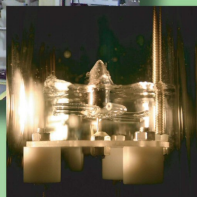


低温液化室

Cryogenic Service Lab.

国立大学法人 東京大学 物性研究所
University of Tokyo Institute for Solid State Physics



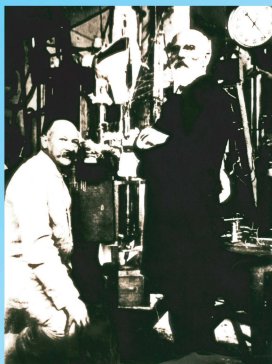
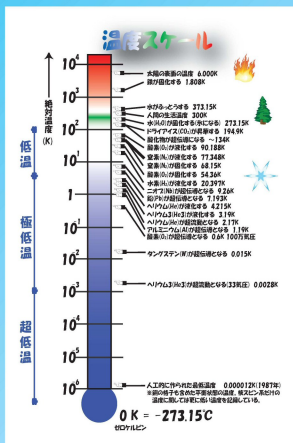
液化の歴史

ガスの液化

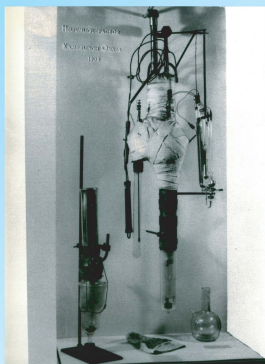
低温開拓の第一歩はガスの液化からはじまった。当時(1820年頃)、今では何の疑いも持たれない事実、「すべての気体は冷却すれば液体になる」という事の実証に向けて、次々とガスの液化を試みた。1823年には塩素ガスが加圧することで液化されることが発見され、また加圧下で液化したのち、その圧力を1気圧に戻すことによって更に温度が下がることが発見され、初歩の液化ガスの製造技術が確立された。

こうして炭酸ガス、アンモニアと次々とガスの液化が実現されたのち、1870年頃には加圧冷却によって液化できない気体は、酸素、窒素、水素、ヘリウムの4種類だけとなった。その後、蒸気機関と熱力学の進歩により1877年には酸素と窒素が、1884年には水素が液化され、1908年ついに永久気体と呼ばれた最後のヘリウムがカマリン・オンネスによって液化されるに至った。

これよりさらなる低温への道は、人類の豊かな着想と努力によって、現在では絶対零度に迫ること 10万分の1 Kといった領域まで到達している。



カマリン・オンネス(左)
ファン・デル・ワールス(右)



オンネスの世界最初の
ヘリウム液化機

低温液化室の歴史

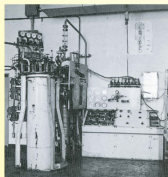
物性研究所 低温液化室は、設立当初は極低温部門にあって専らこの研究部門で使用する寒剤を生産していた。その後、研究部門の拡充、発展に伴い、寒剤を必要とする研究室が増えてきたため、昭和35年(1960年)液化室の建物が竣工されたのに伴い、所内の共通施設の一つとして発足した。発足後は専任のスタッフを配置し、機器の維持、管理、寒剤の供給、低温技術に関する研究室へのサポートを行ってきた。

設立当初は液体ヘリウム・液体窒素・液体水素・液体空気などはすべて低温液化室で生産し、供給していたが、その後、液体水素・液体空気・液体窒素は製造設備が古くなり、液化能力が低下したため生産を中止した。現在は液体窒素を外部から購入し、液体ヘリウムのみを生産、供給している。

