

연안해역에서 파도에 의한 해수 침투이론의 비교와 정량화

정정조⁽¹⁾, 최두형, 김태근, 岡田光正

Analysis and Quantification of Seawater Infiltration by Wave Action in Coastal Zone

by

Cheong-jo Cheong⁽¹⁾, Doo-hyoung Choi, Tae-keun Kim and Mitsumasa Okada

요 약

조간대와 같은 연안지역에서 해수의 토양 이동이 가지는 의미는 육상으로부터 유입되는 오염물질의 토양 이동 및 생물농축, 저서생물들의 생존에 필수적인 플랑크톤, 박테리아, 유기쇄설물, 산소, 영양염, 유기물의 생물공급, 수질 정화량 산정의 중요한 단서가 된다는 점이다. 따라서, 본 연구에서는 폐쇄성 수역과 같이 파도에너지가 비교적 작은 조간대에서 파도에 의한 해수의 침투거동을 해석하고, 파도에너지와 사면 구배의 변화에 따른 해수의 침투량 변화를 파악하고, 그 결과를 바탕으로 실제 조간대에서의 해수 침투량을 개략적으로 산정하는 것을 목적으로 하여, 모의 조간대 실험장치를 이용하여 실험을 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 폐쇄성 수역과 같은 파도에너지가 작은 조간대에서는 파도에 의해서 해수가 반원형의 형태로 토양층으로 침투하는 semi-circular mechanism은 지금까지 알려지지 않았던 새로운 침투 거동임을 알 수 있었다. 구배 또는 쇄파파고에 따라 해수의 침투량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한, 해수는 쇄파파고 보다는 구배의 영향을 크게 받아서 토양층으로 침투한다는 사실을 알 수 있었다. 현장토양을 이용하여 해수의 침투량을 정량화 할 수 있었으며, 본 연구의 결과를 바탕으로 현장 조간대에서의 해수 침투량을 개략적으로 산정 할 수 있었다. 따라서, 본 연구 결과를 바탕으로 오염물질의 토양 이동 및 생물농축, 저서생물들의 먹이공급, 수질 정화량 산정에 관한 연구가 활발히 진행되기를 요망한다.

Abstract

To know the seawater infiltration into tidal flat sediment in coastal area is very important, because it is significantly correlated with the infiltration and transportation of pollutants in soil, the supply of dissolved oxygen, nutrients and organic matter to benthic organisms for survival of benthic organisms and the seawater purification. So, we set up purpose to clarify the infiltration behavior of seawater by wave action in tidal flat, to clear the effects of slope of tidal flat and breaking wave height on seawater infiltration and to quantify the infiltration volume of seawater. For purpose, the seawater infiltration was studied with visualization method by using coloring tracer and transparent glass

(1) 정희원, 순천대학교 환경공학과, cheongcj@hanmail.net

beads replaced as natural sediment in model tidal flat. Specific conclusions derived from this study are as follows. The semi-circular type infiltration of seawater by wave action into saturated sediment was a new infiltration behavior that was not considered in previous studies. The infiltration rate of seawater was increased with increasing of breaking wave height and slope of tidal flat. However, the effects of the slope was bigger than that of breaking wave height on seawater infiltration into tidal flat sediments. It was possible to calculate the infiltration volume of seawater by wave action in natural tidal flat sediment and in fields. Therefore, we can point out that wave action play an important role in the supply of dissolved oxygen, nutrients and organic matter to benthic organisms, transportation or diffusion of pollutants and seawater purification. So, we hope to be studied the supply of food to benthic organism, pollutant transport and seawater purification on the base of these results.

Keywords: Model Tidal Flat, Breaking Wave Height, Seawater Infiltration, Filling wedge Mechanism, Semi-circular Mechanism

1. 서 론

조간대란 조석에 의해 주기적으로 대기 중에 노출과 침수의 사이클을 반복하는 평탄한 지대로서, 다양한 종의 생물들이 서식하고 있기 때문에 생물자원의 보고로서 중요한 위치를 점하고 있다. 또한, 조간대는 유용수산생물의 양식·육성의 기능, 수질정화 기능, 레크레이션과 같은 친수기능을 가지고 있다.

조간대와 같은 연안지역에서 해수의 토양 이동에 관한 연구가 가지는 의미는 다음과 같은 세가지로 크게 분류 될 수 있다. 먼저, 산업의 발달과 더불어 육상으로부터 유입되는 오염물질이 해수의 토양침투와 더불어 토양중으로 이동하여 저서생물(benthos)의 오염물질 농축이라는 결과를 초래 한다는 점이다(Owen[1978]). 둘째로는, 해수 중에는 저서생물들의 생존에 필수적인 플랑크톤, 박테리아, 유기쇄설물(organic detritus), 산소, 영양염 그리고 유기물이 다량으로 함유되어 있기 때문에 해수의 토양침투가 저서생물의 활동과 밀접히 관계하고 있다고 보는 관점이다(Brown and McLachlan [1990]; Heip and Herman [1995]). 그리고, 마지막으로 연안지역의 조간대는 해수수질을 정화하는 기능을 보유하고 있기 때문에, 해수의 토양침투가 수질의 정화량 산정에 중요한 단서가 된다는 관점이다.

