

技術職員に至要たる高真空技術の習得と実践

○澤木弘二^{A)}、小林和宏^{B)}、岡本久和^{B)}、叶 哲生^{B)}、工藤哲也^{B)}、野田匠利^{B)}

佐々亮輔^{B)}、山口隆正^{B)}、中西幸弘^{A)}、立花一志^{A)}、中木村雅史^{A)}

長谷川達郎^{A)}、後藤伸太郎^{A)}、磯谷俊史^{A)}、川崎竜馬^{A)}、足立勇太^{A)}

A) 工学系技術支援室 装置開発技術系

B) 教育・研究技術支援室 装置開発技術系

はじめに

近年、大学内において真空を利用した装置が多数導入されており、我々技術職員もそれらの実験装置に関わることが多くなっている。我々は真空を利用して成果を出してはいるが、真空について物理的な深い理解を伴った上でこれを利用している技術職員は少ない。しかし真空技術が今後益々幅広い分野に利用されることを考えると、技術職員が真空に関する論理的な考え方を身に付けた上で真空装置に関わることが重要であり、これにより、多様化した真空技術業務にも十分対応できる能力の基礎を得ることができると考えられる。

本研鑽は、真空技術の基礎及び応用技術の学習を全体で行い、その後4グループ（ガラスグループ、真空溶接グループ、真空シールグループ、真空排気装置グループ）に分かれての課題を実施し、「技術職員に至要たる高真空技術」を身につけることを目的として実施した。

各グループの技術課題は、ガラスグループはガラス管の製作と評価等、真空溶接グループはTIG溶接技術・知識の習得及び真空容器製作等、真空シールグループは真空断熱層のシール機構について設計・製作・実験を通しての知識習得等、真空装置グループは実際の排気装置の分解、調整、再組み立て等である。

これを皮切りに、工学部と理学部の交流や学習及び課題を通して得た経験や技術ノウハウを共有することで、真空のみならずより幅広い分野において交流と技術研鑽が今後益々進展することも大いに期待される部分である。

1 実施スケジュール

- 5月中旬 実施に当たっての打ち合わせ
- 7月～11月 真空技術の学習会
- 8月 グループ別の技術課題の策定・実施
- 9月 展示会（VACUUM 2015 真空展）への視察・調査
- 2月 成果発表会

2 真空技術の学習会

本研鑽の参加者は、これまでの真空技術に関する業務の経験量の違いから、それぞれの技量および知識には大きな差が認められることが予想された。そのため、大学や民間企業における真空技術に関する講習会で使用されているテキスト[1]を用いて、輪講形式で学習会を実施（図1、一回当たり2時間



図1. 学習会（輪講）の風景

程度で全 12 回) し、真空に関する物理学の基礎、リークテスト等の真空技術に関する知識の習得・再確認を行った。また、学習会の合間に適宜、学内の研究室の設備・機器を利用して、ヘリウムリークディテクタによるリークテストの見学(図 2)等を実施した。

3 VACUUM 2015 真空展への視察・調査

真空展及び同時開催展(難加工技術展 2015、表面改質展 2015)への視察・調査(日程:平成 27 年 9 月 9 日(水)、10 日(木) 開催地:パシフィコ横浜)を行った。この展示会は、毎年開催される国内最大規模の真空技術に関する展示会である。会場では、真空技術・装置についての情報収集ならびに技術者との意見交換を行い、多くの成果を得ることができた。

4 グループ別の技術課題

研鑽参加者全員で一斉に実施する勉強会とは別に、技術分野毎に 2~5 名の少人数のグループに分かれて、課題の策定及びそれに関する製作・実験・評価に取り組んだ。課題は、以下に示す 4 テーマである。

1. ガラスに関する真空技術(ガラスグループ)
2. 真空容器の溶接技術(真空溶接グループ)
3. シール機構に関する技術(真空シールグループ)
4. 真空排気装置のオーバーホール(真空排気装置グループ)

