

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20350037

研究課題名（和文） イオン液体に溶存する金属イオンの溶媒和錯体構造と錯形成

研究課題名（英文） Metal ions solvation structure and complex formation in ionic liquids

研究代表者

石黒 慎一（ISHIGURO SHIN-ICHI）

九州大学・理学研究院・名誉教授

研究者番号：80111673

研究成果の概要（和文）：イオン液体は、分離分析の媒体や電気化学デバイス材料など水や非水溶媒に代わる環境負荷の小さな反応媒体として強く期待されている。一方で、その反応場特性に関する基礎的知見は未だ十分ではない。本研究では、イオン液体に特異的な反応を見出すことを目的とし、イオン液体中の水素イオンや金属イオンの溶媒和構造を決定するとともに、反応性について明らかにし、構造と反応性の相関を明らかにする。

研究成果の概要（英文）：Ionic liquids of novel solvent has been strongly expected to apply them as a separation/extraction media, materials for electric devices instead of ordinary aqueous/non-aqueous solvents in terms of low environmental load. Nevertheless, the knowledge on their properties as solvent (reaction fields) is not enough. In this study, to find unique chemical reactions in ionic liquids, we investigated proton and metal ion solvation structure and their reactivity to establish structure-reactivity relationship.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,900,000	2,370,000	10,270,000
2009年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2010年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・分析化学

キーワード：イオン液体・溶媒和構造・水素イオン・金属イオン・反応性

## 1. 研究開始当初の背景

固体の電解質塩も高温ではイオン性の液体、熔融塩となり、分子溶媒にはない溶媒特性を示すが、取り扱いが難しく、一般に普及していない。しかし、室温で

イオン性の液体が存在するならば、新たな特性を示す溶媒として利用の拡大が期待できる。実際、このような室温イオン液体（RTIL）が、近年、多数合成されている。それらは低粘性、不燃性、不揮発性など、優れ

た性質を示すことから、安心・安全かつ環境に調和するグリーン溶媒として注目されている。RTILは、有機溶媒に替わるグリーンな合成・分離の反応媒体や安全な電池電解液としての応用が期待できるが、これを実現するためには、その反応場特性を前もって十分に明らかにする必要がある。イオン液体はプロトン性と非プロトン性に分類される。後者の代表的なものは、非対称な置換基を持つイミダゾリウム、ピロリジニウムやテトラアルキルアンモニウムなど、有機カチオンと強酸性フッ素化合物の共役塩基アニオンから構成される1:1電解質であり、われわれは、ラマン分光、X線回折と分子軌道計算、分子動力学シミュレーションを駆使して、これまでにない20 Å程度の長距離空間でのクラスター構造の特定に成功した。その結果、イオン液体分子は特異な柔構造を有し、低温での結晶構造と違って、液体状態では互換異性体が共存し、これが低融点に関係していること、また、液体状態でも、数分子のイオンが整列したクラスターが存在し、結晶類の秩序構造(擬格子構造)を有することを明らかにした。一方、さまざまなアルキルアミンと強酸の反応から合成されたプロトン性イオン液体に関して、水素結合に基づく強い近距離液体構造と共に、その溶媒としての酸塩基性を直接的に見積もることのできる新たなpH測定法を世界で初めて成功した。イオン液体は有機溶媒と異なるマイクロ構造を有し、これが、異なる溶液反応・物性の原因である。しかし、分析化学の基礎である酸塩基反応、金属イオンの溶媒和、錯形成反応、酸化還元反応など、溶液反応の詳細は、全くわかっていなかった。

## 2. 研究の目的

イオン液体でも、金属イオンの溶媒和とナノスケール液体構造の二つの観点からアプローチしなければならない。遷移金属イオンは、イオン液体中では、超強酸性フッ素化合物の共役塩基アニオンによって溶媒和される。さらに、溶媒和の際、その分子構造がシルクでのトランスからシスに変化する可能性がある。これまでの研究から、溶媒和分子が構造変化やキレート配位すると、単座配位と比べて、金属イオンの反応性に大きな変化が現れると予想される。また、イオン液体のバルク構造は構造化学的には分子液体と違いがあるが、溶液反応の観点から、有機溶媒に近いのか、あるいは、水に近いのか、まだ予測できていない。そこで、次の3つを目標として、研究を具体的に進める。つまり、1) イオン液体中での金属イオンの溶媒和構造 2) イオン液体中での金属イオンの錯形成反応の熱力学と速度論 3) イオン液体中での金属イオンの酸化還元特性である。