연안지역에서 파도에 의한 해수의 침투는

Riedl과 McLachlan에 의해서 연구되었다(Riedl [1971]; Riedl et al. [1972]; Riedl and Machan [1972]; McLachlan [1982]; McLachlan et al. [1985]). 그들이 제안한 파도에 의한 해수의 침투 이론은 Filling wedge mechanism이라고 불리우며, 이 침투이론은 외양에 접하고 있어 파도가 1~8 m인 지역에서 일어난 침투 이론이다. 그러나, 폐쇄성수역과 같이 파도에너지가 비교적 작은 조간대에서도 Riedl과 McLachlan이 제안하는 이론과 동일한 형태로 해수의 유동이 형성되리라고는 추측하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 폐쇄성 수역과 같이 파도에너지가 비교적 작은 조간대에서 파도에 의한 해수의 침투거동을 해석하고, 파도에너지와 사면구배의 변화에 따른 해수의 침투량 변화를 파악하고, 그 결과를 바탕으로 실제 조간대에서의 해수 침투량을 개략적으로 산정하는데 목적을 두고 있다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1은 본 연구에서 사용한 모의 조간대 실험장치로서, 조간대(5.0 mL × 0.8 mW × 1.0 mH), 조파장치, 조석조절장치, 저류조, 온도조절장치로 구성되어 있으며, 컴퓨터 시스템에 의해서 자동

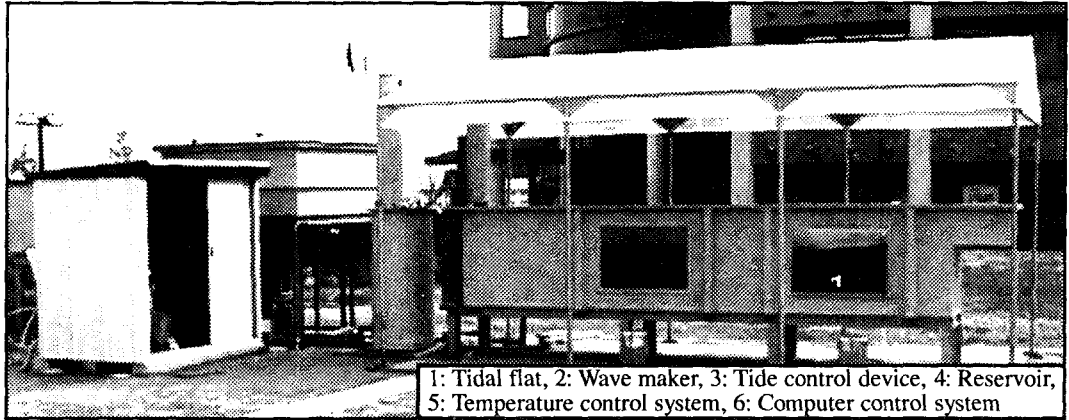


Fig. 1 Photograph of experimental set-up.

으로 제어된다.

실험장치의 몸체는 FRP로 만들어져 있으며 해수침투를 용이하게 하기위해서 관측창(0.6 mL × 0.9 mW)이 2개 부착되어있다. 실험에 사용한 해수는 염분 $32 \pm 2\%$ 의 인공해수이며, 수온은 $15 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 제어하였다.

해수의 토양침투는 사면에 부딪칠 때의 파도의 크기, 즉 쇄파의 크기에 의해서 직접적으로 영향을 받을 것으로 판단하였기 때문에 파도의 세기를 쇄파파고(Hb: breaking wave height)로 정의하였다(Galloway [1988]).

본 연구의 대상지역(日本 廣島灣(Hiroshima灣)의 江田島(Eta island))에서 청명한 날 쇄파파고와 파의 주기를 측정하여 분석한 결과 각각 50~100 mm와 0.8~2.0 sec의 범위였기 때문에, 본 연구에서 기본적인 파도 조건은 쇄파파고를 50 mm, 주기를 0.8 sec로 설정하였다. 조석에 의한 수위변동 속도도는 간조에서 만조까지의 평균 수위변동시간 6시간과 조석변동폭 2 m의 관계로부터 계산하여 0.009 cm/s로 하였다.