これ以降は、各グループの活動目的・これまでの取り組み・課題の結果について報告する。

4.1 ガラスに関する真空技術

ガイスラー管は古くから使われてきた圧力のインジケータである。定量性はないが視認性がよく、低真空からの漏れ検査にも用いることができる。近年では使用する機会も製作する機会も失われつつあり、今回、先の世代からの技術、知識の継承の意味も込めて製作(図 3)、評価を行った。また、これまで軽視されてきたエックス線発生量について放射線測定を行い、その対策として鉛ガラスで防護窓を製作し、防護窓を通しての測定も行なった。結果は表 1 の通りであり、防護窓無しのカイスラー管は電源を入れた一瞬のみ $0.4 \mu\text{Sv/h}$ を示した。(放射線発生時間がサーベイメータの時定数に満たないため、この数値は目安である。)

放射線測定条件

検査器:低エネルギーシンチレーションサーベイメータ
 測定線種:ガンマ線・エックス線
 有効測定範囲: $0.000 \sim 1.000 \mu\text{Sv/h}$
 計測距離: 3cm
 建物内常時: $0.1 \mu\text{Sv/h}$

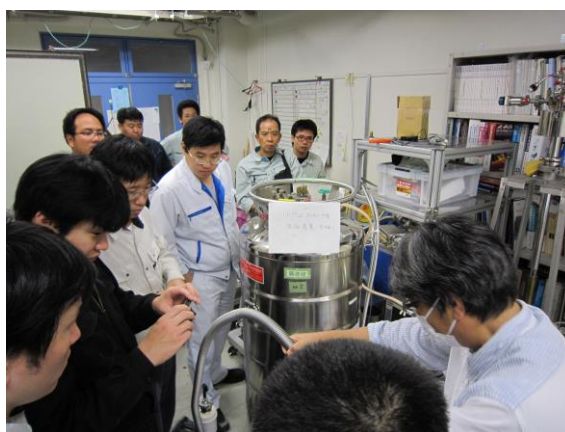


図 2. ヘリウムリークディテクタによるリークテストの見学



図 3. 製作したガイスラー管

表 1. 放射線測定

防護窓	真空度 (Pa)	最大値 ($\mu\text{Sv/h}$)
無し	4.0	0.4
	1.0	0.1
有り	4.0	0.1
	1.0	0.1

4.2 真空容器の溶接技術

TIG 溶接は、タングステン電極と母材との間のアーク放電により発生する熱により母材を溶融し、溶融部の保護に不活性ガスを用いる、アーク溶接法の一つであるが、欠陥の少ない、高品質な溶接が可能であるため、真空容器製作にはなくてはならない技術である。しかしながら、溶接技術全般と同様に、勘やコツといった経験則に依存する部分が多く、技術の習熟には多くの時間と経験を要する。

TIG 溶接条件

溶接機：ダイヘン製
ジグ：回転テーブル、Vブロック
溶接電流：65A
スタータ、クレータ処理機能：
開始直後 25A・終了間際 10A に
電流低減、それぞれ約 2 秒程度使用



図 4. 溶接中の真空容器



図 5. 製作した真空容器
(完成品)

真空溶接グループでは、工学部実験実習工場が昨年度実施した技術研鑽プログラムの成果[2]を踏まえ、理学部の 2 名が工学部装置開発室の設備を用いて研修・容器の試作を行うことで、精密溶接技術ノウハウの共有、若手技術職員への技術継承、個々の溶接技術のレベルアップを目指した。

これまでに、TIG 溶接法の研修として工学部装置開発室にて溶接練習を数回実施した。また、技術研鑽用の小型容器の製作に当たって、CAD 上での 2 次元図面の作成についての情報交換・打ち合わせを実施し真空容器部品を製作した。その後、溶接により実際に容器（図 4、図 5）を組み立て、リークテストや排気速度、到達真空度（リークディテクタで $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ を確認）について評価を行った。今後の課題として、精密研磨（電解複合研磨）前後での排気特性、表面性状及び清浄度の違いについて評価を行いたい。

4.3 シール機構に関する技術

真空容器は単に真空を作り出すだけでは実験装置としての用をなさない。真空容器外部から機械的、電気的、光学的な入力を行い、真空容器内部から機械的、電気的、光学的な出力を得られて初めて実験装置となり得る。よって、真空を使った実験装置を設計・製作する上で必要不可欠なものの一つとして挙げられるのが様々な導入部に使用されるシール機構であり、実際その設計・製作の可否が実験成果を左右すると言っても過言ではない。

