitions for measurement of airborne particles in the workplace BS EN  
481, 1994
- 7) Health & Safety Executive: The Dust Lamp, A simple tool for observing  
the presence of airborne particles, Methods for the Determination of  
Hazardous Substances (MDHS) 82, 1997 ISBN 0-7176-1362-3



## ダストランプ実験条件

写真No.	角度	照射条件		環境条件			照度 (LUX)			カメラ シャッター スピード
		ダストランプ 500w	ダンパー	室内照明	背景	作業台	作業面	エプロン	デスク前	
1	25	無	無	有	明	暗	770	330	370	1/8
2	25	有	有	有	明	暗	1300	8850	540	1/60
3	25	有	有	無	明	暗	560	8700	140	1/15
4	25	無	無	有	暗	暗	740	260	340	1/8
5	25	有	有	有	暗	暗	1300	830	790	1/30
6	25	有	有	有	暗	暗	470	8200	500	1/8
7	35	無	無	有	明	暗	820	330	450	1/15
8	35	無	無	有	明	明	800	360	480	1/15
9	35	有	有	有	明	暗	1460	9680	600	1/15
10	35	有	無	有	明	暗	1630	9560	600	1/15
11	35	有	無	無	明	暗	630	8850	150	1/8
12	35	有	有	無	明	暗	530	8850	160	1/8
13	35	有	有	有	明	明	1550	-	700	1/30
14	35	有	無	有	明	明	1650	-	700	1/60
15	35	有	無	無	明	明	750	-	250	1/15
16	35	有	有	無	明	明	750	-	200	1/15
17	35	無	無	有	暗	暗	760	260	420	1/8
18	35	無	無	有	暗	明	750	260	420	1/15
19	35	有	有	有	暗	暗	1250	9470	490	1/15
20	35	有	無	有	暗	暗	1310	9350	510	1/8
21	35	有	無	無	暗	暗	600	9500	80	1/8
22	35	有	有	無	暗	暗	430	9460	50	1/8
23	35	有	有	有	暗	明	1270	9980	520	1/15
24	35	有	無	有	暗	明	1200	9080	500	1/15
25	35	有	無	無	暗	明	520	9530	90	1/15
26	35	有	有	無	暗	明	570	9730	70	1/15
27	45	無	無	有	明	明	780	330	380	1/15
28	45	無	無	有	明	暗	760	300	390	1/15
29	45	有	有	有	明	明	1300	8500	550	1/60
30	45	有	有	無	明	明	530	9550	110	1/15
31	45	有	有	無	明	明	530	9550	110	1/8
32	45	有	有	有	明	暗	1280	8670	520	1/30
33	45	有	有	無	明	暗	1320	9430	510	1/30
34	45	無	無	有	暗	暗	760	250	410	1/8
35	45	有	有	有	暗	暗	1180	7900	410	1/15
36	45	有	有	無	暗	暗	550	8000	80	1/15
37	55	無	無	有	明	暗	760	300	390	1/15
38	55	有	有	有	明	暗	1320	9350	490	1/15
39	55	有	有	無	明	暗	550	8850	110	1/15
40	55	無	無	有	暗	暗	740	190	410	1/8
41	55	有	有	有	暗	暗	1200	8300	460	1/15
42	55	有	有	無	暗	暗	500	7900	50	1/15

条件	画質	スーパーファイン	画素数	1280×960画素	ダストランプ	ビデオライト500W
----	----	----------	-----	------------	--------	------------