2.2 해수의 침투거동

폐쇄성수역과 같은 파도의 에너지가 작은 조건대에서 파도에 의한 해수의 토양 침투거동을 파악하기위해서 가시화기법(visualization method)을 이용하였다. 현장의 실제토양을 대신하여 글래스비즈(glass beads, 비중: 2.5 g/cm^3)를 사용하였으며, 해수의 유동을 모니터링하기위해서 색소트레이서(coloring tracer)로서는 해수와 비중이 거

의 동일한 0.02M의 과망간산칼륨용액을 사용하였다. 글래스비즈는 조건대 사질 지형에서 모래입자의 크기와 유사하게 직경을 1 mm로 하였다. 직경 1 mm의 글래스비즈를 시물레이터의 조건대 탱크에 충전하여 토양의 구배를 10/100으로 만든 다음, 파도를 발생시켜 해수의 침투를 관측했다.

실험 전 피펫을 이용하여 과망간산 칼륨용액을 토양표면에 적하하였으며, 파도와 조석을 발생시켜 과망간산칼륨용액의 이동을 비디오카메라(SONY Co. Digital Handy Camera DCR-VX1000)를 이용하여 촬영해서 시간경과에 따른 해수의 침투거동을 관측했다.

2.3 구배와 파고의 변화가 해수 침투량에 미치는 영향

구배의 변화에 따른 해수침투의 변화를 파악하기 위해서 구배를 5/100, 10/100, 15/100, 20/100로 변화시켰으며, 쇄파파고의 차이에 의한 해수 침투의 변화를 명확히 하기위해서는 쇄파파고를 20, 30, 50 mm로 변화 시켰다. 이때 해수의 침투는 2.2절에서 설명한 바와 동일한 방법으로 가시화 하였으며, 해수의 침투를 변화는 시간에 따른 색소의 침투면적을 촬영한 영상을 컴퓨터 소프트웨어를 이용하여 분석하였다.

2.4 해수 침투량의 정량화

해수의 침투량을 정량화 하기위해서 실제의 현장 토양을 사용하였으며, 그 토양의 유기물함량, 공

극률, 평균입경은 각각 0.93%, 43% 그리고 0.65 mm 였다. 모형 조간대 사면의 경사는 1/20으로 하였다.

먼저, 파도에 의한 해수의 침투량을 정량화 하기 위해서 해수의 트레이서로서 질산화 리튬(LiNO₃)을 사용하였으며(Wrenn[1997]), 해수중의 질산화 리튬의 농도가 10 mg/L이 되도록 모형 조간대 탱크의 해수에 용해 시켜 균일하게 혼합하였다. 그리고, 조석변동이 없는 상태에서 50 mm의 쇠파파고를 0.8 sec의 주기로 발생시켜 3시간 동안 지속했다. 3시간 후, 내경 2.5 cm, 길이 30 cm의 아크릴관을 이용하여 7.5 cm 간격으로 토양시료를 채취하였다. 채취한 시료는 리튬의 수직농도분포를 파악하기 위해서 1 cm 간격으로 절단하여 균일하게 혼합한 다음, 0.01-N농도의 질산용액을 주입하여 10분 동안 격렬하게 진탕시켰다. 진탕액은 5000 rpm으로 15분 동안 원심 분리 시켜 상등액을 ICP(ICAP-575II, Nippon Jarrell-Ash)로 분석하였다.

파도에 의한 해수의 토양침투량은 리튬의 수직농도분포 결과로부터 산정했다. 1일 단위면적 당 파도에 의한 해수의 침투량 V_w (m³/m²/d)는 리튬의 침투깊이로부터 구한 해수의 침투단면적(A_i)에 조간대 사면의 단위 폭(W)과 토양의 공극률(P)를 곱해 침투량을 산정했으며, 여기에 사면길이 1 m를 이동하는데 걸리는 수위변동시간(t)과 조석변동에 의해 하루동안 사면의 한 지점을 통과하는 횟수(N , 4회)를 곱해서 계산하였다.

$$V_w = A_i \times W \times P \times t \times N / (W \times L) \quad (1)$$

여기서, V_w 는 파도에 의한 해수의 침투량 (m³/m²/d), A_i 는 리튬의 침투깊이로부터 구한 해수 침투면적의 시간 변화량(m²/s), W 는 조간대 사면의 단위 폭(m), P 는 토양의 공극률(0.39), t 는 사면길이 1 m를 이동하는데 걸리는 수위 변동시간(sec), N 은 조석변동에 의해 해수면이 사면의 한 지점을 통과하는 횟수(4회, d⁻¹), L 은 조간대 사면의 단위 길이(m)를 나타낸다.

