

核融合・複合過酷環境材料研究ユニット（仮称）検討会議

日程・議事録

当面 Zoom 開催

<https://us02web.zoom.us/j/82783537958>

パスコード: 225806

次回：第 8 回 2021 年 7 月 20 日（火） 予定 9:30-11:30

毎週火曜日 9:30-11:30 開催

\* 議事録はいつでも修正可能です。議事録に発言者として名前を残したい場合にはご連絡ください。

\* ご欠席の回の発表資料をご所望の場合にもご連絡ください。その際 pdf ファイル名をご指定ください。

連絡先：[nagasaka.takuya@nifs.ac.jp](mailto:nagasaka.takuya@nifs.ac.jp)

\* このファイルのファイル名の中の数字は作成日を示しています。会議の開催日ではありませんのでご注意ください。数字の大きいファイルが最新のものであります。

目次	ページ
第 1 回 2021 年 6 月 7 日（月）	3
第 2 回 2021 年 6 月 9 日（水）	5
第 3 回 2021 年 6 月 16 日（水）	8
第 4 回 2021 年 6 月 24 日（木）	12
第 5 回 2021 年 6 月 29 日（火）	16
第 6 回 2021 年 7 月 6 日（火）	20
第 7 回 2021 年 7 月 13 日（火）	24
第 8 回 2021 年 7 月 20 日（火）	28
第 9 回 2021 年 7 月 27 日（火）	
第 10 回 2021 年 8 月 3 日（火）	
第 11 回 2021 年 8 月 17 日（火）	
第 12 回 2021 年 8 月 31 日（火）	
第 13 回 2021 年 9 月 21 日（火）	
第 14 回 2021 年 9 月 28 日（火）	

## 日程表

回・日時	NIFS 所内提案 1	NIFS 所内提案 2	所外提案
第 1 回 6/7	ユニット提案の内容、進め方		
第 2 回 6/9	セラミック機能材料 田中照也 (NIFS)	ODS 鋼開発(1) 申晶潔 (NIFS)	装置紹介 加速器 矢嶋美幸 (NIFS)
第 3 回 6/16	合同会合 装置の今後 オロシループ		
第 4 回 6/24	水素・欠陥相互作用 小林真 (NIFS)	無し	過酷環境材料開発 檜木達也 (京大)
第 5 回 6/29	金属塑性・強加工(1) 能登裕之 (NIFS)	TPD-II プラズマ 浜地志憲 (NIFS)	水素同位体輸送挙動 田辺克明 (京大)
第 6 回 7/6	今後の共同研究 長坂琢也 (NIFS)	高温融体化学 (仮) 八木重郎 (京大)	機能材被覆 近田拓未 (静大)
第 7 回 7/13	装置紹介 NBI 中野治久 (NIFS)	複合材・宇宙 (仮) 栗田大樹 (東北大)	研究の二焦点 (仮) 笠田竜太 (東北大)
第 8 回 7/20	ユニット構築提案書に関する議論		
第 9 回 7/27	ODS 鋼開発(2) 申晶潔 (NIFS)	空き	空き
第 10 回 8/3	空き	空き	空き
第 11 回 8/17	空き	空き	空き
第 12 回 8/31	ユニット計画研究書に関する議論 1		
第 13 回 9/21	ユニット計画研究書に関する議論 2		
第 14 回 9/28	予備 (会合のまとめ等)		

第1回 2021年6月7日(月)	予定 15:00-17:00	実施 15:50-17:15
50 音順 NIFS 参加者 9 名：芦川直子, 鈮持尚輝, 相良明男, 長坂琢也, 林祐貴, 菱沼良光, 宮澤順一, 矢嶋美幸, 吉田善章 所外参加者 12 名：大野哲靖(名大), 興野文人(京大), 笠田竜太(東北大), 栗田大樹(東北大), 近藤正聡(東工大), 近田拓未(静大), 寺井隆幸(東大名譽), 利根川昭(東海大), 野上修平(東北大), 波多野雄治(富山大), 花田和明(九大), 八木重郎(京大)		
15:00-15:30	(1) ユニット構築会議の状況と本ユニット提案の内容 (NIFS, 長坂) 長坂_ユニット_プラットフォーム_構想_進め方_Ver6.pdf	
15:30-16:00	(2) 今後のユニット設計の進め方について (NIFS, 長坂) 長坂_ユニット_プラットフォーム_構想_進め方_Ver6.pdf	
16:00-17:00	<del>(3) コミュニティからの要望等について (全体討論)</del> <del>*特に準備はございません。自由討論とし、何も無ければ早く終了といたします。(時間の都合で次回実施)</del>	
議事メモ  書記 長坂 初版 2021/06/08 修正 2021/06/09  (1) ユニット構築会議の状況と本ユニット提案の内容 (NIFS, 長坂) (1-1) 他の大規模プロジェクトとの連携は本当に必要か？ (1-2) 他のプロジェクトがユニットの活動に必須で影響を受けるというわけではなく、理論やモデルの検証をできる場があるという意味。 (1-3) 予算の具体化をすべき。核融合発の提案で原子力等他の分野で資金を獲得するのは簡単では無い。 (1-4) 固まった案についてコメントを求めるのではなく、特に若手からのボトムアップの自由な提案と、それに関する議論が沸くような会合運営をすべきである。 (1-5) 現段階では個人の提案であり、これから所内外からの意見を取り入れて、構成員の重点テーマを包摂しながらユニットを設計して行く。確かに若手から意見が出にくい雰囲気を作ってしまったかもしれない。 (1-6) ユニットの理念で核融合とは異なるもう一つの楕円の焦点は、異分野の羅列ではなく、異分野にも響く学術的に意義のあるテーマでなければならない。 (1-7) 発電炉の実現を焦点に掲げていることに好感は持てるが、一方それ以外の焦点を打ち出すことも必要。工学を前面に出すことが良いのかについても検討が必要。 (1-8) 過酷環境で開発した材料が、実は過酷でない日常生活でも役立つという視点があっても良い。 (1-9) 核融合材料を他の過酷環境に応用して行くうえで、極限性能の追求という視点は		

重要である。

(1-10) 過酷環境とは何か、というところから深く考えなければならない。

(1-11) 複合過酷環境材料の研究とはいわば永遠のテーマである。ユニットのテーマとしては、10年以内に重要な学術課題を解決し、次の10年の展開につながるような成果の出る具体的なものを設定すべきである。

(1-12) 通常の外部資金における研究年限の最長は5年のところ、ユニットの時限は最長10年と長い。これを活かして、学問を作るために10年活動した結果として、その一里塚ができるようなテーマ設定をすべきである。

(1-13) 非常に大きな温度勾配、濃度勾配等があるところでの材料損傷の研究等はその候補となり得る。

(1-14) 非平衡状態での材料・金属工学という視点もあり得るし、ユニット内でいくつかのテーマを設定しメタ構造とすることも考えられる。

(1-15) 予算、設備等の実験遂行形態について具体化が必要。

(1-16) 材料分析装置等、共通的な設備についてはNIFSの経費で賄うということもあり得るが、その他の実験プラットフォームについては数億円まではユニットが取得する外部資金での運営が見込まれる。それ以上の規模については、例えばマスタープランに工学から申請をすること等について検討する。

(1-17) 最近ではネットワーク型の提案がマスタープラン、ロードマップに採択されているので参考にすべきである。NIFSと大学が多角的に組んで相乗的に研究を推進するという構図が重要である。そのためにユニットは学際的でなければならない。

(2) 今後のユニット設計の進め方について (NIFS, 長坂)

