

【技術分類】 1 - 7 - 4 単位操作 / 酸化・消毒 / 促進酸化

【技術名称】 1 - 7 - 4 - 1 フェントン法

【技術内容】

フェントン酸化処理法は、100 年程前に確認されたフェントン反応を廃水処理に応用した処理技術である。

フェントン反応とは、酸性の pH 域で過酸化水素に鉄(Ⅱ)化合物が触媒的に反応して複雑な連鎖反応が起り、酸化力の強いヒドロキシルラジカル( $\cdot\text{OH}$ )を発生させる方法で、反応式は次のようになる。



様々な OH ラジカルを発生させる方法があるが、本反応が一番基本的な方法である。この OH ラジカルは酸化作用がある事が重要なポイントとなる。

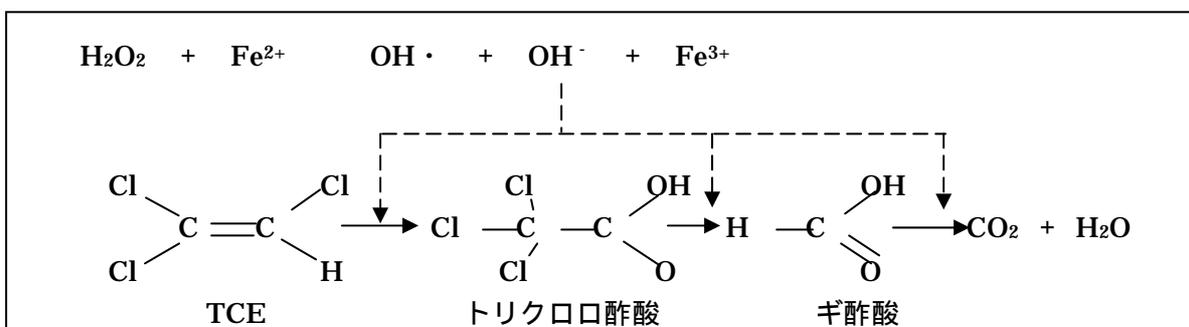
類似技術には電気分解法やオゾン酸化法等がある。電気分解法では、スーパーオキシド( $\cdot\text{O}_2^-$ )を発生させて有機物等を酸化分解する。オゾン法は、オゾン発生装置により空气中に放電を行ないオゾン( $\text{O}_3$ )を発生させ、エアレーション等を行ない水に溶解させて有機物を酸化分解させる。フェントン法・電気分解法・オゾン法これらは全て活性酸素による酸化法である。

酸化力の順番では、スーパーオキシド( $\cdot\text{O}_2^-$ )が弱く、次にオゾン( $\text{O}_3$ )そして、ヒドロキシルラジカル( $\cdot\text{OH}$ )となる。フェントン反応で発生したヒドロキシルラジカルは、100 万分の 1 秒間しか存在ができない位反応が早く、酸化力は段違いの能力がある。

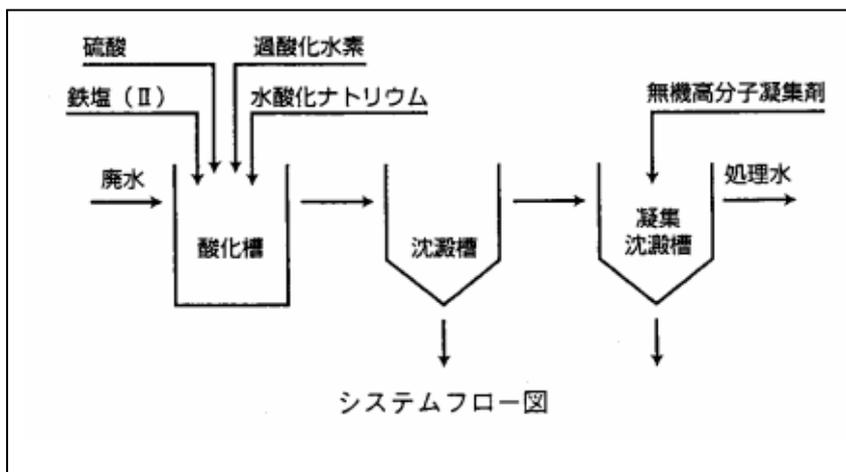
現在、フェントン酸化処理法の用途としては難分解性有機物の処理への応用が期待されているが、染色排水の高度脱色処理、塗装業界での廃水処理、地下水汚染の浄化法などの活用事例が報告されている。

