

Leyre江 河口 堆積物의 粒度分布資料에 對한 Factor Analysis

오 재 경

海洋開發研究所

FACTOR ANALYSIS OF THE GRAIN-SIZE DISTRIBUTION DATA OF ESTUARY SEDIMENTS OF LEYRE RIVER

Jae Kyung Oh

Ocean Research and Development Institute, Korea Institute of Science and Technology

序 論

今世紀 以來로 主로 心理學 分野에서 使用되어 온 Factor Analysis는 Imbrie와 Van Andel(1974) Harbaugh와 Demirmen(1964), Klovan(1966), 등의 多數의 地質學者들에 依해서 地質學 分野에 對한 적용이 論議되었고, 現在는 堆積學, 古生物學, 地化學等 광범위한 분야에서 방대한 資料를 처리하기 위하여 使用되고 있다.

이 Factor Analysis의 目的은 任意의 多變數들의 集團을 어떠한 수단으로서 이 多變數 集團을 代表할 수 있는 可能한 最少限의 集團으로 再集團化하느냐 하는데 있다. 이 方法은 방대한 資料를 數學的인 형태로 전환할 수 있고 그 相互관계가 確실히 될 경우에 有用하게 사용될 수 있다(Imbrie; 1964).

本 研究의 目的은 不蘭서 南西部 Bordeaux에서 西쪽으로 約 40km떨어져 있고, 스페인 國境에서 Gironde江 河口에 이르는 海岸에서 唯一한 潮間帶 地域이며 Arcachon灣의 東南部에 位置한 Leyre江 河口의 堆積現象과 환경을 규명키 爲해 堆積物의 粒度分布 資料에 對하여 Factor Analysis를 적용하여 堆積환경의 特性을 밝히려는데 있다.

研究地域 概況

研究地域은 不蘭서 남서부 Bordeaux에서 서쪽으로 約 60km지점에 대서양에 연해 있는

Arcachon灣의 東南斜面에 位置한 潮間帶 地域으로서 굴양식장으로 使用되는 地域이며 Leyre江 河口에 해당된다. 高潮時에는 Leyre江의 淡水에 의하여 汽水(salinity 10~32‰)의 水塊를 이루며 低潮時에는 水路를 제외하고는 大氣中에 露出된다.

潮汐은 一日二主潮型으로 平均潮差는 約 2.5m에 달하며 一般적으로 썰물때가 밀물때보다 流速이 强하다.

地質 구조는 Villagrain-Landrias Anticlinal의 尖端部에 위치하고 있는 매우 完단한 盆地이며, 이 地域에 存在하는 堆積層은 海水面의 昇降 또는 大陸의 침강운동에 依하여 形成되었고, 堆積物은 海洋性과 大陸性 起因의 堆積物의 混合되어 存在한다.

地形的인 特性은 潮流에 依해서 形成된 潮水路가 발달되어 있고, 그 사이의 潮間帶 地域은 樹枝狀의 小規模 水路網이 形成된 地域이다. 또한 Leyre江 河口에서는 河川堆積物이 潮水路를 매립시키며 三角洲를 形成하고 있다.

標品の 採取 및 分析方法

水路, 三角洲, 河川, 潮間帶 등의 地域에서 107個의 標品을 採取하여(Fig 1) 50% H_2O_2 를 加하여 有機物質을 제거한 뒤에 63 μ 체로써 標品을 모래分과 펄 및 점토分으로 兩分하여 63 μ 이상의 粒子에 對해서는 HCl에 加해 $CaCO_3$ 를 제거하고나서 Afnor series에 따라 粒度分析하였다. 有機物과 Silt-Clay量을 63 μ 以下로 취급하여 各 粒度別 重量의 全體重量에 對한 百分率을 求하

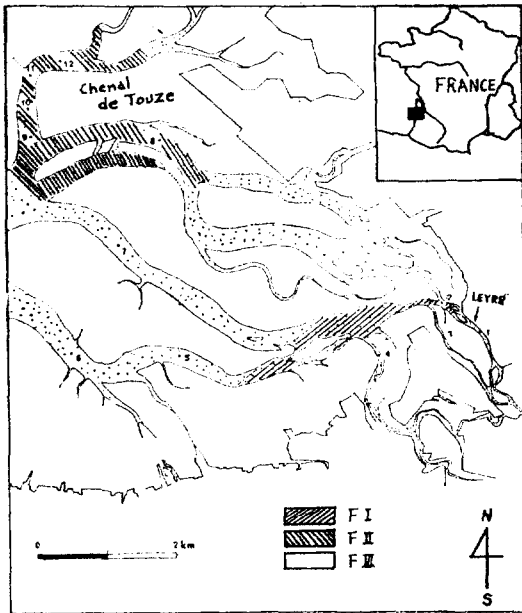


Fig.1. Map showing the study area and sampling sites.

