

第2回 MLFシンポジウム 講演概要集

2011年1月17日(月)～18日(火)

高エネルギー加速器研究機構 小林ホール



第2回 MLF シンポジウム講演概要集

主催：J-PARC センター (JAEA&KEK),
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

共催：茨城県、MLF 利用者懇談会、中性子産業利用推進協議会

協賛：日本中性子科学会, 日本中間子科学会, 日本物理学会, 日本結晶学会, 日本化学会,
日本原子力学会, 応用物理学会, 高分子学会, 日本金属学会, 日本生物物理学会,
日本磁気学会, 日本鉄鋼協会, 日本表面科学会, 日本地球惑星科学連合, 日本高圧力
学会, 日本機械学会, 茨城県中性子利用促進研究会

第2回 MLF シンポジウム概要

会期：2011年1月17日（月）～1月18日（火）

会場：高エネルギー加速器研究機構 小林ホール（茨城県つくば市大穂 1-1）

主催：J-PARC センター（JAEA&KEK），
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

共催：茨城県、MLF 利用者懇談会、中性子産業利用推進協議会

協賛：日本中性子科学会，日本中間子科学会，日本物理学会，日本結晶学会，日本化学会，日本原子力学会，応用物理学会，高分子学会，日本金属学会，日本生物物理学会，日本磁気学会，日本鉄鋼協会，日本表面科学会，日本地球惑星科学連合，日本高圧力学会，日本機械学会，茨城県中性子利用促進研究会

シンポジウム議長：

新井 正敏（J-PARC センター MLF ディビジョン長）

池田 進（物質構造科学研究所 副所長）

開催趣旨

J-PARC 物質・生命科学実験施設では、2009年11月より陽子ビームパワーが100kWとなり、世界最強レベルのパルス中性子およびパルスミュオンによる利用研究が進展している。

本シンポジウムでは、これらの利用研究の成果並びに装置開発や施設の現状を紹介し、新たな利用研究の展開を図るとともに、施設とユーザー間の相互理解を進めることを目的とする。

口頭講演

- ・会場では、PC及び液晶プロジェクターをご利用できます。講演用の電子ファイルを事前にMLFシンポジウム事務局にお送り頂くか、講演セッションの開始前までに会場のPCにコピーして下さい。なお、OHPプロジェクターはご利用できませんので、ご注意ください。
- ・講演時間はプログラムをご参照ください。各講演には3分から5分の質問時間と、発表者の入れ替えのための時間も含まれますので、ご注意ください。

ポスター発表

- ・1月17日（月）17:00～19:00に行われます。ポスターの展示は17日午後から会議終了時まで可能です。
- ・1展示につき、縦1,800mm×横1,200mmの大きさで展示を行って下さい。
- ・ポスター形式に特に制限はありませんが、発表タイトル、発表者氏名、所属等の情報はポスター内に必ず含めて下さい。

懇親会

日時：2011年1月17日(月) 19:00～21:00

会場：研究本館 小林ホール前ラウンジ

形式：立食

懇親会費：5,000円(一般)、3,000円(学生)

昼食

- ・ KEK 内食堂の食券を用意しますので、事前にお申し込み下さい。
- ・ 食券代：1食 600円(1月17日、1月18日)

受付

- ・ 受付は研究本館 1F 小林ホール前に設けられます。
- ・ 事前登録および懇親会費、食券代を事前にお支払い頂いた方は、受付で名札、講演概要集、食券等お受け取り下さい。
- ・ 事前登録およびお支払いがお済みでない方は、受付で当日お手続き下さい。

会議録

シンポジウム終了後の会議録収録は行わないため、発表スライド等は Web をご覧下さい。

MLF シンポジウム組織委員会

共同組織委員長：新井 正敏、池田 進

幹事：下村 浩一郎、勅使河原 誠、中村 充孝、鈴木 淳市、大友 季哉

プログラム：瀬戸 秀紀(委員長)、鈴木 淳市、前川 藤夫、坂佐井 馨、内海 渉、
梶本 亮一、髭本 亘、下村 浩一郎

会場：神山 崇 他

広報：小嶋 健児、中島 健次 他

会議録：勅使河原 誠、中村 充孝

茨城県関係：林 眞琴 他

MLF 利用者懇談会関係：林 眞琴

オブザーバー：池田 裕二郎、加倉井 和久

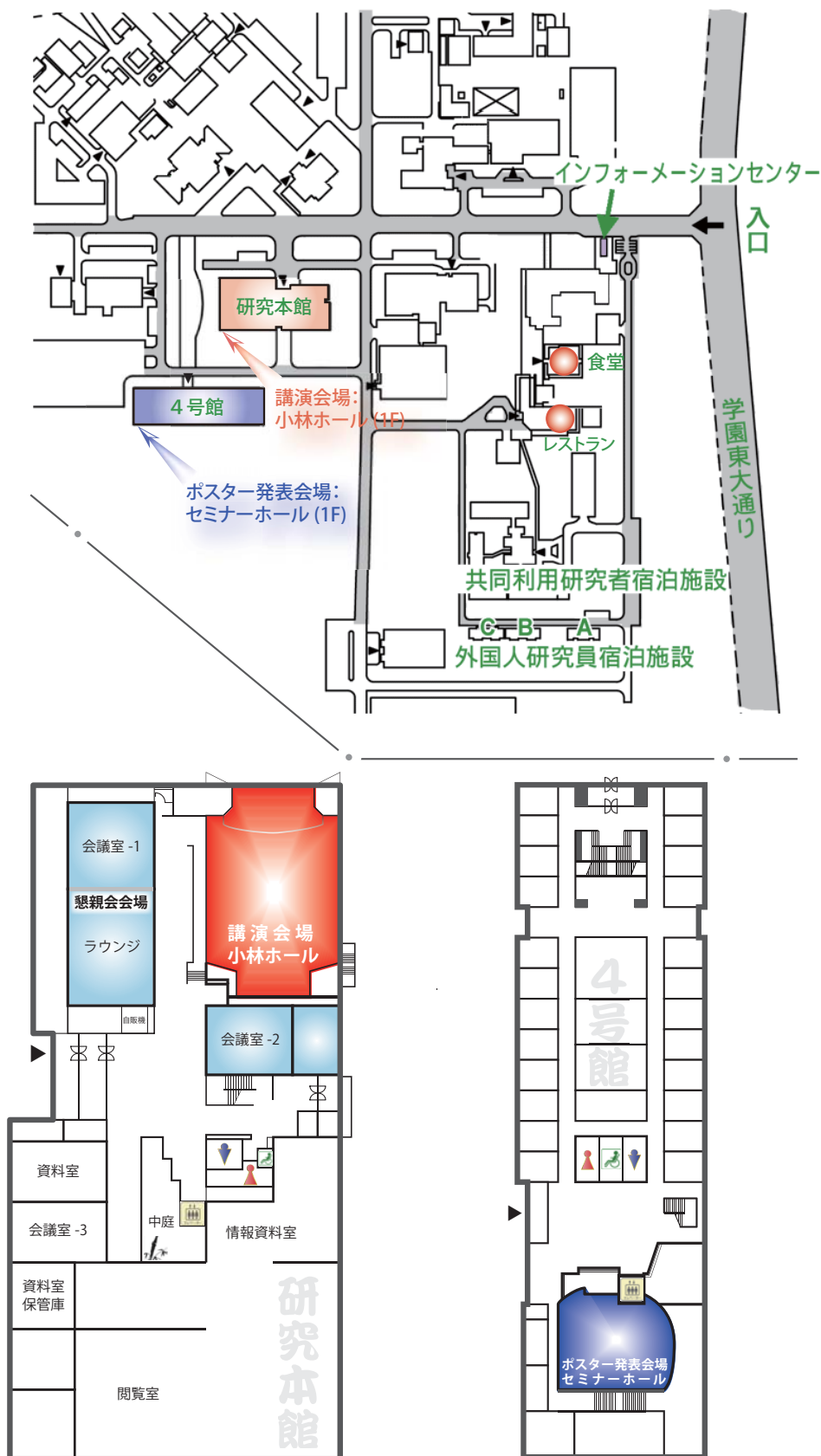
MLF シンポジウムに関する問い合わせ

MLF シンポジウム事務局 (MLFsympo@ml.j-parc.jp)

URL：<http://j-parc.jp/MatLife/ja/meetings/MLFsympo/index.html>

KEK 内会場配置図

講演会は研究本館 小林ホール、ポスターセッションは4号館 セミナーホール、懇親会は研究本館 ラウンジ（小林ホール前）にて開催します。



MLF シンポジウム（つくば駅～会場間）送迎バス時刻表

- ・ 無料バスはつくば駅前（下図参照）に発着します。
- ・ バスの運行には多少の遅延が見込まれます。

<無料バス時刻表>

1月17日		1月18日	
09:00	つくば駅前 Right-on 脇 → KEK	08:00	つくば駅前 Right-on 脇 → KEK
21:00	KEK → つくば駅	19:00	KEK → つくば駅



第2回 MLF シンポジウムプログラム

1月17日	
9:30	受付開始
開会式	
10:00	開会挨拶 新井正敏 共同議長 (J-PARC センター 物質・生命科学ディビジョン長)
10:05	来賓挨拶 藤吉尚之 (文部科学省 量子放射線研究推進室 室長)
10:10	挨拶 永宮正治 (J-PARC センター長)
10:15	挨拶 下村 理 (高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 所長)
10:20	挨拶 横溝英明 (日本原子力研究開発機構 理事)
報 告	
10:30	MLF 施設報告 (30分) 新井正敏 (J-PARC センター 物質・生命科学ディビジョン長)
11:00	中性子源セクション報告 (15分) 二川正敏 (J-PARC センター セクションリーダー)
11:15	中性子利用セクション報告 (30分) 神山 崇 (J-PARC センター セクションリーダー)
11:45	中性子基盤セクション報告 (10分) 曾山和彦 (J-PARC センター セクションリーダー)
11:55	ミュオンセクション報告 (20分) 三宅康博 (J-PARC センター セクションリーダー)
12:15	加速器報告 (25分) 長谷川和男 (J-PARC センター セクションリーダー)
12:40	昼食
セッション1 (中性子利用1)	
13:45	O 1-1 「中性子反射率測定による高分子薄膜のガラス転移温度」 (20分) 井上倫太郎 (京都大学)
14:05	O 1-2 「偏極パルス中性子を用いた磁気イメージング法の開発」 (20分) 篠原武尚 (J-PARC センター)

14:25	O 1-3 「工業用構造材料の引張圧縮繰り返し変形中その場中性子回折」 友田陽（茨城大学）	(20 分)
14:45	コーヒーブレイク	
セッション 2（産業利用）		
15:00	O 2-1 「固体酸化物形燃料電池用ガレイト系固体電解質およびリチウムイオン電池用層状正極材料の結晶構造解析」 井手本 康（東京理科大学）	(25 分)
15:25	O 2-2 「自動車エンジン用ピストンの残留応力評価」 平野辰巳（日立製作所）	(25 分)
15:50	O 2-3 「リボヌークレアーゼ A の構造解析」 日下勝弘（茨城大学）	(25 分)
16:15	O 2-4 「不凍タンパク結晶の構造解析」 BL03 大原高志（日本原子力研究開発機構）	(25 分)
16:40	写真撮影	
17:00	ポスターセッション	
19:00	懇親会 会場：研究本館ラウンジ（小林ホール前）	
21:00	懇親会終了	

1月18日

セッション 3（中性子利用 2）

9:00	O 3-1 「Magnetic Ordering and Spin Canting in Three-Dimensional Non-Planar Square Antiferromagnetic Networks of Equilateral $S=1/2$ Triangles: $\{[\text{Cu}(\text{II})_3(\text{trz})_3(\mu_3\text{-OH})\text{X}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}\}_n$ ($X = \text{Cl}, \text{Br}, 0.5\text{SO}_4, \text{ and } 0.5\text{SeO}_4$)」 武田定（北海道大学）	(20 分)
9:20	O 3-2 「四季分光器による $\text{La}_2\text{CoO}_{4.24}$ の磁気励起の測定」 中島健次（J-PARC センター）	(20 分)
9:40	O 3-3 「鉄系超伝導体の非弾性中性子散乱」 石角元志（日本原子力研究開発機構）	(20 分)

10:00	O 3-4 「中性子と X 線の回折による疎水性微小空間中の水分子集団の構造解明」 飯山拓 (信州大学)	(20 分)
10:20	O 3-5 「量子スピン系 (CuCl)LaB ₂ O ₇ (B=Nb,Ta) の磁気励起」 河村聖子 (J-PARC センター)	(20 分)
10:40	コーヒーブレイク	

セッション 4 (基盤&中性子源)

11:00	O 4-1 「高出力化へ向けた水銀ターゲット開発の現状」 羽賀勝洋 (J-PARC センター)	(20 分)
11:20	O 4-2 「IMW 運転に向けた陽子ビームコミッショニング」 明午伸一郎 (J-PARC センター)	(20 分)
11:40	O 4-3 「シンチレータを用いた大面積中性子検出器の開発」 中村龍也 (J-PARC センター)	(20 分)
12:00	O 4-4 「高性能非球面スーパーミラーの開発」 山崎大 (J-PARC センター)	(20 分)
12:20	O 4-5 「J-PARC における偏極 ³ He 中性子スピンフィルターの開発」 吉良弘 (J-PARC センター)	(20 分)
12:40	昼食	

セッション 5 (ミュオン)

14:00	O 5-1 「新規ミュオンビームライン」 河村成肇 (KEK 物質構造科学研究所 /J-PARC センター)	(20 分)
14:20	O 5-2 「超低速ミュオン顕微鏡が拓く物質・生命・素粒子科学のフロンティア」 鳥養映子 (山梨大学)	(20 分)
14:40	O 5-3 「低速ミュオンラインにおける科学」 幸田章宏 (KEK 物質構造科学研究所 /J-PARC センター) / 髭本亘 (JAEA 先端基礎研究センター /J-PARC センター)	(15 分)
14:55	O 5-4 「μSR からみた La 系高温超伝導体における Cu スピン相関に対する磁性・ 非磁性・静電不純物置換効果」 足立匡 (東北大学)	(15 分)

15:10	O 5-5 「酸化窒素分子に対するミュオン捕獲における分子効果」 二宮和彦 (JAEA 先端基礎研究センター /J-PARC センター)	(15 分)
15:25	O 5-6 「 μ SR による層状イリジウム酸化物の磁性と電子状態」 岡部博孝 (物質・材料研究機構)	(15 分)
15:40	コーヒーブレイク	
セッション 6 (中性子利用 3)		
16:00	O 6-1 「高強度全散乱装置 (NOVA) の性能評価」 大友季哉 (KEK 物質構造科学研究所 /J-PARC センター)	(20 分)
16:20	O 6-2 「匠における高圧中性子回折実験の成果と展望」 小松一生 (東京大学)	(20 分)
特別講演		
16:40	S-1 【特別講演】 福山秀敏 (東京理科大学)	(30 分)
17:10	MLF への要望	
18:00	終わりの挨拶 池田進 共同議長 (KEK 物質構造科学研究所 副所長)	

講演一覧

【Oral Presentations】

S-1

特別講演..... 3

福山 秀敏^{1*}
東京理科大学¹

O 1-1

中性子反射率測定による高分子薄膜のガラス転移温度..... 4

井上倫太郎^{1*}, 金谷利治¹, 西田幸次¹, 山田悟史²
京都大学 化学研究所¹, 高エネルギー加速器研究機構²

O 1-2

偏極パルス中性子を用いた磁気イメージング法の開発..... 5

篠原武尚^{1*}, 酒井健二¹, 甲斐哲也¹, 大井元貴¹, 鈴木淳市¹, 高田慎一¹, 原田正英¹,
及川健一¹, 前川藤夫¹, 相澤一也¹, 新井正敏¹, 鬼柳善明²
日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹, 北海道大学 大学院工学研究院²

O 1-3

工業用構造材料の引張圧縮繰り返し変形中その場中性子回折..... 6

友田 陽^{1*}, 内藤大幹¹, 米川竜士¹, S. Harjo², 伊藤 崇芳²
茨城大学 理工学研究科¹, J-PARC センター 日本原子力研究開発機構²

O 2-1

固体酸化物形燃料電池用ガレイト系固体電解質およびリチウムイオン電池用層状正極材料の
結晶構造解析..... 7

井手本 康^{1*}, 北村尚斗¹, 石垣徹²
東京理科大学 理工学部¹, 茨城大学²

O 2-2

自動車エンジン用ピストンの残留応力評価..... 8

平野辰巳^{1*}, 日高貴志夫¹, 高松大郊¹, 高橋智一², 宍戸圭太郎², 佐々木正登², 川島裕一³
日立製作所日立研究所¹, 日立オートモティブシステムズ², 日立協和エンジニアリング³

O 2-3

リボヌークレアーゼ A の構造解析..... 9

日下 勝弘^{1*}
茨城大学 フロンティア応用原子科学研究センター¹

O 2-4

不凍タンパク結晶の構造解析..... 10

大原 高志^{1*}
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門¹

○ 3-1		
	Magnetic Ordering and Spin Canting in Three-Dimensional Non-Planar Square Antiferromagnetic Networks of Equilateral $S=1/2$ Triangles: $\{[\text{Cu}(\text{II})_3(\text{trz})_3(\mu_3\text{-OH})\text{X}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}] 2\text{H}_2\text{O}\}_n$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, 0.5\text{SO}_4$, and 0.5SeO_4)	11
	Tetsuya Yamada ¹ , Goro Maruta ¹ , and Sadamu Takeda ^{1*} Department of Chemistry, Faculty of Science and Graduate School of Science, Hokkaido University ¹	
○ 3-2		
	四季分光器による $\text{La}_2\text{CoO}_{4.24}$ の磁気励起の測定	12
	中島健次 ^{1*} , 梶本亮一 ¹ , 中村充孝 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 堀金和正 ² , 平賀晴弘 ³ , 山田和芳 ² , 新井正敏 ¹ <i>J-PARC</i> センター ¹ , 東北大学 <i>WPI</i> 機構 ² , 東北大学金研 ³	
○ 3-3		
	鉄系超伝導体の非弾性中性子散乱	13
	石角元志 ^{1,2,5*} , 永井佑紀 ^{1,5} , 樹神克明 ^{1,5} , 梶本亮一 ^{1,5} , 中村充孝 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 水野文夫 ^{3,1} , 脇本秀一 ^{1,5} , 中村博樹 ^{1,5} , 町田昌彦 ^{1,5} , 鈴木雄大 ^{4,5} , 白井秀知 ^{4,5} , 黒木和彦 ^{4,5} , 伊豫 彰 ^{2,5} , 永崎 洋 ^{2,5} , 新井正敏 ^{1,3,5} , 社本真一 ^{1,5} 原子力機構 ¹ , 産総研 ² , 東北大理 ³ , 電通大 ⁴ , <i>JST-TRIP</i> ⁵	
○ 3-4		
	中性子と X 線の回折による疎水性微小空間中の水分子集団の構造解明	14
	飯山拓 ^{1*} , 藤崎 布美佳 ¹ , 二村 竜祐 ¹ , 浜崎 亜富 ¹ , 尾関 寿美男 ¹ , 星川晃範 ² , 石垣徹 ² 信州大学 理学部 ¹ , 茨城大学 フロンティア応用原子科学研機構 ²	
○ 3-5		
	量子スピノン系 $(\text{CuCl})\text{LaB}_2\text{O}_7$ ($B = \text{Nb}, \text{Ta}$) の磁気励起	16
	河村聖子 ^{1*} , 中島健次 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 辻本吉廣 ² , 北田敦 ³ , 竹入史隆 ³ , 陰山洋 ³ , 網代芳民 ³ , 西正和 ⁴ , 加倉井和久 ⁵ <i>J-PARC</i> センター ¹ , 物質・材料研究機構 ² , 京都大学 ³ , 東京大学物性研究所 ⁴ , 日本原子力研究開発機構 ⁵	
○ 4-1		
	高出力化へ向けた水銀ターゲット開発の現状	17
	羽賀勝洋 ^{1*} , 粉川広行 ¹ , 涌井隆 ¹ , 井田真 ¹ , 直江崇 ¹ , 花野耕平 ¹ , 鹿又研一 ¹ , 二川正敏 ¹ 日本原子力研究開発機構 ¹	
○ 4-2		
	1MW 運転に向けた陽子ビームコミッショニング	18
	明午伸一郎 ^{1*} <i>J-PARC</i> センター 日本原子力研究開発機構 ¹	
○ 4-3		
	シンチレータを用いた大面積中性子検出器の開発	19
	中村 龍也 ^{1*} , 川崎卓郎 ¹ , 藤健太郎 ¹ , 坂佐井馨 ¹ , 海老根守澄 ² , 美留町厚 ² , 曾山和彦 ¹ , 片桐政樹 ³ , 山岸秀志 ³ , 細谷孝明 ⁴ 日本原子力研究開発機構 <i>J-PARC</i> センター ¹ , 日本原子力研究開発機構 工作技術課 ² , 日本アドバンステクノロジー ³ , 茨城大学 工学部 ⁴	

○ 4-4	
高性能非球面スーパーミラーの開発.....	20
	山崎 大 ^{1*} , 丸山龍治 ¹ , 林田洋寿 ¹ , 曾山和彦 ¹ , 永野幹典 ² , 山家史也 ² , 山村和也 ² 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター ¹ , 大阪大学 大学院工学研究科 超精密科学研究センター ²
○ 4-5	
J-PARC における偏極 ³ He 中性子スピフィルターの開発.....	21
	吉良弘 ^{1*} , 坂口佳史 ² , 奥隆之 ¹ , 酒井健二 ¹ , 鈴木純市 ¹ , 新井正敏 ¹ , 加倉井和久 ² , 遠藤康夫 ² , 有本靖 ³ , 猪野隆 ³ , 清水裕彦 ³ , 堤健之 ⁴ , 平賀晴弘 ⁴ , 大山研司 ⁴ , 山田和芳 ⁵ , L-J.Chang ^{2,6,7} J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ¹ , 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 ² , 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 ³ , 東北大学 金属材料研究所 ⁴ , 東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 ⁵ , 成功大学(台湾) ⁶ , 清華大学(台湾) ⁷
○ 5-1	
新規ミュオンビームライン.....	22
	河村 成肇 ^{1,2*} , ミュオンセクション ^{1,2} J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ²
○ 5-2	
超低速ミュオン顕微鏡が拓く物質・生命・素粒子科学のフロンティア.....	23
	鳥養映子 ^{1*} , 三宅康博 ² , 門野良典 ² , 岩崎雅彦 ³ , 髭本亘 ⁴ 山梨大学 大学院医学工学総合研究部 ¹ , 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 ² , 理化学研究所 仁科加速器研究センター ³ , 日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター ⁴
○ 5-3	
低速ミュオンラインにおける科学.....	24
	幸田章宏 ^{1*} , 髭本亘 ² J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 ¹ , J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター ²
○ 5-4	
μSR からみた La 系高温超伝導体における Cu スピン相関に対する磁性・非磁性・静電不純物置換効果.....	25
	足立匡 ^{1*} , 鈴木謙介 ¹ , 田邊洋一 ¹ , 沖直樹 ¹ , 小池洋二 ¹ , リスディアナ ² , 渡邊功雄 ² , 幸田章宏 ³ , 髭本亘 ⁴ 東北大学 大学院工学研究科応用物理学専攻 ¹ , 理化学研究所 仁科加速器研究センター ² , J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ³ , J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ⁴
○ 5-5	
酸化窒素分子に対するミュオン捕獲における分子効果.....	27
	二宮和彦 ^{1*} , 伊藤孝 ¹ , 髭本亘 ¹ , Patrick Strasser ² , 河村成肇 ² , 下村浩一郎 ² , 三宅康博 ² , 三浦太一 ² , 喜多真琴 ³ , 篠原厚 ³ , 長友傑 ⁴ , 久保謙哉 ⁴ 日本原子力研究開発機構 ¹ , 高エネルギー加速器研究機構 ² , 大阪大学 ³ , 国際基督教大学 ⁴

○ 5-6	
μSR による層状イリジウム酸化物の磁性と電子状態	28
	岡部博孝 ^{1,4*} , 磯部雅朗 ¹ , 室町英治 ¹ , 幸田章宏 ^{2,3} , 竹下聡史 ² , 平石雅俊 ³ , 宮崎正範 ³ , 門野良典 ^{2,3} , 三宅康博 ^{2,3} , 秋光純 ⁴ 物質・材料研究機構 超伝導材料センター ¹ , 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 ² , 総合研究大学院大学 ³ , 青山学院大学 理工学部 ⁴
○ 6-1	
高強度全散乱装置 (NOVA) の性能評価	29
	大友季哉 ^{1*} , 大下英敏 ¹ , 鈴谷賢太郎 ² , 金子直勝 ¹ , 池田一貴 ³ , 坪田雅己 ³ , 伊藤恵司 ⁴ , 福永俊晴 ⁵ , 亀田恭男 ⁶ , 吉田亨次 ⁷ , 山口敏男 ⁷ , 丸山健二 ⁸ , 樹神克明 ⁹ , 社本真一 ⁹ , 川北至信 ² , 本田充紀 ⁹ , 服部高典 ⁹ , 伊藤晋一 ¹ , 横尾哲也 ¹ , 上野健治 ¹ <i>J-PARC</i> センター 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , <i>J-PARC</i> センター 日本原子力研究開発機構 ² , 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 ³ , 岡山大学 教育学研究科 ⁴ , 京都大学 原子炉実験所 ⁵ , 山形大学 理学部 物質生命化学科 ⁶ , 福岡大学 理学部 ⁷ , 新潟大学 理学部 ⁸ , 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 ⁹
○ 6-2	
匠における高圧中性子回折実験の成果と展望	30
	小松一生 ^{1*} , 荒川雅 ¹ , 飯塚理子 ¹ , 鍵裕之 ¹ , 奥地拓生 ² , 大野祥希 ³ , 佐々木重雄 ³ , 井上徹 ⁴ , 服部高典 ⁵ , 佐野亜沙美 ⁵ , 有馬寛 ⁵ , 阿部淳 ⁵ , 深澤裕 ⁵ , 内海涉 ⁵ 東京大学 地殻化学実験施設 ¹ , 岡山大学 地球物質科学研究センター ² , 岐阜大学 工学研究科 ³ , 愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター ⁴ , 日本原子力研究開発機構 ⁵

ポスター発表一覧

【Poster Presentations】

M - 1

イリジウムスピネルの磁性と超伝導： μ SR による測定 33

小嶋健児^{1,2*}, 宮崎正範², 平石雅俊², 幸田章宏^{1,2}, 門野良典^{1,2},
土屋佳則³, 鈴木博之³, 北澤英明³
高エネルギー加速器研究機構¹, 総合研究大学院大学², 物質・材料研究機構³

M - 2

酸素欠損 STO の水素の電子状態 34

下村浩一郎^{1*}, 岩崎誉志起², 常行真司³, 幸田章宏¹, 髭本亘⁴, 伊藤孝⁴, 二宮和彦⁴,
小嶋健児¹, 西山樟生¹, 門野良典¹
J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹, 太陽誘電²,
東京大学 大学院理学研究科³, 日本原子力研究機構 先端基礎⁴

M - 3

μ^+ SR で調べる固体内 Li 拡散 II 35

杉山純^{1*}, 野崎洋¹, 向和彦¹, 原田雅史¹, 蒲沢和也¹, 池戸豊², 三宅康博², 渡邊功雄³,
小槻勉⁴, M. Månsson⁵, O. Ofer⁶, J.H. Brewer^{6,7}, E.J. Ansaldo⁶
豊田中研¹, KEK², 理研³, 大市大⁴, PSI⁵, TRIUMF⁶, Univ. of British Columbia⁷

M - 4

NiTi 合金の熱弾性型マルテンサイト変態前駆現象のミュオンによる研究 36

三原基嗣^{1*}, 下村浩一郎², 二宮悠吾³, 荒木秀樹³, 水野正隆³, 白井泰治⁴, 渡邊功雄⁵,
井上耕治⁴, 山本慎³, 長友傑⁶, 中野岳仁¹, 門野良典², 西山樟生²
大阪大学 大学院理学研究科¹, 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所²,
大阪大学 大学院工学研究科³, 京都大学 大学院工学研究科⁴,
理化学研究所 仁科加速器研究センター⁵, 国際基督教大学⁶

M - 5

ナノ結晶磁性材料ファインメットの μ SR による研究 37

幸田章宏^{1,2,4*}, 西山樟生^{1,4}, 宮崎正範², 平石雅俊², 小嶋健児^{1,2,4}, 門野良典^{1,2,4}, 下村浩一郎^{1,4},
三宅康博^{1,2,4}, 大森千広^{3,4}, 吉井正人^{3,4}, 長谷川豪志^{3,4}, 野村昌弘⁴, 山本昌亘⁴, 田村文彦⁴,
アレックスシュナーゼ⁴
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所ミュオン科学¹, 総合研究大学院大学 物質構造科学専攻²,
高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設³, *J-PARC* センター⁴

M - 6

Present Status of the Decay Muon Channel (D-Line) at J-PARC 38

P. Strasser^{1,2*}, K. Shimomura^{1,2}, A. Koda^{1,2}, N. Kawamura^{1,2}, H. Fujimori^{1,2}, S. Makimura^{1,2}, K. Nakahara^{1,2†},
M. Kato^{1,2}, S. Takeshita^{1,2‡}, M. Hiraishi³, M. Miyazaki³, W. Higemoto⁴, T. U. Ito⁴, K. Ishida⁵,
M. K. Kubo⁶, R. Kadono^{1,2}, K. Nishiyama^{1,2}, and Y. Miyake^{1,2}
*Muon Science Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization (KEK)*¹,
*Muon section, Material and life science division, J-PARC Center*²,
*Dep. of Materials Structure Science, The Graduate University for Advanced Studies (Sokendai)*³,
*Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)*⁴,
*Advanced Meson Science Laboratory, Nishina Center for Accelerator-Based Science, RIKEN*⁵,
*The Graduate School Division of Natural Sciences, International Christian University*⁶,
present address: University of Maryland[†], *present address: Spring8*[‡]

M – 7	
Magnetic Ground State of 4d Pyrochlore Oxides with Modified t_{2g} Band Filling	39
M. Miyazaki ^{1*} , M. Hiraishi ¹ , A. Koda ^{1,2} , K. M. Kojima ^{1,2} , R. Kadono ^{1,2} , A. Yamamoto ³ , and H. Takagi ³ The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI) ¹ , High Energy Accelerator Research organization (KEK) ² , RIKEN ³	
M – 8	
LaFeAsO_{1-x}F_x における超伝導と磁性の共存	40
平石 雅俊 ^{1*} , 小嶋 健児 ^{1,2} , 宮崎 正範 ¹ , 幸田 章宏 ^{1,2} , 門野 良典 ^{1,2} , 石角 元志 ³ , 社本 真一 ³ , 脇本 秀一 ³ 総合研究大学院大学 ¹ , KEK 物構研 ² , JAEA ³	
M – 9	
RCS からのパルス陽子ビームを活用したミュオン電子転換過程の探索実験	41
青木正治 ^{1*} , 池上雅紀 ² , 大森千広 ² , 河村成肇 ² , 金正倫計 ³ , 小林仁 ² , 齊藤直人 ² , 下村浩一郎 ² , ストラッサー・パトリック ² , 谷口敬 ⁴ , 西口創 ² , 沼尾登志男 ⁵ , ブライマン・ダグラス ⁶ , 松本浩 ² , 三原智 ² , 三部勉 ² , 三宅康博 ² , 吉井正人 ² , 吉村浩司 ² 大阪大学 理学研究科 ¹ , 高エネルギー加速器研究機構 ² , 日本原子力研究開発機構 ³ , 岡山大学 ⁴ , TRIUMF ⁵ , UBC ⁶	
M – 10	
負ミュオン特性 X 線を用いた非破壊多元素同時分析	42
久保謙哉 ^{1*} , 二宮和彦 ² , 鈴木栄男 ¹ , 長友傑 ¹ , 伊藤孝 ² , 髭本亘 ² , 坂元眞一 ² , Patrick STRASSER ³ , 河村成肇 ³ , 下村浩一郎 ³ , 三宅康博 ³ , 藤原一哉 ⁴ , 篠原厚 ⁴ , 齋藤努 ⁵ 国際基督教大学 ¹ , 日本原子力研究開発機構 ² , 高エネルギー加速器研究機構 ³ , 大阪大学 ⁴ , 国立歴史民俗博物館 ⁵	
M – 11	
ミュオン生成標的の現状と将来計画	43
牧村俊助 ^{1*} , 三宅康博 ¹ , 河村成肇 ¹ , 小林康男 ¹ , 加藤岑生 ¹ , 幸田章宏 ¹ , 藤森寛 ¹ , ストラッサー・パトリック ¹ , 下村浩一郎 ¹ , 小嶋健児 ¹ , 門野良典 ¹ J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ¹	
M – 12	
ミュオンキッカーシステム	44
藤森 寛 ^{1*} , パトリック・ストラッサー ¹ , 小関 国夫 ¹ , 堀 洋一郎 ¹ , 松本 浩 ¹ , 三宅 康博 ¹ J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ¹	
M – 13	
J-PARC MLF におけるスーパーオメガミュオンビームライン	45
池戸豊 ^{1*} , 三宅康博 ¹ , 下村浩一郎 ¹ , Patrick Strasser ¹ , 河村成肇 ¹ , 西山樟生 ¹ , 牧村俊助 ¹ , 藤森寛 ¹ , 幸田章宏 ¹ , 足立泰平 ³ , 荻津透 ¹ , 楨田康博 ¹ , 吉田誠 ¹ , 佐々木 憲一 ¹ , 岡村 崇弘 ¹ , 中本建志 ¹ , 山本明 ¹ , 安島泰雄 ⁴ , 髭本亘 ² , 松田恭幸 ³ J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ² , 東大理 ³ , KEK 工作セ ⁴	
M – 14	
立方晶 Γ_8 基底 SmX_3 ($X=\text{In,Sn,Pb}$) の μSR による研究	46
伊藤孝 ^{1*} , 髭本亘 ¹ , 二宮和彦 ¹ , 鈴木博之 ² 日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター ¹ , 物質・材料研究機構 ²	

M - 15	
ミュオンビームライン DC セパレーター高圧電源について	47
	小林庸男 ^{1*} , 西山樟生 ¹ , 三宅康博 ¹ , 下村浩一郎 ¹ , 河村成肇 ¹ , 幸田章宏 ¹ , パトリック・トラッサー ¹ , 小嶋健児 ¹ , 藤森寛 ¹ , 牧村俊助 ¹ , 門野良典 ¹ <i>J-PARC</i> センター 高エネルギー加速器研究機構 ¹
M - 16	
カゴ状構造を持つ Pr 化合物における μ SR	48
	髭本亘 ^{1*} , 伊藤孝 ¹ , 二宮和彦 ¹ , 鬼丸孝博 ² , 松本圭介 ² , 高島敏郎 ² 日本原子力研究開発機構 ¹ , 広島大学 先端物質 ²
NI - 1	
BL01: 4次元空間中性子探査装置「四季」の現状	49
	梶本亮一 ^{1,2*} , 中村充孝 ^{1,2} , 稲村泰弘 ^{1,2} , 水野文夫 ^{1,2,4} , 中島健次 ^{1,2} , 河村聖子 ^{1,2} , 高橋伸明 ^{1,2} , 丸山龍治 ^{1,2} , 曾山和彦 ^{1,2} , 柴田薫 ^{1,2} , 鈴谷賢太郎 ^{1,2} , 中谷健 ^{1,2} , 横尾哲也 ^{1,3} , 佐藤節夫 ^{1,3} , 伊藤幸弘 ^{1,2} , 岩橋孝明 ^{1,2} , 神原理 ^{1,2} , 田中浩道 ^{1,2} , 吉田登 ^{1,2} , 帷子朝彦 ^{1,2} , 相澤一也 ^{1,2} , 新井正敏 ^{1,2} , 脇本秀一 ^{1,2} , 社本真一 ² , 藤田全基 ⁴ , 平賀晴弘 ⁴ , 大山研司 ⁴ , 山田和芳 ⁴ <i>J-PARC</i> センター ¹ , 日本原子力研究開発機構 ² , 高エネルギー加速器研究機構 ³ , 東北大学 ⁴
NI - 2	
Si 結晶アナライザー背面反射型分光器 DNA の建設状況	50
	柴田薫 ^{1*} , 高橋伸明 ¹ , 川北至信 ¹ , 中島健次 ¹ , 神原理 ¹ , 上野広樹 ¹ , 島倉宏典 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 中谷健 ¹ , 相澤一也 ¹ , 曾山和彦 ¹ , 及川健一 ¹ , 吉田登 ¹ , 田中浩道 ¹ , 岩橋孝明 ¹ , 伊藤幸弘 ¹ , 新井正敏 ¹ , 中川洋 ² , 藤原悟 ² , 佐藤卓 ³ , 筑紫格 ⁴ , Ferenc Mezei ⁵ , Hannu Mutka ⁶ , Dan Neumann ⁷ , Philip Tregenna-Piggott ⁸ 原子力機構・ <i>J-PARC</i> センター ¹ , 原子力機構・量子ビーム ² , 東大物性研 ³ , 千葉工大 ⁴ , <i>BNC Hungary</i> ⁵ , <i>ILL France</i> ⁶ , <i>NIST USA</i> ⁷ , <i>PSI Switzerland</i> ⁸
NI - 3	
ダイナミクス解析装置で目指す高分解能非弾性散乱測定	51
	高橋伸明 ^{1*} , 柴田薫 ¹ , 川北至信 ¹ , 中島健次 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 中谷健 ¹ , 中川洋 ^{1,2} , 藤原悟 ^{1,2} , 佐藤卓 ^{1,3} , 筑紫格 ^{2,4} , Ferenc Mezei ⁵ , Dan Neumann ⁶ , Hannu Mutka ⁷ , Philip Tregenna-Piggott ⁸ , 新井正敏 ¹ 原子力機構 <i>J-PARC</i> センター ¹ , 原子力機構 量子ビーム ² , 東大物性研 ³ , 千葉工大 ⁴ , <i>Hungarian Academy Sci.</i> ⁵ , <i>NIST</i> ⁶ , <i>ILL</i> ⁷ , <i>PSI</i> ⁸
NI - 4	
大型タンパク質結晶の高効率育成技術の開発	52
	垣之内啓介 ^{1,4*} , 杉山成 ^{1,4} , 丸山美帆子 ^{1,4} , 村井良多 ^{1,4} , 中村努 ⁵ , 安達基泰 ⁶ , 玉田太郎 ⁶ , 黒木良太 ⁶ , 安達宏昭 ^{1,2,4} , 高野和文 ^{1,2,4} , 村上聡 ^{2,3,4} , 井上豪 ^{1,2,4} , 森勇介 ^{1,2,4} , 松村浩由 ^{1,2,4} 阪大院工 ¹ , (株)創晶 ² , 東工大 ³ , <i>JST</i> ⁴ , 産総研 ⁵ , 原研 ⁶
NI - 5	
茨城県生命物質構造解析装置 (iBIX) の概要	53
	田中伊知朗 ^{1,2*} , 日下勝弘 ² , 山田太郎 ² , 細谷孝明 ^{1,2} , 友寄克亮 ² , 横山武司 ² , 大西裕季 ^{2†} , 新村信雄 ² , 大原高志 ³ , 栗原和男 ³ 茨城大学 工学部 ¹ , 茨城大学 フロンティア応用原子科学研究センター ² , 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 ³ , 現 大阪大学 大学院工学研究科 [†]

