

II. 「材料」夏期セミナー報告

平成 20 年度の「材料」夏期セミナーは、原子炉材料概論と原子炉材料研究の最新のトピックスの 2 部構成で、箱根にて開催した。参加者は学生 10 名を含む 41 名であった。セミナーでは、原子炉材料概論として燃料被覆管材料および核融合材料の開発の現状と課題について、原子炉材料研究の最新のトピックスとして、原子炉压力容器鋼の照射脆化機構、応力腐食割れ機構の研究について最新の成果、トピックス等が紹介され、活発な議論が交わされた。

セミナーの概要

1 日目は、燃料被覆管材料の開発に関して 4 件の講演があった。木戸俊哉氏（ニュークリア・デベロップメント（株））より、PWR 燃料被覆管材料の現状と課題、栄藤良則氏（日本核燃料開発（株））より、BWR 燃料被覆管材料の現状と課題について講演がなされた。PWR と BWR における燃料被覆管材料開発に違いがあることを改めて認識することができた。大塚智史氏（原子力機構）より、高速炉用 ODS フェライト鋼 (9Cr-ODS 鋼) 被覆管材料の開発計画および組織制御研究の主要な成果の紹介があった。井岡郁夫氏（原子力機構）から照射誘起応力腐食割れ(IASCC)対策として開発している高 Cr-高 Ni 系高純度ステンレス鋼についての講演があった。

2 日目の午前中は、核融合炉材料の開発に関して 3 件の講演があった。室賀健夫氏（核融合研）より、核融合炉の構造とブランケットの開発の現状から核融合炉材料の使用条件、照射効果の特徴、開発の現状と今後の展望まで幅広く解説いただいた。谷川博康氏（原子力機構）より、核融合炉ブランケット構造材料の第一候補材料である低放射化フェライト鋼の特徴と課題、DEMO 炉設計に向けた課題等について、若井栄一氏（原子力機構）より、国際熱核融合炉実験炉(ITER)計画、ITER 及び幅広いアプローチ活動(ITER-BA)の 3 つのプロジェクト（国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)、サテライト・トカマク計画、国際核融合炉材料施設のための工学実証及び



第 7 回材料夏期セミナーの参加者

工学設計活動(IFMIF/EVEDA)について講演いただいた。核融合炉研究は、現在の学生の方々が今後中心となっていく魅力ある研究テーマであるとの紹介が印象的であった。2日目の午後は、近年急激に研究が進んでいる原子炉压力容器鋼の照射脆化機構の研究に関して3件の講演があった。長谷川雅幸氏(東北大学)より、陽電子消滅及び3次元アトムプローブによるナノ構造解析手法をモデル合金や実機サーベランス試験片に適用した多くのデータをもとに照射脆化機構解明研究の現状と課題について解説いただいた。山下理道氏(東京電力)より、事業者としての原子炉压力容器の中性子照射脆化と管理への取り組みについて実機での評価データの紹介も交えて講演いただいた。曾根田直樹氏(電中研)からは、照射脆化予測法の変遷、事業者との協力による監視試験片のミクロ・ナノ組織観察とマルチスケールシミュレーション技術による照射脆化機構の理解、照射脆化機構を考慮した新しい脆化予測法について紹介いただいた。いずれの講演においても多くの質問やコメントが出された。特に学生や若手研究者の積極的な参加がみられた。また2日目の夜には学生による発表討論会が開催され、研究室の紹介や各自の研究の現状紹介に対して多くの先生方から質問やアドバイスがあり、学生と部会員、学生同士の交流を深めることができた。

最終日は、応力腐食割れ(SCC)機構の研究として3件の講演があった。三輪幸夫氏(原子力機構)より、IASCCの例、これまでの研究成果と最新のトピックスの紹介があった。服部成雄氏(腐食防食協会)から、低炭素ステンレス鋼のSCCについて現場での多くの経験に基づく研究について解説され、現場の重要性など若手研究者や学生にインパクトを与えた講演であった。戸塚信夫氏(INSS)より、PWRにおけるSCCについて実機での損傷事例を交えた講演があった。