였다.

分析된 結果는 moment method에 依해 平均 粒度, 分級度, 歪度等의 여러가지 組織標準值가 계산되었다.

堆積學 分野에서는 Factor Analysis中에서 變數와 變數사이의 相關度를 나타내는 R-Mode보다도 標品과 標品사이의 類似性을 나타내는 Q-Mode가 더욱 効果的이며 널리 사용되므로 먼저 全體 107個 標品에 對하여 Commuality 99.0으로 Q-Mode分析을 行한 후에, 代表的인 12個 標

品을 擇하여 再分析하였다.

使用된 Factor Analysis의 program은 Klován (1966)의 것을 I.B.M. 360-44機種에 적합하도록 變형시켜 使用하였다.

粒度分布에 따른 堆積過程을 把握하기 위하여 Visher(1969)의 方法을 적용하여 Q-Mode分析 結果와 比較연구하여 地域에 따른 퇴적환경 및 퇴적物 分布의 特性을 고찰하였다.

粒度分析 結果 및 特性

107個의 표품을 代表할 수 있는 12個 標品의 地域的 分布를 보면, 河川에 4個 표품(No. 01, 02, 03, 04), 河川에 이어진 潮水路에 4個 표품(No. 05, 06, 07, 08), 河川과 거의 무관한 潮水路에 4個표품(No. 09, 10, 11, 12)等 以上 12個표 품이며 그 結果가 Table 1에 제시되어 있다.

組織標準值의 分布를 보면 河川水路의 퇴적物은 0.5~0.57mm(0.1φ~0.82φ)의 平均粒度를 No. 05, 06, 07, 08에서는 0.22~0.28mm(2.16φ~1.83φ), 나머지 4個 표품에서는 0.04~0.09mm(4.54φ~3.49φ)의 평균입도를 나타낸다(Table 2). 分級度는 數個의 moderately well sorting을 나타내는 표품을 제외하고는 거의 모두가 moderately sorting을 나타낸다.

堆積物의 粒度分布는 堆積을 유발하는 媒體의 流速과 밀접한 關係를 나타낸다(Folk, 1968; Pettijohn, Potter and Siever, 1972).

Table 1. Size analysis data of Leyre River Sediments.

Sample No.	Size (μ)															
	<63	63	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1250	2000	3150	5000
01	0.35	0.01	0.06	0.27	2.11	5.15	10.64	19.06	18.37	17.38	10.17	9.16	4.48	2.47	0.31	0.00
02	0.39	0.01	0.04	0.12	0.54	1.13	5.43	20.25	24.17	22.89	13.64	8.38	2.28	0.53	0.15	0.00
03	0.50	0.01	0.05	0.40	1.46	2.42	10.01	18.13	18.43	22.00	10.06	9.91	3.53	2.08	0.79	0.23
04	0.46	0.01	0.01	0.01	0.77	1.30	6.46	13.97	16.29	21.53	17.23	14.66	2.86	0.62	0.20	0.00
05	4.56	0.49	0.76	3.79	20.03	24.16	28.49	13.06	3.78	0.74	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
06	4.99	0.31	0.51	2.16	18.02	29.87	27.45	10.22	3.87	1.44	0.75	0.34	0.04	0.01	0.00	0.00
07	6.24	0.87	1.63	4.30	21.90	24.83	17.85	11.41	5.25	3.15	1.41	0.91	0.17	0.01	0.05	0.00
08	4.69	0.23	0.77	3.10	10.92	19.23	22.43	17.09	8.44	5.04	2.91	2.49	1.40	1.00	0.25	0.00
09	59.95	4.97	7.86	14.89	10.12	1.48	0.48	0.12	0.05	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
10	42.14	2.08	3.53	13.05	17.72	10.95	6.90	2.34	0.80	0.26	0.15	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
11	78.72	3.51	5.45	6.96	3.52	0.66	0.46	0.28	0.18	0.11	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
12	69.26	5.92	5.24	8.20	7.00	2.02	1.04	0.70	0.29	0.17	0.07	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00

Table 2. Textural parameters.

