

海面最終処分場余水池における水質環境等とプランクトン発生との関係解析及び発生抑制方法の検討

県立広島大学生命環境学部環境科学科
崎田 省吾, 西本 潤, 内藤 佳奈子, 西村 和之

1. はじめに

海面処分場は、特に大都市圏における廃棄物処理・処分に大きく貢献しており、今後もその必要性は変わらないと考えられる。しかし、海面処分場は外海から隔離されており、また、海面埋立処分された廃棄物は海水中に没してしまうことから、汚濁成分の洗い出しや分解の速度が遅く、余水の水質悪化防止のために適切な管理が求められている。

出島海面処分場は平成 26 年 6 月に開場し、廃棄物の受け入れを開始した。平成 27 年夏～秋にかけて、突発的に余水の色が変色する状況が発生した。特に、8/26 は、午前中は濃緑色（通常の色）であったが、午後には余水池全体が赤褐色となった（透視度 10 cm 程度、図-1 参照）。8/31 朝には通常の色に戻ったが、夕方には再び赤褐色に変色し、その後は緑がかった褐色（または褐色がかった緑色）が特に余水池南側で生じる日が多かった。10 月下旬には、全体的に透明度が上がっていった。

海面処分場余水池の水質を可能な限り清浄に保つことは、廃止までの期間短縮や処分場周辺の生活環境を保全するうえで重要である。海面埋立の進行に伴う余水水質の悪化は知られているが、本例のように埋立初期においても突発的に水質悪化が生じる事例はほとんど報告がない。また、余水水質と植物プランクトンの関連についても、浚渫土砂や建設残土を海面埋立した大阪北港処分場南地区における水質変動と植物プランクトンの増殖との関連を検討した事例^{1),2)}など、いくつかの報告があるのみである。

本研究では、海面処分場余水池における水質環境とプランクトン発生との関係（発生要因）を明らかにすることを目的として、定期的な余水サンプリングと測定・分析を行った。その際、夏～秋における水温、DO の連続測定を実施した。また、平成 27 年 8 月 26 日前後における出島処分場付近の気象データや衛星データを用いたクロロフィル a 量の考察を行った。

2. 余水池の水質調査

2. 1 方法

(1) 余水水質

出島海面処分場の余水水質を把握するために、平成 28 年 7/21, 8/9, 8/25, 9/6, 9/21, 10/12, および 11/10 に余水サンプリングを実施した。

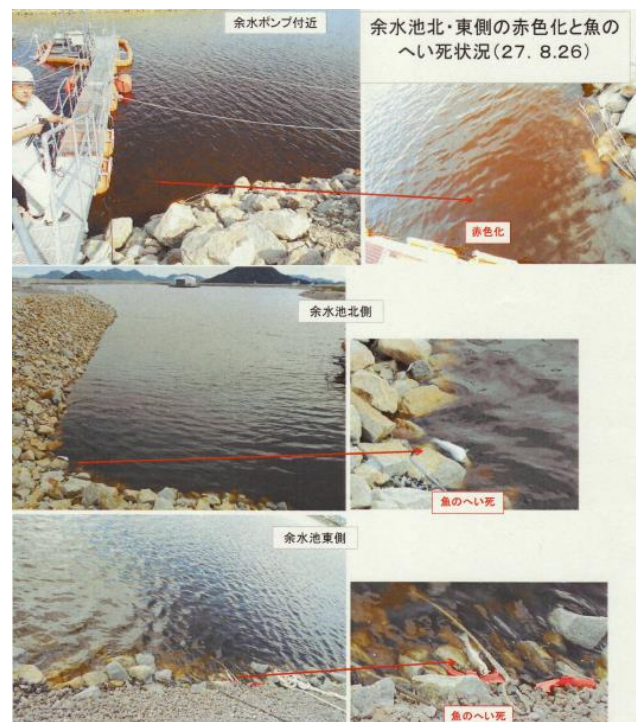


図-1 余水池水の変色状況（H27年8月26日）

サンプリング地点は、余水池南西側（地点①）ならびに南東側（地点②）で行った（図-2 参照）。期間中、両地点とも、水深は約 14m であった。7/21, 8/9, 8/25 では上層水（表層水）のみ、それ以降は地点①で底面直上水（下層）を併せてサンプリングした。以下、それぞれ上層水、下層水と呼ぶ。

サンプリングした余水は、SS, pH, COD, NH₄-N, NO₃-N, PO₄-P, クロロフィル*a*濃度を測定・分析した。また、8/25, 9/21, および 10/12 の地点①余水については、植物プランクトンの種組成解析を行った。

