

# 後期 石炭紀 테티스海內 한국 三陟炭田의 淺海流 分析\*\*

金 恒 默\*

## Neritic Paleocurrent Analysis of Pennsylvanian Tethyan Sea at Samcheog Coalfield, Korea

Haang Mook Kim\*

### Abstract

The depositional environment of the Manhang and the Geumcheon Formation of the Pennsylvanian Gomog Group is revealed to the shallow neritic marine milieu in this paper also as the results of Park(1963), Cheong(1975) and Kim (1976), through the analyses of stratigraphy, paleocurrent, properties of cross-beddings and sedimentational features. The formations contains some possible terrestrial sediments suggesting the paralic environment, which are however not recognized definitely within them. The paleocurrent analysis is made to the Manhang Formation only. The paleocurrent of the formation is known to belong to the shallow neritic longshore current.

The paleocurrent analysis is based chiefly on the cross-bedding analysis, and subordinately on the texture of clastic coarse sediments. The paleocurrent mean is determined to 269°, that is, from east to west, of which direction is interpreted to the right angle to the slope of the basinal depository plane and also the parallel with the depositional strike, according to Klein (1960) and Selley's (1968) criteria.

The variance value of paleocurrent directions of the Manhang Formation in the whole area studied is 6,374, and the values range from 3,394 to 6,957 according to the districts. The paleocurrent pattern of the whole area shows polymodel, and the patterns in each district range from trimodel to quadrimodel. Those models approach to the shallow marine or paralic model of Tohill and Picard (1966), Picard and High (1968 a), Pisanak (1957) and Pettijohn (1962).

The mean value of maximum inclinations of cross-beddings of the whole area is 19.9° with the standard deviation of 8.4, and ranges from 15.6° to 21.7° in the districts. Comparing the histogram showing the frequency distribution of the maximum inclinations of cross-beddings of the Manhang Formation with the Pettijohn's (1962) histogram, it is found that the model approaches to his marine model.

The Pennsylvanian Gomog Group of the coalfield is considered to have had been deposited in the pseudogeosynclinal zone on the plateau by the transgression of the Tethyan sea caused by the epirogenic movements during the Pennsylvanian Period.

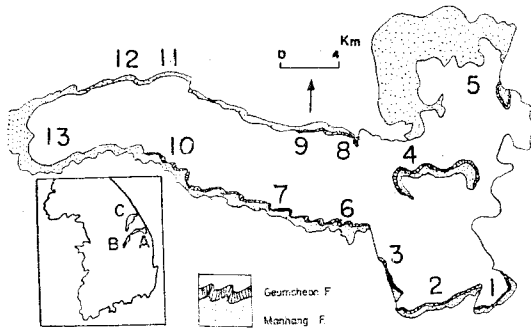
### 1. 머리말

후기 석탄기에 한반도에도 펼쳐 있었던 테티스海에 堆積되었던 地層은 펜실바니아계 古木層群으로서 그 下部는 晩項層이며 上部는 黔川層이다(鄭, 1969). 本層群이 確認되어 있는 지역을 보면 강원도의 三陟炭田, 寧越炭田, 旌善炭田, 江陵炭田, 충청북도의 丹陽炭田, 경상북도의 聞慶炭田, 그리고 기타 지역의 中小炭田을 들 수 있다. 본 연구의 대상지역인 三陟炭田은 한국 중동부지역에 東西方向의 帶狀體로 노출되어 있

으며 도계광업소, 강원탄광, 장성광업소, 황지탄광, 삼척탄좌, 동원탄좌, 함백광업소 및 기타 탄광으로 구성되어 있다. 이들 탄광지역을 포함한 三陟炭田 全域에 걸쳐 古木層群의 晩項層은 분포하며 黔川層은 그 西端部에서는 缺한다. 本層群의 퇴적환경을 淺海成환경으로 밝힌 代表의인 研究를 보면 朴(1963)과 筆者(1976)의 論文을 들 수 있다. 본 論文은 筆者(1976)의 博士學位論文(1976)을 참고로 하여 석탄계 古木層群 晩項層으로부터 채취되는 古水流를 지시하는 堆積構造인 斜層理를 分析함으로써 淺海成環境에서의 海流體系

\* 釜山大 文理大 地質學科 (Department of Geology, Busan National University)

\*\* 본 논문은 1978년 4월 한국해양학회에서 발표되었음.



제 1도. 三陟炭田의 위치와 古木層群의 분포. 點部는 晩項層, 縱線部는 黔川層을 가르킨다. A. 三陟炭田, B. 寧越炭田, C. 旌善炭田. 1. 江原炭鑛, 2. 長省炭鑛, 3. 咸太炭鑛, 4. 黃池炭鑛, 5. 道溪炭鑛, 6. 東海炭鑛, 7. 三陟炭座, 8. 魚龍炭鑛, 9. 東古炭鑛, 10. 東原炭座, 11. 曷山炭鑛, 12. 紫味院炭鑛, 13. 咸白炭鑛.

를 다루는 것이다. 철암드라스트의 상반에 놓인 매봉산, 창죽, 적가리 일대의 만향층 사층리는 표본채취의 대상에서 제외하였다. 왜냐하면 드라스트에 의한 지괴의 轉位量을 측정할 수 없어 斜層理의 原流向 復元이 불가능하기 때문이다. 黔川層에서는 사층리 자료가 일부 지역을 제외하면 별로 채취되지 않는다. 따라서 黔川層의 古水流 分析은 취급되지 않았다. 古木層群의 상기 양층에 대한 堆積營力은 퇴적기록과 사층리 분석에 의하여 考察되었다.

삼척탄전의 석탄계 지층은 구조적으로 심히 교란되

제 1표. 三陟炭田 石炭—트라이아스累系の 區分

地質時代	系 및 統	鄭昌熙(1969)		本論文	Shiraki(1940)	地質時代	
트라이아스紀	黃池系	黃池層群	東古層	栢山時層	平	綠岩統	트라이아스紀
				桂山川層			
				新星層			
				피내골層			
페름紀	鐵岩系	鐵岩層群	古汗層	古汗層	安	高坊山統	페름紀
			道士谷層	道士谷層			
			咸白山層	咸白山層			
펜실바니아紀	古木系	黔川統 晩項統	古木層群	黔川層	系	寺洞統	펜실바니아紀
				晩項層			
오오도비스紀	上東系	禮美山統			系	大石灰岩統	오오도비스紀

어 있기때문에 斜層理로부터 原流向復元은 필자(1976)에 의하여 개발된 방법에 의하여 가능하였다.

石炭系 古木層群 海成層에 대한 古水流分析은 本層群이 淺海成層으로 밝혀져 있으므로 現生 淺海流分析의 方法과 同一한 方法으로 다루어졌으며 現生淺海海流의 分析結果중 가장 妥當性있는 解析을 당시 德次스海의 淺海에 適用하는 것이 본 연구의 요체이다. 본 연구는 古期地層에 대한 한국에서 이루어진 최초의 海底 古水流分析이므로 앞으로의 現生 淺海流 및 古期淺海流研究의 發展에 도움이 있기를 期待한다. 본 논문은 1978년 4월 춘계 한국해양학회 학술발표회에서 발표되었다.

本論文作成에 있어서 筆者(1976)의 “江原道 三陟炭田의 古水流 研究”라는 博士學位論文의 審査를 맡았던 서울大學校 地質學科의 鄭昌熙指導教授와 金鳳均教授(審査委員長), 陸軍士官學校의 金瑞雲教授(審査委員), 海洋學科의 朴龍安教授(審査委員), 延世大學校의 李河榮教授(審査委員)에게 깊은 謝意를 表하는 바이며 당시 海流資料의 整理時 助言을 해 준 서울大學校 海洋學科 鄭鍾律教授에게 感謝를 드리며 또한 資料整理에 도움을 준 當時 서울大 海洋學科 大學院生들, 그리고 원고정리에 도와준 부산대 지질학과 학생들에게도 感謝한다.

## 2. 石炭系 古木層群의 堆積

### 2-1. 晩項層

晩項層은 孫과 鄭(1968) 그리고 鄭(1969)에 의하여

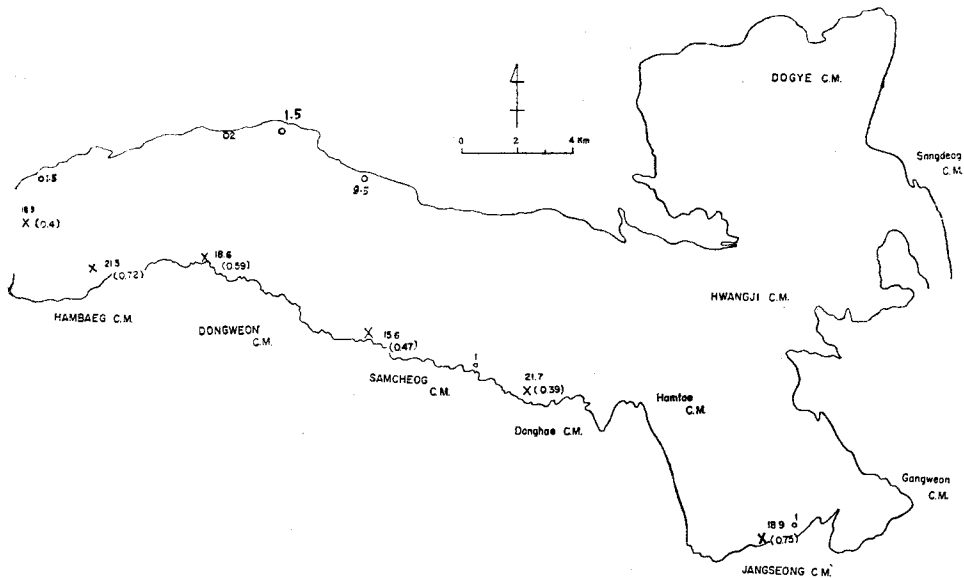
명명되었으며 標式地는 本炭田 三陟炭田의 晚項里이다. 本層은 오오도비쓰系 禮美山統을 부정합으로 덮는다. 本層의 構成岩石은 주로 灰赤色 또는 綠灰色의 세일, 淡綠灰色의 細粒내지 粗粒砂岩, 白色 내지 灰色의 石灰岩 및 淡色, 灰赤色 또는 雜色の 礫岩으로 構成된다. 간혹 薄炭層을 挾在하는 흑색사암, 세일 및 暗灰色 세일이 挾在된다. 本層 下部에는 褐鐵石의 鐵鑛層이 두께 約 30cm로 挾層되는 경우가 있으며(東海炭鑛 南1坑附近) 이는 砂質이고 斜層理로 구성됨이 特徵이다.

