

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：11301

研究種目：新学術領域研究

研究期間：2008 ～ 2012

課題番号：20118001

研究課題名（和文） ATP のエネルギー総括研究

研究課題名（英文） Organizing study of ATP energy research project

研究代表者 鈴木 誠 (SUZUKI MAKOTO)

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：60282109

研究成果の概要（和文）：

「ATPのエネルギーとは何か？」この根本課題に対し計画研究と公募研究を合わせて延べ43大学・研究機関のメンバーが参画して取り組んだ。本総括研究は、領域会議・研究会等を毎年開催しメンバーの意思統一と共同研究の推進を図り、数多くの共著論文として結実した。さらに若手育成にも力を入れ、国際面でも国際シンポジウム等を開催し海外研究者との交流を深めた。アウトリーチとして、サイエンスカフェ・公開シンポジウム・公開講座・ホームページ等により最新の情報提供を行ってきた。

研究成果の概要（英文）：

“What is ATP energy?” Total of 43 universities and research organizations were gathered to find the answer for this question. By holding symposia and meetings every year, this organizing research board brings various researchers in one place, or virtually, and promote cooperative researches, which ended with many collaborative papers. This area try to develop young researchers and also to transmit our activities to overseas researchers by holding international symposia. We provide those information through Science-Café, Open-symposium, Open-course and web as outreach activities to the general public.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009 年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2010 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2011 年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2012 年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
総計	17,700,000	5,310,000	23,010,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・生物物理・化学物理

キーワード：①ATP エネルギー ②タンパク質の水和 ③ATP 加水分解反応 ④ATP 駆動タンパク質 ⑤水和エントロピー ⑥溶媒和 ⑦自由エネルギー ⑧ハイパーモバイル水

## 1. 研究開始当初の背景

ATP（アデノシン三リン酸）は生命系のエネルギーの供給と需要の媒体であるが、その有

効性、すなわち、ATP 加水分解にともなう大きな自由エネルギー変化の起源に関する分子論は未確立である。本領域は、この生命科

学のみならず自然科学としても根源的な課題に対して取り組むために、生命系存続の環境母体である「水」を主役とした新しいエネルギー論の分子的基盤構築を目指し、既存の概念にとらわれない学際的研究領域を新たに開拓する。このためには、異なる分野の「融合」による新たな方法論の展開と次世代育成が不可欠である。そこで、総括班としては計画研究のほかに幅広い分野からのユニークの公募研究を糾合して、理論的研究と実験的研究とを緊密に組織化して推進することとした。

2. 研究の目的：本領域は生命系存続の環境母体である「水」を主役とした新しいエネルギー論の分子的基盤、ATP 加水分解に伴う大きな自由エネルギー変化の起源に関する分子論構築を目指し、既存の概念にとらわれない学際的研究領域を新たに開拓する。この為には異なる分野の「融合」による新たな方法論の展開と次世代育成が不可欠である。そこで、総括班としては、計画研究のほかに幅広い分野からのユニークな公募研究を糾合して理論的研究と実験的研究とを緊密に組織化して推進した。

### 3. 研究の方法

領域研究の円滑な目標実現に向け、領域会議と研究会を毎年開催し、メンバー個々の研究基盤の相互理解を深め、領域目標の共有と共同研究を推進した。若手育成にも力を入れ、領域会議や領域で開催するシンポジウム・ワークショップ・国際シンポジウムを通して海外研究者との交流を進め、情報発信としてホームページによる最新の情報提供を行った。またアウトリーチ活動として、サイエンスカフェ、公開講座、公開シンポジウム、日本生物物理学会における年会シンポジウムの開催を通して、本領域研究の成果を発信した。