(2) 余水池の水温、溶存酸素（DO）濃度の連続測定

地点①および②において、7/21～11/10 まで、水温および照度の連続測定を行った。温度成層の有無を検討するために、温度/照度 2ch ロガー（HOBO 社製）を用いて、深さ方向に 2m 間隔（0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14m の計 8 点）でペンダントロガーを固定したトラロープを、約 10kg の錘とともに沈めて設置した。また、貧酸素の程度を把握するために、地点①で DO ロガー（HOBO 社製）を上層（水深 2m）、下層（水深 14m）に設置した。なお、各ロガーとともに測定時間間隔を 20 分とした。なお、水温とともに照度も測定したが、時間とともにペンダントロガー上に SS 成分が堆積して光を遮断したため、正確な測定値が得られなかった。

2. 2 結果

(1) 余水水質

地点①における NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, PO₄³⁻-P の各濃度を図-3～5 にそれぞれ示す。期間中、NH₄⁺-N は上層では大きく変化しなかったが、9 月以降、下層では上層よりも数倍高くなっていった。NO₃⁻-N については期間中、NH₄⁺-N とは逆に上層の方が下層より濃度が高かった。PO₄³⁻-P は、上層の方が高かったが、11 月には上層、下層で同程度の濃度となった。なお、地点②についても、地点①と同様の傾向であった。

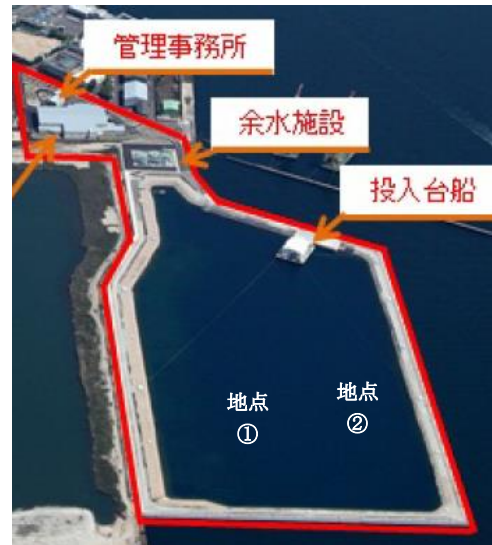


図-2 サンプリング地点概略

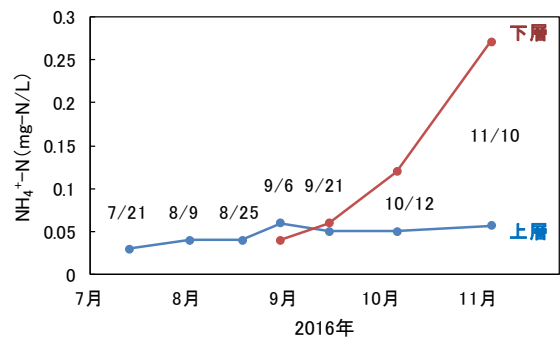


図-3 地点①の上層・下層水中の NH₄⁺-N 濃度

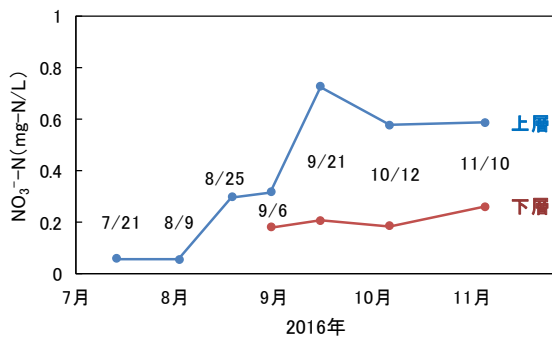


図-4 地点①の上層・下層水中の NO₃⁻-N 濃度

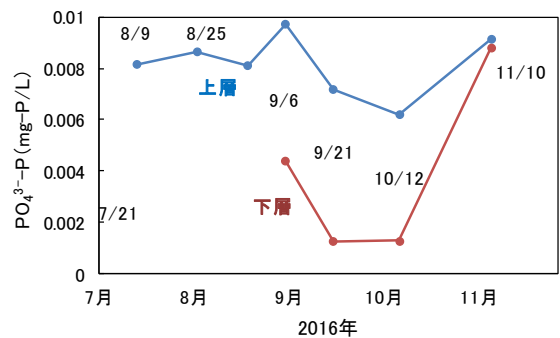


図-5 地点①の上層・下層水中の PO₄³⁻-P 濃度

8/9, 9/6, 10/12 に表層でサンプリングした余水に対し、クロロフィル a 量および植物プランクトン種組成を測定・検鏡した。クロロフィル a 量を表-1 に示す。各日とも、地点①と②で大きな差は認められず、0.83~2.40 $\mu\text{g/L}$ と低く推移していた。一般的に赤潮発生の目安はクロロフィル a 濃度が $>50 \mu\text{g/L}$ とされていることから、プランクトンが大量発生する状況ではなかったと考えられた。