最後に、ご多忙中にもかかわらず、講師、座長を快くお引き受けいただきました先生方に厚く御礼申し上げます。また、準備段階から本セミナーの企画、運営にご協力頂いた多くの方々に、この場を借りて謝意を表します。

故三輪幸夫氏を偲ぶ

本夏期セミナーの講師を務めていただいた日本原子力研究開発機構の三輪幸夫さんが2008年12月1日に逝去されました(享年41歳)。三輪さんは、東北大学工学部原子核工学科修士課程を平成3年に終了後、旧日本原子力研究所へ就職し、その後は照射誘起応力腐食割れ(IASCC)など原子力材料の研究に従事してこられました。若手研究者のリーダーとして今後の活躍が期待されていただけに残念でなりません。心から追悼の意を表し、三輪さんのご冥福をお祈り申し上げます。

(運営委員 原子力機構・加治芳行)

参加学生の感想

本セミナーに参加してくれた学生の方々から感想を寄せていただいたので以下に紹介させていただきます。

(1)「材料」夏季セミナー感想

今回は、第7回「材料」夏季セミナーへ参加させていただき、大変うれしく思います。私はまだ学部の4年生で、おそらくセミナー参加者のうちで研究をしたことのない、卒業論文さえ書いたことのない唯一の人間だったと思います。そのため、専門的なお話についていけない部分もありました。ですが、原子力の現場で何が問題になっているか、またその問題に対して材料の視点からどのように対処していくかを、広く学ぶことができたという点で大きな収穫がありました。

このセミナーで学んだことを、これからの研究に活かしていきたいと思います。

セミナーでは、現在使用されている軽水炉の問題と、これから将来の核融合炉実用化へむけたITERの問題がありました。軽水炉では燃料被覆管の破損や圧力容器鋼の照射脆化、応力腐食割れといった問題があり、さまざまなアプローチでその原因解明や対処が行われてきたことを学ぶことができました。またこれからの材料開発ロードマップも提示されており、より高性能の材料開発へ向けた取り組みが必要であることを知るとともに、自分がその一端を担っていきたいという思いが強くなりました。また核融合に関しては、私はセミナーで何度も講師の先生方が言われていたように、原型炉を運転し、実用化の準備を担う世代ということで、非常にやりがいのある、おもしろそうな時期に核融合に携わることのできる恵まれた世代だと思います。加えて、核融合の研究は材料科学にとって大変基礎的な研究が多く、高温であることやプラズマ粒子や中性子の影響を考えなければならないことなど、厳しい環境での使用を実現するための研究は原子力以外の分野でも応用の利く研究となり得るので、大変魅力ある研究だと思います。

今回のセミナーは、私がこれから研究を行っていく上で、多分重要になるだろう知識と見解を得ることができました。講義もテキストも内容が豊富で、原子力の現状を知ることのできる貴重な機会となり、参加してよかったと思います。ただ、大変恐縮ですが、最年少であろう私から一つだけコメントさせて頂きますと、材料部会単独での開催ということもあるのですが、学生数が少なく、会場でメンバーを見た時は気後れしてしまいました。「学校」でありながら博士課程までの学生数が講師数より少ないという現状は、改善の余地有りと思います。

(北海道大学工学部 機能材料学研究室 西 剛邦)

(2) 第7回 材料夏期セミナーに参加して

まず初めに、このような素晴らしい場を設けてくださいました、原子力機構の加治先生に、心よりお礼申し上げます。大学院に入り初めてのセミナー参加と言うことで、初めは緊張していたのですが、周りの皆さんのお陰で、最終日にはもう少し残って色々な話を聴いていたいと思う自分がいました。今年4月に初めて踏み入れた原子力材料の分野ということで、知識も浅いもので毎日追いかける勉強をしていましたが、それでもこれからの自分の研究において何一つ不必要なものはありませんでした。また、セッションが4つに構成されていて、学習させていただく身としては非常に分かりやすく、頭の中の整理もしやすかったので大変効率よく公演を聞かせていただきました。

