

大阪南港野鳥園湿地の環境特性と生物多様性を重視した 浅場環境の造成条件

柳川 竜一*・矢持 進**・中谷 恵美***・小田 一紀****

湿地や干潟は、多様な景観を与え親水性を高めるのみならず、沿岸域の生態系維持及び復元、物質循環の促進に寄与することが、自然干潟の調査からも解明されつつあるが、人工的に造成された場については、造成後の継続的なモニタリング調査が著しく不足している。本論では、陸域起源の多量な栄養塩負荷を受ける人工的塩性湿地である南港野鳥園湿地部において、地域別・季節別の環境特性と、そこに棲息するベントス類の動態を現地調査や室内実験から検討した。これより、潮通しがよく一定時間干出する場を造成すれば、底質がやや嫌氣的で多くの有機物が堆積しても、定性的に生物多様性に優れた環境の創出が可能であることが示唆された。

1. はじめに

大阪湾奥域に位置する南港北埠頭西端の水際線に造成された南港野鳥園は、高度経済成長期における水際線の開発行為に伴い失われた野鳥の保護・育成の場の創出、そして市民の野鳥観測を目的として 1983 年に造成された浅場・湿地的環境である。野鳥園内でも潮の干満を有する湿地部では、干出するたび多くの野鳥が飛来し絶えず餌を啄むなど、多くのベントスが棲息していることが窺われ、都市部における憩いの空間となっている。人が自然に親しむことができ、生態系の修復保全にも寄与するといわれる干潟・浅場環境は、現在、生態系劣化や水質悪化を防ぐ一手段として注目を浴びている。三番瀬や有明海に代表されるように、自然干潟は近隣の浅海域と比較しても定性的に高い水質浄化能力や独特の生物相を有しており、環境修復を目的とした模擬干潟の造成が進められている。だが、明確な目的や性格付けを明らかにした事例は少なく、またその効果を検証するためのモニタリング調査が不足している。

本研究では、野鳥が棲息する空間という目的付けを持って造成された野鳥園湿地部が有する環境特性と、そこに棲息するベントス類の動態を現地調査や室内実験から検討した。そして、造成後 20 年ほど経過した野鳥園湿地部を多角的な方面から評価し、「生物多様性に優れた人工干潟」を造成するために必要な条件を土木工学的な観点から抽出し、考察を加えた。

2. 南港野鳥園の概要及び調査手法

2.1 南港野鳥園の造成経緯

大阪市住之江区南港北の大阪湾岸に位置する南港野鳥園(図-1)は、外郭を消波ブロックやコンクリートケーソンで囲まれ、潟湖干潟的環境を有する。内部は北池(4.6 ha)、西池(1.4 ha)、南池(3.8 ha) からなり、それぞれ

造成の経緯が異なる。基礎地盤はいずれも浚渫粘土で、その上に北池・南池は海砂を、西池は建設残土が約 40 cm 敷き詰められた。北池は、造成当初雨水を貯めた池であったが、1995 年に北端部の 6 本の導入管から海水を導入することで汽水池となった。西池は、造成当時から海水を引き込んだ汽水池である。南池は北池同様のため池であり、一時は海水を引き込んだが、現在では水門を設け、周辺部から海水が流れ込まない塩分の低い汽水池となっている。

2.2 現地調査の方法

北池、西池、南池の湿地部を対象に、2000 年 6 月 21 日、9 月 13 日、12 月 13 日、2001 年 3 月 13 日の計 4 回、水質は 37 地点、底質・生物は 19 地点で現地調査を行った(図-1)。水質は下げ潮時に水面下約 0.5 m 層を採水し水温・塩分を、底質は小型採泥器(採泥面積 0.0225 m²/回)で採泥した土壌の表層から約 2 cm 層までの試料について、強熱減量(IL)・全硫化物濃度(T-S)・酸化還元