NI – 6	
BL06 を予定している中性子共鳴スピネコー分光器群 (VIN ROSE) の現状と設置計画	54
	日野正裕 ^{1*} , 北口雅暁 ¹ , 川端祐司 ¹ , 海老沢徹 ² , 阿知波紀郎 ² , 片桐政樹 ² , 及川健一 ² , 前川藤夫 ² , 林田洋寿 ² , 小田達郎 ³ , 安部豊 ³ , 田崎誠司 ³ , 瀬戸秀紀 ⁴ , 清水裕彦 ⁴ , NOP collaboration ^{2,4} 京大原子炉 ¹ , 原子力機構 ² , 京大工 ³ , 高エネ機構 ⁴
NI – 7	
J-PARC SuperHRPD の現状報告	55
	鳥居周輝 ^{1*} , 米村雅雄 ¹ , 富安亮子 ¹ , Teguh Panca Putra ¹ , Junrong Zhang ¹ , Miao Ping ¹ , 室屋孝司 ¹ , 神山崇 ¹ , 野田幸男 ² 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , 東北大学 ²
NI – 8	
2010 年の中性子源特性試験装置 NOBORU	56
	前川藤夫 ^{1*} , 及川健一 ¹ , 原田正英 ¹ , 大井元貴 ¹ , 甲斐哲也 ¹ , 春日井好己 ¹ , 酒井健二 ¹ , 明午伸一郎 ¹ J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ¹
NI – 9	
高温高压マグマ科学に向けた中性子カメラ実験	57
	井上徹 ¹ , 有馬寛 ^{2*} , 阿部淳 ³ , 服部高典 ³ 愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター ¹ , 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター ² , 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 ³
NI – 10	
BL11 超高压中性子回折装置 PLANET の開発と建設状況	58
	有馬寛 ^{1*} , 服部高典 ¹ , 佐野亜沙美 ¹ , 阿部淳 ¹ , 内海渉 ¹ , 鍵裕之 ² , 八木健彦 ² 日本原子力研究開発機構 ¹ , 東京大学 ²
NI – 11	
中性子回折実験用各種高压装置の圧力発生試験	59
	佐野亜沙美 ^{1*} , 小松一生 ² , 奥地拓生 ³ , 服部高典 ¹ 日本原子力研究開発機構 ¹ , 東京大学 ² , 岡山大学 ³
NI – 12	
高分解能チョッパー分光器の性能	60
	伊藤晋一 ^{1*} , 横尾哲也 ¹ , 佐藤節夫 ¹ , 矢野真一郎 ² , 川名大地 ¹ , 鈴木純一 ¹ , 佐藤卓 ³ 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , 青山学院大学 ² , 東京大学 ³
NI – 13	
冷中性子ディスクチョッパー型分光器 AMATERAS – 装置の現状とそこで展開される研究 – ...	61
	中島健次 ^{1*} , 河村聖子 ¹ , 菊地龍弥 ¹ , 中村充孝 ¹ , 梶本亮一 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 高橋伸明 ¹ , 相澤一也 ¹ , 鈴谷賢太郎 ¹ , 柴田薫 ¹ , 中谷健 ¹ , 曾山和彦 ¹ , 吉田登 ¹ , 田中浩道 ¹ , 岩橋孝明 ¹ , 神原理 ¹ , 伊藤幸弘 ¹ , 前川藤夫 ¹ , 及川健一 ¹ , 原田正英 ¹ , 新井正敏 ¹ , 長壁豊隆 ¹ , 脇本秀一 ¹ , 加倉井和久 ² , Rued E. Lechner ³ , Ferenc Mezei ⁴ J-PARC センター ¹ , 日本原子力研究開発機構 ² , Helmholtz Centre Berlin ³ , Hungarian Academy of Sciences ⁴

NI – 14	
中性子分光器遮蔽体への中性子遮蔽コンクリートの適用.....	62
	奥野 功一 ^{1*} , 川合 将義 ² , 山田 人司 ¹ ハザマ技術研究所 ¹ , 高エネルギー加速器研究機構 ²
NI – 15	
BL15 大強度型中性子小中角散乱装置「大観」の性能と建設状況.....	63
	高田慎一 ^{1*} , 篠原武尚 ¹ , 鈴木淳市 ¹ , 奥隆之 ¹ , 吉良弘 ¹ , 中谷健 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 伊藤崇芳 ¹ , 鈴谷賢太郎 ¹ , 相澤一也 ¹ , 新井正敏 ¹ , 大友季哉 ² , 杉山正明 ³ J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ¹ , J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ² , 粒子線基礎物性研究部門 京都大学原子炉実験所 ³
NI – 16	
試料水平型中性子反射率計 ARISA-II の現状.....	64
	山田悟史 ^{1*} , 鳥飼直也 ² , 下ヶ橋秀典 ¹ , 御田村紘志 ^{3,4} , 瀬戸秀紀 ¹ , 杉田宰 ⁵ , 古坂道弘 ⁵ , 小田達郎 ⁶ , 日野正裕 ⁶ , 高原淳 ^{3,4} 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , 三重大学 ² , 九州大学 ³ , JST/ERATO ⁴ , 北海道大学 ⁵ , 京都大学 ⁶
NI – 17	
J-PARC/MLF BL16 新設中性子反射率計の現状と今後の展望.....	65
	御田村紘志 ^{1,2*} , 山田悟史 ³ , 下ヶ橋秀典 ³ , 瀬戸秀紀 ³ , 鳥飼直也 ⁴ , 杉田宰 ⁵ , 古坂道弘 ⁵ , 小田達郎 ⁶ , 日野正裕 ⁶ , 高原淳 ^{1,2} JST/ERATO ¹ , 九州大学 ² , KEK ³ , 三重大学 ⁴ , 北海道大学 ⁵ , 京都大学 ⁶
NI – 18	
匠における測定データの時間分解の利用.....	66
	伊藤崇芳 ^{1*} , ステファヌス・ハルヨ ¹ , 阿部淳 ¹ , 有馬寛 ¹ , 相澤一也 ¹ 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター ¹
NI – 19	
高温変形その場中性子回折測定の開発.....	67
	ステファヌス・ハルヨ ^{1*} , 伊藤崇芳 ¹ , 鈴木裕士 ² , 相澤一也 ¹ , 徐平光 ² 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター ¹ , 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 ²
NI – 20	
「匠」での Palm cubic マルチアンビル高圧発生装置を用いた中性子回折実験.....	68
	阿部淳 ^{1*} , 有馬寛 ¹ , 服部高典 ¹ , 佐野亜沙美 ¹ , 内海渉 ¹ , 小松一生 ² , 荒川雅 ² , 鍵裕之 ² 日本原子力研究開発機構 ¹ , 東京大学 ²
NI – 21	
GEM を用いた中性子ビームモニターの動作安定性評価.....	69
	大下英敏 ^{1*} , 大友季哉 ¹ , 池田一貴 ¹ , 金子直勝 ¹ , 瀬谷智洋 ¹ , 坪田雅己 ¹ , 鈴谷賢太郎 ² , 他 NOVA グループ 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ²
NI – 22	
J-PARC 偏極度解析中性子分光器計画の現状.....	70
	大山研司 ^{1*} , 岩佐和晃 ² , 伊藤晋一 ³ , 横尾哲也 ³ , 平賀晴弘 ¹ , 藤田全基 ¹ , 松浦直人 ¹ , 佐藤豊人 ⁴ , 堀金和正 ⁴ , 佐藤 卓 ⁵ , 富安啓輔 ² , 有馬孝尚 ⁷ , 猪野隆 ³ , 吉良 弘 ⁷ , 坂口佳史 ⁷ , 奥 隆之 ⁷ , 有本 靖 ³ , 鈴木淳市 ⁷ , 清水裕彦 ³ , 武田全康 ⁷ , 金子耕士 ⁷ , 日野正裕 ⁸ , 武藤 豪 ³ , 野尻浩之 ¹ 東北大金研 ¹ , 東北大院理 ² , KEK ³ , 東北大 WPI ⁴ , 東大物性研 ⁵ , 東北大多元研 ⁶ , JAEA ⁷ , KUR ⁸

NI – 23	
J-PARCの新しい単結晶構造解析装置「SENJU」.....	71
川崎卓郎 ^{1*} , 及川健一 ¹ , 田村格良 ¹ , 大原高志 ¹ , 金子耕士 ¹ , 中村龍也 ¹ , 坂佐井馨 ¹ , 木村宏之 ² , 鬼柳亮嗣 ² , 高橋美和子 ³ , 清谷多美子 ⁴ , 新井正敏 ¹ , 野田幸男 ² , 大嶋建一 ³ 原子力機構 ¹ , 東北大学 ² , 筑波大学 ³ , 昭和薬科大学 ⁴	
NI – 24	
J-PARC 偏極中性子反射率計 BL17 の建設.....	72
林田洋寿 ^{1*} , 武田全康 ¹ , 山崎大 ¹ , 丸山龍治 ¹ , 曾山和彦 ¹ , 及川健一 ¹ , 篠原武尚 ¹ , 坂佐井馨 ¹ , 中村龍也 ¹ , 藤健太郎 ¹ , 山岸秀志 ¹ , 片桐政樹 ¹ , 中谷健 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 伊藤崇芳 ¹ , 大原高志 ¹ , 田村格良 ¹ , 金子耕士 ¹ , 山崎竜也 ¹ , 朝岡秀人 ¹ , 平野辰巳 ² , 鈴木淳市 ¹ , 高田慎一 ¹ , 鈴谷健太郎 ¹ , 相澤一也 ¹ , 神山崇 ³ , 新井正敏 ¹ 日本原子力研究開発機構 ¹ , 日立製作所 ² , 高エネルギー加速器研究機構 ³	
NI – 25	
J-PARC・MLF チョッパー型分光器におけるソフトウェアの現状.....	73
稲村泰弘 ^{1,2*} , 中谷健 ^{1,2} , 中島健次 ^{1,2} , 梶本亮一 ^{1,2} , 鈴木次郎 ^{1,3} , 大友季哉 ^{1,3} , 新井正敏 ^{1,2} J-PARC センター ¹ , 日本原子力研究開発機構 ² , 高エネルギー加速器研究機構 ³	
NI – 26	
中性子実験のための偏極 Xe ガスフィルターの研究開発.....	74
酒井健二 ^{1*} , 奥隆之 ¹ , 篠原武尚 ¹ , 坂口佳史 ¹ , 吉良弘 ¹ , 大井元貴 ¹ , 前川藤夫 ¹ , L-J. Chang ^{1,2,3} , 有本靖 ⁴ , 猪野隆 ⁴ , 清水裕彦 ⁴ , 大山研司 ⁵ 日本原子力研究開発機構 ¹ , 国立成功大学 台湾 ² , 国立清華大学 台湾 ³ , 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 ⁴ , 東北大学 金属材料研究所 ⁵	
NI – 27	
低放射化デカップラー材料 Au-In-Cd 合金開発.....	75
大井元貴 ^{1*} , 勅使河原誠 ¹ , 涌井隆 ¹ , 西毅 ¹ , 瀬川麻里子 ¹ , 原田正英 ¹ , 前川藤夫 ¹ 日本原子力研究開発機構 ¹	
NI – 28	
準弾性散乱の新たな解析法の開発と水の拡散モデルの検討.....	76
菊地龍弥 ^{1*} , 中島健次 ¹ , 河村聖子 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 山室修 ² , 古府麻衣子 ² J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ¹ , 東大物性研 ²	
NI – 29	
単結晶ニッケルの干渉性散乱中性子イメージングとその展開.....	77
玉置昌義 ¹ , 辻義之 ² TAMAKI 記念研究所 ¹ , 名古屋大学 工学研究科 ²	
NI – 30	
³ He-PSD 用データ収集エレクトロニクスの開発.....	78
武藤豪 ^{1*} , 佐藤節夫 ¹ , 大下英俊 ¹ , 中谷健 ² , 瀬谷智洋 ¹ , 坂口将尊 ¹ , 大友季哉 ¹ 中性子科学研究系 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ²	
NI - 31	
MPPC を用いた中性子 1 次元位置敏感型検出器システムの開発.....	79
佐藤節夫 ^{1*} , 坂口将尊 ¹ , 瀬谷智洋 ¹ , 武藤豪 ¹ J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ¹	

NI – 32

J-PARCにおける偏極³He中性子スピフィルターセルの開発..... 80
 坂口佳史^{1*}, 吉良弘¹, 奥隆之¹, 篠原武尚¹, 鈴木淳市¹, 中村充孝¹, 鈴木賢太郎¹, 相澤一也¹,
 新井正敏¹, 武田全康¹, 遠藤康夫¹, L-J. Chang^{1,2,3}, 有本靖⁴, 猪野隆⁴, 清水裕彦⁴, 神山崇⁴,
 大山研司⁵, 平賀晴弘⁵, 堤健之⁶, 山田和芳⁷, 尾原幸治⁸, 加倉井和久¹
 日本原子力研究開発機構¹, 国立成功大学 台湾², 国立清華大学 台湾³,
 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所⁴,
 東北大学 金属材料研究所⁵, 東北大学 大学院理学研究科⁶,
 東北大学 原子分子材料科学高等研究機構⁷, 高輝度光科学研究センター⁸

NI – 33

水銀ターゲット中への微小気泡注入装置の開発..... 81
 粉川広行^{1*}, 羽賀勝洋¹, 直江崇¹, 井田真人¹, 木下秀孝¹, 花野耕平¹, 涌井隆¹, 二川正敏¹
 J-PARC センター 日本原子力研究開発機構¹

NI – 34

J-PARC・MLF 計算環境ソフトウェアの現状..... 82
 中谷健^{1,2*}, 稲村泰弘^{1,2}, 伊藤崇芳^{1,2}, 大原高志^{1,2}, 川北至信^{1,2}, 大友季哉^{1,3}, 鈴木次郎^{1,3},
 武藤豪^{1,3}, 小嶋健児^{1,3}
 J-PARC センター¹, 日本原子力研究開発機構², 高エネルギー加速器研究機構³

NU – 1

プロジェクト課題 "Dynamical studies of functional materials from the perspective of glassy science" の現状報告と今後の展開..... 83
 中村充孝^{1*}, 稲村泰弘¹, 新井正敏¹, 川北至信¹, 菊地龍弥¹, 上野広樹¹, 島倉宏典¹,
 中山恒義², 高島敏郎³, 李哲虎⁴, 社本真一⁵, 樹神克明⁴, 山本和典⁵
 J-PARC センター 日本原子力研究開発機構¹, JST², 広島大³, 産総研⁴,
 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門⁵

NU – 2

BL05 中性子ビーム偏極率の精密測定..... 84
 猪野隆^{1*}
 高エネルギー加速器研究機構¹

NU – 3

ビスマス系ペロブスカイト型強誘電体の結晶構造と物性..... 85
 小野塚博暁^{1*}, 北中佑樹¹, 野口祐二¹, 宮山勝¹, 神山崇², 鳥居周輝²
 東京大学 先端科学技術研究センター¹, 高エネルギー加速器研究機構²

NU – 4

パルス中性子を利用した即発ガンマ線分析実験..... 86
 春日井好己^{1*}, 松江秀明², 原田正英¹, 前川藤夫¹, 久保謙哉³
 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹,
 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門², 国際基督教大学³

NU – 5

小型対向アンビルセルによる高圧下微小試料の中性子粉末回折実験..... 87
 奥地拓生^{1*}, 佐々木重雄², 大野祥希², 鍵裕之³, 小松一生³, 有馬寛⁴,
 長壁豊隆⁵, 阿部淳⁵, 佐野亜沙美⁵, 服部高典⁵, 内海涉⁵
 岡山大学 地球物質科学研究センター¹, 岐阜大学 工学研究科², 東京大学 地殻化学実験施設³,
 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター⁴, 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門⁵

NU – 6	
高分解能チョッパ分光器 HRC を用いた MnP の磁気励起の観測.....	88
矢野真一郎 ^{1*} , 秋光純 ¹ , 伊藤晋一 ² , 横尾哲也 ² , 佐藤節夫 ² , 川名大地 ² , 遠藤康夫 ² , 岩佐和晃 ³ , 脇本秀一 ⁴ , 目時直人 ⁴ , 加倉井和久 ⁴ 青山学院大学 ¹ , 高エネルギー加速器研究機構 ² , 東北大学 ³ , 原子力機構 ⁴	
NU – 7	
中性子準弾性散乱による Li 含有ガーネット酸化物中の Li イオン拡散解析.....	89
野崎 洋 ^{1*} , 蒲沢 和也 ¹ , 太田 慎吾 ¹ , 杉山 純 ¹ , 朝岡 賢彦 ¹ , 河村 聖子 ² , 中村 充孝 ² , 菊地 龍弥 ² , 稲村 泰弘 ² , 中島 健次 ² 豊田中研 ¹ , J-PARC センター ²	
NU – 8	
二次元三角格子反強磁性体 CuCrO ₂ におけるスピンドYNAMIKS の元素置換効果.....	90
梶本亮一 ^{1*} , 中島健次 ¹ , 河村聖子 ¹ , 稲村泰弘 ¹ , 新井正敏 ¹ , 加倉井和久 ² , 外園貴久 ³ , 大園怜 ³ , 奥田哲治 ³ 原子力機構 J-PARC センター ¹ , 原子力機構 量子ビーム ² , 鹿児島大理工 ³	
NU – 9	
希土類単分子磁石のスピンドYNAMIKS の研究.....	91
古府麻衣子 ^{1*} , 梶原孝志 ² , 吉村瑤子 ² , 中野元裕 ³ , 中島健次 ⁴ , 河村聖子 ⁴ , 菊地龍弥 ⁴ , 稲村泰弘 ⁴ , 山室修 ¹ 東大物性研 ¹ , 奈良女大理 ² , 阪大工 ³ , 原子力機構 J-PARC センター ⁴	
NU – 10	
中性子準弾性散乱による液体 Se ₂ Br ₂ の動的構造解析.....	92
島倉宏典 ^{1,2*} , 川北至信 ² , 稲村泰弘 ² , 菊地龍弥 ² , 上野広樹 ^{1,2} , 中村充孝 ² , 中島健次 ² , 河村聖子 ² , 柴田薫 ² , 新井正敏 ² , 武田信一 ¹ 九州大学 院理学府 ¹ , J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ²	
NU – 11	
ナフィオン超薄膜の構造解析.....	93
原田雅史 ^{1*} , 工藤憲治 ¹ , 古賀智之 ¹ , 杉山純 ¹ , 山田悟史 ² 株式会社 豊田中央研究所 ¹ , 高エネルギー加速器研究機構 ²	
NU – 12	
中性子回折による ITER 用超伝導導体の内部歪測定.....	94
辺見 努 ^{1*} , ステファヌス・ハルヨ ¹ , 伊藤 崇芳 ¹ , 松井 邦浩 ¹ , 中嶋 秀夫 ¹ , 相澤 一也 ¹ , 鈴木 裕士 ¹ , 町屋 修太郎 ² , 小黒英俊 ³ , 土屋 佳則 ⁴ , 長村 光造 ⁵ 日本原子力研究開発機構 ¹ , 大同大学 ² , 東北大学 ³ , 物質・材料研究機構 ⁴ , 応用科学研究所 ⁵	
NU – 13	
メタンハイドレート sH 相におけるゲストメタン分子のケージ占有性	95
大野祥希 ^{1*} , 佐々木重雄 ¹ , 奥地拓生 ² , 服部高典 ³ , 有馬寛 ³ , 阿部淳 ³ , 佐野亜沙美 ³ , 小松一生 ⁴ , 鍵裕之 ⁴ , 長壁豊隆 ⁵ 岐阜大学 工学研究科 ¹ , 岡山大学 地球物質科学研究センター ² , 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター ³ , 東京大学 地殻化学実験施設 ⁴ , 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 ⁵	

NU – 14	
Reverse Monte Carlo simulation を用いた疎水性細孔内の水分子集団の水素結合ネットワークの 解明.....	96
藤崎布美佳 ^{1*} , 飯山拓 ² , 星川晃範 ³ , 石垣徹 ³ 信州大学 大学院工学系研究科 物質基礎科学専攻 ¹ , 信州大学 理学部 化学科 ² , 茨城大学 フロンティア応用原子科学研究センター ³	
NU – 15	
資源環境調和型室温磁気冷凍材料の構造解析と物性評価.....	97
間宮広明 ^{1*} , 寺田典樹 ¹ , 北澤英明 ¹ , 石垣 徹 ² 物質・材料研究機構 ¹ , 茨城大学 ²	
NU – 16	
テトラヒドロフラン-水混合溶液の液体構造.....	98
吉田亨次 ^{1*} , 山口敏男 ¹ , 亀田恭男 ² , 大友季哉 ³ , 大下英敏 ³ , 鈴谷賢太郎 ⁴ , 金子直勝 ³ , 池田一貴 ⁵ , 坪田雅己 ⁵ 福岡大理 ¹ , 山形大理 ² , J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ³ , J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ⁴ , 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 ⁵	
NU – 17	
高強度全散乱装置 (NOVA) によるアルミニウム水素化物の構造解析.....	99
池田一貴 ^{1*} , 大友季哉 ² , 大下英敏 ² , 金子直勝 ² , 坪田雅己 ¹ , 瀬谷智洋 ² , 鈴谷賢太郎 ³ , 李海文 ⁴ , 千星聡 ⁴ , 折茂慎一 ⁴ , 他 NOVA グループ 物構研 KEK ¹ , J-PARC センター KEK ² , J-PARC センター JAEA ³ , 金研 東北大 ⁴	
NU – 18	
高強度全散乱装置 NOVA を利用した高圧中性子回折による金属水素化物構造研究.....	100
本田充紀 ^{1*} , 服部高典 ¹ , 町田晃彦 ¹ , 有馬寛 ¹ , 佐野亜沙美 ¹ , 片山芳則 ¹ , 青木勝敏 ¹ , 小松一生 ² , 大下英敏 ³ , 大友季哉 ³ 日本原子力研究開発機構 ¹ , 東京大学大学院 ² , 高エネルギー加速器研究機構 ³	
NU – 19	
HRC における多結晶試料 TiOBr の測定.....	101
横尾哲也 ^{1*} , 伊藤晋一 ¹ , 秋光純 ² J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , 青山学院大学 理工学部 ²	
NU – 20	
MLF における試料環境.....	102
横尾哲也 ^{1*} , 河村聖子 ² , 神原理 ² , 中島健次 ² , 梶本亮一 ² , 中谷健 ² , 鳥居周輝 ¹ , 川北至信 ² , 高田慎一 ² , 金子耕士 ² , 鈴木淳一 ² J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 ¹ , J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 ²	

Oral Presentations

特別講演

福山 秀敏^{1*}

東京理科大学¹

中性子反射率測定による高分子薄膜のガラス転移温度

井上倫太郎^{1*}, 金谷利治¹, 西田幸次¹, 山田悟史²

京都大学化学研究所¹, 高エネルギー加速器研究機構²

高分子薄膜の膜厚を約 100nm 以下にまで薄くするとバルクと比較して物性が大きく変化することが知られている。ガラス転移温度 (T_g)、熱膨張係数の膜厚依存性、特異なアニール効果などが薄膜特異物性の典型例であるが、最も興味深い現象として T_g の膜厚依存性が挙げられる。そこで以降では特に高分子薄膜のガラス転移現象に注目する。ポリスチレン (PS) 薄膜の場合、膜厚低下に伴う T_g の減少が X 線・中性子線反射率法などの様々な測定手法により報告されているが、薄膜内部と比較して表面層の自由体積が多いことが T_g 低下の原因に関連していると理解されている。一方、最近の蛍光寿命測定により基盤との相互作用が比較的弱い PS であっても基盤界面近傍の T_g はバルク T_g と比較して増大することも報告されている。つまり、高分子薄膜の表面、界面近傍の特異物性が薄膜異常物性に関連していると強く示唆され、高分子薄膜の物性を評価するためにはただ単一の物性値の追求よりむしろ薄膜内部における分布を見積もる必要がある。中性子散乱法における一つの利点として化学的にほぼ等価であるにも関わらずに重水素化物と軽水素化物を散乱長の相違により識別できる点が挙げられる。本研究では重水素化 PS と軽水素化 PS を積層した薄膜を作成し、薄膜内部における T_g の

分布を中性子反射率法により評価を行った。Fig. 1 にバルク T_g 以上及び以下の温度で測定された h-PS/d-PS 2 層積層薄膜から得られた反射率プロファイルを示すが、 T_g 以上でも明確に層構造が保持されている様子が伺える。更に表面層の膜厚のみを変化させて、その膜厚の温度依存性から T_g を求めると、膜厚が低下するに伴い T_g が減少し更に 200Å 以下になるとある一定の T_g にレベルオフした。このことはある膜厚以下になると表面層の T_g のみを探知したと考えられる。更に評価された表面層の T_g は過去の X 線反射率の結果と実験誤差範囲内で一致しこの積層薄膜による T_g の分布の評価の正当性を支持している。当日は表面のみならず高分子薄膜の界面近傍の T_g の評価を含めたより詳細な議論を行う予定である。

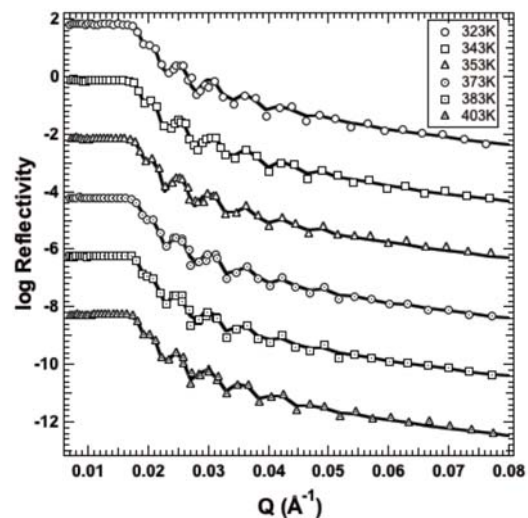


図1 h-PS/d-PS 二重積層薄膜から得られた反射率プロファイル。

偏極パルス中性子を用いた磁気イメージング法の開発

篠原武尚^{1*}, 酒井健二¹, 甲斐哲也¹, 大井元貴¹, 鈴木淳市¹, 高田慎一¹, 原田正英¹,
及川健一¹, 前川藤夫¹, 相澤一也¹, 新井正敏¹, 鬼柳善明²

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹,
北海道大学大学院 工学研究院²

エネルギー分析型中性子イメージング技術は、これまでの中性子ラジオグラフィのように観測対象の平均的な吸収断面積の違いによる画像の濃淡を得るだけでなく、断面積のエネルギー依存性を場所毎に解析することを可能とし、それにより観測対象の内部に埋もれている結晶や元素などに関する情報を定量的に議論することを可能にする。この時、パルス中性子と中性子の飛行時間分析を用いることにより、高精度かつ高効率なイメージングが可能となる。一方、中性子の特徴である磁気モーメントを利用することで空間や物質中の磁場を可視化することが原理的に可能であるが、磁場と中性子スピンの相互作用はエネルギーに依存するため、エネルギー分析型中性子イメージング技術を応用することにより磁場の定量化が可能になると考えられている。そこで、我々は J-PARC のパルス中性子を偏極し、磁場のイメージング方法の開発を行っている。

本研究では、J-PARC MLF の BL10 においてパルス中性子を偏極し、観測対象となる磁場空間を通過後の偏極度変化を 2 次元検出器を用いて検出することにより磁場の空間分布を得た。試料には小型のソレノイドを用いた。得られた画像について、偏極度変化の波長依存性を解析することにより、ソレノイド内部の磁場強度と磁場の方向が得られることを示した。また、中性子スピンの 3 次元解析方法を導入し、磁場ベクトルを検出するための試験を開始した。

発表では、磁気イメージング法を紹介すると共に、これまでの実験結果について報告する。

工業用構造材料の引張圧縮繰返し変形中その場中性子回折

友田 陽^{1*}, 内藤大幹¹, 米川竜士¹, S. Harjo², 伊藤 崇芳²茨城大学理工学研究科¹,
J-PARC センター 日本原子力研究開発機構²

工学材料回折装置「匠」は工業材料の強度、変形、破壊の研究に適している。著者らは鉄鋼材料の強度と靱性バランスに優れたナノ TRIP-DP 鋼の変形機構を引張変形中その場中性子回折実験で検討し、変形中に応力誘起されるマルテンサイトが応力を負担するため加工硬化が大きくなる機構を明らかにした^[1]。匠の分解能が従来の装置より高いため、2つの構成相の回折プロファイルを分離して評価できたが、ビーム強度が弱く試験を段階的に止めて回折プロファイルの統計精度をあげる必要があった。2009年11月より陽子ビームパワーが100 kWとなり荷重速度を小さくすれば試験を中断することなく連続的に測定しても有効な情報が得られるようになったので、低サイクル疲労の研究に展開すべく、オーステナイト鋼(図1)と球状黒鉛鋳鉄の引張圧縮変形中の測定を始めた。図1にみられるように個々の結晶粒群でヒステリシスループが大きく異なることがわかる。講演では、匠で得られた窒素添加やマイクロ組織の影響に関する新しい知見を報告する。

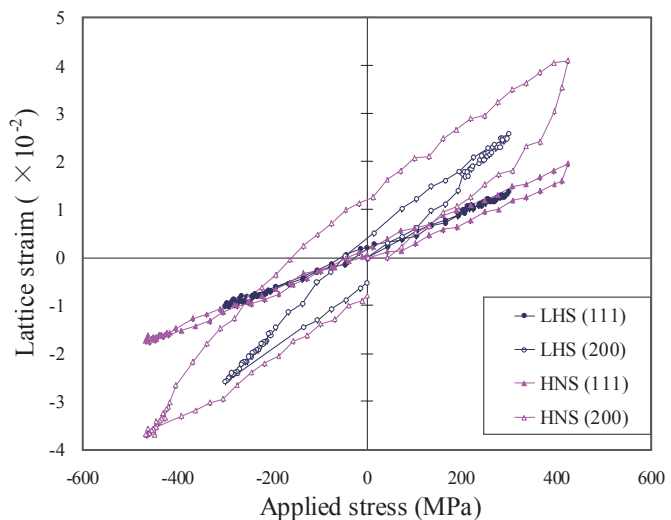


図1 窒素添加オーステナイト鋼(HLS)と無添加鋼(LNS)の引張圧縮変形に伴う格子ひずみの変化

参考文献：

[1] K. Asoo, Y. Tomota, S. Harjo, and Y. Okitsu: Tensile Behavior of a TRIP-aided Ultra-fine Grained Steel Studied by Neutron Diffraction, ISIJ Int. **51** (2011), pp.145-150.

固体酸化物形燃料電池用ガレート系固体電解質および リチウムイオン電池用層状正極材料の結晶構造解析

井手本 康^{1*}, 北村尚斗¹, 石垣徹²

東京理科大学理工学部¹, 茨城大学²

昨今、発電・蓄電デバイスとして燃料電池やリチウムイオン電池が非常に注目されているが、更なる高性能化を実現するためには結晶構造の観点からの材料設計が必要不可欠である。特に、上記のデバイスでは、酸化物イオンやプロトン、リチウムイオン等の軽元素が電荷担体であるため、中性子線を用いた構造解析への期待は極めて高く、また必要である。このような背景から、本研究では固体酸化物形燃料電池用電解質材料およびリチウムイオン電池用正極材料について、iMATERIAによる中性子回折測定を行った。

ガレート系電解質は酸化物イオン伝導体として知られており、イオン伝導度と伝導経路は原子変位パラメータに反映されると考えられる。そこで本研究では、 $(Ln,Sr)(Ga,Mg)O_{3-d}$ 、 $LnSr(Ga,Mg)O_{4-d}$ 、 $(Ln,Sr)_2Ga_3O_{7+d}$ (Ln : 希土類) について結晶構造解析を行った。その結果、優れた導電特性を示す材料では酸素の原子変位パラメータが大きく、また層状構造を有する物質の場合、層の方向に沿った異方性を示すことが明らかとなった。

リチウムイオン電池用正極材料としては、層状岩塩型構造をもつ $LiMO_2$ 系材料 (M : 遷移金属) に着目した。特に本研究では、従来中性子回折分光法では困難であった電気化学的な充放電プロセス (Fig. 1) における構造変化の検討を試みた。その結果、充電後の電池の正極合材に含まれる約 8mg の正極活物質について Rietveld 法による結晶構造解析を行い (Fig. 2)、Li 組成、カチオンミキシング、 MO_6 八面体の歪み、B.V.S. の変化を捉えることに成功した。このようにコインセルの正極自体でこのように解析を行えた成果は世界で最先端である。

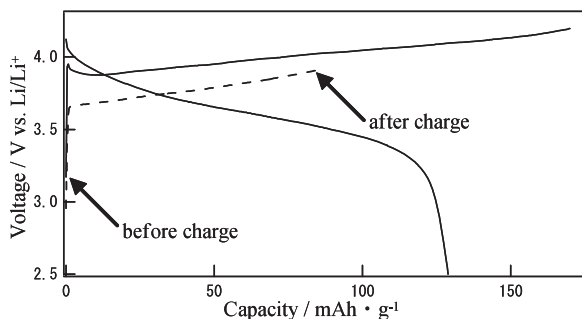


Fig. 1 Charge-discharge curves of $LiNi_{0.8}Co_{0.19}Cu_{0.01}O_2$ ($25^{\circ}C$; 0.2 mA/cm^2 ; $2.5\sim 4.3 \text{ V vs. Li/Li}^+$).

Solid lines: first cycle; dashed lines: second cycle.

参考文献：

[1] Y. Idemoto, Y. Tsukada, N. Kitamura, A. Hoshikawa, and T. Ishigaki, Chem. Lett., in print.

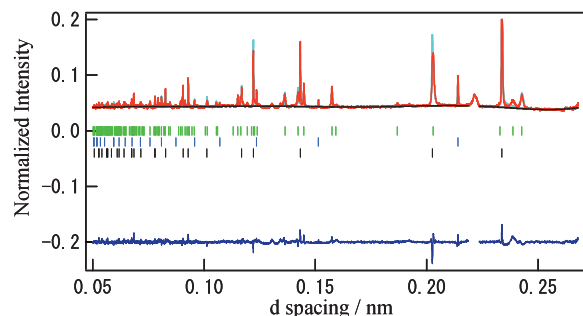


Fig. 2 Rietveld refinement pattern of $LiNi_{0.8}Co_{0.19}Cu_{0.01}O_2$ (after charge, Raw).