本層의 灰赤色 세일內에는 곳에 따라 準綠泥石鑛物인 outfits라이트가 多量 生成되어 있고 灰色砂岩中에도 本鑛物이 生成된 곳이 있다(咸白鑛業所 事務所앞, 墨山炭鑛 本層 最下部). 이 鑛物은 道士谷層의 세일中에도 나타난다. 岩色中 綠色을 띠게하는 것은 성분광물 中 綠泥石이 含有되어 있기 때문이다. 本層의 暗灰色 세일은 그 風化面이 綠灰色을 띠는 곳도 있다(咸白鑛業所). 本層의 세일은 섬세한 罅리를 잘 보여준다. 石灰岩直上位에 놓인 灰綠色 세일에서 산호化石이 발견 되었다(江東炭鑛)晚項層의 基底에는 分級도가 良好한 直徑 1cm 內외의 礫으로된 礫岩이 수 10cm~2m 두께로 나타남이 보통이다. 砂岩은 板狀 또는 렌즈狀으로 나타나며 中粒내지 粗粒質이 주이며 含礫質이다. 本層 上部에는 곳에 따라서 長徑 3cm 未滿의 各粒으

로 構成된 12~20cm 두께의 角礫岩層이 挾在되어 있다(東海炭鑛 東坑7入口에서 800m地點). 晚項層에는 全層을 통하여 3~6매의 海成 石灰岩이 挾在되며 그 단위층의 두께는 수 10cm 내지 1m가 普通이며 東海炭鑛에서 5m 내외인 것도 있다. 石灰岩은 紡錘虫(鄭 1969), 코노돈트, 腕足貝, 海百合屬기化石을 함유하며 렌즈狀으로 密質塊狀이다. 東海炭鑛 南1坑에서는 本層 基저로부터 60m 上位에 切트塊를 含有한 石灰岩層이 놓인다. 이들 石灰岩은 灰赤色 세일內에 挾層되거나(東海炭鑛 東7坑) 炭質세일, 黑色 세일에 挾在되며(東海炭鑛 南一坑 本層 上部), 白色砂岩中에 挾在(道溪炭鑛 店里國民校 西側 本層 下部)되기도 하며 白色砂岩과 互層을(墨山炭鑛 本層 上部) 이루기도 한다. 上部의 石灰岩은 普通 淡灰色이지만 黑色을 띠는 곳도 있다.

삼척탄전 전역의 만항층내에 함유되어 있는 礫은 본층 基저부에 국한되며 대부분이 직경 1cm 내외이다. 礫의 최대장경의 분포가 남단의 지구별로 變化的을 보이지 않고 대체로 고른 것이나 그러나 함백 및 동원탄좌의 북방노두에서는 장경이 1.5~2cm에 달하며 북단의 동원명원층에서는 규암의 장경이 9.5cm이다(제 2도).

晚項層의 堆積構造: 晚項層의 砂岩中에는 地域에 따라 類度の 差異가 있으나 斜層理가 흔히 觀察된다. 그



제 2도 삼척탄전 晚項層 斜層理(×)의 평균셋트 두께(괄호내의 수치), 최대경사각의 평균치(×표상의 수치) 및 礫의 最大長徑(g. m. d.; ○표)의 지구별 變化를 보이는 그림 단위는 cm  
○; Gravel, ×; Cross bedding

러나 石灰岩에 隣接된 砂岩中에는 斜層理가 發達되지 않음이 特徵이다. 本炭田의 本層 下部에는 곳에 따라 漸移層을 보여주는 部分이 있다. 典型的인 漸移層(필자, 1976의 하나는 三陟炭座 江東炭鑛에서 發見되었다. 觀察된 漸移層은 單位厚가 17cm 이고 岩質은 下部에 直徑 1cm 未滿의 礫을 點在하는 粗粒砂岩 내지 中粒砂岩이 있고 이는 泥質物로 固結되어 있다. 本漸移層의 最上部는 中-細粒 砂質葉層을 보여주며 그 中間部는 兩者의 漸移의 岩質을 나타낸다. 長省礦業所 事務室 앞 本層 基底部의 漸移層은 세트 두께 13cm(下位) 및 17cm(上位)의 것 2層이 겹쳐져(coset) 나타난다. 각각의 下部는 直徑 약 1cm의 礫으로 構成된 礫岩이며 上部는 粗粒砂岩이다. 墨山炭鑛 道路변에 나타난 本層 基底部에서도 세트 두께 26cm(下位) 및 15cm(上位)의 2層이 겹쳐져 나타난다. 각각의 下部는 直徑 2cm 未滿의 白色 珪岩으로 이루어진 礫으로 構成되어 있다.

본층의 모든 세일은 필자(1973)의 소위 판상풍화(platy weathering)를 하여 풍화쇄편은 판상체를 보인다.

晩項層의 層厚는 185m(長省炭鑛) 내지 약 300m(道溪炭鑛 北西部)이다(鄭 1969).

## 2-2. 黔川層

黔川層은 鄭(1968, 1969)에 의하여 命名되었으며 그 標式地는 本炭田內 長省邑 黔川이다. 本層은 晩項層위에 整合的으로 놓인다. 構成岩石은 砂岩, 세일, 石灰岩이 主이고, 薄炭層을 挾在한다. 本층은 全層을 통하여 晩項層에 비하여 세일이 우세하고 砂岩이 보다 粗粒質인가 하면 현저히 暗灰色이다. 本層의 石灰岩은 晩項層에 비하여 挾在頻도가 높고 두께가 더 두껍다. 石灰岩은 방추층, 코노돈트, 해백합줄기 化石을 함유하며 江東炭鑛에서는 石灰岩중에서 完족패화석이 발견되었다. 晩項層에서와 같이 密質塊狀이며 세일을 含有하지 않고 砂質이 아니다.

本層에는 石灰岩이 보통 3枚 挾在되어 있으나 最大 7枚에 달하는 地域도 있고, 그 單位厚는 보통 2~3m 이나 10여 m에 달하는 곳도 있다. 石灰岩 中에는 방추층, 코노돈트 및 해백합줄기 化石이 産出된다. 薄炭層(層厚 0.5m 以上)을 石灰岩層 사이에 놓이거나 그 上位 또는 下位에 놓이기도 한다. 세일은 흔히 炭質이다. 江東炭鑛의 暗灰色 세일중에는 직경 2cm의 泥質黃鐵石團塊가 産出된다. 本층의 모든 세일은 필자(1973)의 소위 판상풍화(platy weathering)를 함으로서 풍화쇄편은 판상체를 보인다.

道溪邑 上德炭鑛 附近의 本層은 斜層理를 發達시키

는 粗粒砂岩을 주로 한다.

本層의 岩相은 심한 橫의 變化를 보여 주는 것은 確實 하나 咸白炭鑛과 墨山炭鑛에서는 本층을 결하고 晩項層上에 長省層이 直接놓이는 곳도 있다. 이 사실은 長省層의 基底砂岩堆積前에 非堆積 혹은 侵蝕이 있었음을 말해 주는 것이다.

黔川層의 층후는 0m(咸白炭鑛)~120m(長省炭鑛 黔川區)이다(鄭 1969).

## 3. 古木層群 晩項層 斜層理의 屬性分析

### 3-1. 斜層理의 類型

三陟炭田의 古木層群 晩項層으로부터 觀察된 斜層理를 形態的으로 分類하면 板狀型, 렌즈型 및 峯型의 3型으로 大別된다. 각 類型別 産出頻도는 板狀型斜層理가 大部分이며 他型은 極少數이다. 晩項層 斜層理의 形態的 特徵에 의하여 分類된 각 類型을 具體的으로 살펴보면 1) Shrock(1948)의 分類에 따라 區分하면 층 층정수 115개 중 板狀型 114, 그리고 렌즈型 1이고, 2) McKee와 Weir(1953)의 分類에 따르면 全적으로 平面型과 單純型이며, 3) Nagahama(1963)의 分類에 따르면 平面型(Shrock의 板狀型에 準함)이 107, 谷型이 7, 그리고 峯型이 1이다. 4) Allen(1963 b)의 分類에 따르면 本層의 斜層理는 大部分이 omikron型 내지 mu型 그리고 alpha型에 속한다.

本層産 板狀型 斜層理는 大部分이 前層(foresets)이 頂部에서 基部에 이르기까지 直線的인 角斜層理이며 斜層理의 傾斜斷面에서 볼 때 斜層이 下向 凹形을 취하는 경우는 흔히 관찰되나 上向 凸形을 취하는 경우는 매우 희귀하고 기저부에서 點近形을 취하는 것도 드물게 관찰된다.

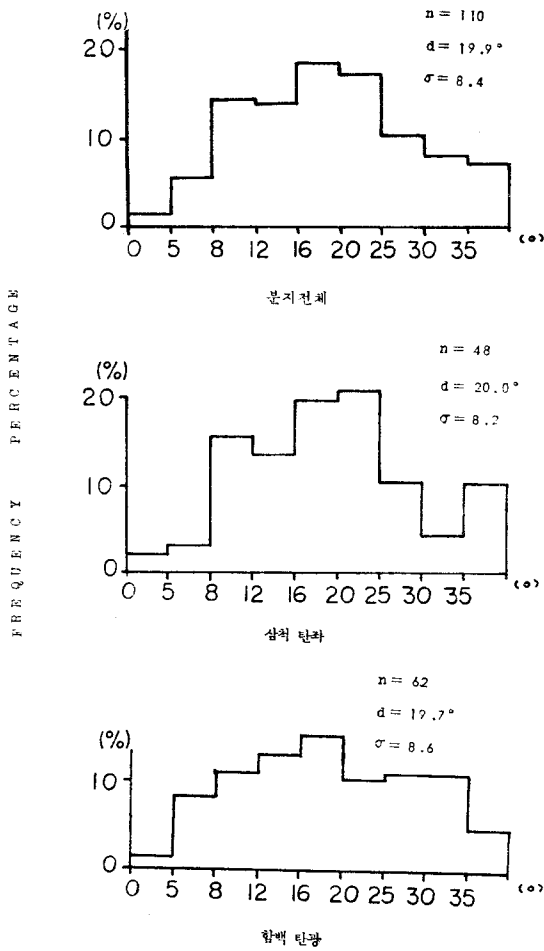
本層産 斜層理는 白堊紀 慶尙系보다는 共同세트를 보여줌이 흔하나 鐵岩層群의 咸白山層에 비하면 비교가 되지 않을 정도로 그 빈도가 낮다.

Pryor(1971)가 기재한 바 있는 斜層理中 斜層理가 咸白山아래 晩項層에서 發見되었다. 이것은 1次 및 2次 斜層이 共同세트를 形成한 것으로서 板狀型이다. 2次 斜層(master unit)은 中規模이다.

晩項層의 斜層理를 構成한 大部分의 斜層은 葉層 또는 薄炭層을 보이나 간혹 薄層 또는 中層을 나타낸다. 일부 측정된 斜層의 길이측정에 의하면 장성광업소 地域에서는 0.3~6.0m에 達하고 平均 4m 정도이며 삼척탄과 지역에서는 0.09~2.7m에 達한다.

### 3-2. 斜層理의 規模(Scale)

斜層理의 規模는 Caniveer(1968)에 의하면 세트두께에 의하여 아래와 같이 分類된다.



제 3 도. 삼척탄전 古木層群 晚項層 斜層理의 규모분포를 보이는 기둥그림표  $n$ : 측정수  $\bar{x}$ : 평균셋트 두께,  $\sigma$ : 표준편차.

제 2 표. 사층리 셋트두께에 의한 사층리 규모분류.

분 類	두께등급
超大規模 (Very large scale)	— 8 m —
大規模 (Large Scale)	— 2 m —
中規模 (Medium Scale)	— 0.05 m —
小規模 (Small scale)	

晚項層에서 採取된 사층리는 소규모나 대규모 사층리는 없고 측정전체(115)가 중규모에 속하는 것이다.

本層 斜層理 規模를 지구별로 기둥그림표로 도수분포를 나타내면 제 3 도와 같다. 삼척탄전 전체의 最頻形은 3 級빈형이고 지구별 그림은 쌍최빈형을 나타낸

다. 삼척탄전 전지역(측정수 111)의 평균 셋트두께는 0.53m, 표준편차는 0.36이며 이중 삼척탄좌지구(측정수 46)의 평균 셋트두께는 0.47m, 표준편차는 0.31이고 함백탄광지구(측정수 65)의 평균 셋트두께는 0.58m, 표준편차는 0.38이다. 삼척탄전 전체의 평균 규모 변화에 있어서 晚項層으로부터 鐵岩層群 및 黃池層群의 상위층으로 향할수록 감소하는 경향이다(필자, 1976).

