

# 谷津干潟における 鳥類および流入排水負荷の検討

## NUTRIENT LOAD FROM WATERFOWL AND WASTEWATER IN YATSU HIGATA

矢内栄二<sup>1</sup>・石井健一<sup>2</sup>・小野寺一剛<sup>3</sup>

Eiji YAUCHI, Kenichi ISHII and Kazuhisa ONODERA

<sup>1</sup>フェロー 工博 千葉工業大学教授 工学部生命環境科学科 (〒275-8588 千葉県習志野市津田沼2-17-1)

<sup>2</sup>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 (〒275-8588 千葉県習志野市津田沼2-17-1)

<sup>3</sup>正会員 (株)八千代エンジニアリング (〒161-8575 東京都新宿区西落合2-18-12)

Yatsu Higata is one of the most significant remaining tidal flats in Japan. It is located on the inner part of Tokyo Bay, and was registered under the Ramsar Convention in 1993. Therefore, many waterfowls come flying to Yatsu Higata and they feed benthos and seaweed. However, waterfowl drop nutrient-rich water in the tidal flat, and it acts as nutrient load to the tidal flat. In Yatsu Higata, nutrient load study and water quality analysis have been carried out so far. However, there have not been conducted any analysis about factors of water pollution at Tokyo Bay, such as nutrient load from water pipe placed at seawalls, water gate, and load of drops from waterfowl.

This paper explores the nutrient load from waterfowl and wastewater in Yatsu Higata through field studies.

**Key Words :** Tideland, nutrient load, bird droppings, Tokyo Bay

### 1. はじめに

干潟は、高い水質浄化能力と生物生産能力を兼ね備えている。干潟に存在する細菌、動物類、付着藻類などが干潟に流れ込む有機物や汚濁物質を消費・分解し、さらにそれらをエネルギーとして成長することにより海の幸の恵みをもたらす。また、干潟にはその豊富な生物を求めて鳥たちが飛来する。特に、渡り鳥にとっては羽を休めエネルギーを補給するために欠かすことのできない場所である。干潟の環境は、このように流入する負荷と消費するエネルギーの適度な平衡によって保たれていると言える。

千葉県習志野市に位置する谷津干潟(図-1)は、周囲の埋立工事により都市域に残された干潟として極めて重要な湿地であるが、最近では水質悪化などの問題によりその機能が失われつつある。特に、水鳥の飛来数が減少し<sup>1)</sup>、渡り鳥の保護条約であるラムサール条約登録湿地として早急な対策が必要となっている。

これまで谷津干潟では、東京湾からの流入負荷の検討や水質解析などが行われてきた<sup>2)3)</sup>が、干潟護岸に設置された排水管および水門からの流入負荷、および飛来する水鳥の糞による負荷など、東京湾以



図-1 谷津干潟の位置



写真-1 谷津干潟

外の要因についての検討はほとんど行われてこなかった。

そこで、本研究では谷津干潟における流入排水路および飛来する水鳥による負荷について調査を行い、干潟環境に与える影響を検討した。

## 2. 谷津干潟の概要

谷津干潟は、東京湾奥部に位置する面積約40ha、平均水深約80cmの干潟である(写真-1)。かつて東京湾に面した前浜干潟であったが、1970年代初頭から始まった埋立工事によって、周囲を陸域に囲まれた潟湖的な干潟を形成している。現在は高瀬川と谷津川の東西2河川により東京湾と結ばれており、これらを通じて海水の交換が行われ、干潟としての機能が保たれている。また、干潟には1年を通して多くの渡り鳥が飛来し、ズグロカモメやコアジサシなどの絶滅が危惧されている水鳥の飛来も確認されている。このことから、1993年にラムサール条約に登録され世界的に重要な湿地となっている。

## 3. 排水調査

### (1) 調査方法

谷津干潟の護岸に設置された主な排水管と水門の位置を図-2に示す。本研究では、17カ所の流入口の内、形状および流量が他と比べて著しく大きい排水管路⑬(写真-2)と、水門付き矩形水路②(写真-3)を調査対象とした。計測は、比較的潮位が下がり排水管が水没せず、水門からの流量が大きくなると考えられる大潮の下げ潮時に行った。表-1に調査当日の天候と気温を示す。