(2-1) 所内外からの共同研究提案を募集中。

(2-2) 研究計画をつくるうえで予算の具体化が重要である。

(2-3) 水曜日午前中は学内業務で全く参加できない。

(2-4) 参加できない場合には議事録をご参照いただきたい。参加者がある程度揃い固定化されてくるところ(2-3週間後を想定)で、開催時間帯について希望調査し、他の時間帯での開催も検討する。

(2-5) 議事録は当面長坂が作成し所外参加者に配布する。NIFS所員はYammerでダウンロード可能にする。

(3) コミュニティからの要望等について (全体討論)

(3-1) 時間の都合により次回に実施する。

以上

第2回 2021年6月9日(水)	予定 9:30-11:30	実施 9:30-11:30
<p>NIFS 参加者 21 名：芦川直子, 伊藤篤史, 釦持尚輝, 後藤拓也, 小林達哉, 小林真, 相良明男, 申晶潔, 田中照也, 趙明忠, 長坂琢也, 能登裕之, 濱口真司, 浜地志憲, 林祐貴, 増崎貴, 本島巖, 矢嶋美幸, 安原亮, 柳長門, 吉田善章</p> <p>所外参加者 11 名：大野哲靖 (名大), 笠田竜太 (東北大), 近藤創介 (東北大), 近田拓未 (静大), 寺井隆幸 (東大名譽), 野上修平 (東北大), 福本直之 (兵庫県立大), 堀池寛 (生産技術振興協会), 山内有三 (北大), 八木重郎 (京大), 吉川正志 (筑波大)</p>		
9:30-9:40	(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第2回_210609.pdf	
9:40-9:50	(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第2回_210609.pdf	
9:50-10:10	(3) セラミック機能材料、センサー材料、微細構造材料への照射効果実験研究と理論計算の適用性研究 (NIFS, 田中照也) [配布用]20210609_ユニットで取り組みたいテーマ_田中照也_配布用.pdf	
10:10-10:30	(4) 12CrODS 鋼の微細組織ならびに機械特性に及ぼす再結晶化の影響 (NIFS, 申晶潔) 20210609_Unit meeting_Shen Ver 02.pdf	
10:30-11:00	(5) 核融合科学研究所イオンビーム解析装置の概要 (NIFS, 矢嶋美幸) 矢嶋_発表資料 (ユニット No.19 個別会合)_20210608.pdf	
11:00-11:30	(6) コミュニティからの要望等について (全体討論)	
<p>議事メモ</p> <p style="text-align: right;">書記 長坂 初版 2021/06/14 修正 2021/07/05</p> <p>(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂)</p> <p>(1-1) 6/16 開催予定の工学関連実験装置の現状と今後について、まず共同研究提案のあったオロシループを取り上げる。一般共同研究「横断的研究のための COE 共同研究プラットフォーム・Oroshhi-2 の利用検討会」(通称オロシ研究会)で研究計画の議論がされているので、来週の会合以降も必要に応じてオロシ研究会と連携し議論の場を設ける。</p> <p>(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂)</p> <p>(2-1) 所内外からの共同研究提案、発表を募集中。</p> <p>(3) セラミック機能材料、センサー材料、微細構造材料への照射効果実験研究と理論計算の適用性研究 (NIFS, 田中照也)</p> <p>(3-1) 電子状態の計算や発光スペクトルの再現を得意とする研究者は NIFS 内に多数い</p>		

るわけではないので、どこまで協力いただけるのかは不明だが、少なくともアドバイザーとして議論に加わっていただくのが良いと思う。所外だと名工大、豊技大等に専門的な研究者がいらっしゃるので共同研究の可能性はある。

(3-2) 一般機能材料の研究は成果が出るまでは、テーマとしてのアピールまではしない方が良いかもしれない。既存材料よりも良いものができないと論文がリジェクトされる厳しさがあるというのが印象である。テーマとしては特殊機能材料の研究を前面に出す方が良いのではないか。

(3-3) レーザ材料とも関連するところが多く非常に興味深い。例えばエルビア素子は波長1.5 ミクロンで発振するが、最近では別の波長3 ミクロンでの発振も注目されている。

(3-4) 工学的な観点だと評価の手法が特殊でその範囲も狭いものになるが、より広い条件で物性を研究することに意義があると思う。

(3-5) 一般機能材料としての研究をテーマとして発信することにも賛成であり、新しい評価手法等の観点でぜひ共創して行きたい。

(3-6) 特に、材料試作プロセスで何か新しいことをする予定はないか？同じ物質でも単結晶、多結晶、結晶性の高いもの、逆にアモルファス的なもの等多彩であり様々な研究テーマがあると思う。

(3-7) 物質本来の特性を明らかにするためには単結晶を用いる一方で、核融合炉等工業的な大面積被覆では様々な手法が用いられ、それに応じて結晶性も異なる。よって結晶性のある程度の範囲で変化させて物性を明らかにすることが重要となる。

(3-8) 例えば大出力のレーザドライバにも大きな素子が必要で共通点がある。

(3-9) 機能材料であっても構造材料であっても過酷環境で使用するための研究とは、その環境でどのように劣化して行くかを調査する、劣化の科学となっているのが現状である。学術的に新しい研究を創出して行くためには、如何に劣化を食い止めるのかを科学するという視点が重要となる。

(3-10) 一般機能材料の開発については異なる意見が出たが、まずは特殊機能材料開発とどちらも包摂できるようなテーマを検討すべきである。

(3-11) 例えば中性子照射下では延性低下が起こるのが一般的だが、過去に一部の合金では中性子照射で逆に延性が向上することも発見されている。過酷環境下で劣化を食い止めるだけでなく特性が向上するような現象があると大きな成果となる。

(3-12) 大阪大学の中性子源オクタビアンはここで議論されている研究に適しているので実験プラットフォームとして是非利用してほしい。

(4) 12CrODS 鋼の微細組織ならびに機械特性に及ぼす再結晶化の影響 (NIFS, 申晶潔)

(4-1) 発表時間超過により議論の時間が無くなったので、最後の全体討論でコメント等を受ける。

(5) 核融合科学研究所所有イオンビーム解析装置の概要 (NIFS, 矢嶋美幸)

(5-1) 加速器を用いた分析実験を学術的な視点で捉えるとどのような課題が考えられるか? 例えば RBS において、元素の深さ分布と反跳ヘリウムイオンのエネルギースペクトルとの関係は説明できているのか?

(5-2) 分析実験で得られるエネルギースペクトルを理解するために、対象が層構造であればまず層の厚さを実測する必要がある、現状はそこに取り組んでいるところである。

(5-3) ヘリウムと分析対象との相互作用は電子論となると考えられるが、いわゆる阻止能を正確に評価したり計算したりする課題となるか?

(5-4) (電子的) 阻止能が関わる相互作用も素過程のひとつなので、ご指摘のような視点で研究テーマを検討したい。

(5-3) 阻止能は実験的にはかなり正確に求められているのではないか?

(5-4) 純物質のデータはあるが、(単純な加算則が正しいか検証する目的で) 合金等複雑な系を計測している例は少ないようである。

(5-5) 二つのビームラインの違いは何か?

(5-6) 多目的利用のためであり、利用できるビームに違いはない。

(5-7) Fe イオンの照射は可能か?

(5-8) 現状では不可能である。

(5-9) 本ユニット提案では、今あるビームラインに将来他の重イオン加速器のビームラインを追加することも検討したい。

(5-10) LHD では 10 ヶ所に試料を設置しているが、装置内の物質移動の全貌を明らかにするためには最終的に何ヶ所で計測する必要があるか?