4. 研究成果：研究領域の研究全体としての推進、企画調整、自己評価、研究支援活動等を行ってきた。①領域全体をバーチャルラボ耐性として進める一環として領域内メンバー間の共同研究を推進、②公募研究の重視として、特に計画研究メンバーとの連携や共同研究を推進した。計画研究メンバー間、及び計画研究メンバーとそれだけでカバーできない重要課題、斬新な課題あるいは地味でも重要な研究に取り組む公募研究との連携は、ほとんどの計画研究メンバーが実施し機動的に作用したといえる。③若手育成として、博士研究員が本領域研究の実施を通して力をつけ助教等のプロモーションを得ている。④成果の発信。これらの企画と実施かた本領域研究メンバーの成果について、web を通じて公開発信した。本領域研究による、成果概要を以下にまとめる。

- (1) ATP 加水分解反応の自由エネルギー変化と水の役割に関する理論的成果：気相中の反応の量子計算は世界的にも高い精度で実施できているが、反応物質と生成物質の水和自由エネルギー計算の信頼できる評価（松林）が可能になった。また水中における分子構造の計算において、水分子との相互作用を取り込んだ電子密度ゆらぎを考慮した精度の高い評価法（高橋英明、松林）を確立した。実験面では、ATP 等リン酸系分子の水和特性（鈴木）が明らかになった。リン酸系分子の水和特性で検出されたハイパーモバイル水（HMW）に関して、理論面では荷電粒子周りの水の回転エントロピー密度が粒子の大きさと荷電状態によりバルクより高い領域が発生（木下）すること、またイオン周りの大規模 MD により、水分子分極間相互相関項によって、バルク水より速い緩和が発生すること（秋山・松林・鈴木）が明らかになった。これらの結果、この課題の解決に向け大きく前進した。
- (2) スクレオチドとタンパク質の結合：結合構造の中性子線構造解析（新村）により、スクレオチド結合部の水の配置・配向構造が解かれた。理論面では、大規模 MD（高野）によりミオシン S1 への ATP 結合に伴う構造変化と周りの水への影響を解明。ABC-transporter の大規模 MD と 3D-RISM を組み合わせた解析により、結合後の構造変化に対する自由エネルギー変化とエントロピー変化を評価（櫻井・吉田紀生）することに成功した。タンパク質の天然構造の予測において水のエントロピーポテンシャルに基づく強力な手法（木下）を開発。タンパク質を水に挿入する過程では、タンパク質表面での水和エネルギー変化と内部エネルギー変化が互いに補償（松林）し、溶媒側の変化分が全自由エネルギー変化において重要になることを大規模 MD と ER 法により明らかにした。
- (3) ATP 駆動タンパク質の機能：実験面ではアクトミオシン 1 分子の一方方向移動に伴うポテンシャルを評価し、一方方向運動を決定づける ADP 結合ミオシンと F-アクチンの親和性が応力に依存する証拠（岩城）、F1 モーターの回転ゆらぎから、一分子レベルで非平衡散逸を考慮してエネルギー保存が成り立つ証拠（宗行）等を得た。DRS と中性子溶液散乱によりアクチン周りにバルク水より拡散係数が大きな水を検出（鈴木・藤原）。理論面では水のエントロピーポテンシャル理論と大規模 MD を組み合わせ F1 モーターの回転運動を解明（池口・木下）、アクトミオシンの駆動力も水の並進エントロピーポテンシャルに基づいて説明（木下・岩城・鈴木）。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 36 件)

