

해안대 표사광물들의 분화과정과 중력선별특성

리향미, 허응룡, 김철주

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 지적하시였다.

《급속히 늘어나는 인민경제적수요에 맞게 더 많은 연료와 원료자원을 찾아내기 위하여서는 지질탐사사업을 현대화하여야 합니다.》(《김정일선집》 제14권 증보판 505페이지)

일반적으로 해안대 표사광물들은 원시물질원천이 풍화침식작용과 운반 및 농집작용을 받아 형성된다.

바다수역으로 반입된 퇴적물은 시공간적으로 부단한 운동과 퇴적과정을 거쳐 립도별로 밀도차에 따라 분급된다.[3]

본문에서는 해안대 표사광물들의 바다물매질에서의 분화과정과 중력선별특성사이의 호상관계를 고찰하였다.

1. 해안대 표사광물의 분화과정

바다물매질에서는 밀도가 서로 다른 각이한 립도의 퇴적물립자들이 침강될 때 먼저 침강된 무거운 립자들은 그 자리에 퇴적되고 부유상태의 가벼운 립자들은 먼곳으로 이동되면서 퇴적된다. 즉 해안대 표사광물들은 밀도와 립도에 따라 분화퇴적된다.

한편 일정한 장소에 퇴적된 퇴적물립자들은 수력학적조건이 변화되면 다시 운동상태로 넘어가게 되는데 이 립계수력학적조건을 퇴적물의 기동속도라고 한다. 퇴적물의 기동속도계산공식들은 여러가지가 있는데 그가운데서 가장 적합한 공식은 다음과 같다.[1]

$$v_e = 0.22 \left(\frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0}, \frac{gd}{f_{cw}} \right)^{1/2}, \quad d \geq 0.217 \text{mm} \quad (1)$$

$$v_e = \frac{0.55}{\sqrt{f_{cw}}} \nu^{0.36} \left(\frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} g \right)^{0.32} d^{-0.04}, \quad d < 0.217 \text{mm} \quad (2)$$

여기서 d 는 퇴적물의 립도, ρ_s 와 ρ_0 은 퇴적물과 매질의 밀도, g 는 중력가속도, ν 는 매질의 운동학적점성결수, f_{cw} 는 파도흐름종합마찰결수로서 바닥자름응력과 관계된다.

퇴적물의 기동립도는 기동속도에 의하여 움직일수 있는 퇴적물립자의 크기이다. 퇴적물의 기동립도계산식의 유도과정은 좀 복잡하지만 최종결과식은 다음과 같다.

$$d_e = \tau_{cw} / [0.05(\rho_s - \rho_0)g] \quad (3)$$

여기서 τ_{cw} 는 바닥자름응력이다.

해안대 표사광물의 립도분포에 영향을 미치는 퇴적물립자의 크기와 밀도에 따르는 침강속도, 물깊이와 퇴적물립자의 기동립도에 따르는 기동속도는 표 1, 2와 같다.

표 1. 퇴적물립자의 크기와 밀도에 따르는 침강속도(cm/s)

립도/mm	밀도/($\times 10^3 \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)					
	3	4	5	6	7	18
0.005	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.023
0.05	0.270	0.410	0.540	0.680	0.820	2.310
0.1	3.240	3.710	4.090	4.400	4.680	6.620
0.5	16.220	18.570	20.400	22.010	23.400	33.100
1.0	32.400	37.200	40.880	44.000	46.800	66.200
2.0	64.900	74.280	81.750	88.060	93.600	132.400
3.0	97.300	111.000	123.000	132.000	140.000	198.600
5.0	162.200	185.700	204.000	220.000	234.000	331.000

표 2. 물깊이와 퇴적물립자의 기동립도에 따르는 기동속도(m/s)

물깊이/m	기동립도/mm				
	0.05	0.2	0.4	0.6	3
1	0.18	0.23	0.24	0.29	0.64
5	0.24	0.23	0.31	0.38	0.84
10	0.27	0.26	0.35	0.42	0.95
20	0.30	0.29	0.39	0.48	1.06
40	0.34	0.32	0.44	0.53	1.19
60	0.37	0.35	0.46	0.57	0.28

표 1과 2에서 보는바와 같이 해안대에는 광물조성과 립자들의 크기, 분급과정을 통제하는 수력학적인자들의 작용세기에 따라 광물조성이 다른 조립, 중립, 세립질표사광상구역이 존재하게 된다. 다시말하여 바다바닥의 어느 한 지점에서 퇴적물립자들은 어떤 순간에는 침강속도공식에 따라 분포되는데 이 퇴적물들은 어떤 순간에는 다시 기동속도공식에 따라 분산되므로 광물조성과 립도가 서로 다른 광상구역들이 존재하게 된다.

2. 중력선별특성

충흐름, 막흐름상태에서 퇴적물립자의 자유침강속도는 다음의 식으로 계산한다.[2, 4]

$$v_S = \frac{gd^2(D_S - D_f)}{18\eta} \quad (4)$$

$$v_N = \left[\frac{3gd(D_S - D_f)}{D_f} \right]^{1/2} \quad (5)$$

여기서 v_S 와 v_N 은 충흐름과 막흐름상태에서의 퇴적물립자의 침강속도, D_S 는 퇴적물립자의 밀도, D_f 는 용액의 밀도, η 는 매질의 점도, g 는 중력가속도, d 는 퇴적물립자의 크기(직경)이다.

