

産業保健調査研究報告書

ダストランプによるエアロゾル発散状況

調査方法の作業現場における活用

平成13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

撮影協力：社団法人 神奈川県予防医学協会

目次

研究員名簿

1. 調査研究の目的	1
2. 従前の研究結果	2
3. ダストランプ法によるエアロゾル観察マニュアル	3
4. ダストランプ法の解説ビデオ	10
5. 実用化試験の結果	10
6. 総 括	10
7. 参考文献	10
8. ダストランプ使用作業事例	13

調査研究結果報告書

ダストランプによるエアロゾル発散状況 調査方法の作業現場における活用

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て作業管理に有効な手段を提供することを目的とし、平成11年度においてダストランプの試行と評価により基本的な条件を検討したが、本年度は前年度の調査研究結果に基づいて、さらに広い範囲の作業場についてエアロゾル発散状況の把握を行い、多数の事業場でこの方法が利用されるようわかりやすく具体的な実施方法を記述したマニュアルと解説用ビデオを作成する。

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1)。

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2)、3)、4)、5)、6)。

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) 7) に採用された。

また1999年にILOから刊行された「職場における環境要因に関する実施要項」8) では、職場環境の予備的調査の手段として、スモークテスターによる気流の観測と同等に取り扱われている。

本調査研究グループは、これらの研究結果に着目し、我が国の作業現場に応用する場合の問題点を検討し、平成11年度の調査研究において、(1) 光源の種類と強さの影響、(2) 室内照明と背景色の影響、(3) 観察角度の影響と直射光の遮蔽の効果、(4) 写真撮影を行う場合の諸条件について検討を行い、この方法がエアロゾルの発散状況を把握するために有効であることを明らかにするとともに、この方法を現場で実施するための実用化に耐える条件を見いだした。

3 ダストランプ法による エアロゾル観察マニュアル

ダストランプ法を作業現場で広く利用して貰うために、前年度の調査研究結果に基づいて具体的な実施方法を記述した「ダストランプ法によるエアロゾル観察マニュアル」を製作し、社団法人日本作業環境測定協会神奈川支部所属の作業環境測定機関並びに、社団法人神奈川労務安全衛生協会会員事業場及び当センター利用事業場で粉じん作業場所を有する事業場に配布した。以下にその内容を示す。

ダストランプ法によるエアロゾル観察マニュアル

目次

ダストランプ法を安全に使うために	3
1 ダストランプ法の効果	4
2 ダストランプ法の原理	5
3 準備する器具	6
4 器具と観察者の位置	7
5 観察する際の注意	8
6 ダストランプ法の限界	8
7 ダストランプ法についての研究報告	8
8 ダストランプ法が海外で推奨されている状況	9
9 ダストランプ法についての参考資料	9

ダストランプ法を安全に使うために

警告

人がけがをしたり、財産に損害を与えるおそれがある内容を示しています。
ダストランプ法を安全に使うために、以下の注意をお読み下さい。

◆絵表示の意味



事故を防ぐために、してはいけないことを表しています。



事故を防ぐために、気をつける必要があることを表しています。



事故を防ぐために、しなければならないことを表しています。



引火性ガス、液体が存在するなど火災のおそれのある場所では、ランプが引火源となる危険があるので、ダストランプ法を用いることを避けましょう。



点灯している光源ランプを直視すると目を痛めることがあります。
点灯中のランプを直接見ないようにしましょう。



光源ランプは温度が高くなるので、触れてやけどしないよう手袋と長袖の作業衣を着用しましょう。



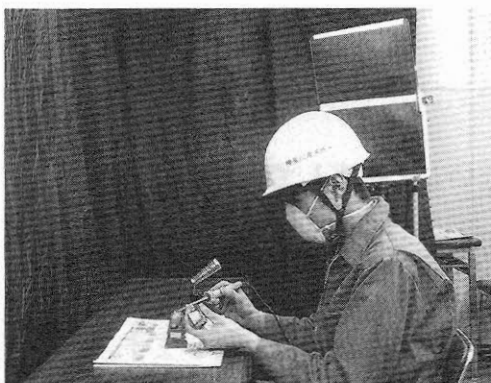
観察する場所の電源容量が、光源ランプの使用に対して余裕があるか、事前に確認しておきましょう。



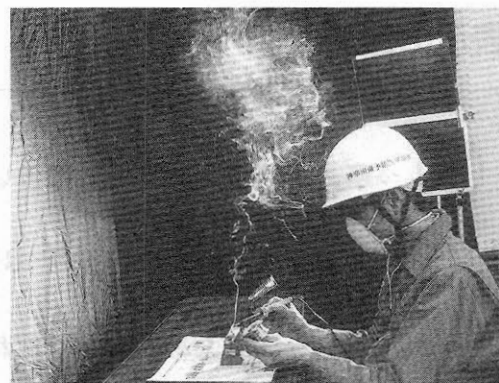
感電、漏電の生じないように、電源ケーブル等の確実な点検を行きましょう。
観察者は、作業の支障となったり、災害を発生させないために、観察する場所の機器配置や作業の状況を事前によく把握しておきましょう。

1. ダストランプ法の効果

吸入による健康影響の懸念されるエアロゾル¹⁾、いわゆるレスピラブル粒子²⁾は、粒径がきわめて小さいために普通の照明下では肉眼で見にくいことが多いのですが、ダストランプ法を使うことによって容易に観察することができます。



ダストランプを使わない場合



ダストランプを使った場合

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、袋詰め等、作業者がエアロゾルの発散源に接近して作業する場合には、作業場の平均的な気中濃度は低くても、作業者が呼吸する場所の濃度は高い場合があります。