## 3. 研究の方法

金属イオンの溶媒和、錯形成、および酸化還元は、溶液反応一般に共通する基本問題であり、分析化学が、その解明にこれまで役割を果たしてきた。この研究で、水、有機溶媒、イオン液体の溶媒特性の違いが明らかになり、第3世代のイオン液体の位置づけが明確になり、それを用いた反応設計が可能になり、合成や分離・分析法の確立に資する。イオン液体はプロトン性、非プロト

ン性の両者について検討する。金属イオンは、戦略物質であり、今後、資源のリサイクルが重要な課題となる遷移金属イオンを優先的に研究するが、電気化学的デバイスとしての応用が期待されているアルカリ金属イオンやアルカリ土類金属イオンについても検討する。配位子は、最も単純なハロゲン化物イオンを主体に研究する。溶媒抽出はTask specificイオン液体が合成できるので、抽出剤は使用しなくても金属イオンの抽出は可能であるが、これまで用いられている抽出剤の錯形成についても、比較のため検討する。

## 4. 研究成果

イオン液体の巨視的液体物性を分子レベルで理解するため、DFT計算およびRaman分光による分子構造研究に加え、イオン液体の分子シミュレーション用力場開発の第一人者であるLopesおよびPaduaと共同で新規陰イオンの力場開発を行い、論文を発表した。また、イオン液体は分子量が大きく柔らかいアルキル鎖を持つため、従来、イオン液体の液体構造研究が極めて困難であった。われわれは、複雑なイオン液体の液体構造を明らかにするため、X線回折実験と信頼性の高い力場に基づくMDシミュレーションを組み合わせた新たな液体構造解析法を開発し、芳香族複素環陽イオンおよび脂環族環状陽イオンからなるイオン液体に適用した。さらに、1級アンモニウム陽イオンからなるイオン液体の研究では、独自に力場を開発し、研究を進めた。この結果、最近陰イオンとの相互作用、ならびに、長距離秩序構造の差を捉えることに成功し、イオン伝導度やイオンの自己拡散係数などダイナミクスの相量に分子論的な説明を与えるた。

実空間分解能の高いSpring-8での高エネルギーX線開発実験や中性子小角散乱実験を行い、イオン液体に特異的と考えられているナノ相分離液体構造について知見を得ている。上記の液体構造解析法を種々のイオン液体に適用し、イオン液体で最も関心の高い「ナノ相分離」構造を分子論的に明らかにした。即ち、イオン液体は、アルキル鎖が会合する疎水ドメインと陽イオン骨格及び陰イオンが会合するイオンドメインをナノスケールで形成している。X線・中性子散乱実験では、これらのナノドメインに由来する特異的なピークが小角領域に現れる。われわれは、中性子小角散乱実験に同位体置換法を適用し、この小角ピークが、アルキル鎖疎水ドメインではなく、イオン部の主として陰イオンからなるネットワーク構造に帰属できることを明らかにした。さらに、MDシミュレーションでは、X線散乱および中性子散乱の小角ピークを再現することに成功した。

イオン液体中のリチウムイオンの溶媒和構造は、リチウムイオン2次電池開発と関連して興味を持たれている。われわれは、Raman分光及びDFT計算により、既にイオン液体中の既にリチウムイオンの溶媒和構造を明らかにし、さらに、リチウムイオンに溶媒和したTFSAの異性化がシルクと逆転する現象を見出している。さらに、このTFSAの異常な異性化に関して研究を進め、リチウムイオンに溶媒和したTFSAの異性化に関する熱力学量を決定することに成功し、高精度分子軌道計算や分子動力学計算から考察が進められ、

