

## 溫山灣 海域의 水質調查(Ⅱ)

梁秉洙\*·林哉明\*\*·金印洙\*

### Water Quality Survey on Onsan Bay(Ⅱ)

Byung-soo YANG\*, Jae-myung LIM\*\* and In-soo KIM\*

General water quality parameters were measured in the coastal water of Onsan Bay to provide an understanding and a delineation of existing environmental conditions. Evaluation of the quality was made on the basis of domestic and foreign environmental standards for setting up sound strategies to minimize future environmental deterioration.

#### 緒 論

급격한 經濟發展과 産業發展에서 發生되는 環境汚染問題는 점차 심각한 양상을 띠어 가고 있다. 특히 인해 工團에서 沿岸으로 排出되는 폐수는 海洋汚染을 야기시킬 가능성이 높아 크게 주목되고 있다. 우리나라 대부분의 工團隣近海域의 水質調查는 元<sup>1)</sup>, 海洋開發研究所<sup>2)</sup>, 韓國科學技術研究所<sup>3)</sup>, 國立水産振興院<sup>4)</sup> 등에 의해서 많이 發表되고 있으나 溫山工業團地 隣近海域의 경우 沿岸水質調查는 가동되기 前에 國立水産振興院<sup>4)</sup>, 韓國原子力研究所<sup>5)</sup>, 元<sup>1)</sup> 등에 의한 調查가 있으나 加동 이후의 체계적인 水質調查는 미비한 상태에 있다. 따라서 本 研究는 最近 입주가동 中에 있는 溫山工團隣近海域의 現存 水質을 調查하여 加동前의 水質과 比較함으로써 汚染의 程度을 파악하고 水中生物에 미치는 影響을 評價해 보고자 한다.

#### 調查 方法

溫山工業團地沿岸의 海水의 '水質을 調查하기 위하여 Fig.1에 도시한 바와 같이 流入汚染源을 비롯하여 托출구 1-1, 1-2, 측정점 F와 해상 총 17個 地點의 측점을 선정하여 第1次 試料를 1981年 10月 31日에,

第2次 試料를 1981年 12月 12日에 各各 밑물, 蜃물 때를 구별하여 表層 및 中層에서, 그리고 第3次 試料를 1982年 3月 13日 밑물때 中層에서 Vandorn

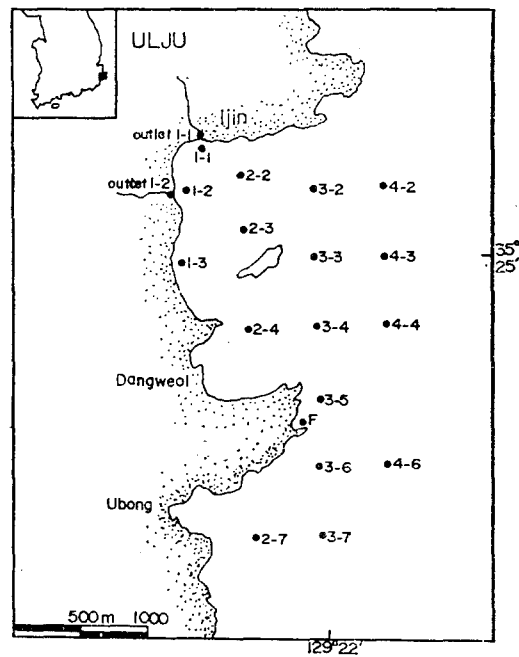


Fig.1. Sampling Stations of Onsan Bay.

\* 釜山水産大學 : National Fisheries University of Busan

\*\* 東亞大學校 : Dong-A University

측점에서 밀물, 썰물 그리고 表層, 中層의 1次, 2次, 3次 水質資料를 分析하였다. 그런데, 溫山灣의 측점 수심은 최저 1.5m에서 29m까지 큰 차이를 보였으나 대부분의 측점이 10m 이내로써 수심에 따른 水質의 차이는 별로 없었다. 또한 밀물 썰물의 구별 역시 측정별 시료채취 時間의 지연으로 그 구별이 불명확하여 本 研究에서는 1次, 2次, 3次的 밀물 썰물 그리고 表層, 中層의 水質資料를 算術平均하여 Table 2와 Table 3에 각각 제시하였다.