このような場合には、エアロゾルの吸入が少ない作業姿勢をとらせたり呼吸用保護具を使用させる必要がありますが、これらの徹底に際しては、ダストランプ法を使って、作業員や監督者に、エアロゾルの浮遊している状況を認識させることが効果的です。

また、局所排気装置の設置等により、環境の改善を行う際に、この方法によってエアロゾルの浮遊の状況を把握すれば、装置の計画や効果の検討が効率的に行えます。

2. ダストランプの原理

ダストランプ法は、チンダル現象³⁾を利用して、作業場に存在するエアロゾルの状態を簡単に知ることができる方法です。

エアロゾルが空気中に浮遊している場所に、写真撮影用ランプなどの光源からの光線を当て、適当な角度から観察することにより、エアロゾルが浮遊している状況を肉眼で観察することができます。写真、ビデオに記録することも可能です。

用語解説

1) エアロゾル

エアロゾルとは、空気中にダスト、ヒューム、ミスト等として浮遊する微細な固体または液体粒子の総称です。作業場に浮遊している粉じんや液滴、溶接やはんだ付けのヒューム、たばこの煙などはすべてエアロゾルに該当します。

2) レスピラブル粒子

作業場で発散したエアロゾルのうち、径の大きい粒子はすみやかに沈降しますが、小さい粒子は沈降しにくいためにいつまでも空気中に浮遊します。空気中に浮遊するエアロゾルを呼吸によって吸い込んだとき、大きい粒子は鼻、のどに付着しますが、小さい粒子は肺の奥深くに入り込みます。このため、健康に最も悪い影響があるのは、大きさが $7\mu\text{m}$ 以下の粒子だといわれています。このような粒子は、普通の光線では目で見ることができません。

3) チンダル現象

チンダル現象とは、暗い部屋の中で隙間から入った光線の散乱によって、エアロゾルの存在が見える広く知られた現象です。最初に研究した英国の科学者 John Tyndall (1820-93) の名をとって、チンダル現象と呼ばれています。

3. 準備する器具

ダストランプ法を使ってエアロゾルを観察するときに、準備の必要な器具は、次の通りです。

(1) 光源ランプ

光源としては、市販されている写真撮影用ランプ、部分照明用スポットライトまたは夜間工事用の投光器などの中から適当なものを使用します。

光源に必要な容量は、観察の対象によって異なるので、一概には言えませんが、容量の大きいにこしたことはありません。明るい場所で使用するには、500ワット（ハイビームランプの場合は150ワット）のものを準備することを推奨します。暗い場所では小電力のものでも使えます。

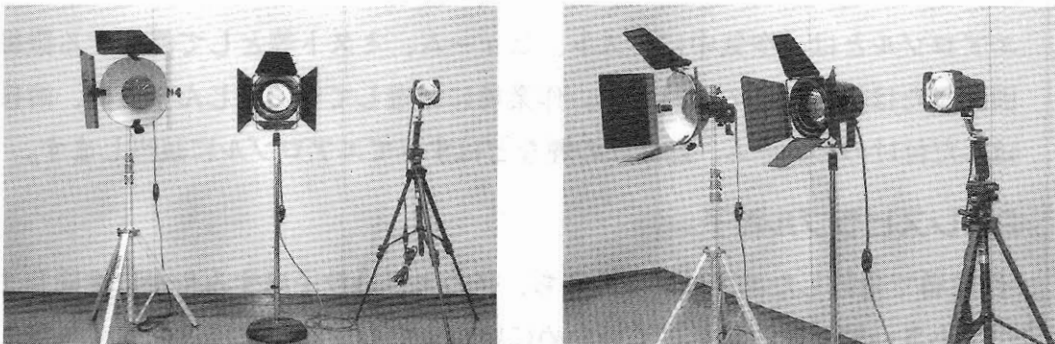
ブラケットは、固定するための3脚が付いているもので、光源からの光線の広がりを防止するためにできればダンパー（遮光羽根）付きのものを使用すると観察が行いやすくなります。

写真の例は、当センターで試験的に使用した光源の例です。

写真 左 写真撮影用フラッドランプ（ダンパー付、100V-500W）

写真 中央 写真撮影用ハイビームランプ（ダンパー付き、100V-150W）

写真 右 ビデオライト（ダンパーなし、100V-300W）



(2) 遮光板

光源からの光線が観察者の目に直接入ることを防ぐための段ボール・ベニヤ板などを用意します。

遮光板は、光線を遮るためには、大きいことが好ましいのですが、持ち運びの便利さも考えると700～900mm角程度が適当でしょう。段ボールの空き箱を利用するのが便利です。簡易的に観察する場合には、手のひらで遮ることも可能です。

