

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20550068

研究課題名（和文） 生体内のナノサイズスイッチの先端計測手法による機構解明

研究課題名（英文） The mechanistic study of the nano-size switch in bio-system by advanced synchrotron method.

研究代表者：大胡 恵樹 (OHGO YOSHIKI)

東邦大学・医学部・准教授

研究者番号：40287496

研究成果の概要（和文）：

ヘムタンパク質のモデル化合物である環状テトラピロール類鉄錯体の配位子場をコントロールすることにより、様々な電子状態を作り出し、そのメカニズムに関して、放射光 X 線をはじめとする様々な先端計測手法により追跡した。これらの化合物の外部刺激に対する応答性についても検討を行い、いくつかの化合物は、熱、光、圧力などに応答し、構造変化を伴って非常に興味深い磁性のスイッチング挙動を示すことを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

The functional mechanisms of the model complexes of the naturally occurring heme proteins are studied by synchrotron X-ray structure analysis, and other advanced analytical methods. Some of these complexes showed quite interesting switching behavior of the magnetism that respond to the external stimuli such as temperature, light, and physical pressure.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：基礎化学・無機化学

キーワード：生物無機化学

1. 研究開始当初の背景

ヘムタンパク質の活性中心に存在するポルフィリン鉄錯体は生体の多様な機能発現に関与している。通常、鉄(III)錯体は高スピン($S=5/2$)中間スピン($S=3/2$)低スピン($S=1/2$)の3つのスピン状態をとることが可能である。この機能発現の過程の中でヘムタンパク質は中心金属の鉄(III)と周辺の配位子(配位原子)との間の相互作用により①スピン状態のスイッチング②電子配置のスイッチングを

行なっている。研究開始当初は、この生体の中に存在するいわばナノサイズの分子スイッチの作動のメカニズムにはヘムの非平面化が関わっていることが申請者らの研究によって明らかになりつつあった。

2. 研究の目的

本研究の目的は第三世代の強力な放射光を用いることによって飛躍的に精度の上昇した精密 X 線構造解析(電子密度解析)を行う

ことにより生体へムタンパク質のモデル錯体の鉄(III)の d 軌道電子とポルフィリンの π 軌道、及び軸配位子との間の電子的な相互作用を直接的かつ定量的に観測することである。SPring-8 や KEK, PF-AR 等の高輝度の X 線を用いる電子密度分布解析を用いて、より直接的に電子密度およびスピン密度の両方を見る研究を行なう。これらの先端計測手法を駆使することにより、磁性と電子密度を追跡可能な新しい手法を開発し確立することを目的とした。

3. 研究の方法

電子状態のスイッチングを行なう錯体の合成を行い、分光学的、磁氣的性質を明らかにし、構造を決定した後に、放射光実験による電子密度の詳細な検討や分光学的手法、磁氣的手法によってへムモデル錯体の電子状態の解明及び、へムタンパク質の機能発現のメカニズムを追跡する。

- (1) **電子配置のスイッチングを行なう錯体の合成**：中心金属周辺の cavity が小さく、メソ位に電子吸引力から電子供与性の置換基を導入した一連の非平面化ポルフィリン及びポルフィリン類縁体鉄(III)錯体を合成する。
- (2) **NMR 測定**：種々の軸配位子を持つ 6 配位錯体の ^1H NMR および ^{13}C NMR の温度可変測定を行い、Curie plots をとる。この結果に基づいて、これらの錯体の溶液中での電子配置の変化の挙動を明らかにする。
- (3) **有効磁気モーメントの測定**：ジクロロメタン溶液中、Evans 法を用いることにより錯体の有効磁気モーメントの測定を -100 から $+40$ の範囲で測定する。この測定により、溶液中におけるスピントロニック挙動を明らかにする。
- (4) **EPR 測定**：スピントロニック錯体については、低温でどのような電子配置を持つ低スピン錯体に変化するかを EPR スペクトルにより確認する。axial type のスペクトルが得られれば、 $S=1/2(d_{xy})$ であり、rhombic type のスペクトルが得られれば $S=1/2(d_{xz})$ であることになる。
- (5) **固体物性**：スピン状態変化の挙動を追跡するため SQUID や Mössbauer スペクトルの測定を行う。また固体 EPR スペクトルも測定する。これらのデータを溶液中での NMR や EPR データと比較検討する。
- (6) **X 線結晶構造解析**：本研究では電子密度解析により電子密度を実験的に明らかにすることを目的とするが、得られたデータが分光学的なデータと矛盾