写真 1  
ダストランプなし ダンパー無 室内照明有 背景明  
角度 25度 作業台暗 露出 f2.8 1/8

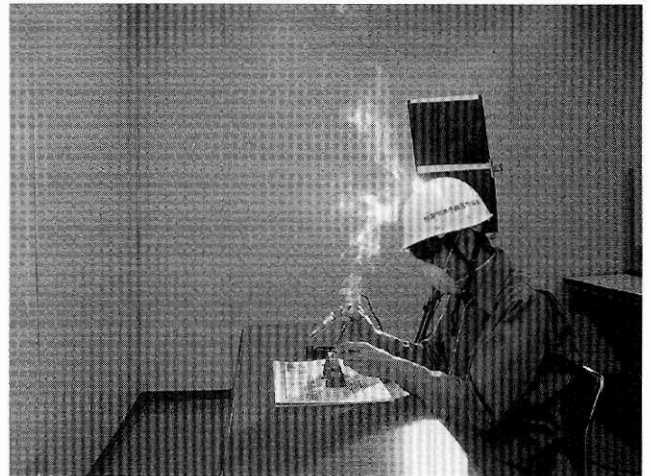


写真 2  
ダストランプ使用 ダンパー有 室内照明有 背景明  
角度 25度 作業台暗 露出 f2.8 1/60

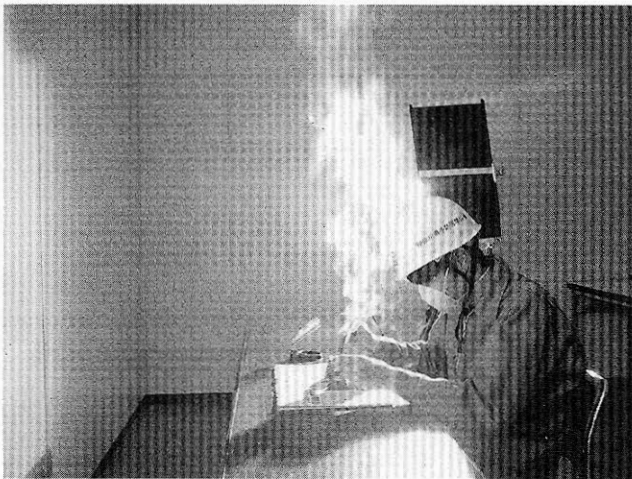


写真 3  
ダストランプ使用 ダンパー有 室内照明無 背景明  
角度 25度 作業台暗 露出 f2.8 1/15



写真 4  
ダストランプなし ダンパー無 室内照明有 背景暗  
角度 25度 作業台暗 露出 f2.8 1/8

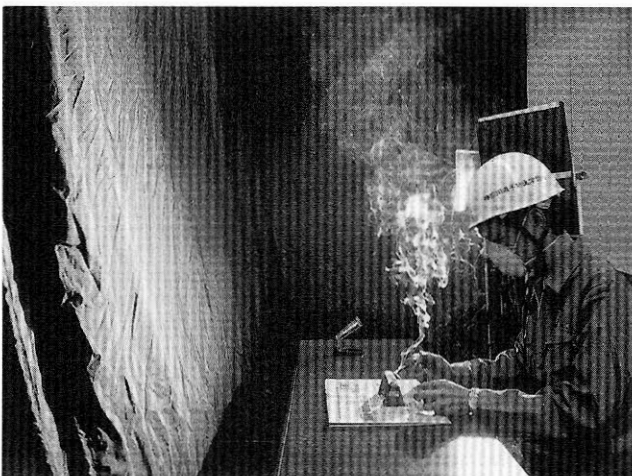


写真 5  
ダストランプ使用 ダンパー有 室内照明有 背景暗  
角度 25度 作業台暗 露出 f2.8 1/30

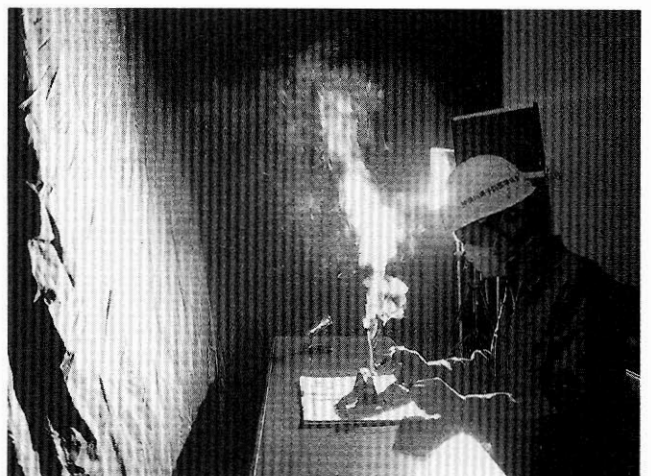


写真 6  
ダストランプ使用 ダンパー有 室内照明有 背景暗  
角度 25度 作業台暗 露出 f2.8 1/8



写真 7  
 ダストランプなし    ダンパー無    室内照明有    背景明  
 角度 35度    作業台暗    露出 f2.8 1/15