1999年、キャンパス移転計画に伴い、六本木から柏キャンパスに移転した。

ヘリウム液化機の変遷

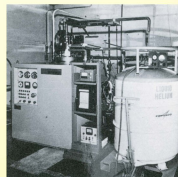
1958年	国産第1号のカスケード式水素・ヘリウム液化機 製作 水素液化能力 8L/時、ヘリウム液化能力 6L/時
1960年	コリンズ式ヘリウム液化機 Model50-米国(A. D. L. 社)製 ヘリウム液化能力 7L/時 窒素液化機 オランダ(フィリップス社)製 窒素液化能力 30L/時
1963年	コリンズ式ヘリウム液化機 Model 200-C ヘリウム液化能力 8L/時
1972年	SL-225型ヘリウム液化機 日本(住友重機械)製 ヘリウム液化能力 25L/時
1979年	ターボクール100ヘリウム液化機 英国(B. O. C社)製 ヘリウム液化能力 100L/時
1994年	TCF-50ヘリウム液化機 スイス(Linde社)製 ヘリウム液化能力 150L/時
1999年	TCF-50ヘリウム液化機 スイス(Linde社)製 ヘリウム液化能力 180L/時



▲カスケード型
水素・ヘリウム液化機



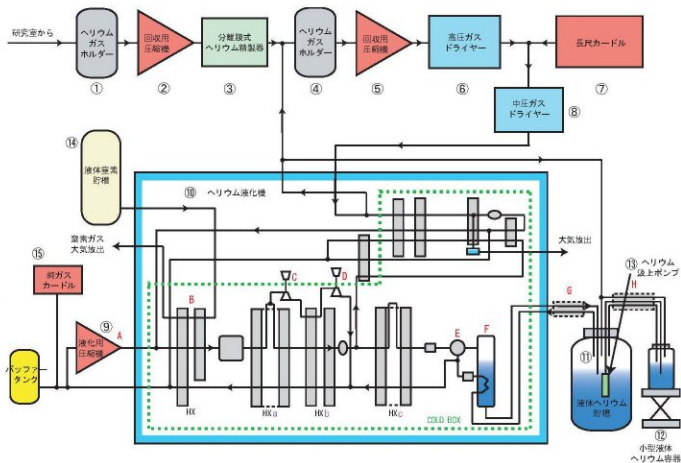
▲コリンズ式
ヘリウム液化機
Model200-C



▲SL-225型
ヘリウム液化機

ヘリウム液化製造設備

液化ヘリウム設備の系統図



各研究室より回収された不純ヘリウムガスは回収ホルダー①に集められ、回収用圧縮機②によって15MPaに圧縮され、ガス分離膜式精製器③へ入る。精製されたヘリウムガスは、一旦精製用ガスホルダー④に集められ、精製用圧縮機⑤によって再び15MPaまでに圧縮され、高压ガスドライヤー⑥を通して水分を除去してから備蓄用長尺カード⑦に充填される。ヘリウムガスは、液化機内に入る前に更に中圧ガスドライヤー⑧に送られ、水分等を除去する。水や空気は固化すると液化機内のタービンを傷める原因になり、液化システム全体の故障にもつながる。こうして純化されたヘリウムガスは、ヘリウム液化システム⑨⑩へと送り込まれる。

液化機で液化されたヘリウムは6000L貯槽⑪に一旦貯蔵され、ヘリウム移送管HIによって各研究室の小型ヘリウム容器⑫に供給される。ヘリウムを小分け容器に移送するには、貯槽に圧力をかけて移送する方法が一般的であるが、物性研究所では、1994年に更新した液化システム以降、遠心式液体ヘリウム汲み上げポンプ⑬を採用しており、供給にかかる時間は従来の方式と比較すると10分の1程度となっている。

