

## 花津浦 現生堆積物의 堆積環境에 關하여

鄭 雨 烈 · 朴 龍 安

서울대학교 自然大 海洋學科

### DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS OF THE RECENT SEDIMENTS IN THE HWAJINPO LAKE, GANGWEONDO, KOREA

*Woo Yeol Jung and Yong Ahn Park*

Department of Oceanography, College of Natural Sciences, Seoul National University

#### ABSTRACT

Forty four dredged surface sediments from the bottom of the Hwajinpo Lake and its vicinity were investigated in terms of the sedimentary depositional environment. The characteristics of the sedimentary textures, chemistry and clay mineralogy of these sediments were analysed by X-ray diffraction, chemical (EDTA titration and atomic absorption), sieving and pipette techniques.

The lake sediments were chiefly mud and the beach sediments were sand. However, the lake sediments from its seaward zone were sand or muddy sand. The textural parameters, that is, mean size, sorting value and their pair diagram seems to be characteristic in the area studied. Based on these data it seems to be reasonable that the Hwajinpo Lake was developed by the accretion and growth of a barrier spit along the shore investigated.

The chief clay minerals identified were kaolinite, muscovite and the presence of vermiculite was believed as minor composition

The major chemical compositions of these sediments, that is,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  and  $\text{K}_2\text{O}$  were contained in unit sample. The ratio of alumina to sodium oxide as a chemical index seems to indicate that the inner lake sediments are more mature than the outer one.

#### 序 論

汽水湖인 花津浦(그림 1)에 對한 生態學的인 研究가 여러 차례에 걸쳐 實施된 바 있으나(洪思漢外 1969; 嚴圭白, 1971, 1973; 전승관外 1969; 卞忠圭外 1975) 現生堆積物에 對한 堆積環境의 研究는 實施된 바 없다. 따라서 本 研究에서는 花津浦의 堆積物에 對한 組織標準値와 分布 特性 및 湖水堆積物中에 包含된 粘土鑛物의 種類와 湖水堆積物의 化學成分을 堆積過程의 堆積要因으로 하여 本 域의 現生堆積環境特性을 밝히고자 한다.

花津浦는 江原道 東海岸에 位置한 一連의 汽水湖水群中 가장 北쪽에 위치하며 滿水時 水面積이 약 2.06km<sup>2</sup>로서 제일크다. 湖形은 中央部分의 幅이 좁고 水深이 얇아 內湖와 外湖(바다 쪽으로 兩分되고 外湖의 바다쪽에는 barrier spit가 發達되어 있다. Barrier spit는 內, 外湖가 만나는 부근에서는 海水面上 높이가 약 4m이고 바다와 湖水가 간헐적으로 연결되는 水路쪽으로 감에 따라 완만한 경사를 이루면서 낮아진다. 花津浦의 主要 水源은 降雨時 인근 小河川들을 통한 淡水流入인데 이로 因하여 滿水가 되면 그 壓力에 依하여 바다와 湖水가 간헐적으로 연결되는 水路가 개방되어 담수가 유출되고 파고가 클 때

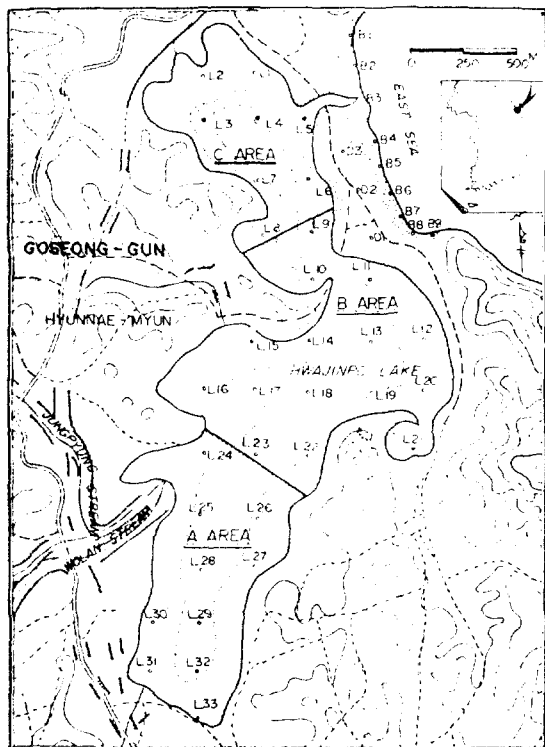


Fig. 1. Map showing the sample sites and the isopleth of depth in the Hwajinpo Lake.