なく一致するかどうかを確かめるためには上述の分光学的データと X 線結晶構造から得られる geometric factor が必要である。また、放射光測定を行なう為の予備実験や、実験室系での精密解析も同時に行なう。装置は Bruker SMART APEX II(本学複合物性センター所有)、Rigaku RAXIS Rapid-II(本学医学部所有)Rigaku VariMax 極微小結晶用単結晶構造解析装置(RIKEN 先端技術開発支援センター構造解析チーム所有)を用いる。

- (7) **電子密度分布解析**：電子配置の変換に伴って、P (ポルフィリン) M (金属) L (軸配位子) 間での電子伝達の方向と経路が影響を受けると考えられる。電子移動の経路と方向には $P \rightarrow M(\sigma, \pi\text{-donation})$, $M \rightarrow P(\pi\text{-back donation})$, $L \rightarrow M(\sigma, \pi\text{-donation})$, $M \rightarrow L(\pi\text{-back donation})$ があるが、計算による結果は報告されているが、精度の高い実験的なデータは殆ど報告がなく、分光学的な手法では明らかにすることが難しい。実験的電子密度解析を行い、鉄の各軌道ある電子の占有率を定量的に求め、この結果からポルフィリンの分子軌道と鉄 d 軌道間の相互作用に関して考察する。電子密度解析を行なうことにより、スピン状態変化に伴う $d_{\pi}\text{-}p_{\pi}$ 相互作用の変化を明らかにする。電子密度分布解析には非常に分解能の高いデータ ($\sin\theta/\lambda \geq 1.2 \text{ \AA}^{-1}$)が必要であり、加えて吸収や消衰効果の影響を小さくする必要がある。このため、本実験には放射光で得られる高エネルギー、高エネルギー分解能、高輝度の X 線が不可欠である。

4. 研究成果

へムモデル鉄錯体を用いて、これまで前例のない生体へムタンパク質のもつ磁性のスイッチング機構 (スピントロニック) を明らかにし、さらに温度、圧力、電場、光などの外部刺激によって容易にコントロールすることが可能であることを明らかにした。

- (1) 電子配置のスイッチングを行なうポルフィリン類縁体鉄(III)錯体 (ポルフィリン, ポルフィセン, コルフィセン等) の合成を行った。
- (2) 合成したポルフィリン類縁化合物に種々の軸配位子を配位させ、 ^1H NMR および ^{13}C NMR の温度可変測定を行い、Curie plots をとったところ、スピン状態、電子配置が温度によって変化する化合物があることが明らかになった。
- (3) これらの錯体に関して、極低温において EPR 測定を行い、スピン状態の変化を EPR スペクトルにより確認し

た。その結果、スピנקロスオーバーだけでなく、電子配置変換挙動を示す錯体があることが判明した。

- (4) 固体サンプルにおけるスピン状態変化の挙動を追跡するため SQUID や Mössbauer スペクトルの測定を行った。光応答性や圧力応答性に関して SQUID にて追跡を行い、特に圧力応答性があることが明らかになった。
- (5) 単結晶構造解析装置を用いて、前述の錯体の分子構造、結晶構造を明らかにした。電子配置変換と分子構造の相関に関して、知見を得ることに成功した。
- (6) 放射光 (KEK PF-AR, SPring-8) において測定したデータを用いて電子密度分布解析を行なった。配位子場の対称性を変化させたことに伴い、鉄とポルフィリン類縁体の π 電子との相互作用が変化していることが明らかになった。この結果より、ヘムタンパク質の機能調節のメカニズムに関連する知見が得られた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① A. Tozuka, Y. Ohgo, A. Ikezaki, M. Taniguchi, M. Nakamura: Electronic Structure of Highly Ruffled Low-Spin Iron(III) Porphyrinates with Electron Withdrawing Heptafluoropropyl Groups at the meso Positions, *Inorganic Chemistry*, **49**, 10400-10408, 2010. (査読有)
- ② M. Nakamura, Y. Ohgo, A. Ikezaki, S. Kouno: Regulation of heme electronic structure by means of axial ligand and core modification., *J. Biol. Inorg. Chem.* (2009), 14(Suppl. 1):S128(査読有)
- ③ Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: Isocyanide probe for the determination of the electronic structure in iron(III) porphyrinoids. *J. Biol. Inorg. Chem.* (2009), 14(Suppl. 1):S229(査読有)
- ④ A. Ikezaki, Y. Ohgo, M. Nakamura, NMR studies on the electronic structure of one-electron oxidized complexes of iron(III) porphyrinates. *Coordination Chemistry Reviews* (2009), 253(15-16), 2056-2069. (査読有)
- ⑤ 大胡恵樹, 橋爪大輔, 根矢三郎, 中村幹夫: IUCr2008 特集 一鉄(III)ポルフィリン類縁化合物におけるスピנקロスオーバートラ

