

九州大学 低温センター



Kyushu University

Low Temperature Center



伊都地区



病院地区

ヘリウム液化システム

初めてヘリウムガスの液化に成功したのは今から約100年前、1908年のことです。オランダ ライデン大学のヘイケ・カマリン・オネス（Heike Kamerlingh Onnes）によって成し遂げられました。液体ヘリウムによって得られる極低温環境は、現在では先端科学を支える基盤技術として、広範な分野で用いられています。

九州大学低温センター伊都地区では最新型の高効率ヘリウム液化機を導入しています。これにより寒剤を必要とする教育・研究活動を強力にサポートします。

液化機器仕様・設備

<液化・冷凍能力>

- ・ヘリウム冷凍液化機
Linde 社(スイス)製 LR280
液化能力:235 L/h
冷凍能力:1440W@20K 1550W@60K
- ・ヘリウム冷凍液化機用圧縮機
KAESER 社(ドイツ)製 ESD441
処理能力:1503Nm³/h

<回収・精製能力>

- ・回収・精製用高圧圧縮機
Green Field 社(スイス)製 C5U217GPEX
Bauer 社(ドイツ)製 IK25.0-NI
回収能力:100Nm³/h×2台
- ・高圧外部精製器
小池酸素工業社製
精製能力:100Nm³/h×5h×2台
- ・回収・精製用ガスバック
小池酸素工業社製
内容積:50m³×1基, 60m³×1基

<貯蔵能力>

- ・液体ヘリウム貯槽
ジェック東理社製 CH-2000
液体ヘリウム貯蔵能力:2000L×2基
- ・純ガス用長尺カードル
小池酸素工業社製 ヘリウムガス最大貯蔵量:2,255m³
- ・不純ガス用長尺カードル
小池酸素工業社製 ヘリウムガス最大貯蔵量:4,511m³

<その他>

- ・ヘリウムガス分析システム Linde 社製
- ・水素除去装置 Peak Laboratories 社製



屋外長尺カードル



ヘリウム冷凍液化機



高圧外部精製器



ヘリウム冷凍液化機用圧縮機



回収・精製用高圧圧縮機



ヘリウムガス
分析システム

水素
除去装置

ヘリウム液化のしくみ

分子間に相互作用が働いている気体を自由膨張させるとわずかに温度が下がります。これをジュール・トムソン（JT）効果と呼びます。ヘリウム液化機も最終的にはこの効果を利用しています。しかしヘリウムは分子間力が極めて小さいため、40K以下でないとこの効果は現れません。そこで、あらかじめガスを別の方法（膨張エンジン）で低温（実際には20K以下）まで冷却した上でJT膨張させて液化を行なっています。

実際の液化の手順は、まず、ヘリウムガスを圧縮機で高圧状態にします。熱交換器を経てある程度冷却されたガスは、一部が膨張エンジンに送られます。昔はピストンシリンダー型が主流でしたが最近ではタービン型が用いられています。この部分でガスは仕事（ピストンを押す、もしくはタービンを回す）をさせられ、結果として圧力と温度が下がります。この過程はカルノーサイクルの断熱膨張（等エントロピー膨張）と同じで、理想気体（分子間相互作用なし）であっても温度が下がります。先に述べた実在気体に対するJT膨張（等エントルピー膨張）とは原理が異なります。膨張エンジンは低温でなめらかに可動する必要がある為、技術的に高度な様々な工夫が施されています。加えて、低温ほど断熱膨張の効率は低くなるので、膨張エンジンで冷却されるのは精々10K程度までです。後はこの冷えたガスを利用して元々の高圧ガスを40K以下に冷やし、JT膨張弁により1気圧まで自由膨張させて液体ヘリウムを得ることができます。



液体窒素貯蔵タンク

<液体窒素貯槽>

日本化学機械製造社製

CE10000-M

液体窒素貯蔵能力: 10,000 L

<窒素(Nitrogen)>

液体窒素は沸点が約77K(マイナス196℃)です。安価でしかも比較的
安全な為、様々な用途に用いられて
います。ただし、使用する場合は酸
欠防止の為、換気に十分注意する
必要があります。

<液体窒素供給支援>

低温センターでは、伊都地区・病院
地区において液体窒素供給支援を
行っています。

寒剤を利用する場合は学内の安全
講習を受講する必要があります。

九州大学における液体ヘリウムの用途

九州大学では応用を念頭に置いた機能性材料や超伝導材料の開発、学術的価値の高い基礎物性研究分野など、様々な局面で液体ヘリウムが使われています。

核磁気共鳴吸収装置；JNM-ECX500（写真左）、JNM-ECZ400(写真右)