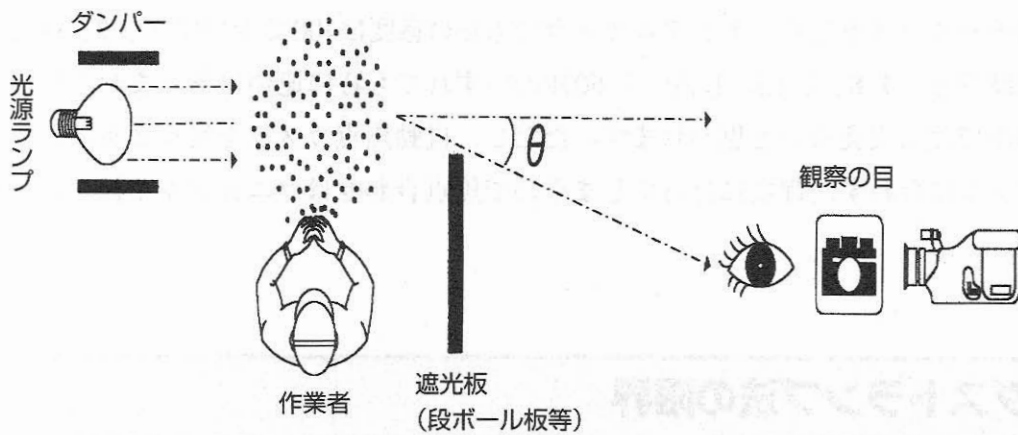
(3) 電源用のコードリール

(4) 写真やビデオを撮影する場合のカメラ、ビデオカメラなど。

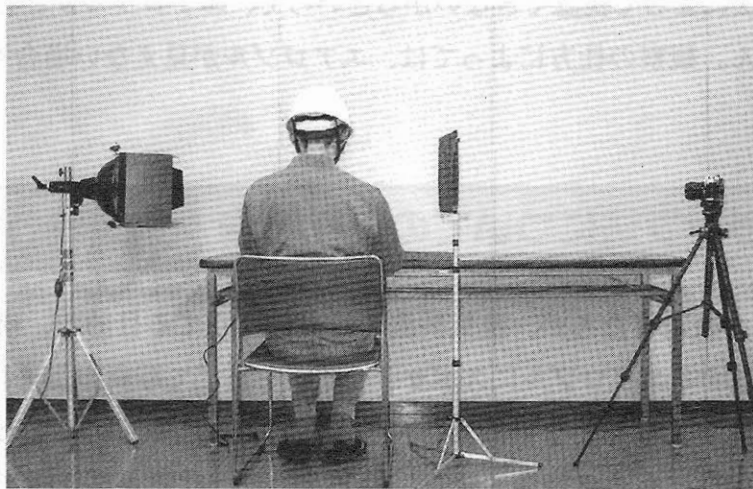
4. 器具と観察者の位置

エアロゾルを観察しやすくするためには、エアロゾルの浮遊する場所、光源ランプ、遮光板、観察者の相互の位置関係を観察のしやすいように調整することが大切です。

下図のように、エアロゾルの浮遊する場所を挟んで、光源ランプと観察者を相対して位置させ、光源ランプの正面に近いエアロゾルの見やすい場所から観察します。



このとき、ランプからの光線が観察者の目に直接入ってまぶしくないように遮光板を適当な位置に置いて光線を遮ります。



エアロゾルの浮遊する状態が、よく見えるのは限られた範囲なので、場所を交代して観察するようにしましょう。

5. 観察する際の注意

(1) 室内照明と背景色

周囲の明るさが、散乱光の観察に大きな影響を与えるので、室内照明は暗くする方がよく見えます。作業台等の背景が明るい場合には、後ろに暗色の衝立を置くか、暗幕を張ると観察がしやすくなります。

(2) 写真の撮影条件

スチールカメラでも、デジタルカメラでもISO感度は400で十分です。絞りF2.8とし、露出時間が、1/8、1/15、1/30、1/60秒のいずれでも特に違いはありませんでした。自動露出で差し支えないと思われます。ただし、自動焦点カメラを使うときは、焦点がエアロゾルに合わず、背景に合ってしまうので焦点合わせはマニュアルで行うことが必要です。

6. ダストランプ法の限界

- (1) ガス、蒸気の有存在については、光を透過するために、ダストランプ法では観察ができません。
- (2) エアロゾルの浮遊する状態を観察できますが、濃度について定量的な情報は得られません。
- (3) ダストランプ法によって視認できないからといって、エアロゾルが存在しないと断定してはなりません。観察の仕方によっては、エアロゾルが見えない場合もあります。

7. ダストランプ法についての研究報告

1950年代に英国の技術者たちが、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エアロゾルにスポットライトを当てて写真撮影を行いました。

この際、普通の照明では見えない微細な粒子が、強力な光線を当てると見えることを報告しています。その後、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てきました。

局所排気装置によって、エアロゾルが吸引される状況を観察した結果、健康影響の生ずるおそれの低い大きい粒径のものは捕集されるが、小さい粒径のものは捕集されないことが明らかになった例などが報告されています。

8. ダストランプ法が海外で推奨されている状況

英国労働安全衛生庁（HSE）は、職場において有害化学物質の存在を把握する手段のひとつとして、ダストランプ法の使用を推奨しています。同庁の制定する有害環境の調査方法のひとつとして、1997年にこの方法が採用されています。

また、国際労働機関（ILO）が1999年に刊行した「職場における環境要因に関する実施要綱」においても、職場環境の予備的調査の手段として、スモークチューブと同等に推奨されています。

9. ダストランプ法についての参考資料

- (1) 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
- (2) International Labour Organization: Code of practice on ambient factor at the workplace, 1999

4 ダストランプ法の解説ビデオ

ダストランプ法をより効果的に利用して適切な作業管理を推進して貰うことを目的として、「ダストランプ法によるエアロゾル観察マニュアル」の内容をさらに具体的に解説した啓蒙用ビデオ「ダストランプ法によるエアロゾルの観察－粉じん職場の適切な作業管理のために」（約15分間）を制作した。

5 実用化試験の結果

「ダストランプ法によるエアロゾル観察マニュアル」の記述に従って撮影した写真を写真1～12に示す。

6 総括

写真13、14は、両頭グラインダーによる工具研磨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。グラインダーカバーを囲い式フードとして利用する局所排気が行われていても、ダストランプを使用した観察により、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様子が認められる。

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。

7 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 : Principles of local exhaust ventilation HMSO, 1975 ISBN 011 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 BSEN 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
- 8) ILO, Code of practice
on ambient factors at the workplace, Meeting of Experts
on Ambient Factors at the Workplace Geneva, 1999