2.5 실제 조간대에 있어서 해수 침투량의 산정

본 연구에서 대상으로 선정한 조간대는 日本 廣島灣(Hiroshima灣)의 江田島(Eta island)에 있는

2개소이다. 양 조간대는 1987년 동시에 조성되었으며, 물리적 특성은 Table 1 에 제시한 바와 같다. 양 조간대에 있어서 파도에 의한 해수의 침투는 조간대 모의 실험장치를 이용하여 얻어진 실험결과를 이용하여 산정하였다. 실험결과를 현장에 적용할 시, 규모(scale)의 차이에 의해 결과가 다소 차이가 있을 수도 있을 것으로 판단되나 본 연구에서는 새롭게 밝혀낸 해수의 침투거동을 바탕으로 현장에서의 개략적인 침투량을 산정해 보는데 의의를 두고 있다.

두 조간대의 토양 평균입경은 각각 1.4 mm와 0.8 mm이다. 이들 두 조간대의 토양은 본 연구에서 사용한 입경 1 mm 글래스비즈와 입자의 균일성 등의 차이는 있으나 입경이 유사하기 때문에 글래스비즈의 실험결과를 이용하여 개략적인 산정을 시도하였다.

Table 1 Physical conditions of the two tidal flats.

Items	Site-A	Site-B
Slope	0.7/100	4/100
Mean diameter (m)	0.8	1.4
Wave breaking height (cm)	5~10	5~10
Tidal velocity (cm/sec)	0.009	0.009

3. 결과 및 고찰

3.1 해수의 침투거동

Fig. 2는 조석변동이 없는 상태에서 파도에 의한 해수의 토양 침투거동을 가시화한 결과를 50초 간격으로 나타낸 결과이다. 글래스비즈 표면에 파망간산칼륨 용액을 적하한 다음 파도를 발생시켰을 때, 파도는 조간대 사면에서 부서지게 되고 파망간산칼륨 용액은 쇠파가 도달하는 사면의 정

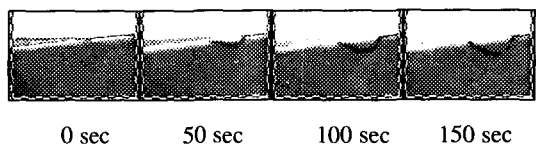


Fig. 2 Infiltration behaviors of seawater by wave action.

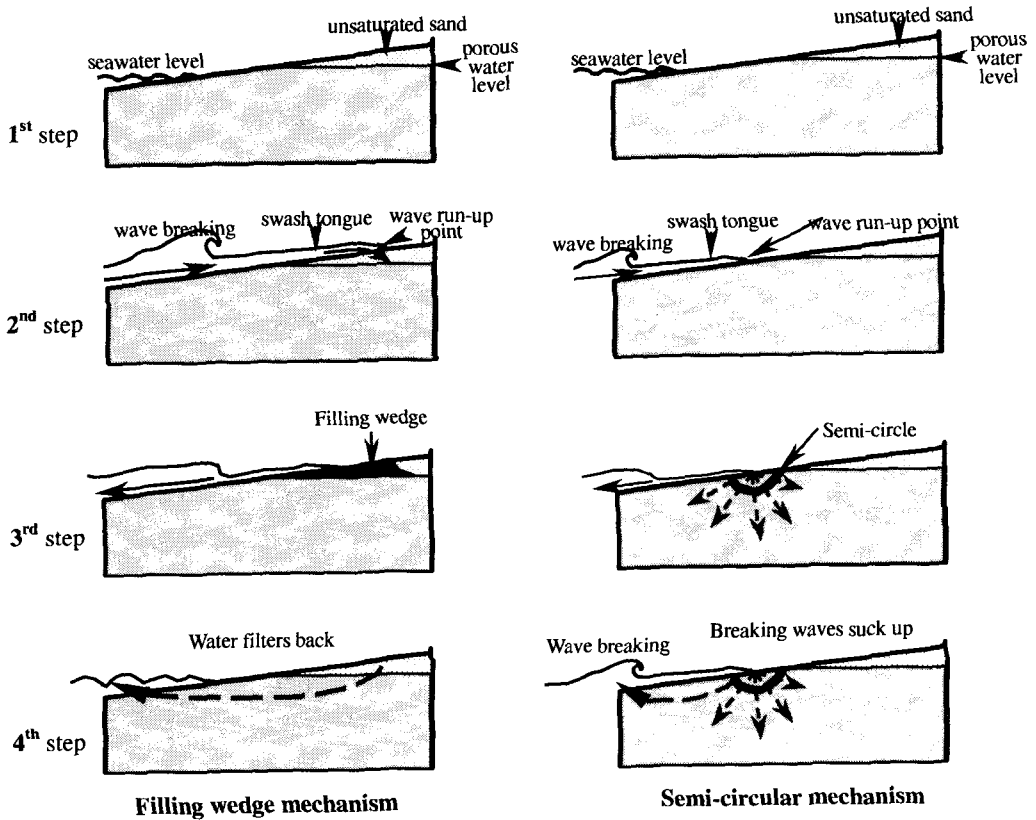


Fig. 3 Comparison of infiltration behaviors of seawater by wave action.