TFSAの異常な異性化は、リチウムイオン第2溶媒和圈のイオン液体陽イオンが重要な鍵を握っていることが明らかになった。イオン液体中の金属イオンの溶媒和構造は、リチウムイオンの溶媒和構造が一般的であるかどうか不明であり、金属イオンのイオン半径依存性を明らかにする必要がある。われわれは、Raman 分光及びDFT 計算により、イオン液体中の一連のアルカリ金属イオンの溶媒和構造を明らかにした。Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup> およびCs<sup>+</sup>では、TFSA-イオンが異なる2つのSO<sub>2</sub>基で金属イオンに2座配位し、それぞれ、6配位、6配位および8配位構造が優勢であり、従来、水溶液や非水溶液中で知られている溶媒和構造と類似している。リチウムイオンで見出された金属イオン最近接TFSAの異性化がシルクと逆転する現象は、金属イオンのイオン半径の増大に伴い消失することが明らかになった。一方、さらに高エネルギーX線回折実験およびMDシミュレーションを行い、アルカリ金属イオン溶液では、金属イオン濃度増加に伴い、イオン液体の長距離秩序構造が破壊されることを見出した。これは、イオン液体に特異的なナノ相分離構造と密接に関連していると考えられ、大変興味深い。

滴定精密カロリメトリーによりEAN中の自己解離反応の反応エンタルピー、エントロピーを明らかにした。反応エンタルピーは、大きな正の値であり、一方、エントロピーも正の値であった。水と比較すると、イオン液体中の自己解離反応メカニズムがイオン液体と分子性液体で大きく異なることが顕著である。すなわち、反応エンタルピーは、EANが水よりも大きな正の値であり、エンタルピー的に水よりも自己解離反応が進行しない。しかし、自己解離定数は水よりも大きく、反応Gibbs自由エネルギーは、EANで有利である。これは、水の反応エントロピーが負であるのに対し、EANのそれは正であり、反応Gibbs自由エネルギーを有利にすることに基づく。反応熱力学パラメータを分子論的に考察すると、イオン液体中の反応の特異性が顕著になる。すなわち、水中の自己解離反応の上は、よく知られているようにH<sub>2</sub>OとOH<sup>-</sup>のイオンが生成し、これらが強く水和されるためエントロピー的に不利である。一方、イオン液体の場合、EANを例にとると、自己解離反応によりクローンカや水素結合で強く相互作用するC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup>とNO<sub>3</sub><sup>-</sup>中に、中性化学種であるC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>とHNO<sub>3</sub>が生成し、液体構造が破壊され、エントロピーが増大する。この様子は、MO計算とMDシミュレーションからも強く支持された。

##### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計26件)

1. 非水溶液・イオン液体の酸塩基性とpH測定  
神崎 亮, 宋 雪旦, 石黒慎一, 梅林泰宏  
電気化学会誌, **2010**, *78*, 687-692. (査読有)
2. Vibration Spectroscopic study on Room-Temperature Ionic Liquids. – Conformational Isomerism and Metal Ion Solvation –  
Kenta Fujii, Shin-ichi Ishiguro, Yasuhiro Umebayashi  
*Trends in Ionic Liquid Electrochemistry Research*,

Nova Science Publishers, Inc. **2010**, *in print*. (査読無)

