

## 수위변동에 따른 갯벌의 물리적 환경특성의 변화

박 종 화<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>충북대학교 농공학과

## Variation of Physical Characteristic of Tidal Flat's Environment by Water Level Change

Park, Jong-Hwa<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Agricultural Engineering, Chungbuk National University

### ABSTRACT

This paper described the results of the characteristics of the near-bottom flow and field analysis of the tidal flats sediment. It was the aim of this paper to grasp current flow of tidal flat's environment and influence factor for environmental change forecast of tidal flats. Field measurement of water velocity, water elevation, bed materials test, and temperature distribution of tidal flat were conducted. Thereafter, current flow, turbidity and temperature distribution of tidal flat sediment have been discussed.

The field research results showed that the fluctuating velocity near the seabed before and after its appearance at low tide was strongly affected by the wind wave. The resuspension of the seabottom sediment took place with great intensity before and after the appearance of the seabed at low tide. Both the sea water level and the weather condition were a significant influential factors. Such as, temperature and turbidity just on the surface and the shallow layer of seabed sediments were varied largely with time and weather conditions, but that its deeper layers was almost constant. Temperature on the seabed sediments was strongly influenced by irradiance and water depth. The temperature variation of the tidal flat and the variation characteristics of the current flow and turbidity depend greatly on the inhabiting environment of the tidal flat benthic organism.

Key words : *tidal flats, irradiance, sediments, thermal conductivity, mitigation*

### I. 서 론

유럽과 미국 등에서는 개발에 따른 자연 소실의 대응책으로 응분의 자연재생을 개발하는 쪽이 담당하는 미티게이션(mitigation)이라는 개발사상이 취해지고 있으며(Boesch 외 6인, 1994 ;

Chua, 1993 ; NRC, 1994) 이웃 일본도 이 개념 도입을 적극 검토하고 있다. 우리의 경우도 연안해역의 보다 효율적인 관리와 보다 나은 연안해역 개발을 위해서는 가까운 장래에 이 개념의 도입이 필요할 것으로 생각된다.

그러나, 우리 나라의 경우 인간을 포함하는

생물에 좋은 환경 즉, 인간과 자연의 공존을 목적으로 하는 생태계 환경계획이라는 새로운 사고와 평가방법, 생태계 제어공학이라는 일과성이 아닌 지속, 친이형 자연환경복원기술 개발방법이 발전해 있지 않는 것이 우리의 현실이다. 반면에 개발에 따른 연안해역변화에 대한 관심은 높아져가고 연안해역환경의 중요성이 재인식되고 있으며 그 보전과 환경복원에 관한 목소리는 높아져가고 있다. 특히, 개펄에 관한 관심은 고조되어 보존의 중요성은 강조되고 있으나 어떠한 형태로 보존하는 것이 좋은지, 좋은 개펄이 어떤 것인지에 대한 기초자료와 조사연구는 극히 빈약한 실정이다(栗原, 1991 ; 1992).

우리 나라 해안선의 전체길이는 11,542km로 국토면적에 비해 매우 긴 해안선을 가지고 있으며, 육지의 해안선은 6,228km로 이 중 1,632km가 인공으로 형성되어있다. 연안을 낀 시, 군, 구는 77개로 면적은 32,000km<sup>2</sup>로 전 국토의 32%에 해당한다. 이 연안해역에는 우리 나라 전 인구의 33%에 해당하는 15,300,000명이 살고있다(한상배, 1999). 이렇게 많은 사람들이 관여하고 있는 해역에 관한 물리환경에 관한 기초자료가 거의 없어 보다 효율적인 방법으로서의 이용과 개발방법을 제시하는데 있어서도 많은 어려움이 있다. 우리 연안 육역의 지형고도는 100m이하로 구성되어 있으며 10° 이하의 완경사로 되어 있다. 이러한 조건은 개펄형성을 용이하게 하고 있으며 이렇게 형성된 우리연안의 개펄면적은 약 2,393km<sup>2</sup>로 전 국토면적의 2.4%에 해당하는 양이 있다. 그 중 1,980km<sup>2</sup>(약 83%)는 서해안에 위치하며 413km<sup>2</sup>(약 17%)는 남해안에 분포해 있다(1998, 해양수산부). 이와 같은 수치는 해마다 변화해가고 있으며 앞으로 변화에 대응하는 방법으로 우리 실정에 맞는 미터게이션(mitigation) 개념도입이 필요하다고 하겠다. 이를 위해서는 개펄의 개발과 보전에 있어 토목·건축학적인 시점에 더하여 연안해역 전반에 걸친 생태적 시점에서 개펄을 검토할 필요성이 있다. 또한, 개펄이 갖는 연안생태계에서의 다양한 기능을 좀더 살리고 보호해가기

위한 방법과 연안해역개발에 따른 새로운 형태의 이용법개발을 위해 개펄에 관한 기초데이터의 취득과 이를 바탕으로 한 관리방안마련의 필요성이 절실하게 요구되고 있다(朴 외 2인, 1997).