점(breaking wave run-up point)을 중심으로 반원형태로 글래스비즈의 사면 내부로 침투해가는 것이 관측되었다. 본 연구에서 관측된 파도에 의한 반원형태의 해수의 침투거동은 지금까지 밝혀지지 않았던 새로운 침투 거동이었다(Riedl [1971]; Riedl et al. [1972]; Riedl and Machan [1972]; McLachlan [1982]; McLachlan et al. [1985]).

Fig. 3은 본 연구에서 새롭게 관측된 반원형의 침투거동과 기존의 Filling wedge mechanism과의 차이를 비교 설명하고 있는 그림이다. 먼저 Filling wedge mechanism에 의한 해수의 침투는, Fig. 3의 좌측에 제시한 바와 같이 조간대의 사면에서 전진된 파도가 부서져 wave swash로서 사면을 따라 상승하여 불포화 토양까지 도달하게 되고 도달된 해수는 중력에 의해서 토양 공극 중으로 썰기 모양의 형태로 침투하게 된다는 것이

다. 이 침투이론은 파고 1~8 m의 커다란 파가 5~9sec의 주기로 발생될 때 제안되는 것으로, 썰기모양의 공극률을 측정해서 해수의 침투량을 추정하고 있다.

한편, Fig. 3의 우측에 도시된 것처럼 비교적 평온한 파도의 조건에서 측정된 본 연구의 결과(Fig. 2)는 썰파 도달점을 중심으로 포화 토양 중으로 해수가 침투하고 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 포화수위보다 윗부분의 불포화 토양표면으로부터 썰기모양의 해수 침투는 관측되지 않았다. 파도가 부서져 사면을 따라 상승하는 유체는 위로 이동함에 따라서 수두가 상승하게 된다. 그로 인해, 압력이 변화하게 되고, 이 압력변화를 경계로 하는 다공성 매디아에서는 압력이 Laplace방정식을 만족시키는 포텐셜 흐름영역이 형성되기 때문에 관측되는 것처럼 상승되는 부분을 기점으로 부터 방사형 모양으로의 유동발생이 생겨난다고

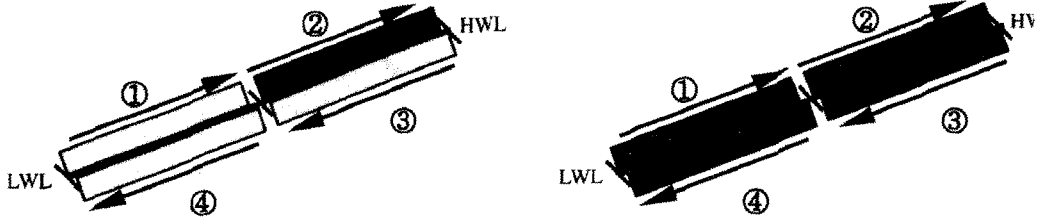


Fig. 4 Comparison of infiltration volume of seawater into the tidal flat sediments at rising and falling tide. The figures show infiltration volume of seawater in Filling wedge

해석된다(Baba and Doi [1998]; Goto et al. [1998]).

Fig. 4는 해수의 수위가 조간대 사면의 각 지점에 위치해 있을 때 파도에 의한 해수의 침투량 변화를 설명하고 있는 그림이다. 먼저, 왼쪽의 Filling wedge mechanism의 경우에서 해수의 수위가 ①번 위치에 있을 때는 전 조석의 낙조시 사면의 상부로부터 계속적으로 간극수가 유하하여 토양간극이 포화상태가 되므로 해수의 침투량은 매우 적게 된다. 그리고 해수의 수위가 ②번의 위치에 있을 경우에는 사면의 모양이 불포화되기 때문에 해수 침투량이 비교적 크다. 한편, 해수수위가 ③과 ④의 위치에 있을 경우, 즉 낙조시의 경우는 간극수가 해수 수위 보다 느리게 유하하기 때문에 ①번 위치에서와 마찬가지로 비교적 해수의 침투량이 적게 된다. 한편, 사면이 포화조건에서 해수가 침투하는 우측의 Semi-circular mechanism의 경우는 토양의 모세관작용에 의해서 간극수위가 항상 해수수위보다 높은 위치에 위치하기 때문에 ①~④의 모든 조건에서 해수의 침투량이 거의 일정하다.

