

[報告]

## 親水性水域の大腸菌群数等に関する研究

和波 一夫 竹内 健 保坂 三継\* 佐藤 綾子\*\* 亀井 理恵\*\*

(\*東京都健康安全研究センター \*\*工学院大学 環境化学工学科)

### 1 はじめに

海浜として整備されたお台場海浜公園は、年間来園者数が160万人を超える観光スポットとなっており、都民の貴重な憩いの場となっている。しかしながら降雨後のお台場海浜公園にはゴミやオイルボールが漂着し、糞便性大腸菌群数が増加するなど、安心して水遊びできる状態にはなっていない。都内で数少ない砂浜のお台場海浜公園を都民が安心して水遊びのできるようにするため、環境局・港湾局・下水道局の三局による海域浄化共同実験が行われている<sup>1)</sup>。今回、水遊びや潮干狩りなどに利用されている都内海浜公園の大腸菌等の実態を把握し、大腸菌等と都市排水流入との関係を検討するため、東京都健康安全研究センターと共同調査を行ったので、その結果を報告する。

### 2 調査方法

#### (1) 調査地点

葛西海浜公園の西なぎさ(以下、葛西という)、お台場海浜公園の砂浜ゾーン(以下、お台場)、城南島海浜公園の砂浜(以下、城南島)、大井埠頭中央海浜公園の磯浜ゾーン(以下、大井)の4つの海浜公園を調査対象とした。図1に調査地点と近傍の水再生センター(下水処理場)の位置を示す。

#### (2) 調査時期等

2005年5月から2006年3月の間に、葛西・お台場・城南島については水質並びに大腸菌群等の細菌調査を計16回実施した。大井については計15回水質調査を実施し、大腸菌群等の細菌(健康安全研究センターの測定項目)を12回測定した。

#### (3) 採水方法

各海浜公園の波打ち際(成人ひざ下水深40cm程度の箇所)で採水した。そのほか、お台場・城南島については5月～10月の毎月1回、波打ち際の試料採取と同一日に、環境局自然環境部水環境課が船上から試料採取し、波打ち際と船上採取による大腸菌群数等の測定値の比較を行

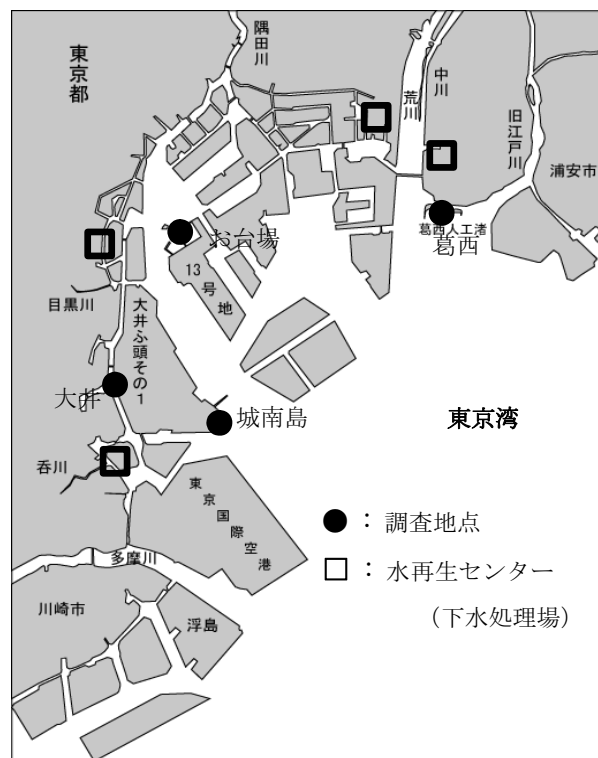


図1 調査地点

った。

#### (4) 調査項目

現地測定項目：気温、水温、pH、電気伝導率、透視度等

水質分析項目：COD、SS、全窒素、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、全りん、りん酸性りん等

を対象とした。分析方法は、JISK0102工場排水試験方法に従った。

細菌項目：大腸菌群、糞便性大腸菌群等の測定項目と試験方法を表1に示す。水浴場の判定基準に関する項目としては糞便性大腸菌群数(MFC法)が指定されており、生活環境の保全に関する環境基準の大腸菌群数の測定方法としてはBGLB最確数法(以下、BGLB法)が指定されている。

