

回収ヘリウムガス監視システム

Smart Monitoring System for Recovery Helium Gas

新井敏一, 松原明

京都大学低温物質科学研究センター

Toshikazu Arai and Akira Matsubara

Research Center for Low Temperature and Materials Sciences, Kyoto University

We developed a smart system which monitors purity and volume of helium gas at all gas recovery stations over Yoshida campus. Live data from recovery stations are acquired via campus LAN and those are shown on web so that all helium users can see them on their lab PC screens. This system is useful in maintaining the recovery lines. We believe that it will work to reduce unnecessary losses of helium gas and improve the recycle efficiency.

1. はじめに

ヘリウムガスの価格が高騰している。主要な生産国であるアメリカの生産設備不調にともなう設備改修のため、供給が追いつかなくなっていることが原因であると伝えられている。また半導体や薄型テレビの製造に使うヘリウムガス量の大幅な増加も値上げに拍車をかけているようだ。ヘリウムは天然ガスから分離して生産される。ヘリウムを採掘できるガス田は世界でもごく限られた場所にしかない。日本は世界の全ヘリウム生産量のうち約30%を消費しているが、日本国内にはヘリウムを生産しているガス田はなく、すべて輸入に頼っている。ヘリウムは軽いガスなので地上ではすぐに成層圏まで達してしまう。そのため空気中の含有量はごく微量である。ヘリウムは貴重なガスであり、その資源は限られている。

私たちが寒剤として液体ヘリウムを利用すると、気化したヘリウムガスが発生する。ガスは回収されて低温物質科学研究センター（以下 LTM センター）液化棟に送られる。回収したガスは精製して再度液化することで繰り返し利用することができる。回収できずに大気に放出してしまうと、それに見合う量のガスを購入して補充しなければならない。2007 年 1 月から 12 月の期間に LTM センターが購入したヘリウムガスの価格はおよそ 1500 万円で、この金額は逃がしたガスの量に応じてユーザーの負担となる。不必要な研究コスト増を防ぎ、資源を有効に利用するためにできるだけ多くのガスを回収して再利用したいものである。

液化に利用できるのは空気等の混入が少ない高純度のガスだけである。純度の低いガスが液化機に入ると、液化効率が悪くなるばかりでなく、液化機の心臓部であるタービンを損傷する大事故につながるおそれがあるからだ。そのため、純度 90 % 以下のガスは自動放出弁から大気に放出されるようになっている。回収管にはきれいなガスだけを流すようにすべてのヘリウムユーザーにお願いしている。

もしも何らかの理由で回収ガスの純度や量が低下した場合は、すみやかに原因をつきとめて手当てすることが必要である。私たちは機能的に回収ガスを管理し、できるだけ多くのガスを液化して再利用するため、ヘリウムガス回収系を常時監視するシステムを導入した。2008 年 1 月の運用開始から本

稿を執筆している時点まで1ヶ月たらずであるが、早くもこのシステムのおかげで回収系の不具合をいくつか発見し、手当てできた。予想通りの威力を発揮してくれている。本稿では、この回収ヘリウムガス監視システムの概要と構築技術について解説する。

2. システムの概要

各研究室で液体ヘリウムから気化したガスは、まず最寄りのヘリウム回収室のガスバッグに集められる(図1)。ガスバッグがある程度膨らむと、送出ポンプが起動してLTM 液化棟へとつながる学内回収管に送り出される。京都大学吉田地区では総延長 3.5 km におよぶヘリウム回収管網が整備されており、2007 年 4 月からは LTM 液化棟から 2 km 離れた病院地区からのヘリウム回収もスタートした[1]。2008 年 2 月現在、吉田地区で稼働中のヘリウム回収室は 10 か所あり、建物の耐震改修工事が終わる 4 月からは大量のヘリウム消費が見込まれる理学 5 号館(物理学教室)と LTM 実験棟が加わることになる(図 2)。