自動車エンジン用ピストンの残留応力評価

平野辰巳^{1*}，日高貴志夫¹，高松大郊¹，高橋智一²，
宍戸圭太郎²，佐々木正登²，川島裕一³

日立製作所日立研究所¹，日立オートモティブシステムズ²，
日立協和エンジニアリング³

自動車本体の中枢部であるエンジンは、高温・振動・駆動のために材料としては極めて過酷な環境下にある。燃焼室近傍では、ピストン、燃料噴射弁、吸気弁、点火プラグ、外壁などから構成される。特にピストンにおいては、鑄造時における残留応力や使用環境下での応力変化、高温となる燃焼面と冷却部間の熱負荷勾配による応力、摺動面における応力などが、予寿命や耐久性に影響を及ぼす。このため、残留応力は重要な評価項目となっている。現在、鑄造時における熱分布シミュレーション、熱負荷シミュレーションにより残留応力分布を推測している。今後、計算と実測とのつきあわせによる、熱シミュレーションの精度向上が要望されている。

そこで、J-PARCの匠装置によりピストン内部の残留応力を実測し、熱シミュレーションによる応力値と比較することを目的とした。アルミニウム鑄造で作製されるピストンは、熱処理により100 μm 程度に結晶が粗大化する集合組織のため、回折による残留応力の評価が難しいことが指摘されている。そこで、

- 1) 引張試験機によるアルミニウム鑄造材料のヤング率の実測
- 2) 4曲げ試験機による内部応力測定の見証
- 3) ピストンの熱処理後の内部残留応力の実測と熱シミュレーションとの比較

などを検討した。匠装置では、飛行時間法による計測のため、各指数の回折線が同時に測定できる。そこで、(111)、(200)、(220)、(311)の各面間隔から格子定数を計算し、基準位置での格子定数(a_0)と測定部位の格子定数の差異から応力を算出した。引張試験によりヤング率は、 81.1 ± 0.8 GPaが得られた。4点曲げ試験により、引張応力、圧縮応力、中心点での応力値： ~ 0 MPaが実測でき、内部応力が測定できることを見証した。測定精度は3 MPaであった。一方、(311)回折線のみを用いた応力の精度は8 MPaで、格子定数による解析の有意性が確認できた。また、ピストンの内部応力の実測と熱シミュレーションの計算値とは、ほぼ一致する結果が得られた。

リボヌクレアーゼ A の構造解析

日下 勝弘^{1*}

茨城大学 フロンティア応用原子科学研究センター¹

2004 年から J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF) に茨城県生命物質構造解析装置 iBIX はその建設を開始し、2008 年 12 月、茨城大学の運転維持・管理のもと供用を開始した。2009 年には有機物単結晶について中性子 TOF 回折データの測定・解析に成功した。本研究では、本装置の主な測定対象であるタンパク質について、iBIX を用いた最初の構造解析可能な中性子 TOF 回折データの測定とその解析を行い、本装置における解析精度や測定効率を評価した。

構造既知のタンパク質リボヌクレアーゼ A (分子量 :14kD、アミノ酸残基数 :124、格子定数 : $a=30.4\text{\AA}$, $b=38.6\text{\AA}$, $c=53.4\text{\AA}$, $\beta=105.8^\circ$, 空間群 : $P2_1$) を測定試料として選定した。結晶体積 4.7mm^3 の試料について以下の条件でフルデータ測定を行った。検出器台数 :14 台, 加速器出力 :120kW, パルス周期 :25Hz, 測定波長領域 : $1.6\sim 4.5\text{\AA}$ (1st frame), $4.5\sim 7.3\text{\AA}$ (2nd frame), 測定時間 :5 時間 / セッティング (1st frame), 1 時間 / セッティング (2nd frame)、測定セッティング数 :67 (1st frame), 40 (2nd frame), 総測定日数 :15.7 日。iBIX で測定された TOF 回折データを処理するために開発されたソフトウェア “STARGazer” を用いて、1388 の TOF 回折データについてピークサーチ、UB 行列決定、指数付け、UB 行列精密化および積分強度算出に成功した。分解能 1.7\AA 、積分反射数 36536、独立反射数 11787 で反射収率は 88.8% となり、予定した反射収率を得ることができた。この積分強度データを用いて構造精密化を行い、 $R_{\text{cryst}}=23.9\%$ ($R_{\text{free}}=28.2\%$) が得られた。得られた構造モデルおよび核密度マップを既知構造のものと比較した結果、妥当な構造が得られていることが分かった。この結果は近い将来 J-PARC の加速器出力が 1MW、検出器台数が 30 台に増強されることにより、本試料については結晶サイズが 1mm^3 であれば 3 日程度で妥当な構造情報が得られるフルデータの測定が可能であることを示している。また、現在進めているデータ処理ソフトウェアの TOF データへの最適化によりさらに高い精度の構造情報を得ることが期待できる。

不凍タンパク結晶の構造解析

大原 高志^{1*}

日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門¹

不凍タンパク質 (AFP) は生体内で氷の表面に結合することで氷結晶の成長を抑制し、体液の凝固点を下げる働きを持つタンパク質であり、冷凍技術向上という視点での産業応用が期待されている。北海道沿岸に生息するナガガジの体内では多数の 3 型 AFP(nfeAFP) のアイソフォームが発現しており、これらは SP 型および QAE 型に分類される。どちらも氷表面に結合する機能は有するが、氷結晶の成長を抑制する能力は QAE 型の方がはるかに高い。演者らはこれまで、SP 型である nfeAFP6 と QAE 型である nfeAFP8 の活性の違いが 1 つのアミノ酸の違いによってもたらされることを見出すとともに、様々な条件での中性子および X 線構造解析を行うことで、水和水の AFP 活性機構に対する役割の構造的解析を試みてきた。

一方、茨城県が MLF の BL03 に整備した茨城県生命物質構造解析装置 iBIX では、2010 年度より主目標であるタンパク質の構造解析への試みが始まっている。そこで本研究では iBIX における初の低温でのタンパク質の構造解析として、110 K における nfeAFP6 の中性子回折測定を行った。1.5 Å から 8.0 Å の入射中性子を用いた TOF 法による測定を行い、15 日間の測定で $d > 2.5$ Å の反射を 16690 個測定した。Completeness は 93% となった。本発表では、得られたデータの処理の状況および解析の進捗を報告し、iBIX における今後のタンパク質結晶測定の見通しを述べる。

Magnetic Ordering and Spin Canting in Three-Dimensional Non-Planar Square Antiferromagnetic Networks of Equilateral $S=1/2$ Triangles: $\{[\text{Cu(II)}_3(\text{trz})_3(\mu_3\text{-OH})\text{X}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}] 2\text{H}_2\text{O}\}_n$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, 0.5\text{SO}_4, \text{ and } 0.5\text{SeO}_4$)

Tetsuya Yamada¹, Goro Maruta¹, and Sadamu Takeda^{1*}

*Department of Chemistry, Faculty of Science and Graduate School of Science,
Hokkaido University¹*

A series of three-dimensional (3D) networks of $S = 1/2$ antiferromagnetic copper(II) triangular units $\{[\text{Cu}_3(\text{trz})_3(\mu_3\text{-OH})\text{X}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}] 2\text{H}_2\text{O}\}_n$ ($\text{trz} = 1,2,4\text{-triazolate}$; $\text{X} = \text{Cl}$ (1), Br (2), 0.5SO_4 (3), and 0.5SeO_4 (4)) were synthesized, and their crystal structures and magnetism were investigated by single-crystal X-ray diffraction, high-resolution powder neutron diffraction, Cu and Br EXAFS, heat capacity, magnetic susceptibility, and solid-state NMR measurements. The 3D network with cubic $Fd\bar{3}c$ symmetry and a large unit cell ($a \approx 25 \text{ \AA}$ for 1, 2, and 3) is composed of discrete equilateral triangular units of $S = 1/2$ Cu(II) ions, while the 3D network for 4 has slightly lower symmetry. All compounds exhibited strong intra-unit antiferromagnetic interactions at $2|J| > 200 \text{ K}$ ($H = -2J \sum_i \mathbf{s}_i \cdot \mathbf{s}_j$), whereas the magnetic behavior below 20 K was remarkably different between the highly symmetrical 1–3 and the slightly deformed 4. For 1–3, Néel-type magnetic ordering was revealed by the magnetic susceptibility, and the heat capacity around 18 K. For 4, hysteresis of the magnetization curve at 2 K was observed, indicating spin canting. Critical behavior of the internal magnetic field below the transition temperature was investigated by deuterium NMR spectroscopy of 1 and 4. Short-range and long-range ordering were found for 4. The decrease in magnetic entropy due to the transition was found to be small. This result suggests that the magnetic transition occurs with residual spin freedom. The 3D interaction among equilateral triangles modifies geometrical frustration and quantum fluctuation in each discrete triangular unit.

四季分光器による $\text{La}_2\text{CoO}_{4.24}$ の磁気励起の測定

中島健次^{1*}, 梶本亮一¹, 中村充孝¹, 稲村泰弘¹, 堀金和正², 平賀晴弘³,
山田和芳², 新井正敏¹

J-PARC センター¹, 東北大学 WPI 機構², 東北大学金研³

遷移金属酸化物は、キャリアを導入することによって系の性質を大きく変える。特に、磁気相関に及ぼす効果は、電荷秩序の形成やスピン間相互作用に寄与する電子状態の変化などを反映し、その全容を調べることでキャリアが系に及ぼすミクロスコピックな効果を理解するのに重要な様々な手がかりが得られる。そのような中で、我々は、2次元ペロフスカイト遷移金属酸化物 La_2MO_4 ($M=3d$ 金属) の一つ、 La_2CoO_4 にホール導入した系の磁気励起を調べている。Co 系は、軌道磁気モーメントの寄与や Co^{3+} のスピン状態の自由度等他の Cu 系や Ni 系にはない独自の特徴を持ち、一連の La_2MO_4 系の中でも興味深い物質である。磁性原子 1 個あたり 0.5 個のホール持つハーフドープの $\text{La}_{1.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_4$ では市松模様状の電荷秩序が形成され、磁気構造が長周期化した Co^{2+} スピンからの磁気励起が観測されている [1, 2]。一方、我々は、過剰酸素導入によってほぼ同様のハーフドープを実現した $\text{La}_2\text{CoO}_{4.24}$ の単結晶試料を用意し、*J*-PARC の四季分光器を用いてその磁気励起の全体像の観測を試みた。用いたのはわずか 4 グラムとけして大きくはない試料ではあったが、四季分光器では、この系の磁気励起を明瞭にとらえることができ、Sr ドープ系と同様の長周期構造化した Co^{2+} スピン由来と思われる分散が存在すること、しかしながら、それらについてエネルギーや一部のモードの強度などは Sr ドープ系の振る舞いと違いが見られることがわかった。また、Sr ドープ系では報告されていない分散のわずかな異方性や、非常に微弱ながらやはり Sr ドープ系では見られていない Co^{3+} によるとと思われる磁気励起までも捉えることができ、 Co^{3+} のスピン状態が Sr ドープ系と異なる可能性も示唆される。

今回は、四季分光器で得られた結果の概要を報告し、関連する他の系との比較を通じこの物質で起きていると思われる現象を議論しつつ、さらには *J*-PARC の分光器を使ったこれらの系の今後の研究の可能性についても展望したい。

参考文献：

- [1] I. Zalitznyak *et al.*, Phys. Rev. B **64** (2001) 195117.
- [2] L. M. Helme *et al.*, Phys. Rev. B **80** (2009) 134414.

鉄系超伝導体の非弾性中性子散乱

石角元志^{1,2,5*}, 永井佑紀^{1,5}, 樹神克明^{1,5}, 梶本亮一^{1,5}, 中村充孝¹, 稲村泰弘¹,
水野文夫^{3,1}, 脇本秀一^{1,5}, 中村博樹^{1,5}, 町田昌彦^{1,5}, 鈴木雄大^{4,5}, 白井秀知^{4,5},
黒木和彦^{4,5}, 伊豫彰^{2,5}, 永崎洋^{2,5}, 新井正敏^{1,3,5}, 社本真一^{1,5}

原子力機構¹, 産総研², 東北大理³, 電通大⁴, JST-TRIP⁵

鉄系高温超伝導体が東工大の細野研において発見されて以来もうすぐ3年になるが、超伝導転移温度 (T_c) は最高で 55 K と、銅酸化物高温超伝導体に続く 2 番目に高い物質系となっている。そのなかで最初に発見された $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ ($T_c^{\text{max}}=28$ K) 系と最近、オーダーパラメータにノードが発見され話題となった $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ の粉末試料を、我々はフェルミチョッパー型分光器 (四季: BL01) を用いて調べてきたので、その結果について報告する。

(1) $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ (La1111) 系: スピン揺らぎと超伝導

La1111 系で母相から超伝導相まで系統的な研究を行った結果、超伝導試料 ($x=5.7, 8.2\%$) において、母相 [1] と同様な Γ -M 点間のネスティング条件に由来するスピン揺らぎが観測されたのに対して、 T_c が抑制されたオーバードープの試料 ($x=15.8\%$, $T_c \sim 7$ K) ではスピン揺らぎは観測されなかった [2]。そこで同様に T_c の低い $\text{LaFePO}_{0.9}$ ($T_c \sim 5$ K) を調べたところ、この系でもスピン揺らぎが見られなかった。これらのことは超伝導とスピン揺らぎの強い相関を示唆する。当日はネスティング条件との関係を議論したい。

(2) $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$: オーダーパラメータの対称性

鉄系超伝導体の中で最高の T_c を有する Ln1111 系の超伝導ギャップ対称性は磁場進入長や中性子散乱実験などの結果から一般にフルギャップ s_{\pm} 波だと考えられている。一方、 $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ ではその比較的高い T_c ($=30$ K) にもかかわらず、磁場進入長や熱伝導度の実験より超伝導ギャップにラインノードが存在することが提案された。従って対称性の異なる $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ では La1111 系とは異なる磁気共鳴モードが見えることが期待される。我々は、最適ドープ $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.65}\text{P}_{0.35})_2$ の粉末試料 (~ 36 g) を用いて中性子非弾性散乱測定を行った。その結果、常伝導状態での磁気励起と超伝導状態での共鳴の増大の両方が、La1111 系と同程度に観測された。このことは、オーダーパラメータが他のフルギャップ s_{\pm} 波系とほぼ同じであることを示している。講演ではこの中性子非弾性散乱の結果と他のラインノードを示唆する実験から考えられる超伝導ギャップ対称性について考察したい [3]。

参考文献:

- [1] M. Ishikado, *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **78**, 043705 (2009).
- [2] S. Wakimoto *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **79**, 074715 (2010).
- [3] M. Ishikado, Y. Nagai, K. Kodama *et al.*, arXiv:1011.3191 (2010).

中性子と X 線の回折による疎水性微小空間中の 水分子集団の構造解明

飯山 拓^{1*}, 藤崎 布美佳¹, 二村 竜祐¹, 浜崎 亜富¹, 尾関 寿美男¹,
星川 晃範², 石垣 徹²

信州大学 理学部¹, 茨城大学 フロンティア応用原子科学研機構²

<緒言> 活性炭に含まれるスリット型細孔はその幅が 1 nm 程度であり、水分子数個程度に相当する微小な空間である。活性炭は自重に匹敵するような大量の水分子を吸着するが、吸着された分子のほとんどがこのような微小な空間中にあり、極めて興味深い系であるといえる。活性炭-水吸着系は、固体表面の疎水性のために、低い圧力では吸着を生じず中・高相対圧(湿度)で急速に細孔を充填するという他の吸着系では見られない特徴を示す(IUPAC 分類 V 型, Fig.1)。我々はこれまでに X 線回折と X 線小角散乱により、細孔内で水分子が自己集合しクラスター様の分子集団を形成していること [1]、室温でも氷類似の特異な分子間構造を有すること [2] などを見出してきた。中性子を用いた回折実験では X 線では得られない水素に関する位置情報を得ることが期待できる。我々は重水を用いて in situ 条件にて吸着状態の中性子回折測定を行い、さらにリバースモンテカルロ(RMC)法を適用 [3] して X 線と中性子からの情報の統合を試みた。

<実験> 中性子回折実験は J-PARC 物質・生命化学実験施設(MLF) BL20 においてパルス中性子ビームを用いて行った。試料として磨砕した活性炭素繊維 A20 ((株)アドール, 細孔径 1.13 nm) を、バナジウム製の中性子回折セル($d = 10$ mm)に入れ、真空加熱脱気処理(393 K, 10^{-3} Pa, 3 h)ののちに重水を所定の吸着量(細孔充填率 $\phi = 0, 0.3, 0.6, 1$)まで充填し、封入して実験に用いた。

<結果・考察> TOF 法によって得た散乱強度データから散乱パラメータ Q に対応する回折強度データを得た(Fig.2)。回折強度は $Q = 13 \sim 500 \text{ nm}^{-1}$ 付近までにわたる広い範囲で得ることができ、吸着量に伴い回折強度は全ての s の範囲で増加した。これより未吸着の活性炭分の回折強度を差し引き(Fig.2)、フーリエ変換によって吸着水分子集団の動径分布関数を得た(Fig.3)。近距離領域(~ 0.3 nm)において分子内の O-D ピーク(0.096 nm)など X 線にはない水素原子に関する情報が含まれていることが確認でき、また第 2 隣接分子(0.43 nm)付近のピークが大きいという室温での構造の特徴が ND から得られた。現在、自作のプログラムにより ND、XRD の実験結果に対して RMC 法の適用を行っており、適切なモデルを使えば両者を再現する 3 次元的な構造イメージを得られることがわかった(Fig.4)。今後、温度を下げた際の相転移現象等について研究を進める予定である。

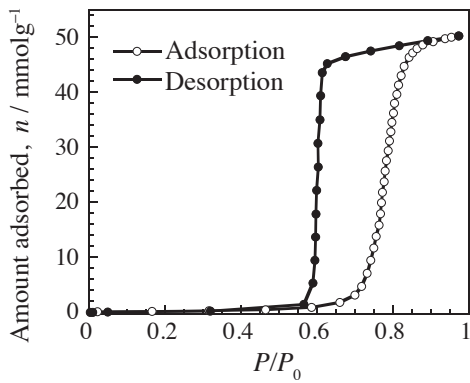


Fig. 1 活性炭素繊維 A20 の D₂O 吸着等温線 (300K)

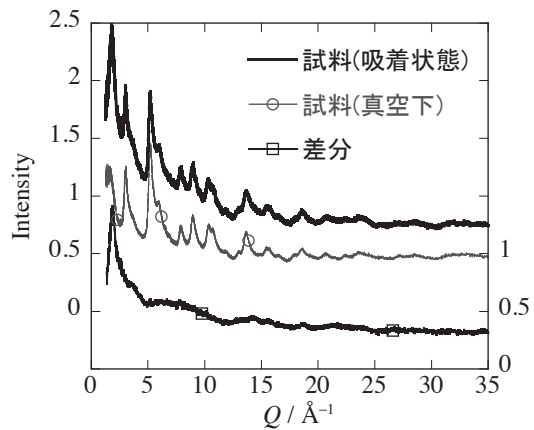


Fig. 2 A20 (真空下、吸着状態) の ND プロファイルとその差分

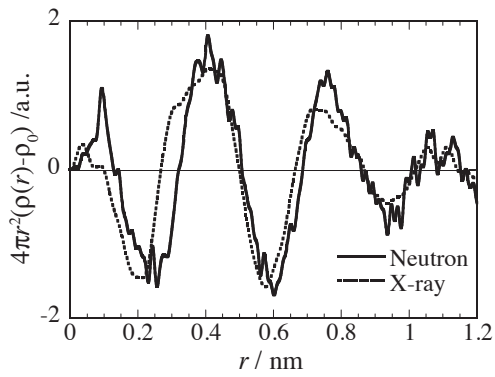


Fig. 3 NID, XRD で得た吸着水の動径分布関数の比較

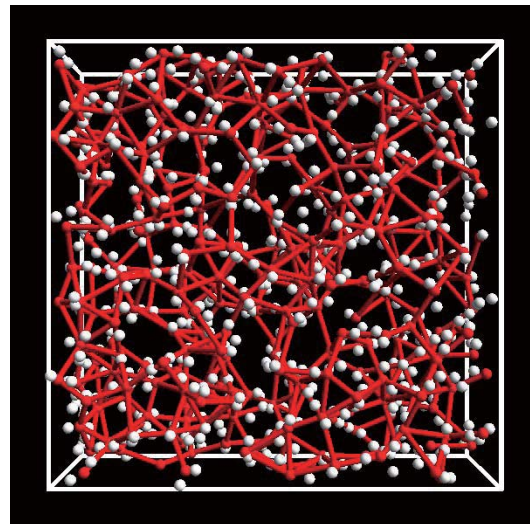


Fig. 4 RMC 法による細孔内の吸着水の snapshot (手前、奥がカーボン表面)

参考文献：

- [1] T. Iiyama, Y. Kobayashi, K. Kaneko, S. Ozeki, Coll. Surf. A, **241** (2004) 207.
- [2] T. Iiyama, K. Nishikawa, T. Suzuki, K. Kaneko, Chem. Phys. Lett., **274** (1997) 152.
- [3] T. Iiyama, K. Hagi, T. Urushibara, S. Ozeki, Coll. Surf. A, **347** (2009) 133.

量子スピノ系 (CuCl)LaB₂O₇ (B = Nb, Ta) の磁気励起

河村聖子^{1*}, 中島健次¹, 稲村泰弘¹, 辻本吉廣², 北田敦³, 竹入史隆³, 陰山洋³,
網代芳民³, 西正和⁴, 加倉井和久⁵

J-PARC センター¹, 物質・材料研究機構², 京都大学³,
東京大学物性研究所⁴, 日本原子力研究開発機構⁵

(CuCl)LaB₂O₇ (B = Nb, Ta) で表わされる物質は、CuCl 面と LaB₂O₇ 面が交互に積層した 2 次元正方格子構造をもつ量子スピノ系である。(CuCl)LaNb₂O₇ および (CuCl)LaTa₂O₇ の磁気基底状態はそれぞれ、2.3 meV のギャップをもつスピン一重項状態と、collinear なスピン構造をもつ反強磁性秩序状態であることが示唆されている。またこれらの系では、最近接および次近接相互作用の競合により、スピノフラストレーションが存在すると考えられている。今回我々は、これらの系の磁気励起状態を調べるため、BL14 のチョッパー型分光器アマテラスを用いて、粉末中性子非弾性散乱測定をおこなった。図 1(a)(b) はそれぞれ、入射エネルギー $E_i = 7.7$ meV の中性子を用いて 4.5 K において観測された (CuCl)LaNb₂O₇ および (CuCl)LaTa₂O₇ の Q - E マップである。両試料において、 $\Delta E \sim 2$ meV 付近で 1 meV 程度の幅をもつバンド状の励起が観測された。磁気励起の積分強度の Q 依存性を比較すると、(CuCl)LaNb₂O₇ は 3 軸分光器でも観測されているダイマー特有の Q 依存性を示すのに対し [1]、反強磁性秩序状態における (CuCl)LaTa₂O₇ では、それとは異なる Q 依存性が観測された。当日は、温度変化等を比較し、これらの系の励起状態について議論する。

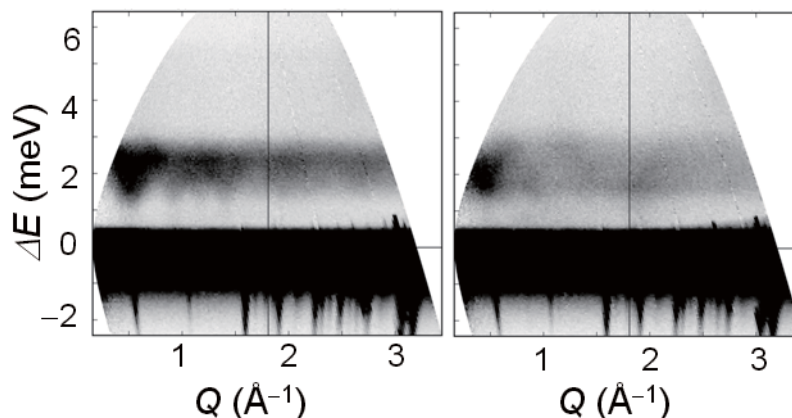


図 1 $E_i = 7.7$ meV の中性子を用いて 4.5 K において観測された、
(a) (CuCl)LaNb₂O₇ および (b) (CuCl)LaTa₂O₇ の Q - E マップ。

参考文献：

[1] H. Kageyama *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **74** (2005) 1702.

高出力化へ向けた水銀ターゲット開発の現状

羽賀勝洋^{1*}

日本原子力研究開発機構¹

J-PARC の核破碎中性子源である水銀ターゲット (JSNS) は、大強度のパルス陽子ビーム入射に伴い水銀中で発生する圧力波により、水銀ターゲット容器がキャビテーション壊食を受け、容器寿命が著しく低下することが懸念されている。これを防ぐためには、水銀中で特に強い圧力波が発生するビーム窓近傍に半径数十～百マイクロン程度のヘリウムの微小気泡を分布させることが効果的であるが、これを実現するには水銀中で微小気泡を生成可能なバブラーの開発、実機システムに気泡を注入するためのシステム開発、水銀ターゲット容器や水銀循環系内での気泡の挙動・分布の把握、及びこれらのシステム運転への影響評価などが不可欠である。気泡の生成手法では、案内羽根を用いて水銀に旋回流を生じさせ、旋回中心にヘリウムガスを供給して形成される気柱を急拡大することで、急激な圧力変動により破碎するスワール型バブラーを開発し、バブラーの内部構造や配置を最適化することで、低圧力損失、且つ微細な気泡を生成可能なバブラーを実現できた。気泡注入システムについては高放射線環境で使用可能なガス流量制御手法を開発し一定量のガスを安定的に供給できることを実験的に示した。また、遠隔操作に対応した機器構造や配置の設計を行い、ターゲット台車後方の設置スペースに搭載可能なシステムの設計に目処を付けた。さらに、水銀循環設備内に蓄積した場合の影響を実験及び解析的に評価し、実機ターゲットシステムの運転に支障のないことを確認した。気泡の挙動・分布については、実機水銀ターゲット容器と同じ規模のモックアップモデルを製作し、米国 SNS の大型水銀循環ループに接続して、ターゲット内の気泡サイズと分布を計測した。その結果、目標とするサイズの気泡をビーム窓近傍に分布させることが出来た。これらの成果を基に、3号機ターゲット容器を製作中であり、更に減容化を目的とした分割型ターゲット容器の開発を進めている。本発表ではこれらターゲットシステムに関する開発の現状を報告する。

1MW 運転に向けた陽子ビームコミッショニング

明午伸一郎^{1*}

J-PARC センター 日本原子力研究開発機構¹

J-PARC 物質・生命科学実験施設は 2010 年 12 月より陽子ビーム強度が 200 kW となり、世界最高レベルのパルス中性子およびパルスミュオンによる利用が開始された。MLF のビームコミッショニングは、ユーザーに大強度ビームを供給することと、来年度の夏季メンテナンス期間までに水銀ターゲットを健全な状態に保たせることを狙って行ってきた。一方、米国 ORNL の SNS の使用済み銀ターゲット容器にはピッチングによる損傷が確認され、大強度のパルス核破砕中性子源の重大な課題が浮き彫りになってきた。ピッチングによる損傷はビームに起因する発熱密度の 4 乗に比例するので、ピーク密度をできるだけ低減することが重要な鍵となる。

200kW 運転では、ターゲット容器の健全性の維持することを第一に考慮し、ビームプロファイルを広げてピーク密度を下げた。これによりターゲット周辺部の発熱は上昇し周辺部の発熱密度が重要になってくるために、周辺部の発熱密度の測定法を開発した。この結果、ターゲット周辺部の発熱は許容範囲を十分に下回り、またプロファイル測定から、ピーク発熱密度も 1.7J/cc/pulse と十分に低く抑えていることが確認された。これらより、確信して 200kW のビームを安定供給することができた。

来年の夏季メンテナンスにおいてターゲット容器にヘリウムバブルを流しピッチング損傷に対する策を講じるが、ピーク密度を下げることは重要である。1MW 運転においては、単純に線形オプティクスを用いて、ビームを広げるだけでは困難になる。そこで、八極電磁石を用いた非線形のオプティクスによる、ビームの平坦化技術の開発に着手した。

シンチレータを用いた大面積中性子検出器の開発

中村 龍也^{1*}, 川崎卓郎¹, 藤健太郎¹, 坂佐井馨¹, 海老根守澄², 美留町厚²,
曾山和彦¹, 片桐政樹³, 山岸秀志³, 細谷孝明⁴

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹, 日本原子力研究開発機構 工作技術課²,
日本アドバンステクノロジー³, 茨城大学 工学部⁴

J-PARC/MLF に設置された中性子散乱実験装置には非常に多くの中性子検出器が装填されている。それらの多くは 0 次元あるいは 1 次元のヘリウム 3 ガス比例計数管であり、その高い検出効率やシンプルな計測系等の特長は多くの装置に要求に適合する。一方、シンチレータを用いた位置敏感型中性子検出器はヘリウム 3 ガス検出器では実現が困難な数 mm 以下の位置分解能を実現できる。このため、高い位置分解能が検出器に必要な装置では極めて大きな威力を発揮する。

我々は、J-PARC/MLF の中性子散乱実験装置での利用のためにシンチレータを用いた検出器の開発を行ってきた。これまでに 1mm 分解能型の 2 次元検出器 (BL03 用) や 3mm 分解能型の 1 次元検出器 (BL19 用) を開発しそれらの成果は実機として役立てられている。

現在は、物質構造解析装置 (BL18)、階層構造解析装置 (BL17) に要求される 4mm 分解能かつ大面積である 2 次元シンチレータ中性子検出器の開発を鋭意進めているところである。我々はこれまでの検出器開発で培った要素技術を基礎として中性子有感領域 256 × 256mm の検出器の実現の目処を得た。本発表ではこの大面積検出器のプロトタイプ機の試験結果を中心に報告する。

高性能非球面スーパーミラーの開発

山崎 大^{1*}, 丸山龍治¹, 林田洋寿¹, 曾山和彦¹, 永野幹典², 山家史也², 山村和也²

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹,
大阪大学大学院工学研究科 超精密科学研究センター²

数値制御ローカルウェットエッチング法により創成した石英基板精密楕円表面上にイオンビームスパッタ法により高性能スーパーミラーを成膜することで、楕円形状の高精度集光スーパーミラーを開発している [1]。これまで90mmH × 40mmW の1次元楕円型スーパーミラーを開発し、集光サイズ0.25mm、6倍のゲインを達成している [2]。

今回は400mmH × 100mmWの大型ミラーを開発し、BL10においてそのパルス中性子ビーム集光を評価した。その結果、波長3.5Å以上のパルス中性子に対し0.20mmの集光サイズ、52倍のゲインを達成した。図1に、入射側焦点サイズ0.10mmの際にイメージングプレートで観測した、集光ビームと非集光ビームの2次元形状を示す。図2に示すのは、図1の2次元データの中央付近で水平方向に切り出したPSL強度の比較である。また、集光ビーム及び非集光ビームのTOF測定により、ミラーがm=4のスーパーミラーとして機能し、 $\lambda > 3.5\text{\AA}$ の広帯域中性子が集光されていることを確認した。

以上の結果により、我々の集光スーパーミラー開発が400mmまでのミラーサイズでも精度を落とすことなく実現可能であることが示された。

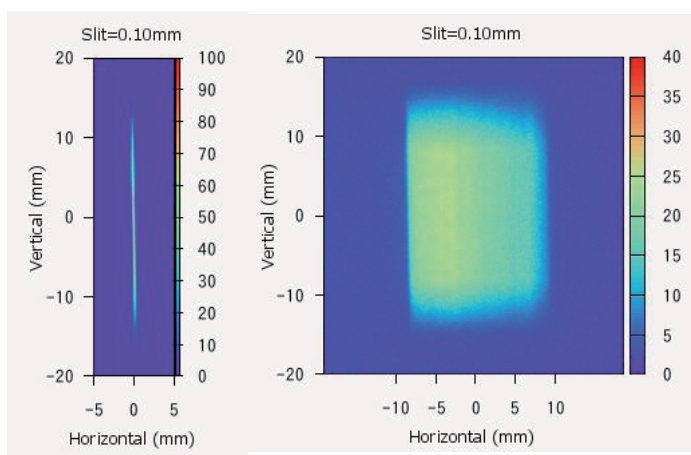


図1 集光ビーム(左), 非集光ビーム(右)のIP像

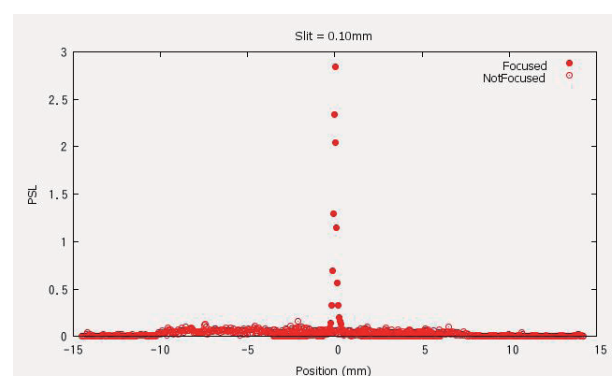


図2 図1中央部における集光, 非集光強度の比較

参考文献：

- [1] K. Yamamura *et al.*, Opt. Express **17** (2009) 6414.
- [2] D. Yamazaki *et al.*, J. Phys. : Conf. Series, to be published.

J-PARC における偏極 ^3He 中性子スピフィルターの開発

吉良弘^{1*}, 坂口佳史², 奥隆之¹, 酒井健二¹, 鈴木純市¹, 新井正敏¹,
加倉井和久², 遠藤康夫², 有本靖³, 猪野隆³, 清水裕彦³,
堤健之⁴, 平賀晴弘⁴, 大山研司⁴, 山田和芳⁵, L-J.Chang^{2,6,7}

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹,
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門²,
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所³,
東北大学 金属材料研究所⁴, 東北大学 原子分子材料科学高等研究機構⁵,
成功大学(台湾)⁶, 清華大学(台湾)⁷

^3He の中性子に対する吸収断面積は中性子のスピンの向きに非常に大きく依存すること、散乱断面積が非常に小さいことから原子核スピが偏極した ^3He は中性子ビームの効果的な偏極手段として利用可能であり、J-PARC 物質生命科学実験施設での幅広い活用が期待されている。

我々はこれまで、主に入射中性子の偏極を目的とした In-situ SEOP (Spin Exchange Optical Pumping) 方式の偏極 ^3He 中性子スピフィルターの開発を進めてきた。光学系の改良を重ね JRR-3 の定常ビーム、J-PARC MLF のパルスビームいずれにおいても 17bar-cm の ^3He セルで ^3He 偏極度としては世界水準レベルとなる 73% を達成することに成功した。このとき偏極 ^3He 中性子スピフィルターとしての性能は、波長 1.5Å の中性子に対して中性子ビームの偏極度は 90%、透過度は 30% である (図 1)。

これにより、JRR-3、MLF の実験装置への実機提供の技術的な目処がたった。発表では開発中の JRR-3 装置向け In-situ SEOP 偏極子実用機、および検討中の MLF 装置向け偏極子のデザインを紹介すると共に最新の開発状況について報告する。

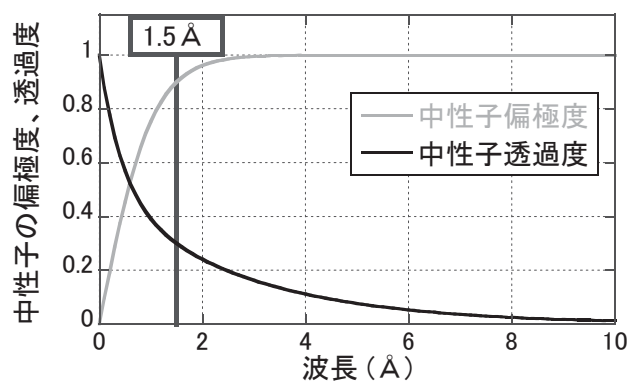


図 1 $P_{\text{He}}=73\%$, 17bar-cm 時の偏極性能

新規ミュオンビームライン

河村 成肇^{1,2*}, ミュオンセクション^{1,2}

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹,
J-PARC センター 日本原子力研究開発機構²

J-PARC ミュオン実験施設 (MUSE) は平成 21 年末に 1.8×10^5 個 / パルス @120 kW の強度を観測し、パルスビームとして世界一の強度となった。強度の増加は、短時間での実験完了ばかりでなく、従来では不可能と思われていた高統計の実験を現実のものへと変えることを意味する。

ニュートリノ振動の観測などで既に矛盾が生じている標準理論は、それを超える理論の構築を目指し多くの研究がなされてきた。第 2 世代のレプトンとして不安定でありながら、比較的容易かつ大量に生成できるミュオンは、強度フロティアでの実験において研究対象となってきた。例えば、米国 BNL で行われたミュオンの異常磁気能率 ($g-2$) 測定 E821 実験 [1] や、スイス PSI で行われた標準理論の枠内では起こり得ない $\mu^+(A,Z) \rightarrow e^+(A,Z)$ という崩壊様式の探索実験 SINDRUM-II[2] などがよく知られている。

MUSE で得られる大強度のミュオンビームは、従来のものを超える高統計の実験を実現することは原理的には可能である。一方で、既設の崩壊ミュオンビームライン (D ライン) は汎用性を目指して設計されたビームラインであり、運動量の tunability は 5 ~ 120 MeV/c と幅広い一方でビーム強度は中庸なものである。また、多くのユーザーが短期間(数日程度)の実験を順に行う実験スタイルの中に、1 年程度を単位とする高統計実験が入ることは現実的とは言えない。このような事情は一部既設の新規ビームライン (U ライン、S ライン) でも同様である。そこで、MUSE では 4 番目のビームラインとして高統計実験などに供する H ラインの設計・検討が始められている。

本講演では、H ラインの設計概念やすでに提案されているいくつかの実験に関して紹介する。

参考文献：

[1] E821 collaboration, Phys. Rev. Lett. **92** (2004) 1618102.

[2] SINDRUM-II collaboration, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **17** (1991) S47-S55.

