

KIRIYAMA GLASS WORKS COMPANY

- Glass works -

- Lamp working -

- Verification experiment -

ガラスは人類が初めて創りだした素材です。

いま ねん まえ
今から 5000 年ほど前のことです。

てんねん そざい え どうめい うつく かがや はな かがくてき あんてい こうげいひん せいかつようひん
天然素材では得られない透明で美しい輝きを放ち、化学的に安定※であるため、工芸品や生活用品、
げんだい でんし き き ひろ つか
現代では電子機器※などに広く使われてきました。

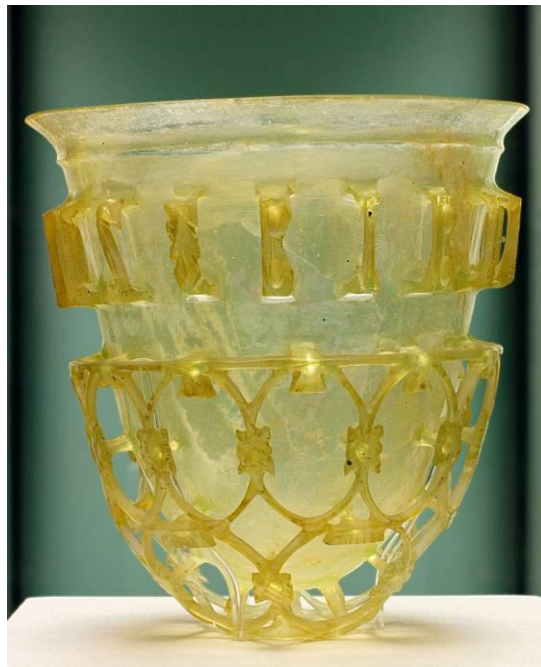
しかし、ガラス素材を扱う（溶かしてつくる）という経験は、あまり身近なものとはいえません。
こんかい たいけん じんるいさいこ さいしん そざい ぜんぶん あつか せいさく むすか
今回の体験では、この人類最古でありながら最新の素材「ガラス」を存分に扱って、ガラス制作の難
しさ、楽しさを味わいましょう。

かがくてき あんてい
※化学的に安定：

かんたん ぶっしつ へんか かがくはんのう たと も と
簡単には、ほかの物質に変化しないこと（化学反応をおこさない）例えば、燃えない・溶けないなど。

でんし き き
※電子機器とガラス：

こうきのかすす ぶんや せいひんせいぞう かんが
高機能化が進むエレクトロニクスの分野では、ガラスなしでの製品製造は考えられないほど、
さまさま ばしょ りよう りよう しら おもしろ
様々な場所に利用されています。どんなところに利用されているか調べてみることも面白いでしょう。
だてもの けんざい りよう さか おこ
ほかにも建物をつくるための建材としての利用も盛んに行なわれています。



ローマングラスの発掘品

もくじ!

～理化学硝子の知識と制作～!

だいいちぶ ちしきへん 第一部! 知識編!

1. ガラスってそもそもなんだろう?!
 2. ガラスは^{なに}からできている?!
 3. ガラスの^{いろ}色はどうつけている?!
 4. ガラスの^{はっけん}発見と^{れきし}歴史!
 5. ガラスの^{しゅるい}種類のお話し!
- !
- ・実験器具はなぜガラスでできている?!
 - ・理化学硝子って!

だいにぶ せいさくへん 第二部! 制作編!

1. つくりかた " ^{しゅるい}種類!
2. ガラスの^{せいしつ}性質!
3. ^{やけど}火傷したら?!
4. ^{せつび}設備・^{どうぐ}道具のお話し!
5. ^{せいさく}制作の^{なが}流れを^{りかい}理解しましょう!!
6. ^{せいさく}制作ノート (吹きガラス・^ふとんぼ玉^{だま})!
7. ^{せいさく}制作ノート～^{ほそく}補足～!
8. ガラスの歪みについて

だいいちぶ ちしきへん
第一部 知識編

1. 『ガラス』ってそもそもなんだろう？

『ガラス』ってどんなものだと思いますか？

ガラスは自然に存在するものではなく、人間が人工的に作り出したものです。

でも、自然にも存在します…。なんだか矛盾してますね。

『宇宙から飛来したガラス質の隕石』や『黒曜石』という石は、自然に存在する天然のガラスです。色は濃い緑色や真っ黒にみえます。透明ではないですね。

ガラスとは何か？

かなり難しい定義ですが、

ガラスとは、「熔融物を結晶化させることなく、冷却して得られる無機物質」であるといえます。

(厳密には例外もあります)

