

干潟域における水鳥の栄養塩物質輸送量の算定

武蔵工業大学	学生会員	石射 広嗣
武蔵工業大学大学院	学生会員	秦野 拓見
武蔵工業大学	フェロー	村上 和男

1. 研究目的

干潟とは潮汐による海面の上下変動により陸地と海面下になることを繰り返す地形のことであり、沿岸域において豊富な生物相を形成する場として認識されている。それゆえ、干潟は底生動物による栄養塩物質消費の場、またそれらを捕食するシギ・チドリ・カモなどの長距離間を移動する渡り鳥、および留鳥の採餌および休憩場所としての役割を果たしている。

干潟の T-P, T-N 消費効果を担う底生動物によって取り込まれた栄養塩は、対象生物が生存する間は体内に固定されるが、死滅後は水中へ再帰されることが指摘されている。一般的に水鳥は水域で採餌を行い陸地にコロニーを形成する。そのため、水域で取り上げた栄養塩類は、糞やペリット、死骸の形で陸地に輸送される¹⁾。干潟域における水鳥の栄養塩除去効果は非常に重要な要因であることが示唆されているが、定量的な検討は殆どなされていない。本研究では、「東京港野鳥公園・潮入りの池」における水鳥の飛来数と底生動物の生物量の季節変化を把握した。また水鳥の栄養塩輸送量を、干潟域に飛来した水鳥の個体数と摂食量・排泄量の式から算定した。

2. 対象干潟

「東京港野鳥公園・潮入りの池」は図1に示す様に東京湾奥部に位置する創設された潟湖型の干潟であり、様々な水鳥の休憩、採餌の場として利用されている。水域は潮間帯、潮下帯、ヨシ原によって形成され、干潟内面積は約 57,000m² であり水深 1m 未満の水域が殆どを占める。また、水の交換口は 2 つの水路のみであり、閉鎖性水域である。干潟内の各所には杭が設置してあり、水鳥の休憩場所、満潮時の避難場所になる。杭の設置数は合計 209 本であり、主にカウヤアオサギなど大型の水鳥に利用されている。一方、干潟中央

部分には、満潮時も水没しない「アジサシ島」があり、シギ・チドリ・カモなどの小型水鳥の休憩場所としての役割を果たしている。また干潟に隣接してネイチャーセンターと呼ばれる水鳥観察施設があり、ここで干潟に飛来する水鳥の観察することができる。

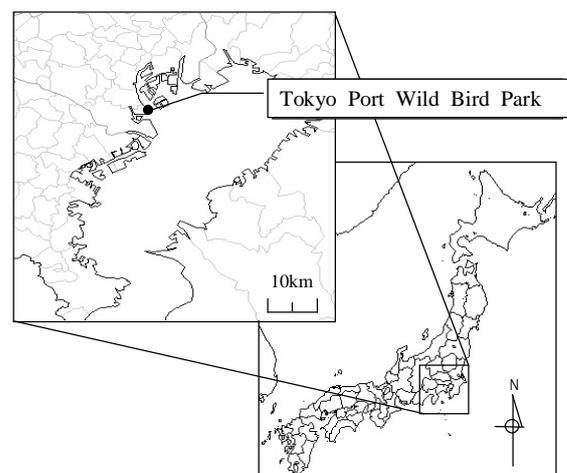


図1 東京港野鳥公園潮入りの池

3. 調査概要

(1) 水鳥センサス

2008年6月10日、7月17日、8月17日、10月28日、11月29日、12月26日に、東京港野鳥公園の開園時間(9:00~17:00)中にネイチャーセンターにおいて、1時間ごとの干潟を利用する水鳥の個体数とその行動を種類別に記録し、時系列による増減を求めた。オオタカ(*Accipiter gentilis*)やトビ(*Milvus lineatus*)などの山鳥のように短時間しか干潟を利用しない種類に関しては利用数に含めないものとした。また観察には双眼鏡(Kenko SuperStar 8×30DH)とフィールドスコープ(Nicon ED)を用いた。

(2) 底生動物の生物量調査

2008年6月16日、8月18日、10月14日、12月15

Key words : 干潟, 浄化機能, 水鳥, 窒素, リン

連絡先: 〒158 - 8557 東京都世田谷区玉堤 1 - 28 - 1 武蔵工業大学 Tel 03 - 3703 - 3111 (3257)