超低速ミュオン顕微鏡が拓く 物質・生命・素粒子科学のフロンティア

鳥養映子^{1*}, 三宅康博², 門野良典², 岩崎雅彦³, 髭本亘⁴

山梨大学 大学院医学工学総合研究部¹, 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所²,
理化学研究所 仁科加速器研究センター³, 日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター⁴

J-PARC に世界最高パルス強度のミュオン源が建設され、2009 年 12 月の 300 KW 試験運転においてパルス当たり 18 万個のミュオン発生が確認された。所期性能 (1 MW) 達成時には未踏のパルス当たり 50 万個の尖頭強度が期待される。世界最高パルス強度がもたらす夢のビーム：超低速ミュオンは、ミュオンを用いた科学研究に質的転換をもたらすであろう。物質と生命の研究のためにもっとも必要なのは、物質表面から深さ方向に nm 分解能での連続走査性能、サブ μm 分解能での物質内部 3 次元走査性能、及びこれらによって実現される μg オーダーの測定感度である。これらの性能を実現するために、物質生命研究はもとより、基礎物理から産業応用まで、超低速ミュオンに期待を持つ研究者が分野の壁を越えて結集して取り組んでいる超低速ミュオン顕微鏡研究プロジェクトの概要を紹介する。

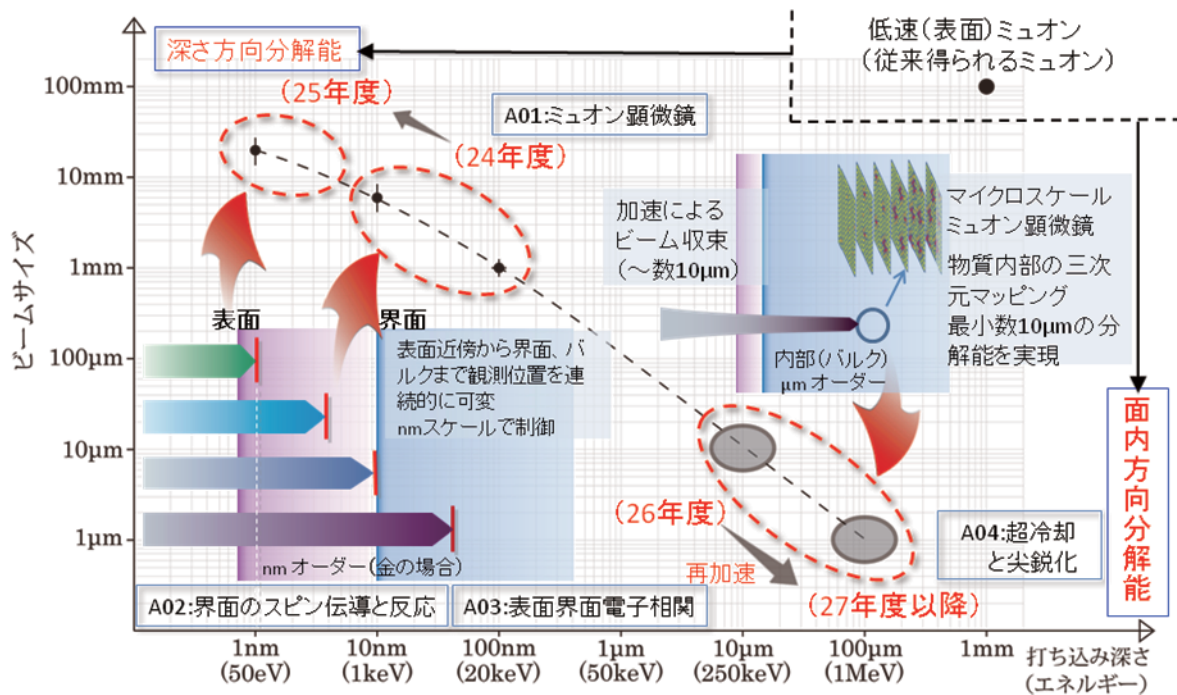


Fig.1 超低速ミュオン顕微鏡で見える空間スケール

低速ミュオンラインにおける科学

幸田章宏^{1*}, 髙本亘²

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所¹,
J-PARC センター 日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター²

これまでの物質生命科学分野におけるミュオンビーム利用の件数としては、その圧倒的多数が低速（表面）ミュオンを用いた実験であった。この背景としては、正ミュオンの磁気プローブとしての有用性について少なからず評価を得てきたという側面もあるが、一方で 4 MeV という比較的 low エネルギーのそろったビームである利点をいかし、測定試料の大量な準備が困難な物質においても「リーズナブルな量」の試料で実験が可能であった点が指摘できる。

J-PARC MUSE では現在、汎用の低速・高速ミュオンライン（Dライン）を用いて上述のような物性物理の一般供用課題実験を実施しているが、次のターゲットとして超低速ミュオンライン（Uライン）とともに低速ミュオンライン（Sライン）の建設が構想されている。最終形態としては複数のビームキッカー / スライサー機器から構成される複数の実験エリアを有したビームラインが構築される計画であり、たとえば次の測定温度に変更中といった特にビームを必要としない実験エリアをミュオンビームの行き先から外すような動的な運転も計画されている。特筆すべきは、このような運転スタイルは 25 Hz 以下の繰り返し頻度で外部条件と同期させたいような実験（たとえばパルス磁場の待ち時間など）においてビームを有効に利用できるということである。さらに少量の試料にミュオンを止められるという特性は、RF 共鳴実験と組み合わせる際に均一な共鳴磁場を作るのが容易であるという利点も挙げられる。

また、大強度のミュオンビームを用いることにより、ひとつの測定点に要する測定時間が 1～数分程度まで短くなることが予想される。このことは数十分程度の比較的ゆっくりとした時定数をもつ反応など、時間発展する現象がミュオンを用いてその場観察できることを示唆している。これを実現するためには大強度のミュオンビームによる極めて高いイベントレートを処理可能な μ SR 分光器が必須である。現在、次世代の検出器開発を含めた μ SR 分光器の製作に取り組んでいるところである。

μSR からみた La 系高温超伝導体における Cu スピン相関に対する 磁性・非磁性・静電不純物置換効果

足立匡^{1*}, 鈴木謙介¹, 田邊洋一¹, 沖直樹¹, 小池洋二¹,
リスディアナ², 渡邊功雄², 幸田章宏³, 髭本亘⁴

東北大学 大学院工学研究科応用物理学専攻¹, 理化学研究所 仁科加速器研究センター²,
J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構³, J-PARC センター 日本原子力研究開発機構⁴

銅酸化物高温超伝導の発現機構を理解するために、Cu スピン相関と電子状態に対する不純物置換効果について、かなり研究されてきた。その中で、典型的な磁性不純物と考えられてきた Ni に関して、近年の中性子散乱 [1,2]、μSR [3]、比熱 [4,5] など実験から、Ni がホールを捕獲して有効電荷 $Q \sim +3$ 、スピン量子数が Cu と同じ $S \sim 1/2$ になると指摘されている。すなわち、磁性不純物ではなく静電不純物と見なすことができる。以前、我々は、La 系超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_{1-y}(\text{Ni,Zn})_y\text{O}_4$ の有効ホール濃度 $p_{\text{eff}} = 0.10$ における μSR と電気抵抗率の測定から、図 1 に示すように、超伝導と Cu スピン相関に対する非磁性不純物 Zn と Ni の効果が定量的に同じであることを見出した [6]。この結果は、所謂電荷とスピンのストライプ相関のピン止めで理解できる可能性があるが、Zn と Ni の効果の定量的な一致の原因は明らかではない。

そこで、我々は、様々な有効電荷とスピン量子数を持つ不純物が Cu スピン相関に与える影響を調べるために、 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_{1-y}\text{M}_y\text{O}_4$ ($M = \text{Zn, Ni, Fe, Ga}$) の $p_{\text{eff}} = 0.08$ において、Zn ($Q = +2, S = 0$)、Ni ($Q \sim +3, S \sim 1/2$)、Fe ($Q = +3, S = 5/2$)、Ga ($Q = +3, S = 0$) を部分置換した試料を用いて μSR 測定を行った。実験は、J-PARC、MLF の D1 ミュオン実験装置で行った。その結果、4 種類の不純物ともに、 $y = 0.01$ において 2 K 付近でミュオンスピン回転が観測され、低温で磁気秩序が形成されることが分かった。現在、詳しい解析を進めている。講演では、磁気転移温度、内部磁場などの比較を行い、Cu スピン相関と電子状態に対する非磁性、磁性、静電不純物の効果を議論する。

参考文献：

- [1] M. Matsuda *et al.*, Phys. Rev. B **73** (2006) 140503(R).
- [2] H. Hiraka *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **76** (2007) 074703.
- [3] Y. Tanabe *et al.*, Physica B **404** (2009) 717.
- [4] Y. Tanabe *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **79** (2010) 023706.
- [5] K. Suzuki *et al.*, Phys. Rev. B **82** (2010) 054519.
- [6] Y. Tanabe *et al.*, submitted.

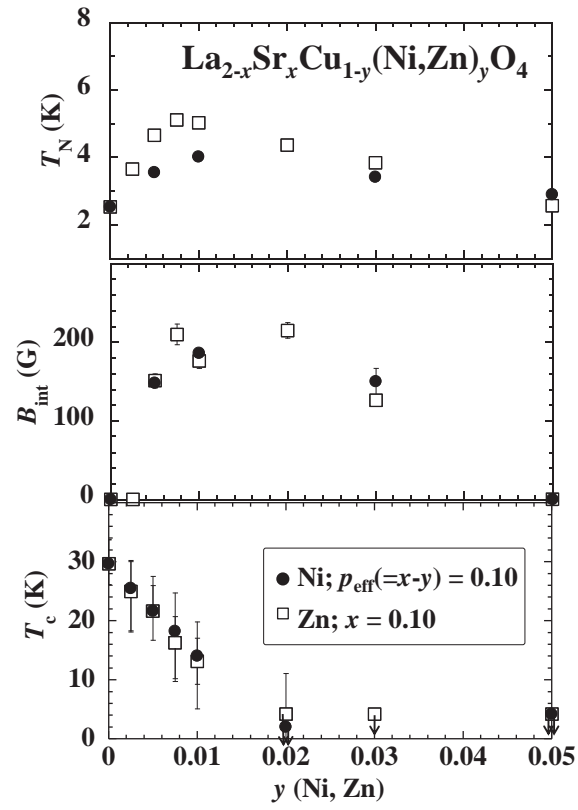


図1 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_{1-y}(\text{Ni,Zn})_y\text{O}_4$ の有効ホール濃度 $p_{\text{eff}} = 0.10$ における磁気転移温度 T_N , 内部磁場 B_{int} , 超伝導転移温度 T_c の y 依存性 [6].

酸化窒素分子に対するミュオン捕獲における分子効果

二宮和彦^{1*}, 伊藤孝¹, 髙本亘¹, Patrick Strasser², 河村成肇², 下村浩一郎²,
三宅康博², 三浦太一², 喜多真琴³, 篠原厚³, 長友傑⁴, 久保謙哉⁴

日本原子力研究開発機構¹, 高エネルギー加速器研究機構²,
大阪大学³, 国際基督教大学⁴

負の電荷をもつミュオンは、電子と同じように原子核の周りに軌道を作り、電子の代わりにひとつ負ミュオンが導入された系であるミュオン原子を形成する。捕獲される負ミュオンがどの原子にどんな確率で、またどの準位に捕獲されるかは、負ミュオンを捕獲する分子の構造によって大きく変化することが知られている（分子効果）。本研究グループは、負ミュオン捕獲における分子効果の詳細を明らかにするために、低圧 (< 1 bar) の軽元素のみからなる分子をミュオン照射サンプルとし、ミュオン特性エックス線の測定を計画した。軽元素のみからなる分子は、その状態について分子軌道計算により詳細な知見を得ることができる。さらに低圧の気体をサンプルに用いることは、ミュオン原子が形成後に他の分子と相互作用しない孤立系と見なすことができ [1]、ミュオン特性エックス線の測定から捕獲されたミュオンの初期状態を考察する上で有利であり、分子効果に関して詳細な議論ができると期待される。

本研究では、J-PARC ミュオン実験施設 D1 エリアにおいて、一気圧以下の NO, N₂O, NO₂ に対してそれぞれおよそ 1 日のミュオン照射を行った。得られたミュオン特性エックス線のスペクトルを詳細に解析し、NO と N₂O 分子に対する N と O 元素 1 原子あたりの捕獲比として $A(N/O)_{NO} = 0.90 \pm 0.03$ 、 $A(N/O)_{N_2O} = 0.72 \pm 0.03$ 、 $A(N/O)_{NO_2} = 1.02 \pm 0.03$ 、が得られた。これら値は、過去に分子効果を説明するために提案されていたモデル [2] より求めた、負ミュオンの捕獲比の予想では説明できない興味深い結果である。講演では負ミュオンの捕獲確率の議論に加えて [3]、捕獲された負ミュオンの初期状態が分子によってどのように変化するのかについても議論を行う。

参考文献：

- [1] K. Kirch *et. al.*, Phys. Rev. A **59** (1999) 3375.
- [2] H. Schneuwly *et. al.*, Nucl. Phys. A **312** (1978) 419.
- [3] K. Ninomiya *et. al.*, Submitted to J. Kor. Phys. Soc.

μSR による層状イリジウム酸化物の磁性と電子状態

岡部博孝^{1,4*}, 磯部雅朗¹, 室町英治¹, 幸田章宏^{2,3}, 竹下聡史², 平石雅俊³,
宮崎正範³, 門野良典^{2,3}, 三宅康博^{2,3}, 秋光純⁴

物質・材料研究機構 超伝導材料センター¹, 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所²,
総合研究大学院大学³, 青山学院大学 理工学部⁴

Sr_2IrO_4 に代表される K_2NiF_4 型層状イリジウム酸化物は、従来の d 電子の相関に加え、 $5d$ 軌道の持つ大きなスピン・軌道相互作用が鍵となり、モット絶縁体化することが分かってきた [1]。我々は Sr サイトを Ba に置換することにより、自発磁化を持たない新しい層状イリジウム酸化物 Ba_2IrO_4 の合成に成功した。本講演では、μSR による Ba_2IrO_4 の磁性と電子状態について報告する。

図 1 は、ゼロ磁場中で測定した Ba_2IrO_4 多結晶体の μSR タイムスペクトル (ZF- μSR) である。ZF- μSR スペクトルは温度減少とともに変化し、240 K 以下において、明確な長距離磁気秩序の出現が確認できる。電気抵抗測定および磁化測定の結果を考慮すると、本物質は Sr_2IrO_4 同様、スピン・軌道相互作用反強磁性モット絶縁体である可能性が高い。また、内部磁場の大きさから見積もった Ir の磁気モーメントは $0.34 \mu_B$ とかなり小さくなっており、 IrO_2 面内の強い低次元量子スピン揺らぎの存在が示唆される。

これらの観測結果は、銅酸化物超伝導体の母体物質 La_2CuO_4 に見られる諸性質と酷似しており、イリジウム酸化物における新しい異方的超伝導の発見が期待される。

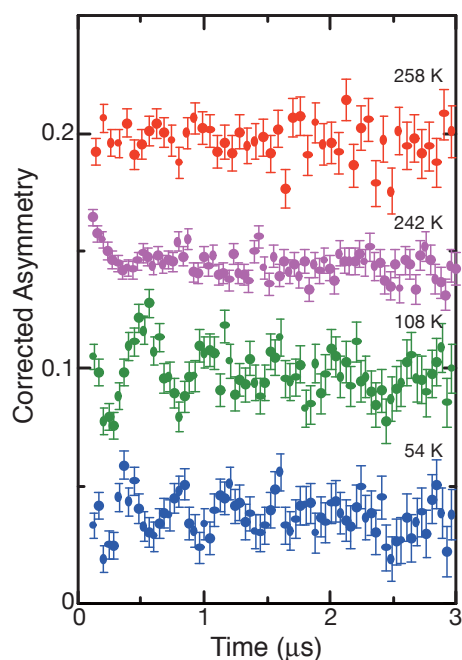


図 1 Ba_2IrO_4 のゼロ磁場 μSR スペクトル

参考文献：

[1] B. J. Kim *et al.*, Phys. Rev. Lett. **101**, 076402 (2008).

高強度全散乱装置 (NOVA) の性能評価

大友季哉^{1*}, 大下英敏¹, 鈴谷賢太郎², 金子直勝¹, 池田一貴³, 坪田雅己³, 伊藤恵司⁴,
福永俊晴⁵, 亀田恭男⁶, 吉田亨次⁷, 山口敏男⁷, 丸山健二⁸, 樹神克明⁹, 社本真一⁹,
川北至信², 本田充紀⁹, 服部高典⁹, 伊藤晋一¹, 横尾哲也¹, 上野健治¹

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹, J-PARC センター 日本原子力研究開発機構²,
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所³, 岡山大学 教育学研究科⁴,
京都大学 原子炉実験所⁵, 山形大学 理学部 物質生命化学科⁶, 福岡大学 理学部⁷,
新潟大学 理学部⁸, 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門⁹

J-PARC 高強度全散乱装置 (NOVA) は $0.01 \text{ \AA}^{-1} \sim 100 \text{ \AA}^{-1}$ の広い Q 領域にわたり、静的構造因子 $S(Q)$ を正確にかつ短時間に測定することにより、液体、非晶質、結晶等の幅広い物質を対象とした研究が可能となる。水素貯蔵材料のように、空間群によって表現できる結晶構造と構造揺らぎ（非結晶構造）が共存している物質では、揺らぎを含めた総合的な構造解析が必須である。

NOVA の基本的な性能評価として、シリカガラス、 D_2O 、 VD_2 等の標準試料測定を行い、 $S(Q)$ 及び $G(r)$ 導出を行ったところ、絶対値として報告済みの値と良好に一致し、かつ高い Q 領域まで精度良く $S(Q)$ 測定が実施できていることが確認された。現状において、NOVA は世界トップレベルの $S(Q)$ 測定能力を有していると考えている。室温での水素化物測定を開始しており、水素ガス雰囲気下測定、高温炉測定、パリ・エジンバラセルを使用した高圧実験等の水素貯蔵材料研究を本格化させつつある。また、新しい試みとして、フェルミチョッパーの導入を完了しており、非弾性散乱測定環境の整備を進めている。非弾性散乱実験では、主として、水素化物中の水素原子の反跳エネルギー測定を行い、 $S(Q)$ 導出における補正に適用したいと考えている。

なお、本研究は NEDO 委託研究「水素貯蔵材料先端基盤研究 (Hydro-Star)」として実施されている。

匠における高压中性子回折実験の成果と展望

小松一生^{1*}, 荒川雅¹, 飯塚理子¹, 鍵裕之¹, 奥地拓生², 大野祥希³, 佐々木重雄³,
井上徹⁴, 服部高典⁵, 佐野亜沙美⁵, 有馬寛⁵, 阿部淳⁵, 深澤裕⁵, 内海渉⁵

東京大学 地殻化学実験施設¹, 岡山大学 地球物質科学研究センター², 岐阜大学 工学研究科³,
愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター⁴, 日本原子力研究開発機構⁵

J-PARC/MLF に地球・惑星深部条件を再現する、という合言葉のもと、我々は原子力機構のメンバーを中心に、BL-11 に大型の 6 軸プレスを備える超高压中性子回折装置 (PLANET) を建設中である [1]。圧力は温度と並んで物性を本質的に変えるパラメータであり、超高压を発生可能な PLANET は地球惑星科学にとどまらず広い研究分野の進展に寄与できると期待されている。しかし、圧力下での中性子回折実験には、高压実験特有の技術的課題 - 特に微小試料からの弱い散乱強度・高压セルからの寄生散乱・高压セルによる吸収の影響 - を解決する必要がある。我々は、90 度散乱バンクと大きな試料ステージを備える BL19 匠において予備実験を重ね、これらの課題を一つ一つ解決してきた。その結果、0-10GPa, 30-300K までの温度圧力領域における中性子回折実験および解析方法については、ほぼ確立することができた。また、25GPa 程度までの圧力発生、圧力下での同時光学観察・分光測定についても目処がついてきた。今後の展望として、さらなる高圧力の発生 (30GPa 超)、高温高压同時発生、低温下での圧力発生等を計画しており、それらの概要と期待されるサイエンスについても簡単に報告したい。

参考文献：

[1] 服部高典, 有馬寛, 内海渉, 波紋, **20** (2010) 39.

Poster Presentations

イリジウムスピネルの磁性と超伝導： μ SR による測定

小嶋健児^{1,2*}, 宮崎正範², 平石雅俊², 幸田章宏^{1,2}, 門野良典^{1,2},
土屋佳則³, 鈴木博之³, 北澤英明³

高エネルギー加速器研究機構¹, 総合研究大学院大学², 物質・材料研究機構³

CuIr_2S_4 はスピネル構造を持つ物質で、Cu が 1 価であるために、Ir (コバルト族) の形式価数は +3.5 となっている。構造変形が 230 K 付近にあり、金属-絶縁体転移が起き、電気抵抗が増大すると同時に帯磁率が減少する [1]。それまで等価であった Ir サイトが非等価になり、 Ir^{4+} と Ir^{3+} に電荷整列し、 $S=1/2$ を持つ Ir^{4+} がペアになり一重項を形成することが主張されている [2]。また、 Cu^+ サイトを Zn^{2+} で置換 (電子ドープ) することが可能で、構造相転移温度が下がり、置換量 $x > 0.25$ で $T_c=3$ K 程度の超伝導が出現する [1]。

構造相転移以下で主張されている電荷・スピンの状態 (Ir^{3+} は $S=0$ 低スピン、 Ir^{4+} は $S=1/2$ でダイマー形成) が正しいならば、磁性は現れないはずであり、J-PARC のミュオン施設において、磁気相図を明らかにした。結果、 CuIr_2S_4 ($x=0$) では、 $T=100$ K 付近からミュオンスピン緩和が発達し始め、2 K において、約 1/3 の体積分率で比較的小さい / 希薄な磁気モーメントを持つ静的磁性を示す一方、 $x > 0.002$ においては、磁性が消失するという意外な結果になった (図 1)。 $x=0$ には磁性が存在し、微量 ($x=0.002$ 以下) の電荷バランスの崩れで破壊されるようである。

また、ミュオンで超伝導磁場侵入長も測定したので報告する。

参考文献：

[1] G. Cao *et al.*, Phys. Rev. B **64**, 214514 (2001).

[2] P. G. Radaelli *et al.*, Nature **416**, 155 (2002).

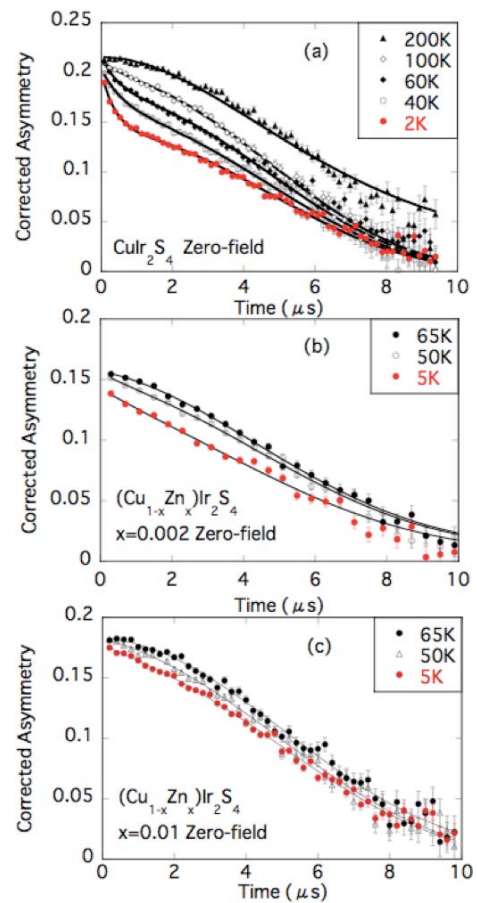


図 1 $(\text{CuZn})\text{Ir}_2\text{S}_4$ のゼロ磁場 μ SR

酸素欠損 STO の水素の電子状態

下村浩一郎^{1*}, 岩崎誉志起², 常行真司³, 幸田章宏¹, 髭本亘⁴, 伊藤孝⁴, 二宮 和彦⁴,
小嶋健児¹, 西山楠生¹, 門野良典¹

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹, 太陽誘電²,
東京大学 大学院理学研究科³, 日本原子力研究機構 先端基礎⁴

チタン酸ストロンチウム (SrTiO_3) は誘電率が 300 程度と非常に大きいため、セラミックコンデンサの原材料として、広く使用されている。これまで、酸素欠陥を導入することにより、その抵抗値が低下し、酸素欠陥がドナーとしてふるまうことが経験的に知られている。一方この酸素欠損 STO を水素化で再処理すると、再びその抵抗値が上昇する現象が発見されており、水素と酸素欠陥の伝導性に対する役割になぞが多い。ここでは J-PARC ミュオン施設で行われた STO の μSR 測定を通じて得られた上記現象に対する知見を紹介する。

μ^+ SR で調べる固体内 Li 拡散 II

杉山 純^{1*}, 野崎 洋¹, 向 和彦¹, 原田雅史¹, 蒲沢和也¹, 池戸 豊², 三宅康博²,
渡邊功雄³, 小槻 勉⁴, M. Månsson⁵, O. Ofer⁶, J.H. Brewer^{6,7}, E.J. Ansaldo⁶
豊田中研¹, KEK², 理研³, 大市大⁴, PSI⁵, TRIUMF⁶, Univ. of British Columbia⁷

遷移金属等の磁性元素を含む物質中のイオンの拡散係数 (D) を、NMR で正確に見積もることは困難が伴う^[1]。これは測定対象核のスピン - 格子緩和時間 (T_1) が、拡散よりもむしろ磁性を担う電子スピンの影響で変化するためである。一方 μ^+ SR で見積もった Li_xCoO_2 中の Li^+ の D (D_{Li}) は、電気化学的にもかなり妥当で、第 1 原理計算の予測値とほぼ一致した^[2]。さらに D_{Li} 測定における μ^+ SR の有用性を明らかにするため、 Li_xCoO_2 とほぼ同型の LiNiO_2 と LiCrO_2 の Li 拡散挙動を調べた^[3]。なお、 LiCrO_2 は通常の条件では充放電しないと報告されている。

測定試料の $\text{Li}_{0.98}\text{Ni}_{1.02}\text{O}_2$ と LiCrO_2 を、通常の固相反応法で合成した。 μ^+ SR スペクトルを、LAMPF/M20(TRIUMF)、ARGUS/Port2 (Riken-RAL)、D-OMEGA1/D1 (J-PARC) の表面ミュオンビームラインで測定した。

両試料は室温近傍では常磁性体で、その零磁場スペクトルは、ランダムな核磁場による緩和 (久保 - 鳥谷部緩和) を示した。両試料の磁場分布幅 (Δ) はほぼ同一で、主に Li の核磁場に起因した。充電状態にある $\text{Li}_{0.73}\text{CoO}_2$ の Δ は^[2] 今回の 2 試料の Δ より低かったが、これは Li の数密度の相違で説明できた^[4]。核磁場の揺らぎ (ν) は、 $\text{Li}_{0.98}\text{Ni}_{1.02}\text{O}_2$ では 300 K 以上で温度と共に上昇したが、 LiCrO_2 では 500K まで温度変化しなかった。これと LiCrO_2 の結果から、 $\text{Li}_{0.98}\text{Ni}_{1.02}\text{O}_2$ の ν の増加は Li 拡散によると結論した。空孔拡散模型を使って $\text{Li}_{0.98}\text{Ni}_{1.02}\text{O}_2$ の D_{Li} を見積もると、300K で $0.39(3) \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 、400 K で $4.70(3) \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ だった。

参考文献：

- [1] 深井有, 拡散現象の物理 (朝倉書店, 1988).
- [2] J. Sugiyama *et al.*, Phys. Rev. Lett. **103**, 147601 (2009).
- [3] J. Sugiyama *et al.*, Phys. Rev. B **82** (2010) in press.
- [4] K. Mukai *et al.*, Phys. Rev. Lett. **99**, 087601 (2007).

NiTi 合金の熱弾性型マルテンサイト変態前駆現象の ミュオンによる研究

三原基嗣^{1*}, 下村浩一郎², 二宮悠吾³, 荒木秀樹³, 水野正隆³, 白井泰治⁴, 渡邊功雄⁵,
井上耕治⁴, 山本慎³, 長友傑⁶, 中野岳仁¹, 門野良典², 西山樟生²

大阪大学 大学院理学研究科¹, 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所²,
大阪大学 大学院工学研究科³, 京都大学 大学院工学研究科⁴,
理化学研究所 仁科加速器研究センター⁵, 国際基督教大学⁶

形状記憶・超弾性合金として幅広く利用されている NiTi 合金において、その特性の基となる、熱弾性型マルテンサイト変態についての研究がさかんに行われてきた。近年、マルテンサイト変態開始点 (Ms 点) よりも高温側で、様々な異常現象が前駆現象として観測されており、多くの関心もたれている。陽電子寿命の実験においては、温度降下による熱収縮では説明出来ない、異常な寿命の増加が変態に前駆して観測されている [1] が、その原因はまだ明らかになっていない。そこで我々は、陽電子と同様に正の点電荷粒子であるミュオンを用い、ミュオンスピン緩和法による研究を開始した。図 1 に、NiTi 合金中のミュオンスピン緩和率の温度変化を示す。組成比の異なる NiTi 合金において、明らかに異なる温度変化が観測された。また、各試料とも、温度降下に伴い緩和率が上昇し始める温度は、Ms 点よりやや高温であり、陽電子寿命と極めて類似した傾向を示した。

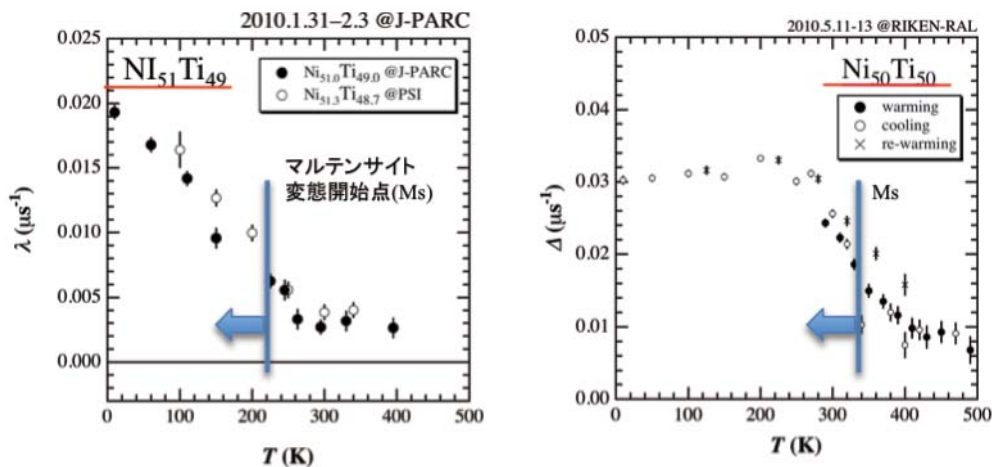


図 1 NiTi の合金中のミュオンスピン緩和率

参考文献：

[1] J. Katsuyama *et al.*, *Sci. Tech. Adv. Mat.* **5** (2004) 41.

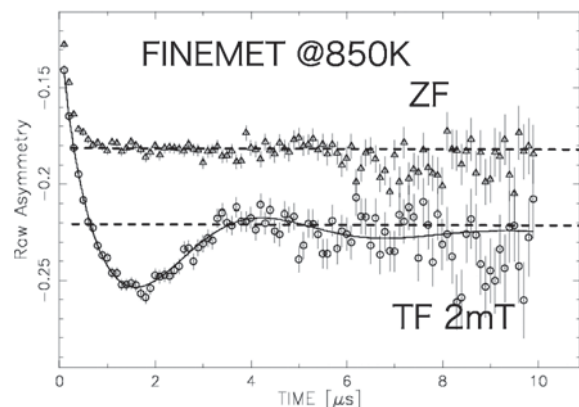
ナノ結晶磁性材料ファインメットの μ SR による研究

幸田章宏^{1,2,4*}, 西山樟生^{1,4}, 宮崎正範², 平石雅俊², 小嶋健児^{1,2,4}, 門野良典^{1,2,4}, 下村浩一郎^{1,4},
三宅康博^{1,2,4}, 大森千広^{3,4}, 吉井正人^{3,4}, 長谷川豪志^{3,4}, 野村昌弘⁴, 山本昌亘⁴, 田村文彦⁴,
アレックスシュナーゼ⁴

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所ミュオン科学¹,
総合研究大学院大学 物質構造科学専攻²,
高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設³,
J-PARC センター⁴

結晶粒径が磁区と同程度かそれ以下となるような強磁性体は超常磁性と呼ばれる状態となり、高い飽和磁化、大きな透磁率、小さな残留磁化といった理想的な軟磁性体が実現できる。このような原理に基づいた高機能磁性材料は日立金属によりファインメットという名称で商品化されている。ファインメットは Fe-Si-B をベースとした強磁性体合金であり、いったんアモルファス状態で生成したのち熱処理を行うことでナノ結晶を析出させ軟磁性材料となる。さらに熱処理の過程において磁場を印加することでバルクな磁気特性が制御できることが知られている。我々のグループはミュオンの磁場に対する高い感度を利用することで、熱処理の過程においてナノ結晶磁区が析出する様子やナノ結晶そのものの磁気的特性を調べ、このようなバルクな磁気特性がマイクロのどのような機構に基づくものか知見を得ることを目的として実験を行っている。

アモルファスのファインメット試料を加熱し 850K において得られたゼロ磁場および横磁場 μ SR 時間スペクトルを図に示す。各々の磁場下における μ SR 信号の違いは試料中に非磁性の領域が存在することを示唆している。さらに速いスピン緩和も同時に観測されており、これは強磁性状態のナノ結晶が析出している様子を観測していると考えている。



Present Status of the Decay Muon Channel (D-Line) at J-PARC

P. Strasser^{1,2*}, K. Shimomura^{1,2}, A. Koda^{1,2}, N. Kawamura^{1,2}, H. Fujimori^{1,2}, S. Makimura^{1,2},
K. Nakahara^{1,2†}, M. Kato^{1,2}, S. Takeshita^{1,2‡}, M. Hiraishi³, M. Miyazaki³, W. Higemoto⁴,
T. U. Ito⁴, K. Ishida⁵, M. K. Kubo⁶, R. Kadono^{1,2}, K. Nishiyama^{1,2}, and Y. Miyake^{1,2}

*Muon Science Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization (KEK)¹,
Muon section, Material and life science division, J-PARC Center²,
Dep. of Materials Structure Science, The Graduate University for Advanced Studies (Sokendai)³,
Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)⁴,
Advanced Meson Science Laboratory, Nishina Center for Accelerator-Based Science, RIKEN⁵,
The Graduate School Division of Natural Sciences, International Christian University⁶,
present address: University of Maryland[†]
present address: Spring8[‡]*

The new Muon Science Facility (MUSE) that is now under construction at J-PARC in the Materials and Life Science Facility (MLF) building will comprise four types of muon channels. In the first stage, a conventional superconducting decay muon channel (D-Line) was constructed, which can extract surface (positive) muons with an expected muon yield of $10^7/s$ and decay muons up to 120 MeV/c, with an expected muon yield of a few $10^6/s$ at 60 MeV/c for both positive and negative muons. This channel will be used for various kinds of muon experiments like μ SR, muon catalyzed fusion and nondestructive elements analysis.

The construction of the D-Line in the MLF Experimental Hall No. 2 is now completed. Bending and quadrupole magnets that were previously used at KEK-MSL are reused for the beam transport. Other vacuum components, such as beam ducts, muon blockers, gate valves, were newly fabricated. Three slit boxes were installed to control the muon beam parameters, and a new muon beam profile monitor using a multianode PMT and optical fibers was used for the beam optics tuning. All the beamline components are completely enclosed with concrete shield blocks. Two experimental areas, D1 and D2, were prepared for experiments. In November 2009, we achieved the world strongest pulsed muon source at MUSE, larger than that at the RIKEN-RAL muon facility, even by using only of a 120 kW proton beam.

The design parameters, the present status and the muon beam commissioning of the D-Line will be presented at the symposium.

Magnetic Ground State of 4d Pyrochlore Oxides with Modified t_{2g} Band Filling

M. Miyazaki^{1*}, M. Hiraishi¹, A. Koda^{1,2}, K. M. Kojima^{1,2}, R. Kadono^{1,2}, A. Yamamoto³
and H. Takagi³

*The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)*¹,
*High Energy Accelerator Research organization (KEK)*², *RIKEN*³

The ruthenium pyrochlore oxides, $\text{Hg}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$, $\text{Tl}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ and $\text{Tl}_2\text{Rh}_2\text{O}_7$, serve as model systems to understand the effect of orbital degeneracy controlled by population of t_{2g} band $4d^3$, $4d^4$, and $4d^5$ in their ionic limit, respectively). It is inferred from our muon spin rotation/relaxation (μSR) measurements that these compounds exhibit completely different electronic ground states with each other, while they show a common bulk property of reduced magnetic susceptibility (χ_0) associated with metal-insulator transition at low temperatures.

$\text{Hg}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$, having no orbital freedom (half-filled t_{2g}), exhibits antiferromagnetic order as inferred from zero-field (ZF) μSR spectra shown in Fig.1(a) [1]. Meanwhile, $\text{Tl}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ ($S=1$) and $\text{Tl}_2\text{Rh}_2\text{O}_7$ ($S=1/2$) exhibit no signs of magnetic order in ZF- μSR spectra [Figs.1(b) and 1(c)]. Moreover, they show reduction of muon Knight shifts associated with the reduction of χ_0 . These observations support the formation of Haldane chains in $\text{Tl}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ [1-3], and further suggest the occurrence of a spin-singlet state (e.g., associated with spin-Peierls transition for $S=1/2$ chains) in $\text{Tl}_2\text{Rh}_2\text{O}_7$.

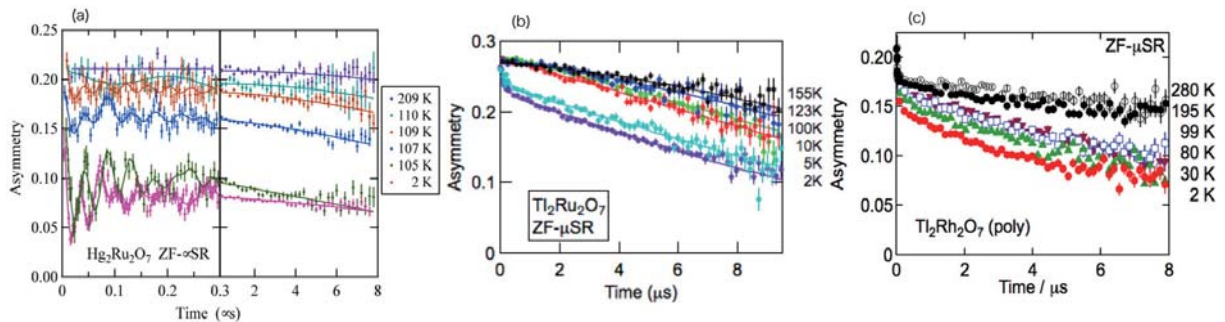


Fig. 1 ZF- μSR time spectra observed in (a) $\text{Hg}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ (with the metal-insulator transition temperature $T_{\text{MI}}=107$ K), (b) $\text{Tl}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ ($T_{\text{MI}}=125$ K, inset: μSR time spectra under a longitudinal field), and $\text{Tl}_2\text{Rh}_2\text{O}_7$ ($T_{\text{MI}}=95$ K).