表 1 細菌検査の項目と試験方法

項目	試験方法	測定機関
大腸菌群(デゾ法)	デキシコール酸塩寒天培地デ36°C18時間培養	環科研
糞便性大腸菌群(デゾ法)	デソキシコール酸塩寒天培地デ44.5°C18時間培養	環科研
大腸菌群(BGLB最確数法)	BGLB培地 36°C24時間培養及び48時間培養	環科研
糞便性大腸菌群(MFC法)	MFでろ過し、M-FC寒天平板に貼付して44.5°C24時間培養	環科研
大腸菌群、大腸菌(ONPG法)	ONPG-MUG培地36°C18時間培養(コリラート18アスカ)	環科研
大腸菌群、大腸菌(クロモアガー法)	HGMFでろ過し、クロモアガー寒天平板に貼付して37°C24時間培養	健安研
糞便性大腸菌群(HGMF/MFC法)	HGMFでろ過し、M-FC寒天平板に貼付して44.5°C水浴中にて24時間培養	健安研
糞便性連鎖球菌	HGMFでろ過し、mエンテロコッカス寒天平板に貼付して37°C48時間培養	健安研
ウェルシュ菌芽胞	75°C20分加熱前処理した試料をHGMFでろ過し、ハンドフールド改良培地寒天平板に貼付して嫌気ジャー中で46°C24時間培養	健安研

### 3 測定結果

#### (1) MFC法による糞便性大腸菌群数の測定結果

MFC法糞便性大腸菌群数の測定結果を図2に示す。水温が20°C以下に低下する秋期から春期は、4地点とも糞便性大腸菌群数は低い値であった。糞便性大腸菌群数が水浴場基準Cランクの1000個/100mlを超える場合は、水浴不適とされるが、葛西・城南島は16回測定中1回が不適、大井は12回測定中1回が不適、お台場は16回測定中3回が不適であった。葛西・お台場・城南島・大井の4地点とも不適となったのは7月5日(前日の降雨量は60mm)であった。

大腸菌群は、水系感染症をもたらす主要な病原細菌を含む *Salmonella* 属の細菌とほぼ等しいか、やや高い生残性を示す傾向がある<sup>2)</sup>。また、降雨流出水中の腸内細菌類の20°Cにおける生残率は、経過4日で5~50%程度であることが示されており<sup>2)</sup>、雨天時越流水中の大腸菌群は、4日間程度は水環境に生残している可能性が高い。そこで、不適回数が最も多かったお台場について、糞便性大腸菌群数と降雨量の関係を検討した。調査日の前4日間総降水量(東京管区気象台大手町の降水量データを使用)と糞便性大腸菌群数を図3に示す。お台場において水浴場基準を超過した6月2日、7月5日、9月8日は、前4日間の総降水量が60mmを越えていた。お台場の海域浄化実験においても原水(有明西運河の上層水)の糞便性大腸菌群数は、降雨の影響の少ないときは100個/100ml程度で推移したが、まとまった量の降雨後には110,000個/100ml程度まで上昇したと報告されている<sup>1)</sup>。これらのことから、お台場の糞便性大腸菌群数は降雨量との関連性が高いと推測される。

