

# 琉球大学学術リポジトリ

## 人工海浜における栄養塩類の変化について

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理工学部 公開日: 2012-03-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 平良, 初男, 兼島, 清, 西浜, 完治, 大森, 保, 渡久山, 章, Taira, Hatsuo, Kaneshima, Kiyoshi, Nishihama, Kanji, Oomori, Tamotsu, Tokuyama, Akira メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/23647">http://hdl.handle.net/20.500.12000/23647</a>

## 人工海浜における栄養塩類の変化について

平良初男\* 兼島 清\* 西浜完治\*  
大森 保\* 渡久山章\*

**Inorganic Nutritive Substances at Expo Beach**

by

Hatsuo TAIRA\*, Kiyoshi KANESHIMA\*, Kanji NISHIHAMA\*  
Tamotsu OOMORI\* and Akira TOKUYAMA\*

**Summary**

The Expo Beach has been constructed at Motobu Peninsula as one of the establishments of the International Ocean Exposition Okinawa Japan, 1975. The change of the chemical composition of sea water around the Expo Beach, particularly stressed on the check of inorganic nutritive substances, has been surveyed for five times before and during the period of the Exposition.

In general, the nutritive substances in sea water such as ammonia and nitrite nitrogen increase along with the increase of the human activities on the beach. The ammonia gives the highest concentration on the August measurement due perhaps to the highest beach activities within the period of the Exposition, and then decrease after the season of the beach activities is over.

The concentrations of the nitrite nitrogen, however, display the continuous increase even after the swimming season is over. This may probably be due to the highly contaminated bottom sediment at local area of the beach, such as inland like bay of the Station 20 and 25, resulting the continuous increase of the nitrite nitrogen by the decompositions and the other chemical reactions of the contaminating substances in the sediment. It is, therefore, said that the bottom sediment remains the residual contaminative aspect for the concentration of nitrite nitrogen for the considerable period of time beyond the beach season.

**1. 緒 言**

沖縄県本部半島の一部で開催された国際海洋博覧会の一施設として、人工海浜が構築された。同海浜水域の水質、特に栄養塩類の濃度が海洋博の進行に伴ってどのように変化するかを調

受付：1976年4月30日

\*：琉球大学理工学部化学科

査した。調査項目は水温、pH、塩素量 (Cl)、アンモニア性窒素 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、亜硝酸性窒素 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )、溶存酸素 (D.O)、化学的酸素消費量 (COD) およびリン酸性リン ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) 等について、昭和49年12月より昭和50年9月までの間に5回の調査を行った。以下にその概要について報告する。

## 2. 分析法

分析法については次の諸法によった。

pH; ガラス電極法による pHメーター、塩素量; モール法、アンモニア性窒素; インドフェノール法、亜硝酸性窒素; GR試薬法、溶存酸素; ウィンクラー法、化学的酸素消費量; 過マンガン酸カリウムによるアルカリ性酸化法、リン酸; モリブデン酸アンモニウムを用いたドニゼ法による吸光光度法の諸法を用いた。分析試水の採水地点は図1に示した。また分析結果を Table 1 にかかげた。

