

機関番号：13601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008-2010

課題番号：20350003

研究課題名（和文）

水と磁場との相互作用：構造と物性

研究課題名（英文）

INTERACTIONS BETWEEN WATER AND MAGNETIC FIELD: STRUCTURES AND PROPERTIES

研究代表者

尾関 寿美男 (OZEKI SUMIO)

信州大学・理学部・教授

研究者番号：60152493

研究成果の概要（和文）： 磁束変化に伴う水の構造・物性変化を検証し、溶存酸素を含む場合にのみ純水の磁気処理効果を確認した。ラマンスペクトルや接触角、粘度、蒸気圧に変化がみられ、これらの間の相関は高かった。磁気処理効果の出現・消失には誘導時間が必要であり、数十分にわたる記憶効果を示した。これらはハイドレート形成時にも見られ、磁気処理による水のラマンバンド変化から示唆されるハイドレートあるいは過冷却水様構造形成と矛盾しない。

研究成果の概要（英文）： Changes of structures and properties of water with magnetic flux changing were confirmed only when oxygen was dissolved in it, referred to magnetic treatment (MT) effects. Raman spectra, contact angle, viscosity, and vapor pressure of water were changed by MT and correlated strongly to each other. The MT effects required the induction time for their appearance and disappearance, and showed memory effect over half an hour. Such phenomena were reported in hydrate formation processes, which seem to be consistent with hydrate or super-cooled water formation due to MT, suggested by Raman bands.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2009年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	14,900,000	4,470,000	19,370,000

研究分野： 化学

科研費の分科・細目： 基礎化学・物理化学

キーワード：磁場、磁気処理、水、磁化水、ハイドレート、記憶効果、誘導時間、粘度

1. 研究開始当初の背景

(1) われわれは磁場下でのコロイド・界面化学の開拓的研究に取り組み、弱磁性系の磁場下での諸現象をサイエンスにまで高めるために、質の高い実験成果を収集してきた。弱磁性系のわずかな磁場効果、磁場効果自体が明確でない新現象や新機能を探索的に研

究すること、また、磁場によって初めて創生される新物質、新構造を構築することを通して新しい物理、化学原理を迫ってきた。

(2) この過程で、磁場印加によるヒドロゲルの水和熱変化や疎水表面への水蒸気の吸着促進などの磁場効果における水の重要性、磁場印加および除去時のオーバーシュート

現象などの磁場変動時の顕著な磁場効果を経験した。

(3) 磁場は社会的に広く利用されており、生活の中に根付いているエネルギーの一つである。一方で、効果が疑わしいものもあり、水の磁気処理による防錆やスケール付着防止効果が大規模に利用されているが、基礎科学の立場からは容認し難い効果である。最近、われわれはその効果の基礎的検討を行い、酸素を含む水で一定の磁気処理効果を認めたことから、その確証を得る必要に迫られた。

2. 研究の目的

水の磁気処理効果に対して、科学的観点から「静的磁場下での水の構造と物性」と「磁束変化に伴う水の構造と物性」をテーマに設定して厳密に物理化学的に検証し、そのメカニズムにアプローチする。

(1) 物理化学的かつ厳密に実体（構造や物性）に直接的に迫る。

(2) 間接的ではあるが、機能や現象を通して磁気処理の描像を実体化する。

(3) 水の構造や性質への磁気処理効果の理解のために水溶液あるいはモデル物質の静磁場効果と動的磁場効果を伝統的な熱力学および分光学的方法によって確定する。

(4) 磁気処理効果の出現メカニズムを理解する。

3. 研究の方法

(1) 分光器本体を磁場から遠ざけて、サンプルセル部のみを超伝導マグネットへ挿入するために、遠隔測定用ファイバースペクトル装置を新規購入し、磁場中の水および水溶液のin-situラマン散乱スペクトルを調べた。

(2) 表面張力を磁場中で測定するために、長いチューブ中を非磁性ガスを一定速度で流して、磁場下の水中のノズルから泡として放出させながら圧力変化を圧力ゲージでモニターして、in-situ表面張力を測定する装置を開発した。

