

# B06台場周辺海域における糞便汚染の長期間連続調査と流動水質モデルによる再現性評価



○古米 弘明・Chomphunut POOPIPATTANA・Manish KUMAR, 中央大学 研究開発機構

## 研究背景と目的

お台場海浜公園は将来泳げる親水空間として期待されているが、降雨後には合流式下水道雨天時越流水(CSO)の影響を受けて糞便汚染指標である大腸菌濃度が上昇する。また、沿岸域での大腸菌の消長には塩分濃度と太陽光による不活化が共に影響する。そこで、複数の降雨が発生した2021年11月に東京国際クルーズターミナルの棧橋において毎日採水を実施して、糞便指標細菌の濃度変化を調査した。

降雨後の糞便指標細菌濃度の上昇と低下の傾向を考察するとともに、段階的な塩分濃度条件において明暗条件での培養実験結果から求めた塩分及び太陽光による大腸菌の不活化係数を用いて流動水質モデルによる計算を行った。そして、モデルでの大腸菌濃度の再現性評価を行った。

## 研究方法

### 東京国際クルーズターミナルの棧橋における採水調査

- ✓ 台場周辺海域には、CSOの影響を受けた都市河川からの流入水とともに、ポンプ場などのCSO発生源が数多くある。
- ✓ 東京国際クルーズターミナルの棧橋において、2021年11月に約1か月にわたり毎日採水を実施して、大腸菌群数と大腸菌(Colilert)及び腸球菌(Enterolert)の濃度変化を調査した。
- ✓ 調査期間中の11月7日(1mm), 11月8日(1.5mm), 11月9日(47.5mm), 11月21日(12.5mm), 11月22日(24.5mm)の降雨@大手町が発生した。



図 台場周辺海域と採水地点

### 太陽光と塩分による大腸菌の不活化係数の算出

大腸菌の不活化係数  $K$

$$K = k_b + k_s C_s + k_l I \quad \text{式(1)}$$

$C_s$ : 塩分濃度(PSU)  
 $I$ : 日射強度( $W \cdot m^{-2}$ )  
 $k_b$ : 基本不活化係数 ( $day^{-1}$ )  
 $k_s$ : 塩分不活化係数( $day^{-1} \cdot PSU^{-1}$ )  
 $k_l$ : 太陽光不活化係数 ( $day^{-1} \cdot W^{-1} \cdot m^2$ )

✓ 暗条件の淡水条件での基本不活化係数( $0.045 day^{-1}$ )を与えて、暗条件(0, 10, 20 PSU)と明条件(5, 10, 20 PSU)の計6系列の全データを用いて、式(1)を仮定した回帰分析によって大腸菌の塩分と太陽光による不活化係数を同時に算出する。

表 大腸菌の基本不活化係数と塩分と太陽光による不活化係数

Condition	Salinity (PSU)	$R^2$	$k_b$ ( $day^{-1}$ )	P-value	$k_s$ ( $day^{-1} \cdot psu^{-1}$ )	P-value	$k_l$ ( $day^{-1} \cdot W^{-1} \cdot m^2$ )	P-value
Dark	0	0.95	0.045	0.38	-	-	-	-
Dark	0, 10, 20	0.96	-	-	0.100	0.08	0.038	0.00
Light	5, 10, 20							

出典: 鈴木ら(2020):塩分と太陽光が下水由来の指標微生物の消長に及ぼす影響評価、土木学会論文集 76(7)p. III\_411-III\_421

### 台場周辺海域の3次元流動水質モデルによる計算

✓ CSOの排出源として、6つの都市河川、29の雨水ポンプ所、8箇所の水再生センターからの汚濁負荷を考慮している。

出典: C. Poopipattana & H. Furumai (2021) Fate Evaluation of CSO-derived PPCPs and Escherichia coli in Tokyo Coastal Area after Rainfall Events by a Three-dimensional Water Quality Model, Journal of Water and Environment Technology, 19(4), pp.251-265.