### 1. 化學的 酸素 要求量(COD)

측정기간 동안 토출구 1-1, 1-2 및 측점 F에서의 평균 COD값은 16.6ppm(15.0~18.3ppm), 8.6ppm(7.6~9.2ppm), 43.1ppm(11.4~86.6ppm)이었다. 溫山灣 연안측점의 경우 COD평균농도는 1次 分析시 3.8ppm(0.1~17.0ppm), 2次 3.6ppm(0.2~10.8ppm), 3次 3.2ppm(<0.2~9.1ppm)으로써 전 측정기간동안 비슷한 수치로 나타났다. 또한 전 측정기간을 통하여 연안측점의 평균 COD 농도는 3.30ppm(<0.2~17.0ppm)이다. 이 수치는 우리나라 연안수질기준 COD 3ppm이하<sup>6)</sup>에 비해 다소 상회하는 수치이다. 本 測定期間中 전 측점에서 COD의 값이 수질기준 3ppm을 초과하고 있었다. 1978년 3월, 12월에 調査된 溫山灣의 COD 평균값은 각각 0.34ppm(0.2~0.7ppm), 0.59ppm(0.4~0.7ppm)으로 보고된 바 있어<sup>5)</sup> 이 수치와 비교할 때 다소 증가했음을 보여주고 있다. 타지역의 경우 1977年 韓國海洋開發研究所<sup>2)</sup>에서 調査한 자료에 의하면 울산해역 내만 표층이 10.22ppm, 저층이 6.74ppm이고 외만 표층이 9.86ppm, 저층이 6.67ppm으로 보고한 바 있어 이들 수치에는 상당히 낮은 농도이나, 1980년 8월, 9월, 10월, 11월, 12월 연평균 COD값 1.46, 2.62, 1.18, 1.45ppm<sup>7)</sup>에 비하면 汚染의 程度가 높은 것으로 평가되었다.

### 2. 生化學的 酸素 要求量(BOD)

측정기간중 1-1, 1-2 및 측점 F에서의 BOD의 평균값은 각각 16.6ppm(5.1~38.8ppm), 20.3ppm(2.9~51.0ppm), 24.1ppm(1.7~57.0ppm)이었다. 溫山灣 연안측점의 경우 BOD 평균값은 1次 分析時 1.6ppm(1.0~4.3ppm), 2次 1.4ppm(1.0~3.9ppm), 3次 1.9ppm(0.4~8.7ppm)으로써 거의 비슷한 수치를 보이고 있다. 전 측정기간을 통하여 연안해수의

평균 BOD값은 1.6ppm(0.4~8.7ppm)이었다. 우리나라는 연안의 수질기준치가 없어 비교는 어렵지만 Rambow와 Sylvester<sup>8)</sup>가 제안한 연안수질 기준치 2ppm에 비하면 전 측정기간동안 최고 농도로써 2ppm을 초과하는 측점으로는 토출구 1-1, 1-2의 인접측점 대부분임을 알 수 있다.

### 3. 浮遊物質(SS) 및 揮發性 浮遊物質(VSS)

측정기간중 토출구 1-1, 1-2 및 측점 F에서의 SS 평균농도는 20.4ppm(15.1~25.4ppm), 3.7ppm(3.2~4.6ppm), 38.8ppm(22.81~62.0ppm)으로써 토출구 1-1 및 측점 F를 통해서 높은 농도의 부유물질이 沿岸으로 流入되고 있음을 알 수 있다. 1次, 2次, 3次 측정기간중 연안측점에서의 SS의 평균농도를 보면 각각 3.5ppm(0.2~31.0ppm), 3.0ppm(0.7~14.7ppm), 41.7ppm(21.5~85ppm)로 나타났다. 1次, 2次에 비해서 3次的 SS가 10배 이상 높은 원인은 3次 試料채취시 심한 強風에 의한 원인으로 사료된다. 전측정기간중 溫山灣 연안의 SS의 평균농도는 14.6ppm(0.2~85.5ppm)으로써 다소 높은 수치로 나타났다. 1978年 3月 및 12月の 溫山灣의 SS 농도를 보면 각각 4.23ppm(1.1~8.5ppm), 4.27ppm(1.6~8.1ppm)으로 보고 되었으며<sup>5)</sup> 타지역의 경우 1980年 8월, 9월, 10월, 11월, 12월 연평균 SS농도는 25.36, 9.25, 4.61, 5.26ppm으로<sup>7)</sup> 온산만의 SS농도와 비슷한 수치로 나타났다. VSS의 경우를 보면 전측정기간중 토출구 1-1, 1-2, 측점 F에서의 평균농도는 각각 9.9ppm(8.2~12.0ppm), 3.0ppm(2.0~4.8ppm), 23.7ppm(13.8~51.0ppm)이었다. 溫山灣 연안측점의 VSS 평균농도를 보면 1次에 2.3ppm(0.1~30.0ppm), 2次 1.2ppm(0.0~8.0ppm) 그리고 3次에 9.9ppm(5.0~19.0ppm)으로 나타났으며 전측정기간을 통해서 볼 때 그 평균농도는 3.4ppm(0.0~30.0ppm)이었다. SS중의 휘발성 고형물 즉, 유기물 함유비를 나타내는 VSS/SS비는 전측정기간을 통해서 볼 때 토출구 1-1, 1-2 및 측점 F에서 0.48, 0.75, 0.61로써 SS중의 휘발성 고형물 함량은 토출구 1-1에서 보다 토출구 1-2 및 측점 F에서 다소 높음을 알 수 있다. 연안 측점의 경우 VSS/SS 비는 0.23으로써 대부분의 SS는 무기물로 구성되어 있음을 알 수 있고 이는 연안과 해양 미생물에 의한 유기물의 분해작용으로 사료된다.