写真 8  
 ダストランプなし    ダンパー無    室内照明有    背景明  
 角度 35度    作業台明    露出 f2.8 1/15



写真 9  
 ダストランプ使用    ダンパー有    室内照明有    背景明  
 角度 35度    作業台暗    露出 f2.8 1/15



写真 10  
 ダストランプ使用    ダンパー無    室内照明有    背景明  
 角度 35度    作業台暗    露出 f2.8 1/15

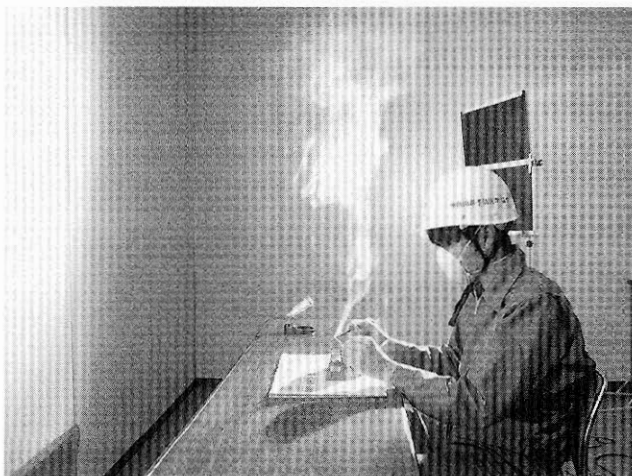


写真 11  
 ダストランプ使用    ダンパー無    室内照明無    背景明  
 角度 35度    作業台暗    露出 f2.8 1/8

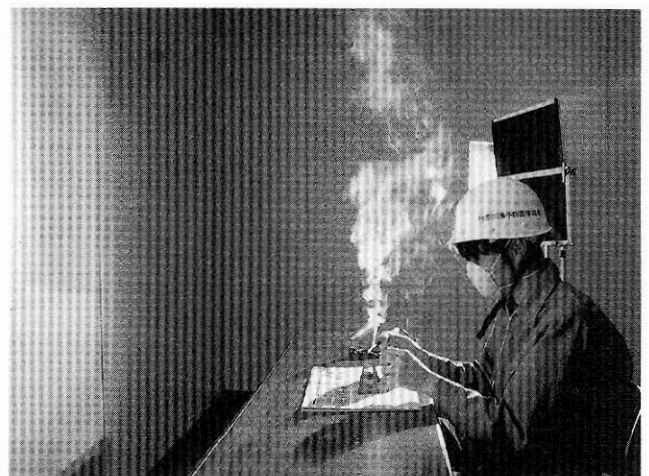


写真 12  
 ダストランプ使用    ダンパー有    室内照明無    背景明  
 角度 35度    作業台暗    露出 f2.8 1/8

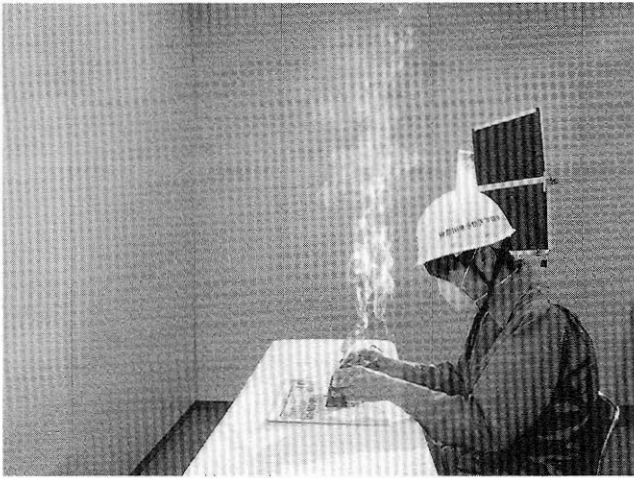


写真 13  
ダストランプ使用 角度 35度  
ダンパー有 作業台明  
室内照明有 背景明  
露出 f2.8 1/30



写真 14  
ダストランプ使用 角度 35度  