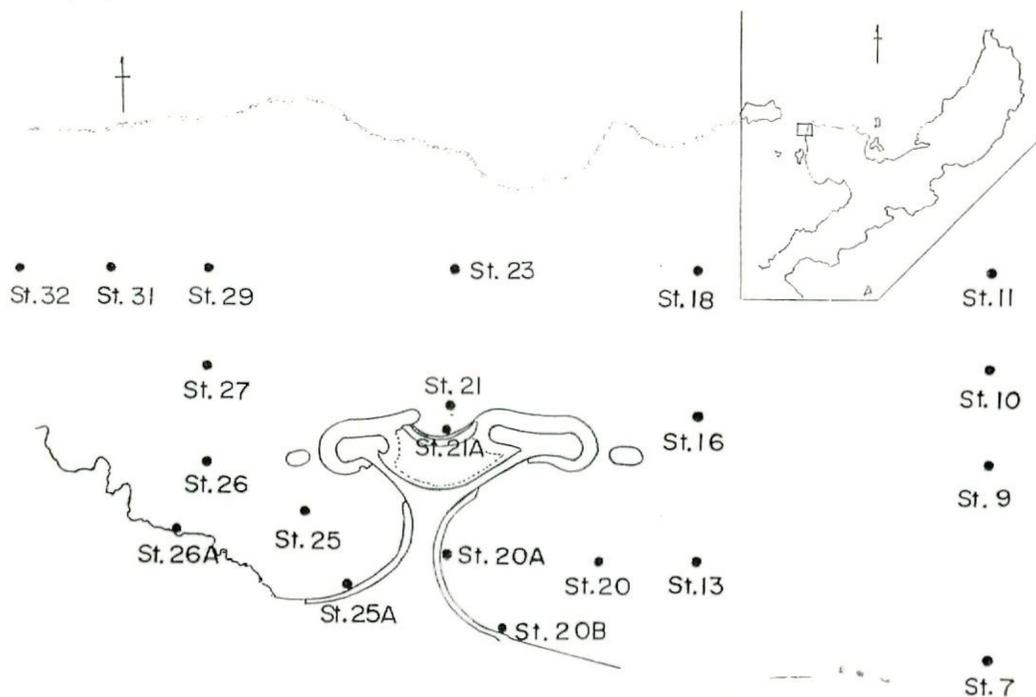


Fig. 1 Sample Location at Expo Beach

Table 1 The Results of Chemical Analysis

	Sampling Date	Water Temp.(°C)	pH	Cl (%)	$\text{NH}_3\text{-N}$ ( $\mu\text{g}\cdot\text{at}/1$ )	$\text{NO}_2\text{-N}$ ( $\mu\text{g}\cdot\text{at}/1$ )	D.O (ml/1)	COD (ppm)	$\text{PO}_4\text{-P}$ ( $\mu\text{g}\cdot\text{at}/1$ )
St. 7	'75/ 3/13	19.8	8.25	18.90	0.16	0.07	5.6	5.6	
	5/11	24.7	8.48	19.19	0.15	0.05			
	8/29	28.6	8.12	18.66	0.65	0.14	4.1		0.26
	9/30	30.2	8.41	17.93	0.48	0.64	4.9		0.14
St. 9	'75/ 3/13	20.0	8.22	18.90	0.21	0.12	5.4	3.6	
	5/11	24.5	8.42	19.18	0.13	0.00			
	8/29	28.7	8.29	18.98	0.23	0.00	5.1		0.27
	9/30	30.2	8.45	18.76	0.20	0.23	4.9		0.03

