

ミュオン科学研究室

Muon Science Laboratory

主任研究員 永 嶺 謙 忠
NAGAMINE, Kanetada

加速器を用いて得られるミュオンなどの不安定素粒子・原子核を用いた原子核・素粒子・原子分子・物性・材料・生命科学等の基礎物理学と学際科学研究および関連する研究を行う。物性研究では、固体物質の持つ物理的性質を理解し、電子構造・結晶物理的な研究を進めるとともに、新物質や材料の機能研究に対する基礎データを提供。原子分子・原子核研究では、ミュオン触媒核融合などのエネルギー利用研究を行う。英国ラザフォード・アップルトン研究所に建設したミュオン科学研究のための世界最強のパルス状ミュオンファシリティを用いた実験研究を展開する。さらに、リングサイクロトロン、リニアック、タンデトロン等の理研内加速器を最大限に利用し、必要に応じて国内外の他の研究機関の加速器も利用していく。同時に、通常の物性測定手段による物性材料研究も進める。加速器利用研究のほかに、宇宙線ミュオンを用いた火山体・地殻構造など巨大物質の内部探索の研究を進める。

1. ミュオンによる物性・材料・エネルギー研究(永嶺, 松崎, 石田, 渡邊, 中村, 松田, 河村^{*1}, 端^{*1}, 大平^{*1}, Strasser^{*2}, 松下^{*3}, Pratt^{*4}, Bacule^{*4}, 豊田^{*5}, 友野^{*5})

英国ラザフォードアップルトン研究所の大強度陽子加速器にミュオン発生施設を建設し、世界最高強度のパルス状ミュオンを発生させ、ミュオン触媒核融合研究やミュオンスピンを用いた物性研究に利用する計画の第1期が平成12年9月に期間満了した。第2期の新たな1年めとして、新実験ポート建設を進めるとともに、先端的ミュオン科学研究を展開した。

(1) ミュオン触媒核融合

オンラインでトリチウムを純化分析する機能を持つ最先端のD-T標的系を用いて高純度のD-TおよびT₂のミュオン触媒核融合の実験を行った。低温水素固体での系統的データの取得を一連のトリチウム濃度について完了し、強い温度効果の存在を確認した。また、D₂+T₂混合直後の固体での実験を行い、これまでの分子組成平衡系での実験と比較することにより、D₂, DTなどの分子組成がdtμ分子生成速度に強く影響するという理論予測を確かめた。また純粋トリチウムでのttμ核融合に関して高精度のデータを取得し、低エネルギー極限のtt核融合反応からのα_{nn}生成において、α_nの相関が非常に強いことを発見した。

D₂標的系でのミュオン触媒核融合実験においては、dd核融合によって発生する陽子をSSB検出器を用いて測定し、3Kでのddμ核融合過程のD₂分子オルソ・パラ状態への依存性を測定した。ddμ分子生成速度がオルソ状態においてはノーマル状態のD₂に比べて30%程度減少することが分かった。

(2) ミュオン基礎物理

ミュオン寿命精密測定実験の第1期のデータ収集を終了し、フェルミ結合定数の精度更新に向けて現在データを解析中である。また、本実験は副産物として量子力学の近似である指数崩壊則の検証実験を兼ねているが、こちらについては、まだ解析途中ではあるが、8τ_μにおいて2×10⁻⁴

の上限が得られており、これは既にミュオン崩壊に関する過去の上限を更新している。

(3) ミュオン多重散乱

ミュオンビーム冷却法の候補の1つであるionization法において障害となるミュオン多重散乱を正確に測定する実験をRALの素粒子グループ等と共同で行い、第1期のデータ収集(リチウム, ベリリウム, 炭素, アルミ, 鉄)を終了し、データ解析を行っている。実験の行われたTRIUMF M11ビームラインでは実験で使うμ⁺に比べ、10-20倍のπ⁺バックグラウンドが存在するが、TOF法と大立体角NaIカウンタによるエネルギー測定によって綺麗に分離できることが分かった。しかしながら、第1期で使用したMWPCの測定効率の一様性が解析とモンテカルロ計算の結果を比較検討することによって、不十分であることが懸念される。このため、MWPCのテスト、改良と並行して、シンチレーションファイバーを用いた新たな位置測定器の開発を進め、第2期の実験に向けて準備が進められている。

