

Title	カーボン抵抗を用いた簡便なヘリウム液面計
Author(s)	西田, 良男; 西村, 隆司
Citation	大阪大学低温センターだより. 32 P.19-P.21
Issue Date	1980-10
Text Version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/10386">http://hdl.handle.net/11094/10386</a>
DOI	
rights	
Note	

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

## カーボン抵抗を用いた 簡便なヘリウム液面計

基礎工学部 西田良男 (豊中 4666)

西村隆司 (豊中 4669)

カーボン抵抗と乾電池で駆動する小形のブリッジを組み合わせて、簡便且つ敏感な液面計を試作した。満足すべき結果を得たので、技術データを記し、参考にすれば幸いである。

金属製魔法瓶を用いる場合、簡単な液面計があると重宝である。液面計としてよく用いられているのは、ヘリウムガスの振動を利用するものである。これは長いステンレスパイプの上端を漏斗形の口金を付けて口を広げ、そこにビニール等の薄い膜を張る。パイプの下端をヘリウム魔法瓶の中におろしていくと膜は振動する。この膜の振動数がヘリウム液面の上と下で僅か変化する。この種の液面計は最も簡単なもので広く普及しているが、明瞭に液面を知る点に少々難がある。もっと明快、鋭敏な液面計が欲しいというのがここで述べる液面計を作った動機である。カーボン抵抗を用いた液面計はすでに旧聞に属することであるが、自作する場合カーボン抵抗に流す電流値、抵抗値の検出感度をうまく設計する必要がある。他方、最近超伝導線を用いた液面計も作られ、液面の変化を連続的に測れるという特徴をもっている。超伝導線液面計は次回に記載される予定である。

### § カーボン抵抗液面計の原理

カーボン抵抗は液体ヘリウム温度域で抵抗の温度変化率が大きく、温度計として広く用いられている。このカーボン抵抗に適当な大きさの電流を流してジュール熱を発生させておく。抵抗の周囲が液体であるかガスであるかにより熱伝導度が異なるので、カーボン抵抗の温度が僅か異なる。これを抵抗値の変化として検出し液面の位置を知る。

### § 液面計の設計

カーボン抵抗は熱源と温度計の両方の役割を担っている。したがって、電流を幾らに設定し、その時の抵抗値がガスと液体でどれだけ変わるかを予め知っておかねばならない。カーボン抵抗にはAllen Bradley社の $100\Omega$ 、 $\frac{1}{8}W$ の抵抗を使う(現在のところ1個450円程度)。図1にこの抵抗が4.2Kのガス雰囲気にあるときと、液体ヘリウム中にあるときの $V-I$ 曲線を示す。 $V-I$ 曲線は非オーミックで、10mA以下では雰囲気による違いは殆んどないが、15から25mAで差は顕著になり、30mAを越すと差はふたたび小さくなる。この結果から電流は20mA前後に設定すればよいことがわかる。図1で、ジュール熱が或る値を越すと抵抗値が雰囲気に依存することは予想されることであるが、30mA以上でふたたび差がなくなるのは一見奇妙に思われる。多分液体中であっても気化が激しくなると、カーボン抵抗はガスで覆われるようになるのではないだろうか。

次に電流を20mAに設定したとき、カーボン抵抗の両端の電圧に注目する。液体からガスに変わ

たときの電圧は4.0 Vから3.87 Vでその相対変化は3%と小さい。液面計を作る目的では、抵抗の絶対値を知る必要はなく、液面上と下で抵抗（又は電圧）が変化することが明瞭に読みとられれば十分である。このためにはブリッジを用いるとよい。

ブリッジ回路を図2に示す。ブリッジの平衡検出には $\pm 2.5 \mu\text{A}$ の電流計（内部抵抗 $8 \text{ k}\Omega$ ）を用い、電源には9 Vの乾電池を使用して可搬出来るようにした。カーボン抵抗が $4.2 \text{ K}$ で $2.0 \text{ mA}$ の電流に設定されるように $R_1$ の値を選んである。ブリッジの平衡をとってカーボン抵抗を液面の上下に動かすとき、 $2.0 \mu\text{A}$ の電流計の指針変化が生じるように回路定数を選んだ。