(5-11) 現在得られている再堆積層の構造を定量的に説明する、あるいは LHD 内のどの位置の再堆積層が特徴的で調査対象とすべきか、という観点で計算と解析を名大との共同研究ですすめている。それをもとに最終的な実験の規模が見通せる予定であるが、まだ検討中である。

(6) コミュニティからの要望等について (全体討論)

(6-1) 予定に無かった議論や、これまでに十分時間がとれなかった議論も受け付ける。

(6-2) 本日の発表(4)は、これまでの研究成果の詳細な説明が多かったが、一方提案の部分は既存の ODS 鋼試作プロセスでは得られなかった強加工と、より高温の熱処理の下での分散ナノ粒子の安定性の研究、そして、コミュニティと相談しながら、有望な材料を大型化、共通化して行くものと理解している。

以上

第3回 2021年6月16日(水) 課題 No. 19, 23 (材料+炉設計・システム) 合同会合 工学関連実験装置の現状と今後について その1 オロシループ	予定 9:30-11:30	実施 9:30-11:45
<p>NIFS 参加者 19 名: 河村学思, 鈿持尚輝, 後藤拓也, 坂上仁志, 相良明男, 庄司主, 田中照也, 田村仁, 趙明忠, 長坂琢也, 仲田資季, 能登裕之, 濱口真司, 浜地志憲, 林祐貴, 菱沼良光, 柳長門, 横山雅之</p> <p>所外参加者 17 名: 伊藤悟 (東北大), 江原真司 (東北大), 興野文人 (京大), 笠田竜太 (東北大), 栗田大樹 (東北大), 兒玉了祐 (阪大), 佐藤元泰 (中部大), 重森啓介 (阪大), 田辺克明 (京大), 近田拓未 (静大), 野上修平 (東北大), 森芳孝 (光産創大), 宮澤健 (東北大), 八木重郎 (京大), 山内有三 (北大)</p>		
9:30-9:40	(1) 趣旨説明 (NIFS, 長坂琢也, 後藤拓也)	
9:40-10:00	(2) 工学研究関連実験装置の紹介 (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第3回_課題23と合同_210616.pdf	
10:00-10:30	(3) Oroshhi-2 における液体ブランケット技術共同研究 (NIFS, 田中照也) 20210616_プラットフォーム・oroshhi_提出用.pdf	
10:30-11:00	(4) 研究提案 Carnot と Fick を越えた熱とトリチウム回収の研究 (京大, 興野文人) NIFS_UNIT テーマ発表_興野_20210616.pdf	
11:00-11:30	(5) 今後の議論の進め方について (NIFS, 長坂, 後藤拓也, 全体討論)	
<p>議事メモ</p> <p style="text-align: right;">書記 長坂琢也 初版 2021/06/21 修正 2021/06/25</p> <p>(1) 趣旨説明 (NIFS, 長坂琢也, 後藤拓也)</p> <p>(1-1) 工学研究関連実験装置はたくさんあるが、Oroshhi-2 を使用する研究提案があったためまず取り上げる。</p> <p>(1-2) 全ての装置を順番に取り上げるということではなく、装置を利用した共同研究提案があれば対応して議論の場を設ける。</p> <p>(1-3) 必要があれば複数ユニットでの合同会合も開催する。</p> <p>(2) 工学研究関連実験装置の紹介 (NIFS, 長坂琢也)</p> <p>(2-1) 今回は現有装置の紹介であったが、新規導入の装置についても議論の予定はあるか?</p>		



(2-2) Fusion2030 研究会で NIFS の共同利用設備への要望を取りまとめていただいたので、できるだけ具体化できるように検討をしたい。要望をお出しいただいた先生には個別会合で共同研究提案をしていただけるとありがたい。

(2-3) 現有装置についても個別会合で具体的な実験提案をしていただけると議論できる。

(3) Oroshhi-2 における液体ブランケット技術共同研究 (NIFS, 田中照也)

(3-1) Oroshhi-2 による実験では予算に見合う成果は出ているか？

(3-2) 科研費研究と LHD 計画共同研究で成果が出ている。論文成果を他分野と比較するなどの評価はまだ行っていない。

(3-3) 国内の共同研究だけでなく、国際協力も視野に入れるべきである。

(3-4) Pb-Li ループについて、京大を通して米国からの実験希望があるときいている。さらにヨーロッパも ITER-BA における研究のため Pb-Li ループに興味があるとの情報もある。

(3-5) チャットで全員に配信された内容：① 所外先生の共同研究論文含めて、十数編がメジャー欧文誌に掲載済である。同時に大学院生の実験教育にも貢献している。これらは 2018 年 (H29 年度) の工学プロジェクト外部評価資料にもリストアップされているが、今日の発表でも見える化して示すべきであった。② 国際共同については申請したが残念ながら通らなかった。ただし、個別にはプリンストン大の研究者の MHD 実験を実施した例がある。国際展開の努力はつづけるべきである。いずれのご指摘も重要である。

(3-6) 多くの共同研究を受入れることを考えると NIFS 研究者 2 名でループの運転をするという今の体制では無理があり、運転員の確保が必要である。

(3-7) ユニット制の理念における楕円の二つの焦点とは核融合と他分野応用と理解した。Oroshhi-2 ループは熱と水素の輸送の実験を同時にできることが特徴である。例えば太陽熱利用は熱輸送のみ、アルミダイキャストは水素の輸送制御という具合にどちらかだけとなる場合が多い。原子力は分野が近すぎて核融合からの展開が難しいという議論が以前の個別会合であったが、熱も水素も、となるとやはり原子力となる。

(3-8) 熱だけ、あるいは水素だけの個別の研究でも良いものがあれば書き方を工夫してユニット提案書に入れ込みたい。

(3-9) 書き方を工夫して入れ込むとは、この装置だけは特別に維持を前提にすると誤解されるのでよくない。ユニットテーマ、共同研究提案にもとづいて実験遂行形態を検討することはできるが、実施できるかどうかはユニットの予算と人員によることになる。

(4) 研究提案 Carnot と Fick を越えた熱とトリチウム回収の研究 (京大, 興野文人)

(4-1) 大変魅力的な提案であり、化学総合工学は重要である。どういう人材がどのくらい必要かについて検討はあるか？

(4-2) 実験に必要な装置の運転については現状の NIFS 研究者 2 名相当で十分である。水

素製造のためには専門分野の研究者が必要で、外国には人材がいることは分かっている。例えばここで提案している 500°C 付近での水素製造 CCC プロセスはカナダの CANDU 炉で次世代の超臨界化とともに議論されているので交流を考えたい。

(4-3) CCC プロセスは国内では三菱重工で過去に検討されている。

(4-4) 論文出版は多いが最終的に実用化に至っていない理由が今のところよく分からない。ちょうど 500°C を供給する技術や利用分野に限られるためではないかと考えられる。500°C はちょうど核融合炉ブランケットに適する温度である。

(4-5) ご所属の研究室内に化学工学の専門家がいらっしゃる。この研究提案について既に議論しているか？

(4-6) まだだがこれから十分議論したい。

(4-7) 水素製造は魅力的なテーマなので協力したい。

(4-8) 水素をキーワードとした研究を超伝導マグネットグループでも検討しており、炉工学プロジェクトの関係者で今年度の大型科研費に申し込んだ経緯もあるが残念ながら採択されなかった。今後も外部資金獲得を検討したい。研究計画のなかで Oroshhi-2 ループは非常に重要な実験装置であり今後も活用すべきである。

