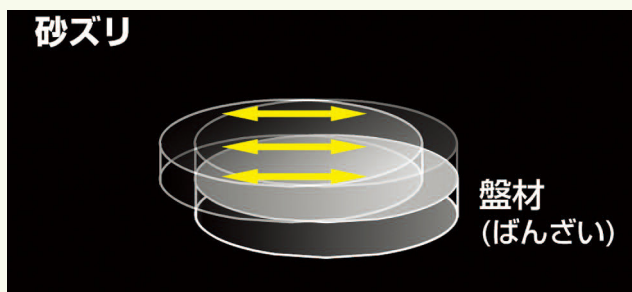
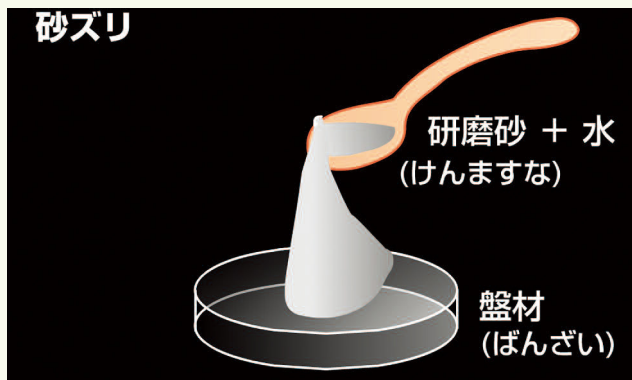




光のなぞ > レンズと反射鏡

## 反射鏡はこうして作る (1/4)



あらい砂から次第に細かい砂に変えて  
数段階に分けて行う

### ガラスをけすってへこませる (砂ズリ)

現在天体望遠鏡に使われる反射鏡は、ガラスでできています(\*1)。板状のガラスのまん中をへこませればおう面鏡が、逆に周囲をうすくすればとつ面鏡になります。この、ガラスの形をへこませる作業が、反射鏡作りの第一段階です。

学校などで使われている小型の望遠鏡では(口径10~50cmぐらい)、平らなガラス表面をけすって作った反射鏡が使われています。ただし、口径が数mにもなるような大きな望遠鏡では、けする作業が大変なので、最初からまん中のへこんだガラス材を作って、けする作業を簡単にしています(\*2)。

ここでは、小型望遠鏡用の反射鏡を作るプロセスを紹介します。最初は「砂ズリ」と呼ばれる作業です。鏡になるガラス材と、ほぼ同じ大きさの別のガラス材=盤材(ばんざい)(\*3)の間に、たいへんかたくて細かな砂状の研磨剤(けんますな)(\*4)と水を混ぜて入れ、こすり合わせて表面をけすります。このとき、ガラスと盤(ばん)との重なり具合やこする動作の距離(きょり)を調節すると、次第にガラス材がおう面に、盤(ばん)がとつ面に変形していきます。きれいなおう面になるように、ガラス、盤(ばん)、こする方向などを均等に回転させます。反射鏡の焦点距離(しょうてんきょり)はへこみ具合によって決まるので、ときどき調べながら目的のへこみ具合になるまでけすっていきます。

