

*Neomysis awatschensis*에 미치는 原油의 急性毒性

安 旻 郁 · 陳 平

釜山水產大學 資源生物學科
(1986년 9월 20일 수리)

Acute Toxicity of Kuwait Crude Oil (WSF) to Mysid, *Neomysis awatschensis*

Kyung-Wook AHN and Pyung CHIN

Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan,
Nam-gu, Pusan, 608 Korea

(Received September, 20 1986)

Acute toxicity of crude oil (WSF) on the mortality and respiration rates of *Neomysis awatschensis* was examined. This experiment was conducted by static and short-term bioassay procedure.

In lethal test, the test animals were exposed to 8 different concentrations to determine LC₅₀ value (median lethal concentration). The concentrations of total hydrocarbon of 96-hr LC₅₀ value at 14°C and 20°C were 1.01 ppm and 0.78 ppm, respectively.

LT₅₀ (the median lethal time) also was determined. The LT₅₀ of 0.56 ppm was found within 100 hours, while the LT₅₀ of 5.6 ppm was 21 hours at 14°C. At 20°C, the LT₅₀ values of 0.56 ppm and 5.60 ppm were 95 hours and 17 hours, respectively. There was little difference between two temperature experiments.

The effect of WSF on respiration rate was more sensitive than that on mortality, but no considerable difference was shown between different concentrations in this experiment.

The results of these experiments indicated that relatively low concentration of dissolved crude oil fraction can impact on small crustacean in the marine ecosystem.

緒 論

海洋油類汚染은 선박사고와 船底汚水의 排水(Bilge Pumping) 등으로 인한 연안의 慢性的 負荷로 海洋汚染의 중요한 형태로 등장되었으며, 이에 따른 海洋生態系의 영향¹⁾에 관심이 고조되고 있다. 선박사고로 인한 유류오염의 대표적인 예는 Amoco Cadiz, Torrey Canyon 등으로서 이들 사고에 따른 海洋生態系 파괴는 이미 널리 알려져 있다^{2,3)}.

일단 海洋環境에 노출된 油類는 몇 단계의 변화과정을 겪게 된다⁴⁾. 우선 저비등점의 芳香族化合物들은 증발되고 계속해서 油類의 水溶性成分(Water-soluble fraction; WSF)들이 해수 속으로 녹아들게

된다. 이 溶存成分들은 각종 海洋生物에 영향을 미치며 분해세균에 의하여 서서히 감소된다⁵⁾.

海洋에 排出된 油類의 이러한 변화과정에 따라, 배출 후 時間經過에 따른 影響도 여러가지로 나타날 수 있다. 배출된 油類는 쉽게 부유하고 얇은 막으로 퍼짐에 따라 大氣와 海洋間의 산소교환을 차단하며, 태양광선의 투과를 방해하여 광합성에 지대한 영향을 미칠 뿐만 아니라 溶存된 成分은 海洋生物에 毒性을 미치고 이들이 분해될 때는 溶存酸素를 소모하여 生物의 生存 및 呼吸에 악 영향을 미친다⁶⁾.

油類汚染에 대한 毒性實驗은 여러가지 實驗生物과 각종 油類成分에 따른 調査研究가 발표되었다⁷⁻¹⁰⁾.

本 實驗에서는 原油가 海洋에 노출된 후 水界속으

로 용해되는 용존성분의 독성을 중심으로 하여 해면에 떠 있는 기름에 의한 물리적 손상 보다는 해수층의 용존성분에 의해서 독성 영향을 받을 수 있는 반부유성 갑각류인 곤쟁이, *Neomysis awatschensis*에 대한致死 및代謝에 미치는 영향을 파악하여 기름 오염에 대한 指標生物로서의 가능성을 檢討하였다.

材料 및 方法

1. 實驗生物

生物毒性實驗에는 다량의 生物이 소요되는데 곤쟁이, *Neomysis awatschensis*는 小型으로 다량 채집이 가능하고 實驗室 사육이 용이하여 實驗材料로서 장점을 지니고 있다. *N. awatschensis*에 대해서는 Choe(1980¹¹⁾)의 生態에 관한 기초연구와 Chin(1971¹²⁾, 1972¹³⁾, 1974¹⁴⁾)의 환경변화에 따른 生理現象 보고 등에서 비교적 상세히 알려져 있다.

本實驗에 사용한 곤쟁이는 경남 김해군 녹산과 송정리 일대汽水域에서 망으로 채집한 후 즉시 實驗室로 운반, 대형 콘크리트 수조에서 飼育, 適應시켰다. 鹽分은 20‰로 조절하였고 격일로 먹이를 공급한 결과 飼育期間中 生存率은 매우 좋았다.

2. 實驗溶液

쿠웨이트産 原油와 20% 海水를 1 : 9의 比率로 24時間 동안 교반혼합시킨 용액을 다시 24時間 동안 분액누두 상에서 분리하여 水層만을 사용하였다(Anderson *et al.*, 1974 a⁸⁾, b⁹⁾, Lee *et al.*, 1977²⁸⁾). 이렇게 했을 때 그 原液濃度는 20 ppm total hydrocarbon 정도 (19.2 ppm~21.0 ppm)로 나타났다.