3. Structure, Solvation and Acid-Base Property in Ionic Liquids  
Shin-ichi Ishiguro, Yasuhiro Umebayashi, Ryo Kanzaki, and Kenta Fujii  
*Pure Appl. Chem.*, **2010**, *82*, 1927-1941. (査読有)
4. Studies on the translational and rotational motions of ionic liquids composed of *N*-methyl-*N*-propyl-pyrrolidinium (P<sub>13</sub>) cation and TFSA and FSA anions and their binary systems including lithium salts  
Kikuko Hayamizu<sup>1</sup>, Seiji Tsuzuki, Shiro Seki, Kenta Fujii, Masahiko Suenaga and Yasuhiro Umebayashi  
*J. Chem. Phys.*, **2010**, *133*, 194505/1-194505\_13. (査読有)
5. Dependence of the conformational isomerism in 1-*n*-butyl-3-methylimidazolium ionic liquids on the nature of the halide anion  
Yasuhiro Umebayashi, Hiroshi Hamano, Seiji Tsuzuki, José N. Canongia Lopes, Agilio, A. H. Pádua, Yasuo Kameda, Shinji Kohara, Taishi Yamaguchi, Kenta Fujii, Shin-ichi Ishiguro  
*J. Phys. Chem. B*, **2010**, *114*, 11715-11724. (査読有)
6. Raman spectroscopic studies and ab initio calculations on conformational isomerism of TFSA<sup>-</sup> solvated to a lithium ion in ionic liquids: Effects of the second solvation sphere of the lithium ion  
Yasuhiro Umebayashi, Shuto Mori, Kenta Fujii, Seiji Tsuzuki, Shiro Seki, Kikuko Hayamizu, Shin-ichi Ishiguro  
*J. Phys. Chem. B*, **2010**, *114*, 6513-6521. (査読有)
7. Thermodynamic Study of the Solvation States of Acid and Base in a Protic Ionic Liquid, Ethylammonium Nitrate, and Its Aqueous Mixtures  
Ryo Kanzaki, Xuedan Song, Yasuhiro Umebayashi, Shin-ichi Ishiguro  
*Chem. Lett.*, **2010**, *39*, 578-579. (査読有)
8. Electrolyte Properties of 1-Alkyl-2,3,5-Trimethylpyrazolium Cation-Based Room-Temperature Ionic Liquids for Lithium Secondary Batteries  
Shiro Seki,, Takeshi Kobayashi, Nobuyuki Serizawa, Yo Kobayashi, Katsuhito Takei, Hajime Miyashiro, Kikuko Hayamizu, Seiji Tsuzuki, Takushi Mitsugi, Yasuhiro Umebayashi, Masayoshi Watanabe  
*J. Power Source*, **2010**, *195*, 6207-6211. (査読有)
9. Effects of Cation and Anion on Physical Properties of Room-Temperature Ionic Liquids  
Shiro Seki, Takeshi Kobayashi, Yo Kobayashi, Katsuhito Takei, Hajime Miyashiro, Kikuko Hayamizu, Seiji Tsuzuki, Takushi Mitsugi, Yasuhiro Umebayashi