植物プランクトンの種組成を表-2 に示す。

表-1 クロロフィル a 濃度 ($\mu\text{g/L}$)

地点	8/9	9/6	10/12
①	0.84 \pm 0.06	1.94 \pm 0.33	2.11 \pm 0.38
②	0.83 \pm 0.10	2.25 \pm 0.85	2.40 \pm 0.34

いずれの月も植物プランクトン細胞密度が非常に低かったため、20-112 倍に適宜海水を濃縮して観察を行った。鞭毛藻類については、生海水

に対して倒立顕微鏡 (TMD300, NIKON) を用いて、試料海水中の植物プランクトン種の同定、および細胞数のカウンティングを行った。珪藻類については、各試料海水を最終濃度が 1% になるようにグルタルアルデヒド固定を行い、試料海水中の植物プランクトン種の同定、および細胞数のカウンティングを 2 回ずつ行い、その平均値から細胞密度を算出した。結果を表-2 に示す。8 月は渦鞭毛藻 *Prorocentrum minimum*, 9 月は *Gymnodinium* 属渦鞭毛藻, 10 月は *Cyclotella* 属珪藻 (図-6) が優占していた。ただし、全ての月において、植物プランクトン発生は少なかった。なお、

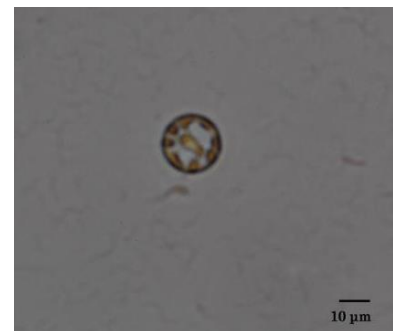


図-6 *Cyclotella* 属珪藻

渦鞭毛藻 *Prorocentrum minimum* は内湾などの閉鎖性水域においてしばしば大発生し、水面が茶褐色に変色する場合があります、*Gymnodinium* も同様に、海域では赤潮を形成することがある。

表-2 植物プランクトンの種組成 (Cells/mL, 緑: 珪藻類, 青: 鞭毛藻類)

採水日	8月9日		9月6日		10月12日	
	①	②	①	②	①	②
採水ポイント						
<i>Chaetoceros</i> spp.	1.05	0.50	0.20	0.40	0.00	0.00
<i>Cyclotella</i> sp.	0.00	0.00	1.55	0.65	30.32	19.47
<i>Detonula</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
<i>Leptocylindrus</i> spp.	0.00	0.00	0.00	0.00	7.56	5.40
<i>Navicula</i> sp.	0.00	0.00	0.35	0.10	0.00	0.00
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	0.13	0.00	0.20	1.70	0.66	0.13
<i>Skeletonema</i> spp.	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99	0.00
<i>Stephanopyxis</i> sp.	1.05	0.00	0.10	0.00	1.91	3.67
その他	0.00	0.00	0.00	0.00	12.62	9.56
<i>Chattonella</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
<i>Eutreptiella</i> sp.	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.00	0.00	85.00	62.00	0.00	0.00
<i>Heterocapsa</i> sp.	0.00	0.00	4.00	6.00	0.00	0.00
<i>Protoperdinium</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
<i>Prorocentrum minimum</i>	9.39	8.90	0.60	0.00	0.42	0.22
<i>Alexandrium</i> sp. or <i>Fragilidium</i> sp.	0.00	0.05	0.00	1.00	0.32	0.19
不明	0.00	0.00	30.00	35.00	0.00	0.00
その他	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00
合計	11.65	9.45	122.00	112.95	55.82	38.65
濃縮倍率	38倍	20倍	100倍	100倍	60.2倍	112倍
※9月の鞭毛藻類のみ未濃縮						