#### (2) 船上採取との比較

お台場・城南島については、船上からの試料採取を計

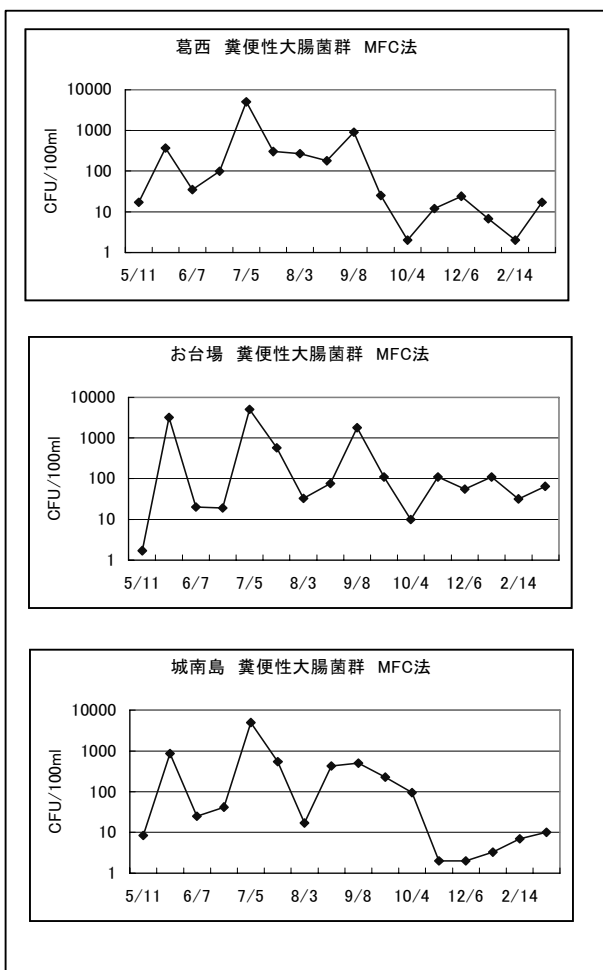


図 2 糞便性大腸菌群数

6 回行った。図4に糞便性大腸菌群数とアンモニア性窒素の測定結果を示す。船上採取と波打ち際採取を比較すると、お台場の糞便性大腸菌群数は6回測定のうち4回は船上採取の方が高い値であり、1回は同程度の値であった。波打ち際採取の方が高い値であったのは6回中1回であった。一方、アンモニア性窒素はすべて船上採取の方が高い値であり、海浜公園外側からの流入する都市

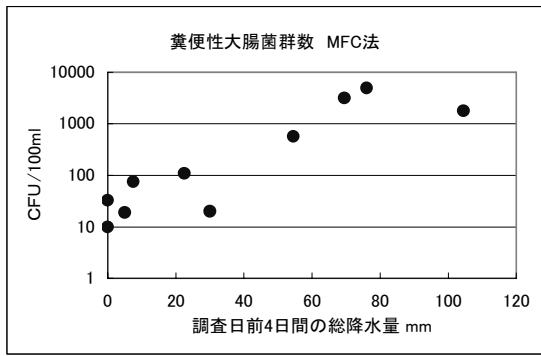


図3 糞便性大腸菌群数と降水量

排水の影響が示唆された。

城南島については、糞便性大腸菌群数は6回測定のうち3回は船上採取試料の方が高い値であり、1回は同程度の値であった。アンモニア性窒素は6回中4回船上採取試料が高かった。城南島は中央防波堤の外側に位置し、内湾水が潮流の影響を受けて複雑に流れ込む。沖合の内湾水は都市排水に比較して糞便性大腸菌群数やアンモニア性窒素濃度は低いので、内湾水の流入が強い場合には都市排水の影響が小さくなると思われる。城南島については、今後、データを蓄積して潮位・潮流と大腸菌群数との関係を検討する必要がある。

(3) BGLB 最確数法等による大腸菌群数の測定結果

BGLB 法、特定酵素基質培地 ONPG-MUG 法（以下、ONPG 法）の測定結果を図5に示す。海域の大腸菌群数については、A 類型は基準値 1000MPN/100ml（BGLB 法）が定められているが、東京都内湾の B 類型及び C 類型は大腸菌群数の環境基準は定められていない。参考までに A 類型の基準と比較すると、BGLB 法は降雨の影響が大きかった 6月2日、7月5日、9月8日は1000MPN/100ml を越える高い値であった。一方、ONPG 法は、BGLB 法が比較的低い値であった時も1000MPN/100ml を超える値であり、BGLB 法とは異なる傾向を示した。海水には非大腸菌群である *Vibrio* 属などの細菌が多く存在し、これが ONPG 法の発色基質を分解して反応を示すことが知られている<sup>3)</sup>。今回の調査で ONPG 法が BGLB 法に比べて高い値であったのは、*Vibrio* 属などの大腸菌以外の細菌による影響があったと考えられる。ONPG 法は、海水を対象とした測定の場合、データ値を慎重に扱う必要がある。