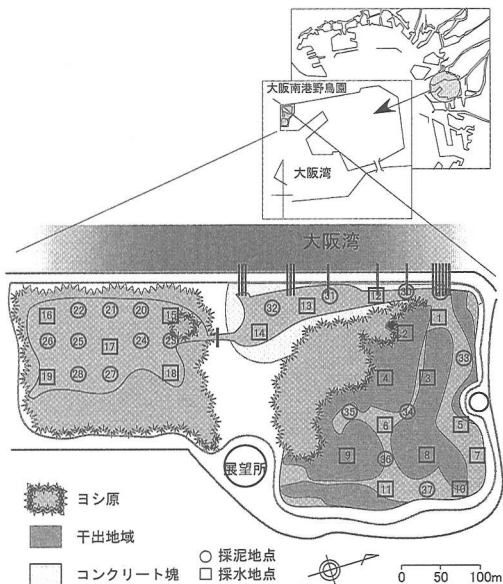


図-1 大阪南港野鳥園および観測地点図

* 学生会員 工修 大阪市立大学大学院工学研究科
** 正 会 員 農博 大阪市立大学助教授 大学院工学研究科
*** 日本建設コンサルタント(株)
**** 正 会 員 工博 大阪市立大学教授 大学院工学研究科

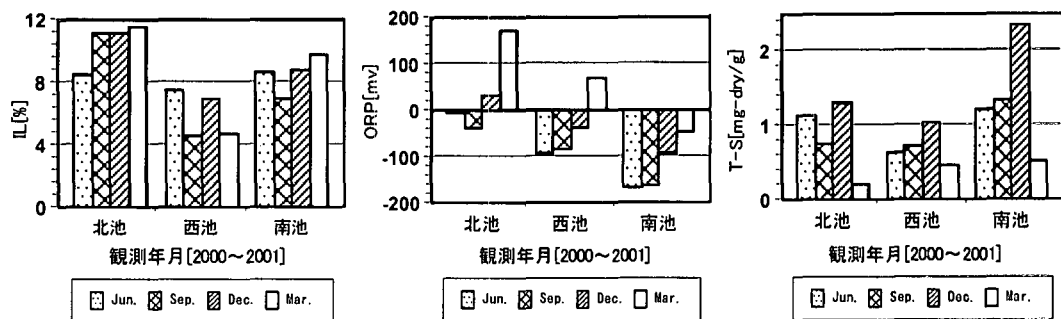


図-2 底質 IL, ORP, T-S の池別・季節別変化

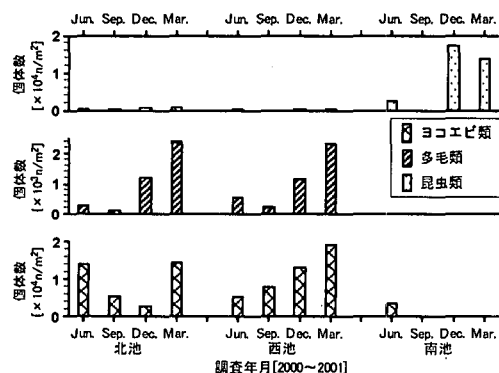


図-3 マクロベントスの池別・季節別・分類群別個体数変化

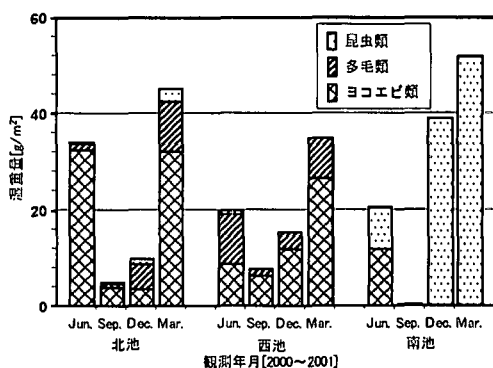


図-4 マクロベントスの池別・季節別・分類群別湿重量変化

電位(ORP)・粒度組成を測定した。なお、T-Sは検知管法を、粒度組成はJIS Z 8801に基づくふるい法を用いて分析した。そして、小型底生生物(マクロベントス)については採泥を3回行い、1mm目の篩を通した後、約10%のホルマリンで固定し、個体数・湿重量・種の査定を行った。また、生物生息が最も困難である夏季(2000年8月23~9月20日)に、北池北西端部(St.1)の海底上0.5m層で水温・塩分の連続測定を行い、これを、安治川の流量を調節する毛馬水門の流量データや、堺市のアメダスデータと比較・検討した。

