

CONTENTS

- P1 新時代の技術開発に向けて企業との人材交流に期待 P2 日本中性子科学会 就任ご挨拶
P3 その場パルス中性子回折を用いた鉄鋼の研究 P8 2024 年度量子ビームサイエンスフェスタを開催 P8 協議会の活動報告
P10 新会員企業の紹介 P10 J-JOIN の紹介 P11 施設からのお知らせ P12 今後の行事予定

新時代の技術開発に向けて企業との人材交流に期待

高エネルギー加速器研究機構
機構長 浅井 祥仁

中性子産業利用にたずさわる皆様、日頃からJ-PARCでの多くの成果をあげていただけてどうもありがとうございます。高エネルギー加速器研究機構の機構長の浅井祥仁と申します。専門は、素粒子物理で、ジュネーブにあります大型加速器LHC（その前身のLEP）を用いたヒッグス粒子や超対称性粒子の探索を行ってきました。と言うと「産業や応用への理解が少ない奴だな」と思われることかと思いますが、これと並んで、ポジトロニウムなどの低エネルギー実験やジャイロトンの開発、量子コンピューターの関連機器の開発を行ってきました。

KEKは、これから機構全体で二つの大きなテーマに挑戦しようと思っています。一つは、マルチビームを用いた、様々な研究を多層的に広げていくことです。中性子と言う新しいプローブをえることで、電極の振る舞いなど多くの成果がえられましたが、これにスピンの効果を探るミュオンや、表面を探る陽電子、配列をしらべるX線など多彩なプローブで、多角的に物質(生命現象も可能かと考えています)をさぐることを考えています。同時に測定できるようにしていくには、いろいろなハードルがありますが、多角的な測定を行えるようにしたいと思っています。そこで大事になるのは、新しい測定技術の開発です。早い時間レスポンスや同時計測で生み出す価値のある測定などの新しい技術開発が必要になり、J-PARCばかりでなく、物質構造科学研究所、検出器開発センター（素粒子原子核研究所）、共通基盤研究施設や加速器施設などとの連携を深めて行くと同時に、計測データを共通の枠組みで扱いながら、AIを用いた予測システムに発展させていきたいと思っ

ています。KEKは、非常にユニークな研究所で、中性子、ミュオン、陽子、電子、陽電子、軟硬X線(はては、ニュートリノやストレンジクォーク、ハドロンにいたるまで)さまざまなビームを出せる実験組織です。これに、計測技術とAIを組み合わせた新しいシステムを作っていきたいと思っています。

もう一つの挑戦は「量子」です。皆右向け右で「量子コンピューター」やっていますが、我々は、「量子コンピューター」自体ではなく、新しい量子素材の開発と量子センサー・センシングの開発を考えています。これも、物質構造科学研究所、検出器開発センター、共通基盤研究施設や加速器施設の協力ですすめていきたいと思えます。マルチビームと並んで量子がKEKのシナジーを生み出していきます。量子と加速器ってずいぶん乱暴だなとおもわれるかもしれませんが、ILC用に開発した超伝導加速空洞を1/5(周波数が1.3GHz→5GHz)のサイズにして、中にトランズモン(量子コンピューターの演算子)をいれると、高いQ値があるため、量子状態を1秒近く保持できますし、いろいろな他の応用も可能です。

これら二つを実現する上で、一番大事なのは、KEKと民間企業の距離です。民間企業との距離を近くすることで、人材交流を進めていきたいと思っています。人の流れが新しいアイデアを生む一番大事なことです。違う視点と、違うデマンドが、新しいものを生む基盤です。素粒子の研究をみても、アインシュタインをみても、ゼロから何かを作りあげているわけではありません。いろいろな成果に、違う視点を持ち込んだことでブレークスルーが起きています。KEKもこれから民間企業との距離をもっと近くしていくことをしていきたいと思っています。CROSSの皆様はじめ皆様にいろいろなお願いをしていくことになりますが、一緒に新しい時

代をつくっていきましょう。

編集部追記：素粒子「muon」を、素粒子核物理分野の

研究者は「ミューオン」と表記し、物性材料分野の研究者は「ミュオン」と表記します。方言のようなものとご理解ください。

日本中性子科学会長 就任ご挨拶

理化学研究所
大竹 淑恵

2023年度より日本中性子科学会(以下、学会)の会長を、2025年度から2期目の任を拝命いたしました、理化学研究所光量子工学研究センター中性子ビーム技術開発チームのチームディレクター、大竹淑恵です。2期目を迎え改めてその責任の重さを感じております。

中性子産業利用推進協議会(以下、IUSNA)の中村会長はじめ関係者の皆様に、2023年度初頭にご挨拶させていただく機会をいただきました。その後、多くの方々に学会へのご加入ならびに年会ご出席やご講演、IUSNA研究会の年会サテライトイベントとしての開催など、具体的なご協力をいただくとともに、IUSNA報告会には継続的に学会としてポスター発表をさせていただくなど、これまでの多くのご支援、ご協力に深く感謝いたします。ここに会長として、2期目のご挨拶の機会をいただき大変有り難く存じます。

学会は2001年の創立から24年の年月を重ね、2023年より「サイエンス・ダイバーシティの推進と見える化」を目標として取り組んでまいりました。具体的には、1年間限定の特別委員会すなわちサイエンス・ダイバーシティ特別委員会を設置し、藤田委員長以下同委員会を中心とした、数々の取り組みを行いました。例えば、期間と目的を明確に定めて会務を行う実行委員会制度の設立、学生会員の位置付けの明確化、学会運営の若返りを図る評議員特別枠の設置、また、定款・細則・規程の再整備、評議員と幹事の協働の強化を実施しました。対外的な取り組みとしては、日韓中性子科学研究会の再開を始めとする国際交流に関する仕組み作り

量子ビーム連携の視点から関連4学会、放射光、中間子、陽電子、中性子の各会長による講演を中心とした中性子科学将来ビジョン討論会の開催など、量子ビーム連携活動を学会幹事の活動とする明確化、など数々の改革を行って参りました。特に今年度は、4学会の相互乗り入れを可能とする4学会合同学会誌企画を秋から冬にかけて実施する予定です。

