

磁気を利用した溶液構造制御 と技術開発



大垣一成*

Utilization of Magnetism for Control of Solution Structure and Development of New Technology

Key Words: Magnetic Field, Aqueous Solution, Crystallization,
Functional Materials, Molecular Cluster

反磁性体である溶液に磁場を作用させると、その溶液自体は磁化されないものの、その溶液から析出する結晶や反応物の結晶格子面間隔が広がったり、結晶粒子サイズの均一化、あるいは結晶の析出を抑制したりする現象が観察された¹⁾。この現象は、溶液に生じる密度勾配の実測²⁾や、溶液の電子顕微鏡観察³⁾などでその存在を明らかにした溶液中の分子性クラスターと密接な関係があるものと考えられる。溶液や結晶の不均一性を示唆するこれら一連の実験事実は従来の定説を覆すものであり、そのことは同時に新しい概念を基礎とした技術開発の可能性を内包しているものと考えられる。

磁気の影響が関与している現象には、科学的興味を引くものが多い。例えば、ボイラー燃料に磁場を作用させると燃焼効率が增加すること、ボイラーのスチーム配管内でスケールが抑制できること、あるいは車の燃料に磁場をかけると燃費向上と窒素酸化物発生が抑制できることなどその原因はほとんど解明されていない。さらに肩こり・腰痛や高血圧等の成人病治療に磁気が利用されていること、生物の成長促進や果実の糖度増加など生体に及ぼす効果も報告されている^{4,5)}。これらの現象は、細胞機能・酵素活

性変化で説明する試みがあるがその原因は不明である。

本研究では、磁気に関与する現象の多くは溶液の磁気照射記憶と溶液構造変化あるいは分子性クラスターの安定化が直接影響していると考え、磁気により溶液構造を制御し、そのことがどのような技術となって種々の分野に適用できる可能性があるかを考えてみることにする。

1. 溶液の不均一性について

溶液を重力場に静置すると重力方向に密度勾配が生じる。この現象は、溶液中に溶質クラスターが存在し、ブラウン運動と沈降とのバランスで説明できることを先に示した。この時のブラウン拡散方程式を解くと溶質クラスターのサイズに関する情報が得られ、数種の水溶液中のクラスターサイズはいずれも約 16 ± 3 nm程度であった。仮に溶質分子のみからなるとすれば約 10^4 個の分子から構成される巨大な分子性クラスターの存在が示唆される。また濃度が異なる数種の溶液のレプリカを電子顕微鏡で観察するとサイズが約20nmの微粒子が確認され、溶液濃度の増加とともに微粒子密度は増加するもののそのサイズはほとんど変化しない。また溶液の密度勾配から求めた溶質クラスターサイズに近い値であることから、この微粒子が溶液中での一単位物質として比較的長い時間生存しながら運動している可能性が高い。さらに溶液濃度を増加させ、結晶と共存する状態での溶液および結晶表面を観察すると、溶液サイドでは凝集物のチェーンが網目構造を形成し、結晶サイ

*Kazunari OHGAKI

1949年1月15日生

1976年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了

現在、大阪大学基礎工学部化学工学科、助手、工学博士、化学工学応用物理化学

TEL 06-844-1151(内線 4718)



ドではチェーンが切れ独立した凝集体の充填構造が確認される。一方単結晶と考えられている結晶を切断し、その断面を観察すると、整然と配列した約60nmの凝集体中には溶液中と同じ20nmの微粒子が充填されていることを確認した。この結晶を粉末およびラウエのX線分析をしたところ明確な「結晶性」を呈した。

これらの事実から、溶液は溶質クラスターの構造物を持ち、かつその溶液から成長した結晶の内部は溶液構造の面影を保持した不均一な構造であると言える。同時にこのことは結晶成長機構における「核」および「核生成論」を否定する可能性が高く、結晶化のトリガーを再検討する必要があるものと考えられる。この問題については本研究の主題ではないのでここでは触れないが、溶液から成長する結晶が内部にその溶液構造を保持すると言う事実はきわめて重要である。

2. 磁気による水溶液の構造変化

反磁性体である溶液に磁気を照射するとどのような現象が起こるかを検討することは、文頭で述べた多くの現象の本質に迫るものと考えられ興味深い。溶液中に巨大な分子性クラスターが存在するとすればその「巨大分子」の磁化率は非常に大きく、したがって磁束密度1T程度の磁場を作用させればその巨大分子の持つ熱エネルギーと磁場エネルギーが拮抗する。溶液に磁場を作用させ、その溶液中で成長した結晶と、磁場を作用させない溶液から得た結晶とを比較すれば、磁場を作用させた溶液中の構造が変化したかどうかを推測することが可能である。各結晶の断面の電子顕微鏡観察、粉末X線回折、結晶NMR分析、結晶粒子径分布の測定などにより磁気照射された溶液から成長した結晶の構造を観察したところ、結晶格子の面間隔の拡張、結晶の歪、結晶粒の均一化、結晶開始温度の低下などマイクロからマクロなレベルにわたって、その性質・構造が異なっていることが判った。さらに磁気を照射された溶液は、徐々に弱まるとはいえ5日間以上その事実を記憶していること、希塩酸と硝酸銀水溶液に磁気照射した後混合して反応させた塩化銀結晶でも同じ変化が観

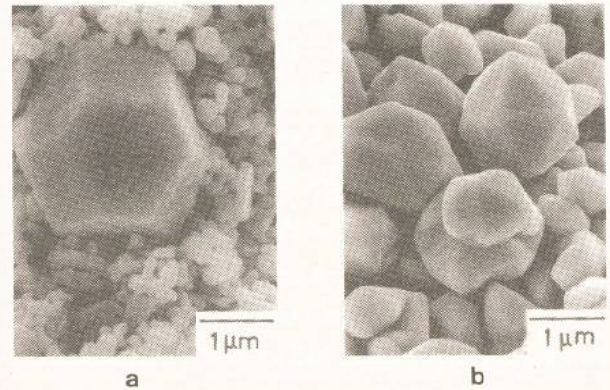


図1 Electron microscopy of silver chloride crystals produced from two aqueous solutions of silver nitrate and hydrochloric acid.

a): The mother solutions are not magnetically exposed. Fine particles and large crystal are mixed.

b): The mother solutions are exposed in a magnetic field of 1 T for 1 hour. The particle size seems to be uniform.