【図】

図 改良型フェントン法、システムフロー



出典：本標準技術集のために作成



出典：塗装業界における廃水処理問題とニクス式フェントン酸化処理、工業塗装 No.186、2004年1月15日、長谷川裕晃著、株式会社塗料報知新聞社発行、45頁 システムフロー図

【出典 / 参考資料】

「工業塗装」、2004年1月15日、長谷川裕晃著、株式会社塗料報知新聞社発行、No.186 42 - 46頁

「大阪府立産業技術総合研究所報告」、2004年11月30日、呼子嘉博著、大阪府立産業技術総合研究所発行、No.18 15 - 19頁

「第9回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集」、2003年6月、ブラーツ初枝、グリーンバーグ リチャード、草野輝彦、飯沢雅人、津田延裕著、社団法人土壌環境センター発行、284 - 287頁

【技術分類】 1 - 7 - 4 単位操作 / 酸化・消毒 / 促進酸化

【技術名称】 1 - 7 - 4 - 2 オゾン、紫外線、過酸化水素法

【技術内容】

促進酸化法とは、酸化分解力が非常に強いヒドロキシラジカルを何らかの方法で生成させ、これを使って難分解性物質を酸化分解する処理法であると言える。水中の有機物の除去に有効で、オゾン、過酸化水素、紫外線のいずれかを組合わせた方法が多い。原理的にほとんどの有機物を水や二酸化炭素まで分解することができる。

水処理に関わる光分解で対象とする光は一般に 100～400nm の紫外線域のものであるが、空気中のオゾンに 310nm 以下の波長の紫外線が照射されると、酸素分子と酸素原子に分解し、酸素原子が強酸化力を示す。これを利用して、紫外線とオゾンを組合わせた促進酸化法によるダイオキシンの無害化プロセスが提案されている。

ダイオキシン類が一般環境において紫外線で分解されることは従来から知られている。しかし、実際の排水中には紫外線を阻害する物質が共存している場合が多いため、ダイオキシン類の分解速度は遅く、処理技術として確立されていなかった。水中にオゾンを注入して紫外線の透過率を高め、そこに紫外線を照射して汚染物質を分解する「光化学分解法」により、装置の実用化に成功したことが報告されている。

過酸化水素とオゾンの組合せでは、処理槽の上部より処理対象水と過酸化水素を導入し、下部よりオゾンを吹込み水処理する方法が提案されている。廃棄物処理場の廃水中のダイオキシン除去、地下水中のトリクロロエチレンの除去などに実用化が進められている。