본 연구에서는 지속적으로 진행되고 있는 연안해역의 개발에 보다 효율적인 환경복원방법을 찾아 적용시키는 것과 어떠한 연안환경이 연안생태계에 좋을 것인지를 알아보기 위해 이에 관련된 여러 기초자료를 수집하였다. 개펄에 관한 보다 활발한 기초조사연구를 위해 우리나라 서, 남해안 개펄과 유사한 성질을 갖는 일본 사가현(Saga Pref.) Ariake Sea 개펄의 물리환경요인에 대해 분석·검토하였다.

## II. 연구범위 및 방법

개펄 생태환경조사를 위한 현지계측은 일본 Saga현 Rokkaku-kawa하구의 영향을 받는 D.L.=+4m 지점의 천해에서 실시했다. 연구범위는 수위변동에 따른 흐름특성을 알아보기 위한 유속과 탁도를 측정하고 개펄에서의 수위변동과 개펄표면과 일정심도의 온도를 측정하여 검토하였다. 기상자료는 일사량과 우량측정을 SAGA 대학 구내에서 측정한 자료를 사용했다. 수위변동은 압력식 수위계로 측정하고, 개펄온도는 6개점(깊이 0, 10, 15, 20, 30cm점에 온도 센서설치)에 대해 거의 1년간 계측을 실시했다. 그림 1은 개펄 속의 온도분포와 수위변동을 계속하기 위하여 설치한 측정장치를 나타낸 것이다. 개펄의 흙 시료를 각 측정점에서 채취해 시료의 물성치(비중, 입경분포, 강열감량 I<sub>L</sub>, 투수계수 k)

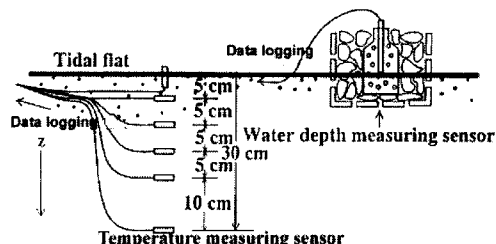


그림 1. 개펄속 온도분포와 수위변동 계측장치 개념도

를 구해 개펄의 열전도특성과의 관련성을 검토했다.

온도확산율은 다음과 같은 온도확산방정식을 이용한 두 방법을 생각하여 구했다(土壤物理測定法委員會, 1972).

$$\frac{\partial T_y}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T_y}{\partial y^2} \dots\dots\dots (1)$$

여기서,  $y$ 는 개펄표면으로부터의 깊이,  $t$ 는 시간,  $T_y$ 는 깊이  $y$ 에서의 온도,  $K$ 는 온도확산율이다.

먼저, [방법 1]은 측정온도가 24시간동안에 주기적으로 변동하는 두 점(측정점)을 선정하여 온도진폭 차에 주목하여 구하는 방법(이후  $K_1$ )으로 서로 다른 두 점의 깊이에 대한 일 최고온도와 최저온도를 측정함으로써 얻어진다.

$$K_1 = 6.86 \times 10^{-6} \times \frac{(y_2 - y_1)^2}{(\log_{10} R_1 - \log_{10} R_2)^2} \text{ (cm/s)} \dots\dots (2)$$

여기서,  $R_1$ 과  $R_2$ 는 깊이  $y_1, y_2$ 에서의 온도교차이다.

[방법 2]는 24시간동안 온도변동의 위상 차에 주목하여 구하는 방법(이후,  $K_2$ )으로 깊이  $y_1$ 과  $y_2$ 에서의 온도 peak시각을 각각  $t_1, t_2$ 로 하며 다음 식이 얻어진다.

$$K_2 = 6.88 \times 10^{-3} \times \frac{(y_2 - y_1)^2}{(t_2 - t_1)^2} \text{ (cm/s)} \dots\dots (3)$$

이와 같이 취득한 연안해역 개펄온도에 대해 시간적·공간적 분포 특성을 파악하고 그 변화를 정성적으로 평가해 개펄의 환경보전과 개발에 이용할 수 있는 방법에 관해 알아본다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 개펄 흙의 물성

개펄 흙의 온도분포는 개펄의 물리적 특성과

밀접한 관련성을 가지고있다고 생각해 이에 관련된 기초실험(JIS 기준)을 했다. Sampling시료의 자연함수비는 271.3%로 매우 높았다. 입경 분포 구성비는 점토성분(51.2%)과 Silt성분(45.6%)이 대부분을 차지하고 모래성분(3.2%)은 매우 적었다. Sampling지점 즉, 측정지점 개펄 흙의 심도(Depth, D)별 기본적 물성치(흙 입자의 밀도( $\rho$ ), 강열감량( $I_L$ ), 투수계수( $k$ ), 중앙입경( $D_m$ ))를 항목별로 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 개펄 흙의 심도별 물리적 특성