(4) 不安定核ミュオン原子のための開発研究

ミュオンおよび原子核ビームを同時に固体水素膜に入射することにより、水素から原子番号Zが大きい核へのミュオン移行反応が起こり、ミュオン原子が効率良く形成されるので、ミュオンX線分光による不安定核電荷分布の研究などに有用であると期待される。今年度は実験方法の確立のために、まずは安定核であるヘリウム4イオンを固体水素膜に打ち込んだ。ミュオンが水素からヘリウムに移行するさいに生成されるd⁴Heμ分子に特有の6.8keVのX線の観測に成功した。

(5) 高温超伝導体を中心とする強相関電子系のミュエスアル研究

酸化物高温超伝導発現機構の根本に係わると考えられている、スピンと電荷のストライプ相関に関する研究を展開した。これまでの研究から、このストライプ相関が、La系, Y系, Bi2212系に共通の現象であることを見いだしてきたが、同様な効果がLa系のオーバードープ領域においても存在することを明らかにし、新たなストライプ相関の存在の可能

性を示唆した。特に La 系においては、磁場中における銅スピンの揺らぎの情報を得ることによって、ストライプ相関の動的性質を明らかにする試みが行われている。更に電子ドープ系である $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ 系および $\text{Pr}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ 系へも測定を展開した。電子ドープ系では、試料の質が向上した単結晶試料を用い、磁気相と超伝導相の関係を調べた。その結果、これまで提案されてきた磁気相の修正が必要であることが判明し、現在相境界を明確にすべく詳しい測定を継続している。他の強相関物質として $\text{Cu}_3\text{B}_2\text{O}_6$ などの低次元性の強い物質の基底状態を調べる測定も行われた。測定の結果、これまで非磁性である一重項状態であると思われていた基底状態が、実は半強磁性状態であることを発見し、基底状態における磁気的相互作用の理解に貢献した。

少数キャリアー重い電子系化合物である YbSb について四重極秩序の可能性を実験的に探るため YbSb の $\mu\text{-LCR}$ 測定を行った。また、はっきりとした反強磁性転移を示すことから Yb モノプニクタイトのなかで標準物質となる YbAs の μSR 測定も行った。

(6) 有機磁性体のミュエスアール

伝導性ポリマー等の有機伝導体および有機超伝導体における測定を行い、常伝導状態および超伝導状態における電子状態を調べた。また、 Mn_{12} クラスターのゼロ磁場状態でのトンネリング効果によるクラスタースピンの緩和時間を明らかにした。また、カゴメ有機磁性体である、 $\text{Pr-PYNN}\cdot\text{I}$ や $\text{Et-PYNN}\cdot\text{I}$ 等の基底状態を調べ、ラジカルスピンの動的ふるまいを明らかにした。

(7) ミュオンによる生体高分子中の電子伝達の研究

正ミュオンがタンパク質・DNA などの巨大分子中に注入されたときに、電子を伴って熱エネルギー化し化学結合をする性質を利用して、タンパク質中の電子伝達の微視的観測が可能となる。昨年までに行ったタンパク質に加えて、DNA 中の電子伝達を調べ、A 型と B 型との間に差があることが分かり、電子伝達が塩基対の配列によっていることが分かった。

(8) 超低速正ミュオンの発生に向けて

理研 RAL 施設では超低速ミュオンビームの実現をめざしてビームラインの建設を進めている。この装置では金属表面から放出されるミュオニウムにレーザーを照射することによりイオン化し、非常に低いエネルギーのミュオンを得ることができる。レーザー装置の調整は順調に進んでおり、ライマン α 線 (122 nm) の発生を確認した。これからビームラインの調整を進め、今夏ごろに超低速ミュオンの生成を確認するべく、準備が進められている。

(9) 宇宙線ミュオンの利用

宇宙線ミュオンを用いた火山体等の内部探索研究のための検出器の開発を行い、浅間山などで準備測定を開始した。

2. 金属および合金の結晶構造的な研究

(1) 金属中の不純物の挙動 (八木 ^{*6})

イオンビームを用いたチャネリング法により金属中の不純物の挙動を調べている。特に核反応を併用して金属中の軽水素の存在状態を系統的に調べているが、本年度は Nb-40at%Mo 合金中の水素の存在状態の測定を終了し、これまでに行ってきた結果と合わせて、Mo の濃度変化に伴う水

素の状態変化を考察した。

3. 金属・合金・化合物の電子構造の研究

(1) 電子衝撃型弾性反跳法による非晶質 Si からの水素原子放出のシミュレーション計算 (小山)

水素との衝突時における入射電子の角度・エネルギー分布を 10^7 個の入射電子について計算した。この分布を用いて反跳した水素原子の角度・エネルギー分布を求めた。この方法によれば、入射電子の軌道を追跡する方法に比べ、200 倍の反跳水素原子の輸送過程を追跡することができ、統計変動の小さい放出エネルギー分布が得られた。