2.3 低塩分耐性実験の方法

淀川河口域、南港野鳥園西池、男里川河口域で採捕された大型底生動物のうちイソガニ: *Hemigrapsus sanguineus* (甲幅1.4~3.3 cm), ケフサイソガニ: *Heigrapsus penicillatus* (甲幅1.6~2.9 cm), ユビナガホンヤドカリ: *Pagurus dubius* (体長1.7~4.5 cm), アシハラガニ: *Helice tridens* (甲幅1.8~3.0 cm), ヤマトオサガニ: *Macrophthalmus japonicus* (甲幅1.5~3.6 cm)を用いて、低塩分耐性実験を行った。蓋付きの10 L容器にエアポンプで空気を十分に通気した所定塩分の海水2 Lを用意した後、各ケース供試生物5尾を入れ3日間、計54ケース(うちコントロール12ケース)について実験を

行った。その際、水温は $25 \pm 1^\circ\text{C}$ に維持した。実験用海水は、大阪府泉佐野市で採取した海水に蒸留水を加え所定の塩分に調整し、実験中は蓋をすることで蒸発による塩分変化を最小限に抑えた。また、バクテリアの繁殖による海水の汚濁を防止するため1日おきに海水を交換し、その際オキアミを餌として与えた。実験開始後すぐに死亡が確認できた場合、ハンドリングミスやその他の原因による供試生物の死亡と判断し、再実験を行った。

3. 調査結果

3.1 水質・底質・ベントスの池別季節別変化

水質は北池と西池で同様の傾向を見せており、6月・9月・12月・3月でそれぞれ平均水温は 23.9°C ・ 27.6°C ・ 12.1°C ・ 12.3°C で、大阪湾上層水の影響を受けていた。一方、南池は 26.3°C ・ 28.0°C ・ 6.4°C ・ 19.0°C で、いずれも泥温度と同様の値を示した。塩分は、北池・西池・南池でそれぞれ27.0 psu, 27.4 psu, 14.8 psuであり、季節による大きな変化が見られなかった。

図-2に池別・季節別の地点平均IL, ORP, T-Sの変化を、図-3、図-4にマクロベントスの池別・季節別・分類群別の個体数・湿重量を示す。また表-1では、地点毎のベントスの棲息状況をより詳細に示した。北池の底