(4-9) 広島大学では Na を利用した 500°C 以下での水素製造の研究がなされており今後共同研究をしたいと考えている。

(4-10) 研究計画の第 2 ステップではベンチャーから資金を受入れることを考えているか？

(4-11) そのとおりだが、軍需産業が絡んでいる場合があるので注意が必要。

(4-12) 6 月 28 日に超伝導マグネット、水素関連（課題 No. 27, 29, 31, 32）で合同会合を開催する予定であり、そこで水素製造を含めた水素社会の実現を加速するための研究や国際協力実験プラットフォームについて議論をする。

(4-13) ユニットが実験装置を管理するのではなく、必要な人員等をサポートする仕組みがユニットとは別にあると良い。

(4-14) それぞれの実験装置について実験遂行形態を考えるうえでは、重点テーマにその実験装置を使用する研究者が適任である。

(4-15) 重点テーマに実験装置を使用する所内の研究者がいない場合でも、技術部の協力があれば所外の先生が中心の共同研究に必要な実験ができるかもしれない。

(4-16) 装置の維持、管理に研究者が多く時間を割いているという状況は例えばスパコンでも同様であり、今後どのようにして行くかは所内全体で議論が必要。

(4-17) 工学関連の共同利用装置のあり方については Fusion2030 の炉工ワーキンググループで議論され報告書がまとめられている。その議論を十分取り入れるべきである。

(4-18) ユニットの方向性、そこで追求する学術の方向性は評価や支持をどのように得て行くのかという観点での検討が必要。例えば化学工学や機械工学は他分野に比べ論文の IF が低くなりがちであるが、社会的インパクトという点でプレゼンスを示している。ロ

ボテックスや化学分野は、学術的な評価はそれほど高くなくても学生にとっては将来性を感じられる人気の分野となっている。NIFS の総合工学も、学術性に加えて、学生にも届くような価値観を示す必要がある。

(4-19) Oroshhi-2 ループの今後を考えるにあたってオロシ研究会での議論が重要である。今後の予定はどのようなになっているか？

(4-20) 夏ごろに現地（NIFS）開催を予定している。

(4-21) Oroshhi-2 ループの 3T マグネットには現在 Flinak（熔融塩）のラインが通っている。これを Pb-Li（液体金属）に切り替えるには工事が必要である。マグネットを使用せずサブグループで実験する場合にはいずれでも可能である。

(4-22) 今後磁場下でのループ実験を提案する場合、熔融塩については現行プロジェクト終了までに実施できる可能性はあるが、液体金属についてはユニット移行後となると考えて良いか？

(4-23) 今年度実施予定の実験の進捗による。さらにループを切り替えるためには工事予算が必要となる。プロジェクト期間内でも新規に熔融塩の実験をする場合には追加の予算が必要である。

(4-24) 科研費研究による熔融塩ループ実験は今年度で終了する予定である。

(4-25) Oroshhi-2 ループのように 3T の強磁場で大きなボア径を持つマグネットは非常に珍しく、ループ実験以外での使用希望を持っているので今後相談したい。

(5) 今後の議論の進め方について（NIFS, 長坂, 後藤拓也, 全体討論）

(5-1) Oroshhi-2 ループ以外の現有装置、そして新規導入希望装置についても、所内外から具体的な共同研究提案をいただきたい。それに応じて研究の学術的な意義と実験遂行形態を検討する。

(5-2) 提案者の研究とテーマが合致するユニットに共同研究及び実験装置の提案をするということで良いか？

(5-3) そのとおりだが、所外の先生には窓口がどこか気にせずご提案をいただきたい。ユニットの構成員で扱いきれないテーマについては適当と思われる別のユニットに取次ぎをする。

(5-4) 研究計画詳細が必要ということにすると共同研究提案がしにくくなる。まずは人員等細かいところは不要である。

(5-5) ユニットの方向性の議論においては、ユニットが考える未来の日本についてビジョンを示す必要がある。例えば SDGs は世界的な活動としてひとつのブームとなっており、そこでのユニットの研究の役割も検討すべきである。

(5-6) 共同研究提案を促すためにはホームページでの実験装置紹介を検討すべきである。

以上

第4回 2021年6月24日(木)	予定 15:00-17:00	実施 15:00-16:45
<p>NIFS参加者 10名:後藤拓也, 相良明男, 申晶潔, 田中照也, 長坂琢也, 能登裕之, 濱口真司, 浜地志憲, 林祐貴, 矢嶋美幸</p> <p>所外参加者 10名:興野文人(京大), 栗田大樹(東北大), 佐藤元泰(中部大), 田辺克明(京大), 近田拓未(静大), 寺井隆幸(東大名誉), 野上修平(東北大), 檜木達也(京大), 宮澤健(東北大), 八木重郎(京大)</p>		
15:00-15:10	(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第4回_210624.pdf	
15:10-15:20	(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第4回_210624.pdf	
15:20-15:40	(3) 今後10年間の研究計画案 水素同位体・照射欠陥相互作用の包括理解 (NIFS, 小林真) ユニット会合資料_コバヤシマコト.pdf	
15:40-16:00	(4) 重点テーマ・学術実験プラットフォーム・共同研究の提案 (NIFS 所員2) *提案無し	
15:40-16:10	(4) 過酷環境材料開発とその展開 (京大, 檜木達也) 210624 過酷環境材料開発とその展開.pdf	
16:10-17:00	(5) 次回の予定, その他の話題	
<p>議事メモ</p> <p style="text-align: right;">書記 長坂琢也 初版 2021/06/25</p> <p>(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂)</p> <p>(1-1) 若手だけでなく、全ての皆さんから自由な提案と議論をいただきたい。</p> <p>(1-2) ユニット構築提案書に記載するコアとなる研究テーマについて提案がある場合には7/12の週までに発表と議論をお願いしたい。</p> <p>(1-3) 開催日時アンケート締切は本日 6/24 17:00。単純に希望者数が多い日時に設定する。</p> <p>(1-4) ユニット提案者の意見交換会が6/24午前中に開催された。ユニット構想フェーズが7月まで、組織化フェーズが7月から、に変更となった。</p> <p>(1-5) NIFS所員は7月中にどのユニットに所属するか決めてユニット構築提案書に名前を記載するという議論があったがまだ決定ではない。その後ユニットを移ることも可能とするという議論もあった。後日ユニット準備室からスケジュールと進め方の提案があると思う。</p> <p>(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂)</p>		

(2-1) 既存の実験装置の活用や新規導入については数が多くて全ては出来ないため要望があればものを取り上げる。装置の使用者に応じ他のユニットと合同開催も検討する。

(2-2) 装置ごとに必要な予算、人員、期間の見積を始める。装置担当の NIFS 所員に相談する。

(3) 今後 10 年間の研究計画案 水素同位体・照射欠陥相互作用の包括理解 (NIFS, 小林真)

(3-1) 水素透過実験装置のスペックを教えてください。

(3-2) 実験温度は室温～900°C。上流側ガス圧力は 1 気圧程度で重水素も使用可能。試料は 1 cm×1 cm が基本だが 1 inch×1 inch くらいまでは可能。

(3-3) 日米 FRONTIER 計画で実施している HFIR 原子炉照射では照射欠陥だけでなく核変換も起こるので、水素輸送コードに照射欠陥だけを組み入れても不十分である。

(3-4) 核変換も取り扱えるようにして、最終的には照射欠陥の効果と核変換の効果の分離評価を目指している。既に照射されている試料の中にも有用なものがあるのでできるだけ多くの照射材を分析してコードを良いものにして行きたい。

(3-5) BNCT で B の分散状態は十分均一か？B を含んだ粒子が大きいと入れたいところに入らないのではないか？

(3-6) 粒子はナノサイズなので、細胞核の中に均一に分布しているものと考えている。

(4) 過酷環境材料開発とその展開 (京大, 檜木達也)