(2) Si 表面からの電子衝撃脱離水素エネルギー分布の測定 (小山)

Si 表面における水素吸着は、Si 表面不対電子の安定化に重要な手法である。その吸着構造はまだ決着をみていない。表面に対し小角入射した 2 keV の電子衝撃により得られた Si(111) 面からの脱離水素イオンの角度・エネルギー分布測定を行った。表面に対し 30 度以下で出射してくる水素原子のスペクトルに従来では観測されていない 2 つの鋭いピークが観測され新しい吸着構造モデルが必要であることが見いだされた。

^{*1} 基礎科学特別研究員, ^{*2} 協力研究員, ^{*3} 研究協力員, ^{*4} 共同研究員, ^{*5} ジュニア・リサーチ・アソシエイト, ^{*6} 研究嘱託

誌 上 発 表 Publications

(原著論文) *印は査読制度がある論文誌

Koike Y., Akoshima M., Adachi T., Kakinuma N., Noji T., Ono Y., Nishizaki T., Kobayashi N., Watanabe I., and Nagamine K.: “ $\frac{1}{8}$ problems in the La-, Bi- and Y-based cuprates and new anomalies in the overdoped region of the La-based cuprate”, Int. J. Mod. Phys. B **13**, 3546–3551 (1999). *

Ishida T., Ohira S., Ise T., Nakayama K., Watanabe I., Nogami T., and Nagamine K.: “Zero-field muon spin rotation study on genuine organic ferromagnets, 4-arylmethyleneamino-2,2,6,6-tetramethylpiperidin-1-yl oxyxyls (aryl=4-biphenyl and phenyl)”, Chem. Phys. Lett. **330**, 110–117 (2000). *

Nagamine K.: “Very low-energy cooling possibilities towards muon colliders and neutrino factory”, Colliders and Collider Physics at the Highest Energies: Muon Colliders at 10 TeV to 100 TeV HEMC’99 Workshop, New York, USA, 1999-09–10, edited by B. J. King, American Institute of Physics, New York, pp. 228–235 (2000). *

Hashi K., Watanabe I., Oyamada A., and Nagamine K.: “Muon spin relaxation study on the heavy fermion compound YbSb”, J. Appl. Phys. **89**, 7637–7638 (2001). *
Maruyama T., Yamada H., Mochizuki T., Akimoto K., and Yagi E.: “Quenching mechanism of luminescence in Sm-doped ZnS”, J. Cryst. Growth **214/215**, 954–957 (2000). *