表-1 マクロベントス一覧

	地点	種類数	総個体数	湿重量	底占生物	
		[n/0.0675 m ²]	[n/m ²]	[g-wet/m ²]		
2000.6.21	1	3	39867	73.3	ドロクダムシ科の一属	
	3	5	38578	55.1	ドロクダムシ科の一属	
	4	4	296	0.0	ヒナガヨコエビ科の一属	
	5	6	20119	80.0	ヒナガヨコエビ科の一属	
	6	6	1896	9.0	ヒナガヨコエビ科の一属	
	8	6	15511	43.6	ドロクダムシ科の一属	
	9	3	2415	1.2	トビムシ目	
	10	7	10341	41.6	ヒナガヨコエビ科の一属	
	11	5	1511	5.0	ヒナガヨコエビ科の一属	
	12	5	1956	7.7	ヒナガヨコエビ科の一属	
	13	7	1304	4.9	ヒナガヨコエビ科の一属	
	14	6	14489	47.1	ドロクダムシ科の一属	
	15	5	13170	43.9	ユンボソコエビ科の一属	
	16	4	3733	10.7	ヒナガヨコエビ科の一属	
	17	5	444	1.6	ヒナガヨコエビ科の一属	
	18	5	3704	12.7	ドロクダムシ科の一属	
	19	5	9689	34.2	ユスリカ科幼虫	
	2000.9.13	1	11	11778	13.0	ドロクダムシ科の一属
		3	5	1333	8.3	ドロクダムシ科の一属
4		2	459	0.1	トビムシ目	
5		1	89	0.0	ドロクダムシ科の一属	
6		4	21911	17.8	ドロクダムシ科の一属	
7		1	30	0.0	ドロクダムシ科の一属	
8		5	8444	7.7	ドロクダムシ科の一属	
9		5	4425	2.0	ドロクダムシ科の一属	
10		1	15	0.0	ドロクダムシ科の一属	
11		2	1822	2.1	ドロクダムシ科の一属	
12		9	7926	7.6	ドロクダムシ科の一属	
13		10	1437	2.5	ドロクダムシ科の一属	
14		6	15489	13.3	ドロクダムシ科の一属	
15		0	0	0.0	—	
16		1	148	1.2	ガムシ科 幼虫	
17		1	74	0.4	ガムシ科 幼虫	
18		0	0	0.0	—	
19		2	59	0.3	ガムシ科 幼虫	
2000.12.13		1	7	3067	6.1	ドロクダムシ科の一属
	2	8	3185	17.5	ドロクダムシ科の一属	
	3	5	6207	15.4	イトゴカイ科の一属	
	4	6	1570	1.5	キシイタナイス	
	5	6	11496	16.9	ドロクダムシ科の一属	
	6	6	4430	8.0	ドロクダムシ科の一属	
	7	5	1881	2.7	ドロクダムシ科の一属	
	8	6	7496	13.3	ドロクダムシ科の一属	
	9	5	3422	6.4	イトゴカイ科の一属	
	10	4	1704	4.1	ユスリカ科 幼虫	
	11	8	2415	18.4	ドロクダムシ科の一属	
	12	10	5793	12.7	イトゴカイ科の一属	
	13	5	21985	20.9	キシイタナイス	
	14	5	15719	13.2	ドロクダムシ科の一属	
	15	1	12800	46.5	ユスリカ科 幼虫	
	16	2	8119	33.2	ユスリカ科 幼虫	
	17	1	35081	58.7	ユスリカ科 幼虫	
	18	3	11956	16.0	ユスリカ科 幼虫	
	19	1	18015	40.9	ユスリカ科 幼虫	
2001.3.13	1	11	21230	37.7	ドロクダムシ科の一属	
	2	6	6637	17.2	ドロクダムシ科の一属	
	3	9	27289	56.3	ドロクダムシ科の一属	
	4	3	3200	1.8	キシイタナイス	
	5	6	19733	40.0	ドロクダムシ科の一属	
	6	8	25185	74.8	ドロクダムシ科の一属	
	7	4	2119	25.2	イトゴカイ科の一属	
	8	8	14667	46.5	ドロクダムシ科の一属	
	9	8	35304	69.3	ドロクダムシ科の一属	
	10	8	9970	27.7	イトゴカイ科の一属	
	11	4	2844	53.3	ユスリカ科 幼虫	
	12	7	5156	16.5	イトゴカイ科の一属	
	13	11	29644	45.5	ウミナフシ科の一属	
	14	5	32889	44.9	ドロクダムシ科の一属	
	15	1	3541	25.0	ユスリカ科 幼虫	
	16	2	17689	68.6	ユスリカ科 幼虫	
	17	2	19615	74.1	ユスリカ科 幼虫	
	18	2	15941	58.4	ユスリカ科 幼虫	
	19	3	11822	32.7	ユスリカ科 幼虫	

表-2 造成当時と現在との環境特性の比較

		北池		西池		南池	
		1983	2000	1983	2000	1983	2000
底質	含水率(%)	18.3	43.0	35.3	37.2	15.3	47.4
	IL(%)	2.2	10.5	5.9	5.9	1.9	8.5
	T-S(mg-dry/g)	0	0.85	0.16	0.72	0	1.35
個体数 (個体/m ²)	ヨコエビ類	3333	7995	22000	11494	0	943
	多毛類	0	889	15185	1060	0	4
	昆虫類	4741	405	16148	159	5333	8333
総湿重量(g-wet/m ²)		9.6	32.4	93.2	10.7	5.7	26.2

は北池・西池よりも T-S が高く、12 月調査時には 2.35 mg-dry/g となった。また、干出することが無く、ORP も -167.6~-45.8 mV と、一年を通じて嫌気的環境を形成していた。