는 해수가流入되기도 한다.

### 材料和 方法

本 研究를 爲하여 42個의 표품을 채취하였는데 湖水內의 水深이 깊은 곳에서는 skin diving으로 표품을 채취하였다. 실험실에 돌아와 우선 42개 표품에 對한 粒度分析을 實施하였으며 基準單位로는  $\phi$  scale을 擇하였다.  $4\phi$  以上인 조립표품은 Ro-Tap shaker를 利用한 乾式 채질로 分析하였고  $4\phi$  미만인 세립질 표품은 pipette方法으로 分析하였다. 이때 擴散劑로는 Calgon(Sodium hexametaphosphate)을 使用하였다.

조립표준치는 지금까지 여러 가지 계산법이 提案되었으나(Trask, 1932; Inman, 1952; Folk & Ward, 1957; Friedman, 1961) 本 研究에서는 가장 보편화된 Folk & Ward의 graphic measure法에 의하여 분석계산 되었다.

湖底 堆積物中에 包含된 粘土鑛物의 종류를 究明하기 爲하여 x-ray 廻折分析을 실시하였는데

표품을 Caroll(1970)과 Triplehorn(1970)이 使用하였던 方法을 統合한 혼합방법에 의하여 준비되었다. 즉, 증류수로 표품중의 염분을 除去한 후 標品 약 30gr에 6%의  $H_2O_2$  100ml를 加한 다음 전기 건조기에서  $40^{\circ}C$ 로 한 시간 동안 유지시켜 유기물을 제거하고 1000ml 시린더에서 Stoke's law에 따른 침전속도를 利用하여 2 $\mu$ 미만인 퇴적물을 분리하였고 그후 슬라이드 위에 7~8 방울 떨어뜨려 실내 온도하에서 건조시켰다.

캐롤리나이트(Kaolinite)의 存在 有無를 確認하기 爲하여서는 위와 같이 처리된 標품을  $550^{\circ} \sim 600^{\circ}C$  下에서 한 시간 동안의 열처리를 하였다. 녹니석(Chlorite)의 존재 유무를 확인하기 위하여서는 염분과 유기물질이 제거된 2 $\mu$ 미만의 퇴적물 1gr에 1N의 HCl 30ml를 加한 다음  $80^{\circ}C$ 로 30分 동안 가열한 후 슬라이드를 준비하였다.

X-ray 회절기는 Jeol Model JDX-5P를 使用하였는데 Cu-target, Ni-filter, 30Kv/15mA,  $2^{\circ}2\theta$ /min 조건하에서 실시하였다.

化學 成分 分析 實驗을 爲한 標품은 먼저 건조시킨 標品 1gr에 증류수와 왕수를 가하여 완전히 녹힌 후 No.5c 여과지로 걸러 전체 용액이 250ml가 되도록 희석시켜 준비하였다. 이때 CaO는 EDTA 적정법으로  $Na_2O$ ,  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$ , MgO,  $Fe_2O_3$ 는 atomic absorption spectrophotometer(Perkin Elmer Model 303)를 活用하여 定量하였으며,  $SiO_2$ 는 위에서 얻은 잔유물을 백금 도가니에 옮겨 곧 HF로 3~4회 처리한 다음 定量하였다.

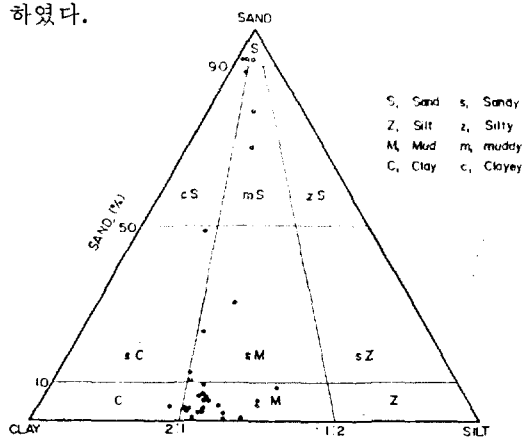


Fig. 2. Ternary diagram showing the granulometry of the sediments from the Hwajinpo Lake.

