

1 フェロー 工博 千葉工業大学教授 工学部生命環境科学科
2 正 会 員 工修 (前)千葉工業大学大学院 工学研究科土木工学専攻
3 学 生 員 千葉工業大学大学院 工学研究科生命環境科学専攻
4 フェロー 工博 東亜建設工業(株)技術研究開発センター

る高瀬川(St. 1), 谷津川(St. 2)において(写真-2), アオサの繁茂する春季, アオサの腐敗する夏季, アオサの少ない冬季の年3回, 合計9回行った。調査項目と機器を表-2に示す。

調査は, 2潮汐の間1時間ごとに表層水を採水して水温, pHを測定するとともに, 各栄養塩類, COD, SS, Chl-aを分析した。また, 同時刻の河川の流量を測定するために流向・流速および水深を測定するとともに, 両地点において塩分, DOの連続観測(1分ごと)を実施した。測定機器として, 流向・流速はアレック電子製のACM-210-DとAEM1-Dを用いた。pH測定はHORI-BA製のD-21を, 塩分およびDO測定は三洋測器のメモリー塩分水温計(MTC-1), メモリーDO計(MDO-1)を用いた。アオサの流入量は, 両地点に設置した60cm四方の固定式ネット型装置の採取により行った。採取したアオサは湿潤重量を測定し, 各水路の断面積あたりの量に換算した。また, 2004/12以降の調査においては, 腐敗したアオサが最も堆積する干潟奥部において底質の粒度測定と底質中DOの連続観測を行った。

(2) 谷津干潟内の水質環境

谷津干潟は東京湾奥部に位置することから, 流入水の水質環境は良くない。図-2は, 代表的な例として2005年5月に計測された全リン(T-P)の時系列である。流入出にかかわらず, 水産3種の環境基準値である0.09mg/lを大きく上回る0.25mg/l前後の値でほとんど変

化なく推移していることが認められる。

図-3は, 写真-1で示した2003年におけるアオサ面積最小(12月)および最大(5月)時の塩分濃度の時系列変化である。村上ら(2000)は, 谷津干潟におけるアオサの異常増殖要因として淡水流入の減少をあげているが, 本調査では5月は塩分濃度が25~30‰にあるのに対し, 12月は5月よりも若干高い26~32‰になっていることが特徴的である。

図-4は, COD, 全窒素(T-N)および全リン(T-P)の平均値についての経年変化を示したものである。CODは冬季に環境基準A類型の2mg/lまで下がるものの, 夏季にはC類型の8mg/lを超える値となり, 非常に有機物が多い状態となっている。これは, T-NおよびT-Pについても同様であり, 谷津干潟の水質環境は過栄養状態といえる。

図-5は, 2005年7月の2河川および干潟中央部底質

表-1 調査日時

項目	調査日
春季	2003年5/29-30 2004年4/21-22 2005年5/9-10
夏季	2003年9/11-12 2004年9/1-2 2005年7/19-20
冬季	2003年12/8-9 2004年12/14-15 2005年11/30-12/1

表-2 調査項目

測定・分析項目	測定法・機器
流向・流速	電磁流速計
水位	巻尺
アオサ採取	固定式ネット型装置
水温・pH	pH測定器
塩分・DO	連続式水質計
Chl-a	工業排水試験法 JIS K 0102
COD	
SS	
T-N, NH ₄ -N NO ₂ -N, NO ₃ -N T-P, PO ₄ -P	HACC DR-4000U, DR-2400