底生生物については、北池は *Corophium* sp. (ドロクダムシ科) を中心とする 31 種類、西池は主に *Capitella* sp. (イトゴカイ科) と *Corophium* sp. からなる 23 種類、南池は *Chironomidae* sp. (ユスリカ科) を中心とする 10 種類が棲息していた。また、夏季に減少、冬季に増加といった季節変化を繰り返しながら年間平均現存量は北池が 23.7 g-wet/m²、西池は 19.5 g-wet/m²、南池は 28.0 g-wet/m² であった。これらを、野鳥園造成当時である 1983 年の調査結果(横山ら, 1983)と比較したところ(表-2)、2000 年度はいずれも底質の有機物が増加し嫌気的になっていったが、西池を除いて個体数・湿重量ともに増加しており、造成した浅場が成熟して豊かな生物棲息環境が創り出されたことが示唆された。西池は、マクロベントス相が造成時より貧弱になっているが、生物相をより詳細に検討すると、造成時に他池よりも個体数・湿重量において昆虫類が多い。西池は、造成時から汽水池であったことや、優占種が造成当時と現在で異なることから、1983 年度調査時は、造成初期にパルス的に生物が増加したのかも知れない。李ら (1999) は、シルト含有量が増加するにつれて細菌現存量ならびに IL が大きくなることを自然干潟と人工干潟で報告しているが、野鳥園湿地でもシルト含有量と相関関係を持つ含水率は造成当時より増加し、また IL も増加傾向がみられるため、細菌現存量が増加していると推察される。さらに、木村ら (1992) が示した湿地別マクロベントス平均現存量で、軟体類を除いた比較を行うと、北池湿地部は、葛西人工海浜の 3.2 倍、盤州干潟と同程度、三番瀬干潟の 0.7 倍と、人工的に造成された浅場としては自然干潟に迫るほど生物生産が活発な生態系を形成していることが明らかになった。

3.2 河川流量と野鳥園での水温・塩分変化

図-5 は、南港野鳥園の水質に最も大きく影響を与える淀川水系安治川へと流れる毛馬水門での一時間毎の流量と、堺での一時間毎のアメダス気象データ、及び St. 1 に設置した 20 分毎の水温塩分計の経時変化である。毛馬水門は通常、水門開放により約 100 m³/s で 3~5 時間の大放水と、その後約 40 m³/s で 7~10 時間の中放水を繰

質は、潮間帯が広く付着珪藻や海藻類が特に多く繁茂し、IL は年間を通じて 10%前後、T-S は春季~秋季が約 1 mg-dry/g に対して、冬季は 0.2 mg-dry/g と低下した。ORP は夏季に -37.9 mV と最も嫌気的であるが、冬季では 168.3 mV と好気的になった。また、西池は北池よりも海水交換が顕著であり、IL は 4~7%前後、T-S は 0.47~1.06 mg-dry/g と一年を通じて北池ほど大きく変化しないものの、ORP は嫌気的な傾向が強かった。南池

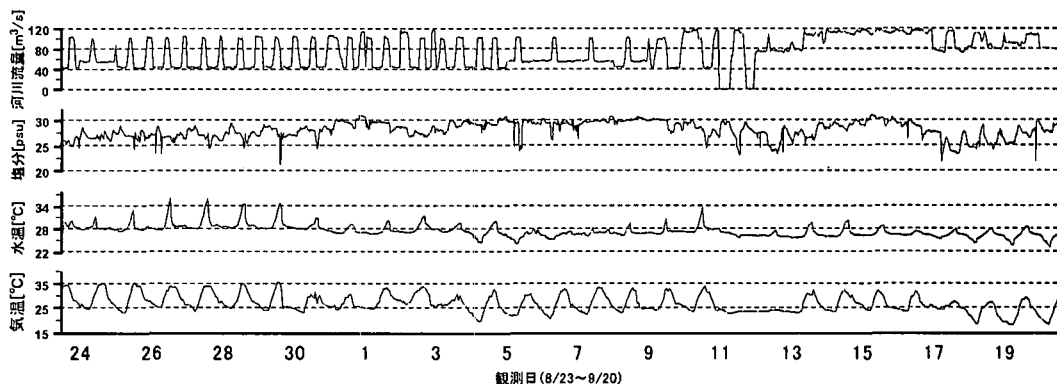


図-5 連続観測データ (水温・塩分・気温・河川流量)