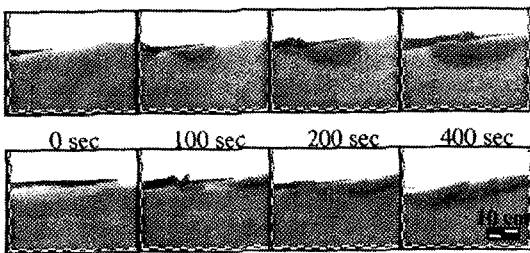


Fig. 5 Infiltration behaviors of seawater by wave and tidal fluctuation. The photos show infiltration behavior in rising tide (top) and falling tide (bottom).

Fig. 5는 파도와 조석을 동시에 발생시켰을 경우, 과망간산칼륨용액(색소)의 시간에 따른 침투거동을 나타내고 있다. 전진한 파도가 사면에 부딪치면 색소가 파도의 도달점을 중심으로 해서 반원형으로 확산되는 현상은 조석에 관계없이 일어났다. 그러나 낙조와 창조시의 색소트레이서의 침투형태는 약간 달랐다. 창조시 색소 트레이서의 침투형태가 낙조시의 형태에 비해서 반원형에 가까웠으며, 400초 후 토양표면으로부터 반원의 제일 깊은 침투깊이는 창조시와 낙조시 각각 17.2 cm, 5.0 cm로서 창조시에 보다 깊이 토양중으로 침투하였다. 창조시와 낙조시의 파도에 의한 색소트레이서의 침투형태의 차이는 토양 간극수의 이동에 의해 기인되었다고 생각된다. 다시 말해, 낙조시의 색소트레이서의 침투깊이가 창조시 보다 작은 것은, 육지쪽으로부터 바다쪽의 간극수의 흐름이 영향을 미쳤다고 추정된다.

3.2 구배와 쇄파파고기 해수의 침투에 미치는 영향

구배와 쇄파파고와 같은 물리적인 차이에 의한 해수의 침투속도가 어떻게 영향을 받을 것인지를 검토했다. 먼저, 파의 쇄파파고가 50 mm, 주기를 0.8 sec로 설정한 조건에서 사면의 구배를 변화시켜 가면서 해수의 침투를 변화를 구하였다. 각각의 구배조건에서 3회씩 측정을 행한 다음, 그 값들을 평균해서 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 구배가 커짐에 따라서 그것에 비례해서 해수의 침투율이 커지는 것을 알 수 있었다. 구배가 2배가 되면 침투율도 2배가 되는 것을 볼 때, 해수침투에 미치는 구배의 영향은 매우 큼을 알 수 있었다. 이 이유는 사면의 구배가 커지면 수면의 평균 수위가 증가하여 파도에 의한 쇄파의 처오름

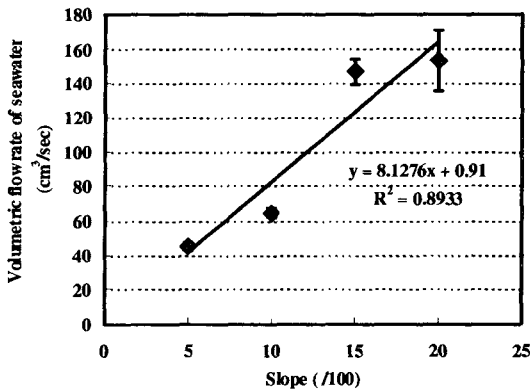


Fig. 6 Infiltration velocity of seawater as affected by the change of slope. Linear regressions are fitted to the data with y denoting vertical axis and x horizontal axis. Data plotted are the mean of triplicate samples \pm standard deviation. Breaking wave height is 50 mm.

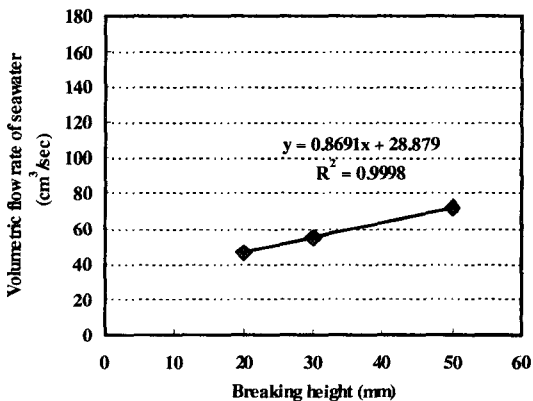


Fig. 7 Infiltration velocity of seawater as affected by the change of wave breaking height. Data plotted are the mean of triplicate samples \pm standard deviation. Tidal flat slope is 10/100.

(swash)이 도달하는 점에서의 수두가 증가하게 되는데 이 때문에 해수의 침투량이 증가 했다고 판단된다.