(2) 余水池の水溫，溶存酸素（DO）濃度の連続測定

地点①および②において，7/21～11/10 まで，水溫および照度の連続測定を行った。地点①における水深 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14m の計 8 点の水溫測定結果を図-7 に示す。7～8 月においては，水深 4m までは 37～35℃程度で推移し，4m 以深では，23℃程度，水深 14m では 15～17℃程度であった。安定した温度成層が生じていたと考えられた。9 月になると，水深 4m までの水溫が徐々に 27℃程度になったが，水深 4m 以深では，あまり水溫の変化は認められず，深さ方向にこう配が生じたままであった。10 月以降は水深 0m は徐々に水溫が減少したが，2m 以深の水溫が大きく減少し，連続測定終了の 11 月上旬には，深さ方向水溫が 15～20℃に収束する状況となった。全体を通しては，夏季においては温度成層が生じており，その後，徐々に深さ方向の水溫が一樣な方向に変化していく傾向が認められた。

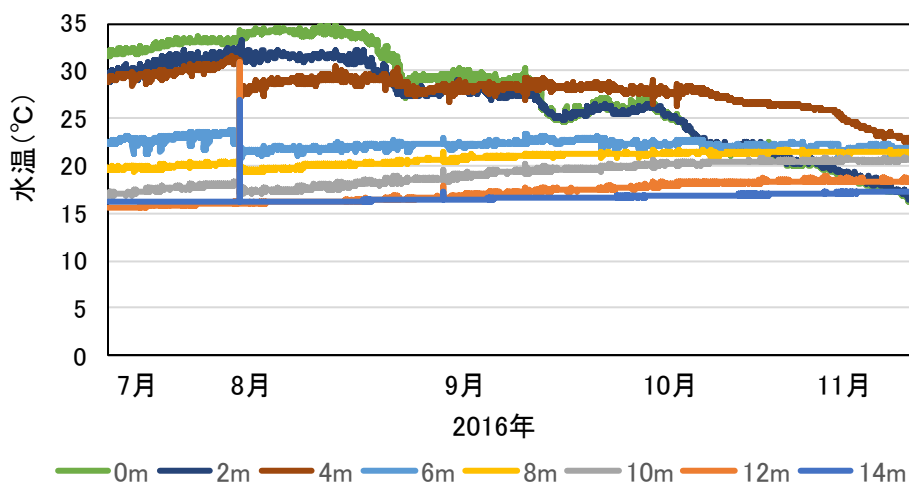


図-7 地点①における各水深での水溫の経時変化

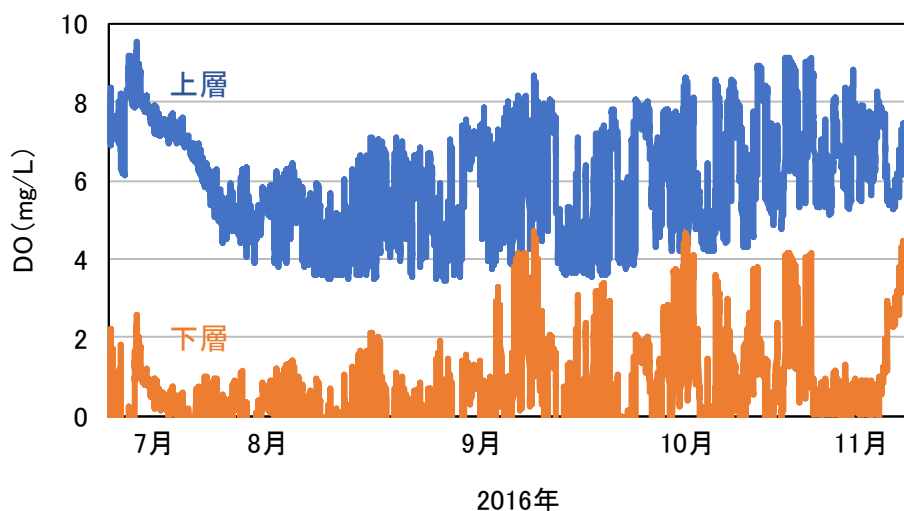


図-8 地点①上層，下層における DO の経時変化

同時期の DO の経時変化を図-8 に示す。上層，下層ともに変動が大きいが，上層（水深 2m）では，7 月から徐々に低下して，9 月までは 4～8mg/L 程度を推移し，その後，変動幅は小さくなっていった。下層では，夏季は 0.05（測定下限値）～2mg/L で推移し，9 月以降は 4mg/L 程度に上昇する場合もあり，終了時の 11 月上旬には上下層の差が小さくなった。ただし，11 月でも 1mg/L より小さくなっていった時期もあり，夏～秋季においては，下層には DO が供給されにくい状況であることが推測された。