特に、今回のセミナーにおいて、これからの研究に対しての姿勢を大きく変える一言として、「現場を知る」つまり机上の式や文章ばかりを追い求めるのではなく、チャンスがあるのであれば自らチャレンジし、材料特性等を直接肌で感じる事が何より将来の自分への肥やしになるというものでした。今までの自分を振り返った時に、自ら率先して実験を行うことに対して失敗や周囲の迷惑といったことから来る恐怖心から尻込みしていた部分があった気がしますが、学生の特権を生かしてこれからは失敗を恐れずに、自分なりに考えた上で、自分の力になる本当の糧を身につけていきたいと思いました。

また、このような機会があったからこそ他の大学・大学院生とも交流を深めることが出来ました。自分の研究テーマを自分なりに一生懸命に説明する過程で、自分自身どこが分かっているのか、どこが分かっていないのかをハッキリと認識することが出来、さらに周りからのアドバイスを受けられると言うことで、大変有意義な時間を過ごさせて頂きました。また何より、それぞれが持っている悩みや問題点なども自然の流れで話し合うことが出来、とても刺激のある時間を過ごさせて頂きました。

次の第8回の夏期セミナーがいつ開催されるのか分かりませんが、是非とも次の機会も参加さ

せていただきたいと思います。また、要望と致しましてはより一層学生参加人数を増やして頂きたいと思います。

本当にこのような貴重な場を設けてくださりまして、ありがとうございました。

(九州大学大学院 総合理工学府 先端エネルギー理工学専攻 平金晶憲)

(3) 第7回「材料」夏期セミナーに参加して

今回初めて夏期セミナーに参加させていただきましたが、非常に有意義なセミナーであったように思います。これまで金属学会などの他の発表会には何度か参加させていただいておりましたが、それらの発表会では最先端の研究と知識をぶつけ合うため、自分の研究外の分野の話は理解しがたいものでした。ましてや質問や意見を投げかけるのは学生にとって非常に難しく、一方的に話を聞くだけのものになっていました。それに対して今回のセミナーは、全体を通して学生・若手研究者が参加し易いものになっていたように思います。学生は計10名と多くはありませんでしたが、講演をされた講師の方々には研究の背景から分かり易く話をさせていただき、学会等では得難い広く深い知識を得ることができました。また学生による学生のための学生会員発表討論会や、参加者が一堂に会して夕食をいただくなど、箱根の温泉と共に和やかな雰囲気の中で多くの研究者と触れ合うことが出来る企画がなされており、とても貴重な経験ができたように思います。セミナーに参加した学生同士の交流も活発に行われ、よい刺激になりました。まとめると二日ばかりの短いセミナーでしたが、普段聞くことが出来ない貴重な話を凝縮して聞くことが出来、研究に関する知識・知見が非常に広がり、深まったように思います。このようなセミナーを企画し、開催・運営して下さった関係者の方々にこの場をお借りして深く感謝の意を表します。ありがとうございました。

(京都大学エネルギー理工学研究所木村研究室 中島徹也)

(4) 2008材料夏期セミナー感想

今回のセミナーはそれぞれの分野において著名な先生が講師を務められ、材料開発・評価の現状と課題についていろいろと聞くことができました。日頃、ある材料の研究について論文等で調べたとしてもその背景までを理解することは簡単ではなく、現状で何が分かっている、今後何を目指していくべきなのかを具体的に思い描くことは難しいというのが率直な感想です。その点、今回のセミナーはそれぞれの材料研究に長年携わってきた方々がまとめた話だったので、テキストも含め要点がはっきりしていて理解しやすいものでした。また、原子力材料といっても燃料被覆管や核融合炉、压力容器鋼、IASCCなど、対象とする材料や問題となる現象は多岐に渡っており、これらの話を集中して聞いたことはさまざまな分野の知識を蓄えておくという点で大変有意義であったと思います。特に燃料被覆管についてはこれまでほとんど調べたことが無かったため、新鮮に感じました。研究室内ではどうしても視野が狭くなりがちですが、幅広い内容の講義を通じて異なる視点もあることを意識できたことは、必ずや今後の研究に生きてくることと思います。