D(m)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$I_L$ (%)	$k$ (m/s)	$D_m$ (m)
0	2,643	10.06	$1.28 \times 10^{-6}$	$1.4 \times 10^{-3}$
0.15	2,625	11.65	$1.04 \times 10^{-6}$	$1.1 \times 10^{-5}$
0.30	2,630	11.24	$1.7 \times 10^{-8}$	$1.6 \times 10^{-5}$

강열감량( $I_L$ )은 심층에서 높은 값을, 투수계수( $k$ )는 표층부근에서 큰 값을 나타냈다. 이는 표층에서 조금만 들어가면 유기물 양이 증가되고 투수계수는 급격히 적어져 깊이가 깊어질수록 투수가 힘들고 물질수송이 어려운 환경으로 변화된다는 것을 의미한다. 표층은 투수계수가 높아 개펄 저면과 출입하는 물과의 상호교환이 용이한 환경으로 되어 있음을 알 수 있다.

#### 2. 개펄 해역의 흐름특성

그림 2는 측정지점 주변해역의 흐름특성의 일례를 나타낸 것으로 개펄표면으로부터 15cm 지점에서 계측한 수위와 탁도의 시간적 변화를 나타낸 것이다. 만조시 탁도는 매우 낮은 값을 나타내나 간조시 해저가 드러나는 전후에는 저니의 resuspension으로 생각되는 탁도의 급증현상이 나타난다. 이는 흐름특성과 매우 깊은 관련이 있는 것으로 생각되어 흐름특성을 알아보았다.

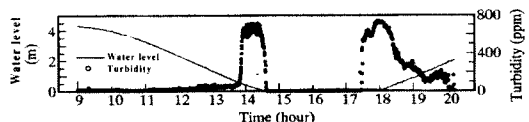


그림 2. 수심과 탁도의 시간적 변화 (Jul. 13, 1988)

그림 3에서 (a)는 파고계와 2차원 전자유속계로 측정한 수위와 유의파고를, (b)는 해저로부터 20cm높이의 평균유속벡터를, (c)는 3차원 전자유속계로 개펄표면으로부터 50cm높이까지의 남북(N-S)과 수직(Down-Up)방향의 유속이력을 일정시간간격으로 나타낸 것이다. 여기서, (b)는 측정지점 주변해역의 흐름특성을 수평방향(주 흐름방향; N-S)과 직각방향(E-W)의 유속 및 흐름강도에 대해 정리한 것이다. (c)는 각 측정점에서 30초 동안 측정한 150개의 데이터를 산술평균한 유속을 나타낸 것이다. 이 해역의 흐름은 조석변화(간만 차 최대 6~7m)에 따라 일정한 주기작용을 통해 간만을 반복하고 있다. 이 과정에서 개펄표면은 수위감소에 따라 드러나기도 하고 수위증가에 따라 침수되기도 한다. 이 과정에서 개펄표면 경계층부근은 흐름강도에 따라 탁도변화가 두드러지게 나타난다.

다. 만수지점근방 탁도의 변화특성은 흐름변화가 미약한 정수상태( $v \approx 0$ )로 수평방향의 난류강도가 작기 때문에 수직방향 난류강도의 영향을 받게되어 침강작용이 이류확산작용보다 큰 영향을 미쳐 부유물질(SS)은 침강을 시작하여 퇴적하게 된다.

그러나 조류변화로 간조시가 되면 주 흐름방향의 난류강도가 커져 이류작용이 침강작용보다 큰 역할을 하여 경계층부근의 유동현상은 빠른 흐름과 함께 유동한계치(항복치)를 나타내며 이 값을 경계로 탁도는 급격히 증가하게 된다. 이와 같이 일정 유동한계치(항복치)를 초과하면 개펄표면 흙은 파괴를 시작하여 부유하게되고 부유된 물질은 이류작용에 의해 확산된다. 물이 빠져 개펄표면이 드러나면 수분을 함유하고 있던 초기의 표면은 이곳에서 서식하는 많은 생물들에 의해 분해되고 교란되면서 표면