【図】

図 オゾン、紫外線、過酸化水素組み合わせ酸化フロー

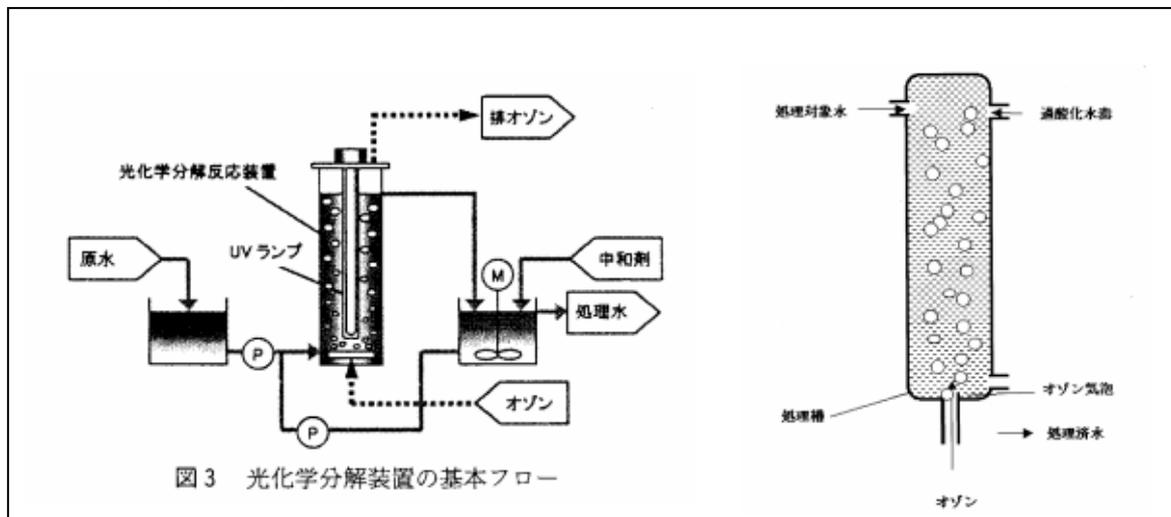


図3 光化学分解装置の基本フロー

出典：紫外線技術の水中難分解性物質処理への適用、水環境学会誌 Vol.28 No.4、2005年4月10日、堀井安雄著、社団法人日本水環境学会発行、21頁 図3 光化学分解装置の基本フロー  
エコデザイン株式会社ホームページ、検索日 2006年1月4日、  
[http://www.ecodesign-labo.jp/ozoneterms/ozonriyogijutu/kasankasuiso\\_ozonhou.html](http://www.ecodesign-labo.jp/ozoneterms/ozonriyogijutu/kasankasuiso_ozonhou.html)、  
エコデザイン株式会社著、エコデザイン株式会社発行

【出典 / 参考資料】

「水環境学会誌」、2005年4月10日、堀井安雄著、社団法人日本水環境学会発行、Vol.28 No.4 20 - 23頁

「エコデザイン株式会社ホームページ」

[http://www.ecodesign-labo.jp/ozoneterms/ozonriyougijutu/kasankasuiso\\_ozonhou.html](http://www.ecodesign-labo.jp/ozoneterms/ozonriyougijutu/kasankasuiso_ozonhou.html)

【技術分類】 1 - 7 - 4 単位操作 / 酸化・消毒 / 促進酸化

【技術名称】 1 - 7 - 4 - 3 光触媒法

【技術内容】

光触媒法は触媒二酸化チタンのもつ強力な酸化作用により、有害有機物質を分解無害化できる原理を応用した水浄化処理法であり、他の促進酸化法に比べて高効率で省エネルギーが見込める。

光触媒を用いた水処理方法として、従来から粉末状の光触媒を反応器内で懸濁流動化する方法が提案、研究されているが、懸濁流動化法の短所を補う方式として管型光触媒反応器も提案されている。

光触媒を水処理に利用する場合、基材に触媒を固定化し、且つ、反応の高効率化を達成する必要がある。従って、光触媒を実用化する場合、1. 基材への光触媒固定化方法の確立 2. 水処理に適応できる固定化光触媒強度の確保 3. 光触媒反応の高効率化、を達成する必要がある。さらには、省エネルギー型で設備コストが安価であることが求められる。