日に現地調査を行なった。調査は潮間帯，潮下帯で行い，潮間帯においてはスコップを用いて 25×25×25 cmの堆積物を採取し，それを 1mm 篩にかけ，残った生物を採取した。また潮下帯に関しては 16×16×16 cmのエクマンバージ式採泥器(宮本理研工業)を用いて堆積物を採取し，同様の手順で生物を採取し，エタノールで固定後，湿重量を求めた。またカニは節足動物の中でも比較的移動性が高いため，1m²内の巣穴の数と干潟表面上のカニの個体数を計測し，その相関を求めた後，巣穴の数よりカニの生息数を推計した。またカニ1個体の重量については，干潟に生息するカニを種別に採取し，得られた生息数から生物量を算出した。

4. 調査結果

(1) 水鳥の飛来数の季節変動

図2に水鳥の飛来数季節変化を示す。春から秋にかけて飛来数は増加しており，採餌による栄養塩取り上げとそれに伴う排泄の両方の増加が予測される。8月17日の飛来数は7月17日を下回っているが，これは天気の要因が考えられ，曇りおよび雨による急激な気温の低下，また雨よけのために何羽かは避難したためと考えられる。図3に各月の水鳥の飛来数の割合を示す。夏期に向かうにつれてソリハシシギ(*Tringa cinerea*)，アオアシシギ(*Tringa nebularia*)，コチドリ(*Charadrius dubius*)，メダイチドリ(*Charadrius mongolus*)など夏鳥の飛来が確認でき，その後，秋期から冬期にかけてコガモ(*Anas crecca*)，ホシハジロ(*Aythya ferina*)，キンクロハジロ(*Aythya fuligula*)など冬鳥の飛来数が増加した。しかし年間を通して最も多いのはカワウ(*Phalacrocorax carbo*)であった。カワウは日本では環境悪化により一時生息数を大幅に減らしたが，1970年代以降，公害規制による河川水質の向上で餌となる魚が増え，その数は飛躍的に増加し続けていると言われており，本干潟におけるカワウの飛来割合も常に60%以上の値を示しているため，栄養塩挙動に関しても大きな影響を及ぼしていると考えられる。

(2) 底生動物の生物量の季節変動

図4に潮間帯の底生動物量の変化を示す。潮下帯においては，いずれの生物もほとんど採取されなかったことから，潮間帯のみのデータと面積を用いて干潟1m²

あたりの生物生息量の算定を行った。イソゴカイ(*Perinereis nuntia*)などの環形動物は夏季に向かうにつれて減少の傾向を示しているが，1個体あたりの質量は増加傾向にあった。アサリ(*Ruditapes philippinaru*)やソトオリガイ(*Laternula marilina*)などの軟体動物の生物量に関しては夏期に最大となったが調査期間中を通してあまり大きな変化は無かった。同様にヤマトオサガニ(*Macrophthalmus japonicus*)などの節足動物も夏期につれて増加傾向が見られた。またヤマトオサガニは産卵期を迎えるため，10月の調査では稚ガニの存在も確認することができた。なお12月の調査では干潟域で活動しているカニは確認されなかった。