Sample No.	P		$\delta s(\phi)$	Sk ₁
	mm	ϕ		
01	0.50	0.10	0.86	-0.18
02	0.52	0.96	0.66	0.16
03	0.52	0.94	0.85	-0.11
04	0.57	0.82	0.72	0.31
05	0.22	2.16	0.74	1.18
06	0.23	2.14	0.78	1.05
07	0.22	2.17	0.92	0.66
08	0.28	1.83	1.03	0.27
09	—	—	—	—
10	0.09	3.49	1.34	0.04
11	0.04	4.54	0.92	-0.87
12	0.05	4.32	1.08	-0.59

Q-Mode 分析 結果

A. 계산과정 및 결과

Table 3은 test값 99.0으로 principal axis matrix를 계산한 후, 더욱 명확한 값을 얻기 위해 orthogonal axis rotation에 의하여 얻어진 4 factor axis에 대한 varimax matrix이다.

factor들이 결정된 뒤에는 varimax factor score matrix로써 各 標品에 對한 이 factor들의 영향을 평가할 수 있다(Table 4)

이 行列에서 제시된 값은 변수와 변수들 사이의 비교값이 아니고, 단지 各各의 변수에만 해당

Table 3. Varimax factor matrix

Sample No.	Communality	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
01	.9954	.9364	-.0023	.3327	-.0680
02	.9838	.9815	.0036	.1404	-.0054
03	.9947	.9659	.0046	.2471	-.0279
04	.9776	.9730	.0096	.1129	.1346
05	.9937	.1675	.1128	.9756	-.0325
06	.9890	.1463	.1079	.9776	-.0149
07	.0016	.2092	.1879	.9449	.1401
08	.9971	.4316	.1198	.8828	-.1308
09	.9936	-.0026	.9915	0.989	.0289
10	.9940	.0115	.0947	.4015	.1193
11	.9934	.0114	.9921	.0242	-.0917
12	.9964	.0106	.9943	.0707	-.0525
Variance	33.329	32.070	33.032	.732	
Cum. Var	33.329	65.399	98.431	99.163	

Table 4. Varimax factor scores

Variable	Factor F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
<63	.0366	3.8806	-.0448	-.5803
63	-.0021	.2568	.0077	.0263
100	-.0063	.3431	.0445	.1834
125	-.0506	.6663	.2934	1.0938
160	-.2911	.4001	1.8163	2.4186
200	-.2754	-.0883	2.5117	.4453
250	.3784	-.1871	2.3063	-1.6443
315	1.7091	-.0861	.8895	-1.4695
400	2.0104	-.0048	.0535	-.4526
500	2.3445	.0361	-.3184	1.1412
630	1.3770	.0268	-.2193	1.0878
800	1.1410	0.0208	-.1860	0.8126
1250	.3560	-.0001	-.0342	-.2702
2000	.1548	-.0029	-.0015	-.3422
3150	.0395	-.0004	-0.0006	-0.544
5000	.0063	.0001	-.0012	-.0076

되는 값이다.

여기서 어떤 粒度가 어떤 Factor를 대표하는가를 알 수 있다. 즉 Factor I은 400, 500 μ ; Factor II는 63 μ 以下, Factor III은 200, 250 μ ; Factor IV는 160 μ 을 代表하는 값이다.

B. Factor數의 선정

Computer에 의하여 계산된 4個의 Factor중에서 몇개의 Factor를 선택하느냐 하는 문제는 Table 3에 제시된 分散值에 의하여 결정한다.

이 例에서 Factor I, II, III은 各各 33.329, 32.070, 33.032의 分散值를 갖고 그 합이 98.431이므로 Factor 3個만으로 充分히 全體를 代表할 수 있다고 말할 수 있다. Factor IV를 무시해도 1.5%정도의 分散值만을 상실하는 결과가 된다.

實用的으로는 解析을 편리하게 해주는 三角圖表를 그릴수 있도록하기 위해서 3個 Factor의 loading의 合이 單位值 1.0이 되도록 하는 方法을 使用하게 된다. Table 5는 수평선상의 loading의 合이 單位值 1.0이 되도록한 "normalized varimax factor matrix"이다.