より正確にいうと

ガラス転移現象を示す非晶質固体

これが、ガラスとは？の答えです。

でも難しいすぎますね！

興味がわいたらどういう意味か、ぜひ調べてみてください。

実はいろんな「ガラスのかたちがある」

ことに驚くと思います。

かなり強引ですが、今日はこう覚えましょう。

ガラスとは、砂がとけて、冷えてかたまっただけのもの。



こくようせき
黒曜石

原始時代の「石器」に使われていた石。
火山岩の一種。

割れた断面が貝殻のような模様になります。実は、切れ味のよさから現代でも実用品。
(手術用のメスやカミソリなどで使われることもあります)

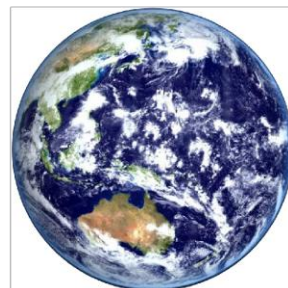
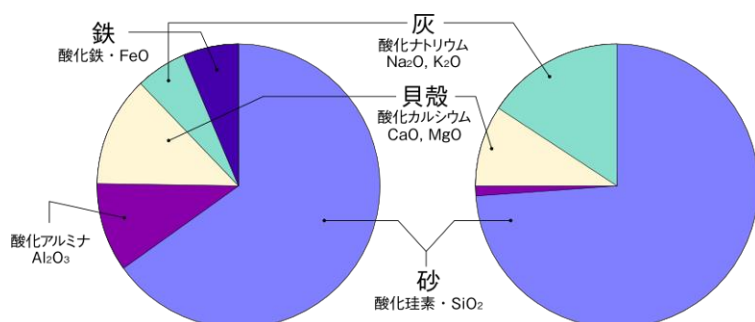
ガラスは、

『砂』からできている！

なに

2. ガラスは何からできている？

つぎの二つの円グラフは何をあらわしているのでしょうか？ とてもよく似ていることがわかってと思います。



そうなのです。

これは『地球の地殻の組成』(左)と
代表的な『ガラスの組成』(右)なのです。

「地球の地殻」(地球の表面)が熔けるとガラスになります。

ただし、不純物(余計なもの)があるため
色は真っ黒になります。

前のページの天然ガラス・黒曜石も黒い色をして
いましたね。



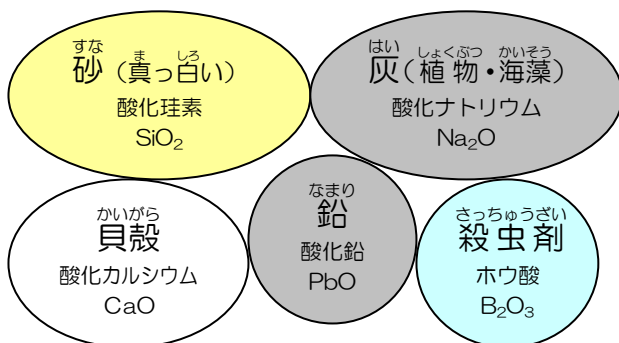
モルダバイト

隕石の衝突で地表が熔けてかたまつた鉱物。

地球上には存在しない物質を含んでいるため
隕石そのものではないか、とも言われています。

ガラスの原料たち

※大きな文字はイメージしやすいように身近なもので示しました。
下段の2行には、正式名称と化学式を示しました。



『砂』とそれ以外の原料を1~2種類組み合わせるとガラスはつくられています。
この組み合わせで、ガラスの性質が決まります。

いろ

3. ガラスの色はどうつけている？

どうして、いろんな色のついたガラスがあるのでしょうか？

あとから絵の具で描いている？ 違います。ガラスの色は、ガラスの原料に金属（酸化金属）を混ぜることで発色しています。

金属の種類で、色ガラスをつくり分けているのです。どんな色が出るか代表的なものをみていきましょう。

てつ
鉄

すな ぶく
砂に含まれる鉄の発色です。
まど
窓ガラスなどがほんの少し緑
いろ
色にみえたりするのは、鉄の
はっしょく
発色です。

どう
銅

と かた
熔かし方で、スカイブルーや
あか はっしょく
赤に発色します。

コバルト

え
絵の具に「コバルトブルー」
という色がありますが、おなじ
いろ
ように濃い青に発色します。
こ あお はっしょく
「瑠璃いろ」とはこの色です。

きん
金

かね
お金ではありません。貴金属
のゴールドの金です。
あざ あか はっしょく
鮮やかな赤に発色します。

こんなガラスもあるぞ！『ウランガラス』

ほんの少しのウランをガラスに混ぜて熔かすと、紫外線を浴びた時に発光する性質をもつようになります。（ある程度暗くないと発光しているかどうかかわりにくいですが、暗闇であてるとびっくりするぐらい発光します）ウランが発見され原子力に利用されるようになるまでの 1830 年ぐらいから約 100 年間、ヨーロッパやアメリカで大量に生産されました。

