

固/液/気 界面反応における粒度制御

(株)ファインクレイ 古野伸夫

1 はじめに

トピックス欄の執筆依頼郵便を受けたのは、余震と二次災害を危惧しながら仕事場の後片付けを終えてともあれ生きている事のあり難さを実感している最中であり、地震断層のすべり面の凄まじさ、実感としてとらえられる崖崩れ面の恐ろしさを身近にみて、昨今の環境問題、濁水問題を合わせて表題について思うところを述べる。

崖崩れの土砂の崩れ方の乾いた様相、埋立地に於ける地盤の液状化も凄まじい。別々の出来事であるが、地盤の強度、粘弾性挙動にかかわる土砂の含有水分、空隙との関係、即ち各界面に係わるこれらの現象にも関連する技術として、固/液/気の界面反応制御に必要な分散粒子 ($50\mu\text{m}$ 以下) の粒度制御の具体的方法を紹介する。

2 ソフト溶液プロセスの期待

超高温、高真空、高圧力、高酸化条件、極端な酸/アルカリ領域、等の極端な反応環境の創出にオリジナリティ、プライオリティを主張して、新規物質を追い求めてきた。多くの有用物質を開発して豊かな生活が実現した反面、資源採取と不要物排出の量と質が自然の循環の容量を越えて引き起こされた様々な環境問題が顕在化している。

固/液/気の界面の制御に於ける媒体液として水を選択すると極めて煩わしいが、非水溶媒を選択するとその界面現象が明瞭に把握できて、大きな産業成果を得た。しかしこの発展は有限で、非水溶媒の排出はこれを受け入れる自然の環境容量を越えられない³⁾。

新しい有用性と高機能を新規物質に求める際、その手段を吟味せねばならない時代になっている。地球上の温和な条件(常温、常圧)での普遍的な液体は水であるから、固/液界面反応制御における液体の選択は、水が必然的である。媒体液の選択において、研究の一過程として非水溶媒を選択した場合は、その研究成果は水系の界面制御に反映でき、産業構造を水系に転換できるはずである。しかし非水系の研究に安住する快適さ、その産業構造の快適さは、シンナー遊びと同様に自発的にやめられないのが現実である。日本化学会で吉村昌弘先生、垣花真人先生が企画されているソフト溶液プロセス、温和な条件での水溶液中反応および固/液界面反応制御、等の特別企画活動の発展を期待する。

3 分散系の粒度制御

篩い分級の実用的限界は325 メッシュで、約 $50\mu\text{m}$ 以下の分散系、コロイド領域では、粒度の調整、分級手段が見当たらない。粒度分布の計測手段は著しく進歩しているが、計測に終始して、粒度調整に至らない。略奪的資源採取から廃棄処理に至る一方向限りの物質移動形態から脱却し、望ましい循環システムを構築する為に、固/液界面反応を制御す

するための有効な手段として、分散粒子の沈降分離^{1) 4) 8)}の定量的な制御を考えた。

これを実現する反応装置を筆者と関連会社で開発した。ストークス径 D (μm)以上の粒子の分級採取条件を、遠心機回転半径 r (m), 回転数 n (rpm), 処理流量 Q (m^3/H)として、 $D^2 \cdot r^3 \cdot n^2 = 338^2 \cdot Q$ と表し⁷⁾、その基本のフローシートを図示する。

この結果、 $50 \mu\text{m}$ 以下 $0.5 \mu\text{m}$ に至る懸濁、分散系の粒度制御が可能になり、この範囲の所定粒度以上の粒子が分級槽③に濃縮貯蔵され、遠心機を用いて適宜分離採取される。所定粒度以下の精製懸濁液が貯蔵槽⑤に分離貯蔵され、適宜採取される。

4 固/液/気の界面制御

微粒子懸濁液の分級に際して、気泡の共存が分級精度を損なう。気泡が各沈降槽で重力沈降分離され、温和な大気圧中(減圧、真空でない)での脱泡が実現した。沈降槽の底部分に維持する旋回流の駆動ポンプ回路の高圧部に気体を注入して、気/液界面反応を促進した。常に新しい気体が注入されて、反応済の気体が速やかに排除されるので、気/液、ひいては気/固界面の化学反応の平衡を制御でき、反応速度を大きくできた。酸化/還元状態の調整、光化学反応、イオン交換処理も的確に制御できる。基本事項である温和な領域の温度制御は意外に困難な事であるが、循環系の採用効果としての的確にできる。

