

液体ヘリウム汲出ポンプ開発プロジェクトの報告

東京大学物性研究所 土屋 光, 鷺山 玲子
元東京大学物性研究所 吉田 辰彦
東京大学総合文化研究科 小田嶋 豊, 解良 春恵, 芦沢 佳子, 吉田 薫
分子科学研究所 高山 敬史

はじめに

平成 13 年 4 月から、東大教養学部の小田嶋氏の呼びかけにより、液体ヘリウム汲出ポンプ開発プロジェクトが動き出した。

このプロジェクトは、液体ヘリウム汲み出しポンプの開発を通じて技官としての資質向上を目的とするものである。

開発の進め方

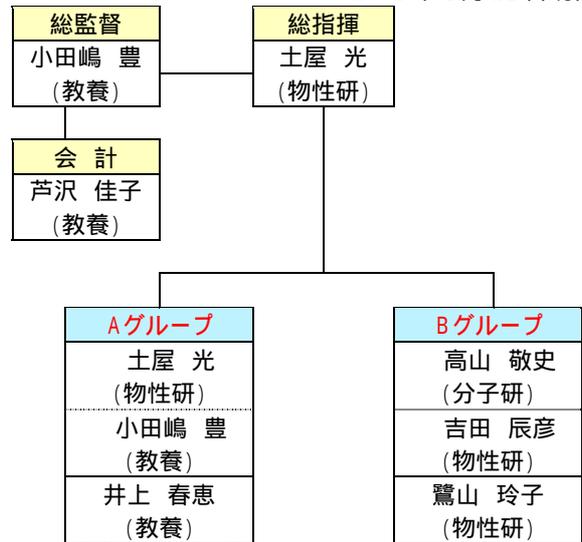
プロジェクト発足当時のメンバーは 7 人で、表 1 のような役割を決め開発を進めることにした。途中、1 人が新たにメンバーに加わり、最終的には 8 人がプロジェクトに関わった。

当初の予定では、

2 つに分けたグループが、それぞれのメンバーで話し合い、それぞれのグループの方針等を決める。
グループの進行状況や成果等を報告する。
報告内容について検討し、ポンプ開発に反映する。

表 1 メンバーの役割

2001 年 4 月 21 日現在



といった具合に開発が進められれば良いと考えていたが、実際には思うようにいかなかった。しかし、プロジェクト立ち上げ時には、きちんとグループ毎に大方針がありそれぞれ

Aグループ 「全く何も無いところから作る (モーター、タービン、コントローラー等全て)」
Bグループ 「分子研で開発したポンプをベースに改良を行っていく」

ということであった。

この様な方針の下、それぞれのグループで“市販モーターの調査”、“過去に製作されたポンプの再評価”など様々な活動が行われた。詳しくは、液体ヘリウム汲み出しポンプ開発プロジェクトの報告書を見て貰いたい。以下に主な活動を上げておく。

[プロジェクトでの主な活動]

- ・市販モーターの調査
- ・モーター開発の為の予備実験 (ホール素子の特性評価)
- ・市販ブラシレスモーターの液体窒素内での動作確認
- ・数年前に分子研で開発したポンプを使っでのトランスファー実験
- ・3Dモデリングマシンによるタービンの試作



(a) Escap のモーター



(b) Panasonic のモーター



(c) 灯油ポンプのモーター

図 1 市販モーター各種

プロジェクトの成果

プロジェクトでは、先にも述べたように技術職員の資質向上も目的としている為、様々な研修を行った。また、物性研究所の鷲山が、平成 13 年度核融合研究所技術研究会において発表を行った。

研修は、活動方針の検討や活動報告などを行うセミナーや、見識を広げるための海外研修などを行った。特に、物性研で使用している遠心式ヘリウム汲み上げポンプの開発元であるヴァルター・マイスナー研究所で、ポンプの話が聞けた事は大変有意義だったと思う。表 2 に海外研修先と研修者の一覧を示す。