삼척탄전 전지역에 걸쳐 斜層理의 평균규모의 변화 분포를 보면 長省鑛業所 지구에서 0.75m, 東海炭鑛 지구에서 0.59m, 咸白鑛業所 지구에서 0.72m, 咸白鑛業所 紫味지구에서 0.4m인데 東海炭鑛으로부터 咸白鑛業所로 향할수록 대체로 규모는 增大하는 경향을 보이며 장성광업소와 자미지구에서 각각 異常의으로 增大하고 감소하는 수치를 보임은 측정자료수의 부족에 기인된 것으로 생각된다.

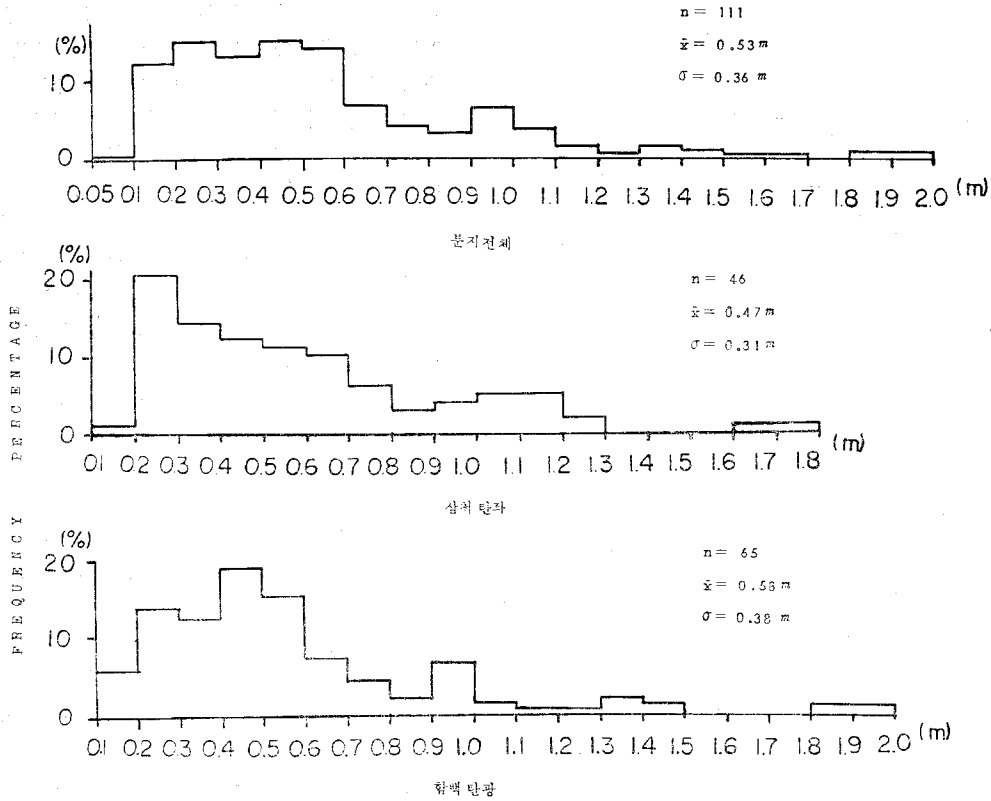
### 3-3. 斜層理의 最大傾斜角(Maximum inclination)

晚項層産 사층리는 최대경사각에 의해 분류하면 中角度型이 가장 높은 빈도수를 보이며 低角度型과 高角度型은 적은 것으로 상호 비스한 빈도수를 나타낸다. 本層 사층리의 최대경사각을 기둥그림표로 나타내면 제 4 도와 같다. 기둥그림표의 最頻樣相(modality)을 지구별로 보면 대체로 쌍최빈형(bimodal)이며 삼척탄전 전체는 단최빈형(unimodal)으로 대표된다.

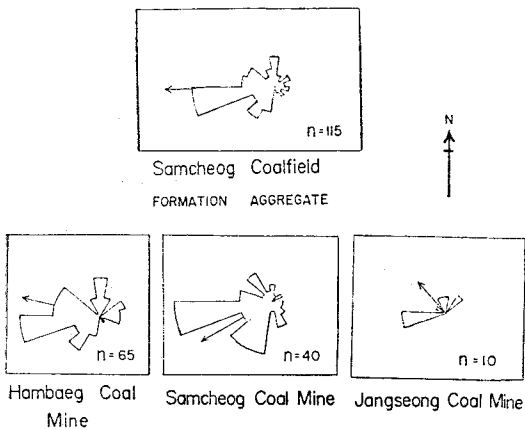
본층 사층리의 최대경사각의 평균치의 지구별 분포 변화를 보면 장성 및 삼척탄좌 중합지구가 평균치 20.0°, 표준편차 8.21이고 함백광업소지구가 평균치 19.7°, 표준편차 8.56이며 삼척탄전전지구는 평균치 19.9°, 표준편차 8.4이다. 이러한 값은 본탄전에서 수직적 변화를 논할 때 석탄-트라이아스 누계내 진층을 통하여(필자, 1976) 가장 높은 값에 해당한다. 평균치의 분포변화를 세분된 지구별로 조사해보면 장성광업소 지구가 18.9°, 동해탄광 지구가 21.7°, 삼척탄좌 지구가 15.6°, 동원탄좌 지구가 18.6°, 함백광업소 지구가 21.3°로서 이들 평균치분포는 본탄전에 수평적 변화를 논할때 동부에서 서부로 갈수록 대체로 최대경사각의 평균치가 증대하는 것이다. 위에 설명한 사층리 경사각의 횡적 및 수직적 평균치 변화추세는 제 2 도에서 보는 바와 같이 그것과 일치하는 것이다.

### 3-4. 斜層(Cross-stratum)의 構成岩質

晚項層 斜層理의 사층을 구성하는 岩質 중 최빈치에 해당하는 것은 中粒砂岩으로서 上位 他層의 그것보다 현저히 細粒質이다. 또한 본 탄전내에서 동부에서 서부로 가면서 점진적인 細粒化의 경향을 보여줌으로써 사층리의 규모와 최대경사각의 평균치 분포변화 경향과는 반비례하는 것이다.



제 4도. 삼척탄전 만항층 사층리의 최대경사각의 빈도 분포를 보이는 기등그림표.  $n$ : 측정수,  $\bar{x}$ : 평균최대경사각,  $\sigma$ : 표준편차.



제 5도. 삼척탄전내 만항층 퇴적시의 테티스海의 지구별 고수류체계.

3-5. 古水流體系(Paleocurrent pattern)

약 3억년전 테티스海의 古水流體系는 측정된 만항층 사층리의 최대경사 방향에 의하여 결정되었으며,

고수류체계로부터 삼척탄전 본층 퇴적물의 지역별 지구별 평균운반방향 및 분산치가 算定되었다. 삼척탄전 각 지역별 고수류체계와 평균벡타방향은 제 6도에 표시된 바와 같다.

제 6도에 나타난 만항층 퇴적시의 테티스淺海內 삼척탄전의 지역별 고수류체계는 單最頻形, 2最頻形, 3最頻形 및 4最頻形을 보여주며, 제 5도에 나타난 지구별 고수류체계는 3最頻形과 4最頻形을 나타내고 三陟炭田 全體의 고수류체계는 多最頻形으로 대표된다.

삼척탄전 전지역의 만항층 고수류방향의 표본분산치는 6374이며 지구별 분산치는 3394~6957의 범위에 있고 각 지역내 지역별 분산치는 546~8209의 범위에 있다.

분산치는 삼척탄과 지구보다 함백탄광 지구가 높은 값이다.

삼척탄전 전역의 본층의 평균벡타방향은 269°이며 유향밀도율은 38.5%이고 지구별 평균벡타방향은 함백탄광지구에서 정서방향, 삼척탄좌에서 서남서방향, 장성탄광에서 북서방향을 취하여 지구별로 유향변화가

있었음을 알 수 있다. 각 지구내의 지역별 평균벡타방향은 제 6 도의 장미도표에 표시되어 있는 바와 같다. 본층의 평균벡타방향, 산술평균방향, 표본수, 표본분산치, 표준편차, 벡타크기 및 유향밀도율로 표시되는 각 통계모수는 제 3 표에 나타난 바와 같다.

제 3 표. 테티스海內 삼척탄전 만항층의 지구별 및 지역별 고수류 통계모수표.  $n$ : 표본수,  $\bar{xv}(\circ)$ : 벡타평균방향,  $\bar{x}a$ : 산술평균방향,  $\sigma^2$ : 표본분산치,  $\sigma$ : 표준편차,  $R$ : 벡타크기,  $L(\%)$ : 유향밀도율.

지구 및 지역	$n$	$\bar{xv}$	$\bar{x}a$	$\sigma^2$	$\sigma$	$R$	$L$
장성광업소지구	10	317	211	3394.4	58.3	5.9	58.7
A <sub>10</sub> 지역	8	297	254	2015.4	44.9	6.0	74.8
A <sub>21</sub> "	2	40	40	0.0	0.0	2.0	100.0
삼척 탄과 지구	40	241	217	4698.4	68.5	20.4	51.0
C <sub>1</sub> 지역	22	251	214	7136.0	84.5	6.5	29.5
C <sub>2</sub> "	11	216	216	545.5	23.4	10.2	92.7
C <sub>14</sub> "	3	267	267	133.3	11.5	3.0	98.7
D <sub>13</sub> "	4	280	198	3360.4	58.0	2.7	67.6
함백광업소지구	65	283	194	6956.9	83.4	23.0	35.4
E <sub>1</sub> 지역	26	273	248	1737.0	41.7	20.3	77.9
E <sub>2</sub> "	31	341	155	8210.0	90.6	4.8	15.6
E <sub>14</sub> "	6	245	200	5406.0	73.5	2.8	46.8
E <sub>15</sub> "	2	70	70	200.0	14.1	2.0	98.5
삼척 탄전 전역	115	269	203	6374.0	79.8	44.3	38.4

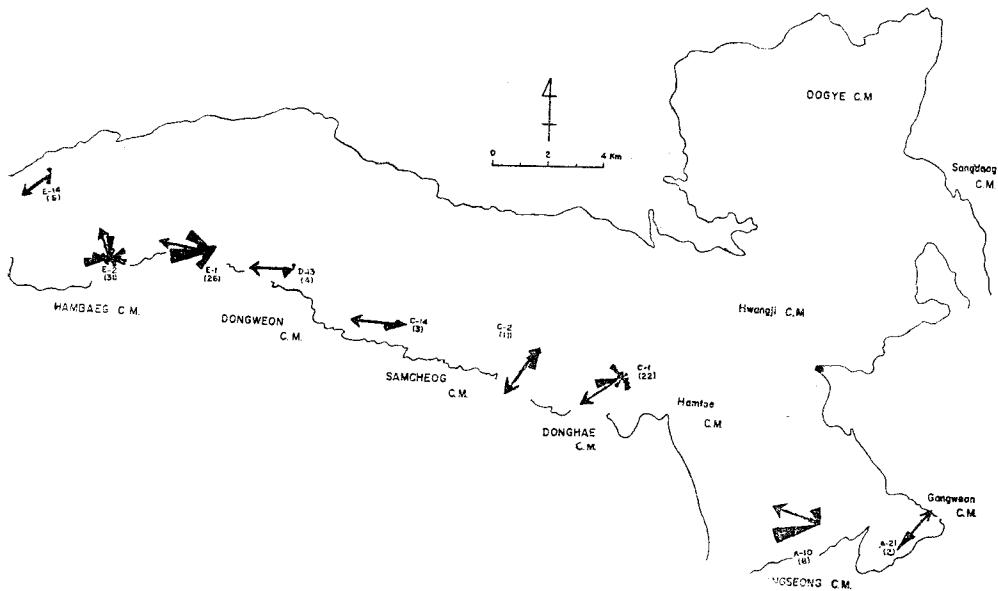
4. 古木層群의 堆積營力(Depositional process)

