



マイクロバブルを用いた ナノ粒子成長

滋賀大学 徳田陽明

Institute for Chemical Research, Kyoto University



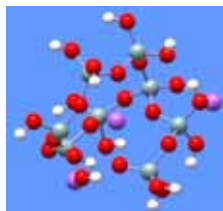
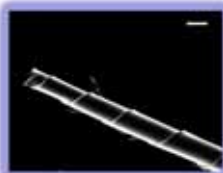
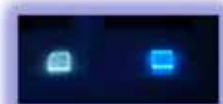
研究対象：非晶質（ガラス）材料

ガラス材料をベースとする新規な機能性材料の創製

- ガラス構造の理解に基づいた材料設計
- 光機能性材料，電池材料などの創製

無機化学の知識を活かした社会貢献

- 有機-無機ハイブリッド材料の創製
- 放射能汚染物質の除染・洗浄
- 酸化物ガラスのネットワーク構造の理解、解明
- ガラス蛍光体の創製とその発光機構解明、放射線検出材料への応用
- 酸化物ガラスを用いた新規機能材料創製



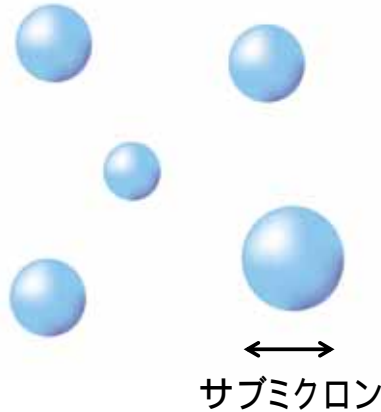


[マイクロバブルを含む水]



マイクロバブルを含む水

蒸留水



特徴

- ・気液界面
- ・反応後の残存無し
- ・様々な気体(不活性, 酸化性, 還元性)
- ・汎用性

Institute for Chemical Research, Kyoto University



[利用例]

・汚れ除去の効率上昇

約0.1 μm

(NEXCO西日本)



・セシウム汚染土壌の浄化

Ueda & Tokuda et al., Water Sci. Tech. (2013), 特開2013-140096



マイクロバブルの研磨作用

Institute for Chemical Research, Kyoto University



水溶液プロセス = 反応場 + 化学反応 + プロセス(分離, 精製etc)

- ・均一/不均一
- ・反応への関与の有無

新しい反応場 \Rightarrow 新しい水溶液プロセス??

水中の**マイクロバブル(微細気泡)**に着目



検討内容

- ・ マイクロバブル水の調製条件, 評価方法の検討
粒子トラッキング法(低濃度の粒度分布評価が可能)
- ・ マイクロバブル水を用いたZnO結晶の合成

	バブル	ラジカル
(1) 蒸留水	無	無
(2) 窒素バブル水	有	無
(3) オゾンバブル水	有	有

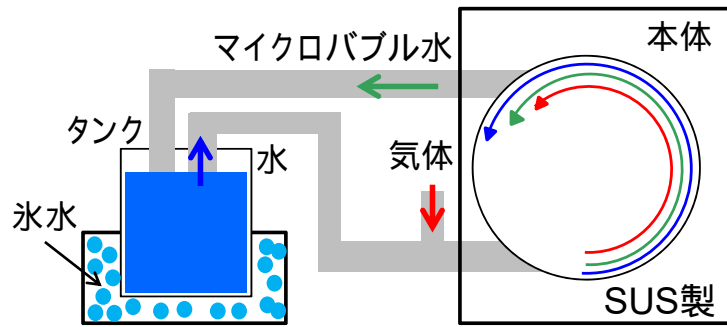
(1) & (2): **マイクロバブルの効果の確認**

(2) & (3): **ラジカルの効果の確認**

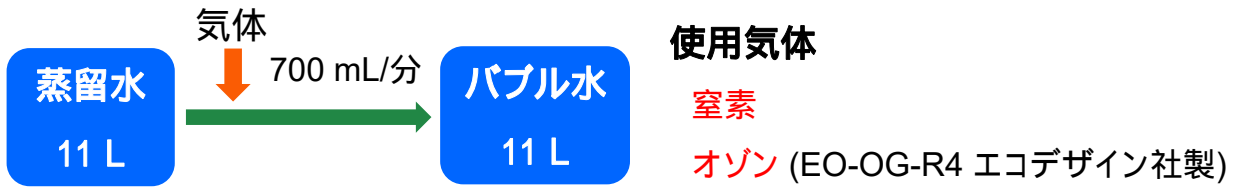


マイクロバブル水調製方法

[マイクロバブル生成原理]・・・気液せん断方式



[調製]