イアングル (MS31) 日本結晶学会誌 **51**: 62-64, 2009(査読有)

- ⑥ 大胡恵樹: ヘム: 生体内のナノサイズスイッチ, *東邦医学会雑誌* **55**, 223-226, 2008(査読有)
- ⑦ K. Nakamura, A. Ikezaki, Y. Ohgo, T. Ikeue, S. Neya, M. Nakamura: Electronic Structure of Six-Coordinate Iron(III) Monoazaporphyrins. *Inorganic Chemistry*, **47**, 10299-10307, 2008. (査読有)
- ⑧ A. Ikezaki, Y. Ohgo, T. Watanabe, M. Nakamura: Factors that stabilize the $(d_{xz}, d_{yz})^3(d_{xy})^1(d_{z^2})^1$ electron configuration in iron(III) porphyrinates: A case of bis(benzaldehyde) complex. *Inorganic Chemistry Communications*, **11**, 1198-1201, 2008. (査読有)
- ⑨ H. Eguchi, Y. Ohgo, A. Ikezaki, S. Neya, M. Nakamura: Bis(1-methylimidazole) Complex of Iron(III) Oxypyriporphyrin Adopting an Intermediate-spin State. *Chem Lett*, **37**, 768-769, 2008. (査読有)
- ⑩ M. Nakamura, Y. Ohgo, A. Ikezaki: Electronic ground state of low-spin iron(III) porphyrinoids. *J Inorg Biochem*, **102**, 433-445, 2008 (Review) (査読有)
- ⑪ S. Neya, A. Takahashi, H. Ode, T. Hoshino, M. Hata, A. Ikezaki, Y. Ohgo, M. Takahashi, H. Hiramatsu, T. Kitagawa, Y. Furutani, V. A. Lórentz-Fonfría, H. Kandori, N. Funasaki, M. Nakamura: Electronic properties in a five-coordinate azido complex of nonplanar iron(III) porphyrin: revisiting to quantum mechanical spin admixing. *Bull Chem Soc Jpn*, **81**, 136-141, 2008. (査読有)

[学会発表] (計 50 件)

1. 大胡恵樹: 配位子場と外部刺激に基づくヘムの電子状態のチューニング, 第 12 回メスバウアー分光研究会シンポジウム, 東京大学工学部, 東京都, 2011. 3. 25 (招待講演)
2. 大胡恵樹, 橋爪大輔, 高橋一志, 森初果, 速水真也, 藤原基靖, 根矢三郎, 生天目由紀子, 中村幹夫: 外部刺激応答型の新規機能性ヘム, 感染症・免疫難病の先進医療開発 平成 22 年度 事業報告会, 東邦大学, 東京都, 2011. 3. 25
3. Y. Ohgo, D. Hashizume, Y. Harada, M. Nakamura: Approaches toward the Heme