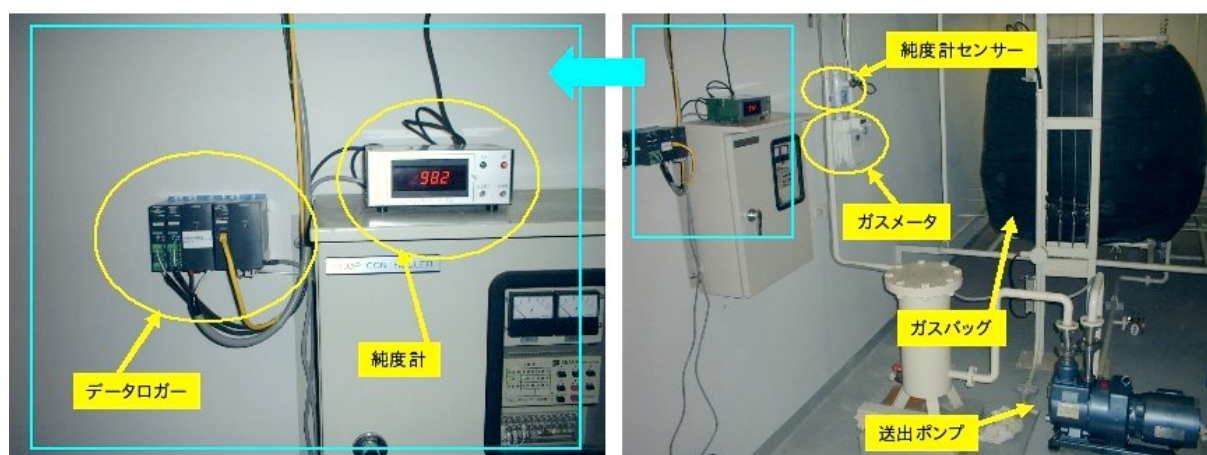


図 1: ヘリウム回収室の例。研究室からのガスはいったん最寄りのヘリウム回収室のガスバッグに集められ、送出ポンプで学内回収管を通して LTM センター液化棟に送られる。送出ガス量を計測するガスメータ、ヘリウムガス純度計、さらに本システム導入で新たに設置したデータロガーが見える。

今回導入した「回収ヘリウムガス監視システム」は、(1) 稼働中のすべてのヘリウム回収室についてヘリウムガス純度、送出ポンプ運転状態、積算送出ガス量を常時同時に監視し、(2) インターネットを使って時間や場所の制限なく最新の監視データをだれでも入手できるようにすることを課題として開発した。(1) は回収系全体の状態をリアルタイムで集中監視することを実現し、(2) は LTM 寒剤スタッフだけでなく、一般ユーザーも実験室にしながら最寄りのヘリウム回収室の状態を確認できるようになる。仮に純度の低いガスが LTM 液化棟に流れてきたとしよう。従来は LTM 液化棟のヘリウム純度計の警報音が鳴り、それを聞いた LTM 寒剤スタッフが電話やメールですべてのヘリウムユーザーに回収系の点検と報告をお願いしていた。本システムの導入で、寒剤スタッフとユーザーが純度低下が発生した情報を従来よりもずっと早く共有することができる。純度の低いガスを送ったヘリウム回収室がわかるので、そこに回収ガスを流しているユーザーだけに点検をしてもらえばよい。原因の特定にかかる時間が飛躍的に短縮でき、早い対応で無駄にするガス量の大幅な削減が期待できる。



図 2: 京都大学吉田地区のヘリウム回収管網 (赤線). LTM センター液化棟を中心に総延長 3.5 km の回収管が整備されている. 学内各所の回収端末の場所も表示してある.

3. システムの構築

本システムは大まかに以下の構成となっている. (1) 各ヘリウム回収室の状態を計測する. (2) 計測データを LTM 液化棟のデータ収集 PC に送る. (3) データを Web サーバーに転送し, グラフを公開する. ここではシステム構築に用いた技術について解説する.