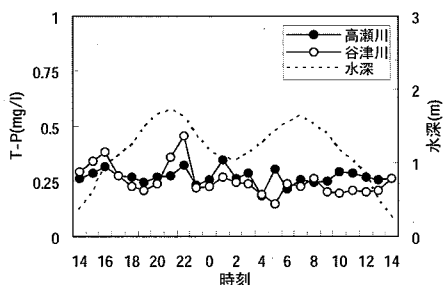
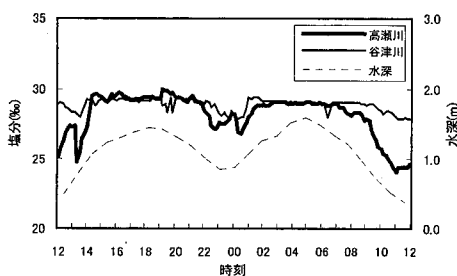
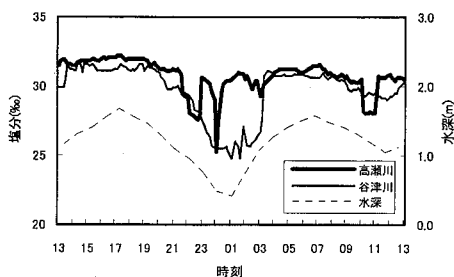


図-2 T-Pの時系列変化 (2005/5)



(a)5月



(b)12月

図-3 塩分濃度の時系列変化 (2003)

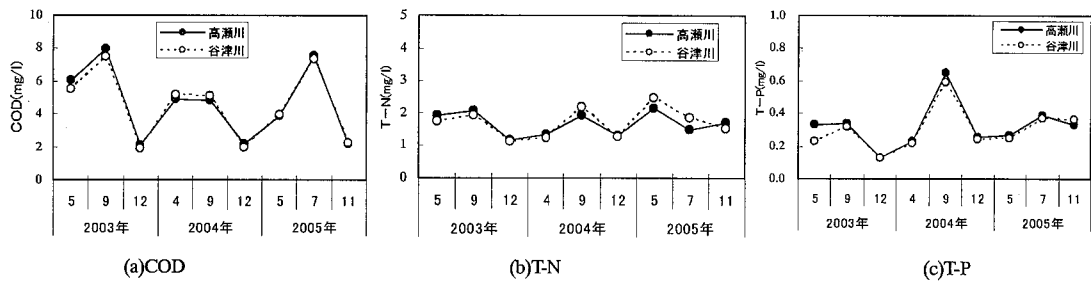


図-4 COD および栄養塩の経年変化 (平均値)

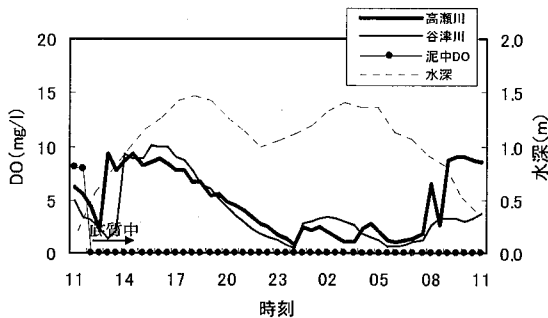


図-5 DO 濃度 (2005/7)

中の DO の時系列変化を示したものである。谷津干潟では年間を通して魚類を確認することができるが、アオサの腐敗が目立つ干潟奥部では極めて嫌気的な底質環境であることが明らかとなった。底質の DO はゼロに近い貧酸素状態であり、そのため下げ潮時には底質からの貧酸素水が流出して、谷津川・高瀬川ともに 1 mg/l 前後まで DO が低下している。

(3) 谷津干潟の物質収支

既述のように、谷津干潟の水質環境が悪化していることから、干潟の水質浄化能力を把握するため 2 潮汐間における物質収支を算定した。収支の算定方法として、まず上げ潮、下げ潮それぞれについて、各時刻、各地点での流量および各物質濃度を時間に関して積分することに

表-3 干潟の物質収支(kg/day)

	DIN	T-N	DIP	T-P	COD
2003/5	-140	-43	-22	20	71
9	11	20	-24	-42	-34
12	8	-8	-12	-14	-197
2004/4	47	31	5	3	-29
9	19	-103	-18	-6	498
12	-5	5	-9	-32	-164
2005/5	-71	187	-15	-22	197
7	41	-12	-13	-22	340
11	12	23	-1	-6	147