Table 3. Average Value of NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P and SO<sub>4</sub> in the Coastal Seawater of Onsan

Station No.	NH <sub>3</sub> -N (ppb)	NO <sub>2</sub> -N (ppb)	NO <sub>3</sub> -N (ppb)	PO <sub>4</sub> -P (ppb)	SO <sub>4</sub> (ppm)
1-1	52.3~54.5 (53.4)	1.2~12.0 (8.0)	6.0~166.0 (114.6)	9.0~69.0 (29.0)	1366.5~2683.6 (2303.0)
1-2	68.6~80.6 (74.6)	5.0~12.5 (7.5)	36.0~166.5 (117.7)	4.0~38.0 (23.7)	1757.6~2617.8 (2468.1)
1-3	30.9~40.8 (35.9)	4.9~9.0 (7.3)	22.5~162.5 (79.0)	9.0~23.0 (16.0)	2255.6~2766.0 (2578.5)
2-2	65.2~80.2 (72.7)	5.0~7.5 (6.4)	20.7~197.5 (104.6)	25.0~38.0 (25.0)	2617.8~2737.1 (2664.9)
2-3	50.8~75.6 (65.1)	4.8~8.4 (7.1)	20.7~146.5 (86.7)	14.0~34.0 (26.8)	2519.0~2691.9 (2636.1)
2-4	28.7~45.2 (36.0)	4.8~12.0 (7.1)	38.2~101.0 (62.0)	12.0~26.0 (22.2)	2617.2~2708.3 (2641.8)
2-7	20.0~24.0 (21.2)	4.8~9.0 (7.1)	16.0~146.0 (51.3)	8.0~29.0 (23.7)	2494.3~2774.2 (2662.4)
3-2	28.5~30.3 (29.4)	5.0~7.5 (6.3)	33.0~133.6 (70.9)	15.0~29.0 (24.5)	2461.4~2658.9 (2607.5)
3-3	27.9~33.4 (30.7)	4.1~7.5 (6.1)	25.0~128.0 (62.8)	8.0~41.0 (19.3)	2551.9~2864.7 (2641.1)
3-4	27.8~30.8 (29.3)	5.0~7.5 (6.3)	6.0~149.5 (73.7)	12.0~17.0 (13.7)	2601.3~2675.4 (2638.4)
3-5	22.4~40.0 (31.2)	4.8~7.5 (6.2)	38.7~403.8 (170.8)	12.0~41.0 (18.4)	2510.8~3704.4 (2647.1)
3-6	25.2~30.0 (28.3)	4.8~7.4 (6.5)	17.7~82.7 (45.5)	14.0~44.0 (24.3)	2426.7~2766.0 (2625.9)
3-7	20.2~22.9 (21.6)	4.0~7.5 (6.1)	37.2~103.6 (74.9)	4.0~20.0 (11.0)	2510.8~2708.3 (2591.1)
4-2	59.2~68.0 (64.3)	5.0~7.7 (6.7)	47.3~198.5 (85.3)	12.0~17.0 (15.5)	2193.1~2733.0 (2570.1)
4-3	56.0	7.2	71.9	31.0	2691.9
4-4	20.0~25.3 (22.7)	3.5~7.4 (5.3)	39.0~161.5 (85.3)	8.0~26.0 (14.0)	2568.4~2716.6 (2636.3)
4-6	22.3~28.2 (25.3)	3.7~7.2 (5.4)	48.0~142.0 (103.6)	14.0~41.0 (24.8)	2436.7~2716.6 (2618.9)
Range	15.7~80.6	1.2~12.5	6.0~403.8	4.0~69.0	1366.5~3704.4
Average	39.0	6.8	81.4	21.2	2610.1
1--1(Outlet)	700.0~1000.0(850.0)	4.5~311.5 (116.0)	88.0~1138.5 (447.3)	30.0~75.0 (52.5)	304.6~411.6 (358.7)
1--2(Outlet)	210.0~800.0(505.0)	36.0~142.8 (89.4)	106.0	19.0~44.0 (31.5)	98.8~1300.7 (565.3)
F	120.0~172.0(146.0)	8.0~42.0 (25.0)	8.0~442.0 (225.0)	17.0~260.0(138.5)	1613.5~7684.2(2117.0)