ダンパー無 作業台明  
室内照明有 背景明  
露出 f2.8 1/60

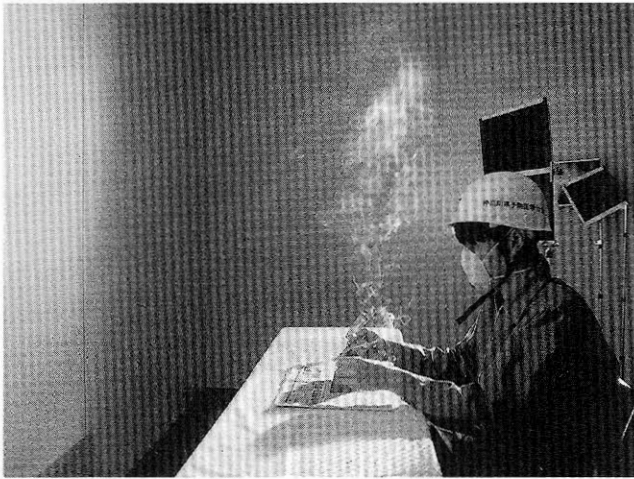


写真 15  
ダストランプ使用 角度 35度  
ダンパー無 作業台明  
室内照明無 背景明  
露出 f2.8 1/15

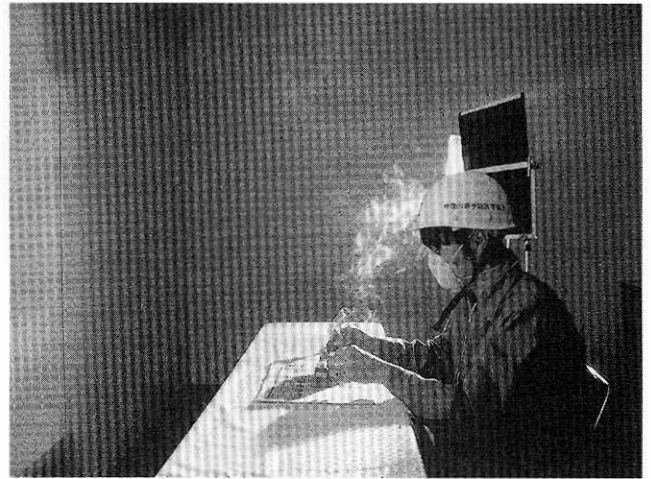


写真 16  
ダストランプ使用 角度 35度  
ダンパー有 作業台明  
室内照明無 背景明  
露出 f2.8 1/15



写真 17  
ダストランプなし 角度 35度  
ダンパー無 作業台暗  
室内照明有 背景暗  
露出 f2.8 1/8

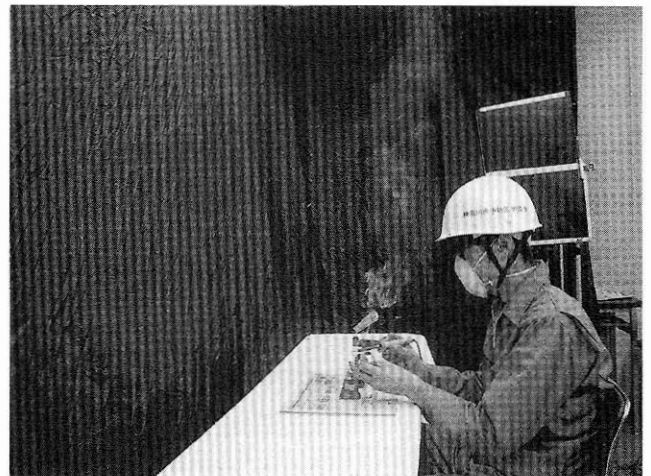


写真 18  
ダストランプなし 角度 35度  
ダンパー無 作業台明  
室内照明有 背景暗  
露出 f2.8 1/15



写真 19  
ダストランプ使用   ダンパー有   室内照明有   背景暗  
角度 35度   作業台暗   露出 f2.8 1/15

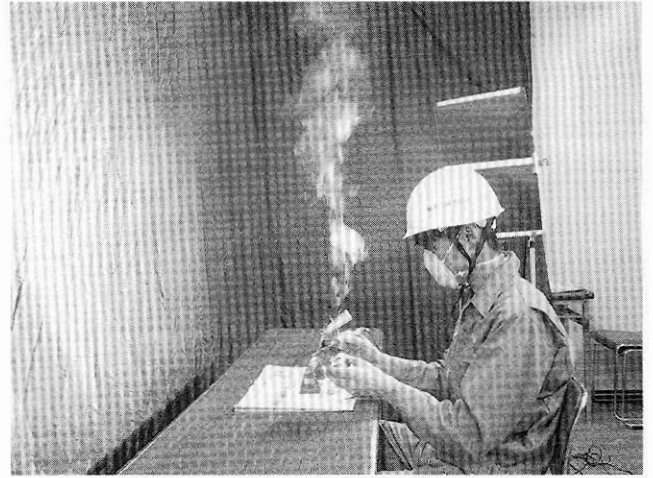


写真 20  
ダストランプ使用   ダンパー無   室内照明有   背景暗  
角度 35度   作業台暗   露出 f2.8 1/8