- George Mogami, Takashi Miyazaki, Tetsuichi Wazawa, Nobuyuki Matubayasi, and Makoto Suzuki, Anion-Dependence of Fast Relaxation Component in Na-, K-Halide Solutions at Low Concentrations Measured by High-Resolution Microwave Dielectric Spectroscopy, *J. Phys. Chem. A*, 2013, doi.org/10.1021/jp4012119, 査読有
- Yusuke Miyashita, Tetsuichi Wazawa, George Mogami, Satoshi Takahashi, Yoshihiro Sambongi, and Makoto Suzuki, Hydration state change of horse heart cytochrome c corresponding to trifluoroacetic-acid-induced unfolding, *Biophys. J.*, **104**, 2013, 163-172, 査読有
- T. Ishikawa, R. R. Burri, Y. O. Kamatari, S. Sakuraba, N. Matubayasi, A. Kitao, and K. Kuwata, A theoretical study of the two binding modes between lysozyme and tri-NAG with an explicit solvent model based on the fragment molecular orbital method, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **15**, 2013, 3646-3654, 査読有
- Y. Karino and N. Matubayasi, Interaction-component analysis of the urea effect on amino acid analogs, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **15**, 2013, 4377-4391, 査読有
- H. Kimura, M. Nakahara, and N. Matubayasi, Solvent Effect on Pathways and Mechanisms for D-Fructose Conversion to 5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde: In Situ  $^{13}\text{C}$  NMR Study, *J. Phys. Chem. A*, **117**, 2013, 2102-2113, 査読有
- K. Yoshida, N. Matubayasi, Y. Uosaki, and M. Nakahara, Effect of heavy hydrogen isotopes on the vibrational line shape for supercritical water through rotational couplings, *J. Chem. Phys.*, **138**, 2013, 134508 (12 pages), 査読有
- Y. Kameda, H. Deguchi, Y. Kubota, H. Furukawa, Y. Yagi, Y. Imai, M. Tatsumi, N. Yamazaki, N. Watari, T. Hirata, N. Matubayasi, High-Energy X-ray Diffraction Study on the Intramolecular Structure of 2-Aminoethanol in the Liquid State, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **86**, 2013, 99-103, 査読有
- K. Takemura, R. R. Burri, T. Ishikawa, T. Ishikura, S. Sakuraba, N. Matubayasi, K. Kuwata, and A. Kitao, Free-energy analysis of lysozyme-triNAG binding modes with all-atom molecular dynamics simulation combined with the solution theory in the energy representation, *Chem. Phys. Lett.*, **559**, 2013, 94-98, 査読有
- H. Mishima, H. Oshima, S. Yasuda, K. Amano, and M. Kinoshita, Entropic Release of a Big Sphere from a Cylindrical Vessel, *Chem. Phys. Lett.*, **561-562**, 2013, 159-165, 10.1016/j.cplett.2013.01.045, 査読有
- K. Fukami, R. Koda, T. Sakka, Y. Ogata, and M. Kinoshita, Electrochemical Deposition of Platinum within Nanopores on Silicon: Drastic Acceleration Originating from Surface-Induced Phase Transition, *J. Chem. Phys.*, **138**, 2013, 194702(1-10), 10.1063/1.4793526, 査読有
- Y. Ito, T. Yoshidome, N. Matubayasi, M. Kinoshita, and M. Ikeguchi, Molecular Dynamics Simulation of Yeast F1-ATPase before and after 16-Degree Rotation of the Gamma Subunit, *J. Phys. Chem. B*, **117**, 2013, 3298-3307, 10.1021/jp312499u, 査読有
- M. Kinoshita, A New Theoretical Approach to Biological Self-Assembly, *Biophys. Rev.*, **5**, 2013, 1-11, 10.1007/s12551-013-0100-8, 査読有
- T. Furukawa-Hagiya, The Power Stroke Driven by ATP Binding in CFTR As Studied by by ATP Binding in CFTR As Studied by Molecular Dynamics Simulations, *J. Phys. Chem. B*, **117**, 2013, 83-93, 10.1021/jp308315w, 査読有
- Y. Watanabe, Dynamics and structural changes induced by ATP and/or substrate binding in the inward-facing conformation state of P-glycoprotein, *Chem. Phys. Lett.*, **557**, 2013, 145-149, 10.1016/j.cplett.2012.12.040, 査読有
- Yoji Kubota, Akira Yoshimori, Nobuyuki Matubayasi, Makoto Suzuki, and Ryo Akiyama, Molecular Dynamics Study of Fast Dielectric Relaxation of Water around a Molecular-Sized Ion, *J. Chem. Phys.*, **137**, 2012, 224502(1-4), 査読有
- Makoto Suzuki, Tetsuichi Wazawa, George Mogami, and Takao Kodama, Role of Water in Actin-Myosin Binding and Actin Polymerization: Rotational and Translational Mobility of Water Molecules, *J. Phys. Soc. Jpn.*, Supplement, **81**, 2012, SA003(1-14), DOI なし, 査読有
- H. Takahashi, A. Omi, A. Morita, and N. Matubayasi, Simple and exact approach to the electronic polarization effect on the solvation free energy: Formulation for QM/MM system and its applications to aqueous solutions, *J. Chem. Phys.*, **136**, 2012, 214503 (12 pages), 査読有