( ): Average

는 각각 66.8ppb(6.0~154.0ppb), 96.9ppb(27.6~198.5ppb), 90.7ppb(17.7~403.8ppb)로 나타났으며 전측정기간중 연안측점의 평균농도는 81.4ppb였으며 그 범위는 6.0~403.8ppb로 그 變化幅이 넓었다. 光陽灣의 NO<sub>3</sub>-N의 농도범위는 1974년도에 0.01~1.18ppm, 1976년도에 <0.004~0.093ppm, 1978년도에 <0.004~0.103ppm으로 보고되었으며<sup>3)</sup> 1977년도 울산내만의 경우는 평균 136ppb이고 外灣海域의 경우 66.6ppb로 보고되었으리라 또한 1980년 반월, 창원, 울산 및 여천공단 근해의 수질중 NO<sub>3</sub>-N의 年平均濃度는 각각 114, 252, 200, 125ppb로 보고된 바 있어<sup>7)</sup> 거의 온산만의 NO<sub>3</sub>-N도 이와 비슷한 濃度分布를 보이고 있음을 알 수 있다.

### 9. 암모니아성窒素(NH<sub>3</sub>-N)

NH<sub>3</sub>-N의 경우는 1차 측정시에는 밀, 썰물을 區別하여 3차 측정시는 밀물시 중층에서만 측정하였다. 1, 3차 조사시 토출구 1-1, 1-2 및 측정점 F에서의 NH<sub>3</sub>-N의 平均濃度는 850ppb(700~1000ppb), 505ppb(210~800ppb), 146ppb(120~172ppb)로 나타났으며 海域測點에 있어서는 1차 39.3ppb(20.0~80.6ppb), 3차 39.9ppb(15.7~75.6ppb)로써 전 測定期間동안 海域測點의 平均濃度는 39.0ppb(15.7~80.6ppb)로 나타났다. 이러한 농도는 水中生物에 영향을 주는 농도<sup>11)</sup>인 400ppb보다는 하회하는 수치이다. 타 지역으로써 광양만의 경우를 보면 1972년 14~143ppb, 1974년 100~660ppb, 1976년 <3~297ppb, 1978년 <10~752ppb로 보고된 바<sup>8)</sup> 있어 온산만의 경우 비교적 낮은 농도 분포를 보이고 있다.

## 結 論

온산공단 沿岸水質의 汚染狀態를 調査하기 위하여 1981년 10월부터 1982년 3월까지 3회에 걸쳐 調査, 分析된 資料를 要約 整理하면 아래와 같다.

1) 沿岸海水의 平均 BOD값은 1.6ppm(0.4~8.7ppm)이었고 沿岸海水의 COD 平均값은 3.3ppm(<0.2~17.0ppm)으로써 沿岸水質基準을 全測點에서 상회하고 있었다.

2) 沿岸海水中の PO<sub>4</sub>-P의 濃度는 21.2ppb(4.0~69.0ppb), NH<sub>3</sub>-N의 농도는 39.0ppb(15.7~80.6ppb), NO<sub>2</sub>-N의 농도는 6.8ppb(1.2~12.5ppb), NO<sub>3</sub>-N의 농도는 81.4ppb(6.0~403.8ppb)로 나타났다.