(4-1) 1500°C超での高温での使用を追求する場合に主に課題となるのはクリープと耐酸化性と考えて良いか？

(4-2) 既存耐熱材料である Ni 合金の使用限界がクリープと耐酸化性で決まっているためそれが課題となっている。

(4-3) 熱交換器は層構造となっているが層間の接合は課題ではないか？

(4-4) SiC スラリーを利用して接合が可能なのでそれほど課題ではない。熱交換器には配管を取り付ける必要があり、配管接合部の気密性は課題となる。ここで示した熱交換器に流すのは液体金属 Pi-Li であるが高温ガス炉の使用を想定した場合には He ガスとなるので気密性が課題となる。

(4-5) イオン照射実験、中性子照射実験では材料は基本的に劣化するばかりか？逆に特性が良くなることはないか？

(4-6) 例えば SiC 結晶の強度は上昇するので特性の改善と言える。ただし、SiC 複合材は繊維、界面、マトリクスと様々な要素からなっており、それぞれの強化の割合も異なってくるので複合材の状態で強度が改善されるかということ、そう単純ではない。電気特性や熱特性も変わるので何かに使えないかと考えてはいる。

(4-7) 熱交換器の冷媒は液体金属 Pi-Li ということだったが、それと SiC 複合材料との共

存性は良いか？

(4-8) 過去に原子力システム研究開発事業で共存性を調査しており良好であった。

(4-9) He ガスを冷媒として用いる場合には不純物として含まれる水分や酸素による腐食は課題とはならないか？

(4-10) 例えば CVI (Chemical Vapor Infiltration) で作製した SiC は空へきが多いので腐食が問題となる場合もあり、その研究もされている。

(4-11) 発表で示された部品は 10 cm 角であり大きいものではない。焼成炉の制約もあると思うが、スケールアップはどの程度まで可能か？

(4-12) ご指摘のとおり京大での試作サイズは焼成炉の大きさで決まっている。IHI 等民間には大きな焼成炉があり m 超の大きさの部品も製作可能である。実験では幅 30 cm で SiC 繊維を編んだが織機の性能としては幅 150 cm まで対応できるのでそこまではすぐにもスケールアップが可能である。京大から民間に技術移転をしてスケールアップして行くことも考えている。

(4-13) スケールアップでは製造設備への投資が必要になるためコストが大きく大変だと思うが期待している。

(5) 次回の予定, その他の話題

(5-1) (3) について質問したい。資料の 3 ページで示されたトリチウム増殖の実験は原子炉の熱中性子によるものだが、これを元に 14.1 MeV までのエネルギースペクトルを持つ中性子で照射された核融合炉ブランケット内のトリチウムインベントリ等を求められるのか？

(5-2) 反応断面積のエネルギー依存性が実験で求められており、それと中性子輸送計算を組み合わせるとブランケット内トリチウム生成量の計算が可能である。

(5-3) 計算はできるが実験で検証をする場が無いので現在議論が始まっている中性子源計画等で実験を提案して行くということか？

(5-4) 増殖材の照射についてはトリチウム生成のその場測定も含めてかなりデータがあり新規実験の必要性は低い。

(5-5) ブランケット体系にしたときの中性子・水素輸送計算を検証するためのベンチマーク試験は必要であり、そのためにはエネルギースペクトルを制御した良い照射場と正確な放射線計測技術が必要となる。

(5-6) 放出トリチウムの測定結果から増殖材中での拡散の推定が可能となると思うが、拡散係数等は求めているか？

(5-7) 求めており、既存データや拡散理論で予測される放出挙動と大体一致している。これから研究を一般化するうえで拡散パラメータを求めることとその根拠が重要となる。拡散コードもまだまだ改善の余地がある。

(5-8) 拡散の理解のためには、照射後焼鈍の効果や、照射下での焼鈍効果の影響を明らか

にする必要がある。

(5-9) 増殖材粉末、それを固めたペブル等、様々な物質を用いて実験をしている。

以上

第5回 2021年6月29日(火)	予定 9:30-11:30	開催 9:30-11:50
<p>NIFS 参加者 12 名：後藤拓也, 申晶潔, 高田卓, 田中照也, 長坂琢也, 能登裕之, 濱口真司, 浜地志憲, 林祐貴, 本島巖, 矢嶋美幸, 柳長門</p> <p>所外参加者 11 名：江原真司(東北大), 興野文人(京大), 笠田竜太(東北大), 栗田大樹(東北大), 田辺克明(京大), 近田拓未(静大), 野上修平(東北大), 檜木達也(京大), 宮澤健(東北大), 八木重郎(京大), 山内有二(北大)</p>		
9:30-9:40	(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第5回_210629.pdf	
9:40-9:50	(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第5回_210629.pdf	
9:50-10:10	(3) 新しい金属加工学の探求 ~相変態を応用した革新的超塑性成形(SPF)~ (NIFS, 能登裕之) ユニット発表公開用_能登.pdf	
10:10-10:30	(4) 直線型プラズマ装置 TPD-II とその研究領域 (NIFS, 浜地志憲) TPD-II_配布可_浜地.pdf	
10:30-11:00	(5) 金属材料中における水素輸送過程の速度論モデリングと系統的理解 (京大, 田辺克明) 210629_NIFS_ユニット会議資料_京大_田辺.pdf	
11:00-11:30	(6) 次回の予定, その他の話題	
<p>議事メモ</p> <p style="text-align: right;">書記 長坂 初版 2021/07/05</p> <p>(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂琢也)</p> <p>(1-1) ユニット立上げまでに想定していた手続きが変わってきた。ユニット準備室の検討待ちで今週中に今後の進め方について提案がある見通し。</p> <p>(1-2) この個別会合では 7/13 までコアになる研究テーマ提案を所内外から募集し、それらを取り込んで 7/20 にユニット構築提案書の案を提示し議論するという予定はそのまま進める。その後の予定は未定である。</p> <p>(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂琢也)</p> <p>(2-1) 装置ごとに必要な予算、人員、期間の見積をする際は、他に現在の装置担当者の人件費も入れるべき。</p> <p>(2-2) 常勤技術部職員の配置の可能性もある。現状を把握するという意味では重要なので非常勤の担当者の人件費も見積に入れる。</p> <p>(2-3) ユニット構築における所外共同研究者の関わり方にどのような選択肢があるのかよく分からない。例えば来年度からユニット制をスタートすることが強調されているが、</p>		



今提案をしないと途中からは共同研究に入れないということか？

(2-4) 途中から入れないということはない。例えば所外の先生がクロスアポイントで何ヶ月か NIFS に滞在し、NIFS に足りない専門分野を補うようなかたちで中心的に研究をしていただく、あるいは逆に、LHD 計画共同研究で装置を整備した研究拠点に NIFS 所員が滞在して研究する、というようにこれまでとは違う共同研究も想定している。

(2-5) 最後の総合討論のところで時間があればまた議論したい。

(3) 新しい金属加工学の探求 (NIFS, 能登裕之)

(3-1) 最終形状の要求が無いところで様々な形状に加工できることを見せるに留まっている。他の材料でできた加工がフェライト鋼でも出来るようになったということも重要だが、一方、フェライト鋼の変態超塑性のメカニズムを明らかにする、他の材料にも応用できるような変形の制御法を見出して一般化する等、考えるべき。

(3-2) 観察された変形挙動にもとづく高温クリープ機構が有力である。今後は微細組織の評価が必要。

(3-3) であれば複雑な熱加工の後にもナノ粒子が残ってクリープを律速しているのか、クリープに典型的な転位組織になっているのかを調査すべき。

(4) 直線型プラズマ装置 TPD-II とその研究領域 (NIFS, 浜地志憲)