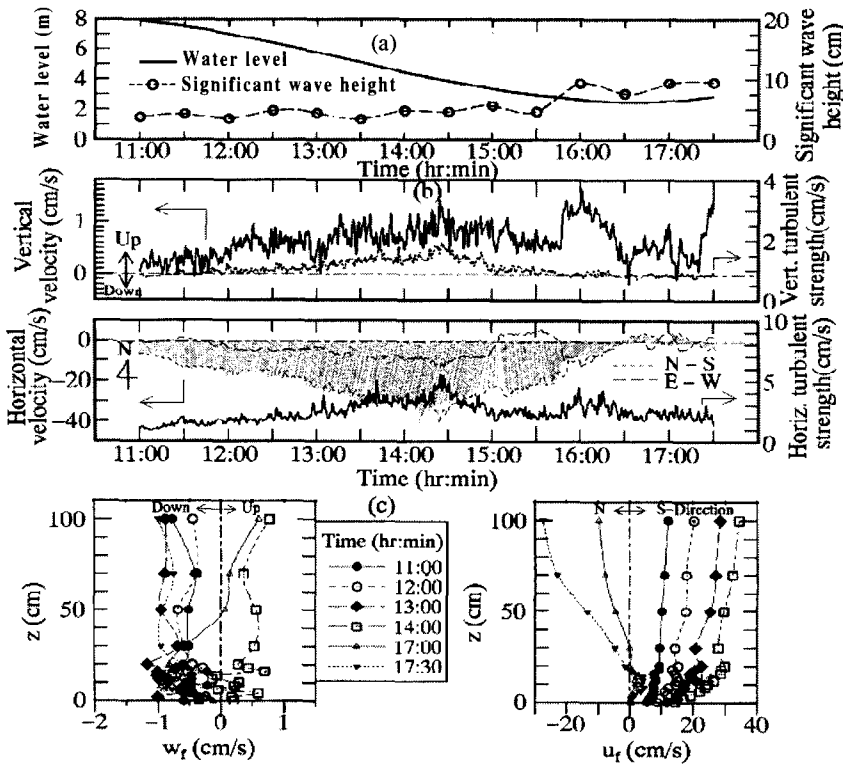


그림 3. (a) 수심과 유의파고와의 관계  
 (b) 남북(N-S)과 동서(E-W) 방향의 유속분포 및 난류강도  
 (c) 남북(N-S)과 수직(Down-Up) 방향의 유속변화

과 저층물질들이 혼합하게 된다. 또한, 태양에너지작용에 의해 표면물질들은 살균작용을 받게되고 상류로부터 유입되어 들어온 유기물질들은 생물학적작용 등에 의해 정화·분해되는 기능을 수행한다. 이때 태양에너지에서 공급되는 열을 흡수하여 저장해주는 역할을 수행하게 된다.

한편, 물이 들어오기 시작하여 만조까지의 과정에서는 건조한 표면이 흘러드는 물의 이류작용에 저항을 하기 시작하고, 빠르고 큰 힘의 작용은 유동한계치(항복치)를 초과하면서 급격한 탁도변화를 일으킨다. 한번 파괴된 표층은 부유하여 확산되면서 이 해역에 분포하는 생물들에게 많은 영양분을 공급해주는 작용을 하게 된다. 이와 같이 개펄표층부근은 해수의 출입과 저서생물의 활동이 활발한 곳으로 물질교환, 이류·확산작용이 활발하게 진행되는 곳으로, 간조에는 태양에너지를 직접 받게되어 게류나 선충류 등의 많은 저서생물이 서식하고, 다양한 갯벌생물이 먹이와 생존을 위해 만든 많은 구멍이 존재한다(松本 등, 1992). 이와 같은 표층부근의 서식환경은 유기물을 소비·분해하는 작용과 개펄에 구멍을 파고 이동하는 저서생물의 저층 교란·혼합하는 작용의 조화로 생명활동이 활발한 환경이 되어있다. 이로 인해 개펄표층의 각종미생물은 활성을 갖게되

고 물질순환은 촉진되어 갯벌 저층으로의 온도 전달 및 영양염류의 순환에 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다(박, 1998).

### 3. 개펄 흙의 온도분포와 기상조건

개펄에서의 열에너지교환은 대기·해수·개펄의 삼자간의 상호관계에 의해 행하여지며 물의 흐름과 조석작용 및 기상조건의 영향으로 복잡하게 변화한다. 특히, 조위가 개펄표면 이상인경우의 열에너지교환은 대기와 해수면사이 및 해수와 개펄표면사이에서 일어나며, 개펄표면이 드러난 경우에는 대기와 개펄표면사이에서 직접 열에너지교환이 이루어져 열의 교환형태는 크게 달라진다.

그림 4는 현지관측에서 취득한 개펄 흙의 온도분포, 계측지점의 수위변동, 일사량과 강우량의 시간적 변화를 각각 여름과 겨울로 나타낸 것이다.

그림 4와 같이 관측기간중의 날씨는, 여름에는 8월 23일과 25일의 강우와 8월 24일의 흐린 날씨, 겨울에는 2월 16, 17일의 강우를 제외하면 거의 맑은 날이었다. 이 기간중의 일사량은 구름진 날과 비오는 날을 제외하면 정오전후의 최대일사량은 0.9kW/m<sup>2</sup>의 높은 값을 보였다.