2025年度からは、「サイエンス・ダイバーシティを実現する中性子科学」を目指し、次の3項目を重点施策として取り組む所存です。

【今後2年間の重点施策】

- 1, イノベーションを目指した最先端研究開発の促進
- 2, コミュニティ全体としての各機関間の連携強化ならびに学会としての将来計画の策定
- 3, 人材育成の強化と次世代研究者の支援

これらの重点施策への取り組みを通じて、若手、中堅の発言が活発になり、学会がさらに活力ある場となり、会員の皆様がそれぞれの研究・活動を発展させるための強力な支援基盤を構築して参りたいと考えております。この学会長としての方針の詳細につきましては、学会のHP (<https://www.jsns.net/president>)にも掲載させていただいております。

中性子利用を推進するためには、革新的な最先端研究が欠かせません。IUSNAの皆様には「すぐに役に立つ」中性子利用と、10年後、20年後の最先端技術を創出し牽引する中性子利用の両輪をご理解いただき、ぜひとも学会とともに中性子科学の明るい未来を目指してさらなるご協力を賜りますようお願い申し上げます。

その場パルス中性子回折を用いた鉄鋼の研究

鉄鋼構造材料の組織形成と機械特性発現のメカニズム解明

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター

ハルヨ ステファヌス

はじめに

鉄鋼材料は、優れた機械的特性、良好な成形性・溶接性、高いコストパフォーマンスを備えていることから、長年にわたり構造材料として広く使用されてきた。建築、橋梁、自動車、造船、機械など、多くの工業分野において不可欠な材料である。鉄鋼材料は、鉄 (Fe) を主成分とする合金であり、主に炭素 (C) やクロム (Cr)、ニッケル (Ni)、マンガン (Mn) などの元素を添加することで、用途に応じた特性の調整が可能となる。その結果、炭素鋼、低合金鋼、高強度鋼、ステンレス鋼、耐候性鋼など、多様な材料が開発されている。さらに現在も、多様化・高度化する産業ニーズに応えるため、鉄鋼材料に関する研究開発は継続的に行われている。特に、高強度化と軽量化の両立、高耐食性・高耐熱性材料の開発、さらには高耐水素材料の開発といった、環境負荷の低減に向けた技術革新が進められている。

本稿では、J-PARC 物質・生命科学実験施設に設置されている BL19 「TAKUMI」 実験装置¹⁾を用いた、パルス中性子回折によるその場観察技術が、鉄鋼材料の開発研究にどのように活用されているかについて報告する。

TAKUMI は、散乱角 90°の一对の検出器を備えた、高分解能かつ高強度の飛行時間型中性子回折装置である。図 1 に TAKUMI のレイアウト模式図を示す。広い試料空間を有するため、変形試験機や高温炉など各種の周辺装置を設置することができ、様々な温度環境下における変形試験中のその場中性子回折実験が可能である。これにより、材料内部の残留応力、相変化、転位密度、集合組織といった、新材料の設計や構造物の信頼性評価に資する多様な情報を取得することがで

きる。

熱処理による組織形成²⁾

マルテンサイトは炭素鋼の一種であり、高温からの焼入れ過程において拡散を伴わない変態機構により形成される。特定の八面体サイトに侵入型炭素原子が秩序よく配置されることで、体心正方格子 (BCT) 構造をとることが特徴である³⁾。鋼中の変態生成物の中でも、マルテンサイトは最も高い強度と硬さを示し、これは炭素の強制固溶によって生じる大きな内部応力、さらに微細な組織構造や高密度な格子欠陥によるものである。一方、焼入れ直後のマルテンサイトは延性や靱性に乏しく、特に中炭素鋼や高炭素鋼ではこの問題が深刻である。したがって、実用に耐える機械的特性を得るためには、共析温度 (約 730°C) 以下での焼戻し処理が不可欠であり、さまざまな条件下で熱処理の制御が行われている。焼戻し中には炭素の拡散に伴う一連の反応によって、マルテンサイトの微細組織が大きく変化することが知られている。

特に 250°C以下での低温焼戻しでは、高強度・高硬さを維持しながら延性や靱性の回復が可能である。このため、過去数十年にわたり低温焼戻し挙動に関する多くの研究が行われてきたが、物理的・化学的特性や微細構造の全体像を包括的に取り扱った体系的な研究は限られている。

本研究では、Fe-0.78 質量% C の二元合金を用い、オーステナイト化および焼入れ処理を施した後、異なる加熱速度で連続加熱焼戻しを実施した。そして、中性子回折、透過型電子顕微鏡 (TEM)、三次元アトムプローブトモグラフィー (3D-APT) といった先端手法を組み合わせ、多角的に評価を行った。図 2 に示すように、加熱に伴いマルテンサイトの正方晶性が減少してフェライト (F) に近づき、残留オーステナイト (A) のピーク強度は減少、その後セメンタイト (C) の析出が観察された。

これらの多角的解析から、焼戻し中には以下のような複数段階の反応が進行することが明らかとなった：

- 第 0 段階：炭素クラスタリングによる構造変調の発生
- 第 1 段階：転位に沿った準安定な η -炭化物の析出
- 第 2 段階：残留オーステナイトの分解開始