(4-1) 3T コイルは取り外すことも想定しているのか？後段のコイルの役割は何か？

(4-2) 3T コイルを使用するときは後段のコイルは不要。チャンバーが後ろに長く、大きな体積で実験できることが特徴。

(4-3) ここで示している 3T コイルは現在オロシループに取り付けられているもので、こちらに移設できなければ既存の後段のコイルで実験するということになる。

(4-4) 磁場強度 3T には特別な意味があるか？

(4-5) 特にない。もっと高くても良い。

(4-6) 直線装置でリサイクリングの研究をするのは相当挑戦的である。リサイクリング制御の研究が目的なのか、それとも液体金属を使った斬新なアイデアを試すことが目的なのか？

(4-7) トーラスのリサイクリング制御に使えるようなところにまで研究を持って行くのは難しいと思っている。当面はポンプとしての機能や、液体金属中の水素溶解について調査をする予定である。長期方針についてはまだ検討していない。

(4-8) プラズマと壁の距離が近いので、壁の影響が大きくなると考えられる。壁のクリーニングができるようにすべきではないか。

(4-9) 今のところその機構は無い。まず考えているのは液体金属壁による粒子の反射を直接測定する実験である。

(5) 金属材料中における水素輸送過程の速度論モデリングと系統的理解（京大，田辺克明）

(5-1) 材料の物性値で規格化するのは多種類の材料を俯瞰的に比較するのに有用である。

(5-2) アレニウスプロットを一回の実験で取得する試みは興味深い。熱活性化過程がひとつでなく温度によって変化する場合にも有効か？

(5-3) 複合過程になっても厚さを変えた実験を二つやれば傾向をつかめる。

(5-4) ナノ構造においては表面積が増えるだけでなく、表面にできる水素化物の構造、組成が変わる場合があり、その効果も検討すべきである。

(5-5) 水素化物を用いたエネルギーサイクルは自然エネルギーだから意義が大きいのか、それとも核融合エネルギーでもメリットはあるか？

(5-6) 核融合炉で生じる熱の有効利用及び、エネルギーの貯蔵手段として有用である。例えば太陽光では酸化還元反応に必要なエンタルピー変化を得ることは難しく、高温ほど効率があがる。

(5-7) 核融合炉ブランケットで得られる 500°C程度ではどうか？

(5-8) マグネシウムを用いるサイクルでは 2000°C必要だがマンガンでは 600~800°Cのサイクルも提案されている。金属元素を選べば 500°Cでも可能かも知れない。

(5-9) 一般的に酸化物は大気中で安定だが水素化物は吸湿、酸化するなど不安定なものが多い。水素化物を利用する際に問題とならないか？

(5-10) 酸化還元反応は封止したチャンバー内で起こすので問題はない。ただし、大気中で可能になるとメリットも大きくなると思う。

(6) 次回の予定，その他の話題

(6-1) （クロスアポイントの話が出たが、）例えば研究費確保のため NIFS と一緒に科研費を申請するとしても、採択されたらすぐにクロスアポイント開始ということも実際には難しい。

(6-2) NIFS 所員が興味あるテーマでなければ共同研究は難しいということか？

(6-3) このユニットでは、今以上に学術的な成果をあげるために NIFS 所員は 1-2 の重点テーマに集中することが重要と考えている。よって重点テーマと共同研究テーマはリンクするのが望ましい。一方で NIFS に期待されること、すなわち外のプロジェクト（材料照射計画や ITER/BA）への貢献、萌芽材料の大型化や共通化等様々な共同研究には、ユニットの組織的な活動として応えて行く必要があると考える。

(6-4) 共同研究の予算や制度が今後どうなるか NIFS 所員も良く分からない。その中で所外共同研究者の関わり方としてどのようなかたちがあり得るか、いくつか具体例を検討して次回提示したい。

(6-5) 今後の共同研究について議論が必要だが今回は総合討論の時間が十分とれない。次回会合で研究提案枠をひとつ振り替えて時間を確保する。

(6-6) ユニットテーマについて、NIFS 所員が自分の研究を発展させるための議論ばかりである。所外の提案をもっと取り入れるべきで、例えば客員講座にあたるような所外共同研究者主導のユニットテーマもあるべきではないか。その方が新しい組織づくりとしての評価も高まると思う。

(6-7) 個別テーマ提案が続いているが、具体的にユニット全体のテーマや研究体制を議論するのはいつになるのか？

(6-8) 7/13 までは自由な提案をしていただく段階にある。それをまとめて 7/20 にユニットテーマの提案をする。具体的な共同研究の課題や研究体制、組織の議論はその後になる。

以上

第 6 回 2021 年 7 月 6 日 (火)	予定 9:30-11:30	開催 9:30-11:50
<p>NIFS 参加者 11 名：坂本隆一, 相良明男, 申晶潔, 田中照也, 趙明忠, 永岡賢一, 長坂琢也, 能登裕之, 浜地志憲, 宮澤順一, 矢嶋美幸</p> <p>所外参加者 10 名：興野文人 (京大), 笠田竜太 (東北大), 栗田大樹 (東北大), 佐藤元泰 (中部大), 田辺克明 (京大), 近田拓未 (静大), 野上修平 (東北大), 檜木達也 (京大), 八木重郎 (京大), 山内有二 (北大)</p>		
9:30-9:40	(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第 6 回_210706.pdf	
9:40-9:50	(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第 6 回_210706.pdf	
9:50-10:10	(3) 今後の共同研究のかたちについて (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第 6 回_210706.pdf	
10:10-10:40	(4) Oroshhi ループを用いた循環型物質輸送研究 (京大, 八木重郎) 20210706Unit 化会議 京大八木.pdf	
10:40-11:10	(5) 機能性被覆研究の 10 年後の構想と課題 (静大, 近田拓未) ユニット#19 会合 20210706_静岡大近田_配布用.pdf	
11:10-11:30	(6) 次回の予定, その他の話題	
<p>議事メモ</p> <p style="text-align: right;">書記 長坂 初版 2021/07/09</p> <p>(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂琢也)</p> <p>(1-1) 7/16 までにユニット参加表明をお願いしたい。7/30 提出締切のユニット構築提案書に氏名を記載するとともに、その作成にご協力いただく。</p> <p>(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂琢也) コメント等無し。</p> <p>(3) 今後の共同研究のかたちについて (NIFS, 長坂琢也)</p> <p>(3-1) 共同研究受入については柔軟な姿勢があることが分かった。</p> <p>(3-2) これまでの共同研究ではヘリカル炉実現が大きな目的であったが、今後の共同研究にはそのような幹のようなものはあるか？</p> <p>(3-3) これまでとの大きな違いは LHD 計画共同研究が無くなるということである。</p> <p>(3-4) これまでは核融合炉の実現が出口であったが、入口と出口を入れ替える。すなわち、核融合炉実現のために行ってきた研究を様々な学術テーマに展開する。共同研究の幹にあたるのはユニットがそれぞれに考える多様なユニットテーマである。多様なユニットを束ねたものが NIFS である。</p>		