Fukaya A., Ito A., Aruga Katori H., and Goto T.: “Ef-

- fects of random fields on the phase diagram in the field-temperature plane of the diluted antiferromagnet $\text{Mn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{TiO}_3$ ", J. Phys. Soc. Jpn. **69**, 3027–3039 (2000). *
- Hashi K., Kitazawa H., Oyamada A., and Aruga Katori H.: "Mixing-typed antiferroquadrupolar ordering in YbSb ", J. Phys. Soc. Jpn. **70**, 259–266 (2001). *
- Nagamine K.: "High intensity muon source project at KEK and RIKEN/RAL for muon science research programs: Intense muons for human life", KEK Int. Workshop on High Intensity Muon Sources, Tsukuba, 1999–12, edited by Y. Kuno and T. Yokoi, World Scientific, Singapore, pp. 3–25 (2001). *
- Higemoto W., Nagamine K., Kuroda S., and Takita H.: "Microscopic studies of $2H\text{-NbSe}_2$ probed by positive muon", Mol. Cryst. Liq. Cryst. **341**, 855–860 (2000). *
- Strasser P., Matsuzaki T., and Nagamine K.: "Experimental setup for X-ray spectroscopy of muonic atoms formed from implanted ions in solid hydrogen", Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **460**, 451–456 (2001). *
- Horiki T. and Koyama A.: "Monte Carlo calculation of elastic recoil H-atom emission induced by fast electron impact", Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **164/165**, 986–991 (2000). *
- Nagamine K.: "Recent progress in materials studies with a muon spin probe: From surface physics to life science", Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **171**, 153–163 (2000). *
- Akoshima M., Koike Y., Watanabe I., and Nagamine K.: "Anomalous muon-spin relaxation in the Zn-substituted $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-2y}\text{Zn}_{2y}\text{O}_{7-\delta}$ around the hole concentration of $\frac{1}{8}$ per Cu", Phys. Rev. B **62**, 6761–6765 (2000). *
- Watanabe I., Akoshima M., Koike Y., Ohira S., and Nagamine K.: "Muon-spin-relaxation study on the Cu-spin state of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x(\text{Cu}_{1-y}\text{Zn}_y)_2\text{O}_{8+\delta}$ around the hole concentration of $\frac{1}{8}$ per Cu", Phys. Rev. B **62**, 14524–14530 (2000). *
- Higemoto W., Sato K., Nishida N., Koda A., Nagamine K., Haga Y., Yamamoto E., Kimura N., and Onuki Y.: "Studies of superconductivity and magnetism in UPt_3 by $\mu^+\text{SR}$ ", Physica B **281/282**, 984–986 (2000). *
- Watanabe I., Akoshima M., Koike Y., Ohira S., Higemoto W., and Nagamine K.: " μSR study on the " $\frac{1}{8}$ effect" in Zn-substituted Bi-2212 system", Physica B **284**, 1071–1072 (2000). *
- Watanabe I., Wada N., Awaga K., Ohira S., and Nagamine K.: " μSR study on dynamics of dimer spin in the 2D organic antiferromagnet, $m\text{-MPYNN}\cdot\text{BF}_4$, with $S = 1$ ", Physica B **284**, 1501–1502 (2000). *
- Krishnamurthy V., Nagamine K., Watanabe I., Nishiyama K., Ohira S., Ishikawa M., Eom D. H., and Ishikawa T.: "Non-Fermi liquid behavior in $\text{CeCoGe}_{3-x}\text{Si}_x$ alloys", Physica B **289**, 47–51 (2000). *
- Krishnamurthy V., Watanabe I., Nagamine K., Kuwahara H., and Tokura Y.: "Spin dynamics in $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ with $x = 0.5$ ", Physica B **289**, 56–60 (2000). *
- Ohira S., Ishida T., Nogami T., Watanabe I., Pratt F. L., and Nagamine K.: " μSR studies on the organic radical magnet, 4-arylmethyleneamino-TEMPO", Physica B **289**, 123–127 (2000). *
- Briere T. M., Jeong J., Das T. P., Ohira S., and Nagamine K.: "Ab initio molecular orbital studies of the positive muon and muonium in 4-arylmethyleneamino-TEMPO derivatives", Physica B **289**, 128–131 (2000). *
- Jeong J., Briere T. M., Sahoo N., Das T. P., Ohira S., Nishiyama K., and Nagamine K.: "Hartree-Fock investigation of muon trapping in the chemical ferromagnet 4-(*p*-chlorobenzylideneamino)-TEMPO", Physica B **289**, 132–136 (2000). *
- Matsuda M., Watanabe I., and Nagamine K.: "Magnetic ordering in $\text{La}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$ ", Physica B **289**, 161–164 (2000). *
- Higemoto W., Tanaka H., Watanabe I., Ohira S., Fukaya A., and Nagamine K.: "Anomalous magnetic field dependence of muon spin relaxation in $S = \frac{1}{2}$ double-chain system KCuCl_3 and TlCuCl_3 ", Physica B **289**, 172–175 (2000). *
- Watanabe I., Wada N., Ohira S., Awaga K., and Nagamine K.: " μSR study on the 2D $S = 1$ Kagomé organic antiferromagnet, $m\text{-MPYNN}\cdot(\text{BF}_4, \text{ClO}_4)$ ", Physica B **289**, 181–184 (2000). *
- Mekata M., Kojima K. M., Watanabe I., Nagamine K., and Ikeda H.: "Magnetic ordering and fluctuations in Ising spin nets $\text{Rb}_2\text{Co}_{1-x}\text{Mg}_x\text{F}_4$ ", Physica B **289**, 194–197 (2000). *
- Arai J., Ishiguro T., Hirai M., Shinmen H., Yokoyama J., Watanabe I., and Nagamine K.: "Zn-induced magnetic order detected by μSR around $x = \frac{1}{8}$ in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_4$ ", Physica B **289**, 347–350 (2000). *
- Watanabe I., Akoshima M., Aoyama M., Koike Y., Higemoto W., Ohira S., and Nagamine K.: " $\mu^+\text{SR}$ study on hole-doped high- T_c oxides around the hole concentration of $\frac{1}{8}$ per Cu", Physica B **289**, 351–354 (2000). *
- Pratt F. L., Bludell S. J., Husmann A., Marshall I. M., Lovett B. W., Hayes W., Lee S. L., Ager C., Ogrin F. Y., Sasaki T., Endo S., Toyota N., Kanoda K., Laukhin V. N., Laukhina E., Watanabe I., and Nagamine K.: "BEDT-TTF superconductors studied by μSR ", Physica B **289**, 396–399 (2000). *
- Higemoto W., Watanabe I., Nagamine K., Kuroda S., and Takita K.: "Investigation of the effect of electric current on the dynamics of flux-line lattice", Physica B **289**, 400–403 (2000). *
- Kadono R., Higemoto W., Nagamine K., and Pratt F. L.: "Muonium atom in the Bloch state", Physica B **289**, 459–463 (2000). *
- Pratt F. L., Blundell S. J., Jestädt Th., Lovett B. W., Husmann A., Marshall I. M., Hayes W., Monkman A., Watanabe I., Nagamine K., Martin R. E., and Holmes A.