Fig. 7은 사면구배가 10/100, 파도의 주기가 0.8 sec의 조건에서, 쇄파파고를 20, 30, 50 mm로 변화시켰을 경우의 해수의 침투율 변화를 나타내고 있다. 쇄파파고가 20 mm 일 경우의 침투율이 46.41 cm³/sec였으며, 30 mm와 50 mm의 경우에는 각각 54.73 cm³/sec와 72.41 cm³/sec이었다. 따라서 해수의 침투속도는 쇄파파고가 커짐에 따라서 증가하는 경향을 나타냄을 알 수 있었다. 쇄파파고가 20 mm로부터 30, 50 mm로 증가하였을 경우 해수의 침투율은 각각 1.2배 1.6배 증가하였다.

3.3 해수 침투량의 정량화

Fig. 8는 파도의 발생으로부터 3시간 경과후의 리튬의 침투깊이를 나타낸 결과이다. 사각형의 심볼은 토양표면으로부터 -6 ~ -15 cm에서의 리튬 농도를 평균한 값을 나타낸 결과이며, 이 결과를 기준값으로 하여 각 시료 채취지점의 0 ~ -5 cm까지의 리튬농도를 검토하였다. 시료채취지점No. 1에서 No. 5에서 기준값 보다 높은 농도를 나타낸 깊이는 각각 1, 2, 4, 1, 1 cm였다. 가장 깊은 침투깊이는 4 cm였으며, 이 값은 쇄파가 도달하는 지점(No. 3)으로부터 얻어졌다. 이 값들을 근거로 볼 때 글래스비즈를 이용했을 경우와 실제 토양을 이용했을 경우의 해수 침투거동은 거의 유사한 형태를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 이 결과로부터 해수 침투 면적은 약 47×10⁸ m²/s을 알 수 있었다. 따라서 앞에서 언급한 파도에 의한 해수침투량 계산식 (1)을 이용하여, 총 해수 침투량 V_w를 산정한 결과 약 0.45×10³ m³/m²/d의 값을 얻었다.

3.4 실제 조건대에 있어서 해수 침투량의 산정

파도에 의한 해수 침투량은 쇄파파고 50 mm, 100 mm조건에 관하여 계산하였다. 양 조건대에서 파도에 의한 해수의 침투율은 결과 Fig. 6와 7의 회기식으로부터 산출하였으며, 그 결과를 Fig. 9에 제시하였다. 쇄파파고가 50 mm 일 경우, Site - A와 Site - B에서의 해수 침투량은 각각 0.003와 0.065 m³/m²/d이었다. 한편, 쇄파파고가 50 mm일 경우의 양 조건대에서의 해수 침투량은 0.005와 0.104 m³/m²/d이었다. 조건대

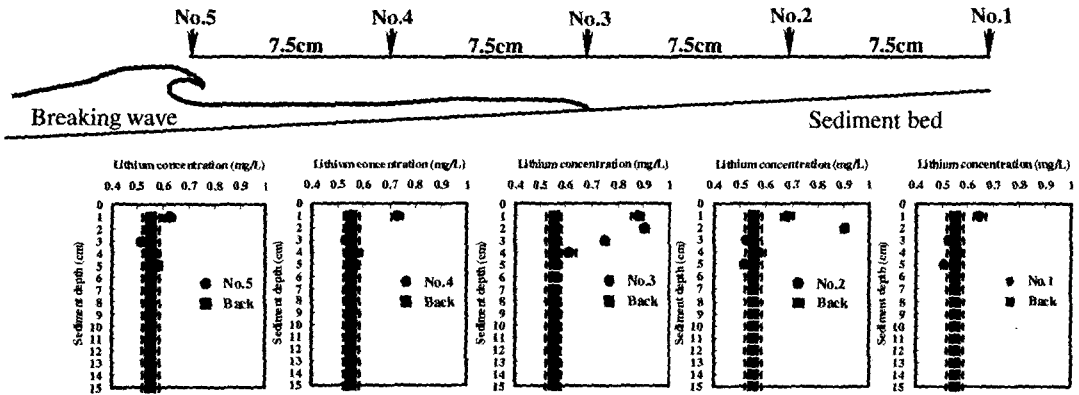


Fig. 8 Infiltration depth of lithium tracer by wave action after 3 hr. Numbers show sampling point with an interval of 7.5 cm between columns. Square symbols show the mean of triplicate data±standard deviation from -6 cm to -15 cm under the sediment surface. Circular symbols show the mean of triplicate data±standard deviation from 0 cm to -5 cm.

Site - B에서 파도에 의한 해수의 침투량이 Site - A보다 개략적으로 약 10배 이상 많은 것을 알 수 있었다. 양 조건대에 있어서 해수 침투량의 차이는 구배(4/100 (Site-B), 0.7/100(Site-A))의 차이 에 의해서 기인되었음을 알 수 있었다.