[1] M. Miyazaki *et al.* Phys. Rev. B **82** (2010) 094413.

[2] H. Sakai *et al.* J. Phys. Soc. Jpn. **71** (2002) 422.

[3] S. Lee *et al.* Nature Mater. **5** (2006) 471.

LaFeAsO_{1-x}F_x における超伝導と磁性の共存

平石 雅俊^{1*}, 小嶋 健児^{1,2}, 宮崎 正範¹, 幸田 章宏^{1,2}, 門野 良典^{1,2},
石角 元志³, 社本 真一³, 脇本 秀一³

総合研究大学院大学¹, KEK 物構研², JAEA³

鉄系超伝導体は、その高い T_c や超伝導メカニズムにおいて、2008 年の発見以降、注目を集めている物質群である。母物質は銅酸化物と似た特徴を持っており、(銅酸化物とは違い金属的特徴を保ったままであるものの) 構造相転移や磁気秩序を示す。キャリアをドーピングすることで超伝導を示し、その T_c はドーピング量 x によってドーム型に変化する。この発表では LaFeAsO_{1-x}F_x の超伝導と磁性 (spin density wave) の相境界付近に位置する $x=0.057$ の多結晶試料における超伝導と磁性についての実験結果を報告する。

零磁場 (ZF)- μ SR から、温度の減少とともに $t=0$ における Asymmetry の減少が観測された。これは磁気的なドメインの出現によりミュオンスピン偏極が速やかに失われた事を示唆している。その磁気相の体積分率は最低温 (4.5K) でおおよそ 15% にも達する。横磁場 (TF)- μ SR から T_c 以下において 2 種類の周波数シフトが観測された。ZF- μ SR で得られた体積分率を固定して行った解析の結果、超伝導 (磁性) を示す成分が小さな (大きな) シフトを示すことが明らかとなり (図 1-a)、磁性を示すドメインの中心周波数からのシフトはおおよそ 2% にも達する。さらに、磁性によるミュオンスピンの緩和率は T_c 以下から超伝導による緩和率と共に急激に増大し始めることも明らかになった (図 1-b)。この振る舞いは違う研究グループから提供された $x=0.06$ [1] で見られたものと全く同じものである。超伝導と磁性の共存という観点から見ると、LaFeAsO_{1-x}F_x は同じ 1111 系である CaFe_{1-x}Co_xAsF[2] とは、かなり異なった特徴を持つことが明らかになった。

参考文献：

- [1] S. Takeshita, *et. al.*, J. Phys. Soc. Jpn., **77** (2008) 103703.
[2] S. Takeshita, *et. al.*, Phys. Rev. Lett., **103** (2009) 027002.

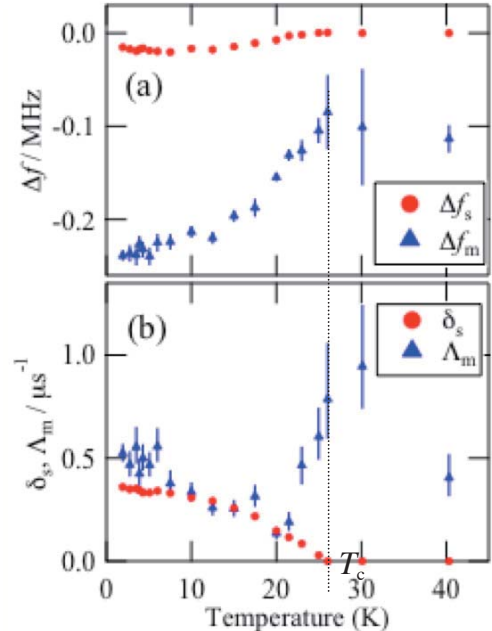


図 1 超伝導 (磁性) を示すドメインの、
(a) 中心周波数からのシフト Δf_s (Δf_m)、
(b) ミュオンスピン緩和率 δ_s (Λ_m)。

RCS からのパルス陽子ビームを活用したミュオン電子転換過程 の探索実験

青木正治^{1*}, 池上雅紀², 大森千広², 河村成肇², 金正倫計³, 小林仁², 齊藤直人²,
下村浩一郎², ストラッサー・パトリック², 谷口敬⁴, 西口創², 沼尾登志男⁵,
ブライマン・ダグラス⁶, 松本浩², 三原智², 三部勉², 三宅康博², 吉井正人², 吉村浩司²

大阪大学 理学研究科¹, 高エネルギー加速器研究機構², 日本原子力研究開発機構³,
岡山大学⁴, TRIUMF⁵, UBC⁶

ミュオン・電子転換過程 $\mu^- + A(N,Z) \rightarrow e^- + A(N,Z)$ は、素粒子の標準理論で禁止されている反応である。一方、標準理論を超えた多くのモデルではその存在が自然な形で予想されており、現在の実験リミット (PSI SINDRUM2: 7×10^{-13} for Au) をほんの少し改善するだけで信号を観測できる可能性が示唆されている。ミュオン・電子転換過程の実験的探索研究は LHC の物理とも相補的であり、素粒子物理学の分野においてその重要性と緊急性は非常に高い。

ところで、MLF ミュオンターゲット近傍では大量の低エネルギー μ^- が生成されている。そのほんの一部がクラウドミュオンとして取り出されて利用されているのみである。2009 年のテスト実験より、この低エネルギー μ^- の一部がミュオンターゲット中に静止してミュオニック原子を生成していることが分かった。生成率はおおよそ $10^{10}/\text{sec}/\text{MW}$ (ターゲット形状に依存する) にもなっている。

本講演では、この J-PARC MLF ミュオンターゲット中に生成されるミュオニック原子を利用し、そこで発生するかも知れないミュオン・電子転換過程によって放出される 105 MeV/c 電子をつかったミュオン・電子転換過程探索実験について紹介する。105 MeV/c 電子はビームラインで取り出して、実験エリアに設置する電磁石スペクトロメータで運動量を測定する。これにより 10^{-14} レベルの分岐比で、ミュオン・電子転換過程を探索する事が可能である。

負ミュオン特性 X 線を用いた非破壊多元素同時分析

久保謙哉^{1*}, 二宮和彦², 鈴木栄男¹, 長友傑¹, 伊藤孝², 髭本亘², 坂元眞一²,
Patrick STRASSER³, 河村成肇³, 下村浩一郎³, 三宅康博³, 藤原一哉⁴, 篠原厚⁴, 齋藤努⁵

国際基督教大学¹, 日本原子力研究開発機構², 高エネルギー加速器研究機構³,
大阪大学⁴, 国立歴史民俗博物館⁵

電子の約 200 倍の質量を持つ負ミュオンは、原子に捕獲されるとミュオン原子を形成する。ミュオン原子中で負ミュオンが捕獲初期の高励起状態から基底状態へ遷移するのに伴って負ミュオン X 線が放出される。負ミュオン X 線のエネルギーは、電子 X 線と同様に捕獲した原子と遷移に特有であり、また対応する電子 X 線のエネルギーの約 200 倍である。物体中に負ミュオンを停止させ、物体外部から負ミュオン X 線を測定する事により、物体内部に存在する元素を非破壊的で同時に分析することができる。負ミュオンビームのエネルギーを制御して深さ選択的な分析も可能であるし、また負ミュオン X 線はエネルギーが高く空気を通過する際の吸収は僅かなため物体を空気中において測定が可能であることや、電子 X 線では測定不可能な原子番号が小さな原子の分析が可能であるなど、負ミュオン特性 X 線測定による分析は、大型物体や貴重資料の非破壊元素分析への応用が期待される。

我々は J-PARC ミュオン実験施設 D2 ポートに Ge 半導体検出器を設置し、江戸末期天保小判の非破壊元素分析を行なった。江戸時代の小判は、金と銀の合金でできているが、色あげと呼ばれる化学的手法によって、表面の銀が選択的に取り除かれており、表面の金の濃度は内部より高い。前回の発表では、負ミュオンを小判の表面から深さ約 200 μm 付近に停止させて、金と銀に由来する負ミュオン X 線を測定した結果を発表したが [1]、本研究では、負ミュオンの入射エネルギーを前回より低くし、負ミュオンを天保小判の表面から数 μm の深さに停止させた。その結果小判の表面付近では内部よりも金の濃度が高く、銀の濃度が低い事を小判を破壊することなく明らかにすることができたので報告する。

参考文献：

[1] K. Ninomiya *et al.*, J. Phys. Conf. Ser., **225** (2010) 012040.

ミュオン生成標的の現状と将来計画

牧村俊助^{1*}, 三宅康博¹, 河村成肇¹, 小林康男¹, 加藤岑生¹, 幸田章宏¹, 藤森寛¹,
ストラッサー・パトリック¹, 下村浩一郎¹, 小嶋健児¹, 門野良典¹

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹

J-PARC 物質・生命科学実験施設では、2009年11月より陽子ビームパワーが100kWとなり、世界最強レベルのパルス中性子およびパルスミュオンによる利用研究が進展している。本発表では、ミュオン生成標的に関して、これまでの120 kW 連続運転、300 kW 短期間運転、2010年11月末より開始した200 kW 連続運転および運転に関わる機器の開発状況などに関して報告を行う。また、現在の固定標的方式では陽子ビームパワーが1 MWに到達したときに寿命が半年となることが予想されており、長寿命化のために回転標的方式の採用を計画している。これまで加熱試験機を製作し、軸受耐久試験を開始した。試作機による試験状況の報告およびビームライン導入までのスケジュールに関して報告を行う。



図1 現在運用中のミュオン固定標的



図2 開発中のミュオン回転標的

ミュオンキッカーシステム

藤森 寛^{1*}, パトリック・ストラッサー¹, 小関 国夫¹, 堀 洋一郎¹,
松本 浩¹, 三宅 康博¹

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹

J-PARC 物質・生命科学実験施設ミュオンでは、ユーザー利用の効率化を図るため、崩壊ミュオンラインにおいてキッカーシステムが導入される。キッカーシステムは3種類の電磁石（キッカー、スイッチヤードおよびセプタム）から構成され、ダブルパルスのミュオンを1パルスずつ二箇所の実験ポートに振り分ける装置である。図1に示すようにダブルパルスの最初のパルスをスイッチヤードにより水平（4.5度）偏向させて、次のパルスをキッカーによって逆水平（-4.5度）偏向させてそれぞれをセプタムに導く。セプタムは左右二股の磁極を有し、それぞれ上下逆向きの磁場がかけられている。これによって最初のパルス、次のパルスをそれぞれ ± 35.5 度（合計 ± 40 度）偏向させて左右に振り分け、同時に二つのポートでの実験を可能にする。スイッチヤードおよびセプタム電磁石は既に完成し、キッカー電磁石は製作中である。一方、これら電磁石を励磁する電源のうち、スイッチヤード電源およびキッカー電源は完成しており、キッカー電源については実負荷での調整が残されている。また、セプタム電源は現在製作中である。本シンポジウムでは、これら装置の設計・開発、励磁試験による各装置の最適化および今後の展開について紹介する。

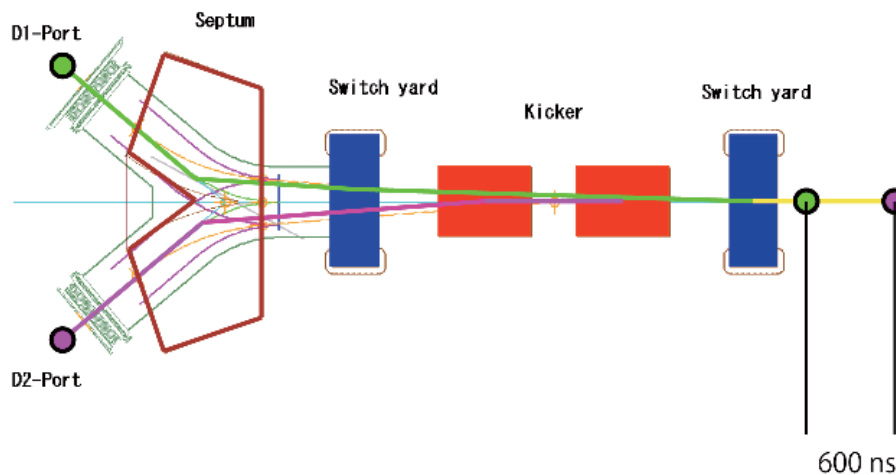


図1 ミュオンキッカーシステムの概要（間隔 600nsec のダブルパルスミュオンが3種類の電磁石によって二つの実験ポートに1パルスずつ振り分けられる）

J-PARC MLF におけるスーパーオメガミュオンビームライン

池戸豊^{1*}, 三宅康博¹, 下村浩一郎¹, Patrick Strasser¹, 河村成肇¹, 西山樟生¹, 牧村俊助¹,
藤森寛¹, 幸田章宏¹, 足立泰平³, 荻津透¹, 楨田康博¹, 吉田誠¹, 佐々木 憲一¹,
岡村 崇弘¹, 中本建志¹, 山本明¹, 安島泰雄⁴, 髭本亘², 松田恭幸³

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹,
J-PARC センター 日本原子力研究開発機構²,
東大理³, *KEK* 工作セ⁴

J-PARC 物質生命科学実験棟ミュオン施設では、大強度ミュオンビームを生成する新しいビームライン（スーパーオメガ）の建設を行っている。スーパーオメガは全てソレノイドコイルで構成される新しいタイプのミュオンビームラインであり、 4×10^8 個/s の正ミュオンと 10^7 個/s の負ミュオンの同時取り出しが可能である。完成すれば、世界最高強度のパルス状ミュオン源となる。

スーパーオメガは大立体角（400 mSr）常伝導ミュオン捕獲ソレノイド（設置済）、超伝導輸送湾曲ソレノイド及び軸集束ソレノイドの3つの部分から構成されている。湾曲ソレノイドは、 45° （7セグメント）で逆方向に曲がる湾曲部とその間の直線部（～6 m）で構成され、捕獲ソレノイドで集めたミュオンを実験エリアまで輸送する。現在、製作を行っており、2011年夏に設置を予定している。軸集束部については、ミュオンビームブロッカー、陽電子セパレータ等を間に置き、最終的にミュオン実験用ターゲットにビームを集束させるべくシミュレーションを行っている。本発表では、主に湾曲ソレノイドのビーム輸送シミュレーションの結果について報告する。

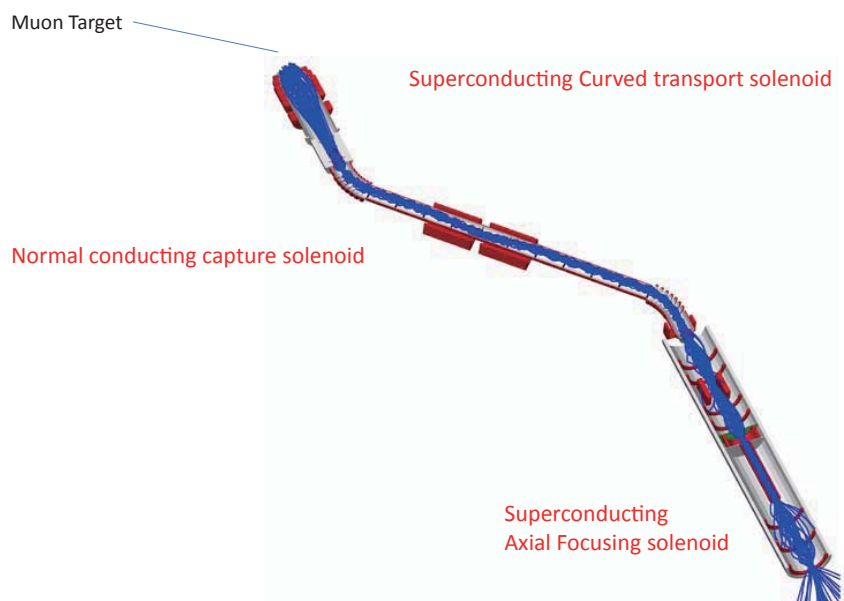


Fig. 1 スーパーオメガビームライン固定

立方晶 Γ_8 基底 SmX_3 ($X=\text{In,Sn,Pb}$) の μSR による研究伊藤孝^{1*}, 髭本亘¹, 二宮和彦¹, 鈴木博之²日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター¹,
物質・材料研究機構²

立方晶 SmX_3 ($X=\text{In,Sn,Pb,Tl,Pd}$) は低温において多様な秩序を示す。磁化、比熱、および弾性定数の振る舞いから、結晶場基底はいずれも Γ_8 四重項であると考えられており [1-3]、高次多極子の関与が示唆される。しかしながら、微視的な情報の欠如により詳細は明らかにされていない。

ミュオンスピン回転・緩和法 (μSR) は物質の内部磁場を高感度にプローブすることにより多極子に関する微視的な情報を与える。我々は SmX_3 ($X=\text{In,Sn,Pb,Tl, Pd}$) の秩序相の性質を微視的な観点から明らかにするために μSR 法による研究を行っており、これまでに J-PARC および PSI ミュオン実験施設において $X=\text{In,Sn,Pb}$ に対して測定を行った [4,5]。

SmIn_3 は $T_I \sim 16.5\text{K}$, $T_{II} \sim 15.1\text{K}$, $T_{III} \sim 14.7\text{K}$ において逐次相転移を示し、比熱と Γ_8 四重項の多極子自由度に基づき T_I における四極子秩序と低温相における磁気秩序が示唆されている [1]。我々は零磁場 μSR により T_I 付近から低温に向かい静的な内部磁場が発達していく様子を観測した。これは全ての秩序相における主要な秩序変数が磁気多極子であることを示している。内部磁場分布は T_{II} 付近において連続的なものからデルタ関数的なものへと定性的な変化を示す。これは非整合から整合磁気秩序構造へのロックイン転移が生じていることを示唆している。講演では SmIn_3 の研究の詳細に加え、 $X=\text{Sn,Pb}$ の結果についても報告する予定である。

参考文献：

- [1] M. Kasaya *et al.*, J. Mag. Mag. Mat. **52**, 289 (1985).
- [2] B. Liu *et al.*, J. Phys. Colloques **49**, C8-369 (1988).
- [3] D. Endo *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **58**, 940 (1989).
- [4] T. U. Ito *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. Suppli., in press.
- [5] T. U. Ito *et al.*, submitted to J. Phys. Soc. Jpn.

ミュオンビームライン DC セパレーター高圧電源について

小林庸男^{1*}, 西山樟生¹, 三宅康博¹, 下村浩一郎¹, 河村成肇¹, 幸田章宏¹,
パトリック・トラッサー¹, 小嶋健児¹, 藤森寛¹, 牧村俊助¹, 門野良典¹

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹

J-PARC 物質・生命科学実験施設のミュオン科学研究系の D ラインでは、D1・D2 各実
検エリアにて、パルスミュオンを用いて各種実験が展開されている。

パルスミュオンは、3NBT ビームライン上に設置されている黒鉛ターゲットに、一次ビー
ムラインの陽子を照射することで生成されるが、黒鉛ターゲットから生成される二次粒子
は、ミュオン粒子だけではなく陽電子も同時に生成されており、陽電子は実験上のノイズ
源となるので、D1・D2 各実検エリアに到達するまでには、可能な限り除去することが求
められる。

D ライン上には、この陽電子を分離するために、DC セパレーターと呼ばれる装置が設
置されている。この装置は、2 枚の平行電極と、それに直行する向きで設置されている補
正用電磁石コイルからなり、平行電極に高電圧を印加することで、陽電子とミュオンを分
離し、補正コイルにてミュオンビームの軌道を補正してやることで、ミュオンのみのビー
ムを得るものである。

これまでは、平行電極に $\pm 150\text{kV}$ まで印加できる直流高圧電源を使用していたが、先秋
より $\pm 250\text{kV}$ まで印加できる高圧電源に変更した。

今回は、DC セパレーターの概要、平行電極間の電圧と陽電子の分離性能の違い、実際
の運用などについて発表する。

カゴ状構造を持つ Pr 化合物における μ SR

髭本亘^{1*}, 伊藤孝¹, 二宮和彦¹, 鬼丸孝博², 松本圭介², 高畠敏郎²

日本原子力研究開発機構¹, 広島大学 先端物質²

近年充填型スクッテルダイト構造をはじめとした対称性の高いカゴ状構造が3次元的に結合した格子を持つ物質が多く見出され、注目されている。これらの物質ではしばしば重い電子的挙動などの特異な物性が見られ、ゲスト原子がカゴ状構造の中心付近で振動していることなどとの関連が考察されているが、詳しいことはわかっていない。

我々は希土類イオンを16個のZnで構成されるカゴに内包する金属間化合物 $\text{PrIr}_2\text{Zn}_{20}$ における μ SR 実験を行った。この物質では希土類イオンの隣接原子数が多いことから4f電子と伝導電子との混成が強く、4f電子の局在磁気モーメントを遮蔽する近藤効果が効いてくるものと考えられている。また結晶場効果が弱く、低温まで縮退が残るため多極子による相転移なども期待される [1]。

実験は2 K以上の常磁性相で行った。その結果、常磁性であるにもかかわらず、ミュオンスピンの緩和が見られた。講演ではミュオンスピン緩和の原因を考察し、 $\text{PrIr}_2\text{Zn}_{20}$ の物性について議論する。

参考文献：

[1] T. Onimaru *et. al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **79** (2010) 033704.

BL01：4次元空間中性子探査装置「四季」の現状

梶本亮一^{1,2*}, 中村充孝^{1,2}, 稲村泰弘^{1,2}, 水野文夫^{1,2,4}, 中島健次^{1,2}, 河村聖子^{1,2}, 高橋伸明^{1,2}, 丸山龍治^{1,2}, 曾山和彦^{1,2}, 柴田薫^{1,2}, 鈴谷賢太郎^{1,2}, 中谷健^{1,2}, 横尾哲也^{1,3}, 佐藤節夫^{1,3}, 伊藤幸弘^{1,2}, 岩橋孝明^{1,2}, 神原理^{1,2}, 田中浩道^{1,2}, 吉田登^{1,2}, 帷子朝彦^{1,2}, 相澤一也^{1,2}, 新井正敏^{1,2}, 脇本秀一^{1,2}, 社本真一², 藤田全基⁴, 平賀晴弘⁴, 大山研司⁴, 山田和芳⁴

J-PARC センター¹, 日本原子力研究開発機構²,
高エネルギー加速器研究機構³, 東北大学⁴

J-PARC・MLFのBL01ビームラインに建設されたフェルミチョッパー中性子分光器「四季」は中性子非弾性散乱測定によって高温超伝導体等に見られる新奇な磁気励起・フォノンを効率良く調べることを目的としており、国内外の他の同種の装置に比べて熱中性子領域においてより高い測定強度・測定効率を達成することを目指している [1,2]。

本装置は今年の1月にT0チョッパーのトラブルに見舞われ高エネルギー領域での実験が困難な状況に置かれたものの、低エネルギー領域を中心に高温超伝導物質やその関連物質等を対象に様々な実験を進めている。また、最近になってT0チョッパーが設置されたことにより高エネルギー領域のバックグラウンドが改善され、今後は高エネルギー領域での実験も期待される。本発表では最近の実験データを交えながら、装置の現状、測定データの例、問題点、改修予定等について報告する。



参考文献：

- [1] 科研費特別推進研究 No.17001001 (代表者：新井正敏)
- [2] R. Kajimoto *et al.*, *J. Neutron Res.* **15**, 5 (2007).

Si 結晶アナライザー背面反射型分光器 DNA の建設状況

柴田薫^{1*}, 高橋伸明¹, 川北至信¹, 中島健次¹, 神原理¹, 上野広樹¹, 島倉宏典¹,
 稲村泰弘¹, 中谷健¹, 相澤一也¹, 曾山和彦¹, 及川健一¹, 吉田登¹, 田中浩道¹,
 岩橋孝明¹, 伊藤幸弘¹, 新井正敏¹, 中川洋², 藤原悟², 佐藤卓³, 筑紫格⁴,
 Ferenc Mezei⁵, Hannu Mutka⁶, Dan Neumann⁷, Philip Tregenna-Piggott⁸

原子力機構・J-PARC センター¹, 原子力機構・量子ビーム², 東大物性研³, 千葉工大⁴,
 BNC Hungary⁵, ILL France⁶, NIST USA⁷, PSI Switzerland⁸

J-PARC センター物質・生命科学実験施設 (MLF) に建設が進められているダイナミクス解析装置 DNA は、本邦初めての Si 完全結晶ウエハを結晶アナライザーに用いる背面反射型逆転配置飛行時間型分光器である。原子、分子、スピンのナノ秒オーダーの運動を測定する目的で、約 1 micro eV の高エネルギー分解能を実現することを目指している。期待される研究分野として、生体物質の機能解明、高分子等のソフトマター物質、電池材料、触媒材料等の機能性材料の開発、磁性物質の研究等が検討されている。

建設計画は平成 21 年度から 3 年間の予算で建設することが決定し、現在、建設作業を進めている。装置の完成は、平成 23 年初夏ごろを目標として、その後約半年間、コミッショニングを行い、平成 24 年 4 月以降供用運転を開始する予定である。

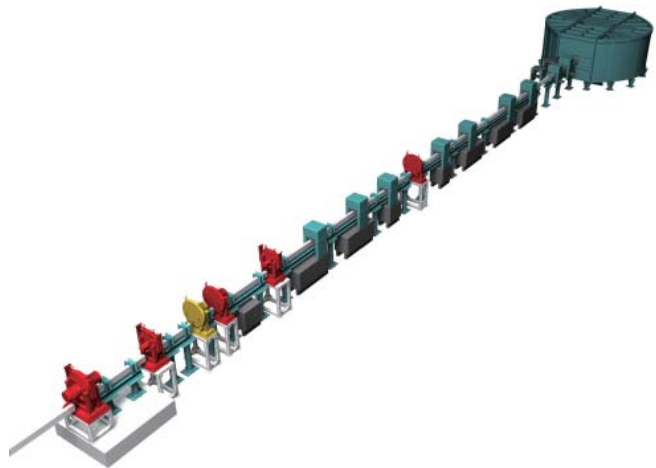


図 1 DNA 分光器の装置概要

ダイナミクス解析装置で目指す高分解能非弾性散乱測定

高橋伸明^{1*}, 柴田薫¹, 川北至信¹, 中島健次¹, 稲村泰弘¹, 中谷健¹, 中川洋^{1,2},
藤原悟^{1,2}, 佐藤卓^{1,3}, 筑紫格^{2,4}, Ferenc Mezei⁵, Dan Neumann⁶,
Hannu Mutka⁷, Philip Tregenna-Piggott⁸, 新井正敏¹

原子力機構 J-PARC センター¹, 原子力機構量子ビーム², 東大物性研³, 千葉工大⁴,
*Hungarian Academy Sci.*⁵, *NIST*⁶, *ILL*⁷, *PSI*⁸

MLFのBL02へ建設中のダイナミクス解析装置DNAは、平成23年度にビーム受け入れ、コミッション、供用開始を目指した中性子非弾性散乱分光器である。結合型減速材を線源とし、線源から7.75mの位置に設置される高速ディスクチョッパーを用いて入射中性子ビームをパルス整形することで、大強度且つ高エネルギー分解能を狙ったSi結晶アナライザー背面反射型装置である。

パルス整形は、線源で発生する白色中性子ビームを線源付近においてごく短時間のみ切り出す手法であり、ある波長の中性子ビームの時間幅を狭くすることで高エネルギー分解能を得ることが出来る。また、切り出す時間幅を変えることでエネルギー分解能を可変に選択できるという利点がある。その一方で、切り出した時間幅を通りぬけることが出来る中性子のみを測定に用いるため、測定エネルギー範囲が制限されるという欠点がある。

本装置では、パルス整形デバイスとして、複数のスリットを設けたディスクチョッパーを用い、パルス発生周期(J-PARCの場合25Hz)の何倍もの速度で、且つパルス発生周期と非同期に高速回転させる計画である。これにより生み出される複数のパルス整形された中性子ビームを用いて非弾性散乱領域を余すところなく効率的に測定する技術(RRM: Repetition Rate Multiplicationと呼んでいる)を同型の実験装置では世界で初めて実現する計画である。発表では、測定原理、チョッパー群の設計及びその指針を示し、パルス発生周期と非同期に回転させるチョッパーから如何に有益なデータを得ようと計画しているかについて述べ、議論したいと考えている。

大型タンパク質結晶の高効率育成技術の開発

垣之内啓介^{1,4*}, 杉山成^{1,4}, 丸山美帆子^{1,4}, 村井良多^{1,4}, 中村努⁵, 安達基泰⁶, 玉田太郎⁶, 黒木良太⁶, 安達宏昭^{1,2,4}, 高野和文^{1,2,4}, 村上聡^{2,3,4}, 井上豪^{1,2,4}, 森勇介^{1,2,4}, 松村浩由^{1,2,4}

阪大院工¹, (株)創晶², 東工大³, JST⁴, 産総研⁵, 原研⁶

タンパク質の構造解析において、中性子線構造解析は、X線結晶構造解析では困難とされる水素原子の位置情報が得られ、低感度がボトルネックのNMRに比べて、その機能や生体反応をより詳細に解析する上で重要な役割を果たす。

中性子線回折実験では、通常、2mm³以上の大型かつ良質なタンパク質結晶が必要とされる。このような大型結晶を得るためのいくつかの育成技術（種結晶育成法、2液法^[1]、溶液攪拌法^[2]）が用いられ、大型化の効果は得られてきたが、長い育成段階において、雑晶の析出は未だ解決されていない状況であった。

本研究では、雑晶の析出による多結晶化を防ぐ手段として、種結晶を吊り下げて育成するTSSG (Top-seeded solution growth) と溶液攪拌のFAST法 (Floating and solution-stirring technique) を組合せたTSSG-FAST法^[3,4]と、雑晶の除去が可能な気液界面育成法^[5]を新たに提唱した。今回、気液界面育成法にTSSG法を導入した手法を提案し、大型結晶の育成事例を紹介する^[6]。また、TSSG-FAST法をシステム化した新キットを開発した (Fig.1)。このキットを用いることで大型結晶の育成が簡便となり、中性子線構造解析が加速することが期待される。

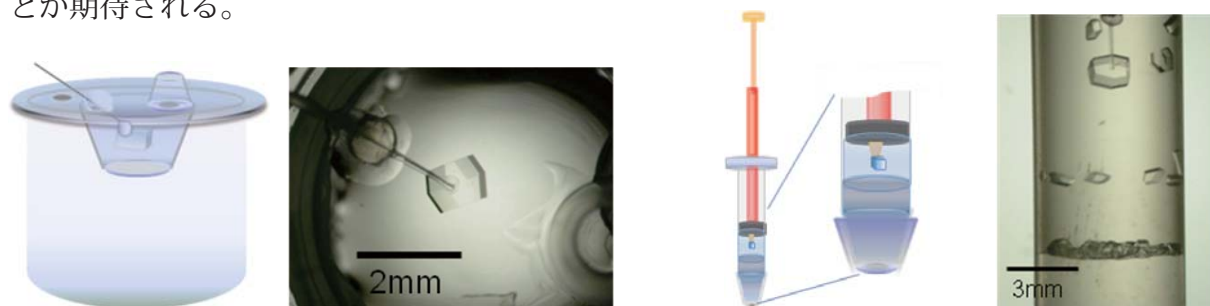


Fig. 1 TSSG法を導入した気液界面育成法（左）とシリンジ容器を用いた新キット（右）

参考文献：

- [1] Adachi, H, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **41**, L726-L728(2002).
- [2] Adachi, H, *et al.*, J. Synchrotron Rad. **11**, 121-124(2004).
- [3] Shimizu, N, *et al.*, Cryst. Growth Des. **9**, 5227-5232 (2009).
- [4] Shimizu, N, *et al.*, Cryst. Growth Des. **10**, 2990-2994 (2010).
- [5] Kakinouchi, K, *et al.*, J. Appl. Cryst. **43**, 937-939(2010).
- [6] Matsumura, H, *et al.*, J. Synchrotron Rad. **18**, 16-19(2010).

茨城県生命物質構造解析装置 (iBIX) の概要

田中伊知朗^{1,2*}, 日下勝弘², 山田太郎², 細谷孝明^{1,2}, 友寄克亮², 横山武司²,
大西裕季^{2†}, 新村信雄², 大原高志³, 栗原和男³

茨城大学 工学部¹, 茨城大学 フロンティア応用原子科学研究センター²,
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門³,
現 大阪大学 大学院工学研究科[†]

タンパク質結晶構造解析用の新型中性子回折装置である茨城県生命物質構造解析装置 (iBIX) が大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の次世代中性子源に建設され、2008年12月から本格運転を開始した。2009年度には、14台の検出器、データ処理ソフトウェアの基本的な部分、20Kまでの低温吹付装置がそれぞれ利用可能となり、有機物標準結晶の測定および構造解析に成功した。2009年12月からの120kW加速器運転より、産業界ユーザーの試料を含む複数の無機、有機化合物そしてタンパク質の結晶のフルデータセット中性子測定がなされ、そのうちいくつかは水素や水和水の位置が分かる程度まで構造解析が進んでいる。現在の測定効率は、米国 LANSCE のパルス中性子源で稼動している同種のタンパク質用中性子回折装置 PCS とほぼ同程度であり、今後の検出器増設や J-PARC 加速器出力増加に伴い、約 20 倍の測定効率向上が見込まれる。現在、加速器出力 200kW 運転下で、アミロイド病因タンパク質トランスサイレチンのフルデータセットを測定中である。

なお、iBIX によるタンパク質 RNaseA の構造解析については茨城大・日下勝弘の発表を、タンパク質 AFP の構造解析については原子力機構・大原氏の発表をそれぞれ参照のこと。

参考文献：

[1] I. Tanaka, K. Kusaka, T. Hosoya, N. Niimura, T. Ohhara, K. Kurihara, T. Yamada, Y. Ohnishi, K. Tomoyoria and T. Yokoyama, *Acta Cryst. D* **66** (2010) 1194.

