

海南地域에 分布된 牛項里層內 黑色세일의 有機地化學的 研究

李大聲* 尹顯秀**

Geochemical Study of Black Shale in Uhangri Formation, Haenam Area

Dai Sung Lee* Hyun Soo Yun**

Abstract: The studied area occupies the southern part of Haenam peninsula located in the southwestern corner of Korea.

The stratigraphic sequences of the area are grouped into following three units in ascending order.

- (1) Late Cretaceous sedimentary rocks of Uhangri Formation which consist of the alternative beds of black shales and tuffaceous sediments, Hwangsan acidic fine grained tuffs and Jindo rhyolite flows.
- (2) Late Cretaceous biotite granite and acidic porphyries which intruded the Late Cretaceous sedimentary rocks.
- (3) Tertiary(?) pitchstone.

The study purposes to delineate any of geochemical aspects on the deposition of the sequences, the average amounts of organic materials and the effect to the maturation of hydrocarbonization which has been ocured by the intrusives.

Sixty nine black shale samples were collected from Uhangri Formation in the northern and southern coasts of the peninsula. Organic carbons, total extracted organic matters and hydrocarbons were mainly determined by the Soxhlet extraction method, together with C-H-N elemental analyses. Based on the field and laboratory studies, the following interpretations have been obtained. (1) The paleohydrostatic condition of the sedimentation which took place was relatively calm and stable to delineate a lacustrine environment. (2) The amounts of organic material were more or less constant throughout the period of the deposition of the sediments. (3) The degree of hydrocarbonization of the Uhangri Formation in the northern coast was taken place higher than that in the southern coast due to the differences of thermal effect by the biotite granite which is assumed to be as a heat source in the area. Among the northern coast, some black shales in Uhangri and Mogsam areas which had been under the most moderate temperature environment show symptomatic oily material, whereas, those in Sinseongri area do not, which were presumably to be intensive thermal alteration by the later acidic porphyries.

1. 序 言

本研究 대상지역은 우리나라 서남단 海南半島一帶로 海南郡의 黄山面, 門內面, 花源面의 일부와 그 부속도서 및 珍島郡의 郡內面북부와 그 부속도서들이 包含된다.

本研究 목적은 상기지역에 분포하는 중생대후기 퇴적암누층내 흑색세일층에 대하여 지구화학적 방법으로 다음과 같은 내용을 규명하는데 있다.

- (1) 흑색세일내의 유기물의 퇴적량
- (2) 관입암류에 의한 炭化水素類의 형성

本地域의 과거 조사 및 研究는 일찌기 1920年代에

日本人 地質學者에 의하여 1/5만 축척의 海南 및 右水營圖幅 조사가 실시되어 발간되었다(木野崎吉郎, 1929). 그후李大聲(1964)에 의하여 木浦南部 海南地域에 대한 전반적인 地質과 含油質物層에 관해 처음으로 언급된바 있다. 金相旭, 尹允榮(1971)에 의하여 1/5만 축척의 珍島, 智山도폭조사가 실시되어 발간되었다.

李大聲, 李河榮(1976)은 海南을 비롯한 西南海地域에 分布되어 있는 含油質物層에 대하여 지질학적 및 지구화학적방법으로 연구하여 세일層內 含油質物層의 岩相, 堆積環境, 微古生物, 地質構造 및 地史를 밝혔으며 또한 含油質物의 起源과 그의 지구화학적성질을 밝혔다.李大聲, 島田昱郎, 林田進男(1976)은 海南層群內 牛項里層의 黑色 세일內에 包含되어 있는 유기물의 성질과 含有量을 究明한 바 있다.

* 延世大學校 理科學科 地質學科

** 資源開發研究所 地化學探查室

本島公司(1977)는 근원암에 대한 여러 지화학탐사 방법을 적용함에 있어 본 海南地域에서도 암석지화학적(Lithogeochemical) 방법을 실시할 必要가 있음을 示唆하였다. 本域南部인 성산지역일대는 熱水作用으로 인한 납석 및 명반석 광상이 부존되어 있으며 이는 文熙壽(1975)에 의하여 그 成因等이 연구된바 있다.