B.: “ μ SR of conducting and non-conducting polymers”, *Physica B* **289**, 625–630 (2000). *

Nagamine K., Pratt F. L., Ohira S., Watanabe I., Ishida K., Nakamura S. N., and Matsuzaki T.: “Intra- and inter-molecular electron transfer in cytochrome c and myoglobin observed by the muon spin relaxation method”, *Physica B* **289**, 631–635 (2000). *

Miyake Y., Shimomura K., Matsuda Y., Scheuermann R. J., Bakule P., Makimura S., Strasser P., Nakamura S. N., Ishida K., Matsuzaki T., Watanabe I., and Nagamine K.: “Construction of the experimental set-up for ultra slow muon generation by thermal Mu ionization method at RIKEN-RAL”, *Physica B* **289**, 666–669 (2000). *

Koike Y., Akoshima M., Watanabe I., and Nagamine K.: “1/8 anomaly in the Bi-2212 and Y-123 phases”, *Physica C* **341**, 1751–1754 (2000). *

(総 説)

八木栄一: “核反応チャネリング法による金属中の固溶水素の状態分析”, *材料と環境* **49**, 282–287 (2000).

(その他)

Nagamine K.: “Intra- and inter-molecular electron transfer in proteins probed by labelled electrons with muons”, *RIKEN Rev.*, No. 27, pp. 15–17 (2000).

永嶺謙忠: “日本女子大学 教養特別講義 2 : 暮らしの中の素粒子物理”, *女子大通信*, No. 624, pp. 3–18 (2001).

口 頭 発 表 Oral Presentations

(国際会議等)

Nagamine K.: “High intensity muon source project at KEK and RIKEN-RAL and muon science research programs”, *KEK Int. Workshop on High Intensity Muon Sources*, Tsukuba, Dec. (1999).

Nakamura S. N.: “Measurement of the Fermi coupling constant”, *Int. Workshop on Muon Storage Ring for a Neutrino Factory (NuFACT’00)*, (Lawrence Berkeley National Laboratory), Monterey, USA, May (2000).

Nagamine K.: “Zero-energy muon cooling method for neutrino factory”, *Int. Workshop on Muon Storage Ring for a Neutrino Factory (NuFACT’00)*, (Lawrence Berkeley National Laboratory), Monterey, USA, May (2000).

Koike Y., Akoshima M., Aoyama M., Nishimaki K., Watanabe I., Ohira S., Higemoto W., and Nagamine K.: “ $\frac{1}{8}$ anomaly and stripes in the Bi-2212 and Y-123 phases”, *Int. Workshop on Superconductivity, Structure and Property Relationship for Applications of High-Temperature*, Matsue, June (2000).

Koike Y., Akoshima M., Aoyama M., Nishimaki K., Kawamata T., Adachi T., Noji H., Watanabe I., Ohira S., Higemoto W., Nagamine K., Kimura H., Hirota K., Yamada K., and Endoh Y.: “Impurity effect on the stripes in the La-124, Bi-2212 and Y-123 phases”, *Int. Symp. on Physics in Local Lattice Distortions (LLD2K)*, Tsukuba, July (2000).

Nagamine K.: “International collaboration on muon science research between RIKEN and Rutherford Apple-

ton Laboratory”, *Ceremony for the Signing of the New RIKEN/RAL 10-Year Agreement for Muon Science at ISIS*, Didcot, UK, Sept. (2000).

Bang H. J., Morishima S., Maruyama T., Akimoto K., Nomura M., and Yagi E.: “Growth and characterization of Tb doped GaN”, *Int. Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2000)*, (The Japan Society of Applied Physics), Nagoya, Sept. (2000).

Nagamine K.: “Contribution of muon catalyzed fusion to fusion energy development”, *18th IAEA Fusion Energy Conf.*, Sorrento, Italy, Oct. (2000).

