

氏名：池邨 公孝

所属専攻・職名：機械理工学専攻・修士2年

派遣国：スイス

派遣先(研究機関名)：Paul Scherrer Institut

受入研究者(職・氏名)：Senior Scientist・Yong Dai

派遣期間：2012年10月10日～2012年12月21日(73日間)

派遣先での研究テーマ：陽電子消滅分光法による核破砕中性子照射された金属中の欠陥の検出

(Detection of defects in metals irradiated with spallation neutrons by positron annihilation spectroscopy)

### 【研究実施概要】

加速器駆動未臨界炉、および核融合炉等の構造材料の候補として、低放射化フェライト・マルテンサイト鋼がある。高エネルギーの陽子・中性子の照射により、材料中に空孔型欠陥やヘリウム原子が導入される。これらの欠陥は材料の機械的特性に影響を与える。陽電子消滅分光法によってこれらの欠陥を検知することで、欠陥の生成に関して知見を得ることが、本研究の目的である。Paul Scherrer Institute(以下 PSI)の核破砕中性子源、SINQ では、様々な材料からなる試料に核破砕中性子を照射するプログラム(STIP; SINQ Target Irradiation Program)が行われている。本研究ではこの STIP 試料を測定した。STIP 試料の特徴として、ヘリウム生成量が非常に高いことが挙げられる。昨年度、および一昨年度に本研究室の佐藤助教、河本氏が今回測定した試料に関して陽電子消滅寿命測定を行い、空孔型欠陥の大きさについては調べられている。今回の渡航期間中は特にヘリウムを検出することを目的として、陽電子同時消滅ドップラーブロードニング(CDB)測定を行った。陽電子は材料中の電子と対消滅するが、その際にほぼ  $180^\circ$  の方向に、電子の運動量に応じたエネルギーを持つ2本の $\gamma$ 線を放出する。CDB 測定ではこの2本の対消滅 $\gamma$ 線のエネルギーを測定することで、対消滅した電子の運動量密度分布を得ることが出来る。得られたスペクトルと標準試料との比を取ることで、一般に空孔型欠陥付近の析出物など、バルク以外の原子に属する電子と陽電子が対消滅した場合には、ある運動量領域でピークを確認することができる。また外殻電子との消滅を表わすスペクトル中の低運動量領域の割合と、各原子に固有な内殻電子との消滅を表わす高運動量領域の割合をそれぞれの試料で調べることで、バルク以外の原子に所属する電子との対消滅を確認できることがある。派遣期間中に以下のことを実施した。

- ① 本研究室より、派遣先の Paul Scherrer Institut へ CDB 測定用の装置を輸送し、立ち上げを行った。
- ② 陽電子消滅分光法で使用する陽電子線源を作製した。
- ③ 低放射化フェライト・マルテンサイト鋼である F82H、T91 の二種類の材料について CDB 測定を行い、照射量依存性を調べた。
- ④ F82H についていくつかの温度で焼鈍を行い、CDB 測定を行った。
- ⑤ 上記の実験と同一の試料(焼鈍実験は似た照射条件の試料)で、昨年度および一昨年度に行われた陽電子消滅寿命測定の結果と比較し、考察を行った。
- ⑥ ゼミで陽電子消滅分光法の原理を説明し、一方で他のメンバーが行っている電子顕微鏡観察や引っ張り試験などについて学んだ。