4-1. 層序斷面 分析

4-1-1. 晩項層

만항층의 층서단면 분석에 나타난 퇴적상, 지상화석 및 퇴적구조의 제퇴적기목이 시사하는 퇴적환경을 검토해 보기로 한다. 협층된 석회암은 해성동물화석인 방추충, 완족패, 코노돈트, 석회암 직상의 세일이 산호화석을 및 해백합줄기를, 포함하고 있어 해성환경을 명확하게 지시한다. 해성석회암은 조건대환경에서도 생성가능하나 본층중에서는 조건대환경을 지시하는 확실한 증거가 나타나지 않으므로 Tillman(1971)이 연구한 바와 같이 다만 조건대보다 깊은 천해에서 형성된 것으로 생각된다. 석회암이 흑색을 띠는 경우는 당시 천해에 육지로부터 공급되는 탄질물이 많았던 데 기인한 것으로 생각된다. 이들 해성석회암은 사암뿐 아니라 적색세일과 수반하여 산출하므로 만항층의 이러한 사암과 세일도 해성층으로 간주되는 것이다. 박(1963)은 본 층 사암의 조직분석에 의하여 해성기원임을 밝힌 바 있다. 천해성 적색층의 산출은 Heckel(1960), Kaneshiro(1970), Cartwright, Dorsey, Raymond 및 Walker(1960), Dunham 와 Rodgers(1957)에 의하여 보고된 바 있다. 본층중의 갈철석층도 천해에서 형성된 것이라 유추함이 기타환경보다 타당할 것으로 생각된다.

삼척탄전의 남서방에 위치해 있는 단양탄전에서는



제 6 도. 후기석탄기 테티스海內 삼척탄전의 해류체계를 보여주는 천해류도. 화살표는 평균벡타방향이다.

박층의 석회암이 7~8매 이상 협제되며 문경탄전의 본층하부에는 석회암의 층후가 현저히 두꺼우며 정선탄전에서는 석회암의 양이 두드러지게 증가하고 평창탄광일대에서는 석회암의 확인이 어려울 정도로 희귀하다. 이러한 양상은 晩項世의 테티스해가 정선 및 단양탄전일대가 깊고 삼척탄전 및 평창탄광일대는 보다 천해임을 입증하는 것으로 정선-단양탄전 방향의 해협이 발달했음을 유추케 하는 것이다. 삼척탄전 전역을 통하여 본층 중에 함유되어 있는 礫의 最大長徑의 分布가 대체로 均一한 것이며 地區別로 별다른 變化를 보이지 않음을 삼척탄전의 東西方向軸에 평행한 해안선이 존재했음을 시사하는 위 사실과 잘 부합되는 사실이다.

본층 중에 협제되어 있는 수매의 薄炭層은 대체로 流移 생성탄으로 해석되나 原地 생성탄의 협제도 배제할 수 없다. 즉, 海沿環境하에서 간헐적 소택지가 있을 수 있었을 가능성이 없는 바 아니며 따라서 사암의 적어도 일부는 海안층적지에서 형성되었을 가능성도 있는 것이나, 본 연구에서는 각 사암별 환경유형을 결정하여 이를 선별해 내지는 않았다.

만항층 사암중에 발달되어 있는 점이층의 성인으로서는 다음의 2가지를 생각할 수 있다. 첫째로 본 퇴적구조를 형성한 세설물의 입도와 인접부의 암상을 보아 McKee(1964) 및 Dunbar 와 Rodgers(1957)이 연구한 바와같이 국지적으로 海안 정수체 중에 濃密度流가 유입된 곳에서 停滯性 底濁流(Steady turbidity current)가 형성되어 만들어지는 경우, 둘째는 Van Straaten(1959)과 Klein(1957)이 연구한 바와 같이 부분적으로 존재했을 가능성이 있는 鹽生濕地(Salt marsh) 환경에서 McKee(1964)가 설명한 바의 水波亂流(Wave turbulence)의 농밀도류가 평시보다 조립물질을 뜬짐에서부터 순간적으로 침식시킨 경우이다. 그러나 粒度로 보아 전자의 해석이 더 적합하며 후자의 해석은 조간대환경을 밝혀내지 않았으므로 적용이 적합하지 않은 것이다.

#### 4-1-2. 黔川層

본층의 층서단면에 나타난 퇴적기록은 대체로 만항층의 그것과 유사하나 박고하면 전층을 통하여 보다 暗色化되어 있어 퇴적 당시 탄질물의 유입이 많았던 것으로 생각되며 粒度는 감소되는 경향을 보인다. 본층 중에 협제되어 있는 박층의 석회암들은 예외없이 암회색을 띤다. 이것은 석회암 형성과정 중에 탄질물이 혼입된 데 그 원인이 있다. 이들 석회암은 방추층, 코노돈트, 완족패 및 해백합줄기화석을 함유하는 것으로 천해성 기원의 것이다. 이에 수반된 본층의 사암과 세일도 천해성 기원으로 해석되며 挾炭層은 流移生成炭이 주이겠으나

海안소택環境의 原地生成炭도 存在할 가능성이 있으나 퇴적물에 근거하면 만항층에서도 야기되는 바와 같이 본층이 전적으로 천해성층인가 아니면 테티스해의 해침과 해퇴가 교호하는 동안에 있었던 육성환경을 수반하는 海沿性環境성인지 불확실한 바 있다.

본층은 횡적, 암상변화가 심할 뿐 아니라 층후의 변화도 심하여 함백광업소지구와 묵산탄광일대에서 본층이 결하고 만항층위에 바로 장성층이 놓인다. 이것은 본층이 이들 지역에서 완전히 침식되었거나 비퇴적됨으로서 그 원인을 찾아야 하는 것이다. 본 탄전 서방에 위치한 영월탄광에서는 본층이 본탄전 동부에 있는 장성탄광지구와 마찬가지로 잘 발달한다. 그러면 영월과 장성탄광 사이에 놓인 威白지구가 결층형상을 보임은 금전세(후기 Moscovian 世)내지 우랄세(장성층 퇴적 직전)에는 이 일대가 조륙운동에 의한 용기대였음을 뜻한다. 즉 비퇴적 현상에 의한다면 금전세와 우랄세 동안에, 침식현상에 의한다면 長省層퇴적 이전 즉(Gshelian) 및 우랄세 동안에 용기부를 이루었음을 의미한다.

#### 4-2. 斜層理의 類型

晩項層 斜層理의 類型과 堆積營力에 관하여 諸學者들의 理論에 기초하여 考察키로 한다. 本層 斜層理의 大部分을 차지하는 板狀型 斜層理의 生成環境을 類推하는데 하나의 도움되는 資料로서 種래 學者들의 보고를 要約하면 제 4 表와 같다. 그뿐 아니라 Klein(1970), Lamar 와 Merifield(1968), 그밖에 20명의 學者들은 자기 그들의 論文에서 조간대 斜層理는 그 頂部와 기저부가 예리한 침식 경계면을 갖고 있다고 하였으며, Nagahama(1966)는 그의 平面型이 砂波의 移動으로 生成된다고 推定하였다.

上述한 바와 같이 板狀型 斜層理는 해빈—조간대—사주—델타—선상지—河成環境에서 形成되므로 水成環境의 어느 특정환경을 지시하지 못하며 精確한 堆積環境을 指示하는 것은 아닌 것으로 해석할 수밖에 없다.

本層 板狀型 斜層理中 平面型과 單純型 兩者의 區別은 事實上 難解하다. 왜냐하면 斜層理의 基底面이 平坦面을 보이더라도 侵蝕面을 代表할 수가 있고 凹形을 보여주는 것도 非侵蝕에 依해서 形成될 수가 있기 때문이다. 斜層理가 群을 形成하는 境遇는 大體로 平面型 일 것으로 推定된다.

렌즈型 斜層理는 Dunbar 와 Rodgers(1957)에 依하면 合流川에서와 같이 變向性水流가 있는 곳에서 形成되고 風成砂丘에서도 産出된다고 했으며, Scott(AAPG)는 高角度 내지 低角度 렌즈型 및 谷型이 河成環境下에서 形成된다고 하였고, 이 型은 델타環境下에서도 生成되는 것으로 알려져 있다. 그러나 晩項層의 本型



제 4 표. 板狀型 斜層理의 生成環境.

研 究 者	生 成 環 境
Dunbar & Rodgers(1957)	三角洲의 停滯性 水體; 청어뼈型—海浜
Swett, Klein & Smit(1971), 朴(1974), 기타	청어뼈型—潮間帶
Jopling(1963)	平面 B型—弱한 流水作用
McKee(1966)	高角度殺到型—砂丘; 角斜層理—水底; 急流型(torrential type)—delta 나 錐(cone)의 前位層, 선상지, 해빈, 海向砂洲; 板狀平面型—델타 錐, 海向砂洲, 층적지; 平面 B型(板狀殺到型)—약한 流水作用
Nagahama(1966)	砂 波
章 & 金(1968), 金(1974)	河成層
Kelling(1969)	平面 A 및 B型—河成層
Anam, Hayes, Bozeman(1969)	低角度添加型(accretionary type) 및 高角度 殺倒型(avalanche)—海浜
Selley(1970)	低角度型(5°~15°)—海浜—帶
High & Picard(1974)	高角度殺倒型 및 低角度平面型—河成層

은 기타의 堆積環境을 指示하는 資料로부터 淺海成環境임이 確實하므로 本型이 곧 堆積環境을 指示하는 것은 아니다. 本型 斜層理의 構成 岩質이 粗粒砂岩이기 때문에 風成砂層理가 아님은 分明하다.

峯型 斜層理는 Nagahama(1966)에 依해 命名되었으며, 그에 依하면 本型은 地形의 小丘(礁)나 堆積中에 形成되는 凸部(水流의 合流部에서 形成된 것이나 2개의 洗流가 溝동의 사이에 있는 것)의 下流側에 形成되는 것이라 推定하고, 이 例는 매우 적을 것이라 하였다. Tillman(1971)은 本型을 하성원이라 同定한 바 있다.

上述한 바와같은 퇴적環境下의 斜層理의 起源은 砂波(sand wave), 非對稱 물결자국(ripple mark), 砂丘, 水流의 移動이나 再排列(realignment) 등으로 인해 生成되었거나(Hamblin, 1961; Allen, 1963; Harms와 Fahnestock; 1965), 아니면 堆積物을 含有한 水流가 靜水體로 流入되는 곳에서 形成된 비탈진 堆積物과 水體 사이의 境界가 漸進함으로서(Jopling, 1963, 1965; McKee, 1965; Sorby, 1859) 生成되었을 것으로 類推된다. 長省層의 砂岩과 같은 河床充填, 堆積輪廻層一帶의 두꺼운 板狀型斜層理는 局地的 델타式 前面層 堆積에 依해 生成되었을 것으로(Kelling, 1969) 推斷된다.

McKee(1965)는 砂波로부터 形成된 斜層理와 델타式 前層面에 依해 生成된 것을 分別하는 物理的 證據(physical criteria)를 提示했다고(Kelling, 1969) 하나, Kelling은 이들 證據는 兩者區분에 不充分한 것으로서 兩者사이의 成因의 區分을 위하여는 事實上 仔細한 局地的 堆積環境에 밝혀져야 한다고 하였고, 이것은 筆

者의 見解도 그와 一致하는 事項이다. Kelling은 輪廻連層(cyclic sequence)內의 斜層理의 形態와 幾何는 水流系가 漸進的으로 增加하거나 減少하는 狀態下에서 形成됨을 實驗的으로 밝혔다.