- Electronic Structure., Pacificchem 2010, Honolulu, Hawaii, USA, 2010.12.18
(Invited Lecture)
4. A. Tozuka, M. Taniguchi, S. Kouno, A. Ikezaki, Y. Ohgo, M. Nakamura: Electronic structure of highly ruffled low spin iron(III) porphyrinates with electron withdrawing heptafluoropropyl groups at the meso positions, Pacificchem 2010, Honolulu, Hawaii, USA, 2010.12.19
 5. A. Ikezaki, J. Ono, Y. Ohgo, M. Nakamura: Seeking the low-spin iron(III) porphyrinoids with the purest $(d_{xz}, d_{yz})^4 (d_{xy})^1$ ground state., Pacificchem 2010, Honolulu, Hawaii, USA, 2010.12.19
 6. 大胡恵樹:ヘムモデルの異常な外部刺激応答性, 第4回東北大学G-COE研究会「金属錯体の固体物性科学最前線-錯体化学と固体物性物理と生物物性の連携新領域創成を目指して-」, 東北大学理学部, 宮城県, 2010. 12. 4
 7. 大胡恵樹, 橋爪大輔, 高橋一志, 森初果, 速水真也, 根矢三郎, 中村幹夫:ヘム錯体の外部刺激応答性, 平成22年度日本結晶学会年会, 大阪大学コンベンションセンター, 大阪府, 2010. 12. 3
 8. A. Tozuka, A. Ikezaki, Y. Ohgo, M. Nakamura: Electronic structure of highly ruffled low-spin iron (III) porphyrinates with electron withdrawing heptafluoropropyl groups at the meso positions., The 4th High-Tech Research Center Symposium, Toho University, Chiba, Japan, 2010. 11. 27
 9. A. Tozuka, Y. Ohgo, A. Ikezaki, M. Taniguchi, M. Nakamura: Electronic structure of highly ruffled low-spin iron(III) porphyrinates with electron withdrawing heptafluoropropyl groups at the meso positions, 7th Joint Academic Meeting of the three Faculties of Toho University, Toho University, Chiba, Japan, 2010. 10. 9
 10. M. Nakamura, Y. Ohgo, A. Ikezaki, M. Takahashi: Heme Electronic Structure as Studied by NMR, EPR, and Mossbauer Spectroscopy, 7th Joint Academic Meeting of the three Faculties of Toho University, Toho University, Chiba, Japan, 2010.10.9
 11. S. Kouno, A. Ikezaki, Y. Ohgo, M. Nakamura: Spin-spin interactions in iron(III) porphyrin radical cations with ruffled and saddled structure, 7th Joint Academic Meeting of the three Faculties of Toho University, Toho University, Chiba, Japan, 2010. 10. 9
 12. Y. Ohgo, D. Hashizume, K. Takahashi, H. Mori, S. Hayami, S. Neya, M. Nakamura: Exploration and Utilization of Heme Electronic Structure, 60th Conference on Coordination Chemistry, Osaka, Japan, 2010. 9.27
 13. ○戸塚瑛, 谷口美代子, 大胡恵樹, 池崎章, 中村幹夫:メソ位に嵩高い電子吸引基を持つラッフル変形した低スピン-鉄(III)ポルフィリン錯体の電子構造, 第60回錯体化学討論会, 大阪国際交流センター, 大阪府, 2010. 9. 27
 14. ○河野壮平, 大胡恵樹, 池崎章, 中村幹夫:ポルフィリン鉄(III)ラジカルカチオンにおける軌道間相互作用, 第60回錯体化学討論会, 大阪国際交流センター, 大阪府, 2010. 9. 27
 15. 大胡恵樹:ヘムの電子状態と外部刺激応答性, 第一回 碧き山の会 "新しい分子科学と放射光I", 青山学院大学相模原キャンパス, 神奈川県, 2010. 9.4 (**招待講演**)
 16. M. Nakamura, A. Ikezaki, Y. Ohgo, M. Takahashi, Observation of an Extremely Labile Spin State in Mono(Imidazole) and Related Complexes of Iron(III) Porphyrinates, 6th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines, Santa Ana Pueblo, USA, 2010.7.8 (**Keynote Lecture**)
 17. A. Ikezaki, J. Ono, Y. Ohgo, M. Nakamura: Synthesis and Electronic Structure of Low-Spin Iron(III) meso-Tetraalkylchlorin Complexes, 6th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines, Santa Ana Pueblo, USA, 2010. 7.8
 18. Y. Ohgo, D. Hashizume, K. Takahashi, H. Mori, S. Hayami, S. Neya, M. Nakamura : Response of the d_{π} - p_{π} Interaction to the Environmental Stimuli in Iron(III) Heme, 6th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines, Santa Ana Pueblo, USA, 2010. 7.7
 19. 大胡恵樹:生体ヘムを模倣した外部刺激応答型機能性物質の創成, 第22回超分