5 粒度制御の応用例

5-1 水資源の地域内確保

阪神工業地帯は淀川、神崎川、武庫川等の三角州の豊かな地下水を求めて発祥した。近代工業の用水は当初、当該地域の地下水を汲み上げて賄った。地盤沈下を引き起し、台風時の高潮による大災害を経験して地下水の汲み上げを規制した。かわって、淀川河口堰上の淡水をポンプアップし、凝集沈澱浄化して、パイプを通じて給水している。この用水が阪神各都市の上水、産業用水になっており、今回の激震でこれらの広域給水施設が甚大な打撃を被った。社会全体に於ける水資源の確保の根本システムの見直しの機会であろう。

当該地域に降った雨は速やかに海に流し、地下水という天然の浄水貯水手段を放棄して、巨大ダムの上層水を利用するシステムは、水の短絡浪費を際限なく助長して、ストック不足となり、異常渇水をもたらした。地震災害(特に火災)を深刻にしたように、水の地域ストックが殆ど無い事態は尋常でない。様々な規模の地域内に当該地域の需要に応えた水を保全する事が望まれながら、短絡的利水方式を選択せざるを得ないのは何故か。様々な背景があるが、水を循環資源とする認識の不足と、貯水技術の未熟に尽きる。

環境容量を越えた汚染分は人為的に修復せねばならないから、貯水池(ビルの水道貯水から琵琶湖を含む)は積極的な浄化手段を具備しなくてはならない。図示したフローは、貯水池(槽)の沈降物〔微粒子、コロイド〕を水を満たしたまま連続的に除去(浚渫)できるので、化学反応装置のみならず、浄水、下水処理を兼ねる貯水槽、施設になる。

底泥は一般に還元状態で、糸状菌が絡み合うヘドロ状態(固/液分散)になる。旋回流

により粘度を低下せしめて溶存酸素を効果的に調整し、固/液/気界面を制御した結果、**石少質**（固/液界面の相互作用が小さいもの）と**泥質**（固/液界面の相互作用が大きく、粘性を示すもの＝粘土;Clay）に分級できた。京阪神の水源池、琵琶湖の水質改善に関連し、その底泥処理²⁾について確認した。底泥の分級処理における、**磷**、**窒素**の挙動の問題提起を発表し⁶⁾、引き続き**磷**、**窒素**資源の循環の活性化システムに発展させたい。

5-2 機能粒子の合成

図示したフローの装置は、機能粒子の合成、精製、洗浄工程に適し、特に温和な条件での水溶液中反応による機能粒子材料の合成に際して、大気との関係を掌握して、固/液/気の界面制御を的確に行える。温和な条件での水溶液中反応による機能粒子の合成に際して先ずはセルロース、キチン、コラーゲン等蛋白質と、モンモリロナイト等の粘土鉱物の循環型の活用を検討している。総じてこれらの粒子（固体）と大気（酸素+窒素）との関係では、嫌気還元反応槽と好気酸化反応槽を組合せると、自然に近い循環系を飛躍的に拡大できるので、広義の化学反応と、醸造、醗酵、培養等、生化学、生物学に適する。

5-3 精製モンモリロナイト

水田、湖底に生成蓄積する泥液を構成する粘土鉱物であり、火山灰の風化生成物であるモンモリロナイトの研究が、その層間化合物の特徴の活用として盛んになった。しかし純度の高いものが得難く、化粧品、医薬等の高価な用途に限定されているにすぎない。