真空シールグループでは真空を利用した実験装置に使用されるシール機構やその周辺部について理論の学習及び実際のシール機構を設計・製作し、実験及び考察を行うことで、真空装置の設計・製作で必要となる知識と技術を理論と実践の両面から習得することを目的とした。

今回はウィルソンシールを用いたポンプアウト部品の製作（図 6）とそのエラストマーによる動的・静的なシールについて学習し、真空用各種バルブシール部についての基礎的知識が習得できたと考える。今後の

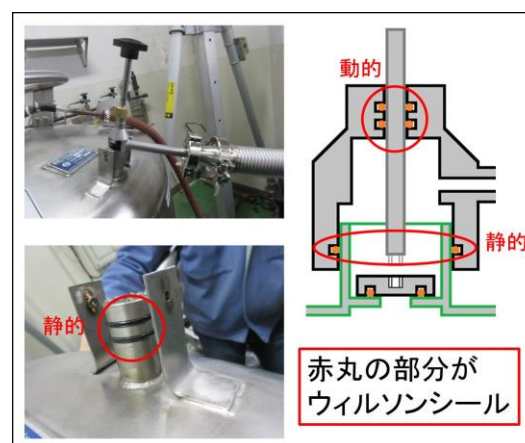


図 6. ポンプアウト部品と
ウィルソンシール

課題としては、エラストマーガスケットによる低温リーク試験、メタルガスケットによる繰り返し利用の可否実験などの実施を考えている。

4.4 真空排気装置のオーバーホール

真空排気装置は、真空状態の持つ特性を維持する装置、機器であり、到達圧力、排気速度、真空容器の大きさ、排気する気体、圧力数値に表せない真空の質等の構成要素で成り立っている。機械要素としては、真空ポンプ、真空バルブ、真空計、真空配管、真空容器となるが、動作機構、構成材料や形状、内部の構造等で真空排気装置としては多岐にわたる。

真空装置グループは、オーソドックスな油拡散ポンプ（DP）とロータリーポンプ（RP）で構成されている装置の分解・組み立てを行った。DPに関しては大型なものと同型なもの2台を分解し、基本構造に違いが無いことを確認した。RPはユーザーによるメンテナンスが可能なものを教材とし、ポンプ内のシャフト、羽根、ポンプボディ等の機構について分解することで理解を深めた。各ポンプの分解・組み立ての際は、マニュアルに記載されていないフィンの外し方、シャフトシールの挿入方法等の技術的ノウハウやテクニックについての習得が行えた。組み立て後（図7）はヘリウムリークディテクタを用いてリークテストを行うことでリークが無いことを確認した。装置のオーバーホールで真空排気装置の構成要素（図8）やポンプ以外の真空部品品の構造も理解でき、これらの技術を習得できたことで真空排気装置を動かす際の排気手順についての重要性も理解できた。



図7. オーバーホール後の真空排気装置



図8. 真空排気装置の到達真空度

5 まとめ

題目である「技術職員に至要たる高真空技術」は技術という宝を身に纏うという意味を持たせた。今回、学習会、技術課題を通し個々の中で真空技術のイメージを持つことができ、真空技術業務へ十二分に対応できる力を養うことができたと考える。何より長期にわたり学部間を越えた交流ができたことで、技術習得だけでなく全学技術センターの技術職員として“一番の宝である信頼関係”が築けたと確信する。

6 謝辞

予算詳細：01-2503（総長裁量）技術研鑽プログラム実施の機会を与えて頂きました全学技術センターならびに支援・協力をして頂きました理学部装置開発技術系及び工学部装置開発技術系の皆様に深く感謝申し上げます。また、学習教材として油拡散ポンプ（DP）を供与して頂きました名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻 平原靖大先生に深く感謝申し上げます。最後に、真空機器製作に有用な電解複合研磨についての技術情報を提供して頂きました日造精密研磨株式会社 東 伸一様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 真空技術基礎講習会運営委員会編：わかりやすい真空技術 第3版，日刊工業新聞社，（2010）
- [2] 足立勇太, et al, “TIG 溶接技術の習得と継承”，平成 26 年度名古屋大学技術研修会報告，（2015）