結果와 考察

粒度分析

粒度分析의 궁극적인 目的은 퇴적환경을 모르는 퇴적물의 퇴적환경을 究明하기 위한 것인데 河川(朴龍安, 1968; 소칠섭 外 1974)과 海濱(김철민 外 1971; 朴龍安, 1975; 崔現日, 1975) 및 沿近海底(김남장 外 1970; 朴龍安 外 1971; 서효준 外 1971; 박명원 外 1972; 김승우 外 1972; 김중구 外 1975)에 對하여서는 研究가 있으나 汽水湖에 對하여는 施行된 바 없다.

粒度分析 結果를 사립(-1~4φ)과 실트(4~8φ) 및 점토(8φ미만)로 나누고 각각의 비율을 Folk의 三角形 그림에 입각하여 분석하여(그림 2) 본 바 barrier spit 부근은 sand or muddy sand, 나머지 大部分은 clay or sandy clay 堆積物相으로 나타났다(表 1).

表 1에서 보면 湖水堆積物의 평균 입도 값 범위는 1.31~9.04φ로 상당히 넓은 반면 해변퇴적물의 평균입도 값 범위는 1.26~2.32φ로 호수퇴적물과 대조를 보인다(그림3). 한편 평균입도 값

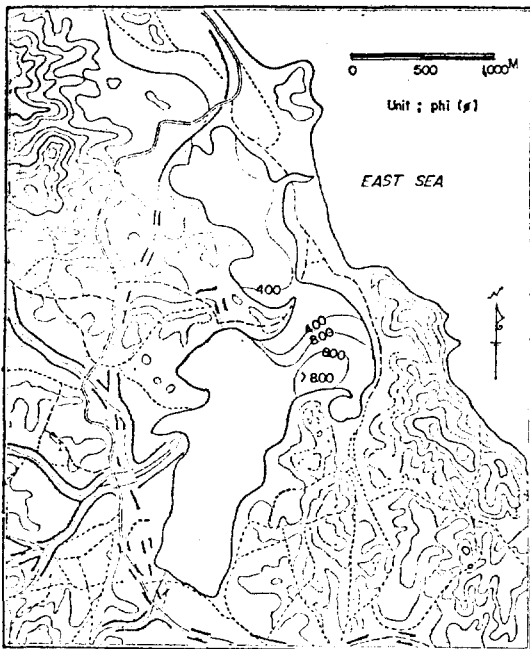


Fig. 3. Isopleth map of graphic mean.

Table 1. Size analysis data of the sediments from the Hwajinpo Lake.

Sample	Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)	Type
L1	78.7	10.3	11.0	mS
L2	8.8	51.3	39.9	M
L3	4.6	48.2	47.2	M
L4	6.9	47.8	45.2	M
L5	69.9	14.0	16.1	mS
L6	92.2	4.3	3.5	S
L7	9.5	38.8	51.7	M
L8	30.3	29.2	40.4	sM
L9	23.4	27.7	48.9	sM
L10	92.8	1.1	6.1	S
L11	92.5	1.6	5.9	S
L12	10.2	32.1	57.7	sM
L13	6.7	37.2	56.1	M
L14	89.1	3.3	8.4	mS
L15	5.1	35.6	59.3	M
L16	3.9	32.9	63.3	M
L17	3.9	33.4	62.7	M
L18	3.7	40.9	55.4	M
L19	49.0	15.4	35.6	sC
L20	7.4	33.6	58.9	M
L22	10.7	34.2	62.3	sM
L23	3.7	38.0	58.4	M
L24	2.3	42.5	55.2	M
L25	1.1	37.9	61.0	M
L26	4.1	29.7	66.2	C
L27	7.3	35.9	56.8	M
L28	1.4	45.7	52.9	M
L29	6.9	37.2	55.9	M
L30	3.7	35.8	60.5	M
L31	4.2	35.2	60.6	M
L32	0.8	41.4	57.8	M
L33	2.2	36.7	61.1	M

mS, muddy sand; M, mud; S, sand; sM, sandy mud; sC, sandy clay; C, clay.