그림에서 계측지점의 수위는 ARIAKE만 연안의 주기적인 조위변동과 관계되므로 그림 5에

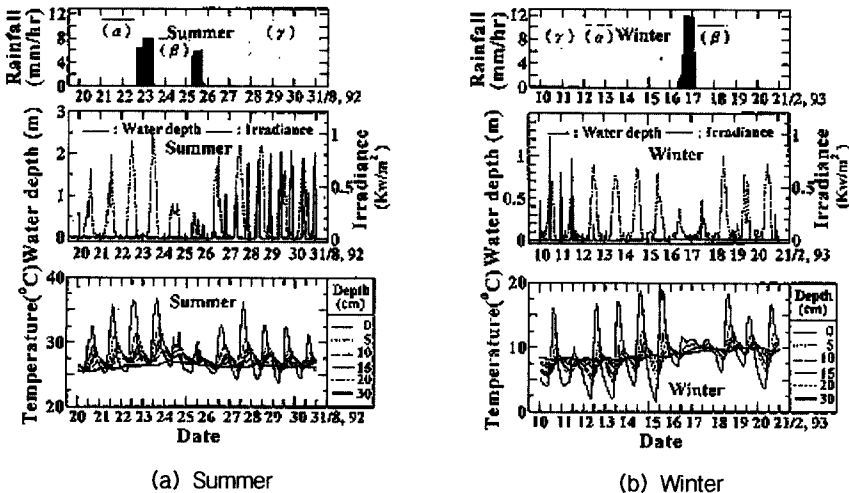


그림 4. 강우, 수위, 일사량 및 온도의 시간적 변화

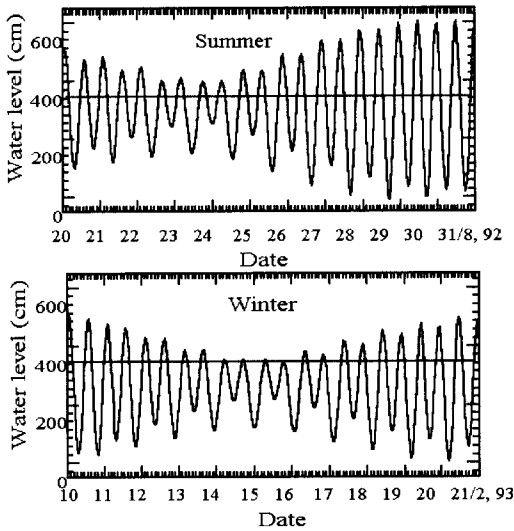


그림 5. 조위 관측점 Suminoe에서의 조위 변동

는 계측지점에서 가까운 조위 관측점(Suminoe)에서 취득한 조위데이터를 계측지점의 표고(D.L.=+4m, 개펄표면)를 고려하여 나타냈다. 그림에서 소조(neap tide)때에는 개펄표면이 드러나고, 대조(spring tide)에 가까워질수록 잠수시간은 길어진다. 하루동안 온도분포의 시간적·공간적인 변화는 그날의 날씨와 개펄표면의 함수상태에 따라 매우 크다. 특히, 갯벌표층과 그에 가까운 5cm심도에서의 시간적 온도변화는 기상변동에 따른 일사량변동에 의해 온도도 변한다. 이와 같이 개펄표면과 그 근방의 온도변화는 일사량과 개펄의 수위변동에 따라 크게 영향을 받는다.

비오는 날과 구름진날에는 비와 구름의 영향으로 일사량은 매우 낮아 거의 모든 깊이에서 같은 온도분포를 나타낸다. 그러나, 맑은 날의 경우에는 일사량의 변화에 따라 개펄표면과 그 근방의 온도는 심한 변화를 나타낸다. 특히, 하루중 일사량의 증가가 시작되는 9시경부터 개펄표면과 그 근방의 온도는 상승하여 점차 아래층으로 전도된다. 그러나, 일사량이 감소하는 18시경부터 일사량이 다시 증가하기 시작하는 다음날 8시까지 개펄표면으로부터 깊이 20cm부근까지 온도감소가 지속된다. 이와 같이 개펄표면은 대기의 영향을 받아 열을 개펄에 전달

하기도 하고 개펄의 열을 대기에 방출하는 역할을 하여 주변생태계에 온도조절작용과 개펄 외부환경을 형성하는 요소·요인과 서로 깊은 관련성을 가진다.

특히, 방사, 일사, 온도, 수분환경은 서로 밀접한 상호관계 속에서 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 따라서, 이러한 상호간의 관계를 명확히 밝힘으로서 연안생태환경특성을 특징지을 수 있을 것이며 생태계모델구축에 반영해 줄 수 있을 것이다.

개펄 흡수 온도의 경우 여름에는 개펄표면과 그 근방의 온도가 심층보다 현저하게 높고, 겨울에는 심층보다 약간 낮은 계절특징을 나타낸다. 온도교차는 연중 4월이 가장 크며(朴, 1997), 이 일교차의 특성은 이곳에서 생활하는 저서생물에게 외부생태환경의 변화를 알려주는 역할을 하고 있는 것으로 생각된다. 이러한 관계를 알아보기 위해 그림 4에서 특징이 명확한 2일간의 3점을 선정하여 개펄표면온도와 기상조건과의 관계를 그림 6에 나타냈다.