3. 平成 27 年の余水の変色について

余水の色が突発的に変色した平成 27 年 8 月の降水量および風速データ⁴⁾を図-9 に示す。余水の色が変色した 8/26 の前日まで、台風 15 号が接近しており、8/25 の日降水量は 50mm/日、時間最大降水量は 18.5mm/時、最大瞬間風速 27.7m/s であった。2. に示した平成 28 年の各種測定・分析結果が平常時であるとする、水温が高い状態で温度成層が生じていた余水池で、台風によって余水が鉛直混合されて海面付近の栄養塩類濃度が上昇し、その後の天気回復によって急激にプランクトンが増殖したために余水が変色したと考えられた。なお、平成 27 年 6～9 月の降水量、風速の各データを併せて比較したところ、降水量、風速ともに大きかったのは 8/25 のみであった。また、JAXA の MODIS 衛星データ（解像度 500m）によるクロロフィル a 濃度分布画像によると、平成 27 年 8/26～28 瀬戸内海において、クロロフィル a 濃度が大幅に増加した結果が得られていたことから、外海においても同様の海水混合が生じていたと考えられた。

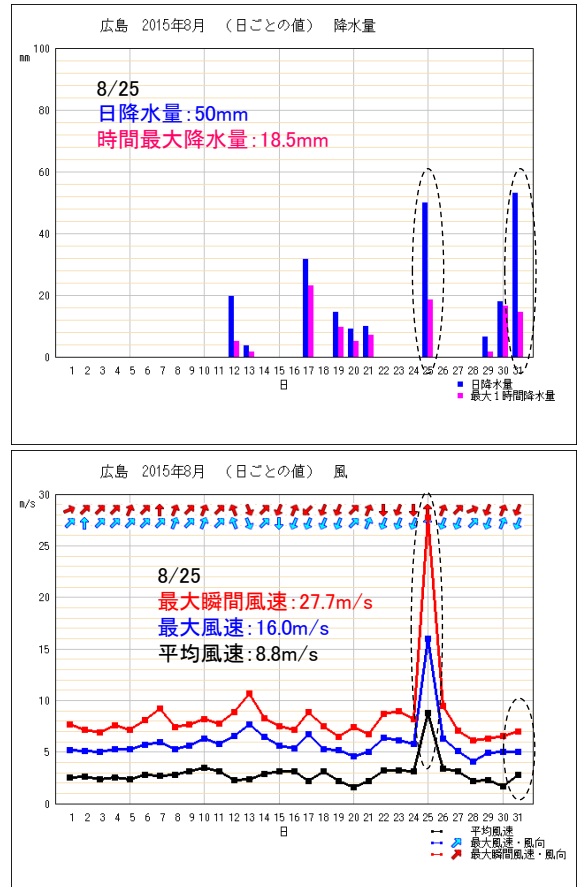


図-9 平成 27 年 8 月の広島地方における降水量、風速データ⁴⁾

4. まとめ

海面処分場余水池において突発的なプランクトン発生が生じた事例は、過去に報告がほとんどない。複数の要因のもとで異常発生したと考えられるため、現時点での情報のみでは的確な対策を見出すことは困難であった。赤潮対策において、実際に現象が発生した場合の対処法（対処技術）として、例えば、赤潮プランクトンを沈降させるために粘土（モンモリロナイト系粘土）を散布する手法や、赤潮プランクトンを殺菌する菌類やウィルス、薬剤等も対策手法として検討されているが、適用条件の決定が難しいこと、すべての赤潮プランクトンに対して有効であるか不明であること、費用対効果の点などで、導入に対しては慎重にならざるを得ない。

平成 27 年の事例のように余水池全体が赤褐色に変色すると、近隣住民に異常事態であると誤認されたり不安を与える可能性がある。余水池は外海と隔離されていること、水処理を適切に行っていること、台風その他による鉛直混合によってプランクトンが異常発生したためであると考えられること、平成 27 年の結果の推移を受けて、数日以内に水質が回復すると予想されること等を、インターネットホームページ上で、逐次情報を公開する必要があると考えられた。

謝辞

余水サンプリングにおいて、財団法人広島県環境保全公社出島管理事務所様到大変お世話になりました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1)西尾ら, 海面埋立水底土砂処分場における植物プランクトンの増殖と水質の変動, 日本水処理生物学会誌, Vol.37 (2), pp.63-68, 2001. 2)森ら, 浚渫土砂海面埋立処分場における水質変動特性と植物プランクトンの N:P 比, 環境技術, Vol.33 (10), pp.57-65. 3)東京都赤潮判定基準 HP, 4)気象庁データ検索 HP