본 야외조사에서는 前述한李大聲 李河榮(1976)의 지질도를 참조하였으며 特히 地層名은 그대로 따랐다. 본 연구를 위한 유기물 分析은 資源開發研究所 지화학탐사실 유기지화학 분석실의 楊文烈, 金弘烈研究員의 도움으로 실시되었다. 本 논문원고를 예의 검토하고 귀중한 조언을 하여주신 진남대학교의 柳煥秀교수와 資源開發研究所의 金相燁室長에게 深甚한 謝意를 表한다.

2. 地質概說

본역의 地形은 구성암질의 差別的侵蝕과 地層의 구조적 樣相에 따라 다음 두가지로 나눌수 있다.

그 하나는 火山碎屑岩類와 세일類가 분포된 地域으로서 이 地域은 대체로 緩慢한 斜面과 低夷한 능능지를 이루고 있다.

다른 하나는 後期에 噴出된 熔岩類와 貫入岩類 分布地로서 이 地域은 比較的 높은 山地를 이루고 있다. 그러나 山二面의 花崗岩體中央部는 低夷한 地形을 이루고 있다. 그외에 本域의 北部, 南部 및 西部海岸에 분포되어 있는 소규모의 도서들에도 火山碎屑岩類가 分布되어 있는데 이들에서도 같은 地形을 볼수 있다. 堆積岩累層은 海南郡의 黃山面, 門內面 및 珍島郡의

北部에, 火成岩類는 黃山面北部에 분포되어 있다. 이에 對해서 1/25萬 木浦地質圖(國立地質鑛物研究所, 1973)에는 本域은 白堊紀에 속하는 綾州層群과 白堊紀後期에 이들을 貫入한 佛國寺花崗岩과 斑岩類로 構成되었다고 보고된바 있다. 前記한 綾州層群은 新羅層群上部에 해당된다.

또한李大聲, 李河榮(1976)은 本 中生代後期 堆積岩累層을 암상 및 局部的 퇴적구조의 발달에 의하여 다음과 같이 三分하였다.

即 凝灰岩, 黑色세일, 砂岩, 쳐이트 및 石灰岩박층의 互層으로 구성된 下部, 비교적 단순하게 주로 細粒凝灰岩質岩石으로 구성된 中部 및 流紋岩類로 된 上部로 나누었으며 이들을 각각 下部로부터 牛項里層, 黃山凝灰岩層 및 珍島流紋岩이라고 命名하였다.

新期火成岩類는 白堊紀말에 海남충군을 貫입한 것으로 山二面일대에 넓게 分布되는 黑雲母花崗岩(山二花崗岩)과 黃山面 北部海岸을 따라 발달된 斑岩類(석영반암과 장석반암)가 있다. 또한 第三紀(?)의 貫입으로 보이는 松脂岩脈이 珍島北部海岸에 나타나 있다.

第四系는 本域에 널리 분포된 砂礫와 粘土로 구성된 沖積層으로 곳곳에서 개간사암, 간척사암등으로 그 면적을 더해가고 있다. 特히 山二面일대의 內륙은 대부분이 粘土質로 덮혔으며 海안에서는 石英粒만으로 된 넓은 海濱이 발달되어 있다.

本域은 黃山면 북부와 군내면 북부등 일부지역을 제외하고는 거의가 火山構造를 形成하며 이들 구조는 북부에 비해 남부가 더 심하다. 本域 북부 海안일대는