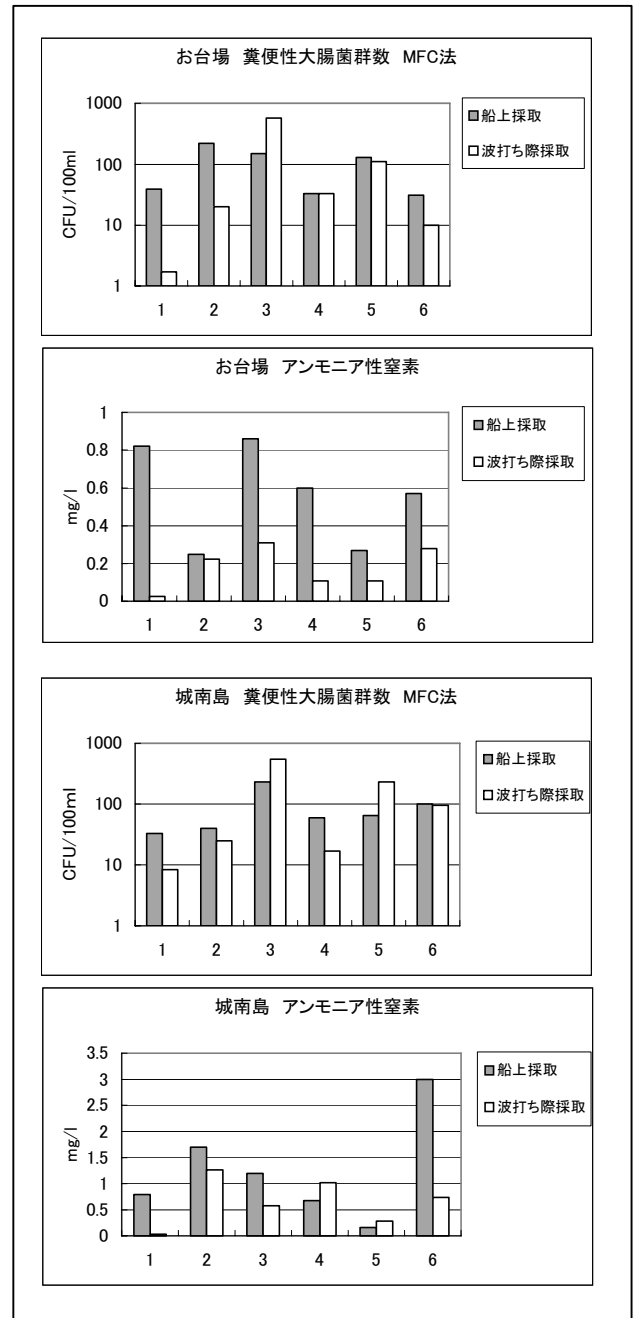


図4 船上採取試料との比較

糞便性大腸菌群数（MFC 法）と大腸菌群数（BGLB 法）の比率は、汚染の進行している河川は 0.1～0.2（MFC/BGLB）で、清澄な河川ほどこの比率は小さい傾向にあると報告されている<sup>4),5)</sup>。この比率をあてはめると、水温が比較的高く水遊びに適した5月から9月までの期間では、葛西・お台場・城南島の総計30回調査のうち、0.1以下はわずか2回であった。