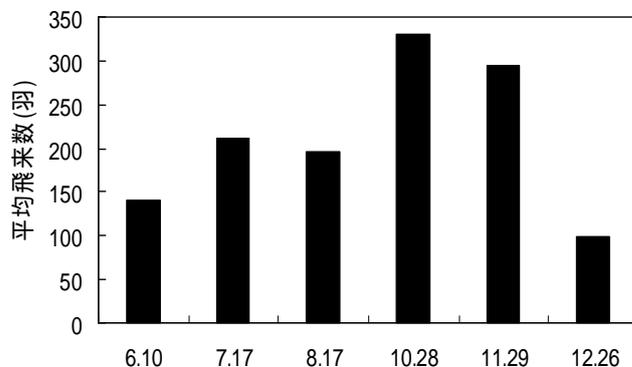


図2 水鳥の平均飛来数

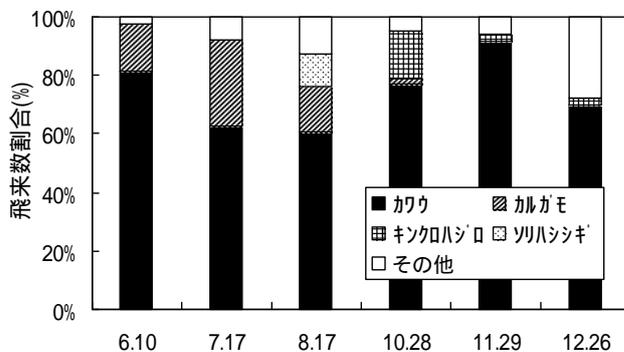


図3 水鳥の飛来数の割合

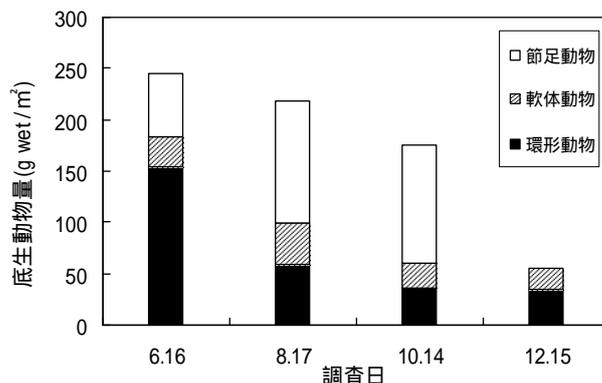


図4 底生動物量

5. 水鳥による輸送量の算定

センサスによって求めた水鳥の飛来数より1日において干潟から輸送されるT-N, T-P量の算定を行った。水鳥の飛来数は1日の中で大きく変動したため、測定したデータの平均値を、その日の飛来数とした。栄養塩輸送量を、式(1)~(3)より求めた。なお排泄負荷については、黄・磯辺²⁾の算定式を参考にした。

$$BC = \frac{1}{A} \sum_i N_i (FW_i \times N_{FC} - C_r \times DW_i \times N_{EC}) \quad (1)$$

$$DW_i = W_i \times \frac{2.25}{100} \quad (2)$$

$$FW_i = W_i \times \frac{F'}{1000} \quad (3)$$

ここでBCは水鳥の栄養塩物質輸送量 (g/m²/day), N_iは水鳥iの数(羽), N_{FC}は採餌物に含まれる栄養塩含有率, C_rは排泄物が干潟に流入する確率 (=2/3)²⁾, DW_iは水鳥iの1日の糞の乾重量(g/day), N_{EC}は水鳥の糞に含まれる栄養塩含有率, W_iは水鳥iの体重(g)である。更にFW_iは水鳥の1日の摂食量(g/day), 食性ごとの代表的な摂食量F'に関しては、動物食性の水鳥は佐藤・奥村³⁾のカワウの摂食量262(g/kg/day)値を使用し、植物食性のものは横浜市立野毛山動物園⁴⁾のオシドリ⁴⁾の摂食量の記録を参考に275(g/kg/day)とした。なお、本干潟における各水鳥の主要な餌生物は、目視観測と本公園レンジャーからのヒアリングの結果から表2の通りとし、その栄養塩含有率N_{FC}は表1の平均値を与えた。

一方、排泄物の窒素とリンの含有率N_{EC}は石田⁷⁾のカワウの値T-N=11.1%, T-P=6.8%, 中村⁸⁾の陸ガモの値T-N=1.46%, T-P=0.33%を用い、魚食性の水鳥にはカワウの値を、植物性の水鳥に関しては陸ガモ(水草由来)の値を用いた。また多毛類を採餌するシギ・チドリの

表1 魚類, 底生動物, 植物の栄養塩含有率

	種名	窒素(mg/g)	リン(mg/g)
魚類	スズキ	26.7	7.0
	マハゼ	27.1	5.7
貝類	カガミガイ	17.4	1.3
	シオフキガイ	19.4	1.7
	バカガイ	18.9	1.9
多毛類	Lumbrinereis sp	9.2	1.3
	Pseudonereis sp	8.7	1.5
	Typosyllis sp	8.7	1.5
	ミスヒキゴカイ	9.5	1.3
植物	ヨシ	15.1	1.6
	ガマ	9.6	1.4

(文献^{5), 6)}より引用)