察され、磁気照射の記憶が反応期間中も保持されていることが判明した。磁場を作用させた溶液中で生成した塩化銀結晶とそうでないものと

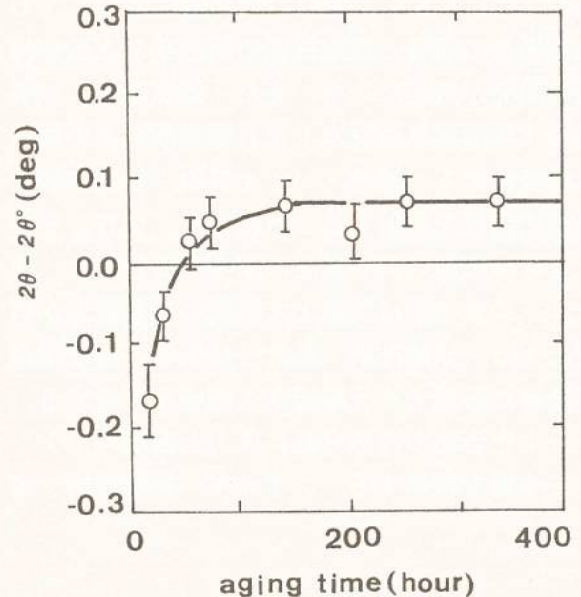


図2 Relation of Bragg's angle shift and aging time in the barium sulfate system.

The superscript o denotes the blank (non-exposed). The Bragg's angle shift is caused by the magnetic exposure of 1 T for 1 hour. The datum of angle shift is the averaged value of 5 peaks ($2\theta = 25.82^\circ, 26.82^\circ, 28.72^\circ, 31.52^\circ, \text{ and } 32.82^\circ$ for the blank).

を比較してその電子顕微鏡写真を図1に示す。特に興味深いのは硫酸バリウム結晶で、希硫酸と塩化バリウム溶液とを磁気照射し反応後母液と沈澱物とを共存させておくと、熟成時間によって格子間隔の広がりが増える。図2に示すように熟成時間が2日間を越えるときには磁気照射していないものより狭くなり安定する。この変化は、あたかも硫酸バリウム結晶中の水分子が母液側に抽出されているかの様であり、沈澱物を母液から分離するとその変化がほとんど停止する。

3. 溶液構造制御と技術開発の可能性

溶液が磁場の影響を何処にどのような機構で記憶しているのかが解明されれば、磁気を利用して溶液構造を制御することが可能になるであろう。磁場を利用した溶液構造制御が関連すると思われる分野での技術・製品開発について夢みることにする。健康・医療技術：既に利用されている肩こり・腰痛治療用磁石の磁束密度やパルスの周波数などについてより有効な機器の開発や、CTスキャン類似の全身磁気照射による血液構造の調整と細胞機能の活性化など医療技術の開発が可能になる。また「磁気湯呑」の製造や「清涼飲料磁気水」など健康飲料水の製造も活発化する。植物・バイオ技術：植物の根や果実に磁気を照射することにより、生育を早めたり付加価値の高い果実の開発が行われる。また、バイオ技術に関連して細胞の培養促進が可能となる。分離技術：晶析や抽出など溶液構造が微妙に影響する分離操作に磁場を利用する。ラセミ化合物の自然分晶に圧力と磁場のポテンシャル場を利用する。エネルギー資源分野：ポ

イラー・エンジン燃料の含水率の調整と同時に磁場を作用させることにより燃焼効率・発電効率の改良および排煙中の有害成分の低減化が期待できる。反応制御：酵素反応における触媒酵素の活性を、溶液構造を調整することにより制御する。高分子の重合反応を磁場により制御し、新しい機能性材料としての高分子を開発する。クラスター性状態の安定化が磁気の効果として考えられるので半導体触媒など超微粒子状態の安定化が期待できる。

4. あとがき

「水溶液が磁場を作用されたことを記憶している」という観点での研究はいま始まったばかりであり、「溶液は不均一である」とする概念に基づいてしばらくはこの路線で走ってみたい。「溶液が均一である」とする土俵では考えられない技術につながっていく、そんな夢を見たい。

参考文献・注釈

- 1) Ohgaki K., Y. Makihara and H. Sangawa : Effect of Exposure to Magnetism on Crystals Produced in Aqueous Solutions, Chem. Eng. Science, in press.
- 2) Ohgaki K. et al. : Solute Clusters in Aqueous Citric Acid Solutions, Chem. Eng. Science, 46, 3283 (1991).
- 3) Ohgaki K., N. Hirokawa and M. Ueda : Heterogeneity in Aqueous Solutions, Chem. Eng. Science, 47, 1819 (1992).
- 4) 朝日新聞1992年11月10日, 科学面記事.
- 5) 読売新聞1993年4月23日, 総合面記事.