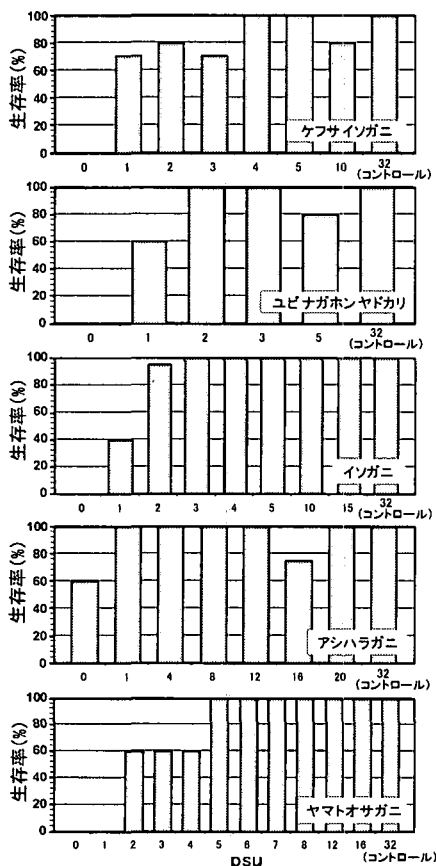


図-6 大型底生生物の低塩分耐性実験

り返し、大阪湾へ河川水を放出する。その影響が野鳥園内の塩分変化に大きく関与すると予想されたが、園内の最低塩分は 21.2 psu までしか減少しなかった。南港野鳥園と大阪湾との海水交換は、基本的に導水管のみで行われており、南港野鳥園内へは水位上昇に伴い海表面下 2 m 程度までの海水が流れ込んでいた。結果的に野鳥園湿地の塩分は、直接的に湿地への降水の影響があった日

と、淀川流域の降水による約 100 m³/s の継続的な大放水の影響を受けたとき以外は、30.0～27.0 psu の範囲で変動した。気温は日周変化に伴い 18.0℃～35.7℃の範囲で上昇・低下を繰り返したが、水温は 27℃前後を基準に大きな変化は見られず、干潮による水位低下とほぼ南中が重なり合った時間のみ急激に水温が上昇し、気温を上回る日もたびたび見られた。

3.3 ベントスの低塩分耐性

図-6 に、ユビナガホンヤドカリとカニ類の低塩分耐性実験の結果を示す。本実験で用いた生物は大阪湾沿岸の潮間帯～潮上帯に広く棲息している大型底生生物であり、いずれも強い低塩分耐性能力のあることが確認された。これより、低塩分化に伴い生命活動に支障をきたす閾値はケフサイソガニが 3 psu、ユビナガホンヤドカリが 1 psu、イソガニが 1 psu、アシハラガニが 0 psu、ヤマトオサガニが 4 psu であることが分かった。これらの塩分は、南港野鳥園で 2000 年 8 月 23 日～9 月 20 日の連続観測時の最低塩分 21.2 psu、1999 年度の出水期における淀川河口域上層での 8.0 psu、安治川河口域上層の 11.2 psu、大和川河口上層の 12.3 psu と比較しても十分に高かった。

4. 考 察

南港野鳥園湿地部は各調査地点毎に様々な環境因子を有することから、水質・地盤高(干出時間)・流速(柳川, 未発表)・投入土砂・底質性状・底生生物棲息状況を考慮して類別化を試みたところ、6 つの特徴を持ったエリアに群分類化された。なお、種多様度は Shannon-Weaver 関数を用いて指数を算出した(表-3)。group I: 海水交換が良好で、底質は泥分率が低く好氣的で有機物量も少ない場(St. 1), group II: 海水交換率は高いが、干出時間が長く、底質が好氣的で有機物量が多い場(St. 4), group III: 海水交換率はよく干出時間は短く、底質の泥分率がやや高いが好氣的な場(St. 3, 5, 6, 8, 9), group

表-3 群類別化した各グループの環境特性

		grop I	grop II	grop III	grop IV	grop V	grop VI
水質	塩分(psu)	27.3	26.3	27.6	27.6	27.2	14.6
	投入土砂	海砂	海砂	海砂	建設残土	海砂	海砂
底質	泥分率(%)	30.1	28.8	40.4	37.2	63.1	47.4
	含水率(%)	3.3	12.4	6.5	5.9	8.6	8.5
	IL(%)	3.3	12.4	6.5	5.9	8.6	8.5
	T-S(mg-dry/g)	0.13	0.07	0.57	0.72	2.31	1.35
	ORP(mv)	97	256	38	-37	-97	-118
平均個体数 (個体/m ²)	ヨコエビ類	18689	1263	11567	11494	2130	934
	多毛類	267	7	1367	1060	967	4
	昆虫類	22	111	559	159	731	8333
平均現存量 (g-wet/m ²)		31.7	0.9	28.5	19.5	19.0	28.0
種多様度 (H')	平均	0.87	0.98	1.32	1.47	1.09	0.40
	最大	1.58	1.69	2.16	2.28	2.17	2.02