Nagamine K.: “Growth of muon applied science”, *Joint US/Japan Workshop on New Initiative in Lepton Flavor Violation and Neutrino Oscillation with Very Intense Muon and Neutrino Sources*, (University of Hawaii), Honolulu, USA, Oct. (2000).

Strasser P., Matsuzaki T., and Nagamine K.: “Challenge towards muonic atom formation with unstable nuclei”, *Int. Symp. on Perspectives in Physics with Radioactive Isotope Beams 2000 (RIB00)*, (RIKEN, Center for Nuclear Study, University of Tokyo), Hayama, Nov. (2000).

Nagamine K.: “New life science studies with muon and radioactive nuclei”, *Int. Symp. on Perspectives in Physics with Radioactive Isotope Beams 2000 (RIB00)*, (RIKEN, Center for Nuclear Study, University of Tokyo), Hayama, Nov. (2000).

Fukaya A., Satooka J., Ito A., Nakajima K., Kakurai K., Nishiyama K., and Nagamine K.: “Magnetic field dependence of spin-glass freezing temperature in $\text{Mn}_{0.55}\text{Mg}_{0.45}\text{TiO}_3$ ”, *8th Joint MMM-Intermag Conf.*, (American Institute of Physics), San Antonio, USA, Jan. (2001).

Hashi K., Watanabe I., Oyamada A., and Nagamine K.: “ μ SR study on the heavy fermion compound YbSh ”, *8th Joint MMM-Intermag Conf.*, (American Institute of Physics), San Antonio, USA, Jan. (2001).

Nagamine K.: “Pioneering approach to radioactive muonic atoms”, *Radioactive Antiprotonic and Muonic Atoms*, (CERN), Geneva, Switzerland, Feb. (2001).

(国内会議)

永嶺謙忠: “蛋白質における電子伝達のミュオンでラベルされた電子による探索”, *理研シンポジウム「微視的プローブによる磁性研究の最前線:スピンの時間的空間的相関の観点から」*, 甲府, 10月 (1999).

永嶺謙忠, 渡邊功雄: “ μ SR法で見た“1/8問題”における未解決な問題”, *基礎理論関連動向調査研究会「ストライプ構造と擬ギャップ及び磁束状態と超伝導間結合」*, (金属材料研究所), つくば, 2月 (2000).

永嶺謙忠: “素粒子ミュオンを用いた新しい脳研究”, *Meeting for Ugo and Beatrice Palma’s Visit*, 和光, 3月 (2000).

永嶺謙忠: “不安定核ミュオン原子:生成への挑戦”, *「低エネルギー短寿命核ビームの科学」研究会*, (KEK), 田無, 3月 (2000).

永嶺謙忠: “ミュオン触媒核融合”, *未来エネルギー研究協会講演会*, 京都, 3月 (2000).

渡邊功雄, 和田信雄, 阿波賀邦夫, 大平聖子, 永嶺謙忠: “ミュオンスピン緩和法で見た, フラストレーション系の動的, 静的内部磁場”, 京都工芸繊維大学開学 100 周年創立 50 周年記念ワークショップ「フラストレーションとカイラル秩序」, 京都, 4 月 (2000).

永嶺謙忠: “ミュオン触媒核融合”, 理研シンポジウム「トリチウムを用いた科学とその技術」, 和光, 5 月 (2000).

松崎禎市郎: “理研-RAL ミュオン施設のトリチウムガス操作システム”, 理研シンポジウム「トリチウムを用いた科学とその技術」, 和光, 5 月 (2000).

永嶺謙忠: “素粒子ミュオンが触媒する核融合”, つくば講座 (新技術創出のための公開講座), (つくば研究支援センター), つくば, 6 月 (2000).

松崎禎市郎: “理研-RAL ミュオン施設におけるミュオン触媒核融合研究”, 電気化学会応用加速器及び関連技術研究会第 4 回定例研究会, 東京, 6 月 (2000).

森島進一, 方炯軒, 萩尾義知, 望月隆史, 丸山隆浩, 秋本克洋, 野村昌治, 八木栄一: “Eu ドープ GaN 中における Eu 赤色発光の濃度消光と周辺局所構造”, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 札幌, 9 月 (2000).

Strasser P., 松崎禎市郎, 永嶺謙忠: “Study on muon transfer reaction in solid deuterium films with implanted helium ions”, 日本物理学会第 55 回年次大会, 新潟, 9 月 (2000).