排泄物中の窒素とリンの含有率に関しては、石田⁷⁾のカワウの糞の含有率に魚類と多毛類の栄養塩含有量の比を乗じることによりT-N=4.11%, T-P=1.46%とした。本干潟に飛来する水鳥の体重, 採餌物の種類, 日摂取有機物量, 日摂取栄養塩量(g/羽/day), 日排泄栄養塩量(g/羽/day), 同化量(g/羽/day), 採餌行動率をまとめたものを表2に示す。採餌行動率とは、1時間に1度の目視調査により干潟内で採餌を行っている個体の割合を求めたものであり、各時間帯の平均値を用いた。データ数の不足により採餌行動率を算定できなかった種類に関しては、桑江ら⁹⁾の結果を引用した。以上の条件を用いて栄養塩物質(T-N, T-P)輸送量を計算した。なお今回は本干潟にて全ての採餌が行われると仮定した。結果を図5に示す。

水鳥の栄養塩輸送量は、8月で20.5 mg/m²/day, 飛来数最大の10月で52.95 mg/m²/dayであった。秦野・村上¹⁰⁾は本干潟において、夏期に水中から除去されるT-Nは424mg/m²/2tideであると報告している。今回得られた結果を秦野・村上¹⁰⁾の結果と比較すると、水鳥の栄養塩輸送量は干潟水域中の除去量に対して8月で5%, 10月で12%程度に相当することが分かった。

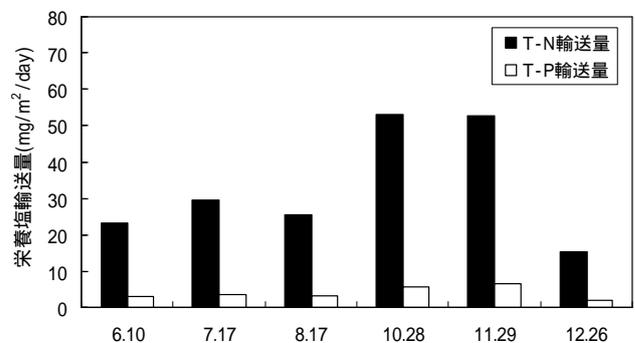


図5 干潟域における水鳥による栄養塩輸送量

6. おわりに

現地調査により、本干潟において水鳥の飛来数が最大となるのは10月から11月にかけてであり、また干潟内に生息する底生動物の全体量は冬期になるにつれて減少することが分かった。また考案した算定式より水鳥の個体数による栄養塩輸送量の定量化を行なった結果、飛来した水鳥全てが本干潟内で採餌を行った場合、その飛来数につれて栄養塩輸送量も増加することが分かった。水鳥の取り上げ効果は排泄負荷を考慮したうえでも窒素, リンともに期待できるものであると

表2 飛来する水鳥の栄養塩輸送量推計(摂取量, 排泄量, 同化量の単位は g/羽/day)

