

氏 名: 河本 正太

専攻・学年: 機械理工学専攻 修士 2 回生

派遣国: スイス

派遣先(研究機関名): スイス・ポールシェラー研究所(PSI)

受入研究者(職・氏名): Dr. Yong Dai

派遣期間: 2011 年 9 月 4 日 ~ 2011 年 12 月 18 日(106 日間)

派遣先での研究テーマ: 核破砕中性子源を用いてされたステンレス鋼の陽電子消滅分光法測定と反応速度論解析
(Positron annihilation lifetime measurement and rate equation analysis for stainless steels irradiated by SINQ)

【研究実施概要】

ポールシェラー研究所内設備 SINQ によって核破砕中性子照射された低放射化フェライト・マルテンサイト鋼(T91・F82H 等)における陽電子消滅分光法実験と, その結果に対する反応速度論解析を行った。

ポールシェラー研究所には陽子加速器を用いた核破砕中性子源施設 SINQ があり,1999 年からターゲット部分に核破砕中性子源や核融合炉の構造材料を設置し, その材料に陽子及び核破砕によって発生する中性子を照射するプロジェクト(STIP;SINQ target irradiation program)が行われている。今回の実験に用いた材料はその第二回目プログラム SITP-II (2000 年~2001 年)で照射・作成された試料であり, 放射化した試料中の放射能が実験可能値まで低減したので実験に用いることができた。ポールシェラー研究所では, 今まで引張試験、疲労試験、電子顕微鏡観察を行ってきたが、陽電子消滅分光法を適用した例は 2010 年に我々のグループが行ったものが初めてである。陽電子消滅分光法では電子顕微鏡でも観察することができない, 単空孔の情報

も得ることができるので, 照射前後の材料特性を測定するために大変有用である。また、最近の研究・解析結果から、陽電子消滅分光法で試料中に核反応によって発生したガス原子の情報も得られる可能性がある。核破砕中性子源での照射の特徴として、核変換による水素同位体やヘリウム原子が核融合炉と比較しても大量に発生することが挙げられる。本研究では、そのガス原子が照射欠陥の発達に及ぼす影響を陽電子寿命測定を用いて調べることを目的とし、さらにガス原子の影響を考慮し従来型モデルを発展させた反応速度論解析を行った。また、解析データをポールシェラー研究所でこれまでに得た測定結果および今回の実験結果と比較することで、電子顕微鏡測定では観測されない微細な欠陥の挙動および、微細欠陥の成長過程を模擬し、未だ完全に明らかにされていない欠陥成長のメカニズムの考察も行った。今回の実験は核破砕中性子照射された陽電子寿命測定の二例目である。

具体的に行ったこととしては

1. ポールシェラー研究所にない陽電子消滅分光法測定装置を日本から現地へ輸送した。佐藤紘一助教の指示の下、組み立て・分解と操作を習得し、安定して実験を行えるようになった。
2. 試料の取り扱いを Yong Dai 博士・Brun Roger技術員・佐藤紘一助教の下、安全に取り扱いを出来るよう習熟し、3 カ月間問題なく実験を遂行した。実験内容は陽電子消滅分光法測定(照射量依存性・等時焼鈍挙動評価)や、試料ホルダーの作成を主に行った。
3. 格子間原子型 He と空孔小クラスターおよび格子間原子の移動・相互作用を模擬する発展型反応速度論解析モデルを構築し、解析を行った。次に結果と実験データ(電子顕微鏡・陽電子消滅分光法)とのフィッティング・比較を行った。
4. 得た結果を順次指導教官に報告し、ポールシェラー研究所においての定期報告会で 4 度の英語プレゼンテーションを行った。

【研究成果概要】

派遣前の計画においては、低放射化フェライト・マルテンサイト鋼である T91・F82H, SS316 の照射量依存性・等時焼鈍評価を行う予定であった。しかし一部の試料は線量が高すぎてホットラボから実験室への持ち出しができないものがあり、放射線バックグラウンド低減のため、より性能の高いホルダーを作製する必要があるなどの計画外の事例が起こったが、概ね事前計画通り測定したい試料を測定することができた。実験の設備的環境は前回よりも良く、得られた照射量依存性は前回分のものとほぼ同じ挙動が得られ、ガス原子の影響が考慮される非常に興味深いものであった。装置や試料を変えてもデータが変わらないことで、より確度の高い結果が得られた。