의 水平分布(그림 3)를 보면 內湖와 外湖가 만나는 部分과 호수의 바다쪽 部分이 다른 곳에 비해 조립질임을 알 수 있다.

Folk(1968)에 의하면 평균입도는 퇴적물의 운반거리에 영향을 받는 것이 아니라 地域環境의 堆積條件 強度에 영향을 받고 운반 방향으로도 갈

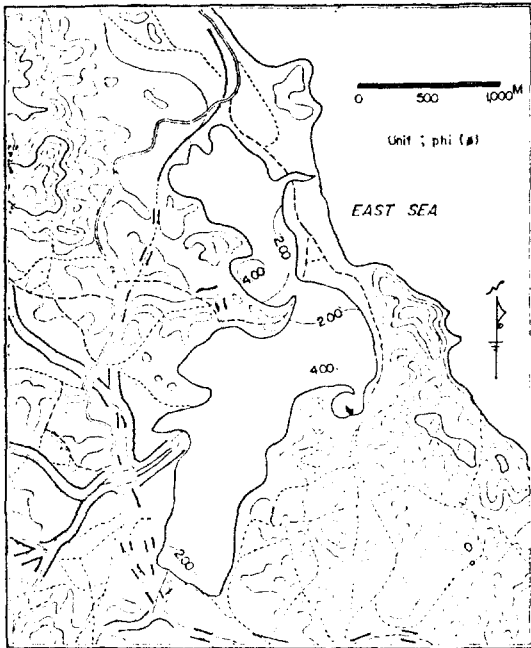


Fig. 4. Isopleth map of standard deviation (sorting).

수목 점점 세립질이 되는데 이와 같은 세립질 경향은 堆積物이 마멸되기 때문이 아니라 선택적 분급작용 때문이라고 하였다. 따라서 호수의 중앙부분(內湖와 外湖가 만나는 부분)과 바다쪽의 粗粒質 퇴적물은 육지로부터 운반되어온 것이라기 보다는 본 퇴적환경의 조건이 국지적으로 다르게 지배되었다고 사료되는 바이다.

한편 화진포 지역 퇴적물의 분급상태를 보면 海濱이 0.21~0.69φ 범위로 호수의 1.26~4.17φ 보다 양호하다(그림 4). 특히 內湖와 外湖가 만나는 호수의 中央部分의 분급도가 다른 곳에 비해 양호하고 분급도의 등치선(그림 4)이 평균입도 등치선(그림 3)과 유사한 형태를 보이고 있는데 이는 平均粒度의 水平分布에 영향을 준 要因이 分級度의 水平分布에도 영향을 주었음을 시사하는 것으로 보인다.

分級度는 어느 堆積環境이든 平均粒度와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있는데(Folk, 1968) 本 花津浦 地域 堆積物의 分級度와 平均粒度를 짝 그림으로 作成하여 그림 5의 결과를 얻었다. 이 결과를 Folk(1957)가 提示한 소위 "distorted sine curve model", 即, 세립질 모래(Mz: 2~3φ)의 分級이 제일 良好하고 세립질 실트

(Mz: 6~8φ)의 分級이 제일 不良하다는 주장과 대비시켜 본 바 잘 일치하고 있다.