8 ダストランプ使用作業事例

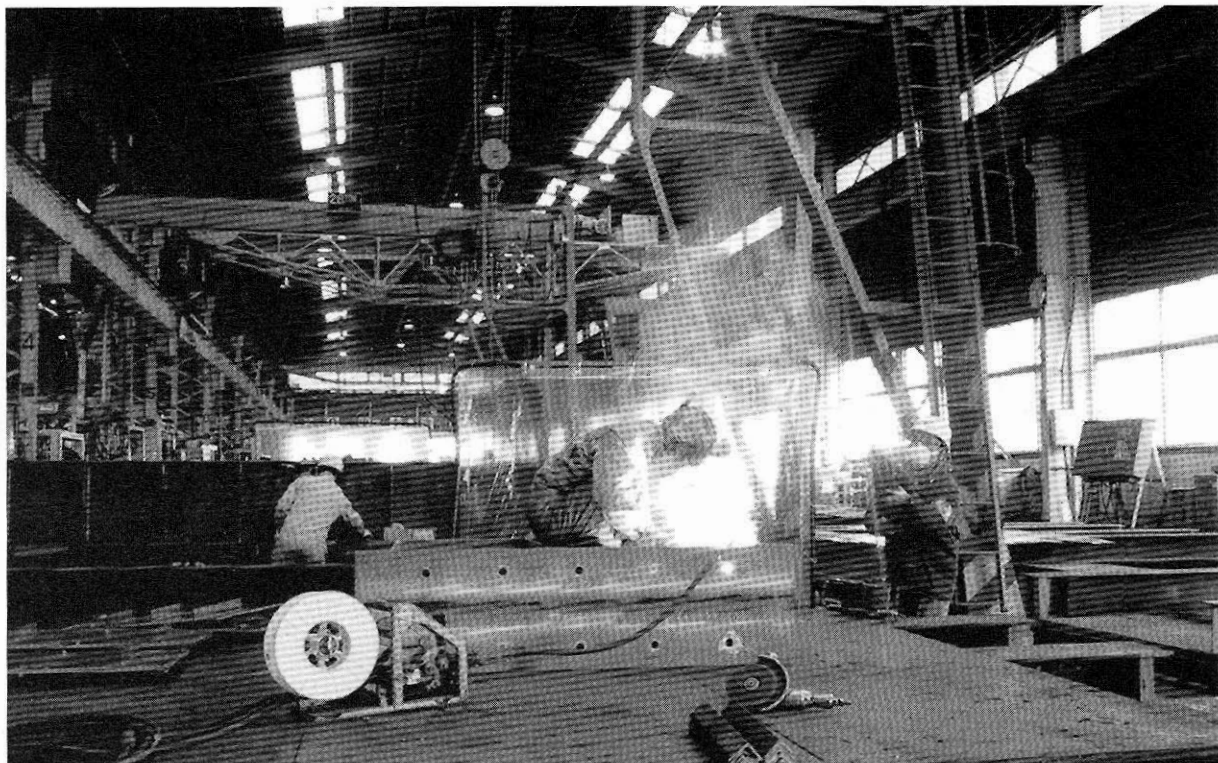


写真1 溶接作業 ダストランプ使用 露出 f4 1/30

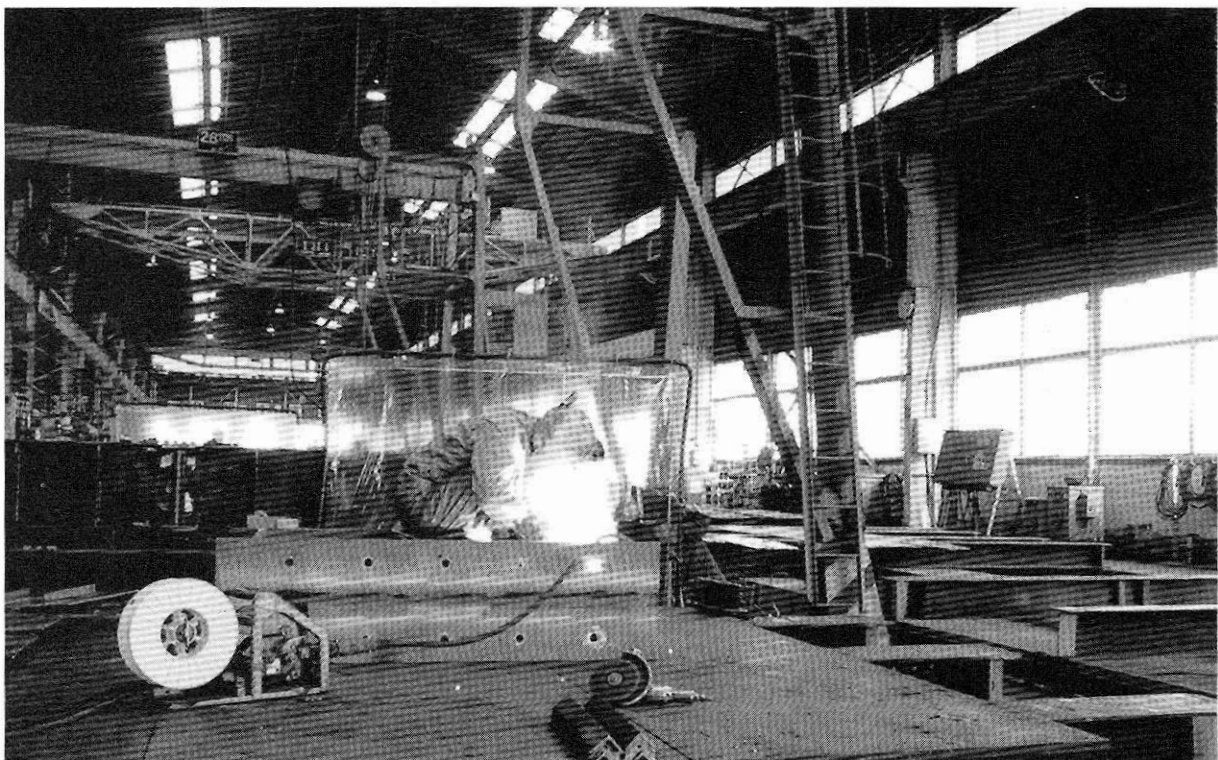


写真2 溶接作業 ダストランプなし 露出 f4 1/30

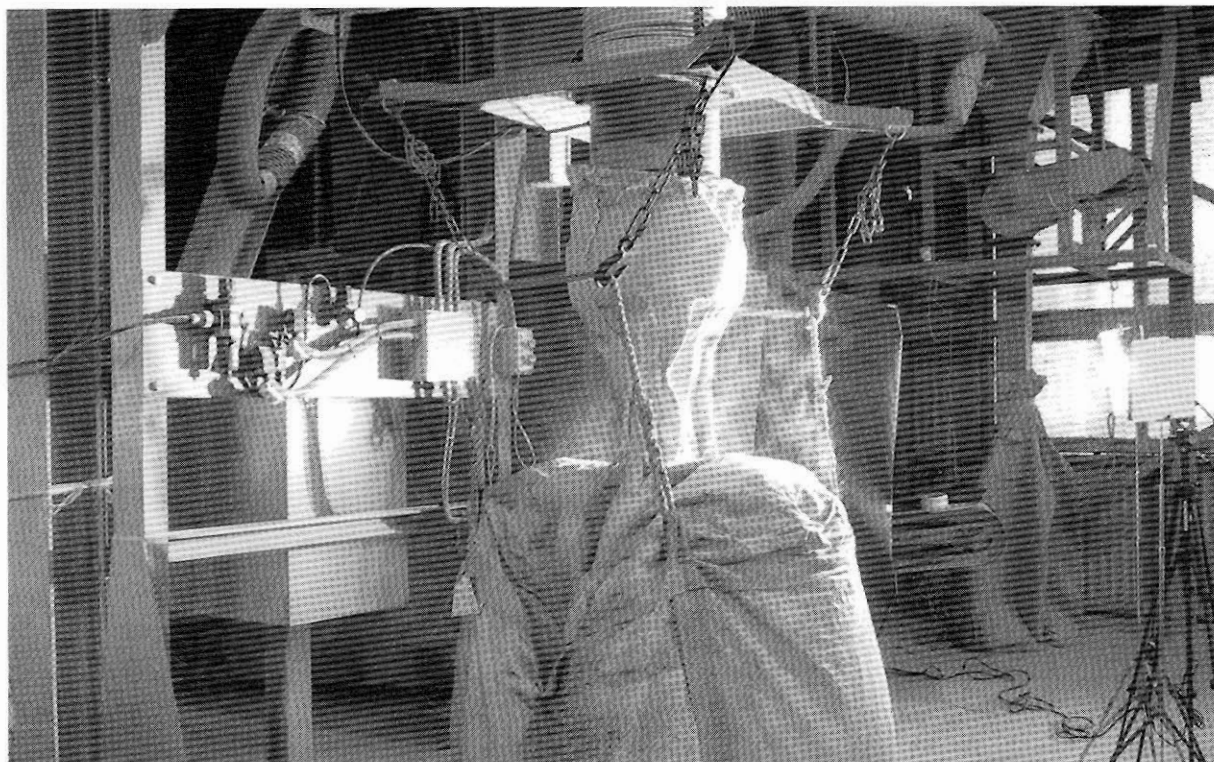