3) 沿岸海水中の 부유물질(SS) 및 휘발성 부유물질(VSS)의 平均농도는 각각 14.6ppm(0.2~85.5ppm), 3.4ppm(0.0~30.0ppm)이었고, VSS/SS비는 0.23으로써 대부분의 부유물질이 비휘발성 무기물질이었다.

4) 연안해수의 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 平均농도는 2610.1ppm(1366.5~3704.4ppm)이고 탁도는 2.7NTU(0.3~11.1NTU)로써 이들로 인한 水中生物의 成長에는 影響이 없었을 것으로 思慮된다.

## 文 獻

- 1) 원종훈 등(1976): 울산만 해수중의 수은, 카드미움, 구리, 납, 아연의 농도 분포. 한국 수산학회지 9(3), 177-184.
- 2) 이광우 등(1978): 한국 연안의 오염현황 조사연구. 한국 과학기술연구소 부설 해양개발연구소, BE 0024-13-4.
- 3) 신용배 등(1979): 여천 석유화학단지 환경 생태학적 연구. 한국 과학기술 연구소, 서울, BE 1631-1250-6.
- 4) 이찬기 등(1975b): 한국 연안 수질오염조사. 국립수산진흥원 사업보고, 30.
- 5) WPCF(1968): Water Quality Criteria. Washington, D.C., 68-70.
- 6) 안기희(1981): 환경 관제법규. 동원사, 서울, 1-11.
- 7) Kwang Woo Lee et al. (1981): Water Quality Monitoring in the Coastal Areas of Banwoel, Ulsan, Changwon and Yeochon. Korea Ocean Research and Development Institute, Seoul, Korea, BSPI-00023-46-4.
- 8) Rambow, C.A. and Sylvester, R.O. (1967): Methodology in Establishing Water Quality Standard. JWPCF, Vol. 39, 1155-1163.
- 9) Vernon L. Snoeyink and David Jenkins(1981): Water Chemistry. John Wiley and Sons, New York, 3-4.
- 10) 이광우 등(1978): 여름철 한국 연안해수중의 영양염류 함량. 한국해양학회지, Vol. 13, No. 2, 17-25.
- 11) EPA(1977): Multimedia Environmental Goals for Environmental Assessment. Vol. II, Washington, D.C., E-5-E499.

#### 4. 濁度(Turbidity)

연안해수의 투명도는 수심과 파도, 일기, 해저의 지질구조 등에 의해서도 크게 영향을 받는다. 측정 기간중 토출구에서는 상당히 높은 탁도의 수치를 보였다. 토출구 1-1, 1-2 경우는 각각 평균 18.7NTU (5.2~28.0NTU), 8.8NTU(6.3~12.2 NTU)로 나타났다. 또한 토출구 1-1, 1-2의 높은 탁도의 영향으로 1차 측정시 측정 1-1에서 밀물시 표층에서 10.2NTU, 썰물시 표층에서 5.5NTU, 2차 밀물시 10.05NTU로써 비교적 높은 수치를 보였다. 또한 측정 F의 영향으로 사료되는 측정 3-6에서 1차 밀물 썰물시 중층에서 각각 5.23, 9.40NTU 그리고 2차 썰물시 중층에서 5.61NTU로써 Rambow와 Sylveste<sup>9)</sup>가 제안한 기준농도 5NTU보다 크게 상회하고 있음을 알 수 있다. 3차 측정시에는 측정 2-3, 2-4, 3-5에서도 8.2, 5.8, 5.1, 5.3NTU로써 다소 기준치를 상회하는 수치를 보였다. 그의 대부분의 측정에서는 0.28~4.20NTU로써 연안 수질에 만족할만한 수치를 보이고 있다. 해상 측정의 탁도는 1차 측정시 평균 1.8NTU(0.3~10.2NTU), 2차 2.4NTU (1.0~11.1NTU), 3차 4.9NTU(3.7~8.2NTU)로 나타났으며, 전 측정기간을 통해서 볼때 평균탁도는 2.7NTU(0.3~11.1NTU)였다.