3점의 특징은 다음과 같다. ( $\alpha$ )는 조석작용의 영향이 없고 개펄표면이 드러난 경우, ( $\beta$ )는 강우가 있고 개펄표면이 물과 접촉해있는 경우, ( $\gamma$ )는 조석작용의 영향아래 있으면서 일사량이 많은 경우이다.

먼저, ( $\alpha$ )의 경우: 개펄표면온도와 일사량, 기온과의 관계는 일정한 형태의 Hysteresis loop를 형성한다. 즉, 개펄표면온도와 기온과의 Hysteresis loop는 여름에는 상승곡선과 하강곡선이 거의 일치하나 겨울에는 상승과 하강이력경로에 약간의 차이를 보인다. 이는 개펄표면의 온도변화가 계절에 따른 온도변화에 반응하여 태양에너지를 흡수·저장하였다가 발산하는 과정을 잘 나타내준 것으로 해석된다.

( $\beta$ )의 경우: 구름과 비 그리고 물은 태양에너지를 차단하는 작용을 하여 일정한 Hysteresis loop는 형성되지 않는다. 즉, 대기온도와 개펄표면온도 또는 해수면수온은 일사량이 없기 때문에 거의 같은 값을 나타낸다. 이와 같이 태양에너지에 의한 일사량은 개펄의 온도변화에 큰 영향을 준다.

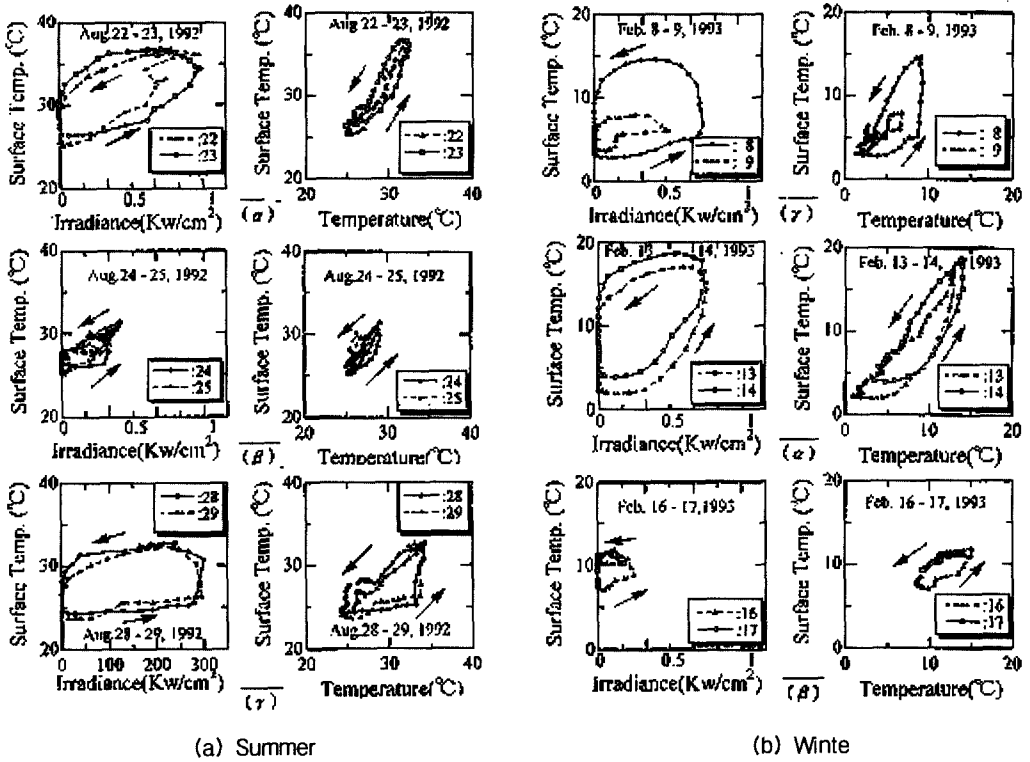


그림 6. 개펄표면 온도와 대기온도와의 관계

(γ)의 경우 : 개펄표면온도와 기온이 형성하는 Hysteresis loop는 조위의 변동에 따라 물의 유·출입에 따라 이력곡선은 급변한다. 특히, 일사량의 peak시각과 갯벌 함수시간이 거의 일치할 경우, 개펄표면과 그 근방온도의 시간변동은 억제되는 경향을 보인다. 일사량과 기온과의 Hysteresis loop 상승곡선의 경우 그 경향이 두드러지게 나타난다.