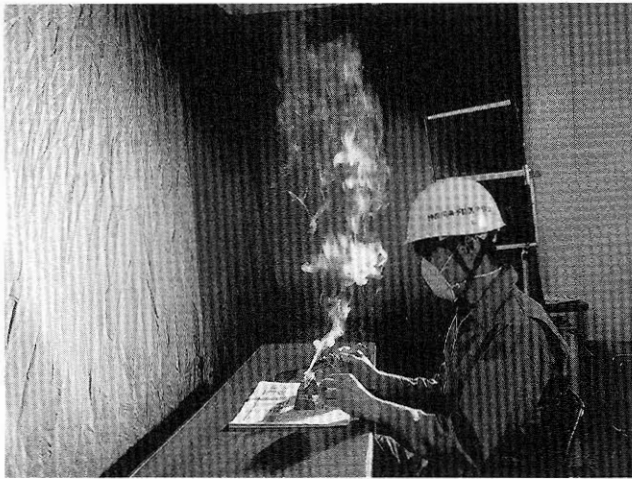


写真 21  
ダストランプ使用   ダンパー無   室内照明無   背景暗  
角度 35度   作業台暗   露出 f2.8 1/8

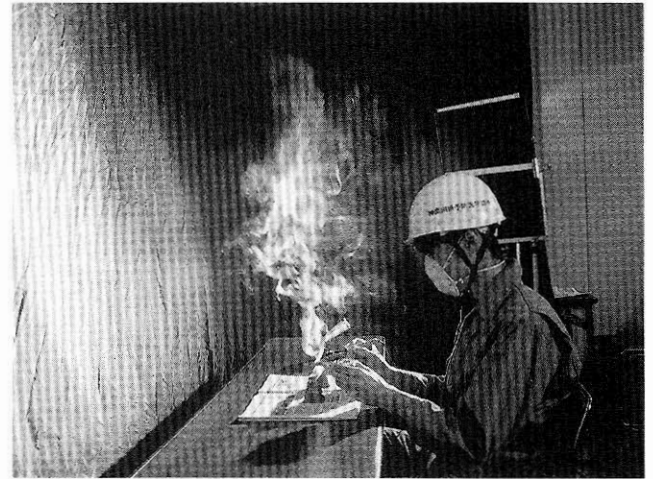


写真 22  
ダストランプ使用   ダンパー有   室内照明無   背景暗  
角度 35度   作業台暗   露出 f2.8 1/8

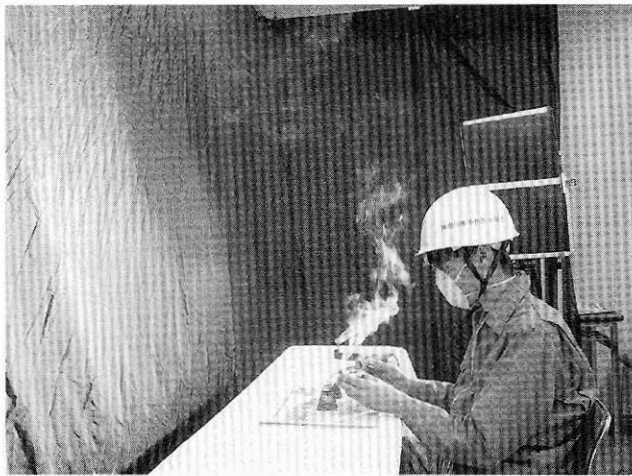


写真 23  
ダストランプ使用   ダンパー有   室内照明有   背景暗  
角度 35度   作業台明   露出 f2.8 1/15

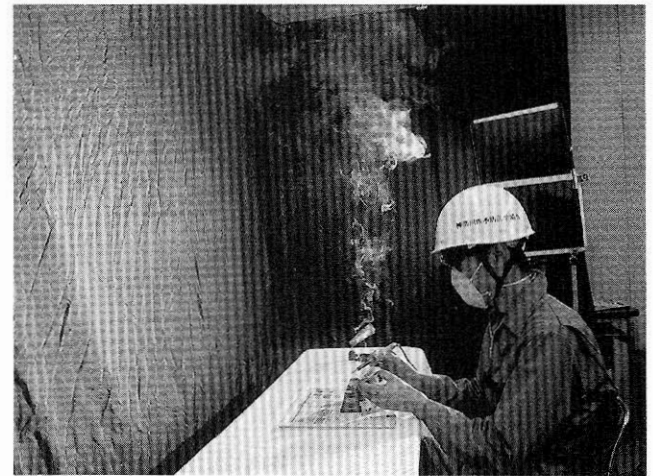


写真 24  
ダストランプ使用   ダンパー無   室内照明有   背景暗  
角度 35度   作業台明   露出 f2.8 1/15

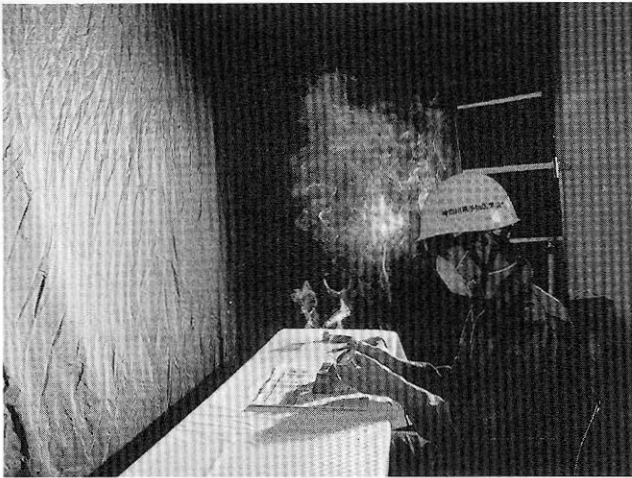


写真 25  
ダストランプ使用  
角度 35度  
ダンパー無  
作業台明  
室内照明無 背景暗  
露出 f2.8 1/15

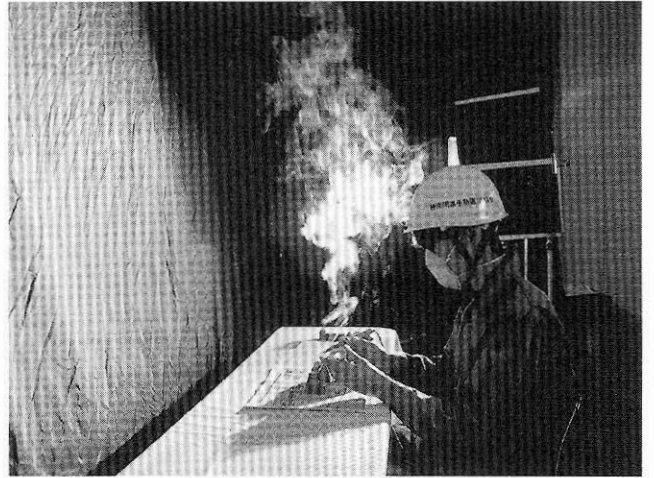


写真 26  