1. 懸濁流動化法

低濃度の状態のまま、無尽蔵な太陽エネルギーのみを利用することにより環境浄化が可能となる。

太陽光による農業廃水の浄化などが活用事例としてあげられる。太陽光のみを用いて養分であるリンや窒素以外の不要な有機物や菌を分解できる。

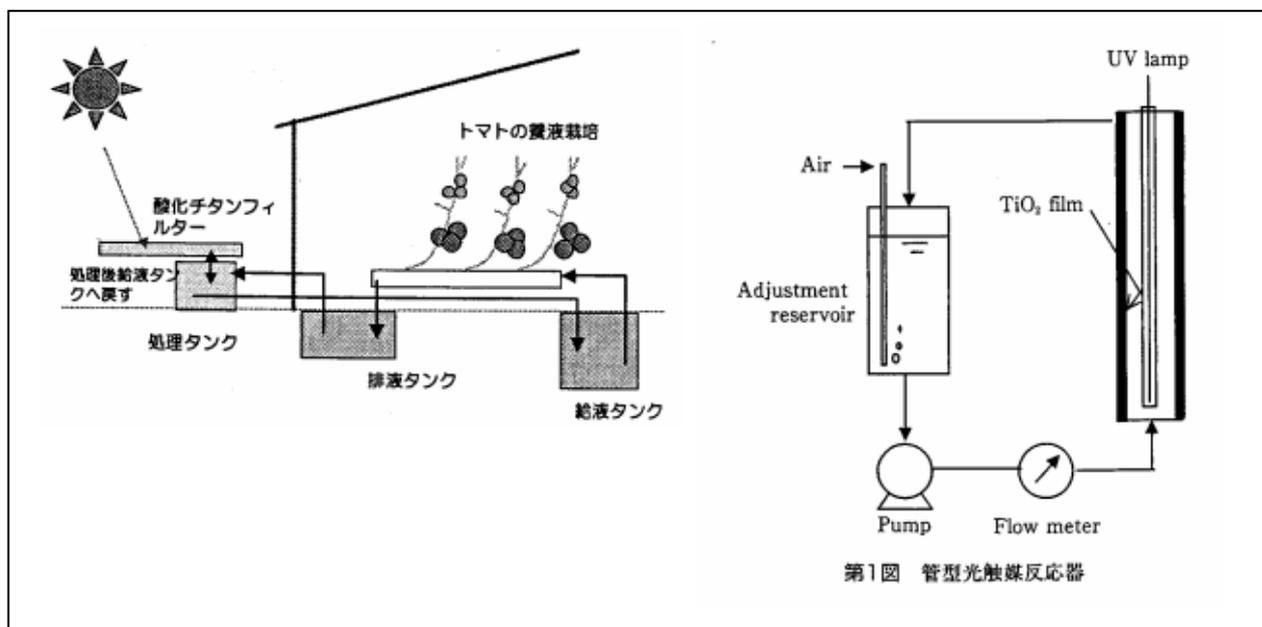
2. 管型光触媒反応器

懸濁流動化法が、処理水と触媒粒子の分離が困難である、触媒との接触面積を大きく維持できる反面、光照射効率が低いなどの難点があり実用化には至っていないことから考案された。

光触媒をセラミックス基材に固定化した反応器である。それらは、管型光触媒反応器や光触媒担体流動床であり、特に管型光触媒反応器については、すでに実機が数件稼働していると報告されている。

【図】

図 光触媒反応概要



出典：酸化チタン触媒に関する産業の現状と課題、技術調査レポート（技術動向編）第2号 2002年5月31日、経済産業省産業技術環境局技術調査室発行、16頁 新たな取組の事例（太陽光による農業廃液の浄化）

光触媒担体流動床水処理システムの開発、環境浄化技術 Vol.3 No.8、2004年8月1日、豊田淳、平野克巳著、日本工業出版株式会社発行、56頁 図1 管型光触媒反応器

【出典 / 参考資料】

「技術調査レポート（技術動向編）第2号」、2002年5月31日、経済産業省産業技術環境局技術調査室発行、1 - 16 頁

「環境浄化技術」、2004年8月1日、豊田淳、平野克巳著、日本工業出版株式会社発行、Vol.3 No.8  
56 - 59 頁

【技術分類】 1 - 7 - 4 単位操作 / 酸化・消毒 / 促進酸化

【技術名称】 1 - 7 - 4 - 4 ソノケミカル法

【技術内容】

液体に超音波を照射すると、液体に溶解していた気体が気泡となって現れる。これを超音波キャビテーションというが、これらの気泡は、超音波の圧力振動に伴って、膨張した後、激しく収縮する。

気泡の収縮は、ほぼ断熱過程となり、気泡内の温度と圧力は、数千度、数百気圧を超える。気泡内の高温高圧の持続時間は、わずかナノ秒程度であるが、気泡内の水蒸気は熱分解して、OH ラジカル、酸素原子、過酸化水素、オゾンなどの酸化剤が生成する。これらの強力な酸化剤は、気泡の外側の液体へと溶け出して、液体中の汚染物質等を分解することができる。このような超音波キャビテーションを利用した反応、装置を、ソノケミカル反応装置と言う。

ソノケミカル反応率を決める要素は、個々の気泡における反応率、気泡数密度の空間分布、音圧の空間分布である。その実用化に向けての障害は反応効率の低さであり、高効率化の試みがされている。