\*注1…温度の変化によるのび縮みの少ない特殊(とくしゅ)なガラスです。温度が変化することで表面のカーブが変わってしまうと、精度が保てないためです。

\*注2…ガラスをとかしておう面鏡型の型に流し込んだり、とけた状態のガラスを容器ごと回転させて成形します。また、小さな鏡をつないで作る方法もあります。

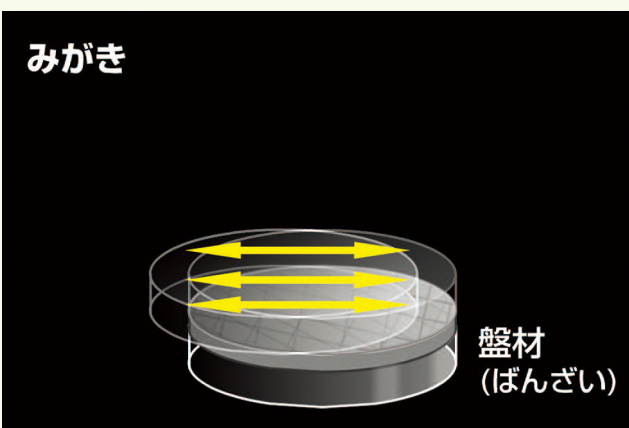
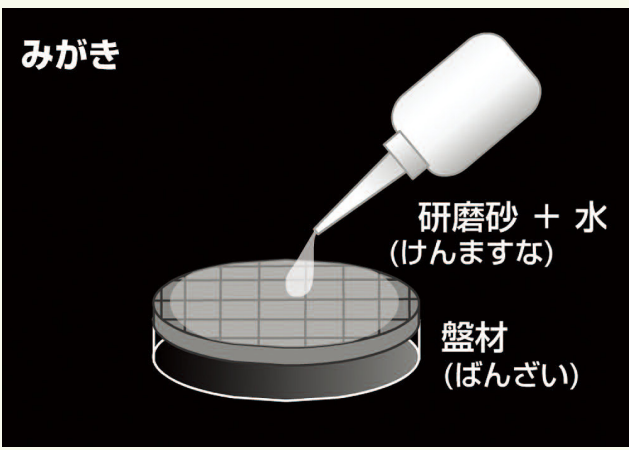
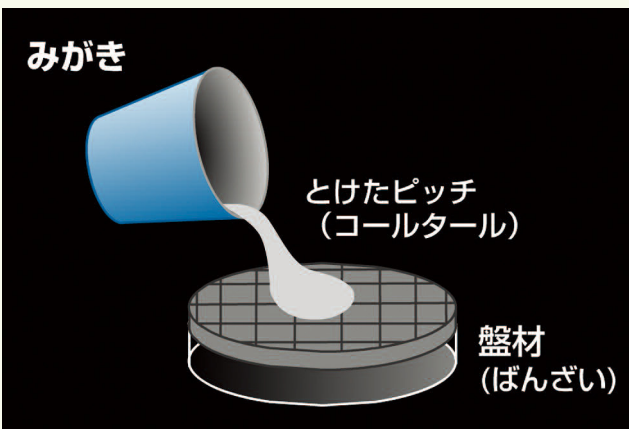
\*注3…小さな盤材(ばんざい)ではガラスですが、直径が50cmを超えるものの多くは金属製です。

\*注4…研磨剤(けんますな)はまるで砂のように見えますので、研磨砂(けんますな)あるいはけんまさと呼ぶことがあります。ガラスをけすってへこませる作業を砂ズリというのはこのためです。



光のなぞ > レンズと反射鏡

### 反射鏡はこうして作る (2/4)



盤 (ばん) の上にピッチ (コールタール) を流し、みがきのための盤 (ばん) を作る。

#### みがいてつるつるにする (みがき)

けすってへこませたガラス材の表面は、ざらざらになっています。これをつるつるにみがき上げるのが、第2段階です。最初は、けするときに使った研磨砂 (けんますな) より、もっと細かい研磨剤を使って、けするのと同じような作業を行います。砂をだんだん細かいものに変えていくと、ざらざらだったガラス面が次第にきめが細くなり、すき通ってきます。このときに、目的の焦点距離 (しょうてんきょり) になるように最後の調節を行います。

さらに、みがきの最終段階では、盤 (ばん) の上にピッチ (コールタール) を流して固め、余分な研磨剤を逃がすための切れ目を入れたみがき盤 (ばん) を作って作業します。このときには非常に粒 (つぶ) の細かい研磨剤 (けんまざい) を使います。



光のなぞ > レンズと反射鏡

反射鏡はこうして作る (3/4)

**テスト**

▼ こんな風に見える ▼

球面鏡

放物面鏡

**表面のカーブを調節して放物面に仕上げる**

穴からの光をみがいた面に反射させ焦点（しょうてん）で光をさえぎって表面のようすを調べる

**テストをして表面のカーブを整える（テスト～調整）**  
 みがきがほぼ完了するころから、ガラス面のカーブの具合をテストします。これにはいろいろな方法がありますが\*、古くから用いられているフォーコートテストという方法を図にご紹介します。

フォーコートテストでは、周囲を暗くして小さな穴（ピンホール）からの光をガラス材の表面に当て、反射して返ってきた光を焦点（しょうてん）のところでさえぎって、その影（かげ）を観察します。

ガラス材の表面が完全な球面になっていれば、焦点に来る光も1点に集まります。ですから、その光をさえぎると、さえぎったしゅん間に全面が同時に暗くなります。しかし、ガラス表面のどこかが焦点距離（しょうてんきょり）が短かったり長かったりすると、左図のように前後に集まっている光はさえぎられるタイミングが変わるので、全面が同時には暗くなりません。つまり、影（かげ）のでき方によって、表面のカーブのようすがわかるのです。

さらに、望遠鏡に使う反射鏡では、ガラス表面のカーブが放物面になるように、このようなテストをくり返しながらか、部分的にけずり直すなどして調節します。非常に遠いところから来る星の光を1点に集めるには、球面ではなく**放物面**が必要だからです。

\*注…カメラなどのレンズを作るときには、ふつうは専用の機械でテストします。レンズ工場などでは、手間がかからない上に精密な測定ができるさまざまな機械が用いられています。フォーコートテストは簡単ですが手間がかかるため、天体望遠鏡のように、手作りの反射鏡を作る場合に多く用いられます。