ダストランプ使用  
角度 35度  
ダンパー有  
作業台明  
室内照明無 背景暗  
露出 f2.8 1/15

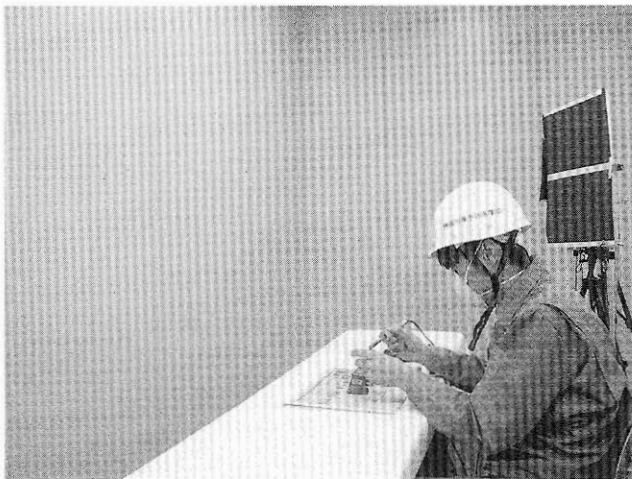


写真 27  
ダストランプなし  
角度 45度  
ダンパー無  
作業台明  
室内照明有 背景明  
露出 f2.8 1/15

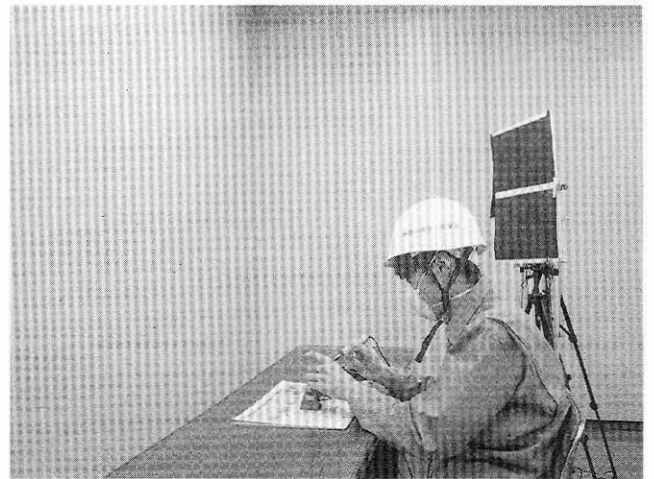


写真 28  
ダストランプなし  
角度 45度  
ダンパー無  
作業台暗  
室内照明有 背景明  
露出 f2.8 1/15

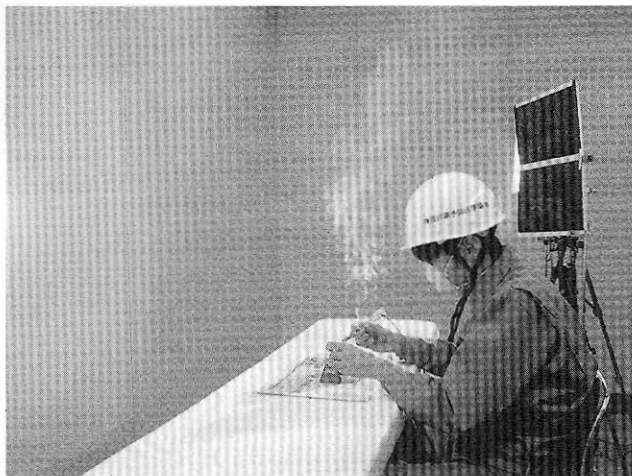


写真 29  
ダストランプ使用  
角度 45度  
ダンパー有  
作業台明  
室内照明有 背景明  
露出 f2.8 1/60



写真 30  
ダストランプ使用  
角度 45度  
ダンパー有  
作業台明  
室内照明無 背景明  
露出 f2.8 1/15

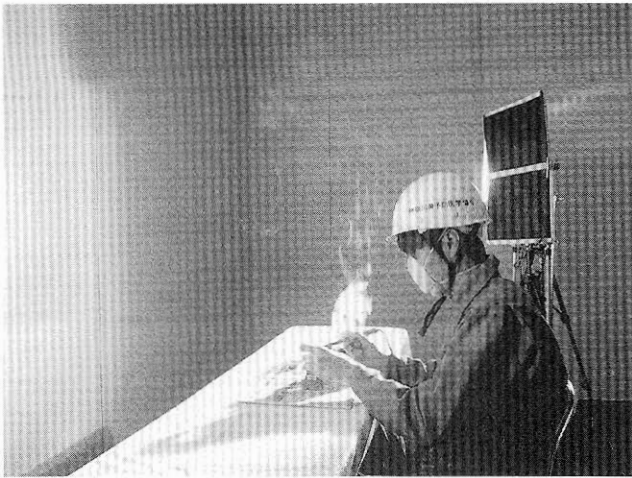


写真 31  
ダストランプ使用 ダンパー有 室内照明無 背景明  
角度 45度 作業台明 露出 f2.8 1/8

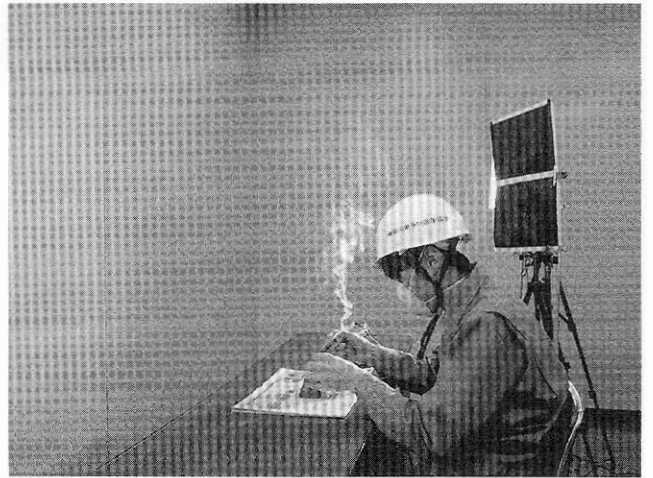