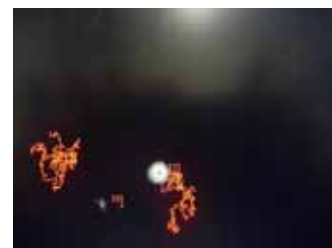
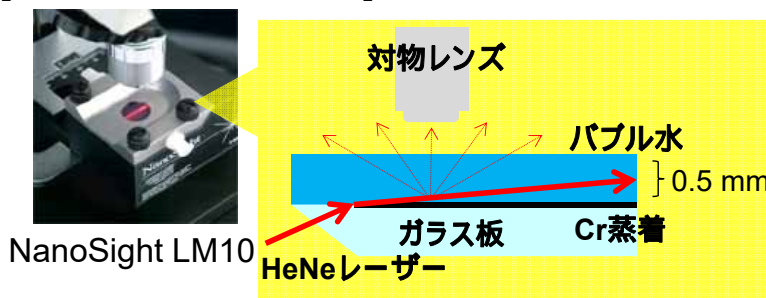


・気液混合流体を高速旋回(3,276 rpm)



マイクロバブルの解析

[粒子トラッキング法]



ブラウン運動の様子

Stokes-Einstein式で算出

$$\langle x, y \rangle^2 = \frac{2kTt}{3\pi d\eta}$$

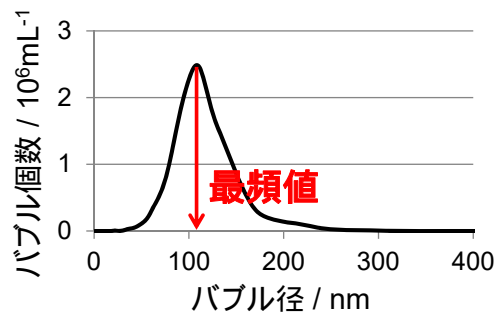
$\langle x, y \rangle$: バブルの変位の平均

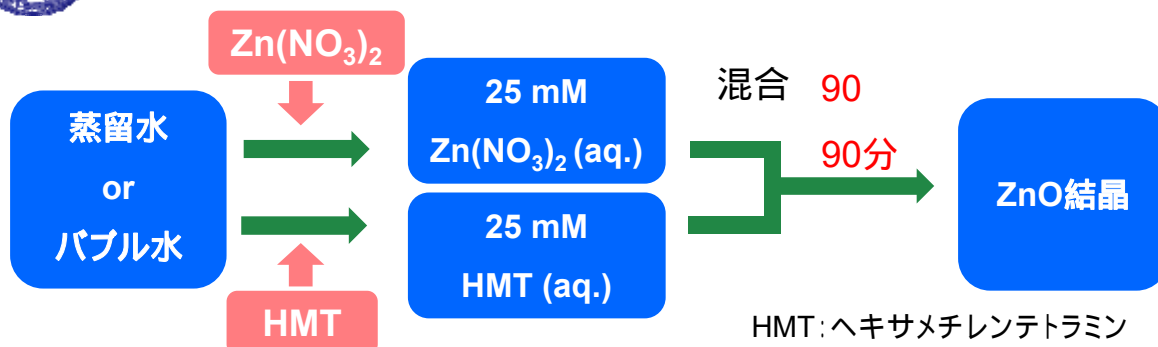
k : ボルツマン係数 T : 絶対温度

d : バブル径 η : 液粘度

Julian A. et al., Trends in Analytic Chemistry (2011)

バブル径分布, バブル濃度, 最頻値





Jung S.-H. et al., Adv. Mater. (2007)

[反応]

1. (CH₂)₆N₄ + 6H₂O → 4NH₃ + 6HCHO
2. NH₃ + H₂O → NH₄⁺ + OH⁻
3. Zn²⁺ + 2OH⁻ → ZnO + H₂O
4. Zn²⁺ + 2·O₂⁻ → ZnO + 3/2O₂

[評価方法]

収率: 質量測定 (遠心分離し, 濾別)

形状: SEM (JSM-6500FE, JEOL社製)・ディップコート

結晶構造: XRD (RINT-2100, Rigaku社製)

Institute for Chemical Research, Kyoto University



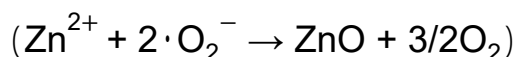
	バブル濃度 / 10 ⁸ mL ⁻¹	最頻値 / nm	収率 ([ZnO]/[Zn(NO ₃) ₂])	収率の標準偏差
蒸留水	0.00	-	0.11	0.05
窒素バブル水	1.64	103	0.35	0.34
オゾンバブル水	1.16	104	0.42	0.08

・収率: **オゾンバブル水 > 窒素バブル水 >> 蒸留水**

→ マイクロバブル and/or ラジカル: **収率の向上**

✓ マイクロバブル: **不均一核として作用**

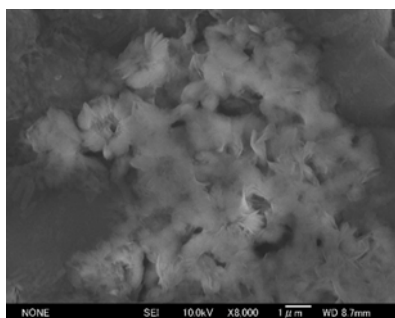
✓ オゾン由来の**ラジカル**: **結晶成長に関与?**



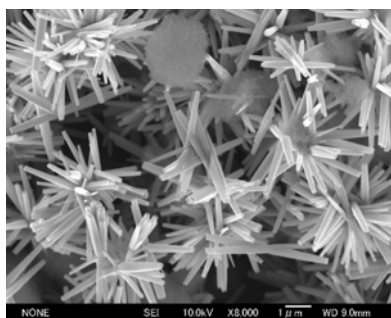
Institute for Chemical Research, Kyoto University