§ 外観と測定操作

図3に外観の略図を示す。直径 $3 \text{ mm}$ のステンレスパイプの下にカーボン抵抗を固定

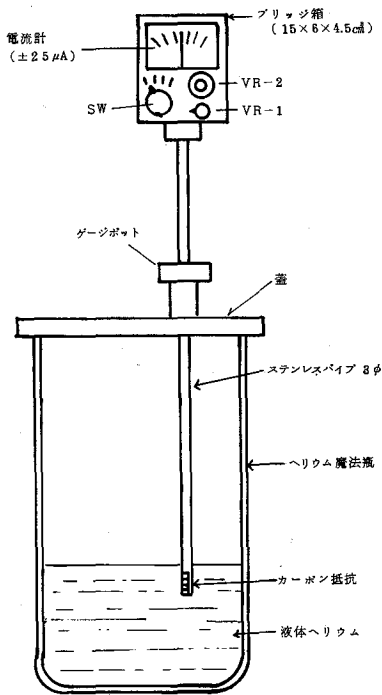


図3. 液面計の外観と使用法。

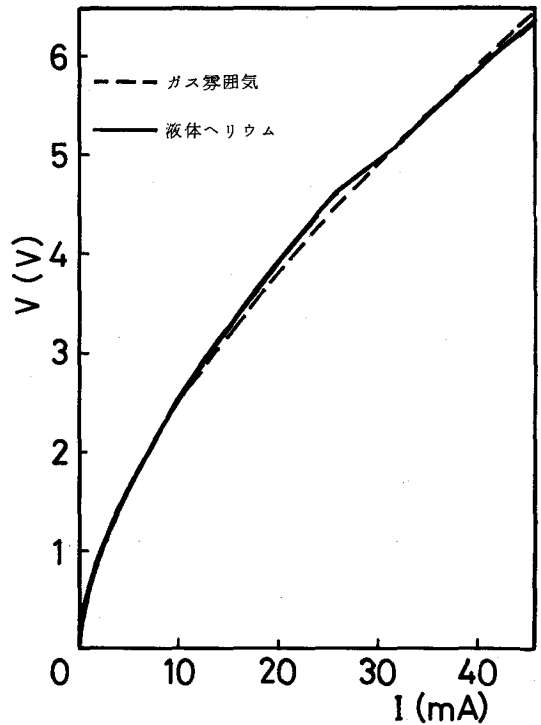


図1. カーボン抵抗 (Allen Bradley社  $100 \Omega$ ,  $1/8 \text{ W}$ ) の液体ヘリウム中とガス雰囲気中の  $V-I$  特性。

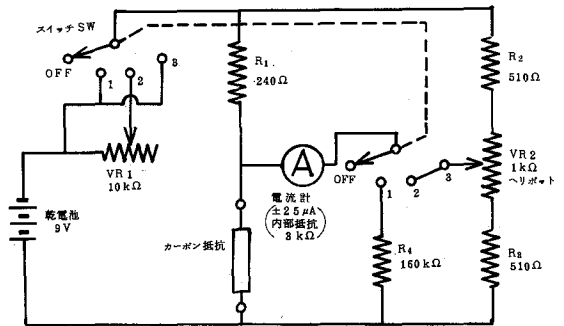


図2. ブリッジ回路。カーボン抵抗の部分は図3のステンレスパイプの下に付けられている。

し、直径  $0.1\text{ mm}$  の被覆導線で上端のブリッジと結ぶ。ブリッジを納めた箱は縦  $1.5$ 、横  $6$ 、奥行き  $4.5\text{ cm}$  の大きさである。ヘリウム魔法瓶の上蓋にはゲージポートを取り付け、気密を保った状態で直径  $3\text{ mm}$  のステンレスパイプを自由に抜き差し出来る。ゲージポートには、Cajon社のUltra-Torr-Adaptor(型番B-2UT-A-4、大阪バルブフィテングが扱い)を内径を少し広げて使えばよい。

液面の測定は次の手順で行う。

- (1) 図3のようにゲージポートからステンレスパイプをゆっくりと挿入し、先端を液の中につける。
- (2) スイッチSWを①の位置にして、カーボン抵抗がヘリウム中にあることを確認する。液中にあればカーボン抵抗には  $4\text{ V}$  の電圧がかかり電流計は  $+25\text{ }\mu\text{A}$  を指示する。
- (3) SWを②の位置にして、VR-1とVR-2を操作しブリッジの平衡をとる。
- (4) SWを③に切換えてゆっくりとステンレスパイプを引き抜いて行き、電流計の針が急に大きく振れるところが液面である。

実際の試験では、液面で  $18\text{ }\mu\text{A}$  の電流変化を示し、 $2\text{ mm}$ 程度の誤差で液面の位置を知ることが出来た。動作中はカーボン抵抗に  $80\text{ mW}$  のジュール熱が発生しているので、液面を測らないときはSWをOFFにしておく。

製作費用は、ヘリポット(VR-2)、電流計、ゲージポートが値が張るが、1万円もあれば十分である。