

論文の内容の要旨

論文題目：キャピテーション・ジェットを利用した
有機化合物の分解に関する研究

氏名：掛川 晃彦

近年、種々の産業の飛躍的な発展により、環境問題がマスメディアなどにより頻繁に報道されるようになった結果、環境悪化が社会的な問題として認識され、論議されるようになってきた。とりわけ、都市ゴミや産業廃棄物などの焼却施設から排出されるダイオキシン類による悪影響を不安視する傾向が大変強く、このことはダイオキシン問題がテレビ、雑誌、新聞等で頻繁に取り上げられていることからもうかがい知ることができる。

ダイオキシン類の発生量を抑制することは可能ではあるが、発生そのものを根絶することはほぼ不可能であるため、環境中に排出されたダイオキシン類は何らかの手段を講じて分解し、毒性のない物質へと変化させることが切望される。その中で、キャピテーションを用いた有害有機化合物の分解無害化に大きな注目が寄せられ始めている。

従来の船舶工学、機械工学の分野においては、キャピテーションの発生をできるだけ抑制し、実害を最小限に抑えることを目的とした研究が行われてきた。しかし、近年では逆にその激しい衝撃力に着目し、キャピテーションを積極的に有効利用しようとする研究が盛んに行われるようになってきた。水溶液中の成長したキャピテーション気泡が急速に圧縮崩壊するとき、気泡の崩壊速度が熱交換に要する時間と比較して極めて速いため、断熱的に熱が蓄積される。そのため崩壊の際には「Hot Spot」と呼ばれる局所的な高温・高圧場(5000℃以上、千数百気圧以上)が形成されるといわれている。この Hot Spot 理論により、水分子は結合解離エネルギー以上の高温に熱せられ、結合の均一解離により OH ラジカルと H ラジカルが生成される。OH ラジカルは極めて強い酸化剤であることが知られている。水に溶解している微量な有機化合物は、気液界面で直接的に熱分解されるか、OH ラジカル反応によって間接的に分解される。

本研究では、キャピテーション・ジェットによる基礎的な実験を系統的に実施し、それらのデータを分析、考察、検討することにより「キャピテーション・ジェットを利用した有害有機化合物の分解システム」の構築に有用となる初歩的な知見を探究することを目的

とした。

ダイオキシン類の代替物質として、ビフェニル、ジベンゾフラン、ジベンゾ-p-パラジオキシン、1,4-ジクロロベンゼンの4種類の有機化合物を使用して、各種実験が実施された。すべての試料溶液で分解実験を行ったところ、溶質である有機化合物が時間とともに減少

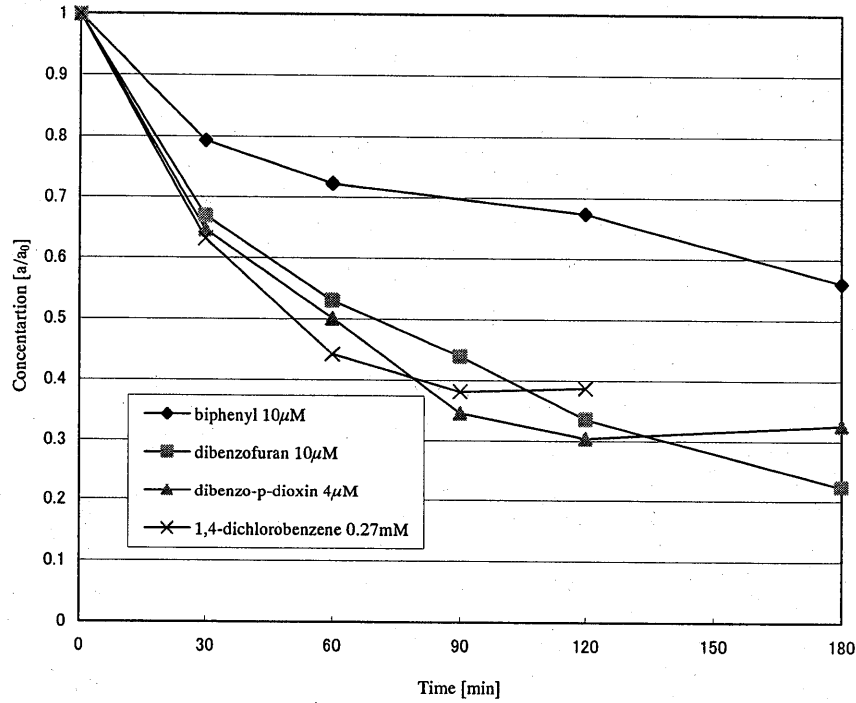


Fig.1 各種有機化合物の分解実験の結果(溶質の減少率)