St. 10	'75/ 9/30	30.0	8.44	18.76	0.28	0.21	5.0		0.07
St. 11	'75/ 3/13	20.0	8.25	18.90	0.16	0.07	5.8	2.8	
	5/11	24.5	8.48	19.19	0.00	0.03			
	8/29	28.8	8.27	18.98	0.25	0.00	5.3		0.25
St. 13	'75/ 8/29	28.5	8.13	18.65	0.94	0.18	4.1		0.35
	9/30	30.4	8.43	18.27	0.28	0.32	5.2		0.12
St. 16	'75/ 3/13	21.2	8.15	18.90	0.19	0.05	6.0	0.9	
	5/11	24.8	8.48	19.16	0.18	0.10			
	8/29	28.8	8.22	18.92	0.51	0.00	5.3		0.29
	9/30	30.4	8.50	18.76	0.36	0.37	6.0		0.09
St. 18	'75/ 3/13	20.8	8.28	18.94	0.03	0.10	6.2	2.8	
	5/11	24.2	8.45	19.12	0.00	0.03	6.1		
	8/29	28.8	8.34	18.95	0.56	0.09	5.5		0.32
	9/30	30.0	8.50	18.91	0.24	0.36	5.7		0.14
St. 20	'74/12/30	20.3	8.26	18.81	0.23	0.07	5.4	1.1	
	'75/ 3/13	19.1	8.15	18.38	0.19	0.14	5.3	4.0	
	5/11	25.0	8.60	18.71	0.18	0.15	6.8		
	8/29	28.7	8.18	18.63	0.89	0.23	3.9		0.42
	9/30	30.8	8.35	18.07	0.28	0.37	4.4		0.12
St. 20A	'74/12/30		8.26	18.62	0.77	0.25	5.4	1.5	
	'75/ 3/13	18.9	8.14	18.24	0.69	0.12	5.2	1.3	
	5/11	23.0	8.34	17.66	1.23	0.37	5.3		
	8/29	28.8	8.19	18.66	0.89	0.16	4.1		0.37
	9/30	30.8	8.35	18.32	0.56	0.24	4.4		0.03
St. 20B	'75/ 5/11	23.4	8.41	19.18	0.18	0.12	5.3		
	8/29	28.8	8.17	18.62	1.13	0.21	4.1		0.40
	9/30	31.5	8.37	18.32	0.88	0.36	4.8		0.26
St. 21	'74/12/30	20.0	8.20	18.72	0.00	0.12	5.0	0.8	
	'75/ 3/13	19.5	8.26	18.38	0.11	0.12	6.0	1.0	
	5/11	25.4	8.49	18.62	0.43	0.17	7.1		
	8/29	28.8	8.24	18.82	1.04	0.16	5.0		0.59
	9/30	30.6	8.43	18.07	0.64	0.35	5.6		0.33
St. 21A	'75/ 8/29	28.9	8.18	18.78	1.27	0.14	4.6		0.36
	9/30	31.5	8.39	18.32	0.64	0.45	4.8		0.59
St. 23	'74/12/30	20.6	8.29	18.90	0.00	0.12	5.0	0.7	
	'75/ 3/13	19.7	8.28	18.85	0.13	0.12	6.0	2.9	
	5/11	23.9	8.33	19.11	0.65	0.07	5.5		
	8/29	28.9	8.31	18.91	0.56	0.06	5.3		0.40
St. 25	'74/12/30	20.5	8.25	18.62	0.00	0.20	5.2	1.6	
	'75/ 3/13	19.4	8.31	17.34	0.48	0.24	6.5	3.4	
	5/11	26.1	8.58	17.45	0.75	0.25	7.4		
	8/29	28.4	8.16	17.79	1.32	0.32	4.4		0.46
	9/30	31.2	8.33	17.24	1.48	0.50	4.3		0.37
St. 25A	'74/12/30		8.18	16.46	0.23	0.25	5.3	1.5	
	'75/ 5/11	25.6	8.48	18.14	0.50	0.20	6.5		
	8/29	29.1	8.22	17.69	0.68	0.31	5.3		0.35
	9/30	31.6	8.37	16.21	1.76	0.79	4.8		0.19
St. 26	'75/ 3/13	19.7	8.25	18.33	0.11	0.12	5.9	4.0	
	5/11	25.5	8.44	18.34	0.58	0.22	6.3		
	8/29	28.9	8.23	18.44	1.44	0.21	5.3		0.46
	9/30	30.4	8.50	18.47	0.32	0.20	5.9		0.27
St. 26A	'75/ 3/13	19.9	8.32	18.42	0.03	0.14	6.2	4.4	
	5/11	25.6	8.35	19.10	0.45	0.16	4.9		
St. 27	'75/ 5/11	24.0	8.35	18.68	0.00	0.07	5.5		
St. 29	'75/ 5/11	23.3	8.30	19.05	0.18	0.03	5.5		
	8/29	28.6	8.17	18.63	0.82	0.17	4.0		0.42
	9/30	29.7	8.46	18.86	0.34	0.27	4.9		0.34
St. 31	'74/12/30		8.30	19.04	0.53	0.10	5.6	2.3	
	8/29	28.6	8.13	18.63	0.82	0.16	4.4		0.38
	9/30	29.6	8.46	18.96	1.48	0.21	4.6		0.15
St. 32	'75/ 5/11	23.4	8.30	19.10	0.03	0.07	5.5		
	8/29	28.6	8.17	18.63	0.72	0.16	4.6		0.42
	9/30	29.4	8.46	18.96	0.28	0.29	4.5		0.02