今でも骨董品やアンティーク品などに交じって流通することも多く、知らずにコレクションしていたりします。昔は紫外線ランプなどありませんでしたが、夜明け前の空が青色のとき、空には紫外線が満ちていて、この時にウランガラスが蛍光に発光したことで、特徴が知られる様になりました。

4. ガラスの発見と歴史

ねんいじょうまえ
今から、**4500年以上前**（紀元前24世紀以前）

メソポタミア文明の遺跡から発見されています。

アラビアンナイトの世界の場所といえは分かりやすいですね！

砂浜で火をたいて、海藻類や貝を焼いて食べていたところから偶然発見されたと言われています。（ガラスの起源）

古代のガラス～とんぼ玉

エジプトカーネリアン

紀元前のインダス文明の頃に制作されたとされています。（紀元前 2500 年代から紀元前 1800 年代）



ねんまえ
3600年前（紀元前 16 世紀頃）には

木や粘土にガラスをはりつけてつくる

コアガラスといわれる作り方が始まりました。

不透明で、とても小さなものでしたが、

宝石のように高価なものでした。

今日体験する「バーナーワーク」でつくる

「とんぼ玉」は、この技法から

発展した制作方法です。（ガラスの器のはじまり）

なぜ？『とんぼ』？

とんぼ玉は、とんぼの眼に見えるからとんぼ玉と言われていたという説もありますが、正確ではありません。

中国からの輸入品目で、とんぼ玉のことを「蜻蛉（トンバウ）玉」と紹介され、その頃から「とんぼ玉」と呼ばれるようになりました。（1781 年）ただし、その頃でも模様によって名前を使い分けていたようです。（すじ模様はすじ玉など）その中で、小さな花模様をとんぼ玉といていたのですが、徐々にすべての模様玉を「とんぼ玉」と呼ぶようになりました。

現在では、通し穴のあいた模様入りのガラス玉をとんぼ玉と呼んでいます。

英語では単純に「Glass beads（グラスビーズ）」と呼び、模様のあるなしで呼び方はかわりません。

ねんまえぜんご
2000年前前後（紀元前後頃）には、

ガラス制作の一大革命が起こります。

鉄のパイプをつかった「吹きガラスの技法が確立」

されました。やや透明なガラスもつくられるようになります。

（ガラス生産のはじまり）

あな せいの、ちようい だま
穴のあいた、模様入りのガラス玉が、

とんぼ玉

そして、日本へガラスの伝来！となります。

●砂浜で偶然発見された？ ということは…

①貝や海草、砂浜の砂に近いものをあつめて、焚き火で焼いて食べる。

②それを長年繰り返して、偶然発見される。

●同じことを、やってみました。

1.ガラスの原料で使われている砂（ケイ砂）…ゴリゴリすりつぶしてなるべく細かく！

2.ひじき…ハンドバーナーで真っ白くなるまで完全燃焼！

3.ほたて貝の貝がら…これもゴリゴリすりつぶしてなるべく細かく！

ひじきは大変でした。煙がもうもう、想像以上の煙と匂い！

出来上がったものを混ぜ合わせて、熔かしたら…みごと熔けてガラスになりました。

（色はかなり濃い緑でしたが）

5. ガラスの種類のお話し

ガラスの種類は、成分・用途・作り方で分類すると数千種類にもなります。
実際の制作でつかうガラスには、代表的な3種類があります。

ソーダガラス (ソーダ石灰ガラス)	窓ガラス・ビン・食器などに使われている一番身近なガラスです。 ひとくちに「ソーダガラス」といっても、その種類はたくさんあります。
鉛ガラス (なまり)	装飾品やアクセサリなど。鉛クリスタルガラスとも呼ばれます。とんぼ玉と呼ばれるガラスの玉に主に使われています。
ほうけい酸ガラス (硼珪酸ガラス)	耐熱ガラスとも呼ばれ、加熱調理器具や実験器具につかわれています。 なんと、電子レンジであたためても問題ないガラスです。

実は、かなりスーパーなガラスがあります。

名前は、「石英ガラス」

原料は、珪砂だけ！約3000度ぐらいまで温度をあげないと制作は難しいガラスです。

コンロやバーナーで強くあたためてから、急に氷に入れても割れません。びくともしません。



理化学硝子の呼び名！

コップやお皿などでよくみられるガラスを専門的には『ソーダガラス』と呼んでいます。理化学硝子では『ほうけい酸ガラス』と呼んでいます。この『ほうけい酸ガラス』ですが、実はもっといろんな呼び方があります。その性質から『耐熱ガラス』や、よく言われるのが『バイレックス』です。アメリカのコーニング社製のガラスは『バイレックス』と呼んでいます。食器売り場などで耐熱ガラス製の器に表記があります。これが一般化してすべてを『バイレックス』と呼ぶこともあります。また、『ほうけい酸ガラス』は英語では『borosilicate glass／ボロシリケートガラス』と言います。ここから『ボロ』と略して呼んだりもしています。