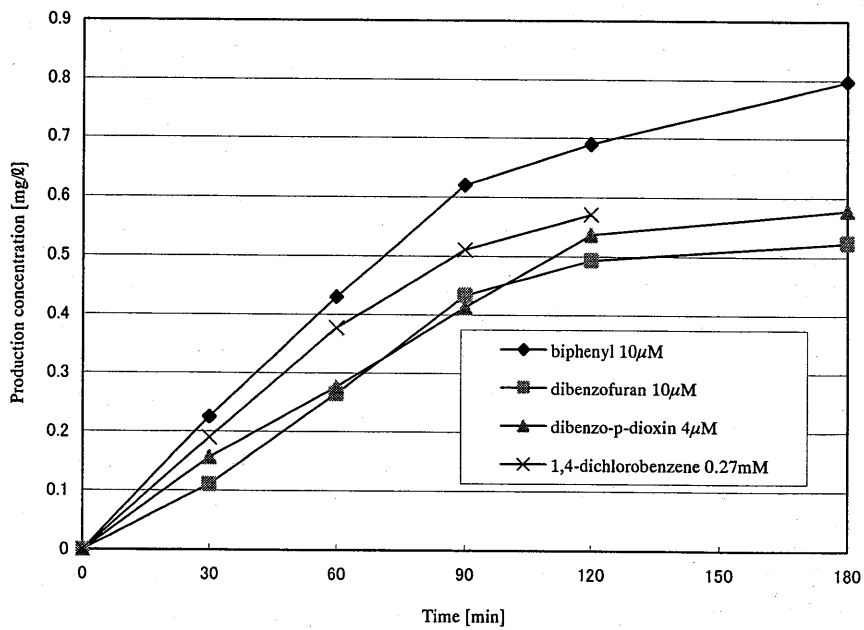


Fig.2 各種有機化合物の分解実験の結果(生成物の増加量)

していることが確認された(Fig.1)。そして同時に、溶液中に生成された陰イオン濃度を計測した結果、時間とともに増加していることが明らかとなった(Fig.2)。

単に有機化合物の減少のみが確認された場合、それは溶質の揮発、あるいは物理吸着などが起因したものとも考えられるが、ここでは陰イオン(炭酸イオン、塩化物イオン)の生成・増加が確認されたことから、化学反応による溶質の酸化分解が立証されたことになる。

次に、有機化合物の分解メカニズムの解明や分解効率の向上を目的として、種々の力学的なパラメータを変化させた実験を試みた。この結果には、塩化物イオンの無次元生成速度係数 β が使用された。無次元生成速度係数 β は以下の式により定義される。

$$\beta = (\dot{a} / \alpha_0) \cdot (V / Q)$$

ここで \dot{a} 、 α_0 、 V そして Q は各々、塩化物イオン濃度の増加率、1,4-ジクロロベンゼンの初期濃度、試料溶液の総体積、そして流量である。

Fig.3 には、種々の実験における無次元生成速度係数 β とキャビテーション数 s の関係を示す。また、Fig.4 には、種々の実験における無次元生成速度 β と吐出圧 P_1 の関係を示す。

これら2つのグラフより、無次元生成速度係数 β は一定の吐出圧 P_1 の下ではキャビテーション数 s の減少にともなって増加していること、そして一方では、無次元生成速度係数 β は一定のキャビテーション数 s の下では吐出圧 P_1 の増加にともなって増加していることが分かる。この結果より、以下の実験式が算出された。

$$\beta \propto C \cdot P_1^{0.87} \cdot e^{-23.5s}$$

ここで C は物質係数であり、1,4-ジクロロベンゼンの水溶液を精製する際に助剤としてメタノールを使用した場合は0.6となり、助剤を使用しなかった場合には1となる。Fig. 5 は $C \cdot P_1^{0.87} \cdot e^{-23.5s}$ と無次元生成速度係数 β の線形の関係を示したものである。