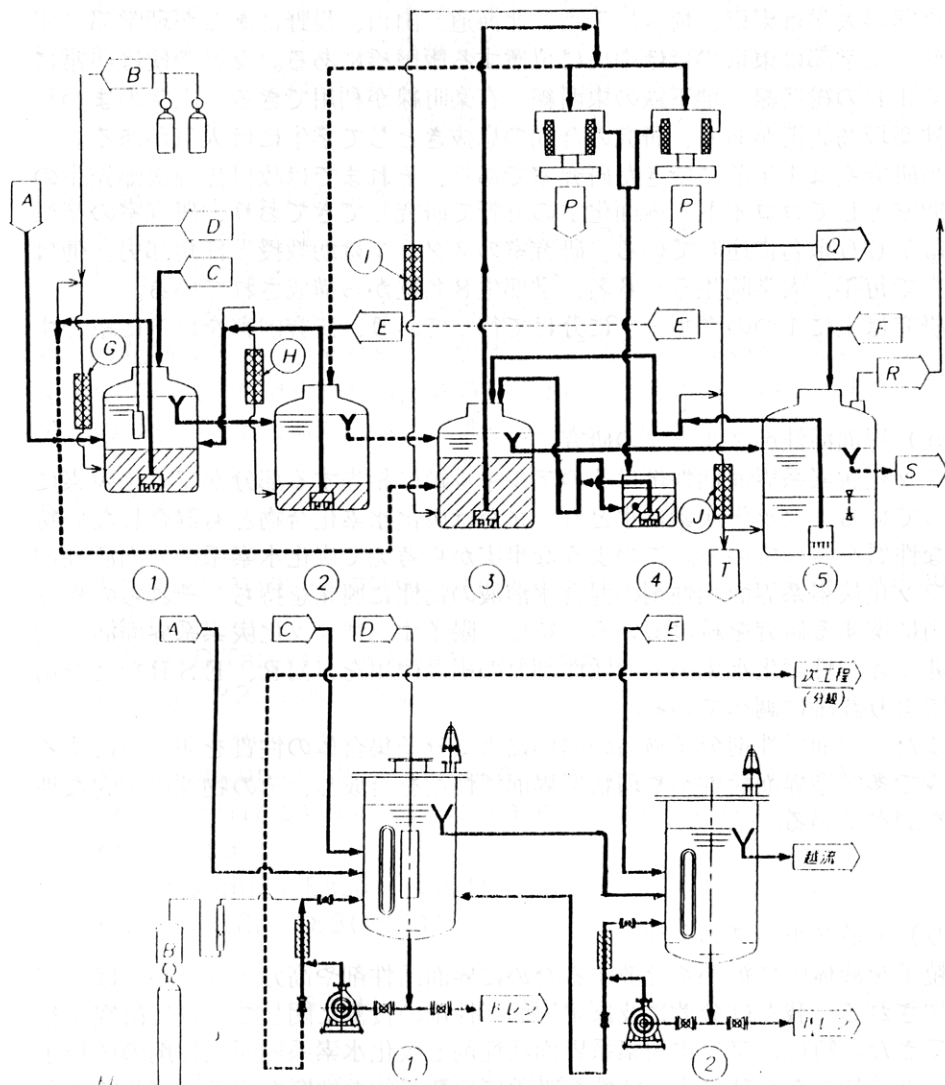
図示したフローにより、 $D=0.5\ \mu\text{m}$ の条件で、ベントナイトの精製が実現した。精製モンモリロナイトを安価大量に供給し、機能豊かなこの天然素材の多方面（鋳物型材、土木工事、切削潤滑材、研磨媒体、遮水構造物、塗料、）において循環型利用を可能にする。特に環境への負荷の高い塗料工業を、水環境内での循環型に転換する事をめざし^{5, 9)}、偉大な先人が残された塗料工業の近代化成果¹⁰⁾を、21世紀に引き継ぎたい。

資料（請求連絡先；〒660, 尼崎市 大庄北 1-3-8 TEL;兼FAX 06-417-5845）

- 1) 1993. 11. 5. 大阪工業技術研究所、フィラー研究会第1回シンポジウム講演要旨集 p. 28
- 2) 1994. 3. 浚渫底泥処理・処分方式検討調査報告書 滋賀県環境室
- 3) 1994. 6. 6. 平成6年版 環境白書 序章の引用
- 4) 1994. 9. 30. 第38回粘土科学討論会 講演要旨集 p. 28
- 5) 1994. 10. 3. 日本化学会秋季大会（コロイド・界面化学）講演要旨集 p. 527, 3F643
- 6) 1994. 10. 10. 第47回コロイドおよび界面化学討論会 講演要旨集 p. 128, 3B13
- 7) 1994. 10. 14. 第32回粉体に関する討論会講演要旨集 p. 188（粉体工学会投稿準備中）
- 8) 1994. 10. 27. 名古屋工業技術研究所、人工粘土研究会第24回講演要旨(1)
- 9) 1994. 11. 10. 色材協会、1994年度色材研究発表会 講演要旨集 10A-9
- 10) 高橋淳：色材, 67[10], 605(1994), 居谷滋郎：色材, 67[11], 730(1994)

固/液/気 不均一 反応装置 基本フロー

①②；反応槽、③；求心沈降分級槽、④；遠心機を用いる分級処理の中継槽、⑤貯蔵槽、
 A；原水、懸濁液入口、 B；酸素、窒素等気体入口、 C；凝集剤、酸化剤等薬液入口
 D；光線照射口、 E；回収液、 F；媒体補給口、 GHIJ；熱交換、1/1 交換。
 P；脱水粒子取出口、 Q；精製液取出口、 R；反応気体取出口、 S；余水（浄水）
 —規模を問わず、各種化学反応槽、浄水、貯水、製品貯蔵槽に好適。—



反応槽①の中央底部分に限定した旋回流を与えて界面反応を促進する。反応槽上下の重力沈降と浮上を乱さずに、同様構造の反応槽②の底部濃縮液を注入する。沈降上澄み液、微粒子懸濁液は槽①から越流として槽②に戻る。規則的な循環で槽①に粒子濃縮液（粗粒）、槽②に媒体液（微粒子）と分離する。従って、反応生成物が一定条件で継続的に、系外に除去されるので、反応平衡と速度を的確に制御できる。