그러면 식 (4)와 (5)를 다음과 같이 간단히 표시하자. 즉

$$v_S = k_1 d^2 (D_S - D_f) \quad (6)$$

$$v_N = k_2 [d (D_S - D_f)]^{1/2} \quad (7)$$

여기서 k_1 과 k_2 는 상수이고 $(D_S - D_f)$ 는 밀도가 D_f 인 용액속에 잠겨있는 밀도가 D_S 인 퇴적물립자의 유효밀도이다.

식 (6)과 (7)로부터 어떤 액체속에서 퇴적물립자의 침강속도는 퇴적물립자의 크기와 밀도에 관계되는 함수라는것을 알수 있다. 그러므로 자유침강립도비에 대한 일반식은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{d_a}{d_b} = \left(\frac{D_b - D_f}{D_a - D_f} \right)^n \quad (8)$$

여기서 d_a 와 d_b 는 퇴적물립자 a 와 b 의 크기, D_a 와 D_b 는 퇴적물립자 a 와 b 의 밀도이다.

스톡스법칙을 따르는 세립립자들인 경우에는 $n=0.5$ 이고 뉴턴법칙을 따르는 조립립자들인 경우에는 $n=1$ 이다. 그리고 $50\mu\text{m} \sim 0.5\text{cm}$ 인 중간크기의 립자들인 경우에는 $n=0.5 \sim 1$ 이다.

실천에서 퇴적물립자들은 자유침강보다도 간섭침강의 영향을 더 많이 받는다. 광액속에서 광물립자들의 양이 많아지면 립자들사이의 간섭효과가 더 커지므로 립자들의 침강속도는 작아지며 간섭침강속도의 차가 더 커진다. 따라서 식 (7)을 변형시켜 다음과 같은 광물립자들의 침강속도계산식을 얻을수 있다.

$$v = k[d(D_S - D_P)]^{1/2} \quad (9)$$

여기서 D_P 는 광액의 밀도이다.

식 (9)에서 보는바와 같이 광액의 밀도가 커질수록 유효밀도($D_S - D_P$)가 작아지므로 침강속도도 작아진다.

식 (8)에서 D_f 를 D_P 로 바꾸면 다음과 같은 간섭침강립도비공식을 얻는다.

$$\frac{d_a}{d_b} = \left(\frac{D_b - D_P}{D_a - D_P} \right) \quad (10)$$

식 (10)으로부터 간섭침강립도비는 광물립자의 크기와 광액의 밀도에 관계된다는것을 알수 있다. 즉 광물립자의 크기가 클수록 그리고 광액의 밀도가 클수록 립도비가 크다는것을 알수 있다.

각이한 밀도를 가진 해안대 표사광물들의 간섭침강립도비계산결과는 표 3과 같다.

표 3. 해안대 표사광물들의 간섭침강립도비(기준은 석영)

구분	광액의 밀도 /($\times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	광물의 밀도/($\times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)					
		3	4	5	6	7	18
스톡스립자	1.0	1.100	1.348	1.557	1.740	1.907	3.210
	1.5	1.391	1.615	1.865	2.085	2.284	3.845
알렌립자	1.0	1.137	1.490	1.805	2.094	2.365	4.735
	1.5	1.194	1.678	2.100	2.483	2.839	5.905
뉴턴립자	1.0	1.212	1.818	2.424	3.030	3.636	10.303
	1.5	1.739	2.609	3.478	4.348	5.217	14.780

이와 같이 해안대 표사광물들의 립도비와 광액의 밀도비를 크게 할수록 표사광물들에 대한 중력선별의 효과성을 더욱 높일수 있다.

맺는 말

1) 해안대 표사에는 퇴적물의 저질조성과 그것의 분급과정을 통제하는 수력학적인자들의 작용세기에 따라 광물조성이 다른 조립, 중립, 세립질표사광상구역이 존재한다.

2) 해안대 표사광물들의 립도비와 광액의 밀도비를 크게 할수록 표사광물들에 대한 중력선별의 효과성을 더욱 높일수 있다.

참고문헌

- [1] 김형식; 조선민주주의인민공화국 과학원통보, 5, 38, 주체102(2013).
- [2] B. A. Wills et al.; Mineral Processing Technology, Pergamon. Press, 215~254, 1981.
- [3] 许肖梅; 海洋技术概论, 科学出版社, 130~146, 2000.
- [4] 陈丽蓉; 中国海沉积矿物学, 海洋出版社, 12~14, 2008.

주체102(2014)년 2월 5일 원고접수

Sorting Process and Gravity Concentration Characteristics of Placer Minerals at the Coastal Area

Ri Hyang Mi, Ho Ung Ryong and Kim Chol Ju

We considered the relationship between the sorting process of the placer minerals in the seawater vehicle and the gravity concentration characteristic.

In the coastal area, placer areas of coarse, middle and fine-size deposits with different mineral composition according to the action intensity of hydrodynamics components which control the floor component of sediments and its sorting process.

The greater grain-ratio and density ratio of pulp placer minerals in the coastal area are, the more elevate to the effectiveness of gravity concentration in the placer minerals can be.

Key words: costal area, placer mineral, concentration characteristics