『ビーどろ』『ぎやまん』…

日本でのガラスの呼び名はたくさんありました。そのいくつかをご紹介します。

『ビーどろ（ビードロ）』

ポルトガル語でガラスのことです。

『ぎやまん』

もともとダイヤモンドを意味していました。オランダ語でシアマンド(diamante)、ポルトガル語でディアマンテ(diamante)。ガラスを加工するためにダイヤをつかったからとも、ダイヤモンドのようにキラキラしているから。とも言われています。

『ぼびん・ぼっぺん など』

フラスコのような形の玩具で、長い管状の部分をくわえて吹いたり吸ったりすると、ポピン！と音が鳴る。ここからガラスそのものの呼び名としても使われていました。

『玻璃・瑠璃（ハリ・ルリ）』

どちらもガラスを意味します。（他にも意味はありますが）どっちも同じだよという意味で、「ハリもルリも一緒」と言ったりします。

だ い に ぶ せい さ く へ ん
第二部 制作編

2-1. つくりかた3種類

ホットワーク

と
溶けたガラスをつかったり、
ガラスを溶かしながらつくりま
す。

たくしやう
卓上バーナーをつかった制作
を別に「バーナーワーク」とも呼
びます。

おんど
温度によってガラスの動き方
(あつかい)が変わっていくため、
スピード感のある制作になりま
す。



と
溶かしてつくる



キルンワーク

「キルン」とは窯のこと。(主に
でんきろをキルンといっています)
その窯の中で型をつかってつく
ります。

かた
型に流し込んだり、型に沿って変
形させたり、ガラスどうしをくっ
つけたり出来ます。



かま なか
窯の中でつくる



コールドワーク

ひだり
左の2種類でつくったものを、
けずったり、みがいたり、せっちやく
たりしてつくります。

だいひやうてき
代表的なものに、切子(江戸切子
など)やサンドブラストなどがあ
ります。単に、カットガラスとい
う場合もあります。

じっくり
じっくり時間をかけて緻密な
ひょうげん
表現が可能になります。



けずってつくる



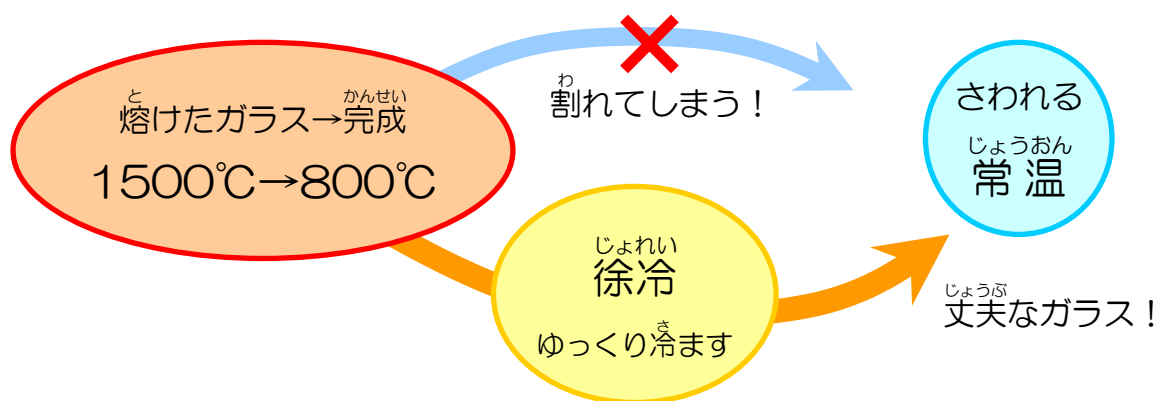
2-2. ガラスの性質～熱の伝わりと冷め

ガラスは、熱の伝わり方が『非常に遅い』という性質があります。

ガラスが熱く熔けてやわらかくなって、冷えてかたまります。この冷えてかたまるときに、ガラスの中と外で温度差が出来たまま冷えたまま冷えてしまおうと、ガラスの中に「ひずみ」というものができて、それが原因で割れてしまったりします。

この「ひずみ」をできるだけださないようにするのが「徐冷（じょれい）」という工程です。ゆっくりゆっくり冷ますことで、ひずみのない丈夫なガラスができあがります。

通常は、徐冷炉で一晩。塊で大きなものになると数ヶ月かけて徐冷する場合があります。
(大きく厚くなるほど徐冷時間はどんどんのびます)