表-2は、調査項目と測定機器を示したものである。採水した流入水の水温、pHを測定するとともに、各栄養塩類、COD、SSの分析を行った。また、干潟への流入量を測定するために排水管では流量を、水門では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の測定を実施した。測定機器として、流速、流量の測定にはアレック電子製のAEMI-Dと採水容器を用いた。pH測定はSATO製のハンディ型pH計を、塩分はセキスイ製デジタル塩分計を、DO測定は三洋測器のメモリーDO計(MDO-1)を用いた。また、10/25と11/22の調査では排水管路⑬の付近で干潟水の採取を行い、流量測定以外の調査を行った。

### (2) 調査結果

排水管と水門、干潟水の水質を表-3に示す。すべての調査において排水と水門の栄養塩濃度は環境基準値を上回っており、特に、10/25は窒素の環境基



図-2 調査地点

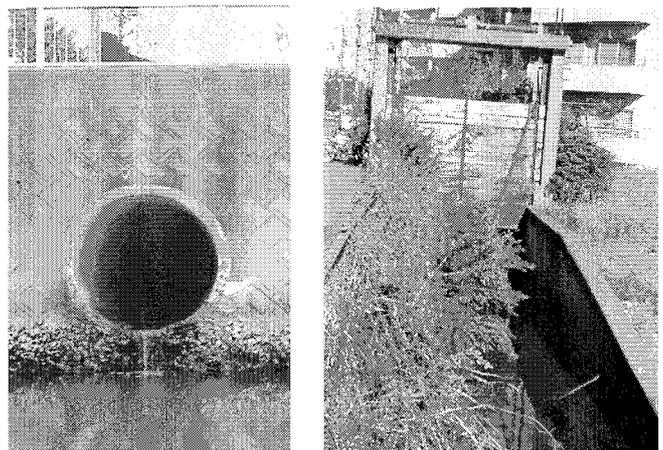


写真-2 排水管⑬

写真-3 水門付き矩形水路②

表-1 調査日

調査日	天候	平均気温	測定地点	調査時間
2007/10/11	曇り	19.6℃	配水管	12:05
			水門	11:25
2007/10/25	晴れ	16.1℃	配水管	11:55
			水門	10:40
			干潟	11:15
2007/11/22	晴れ	6.7℃	配水管	10:07
			水門	9:03
			干潟	10:30

表-2 調査項目

測定・分析項目	測定法・機器
流量・流速	排水管：採水容器
	水門：電磁流速計
水温・pH	pH測定器
塩分	デジタル塩分計
DO	連続式水質計
COD	採水(表層水) DR2400
SS	
T-N・NH <sub>4</sub> -N	
NO <sub>3</sub> -N・NO <sub>2</sub> -N	
T-P・PO <sub>4</sub> -P	

表-3 流入水および干潟の水質

調査地点	調査日	流量 (m <sup>3</sup> /h)	塩分 (%)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	COD (mg/l)
排水管	10/11	19.8	0.1	8.8	3.18	4.3
	10/25	5.0	0.1	16.0	3.26	4.8
	11/22	19.8	0.1	9.6	3.06	4.9
水門	10/11	52.2	2.1	4.6	0.23	4.7
	10/25	109.5	1.8	4.9	0.25	3.3
	11/22	41.7	2.7	7.2	0.19	2.4
干潟	10/11	—	—	—	—	—
	10/25	—	2.8	2.6	0.24	3.9
	11/22	—	3.2	2.0	0.19	6.4

表-4 排水由来の栄養塩負荷率

調査 時期	T-N			T-P			COD			
	干潟	排水負荷		干潟	排水負荷		干潟	排水負荷		
	収支量 (kg/day)	負荷量 (kg/day)	負荷率 (%)	収支量 (kg/day)	負荷量 (kg/day)	負荷率 (%)	収支量 (kg/day)	負荷量 (kg/day)	負荷率 (%)	
03 年 度	春	76.9	15.81	-50.8	2.93	-142.2	12.17	1.49	7.32	5.15
	夏	-343.3	3.54	-12.7	11.72	-1255.0				0.58
	冬	-132.7	9.17	-11.1	13.38	63.5				11.52
04 年 度	春	-72.8	16.70	11.5	13.00	307.7	12.17	1.49	7.32	2.38
	夏	283.3	4.29	30.8	4.83	-343.5				2.13
	冬	-282.5	4.31	15.4	9.70	211.0				3.47
05 年 度	春	-61.8	19.69	6.8	21.98	-567.4	12.17	1.49	7.32	1.29
	夏	42.2	28.86	-11.0	13.57	355.1				2.06
	冬	-275.4	4.42	-16.5	9.03	-176.8				4.14
06 年 度	春	-120.2	10.12	8.9	16.81	-89.8	12.17	1.49	7.32	8.15
	夏	-68.2	17.84	20.1	7.43	-81.2				9.01
	冬	-448.1	2.71	-9.1	16.39	-126.5				5.79