1. 複数振動子による高効率化

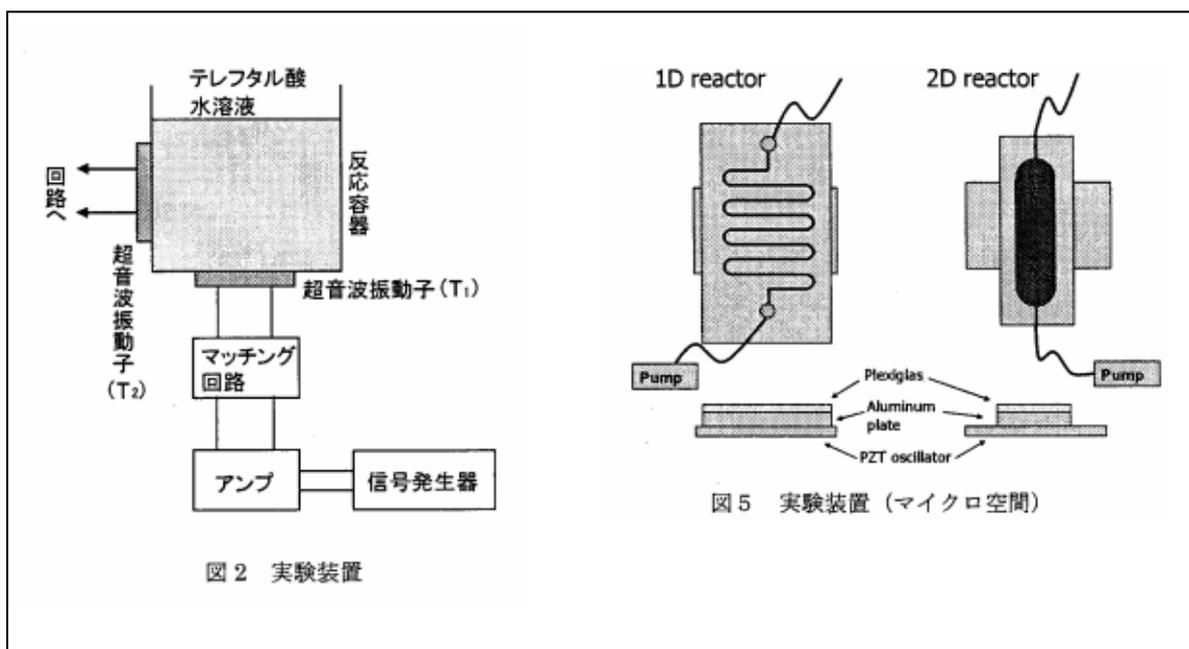
キャビテーション気泡による酸化剤生成率を増加させる為に、独立に振動する2つの超音波振動子を直交させた反応槽を設計。超音波振動子に、電圧信号を増幅し、マッチング回路を通した後に加えた。超音波振動子は、壁面を通して振動子から発生した超音波を液体中に照射する。その結果、酸化剤生成率は、流体力学的キャビテーションを利用した装置に較べ約2倍の生成率であった。

2. マイクロ空間による高効率化

溶液内で反応に寄与しない領域を減らす方法として、1次元のマイクロ流路と2次元の薄層流路、さらには3次元の小さいピーカーに対して、超音波照射実験を行った。その結果、マイクロ流路におけるソノケミカル反応生成物(OH ラジカル)の検出に成功した。3次元の通常反応装置に比べて、2次元などのマイクロ空間が、ソノケミカル反応の高効率化に適していることが判明した。

【図】

図 ソノケミカル反応装置



出典：排水処理のための可制御高効率ソノケミカル反応装置の開発、産業技術総合研究所報告、2005年、安井久一、辻内亨、小塚晃透、飯田康夫、三好憲雄、畑中信一著、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構発行、 図2 実験装置、図5 実験装置（マイクロ空間）

【出典／参考資料】

「産業技術総合研究所報告」、2005年、安井久一、辻内亨、小塚晃透、飯田康夫、三好憲雄、畑中信一著、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構発行