液体ヘリウムは各研究室で実験に使用された後、研究所全体に網羅された回収配管を通し、再び回収ホルダーに戻ってくる。

ヘリウム液化機及び付属機器の概要



①④回収ガスホルダー
70m³×2基



②⑤回収・精製用圧縮機
ブルックハルト社製
190Nm³/h×2基



③ヘリウムガス精製器
川崎重工社製 ガス分離膜式
処理能力 144Nm³/h



⑥高圧ヘリウムガス乾燥器
小池酸素社製
2筒式 12時間切り替え式



⑦⑧長尺容器 貯蔵能力 4,500Nm³
A(2,250Nm³), B(1,350Nm³), C(900Nm³)
3系統 切り替え使用可能



⑧中圧ヘリウムガス乾燥器
小池酸素社製
2筒式 24時間切り替え式



⑨ヘリウム液化機用圧縮機
前川製作所製 2520MSC
処理能力 1,660Nm³/h



⑪液体ヘリウム貯槽 (左)
STATEBORN社製 6,000L
蒸発率 1.0%/day

⑩ヘリウム液化機 (右)
LINDE社製 TCF-50
第1タービン 4,700rpm
第2タービン 3,600rpm
液化能力 (IMPURE) 180L/h



⑬遠心式ヘリウム汲上ポンプ
20 L/min 120rpm



⑭液体窒素貯槽 20,000L(小池酸素) × 3基
蒸発率 0.25%/day

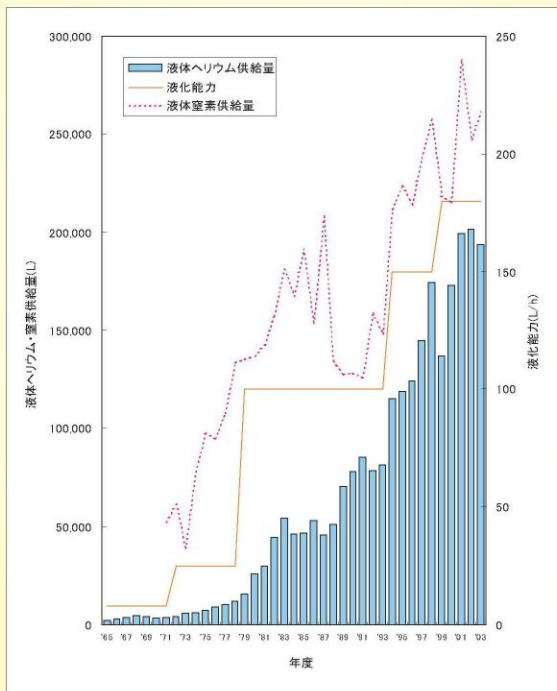


⑮純ガスカードル 140m³×2基

年間供給量の推移

1957年、実用的なコリンズ型ヘリウム液化機の開発とその普及により液体ヘリウム(-269°C)を用いる低温研究は飛躍的に発展した。今日では、リニアモーターカー、MRI、NMR、量子コンピュータ、SQUIDなどの日常に結びつく応用が次々と開発され、低温研究は時代を担う科学として重視されている。特に物性研究では、物質の真の姿を見つけ出す手段として液体ヘリウムは欠かすことのできない寒剤で、使用量は年々増加の一途をたどっている。

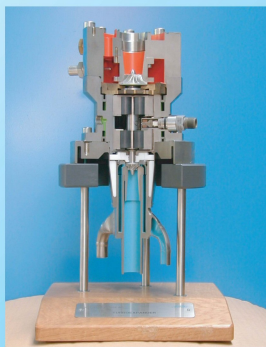
当研究所においても、種々の物性研究の発展、極限物性研究部門の発足(1979年)、実験手段の多様化に伴い、液体ヘリウムの使用量は年々増大している。柏キャンパス移転(2000年)を機に、新領域創成科学研究成科への供給を開始し、さらなる需要の増加が見込まれている。



液体ヘリウム・液体窒素の供給量とヘリウム液化機の液化能力

ヘリウムの液化

ヘリウムガスを液体にする方法は、ヘリウムガスを高圧（圧縮）にしたのち他の冷媒で50K以下までに冷やしジュール・トムソン膨張させて液化する方法（リンデサイクル）と、圧縮したヘリウムガスを膨張機（ピストンやタービン等）を用いて断熱膨張させ液化する方法（クロードサイクル）がある。また、一般的な気体では熱交換器を用い、順次冷却していく方法（カスケードサイクル）がある。実際の液化機は効率を上げるため、これらの方式を組み合わせる方法をとる。この場合、予備冷却の冷媒として液体窒素（77K）を用いることが多い。TCF-50もこの方法を用いている。