本 炭田의 斜層理가 특히 群을 形成하는 境遇는 停滯水나 移動하는 水體下에서 繼續的인 水流의 強弱變化에 依해 形成되었을 것으로 推定된다.

#### 4-3. 斜層理의 규모

晩項層 斜層理의 평균 규모의 變化 양상에서 論述된 바와 같이 삼척탄전 전체의 규모 평균값은 淺海性層인 晩項層보다 陸成層인 상위층의 것이 낮은 경향이 나타났고, 삼척탄전의 東部로부터 西部로 向할수록 地區別 平均규모값이 增大하는 경향이 밝혀졌다. 이것에 後述되는 퇴적분지내 水流方向, 즉, 퇴적물 운반방향과 堆積環境을 결부시켜 해석해보면 平均규모는 淺水地域에서 深水地域으로 向할수록, 卽, 당시 테티스海의 海退方向에 따라서 增加하는 경향이며 陸成環境內의 河川의 上流方向에서 下流方向으로 向할수록 增加하는 경향인 것이다. 河成層에 있어서 斜層理의 규모가 水深이 增加하는 方向으로 增大하는 이와 一致되는 結果를 얻은 研究로서는 Kelling(1969)과 Allen(1963, a)을 들 수 있다. 그러나 Schwarzacher(1953), McDowell(1957) 및 Pelletier(1958) 등은 이와 반대되는 結果를 發表한 바 있다. 특히 Pelletier(1958)는 미시시피紀 Pocono層의 斜層理 平均규모가 上流河川에서부터 下流河川을 거쳐 淺海環境에 이르기까지 점차 증가함을 등규모선 도로서 나타냈다.

斜層理의 규모를 지배하는 諸堆積因子는 Brush(1958)에 依하면 流速, Dunbar와 Rodgers(1957) 및 Allen

(1963 a)에 의하면水深, Potter와 Pettijohn(1963)에 의하면全流出量(total discharge), 堆積物供給量(sediment availability), 그리고侵蝕의程度라고 밝혀진바 있다. 그러므로本論文에서는學者들의 종래 연구결과를, 本層에 적용해석하는 것이다. Caniveer(1968)는중규모斜層理가 河川, 바다, 호수 등의淺水중에 잘形成되며 다른環境에서는稀貴하거나 잘 없으며, 따라서이斜層理는 위와 같은環境下에서 흔히 볼 수 있는河床形態(bedform)인 큰물결자국(Megaripples)의移動에依해서起源되었음을 시사한다고 하였다. 晩項層의斜層理는 Caniveer(1968)의淺海環境下에서形成되었다고 할 때合理的이다. 한편朴(1974)은潮間帶의갯물砂洲(intertidal channel sand-bar)로부터匣試錐斜層理 표본 약 230세트 중數세트를 제외하면 거의가 소규모에 속한다. 따라서 晩項層의斜層理 규모와는 판이하므로 本層은 潮間帶堆積物로 形成된 것은 아닌 것으로 해석된다.

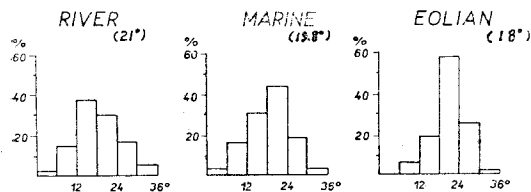
晩項層斜層理 규모의 도수분포도는 쌍최빈형 또는 3최빈형을 보인다. 규모의 빈도형에 대하여 Klein(1970)은 潮間帶環境下의 것은 주로 쌍최빈형을 취한다고 했으며 Swett·Klein·Smit(1971)는 多最頻形을 나타낸다고 했으나 Kelling(1969)에 의하면 河成層에서 주로 규모가 큰 方向으로 우세한 非對稱의 雙最頻形을 기재한 바 있어 現단계에서는 堆積環境을 規定하기에는 무리가 따를 것으로 생각된다.

晩項層斜層理의 규모特徵에 依해 堆積營力을 規定할 수는 없으나 筆者(1976)에 의하면 石炭—트라이아스 累層中 기타 陸成層이라든지 백악기의 慶尙系의 것과 確實히 區分되는 結果를 얻었으므로, 이에 기초하는 限 晩項層의 堆積은 上記 기타층 堆積보다 流水의 에너지 水準이 보다 낮은 곳에서 堆積된 것으로 해석된다.

斜層의 길이는 셋트두께와 斜層의 경사각에 依해 分配되어 變하는 것이다.

#### 4-4. 斜層理의 最大경사각

斜層理의 最大경사각과 斜層理가 生成된 堆積環境에



제 7 도. 하성환경, 해상환경 및 풍성환경 사층의 경사각의 기둥그림포 유형 (F. J. Pettijohn, 1962에 의한). ( )내의 수치는 평균치.

관해서는 여러 學者들에 依해 發表되었는데, McKee(1964)에 의하면 중각도형은 海岸모래언덕(beach barrier), 砂質沖積地 및 先端砂洲(point bar)에서, Carrigy(1971, p. 1167)에 의하면 고각도형은 先델타(predelta) 沖積地의 先端砂洲와 河床에서, McKee(1964), Selley(1960)·Tillman(1971) 그리고 Anam, Hayes, Bozeman(1969)에 의하면, 저각도침가형은 海빈, 海향사구(offshore bar), 海안 모래언덕 및 海안 沖積地에서 Tillman(1971)은 엽리를 보이는 저각도板狀型은 海빈에서, Selley(1970)에 의하면 저각도형은 주로 海빈에서, Higher와 Picard(1974)는 저각도 平面型이 河成環境에서, Brush(1958)에 의하면 35°초과의 초고각도형은 특히 낮은 環境에서 形成된다고 한다. 그러나 本層은 淺海性環境이므로 最大경사각에 依한 斜層理의 모든 類型이 이 環境에서 產出됨이 確實하다. 실제로 陸成環境에서도 筆者는 저각도형 내지 고각도형을 흔히 채취한 바있으므로 경사각의 환경적 的의를 論할 때는 그 分布의 最類型이 重要視되는 것이다.

晩項層斜層理의 最大경사각 기둥그림포 最類型은 Pettijohn(1962)의 海成모델에 매우 類似하여 本層이 海成環境임을 시사해주는 하나의 證據가 된다. Pettijohn(1962)의 海成모델에 完全히 一致되지 않음은(제 7 도) 本層내에도 海岸性 陸成層의 混재를 암시하는 듯 생각되나 밝혀지지 않는다.

晩項層斜層理 最大경사각의 平均치 分布變化를 準地區別 및 상위層들과 비교 검토할 때, 東에서 西로 向할수록 增大되고, 상위 他層들보다 높은 값을 보임은 前者의 경우는 테티스海의 海退方向과 一致하여 增大되는 양상이며, 後者の 경우는 流體의 深度가 增加할수록 平均치도 增大된 것으로 해석된다. 前述한 斜層理의 규모도 이와 비례하여 증가하는 경향을 더듬은 Kelling(1969)이 주장한 바와같이 上記 兩平均치들의 증가방향에서 流速의 一般의 減少를 指示하는 해석이 可能한 것이다.

특히 晩項層은 海成層으로서 砂粒의 원마도가 上位의 他層에 비하여 높을 것임에도 不拘하고 오히려 最大경사각이 높아져 있음은 他層 堆積時보다 水深이 높고 流速이 감소한데 기인된 것으로 생각된다. Twenhofel(1950)이 주장한 堆積物의 安息角은 粒의 球形도에 反比例한다는 事實과는 잘 부합되지 않으므로 앞으로의 仔細한 研究가 要求된다.

本層 堆積時의 테티스海 海流의 流速에 관한 限 그 것이 當時 海岸 沖積平野 河川 水流에 비하여 特別히 높지 않은 것으로 해석된다. 왜냐하면 첫째 斜層理의 경사각이 비교적 높은 것이며, 둘째 대부분 斜層理를

구성한 斜層의 葉理層이 예리하게 구획되는 것이며, 셋째 물결자국과 기타 小堆積構造가 수반되지 않기 때문이다.

斜層理의 安息角을 支配하는 因子로서 運搬媒質의 特性, 粒의 性格 그리고 堆積環境을 들 수 있다. Potter & Pettijohn(1963)은 斜層理의 傾斜角은 粒度, 堆積物의 組織, 全運搬量, 流體의 永續性(persistency of flow), 그리고 堆積環境에 關係된다고 論述하였으며, Twenhofel(1950)은 堆積物의 安息角은 物質의 密度, 凝集力, 그리고 堆積率에 比例하고, 運搬媒體의 密度와 搖動力, 粒의 球形도와 粒度에 反比例한다고 하고 水成層의 安息角이 風成層보다 낮은 事實은 물의 密度가 바람보다 높아 粒에 미치는 힘이 더 크게 作用하기 때문이라고 說明하였다. Jopling(1963, 1965)에 依하면 水成 斜層理의 傾斜는 流速과 粒度運搬能力(competency), 表面에 미치는 歪力(bed-shear stress), 그리고 盆地깊이와 河床깊이의 比率등의 變化에 依하여 決定된다고 했으며 Van Burkalow(1945)와 Carrigy(1970)는 粒狀物質의 安息角은 粒도와 粒形을 包含하는 粒의 特徵의 函數라고 하면서 傾斜의 變化는 廣範한 堆積環境의 變化라고 論하였다. McKee(1964)는 斜層理의 傾斜角은 斜層理가 形成된 地盤의 句配, 流速 그리고 砂粒의 物理的 性格에 依해 支配된다고 記述했다. 盆地內의 位置에 따라 平均傾斜角이 變化함은 Goldberg와 Holland 外에도 많은 學者들에 依하여 잘 알려져 있다(Kelling, 1969; Holland, 1972). 現生堆積物에 있어서 安息角은 大體로 34°인 것으로 밝혀져 있으며, Thoulet는 理論上 41°까지 形成될 수 있다고 하였다(Twenhofel, 1950, p. 245). Brush(1958)에 依하면 斜層理의 最大傾斜角은 低流速下에서는 安息角(臨界角)을 若干 超過하며, McKee(1953)와 Jopling(1960)은 高流速下에서는 安息角보다 若干 未達한다고 했다. 今般 研究는 地質時代의 地層이므로 上述의 觀點에 基礎하여 깊이 다루지 않은 것이나, 現生堆積物 研究에 있어서는 必須의으로 연구되어야 할 것으로 생각된다.

以上에 紹介한 바와 같이 斜層理의 最大傾斜는 堆積 起源과 流水의 세기에 對한 定量的 指針을 주는 有用한 指示者임은 確實하다. 그러나, 古期岩層에 對한 斜層理의 傾斜角을 解釋함에는 若干의 無理가 없지 않다. 왜냐하면 一般의으로 斜層理의 傾斜는 荷重이나 水壓에 依해 準同時期的으로 變形될 수도 있고 固結作用 동안에 微少하게나마 減少되며 오랜 地質時代를 經由하는 동안에 變形되어 過褶曲으로 나타날 수도 있으며 또한 斜層理를 包含한 古地層의 正確한 起源을 알 수 없기 때문이다. 그러므로, 本累系 斜層理의 最大傾斜

角을 分析함은 現生 斜層理의 그것과 比較檢討할 뿐 아니라 堆積盆地內의 地域의 流向 變化樣相의 趨勢를 밝히는 것이 重要한 것이다.