ヘリウム回収室のガス純度は, ジェック東理社のヘリウムガスモニターで計測し, アナログ出力電圧を記録する. 送出ポンプの運転状態は, ポンプの電源電圧をモニターする. 積算送出ガス量は, ガスメータが一定量回転することに出すパルス信号をカウントする. 計測および通信の役割を担う装置として採用したのが日置電機のデータロガー「遠隔計測監視システム 2300」である [2]. このデータロガーには各種計測モジュールが用意されていて, 必要な計測モジュールを自由に組み合わせてカスタマイズできる. 本システムでは, 純度計の出力電圧計測に計装モジュール, ガスメータのパルスカウントにパルスモジュール, ポンプの状態監視に電力モジュール, データ収集 PC との通信に LAN モジュールの 4 つのモジュールを用いた. これらをひとつのユニットとして各ヘリウム回収室に設置した. ガスメータのパルス出力は, そのままではチャタリングで思うようなカウントができない. パルス中継器を使って対処する方法もあるが, 市販品は 1 台につき数万円のコストがかかる. この問題はコンデンサ 1 個で解決できた. パルス信号線と並列に適当なコンデンサを挿入すると, パルスモジュールの入力抵抗との組み合わせで時定数 1 秒程度のローパスフィルタになる. これで正常なパルスのカウントができるようになった.

監視装置とデータ収集 PC の情報通信には, 全学的な情報ネットワークサービスである KUINS-III の VLAN を利用した [3]. この通信には, 専用の閉じた VLAN での運用がセキュリティやコストの面で好都合である. ただし, 吉田地区全体に広がっているヘリウム回収室の情報コンセントすべてをひとつの VLAN に入れることは KUINS の管理上難しいとのことだったので, エリアごとの VLAN と LTM 液化棟の間で VLAN 間通信を行う設定にしてもらった. VLAN 間通信ですべての監視装置と



図 3: データ収集 PC のスクリーン上に表示された生データ。すべてのヘリウム回収室の状態が一目でわかる。

データ収集 PC が同じプライベートネットワーク上でつながっているかのように通信できる。こうして集められたデータは日置電機のソフトウェアを使ってデータ収集 PC のスクリーン上に一括して表示され、ファイルに保存される (図 3)。

ここまでで吉田地区にあるすべてのヘリウム回収室の現在の状態を集中監視できるようになったわけだが、このままでは私たちが情報を入手するためには LTM 液化棟にあるデータ収集 PC のスクリーンを見ることが必要だ。そこで私たちはデータを web で公開して、ネットにつながったコンピュータさえあればいつでもだれでも情報入手できるようにした。これにより、システム運用の幅が大きく広がった。

LTM センター吉田地区の寒剤供給 web[4] から「回収端末モニター」を選択すると、図 4 左のように前日午前 0 時から現在までのすべてのヘリウム回収室データがグラフで表示される。さらに、詳しく知りたい場所のグラフを選択すると 1 か所の詳細なグラフが表示される (図 4 右)。ここでは縦軸・横軸のスケールを自由に変えることもできる。

Web でのグラフ表示に用いた技術を簡単に紹介する。Windows のデータ収集 PC から Unix の web サーバへのデータ転送は、Unix 側でファイルサーバの samba を起動し、Windows から realsync というソフトウェアを使ってファイルシステムの同期をさせている。同期の周期は 2 分ごととした。Web サーバは gnuplot でグラフの画像ファイル (png) を生成し、cgi で web に表示させる。全体のグラフを表示する画面では、サーバの負荷を減らすため、5 分以内に作成されたグラフが存在しないときにだけ新しい図を作るように工夫した。Unix 側での一連の処理は perl で記述した。

4. おわりに

本稿では新しく導入した「回収ヘリウムガス監視システム」について、システムの概要と構築技術の解説をした。Web で表示することで、一般ユーザーも簡単に情報を入手できるようになった。実験室で液体ヘリウムを使うときは、最寄りの回収室の状態を見ながら自分のヘリウムはしっかりと LTM 液化棟まで届いているか気を配るようにお願いしたい。