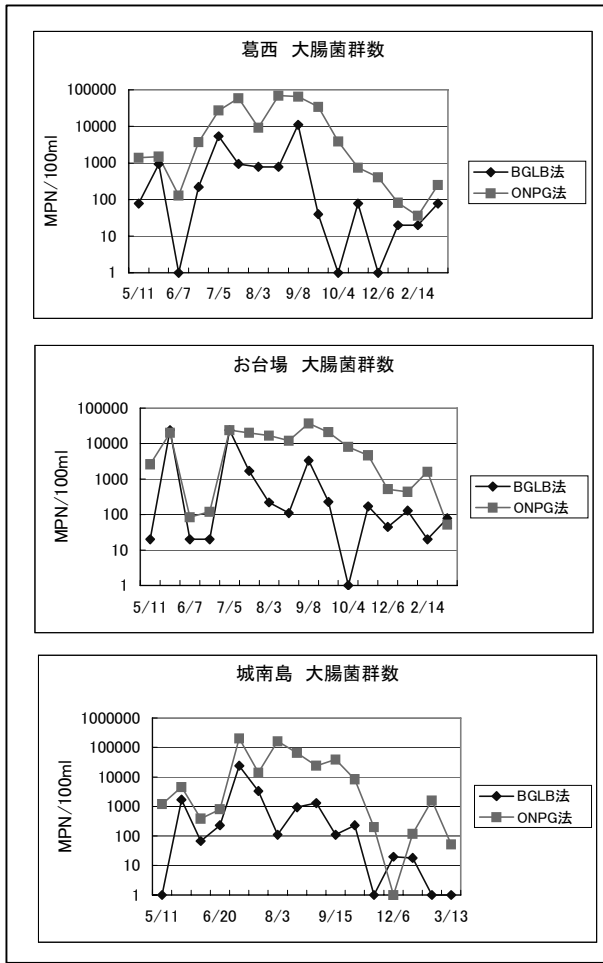


図5 BGLB 試験方法等による大腸菌群数

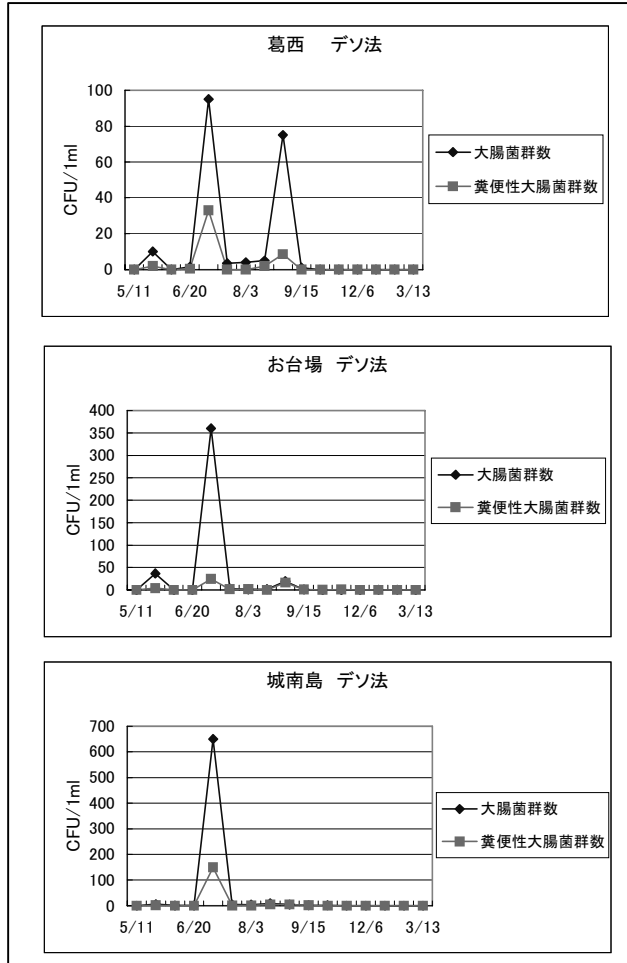


図6 デソ法による大腸菌群数

(4) デソキシコール酸塩培地法による大腸菌群数の測定結果

デソキシコール酸塩培地法（以下、デソ法）による大腸菌群数の測定結果を図6に示す。降雨影響が比較的大きかった7月5日の調査回は、大腸菌群数、糞便性大腸菌群数が検出されたが、その他の調査回では、葛西の9月8日を除いてほとんど検出されなかった。デソ法は下水試験方法で採用されている項目であり、下水処理場の放流水管理は、この方法で測定されているが、環境水の大腸菌群数の実態を把握する場合には適した方法ではないと考えられた。

(5) 大腸菌の測定結果

図7にONPG法等の結果を、図8にHGMF/クロモアガー寒天培地法等の結果を示す。大腸菌は、ヒト糞便性中の大腸菌群数の90%以上を占めるうえ、大腸菌群数を構成する細菌の中では環境由来株が最も少ない種である。このため、ヒト糞便による汚染に関しては指標性が明確な細菌である。しかしながら通常の細菌試験では試験方法

が煩雑すぎ、一般的な指標とはなりえなかった<sup>2)</sup>。近年、大腸菌群数と大腸菌を同時に検出できる方法が開発され、その一つとしてONPG法が上水試験方法に採用されているが、前述したように海水を対象とした大腸菌群の測定には課題がある。ONPG法による大腸菌数も、MFC法糞便性大腸菌群数を上回る場合が多く、海水中の大腸菌数を過大に評価する恐れがある(図7)。これに対して、クロモアガー寒天培地法の大腸菌数は、HGMF/MFC法糞便性大腸菌群数の値にほぼ一致しており、きわめて妥当な値であった(図8)。海水の大腸菌の挙動を把握する方法としては、クロモアガー寒天培地法が適していると考えられた。

(6) 糞便性連鎖球菌、ウェルシュ菌芽胞

糞便性連鎖球菌、ウェルシュ菌芽胞とHGMF糞便性大腸菌群を図9に示す。糞便性連鎖球菌は糞便性大腸菌群と同様、温血動物の糞便中に存在し、水環境における増殖性が大腸菌群よりも少ないことから糞便汚染の指標細菌として検討されている。ウェルシュ菌は大腸菌と同様、