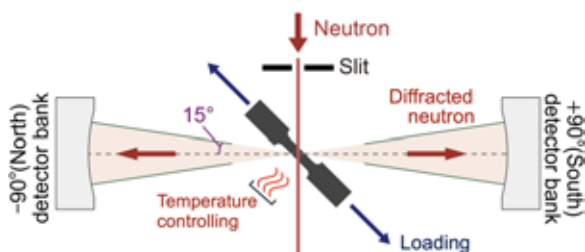


図 1. TAKUMI 実験装置のレイアウト模式図

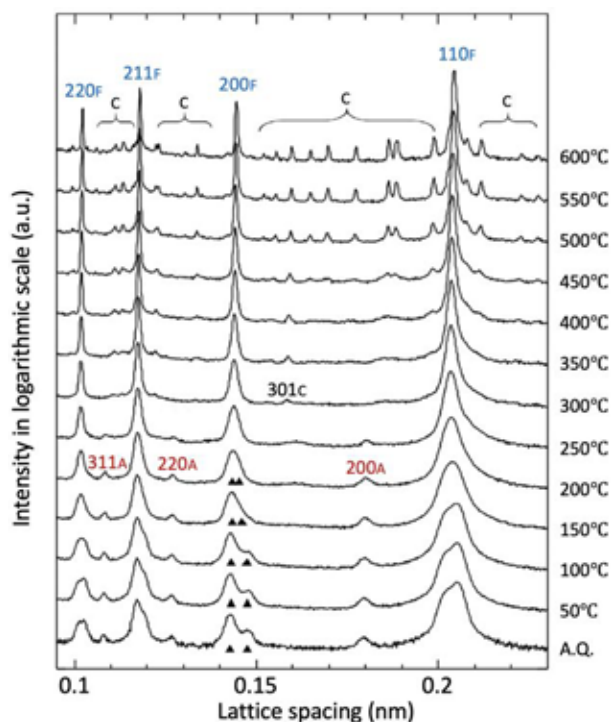


図2. マルテンサイトの加熱中の回折パターン

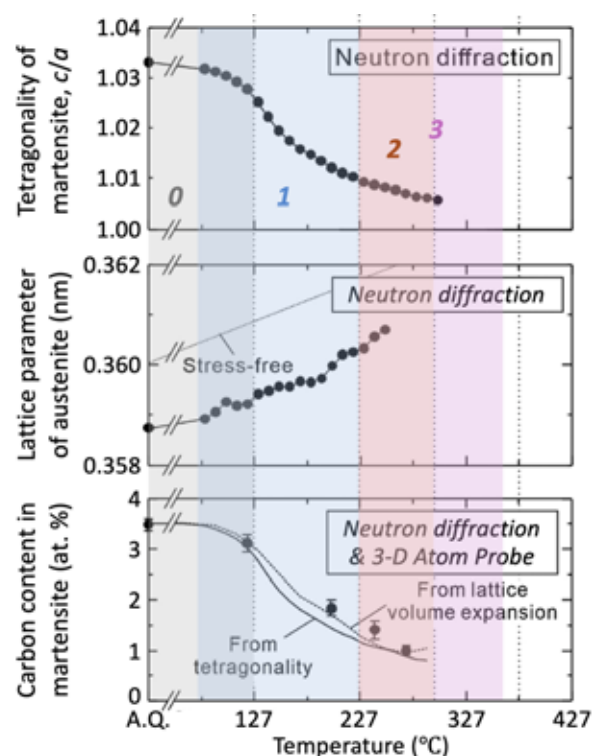


図3. 加熱中の試料に関する評価結果のまとめ

■ 第3段階： χ -炭化物やセメンタイトの析出

図3に示すように、残留オーステナイトは分解が始まるまでの温度範囲で、応力フリー状態に比べて小さい格子定数（すなわち圧縮残留応力）を保持していた。また、マルテンサイトの正方晶性および固溶炭素量は特に第1段階で急激に減少した。さらに、焼戻し後の固溶炭素量の推定においては、正方晶性の変

化を利用するよりも、炭素による格子体積の膨張を指標とする方法の方が、高い精度を示すことが明らかとなった。

本研究は、連続加熱中に焼戻しマルテンサイトで生じる現象を体系的に明らかにしたものであり、炭素鋼中のマルテンサイトにおける低温焼戻し挙動の理解をより一層深めることが期待される。

室温変形挙動：水素チャージしたステンレス鋼⁴⁾

カーボンニュートラルの実現と持続可能な社会の構築に向けて、水素社会の確立は極めて重要である。その実現には、水素環境下でも高い強度と延性を維持できる信頼性の高い鋼材の開発が不可欠であり、水素の貯蔵・輸送システムの安全性を支える基盤技術として期待されている⁵⁾。しかしながら、水素脆化に起因する延性の著しい低下や亀裂の発生・進展といった問題は依然として深刻であり、水素関連インフラの信頼性向上を妨げている。このため、水素環境に適応可能な先進的構造材料の開発と、水素暴露後の機械的特性に関する包括的な評価手法の確立が急務である。こうした背景の下、近年の研究では、Fe-24Cr-19Ni（質量%）を主成分とするオーステナイト系ステンレス鋼（SUS310S）が、高温高压の水素環境下で水素を均一に導入した条件において、強度および引張延性の双方において性能向上を示すことが報告されている⁶⁾。しかし、その機構的背景については十分な科学的理解が得られていなかった。

本研究では、水素が金属の変形挙動に与える影響を明らかにするために、SUS310Sに水素を導入した後、中性子回折を用いた引張試験中のその場観察を実施した。試料は270°C、100 MPaの高温高压水素ガス中で200時間曝露することで水素をチャージした。

得られた回折パターン（図4）では、水素チャージにより全ての hkl 面において回折ピークが大きな面間隔側へシフトし、結晶格子の等方的な膨張が確認された。これにより、変形開始時に必要な格子ひずみが増加し、水素が格子内に侵入することでわずかな歪みが生じ、固溶強化による強度の増加が示唆された。この固溶強化は、水素によって格子の歪みが増大し、転位の移動が抑制されることで、変形抵抗が高まることに起因している。さらに、水素による固溶強化は変形双晶の形成を促進し、これが最大強度および延性の向上に寄与していることが明らかとなった。図5に示すように、双晶の形成により111および200回折ピークの相対積分強度比の増加傾きが変化し始める負荷ひずみ（ $\varepsilon_{\text{TWIN}}$ ）は、水素チャージにより低下して

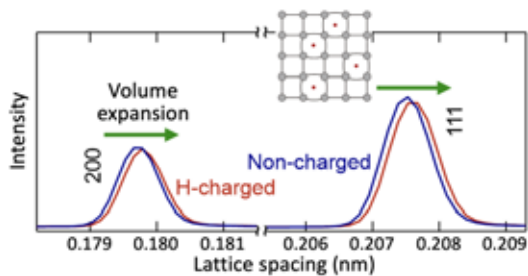


図4. SUS310S試験片の中性子回折パターン

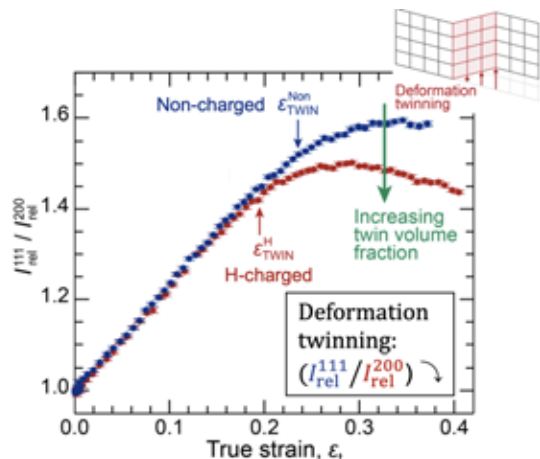


図5. 変形前の値で正規化した 111 および 200 回折ピークの相対積分強度比と、負荷ひずみとの関係

いた。すなわち、水素によって双晶の形成がより早期に始まることが示唆される。

双晶は転位の移動を抑制するため、さらなる加工硬化を引き起こし、均一伸びの改善にも貢献する。従来、水素は積層欠陥エネルギー（SFE）を低下させることで、双晶形成を直接的に促進すると考えられていた⁷⁾。しかし本研究における SFE や転位構造、双晶形成応力 (σ_{TWIN}) の定量評価の結果、水素による直接的な双晶形成促進効果は確認されなかった。むしろ、水素