端健二郎, 渡邊功雄, 永嶺謙忠, 小山田明: “YbSb の μ SR”, 日本物理学会第 55 回年次大会, 新潟, 9 月 (2000).

堀木豪, 小山昭雄: “電子衝撃による a-Si からの反跳 H-原子シミュレーション (IV)”, 日本物理学会第 55 回年次大会, 新潟, 9 月 (2000).

永嶺謙忠: “暮らしのなかの素粒子物理”, 日本女子大学教養特別講義 2, 東京, 10 月 (2000).

八木栄一: “核反応チャネリング法による水素の状態分析”, 第 11 回水素と材料機能共同研究会, (日本金属学会), 東京, 11 月 (2000).

石田勝彦: “3 GeV 陽子による炭素標的でのパイオン・ミュオン生成シミュレーション”, 統合計画「ミュオン科学 2001」シンポジウム, (KEK, JEARI), つくば, 1 月 (2001).

松崎禎市郎: “ISIS のパイオン標的”, 統合計画「ミュオン科学 2001」シンポジウム, (KEK, JAERI), つくば, 1 月 (2001).

Strasser P., 松崎禎市郎, 永嶺謙忠: “Towards muonic atom formation with unstable nuclei at KEK/JAERI joint project”, 統合計画「ミュオン科学 2001」シンポジウム, (KEK, JEARI), つくば, 1 月 (2001).

Strasser P., 松崎禎市郎, 永嶺謙忠: “Towards unstable muonic atom formation”, 理研シンポジウム「第 5 回理研加速器による物性材料・原子物理・核物性・生物医学の研究」, 和光, 2 月 (2001).

八木栄一: “核反応チャネリング法による水素の状態分析技術の開発”, 構造材料の環境脆化における水素の機能に関するシンポジウム, (日本鉄鋼協会), 東京, 3 月 (2001).

端健二郎, 渡邊功雄, 永嶺謙忠, 小山田明: “Yb モノプニクタイトの μ SR”, 日本物理学会第 56 回年次大会, 八王子, 3 月 (2001).

堀木豪, 小山昭雄: “電子衝撃による a-Si からの反跳 H-原

子シミュレーション”, 日本物理学会第 56 回年次大会, 八王子, 3 月 (2001).

石田勝彦, 永嶺謙忠, 松崎禎市郎, 中村哲, 河村成肇, 松田恭幸, 坂元眞一, 棚瀬正和, 加藤岑生, 須貝宏行, 工藤勝久, 武田直人, Eaton G. H.: “理研-RAL ミュオン施設における DT 系ミュオン触媒核融合実験: 非平衡効果”, 日本物理学会第 56 回年次大会, 八王子, 3 月 (2001).

松崎禎市郎, 永嶺謙忠, 石田勝彦, 河村成肇, 松田恭幸, 中村哲, 棚瀬正和, 加藤岑生, 須貝宏行, 工藤勝久, 武田直人, Eaton G. H.: “理研-RAL ミュオン施設における t-t ミュオン触媒核融合実験: 核融合中性子エネルギー分布”, 日本物理学会第 56 回年次大会, 八王子, 3 月 (2001).

Research Subjects and Members of Muon Science Laboratory

1. Condensed Matter Physics, Materials Science, and Energy Research with Muons
2. Crystalline Structure Studies of Metals and Metallic Alloys
3. Electronic Structure Studies of Metals, Alloys, and Synthetic Metals

Head

Dr. Kanetada NAGAMINE

Members

Dr. Teiichiro MATSUZAKI

Dr. Akio KOYAMA

Dr. Katsuhiko ISHIDA

Dr. Isao WATANABE

Dr. Satoshi NAKAMURA

Dr. Yasuyuki MATSUDA

Dr. Naritoshi KAWAMURA^{*1}

Dr. Kenjiro HASHI^{*1}

Dr. Seiko OOHIRA^{*1}

Dr. Hongli Liu^{*2}

Dr. Patrick STRASSER^{*3}

Dr. Akira MATSUSHITA^{*3}

^{*1} Special Postdoctoral Researcher

^{*2} RIKEN Fellow

^{*3} Contract Researcher

Visiting Members

Prof. Devashibhai ADROJA (Fac. Sci., Hiroshima Univ.)

Prof. Yoshitami AJIRO (Fac. Sci., Kyushu Univ.)

Prof. Jun AKIMITSU (Coll. Sci. Eng., Aoyama Gakuin Univ.)

Prof. Katsuhiko AKIMOTO (Inst. Mater. Sci., Univ. Tsukuba)

Dr. Megumi AKOSHIMA (Fac. Eng., Tohoku Univ.)