表 2 海外研修一覧

研 修 先	研 修 者 (所属)	研修時期
フロリダ大学 国立強磁場研究所	高山 敬史 (分子科学研究所)	平成 13 年 8 月 (10 日間)
ICEC19 (International Cryogenic Engineering Conference) カメリング・オンネス研究所	小田嶋 豊 (東京大学総合文化研究科) 解良 春恵 (東京大学総合文化研究科) 芦沢 佳子 (東京大学総合文化研究科)	平成 14 年 7 月 (15 日間)
ヴァルター・マイスナー研究所 ドレスデン工科大学 マックス・プランク固体物理化学研究所	鷲山 玲子 (東京大学物性研究所)	平成 14 年 8 月 (11 日間)

技術研究会での発表内容や海外研修の報告は、それぞれの報告書を参照してもらうことにし、ここでは<どのような事をしてきたのか>をもう少し詳しく、そして<汲み出しポンプはどこまで出来たのか>について報告する。主に私がしてきたことの報告になると思うが、ご了承頂きたい。

<どのような事をしてきたか>

・市販モーターの動作テストなど

本来なら活動方針 (A チームの活動方針は前述) に沿って開発を進めたいところだが、何も分からないのに作れるはずもないので、まず市販モーターの調査及びモーター開発の為の予備実験を行う事にした。

市販モーターの調査ということで、Escap 社とマクソソジャパン社のブラシレスモーター及び専用のドライバーを購入し、動作確認をした (図 2、図 3 参照)。

それぞれ室温での動作確認をした後、グリス等の除去作業をし、液体窒素中での動作確認を行った。当然のことながら室温では問題なく回転し、液体窒素中でも多少違和感はあるものの無事回転した (液体窒素中でのテストについては、後述)。

モーター開発の為の予備実験は、ホール素子の低温での特性を調べることにした (実験者: 小田嶋、解良)。

ブラシレスモーターは、ローターの位置検出にセンサ (ホール素子) を使っている (センサレスタイプもある) ので、低温でも使用できるホール素子があれば、低温用モーターの位置検出に利用できる。今回の実験では、4 種類のホール素子を評価し、その中の一つがモーターに利用できそうなことが分かった (詳しくは、プロジェクトの報告書を参照のこと)。

・モデリングマシンのテスト

汲み出しポンプには欠かせないタービンを作る為に、3D プロッタ (Roland DG 社製、MODELA MDX-15) を購入し、このマシンのテストを行った (図 4、図 5 参照)。

このマシンは、切削加工 (モデリング) だけでなく立体形状入力 (スキャニング) もすることができるので、何か

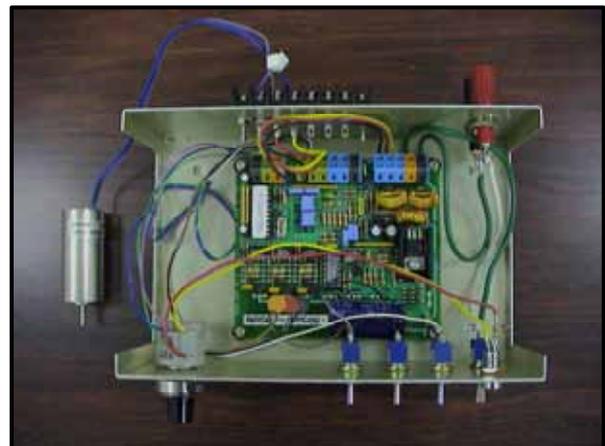


図 2 Escap 社のモーター & ドライバー

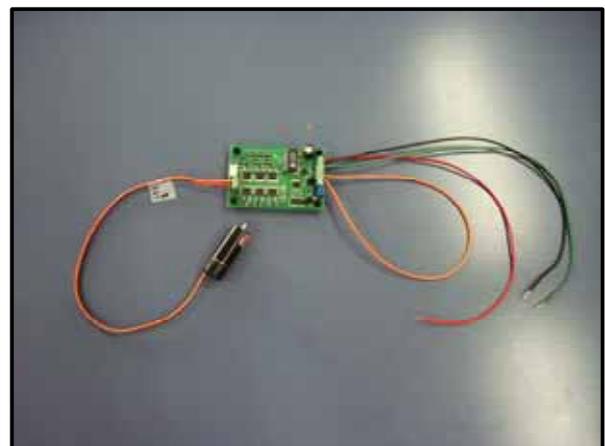
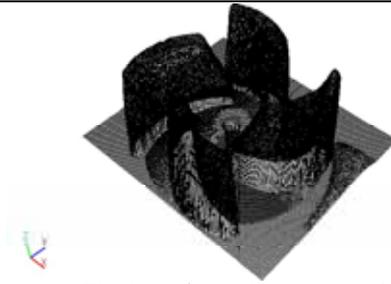