희석수는 釜山水産大學 海洋科學研究所內 海水를 여과하여 20%이 되도록 淡水와 혼합조제 하였다. Anderson *et al.* (1974 a⁸⁾)은 실제 노출용액을 總炭化水素 濃度로 나타낼 필요가 있다고 하였다. 本實驗 溶液의 油分은 사염화탄소(CCl₄)로 추출하여 油分測定器(Oil content meter, Horiba OCMA 200)로 總炭化水素量을 測定한 후 이것을 원액으로 하여 각 實驗濃度로 稀釋하였다.

實驗期間 동안 용존성분의 휘발과 분해 등에 의한 濃度底下²⁾를 줄이고 水質악화를 예방하기 위해 매 24時間마다 새로운 용액을 조제하여 갈아 주었다.

3. 實驗方法

本實驗은 止水式으로 실시되었다. 實驗生物 간의

共食을 방지하기 위하여 100 ml 유리병에 1尾씩 各濃度別로 20~50個體를 사용하였다. 實驗濃度는 예비실험을 통하여 0.18 ppm~10 ppm 까지 等로그 간격으로 8개의 濃度區를 설정하였다. 폐사실험의 경우, 매 24時間마다 生存率을 測定하여 96時間까지 實驗하였고, 代謝實驗의 경우는 폐사실험과 같은 농도구배로 48時間과 96時間에 各濃度別로 노출시킨 個體들 중 2尾씩에 대한 1時間 동안의 산소소비를 용존酸素測定器(DO Monitor, Yellow Spring Instruments)를 사용하여 측정하였다. 酸素消費量은 단위건중량에 대한 단위시간당 消費量으로 나타내었으며 건중량을 測定하기 위하여 材料는 實驗 후 80°C에서 3時間 건조하여 秤量하였다.

本實驗은 溫度 차이가 독성에 미치는 影響¹⁵⁾을 알아보기 위해 14°C와 20°C에서 각각 2~3回 반복 실시하였으며 結果는 이들의 평균치로 나타내었다. LC₅₀(半數致死濃度)과 LT₅₀(半數致死時間)은 Probit 分析法으로 산출하였다.

結果 및 考察

1. 生存率에 미치는 影響

原油의 水溶性 成分(Water-soluble fraction, WSF)과 20%희석수를 섞어 마련한 0.18 ppm~10.00 ppm (20°C에서는 5.60 ppm) 범위의 各實驗濃度에 *N. awatschensis* 성체를 넣고 時間경과에 따라 폐사율을 조사한 結果를 溫度別로 Table 1, 2에 나타내었으며, Fig. 1 및 2에는 半對數座標上에 濃度증가에 따른 生存率감소를 나타내었다. 14°C실험의 結果를 보면, 初期 24時間에서는 3.20 ppm 까지 완만한 감소를 보이다가 5.60 ppm부터 급격히 生存率이 떨어져서 10.00 ppm에서는 전부 폐사하였다. 48 및 72時間에서는 1.80 ppm 이후 급격한 生存率감소가 나타났고, 96時間에 대한 曲線은 0.56 ppm과 1.00 ppm 사이를 제외하고는 低濃度에서 高濃度에 이르기까지 거의 일정한 比率로 生存率이 감소하였다. 1.00 ppm 이하에서 72時間까지는 큰 변화가 없었으나 5.60 ppm에서는 72時間 이후 全個體가 폐사되었다(Fig. 1).

20°C 實驗의 경우, 時間에 관계없이 低濃度에서 高濃度로 갈수록 점진적인 生存率의 감소가 나타났다(Fig. 2). 이 實驗에서는 5.60 ppm을 最高濃度로 잡았는데 72時間 이후 全個體가 폐사되었다. 이상의 結果로 미루어 보아 14°C와 20°C 溫度차이가 *N. aw-*

Table 1. Estimated LC₅₀ for the exposure time at 14°C by probit analysis

Concentration of WSF (ppm)	No. of test organisms	Percent of test organisms dead at			
		24 hr	48 hr	72 hr	96 hr
Control	30	0	0	0	0
0.32	30	7	17	20	20
0.56	40	0	18	30	43
1.00	50	16	20	22	44
1.80	50	14	28	38	58
3.20	50	18	58	74	82
5.60	30	67	93	100	100
10.00	30	100	100	100	100
LC ₅₀ (ppm)		4.36	2.10	1.61	1.01
95% confidence limit		4.26	2.07	1.58	0.99
Slope of probit line		2.049	1.981	1.851	1.852

Table 2. Estimated LC₅₀ for the exposure time at 20°C by probit analysis

Concentration of WSF (ppm)	No. of test organisms	Percent of test organisms dead at			
		24 hrs	48 hrs	72 hrs	96 hrs ¹
Control	20	0	0	0	0
0.32	20	0	0	25	25
0.56	20	5	25	30	50
0.74	20	10	25	35	45
1.00	20	10	25	35	50
1.80	20	25	30	60	65
3.20	20	35	55	75	90
5.60	20	95	95	100	100
LC ₅₀ (ppm)		4.06	2.02	1.14	0.78
95% confidence limits		2.88	1.94	0.84	0.75
Slope of probit line		1.992	2.074	1.767	1.925

*atschensis*의 生存率에 미치는 油類의 沮害性에는 크게 영향을 미치지 않았다.