그림 5에서 점선 안에 든 점들은 淡水에 의해 유입되는 점토의 영향을 조금밖에 안 받을 것으로 기대되는 호수의 바다쪽에 해당하는 것들이다. 이들 점선 안에 해당되는 평균입도와 분급도의 값을 갖는 퇴적물은 앞으로 있을 퇴적환경 변화에 따라 두 點群에 接近하여 一致하든가 아니면 계속 두 點群사이에서 存在하게 될 것으로 예상된다. 한편 호수 퇴적물에 대한 분급도와 모래함량과의 관계(그림 6)를 보면 모래함량 20%를 경계로 육지쪽과 바다쪽으로 구분된다. 이 그림에서 육지쪽은 대체적으로 모래함량이 증가함

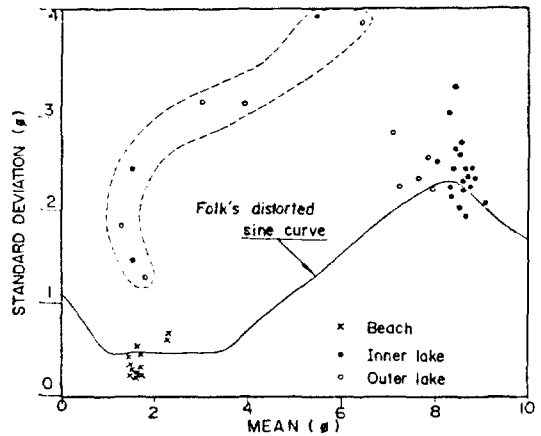


Fig. 5. Plot of mean versus sorting.

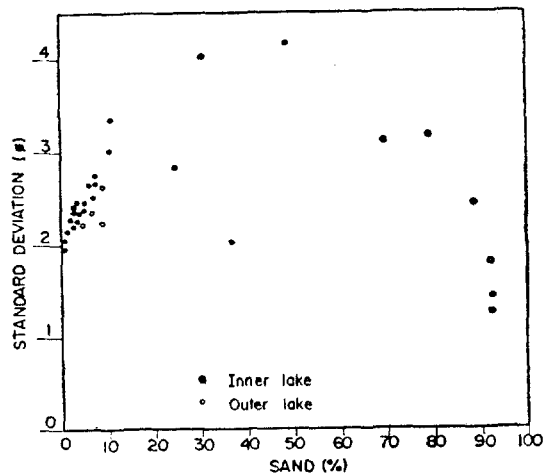


Fig. 6. Plot of sorting versus amount of sand in unit sample.