BL06 を予定している中性子共鳴スピンエコー分光器群 (VIN ROSE) の現状と設置計画

日野正裕^{1*}, 北口雅暁¹, 川端祐司¹, 海老沢徹², 阿知波紀郎², 片桐政樹²,
及川健一², 前川藤夫², 林田洋寿², 小田達郎³, 安部豊³, 田崎誠司³,
瀬戸秀紀⁴, 清水裕彦⁴, NOP collaboration^{2,4}

京大原子炉¹, 原子力機構², 京大工³, 高エネ機構⁴

中性子共鳴スピンエコー装置群:VIN ROSE (The Village of Neutron ResOnance Spin Echo spectrometers) は MIEZE(Modulated Intensity by Zero Effort) 型分光器と NRSE(Neutron Resonance Spin Echo) 型分光器からなる。どちらの分光器も中間相関関数 $I(Q,t)$ を観測し、緩和現象の研究に特に力を発揮する。我々は JST 先端機器開発事業の支援を受けて、JRR-3 の C3-1-2(MINE1) ポートでの開発をし、J-PARC BL10(NOBORU) MIEZE テストを行い、TOF-MIEZE 分光法の定式化を行った。これにより、MIEZE がパルス中性子源に適したスピンエコー分光器であることを示した。そして導入を計画している BL06 と同じ結合型冷中性子源を見込む BL05(NOP) に電磁石の新型 RSF を用いた本格的な TOF-MIEZE 分光器を設置し、JRR-3 と同等の実効振動数 600kHz の MIEZE シグナルの観測に成功した。

本装置は 2010 年 1 月に J-PARC 中性子実験装置提案の 2 次審査も高評価で合格し、2010 年 3 月に日本学術会議が取りまとめた提言「学術の大型施設計画・大規模研究計画」:物質・分析科学「高強度パルス中性子・ミュオンを用いた物質生命科学科学研究」において「③所要経費 中性子分光器新規建設経費」の中に「MIEZE 型スピンエコー装置」が明記されている。現在、KEK-京大で連携して、専用ビームライン (BL06) の建設の詳細を詰めている。当日はデバイスの高度化を含む装置開発状況とビームラインの検討状況を述べたい。



Fig.1 Schematic poster of the Village of Neutron ResOnance Spin Echo spectrometers(VIN ROSE)

J-PARC SuperHRPD の現状報告

鳥居周輝^{1*}, 米村雅雄¹, 富安亮子¹, Teguh Panca Putra¹, Junrong Zhang¹, Miao Ping¹,
室屋孝司¹, 神山崇¹, 野田幸男²

高エネルギー加速器研究機構¹,
東北大学²

J-PARC 粉末中性子回折装置 SuperHRPD は、2009 年夏の長期シャットダウン時期に真空散乱槽の大規模な入れ替え作業を行い、同年 10 月のビームタイムより、新しい真空槽での測定を開始した。新しい真空槽では、S/N 比の向上、一層の高分解能化、立体角増大、 Q 範囲増大、偏極モードや高強度モード導入等を目指しており、現在、各種調整運転と共用運転を並行して行っている。また、DAQ システムに関しては、NeuNET を用いた新システムが導入され、イベントデータを使ったより高度なデータ解析を行える環境が整った。

本報告では、新しい散乱槽の紹介を中心に、その後のコミッショニング状況・解析ソフトの現状報告等を行う。

2010 年の中性子源特性試験装置 NOBORU

前川藤夫^{1*}, 及川健一¹, 原田正英¹, 大井元貴¹, 甲斐哲也¹, 春日井好己¹,
酒井健二¹, 明午伸一郎¹

J-PARC センター 日本原子力研究開発機構¹

BL10 (NOBORU) では、装置グループ課題である『中性子源特性試験』に加え、汎用テストポートとして利用可能な特徴を生かして 3 件のプロジェクト課題『エネルギー選択型イメージング』、『中性子光学デバイスと検出器の開発』、『TOF 型即発 γ 線分析』を実施している。また、ビームタイムの約半分を一般課題枠として確保し、2010 年度は上期と下期あわせて計 10 件の課題を実施している。『パルス強磁場下における回折実験』、『検出器と集光デバイス開発』、『中性子による半導体のソフトエラー』などである。

NOBORU では、2009 年夏にビームライン中間にロータリーコリメータを導入し、高い S/N 比を保ちながらピンホールを形成してビームの発散角を低減、高い L/D 比 (600) を実現し、世界のパルス核破砕中性子源で最も優れたイメージング実験環境を整備した。さらに 2010 年 12 月～2011 年 1 月の運転休止期間に、L/D 比 1,800 を目指したコリメータの入れ替え、また T0 付近の強烈なフラッシュ γ 線を低減するための Bi/Pb フィルターやアクリル製中性子アッテネータの導入を行い、より使いやすい装置を目指した改良を行っている。

発表では、2010 年の NOBORU の利用状況、得られた主な成果、装置の改良等について、その概要を報告する。

高温高压マグマ科学に向けた中性子カメラ実験

井上徹¹, 有馬寛^{2*}, 阿部淳³, 服部高典³

愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター¹,
日本原子力研究開発機構 J-PARC センター²,
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門³

地球深部でのマグマ生成は地球内部での物質移動や進化過程に大きな役割を果たしている。近年、含水マグマの放射光高温高压その場観察実験によって高压下においてマグマ(ケイ酸塩を主成分とする含水融体)とフルイド(水を主成分とする含ケイ酸塩融体)が不混和から混和へと超臨界状態になる「第2臨界点」の存在が示唆されている。しかし、X線では平均原子量に基づいたコントラストを観察するため、これら融体を区別することが困難である。

我々は臨界点付近での構造、物性の変化の詳細を明らかにするため、中性子を用いての含水マグマおよびフルイドの高温高压その場観察に向けて予備的実験を行っている。本発表では BL11 超高压中性子回折装置に導入する中性子カメラを用いてのイメージング実験計画、BL19 工学材料回折装置での含水模擬試料の試験測定結果について述べる。

高压その場観察によるイメージング実験においては微小な試料を観察するための空間分解能の実現が課題である。本研究の場合、10 mm³ 程度の試料空間における混和、不混和現象を観察するために数 10 μ m の空間分解能が必要となる。

試験測定として BL19 にて含水および無水のシリカゲルを中性子カラーイメージングインテンシファイアによって撮影し、そのコントラストを検証した。また標準試料について試料と撮像面間の距離、ビーム発散を変化させての測定を行い、高压発生装置を用いた場合の測定時間及び空間分解能について基礎的データを得た。結果から BL11 においては目標の分解能において数十分程度で1画像の取得が可能であることが確認された。

BL11 超高压中性子回折装置 PLANET の開発と建設状況

有馬寛^{1*}, 服部高典¹, 佐野亜沙美¹, 阿部淳¹, 内海渉¹, 鍵裕之², 八木健彦²

日本原子力研究開発機構¹, 東京大学²

MLF / BL11 超高压中性子回折装置「PLANET」は 20 GPa、2000 K までの温度圧力領域での中性子回折測定を実現する装置である。「水素結合」に着目することで地球内部ダイナミクスを理解することを第一の目標としている。本装置の最大の特徴は一軸あたり 500 トンの最大荷重を持つ 6 油圧 6 軸からなる大型プレス装置「圧姫」を分光器室内に設置し、中性子回折、中性子イメージング測定を行う点である。

ビームラインの構成は TOF 粉末回折計として標準的なものである。非結合型モデレータを用い、飛行距離は線源から試料までが 25 m、試料から 90° 検出器バンクまでが 1.5 m である。90° 検出器バンクは位置敏感型 ³He 検出器で構成される。装置分解能として $\Delta d / d = 0.5\%$ 以下を達成する設計である。また、2 台のディスクチョッパーと 1 台の T0 チョッパーを設置し、シングルフレームにおいて d レンジは 0.2-4.2 Å となる。

超高压実験における標準的な試料体積は 1-10 mm³ であり、S/N 比のよいデータを得るためには微少な試料からいかにして効率よく回折強度を得るかが課題となる。また結晶および液体を対象とする多様な研究課題に対応するため、 $Q = 30 \text{ \AA}^{-1}$ までの測定と強度 - 分解能の調整が重要となる。スーパーガイドミラーとスリット系により、分光器室入口で 20 mm 角に中性子を絞り、高压発生装置直前のコリメータでさらにビームサイズを制限する。

建設は一昨年度よりはじまり、これまでにビームライン輸送部の光学機器と遮蔽体の据付が完了し、インターロックの整備も終わった。年度内にファーストビームを予定している。来年度夏に「圧姫」の搬入・据付を行い、本格的な高温高压実験が開始できるよう、整備を進めている。

中性子回折実験用各種高压装置の圧力発生試験

佐野亜沙美^{1*}, 小松一生², 奥地拓生³, 服部高典¹

日本原子力研究開発機構¹, 東京大学², 岡山大学³

PLANET では 1 軸あたり 500 ton の 6 軸大型プレスに加え、対向型のパリーエンジンバラプレスや低温下でも使用できるパームキュービックプレス等の小型プレスを用いた高压実験が実施される。高压力の発生効率は圧力封止のためのガスケット、試料をとり囲む圧力媒体の形状や材質等に大きく影響されるため、開発が必要である。これらの装置について放射光を用いてセル開発を行っているのでその結果を報告する。

① パリーエンジンバラプレス

パリーエンジンバラプレスは海外の中性子施設では広く用いられているが国内ではまだ実績は少ない。新たに生産された TiZr のガスケットを用いて、圧力発生試験を行った。先端 6 mm の超合金製シングルトロイドアンビルを用いて、60 ton まで加圧を行い、6.6 GPa の圧力発生を確認した。また先端 4 mm の焼結ダイヤモンド製のダブルトロイドアンビルでは、130 ton の荷重で 14.4 GPa に到達した。

② 焼結ダイヤモンドを用いた 6-8 マルチアンビルプレス

6-8 加圧方式は既に放射光施設では多くの実績があるが、中性子実験ではジオメトリや必要な試料サイズに違いがある。そのため透過率の高い焼結ダイヤモンド製のアンビルを 2 段目に用いる必要がある。2 段目アンビルとして有望な SiC バインダーの焼結ダイヤモンド素材について、圧力発生テストを実施した。先端切り欠きサイズ 1.5 mm のアンビルを用い 300 ton で 30 GPa の圧力発生を確認し、アンビルとしての強度が充分であることが示された。今後中性子実験にも適用できるように試料サイズの大型化や高温実験用セルの開発に取り組む予定である。

高分解能チョッパー分光器の性能

伊藤晋一^{1*}, 横尾哲也¹, 佐藤節夫¹, 矢野真一郎², 川名大地¹, 鈴木純一¹, 佐藤卓³

高エネルギー加速器研究機構¹, 青山学院大学², 東京大学³

高エネルギー加速器研究機構と東京大学は共同で、大強度陽子加速器施設 (J-PARC) 物質・生命科学実験施設 (MLF) の BL12 に、高分解能チョッパー分光器 (HRC) の建設をすすめてきた。これまでに、基本的な部分の建設を終了し、中性子ビームを用いた性能試験を行なった。T0 チョッパー及びフェルミチョッパーを HRC のために新たに開発したが、開発目標に掲げた仕様を上回る機械性能で、国産ではじめて実現させ、これを HRC に設置して実験に利用できるようにした。中性子ビームを用いた性能評価試験では、配置したデバイスは設計どおりの性能を実現し、強度及び分解能も、絶対値において、配置したデバイスの性能どおりであることを確認した。すなわち、実験条件に制限はあるものの、設計どおりの性能を実現した。現状では、最高分解能は HRC での最適条件である $\Delta E/E_i=2.5\%$ であり、入射中性子エネルギー E_i が 200meV 以下の領域で実現している。実験条件の拡大をはかり、さらに完成度の高い装置の実現をめざしている。当初目標である $\Delta E/E_i=1\%$ の実現にはフェルミチョッパーのさらなる開発研究が必要である。データ解析では、単結晶を用いた一次元磁性体及び三次元磁性体の磁気励起を観測を試み、必要なデータ処理ができることを確認した。

冷中性子ディスクチョッパー型分光器 AMATERAS

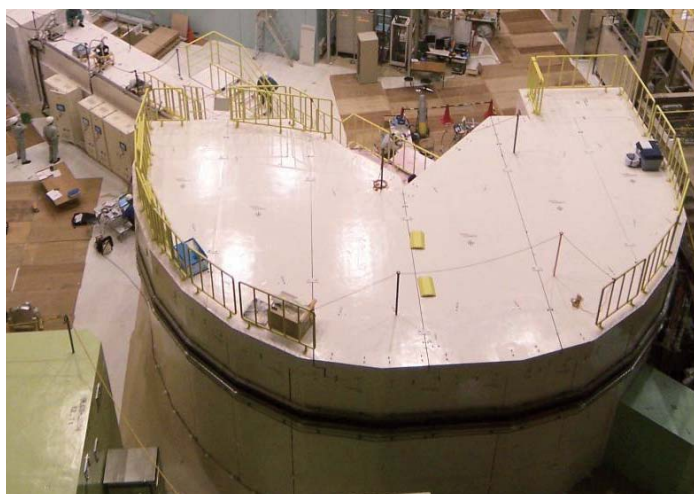
－ 装置の現状とそこで展開される研究 －

中島健次^{1*}, 河村聖子¹, 菊地龍弥¹, 中村充孝¹, 梶本亮一¹, 稲村泰弘¹, 高橋伸明¹,
相澤一也¹, 鈴谷賢太郎¹, 柴田薫¹, 中谷健¹, 曾山和彦¹, 吉田登¹, 田中浩道¹, 岩橋孝明¹,
神原理¹, 伊藤幸弘¹, 前川藤夫¹, 及川健一¹, 原田正英¹, 新井正敏¹,
長壁豊隆¹, 脇本秀一¹, 加倉井和久², Ruep E. Lechner³, Ferenc Mezei⁴

J-PARC センター¹, 日本原子力研究開発機構²,
*Helmholtz Centre Berlin*³, *Hungarian Academy of Sciences*⁴

冷中性子チョッパー型分光器 AMATERAS は、線源のパルス幅を任意に整形するパルス整形チョッパーを持つユニークなタイプの中性子分光器であり、2009年春の完成以来、機器調整、整備を続けながら、一般課題、プロジェクト課題を受け入れ、非弾性・準弾性散乱測定を実施している。装置は、一部不足の機器、未調整の部分等も残り、また、強度やバックグラウンドについていくつかの問題も見つかっているが、最高 $\Delta E/E_i=1\%$ を切る高分解能やパルス整形チョッパーによる対称なパルス波形を利用した準弾性測定等、当初目的とした装置性能も達成しつつあり、装置を利用した研究でも成果が出始めている。

今回の発表では、コミッションングや実際の測定を通して確認した装置性能等 AMATERAS の現状を報告する。



参考文献：

- [1] K. Nakajima, M. Nakamura, R. Kajimoto, T. Osakabe, K. Kakurai, M. Matsuda, N. Metoki, S. Wakimoto, T. J. Sato, S. Itoh, M. Arai, K. Yoshida and K. Niita, *J. Neutron Res.* **15** (2007) 13-21.
[2] 中島健次, 河村聖子, 波紋, **20** (2010) 49-53.

中性子分光器遮蔽体への中性子遮蔽コンクリートの適用

奥野 功一^{1*}, 川合 將義², 山田 人司¹

ハザマ技術研究所¹, 高エネルギー加速器研究機構²

現在の中性子分光器遮蔽体の基本的な遮蔽構造は、ホウ酸レジンと普通コンクリートの複合構造により遮蔽性能、および中性子バックグラウンド低減性能を持たせている。しかし、レジン系材料を使っている事と複合構造であるが故に、室内空間が狭くなっており、また施工が煩雑となりコスト高の一要因になっている。

そこで、ホウ素を含む岩石であるコレマナイトと、結晶水を多く含むかんらん岩を用いた中性子遮蔽コンクリートを開発し、平成 20 年に高強度全散乱装置 NOVA の遮蔽体に適用した。また、今回新たに大強度型中性子小中角散乱装置 大観の遮蔽体にも適用した。適用に当たり、粒子・重イオン輸送計算コード PHITS を用い、遮蔽性能及び遮蔽体内の熱～冷中性子束分布がホウ酸レジンと普通コンクリートの複合構造の場合と同等以上であることを確認した。

この適用により、従来設計の普通コンクリートとホウ酸レジンとの複合遮蔽体に比べ、遮蔽体内の室内空間が拡大したと共に、遮蔽厚さを NOVA では最大 25%、大観では最大 30% 減らすことができ、遮蔽の省スペース化が実現できた。

BL15 大強度型中性子小中角散乱装置「大観」の性能と建設状況

高田慎一^{1*}, 篠原武尚¹, 鈴木淳市¹, 奥隆之¹, 吉良弘¹, 中谷健¹, 稲村泰弘¹, 伊藤崇芳¹,
鈴谷賢太郎¹, 相澤一也¹, 新井正敏¹, 大友季哉², 杉山正明³

J-PARC センター 日本原子力研究開発機構¹,
J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構²,
粒子線基礎物性研究部門 京都大学原子炉実験所³

J-PARC 物質・生命科学実験施設に建設中の中性子小中角散乱装置「大観」は、 $\lambda=0.5\sim 8$ [Å] の波長領域を用いて、散乱ベクトル約 $q = 0.002$ から 10 [Å⁻¹] (散乱角 $< 50^\circ$) までの幅広い空間領域の測定が可能となり、物質の形態から原子構造レベルまでの構造情報を一挙に取得できる装置となる。また上流に設置される切り換え機構を用い、中性子光学デバイスを配置することで、偏極・集光中性子ビームを使った測定も可能となる。当日は大観の装置性能および建設状況について報告する。

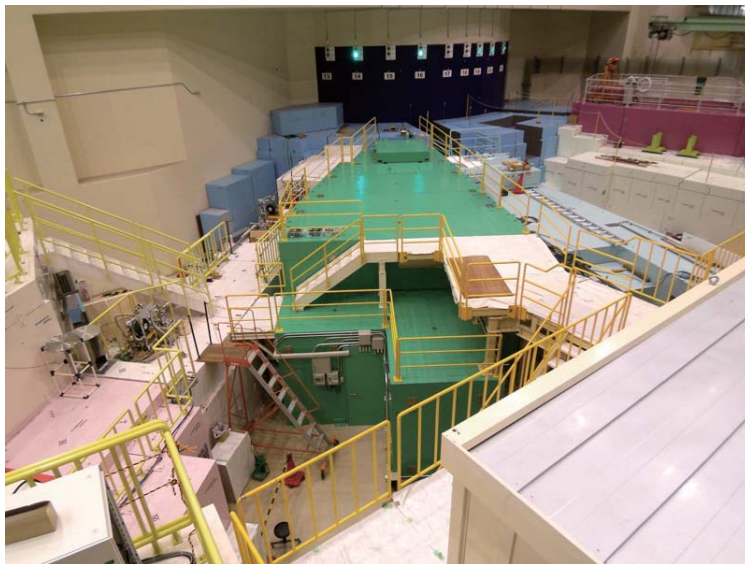


Fig. 1 BL15 の外観

試料水平型中性子反射率計 ARISA-II の現状

山田悟史^{1*}, 鳥飼直也², 下ヶ橋秀典¹, 御田村紘志^{3,4}, 瀬戸秀紀¹,
杉田宰⁵, 古坂道弘⁵, 小田達郎⁶, 日野正裕⁶, 高原淳^{3,4}

高エネルギー加速器研究機構¹, 三重大学², 九州大学³, JST/ERATO⁴, 北海道大学⁵, 京都大学⁶

ARISA-II は J-PARC MLF の BL16 に設置された試料水平型の中性子反射率計で、結合型液体水素減速材で発生した冷中性子を用いて試料表面における中性子反射率の測定を行う。このビームラインの特徴は水平より下向きに 2.22 度と 5.71 度の角度で導かれていることで、液体表面のように傾けることのできない自由界面試料に対しても、その表面に中性子を斜入射することが可能である。

我々は 2008 年 9 月より、KENS の ARISA 反射率計を BL16 へ移設を始め、12 月にはビームの受け入れを開始した。2009 年の夏にはディスクチョッパー、および光学ミラー架台を設置、同 12 月に 2 次元検出器を導入した。これにより 2009 年の下半期から本格的な反射率測定が可能となり、ユーザーへの供用も開始した。現時点での反射率の測定限界は 10^{-6} を切っており、120 kW 時の測定時間は low- Q 領域のみの場合で 10 分～20 分程度、high- Q 領域まで含めると 2 時間～4 時間程度である。また、数分刻みでの時分割測定や試料交換機を併用したバッチ測定も可能である。

2010 年夏、遮蔽体の補強工事と T0 チョッパー、偏極ミラー/NiC ミラーの設置など、さらなる整備を行った。特に T0 チョッパーによる高速中性子と Ni ミラーによる冷中性子のバックグラウンド低減の効果はめざましく、 10^{-7} のオーダーまでバックグラウンドを低減させることに成功した。当日の発表では、アップグレードの詳細やその効果等について発表する予定である。

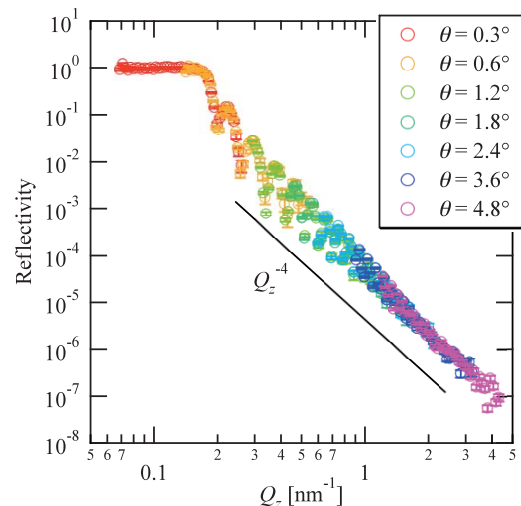


図1 ARISA-II を用いて測定した重水素化ポリスチレンの反射率プロファイル

J-PARC/MLF BL16 新設中性子反射率計の現状と今後の展望

御田村紘志^{1,2*}, 山田悟史³, 下ヶ橋秀典³, 瀬戸秀紀³, 鳥飼直也⁴,
杉田宰⁵, 古坂道弘⁵, 小田達郎⁶, 日野正裕⁶, 高原淳^{1,2}

*JST ERATO*¹, 九州大学², *KEK*³, 三重大学⁴, 北海道大学⁵, 京都大学⁶

J-PARC/MLF の BL16 には、2010 年 12 月まで中性子反射率計 ARISA - II が稼働し、ソフトマテリアルをはじめとする各種界面の精密構造評価に大きく貢献してきた。この反射率計では、J-PARC からの 2.22 度に傾斜した高強度中性子ビームを受け、T0, ディスクチョッパーや Ni ミラーなどを備えることで、鏡面反射および非鏡面反射測定を精度良く行うことができた。しかし、ARISA-II では、その設計上、自由液体界面での高 q 領域測定のために BL16 に導入された 5.71 度の傾斜ビームを利用することができなかった。また、ARISA-II のスリットは最小で 0.1mm までしかビームをコリメーションできないため、30mm 角以上の比較的広い面積の試料が必要であった。

そこで本研究では、上記の ARISA-II の課題を克服し、さらに高性能な反射率計を実現することを目的として、ARISA-II に代わる新しい反射率計を BL16 に導入した。本反射率計では、2.22 度と 5.71 度の中性子ビームを受けられるよう上下動のストロークを拡張し、液体表面の構造評価にも対応できるようにした。また、スリットの最小幅も高性能な位置センサーを用いて 10 μ m まで絞れるように設計してある。さらに、本装置では ARISA-II で使用されていた T0, ディスクチョッパーや Ni ミラーをはじめ、幾つかのコンポーネントを使用できるような構造になっている。たとえば、現在開発中の集光ミラーを導入して 1mm 程度に小さく絞った中性子ビームを試料に照射することができるようになる。これにより、スリットによるコリメーションの場合に比べて約 10 倍の強度の中性子ビームを試料に照射でき、10mm 角程度の小さい試料でも、ARISA-II と同等あるいはそれ以上の精度の反射率をより短時間で得ることができる。また、中性子ビームを検出器面への集光を行うことで、より高い統計精度で高角度分解の斜入射中性子小角散乱測定を行うことができると期待される。

当日の発表では、本反射率計の詳細なスペックのほか、今後のアップグレードの計画についても議論する。

匠における測定データの時間分解の利用

伊藤崇芳^{1*}, ステファヌス・ハルヨ¹, 阿部淳¹, 有馬寛¹, 相澤一也¹

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹

MLF / BL19 工学材料回折装置「匠」は中性子回折によって残留応力、ひずみや相変態などを調べることを目的としている。特に MLF 中性子源からの白色大強度中性子束を利用することで、温度や引張・圧縮応力を変化させながら測定を行い、過渡的状态を効率よく捉えることができることは匠の大きな強みであり、これを活かせるシステムの構築が必要である。

MLF では測定データの記録にイベント記録方式を用いている。これにより変化の過程を間断なく測定し、その測定データから任意の時間範囲の回折パターンを抽出することが可能になっている。そこで、時刻と温度や引張負荷などが記録されたログファイルを利用して、各温度範囲などの回折パターンを一括して容易に取り出すことが可能なソフトウェアを制作した。本発表ではこのようなシステムによってなされてきた匠での測定データの時間分解の利用例やそのシステムについての紹介を行う予定である。

高温変形その場中性子回折測定の開発

ステファヌス・ハルヨ^{1*}, 伊藤崇芳¹, 鈴木裕士², 相澤一也¹, 徐平光²

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹,
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門²

J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF) の工学材料回折装置 (匠) は 2009 年 1 月より供用を開始して、プロジェクト研究、一般課題及び装置課題を通して様々な実験を行ってきた。匠の狙いの一つは高温変形及び材料の製造プロセスのその場測定である。100kW の陽子ビーム受け入れ開始とほぼ同時に、我々は、高温変形実験及び高温鍛造等のプロセスが可能な高温変形試験機を開発した。これは既存の室温引張試験機に、試験片を 1273K まで加熱することが可能な集光型赤外線加熱炉を付加したものである。

開発した高温変形試験機を用いて、構造材料の代表的な S45C 鋼の室温及び焼き戻し温度での引張変形その場中性子回折実験を行なった。φ6mm の試験片を横にして連続的に室温 (ひずみ速度: $2 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$) 又は 873K (ひずみ速度: $1 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$) で破断するまで引張試験を行った。実験終了後、測定開始から 10 秒間隔でデータスライスをして、Z-Rietveld で解析した。Fig.1 に負荷ひずみに対する格子ひずみ (a) 及びガウス幅 (b) の変化を示す。室温では塑性変形域に入ると弾性ひずみ成分の増加が小さいが、873K では塑性域に入ると弾性ひずみ成分の緩和がみられた。また、転位密度を表せるガウス幅は 873K では減少した。本実験の詳細を、高温鍛造試験結果の紹介も合わせて報告する。

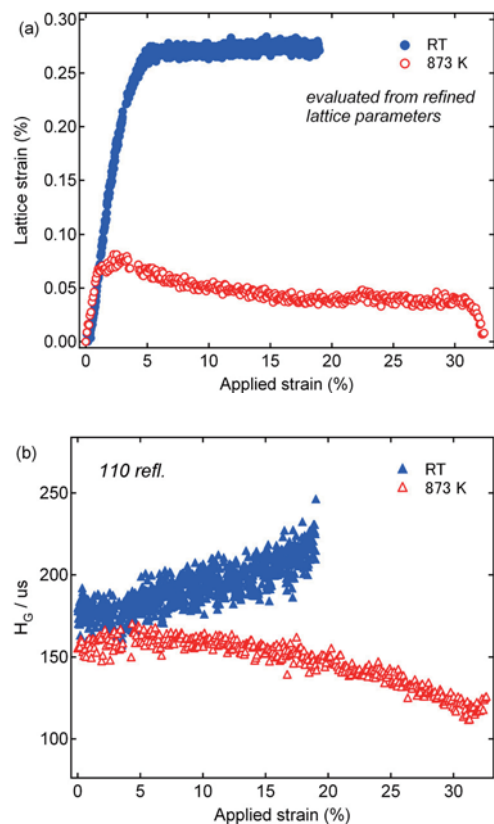


Fig. 1 Evolutions of lattice strain and Gaussian width with increasing applied strain.

「匠」での Palm cubic マルチアンビル高圧発生装置を用いた中性子回折実験

阿部淳^{1*}, 有馬寛¹, 服部高典¹, 佐野亜沙美¹, 内海渉¹, 小松一生², 荒川雅², 鍵裕之²

日本原子力研究開発機構¹, 東京大学²

マルチアンビル型の高圧発生装置は、試料を上下左右の6方向から加圧することで、試料に等方的な圧力を印加することが可能である。日本の高圧科学者は、このマルチアンビル型高圧発生装置と放射光 X 線を用いて多くの成果を挙げてきたが、マルチアンビル型高圧発生装置をパルス中性子回折実験へ適用した例は無い。これまでの高圧中性子実験は主に一軸圧縮型のパリエジンバラプレス [1] を用いて行われてきたが、我々研究グループは、各ビームラインへ持ち込む事が可能な小型の Palm cubic マルチアンビル高圧発生装置の開発に成功している [2]。BL19 工学材料回折装置「匠」において、この小型高圧発生装置を用いた中性子回折実験および装置開発を行っている。これまでに高圧装置からのバックグラウンドと寄生散乱ピークを低減するための装置開発を行い、高圧試料からの解析に耐える中性子回折パターンを測定することに成功している [3]。

更なる装置開発としてアンビルや圧媒体材等の検討を進めている。また、高圧装置を用いた中性子回折実験では、高圧装置部品が中性子を吸収する事により散乱角・波長に依存した回折強度の減少が生じるため、高圧装置による吸収の補正方法を検討し、吸収補正を行った回折パターンに対して結晶構造解析を行った。

本発表では、これまで匠で行った中性子回折実験と装置開発の結果と吸収補正などのデータ解析方法、さらには補正したデータを用いた結晶構造解析結果について説明する。

参考文献：

[1] J.M. Besson *et al.*, *Physica B*, **180-181**, (1992) 907.

[2] 上床ら, 高圧力の科学と技術, **18**, (2008) 230.

[3] Abe *et al.*, *Rev. Scie. Instr.*, **81**, (2010) 043910.

GEM を用いた中性子ビームモニターの動作安定性評価

大下英敏^{1*}, 大友季哉¹, 池田一貴¹, 金子直勝¹, 瀬谷智洋¹, 坪田雅己¹,
鈴谷賢太郎², 他 NOVA グループ

高エネルギー加速器研究機構¹, J-PARC センター 日本原子力研究開発機構²

世界最強のパルス中性子源の1つである J-PARC MLF は 2010 年 11 月より 210 kW でのユーザー共用運転を開始した。高強度全散乱装置 (NOVA) は $0.01 \text{ \AA}^{-1} \sim 100 \text{ \AA}^{-1}$ の広い Q 領域において静的構造因子 $S(Q)$ を精度良くかつ短時間に測定することができる。NOVA では結晶だけでなく非晶質、液体にいたる様々な物質の構造解析に加え、水素貯蔵材料などのその場観察が可能である。

NOVA の中性子入射ビームモニターは精度良く $S(Q)$ を導出する上でのキーコンポーネントであり、MLF の大強度中性子環境下で動作させるために高頻度入射粒子特性に優れていなければならない。我々は NOVA の中性子ビームモニターとして、Gas Electron Multiplier (GEM) [1] を用いた中性子二次元検出器を開発し、2009 年 11 月より実際の中性子回折実験において運用を開始した。BL21 におけるビームプロファイルの二次元画像と Time of flight (TOF) は既に測定され、シミュレーションの結果と良く一致することがわかっている [2]。運用開始後、GEM を用いた中性子ビームモニターは安定に動作してきたが、動作安定性の定量的評価は未だになされていない。GEM の計数値は中性子ビーム強度の変化に加えて、チャンバースガス密度の変化に依存することがわかっている。本発表では、これら GEM の計数値を変動させ得る因子との相関を示し、GEM を用いた中性子ビームモニターの動作安定性について考察を述べる。

参考文献：

[1] F. Sauli, Nucl. Inst. and Meth. A **386** (1997) 531.

[2] H. Ohshita, *et al.*, Nucl. Inst. and Meth. A **623** (2010) 126.

J-PARC 偏極度解析中性子分光器計画の現状

大山研司^{1*}, 岩佐和晃², 伊藤晋一³, 横尾哲也³, 平賀晴弘¹, 藤田全基¹, 松浦直人¹,
佐藤豊人⁴, 堀金和正⁴, 佐藤卓⁵, 富安啓輔², 有馬孝尚⁷, 猪野隆³, 吉良弘⁷,
坂口佳史⁷, 奥隆之⁷, 有本靖³, 鈴木淳市⁷, 清水裕彦³, 武田全康⁷, 金子耕士⁷,
日野正裕⁸, 武藤豪³, 野尻浩之¹

東北大金研¹, 東北大院理², KEK³, 東北大 WPI⁴, 東大物性研⁵, 東北大多元研⁶,
JAEA⁷, KUR⁸

多極子秩序系、高温超伝導系などの強相関電子系の本質解明において新たな展開を起こすには、偏極度解析分光によるスピン相関の定量的な解明が必要となりつつある。そこで、本計画では、KEK と東北大の連携を軸とし、先鋭的な磁性研究に不可欠な装置として、また東アジアの拠点装置として、偏極度解析中性子分光装置を J-PARC に建設し、動的・静的スピン相関の解明により強相関電子系などでブレークスルーを生み出すことを目指す。

本装置は広い Q - ω 空間での偏極度解析を今の日本で実現可能な技術を用いて実現することをめざす。この視点から、第 1 期には偏極子には on-Beam SEOP、アナライザーにはスーパーミラーを用いる。アナライザーには大面積 ^3He フィルター法が理想的だが、高い偏極率のアナライザーが短期間で使用可能になる可能性が小さいことからこの選択とした。もちろん、最終的には ^3He アナライザー導入を目指すため、R&D を平行して進める。その期間は 10–20 度程度の散乱角をカバーするスーパーミラーにより研究を進める。偏極子としての SEOP は技術的には確立されているものの、実際の散乱実験装置として用いられた実績が国内では少ないため、現在 KEK, JAEA との連携をもとに、 ^3He 偏極フィルターでの偏極中性子回折装置開発を原子炉で進めている。すでに、研究を行えるだけの回折データがえられており、散乱装置の偏極子としては十分な状態に到達した。

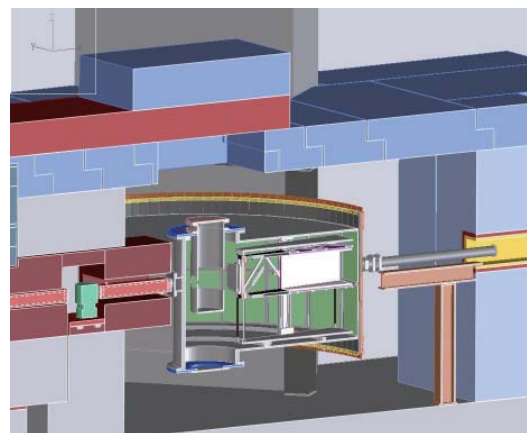


図 1 真空槽の構造

J-PARC の新しい単結晶構造解析装置「SENJU」

川崎卓郎^{1*}, 及川健一¹, 田村格良¹, 大原高志¹, 金子耕士¹,
中村龍也¹, 坂佐井馨¹, 木村宏之², 鬼柳亮嗣², 高橋美和子³, 清谷多美子⁴,
新井正敏¹, 野田幸男², 大嶋建一³

原子力機構¹, 東北大学², 筑波大学³, 昭和薬科大学⁴

J-PARC/MLF の BL18 では、新しい単結晶構造解析装置「SENJU」が、平成 23 年度夏期ビーム停止前の初ビーム受け入れを目指して建設中である。SENJU は、格子定数が約 50Å 以下の無機物・低分子有機物を対象として、低温・高温のみならず磁場や圧力、電場、ガス雰囲気などを組合せた環境下での精密結晶構造解析を目的とする装置である。本装置は、単結晶中性子回折法を用いた物質研究の間口を大きく広げるため、1 MW において 0.5 mm 角の単結晶を用いた回折実験及び精密構造解析を実現させる。本装置には、すでに稼働中の iBIX 用の検出器の開発で培われた要素技術を基礎として開発した、波長シフトファイバを用いた大面積 2 次元シンチレータ検出器を試料真空槽周囲を円筒形に取り囲むように配置する。初期に導入する試料環境装置として、4 K 冷凍機や超伝導マグネット + 希釈冷凍機が決定しているが、これらのできる限り早い立上げも目指す。当日は、装置の詳細スペックの紹介と、建設の現状について報告する。

J-PARC 偏極中性子反射率計 BL17 の建設

林田洋寿^{1*}, 武田全康¹, 山崎大¹, 丸山龍治¹, 曾山和彦¹, 及川健一¹, 篠原武尚¹,
坂佐井馨¹, 中村龍也¹, 藤健太郎¹, 山岸秀志¹, 片桐政樹¹, 中谷健¹, 稲村泰弘¹,
伊藤崇芳¹, 大原高志¹, 田村格良¹, 金子耕士¹, 山崎竜也¹, 朝岡秀人¹, 平野辰巳²,
鈴木淳市¹, 高田慎一¹, 鈴木健太郎¹, 相澤一也¹, 神山崇³, 新井正敏¹

日本原子力研究開発機構¹, 日立製作所²,
高エネルギー加速器研究機構³

J-PARC では、平成 22 年度に偏極中性子反射率計の建設を進めており、23 年度のビーム受け入れおよびコミッショニング完了を目指している。本装置の基本スペックを表 1 に示す。本装置は偏極 / 非偏極切替機構を有しており、磁気多層膜をはじめとして、固体、液体、高分子の表面 / 界面構造解析を可能とする汎用性を持つ。また、0 次元³He、MWPC、WLSF、RPMT と、それぞれ特徴のある検出器を備えており、従来の鏡面反射率による表面 / 界面の深さ方向の構造解析 (0 次元³He, MWPC) に加え、非鏡面散乱 (MWPC, WLSF)、斜入射回折による面内方向の構造解析 (RPMT) も実施できる仕様となっている。

12 月の MLF 停止後から建設が開始され、チョッパー、スリット、偏極子、2 コイルスピンドリッパー等の光学機器の整備が現在進められている。発表では本装置の詳細設計および建設状況について報告する。

表 1 装置の基本スペック

モデレータ	結合型
L1 + L2	15.5 m + 2.5 m
波長領域	1.0–8.8Å (非偏極 1 st frame) 2.4–8.4Å (偏極) 2.4–6.4Å (偏極解析)
散乱角 (2θ)	2θ < 20°
到達反射率	R < 10 ⁻⁸
検出器	0 次元 ³ He, MWPC, WLSF, RPMT

BL01:4 次元空間中性子探査装置 四季 / BL14: 冷中性子ディスクチョッパー型分光器 アマテラス / 実験技術, 解析技術

J-PARC・MLF チョッパー型分光器におけるソフトウェアの現状

稲村泰弘^{1,2*}, 中谷健^{1,2}, 中島健次^{1,2}, 梶本亮一^{1,2}, 鈴木次郎^{1,3}, 大友季哉^{1,3}, 新井正敏^{1,2}

J-PARC センター¹, 日本原子力研究開発機構², 高エネルギー加速器研究機構³

J-PARC・MLF に設置された BL01 を始めとするチョッパー型中性子非弾性散乱装置において、ユーザーが実験を行うために必要となる各種デバイス制御、データ解析・可視化といった機能を持つソフトウェアの整備が進みつつある。特にイベントレコーディング型のデータの特徴を生かして Multi-Ei 測定とその解析を可能とし [1]、これらの手法を用いてすでに多くの成果が上がりつつある。

一方、ソフトウェアが一般のユーザーに供されるようになり、実用の面で様々な問題や未整備な点が明らかとなってきた。例えば、温度や試料方向などの条件を複数測定する際の自動化ソフトウェアの整備は急務であり、また 3 次元系試料の測定と解析に関してもユーザーからのソフトウェアに対する要望が強い。中性子源の高強度化が進み短時間で大量のデータが取得できるようになったにもかかわらず、これらのソフトウェアの整備が進んでいなかったために、実験によってはユーザーおよび装置責任者がその測定と解析に多大な労力を費やす必要があった。しかし、最近になってソフトウェア開発が進み、徐々にそれらの問題点が解消されつつある。また試料環境の情報をイベントデータとして取り込む手段も開発が進み、これを用いた新しい解析手法の開発も進めたいと考えている。

本発表では最近のソフトウェア開発の成果を示し、なお残る問題点、今後の予定等について報告する。

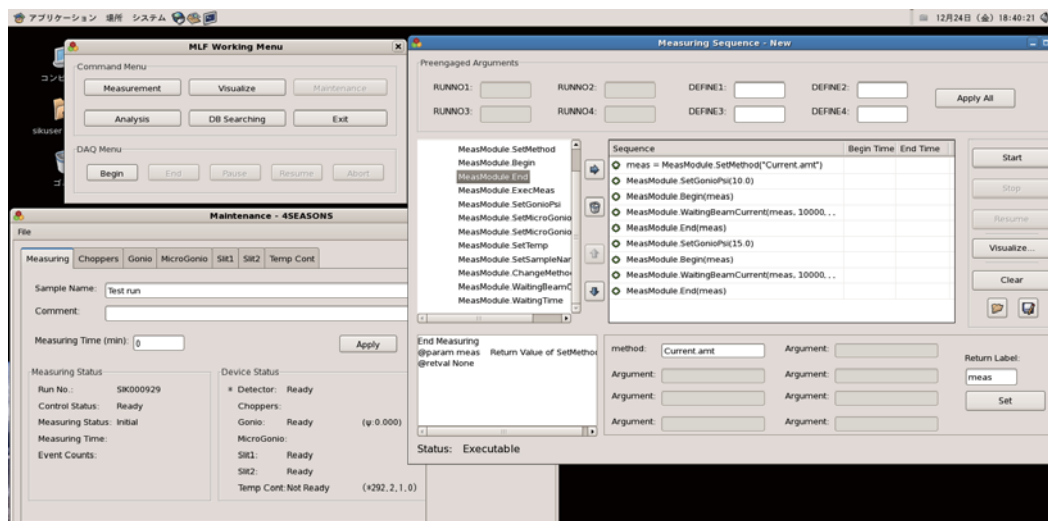


Fig.1 デバイス制御と測定自動化用ソフトウェア

参考文献：

[1] M. Nakamura, *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **78** (2009) 093002.