溫度差異가 油類毒性에 미치는 影響에 관한 보고로서 Ordzie and Garofalo(1981¹⁵)가 가리비의 일종인 *Argopecten irradians*를 사용해서 油化溶液(1~4 ppm)으로 행한 實驗에서 살펴볼 때, 겨울수온(2°C)에서는 폐사가 별로 나타나지 않았으나 10°C와 20°C에서는 50%이상의 폐사가 일어났기 때문에 濃度-溫度 相互作用이 강하다고 하였다. 本 實驗에서는 두 溫度 간에 큰 차이는 나타나지 않았으나 14°C에 비해 20°C에서 전반적으로 약간씩 강한 독성을 보였다.

*N. awatschensis*를 써서 河川水로 실험한 보고(Lee and park, 1984¹⁶)에 의하면 약 80% 이상의 河川水에도 70% 정도의 비교적 좋은 生存率을 보였다

고 했다. 이 경우에 있어서 河川水의 水質分析 結果, n-hexane 추출물이 35~59 ppm이었다는 것을 감안하면 本 實驗과 그 影響濃度에 있어서는 큰 차이가 난다고 할 수 있으나 그의 實驗에서 사용한 河川水 속의 油分은 각종 산업폐수와 도시폐수에 기인한 것이기 때문에 이미 油類로서의 毒性을 잃은 高分子殘留物이 濃度에 반영된 것이라 여겨지며 아울러 動植物性 지방산과 같은 유지류도 포함되어 있기 때문으로 사료된다.

2. LC₅₀(半數致死濃度, Median lethal concentration)

時間에 따른 半致死濃度를 Table 1(14°C)에 나타내었다. Standard Method(1981¹⁷)에 의하여 Probit

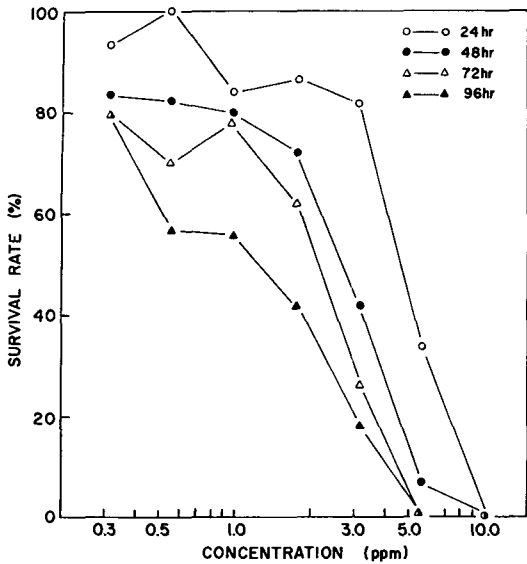


Fig. 1. Effect of WSF of Kuwait crude oil on the survival rate of *Neomysis awatschensis* at 14°C.

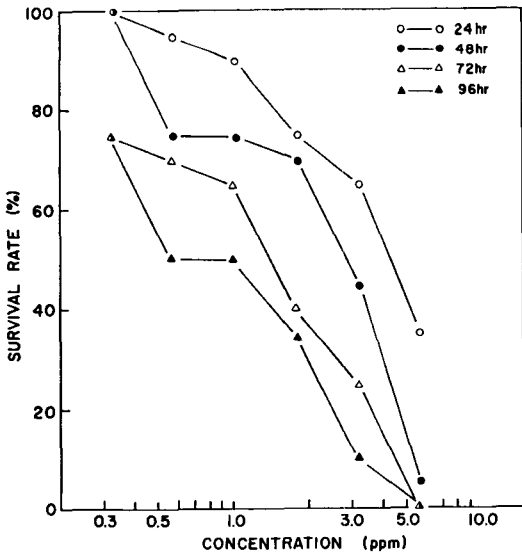


Fig. 2. Effect of WSF of Kuwait crude oil on the survival rate of *Neomysis awatschensis* at 20°C.

方法^{18, 19}으로 구한 LC₅₀은 24시간의 경우 4.36 ppm (95% 신뢰구간, 4.26~4.46 ppm), 48시간에서는 2.10 ppm(95% 신뢰구간, 2.07~2.14 ppm)였으며, 72시간 및 96시간 LC₅₀은 이들 보다 낮아져서 각각

1.61 ppm 및 1.01 ppm이었다. 따라서 曝露時間의 經過에 따라 油類의 毒性에 대한 抵抗性이 뚜렷이 낮아짐을 알 수 있으며 특히 24時間과 48時間사이에서 차이가 현저하였다.