2-3. 火傷したら…

あわてないで作業を安全にやめます。まわりで制作している人にも注意をしてください。それから、水道まで行って流水（ながれる水）に、15～20分やけどをしたところをあてましょう。その後の手当ては、指導員の指示に従ってください。

こう覚えましょう！

『あつい!』と思ったら、
水道から水をだして冷やし続け、しばらくがまんする！

注意を守って作業すれば、安全に制作できます！

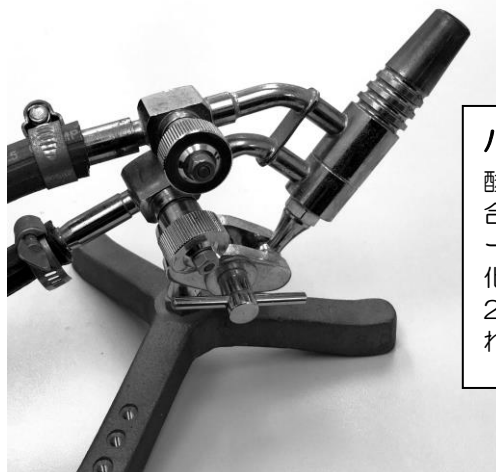
りかがくがらす どうぐ 2-4. 理化学硝子～道具について

理化学硝子はとてもたくさんの設備や道具をつかって制作します。特殊な名前と用途について覚えておきましょう。



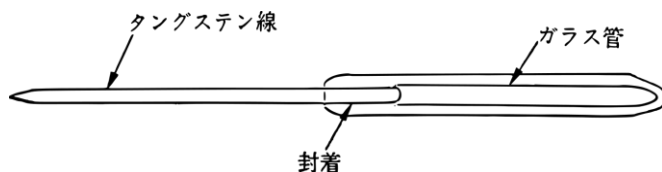
コテ

高温でも熔けない「カーボン」という素材でできたコテを使います。



バーナー

酸素ガスを可燃ガスに混合させて燃焼する「酸素バーナー」が使われます。理化学硝子は 1500 ～ 2000 度の高温で製造されます。

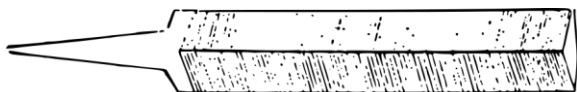
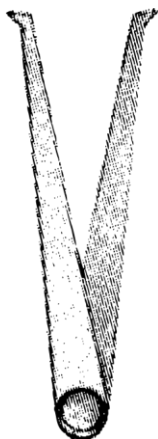
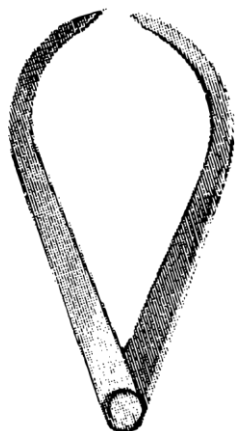


タングステン棒 (上)

同じく高温でも熔けない「タングステン」という素材でできた針を使います。

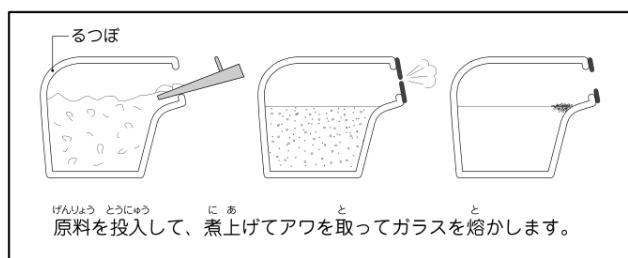
カップパ (下)