(3) 磁気処理水の記憶効果を高分解能ラマン散乱装置で測定し、同時に効果消失の誘導時間を調べた。これをin-situラマン散乱装置による磁気処理の誘導時間と比較した。

(4) 水や水の構造化能の異なるアルカリハライド、尿素、ショ糖などの水溶液の粘度を精密毛管粘度計で測定し、磁気処理効果と水の構造型、水和との相関を調べた。

(5) 磁気処理水のpH、溶存酸素（溶存酸素計を購入）、電導度を調べた。

(6) 20T級パルスマグネットを製作し、パルス磁場による水の磁気処理を調べた。

(7) 磁気処理による水の蒸気圧変化を精

度良く検出する装置を製作し、み時の活量変化を調べた。

(8) 磁気処理水および各種水溶液からの氷と共晶の熱分析を、磁場外で高感度熱分析計を購入して精密に検討した。磁気処理条件（温度、磁場強度、方向、湿度など）、添加物、特に光学異性体効果、酸素効果に注目した。

4. 研究成果

水の磁気処理効果」に対して、科学的観点から厳密に雰囲気と条件を制御して、磁束変化に伴う水の構造と物性の変化を検証した。

(1) 新規購入した遠隔測定用ファイバースペクトル装置によって水を磁気処理しながらラマンスペクトルをその場測定した。真空脱気された蒸留水のラマンスペクトルは磁気処理によって変化しなかったが、酸素を溶存した蒸留水は磁気処理によって400～4000 cm^{-1} の範囲の水由来のすべてのバンド（水素結合を含む）強度が増加した。これらのin-situラマン装置で確認された磁気処理中の水のスペクトル変化を、磁場外の高感度ラマン装置で記憶として再確認した。ラマンバンドの強度が増加した磁気処理水は接触角が低下し、粘度も低下した。これらの変化の間の相関は高かった。

(2) 磁気処理効果は1時間以上保持され、記憶効果を示した。これらの結果は、水の磁気処理変化は水の構造変化を伴うものであることを示唆している。これまでの赤外吸収スペクトル変化に矛盾しない結果となった。磁気処理水の保存に関する基礎検討を行い、温度や時間などの条件を検討した。

(3) パルスマグネットを製作した。1msの20Tパルス磁場の繰り返し照射は、磁気処理と同じ効果を与えることがわかった。このことから、磁束と水との相対運動が磁気処理効果には必要であることが再確認できた。この効果はパルス照射回数に依存し、数回で飽和する傾向がみられた。

(4) 水および電解質水溶液の凍結電位への静磁場効果を電位その他、X線回折や本年度購入のDSC装置を用いて検討した。凍結電位は磁気処理によっては変化しなかったが、磁場中凍結にともなう凍結電位は低下した。また、ラマンバンドの変化も観測されたが、相関性や再現性は今後さらに検討が必要である。

また、静磁場下の純水や塩水溶液の熱分析をin-situ DSCで行ったところ、磁場下で凍結した共晶の融点がわずかにシフトすることが確認された。

(5) 蒸気圧測定装置を製作し、磁気処理による水蒸気圧変化を予備検討した。蒸気圧は

増加し、水の活量の増加を示唆した。また、最大法圧法による動的表面張力測定装置を製作し、表面張力への磁場効果を検討した。

(6) 磁気処理効果の出現には誘導時間が必要であり、また、この効果は磁気処理終了後数十分にわたる記憶効果を示した。記憶の消失にも誘導時間がみられた。このような現象は、種々のクラスレート・ハイドレート形成時の誘導時間やハイドレート溶解後の再結晶化の際の構造記憶と酷似する。クラスレート・ハイドレート中の水の伸縮ラマンバンドは磁気処理前後の水の差スペクトルの形状とよく似ていた。また、このバンド形状は過冷却水のスペクトルとも似ていることから、磁気処理水は準安定状態の構造が関わっており、誘導時間や記憶効果はその形成や崩壊に関連していると推察される。磁気処理効果は磁気処理水を水に80%以上混合したときに初めて出現し、磁気処理時間とともに純安定状態が形成され、また、磁気処理終了後の時間経過とともに消失すること、つまり誘導時間の存在と矛盾しない。磁気処理による水物性の変化や機能発現は構造由来であり、この準安定な構造は保存されることが分かった。