4. 결 론

조건대와 같은 연안지역에서 해수의 토양 이동이

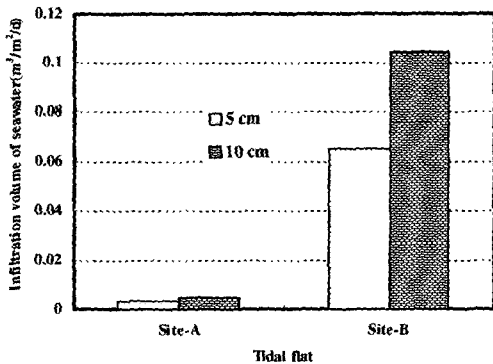


Fig. 9 Infiltration volume of seawater by wave and tidal action in two tidal flats. The areas of each tidal flat are 2.3 ha.

가지는 의미는 육상으로부터 유입되는 오염물질의 토양 이동 및 생물농축, 저서생물들의 생존에 필수적인 플랑크톤, 박테리아, 유기쇄설물, 산소, 영양염, 유기물의 생물공급, 수질 정화량 산정의 중요한 단서가 된다는 점이다. 따라서 본 연구에서는 폐쇄성 수역과 같이 파도에너지가 비교적 작은 조건대에서 파도에 의한 해수의 침투거동을 해석하고, 파도에너지와 사면 구배의 변화에 따른 해수의 침투량 변화를 파악하고, 그 결과를 바탕으로 실제 조건대에서의 해수 침투량을 개략적으로 산정하는 것을 목적으로 하여, 모의 조건대 실험장치를 이용하여 실험을 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 폐쇄성 수역과 같은 파도에너지가 작은 조건대에서는 파도에 의해서 해수가 반원형의 형태로 토양중으로 침투하는 semi-circular mechanism은 지금까지 알려지지 않았던 새로운 침투 거동을 알 수 있었다.

2) 구배 또는 쇄파파고가 높아짐에 따라서 해수의 침투량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한, 해수는 쇄파파고 보다는 구배의 영향을 크게 받아서 토양중으로 침투한다는 사실을 알 수 있었다.

3) 현장토양을 이용하여 해수의 침투량을 정량화 할 수 있었으며, 본 연구의 결과를 바탕으로 현장 조건대에서의 해수 침투량을 개략적으로 산정 할 수 있었다.

따라서 본 연구 결과를 바탕으로 오염물질의 토양 이동 및 생물농축, 저서 생물들의 먹이공급, 수질 정화량 산정에 관한 연구가 활발히 진행되기를 요망한다.

참고문헌

- [1] Baba, E and Doi, Y., 1998, "Visualization of internal flow of sea bed by use of transparent glass beads", Proceedings of First International Workshop on Coastal Ecosystems and Hydrodynamics, 22~47.
- [2] Brown, A. C. and McLachlan, A., 1990 Ecology of Sandy Shores, Elsevier Science Publishers B.V., The Netherlands, 145~163.
- [3] Galloway, J. S., 1988, "Field investigation of suspended-sediment clouds under plunging breakers", Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 27, 119~130.
- [4] Goto, K., Doi, Y., Higo, Y., Mori, K., Cheong, C. J., and Baba, E., 1998, "Effect of waves on percolation in surf zone", 6th International Symposium on Nonlinear and Free-surface Flows, Hiroshima, Japan, 67~70.
- [5] Heip, C. H. R and Herman, P. N. J., 1995 "Carbon flows in the Westerschelde estuary (The Netherlands) evaluated by means of an ecosystem model (MOSES)", Hydrobiologia, Vol. 311, 247~266.
- [6] McLachlan, A., 1982, "A model for the estimation of water filtration and nutrient regeneration by exposed sandy beaches", Marine Environmental Research, Vol. 6, 37~47.
- [7] McLachlan, A., Eliot, I. G., and Clarke D. J., 1985, "Water filtration through reflective microtidal beaches and shallow sublittoral sands and its implications for an inshore ecosystem in Western Australia", Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 21, 91~104.
- [8] Owen, E. H., 1978, "Mechanical dispersion of oil stranded in the littoral zone", J. Fish. Res. Board Can, Vol. 35, 563~572.
- [9] Riedl, R. J., 1971, "How much seawater passes through sandy beaches?", Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie, Vol. 56, 923~946.
- [10] Riedl, R. J., Huang, N., and Machan, R., 1972, "The subtidal pump: a mechanism of interstitial water exchange by wave action", Marine Biology, Vol. 13, 210~221.
- [11] Riedl, R. J. and Machan, R., 1972, "Hydrodynamic patterns in lotic intertidal sands and their bioclimatological implications", Marine Biology, Vol. 13, 179~209.
- [12] Wrenn, B. A., 1997, "Nutrient transport during bioremediation of contaminated beach: evaluation with lithium as a conservative tracer", Water research, Vol. 31, 515~524.