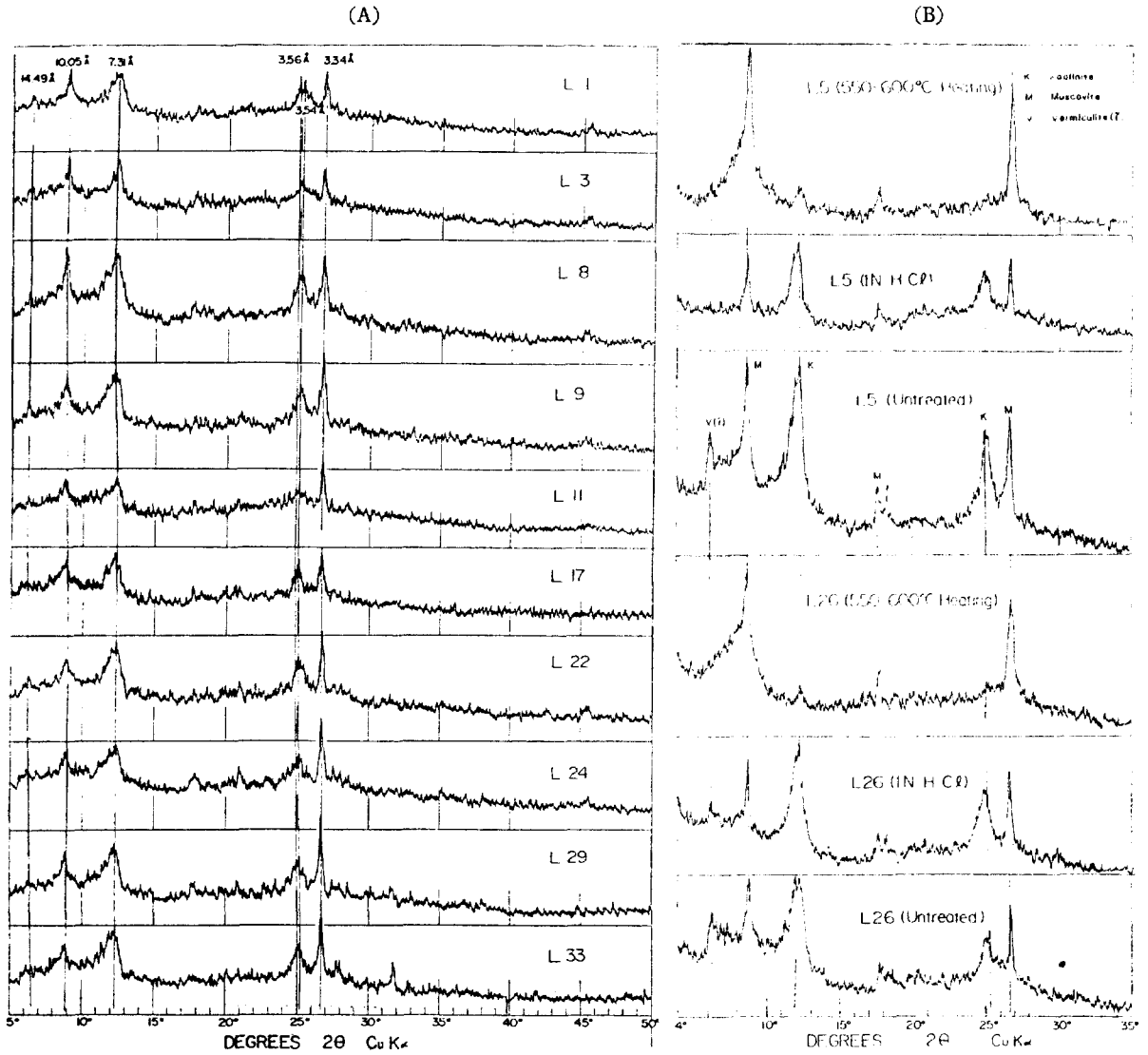


Fig. 7. (A)-X-ray diffraction patterns of the clays from the Hwajinpo lake.  
 (B)-X-ray diffraction patterns of the clays from the Hwajinpo lake.

에 따라 분급도가 좋아지나 바다쪽은 산만한 분포를 보이고 있다.

**X-RAY 회절분석**

먼저 一般的인 粘土鑛物의 分布경향을 보기 爲해 염분과 유기물질을 제거하여 만든 슬라이드를 x-ray 회절분석한 결과 그림 7-A 처럼 모두 비슷비슷 하였다. 다음에 바다의 영향을 많이 받을 것으로 예상되는 L5와 그 반대의 L26을 택하여 1 N HCl 및 550°~600°C의 열처리를 한 후

X-ray 회절분석을 시도하여 그림 7-B의 결과를 얻었다.

그림 7-A에서 x-ray 회절모양을 보면 카오리나이드와 백운모에 해당하는 피크가 현저하다. 이와 같은 사실은 그림 7-B에서 550~600°C 열처리를 한 표본이 10Å, 5Å, 3.3Å의 피크를 제외한 나머지 피크가 소멸되어 백운모의 存在를 입증시켜줄 뿐만 아니라 1 N HCl 처리를 한 후의 표본에서 7.3Å과 3.5Å의 피크를 그대로 보여 캐오리나이드의 存在를 입증하는 것으로도 알 수

Table 2. Chemical composition of the sediments from the Hwajinpo Lake.

Sample	Major elements (% oxides)							Others*
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	
L 3	54.8	12.85	7.58	1.93	0.56	1.15	1.32	19.78
L 5	72.4	6.33	3.86	1.14	0.87	0.69	0.73	14.03
L 7	58.1	10.77	11.15	1.95	0.52	1.09	1.85	18.57
L 10	87.6	1.23	0.86	0.24	0.11	0.16	0.29	9.58
L 14	84.0	2.10	5.11	0.36	0.53	0.29	0.11	7.51
L 16	53.4	14.46	6.58	1.68	1.06	0.96	0.52	21.23
L 19	53.8	14.46	6.43	1.68	1.07	0.96	0.69	20.84
L 20	51.9	14.46	6.43	1.82	1.48	0.96	1.57	21.29
L 26	55.2	14.46	6.43	1.82	0.47	0.96	1.23	19.41
L 31	55.9	14.46	6.43	1.67	0.86	0.95	0.92	18.71

Others\*=organic matter+carbonate+volatile+other elements.