같은 方法으로 얻은 20°C(Table 2)에서의 LC₅₀은 24-hrs LC₅₀이 4.06 ppm, 48-hrs LC₅₀이 2.02 ppm 그리고 72-hrs LC₅₀ 및 96-hrs LC₅₀이 각각 1.14 ppm 및 0.78 ppm 이었다. 따라서 96時間의 曝露에서 1 ppm 이하의 低濃度에서도 강한 毒性을 미치고 있음을 알 수 있다.

이들을 Probit 회귀직선을 통해서 나타내면 Fig. 3 및 4와 같다. Probit 좌표의 5는 實驗動物의 半數가 폐사하는 점을 가르킨다.

3. LT₅₀(半數致死時間: Median lethal time)

水溫 14°C 및 20°C에서 Probit 方法으로 구한 LT₅₀ 값들을 Table 3과 4에 각각 나타내었다.

0.56 ppm의 경우 14°C 및 20°C에서 LT₅₀값은 각각 100時間, 95時間으로 나타났으며, 高濃度로 갈

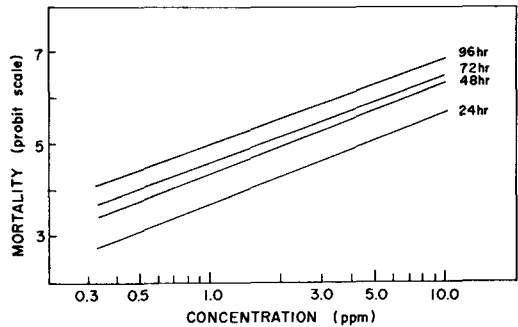


Fig. 3. LC₅₀ values to exposure time at 14°C.

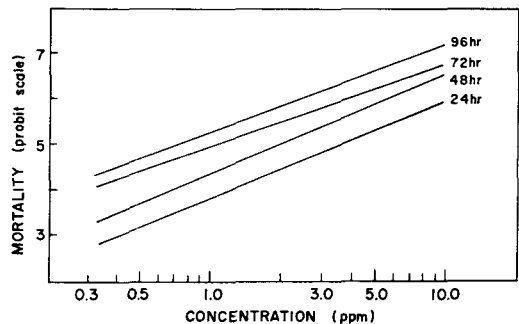


Fig. 4. LC₅₀ values to exposure time at 20°C.

Table 3. The median lethal time to each concentration at 14°C

Concentration (ppm)	LT ₅₀ (hour)	Slope of probit line
0.32	165.9	0.010
0.56	99.7	0.022
1.00	112.6	0.014
1.80	84.5	0.020
3.20	54.2	0.030
5.60	20.8	0.062

Table 4. The median lethal time to each concentration at 20°C

Concentration (ppm)	LT ₅₀ (hour)	Slope of probit line
0.56	95.4	0.019
0.74	100.5	0.015
1.00	94.2	0.017
1.80	68.1	0.017
3.20	32.5	0.017
5.60	16.9	0.054

수록 검진적으로 半數致死를 유발시키는 時間은 단축되어서 1.80 ppm에서는 85時間(14°C), 68時間(20°C)으로 나타났다. 最高濃度인 5.6 ppm - LT₅₀은 21時間(14°C), 17時間(20°C)으로서 모두 24時間 이내에 50%의 폐사율을 나타내었다. Fig. 5와 6에는 原油에 의한 半數致死 誘發時間을 Probit 直線式을 통해서 나타내었다. 1.80 ppm 이하의 비교적 低濃度에서는 14°C에서보다 20°C의 경우가 50%폐사를 나타내는 時間이 더 빨랐으며 5.60 ppm의 高濃度에서는 두 溫度 모두 24時間 이내에 LT₅₀ 값을 보임으로

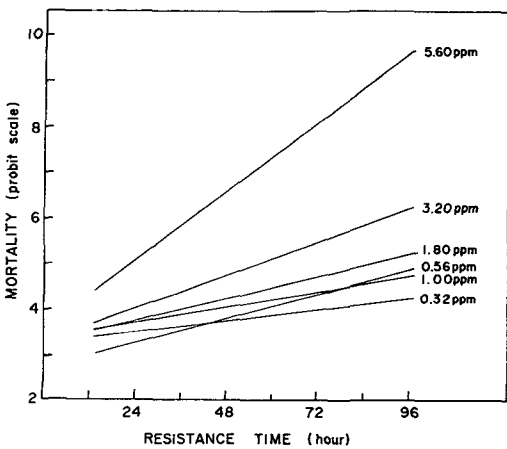


Fig. 5. Resistance time of each concentration in experiment with WSF of crude oil at 14°C.