＋：東京湾への負荷，－：干潟での浄化

準値よりも16倍高い濃度となっていることから、谷津干潟には高栄養塩濃度の水が流入していることが明らかとなった。塩分濃度についてみると、谷津干潟と直結している水門では1.8～2.7%の濃度で変化しているのに対し、排水管の濃度は0.1%と淡水が流入していた。このことから、排水管から流入する水は生活排水や道路側溝等の排水などが流入している可能性が示唆された。また、水門における塩分濃度は干潟の塩分濃度よりも常に低くなっていることから、水門にも生活排水などの淡水が流入しており、塩分濃度を低下させていると考えられる。

排水管と水門の流入量を調査日ごとにみると、日によって若干の流量変化があるものの、同程度の流入量となっていた。このことから、両調査地点における排水は定常的に流入していると考えられる。

以上のことから、排水管と水門からは過栄養状態の排水が定常的に流入しており、干潟環境に影響を与えていると考えられる。特に、排水管からの栄養塩濃度については、流量の多い水門を大きく上回っていることから、干潟環境には水門よりも排水管の方の影響が大きいと考えられる。

流入水中の窒素とリンの割合についてみると、排水管ではリン濃度が多くなっているのに対し、水門では窒素濃度が高くなっていた。特に、水門を流れ

る水にはリンの20～30倍もの窒素が含まれていることから、し尿などの汚水または下水を含んでいる可能性があると考えられる。

### (3) 流入排水による影響

表-4に2003年から2006年における谷津干潟の物質収支<sup>3)</sup>と流入排水による汚濁負荷量および負荷率を示す。ここで、物質収支は流量および各物質濃度を時間に関して積分することにより干潟内に流入出した物質量を求め、両者の差により算出している。符号は、表-4下段に示したように＋は東京湾への負荷、－は干潟での浄化を示している。排水負荷の値には、3回の現地調査によって得られた排水管と水門における値の平均値を使用した。また、流量や濃度にそれほど大きな違いは見られなかったことから、通年で定常的に干潟へ負荷されていると仮定した。

CODの負荷比についてみると、ほとんどの年において干潟収支の10%未満であり、最大でも12%程度の負荷量であった。このことから、排水から供給されるCOD負荷が干潟環境に与える影響は比較的小さいと考えられる。

T-N、T-Pの栄養塩負荷比については、2.5～3.0%の値で変化しており、特に2005年の春と夏では20～29%と高い値になっていた。また、CODの負荷比

と比較して平均で約3倍程度の値となっていることから、流入排水によるT-N、T-Pの負荷は干潟環境に大きな影響を与えていた。

#### 4. 鳥類による汚濁負荷量

##### (1) 谷津干潟へ飛来する水鳥の飛来数

図-3は、過去17年間に谷津干潟へ飛来した水鳥の羽数<sup>1)</sup>を、表-5は谷津干潟において観察された水鳥の種類を示したものである。谷津干潟における水鳥の飛来数は年々減少しており、2006年には最も水鳥が飛来した1993年の半分以下となっていた。特に、アオサの繁茂がみられるようになった、1995年前後<sup>2)</sup>では急激な水鳥の減少がみられた。また、アオサの繁茂が見られなかった1991年に約7,000羽飛来していた小型の水鳥であるシロチドリが2006年には約200羽まで減少しているのに対し、大型の水鳥であるコガモの飛来数が近年増加するなど、谷津干潟に飛来してくる水鳥の鳥相が変化していた。

##### (2) 汚濁負荷量の算出方法

干潟へ飛来する水鳥は、糞を通して水質悪化をもたらす。水鳥の糞による汚濁負荷の算出式として種々の提案がなされているが、本研究では江成ら<sup>4)</sup>と黄ら<sup>5)</sup>の方法によって算出した。

江成らの方法は、伊豆沼(宮城県)に飛来するハクチョウやオナガガモなどの各水鳥による総汚濁負荷量を水質調査によって算出し、それに水鳥の羽数を関連させて、水鳥の汚濁負荷量を算出したものである。本研究では、表-5に示す水鳥に対して、ハクチョウとの体重比からT-N、T-P、CODの汚濁負荷原単位を算出した。表-6に基準となるハクチョウの汚濁負荷原単位と干潟へ飛来する主要な水鳥の水鳥との体重比、汚濁負荷原単位を示す。