- 子創製セミナー, 立命館大学総合理工学院薬学部薬学科, 滋賀県, 2010. 6. 18 (招待講演)
20. 大胡恵樹: ポルフィリン類縁体モデルを用いたヘムの電子状態の解明, 第4回生物物質科学フォーラム, 北陸先端大東京サテライトキャンパス, 東京都, 2010. 5. 26 (招待講演)
 21. 大胡恵樹: ヘムの電子状態の探索, 模倣と応用, 第11回生体分子科学コロキウム, いばらき量子ビーム研究センター, 茨城県, 2010. 5. 12 (招待講演)
 22. 大胡恵樹: 環境刺激に応答するヘムの機能, 第2回「感染症・免疫難病の先進医療技術開発」事業報告会, 東邦大学, 東京都, 2010. 3. 25
 23. M. Nakamura, Y. Ohgo, A. Ikezaki, M. Takahashi: Spin crossover in saddle shaped ferric porphyrinates., 239th American Chemical Society National Meeting, San Francisco, USA, 2010. 3. 23 (Invited Lecture)
 24. 大胡恵樹: ヘムの分子構造, 電子構造のデザイン及び, 空間制御による新規環境刺激応答型機能性物質の創成, 分子研研究会: 分子集合系におけるポテンシャル空間の制御～その錯体化学的アプローチ～, 分子科学研究所, 愛知県, 2010. 2.20 (招待講演)
 25. 大胡恵樹: 環境刺激応答によるヘムの電子状態制御, 第3回東北大学G-COE研究会「金属錯体の固体物性科学最前線-錯体化学と固体物性物理と生物物性の連携新領域創成を目指して-」, 東北大学理学部, 宮城県, 2009. 12.19 (招待講演)
 26. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: Biomimetic approach to the development of switching materials with iron(III) porphyrinoids., International Symposium on "Multifunctional Organic Materials and Devices", Funabashi, Chiba, 2009. 12.12
 27. M. Nakamura, Y. Ohgo, A. Ikezaki, M. Takahashi: Switchable spin states in deformed iron(III) porphyrin complexes., International Symposium on Multifunctional Organic Materials and Devices, Funabashi, Japan, 2009. 12.12
 28. 大胡恵樹: 生体ヘムタンパク質のメカニズムを利用した環境応答型機能性物質の開発, 熊本大学大学院自然科学研究科セミナー, 熊本大学理学部, 熊本県, 2009. 11.16 (招待講演)
 29. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: Electron configuration cross over behavior in iron(III) porphyrinoids., 2nd ACCC, Nanjing, China, 2009. 11.3
 30. M. Nakamura, Y. Ohgo, A. Ikezaki, M. Takahashi: Regulation of heme electronic structure by means of axial ligands and porphyrin deformation. 10th International Symposium on Applied Bioinorganic Chemistry, Debrecen, Hungary, 2009. 9.27 (Invited Lecture)
 31. 大胡恵樹, 根矢三郎, 高橋正, 橋爪大輔, 中村幹夫: ポルフィリン類縁鉄(III)錯体の電子配置の温度依存性, 第59回錯体化学討論会, 長崎大学, 長崎県, 2009. 9. 27
 32. 池崎章, 大胡恵樹, 中村幹夫: 異常な電子状態を有する大きなラッフル変形ポルフィリン鉄錯体, 第59回錯体化学討論会, 長崎大学, 長崎県, 2009. 9. 26
 33. 河野壮平, 池崎章, 大胡恵樹, 中村幹夫: 非平面ポルフィリン鉄(III)錯体の1電子酸化生成物におけるスピン-スピン相互作用, 第59回錯体化学討論会, 長崎大学, 長崎, 2009. 9. 25
 34. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: External Stimulation Response of the Heme Electronic Structure, 7th China Japan Cross Science Symposium, Fuzhou, Jiangxi, China, 2009. 9.24 (Invited Lecture)
 35. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: Unusual Switching Behavior Among Electron Configurations in Iron(III) Porphyrinoids., 42nd IUPAC, Glasgow, UK, 2009. 8.3
 36. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: Isocyanide Probe for the Determination of the Electronic Structure in Iron(III) Porphyrinoids., ICBIC14, Nagoya, Japan, 2009. 7.27
 37. M. Nakamura, A. Ikezaki, Y. Ohgo, S. Kouno: Regulation of heme electronic structure by means of axial ligand and core modification, ICBIC14, Nagoya, Japan,