まるく持てないようなものを、つかむために使います。

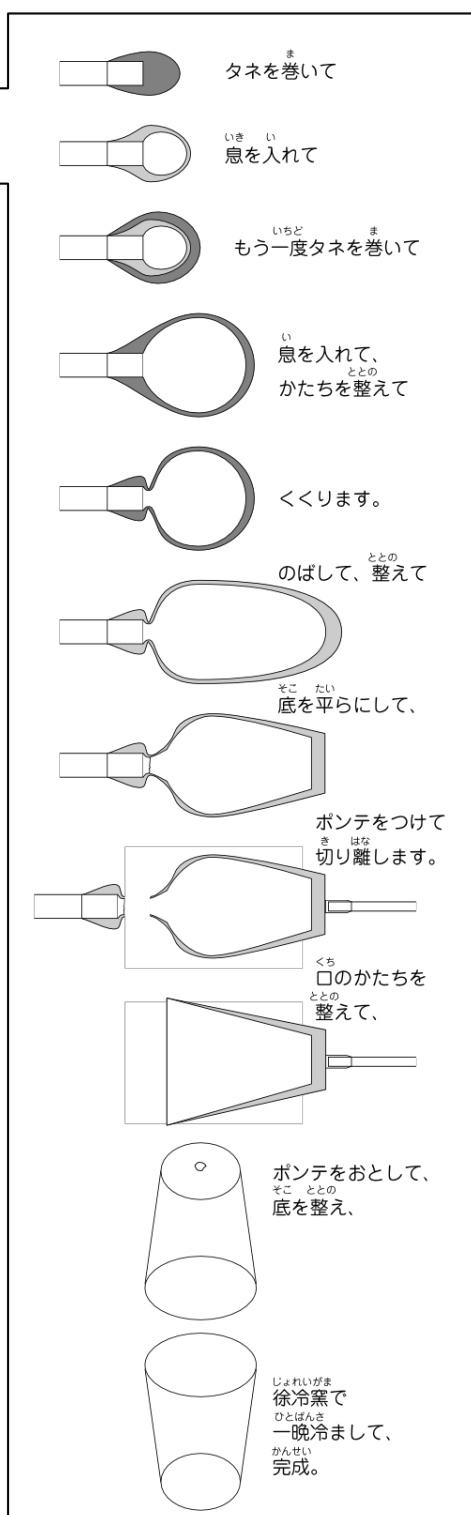
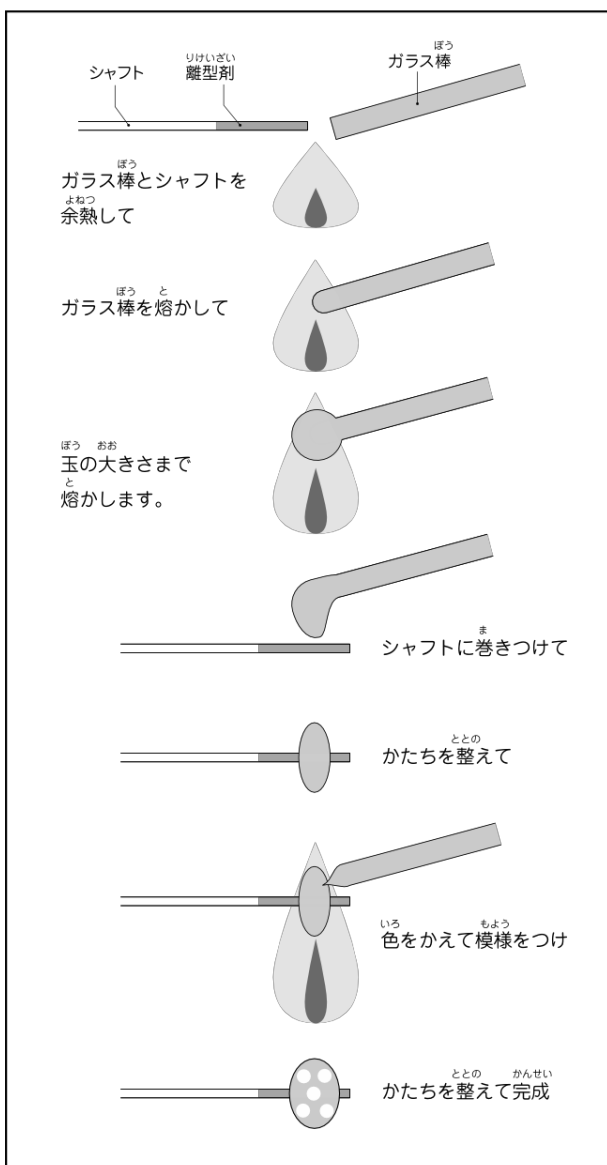


2-5. 他の制作方法～理化学硝子との違い

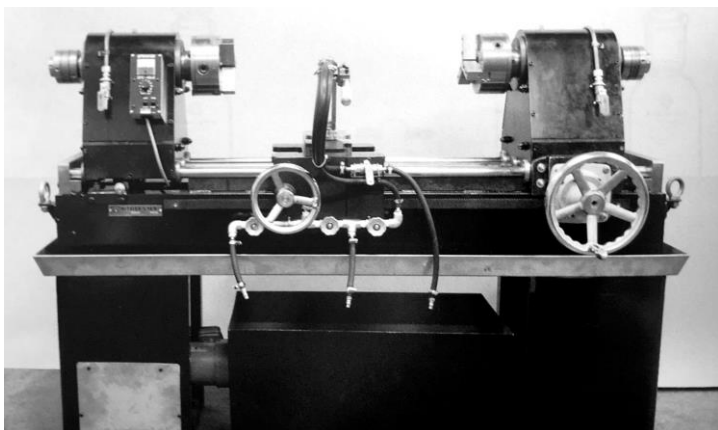
吹きガラス



とんぼ玉



か こう ほう ほう し ゅ る い
2-6. バーナーワーク～加工方法の種類



が ら す せん ばん か こう
硝子旋盤による加工



た く じ ょ う が た て か こう
卓上型バーナーによる手加工
(ハンドワーク)