図 3 マクソソジャパン社のモーター & ドライバー

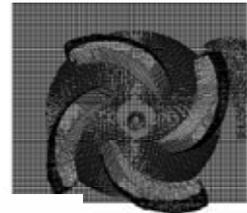
を参考にする場合には非常に役に立つマシンである。



(a) スキャン対象物
(左：灯油ポンプ 右：液化機タービンの粘土型)



(b) 灯油ポンプのスキャンデータ



(c) タービンのスキャンデータ(レンダリング)

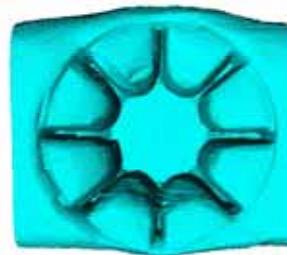
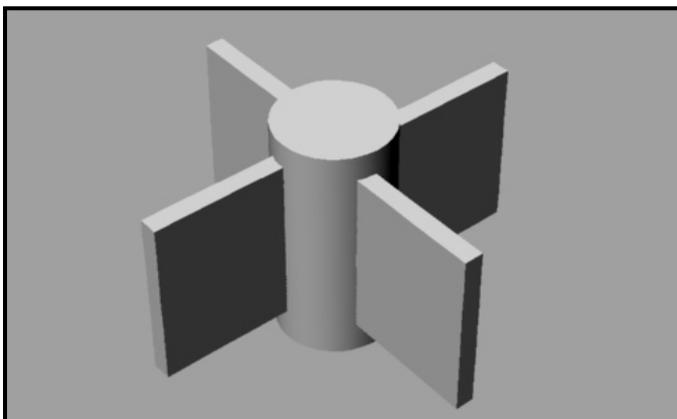


図4 () スキャン

図5 () モデリング



(a) モデリングデータ



(b) MODELA MDX-15



(c) 切削中の様子



(d) 切削したタービン

・液体窒素中での動作テスト

室温での動作が問題なかったため、液体窒素中での動作確認を行った。
 方法はいたって簡単で、図 6 (a)の様にメタルデュワーに液体窒素を溜め、その中にモーターをぶら下げるだけである。

[テスト手順]

室温で動作確認をしたモーターをそのまま液体窒素に浸けてみた。

- ・冷えてから回転させた
 カクカクと動いた
- ・回転させながら冷やす
 途中からキーンという異音が出たので、停止

ベアリング等に付いている油分などが固化した為に動きが悪かったり、異音が出たと思われる。

油分などを取り除く (図 6(c))
 モーターをエタノール中で断続的に回転させる (総運転時間 3 時間程度)

油分が取れたかどうか定かではないが、良しとした。

再度液体窒素に浸けて、動作確認。

うるさくなったり、静かになったりしながらではあるが回転した。最終的に 2 時間程度の連続運転を行ったが、特に問題はなかった。

・3Dソフトでのお絵かき

3Dプロッタを購入するときに推奨された3DモデラーソフトのRhinoceros (ライノセララス) を購入し、タービンの図面を描いてみた。図 7 (a) はスキャンした灯油ポンプを元に作った物、同図 (b)(c) は、(a) の羽の付け根及び枚数を変えた物である。どちらも羽は中心から伸びており、枚数はそれぞれ 4 枚、6 枚となっている。