黄らの方法では、江成らの方法と同様に、式(1)に示す鳥の糞による全リンと全窒素の流入負荷推定式を用いて表-5に示す各水鳥の汚濁負荷量を算出した。

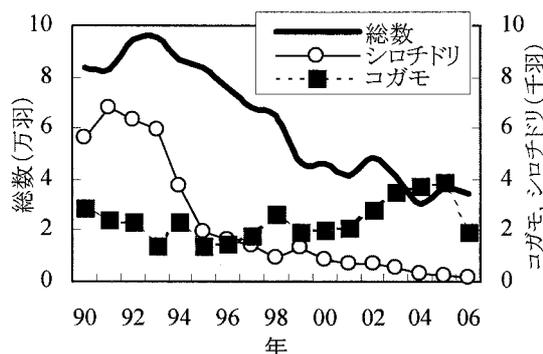


図-3 水鳥の飛来数

表-5 飛来する水鳥

カイツブリ	ビロードキンクロ	アカアシシギ
ハジロカイツブリ	ホオジロガモ	コアアシシギ
ハシボソミズナギドリ	ウミアイサ	アオアシシギ
カワウ	クイナ	カラフトアオアシシギ
ヨシゴイ	バン	キアシシギ
ゴイサギ	オオバン	イソシギ
ササゴイ	ハジロコチドリ	ソリハシシギ
アマサギ	コチドリ	オグロシギ
ダイサギ	イカルチドリ	オオソリハシシギ
チュウサギ	シロチドリ	ダイシャクシギ
コサギ	メダイチドリ	ホウロクシギ
カラシラサギ	オオメダイチドリ	タンシギ
アオサギ	ムナグロ	チュウシャクシギ
クロツラヘラサギ	ダイゼン	セイタカシギ
オオハクチョウ	タゲリ	ヤマシギ
アカツクシガモ	ケリ	ソリハシセイタカシギ
ツクシガモ	キョウジョシギ	アカエリヒレアシシギ
アメリカヒドリ	ニシトウネン	タカブシギ
トモエガモ	トウネン	ユリカモメ
マガモ	ウズラシギ	セグロカモメ
カルガモ	ヒメウズラシギ	カモメ
コガモ	ハマシギ	ウミネコ
オカヨシガモ	サルハマシギ	ズグロカモメ
ヒドリガモ	コオバシギ	アジサン
ヨシガモ	オバシギ	コアジサン
オナガガモ	ミュビシギ	ヒメクビワカモメ
シマアジ	ヘラシギ	メリケンキアシシギ
ハシビロガモ	エリマキシギ	オオセグロカモメ
ホシハジロ	キリアイ	クサシギ
キンクロハジロ	オオハシシギ	
スズガモ	シベリアオオハシシギ	

表-6 各水鳥の体重比および汚濁負荷原単位

水鳥	体重比	T-COD (g/羽・day)	T-N (g/羽・day)	T-P (g/羽・day)
ハクチョウ	1	0.49	0.024	5.03
カワウ	0.26	0.12	0.0061	1.28
ダイサギ	0.11	0.051	0.0025	0.528
コガモ	0.032	0.016	0.00077	0.162
オナガガモ	0.099	0.049	0.0024	0.498
ハマシギ	0.0059	0.0029	0.00014	0.0298

表-7 流入負荷推定式の各項の値

水鳥	体重 (g)	DW (g/day)	NC <sub>N</sub> (%)	NC <sub>P</sub> (%)
カワウ	2550.0	57.4	22.05	12.29
シロチドリ	48.8	1.10	21.68	13.21
コガモ	322.5	7.26	1.89	1.10
オナガガモ	990.0	22.3	1.89	1.10
ハマシギ	59.3	1.33	21.68	13.21

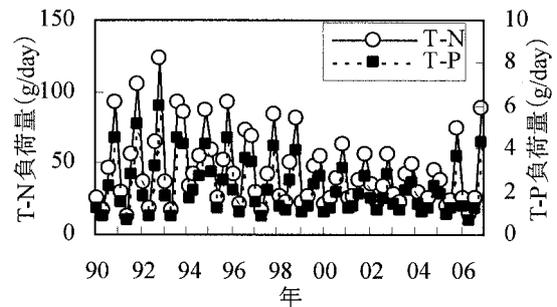
$$BL = C_r \times N \times DW \times NC \dots \dots \dots (1)$$