種名	体重 (g)(W _i)	採餌生物	日摂取有機物量(FW _i)	日摂取栄養塩量 (FW _i × N _{FC})		日排泄栄養塩量 (DW _i × N _{EC})		同化量(-)		採餌行動率 (%)	
				T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P		
ウ・サギ類	カワウ	2000	魚類	524	14.15	3.68	5.00	3.06	9.15	0.62	3.3
	アオサギ	1500		393	10.61	2.76	3.75	2.30	6.86	0.46	5.8
	ダイサギ	950		249	6.72	1.75	2.37	1.45	4.35	0.29	9.5
	チュウサギ	535		140	3.78	0.98	1.34	0.82	2.45	0.17	
	ゴサギ	500		131	3.54	0.92	1.25	0.77	2.29	0.15	8.3
	ゴイサギ	600		157	4.24	1.10	1.50	0.92	2.75	0.19	9.5
カモ類	カルガモ	1000	藻類	275	3.40	0.42	0.33	0.07	3.07	0.35	12.0
	コガモ	325		89.4	1.10	0.14	0.11	0.02	1.00	0.11	2.3
	ホシハジロ	1000	魚類	262	3.24	0.40	0.33	0.07	2.91	0.33	1.7
	キンクロハジロ	1200		314	7.16	1.28	3.00	1.12	4.17	0.17	19.0
	スズガモ	800		貝類	210	4.78	0.85	2.00	0.74	2.78	0.11
アオアシシギ	190	49.8	0.50		0.07	0.18	0.06	0.32	0.007	50.0	
シギ・チドリ類	コアオアシシギ	88	多毛類	22.9	0.23	0.03	0.08	0.03	0.15	0.003	50.0
	イソシギ	55		14.4	0.14	0.02	0.05	0.02	0.09	0.002	80.0
	ソリハシシギ	86		22.5	0.23	0.03	0.08	0.03	0.15	0.003	88.1
	キアシシギ	125		32.8	0.33	0.05	0.12	0.04	0.21	0.005	
	オオソリハシシギ	313		81.9	0.82	0.11	0.29	0.10	0.53	0.012	
	オグロシギ	270		70.7	0.71	0.10	0.25	0.09	0.46	0.010	
	タシギ	115		30.1	0.30	0.04	0.11	0.04	0.19	0.004	
	コチドリ	40		10.5	0.10	0.01	0.04	0.01	0.07	0.002	61.1
	メダイチドリ	61		16.0	0.16	0.02	0.06	0.02	0.10	0.002	
	カモメ類	カモメ		517	魚類 貝類	135	3.08	0.55	1.29	0.48	1.79
ユリカモメ		297	77.8	1.77		0.32	0.74	0.28	1.03	0.04	13.2
ウミネコ		680	178	4.06		0.73	1.70	0.63	2.36	0.09	0.6
セグロカモメ		1300	341	7.76		1.39	3.25	1.21	4.51	0.18	8.7
コアジサシ		50	13.1	0.30		0.05	0.12	0.05	0.17	0.01	0

は桑江ら⁹⁾の調査結果を引用

ともに、水鳥の栄養塩輸送効果を示唆するものとなった。特に魚類は他の採餌生物と比べ栄養塩含有量が高いため、それらを捕食するカワウ、アオサギなどは高い栄養塩取り上げ効果を持っているといえる。しかし水鳥の中には干潟を休憩場所としてのみ利用している個体もいる。表2の採餌行動率は水鳥の採餌の割合を示す1つの指標であり、これによればカワウなどは本干潟内での採餌行動率は低く、別の餌場で採餌を行っている個体も存在すると考えられる。その場合、排泄量の負荷のみが与えられるため、干潟の汚染要因となる可能性がある。また今回の調査時間はすべて日中に行っているため夜間の採餌行動率は不明である。また水鳥の採餌場所、時間の選択は、その日の天候や潮汐、その他周辺の環境変化など不確定要素を多数含んでいるため、今後、更なる調査と研究が必要とされる。

参考文献

1) 亀田佳代子(2007): 陸上生態系と水域生態系をつなぐもの - 海鳥と物質輸送と人間のかかわり -, 保全鳥類学, 山岸哲[監修], (財)山階鳥類研究所[編], 京都大学学術出版会, pp. 167-189

2) 黄光偉・磯部雅彦(2007): 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, No3, pp.249-254.

3) 佐藤孝二・奥村純市(1988): カワウの採食量と基礎代謝率, 応用鳥学集報 8, pp.58-62.

4) 横浜市 (2005): 横浜市動物園年報, 平成 17 年度, 95p

5) 木村賢史(2006): 海を守り育む干潟・海浜域 - 3. 沿岸域が有する優れた自然浄化機能 - , 用水と廃水, Vol.48, No.4 pp.3-13.

6) 山室真澄 (2000): 食物連鎖を利用した水質浄化機能の定量化, 水環境学会誌, 第 23 巻, 第 11 号, pp.710-715.

7) 石田朗(2002): カワウのコロニーや集団ねぐらによる森林生態系への影響, 鳥類学会誌, 51(21): pp.29-36

8) 中村雅子(2002): 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 回冬期湛水水田シンポジウム講演要旨集, pp.26-29.

9) 桑江朝比呂・河合尚男・赤石正廣・山口良永(2003): 三河湾の造成干潟および自然干潟に飛来する鳥類群衆の観測とシギ・チドリ類が果たす役割, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp.1256-1260.

10) 秦野拓見・村上和男(2009): 夏期における干潟域の水質浄化機能の把握, 第 36 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, CD-ROM.