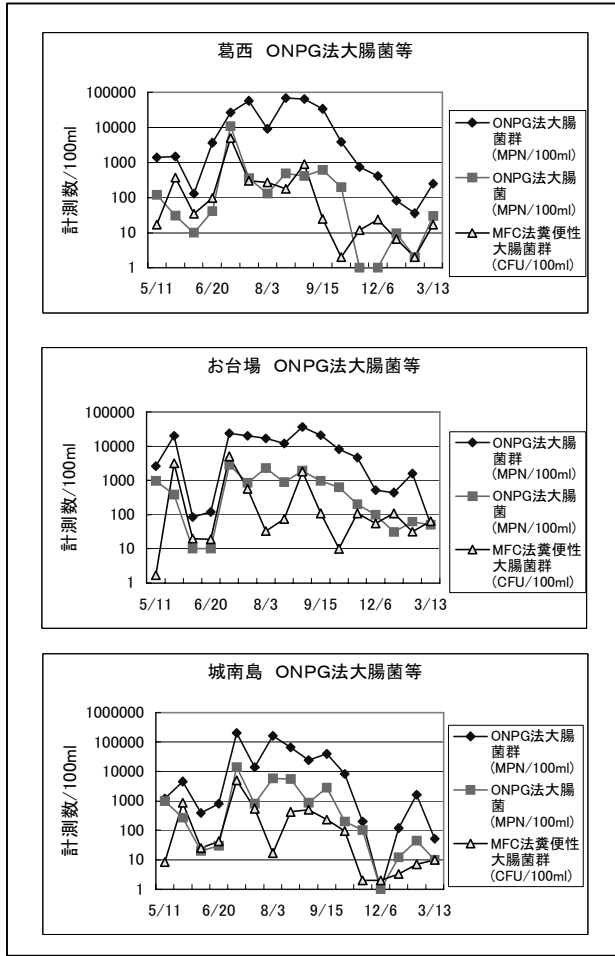


図7 ONPG 法大腸菌と MFC 法糞便性大腸菌群

腸管内常在菌であり糞便とともに排出されるうえ、生存性が高く環境中で増殖しないとされている。すなわち、糞便性連鎖球菌、ウェルシュ菌芽胞とも水環境における増殖性が低いことから、この種類の菌が多い場合は、糞便を含む汚水の流入が示唆される。3回目調査(7月)はお台場、城南島、大井で HGMF 糞便性大腸菌群数が 1000MPN/100ml を超過し、糞便性連鎖球菌、ウェルシュ菌芽胞も比較的高い値であった。これは、糞便を含む汚水がお台場、城南島、大井に流入したと考えられる。環境中で増殖した糞便性大腸菌群か、汚水の直接的な流入による糞便性大腸菌群かを区別するためには、糞便性連鎖球菌、ウェルシュ菌芽胞を合わせて測定することが必要であろう。

(7) 一般水質項目

図 10 に COD の濃度変化を示す。図 11 に窒素・りんの平均値を示す。水浴基準では、COD8mg/l 以上を不適としているが、6月7日の城南島、大井は 8mg/l 以上であつ