C. Communality의 有効值

Communality의 定義는 "各 Factor에 對한 各 vector들의 factor loading의 供給의 合이며 Factor들에 의하여 表示된 해당標品の 代表度를 나타낸다. 標品들이 선정된 Factor에 의하여 理論的

Table 5. Normalized varimax matrix

Sample No.	Communa- lity	F ₁	F ₂	F ₃
01	.9908	.8840	-.0000	.1160
02	.9830	.9795	.0000	.0205
03	.9940	.9379	.0000	.0621
04	.9595	.9863	.0001	.0136
05	.9926	.0278	.0128	.9594
06	.9888	.0213	.0118	.9670
07	.9719	.0445	.0363	.9102
08	.9800	.1890	.0146	.7963
09	.9928	-.0000	.9901	.0099
10	.9798	.0001	.8353	.1646
11	.9850	.0001	.9993	.0006
12	.9937	.0001	.9948	.0050

으로 完全히 代表되는 경우에 그 Community는 1.0이 되나, 실제로는 결코 1.0에 이르지 않는고, 보통 Factor Analysis의 결과가 有效한 값을 갖기 위한 Community의 최소값은 0.7이상이어야 한다. 이 값에 다다르지 못할때는 선정된 Factor로 表示하기에 곤란한 標品을 제거하거나 또는 보다 많은 Factor를 선정하는 方法이 있으며 研究目的 標品의 重要度등에 따라서 결정된다.

本 地域에 對한 研究結果(Table 2,3)는 12個 標品 全體가 0.9이상의 값을 나타내므로 Community의 값을 높이기 위한 다른 조치가 필요 없으며 全標品이 有效성을 갖는다고 할 수 있다.

各 Factor의 堆積學的 解析

A. 粒度分布의 再集團化

提示된 12個 標品中 No. 01, 02, 03, 04는 Factor I에 依해서 代表되는 400 μ , 500 μ 粒度가 主를 이루며 No. 09,10,11,12의 標品은 Factor II에 依하여 代表되는 63 μ 이하의 Silt-clay가 主를 이루며, 標品 No. 05,06,07,08을 Factor III에 依하여 代表되는 200 μ , 250 μ 粒子가 主를 이루는 fine-medium sand이다.

세 Factor를 端成分으로 하는 三角圖表에 Table 5를 圖示해 보면 뚜렷이 3個群으로 나뉘어짐을 볼 수 있다(Fig 2).

A群은 Factor I에 依하여 特징지워진 medium-coarse sand로 河川堆積物을 나타내며, B群은

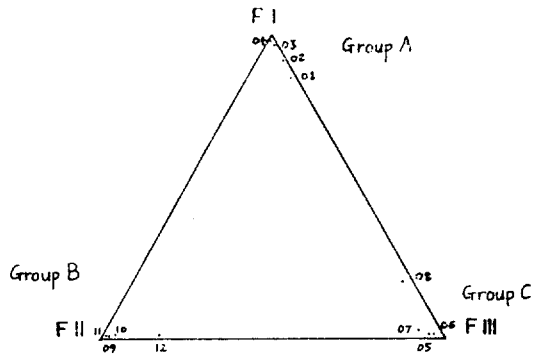


Fig. 2. Distribution of samples according to each Factors

Factor II에 依하여 特징지워진 主로 63 μ 이하의 堆積物로 이루어져 있고 비교적 潮流에 依한 堆積物이 存在하는 潮水路上의 集團이며, C群은 Factor III에 依하여 特징지워지는 大部分을 차지하는 集團으로 200 μ , 250 μ 사이의 가장 쉽게 침식되고 이동되는 堆積物로 Leyre江에 이어진 潮水路上에 存在하는 河口에서 멀리 떨어진 곳의 堆積物이다. 各 Factor의 分布狀況은 Fig. 1에 標示되어 있다.