**テスト**

光をさえぎる方向

球面：全体の光が一点に集まるので、全体がいっぺんに暗くなる

**【見え方の例】**  
 鏡のまん中だけ焦点距離が長いと（青線）その部分だけ上から光が当たったように見える  
 鏡のまん中だけ焦点距離が短い（赤線）とその部分だけ下から光が当たったように見える

まん中の焦点（しょうてん）が長い（青線）とでっぱった影（かげ）に見える

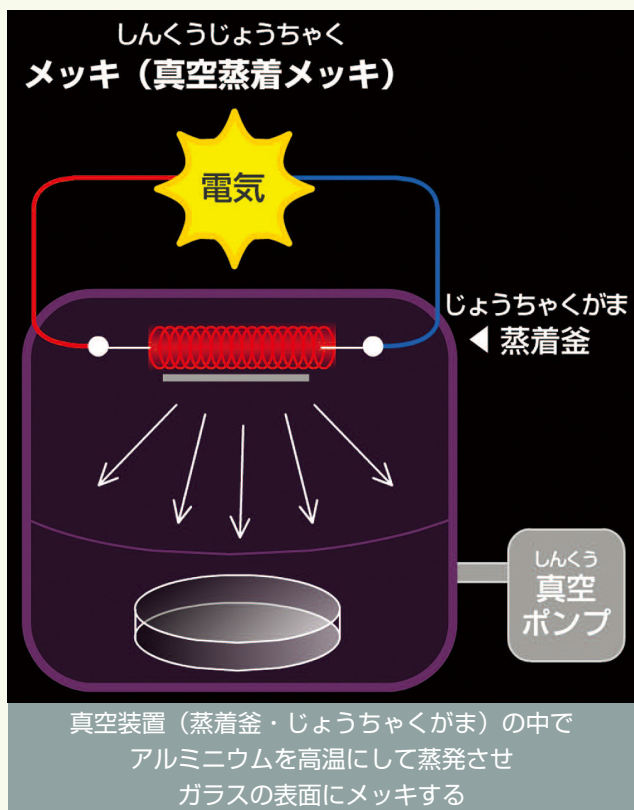
まん中の焦点（しょうてん）が短い（赤線）とへこんだ影（かげ）に見える

穴からの光をみがいた面に反射させ焦点（しょうてん）で光をさえぎって表面のようすを調べる



光のなぞ > レンズと反射鏡

## 反射鏡はこうして作る (4/4)



### メッキをして反射鏡にする (メッキ)

みがき、テスト、調整が完了すると、いよいよ最終段階です。光をよく反射させるために、ガラスの表面にアルミニウムなど(\*1)のうすい膜 (まく) を作る (メッキをする) のです。

アルミニウムメッキは、ほとんどの場合、真空蒸着 (しんくうじょうちやく) という方法で行われます。蒸着釜 (じょうちやくがま) と呼ばれる真空装置の中にガラス材を入れて、フィラメント(\*2)を電気で高い温度に加熱します。フィラメントにはあらかじめアルミニウムがつけてあり、高温と真空のはたらきで、このアルミニウムが蒸発して飛びちります。それがガラス材の表面にくっついて、光をよく反射する鏡になるのです。

なお、このメッキは厚すぎるとガラス表面のカーブを乱してしまいますし、うすすぎると光が十分に反射しないので失敗となります。

実際の反射鏡では、メッキができた後は、「コーティング」(\*3)という処理を行います。これは、メッキした表面に、酸化ケイ素などのたいへんうすい透明な被膜 (ひまく) をつけ、メッキ面を保護すると同時に反射率を高めるものです(\*4)。

\*注1…現在、天体望遠鏡に使われる反射鏡のメッキは、ほとんどがアルミニウムです。しかし、アルミニウムでは反射しにくい波長 (赤外線など) を観察する望遠鏡では、代わりに金メッキなどが使われることもあります。なお、アルミニウムメッキが発達する以前は、化学反応を利用した銀メッキが行われていました。

\*注2…電球に使われるフィラメントとよく似た装置です。

\*注3…反射鏡だけでなくレンズでも、レンズ面を保護したり光をより多く通すため、似たようなコーティングが行われます。カメラやメガネなどのレンズを光にかざすと、緑や青、ピンク色などの反射光が見えますが、これはコーティングされているためです。

\*注4…反射鏡の場合は1面を加工するだけですが、レンズでは表裏2面がこのようなプロセスで加工されます (もちろん、メッキはしません)。数枚~10数枚のレンズを使った望遠レンズなどを作るには、たいへんな手間と技術が必要なのです。