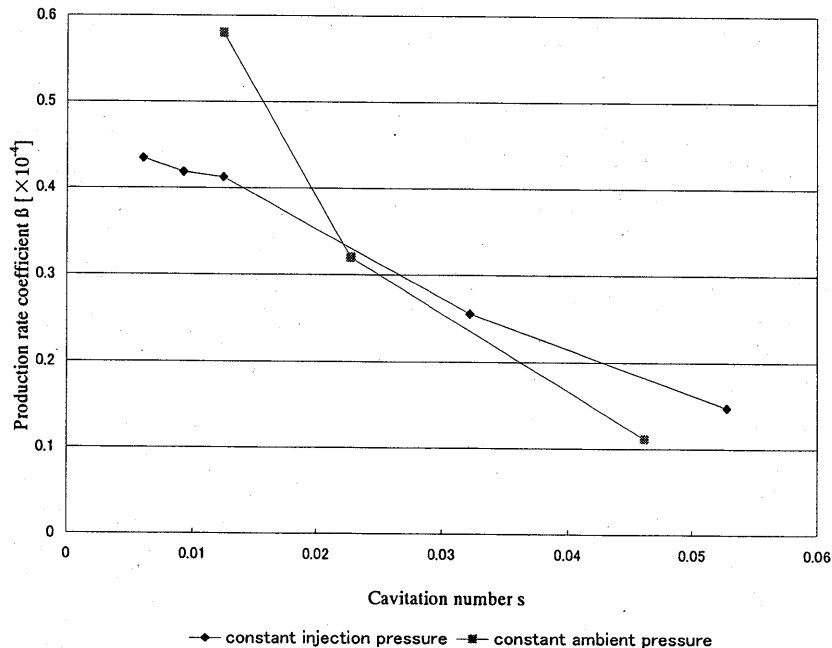


Fig.3 種々の実験における無次元生成速度係数 β とキャビテーション数 s の関係

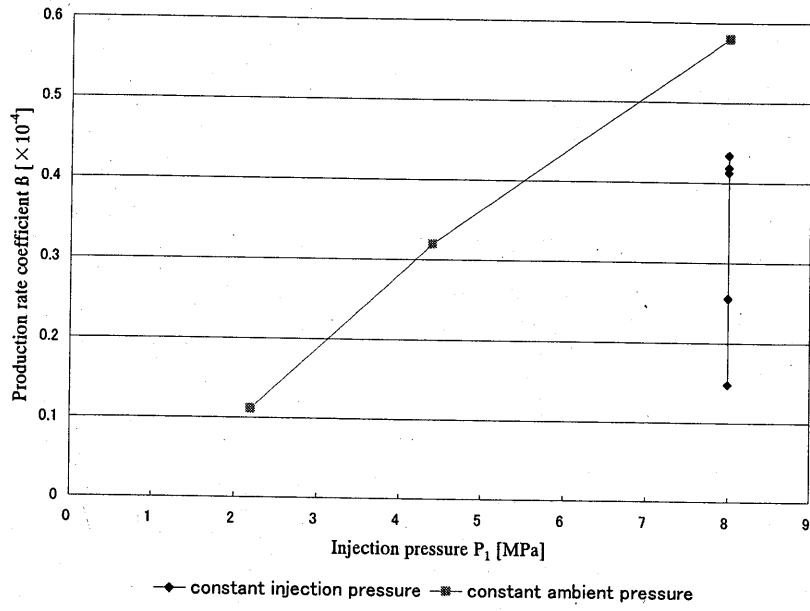


Fig.4 種々の実験における無次元生成速度 β と吐出圧 P_1 の関係

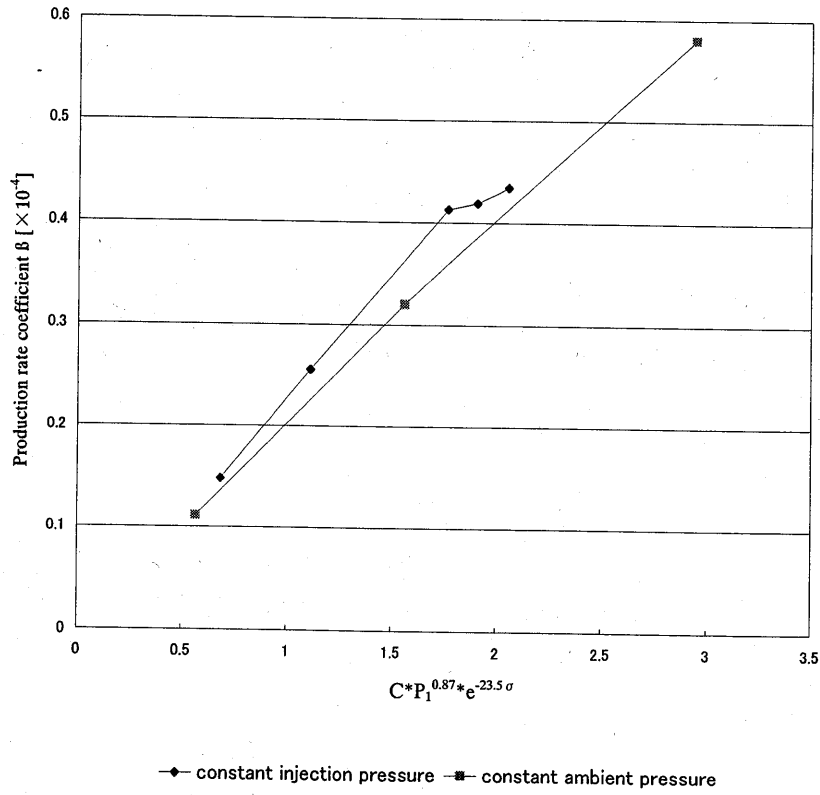


Fig.5 $C \cdot P_1^{0.87} \cdot e^{-23.5\sigma}$ と無次元生成速度係数 β の関係