18. K. M. Tu, N. Matubayasi, K. K. Liang, I. T. Todorov, S. L. Chan, and P.-L. Chau, A possible molecular mechanism for the pressure reversal of general anaesthetics: aggregation of halothane in POPC bilayers at high pressure, *Chem. Phys. Lett.*, **543**, 2012, 148-154, 査読有
19. M. Shintani, Y. Matsuo, S. Sakuraba, and N. Matubayasi, Interaction of naphthalene derivatives with lipid in membrane studied by <sup>1</sup>H-nuclear Overhauser effect and molecular dynamics simulation, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **14**, 2012, 14049-14060, 査読有
20. H. Kimura, M. Nakahara, and N. Matubayasi, Non-catalytic Hydrothermal Elimination of Terminal D-Glucose Unit from Malto- and Cello-oligosaccharides through Transformation to D-Fructose, *J. Phys. Chem. A*, **116**, 2012, 10039-10049, 査読有
21. H. Kimura, Y. Yasaka, M. Nakahara, and N. Matubayasi, Nuclear magnetic resonance study on rotational dynamics of water and benzene in a series of ionic liquids: Anion and cation effects, *J. Chem. Phys.*, **137**, 2012, 194503 (10 pages), 査読有
22. K. Yoshida, N. Matubayasi, Y. Uosaki, and M. Nakahara, Density effect on infrared spectrum for supercritical water in the low- and medium-density region studied by molecular dynamics simulation, *J. Chem. Phys.*, **137**, 2012, 194506 (10 pages), 査読有
23. K. Takemura, H. Guo, S. Sakuraba, N. Matubayasi, and A. Kitao, Evaluation of protein-protein docking model structures using all-atom molecular dynamics simulations combined with the solution theory in the energy representation, *J. Chem. Phys.*, **137**, 2012, 215105 (10 pages), 査読有
24. T. Kawakami, I. Shigemoto, and N. Matubayasi, Free-energy analysis of water affinity in polymer studied by atomistic molecular simulation combined with the theory of solutions in the energy representation, *J. Chem. Phys.*, **137**, 2012, 234903 (9 pages), 査読有
25. S. Du, A Scoring function based on salvation thermodynamics for protein structure prediction, *Biophysics*, **8**, 2012, 127-138, 10.2142/biophysics.8.127, 査読有
26. T. Hayashi, Full-Quantum chemical calculation of the absorption maximum of bacteriorhodopsin: a comprehensive, *Biophysics*, **8**, 2012, 115-125, 10.2142/biophysics.8.115, 査読有
27. Y. Harano, Application of Hydration Thermodynamics to the Evaluation of Protein Structures and Protein-Ligand Binding, *Entropy*, **14**, 2012, 1443-1468, 10.3390/e14081443, 査読有
28. K. Fukami, R. Koda, T. Sakka, T. Urata, K. Amano, H. Takaya, M. Nakamura, Y. Ogata and M. Kinoshita, Platinum Electrodeposition in Porous Silicon: The Influence of Surface Solvation Effects on a Chemical Reaction in s Nanospace, *Chem. Phys. Lett.*, **542**, 2012, 99-105, 10.1016/j.cplett.2012.05.078, 査読有
29. H. Mishima, S. Yasuda, T. Yoshidome, H. Oshima, Y. Harano, M. Ikeguchi, and M. Kinoshita, Characterization of Experimentally Determined Native-Structure Models of a Protein Using Energetic and Entropic Components of Free-Energy Function, *J. Phys. Chem. B*, **116**, 2012, 7776-7786, 10.1021/jp301541z, 査読有
30. T. Yoshidome, Y. Ito, N. Matubayasi, M. Ikeguchi, and M. Kinoshita, Structural Characteristics of Yeast F1-ATPase before and after 16-Degree Rotation of the Gamma Subunit: Theoretical Analysis Focused on the Water-Entropy Effect, *J. Chem. Phys.*, **137**, 2012, 035102(1-8), 10.1063/1.4734298, 査読有
31. D. Shiqiao, Y. Harano, M. Kinoshita, and M. Sakurai, Scoring Function Based on Solvation Thermodynamics for Protein Structure Prediction, *Biophysics*, **8**, 2012, 127-138 10.2142/biophysics.8.127, 査読有
32. S. Yasuda, H. Oshima, and M. Kinoshita, Structural Stability of Proteins in Aqueous and Nonpolar Environments, *J. Chem. Phys.*, **137**, 2012, 135103(1-14), 10.1063/1.4755755, 査読有
33. T. Yoshidome and M. Kinoshita, Physical Origin of Hydrophobicity Studied in terms of Cold Denaturation of Proteins: Comparison between Water and Simple Fluids, *Phys. Chem. Chem. I Phys.*, **14**, 2012, 14554-14566, 10.1039/c2cp41738c, 査読有
34. 木下正弘, 永山國昭, タンパク質水と理論の新機軸 I. 朝倉一大沢理論を越えて、生物物理, **52**, 2012, 203-205, DOI なし, 査読有
35. 木下正弘, 永山國昭, タンパク質水と理論の新機軸 II. 新理論の応用展開、生物物