2-7.バーナーワーク~加工方法による違い

大きな違いは、機械にガラスを装着するか手で持って作業するかの違いです。



硝子旋盤加工

旋盤という機械にガラス管を回してもらいながら作業します。
手で持つことが出来ないような大型のものを作ることが出来ます。
炎も大きくなりますので、ダイナミックな作業風景です。



卓上型のバーナーを使った手加工

手で直接素材のガラスを持つことで、自由にガラスを動かしながら
作ることが出来ます。よりスピーディーに細かな作業が出来ます。

手加工 例



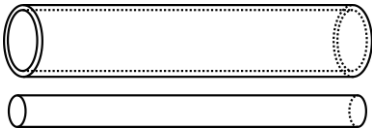
旋盤加工 例



2-8. 製造の流れ

管(チューブ)・棒(ロッド)

このかたちから制作が
スタートします。



研磨(けずり・みがき)

ふたなどが正確にあうようにけず
って「すりあわせ」を行います。

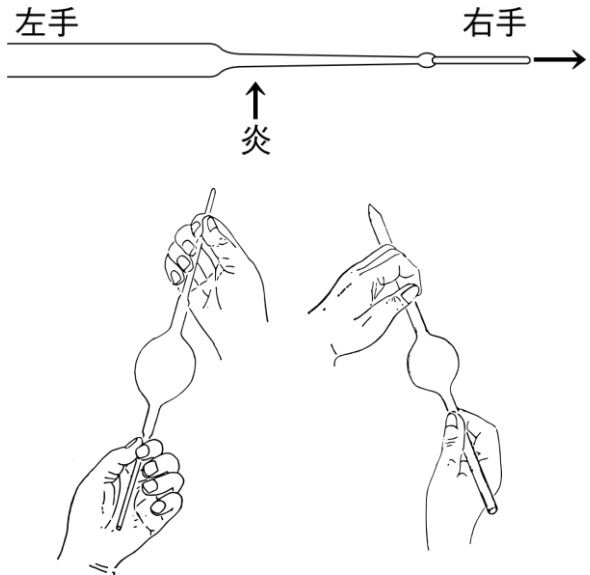


検品・梱包

検品とは、最初に決めた大きさなどの
指示通りにできているかを確認
することです。検品で問題がない場
合は、きれいに梱包されて完成とな
ります。

右手と左手の関係(手加工)

斜め下(または真下)から 炎 にあてながら、
かたちづくりします。



かたちができたら、『徐冷』

1日かけてガラスのひずみを取り除きます。

2-10. ノートについて ほそく ～補足～

ガラスを^{あつか}扱って『かたちづくる』ということはとても^{むずか}難しいことです。

また、つくり方を^{かた}言葉や^{ことば}図で^す説明することもとても^{むずか}難しいことです。

^{じっさい}実際のつくり方は、^{かた}昔から^{むかし}言われる「からだで^い覚える」のとおり、^{おぼ}どんどんやってみるとい^{しせい}う姿勢が^{いちばんたいせつ}一番大切です。

テキストは、^よ読み物として^{もの}楽しんでください。^{たの}細かく^{こま}説明しているように^{せつめい}感じるかもしれませんが、^{かん}かなりの^{ふぶん}部分で^{しょうりゃく}省略しています。その^{ときどき}時々のガラスの^{じょうたい}状態で^{さぎょう}作業の^{すす}進め方が^{かた}変わり、^{てかげん}「手加減」による^{ふぶん}部分は^{ことば}言葉では^{あらわ}表しきれいていません。

わからないところがたくさんあっても大丈夫です。^{だいじょうぶ}制作では^{せいさく}書いてあることと^{ちが}違うことを^い言われる^いかもしれません。^{せいかい}正解への^{ほうほう}方法はたくさんあります。