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5件)

- ① A. Tanaka, T. Iiyama, T. Ohba, S. Ozeki, 他4名, Effect of a Quaternary Ammonium Salt on Propylene Carbonate Structure in Alit-Shaped Carbon Nanopores, *J. Am. Chem. Soc.*, 2010, 132, 2112-2113. 査読あり
- ② R. Kobori, T. Ohba, T. Suzuki, T. Iiyama, S. Ozeki, 他5名, Fine Pore Mouth Structure of Molecular Sieve Carbon with GCMC-Assisted Supercritical Gas Adsorption Analysis, *Adsorption*, 2009, 15, 114-122. 査読あり
- ③ T. Iiyama and S. Ozeki, Small-angle X-ray scattering study on structure of adsorbed molecular assemblies in carbon micropores, *Tanso*, 235, 275-279, 2008. 査読あり
- ④ G. Saravanan, K. Fujio and S. Ozeki, Magnetic field effects on electric behavior of $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ at bare and membrane-coated electrodes, *Technol. Adv. Mater.*, 9, 024209(7pp), 2008. 査読あり
- ⑤ G. Saravanan and S. Ozeki, Magnetic Field Control of Electron Tunneling Pathways in the Monolayer of (Ferrocenylmethyl)dodecyl dimethylammonium Bromide on a Gold Electrode, *J. Phys. Chem. B.*, 112, 3-6, 2008. 査読あり

[学会発表] (計24件)

- ① 尾関寿美男, 本間祐太, 大塚伊知郎, 松下智久, “磁氣的相互作用した水の特徴”, 日本化学会第91春季年会, 2011.3.26-29, 横浜・神奈川大 (口頭 3D3-43)
- ② 浜崎亜富, 尾関寿美男, “新型パルスマグネットシステムの開発とベシクルのパルス磁場応答の検討”, 日本化学会第91春季年会, 2011.3.26-29, 横浜・神奈川大 (口頭 4F1-03)
- ③ Yuta Honma, Govindachetty Saravanan, Tomohisa Matsushita, Atom Hamasaki, Sumio Ozeki, “Magnetic response of aqueous systems and analytical aspects”, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 15-20th December, 2010, Hawaii, USA (招待講演)
- ④ Atom Hamasaki, Sumio Ozeki, “Development of a new pulsed magnet system and dynamic behavior of lipid membranes”, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 15-20th December, 2010, Hawaii, USA (Oral)
- ⑤ 小原裕輝, 浜崎亜富, 尾関寿美男, “静磁場の塩水溶液から成長する氷の特性”, 第5回日本磁気科学学会年会, 2010.10.22-23, 福岡・九州大 (口頭 10-15)
- ⑥ 松下智久, 本間祐太, 浜崎亜富, 尾関寿美男, “磁気処理による水のラマン散乱の変化”, 第5回日本磁気科学学会年会, 2010.10.22-23, 福岡・九州大 (ポスター P-16)
- ⑦ Tomohisa Matsushita, Yuta Honma, Atom Hamasaki, Sumio Ozeki, “Magnetic Field Effects on Vibration Structure of Water”, International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science, September 19-22, 2010, Chiba, Japan (Poster 2PE01)
- ⑧ Yuki Ohara, Atom Hamasaki, Sumio Ozeki, “Magnetic Field Effects on Freezing Potential and Ice Structure of Aqueous Salt Solutions”, International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science, September 19-22, 2010, Chiba, Japan (Poster 1PD22)
- ⑨ 小原裕輝, 浜崎亜富, 尾関寿美男, “凍結電位への磁場効果”, 日本化学会第90春季年会, 大阪, 2010年3月26-29日, 大阪・近畿大 (口頭 2E4-16)
- ⑩ 浜崎亜富, 本間祐太, 松下智久, 渡部文也, 尾関寿美男, “磁気処理水の物性と機能の分光学的検証”, 第4回日本磁気科学学会年会, 2009年11月13-14日, 松本・信州大 (口頭 20-05)
- ⑪ 浜崎亜富, 尾関寿美男, “可動式パルスマグネットシステムの開発”, 第4回日本