- J. Mol. Liq.*, **2010**, *152*, 9-13. (査読有)
10. Solvation and Microscopic Properties of Ionic Liquid/ Acetonitrile Mixtures Probed by High-Pressure Infrared Spectroscopy  
Yasuhiro Umebayashi, Jyh-Chiang Jiang, Kuan-Hung Lin, Yu-Lun Shan, Kenta Fujii, Shiro Seki, Shin-ichi Ishiguro, Sheng Hsien Lin, Hai-Chou Chang  
*J. Chem. Phys.*, **2009**, *131*, 234502\_1-234502. (査読有)
  11. Ion-ion interaction in Room Temperature Ionic liquid 1-ethyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate studied by large angle X-ray scattering experiment and molecular dynamics simulations  
Ryo Kanzaki, Takushi Mitsugi, Shuhei Fukuda, Kenta Fujii, Munetaka Takeuchi, Yasufumi Soejima, Toshiyuki Takamuku, Toshio Yamaguchi, Yasuhiro Umebayashi, Shin-ichi Ishiguro  
*J. Mol. Liq.*, **2009**, *147*, 77-82. (査読有)
  12. Relationships between center atom species (N, P) and ionic conductivity, viscosity, density, self-diffusion coefficient of quaternary cation room-temperature ionic liquids  
 Shiro Seki, Kikuko Hayamizu, Seiji Tsuzuki, Kenta Fujii, Yasuhiro Umebayashi, Takushi Mitsugi, Yo Kobayashi, Yasutaka Ohno, Takeshi Kobayashi, Yuichi Mita, Hajime Miyashiro and Shin-ichi Ishiguro  
*Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2009**, *11*, 3509-3514. (査読有)
  13. Raman spectroscopic study, DFT calculations and MD simulations on the conformational isomerism of *N*-alkyl-*N*-methylpyrrolidinium bis-(trifluoromethanesulfonyl) amide ionic liquids  
Yasuhiro Umebayashi, Takushi Mitsugi, Kenta Fujii, Shiro Seki, Kazumi Chiba, Hideo Yamamoto, José N. Canongia Lopes, Agílio A. H. Pádua, Munetaka Takeuchi, Ryo Kanzaki and Shin-ichi Ishiguro  
*J. Phys. Chem. B*, **2009**, *113*, 4338-4346. (査読有)
  14. Structural Change of Ionic Association in Ionic Liquid/ Water Mixtures:  
 A High-Pressure Infrared Spectroscopic Study  
Yasuhiro Umebayashi, Jyh-Chiang Jiang, Yu-Lun Shan, Kuan-Hung Lin, Kenta Fujii, Shiro Seki, Shin-ichi Ishiguro, Sheng Hsien Lin, Hai-Chou Chang  
*J. Chem. Phys.*, **2009**, *130*, 124503\_1-124503\_6. (査読有)
  15. Effect of Methylation at the C2 Position of Imidazolium on the Liquid Structure of Ionic Liquids Revealed by Large Angle X-ray Scattering Experiments and MD Simulations  
 Kenta Fujii, Takushi Mitsugi, Toshiyuki Takamuku, Toshio Yamaguchi,  
Yasuhiro Umebayashi, and Shin-ichi Ishiguro  
*Chem. Lett.*, **2009**, *38*, 340-341. (査読有)
  16. Liquid structure and the ion-ion interactions of ethylammonium nitrate ionic liquid studied by large angle X-ray scattering and molecular dynamics simulations  
Yasuhiro Umebayashi, Wan-Lin Chung, Takushi Mitsugi, Shuhei Fukuda, Munetaka Takeuchi, Kenta Fujii, Toshiyuki Takamuku, Ryo Kanzaki, Shin-ichi Ishiguro  
*J. Comp. Chem., Jpn.*, **2008**, *7*, 125-134. (Invited) (査読有)
  17. Acidity and Basicity of Aqueous Mixtures of a Protic Ionic Liquid, Ethylammonium Nitrate  
Ryo Kanzaki, Kuniaki Uchida, Xuedan Song, Yasuhiro Umebayashi, and Shin-ichi Ishiguro  
*Anal. Sci.*, **2008**, *24*, 1347-1350. (査読有)
  18. A Study on Solvation of Lithium Ion in *N,N*-diethyl-*N*-methyl-*N*-(2-methoxyethyl)ammonium Bis(trifluoromethylsulfonyl)imide Using Raman and Multinuclear NMR Spectroscopy  
 Atsushi SHIRAI, Kenta FUJII, Yasuhiro UMEBAYASHI, Shin-ichi ISHIGURO and Yasuhisa IKEDA  
*Anal. Sci.*, **2008**, *24*, 1291-1296. (査読有)
  19. Raman spectroscopic study on alkaline metal ions solvation in 1-butyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethanesulfonyl) amide ionic liquid  
Yasuhiro Umebayashi, Taishi Yamaguchi, Shuhei Fukuda, Takushi Mitsugi, Munetaka Takeuchi, Kenta Fujii, Shin-ichi Ishiguro  
*Anal. Sci.*, **2008**, *24*, 1297-1304. (査読有)
  20. Solvation Structure of some transition metal(II) ions in a Room-Temperature Ionic Liquid, 1-Ethyl-3-methylimidazolium Bis(trifluoromethanesulfonyl)amide  
 Kenta Fujii, Takahiro Nonaka, Yu Akimoto, Yasuhiro Umebayashi and Shin-ichi Ishiguro  
*Anal. Sci.*, **2008**, *24*, 1377-1380. (査読有)
  21. Phase transition and conductive acceleration of phosphonium-cation based room-temperature ionic liquid  
 Shiro Seki, Yasuhiro Umebayashi, Seiji Tsuzuki, Kikuko Hayamizu, Yo Kobayashi, Yasutaka Ohno, Takeshi Kobayashi, Yuichi Mita, Hajime Miyashiro, Nobuyuki Teradaa and Shin-ichi Ishiguro  
*Chem. Commun.*, **2008**, 5541-5543. (査読有)
  22. Liquid structure and conformation of a low-viscosity ionic liquid, *N*-methyl-*N*-propyl-pyrrolidinium bis(fluorosulfonyl) imide studied by high-energy X-ray scattering  
 Kenta Fujii, Seki Shiro, Shuhei Fukuda, Toshiyuki Takamuku, Shinji Kohara, Yasuo Kameda, Yasuhiro Umebayashi and Shin-ichi Ishiguro