^{じっさい}実際の制作では、^{せいさく}難しいことは^{むずか}おいておいて、

^{あんぜん}安全に^{じゅうぶんちゅうい}十分注意をして、
^と熔けた^{たの}ガラスを楽しみましょう！



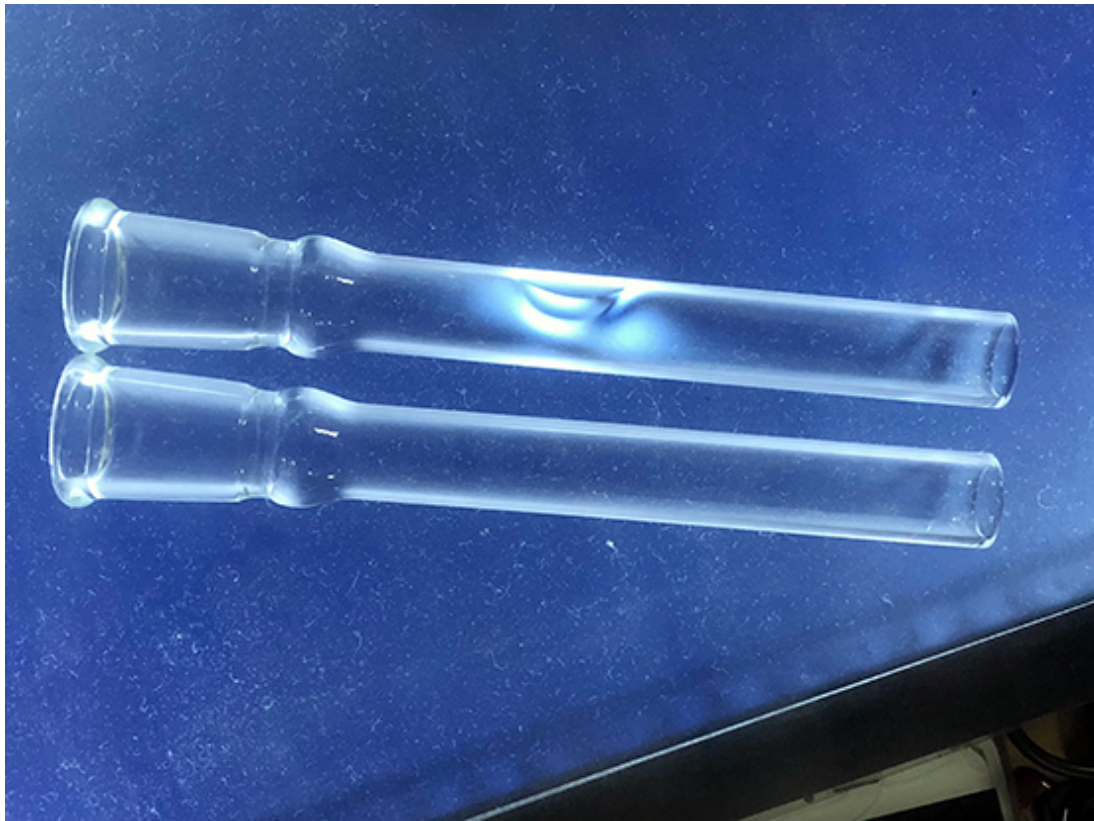
ウランガラスのケーキ皿

さいご もんだい
2-11. 最後に問題！

ひずみ（歪）とは、ガラスが熱い状態から冷めて固まるときに、極端な温度の違いがあるとガラス内部に引っ張り合う力ができて割れやすくなります。

ちょうどプラスチックの下敷きを曲げたような状態です。これを『ひずみ』といいます。
今回の工場見学では、完成したガラスのひずみが残っているかどうか検査する『歪計』をのぞいてみる事が出来ますが、このときひずみの強さで色が変わって見えます。

ひずみ\$	弱い ←	→ 中 ←	→ 強い
いろ へんか はいれつ 色の変化（配列）	水色	薄水色	白色



○参考文献

『桐山製作所 No.2000 総合カタログ』 有限会社桐山製作所刊

『理化学ガラス機器製作技術ハンド・ブック』 日本理化学硝子機器工業会刊

『ガラス 〈それはどのように造られ、どのように利用されてきたか〉』 上松敏明著

『吹きガラステキスト』 東京ガラス工芸研究所監修

『ガラスの技術史』 黒川高明著 アグネ技術センター刊

『館蔵 世界のトンボ玉』 とんぼ玉美術博物館図録

○画像引用

P1・ローマングラス発掘品、P4・黒曜石、P16・ウランガラス

[ウィキペディア] <http://ja.wikipedia.org>

P5 地球画像

[Sumally] <http://sumally.com>

おまけ

～かまの呼び方～

ガラスが^と熔けていたり、^さ冷ましたりする箱を「かま」といいますが、ガラスの制作現場では、かまのことをいろんな呼び方で呼ぶことがあります。

テキスト本文中でも、「^{かま}窯」や、^{ようかい}熔解炉の「^ろ炉」、「ダルマ」、キルンワークの「キルン」などがありました。

その他には、「オープン」などがあります。^{おな}同じ^ろ炉ですが、「^{でんき}電気炉」「^{でんき}電気窯」という場合もあります。それぞれ、タイプや^{けいじよう}形状が違いますが、すべて「かま」という意味になります。

有限会社 桐山製作所

〒116-0014 東京都荒川区東日暮里2-31-11

TEL 03(3802)0005

URL www.kiriyama.co.jp

E-mail info@kiriyama.co.jp



KIRIYAMA HP
TOP ページへ