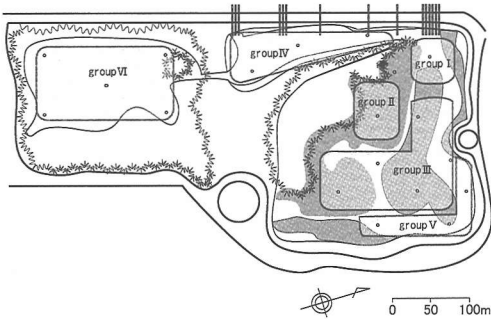


図-7 南港野鳥園湿地部の群類別化図

IV：建設残土で造成され、海水交換率はよいが底質はやや嫌氣的で、貝類やカニ類など大型底生生物が多く棲息する場 (St. 12, 13, 14), group V：海水交換率が悪く常に干出せず、泥分率が高く底質が嫌氣的で有機物量も多い場 (St. 7, 10, 11), group VI：塩分が低く一般的に海水交換が行われず、底質が嫌氣的で有機物量も多い場 (St. 15, 16, 17, 18, 19). これより、干潟の地形を造成するにあたり多種多様で豊かな生物相を得るには、下げ潮時の地点平均底層流速が6~8 cm/s (group I, group III) と潮通しがよく干出する場で、底質への酸素供給が重要となる。だが、一日平均11時間干出する group II で生物相が貧困であることから、干出時間が短くなるよう地盤高を設定しなければならない。長い時間スケールで捉えるなら、潮通しや地盤高が同様な場合、投入土砂は建設残土・海砂のどちらでもマクロベントス個体数に大きな変化がなく、南港野鳥園湿地では、建設残土で造成された場は貝類やカニ類といった大型底生生物が豊富で、海砂の場は多毛類が豊富であった (group III, IV). そして、group VI は平均現存量が高いものの、塩分の高い地点で多様性の高い傾向が見られた (図-7). また、

大阪湾の沿岸域によく出現するカニ類は、岩陰や水中で直射日光を避けていること、洪水期でも十分に棲息可能な低塩分耐性を有していることから、野鳥園湿地のような人工的な場に移住させても、水温・塩分的には生存可能であることが示唆された。

一方、本論では、生物多様性を重視した人工的な干潟・湿地環境の造成を目的として必要な条件を環境特性や生物現存量・多様性から評価している。だが、南港野鳥園は本来野鳥の棲息空間の創出を目的としており、野鳥保護の観点からは餌となる昆虫類や貝類・カニ類が豊富である group IV や group VI が望ましい環境であると言える。また、親水性や景観重視の場を創出する観点からは、干出や冠水を繰り返す、ヨシや海藻が繁茂する group III や group IV が望ましい。よって、造成に先立ち目的とする環境特性を創出するための総合的な造成計画が必要である。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、大阪市立大学、宮本宏隆・田口敬祐両氏、及び(財)大阪港開発技術協会には多大な協力を得ました。ここに記して、深謝の意を表します。

参考文献

- 木村賢史・三好康彦・嶋津暉之・紺野良子・赤澤 豊・大島奈緒子 (1992): 人工海浜 (干潟) の浄化能について, 東京都立環境科学研究所年報, pp. 89-100.
- 高田 博 (2002): 南港野鳥園のシギチ類と渡来環境の変遷, (財)日本野鳥の会大阪支部報, No. 91, 5 p.
- 肥川徳雄 (1997): 大阪南港野鳥園の干潟の変化について, 大阪市港湾局業務論文集, pp. 65-79.
- 横山 寿・川合真一郎・小田国雄 (1984): 大阪南港野鳥園における底生動物相, 大阪市立環境科学研究所報告, 第46集, pp. 10-18.
- 李 正奎・西嶋 渉・岡田光正 (1999): 干潟造成における立地選定と土壌構造を決定する因子に関する研究, 水環境学会誌, 第22巻, 第7号, pp. 595-599.