より、干潟内に流入出した物質量を求める。次に両者の差により東京湾-干潟間の物質収支を算出した。

結果を表-3 に示す。正の値は干潟における物質の固定を、負の値は東京湾への排出を示している。溶存態窒素(DIN)収支について見ると、2003/5 には大きく流出していることがわかる。この時期は気温上昇に伴い干潟内で繁茂していたアオサが腐敗し始める時期であるため、これらが窒素収支に影響したものと考えられる。また、COD は冬季 (2003/12, 2004/12) に大きく流出している。冬季は海域の物質濃度が低いにもかかわらず、干潟からの有機物排出量が多いことから、谷津干潟の水質浄化能力は極めて低いものと考えられる。

(4) アオサの流入特性

東京湾から流入するアオサの影響を把握するため、2 潮汐間におけるアオサの輸送量を検討した。表-4 は各河川で採取されたアオサの流入・流出量および収支を示したものである。アオサの繁茂が盛んな春季においては、夏季・冬季に比べ流入量が大きく、特に谷津川からの流入が多い結果となった。このことより、春季におけるアオサの繁茂は、谷津川から流入するアオサの影響が大き

表-4 アオサの輸送量(kg/day)

	流入	流出	収支
2003/5	231 (高: 44, 谷: 187)	321 (高: 122, 谷: 198)	-90
9	40 (高: 26, 谷: 14)	319 (高: 142, 谷: 177)	-279
12	65 (高: 26, 谷: 39)	562 (高: 29, 谷: 533)	-497
2004/4	157 (高: 60, 谷: 97)	239 (高: 44, 谷: 195)	-82
9	62 (高: 11, 谷: 51)	250 (高: 216, 谷: 34)	-188
12	80 (高: 27, 谷: 53)	32 (高: 21, 谷: 11)	48
2005/4	105 (高: 63, 谷: 42)	97 (高: 69, 谷: 28)	8
7	187 (高: 164, 谷: 23)	767 (高: 353, 谷: 414)	-580
12	154 (高: 80, 谷: 74)	236 (高: 33, 谷: 203)	-82

※高: 高瀬川
谷: 谷津川

いものと考えられる。2005/7には、東京湾内における油流出の影響を防ぐため谷津川河口部にオイルフェンスが張られたが、このときはアオサの流入量が抑えられている。このことから、アオサの流入対策として谷津川における流入防止が効果的であることが考えられる。

3. 谷津干潟の流況特性

谷津干潟では、特に東側においてアオサの繁茂が集中しており、干潟内の流況がアオサの発生分布に関与している可能性が考えられる。そこで、アオサの発生分布との関連性について検討するため数値シミュレーションによる解析を行った。物理モデルは海洋環境研究委員会が作成した MEC モデルを用いた。

(1) 支配方程式

支配方程式は Navier-Stokes 式および連続の式であり、静水圧近似を仮定して浮力についてのみ密度変化を考慮するブシネスク近似を用いている。座標系は鉛直上向きを正とするデカルト座標系、格子は直交格子のバリエーションメッシュ、変数配置はスタッガード配置とした。空間差分は、移流項に三次上流差分、粘性拡散項に中央差分を用い、時間差分は forward-backward scheme を適用している。

(2) 解析対象域と計算条件

計算条件を表-5に示す。計算領域は x 方向 1,220 m, y 方向 820 m とし、計算格子数は x, y 方向にそれぞれ 170×120 分割した。鉛直方向のメッシュ幅は 0.5 m とし、干潟の最深部では 4 層となる。境界条件は高瀬川・谷津川水路を開境界とし、平均水深 0.8 m を基準に現地観測によって得られた振幅 0.5 m を与えた。

(3) 計算結果

表-5 計算条件

計算格子数	$170 \times 120 \times 4$
時間刻み	0.5 sec
計算時間	60 hour
初期条件	T.P. 0 m 流速 0 m
境界条件	振幅 0.5 m 周期 12 hour

干潟内の流速分布を図-6に示す。上げ潮時には谷津川から流入した海水が干潟東部において循環流を形成している。図-7は干潟内のアオサの流動過程を再現するためマーカー粒子を投入し、その軌跡を示したものである。谷津川から流入したアオサは上げ潮時には図-6の循環流により干潟の東側で反時計周りに流動する。また、高瀬川から流入したアオサも東側に向かって流れている。このことから、両河川から流入したアオサは干潟内東部に集まる傾向があるものと考えられ、本計算の結果から