中央分析センターは、研究教育上必要な試料、あるいは物質の分析及び特殊研究試料作製を行うための学内共同利用施設として、1982年に設置されました。現在では、筑紫キャンパスで18台、伊都キャンパスで30台の機器を管理しています。これらの機器は学内に広く開放しています。

伊都キャンパスの中央分析センターでは、2台のNMR（JNM-ECX500及びJNM-ECZ400）を管理しており、これらは最近更新しました。NMRは、構造解析や物質の同定等の用途に使われています。NMRは超伝導マグネットコイルを冷却するために液体ヘリウムが必要であり、中央分析センターでは、2010年からヘリウム回収システムを使用しています。



磁気特性測定装置 (カンタム・デザイン社 mpms-5S, mpms-XL)

数 mg 程度のサンプルの磁気特性を簡便な操作で測定することができる。0~5 kOe の外部磁場をかけることができ、1.9~400 K の温度範囲での段階的な温度変化や、温度掃引での測定を行える。装置のサンプルルームへ光ファイバーを導入することで、様々な波長の光を用いた光照射実験を可能としており、磁気特性の光応答性を測定できる。これまでの本装置での測定から、光応答性ナノ磁石[1]や巨大なスピン量子数を持つクラスター分子[2]等を見出し、報告している。また本装置は扱いの容易な温度制御装置として使用することができる。我々は電気特性測定装置と組み合わせることで伝導性測定やその光応答性、誘電特性測定といった幅広い電子物性の測定を行っている。

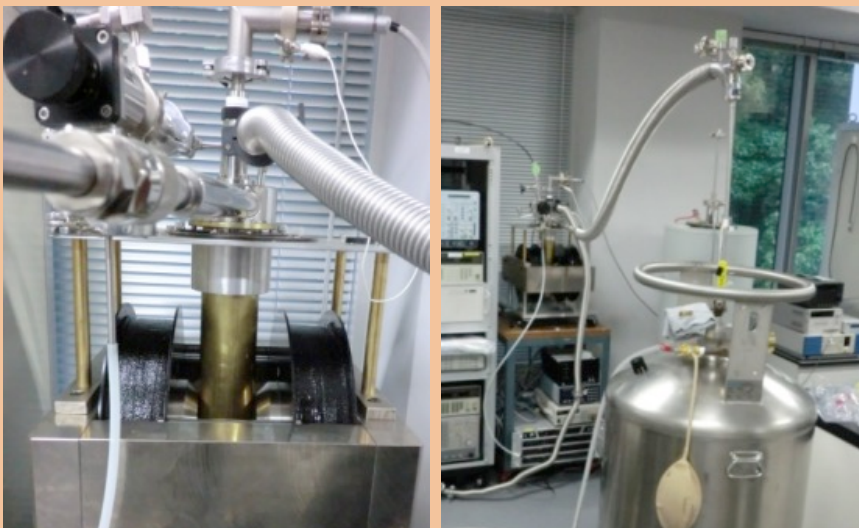
- [1] T. Liu, O. Sato et al., Nat Commun **2013**, 4, 2826.
- [2] S. Kang, O. Sato et al., Nat Commun **2015**, 6, 5955.



先導物質化学研究所

連続フロー型 液体ヘリウム・クライオスタット

4K 以下の低温環境を継続的に実現できるクライオスタットです。現在評価している物性は、主に電気的特性の評価で、20pin の電極からなる LCC ソケットに試料をマウントしています。最大 1.2 T まで発生できる大型電磁石が取り付けられており、磁気輸送特性の精密評価が可能です。また、高周波が印加可能な同軸ケーブル型のホルダーもあり、目的に応じて試料ホルダーを作成することで、様々な物性評価が可能です。



理学研究院

小型温度可変調装置

液体ヘリウム容器から供給される液体ヘリウムは温度可変調ユニット（熱交換部）を経て20Kから70K程度までの定温に保持されたガスとなり、実験用クライオスタット内の超伝導線材や小型コイルなどの被試験体を冷却します。