- J. Mol. Liq.*, **2008**, *143*, 64-69. (査読有)
23. Liquid structure of *N*-butyl-*N*-methylpyrrolidinium bis-(trifluoromethanesulfonyl) amide ionic liquid studied by large angle X-ray scattering and molecular dynamics simulations  
Shuhei Fukuda, Munetaka Takeuchi, Kenta Fujii, Ryo Kanzaki, Toshiyuki Takamuku, Kazumi Chiba, Hideo Yamamoto, Yasuhiro Umebayashi, Shin-ichi Ishiguro  
*J. Mol. Liq.*, **2008**, *143*, 2-7. (査読有)
  24. The potential energy landscape of bis(fluorosulfonyl)amide  
Canongia Lopes, Jose Nuno; Shimizu, Karina; Padua, Agilio; Umebayashi, Yasuhiro; Fujii, Kenta; Fukuda, Shuhei; Ishiguro, Shin-ichi  
*J. Phys. Chem. B*, **2008**, *112*, 9449-9455. (査読有)
  25. Liquid Structure of Room-Temperature Ionic Liquid, 1-Ethyl-3-methylimidazolium Bis-(trifluoromethanesulfonyl) Imide  
Kenta Fujii, Yasufumi Soejima, Yasuhiro Kyoshoin, Shuhei Fukuda, Ryo Kanzaki, Yasuhiro Umebayashi, Toshio Yamaguchi, Shin-ichi Ishiguro, and Toshiyuki Takamuku  
*J. Phys. Chem. B*, **2008**, *112*, 4329-4336. (査読有)
  26. A Tale of Two Ions: the conformational landscapes bis(trifluoromethanesulfonyl)amide and *N,N*-dialkylpyrrolidinium  
José N. Canongia Lopes, Karina Shimizu, Agilio A. H. Pádua, Yasuhiro Umebayashi, Shuhei Fukuda, Kenta Fujii, Shin-ichi Ishiguro  
*J. Phys. Chem. B*, **2008**, *112*, 1465-1472. (査読有)
- [学会発表] (計 41 件)
1. 土井 寛之, 梅林 泰宏, 電気化学会第78回大会, 横浜, 横浜国立大学, 2011 3/29-31, 種々の陰イオンからなるプロトン性 (*N*-メチルイミダゾリウム系) イオン液体の自己解離反応
  2. 宋 雪旦, 梅林 泰宏, 電気化学会第 78 回大会, 横浜, 横浜国立大学, 2011 3/29-31, 高エネルギーX線回折実験およびMDシミュレーションによるイオン液体  $[C_nH_{2n+1}NH_3^+][NO_3^-]$  ( $n=2, 3, 4$ ) の液体構造に関する研究
  3. 宋 雪旦, 梅林 泰宏, 第 1 回イオン液体討論会, 鳥取, とりぎん文化会館, 2011 1/17-18, ヒドロキシエチル基を含む 3 級アンモニウム系イオン液体の酸塩基性
  4. Xuedan Song, Yasuhiro Umebayashi, 2010PACIFICHEM, Hawaii, Hawaii Convention Center, 2010 12/15-20, Cation Dependence of Acid-Base Properties of CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup> Based Protic Ionic Liquids.