있다. Grim(1968)의 보고에 의하면 14Å 피크가 뚜렷하지 않을 경우엔 버미쿠라이트와 녹니석 및 캐오리나이트의 구별이 힘들는데 녹니석은 1 N HCl에 녹아 캐오리나이트와 구별된다. 한편 14Å 피크가 1 N HCl 처리후 강도가 약해지거나 소멸되며 550~600°C 열처리 후엔 피크가 완전히 나타나지 않는 사실로 보아 버미쿠라이트가 존재하는 것 같다.

### 化學分析

前述한 바와 같이 x-ray 회절분석 결과에 의하면 花津浦 堆積物中の 점토퇴적물은 주로 캐오리나이트, 백운모 및 버미쿠라이트로 나타났다. 이와 같은 표품에 對한 主要化學成分을 분석하여 표품의 주요 化學成分이 어떠한 경향으로 分布하고 있는가를 表 2에 나타냈다. 分析結果를 보면 barrier spit가 湖水 水塊에 덮혔다고 생각되는 지역의 표품 L5, L10, L14를 除外한 堆積物의 主要化學成分은 SiO<sub>2</sub>, 54.30% : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 13.70% : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6.72% : MgO, 1.79% : NaO, 1.16% : K<sub>2</sub>O, 1.00% : CaO, 0.86% 順序를 나타내고 있다.

化學分析 결과를 입도분석 결과와 비교하여 보면 모래 함량이 증가함에 따라 SiO<sub>2</sub> 함량은 증가하나 다른 성분은 감소한다. 이와 같은 현상은 이미 알려진 바와 같이 모래의 주 성분이 규소이고 점토의 주 성분은 알루미늄, 칼륨 및 마그

네슘 등이기 때문이다.

Pettijohn(1957)에 의한 Chemical index(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Na<sub>2</sub>O)에 따른 화진포 호수 퇴적물의 성숙도는 4.24에서 27.81까지 넓은 범위의 값을 나타내는 바 內湖의 平均은 17.43이고 外湖는 7.42로 內湖가 外湖보다 더 높은 成熟度를 나타낸다. 이는 公館지역의 起伏이나 운반매체의 差異보다는 염분의 差異에 기인한 것으로 사료된다.

### 結 論

(1) 湖底表面 堆積物相은 마드(실트와 점토)가 우세한 육지쪽과 모래 및 마드질 모래(모래가 50%以上)가 우세한 바다쪽으로 兩分된다.

(2) 本 研究地域의 퇴적물 平均粒度和 分級度의 平均은 各各 해빈이 1.71φ, 0.37이고 內湖가 7.63φ, 2.41이며 外湖가 5.74φ, 2.58이다. 特히 內湖와 外湖가 接하는 部分과 湖水의 바다쪽 퇴적물의 平均粒度和 分級度는 해빈의 값과 近似하다.

(3) 위의 (1), (2)는 花津浦가 barrier spit의 發達에 의하여 形成되었음을 뒷받침하는 증거로 思料된다.

(4) 本 湖底堆積物에 包含되어 있는 粘土粒鑛物은 주로 캐오리나이트 및 백운모이며 버미쿠라이트도 존재하는 것으로 나타났다. 이들 粘土粒鑛物은 主要 地質構成岩인 變成堆積岩類의 種

화산물로서 남수에 의한 유입으로 사료된다.

(5) 本湖底堆積物의 主要化學成分의 各平均은  $\text{SiO}_2$ , 62.7% :  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 10.56% :  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 5.69% :  $\text{MgO}$ , 1.43% :  $\text{CaO}$ , 0.75% :  $\text{K}_2\text{O}$ , 0.82% :  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0.91% : 기타 17.10%로 나타났다.