- 磁気科学学会年会，2009年11月13-14日，松本・信州大（ポスターP-19）
- ⑫ 小原裕輝，浜崎亜富，尾関寿美男，“塩水溶液の凍結電位への磁場効果”，第4回日本磁気科学学会年会，2009年11月13-14日，松本・信州大（ポスターP-18）
- ⑬ 松下智久，本間祐太，浜崎亜富，尾関寿美男，“塩水溶液の構造への磁気処理効果”，第4回日本磁気科学学会年会，2009年11月13-14日，松本・信州大（ポスターP-20）
- ⑭ Sumio Ozeki，“Properties of Water Interacting with Magnetic Fields”，International Conference on Magneto-Science 2009 (ICMS 2009)，26-29th October, 2009, Nijmegen, Netherlands（招待講演）
- ⑮ Tomohisa Matsushita, Yuki Ohara, Atom Hamasaki, and Sumio Ozeki, "Magnetic Field Effect on Structure and Function of Aqueous Salt Solutions", International Conference on Magneto-Science 2009 (ICMS 2009), 26-29th October, 2009, Nijmegen, Netherlands (Poster PI-17)
- ⑯ 本間祐太，浜崎亜富，尾関寿美男，“磁気処理した水の物性評価”，第62回コロイドおよび界面化学討論会，2009.9.17-19，岡山・岡山理大（口頭1A12）
- ⑰ 小原裕輝，浜崎亜富，尾関寿美男，“水の凍結電位への溶存気体の影響”，第62回コロイドおよび界面化学討論会，2009.9.17-9，岡山・岡山理大（ポスターP064）
- ⑱ 松下智久，浜崎亜富，尾関寿美男，“炭酸カルシウムの結晶成長に対する磁気処理効果”，第62回コロイドおよび界面化学討論会，2009.9.17-9，岡山・岡山理大（ポスターP120）
- ⑲ Sumio Ozeki, "Properties of Aqueous Solutions Under Interfacial And Magnetic Fields", 13th IACIS International Conference on Surface and Colloid Science and the 83rd ACS Colloid & Surface Science Symposium, 2009. 6.14-19, Columbia University, New York（依頼講演）
- ⑳ 本間祐太，尾関寿美男，“酸素を含んだ水への磁場の影響：粘度とドメイン構造”，日本化学会第89春季年会，2009年3月26-30日，千葉・船橋日大（口頭）
- ㉑ 本間祐太，尾関寿美男，“磁場と相互作用した水および塩溶液の粘度”，第3回日本磁気科学学会年次大会，2008年10月1-2日，弘前・弘前大（口頭）
- ㉒ 本間祐太，尾関寿美男，“塩溶液およびミセル溶液の粘度への磁場の影響”，第61

回コロイドおよび界面化学討論会，2008.9.7-9，福岡（口頭3D08）

- ㉓ Sumio Ozeki, Ichiro Otsuka, and Yuta Honma, "Properties and Functions of Water Treated by Magnetic Fields", 3rd International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Field (MAP3), May14-16, 2008, The University of Tpkyo, Tokyo, Japan. (Oral)
- ㉔ Yuta Honma, Ichiro Otsuka, Takenori Nakayama, Sumio Ozeki, "Inhibition of Metal Corrosion due to Water Treated by Magnetic Fields", 3rd International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields (MAP3), May14-16, 2008, The University of Tpkyo, Tokyo, Japan. (Poster)

〔図書〕（計2件）

- ①尾関寿美男 他40名，新しい局面を迎えた界面の分子科学（CSJ Current Review 04），（株）化学同人，2011，199ページ。
- ②尾関寿美男 他，現代界面コロイド科学の事典，丸善株式会社，2010，272ページ。

〔その他〕

ホームページ等

<http://dione.shinshu-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾関寿美男 (OZEKI SUMIO)
信州大学・理学部・教授

研究者番号：60152493

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：