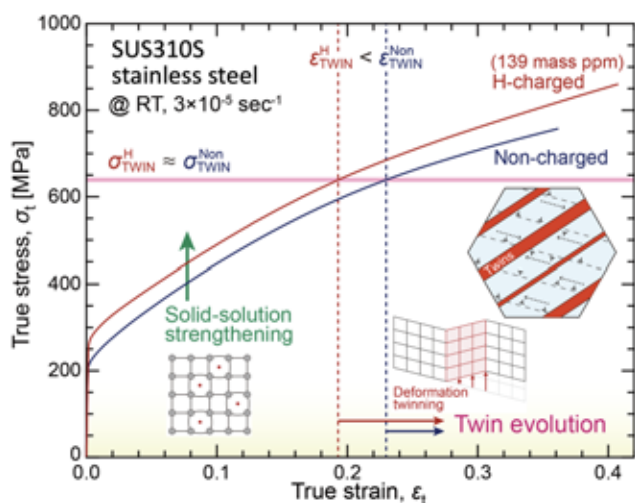


図6. 本研究で明らかとなった水素添加による SUS310S の強度・延性向上メカニズム

による固溶強化によって双晶形成に必要な負荷ひずみが低下し、間接的に双晶の発生を促進していることが明らかとなった。

まとめると、図6に示すように、水素チャージによって増加した流動応力が、双晶形成に必要な臨界応力への到達を早め、その結果として変形双晶の形成を促進し、加工硬化挙動および延性の向上につながることを示された。本研究は、水素が金属の強靱化に寄与する具体的なメカニズムを実証し、水素を積極的に活用した新たな材料設計の可能性を拓くものである。

低温変形挙動：超微細結晶粒を持つ純安定ステンレス鋼⁸⁾

極低温システムは、液化天然ガスタンク、超電導磁石、宇宙探査など、さまざまな産業分野で広く利用されている。これらの極低温環境下で壊滅的な事故を防ぐには、構造材料に高い降伏強さと靱性の両立が求められる。オーステナイト系ステンレス鋼（ASS）は、延性－脆性遷移を示さず、低温でも優れた機械的特性を持つため、SUS304 や SUS316 が長年にわたり使用されてきた。しかし、ASS は他の多くの合金に比べて降伏強さが低く、これは面心立方構造（FCC）における転位すべりの臨界分解せん断応力が温度に対して鈍感であるため、温度低下による強化効果が小さいことに起因する。

この課題に対して、結晶粒の微細化による粒界強化は有効な手法とされる。近年では、冷間加工と焼鈍処理の組み合わせにより、再結晶構造を持つ超微細粒（UFG: Ultrafine- Grained）ASS が簡便に得られることが明らかになっている。例えば、SUS304 では多段階の冷間圧延と焼鈍により、結晶粒径をサブミクロン

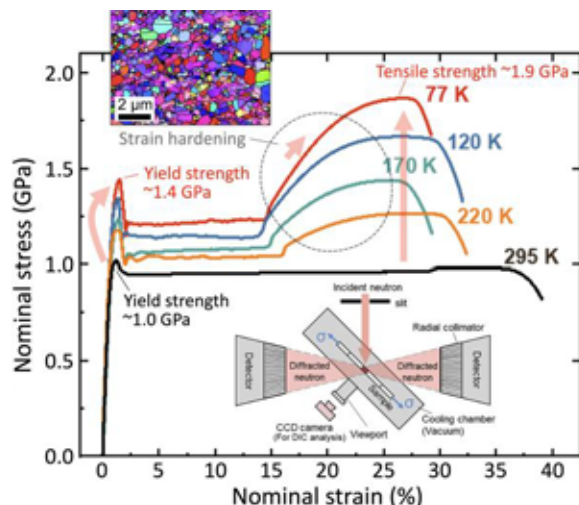


図7. 室温から77Kまでの温度範囲で引張変形させたUFG-SUS304の公称応力－ひずみ曲線

レベルにまで微細化でき、これは既存の製造ラインでも実現可能である。注目すべきは、通常UFG化された純金属（Alなど）や炭素鋼では加工硬化や均一伸びが失われる傾向にあるのに対し、UFG-SUS304は室温において高強度と大きな延性を両立する優れた特性を示す点である⁹⁾。そのため、UFG-SUS304は極低温環境に適した構造材料として期待されるが、その低温における機械的特性や変形メカニズムは十分に解明されていなかった。

本研究では、市販の304ステンレス鋼に二段階の冷間圧延と焼鈍処理を施し、粒径約0.35 μm のUFG-SUS304を作製した。そして、室温から77Kまでの温度範囲で引張試験を実施した結果、以下の知見が得られた（図7）：

- 降伏応力は1.0 GPaから最大1.4 GPaに向上。
- 破断伸びは低温でやや低下するが、77Kでも約25%の延性を維持。
- 220K以下では後半に加工硬化が進行し、77Kでは最大1.9 GPaに到達。

変形中の材料の応答を詳細に調べるため、中性子回折とデジタル画像相関（DIC）法によるその場解析を行った。中性子回折は、結晶構造、相分率や結晶欠陥の定量評価に有効であり、DICは試験片の局所的なひずみ分布を可視化できる。