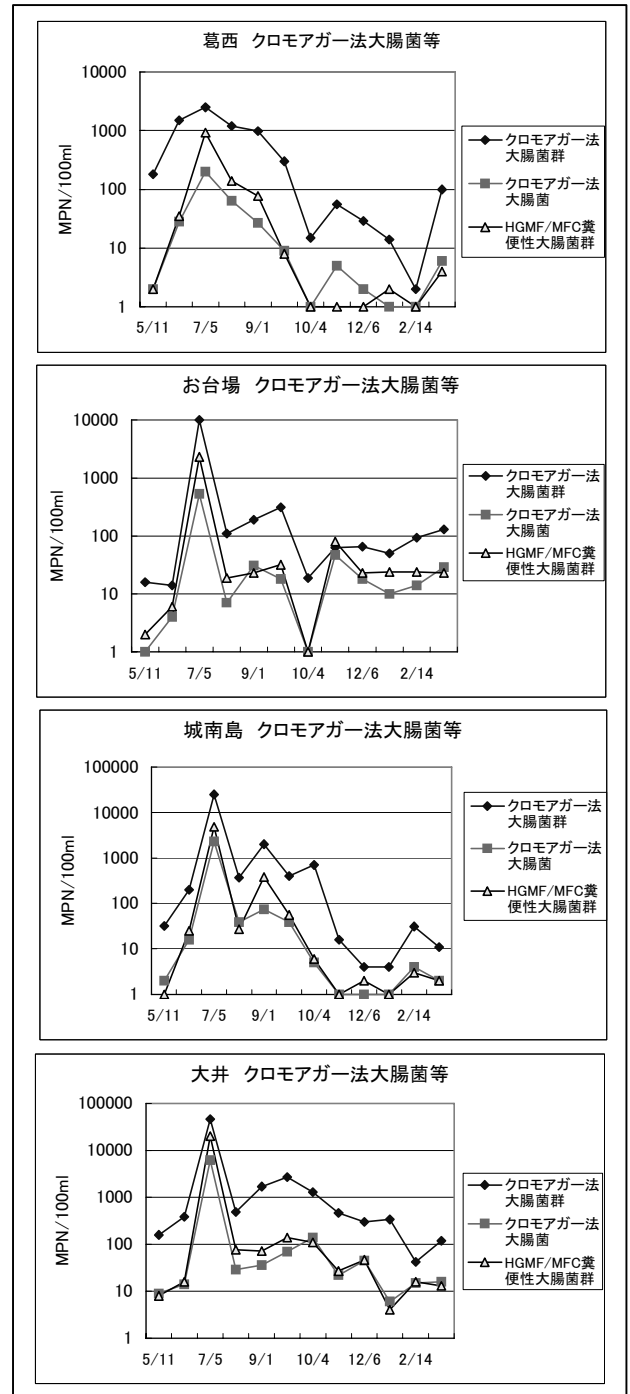


図8 HGMF/クロモアガー法による大腸菌等

た。窒素・りんは、硝酸性窒素除くと城南島が他の地点に比べて濃度が高かった。

各調査地点の 5 月～9 月のアンモニア性窒素と糞便性大腸菌群数の関係を 図 12 に示す。お台場は、アンモニア性窒素と糞便性大群数との関係に正相関が認められた。しかし、葛西、城南島は、お台場のような相関関係は認められず、アンモニア性窒素が高くても糞便性大腸菌群数が高くない場合があつた。これは、大腸菌などの細菌

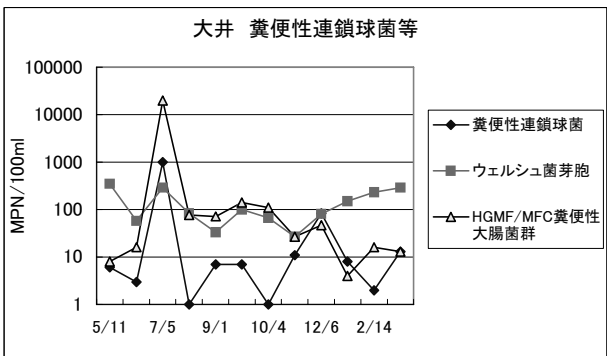
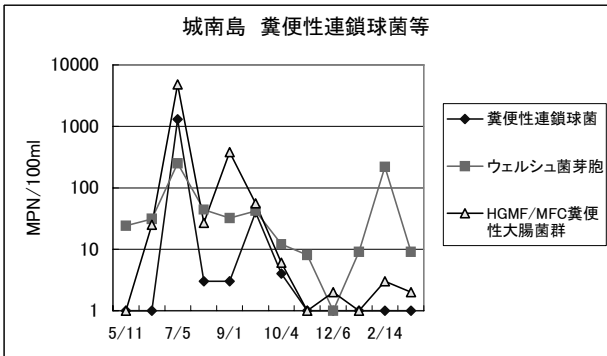
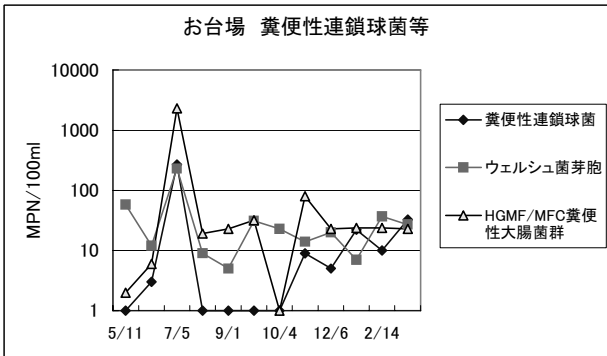
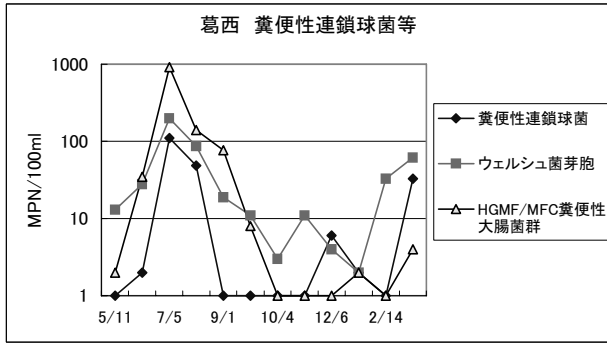