ここに、BL：水鳥の糞による流入負荷(g/day)，N：水鳥の数(羽/day)，C<sub>r</sub>：排泄物中の栄養塩が水中に帰着する確率(=1/3)，DW：水鳥の1日につき糞の乾重(=体重の2.25%)，NC：水鳥の排泄物中のリンと窒素の含有率(%)である。なお、本研究ではDW，NCの値として各水鳥の体重から求めた値を用いた。また、NCの算出には中村<sup>6)</sup>の測定結果から、主に水草を主食とする水鳥には、陸ガモ(水草由来)の値(N=1.46%，P=0.33%)を、水草に加え種子類を採取する水鳥には、陸ガモ(水草由来)と陸ガモ(粒由来)の平均値(N=2.32%，P=1.86%)を、主に魚介類や昆虫、底生生物を主食とする水鳥には、カワウとアオサギの平均値(N=21.3%，P=14.13%)を与えた。なお、カワウ、アオサギについては、それぞれの値を与えた。表-7に谷津干潟へ飛来する主要な鳥の体重，DW，NC<sub>N</sub>，NC<sub>P</sub>の値を示す。

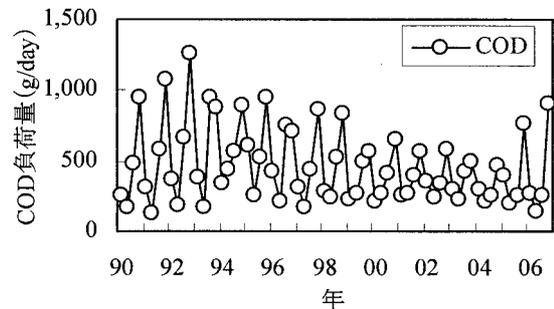
### (3) 水鳥からの汚濁負荷量

図-4に江成らの方法で算出されたT-N，T-P，CODの汚濁負荷量を、図-5に黄らの方法によって算出されたT-N，T-Pの汚濁負荷量を示す。江成ら、黄らの方法ともに、汚濁負荷量は年々減少する傾向にあり、季節ごとでは夏季に負荷量が低く、冬季に高いという傾向がみられた。汚濁負荷量が年々減少している原因としては、谷津干潟に飛来する水鳥が減少し、排出される糞の総量が減少しているためと考えられる。また、季節ごとの汚濁負荷量の変化は、飛来する水鳥の種類や飛来数が季節ごとに大きく変わるためである。

江成らの方法と黄らの方法によって算出された汚濁負荷量を比較すると、黄らの方法によって算出された汚濁負荷量の方が江成らの方法で算出された値



(a) 栄養塩類



(b) COD

図-4 江成らの方法による汚濁負荷量

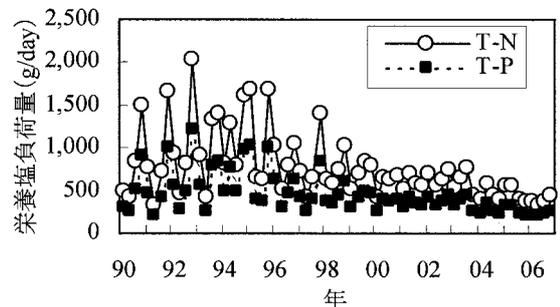


図-5 黄らの方法による汚濁負荷量

表-8 水鳥による栄養塩負荷率

調査 時期	T-N					T-P					
	干潟	水鳥(江成ら)		水鳥(黄ら)		干潟	水鳥(江成ら)		水鳥(黄ら)		
	収支量 (kg/day)	負荷量 (kg/day)	負荷率 (%)	負荷量 (kg/day)	負荷率 (%)	収支量 (kg/day)	負荷量 (kg/day)	負荷率 (%)	負荷量 (kg/day)	負荷率 (%)	
03 年 度	春	76.9	0.028	0.037	0.54	0.70	-50.8	0.0014	0.003	0.32	0.63
	夏	-343.3	0.022	0.007	0.66	0.19	-12.7	0.0011	0.009	0.39	3.05
	冬	-132.7	0.049	0.037	0.44	0.33	-11.1	0.0024	0.021	0.25	2.28
04 年 度	春	-72.8	0.029	0.040	0.39	0.53	11.5	0.0014	0.012	0.23	2.00
	夏	283.3	0.021	0.007	0.58	0.21	30.8	0.0010	0.003	0.34	1.11
	冬	-282.5	0.045	0.016	0.39	0.14	15.4	0.0022	0.014	0.22	1.46
05 年 度	春	-61.8	0.038	0.062	0.55	0.90	6.8	0.0019	0.028	0.33	4.90
	夏	42.2	0.020	0.047	0.56	1.32	-11.0	0.0010	0.009	0.33	3.02
	冬	-275.4	0.074	0.027	0.36	0.13	-16.5	0.0036	0.022	0.21	1.26
06 年 度	春	-120.2	0.026	0.022	0.37	0.31	8.9	0.0013	0.014	0.22	2.46
	夏	-68.2	0.014	0.020	0.34	0.49	20.1	0.0007	0.003	0.20	1.00
	冬	-448.1	0.088	0.020	0.45	0.10	-9.1	0.0043	0.047	0.26	2.83