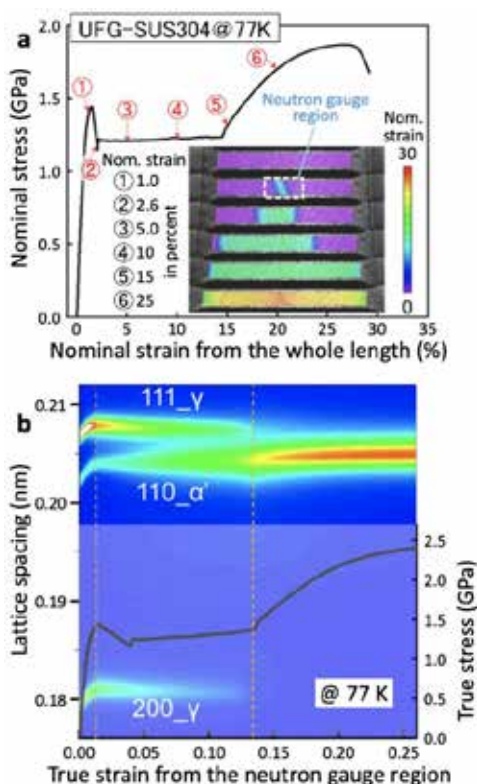


図8. a DICは試験片の局所的なひずみ分布。b 中性子照射領域内の真応力-ひずみ曲線および回折パターンの変化

図8aでは、DICにより77Kでの変形における局所的なひずみとその進行を明らかにした。局所的なひずみの発生と伝播を確認し、最終的には試験片全体に均一なひずみが分布した。また、図8bでは、中性子照射領域内のひずみに対して中性子回折データを整理することで、変形の進行に伴う回折パターンの変化が滑らかであることを確認した。

このような解析により、UFG-SUS304の変形挙動は室温と低温で顕著に異なることが明らかになった。室温では、弾性変形に続き、マルテンサイト変態と転位すべりによる塑性変形が同時に発生し、終盤まで継続するが、顕著な加工硬化は見られなかった。一方、77Kでは以下の4段階を経て変形が進行した（図9）：

- 弾性変形
- マルテンサイト変態（局所的に発生し、転位すべりを伴わずに進行）
- 残留オーステナイト相での塑性変形とマルテンサイト変態の併存
- オーステナイトの完全消失後、生成されたマルテンサイト相が最終変形を担う

このように、異なる変形機構が段階的に現れることで、UFG-SUS304は低温下でも高強度かつ高延性を維持することが明らかとなった。

通常の引張試験では得られないこれらの詳細な情報は、DICによる局所変形の可視化と、中性子回折による相変態・転位の定量評価によって初めて可能となった。両手法の併用により、UFG-SUS304の低温における変形メカニズムの全体像が初めて解明された。今後は、これらの知見をもとに、極低温環境下で使用される液化ガス設備、超伝導機器、宇宙探査機器などへの応用が期待される。

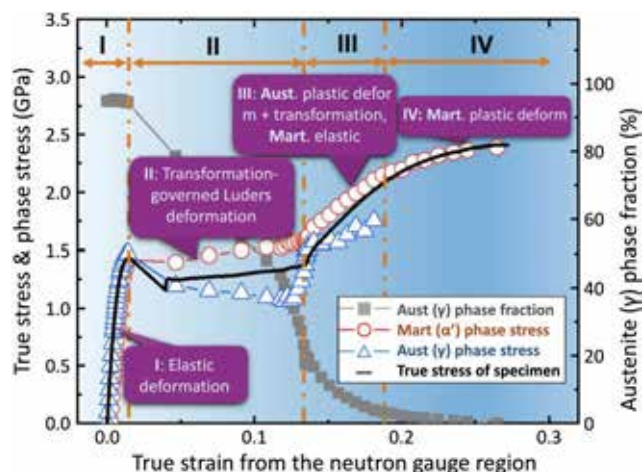


図9. UFG-SUS304の77 Kにおける変形メカニズム：4段階を経て変形が進行。母相：オーステナイト(γ)、生成相：マルテンサイト(α')

今後の展開

上記では、その場中性子回折法を用いて以下の研究成果を示した。すなわち、鉄鋼構造材料における熱履歴に伴う組織変化のメカニズム、水素を添加したステンレス鋼における変形に伴う強度および延性の向上メカニズム、そして結晶粒径を超微細化したステンレス鋼の低温変形メカニズムである。

変形メカニズムの解明には、強度を直接的に示す応力や格子ひずみの評価だけでなく、相分率、結晶構造変化、転位構造、集合組織といった詳細な組織情報の把握が不可欠である。現在では、降伏強度が1.5 GPaを超える金属材料の開発も進んでおり、それらは複雑なヘテロ構造を有し、変形中にも組織変化が生じる¹⁰⁾。そのため、その場中性子回折法がこれらの複雑な現象にどこまで対応できるかは、今後の重要な課題であると考えられる。

本稿では詳述しなかったが、その場中性子回折法に加え、走査型電子顕微鏡 (SEM) と電子後方散乱回折法 (EBSD) の併用、TEM や 3D-APT による組織観察、示差走査熱量測定 (DSC) など、多角的な材料評価が極めて重要である。特に、各手法から得られる結果を正しく解釈するためには、それらの補完的な利用が不可欠である。さらに、近年の機械学習の進展により、第一原理計算や分子動力学 (MD) 法などのシミュレーション技術の精度および効率が大幅に向上し、さまざまな物理現象を予測可能となってきた。今後、計算シミュレーションとその場中性子回折法を融合させた包括的な解析を行うことで、より幅広い構造材料の研究をカバーできると期待される。

本稿では、UFG-SUS304 の低温変形メカニズムを明らかにするために、その場中性子回折法と DIC を組み合わせたハイブリッド実験の成果を報告した。今後は、音響エミッション (AE) や電気抵抗測定などを併用したハイブリッド測定の重要性も高まると考えられる。たとえば、双晶形成や結晶構造変化の際に AE が発生¹¹⁾ し、また結晶欠陥の導入により電気抵抗に変化が現れることがある。加えて、組織形成と機械特性の発現機構をより深く理解するためには、小角散乱法やイメージング技術との連携による多角的評価も、今後ますます重要になると期待される。