#### 4-5. 斜層의 構成岩質

晚項層 斜層理의 砂層을 構成하는 岩質이 本炭田의 東部에서 西部로 갈수록 대체로 粒度가 감소하는 경향을 띠운은 이 方向이 海水의 水深이 增大하고 流速이 減少하는 堆積盆地의 中心으로 向하는 卽, 테티스海의 海退方向인 것으로 생각된다. 이 方向에서의 粒度減少의 경향은 最大傾斜角과 규모의 變化趨勢에 反比例하는 結果로서 上記 解釋의 合理性을 뒷받침한다.

晚項層 斜層理의 構成岩質, 斜層理의 類型, 그리고 立體의 特徵에 依하여 本層이 海成이라고 具體化할 수는 없겠으나 적어도 이들 斜層理가 水成起源임을 알 수 있다.

#### 4-6. 古水流體系

삼척탄전 만항층 사층리 경사방향의 빈도분포에 의해 작성된 고수류도는 고수류방향의 다양한 分岐를 보여주며 Greensmith(1961)의 淺水環境의 양상을 나타낸다. 퇴적물의 분산체계의 특징은 일반적으로 각종의 퇴적환경을 시사하는 것으로 알려져 있으며 아래 제 8도는 淺海와 海沿환경을 때표하는 고수류체계이며 만항층의 고수류체계는 이들 체계에 비교되어 퇴적환경이 해석되었다. 만항층의 고수류체계는 河成환경이나 호성환경의 그것과는 判異한 것으로서 Klein(1967)의 조간대 환경의 4最頻形, Swett·Klein·Smit(1971)의 조간대 환경의 多最頻形(polymodel)에 유사한 바 있으나 Pettijohn(1962), Potter와 Pettijohn(1963), Picard와 High(1968 a), Tohill과 Picard(1966), Pisanak(1957) 및 Picard(1967 b)의 천해와 海沿환경의 고수류체계에 유사한 형태를 보여준다(제 6도). 전자의 경우는 본층이 조간대환경을 지시하는 뚜렷한 증거가 없으므로 본층의 고수류체계는 천해와 海沿환경을 시사하는 것으로 해석된다. 만항층의 고수류 분산치를 Potter와 Pettijohn(1963)의 分散值範圍에 의한 해석에 적용하면 삼척탄전 전역의 것은 해성환경, 지역별 및 지구별에 따라서 분산치는 해성층 및 육성환경을 지시한다. 지역에 따라 이렇게 차이가 나타남은 곳에 따라 채취된 표본의 수가 충분치 못함에 주 원인이 있는 것으로 생각된다.

본탄전 전역의 만항층 평균 백태방향은 269°로서 正東에서 正西方向이며 이를 지구별로 보면 장성지구가 317°, 삼척탄좌지구가 241°, 함백지구가 283°이다. 지구별로 다소 유향은 변하나 대체로 보아 만항층의 쇄설성 퇴적물의 운반방향은 東에서 西임이 明白하다. Klein(1967)과 Selley(1968)에 의하여 천해의 유향체계

는 분지퇴적면 경사와 평행하거나 직각방향인 것으로 밝혀졌다. 만항층 해류의 방향을 이들의 이론에 따라 해석하면 상기방향은 대체로 퇴적면의 古傾斜방향에 직각이고 퇴적주향에 대체로 평행인 것이라 할 수 있다. 이 사실을 뒷받침하는 것은 삼척탄전 전역의 본층礫의 最大長徑 分布가 東西區에 따라 별다른 變化없이 均一性을 보이기 때문에 東西方向으로 海岸線이 발달했음이 수긍되기 때문이다. 다만 최대경사각규모의 평균치 변화가 동부에서 서부로 갈수록 약간씩 증대하기 때문에 동부보다 서부가 약간 더 심수저였을 것으로 유추된다.

東에서부터 西의 方向이란 당시 페티스海의 해침 및 해퇴의 축방향과 일치되는 것이다.

상기 고수류분석과 퇴적환경에 의하여 유추된 만항층의 퇴적사를 유추해보면 만항층 구성 세설성 퇴적물은 하천에 의해 운반되어 연안류(Longshore current)에 의해 재분산되었으며 함탄층을 포함한 세일은 대부분 流移되어 천해에 퇴적된 것으로 보이나 부분적으로 沼澤地환경에서 형성되었을 가능성이 없지 않다.

만항층의 퇴적환경은 층서단면분석, 사층리의 유형, 사층리의 규모, 사층리의 최대경사각, 사층의 구성암질 및 고수류분석의 다각적인 면으로 고찰되었는데 이들 각각의 결과는 만항층의 퇴적환경은 천해성 환경이며 부분적으로 海沿成환경 중에서 형성되었을 가능성이 있는 암층이 존재할 것으로 유추된다. 그러나 해안층적지나 소택지퇴적물의 구체적인 확인은 불가능하였다. 만항층의 고수류체계, 斜層의 구성암질 및 構成礫의 最大長徑의 分布에 의하면 본탄전의 서방으로 갈수

록 해양적인 것이며, 정선, 단양, 문경탄전에서 본층의 구성물질이 細粒化하고 석회암의 협재빈도가 증가되며 그 두께가 증가하는 것으로, 그리고 평강탄광쪽에서도 고수류가 남동방을 향하고 석회암의 양이 삼기탄전들에서 보다 적은 것을 보아 정선-문경탄전의 北東-南西方向의 해협이 존재했던 것으로 생각된다. 이 해협으로부터 본탄전지역을 향하여 하나의 천해만입부가 발달되었던 것으로 해석된다.

5. 후기 석탄기 삼척탄전의 테티스해 천해류

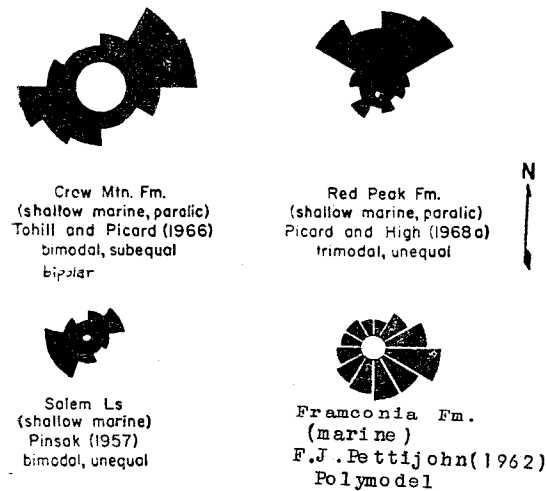
퇴적영력의 연구와 해류도로부터 만항층 퇴적시 수류의 분포를 보이는 고지리틀 유추해낼 수 있다. 즉 만항층의 고수류방향이 대체로 正西方向이 우세하며 이 사실은 후기 석탄기 모스크바世에 본 탄전의 남동방에 퇴적물의 공급지가 위치했음을 유추케하는 것으로서 嚴과 鄭(1972) 외가 작성한 고지리도에 당시 육침지향사대가 해협으로 표시되어 있는 사실과 符合된다. 그러나 본층 퇴적 당시 남한의 동해와 본토가 바다로 표시되어 있는 Stokes(1960)의 종합고지리도에는 본탄전의 남동방에 공급지의 존재가 무시되어 있으므로 본 논문의 고수류해석과는 相馳되어 상기 종합고지리도는 오류임이 확실하다.

삼척탄전의 만항층은 오오도비쓰스가 분포되어 있는 저평한 지역에 일어난 석탄기 중기의 조륙운동에 의한 침강운동 이후에 페티스해의 해침으로 인해 퇴적이 일어난 것이다. 이 때의 퇴적분지는 조구환경으로 보면 Stille(1936)의 準地向斜(Parageosyncline)內 Kay(1947)의 接地向斜(Zeugogeosyncline) 즉 Auboin(1959)의 大陸間堆積谷(Intercontinental furrow)에 속한 것이었다.

만항층의 퇴적학적 및 고수류분석을 행함으로써 후기 석탄기시대 페티스海內 삼척탄전지역에서 퇴적물을 운반시킨 해류는 천해 연안류로서 삼척탄전 전지역의 해류계를 도시하면 제 6도와 같으며 이것은 사층리의 유향분석으로부터 얻은 평균유향도이다. 이들 해류방향은 부분적으로 변향성을 보이나 전술한 바와같이 해안선에 대체로 평행한 방향으로 해석된다.

6. 結 論

(1) 江原道 三陟炭田의 石炭系 古木層群 晚項層과 黔川層의 퇴적환경은 층서단면분석에 의하여 주로 천해환경으로 시사되고 해침과 해퇴가 교호됨으로서 일어나는 육성층을 협제할 가능성이 있다. 만항층 사층리 분석을 통하여 사층리 규모의 빈도변화, 최대경사각 기동 그림표의 최빈형, 고수류 체계 및 분산치는 타학자들의 환경별 기준에 비교하여 해석할 때 본층의 퇴적환



제 8도. 천해와 海沿成환경의 대표적인 고수류체계

경은 천해 및 해연환경이다. 그러나 협제되어 있을 수 있는 육성층의 분리는 불가능하다.

(2) 후기 석탄기 테티스海內 삼척탄전지역의 海流는 천해연안류이다.

(3) 만항층으로부터 밝혀진 천해류 평균유향은 269°로서 대체로 동에서 서인데 이 방향은 퇴적면의 고경사에 평행하고 퇴적주향에 직각인 것이다. 본 유향의 주방향은 테티스해의 해침 및 해퇴의 축방향과 일치한다.

(4) 삼척탄전지역은 후기 석탄기 테티스海가 정선—문경방향의 해협으로부터 동쪽으로 뻗어나온 동서방향의 축을 갖는 천해 만입부로 시사된다.

(5) 후기 석탄기 삼척탄전 일대의 古地理는 東高西

低로 대표되며 퇴적물의 배후공급지는 본탄전의 남동방 및 동방에 위치하였었다.

(6) 만항층의 사층리 유형은 주로 판상형이나 본형은 諸水成환경의 퇴적물에서 산출되므로 그중 어느 특정의 퇴적환경을 지시하는 것은 아니다. 만항층의 렌즈형 사층리는 천해에서 형성된 것이다.

(7) 최대경사각에 의해 분류된 만항층의 저각도형, 중각도형, 고각도형 및 초고각도형 사층리가 모두 천해환경에서 산출된다.

(8) 삼척탄전 만항층의 퇴적분지는 조구환경에 의하여 분류하면 준지향사내 접지향사 즉 대륙간 堆積谷이었다.

