

UFB 水が埋立廃棄物内の有機物の分解に及ぼす影響

九州大学大学院工学府 学生会員 ○三木 公輔
九州大学大学院工学研究院 正会員 小宮 哲平
九州大学大学院工学研究院 フェロー会員 島岡 隆行

1. はじめに

最終処分場廃止の長期化は、維持管理費用の増大、跡地の有効利用の遅延をもたらすことになる。最終処分場廃止の阻害要因として、排水基準を上回る浸出水中の COD 成分（難分解性有機汚濁成分）及び窒素の長期に亘る流出が挙げられる¹⁾。一方、様々な分野でウルトラファインバブル（以下、UFB と記す。）の応用技術開発が進められている。UFB とは気泡径が $1\mu\text{m}$ 以下の気泡であり、気泡内部が高圧を示し、封じ込まれている気体を溶液に溶解させる特性を有している²⁾。

既往研究³⁾において、酸素ガスを送り込みながら作成した O_2UFB 水（溶存酸素濃度約 25mg/L ）を埋立廃棄物を模擬したカラムに散水した結果、埋立廃棄物からの TOC 及び T-N の浸出が促進されることがわかっているが、細かなメカニズムの解明には至っていない。本研究では、UFB 水が埋立廃棄物内の有機物の分解促進にどのような影響を及ぼしているかを把握することを目的としてガラス瓶に焼却灰と UFB 水を入れ、混合・密閉し実験を行った。

2. 実験試料及び方法

1) 実験試料

F 市 R 清掃工場で採取した粒径 9.5mm 以下の一般廃棄物焼却灰を用いた。表 1 に試料の基本性状を示す。

2) UFB 水

UFB 発生装置を用い、装置内に純水を入れ、任意のガス（酸素又は空気）を送り込みながら純水を 1 時間循環させ、得られた UFB 水を実験に供した。 O_2UFB 水は UFB 発生装置にて循環後、溶存酸素濃度 (DO) が約 25mg/L と過飽和な状態であった（水温 20°C の飽和 DO は約 8.8mg/L ）。実験には DO が過飽和な O_2UFB 水（以下、過飽和 O_2UFB 水と記す。）と過飽和 O_2UFB 水を大気と接するようにし DO を飽和溶存酸素程度まで減少させた O_2UFB 水の 2 つを用いた。実験に用いた各液体の初期 DO を表 2 に示す。表 2 より AirUFB 水の DO が純水と比べて低くなっているのは、UFB 発生装置にて純水を循環させている際に水温が上昇（約 40°C ）し、飽和 DO が低下してしまったためと考えられる。

3) 実験方法

風乾した焼却灰（ 100g ）と O_2UFB 水、過飽和 O_2UFB 水、AirUFB 水、または純水を $L/S=1.0$ でガラス瓶に入れ混合し、密閉した（図 1）。各ケースにおいてサンプル数は 3 とした。恒温機（ 35°C ）にて一週間静置させ、固液分離のためろ過を行ってろ液の水質 (pH、EC、DO、TOC (=TC-IC)、T-N、Cl、Na、K、Ca) を測定した。ろ過残渣については、風乾し全有機炭素含有量 (固体 TOC) を測定した。

表 1 試料の基本性状

含水率 (%)		19.9
熱灼減量 (%)		11.2
全炭素含有量 (%)		2.5
溶出試験 (環告46号)	pH (-)	11.6
	EC (mS/cm)	7.6
	ORP (mV)	286.0
	TOC (mg/L)	29.1
	T-N (mg/L)	1.9