Prof. Juichiro ARAI (Sci. Univ. Tokyo)
 Prof. Kichizo ASAI (Univ. Electro-Commun.)
 Prof. Kunio AWAGA (Grad. Sch. Arts Sci., Univ. Tokyo)
 Dr. Pavel BAKULE
 Prof. N. Ludmila BOGDANOVA (Inst. Theor. Exptl. Phys., Russia)
 Dr. Tina M. BRIERRE (KEK)
 Dr. Douglas H. BROWN (KEK)
 Prof. Prasad Tara DAS (State Univ. New York, USA)
 Prof. Manabu FUJIOKA (Cycl. Radioisot. Cen., Tohoku Univ.)
 Dr. Atsuko FUKAYA
 Prof. Kenji FUKUSHIMA
 Dr. Wataru HIGEMOTO (KEK)
 Dr. Emiko HIYAMA (KEK)
 Dr. Morihiro HONDA (Inst. Cosmic Ray Res., Univ. Tokyo)
 Prof. Susumu IKEDA (KEK)
 Prof. Atsuko ITO
 Prof. Masahiko IWASAKI (Dept. Phys., Tokyo Inst. Technol.)
 Prof. Ryosuke KADONO (KEK)
 Prof. Masayasu KAMIMURA (Fac. Sci., Kyushu Univ.)
 Dr. Mineo KATO (JAERI, Tokai Res. Estab.)
 Dr. Yasushi KINO (Fac. Sci., Tohoku Univ.)
 Prof. Youji KOIKE (Fac. Eng., Tohoku Univ.)
 Dr. Vemuru KRISHNAMURTHY
 Prof. Yoshitaka KUNO (Fac. Sci., Osaka Univ.)
 Dr. Kiyoyuki KUROSAWA (JAERI, Tokai Res. Estab.)
 Dr. Roderick MACKRAE (Notre Dame Radiat. Lab., USA)
 Mr. Syunsuke MAKIMURA (KEK)
 Dr. Goro MARUTA (KEK)
 Prof. Mamoru MEKATA (Fac. Eng., Fukui Univ.)
 Prof. Tadanori MINAMISONO (Fac. Sci., Osaka Univ.)

Prof. Yasuhiro MIYAKE (KEK)
 Prof. Yoshihito MIYAKO (Fac. Sci., Osaka Univ.)
 Dr. Takashi MOCHIKU (Natl. Res. Inst. Metals)
 Prof. Masato MORITA (Fac. Sci., Josai Univ.)
 Prof. Reiko MORITA (Josai Jr. Coll. Women)
 Prof. Nobuhiko NISHIDA (Fac. Sci., Tokyo Inst. Tech.)
 Prof. Kusuo NISHIYAMA (KEK)
 Dr. Francis L. PRATT
 Prof. Leonid I. PONOMAREV (Kurchatov Inst., Russia)
 Dr. Shinichi SAKAMOTO (KEK)
 Dr. Kazuhiko SATO (Fac. Sci., Saitama Univ.)
 Dr. Koichiro SHIMOMURA (KEK)
 Prof. Vyacheslav G. STORCHAK (Kurchatov Inst., Russia)
 Dr. Hiroyuki SUGAI (JAERI, Tokai Res. Estab.)
 Prof. Toshiro TAKABATAKE (Grad. Sch. Adv. Sci. Matter, Hiroshima Univ.)
 Dr. Keiji TAKEDA (Hokkaido Univ.)
 Prof. Masashi TAKIGAWA (Inst. Solid State Phys.)
 Dr. Masakazu TANASE (JAERI, Tokai Res. Estab.)
 Mr. Dai TOMONO (Fac. Sci., Tokyo Inst. Tech.)
 Prof. Eiko TORIKAI (Fac. Eng., Yamanashi Univ.)
 Mr. Akihisa TOYODA (Fac. Sci., Univ. Tokyo)
 Prof. Kazuo UEDA (Inst. Solid State Phys.)
 Dr. Kazunori UMEO (Fac. Sci., Hiroshima Univ.)
 Prof. Nobuo WADA (Grad. Sch. Arts Sci., Univ. Tokyo)
 Prof. Tsutomu WATANABE (Fac. Gen. Art., ICU)
 Dr. Eiichi YAGI
 Prof. Kazuyoshi YAMADA (Inst. Chem. Res., Kyoto Univ.)

Trainees

Mr. Hiroyuki TANAKA (Fac. Sci., Nagoya Univ.)
 Mr. Haruo MIYADERA (Fac. Sci, Univ. Tokyo)