#### 5. Sulfate(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

해수중에 많이 함유되어 있는 성분중의 하나로서 해역마다 다소 차이는 있겠으나, 청정 해수 중의 평균 농도는 2700ppm이다<sup>9)</sup>. 전 측정 기간중 토출구 1-1, 1-2 및 측정 F에서의 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 평균 농도는 각각 358.7ppm(304.6~411.6ppm), 565.3ppm(98.8~1300.7ppm), 2117.0ppm(1613.5~2684.2ppm)였고 해상측정에서는 토출구 1-1, 1-2의 영향을 받는 측정 1-1에서 1차 밀물시 표층에서 1757.6ppm으로 다소 낮은 수치를 보였다. 1, 2, 3차 측정시 해상 측정의 평균농도는 각각 2561.8ppm(1366.5~2737.1ppm), 2601.8ppm(1547.6~3704.4ppm), 2699.1ppm (2617.2~2747.2ppm)으로 나타났으며 전 측정기간을 통해서 볼 때 온산만 해역의 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 평균 농도는 2610.1ppm(1366.5~3704.4ppm)으로서 천연 해수중의 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 평균농도 2700ppm와 Rambow와 Sylveste<sup>9)</sup>가 제안한 연안수질 기준치 3200ppm보다는 훨씬 하회하는 수치이다.

#### 6. 磷酸性磷(PO<sub>4</sub>-P)

1, 3차 調査期間中 吐出口 1-1, 1-2 및 測點 F에서의 PO<sub>4</sub>-P의 平均濃度는 52.5ppb(30.0~75.0ppb), 31.5ppb (19.0~44.0ppb), 138.5ppb (17.0~260.0ppb)였다. 또한 沿岸測點의 경우 1차기간중의 平均濃度는 20.6ppb(4.0~69.0ppb)였으며 3차 측정시에는 22.8ppb(12.0~31.0ppb)였다. 1, 3차 測定期間中의 沿岸 測點의 平均濃도는 21.2ppb(4.0~69.0ppb)로 나타났다. 이러한 數値는 韓國原子力研究所<sup>6)</sup>에서 調査한 1978년 3월, 12월중의 溫山灣 PO<sub>4</sub>-P의 농도 각각 122ppb(110~233ppb), 150ppb(107~298ppb)에 비교하면 상당히 낮은 數値임을 알 수 있다.

타지역의 경우를 比較하여 보면 1980년 반월, 창원, 울산, 여천공단 인근해역의 PO<sub>4</sub>-P의 年平均濃度는 각각 24.9, 39.9, 117.9, 59.2ppb로서<sup>7)</sup> 다소 온산만과 비슷하다. 1977년에 조사된 울산내만과 행암만에서 상층에 PO<sub>4</sub>-P의 농도가 200ppb이상 나타났던 것과 비교하여 보면<sup>10)</sup> 온산만의 경우 PO<sub>4</sub>-P의 농도는 아직도 낮은 상태에 있음을 알 수 있다.

#### 7. 亞窒酸性窒素(NO<sub>2</sub>-N)

NO<sub>2</sub>-N의 경우, 測定期間中 吐出口 1-1, 1-2 및 측정 F에서의 NO<sub>2</sub>-N 농도는 116.0ppb(4.5~311.5ppb), 89.4ppb(36.0~142.8ppb), 25.0ppb(8.0~42.0ppb)로 나타났으며 沿岸海域測點의 경우 1차, 2차, 3차 측정시 NO<sub>2</sub>-N의 평균농도는 5.4ppb(1.2~12.5ppb), 7.6ppb(3.5~12.0ppb), 7.4ppb(6.2~8.4ppb)였으며 전측정기간을 통해서 볼 때 연안 측정의 평균농도는 6.8ppb(1.2~12.5ppb)로 나타났다. 이러한 수치는 1978년 韓國科學技術研究院<sup>3)</sup>에서 조사한 평양만의 NO<sub>2</sub>-N의 농도인 5ppb에 비하면 다소 높으나 1977년 海洋開發研究所<sup>10)</sup>에서 조사한 울산내만의 상층 NO<sub>2</sub>-N의 평균치 110ppb와 마산만의 상층 NO<sub>2</sub>-N의 농도인 33.8ppb에 비하면 상당히 하회하는 수치이다. 따라서 溫山灣의 경우 光陽灣보다는 높고 울산만, 마산만 보다는 다소 낮은 수치를 알 수 있다.

#### 8. 窒酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)

NO<sub>3</sub>-N의 경우를 보면 測定期間中 吐出口 1-1, 1-2, 측정 F에서의 NO<sub>3</sub>-N의 平均濃度를 보면 각각 447.3ppb, 106ppb, 225ppb였다.

또한 1, 2, 3차 측정기간중 沿岸測點의 平均濃度