B. 堆積環境의 解析

堆積物의 組織은 그 지역 퇴적환경의 重要한

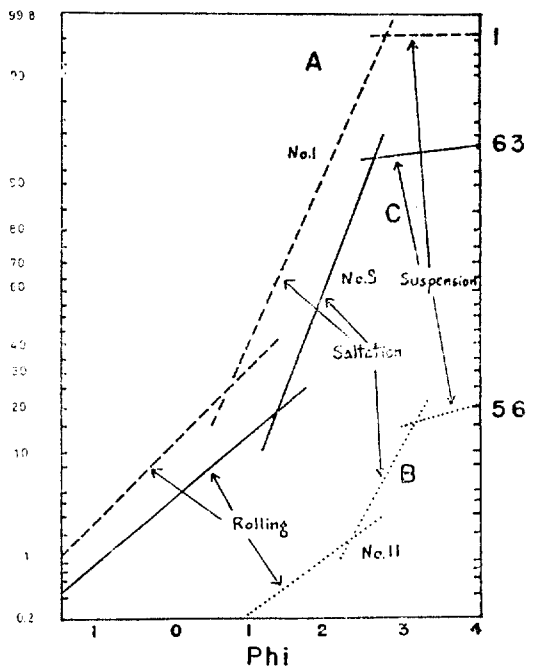


Fig. 3. Mode of transportation.

指標가 되면, 특히 粒度分布는 그 지역의 力學的인 環境의 해석에 도움이 된다.

A群은 最大 流速 1.2m/sec에 이르며 平均 約 0.8m/sec에 달하는 堆積物의 운반능력이 비교적 강한 지역으로, 主된 운반의 方法은 rolling과 saltation에 의한 것으로 생각된다. 이는 Visher (1969)의 方法에 의하여 분석된 결과이다(Fig.3)

B群은 潮水路에서의 퇴적물로 주로 suspension에 의한 것으로 생각된다.

C群은 平均 流速 0.4~0.5m/sec의 潮水路에서의 퇴적환경을 나타내는 것으로 생각된다.

結 論

堆積物의 移動수단 및 方法은 sedimentary dynamics에 의하여 영향을 받지만 rolling, saltation 그리고 suspension의 量 및 비율은 퇴적물의 根源, 各各의 堆積環境의 조건 및 堆積物의 特性에 따라서 변하게 된다(Visher, 1969).

研究대상지역의 퇴적작용은 침식, 운반, 퇴적의 세가지의 depositional process를 가지며 factor analysis의 結果는 Visher의 方法에 의한 分析과 대부분 調和를 이루고 있음을 나타낸다.

參 考 文 獻

- Briggs L. I. 1965. Heavy mineral correlations and provenances. *J. Sed. Petrol.*, Tulsa, Okla., vol. 35, No. 4, p. 939-955.
- Castaing p. 1973. Remarques sur l'utilisation de l'analyse factorielle. *Sédimentologie Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, Vol. 13, p. 53-85.
- Cazabat V., Sourisse C. 1968. Bases mathématiques de l'analyse factorielle. *Bull. Centre Rech., Pau*, SNPA. vol. 2, No. 1, p. 204-212.
- Fruchter B. 1954. Introduction to factor analysis. D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, 280p.
- Harbaugh J. W., & Demirmen F. 1964. Application of factor analysis to petrographic variations of Americus Limestone (Lower Permian), Kansas and Oklahoma. *Kansas Geol. Survey Lawrence, Sp. Dist. Publ. 15*, 40p.
- Harbaugh J. W., & Merriam D.F. 1968. Classification systems In: Computer applications in stratigraphic analysis. J. Wiley and Sons, Inc., New York, Chap. 7. p. 157-209.
- Imbrie J., Van Andel 1964. Vector analysis of heavy mineral data. *Geus. Soc. America Bull.*, New York, vol. 75, No. 11, p. 1131-1155.
- Jöreskog K.G., Klovan J.E., & Reyment R.A. 1976. (Methods in Genmathematics I) Geological Factor analysis. Elsevier Scientific Publishing Company
- Klovan J.E. 1966. The use of factor analysis in determining depositional environments from grain-size distributions. *J. Sed. Petrol.*, Tulsa, Okla., vol. 36, No. 1, p. 115-125.
- Parks J.M. 1970. Fortran III program for Q-mode cluster analysis on distance function with printed dendrogram computer contribution 46, State Geological Survey, University of Kansas, Lawrence, p. 1-32.
- Pettijohn F.J. P.E. Potter & R. Siever; 1972. Sand and Sandstone. Springer-Verlag Heidelberg, p. 600.
- Visher G.S. 1969. Grain-Size distributions and depositional process. *J. Sed. Petrol.* Tulsa, Okla., vol. 39, No. 3, p. 1074-1106.