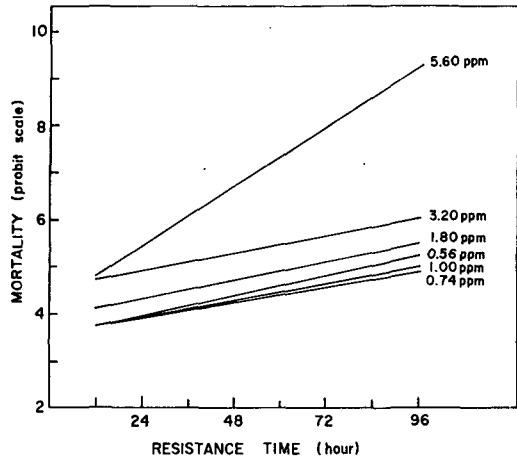


Fig. 6. Resistance time of each concentration in experiment with WSF of crude oil at 20°C.

서 急性毒性을 나타내었다.

Fig. 7과 8은 水溫 14°C 및 20°C에서 각 濃度別 LC₅₀ 값을 曝露時間에 대한 曲線으로 나타낸 것이다. 두 경우 모두 濃度가 10.00 ppm 이상이 되면 5時間 이내에 50%이상의 폐사를 보이며 低濃度로 갈수록 毒性曲線이 극한에 수렴되어서 急性毒性의 影響이 점차 약화될 것으로 예상된다.

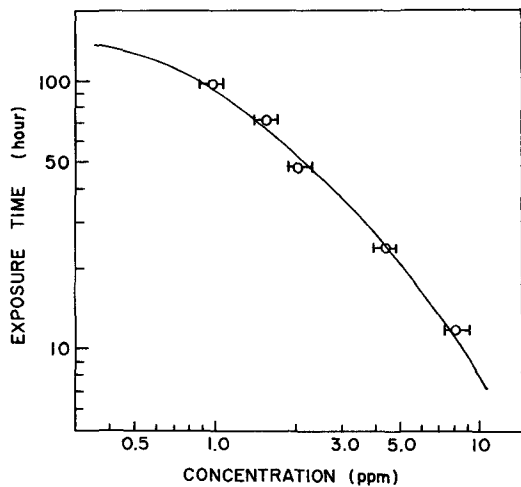


Fig. 7. Toxicity curve for median lethal concentrations of WSF of crude oil at 14°C. (|—| : 95% confidence limits)

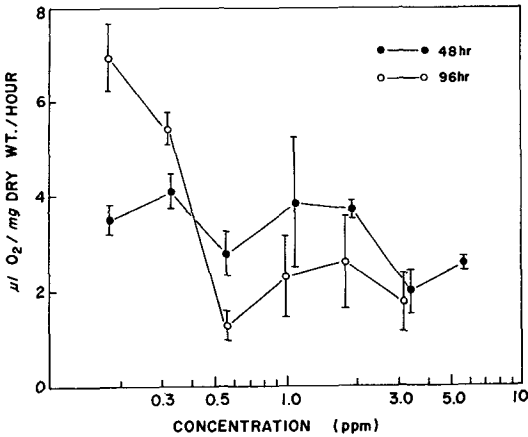


Fig. 8. Toxicity curve for median lethal concentrations of WSF of crude oil at 20°C. (|—|: 95% confidence limits)

4. 呼吸代謝에 미치는 影響

原油의 水溶性 劃分에 48時間과 96時間 동안 曝露 시켜 온 實驗生物들 중 生存해 있는것 가운데 2尾씩 을 사용해서 1時間 동안의 酸素消費量을 測定한 結果를 Fig. 9에 나타내었다. 曝露時間 또는 濃度間에 있어서 대사절대량에는 큰 差異가 나타나지 않았으나 전반적으로 曝露 96時間의 경우가 48時間 보다 酸素消費量이 낮았다.

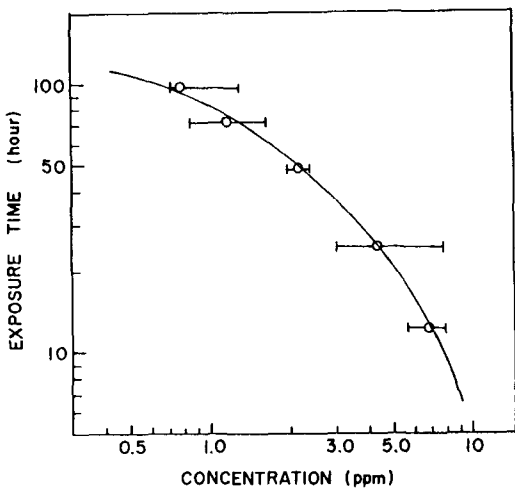


Fig. 9. The effects of water-soluble fraction on the oxygen consumption of *Neomysis awatschensis* after 48 hrs and 96 hrs at 14°C. Vertical bars indicate standard deviation.

Table 5. Decrease in percentage of the rates of respiration compared to control at different concentration of WSF after 48 and 96-hr exposure

Exposure time(hour)	WSF concentration (ppm)						
	0.18	0.32	0.56	1.00	1.80	3.20	5.60
48	40.7	31.8	53.1	35.3	37.8	66.6	56.1
96	-12.6	11.3	78.2	61.9	58.1	71.4	—

96時間에서 0.32 ppm 이후 代謝率이 급격히 떨어져서 3.20 ppm 까지 비슷한 代謝率을 보이고 있다. 48時間에서는 가장 낮은 0.18 ppm과 가장 높은 농도인 5.60 ppm에서조차도 큰 차이가 없었다. 96時間의 0.18 ppm에서는 Table 5에서와 같이 대조구보다도 더 높은 代謝率을 보였다.