写真 32  
ダストランプ使用 ダンパー有 室内照明有 背景明  
角度 45度 作業台暗 露出 f2.8 1/30

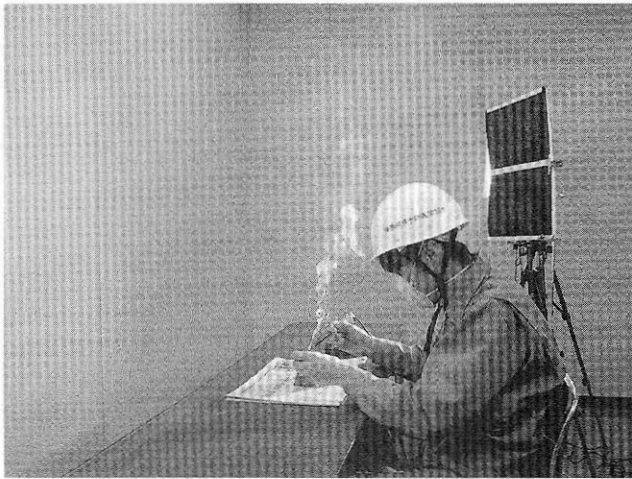


写真 33  
ダストランプ使用 ダンパー有 室内照明無 背景明  
角度 45度 作業台暗 露出 f2.8 1/30

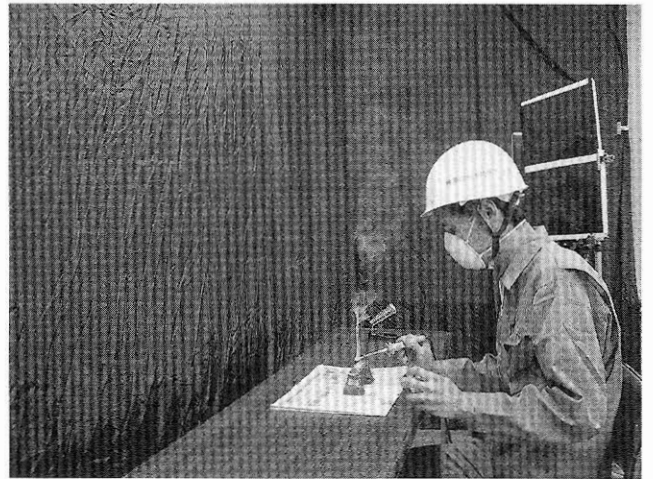


写真 34  
ダストランプなし ダンパー無 室内照明有 背景暗  
角度 45度 作業台暗 露出 f2.8 1/8



写真 35  
ダストランプ使用 ダンパー有 室内照明有 背景暗  
角度 45度 作業台暗 露出 f2.8 1/15

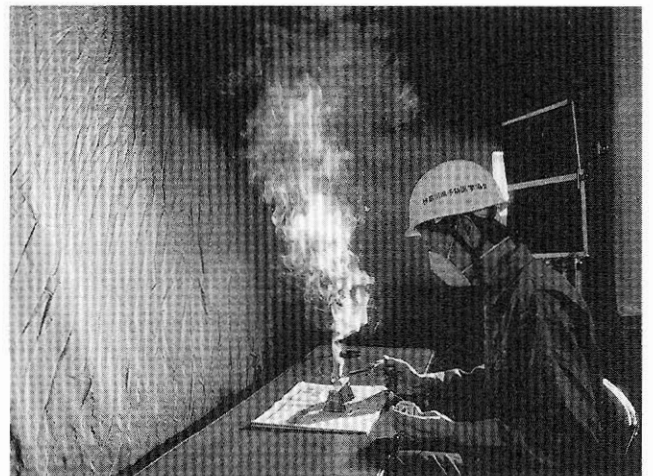


写真 36  
ダストランプ使用 ダンパー有 室内照明無 背景暗  
角度 45度 作業台暗 露出 f2.8 1/15

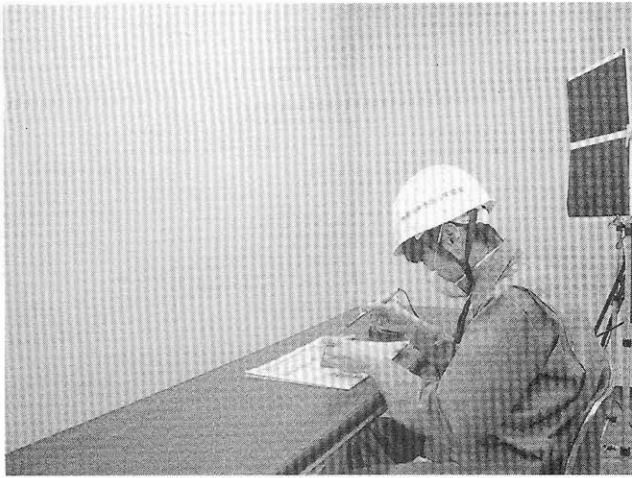


写真 37  
ダストランプなし  
角度 55度  
ダンパー無  
作業台暗  
室内照明有 背景明  
露出 f2.8 1/15



写真 38  
ダストランプ使用  
角度 55度  
ダンパー有  
作業台暗  
室内照明有 背景明  