等時焼鈍挙動に関しては、前回の続きでより温度を上げたものを行った結果、一定の傾向を得ることができた。以上のように非常に有用な結果が得られた。

反応速度論解析においても、モデル構築・C 言語ソースコードの作成が完了し解析を行うことができた。解析結果から、微細な欠陥同士が融合し大きな欠陥(ボイドやヘリウムバブル)になる過程とその時間発展を導くことができ、その最終的な結果が今回の実験で観測された値にほぼ等しいものになった。

専門以外の研究領域とのつながりに関しては、第一原理解析を専門とする Dr.Ning Gao のプレゼンテーションに出席し、その計算結果から空孔の成長モデルに関するヒントを得た。照射脆化以外の領域では、他領域とのコミュニケーションを取ることはあったが大きな繋がりを見出すことはできなかった。

【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】

英語でプレゼンを行う機会がこれまでになかったため、その機会を得ることができたことは非常に有意義であった。派遣先で 4 度ほどプレゼンを行い、英会話能力の向上が見られた。耳もある程度慣れ、英語で直接物を考える能力ができ始めてきたように感じる。また Yong.Dai 教授を始めとする研究室メンバーに大変お世話になった。何度もホームパーティー等の食事に招待していただいたり、学生メンバーとドイツへ旅行したりした。

他にも、ポールシェラー研究所にての自炊は寮にある共同キッチンで行うので、キッチンメイト達とそこで他グループ・他領域で多国籍の交流を毎日行うことができ、楽しいコミュニケーションを図ることができた。さらに一緒にレクリエーションルームでダーツやボードゲーム、飲み会をしたことも実践的で非常に良いスキルアップの場であった。

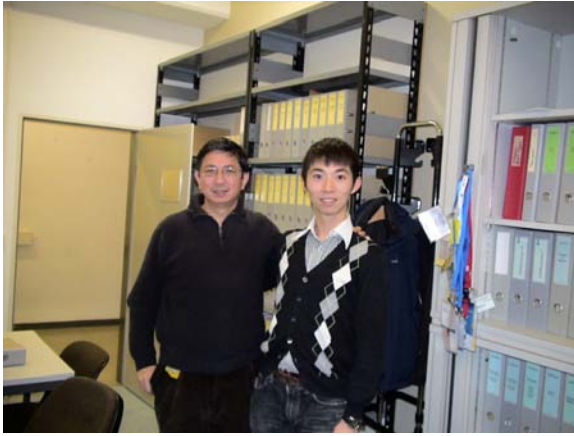
英語力の向上を観察すべく、帰国後に TOEIC の受験の申し込みをした。

【派遣の感想】

今回の滞在は私にとって忘れられない貴重な体験でした。

初めて海外に行き、そこで一人で長期の滞在をし、仕事をし、一つの形にしたことが今後の自分の大きな糧になったように思います。スイスフラン下落前に渡航したため、学食を含む物価が非常に高く、お金の面で戸惑うこともありましたが、研究所の共同キッチンで全て自炊をすることで充分やっていけました。またそこで沢山の友人に出会い、交流をすることができました。長期で滞在することで、語学力の成長はもちろんですが、反面自分の語学力の不甲斐なさを悔いる機会が沢山ありました。語学力の重要性を身をもって感じることで、今後の自己啓発のモチベーションが向上しました。休日には研究所に引き籠ることをせず、スイスや他の隣国に行くことで、日本とは全く違った文化や考えに触れることができ、非常に充実した余暇も送ることができました。

長期でこのような貴重な経験ができたのは、ひとえにこのプログラムのお陰です。この場をお借りしまして御礼を申し上げます。



最後の研究発表後、グループ長である Yong Dai 博士と。



陽電子消滅分光法実験装置。