이와 같은 개펄의 온도변화특성은 열에너지의 저장과 발산과정을 통해 저서생물의 생활환경을 형성하는 요소에 깊이 관여해 물질순환 및 에너지교환을 활성화시키는 것으로 생각된다.

4. 온도확산률, 체적열용량과 열전도율

개펄의 온도확산률, 체적열용량과 열전도율은 개펄 흙의 온도분포나 열 수송의 중요한 인자로 그 특성파악이 중요하다.

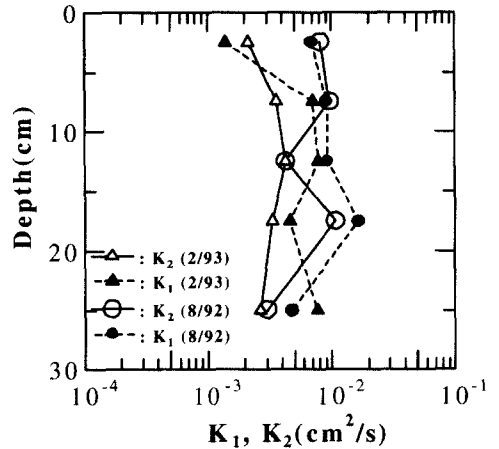


그림 7. 심도별  $K_1, K_2$

식(2)와 식(3)으로 각각 산출한 온도확산률  $K_1, K_2$ 의 월 평균치(그림 7)는 각 심도별로 차이는 있으나 거의  $4 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$  전후의 값을 갖는다(박, 1998). 각 심도별  $K_1, K_2$ 의 값이 월에

따라 상당한 차이를 보이는 주요원인은 조석작용과 함수변화의 영향에 기인한 것으로 추정된다. 주요한 특징으로 표층의 온도확산률은 여름에는 폭넓은 분포경향을 보이며, 겨울에는 어느 정도 집중되어 나타나는 경향을 보였다. 특히, 변화가 많은 곳은 표층이며, 10cm 전후 깊이의  $K_1$ 과  $K_2$ 는 계절의 변화에도 일정한 값에 가까운 특징을 나타내고 있다. 이는 이 해역에서 서식하는 개펄의 저서생물이 계절의 변화에도 개펄속의 온도변화가 적은 층을 서식환경으로 한 것과 밀접한 관계를 가지고 있다고 생각된다. 즉, 개류나 선충류 등의 많은 개펄의 저서생물은 봄부터 여름까지 표층부근에서 주로 서식하고, 가을에서 겨울에는 깊이 5~15cm 역을 생활장소로 하고 있는 것으로 생각된다(松本, 1992; 朴, 1997). 때문에 봄에서 여름까지의 온도확산률의 변화는 표층에서 크고 심층의 변화는 작다. 반면에 가을에서 겨울의 온도확산률 변화는 5~15cm층에서 크고 표층부근에서의 변화는 거의 없다. 이와 같은 차이는 저서생물에 의한 생물적 교반 등으로 인해 각 심도에서 온도전달 효과로 나타난 것으로 생각된다. 그러나, 각 깊이에 대한  $K_1$ 과  $K_2$ 의 평균치는 비교적 서로 유사한 값을 보이고 있다.

또한, 개펄 흙 속의 온도분포와 그 변동특성과 약과 개펄 흙 속의 열 흐름, 저류, 방열 등의 관계를 알아보기 위해 개펄 흙의 비열 및 열전도율을 알 필요가 있다.

온도확산률  $K$ 와 체적열용량( $C \cdot \rho$ ) 및 열전도율( $\lambda \tau$ )의 관계는 다음과 같다.

$$K = \frac{\lambda \tau}{C \cdot \rho} \dots\dots\dots (4)$$

여기서,  $K$ 는 온도확산률(cm/s),  $\lambda \tau$ 는 열전도율(cal/cm/s/°C),  $C$ 는 개펄의 비열(cal/g/°C),  $\rho$ 는 개펄의 밀도(g/cm),  $C \cdot \rho$ 는 체적열용량(cal/cm/°C)이다.

개펄 흙의 비열  $C_s$ 를 혼합법에 의해 구하면 0.4cal/g/°C가 얻어지며, 계측지점의 평균염분농도 16‰의 해수비열  $c_w$ 는 0.98cal/g/°C이다. 개펄

밀도  $\rho_s$ 는 실험에 의해 구하고, 해수밀도  $\rho_w$ 는 계측지점의 평균염분농도 16‰을 적용하면 1.013g/cm<sup>3</sup>가 얻어진다. 이 값들을 사용해 얻어진 평균 체적열용량은 1.14cal/cm/°C가 된다. 여기서, 식(4)로부터 열전도율은 수분의 증가와 함께 증가하나 체적열용량( $C \cdot \rho$ )은 감소한다. 따라서 온도확산률  $K$ 는 수분의 증가에 따라 증가한다는 것을 알 수 있다. 그 결과 온도확산률의 평균치와 같이 강우량이 많은 여름의 온도확산률은 비교적 큰 반면 겨울철 값은 그에 비해 작게 나타나 이 관계를 적절하게 잘 설명해주는 것으로 판단된다.