### 3. 水温について

小湾状をなしている内湾部の水温は昭和49年12月と昭和50年3月の測定では一般に他より低温になっており、また、5月、8月および9月の調査ではやや高い水温が観察される。例えば St.23は Fig.1 から明らかなように礁湖の水路部になっておりその地点を基準に考えると、St.20と25における12月と3月の測定ではいずれも $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ および $0.1\sim 0.3^{\circ}\text{C}$ だけ低温になっている。しかし5月と9月の調査ではいずれも $1^{\circ}\text{C}$ 前後の高水温になっている。また日射量の最も多い8月の水温はやゝ一定になっており、外気温との平衡のとれた水温を与えている。

### 4. pH及び溶存酸素

12月の測定では $8.18\sim 8.35$ 、3月の調査では $8.14\sim 8.32$ と、いずれも外洋における一般的な値の $8.2$ に近い値を与える。しかし5月と9月の調査ではいずれも $8.3$ より高い値が得られた。調査した人工海浜がサンゴ礁より出来た礁湖の内部にあり、また最干潮時には数十 $\text{cm}$ の浅瀬になるため天候等の外的影響を受けやすく、また外洋に比べ溶存成分より大きな変化も考えられるためにpHの変動も大きいものと思われる。8月の最も同海浜の利用度の高い時期に低いpHを与えるのは同水域の人為的汚染物質による影響も原因の一つと考えられる。例えば Fig.2 に汚染進行の

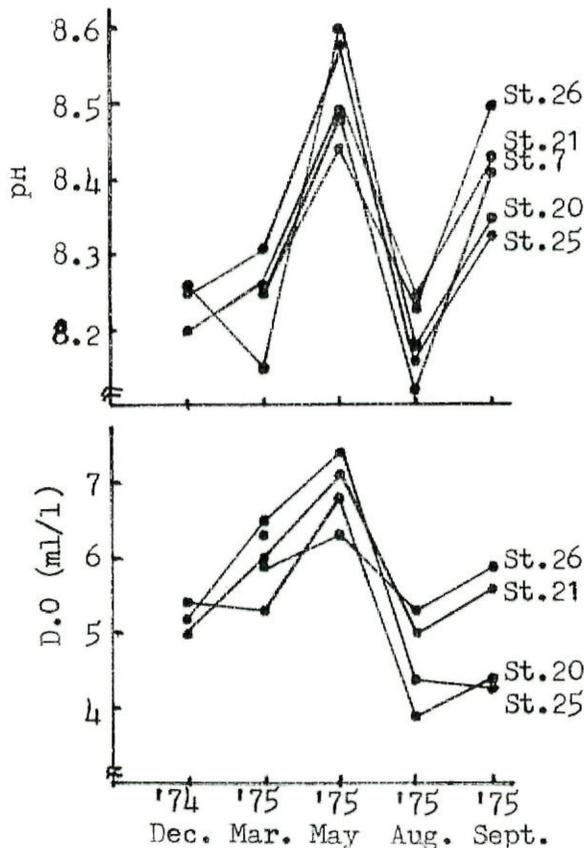


Fig. 2 The seasonal variations of pH and D.O. at Expo Beach

可能性の強い地点において、pH の経時変化をプロットしてみると、5月と9月の測定ではいずれも高 pH 値を示している。また同様のパターンは溶存酸素についても観察され、両成分は Fig. 3 に示すように正の相関性を示している。溶存酸素の変化は天然におけるプランクトン等の生物の成長や死滅分解による消費の外に人為的付加によってもたらされた種々物質の酸化によっても消費されることが予想される。事実8月の調査時には St.20 および25地点は5月時には見られなかった黒色状の有機物を豊富に含んだ底質が観察され、攪拌すると異臭性ガスが発生する程である。従って水中における水素イオン濃度も当然いくらかの影響を受けることになる。