露出 f2.8 1/15

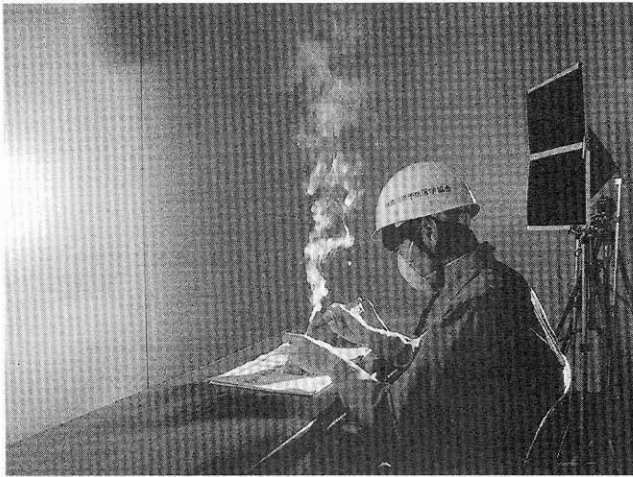


写真 39  
ダストランプ使用  
角度 55度  
ダンパー有  
作業台暗  
室内照明無 背景明  
露出 f2.8 1/15

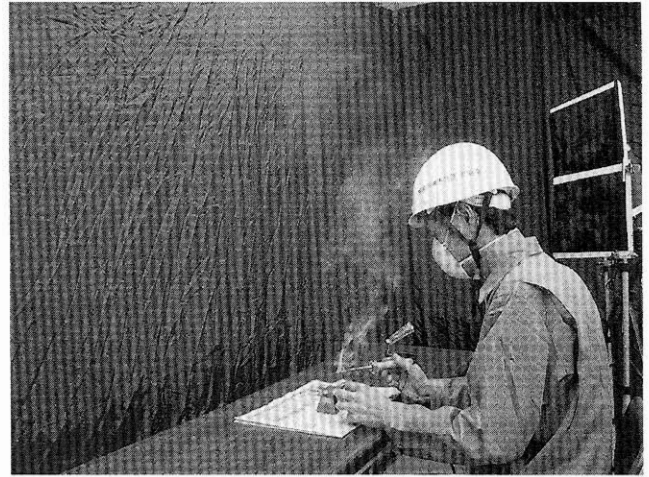


写真 40  
ダストランプなし  
角度 55度  
ダンパー無  
作業台暗  
室内照明有 背景暗  
露出 f2.8 1/8

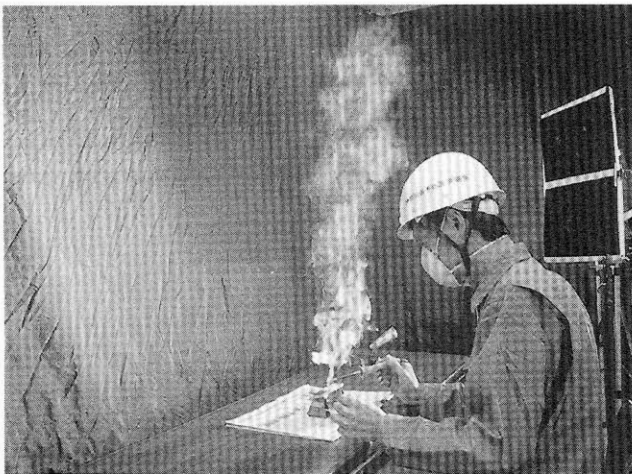


写真 41  
ダストランプ使用  
角度 55度  
ダンパー有  
作業台暗  
室内照明有 背景暗  
露出 f2.8 1/15

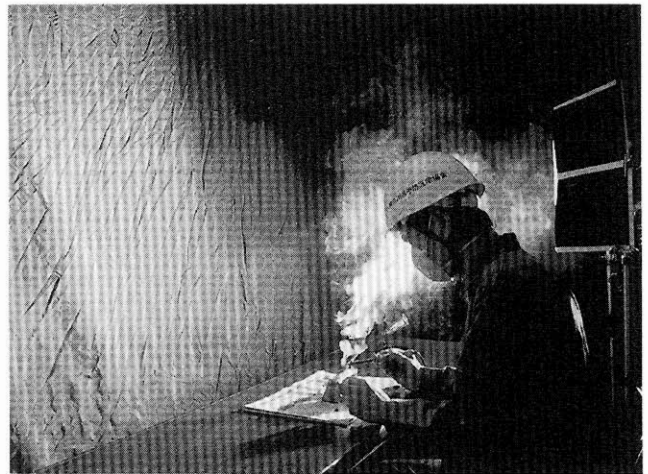


写真 42  
ダストランプ使用  
角度 55度  
ダンパー有  
作業台暗  
室内照明無 背景暗  
露出 f2.8 1/15



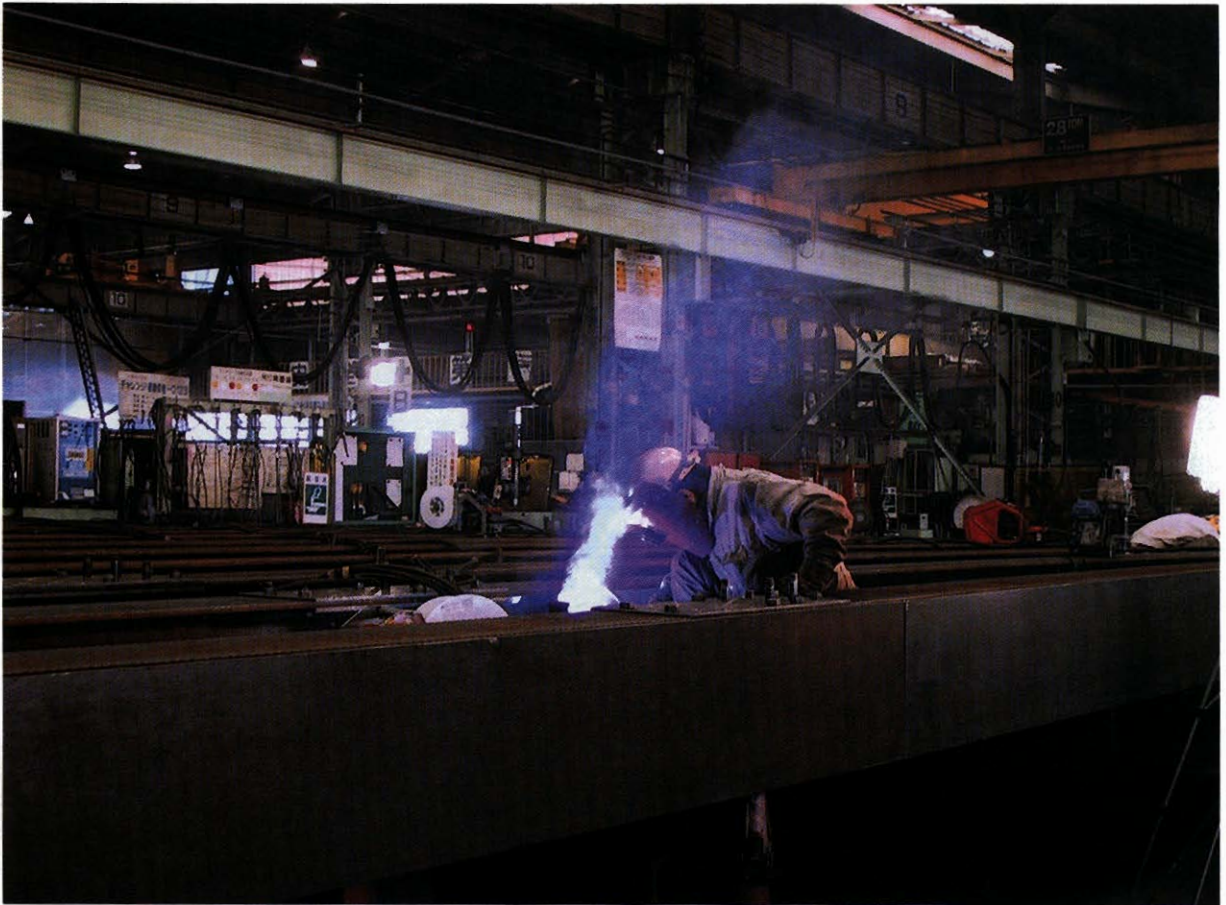


写真 4 3 溶接作業 ダストランプ使用 露出 f 5.0 1/60

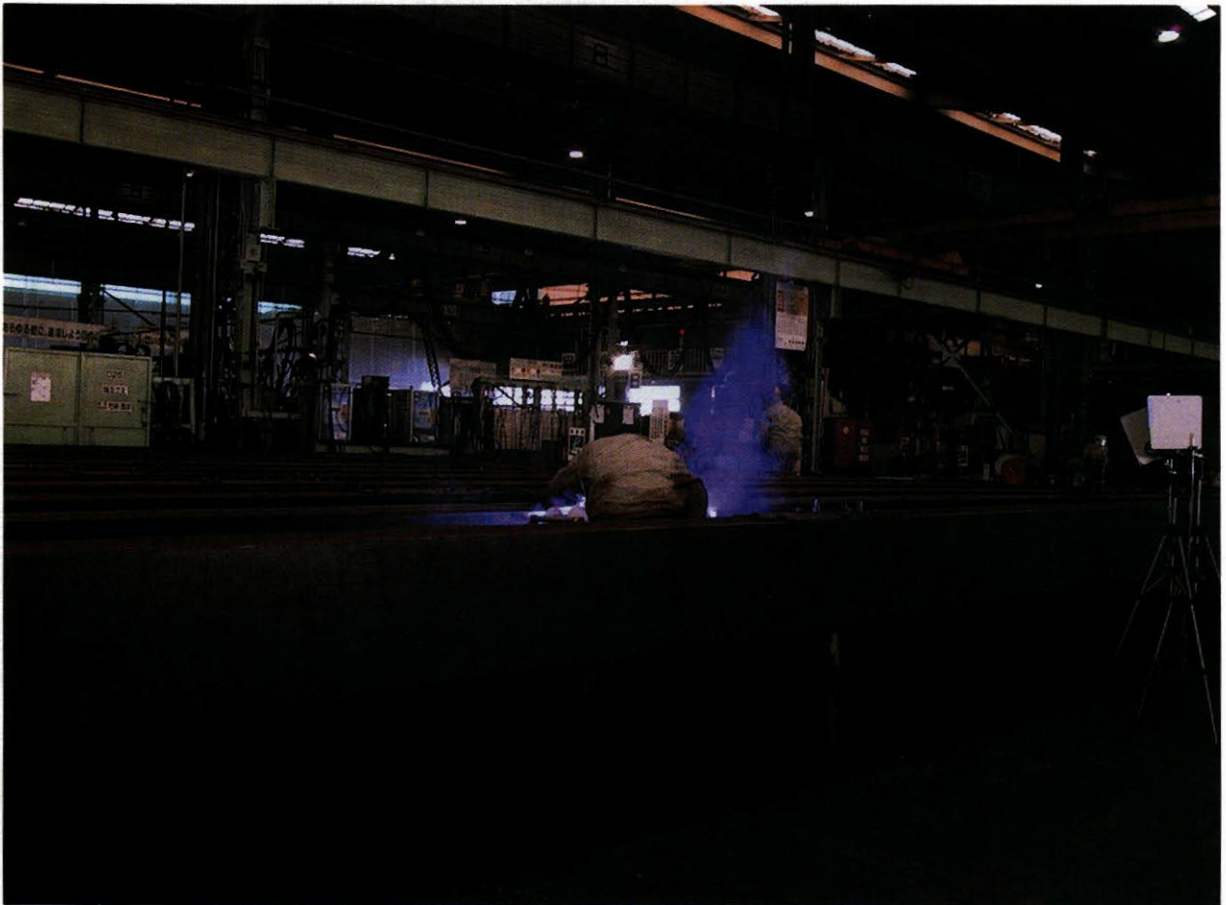


写真 4 4 溶接作業 ダストランプなし 露出 f 5.6 1/60