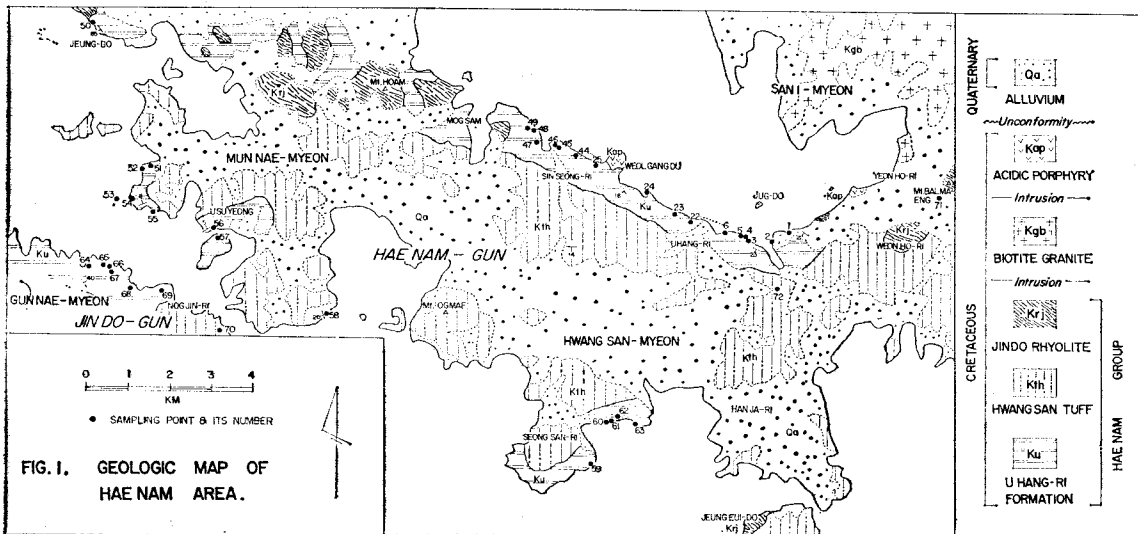


FIG. 1. GEOLOGIC MAP OF HAE NAM AREA.

[Dae Sung Lee, Ho Yong Lee, 1976.]

Table. 1 海南盆地的 層序對比 (李大聲, 李河榮, 1976)

	本野崎吉郎 (1929)	李大聲 (1964)	金相進, 尹光榮 (1971)	地質鑛物研究所 (1973)	李大聲, 李河榮 (1976)	調査地域 分布岩層
第四紀	第四系 不整合	沖積層 不整合	第四系 不整合	第四系 不整合	第四紀...沖積層... 不整合	第四紀...沖積層... 不整合
白堊紀	斑岩以酸性脈岩 文象斑岩 石英閃綠岩 角閃石黑雲母花崗岩 黑雲母花崗岩	斑狀花崗岩	酸性岩脈 斑基性岩脈 酸性斑岩類	斑岩類及其他	斑岩類 (石英斑岩與長石斑岩)	斑岩類 (石英斑岩과 長石斑岩)
	石英斑岩 長石斑岩	閃綠岩 石英斑岩 長石斑岩	黑雲母花崗岩 花崗斑岩 閃綠岩	鄧國字花崗岩 中性·斑基性 深成岩	斑狀花崗岩 黑雲母花崗岩 (山二花崗岩) 石英閃綠岩 閃綠岩 輝綠岩	黑雲母花崗岩 (山二花崗岩)
	酸性砂岩	貫入	貫入	貫入	貫入	貫入
	酸性噴流岩質凝灰岩	細粒質淡色타프 含黑色세일粗粒 타프質藥層	珍珠流紋岩 安山岩質凝灰岩	珍珠流紋岩 安山岩質凝灰岩	珍珠流紋岩 安山岩質凝灰岩	珍珠流紋岩 安山岩質凝灰岩
	玢岩 玢岩質凝灰岩	玢岩流	安山岩質凝灰岩	安山岩質凝灰岩	安山岩質凝灰岩	安山岩質凝灰岩
	刺狀複雲母花崗岩	不整合	不整合	不整合	不整合	不整合
	刺狀石英斑岩	貫入	貫入	貫入	貫入	貫入
	龍洞里層 德龍山層 瑞氣山層	結晶片岩層群	片狀花崗岩 雲母片岩	片狀花崗岩 雲母片岩	片狀花崗岩 雲母片岩	片狀花崗岩 雲母片岩
	時代未詳	不整合	不整合	不整合	不整合	不整合
	新第三紀	不整合	不整合	不整合	不整合	不整合

後期火成岩類의 貫入로 인해 국부적으로 단층구조를 이루는 곳도 있으나 대체로 均一한 N60°W 走向과 20° SW의 완만한 傾斜를 이루고 있음이 特徵이다.