## 참 고 문 헌

- Caroll, D., 1970, Clay minerals: A guide to their X-ray identification of clay minerals: Geol. Soc. Am., special paper 126.
- Folk, R.L., and Ward, W.C., 1957, Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters: Jour. Sedimentary Petrology, 27 : 3-26.
- Folk, R.L., 1968, Petrology of sedimentary rocks, p. 3-8, 41-48, Hemphills, Drawer M., University Station.
- Friedman, G.M., 1961, Distribution between dune, beach, and river sands from their textural characteristics: Jour. Sedimentary Petrology, 31 : 514-529.
- Grim, R.E., 1953, Clay mineralogy, 2nd. Ed., 126-158, 528-547, McGraw Hill, N.Y.
- Inman, D.L., 1952, Measures for describing the size distribution of sediments: Jour. Sedimentary Petrology, 22 : 125-145.
- Pettijohn, F.J., 1957, Sedimentary rocks, 2nd. Ed., 100-104, 508-511, Harper & Row, N.Y.
- Trask, P.D., 1932, Origin and environment of source sediments of petroleum, 323, Houston, Gulf Pub. Co.
- Triplehorn, D.M., 1970, Clay mineral diagenesis in Atoka(Pensylvanian) sandstones, Crawford Country, Arkansas: Jour. Sedimentary Petrology, 40 : 838-847.
- Yong Ahn, Park, and Moo Young, Song, 1971, Sediments of the continental shelf off the southern coasts of Korea: Jour. Oceanolo. Soc. Korea, 6 : 16-24.
- Yong Ahn, Park, 1975, Study of littoral sand migration along the west coast of Ahnmyeon Island, Korea: Jour. Oceanolo. Soc. Korea, 10 : 1-6.
- \_\_\_\_\_ 1975, The carbonate beach sediments along the Geumgeri coast, Jin Island, Korea: Jour. Oceanolo. Soc. Korea, 10 : 45-50.
- 김남경, 김승우, 이명환, 1970, 西海 海底堆積物·調査研究報告: 국립지질광물연구소 해양지질조사보고 제1호, 79-99.
- 김승우, 김철석, 이윤오, 김신규, 1972, 西海(中部) 海底堆積物 조사연구보고: 국립지질광물연구소 지질광상조사연구보고 14 : 595-619.
- 김종구, 김승우, 양문열, 장정해, 1975; 西海(군산—동호리간) 연근해저지질 및 지형조사연구보고: 국립지질광물연구소 지질광물조사연구 보고서 제3호 해양지질조사 연구편, 1-54.
- 김철민, 안경필, 강용세, 1971, 東海南部海岸의 퇴적 퇴적물에 對한 조사보고: 국립지질광물연구소, 해양지질조사보고 2 : 89-109.
- 박방원, 송부영, 1972, 한국연안만 해저퇴적물이 입도분류: 한국해양학회지 7 : 74-85.
- 林龍安, 1968, 한강하구에 발달한 퇴적사질퇴적물의 퇴적입석학적연구: 대한지질학회지 4 : 49.
- 박충규, 김진명, 배진웅, 1975, 기수호(항호, 배호, 연평호, 송지호, 화진포)의 환경 및 生物相 조사보고: 국립수질진흥원 사업보고 31 : 131-160.
- 서효준, 김승우, 이윤오, 1971, 西海(中部)底 퇴적물 조사연구보고(I): 국립지질광물연구소 해양지질조사보고 2 : 69-87.
- 소철섭, 이기형, 1974, 한강유역의 현생퇴적물에 관한 연구: 광산지질 7 : 87-100.
- 임규백, 1971, 湖沼에 있어서의 生産구조에 관한 연구 한국식물학회지 14 : 15-23.
- \_\_\_\_\_ , 1973, 하계정체기에 있어서 數個湖沼의 生態學的 비교 연구: 한국식물학회지 16 : 17-34.
- 전승관, 주광연, 주태근, 1971, 內水面 生産性 조사: 국립수질진흥원 사업보고 8 : 56-114.
- 최현일, 한상복, 1975, 금강 하구 해안선 해양지질조사보고: 국립지질광물연구소 지질광물조사연구 보고서 제3호 해양지질조사연구편 79-106.
- 思澳, 曹圭煥, 1969, 花津浦의 水質과 plankton에 關한 研究: 한국육수학회지 2 : 36-42.