理, 52, 2012, 250-253, DOI なし, 査読有  
36. 木下正弘, 永山國昭, タンパク質水和理論の新機軸Ⅲ. 理論的考察、生物物理, 52, 2012, 300-303, DOI なし, 査読有

[学会発表] (計 31 件)

1. Makoto Suzuki, Hydration and ATP energetic on Actomyosin, Alpbach Workshop on Molecular Motors 2013, 2013/3/16-22, Alpbach, Austria
2. Effects of halide ions on the hydration properties of F-actin, Effects of nucleotide and cosolvents on the hydration state of myosin subfragment-1, Hypermobile water observed in sulfonates, phosphates solutions and its volume change in protein interactions, Anion-dependence of hypermobile water in Na-, K-halide solutions at low concentrations measured by high-resolution microwave dielectric spectroscopy, International Symposium on Hydration and ATP Energy 2013, 2013/3/6-8, Sendai
3. H. Oshima and M. Kinoshita, Effects of Sugars on the Thermal Stability of a Protein, International Symposium on Hydration and ATP Energy 2013, 2013/3/6-8, Sendai
4. H. Oshima and M. Kinoshita, Effects of Sugars on the Thermal Stability of a Protein, Biophysical Society 57<sup>th</sup> Annual Meeting, 2013/2/2-6, Philadelphia, USA
5. Y. Ito, T. Yoshidome, N. Matsubayashi, M. Kinoshita, and M. Ikeguchi, Molecular Dynamics Simulations of Yeast F1-ATPase before and after 16-degree Rotation of Gamma Subunit, Biophysical Society 57<sup>th</sup> Annual Meeting, 2013/2/2-6, Philadelphia, USA
6. 三嶋浩和、尾嶋拓、安田賢司、天野健一、木下正弘、エントロピー力による円筒状容器からの大珠の放出、GCOE年次報告会、2013/1/16、京都大学時計台記念館
7. 原諒平、天野健一、木下正弘、吉森明、シャペロニンの中央になぜ蛋白質が入るのか、第 118 回日本物理学会九州支部例会、2012/12/8、琉球大学
8. 原諒平、天野健一、木下正弘、吉森明、溶媒の効果を含めた溶質のダイナミクス：シャペロンへの蛋白質の挿入過程、第 24 回分子シュミレーション研究会、2012/11/26-28、九州大学西新プラザ
9. 原諒平、天野健一、木下正弘、吉森明、溶質が狭い空間に入るダイナミクスにおける溶媒のエントロピー効果、第 35 回溶液化学シンポジウム、2012/11/12-14、早稲田大学