2009. 7.26
38. M. Nakamura, A. Ikezaki, Y. Ohgo, S. Kouno: Electronic Structure of One Electron Oxidized Products of Iron(III) Porphyrinates., 2nd Georgian Bay International Conference on Bioinorganic Chemistry, Parry Sound, Ontario, Canada, 2009. 5.28 (**Invited Lecture**)
39. 大胡恵樹: 先進構造解析手法を用いたヘムの電子状態解明と機能性材料化に対するアプローチ, 慶応義塾大学理工学部セミナー, 慶応義塾大学日吉キャンパス, 神奈川県, 2009. 5.10 (**招待講演**)
40. ○大胡恵樹: 放射光を用いたヘムタンパク質モデルの構造解析手法の開発, 第1回感染症・免疫難病の先進医療技術開発」事業報告会, 東邦大学, 東京都, 2009. 3. 25
41. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, A. Hoshino, K. Nakamura, S. Kouno, M. Nakamura: The importance of the NMR chemical shift and frontier orbital theory in the determination of electronic structure of heme. Symposium of Quantum Biological Molecular Science, Mito, 2009.2.20 (**Invited Lecture**)
42. 大胡恵樹: 磁性評価における放射光粉末構造解析の必要性, 第6回有機・粉末結晶構造解析研究会, 東邦大学, 東京都, 2009. 1. 30 (**招待講演**)
43. ○大胡恵樹: ヘムタンパク質の機能発現のメカニズムと電子状態の解明, 第2回東邦大学 3 学部合同学術集会, 東邦大学, 東京都, 2008. 11. 29
44. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: The Electron Configuration Crossover Behavior Observed in a Single Molecule. CJCSS-6, Zhengzhou, China, 2008. 10. 24 (**Invited Lecture**)
45. ○大胡恵樹: ヘムモデル鉄(III)錯体のスピנקロスオーバートライアングルと電子配置変換挙動, 第2回東邦大学複合物性研究センターシンポジウム 新規多機能有機材料の創成と評価(文部科学省ハイテク・リサーチ・センター整備事業), 東邦大学, 千葉県, 2008. 10. 10
46. ○河野壮平, 星野哲人, 池崎章, 大胡恵樹, 中村幹夫: サドル型ポルフィリン鉄錯体における鉄-ポルフィリン軌道間相互作用, 第58回錯体化学討論会, 金沢大学, 石川県, 2008. 9. 20
47. ○大胡恵樹, 江口創, 中村賢一郎, 池崎章, 根矢三郎, 高橋正, 橋爪大輔, 中村幹夫: ポルフィリン類縁体鉄(III)錯体のスピנקロスオーバー及び電子配置変換挙動, 第58回錯体化学討論会, 金沢大学, 石川県, 2008. 9. 20
48. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: The Spin-crossover Triangle in the Iron(III) Porphyrinoids. 3rd International Minisymposium on Coordination Chemistry for Advanced Materials, Kanagawa, 2008.9.18 (**Invited Lecture**)
49. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: The Spin-crossover Triangle in the Iron(III) Porphyrinoids, IUCr2008 XXI Congress and General Assembly of the International Union of Crystallography, Osaka, 2008. 8.26 (**Invited Lecture**).
50. M. Nakamura, Y. Ohgo, A. Ikezaki: Unusual electronic structure in iron(III) porphyrinates and their oxidized product., 38th International Conference on Coordination Chemistry 2008.7.23, Jerusalem, Israel, (**Invited lecture**)
51. Y. Ohgo, S. Neya, D. Hashizume, M. Nakamura: The Spin-crossover Processes Observed in the 6-Coordinated Iron(III) Porphyrinoid Complexes., ICPP5, Moscow, Russia, 2008. 7.10.
- [図書] (計 1 件)
- ① M. Nakamura, Y. Ohgo, A. Ikezaki: Electronic and Magnetic Structures of Iron Porphyrin Complexes, Handbook of the Porphyrin Science, Kadish, K. M.; Smith, K. M.; Guilard, R. Eds. World Scientific Publishing Co Inc, Singapore, 2010. 6; Vol. 7, Chapter 1, 1-146.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
大胡 恵樹 (OHGO YOSHIKI)
東邦大学・医学部・准教授
研究者番号: 40287496
- (2) 研究分担者
該当無し
- (3) 連携研究者
該当無し