海南地域의 地質 및 分布岩層은 Fig. 1과 같으며 層序對比는 Table 1과 같다.

3. 地質各論

3-1. 海南層群

본층군은 花源面 북동부에 분포되는 時代未詳의 安山岩質凝灰岩의 上位에 놓이는데 이들 사이의 관계는 아직 未詳이다. 本層群은 本域에서 가장 넓은 분포를 이루고 있으며 구성암층은 下部로부터 牛項里層, 黃山凝灰岩層 및 珍島流紋岩이다.

1) 牛項里層

本層은 花源半島에서 황산면 북부와 남부해안, 문내면의 북부와 동부해안 및 珍島郡의 郡內面 북부해안을 따라 분포되어 있다. 문내면의 북부지역을 제외하고는 본층은 거의가 해안선을 따라 노출되어 있으며 상위층인 黃山凝灰岩層과의 경계는 岩質의 차이에 의해 알 수 있음이 보고된 바 있다(李大聲, 李河榮, 1976).

본층의 상부는 비교적 火山性角礫岩, 래피리질응회암

이 우세하나 이 層의 상위에 놓이는 黃山凝灰岩層은 주로 粗粒내지 細粒質凝灰岩 등으로 구성되고 있는 岩相特徵이 금번조사에 있어서도 확인되었다.

本層內에는 黑色세일層, 처어트質 박층 및 응회암질 사암등이 互層을 이루고 있으며 특히 세일層內에는 葉層이 잘 발달된다.

本層의 地表노두 발달은 다음과 같다.

卽 본층 상부층군이 나타난 新成里 일대는 녹색의 래피리질응회암, 火山性角礫岩 등이 우세하며 tuff ball 등이 관찰된다. 이는 도장사 북서부인 三德提 부근에서도 잘 나타난다.

중부층군이 잘 나타나 있는 牛項里海岸일대의 노두는 박층의 黑色세일, 細粒내지 粗粒의 凝灰岩質砂岩, 처어트 등이 互層을 이루고 있으며 대개 N60°W 走向과 20°SW 傾斜를 가지며 국부적인 계단 단층운동을 받았다. 본층군에서는 上向細粒傾向(fining-upward cycles)을 보여주는 곳도 있다.

하부층군인 병은리 北岸일대는 적색층만이 분포되어 있다. 同層準內에는 역암, 사암 및 실트스톤등이 주기적으로 나타나며 실트스톤內에는 caliche nodule 이 발달되기도 한다.

본층의 구성을 알기 위해 1959년에 牛項里海岸에서 340m 깊이의 垂直試錐를 實施한 바 있다. 이같은 적색층은 試錐深度 302m 以下の 深部層에서 나타나는 赤褐色 凝灰岩 및 凝灰岩質세일에 해당되는 것으로 생각된다.

한편 K-Ar法에 의한 본층의 연령은 黃山面 牛項里의 시추코아에서 채취된 시료중 細粒質 凝灰岩(21m深度)에 對해서는 92×10^6 yr, 粗粒質凝灰岩(67m深度)에 對해서는 85×10^6 yr로서 상부백악기로 보고된 바 있다(R. T. Ruppert; The Gulf Research & Development Co., 1971). 本層에 層理가 良好하게 발달되어 있는 곳은 전술한 黃山面북부 해안일대이며 그외의 지역에서는 그 층리의 발달이 불량하다. 卽 黃山面南部 海岸인 성산일대는 火山성각력암이 우세하며 漣痕구조를 갖는 세립의 응회암질사암과 암회색세일이 분포되나 심한 교란작용을 받아 연속성이 좋지 않다. 또한 石英細脈이 불규칙하게 관입되어 있다.

성산동부 해안에서는 세립질의 응회암이 발달되어 있는데 이에겐 구과상구조를 이루고 있는 부분도 있다. 이러한 구조는 珍島郡 郡內面의 羅里북부해안에서도 볼수 있다.

문내면 북서부해안에서 본층은 유문암류에 의해 덮혀있다.