写真3 袋詰作業 ダストランプ使用 露出 f4 1/30



写真4 袋詰作業 ダストランプなし 露出 f4 1/30

ダストランプ使用作業事例

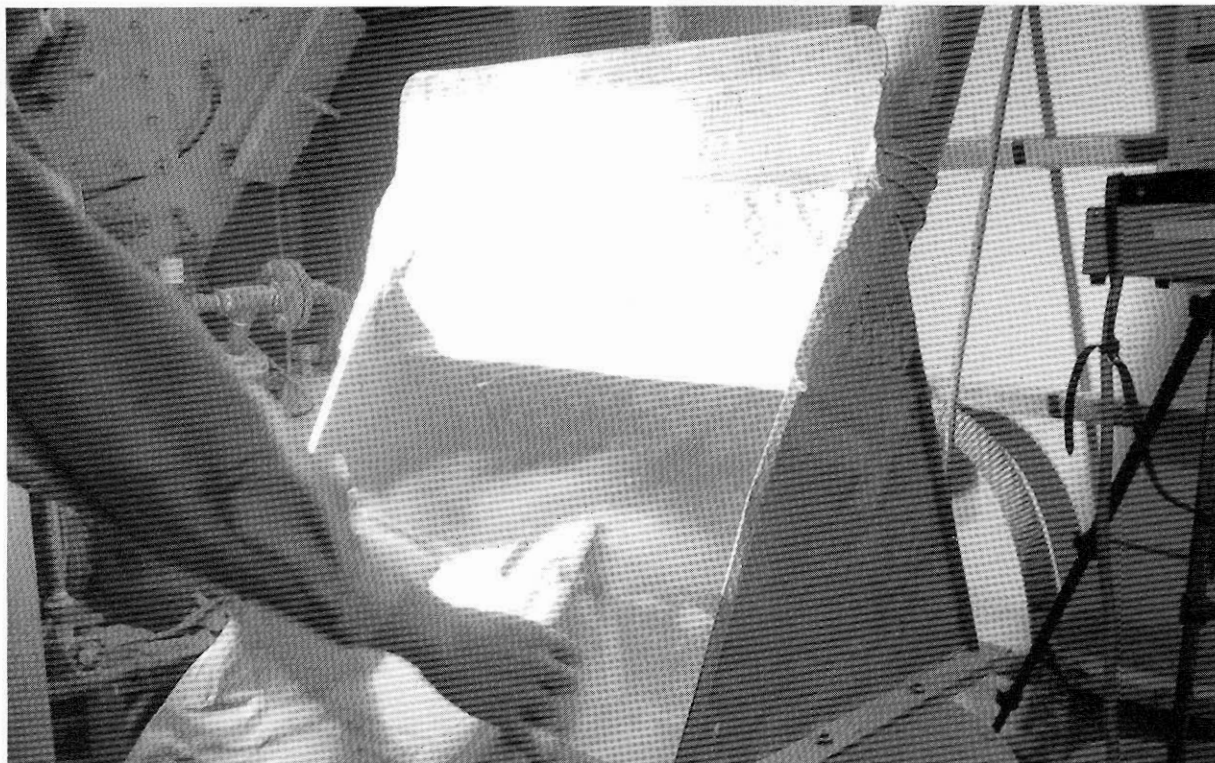


写真5 投入作業 ダストランプ使用 露出 f2.8 1/15