図9 糞便性連鎖球菌等

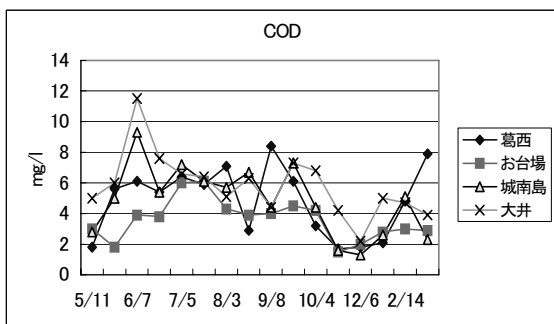


図10 COD 濃度変化

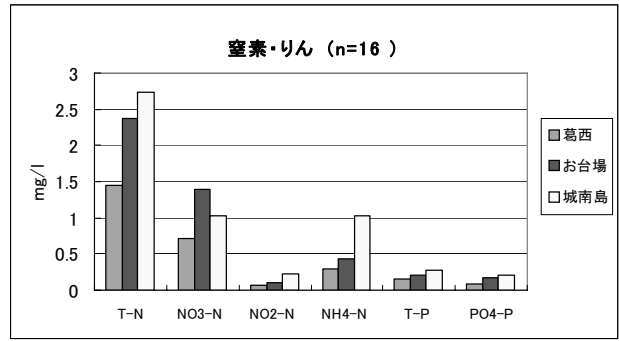


図11 窒素・りん平均値

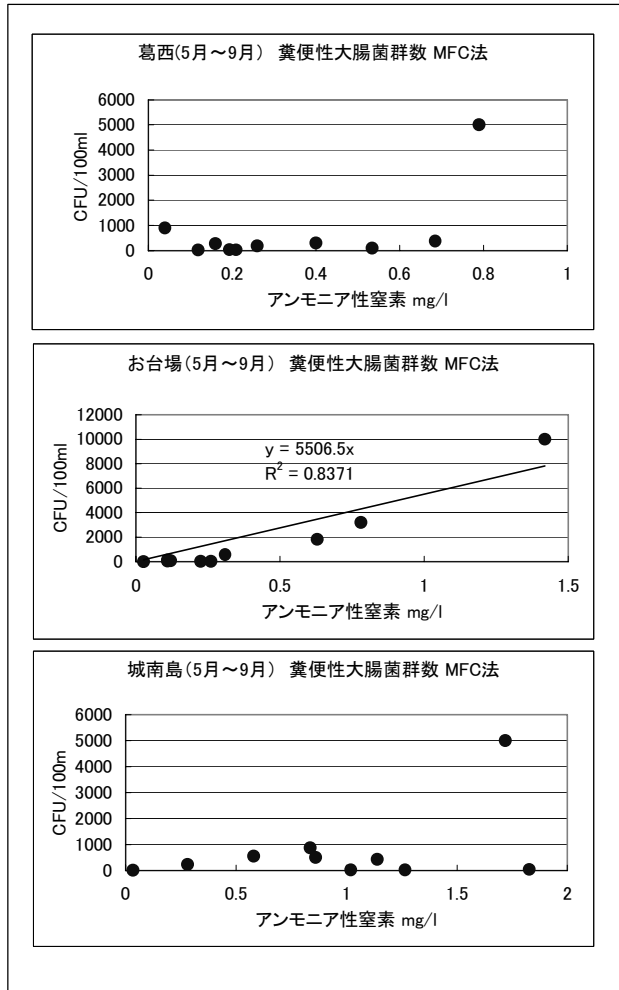


図12 アンモニア性窒素と糞便性大腸菌群数

類を捕食する生物による捕食圧の影響が示唆される。つまり、葛西、城南島の地形特性（葛西は干潟、城南島は浅場に隣接）から、細菌類を捕食するがアンモニア性窒素は取り込まない生物（例えば貝類や動物プランクトン）が多く存在し、糞便由来のアンモニア性窒素が高くても糞便性大腸菌群数は少ないことが考えられる。糞便性大腸菌群数とアンモニア性窒素及び捕食生物との関係は、今後の検討課題である。

参考文献

- 1) 石井実、森田健史：お台場海浜公園における海域浄化実験、東京都下水道局技術調査年報, pp.149-161, (2005)
- 2) 金子光美編著：水質衛生学、第 10 章病原性微生物によるリスク評価、技報堂出版, (1996)
- 3) 井山洋子、磯部順子：コリラート・MW による海域水の大腸菌群測定について、富山県衛生研究所年報 18, pp.143-150, (1995)
- 4) 芦立徳厚：水質環境基準項目としての大腸菌群の評価、用水と廃水, 30, (3), pp.17-26, (1988)
- 5) 岩崎誠二ら：大腸菌群数の定量方法の検討、三重県保健環境研究所（環境部門）年報、第 1 号（通巻第 20 号）, (2000)