- (3-5) 過去には研究所の名前を変えるような言及もあったがその可能性はあるか？
- (3-6) 今のところそれはない。
- (3-7) 材料研究を含むユニットは No. 19 だけか？
- (3-8) 例えば No. 8 でも取り組む課題として材料開発を謳っているのでそちらの話もきいていただきたい。
- (3-9) 問合せいただければ、それぞれのユニットの特徴について説明する。
- (3-10) ユニット構築提案書の締切が月末に近づいているのでそろそろユニットテーマをまとめる議論をすべきである。
- (3-11) NIFS 側からの研究提案を見ると、これまでのプロジェクトのテーマの中からやりたいことを選んで今までどおり続けて行くだけのように見える。
- (3-12) 材料や工学の議論は他の分野と雰囲気が異なり、取り組むべきことがおのずと決まってくるところはあるが、構成員が別々の方向を向いて取り組む研究を束ねるだけではユニットテーマとはならない。
- (3-13) 今は自由提案の段階であるのと、7/16 まで構成員が決まらないので何ができるかわからないところもある。極限環境下、非平衡状態における材料応答を中心にユニットテーマを 7/20 に提案するつもりであったが、前倒しして次回 7/13 にできる範囲で具体的な構想を提示したい。
- (3-14) まとめの議論をする前に是非個別会合で発表したいというものがあればそれも尊重すべきである。
- (3-15) 今後は NIFS 所員は研究の展開に重点をおいた発表をすべきである。
- (4) Oroshhi ループを用いた循環型物質輸送研究（京大，八木重郎）
- (4-1) コールドトラップの実験と同時に材料腐食の実験も可能か？そうすればコールドトラップの腐食への影響も分かるのではないか。
- (4-2) 可能である。一方、純化がうまく行かず Bi が取り除けなかった場合には、以降の実験に悪影響を及ぼすかも知れないので、一連の研究における仕上げの実験と位置付けるべきである。
- (4-3) オロシループの実験は頻繁にできるわけではない。まず大学の研究室等では、ポット試験で系統的な実験をして、理論の構築や流動場での予測をしたうえで、重要な流動条件をあらかじめ絞込み、オロシはその理論や予測を検証する場とすべきである。
- (4-4) 純化がうまく行かない可能性もあるということだが、そのリスクを減らすような予備実験を別途考えられないか？
- (4-5) 二つのタンクの間を往復させるような流動実験で、あらかじめ純化の見通しを得ておくことが考えられる。
- (4-6) 水素の輸送と腐食における熱活性化過程や速度論に関する研究と理解した。一方、例えば名大エコトピアの研究会で熔融塩の分子状態や水素結合の測定等の話をきいたこ

とがある。そのような方向の発展も考えられるか？

(4-7) 考えられる。ただし溶融塩 Flibe については成分の Be に毒性があるため実験が難しい。名大エコトピアとの共同研究で、瀬戸市にある放射光施設を用いた溶融塩 Flinak 中の水素測定について検討したことはあるが実施には至っていない。

(4-8) プローブ型濃度センサー内の自由液面では流れが滞るので、リアルタイム測定をするのであれば別の位置に取り付けることを検討したほうが良いのではないかと。

(4-9) あらかじめ何時間運転すればコールドトラップの影響が現れるのかを検討する必要がある。オロシの連続運転は 100 時間くらいまでが現実的なところである。

(5) 機能性被覆研究の 10 年後の構想と課題（静大, 近田拓未）

(5-1) これまでの基礎的な研究結果を踏まえて、次の段階として実環境（オロシループ）での試験を提案するのは良い計画である。

(5-2) 酸化物は金属基板と熱膨張率差が大きいのが原因で被覆が損傷することはないか？

(5-3) 薄いものはうまく行く。典型的な厚さは 1 ミクロンである。

(5-4) どのくらいの面積の被覆を試作しているか？

(5-5) 大きいものでは直径 11 mm×長さ 150 mm の管壁への被覆の実績がある。通常は 25 mm×25 mm の被覆試料を作製している。現在 LHD 計画共同研究が進行中で、被覆面積を大きくするための装置改造をしている。

(5-6) 照射温度が異なると照射欠陥の挙動が変わり、例えば低温でのスエリングは高温（材料の使用温度）でみられるボイドスエリングではなく点欠陥スエリングなので機構が異なる。高温に特有な照射効果が現れて来るのは例えば  $\text{Al}_2\text{O}_3$  だと 600°C くらいからである。点欠陥（原子空孔、格子間原子）の易動度にもとづいて、どのくらいの照射温度で実験すべきかを見積もることが重要である。特に室温照射は意味が無いのではないかと？

(5-7) 照射温度はいくつか変化させて高温でも実験している。例えば 500°C 照射では欠陥の回復が大きく電子顕微鏡組織でもあまり変化が見られない。また、高温での照射場が限られている一方で室温照射は比較的簡単という事情もある。

(5-8) 照射しても変化が無いと実験としては面白くないが、照射下での安定性が示せるので重要。

(5-9) 高温照射で膜質が変わらなくても表面の腐食反応には照射効果があるということは考えられるのではないかと？

(5-10) それは興味を持っている。

(5-11) 被覆しない材料を腐食実験で用いている液体金属 Li-Pb と封入して照射し、結果できた腐食膜の特性が良ければ、Li-Pb 中で安定な被覆として使えるのではないかと？ 極限状態を利用して新しい被覆を作るような方向性はあり得るか？

(5-12) これまでの実験でも水素透過率が他の被覆材と比較して大きく下がった場合があ

る。Li を含む腐食生成物が原因と考えており、その方向の発展性はある。

(6) 次回の予定, その他の話題

(6-1) 次回は全体討論で時間があればユニットテーマを含めた構想案についてもできる限り提示する。

以上

第7回 2021年7月13日(火)	予定 9:30-11:30	開催 9:30-11:45
<p>NIFS 参加者 15 名：伊藤篤史, 坂本隆一, 相良明男, 申晶潔, 後藤拓也, 田中照也, 田村仁, 趙明忠, 長坂琢也, 中野治久, 能登裕之, 濱口真司, 浜地志憲, 本島巖, 柳長門</p> <p>所外参加者 8 名：興野文人(京大), 笠田竜太(東北大), 栗田大樹(東北大), 田辺克明(京大), 近田拓未(静大), 野上修平(東北大), 檜木達也(京大), 山内有三(北大)</p>		
9:30-9:40	(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第7回_210713_Ver2.pdf	
9:40-9:50	(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第7回_210713_Ver2.pdf	
9:50-10:10	(3) NIFS 装置紹介 プラットフォームとしての大型ヘリカル装置(LHD) 中性粒子ビーム入射装置(NBI)装置群の利用について (NIFS, 中野治久) 20210713_LHD-NBI の活用_ユニット提案 19 個別会合.pdf	
10:10-10:40	(4) 研究紹介 核融合・複合過酷環境材料研究ユニット (東北大, 栗田大樹) 配布資料無し	
10:40-11:10	(5) 核融合炉材料研究における二つの焦点 (東北大, 笠田竜太) 長坂ユニット構想_笠田_20210712.pdf	
11:10-11:30	(6) ユニットテーマ案 (NIFS, 長坂琢也) 長坂_ユニット_プラットフォーム_個別会合_第7回_210713_Ver2.pdf	
<p>議事メモ</p> <p style="text-align: right;">書記 長坂 初版 2021/07/19</p> <p>(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂琢也) (1-1) 7/16 までにユニット参加表明をお願いしたい。 (1-2) ユニット構築提案書には氏名を記載するので、所内メンバー、所外メンバーにのみ配布する。</p> <p>(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂琢也) コメント等無し。</p> <p>(3) NIFS 装置紹介 プラットフォームとしての大型ヘリカル装置(LHD)中性粒子ビーム入射装置(NBI)装置群の利用について (NIFS, 中野治久) (3-1) 総合工学実験棟にある NBI テストスタンドと本体棟の NBI との性能面での違いは何か? 一定の条件で材料を照射する場合にはどの程度の照射量を稼げるか? (3-2) 連続運転ではビームエネルギー、フラックスともに下げる必要がある。間隔 10~15 分なら繰り返し照射が可能と考えられる。</p>		