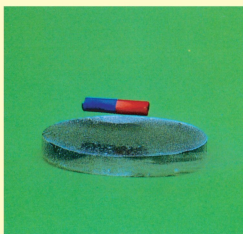


ヘリウム液化機のタービンの
カットモデル

液化ヘリウム製造設備の系統図中⑨、⑩でまず、ヘリウムガスを1.5MPaまでに圧縮(A)し、このガスを液体窒素で77Kまで冷却されている熱交換器(B)に送り冷やす。次に液体窒素温度に冷えた高圧のヘリウムガスを一部は第一段膨張タービン(C)、第二段膨張タービン(D)へ送る。2つのタービンで温度を下げられた高圧のヘリウムガスは、最後にエジェクター(E)をとおり、液体になる。なお、ガスの通る部分には数段のヘリウム自身を冷媒とした熱交換器があり(a~c)、効率よく熱交換させながら温度を下げている。

液化されたヘリウムは液化機内の液溜(F)に一旦溜められた後、三重管(G)を通してヘリウム貯槽に溜められる。また、貯槽内で自然蒸発した液体ヘリウム温度付近のヘリウムガスは、三重管(G)を通してすぐに液化機に戻され再び液化される。

低温における不思議な現象



酸化物高温超伝導体によって浮き上がる磁石

1980年代に発見された高温超伝導体は超伝導体の幅広い応用をひらくものとして期待されている。



液体ヘリウムの超流動

液体ヘリウムは2K以下の低温では粘性のない液体となり、ひとりでに容器をはい上がって外にこぼれてしまう。

低温液化室の役割

当液化室の役割は研究所内の共通施設として、所内や所外の共同利用にもとづく低温実験に必要な液体ヘリウムや液体窒素などを各研究室に供給することにある。このため液体ヘリウムの製造から製造設備の保守・管理などに関する業務を一括して行っている。また、低温技術に関する開発及びサービスも随時行っている。

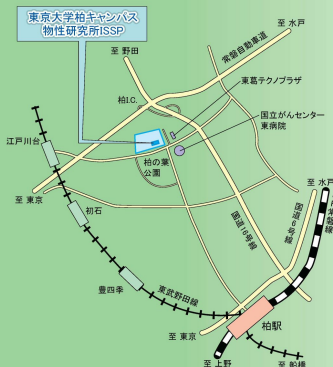


デモ実験用ガラスデューワー
液体ヘリウムを直に目で見ることができ、超流動、超伝導のデモ実験が行える。



液体窒素自動供給装置
20,000Lの液体窒素貯槽よりユーザに小分けされる。供給量はパソコンで自動集計・管理される。

案内図



- JR 常磐線 / 東武野田線柏駅から
西口2番乗り場 東武バス「国立がんセンター行き」で約25分
柏の葉公園経由「東大前」下車徒歩3分
税関研修所経由「がんセンター」下車徒歩4分
- 東武野田線 江戸川台駅から
東口バス停から「がんセンター行き」or
「がんセンター経由柏駅西口行き」
で約6分、「東大前」下車徒歩3分
- 東京駅八重洲南口から
高速バス1番乗り場から「柏の葉公園・江戸川台行き」
「国立がんセンター」下車徒歩4分
- 羽田空港から
1階バス乗り場 14番乗り場から「柏駅西口行き」
「国立がんセンター」下車徒歩4分
- 車で
常磐自動車道柏I.C. 千葉方面出口から
国道16号線へ500m先「十倉二工業団地入口」交差点を右折

国立大学法人 東京大学 物性研究所
低温液化室

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

TEL 04-7136-3515

FAX 04-7135-1232

E-mail ekika@issp.u-tokyo.ac.jp

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/cryogenic/>