+：東京湾への負荷，-：干潟での浄化

表-9 水鳥によるCOD負荷率

調査 時期		COD		
		干潟 収支量 (kg/day)	水鳥(江成ら)	
			負荷量 (kg/day)	負荷率 (%)
03 年 度	春	-142.2	0.29	0.20
	夏	-1255.0	0.23	0.02
	冬	63.5	0.50	0.79
04 年 度	春	307.7	0.30	0.10
	夏	-343.5	0.22	0.06
	冬	211.0	0.47	0.22
05 年 度	春	-567.4	0.39	0.07
	夏	355.1	0.20	0.06
	冬	-176.8	0.76	0.43
06 年 度	春	-89.8	0.27	0.30
	夏	-81.2	0.14	0.17
	冬	-126.5	0.90	0.71

+：東京湾への負荷，-：干潟での浄化

よりも大幅に高い値となっていた。この違いは、算出方法の精度の違いによるものであり、黄らの方法では佐潟と同様な環境である Wintergreen Lake と比較した際も同様な結果を得ていたことから、分析精度は黄らの方法の方が高く、値の信頼性が高いと考えられる。

#### (4) 水鳥による影響

表-8には2003年から2006年における谷津干潟の栄養塩収支と水鳥による栄養塩類の汚濁負荷量を、表-9には谷津干潟のCOD収支と江成らの方法で算出された水鳥によるCOD負荷を示した。

江成らの方法で算出された負荷率と黄らの方法で算出された負荷率を比較すると、すべての年において5倍以上の差が見られた。また、各項目における負荷率をみると、最大でも4.9%にとどまり、T-Pを

除くほぼすべての年で収支率は1%以下となっていた。このことから、鳥類による栄養塩や有機物の汚濁負荷は、干潟環境にほとんど影響を与えないと考えられる。

排水と水鳥による汚濁負荷量を比較すると、水鳥の負荷量は最大でも排水負荷の25%程度の値にしかならないことから、谷津干潟における外部負荷は排水に由来するものが主であると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、谷津干潟に流入する排水と飛来する水鳥による汚濁負荷量の検討を行った。その結果、谷津干潟の環境には、水鳥による負荷は小さいものの、流入する排水は無視できない量であることが明らかとなった。

#### 参考文献

- 1) 谷津干潟自然観察センター：環境省：谷津干潟国設鳥獣保護区鳥類調査結果，1990-2006。
- 2) 矢内栄二・早見友基・井元辰哉・五明美智男：谷津干潟におけるアオサの異常繁茂と干潟環境への影響評価，海岸工学論文集，第53巻，pp.1191-1196，2006
- 3) 矢内栄二・石井健一・井元辰哉・五明美智男：谷津干潟におけるアオサの繁茂特性に関する現地調査，海洋開発論文集，Vol.23，pp.465-470，2007。
- 4) 江成敬次郎・中山正与・斉藤孝市・鈴木淳・柴崎徹・佐々木久雄：水鳥による水質汚濁とその浄化対策，用水と排水 Vol.36 No.2，pp.124-130，1994。
- 5) 黄光偉・磯部雅彦：渡り鳥集団飛来による閉鎖性水域への栄養塩負荷推定に関する研究，土木学会論文集 B，Vol.63 No.3，pp.249-254，2007，(CD-ROM)。
- 6) 中村雅子：ガンカモ類が水質に及ぼす影響～冬期湛水水田の施肥効果の可能性～，第2回冬季湛水水田シンポジウム講演要旨集，pp.26-29，2002。