

## 科学パズルの答え (Q-16)

Q-16. 図のようなコック付きのガラス管をつかって左と右にそれぞれシャボン玉をつくった。いま B は閉じたまま，A と C を開くとどうなるか。

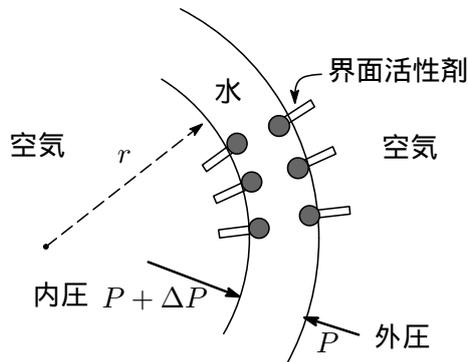
- (1) 大きいほうはますます大きくなり，小さいほうがますますちいさくなって管の中へはいってしまう。
- (2) このまま。変化なし。
- (3) 大きいほうが小さくなり，小さいほうが大きくなり，りょうほう同じ大きさになったときとまる。

Ans. (答えは最後に載っています)

シャボン玉の語源はポルトガル語の「サボン」からきているらしいですが，どなたも子供の頃よくシャボン玉遊びをされたと思います。石鹼水とストローがあればすぐ遊べるわけで，なんのお金もかからない，素朴で実に奥の深い遊びだと思います。

水にストローを突っ込むだけでは絶対にシャボン玉はできませんね。これはこれは石鹼を構成している分子，界面活性剤と呼ばれますが，この分子が水をサンドイッチ状に挟みこみ，このため水が丸くなる(縮まろう)とする力，これを表面張力<sup>1</sup>といいます。この表面直力を弱める働きをし，割れずに大きなシャボン玉膜をつくることのできるわけですね。おおきなシャボン玉になっても常に表面積を小さくしようという水の表面張力が働いていますので，同じ体積の立体の中では表面積が一番小さい球形になります。

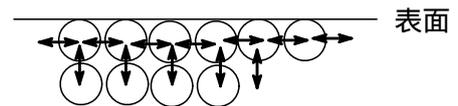
シャボン玉が膨らむ → 内圧 ( $P + \Delta P$ ) が外圧 ( $P$ ) より大きい



$$\Delta P = 2 \frac{\sigma}{r} \quad (\text{水の表面張力 } \sigma)$$

$r \rightarrow \text{大} : \Delta P \rightarrow \text{小}$

表面張力 水の表面分子は内部の水分子により常に内側に引られる力を受けている。この結果水は表面積を最小化しようとする。



シャボン玉が膨らむのは内圧の方が外圧より大きいからですね。どれだけ大きいかということですが，シャボン玉が半径  $r$  の完全に球形と仮定し水の表面直力を  $\sigma$  とすると，次の式で与えられます<sup>2</sup>。

$$\Delta P = 2 \frac{\sigma}{r} \quad (1)$$

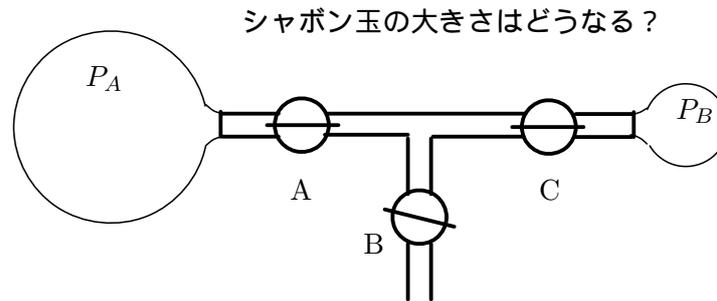
これから小さい径のシャボン玉の内圧は大きな径のシャボン玉より大きな内圧を持つこととなります。例えばゴム風船を膨らますとき，最初は相当大きな力がいりますが，膨らみはじめるとそ

<sup>1</sup> 液体の表面積を小さくしようとする単位長さ当たりの力のこと。

<sup>2</sup> これをヤング・ラプラスの式と呼んでいます。

れほどでもないようになりますね。体感的にはそのようなことです。

さて、本題に戻ります。



A 側のシャボン玉は B 側のより大きいですね。A 側のシャボンの内圧を  $P_A$  , B 側のを  $P_B$  とすると、式 (1) のヤング・ラプラスの式から

$$P_A < P_B \quad (2)$$

となります。つまり、小さいシャボン玉のほうが内圧は高いわけです。したがってコック C を閉じたままで A, B を開くと小さいシャボン玉から大きいシャボン玉の方へ空気は流れ込みますね。つまり大きいシャボン玉はますます大きくなり、小さい方はますます小さくなって管の中へ入ってしまう、つまり (1) が答えとなります。

(P.S)

各種液体の表面張力をのせておきます。これは 20 での値です。尚、表面張力の単位は dyn/cm というものですが、説明は省きます。

表 1: 各種液体の表面張力 ( 20 )

水銀	476.00	メタノール	22.60
水	72.75	エタノール	22.55
ベンゼン	28.90	n-ヘキサン	18.40
アセトン	23.30	n-ペンタン	16.00

水銀が圧倒的に大きいですね。水銀をこぼすとすぐ丸くなりますね。あれはこの大きな表面張力のためです。

2008.11.22

by HENZU

(了)