또한, 본 연구에서 얻어낸 평균 체적함수율은 특히 10cm층에서 높고 깊을수록 낮은 경향을 보였다. 이 값을 적용시킨 결과 이 해역의 평균적인 체적열용량은 1.14cal/cm/°C, 평균적인 온도확산률은  $4.6 \times 10^{-3}$ cal/cm/s/°C가 얻어졌다.

이상과 같이 개펄표면에서 10cm부근은 함수량 변화가 많은 곳으로 수분의 이동과 변화가 커져서생물이 서식하기 좋은 환경으로 되어 있는 것으로 생각된다. 반면에 20cm 이심은 투수계수는 작으며(표 1), 함수량이 적은 관계로 생물작용도 적고 온도확산율에 미치는 영향도 적은 것으로 추정된다. 따라서 이 지점의 열송도 일정한 양으로 서서히 진행되고 있음을 알 수 있다.

따라서, 개펄저서생물의 서식환경으로 적합한 생활장소로는 주로 물의 출입이 잦고 물질순환이 순조로운 곳이 사용되고 있는 것으로 파악된다. 이상과 같이 물의 흐름과 온도변화의 특성은 개펄 저서생물의 서식환경과 밀접한 관계가 있음이 확인되었다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 개펄생태환경조사의 일환으로 해수의 흐름과 탁도 및 개펄 흙 속의 온도를 측정된 결과 다음과 같은 특성을 알게되었다.

1. 간조시 해저가 드러나는 전후에 있어서 해저부근에서 저니의 resuspension으로 생각되는 탁도의 급증현상이 파악되었다.



2. 수심이 알아지는 해저의 간출전후에 파랑이 있을 경우 해저부근에서의 흐름의 흐트러짐이 급증하는 현상을 보였다.
3. 개펄 흙 속의 온도는 개펄수위와 기상조건의 영향을 크게 받고 있음이 확인되었다.
4. 개펄 흙 속의 온도변화를 통해 개펄내의 온도분포특성과 영양염류변동추이의 경향이 파악되었다.

이와 같은 결과는 연안환경의 개발과 수복을 위한 갯벌환경특성을 파악할 수 있는 기초자료로 유용하게 이용될 수 있을 것이며, 개펄의 환경보전과 개발에 이용할 수 있을 것이다. 그러나 개펄에는 물리·화학적인 요소와 더불어 생물학적 요소가 복잡한 상호관계 속에서 독특한 생태계를 형성되어 있기 때문에 앞으로 이에 관한 더 많은 조사와 이론적인 검토를 필요로 한다.

### 인용문헌

- 朴鍾和·中山哲嚴·瀨口昌洋. 1997. 干潟底生生物の生息環境に関する現地調査. 海岸工学論文集. 第44卷(2). pp.1161-1165.
- 박종화. 1998. 간석지 개흙속의 온도변화와 간극수내의 영양염농도 분포특성. 한국관개배수 5(2) : 41-51.
- 한상배. 1999. 연안통합관리방안. 해양수산부. pp.1~6.
- 土壤物理測定法委員會. 1972. 土壤物理測定法. 養賢堂. pp.287-289.
- 松本光秀·石橋信義·近藤榮造. 1992. 有明海の河口域および海岸域の線蟲相とムツゴロウ生息地との關聯. 佐賀大學農學部淺總實施研究紀要 6. pp.25-26.
- 栗原康編著. 1991. 河口・沿岸域の生態學とエコテクノロジー. 東海大學出版會.
- 栗原康. 1992. 汽水域のエコロジー. 干潟の修復めぐって. 土木學會別冊増刊. 77(9), pp.35-39.
- D. F. Boesch, M. N. Josselyn, A. J. Mehta, J. T. Morris, W. K. Nuttle, C. A. Simenstad, and D. J. P. Swift. 1994. Scientific assessment of coastal wetland loss, restoration and management in Louisiana. *J. Coastal Research Special Issue* 20 : 1-103.
- Chua, T. -E.. 1993. Essential elements of integrated coastal management. *Ocean and Coastal Management* 21 : 81-108.
- Cicin-Sain, B.. 1993. Sustainable development and integrated coastal management. *Ocean and Coastal Management* 21 : 11-43.
- D. F. Boesch. 1996. Managing Marine Ecosystems and Development : Experiences from the Chesapeake Bay and Other Coastal Ecosystems in the United States. *Fisheries Engineering* 33(1) : 13-18.
- National Research Council. 1994. Restoring and protecting marine habitat : The role of engineering and technology. National Academy Press. Washington, D. C. : 193.

接受 1999年 7月 7日