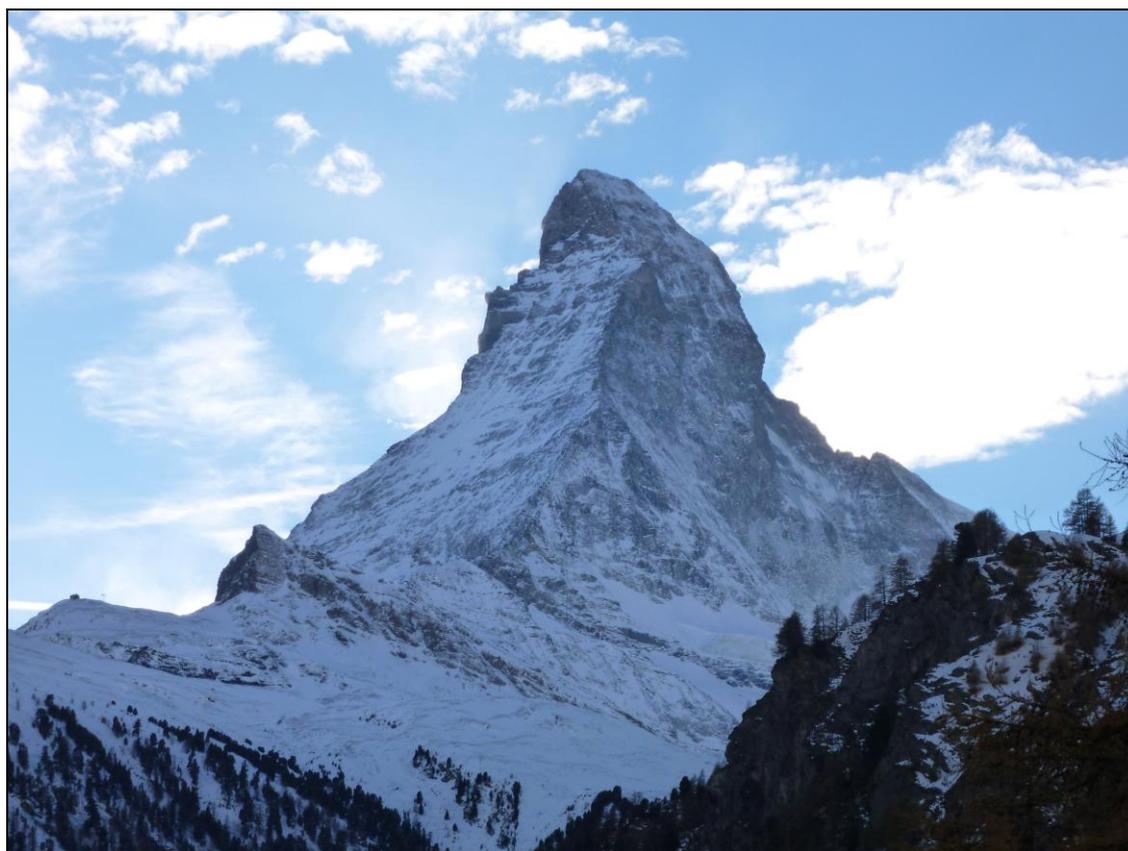
CDB 装置を、今後派遣先の研究室が使用する予定であるため、立ち上げ方、使用法や解析法を教えるとともに、これに関する文書を作成して渡した。

### 【研究成果概要】

本プログラム申請時での計画では、陽電子消滅寿命測定を行う予定であったが、よりヘリウム原子を検出できる可能性がある CDB 測定を行えることになり、当初の予定を変更した。今回の派遣期間中には、昨年度、一昨年度に当研究室の佐藤助教、河本氏が陽電子消滅寿命測定した試料(F82H・T91)について CDB 測定を行った。ただし、焼鈍実験

については以前測定した試料とほぼ同じ条件の試料で測定を行った(F82H)。照射量が異なる試料を測定した実験からは、外殻電子との消滅を表わす低運動領域の割合と、陽電子消滅寿命測定における平均寿命の挙動がほぼ一致し、それぞれの測定の妥当性を確認することは出来たものの、明確にヘリウム原子を検出することは出来なかった。焼鈍実験では陽電子消滅寿命測定で行った 700°Cまでの焼鈍に加え、さらにヘリウムバブルを成長させてヘリウム原子を検出することを期して、800°Cまで焼鈍を行った。焼鈍実験においても低運動領域と平均寿命の挙動はほぼ一致していた。焼鈍温度の上昇に伴ってスペクトル形状に変化が見られたものの、ヘリウムを明確に検出することは出来なかった。ただし、外殻電子との消滅を表わすスペクトル中の低運動量領域の割合と、各原子に固有な内殻電子との消滅を表わす高運動量領域の割合を比べたところ、ある焼鈍温度を境に傾向が変わっていた。またヘリウム原子を含まない空孔型欠陥が存在する試料と、今回測定した試料で比を取ったところ、ある領域にピークが見られた。これらの結果は他グループで行われたシミュレーション結果にも近く、CDB 測定によるヘリウム原子検出の可能性を示している。今回の実験の結果を踏まえて、来年度以降も Paul Sherrer Institut で CDB 測定を行う方針となり、CDB 測定用の装置を預けることになった。これに伴い派遣先の研究室でも CDB 測定を行うこととなり、装置の立ち上げ方、測定方法、解析方法を指導し、またこれに関する文書を作成した。渡航期間中に CDB 測定に関する数値計算を行う予定であったが、帰国までに結果を出すまでには至らず、今後の課題となっている。