(3-3) 連続的に照射実験をする場合の現実的な条件（イオンエネルギー、フラックス、繰り返し照射時の一回あたり照射時間、一日の最大繰り返し数）は検討して後ほど整理する。

(3-4) 高フラックスの照射は魅力的であるが、イオンのエネルギーが数 10~80 keV だと PSI（プラズマ-表面相互作用）の研究には高すぎるし、照射損傷の研究には低すぎる。エネルギーを下げるか、上げるかできないか？

(3-5) 負イオン NBI であれば数 keV~10 keV までなら落とせる。一方、材料照射に必要なエネルギーが MeV オーダーだと難しい。

(3-7) 阪大での加速器照射実験では典型的には 200 keV のビームを用いており表面 1  $\mu\text{m}$  程度の損傷を与えられる。被覆の研究であれば、膜厚は典型的には 500 nm 程度なので、その程度でも十分である。

(3-6) 典型的には  $7 \times 10^{21}$  ions/ $\text{m}^2$  s 程度のフラックスで実験をしている。フラックスはどのくらいか？

(3-7) すぐに換算は出来ないがパワー（壁負荷）でいうと 10 MW/ $\text{m}^2$  より少し小さいくらい。フラックスはエネルギーの 3/2 や 5/2 乗に比例して減る。

(3-8) 大学の一研究室の実験に使用するには運転費が高額すぎる。KIT-ITP (Karlsruhe Institute of Technology, Institute for Technical Physics)では GRADIS という装置を水素イオンビームテストスタンドとして使用した例があるが、そのようなことを考える場合でも全国規模のニーズを集める必要がある。

(3-9) 本体室で使用した試料を管理区域外に持ち出すことは可能か？

(3-10) 調べて後ほど回答する。

(4) 研究紹介 核融合・複合過酷環境材料研究ユニット（東北大, 栗田大樹）

(4-1) 焼結温度 2000°Cでは結晶化して繊維がマトリクスと反応しないか？

(4-2) 繊維自身の特性変化については分からないが、引抜は観察されるので界面は保たれていると考えられる。

(4-3) 核融合で使用するためには密度が高くないとダメか？

(4-4) 用途による。ブランケット内で断熱材として使用する場合には密度は高くなくて良い。

(4-5) B<sub>4</sub>C 助剤は（核変換 He を発生するので）核融合分野では使用しない。

(4-6) タングステンの三次元造形ではスラリーに混ぜるのか？表面のコーティングにも使用できるか？核融合炉の第一壁ではタングステン被覆を使用する。

(4-7) そう考えているがまだ実施したことはない。ノズル径は最小 100  $\mu\text{m}$  なので、その程度の厚さの被覆は可能と考えられる。薄いものを作る場合には粘度を低くする等の工夫が必要である。

(5) 核融合炉材料研究における二つの焦点（東北大, 笠田竜太）

(5-1) MI (マテリアルズインフォマティクス) は技術的には NIFS でやることも可能だが対象が一般材料や化学分野だと意義が小さい。一方照射効果であれば MI としてもユニークで NIFS に一日の長があるのでやるべきである。Irradiation 3.0 にも是非参加したい。

(5-2) MI はデータベースの使用法の工夫だけになっている面がある。既にやっている研究が実は MI だったという主張もあり。照射効果はまだビッグデータになっていないということはあるが、一方照射分野の研究者しか問題意識を持っていないので、そこで MI を始める意義は大きい。

(5-3) 照射損傷の研究における予算、論文数、設備いずれの面でも NIFS との共同研究の実績は少ない。それでも重要と考え持ち出しで研究をしているが、設計に使用するデータベースとしてはまだ相当不十分と評価されるし学生にも人気が無い。

(5-4) 高エネルギー環境での材料物性という視点であればまだ学生も興味を示し予算獲得も比較的に見込めると考えられる。

(5-5) 例えば fuzz (プラズマ照射による表面形状変化) のようなメゾスコピックな構造に創発される物性変化等は興味深い。

(5-6) 何 dpa (はじき出し損傷量) 照射したら強度がどうなるか、だけではない切り口が必要。材料照射損傷以外の先生にも議論に入ってもらえると良い。

(5-7) 共同研究の方向性が散らばらないためには照射損傷を軸に考えるべき。ただし、核融合条件だけにこだわる必要は無い。

(5-8) 照射損傷を柱にする場合には 10 年後に新規性をどのように生み出すのか考えるべき。

(5-9) 極限環境では、熱にしてもプラズマにしても、材料とエネルギーとの相互作用と捉えることができる。過酷条件の組み合わせで新しいものを生むことが考えられる。照射実験でまずデータベースを作るところから始め、数値化、モデル化を経て照射効果を利用した革新材料を作るといった提案はできないか？

(5-10) 照射は力学的エネルギーを局所的に付与するプロセスとしても重要。

(5-11) fuzz 構造の形成など萌芽的な研究では構造をうまく物性につなげて行くことが必要。

(5-12) 若手の研究者は照射損傷に興味が無いのでは？

(5-13) やらなければならない研究という意識はある。イオンビーム照射で中性子照射を模擬する研究については検討したことがある。

(5-14) PWI (プラズマ-壁相互作用) も照射損傷の研究と言える。

(5-15) 中性子照射では局所的にエネルギーを注入できる。表面加熱、プラズマ照射、中性子照射を比較すると中性子は局所的エネルギー付与の極限であり、プラズマは熱に比較すると非一様性はあるが、エネルギー付与は中間的なものと捉えることができる。

(5-16) エネルギー付与による格子間原子と原子空孔の発生、その反応の速度論を様々な

照射場で扱う照射大統一理論のようなものを目指すことも考えられる。

(6) ユニットテーマ案 (NIFS, 長坂琢也)

(6-1) 時間が無くなってしまったので個別会合は終了とするが、残れる方にはユニットテーマ案について簡単に説明する。

(6-2) 次回 7/20 の会合では、ユニットテーマ案についてもう一度詳しく説明した後に自由討論する。議論が収束しない場合には、翌週の 7/27 も自由討論を主体とする。

以上

第 8 回 2021 年 7 月 20 日 (火)	予定 9:30-11:30	
NIFS 参加者：長坂琢也, 所外参加者：		
9:30-9:40	(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂琢也)	
9:40-9:50	(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂琢也)	
9:50-11:00	(3) ユニットテーマ案の提示とそれに関する議論 (NIFS, 長坂琢也)	
11:00-11:30	(4) 次回の予定, その他の話題 *特に何も無ければ早く終了	
議事メモ		

第9回 2021年7月27日(火)	予定 9:30-11:30	
NIFS参加者：長坂琢也, 所外参加者：		
9:30-9:40	(1) 連絡事項と予定の確認 (NIFS, 長坂琢也)	
9:40-9:50	(2) これまでの議論のまとめと今後のポイント (NIFS, 長坂琢也)	
9:50-10:10	(3) ODS 鋼開発(2) (仮題) (NIFS, 申晶潔)	
10:10-10:30	(4) 重点テーマ・学術実験プラットフォーム・共同研究の提案 (NIFS 所員 1) *発表者募集中	
10:30-11:00	(5) 最近の研究・設備の紹介, 学術実験プラットフォーム・共同研究の提案 (所外共同研究者) *発表者募集中	
11:00-11:30	(6) 次回の予定, その他の話題 *特に何も無ければ早く終了	
議事メモ		