中性子実験のための偏極 Xe ガスフィルターの研究開発

酒井健二^{1*}, 奥隆之¹, 篠原武尚¹, 坂口佳史¹, 吉良弘¹, 大井元貴¹, 前川藤夫¹,
L-J. Chang^{1,2,3}, 有本靖⁴, 猪野隆⁴, 清水裕彦⁴, 大山研司⁵

日本原子力研究開発機構¹, 国立成功大学 台湾², 国立清華大学 台湾³,
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所⁴, 東北大学 金属材料研究所⁵

中性子光学に従えば、標的核（核スピン I ）を透過する偏極中性子（運動量 k_n 、スピン s_n ）の前方散乱振幅は、 $f = A + B [s_n \cdot I] + C[s_n \cdot k_n] + D [s_n \cdot (k_n \times I)]$ で記述される。各 s_n 依存項の虚数成分は、 s_n が I 、 k_n 、 $(k_n \times I)$ と平行/反平行な場合の断面積非対称度を、実数成分は I 、 k_n 、 $(k_n \times I)$ を軸とした中性子スピン回転現象を引き起こす。例えば、 $B [s_n \cdot I]$ の虚数成分は、核スピン偏極非対称度 A_I 、実数成分は I を軸にしたスピン回転角 Φ_I の測定に相当する。熱中性子領域での散乱長のスピン依存性に起因するスピン回転角 Φ_I は擬磁場効果と呼ばれ、磁場によるラーモア回転角 Φ_H と同様に記述される。しかし共鳴ピーク付近では、中性子エネルギーの関数として Φ_I を考慮する必要がある、更に基本的対称性の検証で重要な $D [s_n \cdot (k_n \times I)]$ 項の測定では、 Φ_H や Φ_I のスピン回転を評価・抑制することが要求される。この様に中性子光学的描像を実証していく上で、冷～熱外中性子領域に渡って Φ_I や A_I を測定することは重要であり、そのために低磁場で高偏極可能な標的の開発が望まれる。

近年、光ポンピング法（SEOP）による希ガス偏極技術の発達により、 $\sim 10^5$ Pa の圧力、数 10% の偏極率、 ~ 1 時間の偏極緩和時間を持つ偏極 Xe ガスや固体が生成可能になり、基礎物理から医療分野まで幅広く応用されるようになった。常温・低磁場で高偏極可能な Xe ガスは、中性子光学的描像を実証する上で適した標的核である。加えて、低エネルギー中性子線を用いて偏極緩和や移行など Xe 偏極の挙動を検知する手法は、核磁気共鳴法などの従来法に対する相補的検知法として、偏極 Xe ガスの応用分野を発展させる可能性を有する。本発表では、J-PARC/MLF で進めている偏極 Xe ガスフィルターの開発と、BL10 における偏極 Xe ガスの中性子偏極能力実証計画について報告する。

低放射化デカップラー材料 Au-In-Cd 合金開発

大井 元貴^{1*}, 勅使河原 誠¹, 涌井 隆¹, 西 毅¹, 瀬川 麻里子¹, 原田 正英¹, 前川 藤夫¹

日本原子力研究開発機構¹

J-PARC 物質・生命科学実験施設では 3 台の超臨界水素減速材を用いており、そのうち 2 台でデカップラーと呼ばれる中性子吸収材を使用している。現在使用しているデカップラーは Ag-In-Cd 合金であり、残留放射能が高いために使用後の保管廃棄を難しくしている。そこで我々は、Ag-In-Cd 合金の代替材料として Au-In-Cd 合金を提案した。Au-In-Cd 合金はこれまで製作例がなく、従来の Ag-In-Cd 合金においても国内外のメーカーにおいてカドミウムの取扱いが問題となり、容易に目的の組成の合金を作成することができない。

本研究では、金属の拡散を利用することで、低い温度での合金の作成に挑戦した。合金の組成は、燃焼も考慮した中性子性能と合金の健全性の点から Au 74.9 : In 0.5 : Cd 24.6at% を目標とした。アルゴン雰囲気中で加熱を行い、最高温度 850°C で目視により均一な合金になることを確認した。図 1 には、750°C まで加熱した場合の断面を示す。金の融点 (1063°C) より低い温度においても、カドミウムが金中に拡散していることが分かる。また、カドミウムの蒸発量と加熱時間はほぼ比例関係にあり、850°C で数時間加熱した場合においても、カドミウムの蒸発量はカドミウム全体の 5% 以下であった。

SEM/EDX による成分分析、および、中性子共鳴吸収イメージングにより、850°C まで加熱することで各元素が均一に分布していることを確認した。レーザーフラッシュ法を用いて熱伝導度を測定したところ、87.7W/m/K であった。微小押し込み試験により強度測定を行ったところ、ヤング率 80GPa であった。

まとめ

これらの結果から、均一な Au-In-Cd 合金を製作する目処が立った。また、Au-In-Cd 合金の物性として、デカップラーとして十分な熱伝導度と強度を持っていることが分かった。



図 1 750°C で作成した合金断面

準弾性散乱の新たな解析法の開発と水の拡散モデルの検討

菊地 龍弥^{1*}, 中島 健次¹, 河村 聖子¹, 稲村 泰弘¹, 山室 修², 古府麻衣子²

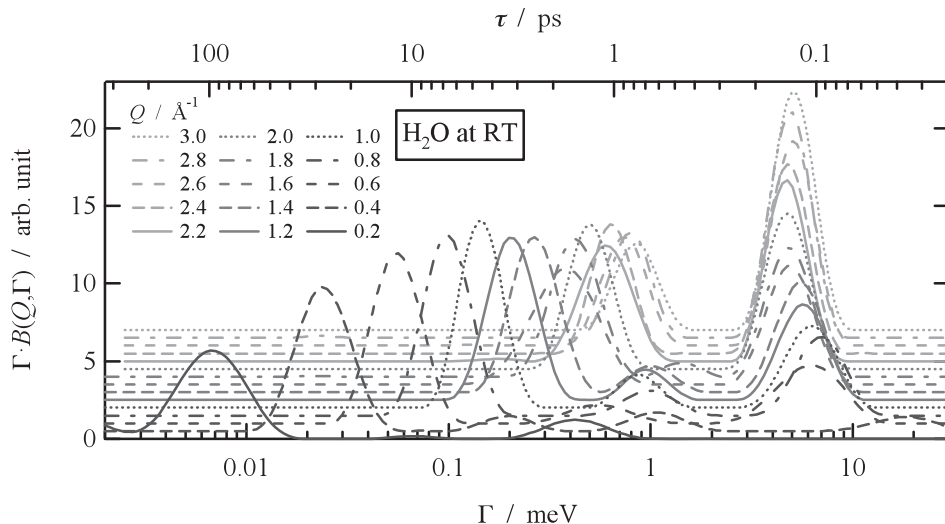
J-PARC センター 日本原子力研究開発機構¹, 東大物性研²

これまでの準弾性散乱の解析法は、モデル依存性が強く、モデルを推定することが難しい場合は解析が困難であった。今回我々は、モデル依存性の小さい解析法の開発することに成功した。その解析手法では、拡散モデルを仮定する代わりに、拡散現象が指数関数またはその線形結合で表すことができると仮定する。その仮定において、動的構造因子 $S(Q, \omega)$ は、

$$S(Q, \omega) = A(Q)\delta(\omega) + \int B(Q, \Gamma) \frac{1}{\pi} \left[\frac{\Gamma}{\omega^2 + \Gamma^2} \right] d\Gamma$$

と記述することができる。右辺の第1項は弾性散乱を表し、第2項は準弾性成分をローレンツ関数の積分で表している。この式において半値幅（緩和時間の逆数にあたる）分布関数 $B(Q, \Gamma)$ を求めることが新しい解析法の目的である。この解析は逆ラプラス変換に相当するので、解を求めることはそのままでは非常に困難である。我々は $B(Q, \Gamma)$ は常に正であるという仮定と最大エントロピー法（MEM）や正則化の手法を用いることでこの解析を可能にした。

この解析法の最初の適用として、J-PARC の AMATERAS 分光器で測定した水の準弾性散乱について解析した結果を図に示す。この図から並進運動、回転運動および中間的な緩和時間を持った運動の3種類の運動モードが存在することがわかる。発表では、解析法の詳細と問題点および水の解析結果から考えられる水の拡散モデルについて議論を行う。



単結晶ニッケルの干渉性散乱中性子イメージングとその展開

玉置昌義¹, 辻義之²

TAMAKI 記念研究所¹, 名古屋大学 工学研究科²

中性子イメージング (NI) によって捉えた干渉性散乱情報から単結晶物質の周期性構造配向を可視化した。画像から引き出した干渉性情報を用いる CT プログラムにより再構成した画像が結晶の特性を表すことを示した。中性子波長スリットを応用した多角度・多波長中性子ビームによる CT 用投影データを同時取得する装置を用いて、CT 回転できない試料 (磁性流体、超流動 He) を念頭に干渉性散乱 NI 法を目指した。さらに、中性子のもつドロイ波動性とスピン磁子特性とを結びつけて、イメージング手法による中性子サイエンスとして、物質凝縮系 (磁性流体および He-3/4 超流動) の電子スピンおよび核スピンの秩序—無秩序状態間の遷移過程の可視化およびその解析をめざす。

今回の報告は、研究の新展開段階であり、以下の 3 小テーマからなる。

- (1) : Ni 単結晶の干渉性中性子イメージとその CT 再構成についての検討
- (2) : 多角度・多波長中性子ビームによる CT 用投影データを同時取得する装置の試作
- (3) : He-3/4 超流動可視化を磁性流体での模擬するための検討と予備実験

開発してきた中性子スリットは、将来、MLF ビームで使用することを期待している。その基礎実験として、本年度中には PSI (スイス) の編極中性子ビーム施設 (BOA) に設置される予定であり、その基本特性試験に参加する。

He-3/4 超流動量子渦の可視化実現を遠くに展望し、まずは、磁性流体中の分散鉄微粒子の spin 秩序化手法の確立とその偏極 NI へと歩みを進めたい。

参考文献:

- [1] 玉置 昌義 「パルス冷中性子を念頭におく干渉性 CT イメージングの概念・開発・試行」、MLF-sympo-1

^3He -PSD 用データ収集エレクトロニクスの開発

武藤豪^{1*}, 佐藤節夫¹, 大下英俊¹, 中谷健², 瀬谷智洋¹, 坂口将尊¹, 大友季哉¹

高エネルギー加速器研究機構 中性子科学研究系¹,
日本原子力研究開発機構 J-PARC センター²

大強度のパルス中性子散乱実験では、これまでよりも中性子の計数が大幅に増加するため、従来よりも高速で大規模なデータ収集系が必要となる。そこで、KENS/KEK の DAQ グループでは、このような大強度のパルス中性子散乱実験施設の一つである、大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の物質生命科学実験施設 (MLF) 用に新しいデータ収集 (DAQ) システムの開発を行っている。この DAQ システムでは、 ^3He -PSD のための新しい信号処理エレクトロニクス (NeuNET)、および TOF 計測のための新しいタイミング処理エレクトロニクス (GateNET) を開発した。このシステムでは再構成可能な集積回路である FPGA による高速信号処理、SiTCP 技術による高速データ転送、および全ての計測ボードが連動する TOF 計測により、拡張性のある分散型の DAQ システムを可能にし、MLF での大型中性子分光器実験に対応している。また、これらのエレクトロニクスでは、中性子の検出を時系列で記録するイベントモードデータ収集も同時に実現しており、パルス中性子実験における新たな計測方法への対応もその大きな特徴の一つとなっている。加えて、汎用のトリガイベントを発生させるモジュール (TrigNET) や小型化した NeuNET の開発も進行中である。

MPPC を用いた中性子 1 次元位置敏感型検出器システムの開発

佐藤節夫^{1*}, 坂口将尊¹, 瀬谷智洋¹, 武藤豪¹

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹

KEK の中性子科学研究施設 (KENS) では、KENS-DAQ グループが発足し、J-PARC・物質生命科学実験施設 (MLF) の多くの中性子実験装置で使用されるハードウェアとソフトウェアの開発を行っています。その中の一つに MPPC (Multi-Pixel Photon Counter) を使用した中性子 1 次元位置敏感型検出器 (MPSD) の開発に力を注いでいますのでご報告したいと思います。

現在までに 32cm 長 5mm 幅の MPSD で、軸方向に 2.8mm の位置分解能が得られるようになりました。中性子検出効率も、0.25mm 厚 Li/ZnS シンチレータを使用し、He3 ガス検出器に比べて 29% が得られています。データ処理回路としましては、NEUNET システムが使用できます。He3-PSD 検出器と同様な出力形式にし、互換性を図っています。Fig. 1 が 4 枚目の試作基板で、前述の特性を出すことができました。

まだまだ開発途中ですが、MPSD の測定原理、開発の進展の様子を紹介するとともに、皆様のご意見を伺いたいと思います。忌憚のないご意見をお聞かせください。

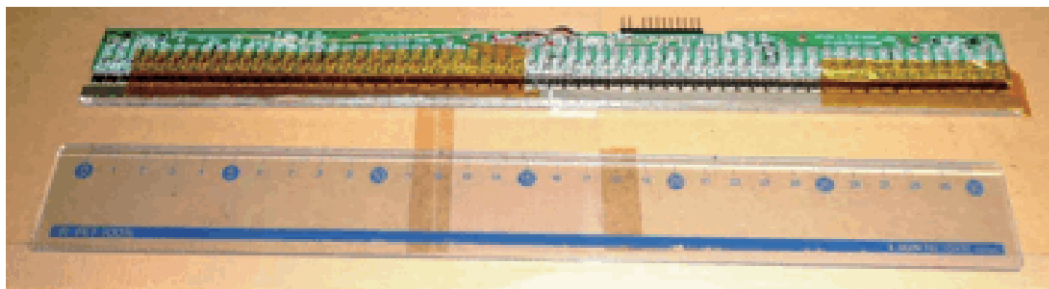


Fig.1 MPSD 基板

参考文献：

- [1] 中性子検出器読み出し回路システム, 佐藤節夫, 応用物理学会放射線分科会—放射線, Vol.36 No.3, 2010 年 9 月号 p141 ~ 150.
- [2] 中性子検出器のエレクトロニクス, 佐藤節夫, 日本中性子科学会—波紋, Vol.20 No.3, 2010 年 8 月号 p241 ~ 244.
- [3] Development of a readout system employing high-speed network for J-PARC, S. Sato, S. Muto, N. Kaneko, T. Uchida, M. Tanaka, Y. Yasu, K. Nakayoshi, E. Inoue, H. Sendai, T. Nakatani, T. Otomo, IPS08 Proceedings of International Symposium on Pulsed Neutron and Muon Sciences at J-PARC 2008, NIM A 600(2009)103-106.

J-PARC における偏極 ^3He 中性子スピフィルターセルの開発

坂口佳史^{1*}, 吉良弘¹, 奥隆之¹, 篠原武尚¹, 鈴木淳市¹, 中村充孝¹, 鈴谷賢太郎¹, 相澤一也¹, 新井正敏¹, 武田全康¹, 遠藤康夫¹, L-J.Chang^{1,2,3}, 有本靖⁴, 猪野隆⁴, 清水裕彦⁴, 神山崇⁴, 大山研司⁵, 平賀晴弘⁵, 堤健之⁶, 山田和芳⁷, 尾原幸治⁸, 加倉井和久¹

日本原子力研究開発機構¹, 国立成功大学 台湾², 国立清華大学 台湾³,
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所⁴,
東北大学 金属材料研究所⁵, 東北大学 大学院理学研究科⁶,
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構⁷, 高輝度光科学研究センター⁸

偏極 ^3He 中性子スピフィルターは、 2\AA 以下の短波長中性子にも対応でき、また大立体角をカバーすることが可能な中性子偏極デバイスであることから、J-PARC での導入が期待されている。 ^3He ガスを閉じこめるガラスセルの開発は、その実現に向けた重要な開発要素の一つである。本ポスター発表では、以下の3つの視点から行った最近の我々の研究開発状況について報告する。

- (1) 中性子散乱実験において ^3He スピフィルターを用いる場合、ガラスセルからの散乱や吸収がどの程度あるのかを事前に評価しておくことは重要である。そのため、 ^3He スピフィルターに用いられるガラスの中性子小角散乱および中性子透過率の実測を、SANS-J-II(JRR-3) および BL10(MLF/J-PARC) において行った。
 - (2) スピン交換光ポンピング法によって ^3He 核偏極を行うとき、その到達偏極度がガラスセルに大きく依存することが指摘されている。このようなことが起こる原因の一つとして、ガラスのマイクロ構造が到達偏極度に影響した可能性が考えられる。そこで、到達偏極度とガラスのマイクロ構造との相関を調べるため、精密な X 線回折測定を SPring-8 BL04B2 において行った。
 - (3) 我々は、MLF/J-PARC ビームラインでの使用を想定し、種々の ^3He スピフィルターセルの製作を行っている。
- (1)、(2) についてはその結果を、(3) についてはその状況を詳しく報告する。

水銀ターゲット中への微小気泡注入装置の開発

粉川広行^{1*}, 羽賀勝洋¹, 直江崇¹, 井田真人¹, 木下秀孝¹, 花野耕平¹, 涌井隆¹, 二川正敏¹

J-PARC センター 日本原子力研究開発機構¹

J-PARC 物質・生命科学実験施設の中性子源である水銀ターゲットでは、大強度パルス陽子ビーム入射により水銀中に圧力波が発生・伝ぱして、水銀ターゲット容器に損傷を与え、水銀ターゲット容器の寿命を短くする。

陽子ビームの高出力化による水銀ターゲット容器の損傷を抑制するために、水銀中に微小気泡を注入する装置を次期水銀ターゲット容器に設置する。微小気泡発生要素(以下、バブラーと呼ぶ。)には、数種類のバブラーを試験し、より小さな微小気泡を効率良く発生することから、Fig.1 に示す旋回流型バブラーを用いる。また、試験により、旋回流型バブラーの以下の課題を明らかにした。①流動抵抗が大きく、水銀の定格流量を確保できなくなる。②バブラー後流に旋回流が生じ、発生した微小気泡が旋回中心に集中・合泡し、気泡が大型化する。

上述した課題を同時に解決するために、比較的小さな要素を複数個並列に設置するマルチ旋回流型バブラーを考案した。すなわち、水銀が通る開口面積を増やして水銀流速を抑えて圧力損失を低減すること、及び旋回方向を互い違いに配置してバブラー後流での旋回流を抑制することを可能にした。さらに、ガスを安定に供給するためには、ガス注入口の圧力を低くする必要があり、このため、流動抵抗の推定式を導出し、適切な範囲でベーン角度をより大きくし、絞り部の断面積を広くする構造とした。

バブラーを設置した水銀ターゲット容器は、2011年夏以降に運用を開始する予定である。

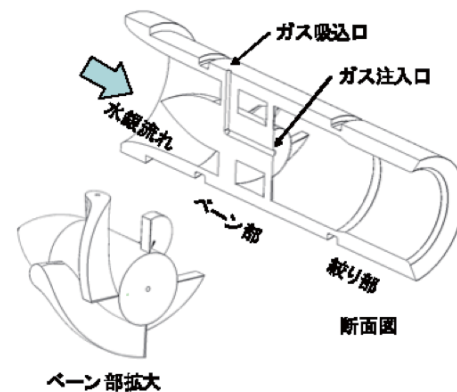


Fig. 1 旋回流型バブラー模式図

水銀旋回流の発生及びガス注入を行うベーン部と微小気泡を発生する絞り部から構成される。絞り部出口の旋回流の速度分布によるせん断、及び圧力変動により、気泡が微小化する。

J-PARC・MLF 計算環境ソフトウェアの現状

中谷健^{1,2*}, 稲村泰弘^{1,2}, 伊藤崇芳^{1,2}, 大原高志^{1,2}, 川北至信^{1,2}, 大友季哉^{1,3}, 鈴木次郎^{1,3},
武藤豪^{1,3}, 小嶋健児^{1,3}

J-PARC センター¹, 日本原子力研究開発機構², 高エネルギー加速器研究機構³

今年度の J-PARC・MLF 計算環境として以下を整備中である。

1. ソフトウェアフレームワーク“IROHA”による実験メタデータのデータベース管理
2. 自動実験ソフトウェア“Experiment Scheduler”
3. TRIGNET の導入によるデジタル / アナログ信号の汎用イベントデータ収集

1. は、MLF で実現しつつある多次元データ解析に必要なデータベースの整備であり、これにより複数の実時間測定データを組み合わせた様々な切り口のデータ解析、測定データ検索→測定条件の自動取得→解析条件決定→データ解析（並列処理）→可視化→解析ログのデータベース入力、測定及び解析プロセスの再利用促進が実現される。2. は、ISIS の研究者と共同で開発を行い、機器制御、データ集積、データ解析を同時並行的に一つのユーザーインターフェースから実行可能にするソフトウェアを目指して開発を行っている。3. については外場変化を TRIGNET でイベントデータ化する。TRIGNET のイベントデータに付与される時刻は GATENET の時計を使用しているため、NEUNET（＝中性子）および TOF トリガと同期を取ることが可能である。また、TRIGNET は MLF 標準データ収集ソフトウェアである DAQ ミドルウェアで制御可能であるので、ただちにデータ集積システムに組み込むことが可能である。

発表ではこれらの整備状況の詳細と現状について述べる。

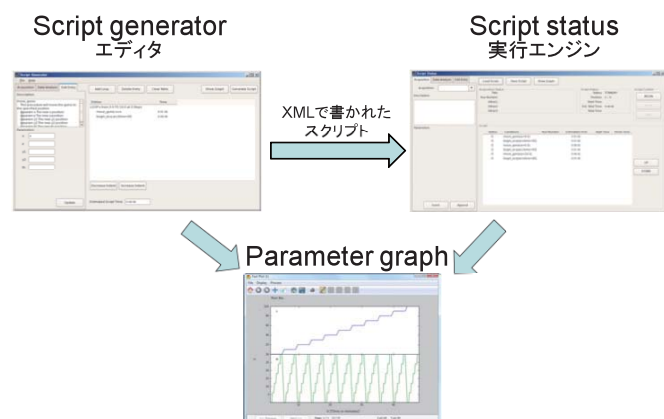


Fig.1 Experiment Scheduler

プロジェクト課題 "Dynamical studies of functional materials from the perspective of glassy science" の現状報告と今後の展開

中村充孝^{1*}, 稲村泰弘¹, 新井正敏¹, 川北至信¹, 菊地龍弥¹, 上野広樹¹, 島倉宏典¹,
中山恒義², 高畠敏郎³, 李哲虎⁴, 社本真一⁵, 樹神克明⁴, 山本和典⁵

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹, JST², 広島大³, 産総研⁴,
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門⁵

パルス中性子源におけるチョッパー分光器が、粉末試料や非晶質といった等方的試料のダイナミクス研究に絶大な威力を発揮しうることは周知の通りである。ビーム出力 200kW 以上の安定運転および Multi-Ei 法による非弾性散乱実験の高効率測定がすでに達成されている J-PARC は、当該研究分野のブレークスルーを実現しうる段階に到達していると言って良いだろう。標記の研究課題は、これまでに非晶質系の研究活動で蓄積されてきた研究の切り口やノウハウを機能性材料のダイナミクス研究に適用することで、さらなる研究の進展を目指すことを目的としており、平成 22 年度からスタートした。J-PARC チョッパー分光器 BL01 四季と BL14 アマテラスを利用した非弾性中性子散乱実験が本研究課題の主な実験ツールである。これまでに、熱電変換物質クラスレート化合物の低エネルギー励起の研究や超イオン伝導材料のダイナミクス研究を実施してきた。今回は、新しい実験結果を紹介するとともに、本研究課題の今後の方向性についても議論を行う予定である。

BL05 中性子ビーム偏極率の精密測定

猪野 隆^{1*}

高エネルギー加速器研究機構¹

We measured the neutron beam polarization for the polarized beam branch of the BL05/NOP beamline using the polarized ^3He gas as a neutron spin analyzer with a precision of less than 10^{-3} .

The BL05/NOP (Neutron Optics and Physics) beamline is dedicated for fundamental physics experiments with slow neutrons at Materials and Life science experimental Facility (MLF) in J-PARC. Utilizing beam splitting super-mirror benders, the BL05/NOP beamline provides three unique neutron beam branches. They are the low divergence beam for interferometry experiments, the polarized beam for the neutron beta decay and other measurements, and the unpolarized beam for common use. The most important feature of the BL05/NOP beamline is the low background environment since the high-energy direct beam is absorbed in the direct beam dump, which is placed just downstream the beam splitting benders, and only low-energy neutrons are delivered to the experimental area of the three branches.

We present details of the measurement and consideration of the uncertainties.

ビスマス系ペロブスカイト型強誘電体の結晶構造と物性

小野塚博暁^{1*}, 北中佑樹¹, 野口祐二¹, 宮山勝¹, 神山崇², 鳥居周輝²

東京大学 先端科学技術研究センター¹, 高エネルギー加速器研究機構²

【緒言】

(Bi_{0.5}Na_{0.5})TiO₃ (BNT) をベースとする Bi 系ペロブスカイト型強誘電体は、大きな自発分極 (P_s) を持つことから、Pb(Zr,Ti)O₃[PZT] に替わる非鉛強誘電体材料として期待されている。菱面体晶 $R3c$ の BNT と正方晶 $P4mm$ の BaTiO₃ (BT) の固溶体 BNT-BT において、 $R3c$ と $P4mm$ のモルフォトロピック相境界 (MPB) 付近において、比較的良好な圧電特性が報告されている。^[1] BNT-BT 系の相図は報告されているものの (図 1) ^[1]、MPB 近傍の結晶構造は明らかになっていない。本研究では、粉末中性子回折データのリートベルト解析により BNT-BT の MPB 近傍での結晶構造を明らかにするとともに、高品質単結晶の育成が可能な高圧酸素下^[2] 溶液引き上げ法 (TSSG 法)^[3] を BNT-BT に適用し、物性を評価した。

【実験結果と考察】

高圧酸素下 (酸素分圧 $P_{O_2} = 0.9$ MPa) TSSG 法育成 (980°C) により、 $9 \times 9 \times 7$ mm³ 程度の 0.89BNT-0.11BT 単結晶を得た。残留分極 (P_r) は $54 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 、抗電界 (E_c) は $30 \text{ kV}/\text{cm}$ であった (図 2)。結晶育成時において、蒸気圧が高い Bi の揮発が抑制され、Bi 空孔および酸素空孔の濃度が小さい高品質な BNT-BT 単結晶が得られた。当日は、粉末中性子回折データのリートベルト解析により得られた結晶構造についても併せて報告する。

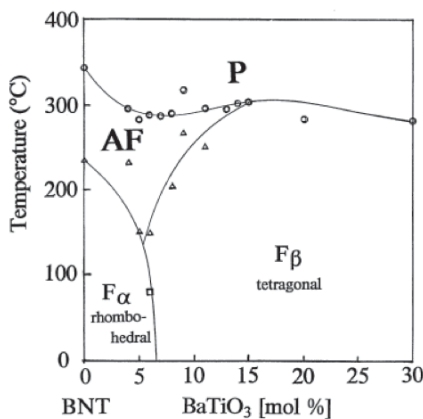


Fig. 1 Phase relationship among BNT and BT in the (1-x)BNT-xBT system[1].

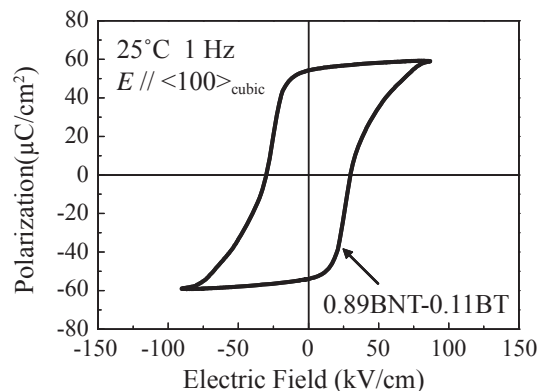


Fig. 2 Polarization property of 0.89BNT-0.11BT crystals obtained by the high- P_{O_2} TSSG method.

参考文献：

- [1] T. Takenaka *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **30**, 2236 (1991).
- [2] K. Yamamoto *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **47**, 7623 (2008).
- [3] Y. Kitanaka *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **49**, 09MC06 (2010).

パルス中性子を利用した即発ガンマ線分析実験

春日井好己^{1*}, 松江秀明², 原田正英¹, 前川藤夫¹, 久保謙哉³

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター¹,
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門², 国際基督教大学³

BL10 (NOBORU) は特定の検出器が設置されていないことから、自由な装置配置が可能なビームラインである。そのような高い自由度をもつパルス中性子実験環境を利用し、ガンマ線エネルギー分析と中性子飛行時間測定 (TOF) を組み合わせたパルス中性子型「即発 γ 線分析 (PGA)」環境の構築を試みた。

まず第1ステップとして、

- ① 原子炉による連続中性子 PGA 分析で比較的感度の低い金、銀などの元素分析を行うこと
- ② 大型試料の主要成分を対象とした非破壊分析を行うこと

を目標とした。さらに第2ステップとして、元素分析能力をより向上させるために、パルス中性子の利点を生かし、「中性子飛行時間+ガンマ線エネルギー」の2次元データを使った分析法を確立することを目標とした。そのため、測定には、ガンマ線エネルギー分解能力の高いゲルマニウム半導体検出器を用いることとした。

本研究の予備実験は2008年より開始した。さらに2009年よりプロジェクト課題として採択されたことを受けて本格的な実験を開始した。

実験では、まず Ag, In, Ta, Au などの eV 領域に中性子共鳴吸収をもつ元素の TOF 測定を行った。その結果、共鳴吸収ピークを持つ TOF スペクトルを比較的簡単に測定できることがわかった。これを利用し、主成分として銀と金を含む天保小判の分析を行ったところ、その成分比を迅速、簡単かつ正確に測定することに成功した。さらに、2010年度より主要元素の2次元データの系統的な測定を開始した。

発表では、これらの測定データの解析結果について示すと同時に、将来的に本装置で達成可能な分析下限値の見込みとそれを達成するために必要な課題について報告する。

小型対向アンビルセルによる高压下微小試料の中性子粉末回折実験

奥地拓生^{1*}, 佐々木重雄², 大野祥希², 鍵裕之³, 小松一生³, 有馬寛⁴,
長壁豊隆⁵, 阿部淳⁵, 佐野亜沙美⁵, 服部高典⁵, 内海渉⁵

岡山大学 地球物質科学研究センター¹, 岐阜大学 工学研究科², 東京大学 地殻化学実験施設³,
日本原子力研究開発機構 J-PARC センター⁴,
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門⁵

物質中の水素位置の決定には中性子回折が有効である。我々は地球惑星深部の超高压領域に対応する、圧力 30GPa 以上における中性子粉末回折を J-PARC で実現するために、独自の実験技術の開発を進めている。圧力発生は一般に試料容積とのトレードオフの関係にある。目標とする圧力領域で現在広く使われているダイヤモンドアンビルセルは、単結晶ダイヤモンドの大きさの上限のために試料体積が 10^{-2-3} mm³ 以下に制約されるので、J-PARC のビーム強度によっても中性子回折パターンを得ることは困難である。そこで単結晶よりも大型でかつ高強度の材料が得られる、ナノ多結晶ダイヤモンド (NPD)[1] を対向アンビルとして応用することを試みた。この目的の実現のために、NPD のレーザーを用いた精密三次元加工技術を新たに実用化して [2]、被サポート面形状を最適化したアンビルを製作した。それを大きな荷重を発生させることができる独自の設計の小型対向アンビルセルによって加圧した [3]。二つのアンビル間に挟み込まれるガスケットの材料には、熱間加工処理によって強度を上げた "null-alloy" Ti52Zr48 を用いた。また NPD の光学特性にあわせて励起レーザーを調整することで、ルビー蛍光法による試料の迅速・正確な圧力測定を実現した [2,3]。これまでの匠における実験の結果、容積 0.7mm³ の Pb 試料を対向アンビルセルに封入して 0.6GPa まで加圧した状態で、格子定数が決定可能な S/N 比を持つ回折パターンの検出に成功した [4]。また容積約 5mm³ の Mg(OD)₂ 試料については、圧力 8GPa でのより良質な回折パターンの取得に成功した。

参考文献：

- [1] T. Irifune *et al.*, *Nature* **421** (2003) 599.
- [2] T. Okuchi *et al.*, *Appl. Phys. A* **96** (2009) 833.
- [3] T. Okuchi *et al.*, *J. Phys. Conf. Ser.*, **215** (2010) 012188.
- [4] 奥地拓生他, 高压力の科学と技術 **20** (2010) 175.

高分解能チョッパー分光器 HRC を用いた MnP の磁気励起の観測

矢野真一郎^{1*}, 秋光純¹, 伊藤晋一², 横尾哲也², 佐藤節夫², 川名大地², 遠藤康夫²,
岩佐和晃³, 脇本秀一⁴, 目時直人⁴, 加倉井和久⁴

青山学院大学¹, 高エネルギー加速器研究機構², 東北大学³, 原子力機構⁴

J-PARC・物質生命科学実験施設 (MLF) の中性子ビームライン BL12 に高分解能チョッパー分光器 (HRC) の建設が進められている。現在、HRC では調整試験をほぼ終了し、定常運転に移行しつつある。

HRC では 3° から 40° までの散乱角に、有効長 2800mm、 $3/4"$ 径、 ^3He 分圧 18atm の長尺位置敏感検出器が真空中に配置された。データ収集システム、解析ソフトウェアの環境も整い、 (Q_x, Q_y, Q_z, E) の任意の領域を切り出すことが可能になった。

これらのもと、強磁性相、らせん磁性相などを有する複雑な MnP の磁気構造の発現機構を探るために、三次元的にスピン波励起の分散曲線の観測を試みた。

35g 程度の MnP の単結晶試料を用いて、 $E_i=30\text{meV} \sim 350\text{meV}$ の領域で幅広く分散関係を求めた。今回は特に、 a 軸方向、 b 軸方向についてブルリアンゾーン境界付近まで磁気励起を観測した。

それらの結果、MnP では分散曲線に高エネルギー側と低エネルギー側の 2 本の磁気励起のブランチがあることが判明した。

今後の解析で、これらの実験結果から交換相互作用パラメータを決定する。今回の発表では、それらの結果から強磁性・らせん磁気構造の発現について考察したい。

中性子準弾性散乱による Li 含有ガーネット酸化物中の Li イオン拡散解析

野崎 洋^{1*}, 蒲沢 和也¹, 太田 慎吾¹, 杉山 純¹, 朝岡 賢彦¹, 河村 聖子²,
中村 充孝², 菊地 龍弥², 稲村 泰弘², 中島 健次²

豊田中研¹, J-PARC センター²

【背景・目的】ハイブリッド自動車や電気自動車に利用されている二次電池は、液体電解質を利用しているため、取り扱いに制限がある。そこで、電解質を固体にすれば、取り扱いが容易になり、高容量化も期待できる。固体電解質材料の候補として、組成式 $\text{Li}_x\text{La}_3(\text{Zr}_{1-y}\text{Nb}_y)_2\text{O}_{12}$ で表される、Li 含有ガーネット酸化物 (LLZO) が知られている^[1,2]。LLZO 中の Li 位置や占有率は、X 線及び中性子回折により調べられている^[3,4]が、Li イオン拡散に関わる動的な情報は報告されていない。そこで我々は、中性子準弾性散乱 (QENS) による、LLZO 中の Li 拡散の解析を試みた。

【実験方法】 ${}^7\text{Li}_{6.75}\text{La}_3\text{Zr}_{1.75}\text{Nb}_{0.25}\text{O}_{12}$ 粉末試料を固相反応法で合成した。粉末 X 線回折測定によると、試料は単相だった。QENS スペクトルを AMATERAS で測定した。入射中性子エネルギーは $E_i = 1.69$ meV、観測波数は $Q = 0.1 \sim 1.5^{-1}$ Å、測定温度は 385 K, 480 K, 580 K だった。

【結果】図 1(a) に、385 K, 480 K, 580 K で測定した散乱スペクトルを示す。385K と 480 K で弾性散乱強度に変化は無かったが、580K で弾性散乱強度が約 10% 減少し、非弾性散乱が生じたことを示唆した。図 1(b) に縦軸を拡大した図を示す。385K と 480K のスペクトルに変化は無かったが、580K において、0.02 ~ 0.1 meV 付近でピークの広がりが観測された。この広がりから、Li の自己拡散係数は、 $D_{\text{Li}} = \sim 10^{-8}$ cm²/s と見積もられた。この値は、Li イオン電池の正極活物質である LiMn_2O_4 スピネルと同程度だった。

【参考文献】

- [1] S. Ohta, *et al*, J. Power Sources (2010), in press.
- [2] V. Thangadurai, *et al*, J. Am. Ceram. Soc. **88**, 411 (2005).
- [3] R. Murugan, *et al*, J. Electrochem. Soc. **155**, A90 (2008).
- [4] R. Murugan, *et al*, Angew. Chem. **46**, 7778 (2007).