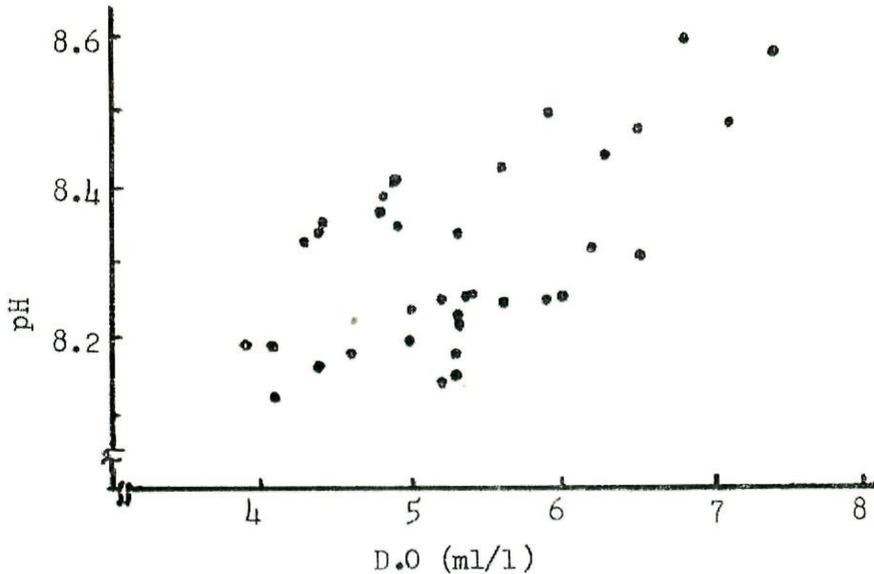


Fig. 3 The relationship between pH and D.O values for St. 7, 20, 20A, 21, 21A, 25, 25A and 26

### 5. 塩素量

塩素量が外洋水の一般的値の18~19‰より薄い海水については淡水の混入が考えられ、混入淡水、特に降雨時の汚染表面水の流入は即海域の種々の型の汚染をもたらすことが多い。Table 1 から明らかなように、特に St.25と25A点における塩素量は低く、淡水混入の強い影響を受けていることがわかる。また同地点は海洋博会場より流入する表面水の他に琉球石灰岩の堆積下部よりの湧出水が観察され、常時 St.25 地点に流入している。従って干潮時には特に大きな影響を受けることが予想される。淡水混入の影響は St.20 および20A においても観察されるがその度合は St.25、25A 地点より小さい。

### 6. アンモニア性窒素

アンモニア性窒素については全測定値について Fig. 4 に棒グラフで示した。Fig. 4 から明らかなように、アンモニア性窒素は海洋博の進行と共に次第に増加し、8月の測定で最高値になり9月の調査ではいく分減少している。これは人工海浜における人間活動と直接的な関係で変化することを表わしている。特に8月の時点では同海浜中、St.20と25の地点での底質に多量の有