#### REFERENCES

- Allen, J. R. L., 1970, Physical processes of sedimentation: George Allen and Unwin Ltd., London, p. 248.
- Allen, J. R. L., 1970, Sediments of the Modern Niger Delta: in Deltaic Sedimentation, p. 138-151.
- Allen, J. R. L., 1965, Upper Old Red Sandstone (Farlovian) Paleogeography in South Wales and the Welsh Borderland: J. Sed. Pet., v. 35, n. 1, p. 167-195.
- Aubouin, J., 1965, Geosynclines: Elsevier Pub. Co., New York, p. 355.
- Baars, D. L., 1960, Permian Blanket Sandstones of Colorado Plateau: in Geometry of Sandstone Bodies, A. A. P. G., Tulsa, Oklahoma, U. S. A.
- Berry, W. B., 1958, Depositional environment of the Ordovician Succession in the Marathon region, Texas: J. Sed. Pet., v. 28, n. 4, p. 389-405.
- Biederman, Jr., E. W., 1962, Distinction of Shoreline environments in New Jersey: J. Sed. Pet., v. 32, n. 2, pp. 181-200.
- Bouma, A. H. & Brouwer, A. (editors), 1964, Developments in Sedimentology: Elsevier, p. 264.
- Brett, G. W., 1955, Cross-bedding in the Baraboo Quartzite of Wisconsin: J. Geol., v. 63, n. 2, p. 143-148.
- Caniveer, C., 1968, Manual of sedimentary structures: B. M. R. Bull., p. 102.
- Carrigy, M. A., 1971, Deltaic sedimentation in Athabasca tar sands: A. A. P. G., v. 55/8, p. 1115-1169.
- Casshyap, S. M., 1968, Huronian stratigraphy and paleocurrent analysis in the Espa-nola-Willisville area, Sudbury District, Ontario, Canada: J. Sed. Pet., v. 38, n. 3, p. 920-942.
- Cheong, C. H., 1969, Stratigraphy and paleontology of the Samcheog coalfield, Gang-weondo, Korea(I): J. Geol. Soc. Korea, v. 5, n. 1, p. 13-56.
- Cotter, E., 1971, Paleoflow characteristics of a Late Cretaceous River in Utah from analysis of sedimentary structures in the Ferron sandstone: J. Sed., Pet., v. 41, n. 1, p. 129-138.
- Coleman, J. M., Gagliano, S. M., Smith, W. S., 1970, Sedimentation in a Malaysian high tide tropical delta: in Deltaic sedimentation.
- Crosby, E. J., 1972, Classification of sedimentary environments: in Recognition of ancient sedimentary environments, S. E. P. M. n. 16, p. 4-11.
- Curtis, D. M., 1970, Miocene deltaic sedimentation, Louisiana gulf coast: in Deltaic sedimentation, p. 293-308.
- Dapples, E. C., 1955, General lithofacies relationship of St. Peter sandstone and Simpson Group: Bull. A. A. P. G., v. 38, n. 4, p. 444-467.
- Dickinson, K. A., Berryhill, H. R., Jr. & Holmes, C. W., 1972, Criteria for Recognizing Ancient Barrier Coastlines: in Recognition of Ancient Sedimentary Environments, S. E. P. M., n. 16, p. 192-214.
- Dodge, C. F., 1965, Genesis of an Upper Cretaceous Offshore bar near Arlington, Texas: J. Sed. Pet., v. 35, n. 1, p. 22-35.
- Donaldson, A. C. Martin, R. H., Kanen, W. H., 1970, Holocene Guadalupe Delta of Texas Gulf Coast: in Deltaic Sedimentation, p. 107-137.

- Emery, K. O., 1955, Grain size of Marine Beach Gravels: *J. Geology*, v. 63, n. 1.
- Ferm, J. C., 1970, Allegheny Deltaic Deposits: in *Deltaic Sedimentation*, p. 246-255.
- Klein, G. V., 1970, Depositional and Dispersal Dynamics of Intertidal Sand Bars: *J. Sed. Pet.*, v. 40, n. 4, p. 1095-1127.
- Klein, G. de V., 1963, Regional Implications of Triassic Paleocurrents, Maritime Provinces, Canada: *Jour. Geol.*, v. 71, n. 6, p. 801-808.
- Kukal, CSc, Z., 1971, Geology of Recent Sediments: Czechoslovak Academy of Sciences, p. 490.
- Laporte, L. F., 1968, Ancient Environments, p. 28.
- Lucia, F. J. 1972, Recognition of Evaporite-Carbonate Shoreline Sedimentation: in *Recognition of Antient Sedimentary Environments*, S. E. P. M., n. 16, p. 160-191.
- McKee, E. D., 1957, Primary Structures in Some Recent Sediments: *Bull. Am. Assoc. Petr. Geol.* v. 41, n. 8, p. 1704-1747.
- McKee, E. D., 1964, Inorganic Sedimentary Structures: Approaches to Paleocology, p. 275-295.
- McKee, E. D., 1966, Structures of Dunes at White Sands National Monument, New Mexico (and a Comparison with structures of dunes from other selected areas): in *Sedimentology* v. 7, n. 1, p. 1-69.
- McKee, E. D. & Moiola, R. J., 1975, Geometry and Growth of the White Sands Dune Field, New Mexico: *J. Research, US Geol. Sur.*, v. 3, n. 1, p. 59-66.
- McKee, E. D. & Sterrett, T., 1960, Laboratory Experiments on Form and Structure of Longshore Bars and Beaches: in *Geometry of Sandstone Bodies*, A. A. P. G., Tulsa, Oklahoma, U. S. A., p. 13-28.
- McKee, E. D., 1949, Facies Changes in the Colorado Plateau: in *Sedimentary Facies in Geologic History*, edited by Longwell, C. K. p. 35-48.
- Morgan, J. P., 1970, Depositional Processes and Products in the Deltaic Environment: in *Deltaic Sedimentation*, p. 31-47.
- Muller, S. Wm., 1949, Sedimentary Facies and Geologic Structures in the Basin and Range Province: in *Sedimentary Facies in Geologic History*, Edwards Brothers, Inc., Michigan, edited by Longwell, C. K., p. 49-54.
- Nagahama, H., 1966, Diagonal Bedding and Accumulation of Tertiary Sediments in Northwestern Kyushu, Japan: *Geol. Soc. Japan* (in Japanese), p. 66.
- Nagahama, H. and Iijima, A., 1965, The Petrography and Sources of the Later Tertiary Sandstone in Northwest Kyushu, Japan: *Japan J. Geol. and Geog.*, v. XXXVI, n. 2-4, p. 61-75, p. 89-134.
- Nagahama, H., 1967, Paleocurrents of the Taishu Group in the Tsushima Island, Kyushu, Japan: from memorial thesis of Prof. Y. Sasa, p. 135-147.
- Nagahama, H., Hirokawa, O. and Enda, T., 1968, History of Researches on Paleocurrent in Reference to Sedimentary Structures: *Bull. Geol. Soc. Japan*, v. 19, n. 1, p. 41.
- Nagahama, H., 1964, Tertiary Paleocurrents in North-west Kyushu with Special Reference to Diagonal Bedding: *Proc. Japan Acad.* v. 40, n. 7, p. 522-527.
- Nelson, B. W., 1970, Hydrography, Sediment Dispersal, and Recent Historical Development of the Po River Delta, Italy: in *Deltaic Sedimentation* p. 152-184; S. E. P. M. Sp. Pub., n. 15.
- Nelson, H. F. & Bray E. E., 1970, Stratigraphy and History of the Holocene Sediments in the Sabine-High Island Area, Gulf of Mexico: in *Deltaic Sedimentation*, p. 48-77; S. E. P. M. Sp. Pub., n. 15.
- Okada, H. & Fujiyama, I., 1970, Sedimentary Cycles and Sedimentation of the Taishu Group in the Shichama Area, Central Tsushima, Kyushu: *Memoirs of the National Science Museum*, n. 3, p. 9-17. (In Japanese)
- Olson, J. S. & Potter, P. E., 1954, Variance Components of Cross-bedding Direction in some Basal Pennsylvanian Sandstones of the Eastern Interior Basin-Statistical Methods: *J. Geol.*, v. 62, n. 1, p. 26-49.
- Oomkens, E., 1970, Depositional Sequences and Sand Distribution in the Postglacial Rhone Delta Complex: in *Deltaic Sedimentation*, p. 198-212.
- Park, D. W., 1974, Flussmorphologie im Süßwasserbereich der Unterelbe (Elbe Km 650-670): *Hamburger Geographische Studien*, Germany, p. 157.
- Park, Y. A., 1974, Migration and Textural parameters of intertidal channel sand bars in the tidal environments near Sylt, Schleswig-Holstein: Doctorate dissertation submitted to the Kiel University, Meyniana, p. 73-89.
- Park, Y. A., 1963, Petrology and Depositional Environments of the Pyongan Group of Gohan-ri District, Jeongseon-gun, Gangweon-do: M. S. thesis submitted to Seoul National University, Korea, p. 49.
- Parkash, B., 1970, Downcurrent Changes in Sedimentary Structures in Ordovician Turbidite Greywackes: *J. Sed. Pet.*, v. 40.

- n. 2, p. 572-590.
- Peterson, J.A. & Osmond, J.C. (editors); 1961, *Geometry of Sandstones: A. A. P. G.*, Tulsa, Oklahoma, p. 240.
- Fisk, H.N., 1960, *Bar-finger Sands of Mississippi Delta: in Geometry of Sandstone Bodies: A. A. P. G.*, Tulsa, Oklahoma, U.S.A. p. 29-52.
- Folk, R.L., 1968, *Petrology of Sedimentary Rocks: The Univ. of Texas, Hemphill's U.S.A.*, p. 170.
- Galehouse, J.S., 1967, *Provenance and Paleocurrents of the Paso Robles Formation, California: Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 78, n. 8, p. 951-978.
- Gasser, U., 1966, *Sedimentologische Untersuchungen in der ausseren Zone der subalpinen Molasse des Entlebuch(Kt. Luzern): Inauguraldissertation der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultat der Universitat Bern zur Erlangung der Doktorwürde. Basel Buchdruckerei Birkhauser AG, Germany, p. 724-772.*
- Gasser, U., 1968, *Die Innere Zone der subalpinen Molasse des Entlebuch (Kt., Luzern)-Geologie und Sedimentologie: Eclogae Ged. Helv.*, Germany, v. 61/1, p. 229-319.
- Goddard, E.N., 1963, *Rock-color Chart: The Rock-color Chart Committee: Geol. Soc. Amer.*, New York.
- Goldberry R. & Holland, W.N., *Redbed Facies in Narrabeen Group of Sydney Basin, Australia: A. A. P. G. Bull.*
- Gould, H.R., 1970, *The Mississippi Delta Complex: in Deltaic Sedimentation, edited by Morgan J.P.*, p. 3-30.
- Gould, H.R., 1972, *Environmental Indicators-A key to the Stratigraphic Record: in Recognition of Ancient Sedimentary Environments, S.E.P.M.*, n. 6, p. 1-3.
- Greensmith, J.T., 1961, *Cross-bedding in the Calciferous Sandstone Series of zife and West Lothian: Geological Magazine, XCVIII, No. 1, Jan.-Feb.*, p. 27-32.
- Greensmith, J.T., 1965, *Calciferous Sandstone Series Sedimentation at the Eastern End of the Midland Valley of Scotland: J. Sed. Pet.*, v. 35, n. 1, p. 223-242.
- Hansen, W.R., 1953, *Late Tertiary and Pleistocene Drainage Changes in the Hudson and Maynard Quadrangles, Massachusetts: J. Geol.*, v. 61, n. 4, p. 353-362.
- Harata, T., 1964, *The Muro Group in the Kii Peninsula, Southwest Japan: Memoirs of the College of Science., Univ., Kyoto, Series B.*, v. XXXI, n. 2, *Geol. and Min.*, p. 71-94.
- Harata, T., 1965, *Some Directional Structures in the Flysch-like Beds of the Shimanto Terrain in the Kii Peninsula, Southwest Japan: Memoirs of the College of Science, Univ. of Kyoto, Japan, Ser. B.*, v. XXXI, n.2, *Geol. & Min.*, Art. 4, p. 103-176.
- Heckel, P.H., 1972, *Recognition of Ancient Shallow Marine Environments: in Recognition of Ancient Sedimentary Environments, S.E.P.M.*, n. 16. p. 226-286.
- Hollenshead, C.T. & Pritchard, R.L., 1960, *Geometry of Producing Mesaverde Sandstones, San Juan Basin: in Geometry of Sandstone bodies, A. A. P. G.*, Tulsa, Oklahoma, U.S.A., p. 98-118.
- Jones, G.P., 1962, *Deformed Cross-stratification in Cretaceous Bima Sandstone, Nigeria: J. Sed. Pet.*, v. 32, n. 2, p. 231-239.
- Johnson, K.E., 1962, *Paleocurrent Study of the Tesnus Formation, Marathon Basin, Texas: J. Sed. Pet.*, v. 32, n. 4, p. 781-792.
- Jopling, A.V., 1966, *Some Principles and Techniques Used in Reconstructing the Hydraulic Parameter of a Paleo-flow Regime: J. Sed. Pet.*, v. 36, n. 1, p. 5-49.
- Kamen-Kaye, M., 1972, *Permian Tethys and Indian Ocean: A. A. P. G. Bull.*, v. 56, n. 10, p. 1984-1999.
- Kanes, W.H., 1970, *Facies and Development of the Colorado. Delta in Texas: in Deltaic Sedimentation*, p. 78-106.
- Kelling, 1969, *The Environmental Significance of Cross-Stratification Parameters in an Upper Carboniferous Fluvial Basin: J. Sed. Pet.*, v. 39, n. 3, p. 857-875.
- Kim, H.M., 1971, *Paleozoic and Mesozoic Paleocurrents of the Danyang Coalfield District, Korea: J. Geol. Soc. Korea*, v. 7, n. 4, p. 257-276.
- Kim, H.M., 1972, *Method of Paleocurrent Study: Memoirs for Prof. C.M. Son's Sixtieth Birthday*, p. 329-334.
- Kim, H.M., 1973, *Sedimentary Structures of the Gyeongsang Supergroup in Northwestern Part of the Gyeongsang Basin, Southeastern Korea: J. Geol. Soc. Korea*, v. 9, n. 3, p. 125-147.
- Kishu Shimanto Research Group (T. Harata et al.), 1970, *Sedimentological and Paleontological Studies of the Muro Group at the Southern Coastal Region of the Kii Peninsula: Memoirs of the Faculty of Education, Wakayama Univ. Natlaru Science*, v. 20, p. 75-102. (In Japanese)