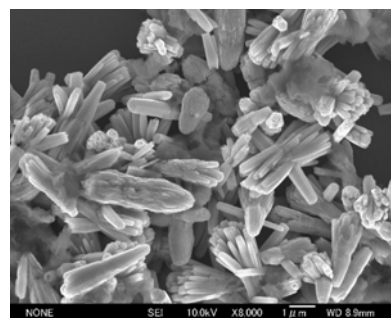
蒸留水



窒素バブル

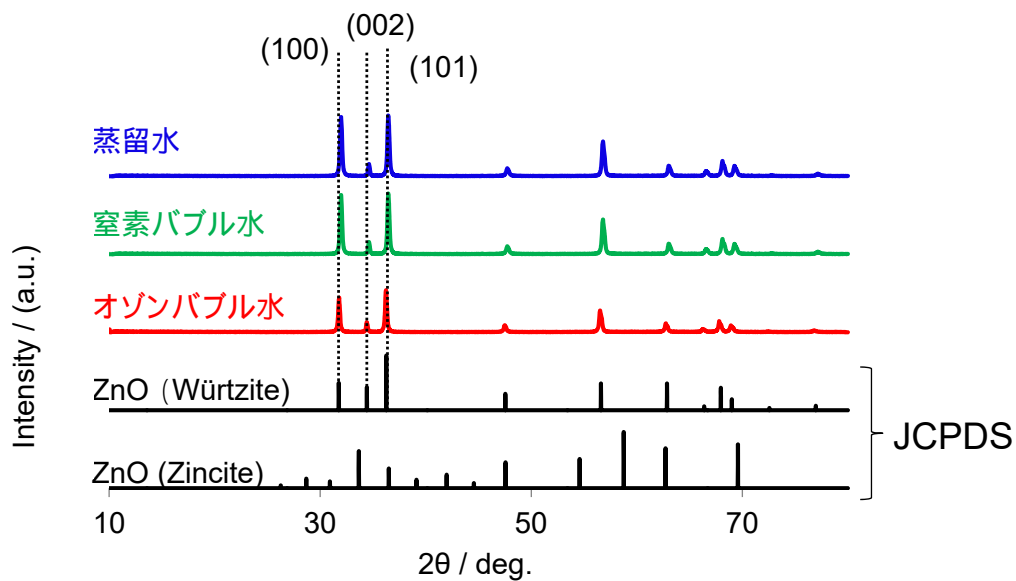


オゾンバブル



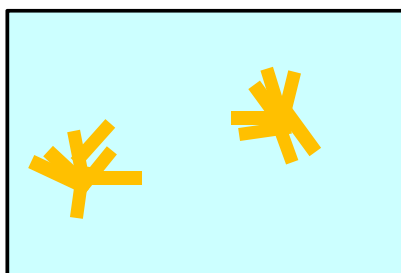
- ・蒸留水を用いると、島状の**大きな結晶**が生成
- ・窒素バブル水、オゾンバブル水を用いると**針状結晶**が生成
- ・オゾンバブル水を用いると、アスペクト比の小さな結晶が生成

→マイクロバブルは、**析出結晶の形状**に影響

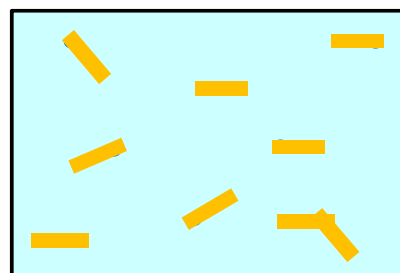


・いずれも**ウルツ鉱型**

→バブル・ラジカル: 結晶構造に**影響を与えず**



蒸留水



マイクロバブル水

	メカニズム	結晶数	結晶子サイズ	形状
蒸留水	均一核生成	少	大	島状
マイクロバブル水	不均一核生成	多	小	針状
オゾンバブル水	不均一核生成	多	大	針状 (低アスペクト比)

Institute for Chemical Research, Kyoto University



蒸留水及びマイクロバブル水を用いてZnO結晶を作製し、マイクロバブル及びラジカルの存在が結晶成長に及ぼす影響を検証した。

- 約100 nmの微細気泡を含むマイクロバブル水の調製条件を見出した。
- ZnOの結晶構造は、マイクロバブル及びラジカルの存在に依存しない。
- マイクロバブルにより溶液中の結晶核密度が増加したため、針状結晶が高収率で得られたと考えた。

Institute for Chemical Research, Kyoto University