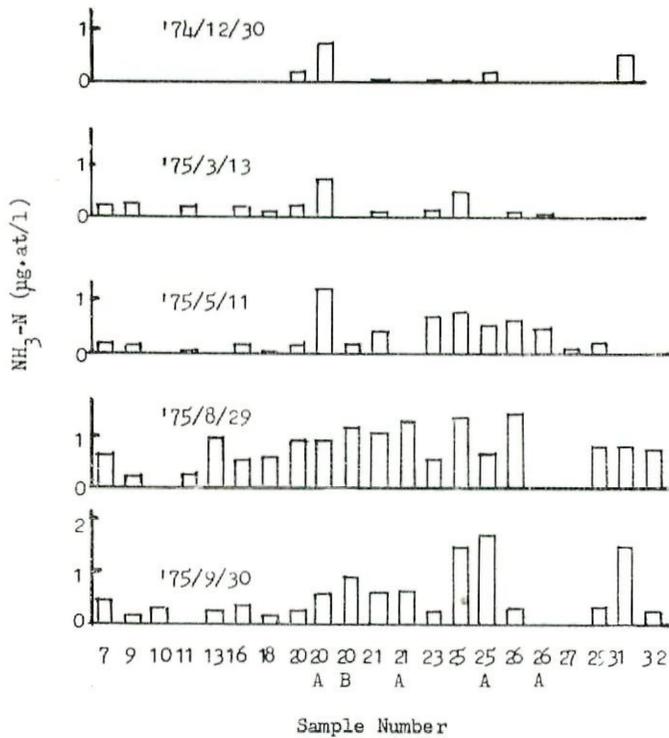


Fig. 4 The Concentrations of  $\text{NH}_3\text{-N}$  at Expo Beach Area

機物を含んだ底質が沈積しており、小湾部状をなしている部分では相当、汚染が進んでいることがわかる。9月の測定（9月30日）でアンモニア性窒素が減少しているのは同海浜の利用度（特に夏期休暇中の児童生徒の海水浴等）の減少に伴って汚染付加源の減少によるものと思われる。

この様子を特に汚染の進行している湾内部分と陸地に近い部分についての経時変化を Fig. 5 に示した。この図からも明らかなように8月の調査では最高値を示し、9月には減少している。この減少は汚染付加源の直接的減少と同水域のもつ自然の復元力による相乗作用によるものと考

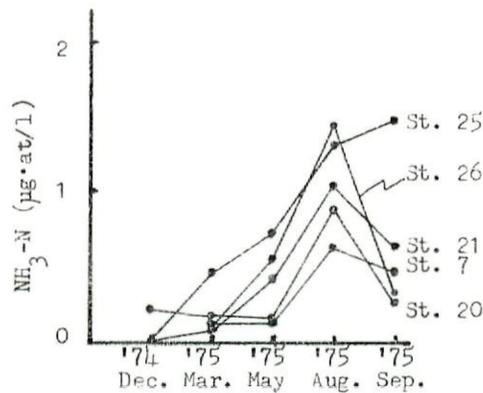


Fig. 5 Seasonal variations of  $\text{NH}_3\text{-N}$  at Expo Beach

えられるが、St.25地点における9月の増加量は、おそらくこの還元力の限界を越して汚染が進んでいるためか、または9月の調査時に同地点に集中的に付加されたためかのいずれかが考えられる。

### 7. 亜硝酸性窒素

一般に海水中の亜硝酸イオンは硝化バクテリア等の作用でアンモニアから生成されるが還元的環境下での生成はより複雑で色々の有機物の二次的分解生成物としても生成されることが予想される。特に底質に多量の有機物等を含有することによって酸素の消費が進み、水質環境として還元的な環境になっている場合には亜硝酸イオンはより安定に溶存し得ることになり、濃度増加を来す要因になる。一般のサンゴ礁地域では還元的環境はほとんど考えられないことであるが人工海浜の様に集約的に人間活動の盛んな、また湾部を形成しているために海水の交換が十分でないような水域では部分的に還元的環境が生成されることが予想される。