謝辞

本稿は、J-PARC・TAKUMI グループのメンバー (川崎卓郎、ゴン・ウー、伊東達矢、原田剛、岩橋孝明、相澤一也) および共同研究者 (東北大学の張咏杰、中国東北大学のマオ・ウェンチ、大阪大学の山下享介など) との共同作業・研究によって得られた成果に基づいて執筆されたものであり、ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) S. Harjo, T. Ito, K. Aizawa, H. Arima, J. Abe, A. Moriai, T. Iwahashi, T. Kamiyama, *Materials Science Forum*, 681 (2011), 443-448.
- 2) Y. Zhang, K. Marusawa, K. Kudo, S. Morooka, S. Harjo, G. Miyamoto, T. Furuhashi, *ISIJ International*, 64 (2024), 245-256.
- 3) Z. Nishiyama: *Martensitic Transformation*, ed. by M. E. Fine, M. Meshii and C. M. Wayman, Academic Press, New York, (1978), 1.
- 4) T. Ito, Y. Ogawa, W. Gong, W. Mao, T. Kawasaki, K. Okada, A. Shibata, S. Harjo, *Acta Materialia*, 287 (2025) 120767.
- 5) H. Li, X. Cao, Y. Liu, Y. Shao, Z. Nan, L. Teng, W. Peng, J. Bian, *Energy Reports*, 8 (2022), 6258-6269.
- 6) Y. Ogawa, H. Hosoi, K. Tsuzaki, T. Redarce, O. Takakuwa, H. Matsunaga, *Acta Materialia*, 199 (2020), 181-192.
- 7) J.D. Hermida, A. Roviglione, *Scripta Materialia*, 39 (1998), 1145-1149.
- 8) W. Mao, S. Gao, W. Gong, T. Kawasaki, T. Ito, S. Harjo, N. Tsuji, *Acta Materialia* 278 (2024), 120233.
- 9) S. Gao, Y. Bai, R. Zheng, Y. Tian, W. Mao, A. Shibata, N. Tsuji, *Scripta Materialia*, 159 (2019), 28-32.
- 10) E. Ma, C. Liu, *Progress in Materials Science*, 143 (2024), 101252.
- 11) K. Máthis, D. Drozdenko, G. Németh, S. Harjo, W. Gong, K. Aizawa, M. Yamasaki, Y. Kawamura, *Frontiers in Materials* 6 (2019) 270.

2024年度量子ビームサイエンスフェスタを開催

2025年3月12日～14日に「2024年度量子ビームサイエンスフェスタ第16回MLFシンポジウム、第42回PFシンポジウム」が開催されました。

開催報告は KEK 物構研の HP
<https://www2.kek.jp/imss/news/2025/topics/0312qbsf/>
をご覧ください。

中村道治会長が理化学研究所・RANS-III を視察

中村道治 IUSNA 会長は、2025 年 5 月 19 日に理化学研究所・光量子工学研究センター（RAP）を訪問し、RANS-III（RANS：RIKEN Accelerator-driven compact neutron systems）を視察しました。日本中性子科学会の大竹淑恵会長より、可搬型中性子源システム「RANS-III」について説明を受けました。RANS-III は、小型中性子源システム自体を運搬・移動できる特徴を生かし、実際の橋梁点検への活用が可能であり、社会課題となっているインフラ老朽化対策

に向け、その実用化が期待されています。2024 年度に中性子計測機器のトレーラー搭載が完了し、今年度の新設した建屋にトレーラーを格納した状態で中性子発生試験と実サンプル測定試験が推進されています。

また、量子ビームの連携、人材育成、新規利用分野の開拓を含む学会の将来計画について、中村会長、大竹会長、杉山京都大学複合原子力科学研究所新試験研究炉開発・利用センター長、CROSS の野間氏が意見交換を行いました。



右から中村道治氏、野間敬氏、大竹淑恵氏、杉山正明氏、小室又洋

2024年度研究開発委員会を開催

2025年2月26日に研究開発委員会をハイブリッド開催しました。参加者は67名でした。久米研究開発委員長の趣旨説明後、事務局より2024年度研究会開催状況及び第2回合同会議議事録について報告がありました。次に金属材料研究会の佐々木宏和主査とイメージング研究会の原田久主査より合同実験の概要について説明があり、実験結果について活発に議論されました。また、将来ビジョン検討会を開催した電池材料研究会、金属材料研究会及びイメージング研究会の佐々木徹主査、佐々木宏和主査及び原田主査より

将来ビジョンの更新について説明されました。また、2025年度合同実験について有機・高分子材料研究会の大野主査より企画説明がありました。最後にCROSS中性子産業利用推進センターの小泉智副センター長が茨城県ビームライン(iBIX及びiMATERIA)の現状と第3期計画について説明し、茨城県ビームラインの方向性や役割などについて活発な議論がありました。小泉副センター長は、この議論を通じて今後のビームライン利用の方向性を明確にし、産業界との連携をさらに深化させていくことの重要性を強調しました。



久米研究開発委員長の趣旨説明



小泉 副センター長の講演

協議会の活動報告

◆中性子イメージング研究会の合同実験

2025年1月22日・23日に、JRR-3の熱中性子ラジオグラフィ装置TNRFにて合同実験が実施されました。この企画は、2024年8月23日に開催された中性子イメージング研究会で原田久主査が説明し、参加者を募集しました。本実験への参加資格は、中性子産業利用推進協議会の会員企業に所属していることです。新たに入会した2社を含めて5社が参加しました。中性子イメージング法の特徴を実測によって捉え、参加者にとって有意義な企画となりました。本実験の結果は令和7年度産業利用報告会でポスター発表される予定です。

◆中級者向け Z-Code 講習会

J-PARC センター、総合科学研究機構及び中性子産業利用推進協議会の主催、茨城県の後援で2025年2月4日から3月31日の期間にオンデマンド開催しました。講義では、回折結晶学の基礎を学ぶとともに、Z-Rietveldを用いた粉末回折データの解析手法について取り扱いました。さらに、Z-Rietveldのインストール方法や動作確認、入出力ファイルの作成について実習を行いました。実際に測定された各種結晶構造の回折データを用いて、より高度な解析手法の実習を通じて理解を深めていただきました。参加者は47名でした。

◆CBI研究機構 量子構造生命科学研究所 中性子産業利用推進協議会 生物・生体材料研究会 合同シンポジウム

CBI研究機構量子構造生命科学研究所、中性子産業利用推進協議会及び総合科学研究機構が主催し、J-PARC MLF 利用者懇談会の協賛、茨城県の後援で2025年3月5日にオンライン開催しました。さまざまな希少疾患に対して、構造生物学と融合させて、あるいは疾患の発症メカニズム新規解明に日々挑戦されている産業界、アカデミアの先生方に国内、米国、フランスより講演いただきました。参加者は72名でした。