西早稲田キャンパス

10. 鈴木 誠 マイクロ波誘電緩和分光法による有機・無機イオンおよびタンパク質の水和特性、日本分光学会テラヘルツ分光部会シンポジウム「テラヘルツ分光法の最先端VI〜ここまでのテラヘルツ時間領域分光〜」2012/10/26 (招待講演)、筑波大学
11. 櫻井 実、Full-quantum chemical calculations of the absorption maxima of retinal proteins、第 50 回生物物理学会、2012/9/22-24、名古屋大学
12. 櫻井 実、Dynamics and structural changes of ABCB1 transporter induced by binding of substrates and inhibitors、第 50 回生物物理学会、2012/9/22-24、名古屋大学
13. 櫻井 実、The chloride ion uptake mechanism in pharaonis halorhodopsin as studied by the energy representation method、第 50 回生物物理学会、2012/9/22-24、名古屋大学
14. 櫻井 実、ATP-binding induced conformational change in CFTR as studied by MD simulation、第 50 回生物物理学会、2012/9/22-24、名古屋大学
15. 櫻井 実、Calculation of the binding free energy of ATP to the nucleotide binding domain of an ABC Transporter、第 50 回生物物理学会、2012/9/22-24、名古屋大学
16. 原諒平、天野健一、木下正弘、吉森明、シャペロンに対する蛋白質挿入のダイナミクス、第 2 回ソフトマター研究会、2012/9/24-26 九州大学西新プラザ
17. H. Mishima, H. Oshima, S. Yasuda, K. Amano, and M. Kinoshita, Entropic Release of a Big Sphere from a Cylindrical Vessel, 日本生物物理学会第50回年会、2012/9/22-24、名古屋大学
18. Y. Ito, T. Yoshidome, N. Matsubayashi, M. Kinoshita, and M. Ikeguchi, Molecular Dynamics Simulations on Structural Characteristics of Yeast F1-ATPase before and after 16-degree Rotation of Gamma Subunit, 第50回日本生物物理学会年会、2012/9/22-24 名古屋大学
19. H. Oshima, K. Amano, M. Kinoshita, Effects of Sugars on the Thermal Stability of Proteins, 第 50 回日本生物物理学会年会、2012/9/22-24, 名古屋大学
20. S. Yasuda, H. Oshima and M. Kinoshita, Structural Stability of Proteins in Aqueous and Nonpolar Environments, 第 50 回日本生物物理学会年会、2012/9/22-24、名古屋大学
21. 原諒平、天野健一、木下正弘、吉森明、溶液中で狭い空間に溶質が入るときの経路、