写真6 投入作業 ダストランプなし 露出 f2.8 1/4

ダストランプ使用作業事例



写真7 研磨作業 ダストランプ使用 露出 f4 1/30

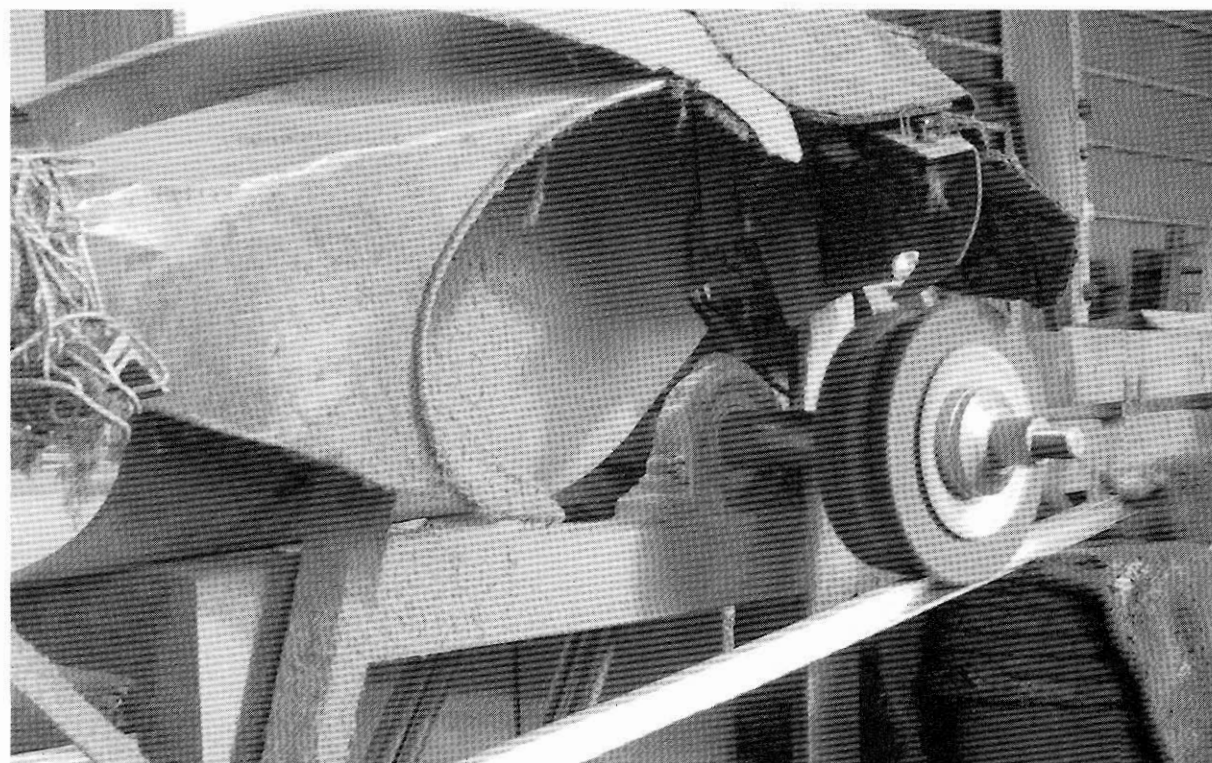


写真8 研磨作業 ダストランプなし 露出 f4 1/30

ダストランプ使用作業事例

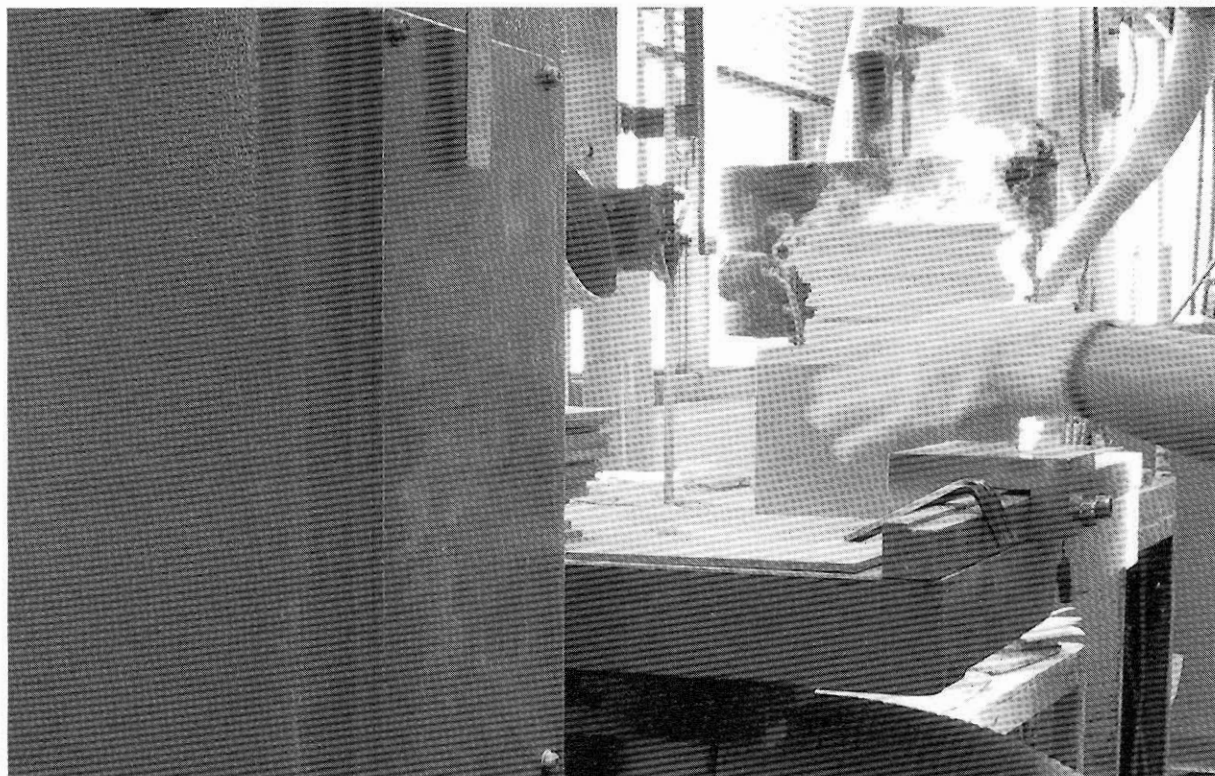