◆液体・非晶質研究会

J-PARC MLF 利用者懇談会、総合科学研究機構、及び中性子産業利用推進協議会の主催、茨城県の後援で2025年3月15日にハイブリッド開催しました。中性子散乱ならではの測定手法について、基礎から最新の成果まで紹介されました。さらに、高い機能を有する非晶質材料の構造解析について、第一線の専門家の方々に講演いただきました。また、偏極中性子散乱研究に特化した非弾性散乱装置 POLANO について紹介いただきました。参加者は35名でした。

◆小角散乱く実験デザイン・解析>研究会

茨城県、総合科学研究機構及び中性子産業利用推進協議会の主催で2025年3月19日にハイブリッド開催しました。中性子線と相補的な計測技術を一つの研究会で勉強できるように企画されました。中性子線とX線との共通点、中性子線の特殊性などに触れながら、「X線に学ぶ」というテーマで放射光からラボX線の小角散乱についての最新情報に関する講演がありました。参加者は110名でした。

◆中性子構造生物学研究会

J-PARC MLF 利用者懇談会 生命物質分科会（構造生物学研究会）、総合科学研究機構及び中性子産業利用推進協議会の主催、CBI研究機構量子構造生命科学研究所の協賛ならびに茨城県の後援で2025年4月22日にオンライン開催しました。「抗体医薬品の構造・物性・機能解析の最前線」をテーマに抗体分子の構造・機能・動態・物性に関する研究会が企画され、AlphaFold に代表される AI と生物情報学によってもたらされたタンパク質科学の新時代において、構造生物学の将来への展望について活発な議論が交わされました。参加者は117名でした。

新会員企業の紹介

株式会社リガクが4月1日に、旭カーボン株式会社が4月16日に、株式会社レゾナックが5月23日

に、ナミックス株式会社が6月5日に入会しました。会員数は6月5日現在で52社3研究機関となりました。

J-JOINの取り組み

総合科学研究機構
野間 敬

J-JOINとは中性子の利用が可能な大型施設であるJ-PARCとJRR-3が組織の壁を越えて連携する仕組みです。私は事務局に参加してその立上げと運営に携わってきました。J-JOINのこれまでの取り組みと今後の展望について述べたいと思います。

1. J-PARC JOINの設立

2020年J-PARCにおける中性子・ミュオンの産業利用を推進するためJ-PARCに関わる4機関(JAEA、

KEK、CROSS、茨城県)が協力し、J-PARC JOINを設立しました。その際、中性子産業利用推進協議会(IUSNA)も産業界の利用者の立場でJ-PARC JOINの議論に加わりました。JOINとはJoint Office for Innovationの略語です。これは当時J-PARCを兼任されていたJAEAの鈴木裕士さんが発案したものです。多くの機関が参加することで意味を持つ仕組みの名称としてぴったりだと思います。我々はJ-PARC JOINをJ-PARCにおける中性子・ミュオンの産業利用の司令塔と位置付け、J-PARCの利用相談の実施や産業利用成果の発信を開始しました。

2. J-JOINの設立

2021年1月 IUSNAからの強い要望により、J-PARCとJRR-3の利用相談窓口を一元化することになりました。これは同年2月からJRR-3が10年ぶりに運転を再開することが決まり、中性子の利用者がJ-PARCとJRR-3のどちらを使ったら良いか迷う場面が想定されたからです。同年8月、JRR-3に関わる機関が参加して、J-JOINとして再スタートを切りました。それまではJ-PARCの産学連携の窓口だったものを、この時にJ-PARCとJRR-3利用者のための一元的窓口と再定義しました。J-JOINは正式な組織ではありませんがJAEA、KEK、CROSS、茨城県、東大物性研、QSTの6機関が参加する枠組みです。参加機関の代表者が議論する場を定期的に設けています。またIUSNAを通じて産業界ともつながっています。

3. J-JOINのミッション

J-JOINの目的は参加機関が協力し、J-PARCとJRR-3利用者のために様々な施策を実施することです。そのために以下の三つのミッションを設定しました。

- ①中性子・ミュオン利用者のための一元的窓口としてポータルサイトを開設し運営する。
- ②技術相談を受け付けて課題解決に導く研究者・連携先を紹介する。
- ③1年に1回 中性子産業利用報告会を企画し開催する。

これらの現在の遂行状況は以下のとおりです。

- ①中性子・ミュオンポータルサイトを開設し利用者にとって有用な情報を発信しています。
- ②ポータルサイトで技術相談を受けており、一部J-PARCやJRR-3での測定につながっています。
- ③中性子産業利用報告会を毎年7月に開催しています。今年は7月17日－18日に開催予定です。

4. J-JOINの課題

前にも述べたようにJ-JOINは正式な組織ではありません。その活動は参加各機関のボランティアによって支えられています。彼らの役割に変更があると引継ぎが難しい場合があります。継続するため、持続可能な体制を作ることが課題です。もう一つの課題はポータルサイトの存在がまだ世の中にあまり知られていないことです。ポータルサイトを改善し知名度を上げたいと考えています。

5. 今後の展望

J-JOINのビジョンは産学官の異業種・異分野の人材が集い、新しい連携を創出する場を提供することです。現在もっと多くの機関に参加していただくことを模索しています。オンライン会議が一般化して距離の壁は無くなりました。例えば小型中性子源施設、放射光施設などにつながる事が出来れば、利用者にとって便利になります。現在我々は国内の量子ビーム施設をつなぐ「量子ビームゲートウェイ」を検討しています。これが実現して連携が広がることを願っています。