どの講義も興味深い話でしたが、いくつか印象に残った話を挙げますと、東北大・長谷川雅幸先生の3D-APと陽電子によるナノクラスター解析は最終的に電気抵抗率と組み合わせることで、压力容器鋼中の銅の挙動を説明できており、析出挙動解析に応用できるツールとして有効なツールであると思いました。今後、他の合金系への適用がどこまで可能となるのか非常に興味があります。また、腐食防食協会の服部成雄氏の話では「オールマイティーな材料は存在しない」というフレーズが非常に印象的でした。IASCCを含めた損傷・破壊にはいくつかの要因が重畳することは誰もが分かっているはずですが、一つの解決方法に頼り切ってはいけない、試験結果を素直に受け止めて生かすといったことが実は難しいという話が経験に基づいており重く感じました。

2日目夜の学生会員の発表では、各大学で行っている研究の概要が紹介され、その後先生方から貴重なご意見を賜るとともに、その後の学生間のお話を盛り上げるきっかけにもなり、初めての試みでしたが大成功ではなかったかと思えます。

今回、学生の参加がやや少ない印象を持ちましたが、講師の方々の貴重な講義を聞くことができるとともに、他大学の学生と交流を図ることができ、非常に有意義な三日間となりました。最後になりますが、今回このような充実したセミナーに参加でき、大変満足しております。今後も機会があれば参加させていただきたいと思えます。企画・運営に御尽力下さったスタッフの方々に感謝いたします。

(東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻 長谷川研究室 丹野 敬嗣)

(5) 夏期セミナー感想

材料夏期セミナーで特に印象に残った内容は、原子力材料のSCCについてです。私の研究ではSCCについてほとんど触れておらず、参加する前まではCrの欠乏がSCC発生の重要な要因であると考えていました。しかし、実際、鋭敏化が起こっていない材料においてもSCCが発生することを知り、SCCの形成機構には鋭敏化も絡んでいるかもしれませんが、さらに照射硬化や応力、環境などの非常にさまざまな要因が重畳して、複雑なものになっているのだからということがわかり、SCCを研究することの難しさを感じました。

核融合炉材料は低放射化元素を元に作らなければならないという非常に厳しい制限が存在する点がとても印象的でした。さらに、核融合炉材料は原子力材料と違い中性子だけでなく、Heや水素などの注入による影響も考えなければならないため、材料の研究はより難しくなってくると思えます。核融合の原型炉までのロードマップでは、私が60歳になるときに実用化が開始する予定になっていました。あと40年、私達の世代が材料研究などをどうがんばるかによってこれを成し遂げるかどうか決まってくると強く感じました。

今回の材料夏期セミナーへ参加することで、原子力および核融合炉材料について基本的な内容から、実際の現場で起こっている材料の問題まで幅広い内容の講義を聴くことができ、非常に有意義な時間をすごせました。このような会に参加させていただき本当にありがとうございました。

(九州大学 山田 隆雄)

(6) 日本原子力学会材料部会夏季セミナーを終えて

日本原子力学会材料部会夏季セミナーを受講して感じたのは、このようなセミナーを受講する機会に恵まれ幸運であった、ということです。3日間という短い期間ではありましたが、様々な先生方に多くの事を教えて頂き、他大学の学生と共に学ぶという機会は滅多になく、とても充実した3日間であったと思えます。プログラム内容も、基本的な事柄から入り理解しやすい内容で、疑問点があれば講義中は勿論、講義の終了後でもお話を聞くことができ、勉強中である学生の身としては大変ありがたく、本セミナーで原子力材料について幅広い知識を身につけることができました。普段とは雰囲気異なる学生による発表もあり、発表を行ったことも他の発表が聞けたことも含め、良い体験ができたと思えます。また、セミナー開催場所である、箱根の原子力機構保養研修所ヴィラ・ジャポネも静かで涼しいという、勉学に励む環境としてとても素晴らしいものでした。

今後、本セミナーで得た知識と経験を生かして研究に打ち込んで行きたいと思えます。本セミナーでお世話になった皆様に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

(北海道大学 量子理工学専攻量子エネルギー変換材料分野 松尾 元一郎)