## 結論

- ✓ 降雨後に、糞便指標細菌である大腸菌群、大腸菌、腸球菌の濃度は急上昇して、徐々に低下する傾向が見られる。トライアスロン水質基準(大腸菌、腸球菌)を大きく上回っており、基準値まで低下するのに1週間程度経過している。
- ✓ 培養実験結果から求めた大腸菌の不活化係数を用いて、3次元流動水質モデルを行うことで、降雨に伴う大腸菌濃度変化の変動傾向を概ね再現できることを明らかにした。
- ✓ モデル計算結果は、降雨後の大腸菌濃度の低下傾向を緩やかに見積もっていることから、太陽光と塩分による不活化係数をさらに精査する必要がある。

## 結果と考察

### 東京国際クルーズターミナルにおける指標細菌濃度変化

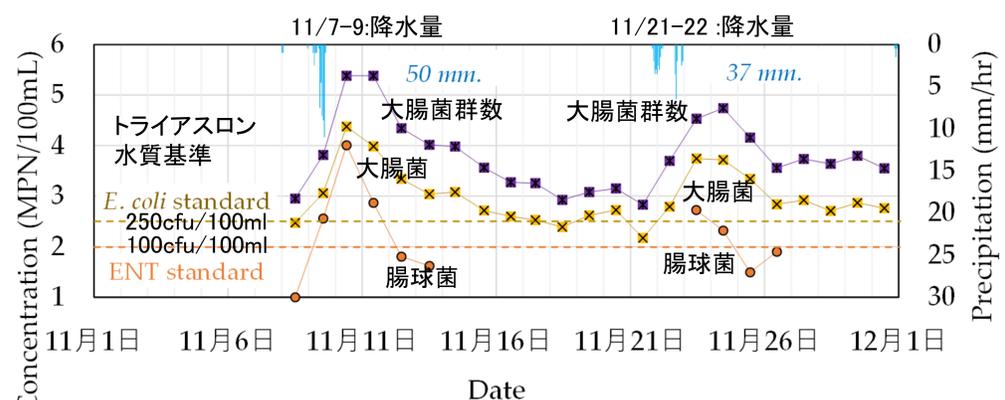


図 大腸菌群、大腸菌、腸球菌の濃度変化(2021年11月)

- ✓ 総降雨量(大手町)50mm、37mmの降雨後に、糞便指標細菌である大腸菌群、大腸菌、腸球菌の濃度は急上昇して、徐々に低下する傾向が見られる。
- ✓ 濃度値は、トライアスロン水質基準を大きく上回っており、基準値まで低下するのに1週間程度経過している。
- ✓ 降水量の少ない11/21-22の:降雨の方が、指標細菌の濃度低下に時間が長かかっている傾向があり、沿岸域における指標細菌類の不活化は様々な要因(降雨の時空間分布、潮汐条件、日射量など)の影響を受けているものと考えられる。

### 流動水質モデルによる大腸菌濃度変化の再現性の評価

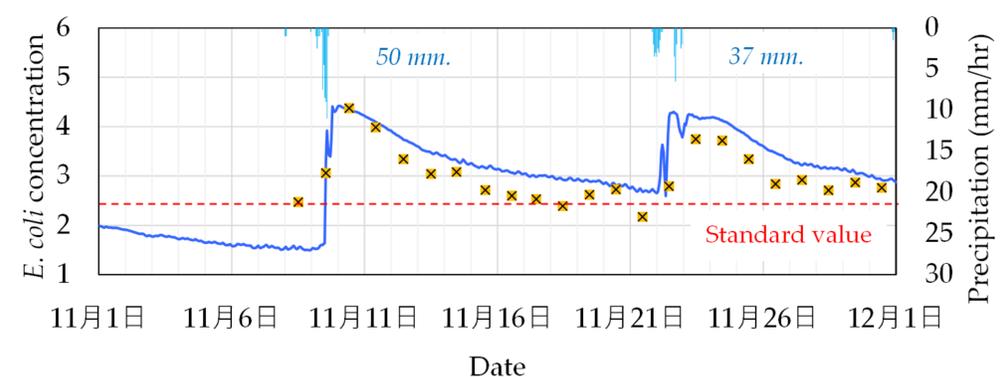


図 大腸菌濃度測定値とモデル計算値との比較(2021年11月)

- ✓ 実験から求めた大腸菌に関する塩分及び太陽光による大腸菌の不活化係数を用いたモデル計算結果は、降雨後の急激な濃度上昇を的確に再現できる。また、その後の低下傾向も概ね再現できた。
- ✓ 降雨後の濃度上昇の再現性に比べると、濃度低下傾向は測定値よりゆっくりとしており、計算値は高目に推移していることから、実験から求めた不活化係数をさらに精査する必要がある。