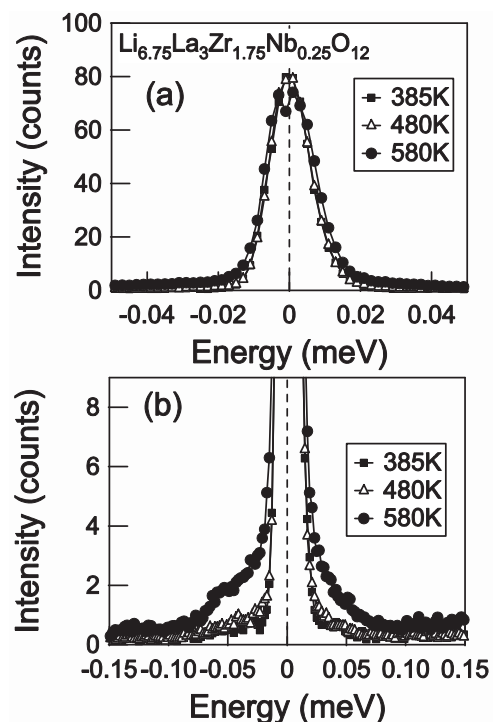


図1 LLZO の QENS スペクトル

二次元三角格子反強磁性体 CuCrO_2 における スピンドイナミクスの元素置換効果

梶本亮一^{1*}, 中島健次¹, 河村聖子¹, 稲村泰弘¹, 新井正敏¹, 加倉井和久²,
外園貴久³, 大園怜³, 奥田哲治³

原子力機構 *J-PARC* センター¹, 原子力機構量子ビーム², 鹿児島大理工³

CuCrO_2 はデラフォサイト型構造を持つ酸化物で Cr スピンが $S = 3/2$ の二次元三角格子をとる。磁気転移温度 $T_N = 26$ K 以下で三次元的反強磁性磁気秩序を示すが [1]、近年、Cu を Ag で置換したり Cr を Mg や Al で置換したりすることで、磁気相関の次元性の変化、通常のスピン波では説明できない磁気揺らぎの増大等が生じることが報告されている [2]。そこで我々は、 CuCrO_2 のスピンドイナミクスにおける元素置換効果を詳しく調べるため、*J-PARC*・MLF のチョッパー分光器アマテラスを用いて CuCrO_2 および Ag, Al, Mg 置換した物質の粉末試料に対して中性子非弾性散乱実験を行い、磁気励起の測定を行った。その結果、 CuCrO_2 では磁気秩序に対応する運動量位置から延びる明瞭な分散を持つ励起と、6 meV 程度のエネルギーを持つ分散の弱い励起の 2 種類の励起が見られた。後者は温度の上昇とともに減少し、 T_N 以上ではほぼ消失した。一方 $\text{Cu}_{0.85}\text{Ag}_{0.15}\text{CrO}_2$ では 5 K においても後者の励起はほとんど見られず、全体的に CuCrO_2 の T_N 付近とよく似た励起スペクトルを示した [3]。本発表ではさらに $\text{CuCr}_{0.85}\text{Al}_{0.15}\text{CrO}_2$ および $\text{CuCr}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{CrO}_2$ の結果についても紹介する。

参考文献：

- [1] H. Kadowaki *et al.*, *J. Phys. Condens. Matter* **2** (1990) 4485; M. Poienar *et al.*, *Phys. Rev. B* **79** (2009) 014412; M. Soda *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.* **78** (2009) 124703.
 [2] T. Okuda *et al.*, *Phys. Rev. B* **72** (2005) 144403; T. Okuda *et al.*, *Phys. Rev. B* **77** (2008) 134423; T. Okuda *et al.*: *J. Phys. Soc. Jpn.* **78** (2009) 013604; T. Okuda *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.*, to be published.
 [3] R. Kajimoto *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.* **79** (2010) 123705.

希土類単分子磁石のスピンダイナミクスの研究

古府麻衣子^{1*}, 梶原孝志², 吉村瑤子², 中野元裕³, 中島健次⁴, 河村聖子⁴,
菊地龍弥⁴, 稲村泰弘⁴, 山室修¹

東大物性研¹, 奈良女大理², 阪大工³, 原子力機構 J-PARC センター⁴

単分子磁石 (Single-molecule magnets : SMM) とはナノスケールの単一分子が大きな磁気モーメント・磁気異方性を有し、磁気モーメントの反転過程が非常に遅くなる物質群のことである。これまでは Mn や Fe など 3d 遷移金属を含む物質が主に研究されてきたが、近年、希土類イオンを含む SMM が開発され、注目を集めている。我々は、 $Tb^{3+}(J=6)$ と $Cu^{2+}(S=1/2)$ から成る二核錯体系に着目し研究を行っている。この物質系では、わずかに分子構造の違いによって SMM から非 SMM へ変わることが報告されている。我々は、この錯体系のエネルギースキーム、緩和過程についての知見を得るために、AMATERAS 分光器を用いて中性子非弾性散乱測定を行った。今回は、重水素置換された $TbCuC_{16}D_{14}N_3O_{15} \cdot C_3D_6O$ の測定結果について報告する。

Fig. 1 は非弾性散乱スペクトルの温度変化である。 $T=6K$ において、 $1.7meV$ と $12.3meV$ に明瞭な磁気励起が観測された。 $1.7meV$ の励起は $|6, 1/2\rangle$ と $|6, -1/2\rangle$ の間の遷移であり、 $12.3meV$ は $|6, \pm 1/2\rangle$ と $|5, \pm 1/2\rangle$ の遷移であると考えられる。イジングモデルを仮定し、一軸異方性 D と Tb-Cu 間の交換相互作用 J_{ex} を仮定すると、 $D=-1.1meV, J_{ex}=-0.29meV$ と見積もられた。また、磁気励起の Q 依存性から、Tb-Cu 間の相互作用はハイゼンベルグ的であることがわかった。さらに、高分解能測定を行うことにより、これらの励起が幾つかのピークに分裂していることが明らかになった。これは Tb の核スピンの超微細相互作用に因る可能性がある。今後、詳細な解析を行うことにより、ハミルトニアン の決定や混成状態について議論して行く予定である。

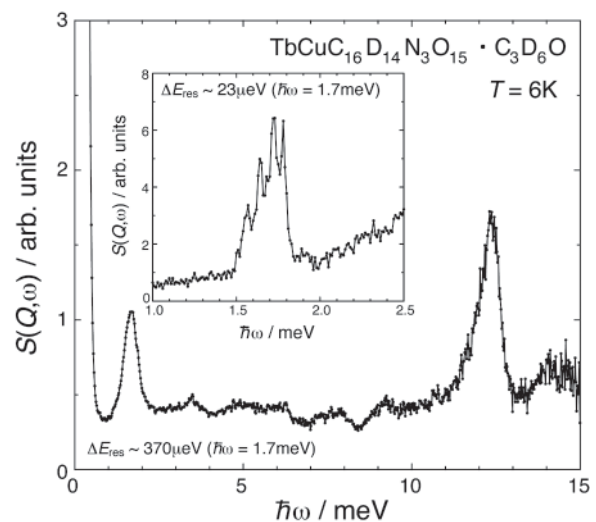


Fig. 1 磁気励起のエネルギースペクトル

中性子準弾性散乱による液体 Se_2Br_2 の動的構造解析

島倉宏典^{1,2*}, 川北至信², 稲村泰弘², 菊地龍弥², 上野広樹^{1,2}, 中村充孝², 中島健次²,
河村聖子², 柴田薫², 新井正敏², 武田信一¹

九州大学院理学府¹, J-PARC センター 日本原子力研究開発機構²

セレンと臭素の混合系は 1:1 組成で非常に融点が低くなる共晶型の相図を示す。室温の液体セレン—臭素混合系は同組成でセレンが 2 配位鎖状構造を有し、臭素がその終端に結合して、Br-Se-Se-Br の形で分子を形成すること、隣接 2 分子間に Se-Se 軸を平行にする配向相関があることが中性子回折実験の結果からわかっている [1]。また、 Se_2Br_2 の中性子準弾性散乱により得られた動的構造因子の弾性成分 ($E=0$) の温度変化から、密度に依存する分子のパッキングへの寄与と隣接する 2 分子間の引力相互作用から生じる寄与が分離されて観測された [2]。近年同類の Se_2Cl_2 の Ab-initio MD 計算により、上記の配向相関をもった 2 分子は、他の配向に比べて 3Å という著しく近い分子間距離に分子間ポテンシャルの極小を有していることが分かった [3]。

今回我々は、 Se_2Br_2 の動的構造を明らかにするため、エネルギー分解能に優れた冷中性子ディスクチョッパー型分光器 (AMATERAS, BL14) を用いて、液体 Se_2Br_2 における中性子準弾性散乱の温度変化を測定した。図 1 に動的構造因子の $E=0.0, 0.54, 1.1\text{meV}$ の成分についての温度変化を示す。弾性成分 ($E=0$) では、温度上昇に伴って強度が下がっている。その一方で、準弾性成分 ($E=0.54, 1.1\text{meV}$) では温度上昇とともにその強度が大きくなっていることが分かる。また、それぞれの領域について温度上昇とともにその最大強度の位置が Q の小さい方向にシフトしていることがわかる。本ポスターでは準弾性散乱成分について詳細に解析した結果を報告する。

参考文献：

- [1] K. Maruyama *et al*; J. Phys. Soc. Jpn. **60** (1991) 3032.
- [2] Y. Kawakita *et al*; Physica B **385** (2006) 256.
- [3] A. Koga *et al*; J. Phys. Soc. Jpn. **78** (2009) 074601-1.

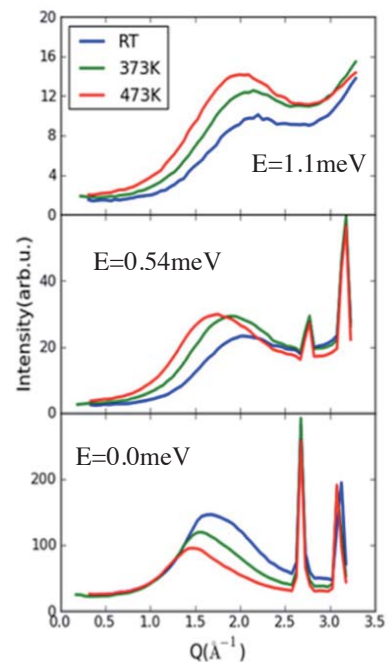


図 1 $E=0.0, 0.54, 1.1\text{meV}$ における温度変化

ナフィオン超薄膜の構造解析

原田雅史^{1*}, 工藤憲治¹, 古賀智之¹, 杉山純¹, 山田悟史²

株式会社 豊田中央研究所¹, 高エネルギー加速器研究機構²

固体高分子形燃料電池の開発課題の一つに（高温）低湿度状態での性能低下があり、電解質膜や触媒層内電解質のプロトン伝導度向上が有効な対策と考えられている。代表的な電解質材料としてナフィオンが広く研究されているが、超薄膜状態のナフィオンのプロトン伝導度は、バルク膜よりも低いことが報告されている^[1]。触媒層内のナフィオンは超薄膜状態で存在するため、そのプロトン伝導度低下要因を明らかにすることは重要な課題である。そこで、ナフィオン超薄膜の構造を中性子反射率法によって解析することを目的とした。

シリコン基板にスピコートしたナフィオン超薄膜について、湿度 80% の室温で中性子反射率を測定した結果が Fig. 1 である。湿度を軽水で与えた場合を青、重水で与えた場合を赤で示した。Fig. 2 は、Fig. 1 をフィッティングしたモデルである。いずれの場合からもナフィオン超薄膜の散乱長密度 (SLD) が基板に対して平行に変動していることが示唆された。今後は、電位の影響などを評価する予定である。

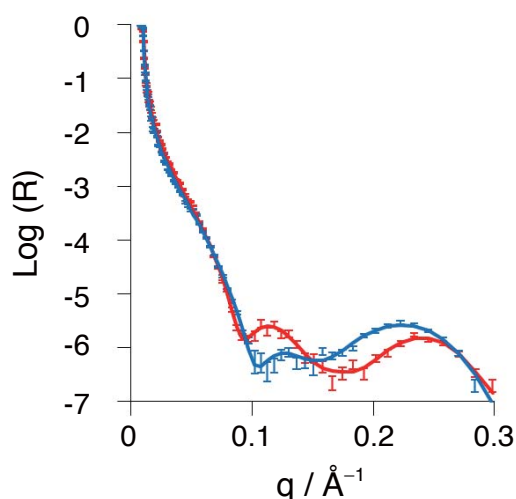


Fig. 1 Neutron reflectivity spectra of Nafion thin films.

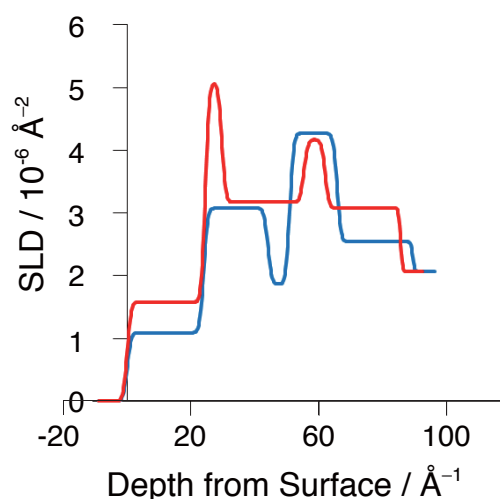


Fig. 2 Scattering length density profiles of Nafion thin films.

参考文献：

[1] Z. Siroma, R. Kakitsubo, N. Fujiwara, T. Ioroi, S. Yamazaki, K. Yasuda, J. Power Sources, **189**, 994 (2009).

中性子回折による ITER 用超伝導導体の内部歪測定

辺見 努^{1*}, ステファヌス・ハルヨ¹, 伊藤 崇芳¹, 松井 邦浩¹, 中嶋 秀夫¹, 相澤 一也¹,
鈴木 裕士¹, 町屋 修太郎², 小黒英俊³, 土屋 佳則⁴, 長村 光造⁵

日本原子力研究開発機構¹, 大同大学², 東北大学³,
物質・材料研究機構⁴, 応用科学研究所⁵

核融合プラズマを閉じ込めるために磁場を発生させる超伝導コイルには Fig. 1 に示す超伝導導体を使用される。導体を構成する超伝導素線は歪により性能が劣化するため、導体内の歪を十分に把握する必要があるが、ステンレス製のジャケットに素線が囲まれているため、これまで素線の歪を測定する方法が無かった。J-PARC に設置された工学材料回折装置「匠」は世界最高精度で材料の内部歪を中性子により測定することが可能である。ITER 用超伝導導体の内部歪測定に匠による中性子回折を適用し、トロイダル磁場コイル (TF) 導体及び中心ソレノイド (CS) の内部歪を観測することに成功した。TF 導体の軸方向に関する測定例を Fig. 2 に示す。これより、匠を用いることで導体内のわずか 6% 程度の Nb₃Sn 超伝導体の内部歪を非破壊で観測する手法を実証した。本成果により、核融合炉用超伝導導体の内部歪状態が明らかになり、電磁力による導体性能の劣化機構の解明が可能になると期待される。

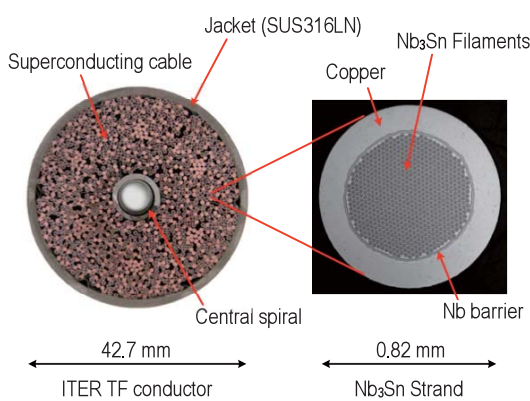


Fig. 1 ITER TF conductor

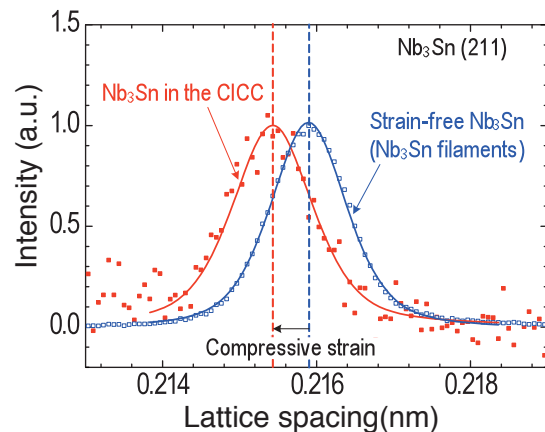


Fig. 2 Measured internal strain

参考文献：

[1] T. Hemmi, S. Harjo, T. Ito *et al.*, “Diffraction Measurements of Internal Strain in Nb₃Sn Cable-In-Conduit Conductors”, IEEE Trans. Appl. Supercond., to be published.

メタンハイドレート sH 相におけるゲストメタン分子のケージ占有性

大野祥希^{1*}, 佐々木重雄¹, 奥地拓生², 服部高典³, 有馬寛³, 阿部淳³, 佐野亜沙美³,
小松一生⁴, 鍵裕之⁴, 長壁豊隆⁵

岐阜大学 工学研究科¹, 岡山大学 地球物質科学研究センター²,
日本原子力研究開発機構 J-PARC センター³, 東京大学 地殻化学実験施設⁴,
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門⁵

メタンハイドレート (MH) とは、水素結合によって形成した水分子のホストケージ構造とそこに内包されるメタンガス分子から成る物質である。MH は常温下で、低圧側から順に sI, sH (MH-II), sO (MH-III) の相を有することが知られている。sI 相は 12 面体の小ケージ (S1) と中ケージ (M) から成る立方晶、sH 相は小ケージ (S1) とほぼ同じ大きさで異なる形状の 12 面体小ケージ (S2)、巨大な 20 面体ケージ (LL) から成る六方晶である [1]。sO 相は sI 相, sH 相とは異なり、ケージ構造をもたず、氷状水分子ネットワークの間隙にゲスト分子が入っている filled ice と呼ばれる構造である [2]。ガスハイドレートはそれを形成するケージ全てにゲスト分子を包接しているとは限らず、また大きいケージには一つ以上の分子が入ることもある。そのためケージのゲスト分子占有性はゲスト分子の種類によって様々である。

我々は MH の単結晶を高圧力下で作製し、ラマン散乱測定より圧力誘起相変化、ゲスト分子のホストケージ占有性を調べてきた [3,4]。その結果、MH-sH (MH-II) 相では 0.9 ~ 1.3 GPa の圧力領域では S1, S2, LL ケージにそれぞれ 1 個ずつ、1.3 ~ 1.9 GPa の領域では S1, S2 ケージに 1 個ずつ、LL ケージには 2 ~ 3 個のメタン分子が包接されていることが分かった。しかし、X 線、中性子構造解析の結果は sH 相の LL ケージには 5 個のメタン分子が包接されていることを示しており、我々のラマン散乱測定の結果と矛盾する [5]。

そこで、ラマン散乱測定と中性子粉末構造解析実験を同一の環境で MH-sH 相に対して行うことにより、メタン分子のホストケージ占有性を明らかにすることを目的として実験を行っている。本研究発表では MH-sH 相のラマン散乱・粉末中性子散乱の同時測定の結果について報告を行う。

参考文献：

- [1] E.D. Sloan Jr., Clathrate hydrates of Natural Gases, 2nd ed., Marcel Dekker, Inc., New York, (1998).
- [2] J.S. Loveday *et al.*, Phys. Rev. Lett. **87**, 215501 (2001).
- [3] H. Shimizu *et al.*, J. Phys. Chem. B **106**, 30 (2002).
- [4] T. Kumazaki *et al.*, Chem. Phys. Lett. **388**, 18 (2004).

Reverse Monte Carlo simulation を用いた疎水性細孔内の水分子集団 の水素結合ネットワークの解明

藤崎布美佳^{1*}, 飯山拓², 星川晃範³, 石垣徹³

信州大学 大学院工学系研究科 物質基礎科学専攻¹, 信州大学 理学部 化学科²,
茨城大学 フロンティア応用原子科学研究センター³

微小空間内の水はバルクとは異なる挙動を示すことが知られている。特にその空間を形成する壁が疎水性である場合、空間的な制約に加え疎水性効果によって極性分子である水は強く構造化される。水分子集団の構造をより詳細に考察するにあたりその水素結合構造が重要になる。しかし、これまでの X 線回折測定を用いた手法では、酸素位置の決定は可能だが、水素位置を決定することはできなかった。そこで、X 線回折測定と中性子回折測定から得たデータに RMC シミュレーションを適用することにより、疎水空間内に吸着された水分子集団の構造の解明を試みた。

測定はあらかじめ細孔径 0.82 nm, 1.13 nm 二種類の活性炭素繊維にそれぞれの飽和吸着量程度重水を吸着させ封入型のサンプルセルに入れ閉鎖系にして J-PARC に持ち込み BL-20、iMATERIA にて中性子回折測定を行った。上述の中性子回折データとあらかじめ当研究室で insitu 測定した X 線回折データを併用し Reverse Monte Carlo により解析した。

Fig. 1 より、吸着水の動径分布関数はバルクに比べ振幅が大きくなっている。このことから、吸着水はバルクよりも強く構造化されていることがわかる。また、細孔径が異なるサンプルにおいても動径分布関数が似ていることから、短距離での構造は類似しているといえる。

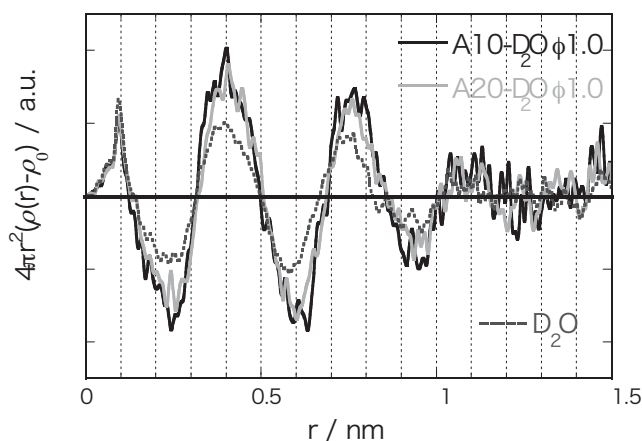


Fig. 1 細孔内に吸着した水とバルクの水の中性子回折により求めた動径分布関数の比較

資源環境調和型室温磁気冷凍材料の構造解析と物性評価

間宮広明^{1*}, 寺田典樹¹, 北澤英明¹, 石垣 徹²物質・材料研究機構¹, 茨城大学²

近年の環境問題の深刻化とともに、室温磁気冷凍が注目されるようになった。ただし、年間数億台生産されるエアコンや冷蔵庫等の一般家電への普及を見据えれば、砒素やリンといった毒性元素はもちろん、希土類元素やコバルト等のレアメタルも作業物質として使用することは難しく、限られた選択肢の中でエントロピー変化を担う磁気相転移を制御しその特性をいかに高めるかが大きな課題となっている。この点からは、長年使用されてきたフェライト酸化物の安全性と耐久性、低資源負荷は魅力的に写るが、その相転移温度を室温付近に調節するためには非磁性元素による希釈操作を行わざるを得ない。この系における元素置換の研究の蓄積は膨大であるが、それらは自発磁化や透磁率を高めることに主眼を置いており、希釈が引き起こすランダムネスの磁気相転移への影響を詳しく解析した例は少ない。そこで、本研究では、よく知られたマンガン亜鉛フェライトを例に、希釈によるサイトランダムネスの変化を調べ、磁気相転移現象への影響を明らかにすることを試みた [1,2]。

今回、研究対象としたマンガン亜鉛フェライトでは、亜鉛イオンがスピネル構造の A サイトに入ることが知られている。一方、X 線の散乱長はマンガンと鉄でほぼ同じであるため、これらのイオンの配置をきちんと評価した例は少ない。しかし、マンガンイオンが B サイトに入れば軌道角運動量の消失が弱まりランダムな磁気異方性を生じさせるため、B サイトのマンガンイオンは協力現象である磁気相転移に大きな影響を及ぼす可能性がある。そこで、本研究では、マンガンと鉄で散乱長が符号を含め全く異なる中性子を用いてこの寄与を評価した。実験には、J-PARC に設置された茨城県材料構造解析装置 (iMATERIA) を用いた。この結果、各試料 15 分の積算で、マンガンイオンのほとんどが A サイトにあることを示す回折パターンを得ることができた [2]。

また、フェリ磁性転移温度が室温まで低下する亜鉛置換率 60% 以上の希釈領域における磁気特性を調べたところ、低温でリエントラントスピングラス様の振舞が現れるものの、相転移の散漫化の程度は小さく、磁気熱量効果の著しい低減はないことがわかった [1]。この理由の一つとして、この系では、ランダムな磁気異方性の影響が大きくないことが挙げられた。

参考文献：

[1] H. Mamiya *et al.*, *J. Magn. Magn. Mater.* **322**, 1561 (2010).[2] H. Mamiya, N. Terada, H. Kitazawa, and T. Ishigaki, *J. Magn.*, submitted.

テトラヒドロフラン-水混合溶液の液体構造

吉田亨次^{1*}, 山口敏男¹, 亀田恭男², 大友季哉³, 大下英敏³, 鈴谷賢太郎⁴, 金子直勝³,
池田一貴⁵, 坪田雅己⁵

福岡大理¹, 山形大理², J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構³,
J-PARC センター 日本原子力研究開発機構⁴,
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所⁵

水素貯蔵物質の探究の一環として、水素ハイドレート化合物への期待が高まっている。ハイドレート化合物とは、水分子が構築した籠内部の空隙にゲスト分子を閉じこめた結晶である。しかし、水素ハイドレート化合物の生成には 100-360 MPa もの高い圧力が必要であり、現実的ではなかった [1]。近年、テトラヒドロフラン (THF) の共存下で、数 MPa 程度の低い圧力域においてガスハイドレートが生成することが報告された [2]。そこで、本研究では、ハイドレートの形成機構ならびに水素吸蔵機構を液体構造の観点から解明するために、THF-水混合溶液の液体構造を明らかにすることを目的とした。

THF-水混合溶液 (10 mol% THF) について、7つの H/D 同位体置換試料を調製し、室温にて測定を行った。試料は円筒形のバナジウムセル (内径 6 mm) に封入した。セルの吸収補正、多重散乱補正、非弾性散乱効果の補正、 $r < 0.8 \text{ \AA}$ のリップル除去を行い、構造関数ならびにそのフーリエ変換である動径分布関数を求めた。そして、同位体置換法による差動径分布関数から、THF 分子の水素原子周りの部分動径分布関数を求めた (図 1)。2.2 Å 以下のピークは THF 分子内構造に帰属され、今後は分子間構造の解析を行う予定である。

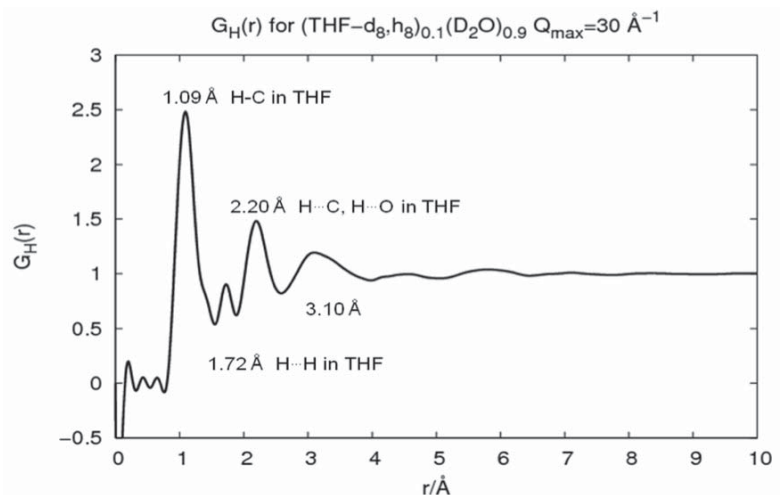


図 1 THF-水混合溶液 (10 mol% THF) における THF 分子の水素原子周りの部分動径分布関数回折パターン

参考文献：

[1] Y.A. Dyadin *et al.*, J. Struct. Chem., **40**, 790-795 (1999).

[2] H. Lee *et al.*, Nature, **434**, 743-746 (2005).

高強度全散乱装置 (NOVA) によるアルミニウム水素化物の構造解析

池田一貴^{1*}, 大友季哉², 大下英敏², 金子直勝², 坪田雅己¹, 瀬谷智洋², 鈴谷賢太郎³,
李海文⁴, 千星聡⁴, 折茂慎一⁴, 他 NOVA グループ

物構研 KEK¹, J-PARC センター KEK², J-PARC センター JAEA³, 金研 東北大⁴

J-PARC 高強度全散乱装置 (NOVA) は $0.01\text{--}100\text{\AA}^{-1}$ の広い Q 領域にわたり、静的構造因子 $S(Q)$ を正確かつ短時間に測定することにより、液体、非晶質、結晶等の幅広い物質を対象とした研究が可能であるため、水素貯蔵材料の水素化・脱水素化過程における構造変化の解明に有効である。アルミニウム水素化物 AlH_3 は水素密度が高く ($10.1\text{wt.}\%$ 、 149kg/m^3)、 $370\text{--}470\text{K}$ 程度においてシンプルな反応 ($\text{AlH}_3 \rightarrow \text{Al} + 3/2\text{H}_2$) により脱水素化反応が進行するため [1–5]、高密度水素貯蔵材料として期待されている。本研究では、 LiAlD_4 と AlCl_3 を用いた液相反応により AlD_3 を合成し、NOVA で粉末中性子回折測定を実施して詳細な構造解析を行うことにより脱水素化過程に関する情報を得ることを目的とした。測定された中性子回折曲線を Rietveld 解析することにより、これまで報告されている $\alpha\text{-AlD}_3$ と同様の結晶構造パラメータを確認できた。さらに、 AlD_3 の脱水素化反応を抑制する数 mol% の酸化物相が生成していることが示唆された [6]。

本研究は独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 事業「水素貯蔵材料先端基盤研究 (Hydro-Star)」のもとで実施されている。

参考文献：

- [1] G. Sandrock, J. Reilly, J. Graetz, W. M. Zhou, J. Johnson, J. Wegrzyn, Appl. Phys. A, **80** (2005) 687.
- [2] S. Orimo, Y. Nakamori, T. Kato, C. Brown, C.M. Jensen, Appl. Phys. A, **83** (2006) 5.
- [3] K. Ikeda, S. Muto, K. Tatsumi, M. Menjo, S. Kato, M. Biemann, A. Züttel, C.M. Jensen, S. Orimo, Nanotechnology, **20** (2009) 204004.
- [4] S. Muto, K. Tatsumi, K. Ikeda and S. Orimo, J. Appl. Phys., **105** (2009) 123514.
- [5] S. Kato, M. Biemann, K. Ikeda, S. Orimo, A. Borgschulte and A. Züttel, Appl. Phys. Lett., **96** (2010) 51912.
- [6] K. Ikeda, H. Ohshita, N. Kaneko, J. Zhang, M. Yonemura, T. Otomo, K. Suzuya, H. Yukawa, M. Morinaga, H.-W. Li, S. Semboshi, S. Orimo, Mater. Trans., submitted.

高強度全散乱装置 NOVA を利用した高圧中性子回折による 金属水素化物構造研究

本田充紀^{1*}, 服部高典¹, 町田晃彦¹, 有馬寛¹, 佐野亜沙美¹, 片山芳則¹, 青木勝敏¹,
小松一生², 大下英敏³, 大友季哉³

日本原子力研究開発機構¹, 東京大学大学院², 高エネルギー加速器研究機構³

現在 NEDO の水素貯蔵材料先端基盤研究事業において、量子ビーム (放射光および中性子) を用いた金属水素化物研究の一環として、高圧下の希土類水素化物 $\text{La}(\text{H}/\text{D})_2$ の高圧構造変化を調べている。放射光実験の結果から、希土類 2 水素化物全般で、高圧下において金属格子中を水素が移動し、水素濃度が異なる 2 つの状態に自発的に相分離することが発見された [1]。高圧下において、金属中の格子間サイト間を水素が拡散することで、相変態が起こるといふ大変興味深い現象がみられている。新規水素貯蔵材料を創成する上で、高密度化した際の格子間水素の振る舞いを調べることは必要不可欠である。一方、これらの水素の動きは、放射光 X 線回折によって金属格子の大きさから推定されたもので、水素を直接観察したものではない。水素を直接観測するためには中性子散乱が有効である。そこで高圧下における金属格子間の水素の状態を調べるために、われわれは、高圧装置を J-PARC 全散乱装置 (NOVA) に導入し、高圧中性子実験を行った。装置開発の結果、国内最高圧力となる 17GPa での高圧中性子回折データの取得に成功した。NOVA を利用した高圧中性子回折実験の現状について報告する。

本研究は、「水素貯蔵材料先端基盤研究事業」のもと、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託を受けて行われた。

参考文献：

[1] A. Machida *et al.*, submitted.

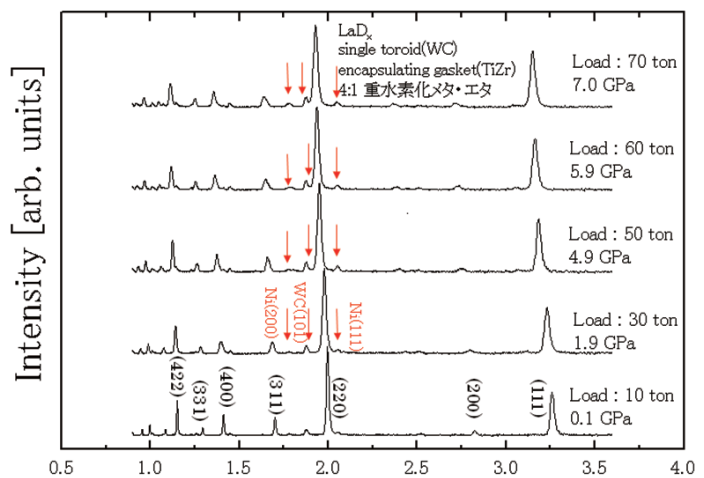


Fig. 1 LaD_2 の高圧中性子回折パターン

HRC における多結晶試料 TiOBr の測定

横尾哲也^{1*}, 伊藤晋一¹, 秋光純²

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹, 青山学院大学 理工学部²

HRC ではいくつかの多結晶試料による非弾性散乱実験を予定している。高角側の検出器の設置が遅れていることから低角側での実験を余儀なくせられるが、磁気散乱や第一ブリルアンゾーンでの散乱を観測するには十分であり、これまでに低角側での S/N 向上に努めてきた。

TiOBr はその一つで、大型の単結晶試料を得ることが非常に困難な物質である。本系は Ti の軌道整列が起こることによってスピン ($S=1/2$) の一次元性が生じ、スピンパイエルス転移を示すと考えられている [1]。構造の転移や磁化率の振る舞いなどからスピンパイエルス転移が起こっている状況証拠が観測されつつあるが、未だ直接的な観測はなされていない。我々は中性子非弾性散乱によるスピングャップの探索を試みる。TiOBr の磁気的なゾーン中心は $Q=0.9\text{\AA}^{-1}$ 程度であるため、低角の検出器で比較的高いエネルギーの入射中性子を利用する。ロスアラモスの実験では $Q=0.9\text{\AA}^{-1}$ 、 $E=10\text{meV}$ 近傍に局在化したシグナルを観測した。 Q 一定プロファイルから転移点前後の温度差異を Q に対してプロットすると、一次元反強磁性体における粉末平均をとった Q 依存性で良く記述される様に見える。今回、HRC においてより広い Q 領域で詳細に捉えることを目的とする。

参考文献：

[1] A. Seidel *et al.*, Phys. Rev. B 67 (2003) 020405R.

MLF における試料環境

横尾哲也^{1*}，河村聖子²，神原理²，中島健次²，梶本亮一²，中谷健²，鳥居周輝¹，
川北至信²，高田慎一²，金子耕土²，鈴木淳一²

J-PARC センター 高エネルギー加速器研究機構¹

J-PARC センター 日本原子力研究開発機構²

中性子散乱実験のような大型施設において実験試料周辺機器の環境（試料環境）の整備は非常に重要である。特に、試料環境における標準化を行うことで多数のビームラインによる、コストのかかる実験機器の有効利用が促進できれば施設として大きな利点となる。我々は試料環境チームとして、

- ・ 機器・装置の共有化による実験の効率化
- ・ 技術開発の経費や機器・装置の維持管理費の削減
- ・ 共通装置の利用による技術の共有化

を目指した標準化を検討し、その標準化規約の策定を行っている。

また、施設として試料環境に関するワーキングエリアの整備を進め、電源の確保などを行っている。本エリアでは試料環境機器の試験・整備を行うが、将来的には開発も併せて行うことを目標とする。

本講演では、MLF における試料環境チームの活動報告と予定について報告する。