超伝導システム科学研究センター

多重極限環境下物性評価装置

$^3\text{He}-^4\text{He}$ 希釈冷凍機と超伝導磁石を組み合わせ、最低温度50mK、最大磁場8Tの極低温強磁場のもと実験を行います。

写真は希釈冷凍機にダイヤモンドアンビルセルを取り付け、30GPaの超高圧下の実験を準備しているところです。



工学研究院

高温超伝導線における常伝導転移部の伝播現象についての測定装置

250L液体ヘリウム容器からトランスファーチューブにより実験用クライオスタットに手軽に液体ヘリウムを供給できます。

この装置を使って伝播現象と液体ヘリウムの冷却効果との関係を解明します。

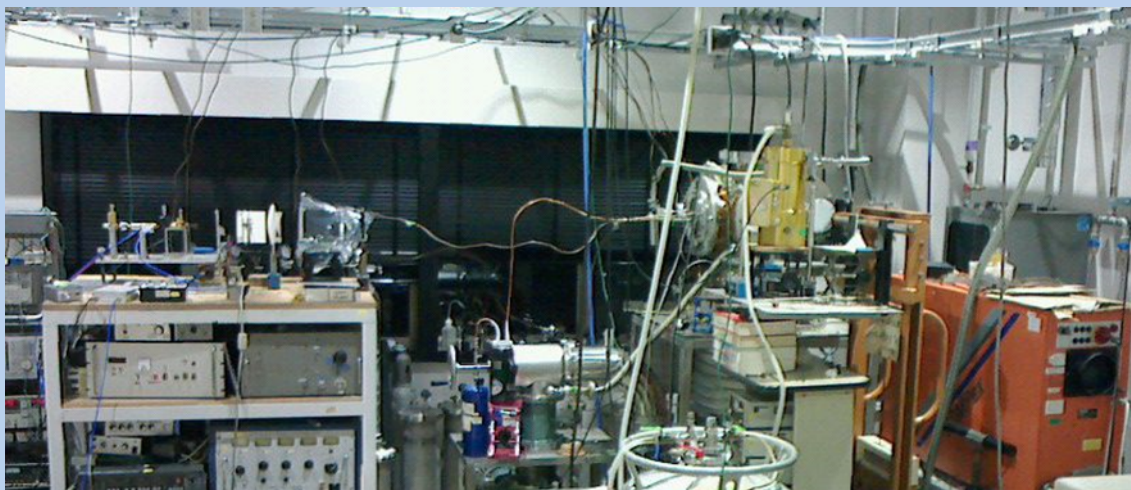


超伝導システム科学研究センター

多重反射ミリ波ジェット分光装置

この分光装置は、50 - 800 GHz 領域で短寿命分子種（反応中間体など）の回転スペクトルや、分子錯体の分子間振動を観測するための分光装置です。ミリ波領域で多重反射光学系（10 往復）を用いた高感度検出が行える世界で唯一の装置です。これまでの主な成果としては、ビニルラジカルのトンネル回転遷移を観測し、ビニルラジカルでは通常より 10 億倍も速いオルト・パラ変換が起きていることを明らかにした研究[1]や、結合力がわずか 9 cm^{-1} の He-HCN 分子錯体で、分子間振動遷移を解離限界すれすれまで観測した研究[2]などがあります。

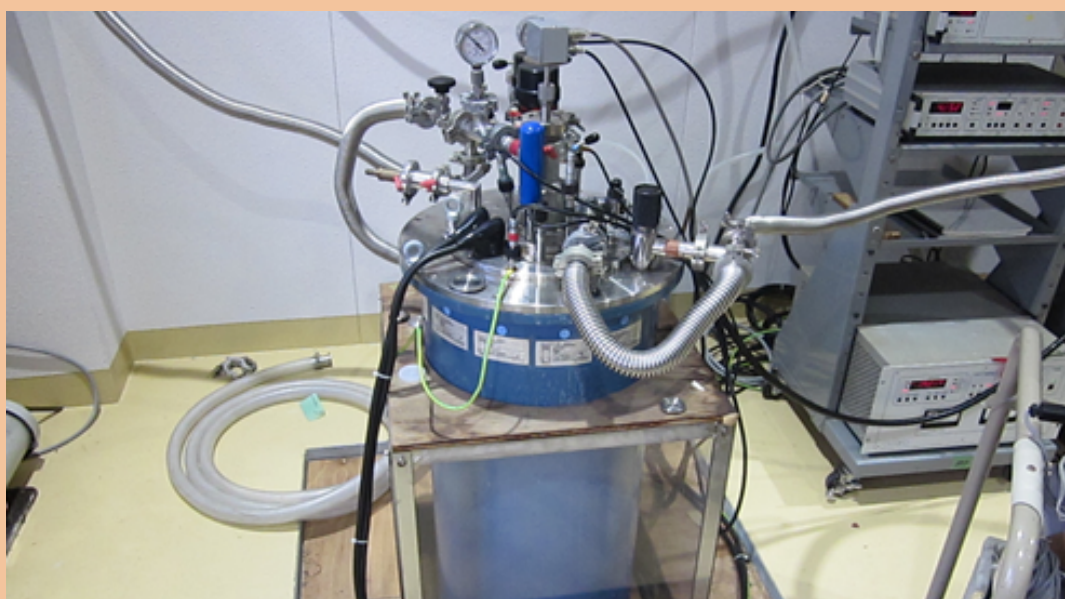
[1] Mol. Phys. **108**, 2289 (2010) Invited Article. [2] J. Chem. Phys., **117**, 7041-7050 (2002)