施設からのお知らせ

◆ J-PARC MLF

4月17日～5月8日に2025B期の一般課題（短期、1年）、4月17日～6月13日に産業利用促進課題の公募を実施しました。

一般課題（短期、1年）の申請数は115件（中性子 98件、ミュオン 6件）、このうち企業からの申請数は6件（すべて中性子）でした。

2025B期の利用運転期間が2026年2月～3月と通常より短くなっています。詳しくはMLFホームページをご参照ください。

<https://mlfinfo.jp/ja/user/proposals/>

◆ JRR-3

2025年度の供用運転中は、4月14日から始まっています。今年度は、11月14日まで連続して7サイクルの運転を行い、その後、定期事業者検査期間となります。

2025年度の第2回施設供用の課題募集（追加募集）については、課題審査を実施しているところです。また、令和8年度の定期課題の募集を11月に予定しております。

運転状況はじめ関連情報等は、JRR-3 ユーザーズオフィスのホームページをご参照下さい。

<https://jrr3uo.jaea.go.jp/index.htm>

◆ 茨城県ビームライン

産業利用課題を常時公募しております。

希望する実験時期の公募スケジュールをご確認いただき（希望する実験時期により締め切りが異なります）、募集要項をお読みの上、ご応募ください。

直近は令和7年度第3回募集（11、12月に実験

実施予定）で締切は令和7年9月16日(火)12:00です。

詳細は茨城県ビームラインのウェブサイト

https://www.pref.ibaraki.jp/sangyo/kagaku/tyusei/procedure_industrial_use.html

をご覧ください。

今後の行事予定

日時	会議名	場所	その他
2025年 7月2日 ～4日	PAQMAN(Polarisation Analysed QENS: Modelling and data ANalysis)	Sola Strand Hotel (Norway)	https://indico.uis.no/event/52/
7月6日 ～10日	ICNS2025	Bella Center (Denmark)	https://www.icns2025.dk/
7月11日	Advanced computer simulations methods for neutron scattering instruments	Technical University of Denmark	https://indico.ess.eu/event/3718/
7月13日 ～18日	International Symposium on Metallic Multilayers (MML2025)	University of Leeds (UK)	https://iop.eventsair.com/mml2025
7月17日	中性子産業利用推進協議会2025年度総会	秋葉原コンベンションホール(東京)	https://j-neutron.com/posts/activity64.html
7月17日 ～18日	令和7年度中性子産業利用報告会	秋葉原コンベンションホール(東京)	https://neutron.cross.or.jp/ja/events/25071718
7月20日 ～25日	The 16th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (μ SR2025)	St. John's Newfoundland (Canada)	https://indico.triumf.ca/event/537/
7月28日 ～31日	MLZ Conference 2025: Neutrons for Fusion and Nuclear Applications	Conference House Fürstenried Palace (Germany)	https://indico.frm2.tum.de/event/540/
7月31日 ～8月1日	31 st Center for High Resolution Neutron Scattering (CHRNS) "Summer School on Methods and Applications of Neutron Spectroscopy"	NIST Center for Neutron Research (USA)	https://www.nist.gov/ncnr/chrns/education-and-outreach/chrns-summer-school-neutron-scattering
8月20日 ～21日	中性子イメージング研究会	新橋ビジネスフォーラム	https://j-neutron.com/posts/activity65.html
9月9日 ～12日	Neutron4: Heritage Science	Bosco Chiesanuova (Italy)	https://www.sisn.it/neutron4/
9月22日 ～25日	International Conference on IMAGING25	University of Milano-Bicocca and Varenna: (Italy)	https://www.icpc.it/imaging/imaging/
10月7日 ～9日	JCMS Workshop 2025 Trends and Perspectives in Neutron Scattering: Quantum Materials, Theory and Experiments	Tutzing (Germany)	https://iffindico.fz-juelich.de/event/20/
10月15日 ～16日	初級Z-Code講習会	航空会館ビジネスフォーラム	
10月21日 ～24日	Design and Engineering of Neutron Instruments Meeting (DENIM XIV)	Maison MINATEC (France)	https://workshops.ill.fr/event/484/page/771-denim-xiv-meeting
10月27日 ～31日	Munich Quantum Matter Days	Institute of Advanced Studies (Germany)	https://indico.frm2.tum.de/event/539/

※URLをコピーするときは、スペース、改行記号を削除してください

◆リンクのご案内

中性子・ミュオン利用ポータルサイト J-JOIN : <https://jrr3ring.jaea.go.jp/jjoin/>
J-PARC : <https://j-parc.jp/c/index.html>
J-PARAC MLF (Meet @ MLF) : <https://mlfinfo.jp/ja/>
J-PARAC MLF (Meet @ MLF)パンフレット : <https://mlfinfo.jp/ja/reports/published.html>
J-PARC センターユーズオフィス : <https://is.j-parc.jp/uo/ja/index.html>
茨城県中性子ビームライン : <https://www.pref.ibaraki.jp/sangyo/kagaku/tyusei/bl-top.html>
J-PARC MLF 成果検索 : <https://mlfinfo.jp/ja/publications.html>

JRR-3 : <https://jrr3.jaea.go.jp/>
JRR-3 Twitter : https://twitter.com/JAEA_JRR3
JRR-3 ユーザーズオフィス : <https://jrr3uo.jaea.go.jp/>
(一財)総合科学研究機構(CROSS)中性子科学センター : <https://neutron.cross.or.jp/ja/>
J-PARC MLF 利用者懇談会 : <https://is.j-parc.jp/MLFuser/>
いばらき量子線利活用協議会 : <https://www.ibaraki-quantum.com/>

日本中性子科学会 : <https://www.jsns.net/>
日本中性子科学会「国内の中性子実験施設」 : <https://www.jsns.net/facilities/>
日本中間子科学会 : <http://jmeson.org/>

季報「四季」編集委員会

委員長 杉山 純(CROSS)

委員 勅使河原 誠(J-PARC)、佐野 亜沙美(J-PARC)、水沢 多鶴子(CROSS)、
坂本 直紀(旭化成)、佐々木 宏和(古河電工)

事務局 小室 又洋、綿引 美知枝(中性子産業利用推進協議会)

※「四季」のバックナンバーは下記のサイトでご覧いただくことができます : <https://j-neutron.com/siki.html>

中性子産業利用推進協議会(IUSNA) 季報「四季」【25年・夏】Vol.67

発行日 2025年6月25日

発行元 中性子産業利用推進協議会

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方162-1 いばらき量子ビーム研究センター D201

TEL:029-352-3934 FAX:029-352-3935 E-mail:info@j-neutron.com

<https://j-neutron.com/> (2022年2月1日よりURLを変更しました)

本誌掲載物の著作権は著者が保有します。本誌の複写、転載等に際しては著者の許可が必要です。