分析値については各測定時と共に Fig.6 に示した。一般に亜硝酸性窒素はアンモニア性窒

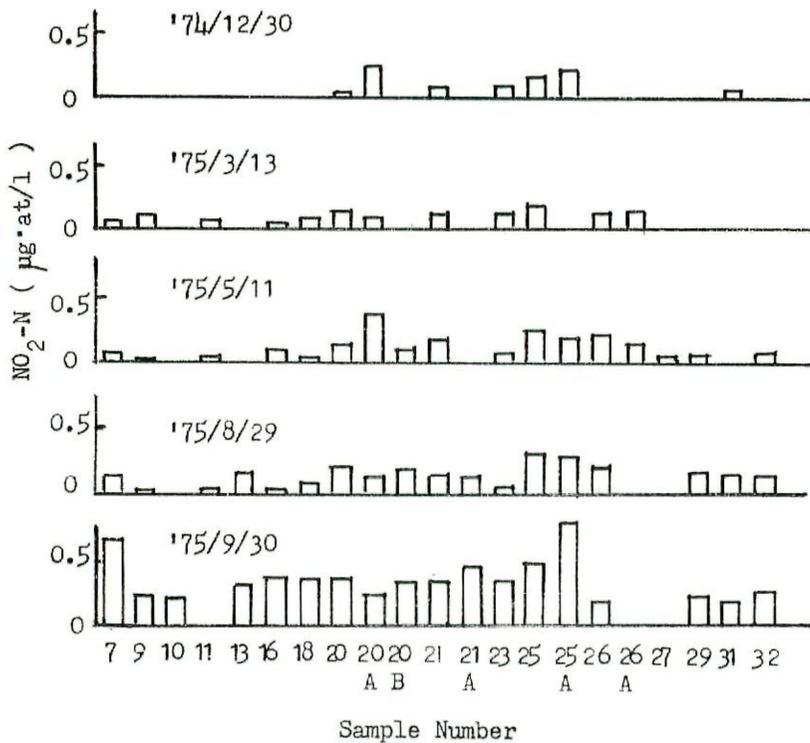


Fig. 6 The Concentrations of NO<sub>2</sub>-N at Expo Beach Area

素とは異り9月になり、海浜利用度の減少にもかかわらず減少せず、依然増加を示す。この現象は亜硝酸イオンの起源が人間活動による直接的付加というよりはむしろそれ等物質の二次的な分解や還元等によってもたらされるものと思われる。この増加現象は汚染のより進んでいる地点での経時変化を示した Fig.7 においても顕著に表われている。従って夏の間の人為的汚染、特に底質汚染の残余効果が相当期間残ることになる。

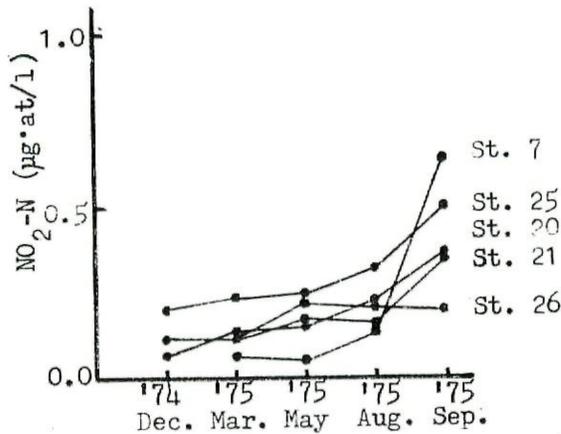


Fig. 7 Seasonal variation of NO<sub>2</sub>-N at Expo Beach

#### 8. 化学的酸素消費量

12月と3月の2回の測定を行った結果、同地点におけるCOD値はいずれも3月には増加している。季節の変化に伴って気温も上昇し水中における動植物の活動も活発になるためにCOD値の増加も予想されるが、海洋博会場工事に伴う人為的汚染による増加も当然考えられる。そのいずれであるかは確定的なことはわからない。

#### 9. リン酸性リン

リン酸は一般に淡水の混入する海域では増加し、また生物体の死滅分解等によって増加する。今回の調査では8月の測定値が9月の調査より高く汚染が予想される。

#### 10. 結 言

人工海浜は礁湖の内部にあり干潮には数十cmの水深の所の砂地を掘り出して構築し、Fig. 1に示すように両翼に小湾状をなしたビーチ部が位置するように設計されているために、海水の交換が十分でなく、人為的汚染物の付加によって特に底質の汚染が進行している。その汚染底質はビーチ利用中止後も相当期間残余効果を留め、周辺の水質に微妙な影響を与えているものと思われる。

栄養塩類については、アンモニア性窒素は人間活動と直接的な関係で変化するが亜硝酸性窒素については調査期間中にも増加し続け相当期間汚染物質の総付加の影響を受けるものと思われる。また同ビーチには地下水やその他相当量の淡水の流入が考えられ、汚染量が過負荷になれば急速に汚染が進行するものと思われる。