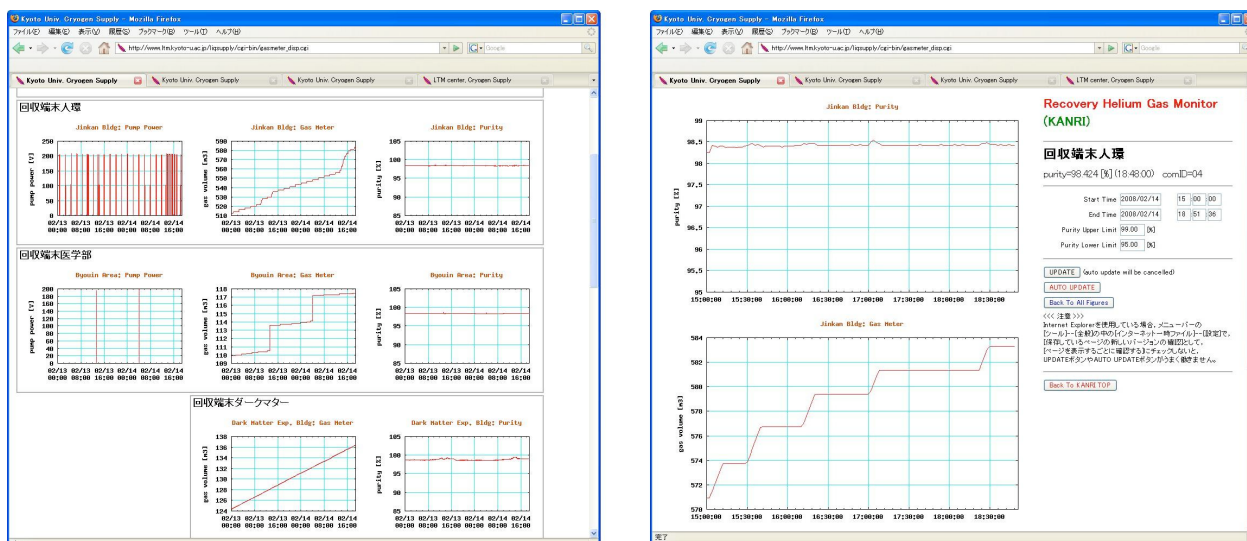


図 4: LTM センター寒剤供給 web で表示されるヘリウム回収室の監視データ. (左): 全体を表示する画面. 左から順にポンプの電源電圧, 積算送出ガス量, 純度 (右): 1 か所の詳細を表示する画面. 上から純度と積算送出ガス量. 画面スクロールでポンプ電源電圧も表示される.

将来的には LTM センターのデータベース [5] と連動させて, あるヘリウム回収室で純度低下がおこった場合に関係するユーザーだけを選びだして点検を促すメールを自動送信するなど, 異常時に素早い対応ができるような応用が考えられる. トランスファー前など大量のガスを流すことがあらかじめわかっている場合は, ヘリウム回収室のガスバッグがどの程度膨らんでいるかをチェックして, 必要ならばユーザーが実験室の web 画面から遠隔操作で送出ポンプを起動させることができればより安全だ. そのための技術を現在検討中である. 今回監視装置を設置したのはヘリウム回収室に限定したが, ヘリウムを使うすべての実験室に純度計を設置することができればさらに回収効率を高めることができるだろう.

冒頭で述べたように, ヘリウムは貴重な資源です. 効率よく使って良い成果をあげていただくことを期待しています.

本システムを導入するにあたり, 多くの方々にお世話になりました. LTM 寒剤供給スタッフ, 日置電機, 日本電計, 京都大学学術情報メディアセンター, 理学部情報管理担当, 理学部施設掛, 吉田地区各ヘリウム回収室管理担当者, 協力していただいたすべての方に感謝いたします.

参考文献

- [1] 大塚晃弘. 京都大学低温物質科学研究センター誌, **11**, 59 (2007).
- [2] <http://www.hioki.co.jp/jp/product/2300/>
- [3] <http://www.kuins.kyoto-u.ac.jp/>
- [4] <http://www.ltm.kyoto-u.ac.jp/liqsupply/> 学外からこのサイトへのアクセスはパスワードで保護されている.
- [5] 新井敏一, 松原明. 京都大学低温物質科学研究センター誌, **8**, 58 (2006), 松原明. 京都大学低温物質科学研究センター誌, **11**, 67 (2006),