派遣先の研究室では、電子顕微鏡観察や引っ張り試験など、様々な手法で STIP 試料の研究が行われていた。ゼミや普段の議論を通して、材料の研究手法における陽電子消滅分光法の位置づけを再確認するとともに、他の研究手法の特徴を理解することができ、幅広い知識を得ることができた。



#### 【外国語のスキルアップ・コミュニケーション能力の向上, 海外におけるネットワークづくり】

派遣先の研究室では、様々な国籍のメンバーが所属していて、普段の会話では英語が用いられていた。ゼミで議論することはもちろん、ティータイムやランチタイムの会話では、政治や文化など高度なトピックが話題に上がることがしばしばあった。また本研究では放射化した試料を取り扱うため、特別な許可を得ていない私が試料の移動や焼鈍などを行うためには、メンバーに頼んで仕事をしてもらう必要があった。私は簡単な日常会話を行う程度の英語スキルはあったものの、さらに高いレベルの英語が必要とされていて、また一日中英語を使うということに初めは疲れを感じていた。だからと言って自分が英語を話さなければ、いつの間にかドイツ語などそれぞれのメンバーの母国語で会話が行われるようになるので、さらに話題についていくことが出来なくなる。自分が話を聞いているということを示すためにも少しずつ

英語を話していくうちに、帰国直前にはゼミで滞りなく議論出来るようになるとともに、普段の会話でも積極的に発言できるレベルまで上達した。しかし旅行した際に英語のネイティブスピーカーと話す機会があったが、ほとんど会話の内容を理解できず、さらに英語のスキルを伸ばす必要性を強く感じた。

ゼミで発表を行う機会が二回あったが、英語のスキルの問題に加えて、自分の研究手法が派遣先の研究室で行われていないこともあり、一回目の発表ではあまり理解されていないように感じた。そこで二回目の発表の際にはプレゼンテーション用のスライドの作り方を工夫して、図を多く使用することにしたところ、かなり理解してもらえるようになった。今後英語でプレゼンテーションを行う際には、日本語で行うときよりも図を多用するなどの方法で、言葉だけに頼らず直感的にもわかりやすく伝えるよう気をつけて行いたい。

#### 【派遣の感想】

今回の派遣は私にとって非常に有意義な経験となった。

(1) 日本を2ヶ月半離れるというのが初めての経験であり、日本語を全く話せない環境で生活をする大変さがわかった。旅行など短期間の海外滞在ではあまり重要視していなかったが、日本から調味料を持っていくなどといったことは精神的な支えになることを学んだ。

(2) 海外で仕事を進めることの難しさを感じた。本研究では放射化した試料を扱うので、他の人のサポートが無ければ仕事が進められないのだが、ティータイムやランチタイム、就業時間が日本と比べると厳密に決められているため、段取りを立てにくかった。コミュニケーションを密に取ることで対応した。

(3) 派遣先の研究室には中国、ヨーロッパから様々な国籍の人が所属していた。それぞれの文化の違いについてしばしば話し合い、スイスはもちろんのこと他の国の文化も理解することができた。また派遣期間中に何度か第三国に旅行する機会を持つことができた。これらの経験を通して、国際感覚が養えたと思う。

(4) 派遣先の研究室では、一つのテーマに様々なアプローチで研究を行うという手法を取っており、今まで自分が詳しくなかった研究手法について話が聞けたのは興味深かった。また陽電子消滅分光法に詳しくない人がどのような部分が理解できないか、どのように説明すれば理解されやすいかを学ぶことが出来た。

修士課程卒業後に私は一般企業に就職する予定であるが、海外勤務をすることが想定され、今回の経験が活かされるであろう。研究の分野からは離れるが、エンジニアとして世界で活躍していく上で、得難い経験をさせていただいた。このような貴重な機会を与えてくださった本プログラムには、この場をお借りして深く感謝の意を表します。