写真9 切断作業 ダストランプ使用 露出 f5.6 1/60

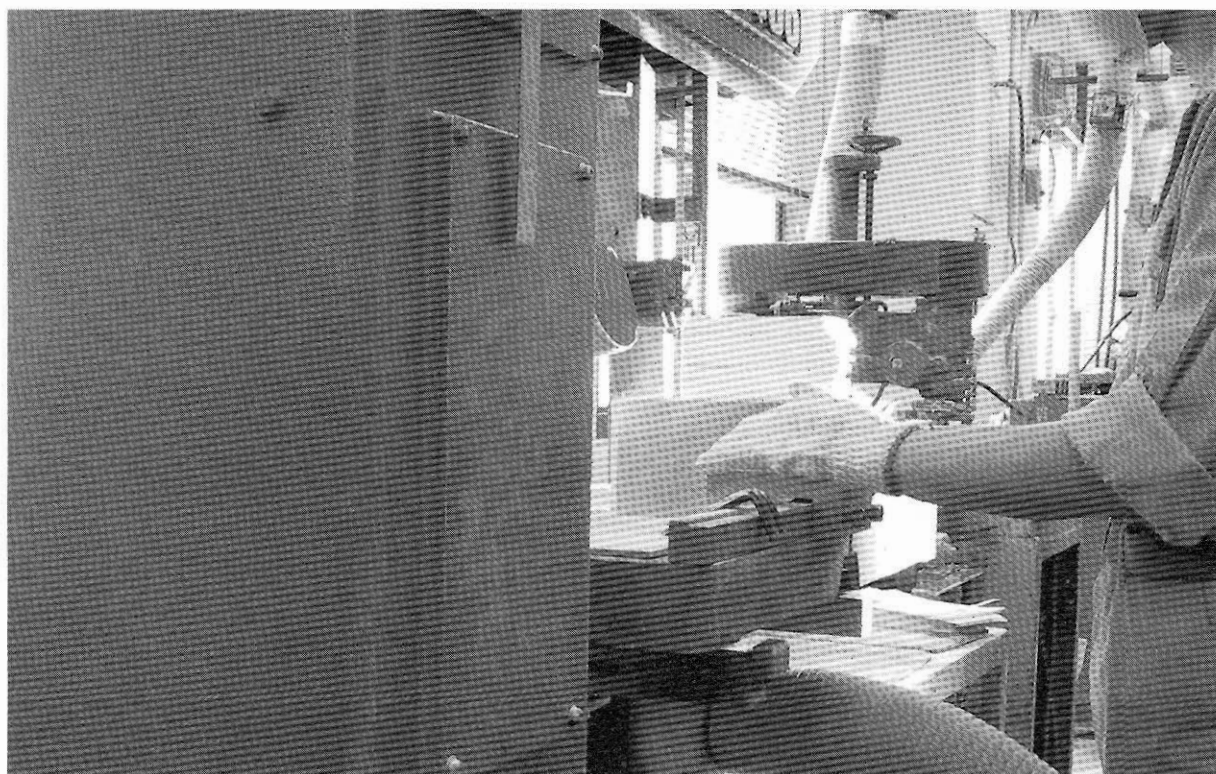


写真10 切断作業 ダストランプなし 露出 f5.6 1/60

ダストランプ使用作業事例

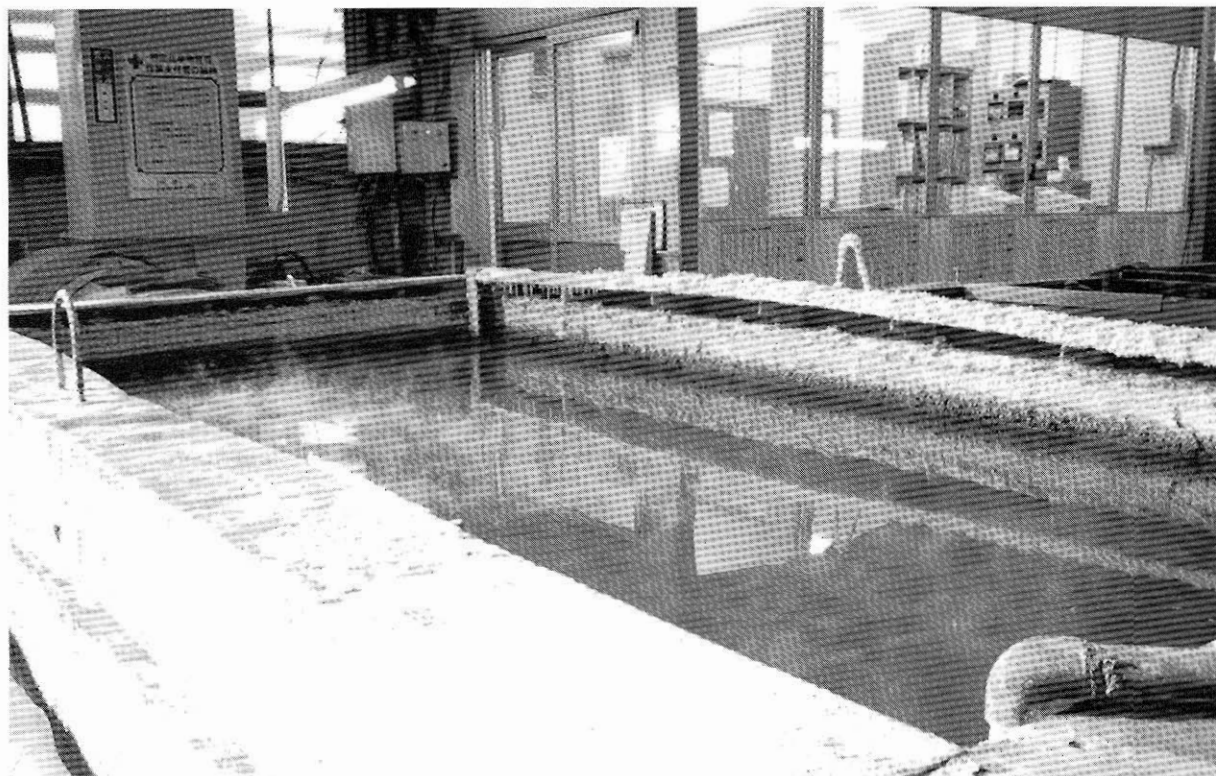