*N. awatschensis*의 呼吸率은 溫度(Chin, 1971¹²)와 鹽分(Chin, 1972¹³)에 따라 다르나 이러한 변화는 일정한 것으로 보았다. Van Overbeek and Blondeau (1954²⁰)와 Goldacre(1968²¹)는 油類가 細胞膜에 影響을 준다고 하였다. 따라서 膜을 통해서 일어나는 生理過程, 즉 호흡이나 배설을 등은 수서동물이 油類에 影響을 받는지를 알아 볼 수 있는 좋은 指標가 된다(Vargo, 1981²²). 그러나 呼吸 實驗에서 사용한 油分濃도가 폐사실험시와 같은 농도였으므로 Table 5에 나타난 代謝低下는 결코 큰 程度가 아니라고 보여진다.

일반적으로 海洋動物이 대부분의 汚染源에 대해서 보이는 初期低濃度에서의 반응은 代謝補償의인 경향을 보이는 것으로 알려져 있다¹⁰). 그러나 0.18 ppm에서 48時間의 경우 대조구에 비해 약 40%의 감소를 보인 반면 96時間에서는 대조구의 대사수준을 약간 상회하는 것으로 보아서 實驗回數를 더 늘려 명확한 경향을 확인해야만 할 것으로 생각된다. 대조구의 平均代謝率(6.03 μl O₂/mg dry weight/hour)과 비교할 때 3.20 ppm 이상에서 時間에 관계없이 50% 이상의 代謝減少率을 보이고 있다. 96時間의 5.60 ppm에서는 曝露시켜온 材料가 모두 폐사하여 測定할 수가 없었다.

진주 담치를 사용해서 本 實驗과 유사한 方法으로 실시한 Dunnig and Major(1974²³)의 실험에 의하면, 2번 난방유(#2 home heating oil)의 추출액 24%에서 대조구에 비해 50% 이상의 代謝減少를 보고하였다. Lee et al. (1975²⁴)은 原油의 n-hexane 可溶物이 백합의 發生과 呼吸에 미치는 影響에서 5 ppm에서 약 60

%의 기형발생율을 보였고, 酸素消費量의 경우 같은 濃度에서 약 25%의 감소현상을 보였다고 보고했다. Anderson *et al.* (1974b⁹⁾의 河口産 새우류인 *Palaemonetes pugio* 로 실험한 보고에 의하면, Kuwait 産 原油의 WSF 0.845 ppm에서 대조구에 비해 낮은 代謝량을 보인다고 하였다. 이는 본 實驗의 1 ppm 정도에서 나타난 代謝減少와 거의 일치하고 있다. 또한 그는 비교적 高濃度인 1.92 ppm이나 4.11 ppm보다도 低濃度인 0.845 ppm에서 오히려 더 영향을 받는다고 하였다. 본 실험에서도 低濃度에서 일단 代謝低下가 일어난 후 濃도가 증가하여도 큰 변화가 없었다. 그는 또한 이러한 대사감소가 일시적 현상이며 맑은 海水로 옮겨서 回復시키면 곧 대조구의 代謝水準으로 된다고 하였다.

그 밖의 亞致死 影響에 관한 보고에서 Capuzzo and Lancaster (1981²⁵⁾에 의하면 0.25 ppm의 南 Louisiana 産 原油의 WSF가 갑각류인 *Homarus americanus* 유생의 호흡율에 影響을 준다고 하였다. Heitz 등 (1974²⁶⁾은 Empire mix 社 原油의 油化溶液 8 ppm에서 새우류(*Penaeus* sp.)의 효소분석 結果 별다른 영향이 없었다고 하였으나 그의 實驗에서는 曝露時間을 12時間으로 한정했기 때문에 原油의 毒性이 효소계에 미치는 影響을 알아보기에는 曝露時間이 너무 짧았던 것으로 생각된다. Lee (1978²⁷⁾)는 Isopoda 일종에 대한 연료유의 亞致死 影響 보고에서 WSF 3% 이상에서 성장율과 번식율이 영향을 받는다고 하였으며 그 이하의 低濃度에 曝露시켜둔 암컷에서 태어난 新生個體는 맑은 海水에서도 5주 이내에 70% 이상의 폐사를 보인다고 하였다. 따라서 低濃度の 油類汚染으로도 海洋生態系의 生産에 영향을 미칠 수 있음을 암시하고 있다. 일반적으로 油類性 탄화수소가 아가미의 섬모활성에 마취효과를 나타내기 때문에 산소호흡율이 떨어진다는 것이 지금까지 밝혀진 作用機作이다.

5. 指標生物로서의 檢討

어떤 汚染源에 대한 指標生物로서 가장 중요한 것은 그 汚染源에 대한 민감성에 있다.