  5. Ryo Kanzaki, 2010PACIFICHEM, Hawaii, Hawaii Convention Center, 2010 12/15-20, Study on the Acid-base Reaction and Solvation in Protic Ionic Liquids
  6. 神崎 亮, 第33回溶液化学シンポジウム, 京都, 京都大学, 2010 11/16-18, プロトン性イオン液体-硝酸エチルアンモニウム-中における酢酸の酸塩基反応熱力学
  7. 神崎 亮, 第46回熱測定討論会, 津, 三重大学, 2010 9/27-29, プロトン性イオン液体-硝酸エチルアンモニウム-中における酸・塩基の溶媒和状態と反応熱力学
  8. 浜野 洋志, 梅林 泰宏, 日本分析化学会第59年会, 仙台, 東北大学川内北キャンパス, 2010 9/15-17, 高エネルギーX線回折実験とMDシミュレーションによるプロトン性 *N*-アルキルイミダゾリウム系イオン液体の液体構造研究
  9. 森 脩人, 梅林 泰宏, 日本分析化学会第 59 年会, 仙台, 東北大学川内北キャンパス, 2010 9/15-17, イオン液体[C<sub>2</sub>mIm][FSA]中のリチウムイオン溶媒和の温度依存性と脱溶媒和エンタルピー
  10. 宋 雪旦, 梅林 泰宏, 日本分析化学会第 59 年会, 仙台, 東北大学川内北キャンパス, 2010 9/15-17, [(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>OH)<sub>n</sub>(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)(3-n)NH<sup>+</sup>]<sub>n=0~3</sub> からなるイオン液体の基礎物性と酸塩基性
  11. 神崎 亮, 日本分析化学会第 59 年会, 仙台, 東北大学川内北キャンパス, 2010 9/15-17, イオン液体中におけるイオンの酸塩基性に関する熱力学的研究
  12. Ryo Kanzaki, 21st International Conference on Chemical Thermodynamics, Tsukuba International Congress Center, 2010 8/1-6, Reaction Thermodynamics of Chemical Equilibria in Solution
  13. Ryo Kanzaki, 21st International Conference on Chemical Thermodynamics, Tsukuba International Congress Center, 2010 8/1-6, Hydrophobic/Hydrophilic Hydration of Nucleobases Investigated in Micellar Solutions
  14. 神崎 亮, 第 23 回日本分析化学会九州支部春の講演会, 福岡, 福岡女子大学, 2010 5/22, 酸・塩基の昔と今
  15. 浜野 洋志, 梅林 泰宏, 電気化学会第 77 回大会, 富山, 富山大学五福キャンパス, 2010 3/29-31, -エチル-3-メチルイミダゾリウムと種々のシアノ系陰イオンからなるイオン液体の液体構造
  16. Ryo Kanzaki, EUCHEM2010, Conference on Molten Salts and Ionic Liquids, Bamberg, Germany Konzert-und Kongresshalle Bamberg, 2010 3/14-19, Thermodynamic Study on the Acid-Base Reaction Mechanism in Protic Ionic Liquid, Ethylammonium Nitrate, and Its Aqueous Mixtures
  17. Ryo Kanzaki, EUCHEM2010 Conference on Molten Salts and Ionic Liquids, Bamberg, Germany Konzert-und Kongresshalle