- Klein, G. V., 1967, Paleocurrent Analysis in Relation to Modern Marine Sediment Dispersal Patterns: *A. A. P. G.* v.51, n. 3.
- Klein, G. V., 1970, Tidal Origin of a Precambrian Quartzite: *J. Sed. Pet.*, v.40, n. 3.
- Pettijohn, F. J. & Potter, P. E., 1964, *Atlas and Glossary of Primary Sedimentary Structures*: Springer-Verlag New York, Inc. 369. p.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. and Siever, R., 1972, *Sand and Sandstone*: Springer-Verlag, 618. p.
- Picard, M. D. & High, Jr. L. R., 1968, Sedimentary Cycles in the Green River Formation (Eocene), Uinta Basin, Utah: *J. Sed. Pet.*, v.38, n. 2, p.378-383.
- Picard, M. D. & L. R. High, 1972, Criteria for Recognizing Lacustrine Rocks: in *Recognition of Ancient Sedimentary Environments*, S. E. P. M., n. 16, p. 108-145.
- Potter, P. E. & Pettijohn, F. J. 1963, *Paleocurrents and Basin Analysis*: Springer-Verlag, New York, 296. p.
- Potter, P. E., 1967, Sand Bodies and Sedimentary Environments: a review, *A. A. P. G. Bull.* v. 31, n. 3, p. 337-365.
- Potter, P. E. and Mast, R. F., 1963, Sedimentary structures, Sand Shape Fabrics, and Permeability, Part I: *J. Geol.*, v. 71, n. 4, p. 441-471.
- Potter, P. E., 1963, Late Paleozoic Sandstones of the Illinois Basin: *Ill. Geol. Surv. Rept. Inu.*, n. 217, 92. p.
- Prentice, J. E., 1960, Flow Structures in Sedimentary Rocks: *Jour. Geol.* v. 68, n. 2, p. 217-225.
- Pryor, W. A., 1960, Sand Trends and Paleoslope in Illinois Basin and Mississippi Embayment: in *Geometry of Sandstone Bodies*, A. A. P. G., Tulsa, U. S. A. p. 119-133.
- Pryor, W. A. & Amaral E. J. 1971, Large-Scale Cross-Stratification in the St. Peter Sandstone: *G. S. A. Bull.*, v. 82, p. 239-244.
- Pryor, W. A., 1971, Petrology of the Permian Yellow Sands of Northeastern England and their North Sea Basin Equivalents: in *Sedimentary Petrology*, p. 221-254.
- Raju, D. S. N., Rao, C. N. & Sengupta, B. K., 1965, Paleocurrents in the Miocene Rajahmundry Formation, Andhra Pradesh, India: *J. Sed. Pet.*, v. 35, n. 3, p. 758-768.
- Reineck, H. E., 1972, Tidal Flats: in *Recognition of Ancient Sedimentary Environments*, S. E. P. M. n. 16, p. 146-159.
- Rittenhouse, G., 1960, Problems and Principles of Sandstone body Classification: in *Geometry of sandstone bodies.*, A. A. P. G., Tulsa, U. S. A., p. 3-12.
- Ross, D. A., 1970, Sources and Dispersion of Surface Sediments in the Gulf of Maine-Georges Bank Area: *J. Sed. Pet.*, v. 40, n. 3, p. 906-920.
- Sato, S., Sasa, T., Hirokawa, O., Okazaki, Y. and Nagahama H., 1967, The Paleocurrent of the Paleogene in the East of Kushiro City: *J. Geol. Soc. Japan*, v. 73, n. 12, p. 563-572.
- Sato, S., Sasa, T., Hirokawa, O., Okazaki, Y. and Nagahama H., 1967, The Paleocurrent of the Paleogene in the East of Kushiro City: *J. Geol. Soc. Japan*, v. 73, n. 12, p. 563-572.
- Schlee, J. S. & Moench, R. H., 1960, Properties and Genesis of "Jackpile" Sandstone, Laguna, New Mexico: in *Geometry of Sandstone Bodies*, A. A. P. G., Tulsa, U. S. A., p. 134-150.
- Scott, R. W., 1970, Stratigraphy and Sedimentary Environments of Lower Cretaceous Rocks, South-Western Interior: *P. G. Bull.* v. 54, n. 7, p. 1225-1244.
- Selley, R. C., 1965, Diagnostic Characters of Fluvial Sediments of the Torridonian Formation (Precambrian).
- Selley, R. C., 1972, *Ancient Sedimentary Environments*, p. 1-51: Cornell University Press.
- Selley, R. C., 1967, A Classification of Paleocurrent Models: *J. Geol.*, v. 75.
- Shoji, R., 1972, *Sedimentology* (in Japanese): Jochang Co., 284. p.
- Sloss, L. L., Krumbein, W. C. and Dapples, E. C., 1949, Integrated Facies Analysis: in *Sedimentary Facies in Geologic History*, edited by Longwell, C. K., p. 92-123.
- Spieker, E. M., 1949, Sedimentary Facies and Associated Diastrophism in the Upper Cretaceous of Central and Eastern Utah: in *Sedimentary Facies in Geologic History*, edited by Longwell, C. K., p. 55-82, Edwards Brothers Inc., Michigan, U. S. A.
- Stanley, D. J. & Unrug, R., 1972, Submarine Channel Deposits, Fluxoturbidites and other Indicators of slope and Base-of-slope Environments: in *Recognition of Ancient Sedimentary Environments*, S. E. P. M., n. 16, p. 287-340.
- Stoddart, D. R. and Cann, J. R., 1965, Nature and Origin of Beach rock (note): *J. Sed. Pet.*, v. 95, n. 1, p. 243-273.
- Stokes, W. L., 1960, *Essentials of Earth History*: Prentice Hill, Inc., 502. p.



- Sturm, E., 1971, High-resolution Paleocurrent Analysis by Moving Vector Averages: *J. Geol.*, v. 79, n. 2, p. 222-233.
- Swett, K., Klein, G. D., Smit, D. A., 1971, A Cambrian Tidal Sand Body-The Eriboll Sandstone of Northwest Scotland; An Ancient-Recent Analog: *J. Geol.*, v. 79, n. 4,
- Swift D. J. P., Stanley, D. J. & Curray, J. R., 1971, Relict Sediments on Continental Shelves-A Reconsideration: *J. Geol.*, v. 39, n. 3, p. 322-346.
- Tobisch, O. T., 1965, Observations on primary deformed sedimentary structures in some metamorphic rocks from Scotland: *J. Sed. Pet.*, v. 35, n. 2, p. 415-419.
- Visher, G. S., 1965, Use of Vertical Profile in Environmental Reconstruction: *Bull. A. A. P. G.* v. 49, n. 1, p. 41-61, 16 figs.
- Walker, R. G., 1969, The Juxtaposition of Turbidite and Shallow-Water Sediments Study of a Regressive Sequence in the Pennsylvanian of North Devon, England: *J. Geol.*, v. 77, n. 2, p. 125-143.
- Wanless, H. R., Baroffio, J. R., Gamble, J. C., Horne, J. C., Orlopp, D. R., Rocha-Campus, A., Souter, J. E., Trescott, P. C., Vail, R. S., Wright, C. R., 1970, Late Paleozoic Deltas in the Central and Eastern United States: in *Deltaic Sedimentation*, p. 215-245.
- Weimer, R. J., 1970, Rates of Deltaic Sedimentation and Intrabasin Deformation, Upper Cretaceous of Rocky Mountain Region: in *Deltaic Sedimentation*, p. 270-292.
- Wermund, E. G. & Tenkins, Jr. W. A., 1970, Recognition of Deltas by Fitting Trend Surfaces to Upper Pennsylvanian Sandstones in North Central Texas: in *Deltaic Sedimentation*, p. 256-269.
- Williams, G. E., 1966, Planar Cross-stratification Formed by the Lateral Migration of Shallow Streams: *J. Sed. Pet.*, v. 36, n. 3, p. 742-746.
- Wulf, G. R., 1962, Trough cross-bedding: *J. Sed. Pet.* v. 32, n. 3, p. 472-474.
- 岡田博有・松本達郎, 1969, エゾ地向斜白堊系の一部に認めれる堆積サイクル: *地質學雜誌*, v. 75, n. 6, p. 311-328.
- 岡田博有, 1971, 對州層群(對馬)の堆積環境に關するノート: 九州周邊海域の地質學的諸問題, シンポジウム資料 p. 39-46.
- 岡田博有, 1971, 地向斜碎層堆積物中の一堆積型式: *地質學論集* n. 6. p. 75-82.
- 岡田博有, 1971, 地向斜碎層堆積物とその堆積環境: *日本鑛山地質學會特別號*, n. 4, p. 81-94.
- 岡田博有, 1967, 地向斜砂質堆積物の諸問題, *科學*, p. 270-276.
- 岡田博有, 藤山家徳, 1970, 對馬中部, 鹽浜付近の對馬層群中のサイクルと堆積: *日本國立科學博物館專報*, n. 3, p. 9-17.
- 朴東源, 1975, 獨逸 Elbe 江河口の 河底地形: *駱山地理* p. 45-61.
- 孫致武, 1965, 平安系の 層序에 關하여: *文理大學報*, v. 12, n. 1, p. 1-12.
- 孫致武, 鄭昌熙, 金鳳均, 李商萬, 1967, 三陟炭田의 地質: *地質調査所, 炭田地質調査報告*, n. 8, p. 49-71.
- 孫致武, 鄭昌熙, 1965, 太白山地區의 堆積環境과 地質構造: *서울大學校論文集*, 第15輯 p. 1-31.
- 原田哲郎, 志岐常正, 徳岡隆夫, 1969, 和歌山県切目海岸に發達する砂質フリツシュの堆積構造 (その 1): *和歌山大學教育學部紀要* 別刷, *自然科學*第19集, p. 31-36.
- 鄭昌熙, 1974, 江原道 三陟炭田의 層序 및 古生物: *學術院論文集*