

液体ヘリウム供給サービスの改善案

平成 18 年 9 月 21 日

1 おもな変更点

液体ヘリウム供給サービスを改善したいと思います。おもな変更点は以下の通りです。

(1) LTM センターに足を運ぶ回数を減らします。

LTM センター所有の容器にヘリウムを充てんして容器置き場に置いておきます。ユーザは容器を指定しないで申し込んで、空になった容器を運び入れると同時に置いてある満タンの容器を持ち出すことができます。申し込んだ容器への充てんを待つ必要がないので、空容器を運んだあと、手ぶらで帰ることなく充てん容器を持ち帰ることができます。

もちろん、従来どおり自前の容器を指定して供給を申し込むこともできます。

(2) ヘリウムガス回収率の計算方法を新しくします。

LTM センター容器置き場で蒸発して回収されるヘリウムガスは通常は研究室の個別回収率には反映されないため、従来の計算方法では個別回収率を上げる目的で容器搬出入のタイミングに神経を使う必要がありました。新しいシステムでは、ユーザが容器を持ち出し・返却するときに重量計で計量した量の差を「消費量」とし、この消費量と研究室のガスメータの読みから回収率を計算します。これにより、なるべく研究室のガスメータを回すように充てん直後に容器を研究室に運び、充てん直前に運び込む努力の必要がなくなります。

(3) 供給量を重量で決定します。

LTM センターでは重量計を使ってヘリウムの計量をしているので、液体・気体の状態に関係なくヘリウムの重量から供給量を決定します。ヘリウム容器の中には液体と気体の両方が入っています。これまでは、ひとつひとつの容器に対して容器の重量と液量の校正を行い、それを 1 次関数で近似して供給液量を決定していました。容器内の気体の温度分布などが原因でそれぞれの容器に個性があって、容器ごとにばらつきがあるためこの方法は必ずしも正確な計量とはいえませんでした。また、容器内の冷たい気体も回収率に寄与するはずで、液量だけを供給量とするのは良い方法ではありません。新しく採用する重量を用いる方法では、「研究室で消費したヘリウムは何 kg なので 100 % 回収すればガスメータを何 m^3 まわすはずだ」という計算がシンプルかつ正確になります。また、容器の個性によるばらつきの問題もなくなります。

(4) 供給量集計の事務処理方法を変更します。

従来は、Web で申し込み → 容器の返却 → ヘリウム充てん → 容器の持ち出し をひとつの流れとして、持ち出し前の充てんに要したヘリウムの量を供給量としていました。

このたび新しく (1)、(2) のサービスを開始する関係で、事務処理のやりやすさを考慮して、Web で申し込み → 容器の持ち出し → 研究室で消費 → 容器の返却 → ヘリウム充てん をひとつの流れとします。回収率を研究室での消費量から、供給量を最後の充てんに要した量から決定します。

(5) 回収率調査のデータを Web で入力してもらいます。

定期的に行っているヘリウム回収率調査では、各研究室の回収ガスメータの読みと実験装置内の保有液量を研究室の担当者から報告してもらっています。報告してもらったデータと LTM センターからのヘリウム供給量から回収率を算出し、逃がしてしまったガス量に応じたガス代が請求されます。従来はメールで報告を受けて、LTM センタースタッフが手作業で集計していました。作業の効率化を図るため、回収率調査のデータを各研究室の担当者に Web でデータベースに入力してもらい、コンピュータで処理することにします。

2 ヘリウムの密度

ヘリウムの供給量は重量計による計測値をもとに決定します。しかし供給量を kg 単位で表示すると感覚がつかみづらいので、ユーザや事務方に情報を示すときには、すべてが液体になったと考えたときの液量 (l) で表示します。これは容器内の気体もすべて液体として換算した値です。実際に液体として供給した量に近いけれども異なっています。注意してください。

質量と体積の換算には以下の密度の値を使います。

表 1: ヘリウムの密度

気体 (293 K, 1 atm)	0.1664 kg/m ³
液体 (4.2 K, 1 atm)	124.8 kg/m ³

この値を用いると、液体ヘリウム 1 l の質量は 0.1248 kg で、これが気化すると 293 K, 1 atm において 0.750 m³ となります。

3 ヘリウムの供給量

液体ヘリウムを容器に充てんする時には、貯槽からの移送にともなうロスが発生します。これまでの供給実績から、4.2 K の容器につぎたす場合は平均で 26 %、77 K の予冷容器に充てんする場合は 40 %のロスが発生することがわかっています。例えば 4.2 K の容器につぎたして 100 l の液をためた場合、26 l のロスが発生するので LTM センターのヘリウム貯槽から 126 l のヘリウムを消費します。この場合、従来は供給量 100 l とロス量 26 l を分けてヘリウム代金を請求していました。

新方式ではこれらをひとつにまとめて、「供給量」を容器に充てんするため LTM センターの液体ヘリウム貯槽の中身を減らした量と定義しておきます。容器にためた量は「充てん量」とよび、これらを区別して用います。

ヘリウムの供給量は、容器への充てん前後の重量差を使って次の式で決定します。

$$W_{\text{sup}} = (W_f - W_i) \times f_{\text{sup}} \quad (1)$$

W_{sup} 、 W_f 、 W_i はそれぞれ供給量、充てん後重量、充てん前重量で、単位は kg です。 $W_f - W_i$ が充てん量です。 f_{sup} は充てん量に移送ロスを加えて供給量とするための充てんファクターです。

充てん前の計量にはヘリウム気体の重量が含まれています。4.2 K、1 atm の気体の密度は 16.8 g/l だから、100 l 容器が気体で満たされていると気体の重量は 1.68 kg で、液体に換算すると 13.5 l になります。この容器を満タンにしたときの充てん量を新方式で求めると、86.5 l となります。ヘリウムの価格を従来から据え置くため、充てんファクターを以下の値に設定して供給量が従来と同じになるようにします。液体ヘリウムが残っている容器へのつぎたしの場合は $f_{\text{sup}} = 1.45$ 、液体窒素で予冷した容器への充てんの場合は $f_{\text{sup}} = 1.50$ 、ただし窒素予冷の LTM センター所有の容器への充てんの場合は $f_{\text{sup}} = 1.60$ とします。LTM センターの予冷容器の f_{sup} が大きいのは、利用の手引きに「LTM 容器は絶対に空にしないこと」と明記してあるにもかかわらず予冷が必要なまでに温めてしまったことに対する負担です。なお、LTM 容器を温めてしまったことが原因で容器の断熱が悪くなった場合は、別途修理代が請求される場合があります。

4 回収率

気化したヘリウムガスは回収・液化して再利用されています。ユーザはヘリウムガスを回収するように求められています。回収できずに逃がしてしまったヘリウムガスに対しては、回収率に応じてガス代が請求されます。

回収率 R は、ユーザが容器を持ち出し・返却したときに計量した値をもとに次の式で決定されます。

$$R = \frac{\Delta_{\text{GM}}}{(W_{\text{out}} - W_{\text{back}})/d_{\text{gas}} - V_{\text{lab}} \times 0.750} \quad (2)$$

ここで Δ_{GM} は研究室に設置してあるガスメータの読みの変化量 [m^3]、 W_{out} 、 W_{back} はそれぞれユーザが持ち出し・返却したヘリウムの重量 [kg]、 d_{gas} は 293 K、1 atm での気体の密度 [kg/m^3]、 V_{lab} は研究室の液体ヘリウム保有量 [l]、0.750 は 1 l の液体ヘリウムが 293 K、1 atm の気体になったときの体積 [m^3] です。