理学研究院

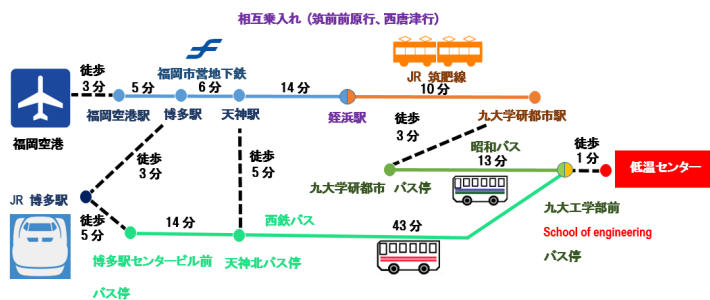
複合極限環境物性測定装置

試料を圧力セルに入れ、超伝導磁石内に配置することによって、複合極限環境下で物性を測定することができます。主に電気抵抗、熱膨張、磁気抵抗、ホール抵抗、磁化の測定を行っています。主に遍歴電子磁性体や希土類原子の価数揺動現象の解明を行っています。温度 1.5K~300K、圧力 2.5GPa、磁場 0~14T までの測定が可能です。



理学研究院

伊都地区



〒819-0395

福岡市西区元岡744

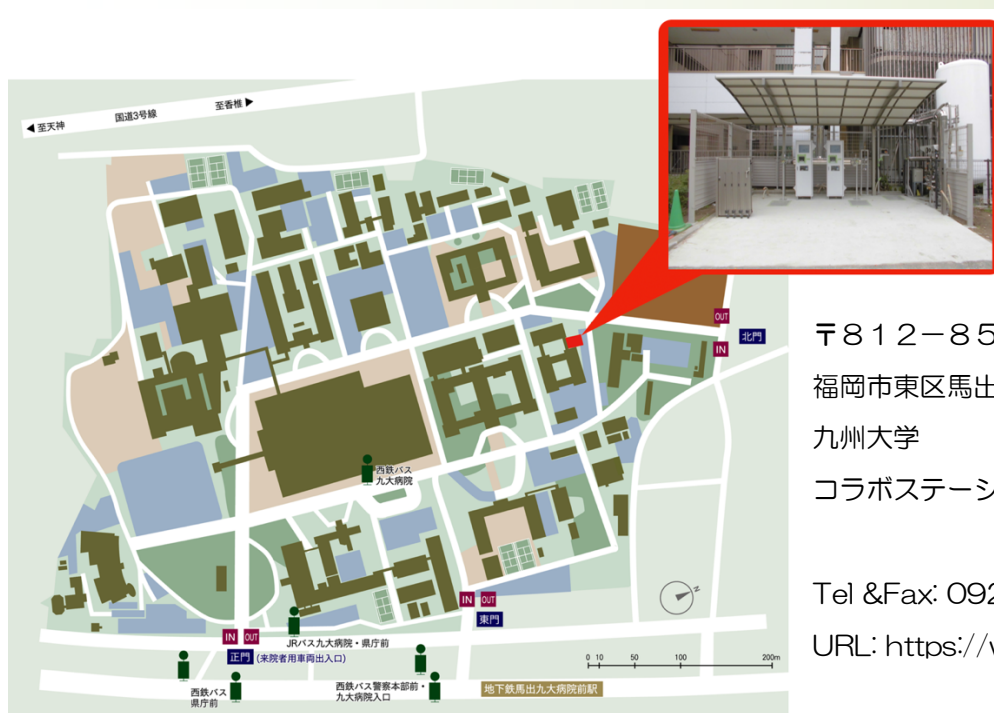
九州大学 低温センター

伊都地区センター

Tel & Fax: 092-802-3940

URL: <https://www.ltc.kyushu-u.ac.jp>

病院地区



〒812-8582

福岡市東区馬出3-1-1

九州大学

コラボステーション 2 管理人室

Tel & Fax: 092-642-6883

URL: <https://www.ltc.kyushu-u.ac.jp>