- 2012 年度日本物理学会秋季大会、2012/9/18-21、横浜国立大学
22. 尾嶋拓、安田賢司、吉留崇、池口満徳、木下正弘、蛋白質複合体におけるホットスポットの理論的予測、合同公開シンポジウム「ゆらぎと水—生命のエネルギーと機能の、分子機構を探る」、2012/9/14-15、大阪ガーデンパレス
23. 木下正弘、分子機械の機能発現機構に対する横断的描像、合同公開シンポジウム「ゆらぎと水—生命のエネルギーと機能の分子機構を探る」(招待講演)、2012/9/14-15、大阪ガーデンパレス
24. 安田賢司、尾嶋拓、木下正弘、水及び非水環境におけるタンパク質の立体構造安定性、第 52 回生物物理若手の会 夏の学校、2012/8/31-9/3、支笏湖温泉
25. R. Hara, K. Amano, M. Kinoshita, A. Yoshimori, A Solvent Effect on Insertion Path of a Solute Particle into a Cylindrical Vessel, 6-th Mini-Symposium on Liquid, 2012/6/23、九州大学箱崎
26. 櫻井実、ABC トランスポーターのヌクレオチド結合ドメインへの ATP の結合エネルギーの計算、第 12 回日本蛋白質科学会年会、2012/6/20-22、名古屋国際会議場
27. 櫻井実、分子動力学シミュレーションによる ABC トランスポーター MsbA におけるカップリング・ヘリックス変異の構造的影響、第 12 回日本蛋白質科学会年会、2012/6/20-22、名古屋国際会議場
28. 櫻井実、ABC トランスポーター CFTR チャネルの ATP 加水分解駆動ゲーティング機構の解析、第 12 回日本蛋白質科学会年会、2012/6/20-22、名古屋国際会議場
29. 櫻井実、MM-PB/SA 法によるタンパク質リガンド間結合自由エネルギー計算の再現性向上を目指して、第 12 回日本蛋白質科学会年会、2012/6/20-22、名古屋国際会議場
30. 櫻井実、MD シミュレーションによる CFTR タンパク質の ATP 結合誘導 NBD 二量体化の解析、第 12 回日本蛋白質科学会年会、2012/6/20-22、名古屋国際会議場

[その他]

- ホームページ
- 水を主役とした ATP エネルギー変換
- <http://www.material.tohoku.ac.jp/atpwater/index.htm>
- 公開講座「生命のエネルギー物質 ATP とは何か？」 2013/5/21、京都大学東京オフィス
- 日本生物物理学会東北支部・新学術領域研究「水を主役とした ATP エネルギー変換」共催セミナー、2013/3/5、東北大学
- 公開シンポジウム「ゆらぎと水—生命のエネルギーと機能の分子機構を探る」、

- 2012-9-14-15、大阪ガーデンパレス
- 「水と ATP がつくる非対称性」日本生物物理学会第 49 回年会シンポジウム、2011/9/16、兵庫県立大学
  - 「ATP エネルギーの分子論」日本生物物理学会第 48 回シンポジウム、2010/9/20-22、仙台
  - 「国際公開シンポジウム International Symposium On Hydraton and ATP Energy」、2010/3/8-10、仙台
  - サイエンス・カフェ「筋肉はなぜ動く？」 2010/1/29、仙台メディアテイク
  - International Mini-Workshop on “Hydration and ATP”、2009/7/11、京都
  - 新学術領域研究第 1 回公開シンポジウム、2009/1/22、中央大学

## 6. 研究組織

- (1) 研究代表者 鈴木 誠 (MAKOTO SUZUKI)  
 東北大学・大学院工学研究科・教授  
 研究者番号：60282109
- (2) 研究分担者 松林 伸幸 (NOBUYUKI MATUBAYASI)  
 京都大学・化学研究所・准教授  
 研究者番号：20281107
- 研究分担者 櫻井 実 (MINORU SAKURAI )  
 東京工業大学・バイオ研究基盤支援総合センター・教授  
 研究者番号：50162342
- 研究分担者 木下 正弘 (MASAHIRO KINOSHITA)  
 京都大学・エネルギー理工学研究所・教授  
 研究者番号：90195339

- (3) 連携研究者 高橋 卓也 (TAKUYA TAKAHASHI)  
 立命館大学・生命科学部・教授  
 研究者番号：70262102
- 連携研究者 三本木 至宏 (YOSHIHIRO SAMBONGI)  
 広島大学・生物圏科学研究科・教授  
 研究者番号：10222027
- 連携研究者 秋山 良 (RYO AKIYAMA)  
 九州大学・理学研究院・准教授  
 研究者番号：60363347
- 連携研究者 岩城 光宏 (MITSUHIRO IWAKI)  
 大阪大学・医学系研究科・助教  
 研究者番号：30432503
- 連携研究者 宗行 英朗 (EIRO MUNIYUKI)  
 中央大学・理工学部・教授  
 研究者番号：80219865