Anderson *et al.* (1974a⁹⁾)의 보고에서 나타난 바와 같이, 곤쟁이의 일종인 *Mysidopsis almyra* 가 같이 實驗된 갑각류, *Palaemonetes pugio* 나 魚類, *Fundulus similis*, 보다 Kuwait 産 原油의 水溶性成分에 대해 훨씬 민감함을 보여주고 있다. 이 보고에서 나타난 48-hr LC₅₀은 *M. almyra*가 6.6 ppm total hydrocar-

bon 이고 *P. pugio* 와 *F. similis* 에 있어서는 10 ppm 이상이었다.

本 實驗에서 사용한 *N. awatschensis* 와 비교할 때 유사종인 *M. almyra* 의 경우에도 본 實驗値보다 높은 값을 보임으로서 *N. awatschensis* 는 이들 보다 Kuwait 産 原油의 WSF에 더 민감하게 반응함을 알 수 있다.

Lee *et al.* (1977²⁸⁾)은 소형 갑각류인 *Amphithoe v. lida* 와 *Gammarus mucronatus* 을 사용하여 南 Louisiana 産 原油의 수용추출물로 실험한 結果 2.4 ppm 이상에서 생존율이 크게 떨어졌다고 했다. 또한 12 ppm에서 4日째에 全體가 폐사했다고 했는데 이로부터 본 實驗生物 보다 더 강한 種임을 알 수 있다.

대부분의 원유와 蒸溜油에 대한 毒性實驗結果를 살펴보면, 96-hrs LC₅₀이 1~100 ppm (Anderson *et al.*, 1974 b⁹⁾) 또는 1.5~50 ppm (Vanderhorst *et al.*, 1976²⁹⁾) 범위 내에 나타난다고 볼 때 본 實驗生物인 *N. awatschensis* (96-hrs LC₅₀이 0.78 ppm)는 비교적 민감한 種임을 알 수 있다.

따라서 일회에 다량채집이 가능하고 實驗室 飼育이 용이하며 먹이생물로서도 중요하다는 등 많은 장점을 지니고 있는 *N. awatschensis* 가 油類汚染에 대한 指標生物로서 有用성이 기대된다.

要 約

Kuwait 産 原油의 水溶性 劃分이 곤쟁이, *Neomysis awatschensis* 의 斃死와 代謝에 미치는 急性毒性을 實驗하였다. 本 實驗은 止水式, 短期, 急性으로 標準生物檢定法을 사용하였다. 폐사실험의 경우, 곤쟁이 成體를 대조구 포함 8個의 濃度區에 曝露시켜서 半數致死濃度(LC₅₀)를 구했다.

96-hr LC₅₀을 總 炭化水素量으로 나타내면 14°C에서는 1.01 ppm, 20°C에서는 0.78 ppm이었다.

半數致死時間(LT₅₀)은 14°C, 0.56 ppm의 경우 100時間이었다. 20°C에서는 이보다 약간 앞당겨져 0.56 ppm에서 95時間, 5.60 ppm에서는 17時間이 경과하면서 50% 폐사에 도달했다.

代謝實驗의 경우, 濃度間에 酸素消費率의 減少가 크게 나타나는 않았으나 전반적으로 대조구에 비해 뚜렷한 代謝減少를 보였고 同一濃度에서 96時間이 48時間에 비해 더 낮은 代謝率을 나타냈다.

이러한 實驗結果, 低濃度の 水溶性 油類劃分으로도 소형 海産 갑각류에 강한 毒性을 미칠 것이 예상된다.