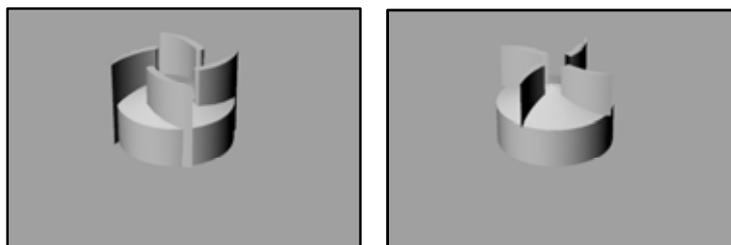


図 7 Rhinoceros で描いたタービン

・タービンの切削

試しに描いてみたタービン数個を切削加工した。材料は、初めガラエポを使ったが堅くてエンドミルがすぐに悪くなるので、図 7 のタービンにはデルリンを使った。

< 汲み出しポンプはどこまで出来たのか >

液体窒素中での動作テストは済んでいるが、これはまだ汲み上げポンプ開発のほんの入口にすぎない。

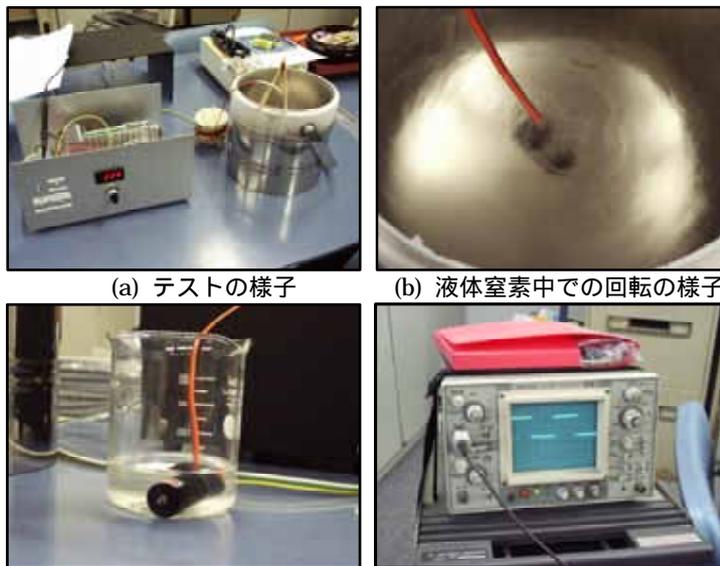
ということは、きつい言い方をすれば “ まだほとんど出来ていない！ ” ということになる。しかし、楽観的に考えると液体窒素中で動いたら液体ヘリウム中에서도動くと思うし、とりあえず灯油ポンプと同じような形状のタービンを作る事は可能なので、もうちょっと時間があれば液体ヘリウムを使った移送テストまで出来たと思う (こんな風に思うのは私だけだろうか・・・) 。



図 8 液体窒素中でのタービンのテスト

図 8 は、最近作ったタービン (図 7) を使って行った液体窒素中でのテストである (実験者：小田嶋) 。

ちょっと分かりにくいですが、銅パイプが濡れている (液が上がっている) のが確認出来ると思う。



(a) テストの様子 (b) 液体窒素中での回転の様子

(c) エタノール中のモーター (d) 回転数のモニタ

図 6 液体窒素中でのモーターの動作テスト

今後は？

最初の予定では、3年でポンプを作る！という話だったが、完成には至っていない。プロジェクトはどうなるのか？ということも分かっていないし、今後のことを話し合いたいと思っているのだが、発起人となかなか話ができないでいる。

とりあえず個人的には、一応2004年3月31日をもってこのプロジェクトは終了したと思っている。しかし、汲み上げポンプ開発は今後も続けていきたい、というか今でも続けている。春までには、液体ヘリウム中での動作テスト及び移送テストが出来るようにしたいと思っている。

ただ、一人では限界もあり、また折角プロジェクトを一緒にやってきたのだから、これからもプロジェクトのメンバーで協力していければと思っている。

参考

- [1] 液体ヘリウム汲出ポンプ開発プロジェクトの2001年度及び2002年度の報告書
- [2] 平成13年度核融合研究所技術研究会における発表
「液体ヘリウムポンプと他流体ポンプの比較」<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/cryogenic/presentation/bunsho5.pdf>
- [3] LHePP 海外研修報告書（鷲山）http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/cryogenic/presentation/f_kennsyu.pdf
- [4] 企業・ソフトのホームページ
 - ・ マクソンジャパン株式会社 <http://www.maxonjapan.co.jp/home.htm>
 - ・ Roland DG 株式会社 <http://www.rolanddg.co.jp/index.html>
 - ・ Rhinoceros <http://www.rhino3d.co.jp/>

謝辞

このプロジェクトに誘って頂いた総合文化研究科の小田嶋氏、および一緒に開発をしてきたプロジェクトのメンバーの方々に感謝いたします。