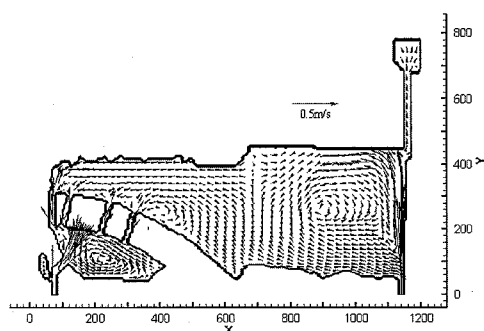
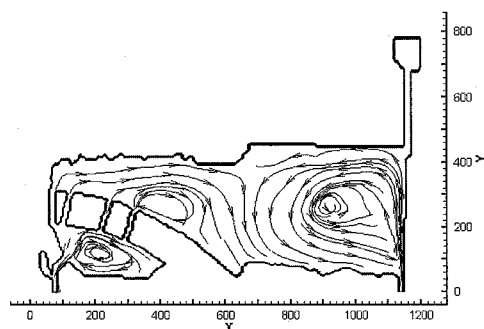
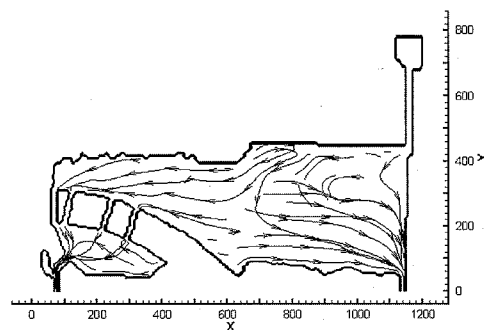


図-6 干潟内の流速分布 (上げ潮最大時)



(a) 上げ潮時



(b) 下げ潮時

図-7 アオサの流動

もアオサの流入対策を谷津川に実施することが効果的であると推定される。

一方、下げ潮時には底質 DO を観測した干潟奥中央部から西部に向かってアオサが流れていく。干潟奥中央部は、既述のようにアオサの腐敗と底泥の嫌気化が著しい場所である。表-3では栄養塩の流出の内訳を明示していないが、2003/5の場合高瀬川が 117 kg/day, 谷津川が 23 kg/day と特に高瀬川で流出が顕著であったことから、干潟奥部では腐敗したアオサからの栄養塩の放出や嫌気化した底泥からの栄養塩の流出が起こっているものと考えられる。

石井裕一・村上和仁・矢内栄二・石井俊夫・瀧和夫(2001): 東京湾奥部に位置する潟湖化干潟におけるアオサの栄養塩吸収特性, 海岸工学論文集, 第48巻, pp.1136-1140.

海洋環境研究委員会: <http://mee.k.u-tokyo.ac.jp/mec/model/>, 参照 2005-04-04.

日本 DNA データバンク: <http://www.ddbj.nig.ac.jp/>, 参照 2006-02-25.

能登谷正浩編(1999): アオサの利用と環境修復, 成山堂書店, 171p.

村上和仁・石井裕一・瀧和夫・長谷川昭仁(2000): 東京湾奥部に位置する潟湖化干潟の遷移特性, 海岸工学論文集, 第47巻, pp.1121-1125.

矢内栄二・早見友基・石井裕一・立本英機(2003): 谷津干潟に作用する東京湾の環境ダイナミクス, 環境情報科学論文集 17, pp.327-330.

矢内栄二・早見友基・五明美智男・村上和仁・瀧和夫・石井裕一(2004): 現地調査に基づく春季の谷津干潟におけるアオサの流入特性, 海洋開発論文集 Vol. 20, pp. 341-346.

Yauchi,E., T.Hayami and M.Gomyo (2004): Analysis of the Extraordinary Proliferation of *Ulva* sp. in an Urban Wetland, The Proceedings of The Fourteenth International Offshore and Polar Engineering Conference, pp. 746-750.