表 2 各液体の初期 DO

実験ケース	初期DO (mg/L)
過飽和 O_2UFB 水	25.5
O_2UFB 水	12.1
AirUFB水	6.7
純水	10.1



図 1 実験状況

3. 実験結果及び考察

以下に示す実験結果は3つのサンプル数を平均したものである。表2に実験後の水質(pH、EC、DO)を示す。pHは10.8~11.0と各ケースにおいて大きな差異はなかった。ECはO₂UFB水のケースが少し小さくなっているが、その他のケースにあまり差異はなかった。DOは初期のDOと比較すると減少傾向がみられた。これは酸素が何らかの形で消費されたか、実験中35℃の恒温機にて静置していたため35℃における飽和溶存酸素濃度の7.04mg/L付近まで減少したと考えられる。恒温機にて一週間静置後のガラス瓶内のガス組成(酸素ガス割合)を測定すると過飽和O₂UFB水は19.7%、O₂UFB水は14.7%、AirUFB水は17.6%、純水は16.1%と過飽和O₂UFB水の酸素ガスの割合が多く、水中に溶存している全ての酸素が有機物等の分解に消費されたわけではなくガラス瓶内の空隙へ移行したものと考えられる。図2に実験後の液体中のTOCを示す。純水からAirUFB水、O₂UFB水、過飽和O₂UFB水と溶存酸素が多くなる、またはUFBが存在していることにより焼却灰から溶出するTOCは増加していることがわかる。純水では170mg/L程度の溶出であったが、過飽和O₂UFB水では195mg/L程度で約25mg/Lの溶出を促進することができた。UFBは固体表面で崩壊する際、極微小のジェット流が発生し洗浄効果を上げる⁴⁾ことがわかっており、この効果によってTOCの溶出が増加したのではないかと考えられる。

さらにUFB内の気体が酸素であり、溶存酸素が多いことにより微生物の活性化が行われたことも推察される。また、表4に実験後の無機塩類に関する水質を示す。O₂UFB水、AirUFB水、純水と比較して過飽和O₂UFB水の無機塩類の溶出が大きいことがわかる。無機塩類の溶出に関してはUFBの存在や高濃度な溶存酸素濃度が影響を及ぼしていると考えられる。

4. まとめ

UFB水は純水と比較して埋立廃棄物からのTOCの溶出を促進することが確認された。溶存酸素量が大きくなるにつれ溶出促進の効果は大きくなった。さらに、過飽和O₂UFB水では無機塩類の溶出の促進も確認された。しかし、過飽和O₂UFB水は大気と接していると溶存酸素濃度が減少していくため、常に最大の効果を発揮するためには工夫が必要であると考えられる。

参考文献：

- 樋口壯太郎：最終処分場を廃止する，都市清掃，Vol.56，No.255，pp.428-433，2003.
- S. Ljunggren, J.C. Eriksson The lifetime of a colloid-sized gas bubble in water and the cause of the hydrophobic attraction Colloid. Surf. A, 129-130 (1997), pp. 151-155
- 三木公輔：O₂UFB水の散水による埋立廃棄物の安定化促進に関する基礎的研究，第28回廃棄物資源循環学会研究発表会，2017
- 経済産業省：ファインバブル基盤技術研究開発事業事前評価報告書，2013

表3 実験後の水質(pH、EC、DO)

実験ケース	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)
O ₂ UFB水	10.9	46.8	8.9
O ₂ UFB水	10.8	53.2	7.7
AirUFB水	11.0	45.0	7.4
純水	10.9	45.7	6.3

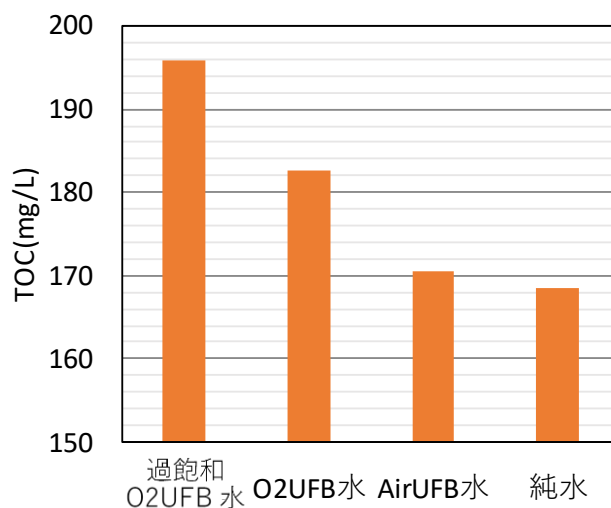


図2 実験後の水質(TOC)

表4 実験後の水質(無機塩類)

実験ケース	Cl (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)
過飽和O ₂ UFB水	23,465	6,524	3,317	4,497
O ₂ UFB水	23,230	4,870	2,528	3,531
AirUFB水	20,775	5,861	3,032	3,836
純水	20,487	5,796	2,984	3,883