- Bamberg, 2010 3/14-19, Thermodynamic Investigation of Acid-Base Property of N-Methylimidazolium-based Protic Ionic Liquids
18. 神崎 亮, 第32回溶液化学シンポジウム, 新潟 朱鷺メッセ, 2009 11/18-20 核酸塩基と界面活性剤ミセルとの相互作用に関する熱力学的研究
  19. 森 脩人, 梅林 泰宏, 電気化学秋季大会, 東京, 東京農工大学工学部, 2009 9/10-11, 高エネルギーX線回折実験およびMDシミュレーションによる[C2mIm][TfSA]中のリチウムイオンの溶媒和構造に関する研究
  20. 小川 紗梨, 梅林 泰宏, 電気化学秋季大会, 東京, 東京農工大学工学部, 2009 9/10-11, Li+TfSA-および Li+FSA-イオン間相互作用に関するMDシミュレーション
  21. Ryo Kanzaki, 31 ICSC, Innsbruck, Congress Centre of Innsbruck, Australia, 2009 8/21-25, Thermodynamic Study on the Autoprotolysis in a Protic Ionic Liquid, Ethylammonium Nitrate
  22. Ryo Kanzaki, COIL-3, Cairns, Australian Cairns Convention Centre, 2009 5/31-6/4, Acid-base Properties and Liquid Structures of a Protic Ionic Liquid, Ethylammonium Nitrate, and Its Aqueous Mixtures
  23. Ryo Kanzaki, COIL-3, Cairns, Australian Cairns Convention Centre, 2009 5/31-6/4, Acidity and Basicity of Protic Ionic Liquids Depending on the Constituting Acid and Base
  24. 宋 雪旦, 梅林 泰宏, 第70回分析化学討論会, 和歌山大学 2009 5/16-17, 硝酸エチルアンモニウム(EAN)-水混合溶媒中における自己解離平衡の反応熱力学
  25. 神崎 亮, 第70回分析化学討論会, 和歌山大学 2009 5/16-17, イオン液体硝酸エチルアンモニウム(EAN)中におけるカルボン酸の酸解離平衡
  26. 森 脩人, 梅林 泰宏, 電気化学会第76回大会, 京都, 京都大学, 2009/3/29-31, イオン液体 1-butyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethanesulfonyl)amide 中のリチウムイオン溶存状態に関する温度依存性
  27. 前畑 健太, 梅林 泰宏, 電気化学会第76回大会, 京都, 京都大学, 2009/3/29-31, X線散乱実験およびMDによるカーボネート系溶媒中の環状および非環状四級アンモニウム塩の溶存構造に関する研究
  28. 小川 紗梨, 梅林 泰宏, 電気化学会第76回大会, 京都, 京都大学, 2009/3/29-31, 中性子・X線回折実験およびMDシミュレーションによるプロピレンカーボネートの液体構造とダイナミクス
  29. 神崎 亮, 第31回溶液化学シンポジウム, 東大阪, 近畿大学, 2008 11/12-14, プロトン性イオン液体-硝酸エチルアンモニウム-中における酸および塩基の溶存状態
  30. 神崎 亮, 熱測定討論会, つくば, つくば国際会議場, 2008 10/16-18, プロトン性イオン液体-硝酸エチルアンモニウム-中における自己解離平衡の反応熱力学
  31. Ryo Kanzaki, 14th ICTAC, Sao Pedro, Brazil Hotel Fazenda Fonte Colina Verde, 2008 9/14-18, HEATS OF MIXING OF CARBOXYLIC ACIDS AND N-METHYLIMIDAZOLE
  32. 小川 紗梨, 梅林 泰宏, 日本分析化学会第57年会, 福岡, 福岡大学, 2008 9/10-12, 振動分光によるプロピレンカーボネート溶液中のリチウムイオンの化学種状態別分析
  33. 山口 大志, 梅林 泰宏, 日本分析化学会第57年会, 福岡, 福岡大学, 2008 9/10-12, ビストリフルオロメタンスルホニルアミドイオン液体中のアルカリ金属イオン溶媒和クラスタの構造解析
  34. 光木 卓志, 梅林 泰宏, 日本分析化学会第57年会, 福岡, 福岡大学, 2008 9/10-12, イミダゾリウム系イオン液体のC2メチル化が液体構造に及ぼす効果
  35. 鍾 宛霖, 梅林 泰宏, 日本分析化学会第57年会, 福岡, 福岡大学, 2008 9/10-12, プロトン性イオン液体硝酸モノアルキルアンモニウムのナノ液体構造に関する研究
  36. 神崎 亮, 日本分析化学会第57年会, 福岡, 福岡大学, 2008 9/10-12, プロトン性イオン液体のイオン性と酸塩基性
  37. Xuedan Song, Ryo Kanzaki, CATS2008, China, Dalian, Dalian Bayshore Hotel, 2008 5/18-21, Acid and Base Thermodynamics of Protic Ionic Liquids
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
石黒 慎一 (ISHIGURO SHN-ICHI)  
九州大学・理学研究院・名誉教授  
研究者番号: 80111673
- (2) 研究分担者  
梅林 泰宏 (UMEBAYASHI YASUHIRO)  
九州大学・理学研究院・准教授  
研究者番号: 90311836
- (3) 研究分担者  
神崎 亮 (KANZAKI RYO)  
鹿児島大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号: 50363320