写真11 メッキ作業 ダストランプ使用 露出 f2.8 1/15

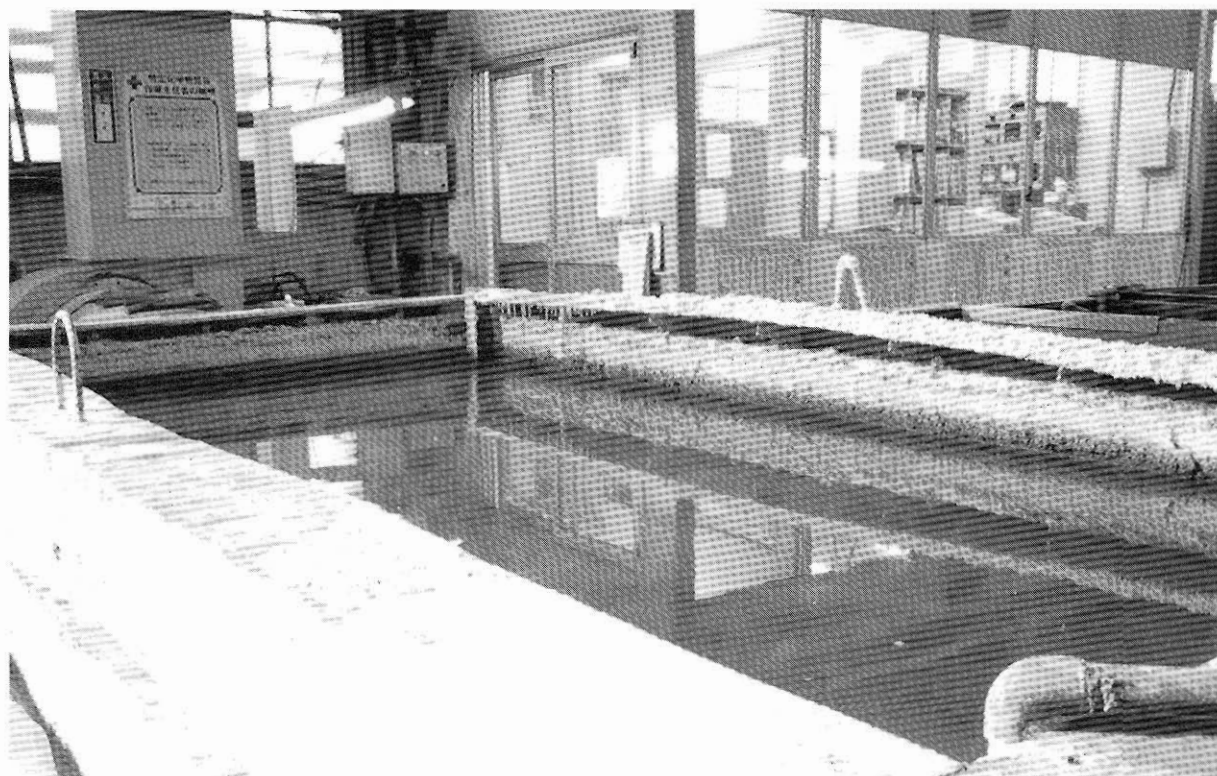


写真12 メッキ作業 ダストランプなし 露出 f2.8 1/15

ダストランプ使用作業事例



写真13 研磨作業 ダストランプ使用 露出 f4 1/60



写真14 研磨作業 ダストランプなし 露出 f4 1/60