文 獻

1. Dicks, B. 1976. The importance of behavioral patterns in toxicity testing and ecological prediction. *In* Mar. Ecol. and Oil Poll., ed. by Baker, J. M., J. Wiley & Sons. N. Y. pp. 303—319.
2. Gerlach, S. A. 1981. Marine Pollution, Spinger-Verlag, N. Y. pp. 71—96.
3. Nelson-Smith, A. 1970. The problem of oil pollution of the sea. *Adv. Mar. Biol.* 8, 215—306.
4. Ahearn. 1974. The sources, fates and effects of oil in the seas. *In* Pollution and Physiology of Marine Organisms, ed. by Vernberg F. J. and W. B. Vernberg, Academic Press, N. Y. pp. 247—251.
5. Blumer, M., M. Ehrhardt and J. H. Jones. 1973. The environmental fate of stranded crude oil. *Deep-sea research* 20, 239—259.
6. Gelder-Ottway, S. V. 1975. Some Physical and biological effects of oil films floating on water. *In* Mar. Ecol. and Oil Poll., ed by J. M. Baker, J. Wiley & Sons, N. Y. pp. 255—277.
7. Gelder-Ottway, S. V. 1974. The Comparative toxicities of oils, refinery products and oil emulsions. *In* Mar. Ecol. and Oil Poll., ed. by J. M. Baker, J. Wiley & Sons, N. Y. pp. 287—302.
8. Anderson, J. W., J. M. Neff, B. A. Cox, H. E. Tatem, and G. M. Hightower. 1974a. Characteristics of dispersions and water-soluble extracts of crude and refined oils and their toxicity to estuarine crustaceans and fish. *Mar. Biol.* 27, 75—88.
9. Anderson, J. W., J. M. Neff, B. A. Cox, H. E. Tatem, and G. M. Hightower. 1974b. The effects of oil on estuarine animals: toxicity, uptake and depuration, respiration. *In* Pollution and Physiology of Marine Organisms. ed. by Vernberg, F. J. and W. B. Vernberg, Academic Press, N. Y. pp. 285—310.
10. Struhsaker, J. W., M. B. Eldridge and T. Echeverria. 1974. Effect of benzene (a water-soluble component of crude oil) on eggs and larvae of Pacific herring and northern anchovy. *In* Pollution and Physiology Marine Organisms, ed. by Vernberg F. J. and W. B. Vernberg, Academic Press, N. Y. pp. 253—284.
11. Choe, Seung-Min. 1980. Biological studies on the Korean Mysid, *Neomysis awatschensis*, (Crustacea: Mysidacea). Master thesis. Hnayang University p. 34 (in Korean).
12. Chin, P. 1971. The effect of temperature on respiratory metabolism of the mysid, *Neomysis awatschensis* Brandt. *Publ. Mar. Lab. Pusan Fish. Coll.* 4, 9—18 (in Korean).
13. Chin, P. 1972. The effect of salinity on respiratory metabolism of the mysid, *Neomysis awatschensis* Brandt. *Publ. Mar. Lab. Pusan Fish. Coll.* 5, 31—36 (in Korean).
14. Chin, P. 1974. Acclimation and metabolic attitude of *Neomysis awatschensis*. *Publ. Mar. Lab. Pusan Fish. Coll.*, 7, 1—20 (in Korean).
15. Ordzie, C. J. and G. C. Garofalo. 1981. Lethal and sublethal effects of short term acute doses of Kuwait crude oil and a dispersant COREXIT 9527 on Bay scallops, *Argopecten irradians* (Lamarck) and two predators at different temperature. *Mar. Environ. Res.* 5, 195—210.
16. Lee, S. M. and C. K. Park. 1984. Acute toxicity of Oncheon Stream water to the sea urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Bull. Korean Fish. Soc.* 17(5), 414—422 (in Korean).
17. APHA, AWWA and WPCF. 1981. Standard methods for the examination of water and waste water. 15th ed., APHA Publ. Office, Washington pp. 641—645.
18. Lee, J. Y. and P. Chin. 1984. Acute toxicity of synthetic detergent on the larvae of loach, *Misgurnus anguillicaudatus*. *Bull. Korean Fish. Soc.* 17(2), 139—142 (in Korean).
19. 정영진. 1976. 근대통계학의 이론과 실제. 5판, 보진제, 서울, pp. 281—288.
20. Van Overbeek, J. and R. Blondeau. 1954. Mode of action of phytotoxic oils. *Weeds* 3, 55—56.
21. Goldacre, R. J. 1968. The effect of detergents and oils on the cell membrane. *Field studies* 2 (Suppl.), 131—138.

22. Vargo, S.L. 1981. The effect of chronic low concentrations of No. 2 fuel oil on the physiology of a temperate estuarine zooplankton community in the MERL microcosms. *In* Biological monitoring of marine pollutants, ed. by Vernberg, F.J., A. Calabrese and F.P. Thurberg, Academic Press, N.Y. pp.349—366.
24. Lee, B.D., T.Y. Lee and P. Chin. 1975. Effects of crude oil ingredients on the development and oxygen uptake of hard clam, *Meretrix lusoria* (RODING). Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Pusan 8, 31—38 (in Korean).
25. Capuzzo, J.M. and B.A. Lancaster. 1981. Physiological effects of south Louisiana crude oil on larvae of the american lobster, *Homarus americanus*. *In* Biological monitoring of Pollutants, ed. by Vernberg, F.J., A. Calabrese and F.P. Thurberg, Academic Press, N.Y. pp.405—424.
26. Heitz, J. R., L. Lewis, J.Chambers, and J.D. Yarbrough. 1974. The acute effects of empire mix crude oil on enzymes in oysters, shrimp mullet. *In* Pollution and Physiology of Marine Organisms, ed. by Vernberg F.J. and W.B. Vernberg, Academic Press, N.Y. pp.311—328.
27. Lee, W.Y. 1978. Chronic sublethal effects of the water soluble fractions of no.2 fuel oils on the marine isopod, *Sphaeroma quadridentatum*. *Mar. Environ. Res.* 1(1), 5—18.
28. Lee, W.Y., M.F., Welch and J.A.C. Nicol. 1977. Survival of two species of amphipods in aqueous extracts of petroleum oils. *Mar. Pollut. Bull.* 8, 92—94.
29. Vanderhorst, J.R., C.I. Gibson and L.J. Moore. 1976. Toxicity of No.2 fuel oil to coon stripe shrimp. *Poll. Bull.* 7, 106—109.