진도에서 본층은 羅里北部海岸一帶에 분포되어 있으며 lapilli tuff내에는 黑色세일片을 갖기도 한다. 또한 하승도 동남부 해안에서도 黑色세일이 分布되어 있으며 이곳에서는 소규모 향사구조를 이루기도 한다.

本層內 黑色세일은 葉層이 잘 發達되는데 이들 葉層은 세립질粒子(clay)와 粗粒質粒子(silt)가 互層을 이루는 것과 有機物量의 多(dark layer) 少(light layer)에 의하거나 이들의 복합에 의해 형성된 것으로 보인다. 本層이 分布된 신성리-우항리-병은 지역일대의 黑色세일에서는 油質物을 感知할 수 있다. 이 油質物은 黑色세일層의 層理面에 直交 또는 斜交하는 裂罅面內에 있으며 層理面을 따라서는 顯著하지 않다. 그러나 현미경하에서 이들 油質物은 葉層面을 따라 현저한 seam 狀으로서 갈색을 나타낸다. 또한 葉層面에 수직한 數mm 크기의 crack에 집적되어 있는 油質物도 관찰된다.

2) 黃山 凝灰岩層

本層은 本域에서 가장 廣範하게 分布되어 있고 下部 牛項里層과의 경계는 漸移의이다.李大聲等(1976)은 진도의 동남부에 분포하는 三島層(金相旭等, 1971)을 본역의 牛項里層과 黃山 凝灰岩層을 혼합한 것과 같이 보아 본층이 진도남부까지 연속되는 것으로 생각하였다.

따라서 그곳에서도 본층은 박층으로 연속되는 것으로 對比할바 있다.

본층은 牛項里層과의 경계부에서 다소 角礫質로 되나 上部로 갈수록 細粒質化한다. 이같은 傾向은 黃山面 북부로부터 남부에 이르는 地域에서 볼수 있으며 동지역은 대개 EW走向과 15°S 傾斜를 계속 유지하고 있다. 卽 본층의 하부가 나타난 관촌리 산동일대는 火山성 각력암과 레피리질 응회암등으로 구성되어 있으나 본층의 중부가 나타난 평덕일대는 레피리질 응회암과 粗粒質 凝灰岩等으로 구성되며 상부가 나타난 의입리 춘정일대는 全體가 細粒質 凝灰岩으로 되어 있다. 그외 지역에 노출된 본층의 분포는 다음과 같다. 황산면 교동리 해안에서는 火山성 각력암으로서, 角礫으로는 流紋岩質片, 黑色세일片 등이 包含된다. 同地域의 세립질응회암은 구과상 구조를 가지며 이들의 크기는 보통 4내지 6cm 정도이다. 늘도 남부에서는 적색의 유문암질 응회암에 소규모 습곡구조가 이루어져 있다.

閑子里 서부해안에서 본층은 세립질 내지 조립질 응회암이며 岩片으로는 暗灰色세일片, 처어트片 및 流紋岩質片 등을 가진다. 한편 右水營 東南部인 학동리 해안에서도 본층은 凝灰岩質砂岩層內에 黑色세일片, 流紋岩質片 등을 가진다.

上記한 地域에 분포되어 있는 응회암층내 포함된 流紋岩質片等으로 미루어 보아 本層 퇴적시에 규모는 比較的 작았으나 流紋岩類의 噴出이 間歇的으로 일어난 것으로 생각된다.

진도군 군내면 녹진리에 나타나 있는 본층의 하부는 레피리질응회암과 火山성 각력암등으로 구성되어 있으며 이들 중에는 黑色세일의 岩片도 포함되어 있다. 이 지역에서도 본층은 상부로 갈수록 세립질화 하여 望金山동부 해안에서는 녹색의 세립내지 조립질 응회암이 된다. 同凝灰岩에서는 漣痕이 발달되어 있으며 또한 적철석의 結核體가 발견되기도 한다.

3) 珍島流紋岩

본암은 黃山 凝灰岩을 덮고 있는 붉은색의 熔岩類로서 대체로 流狀構造를 잘 보여 준다. 木野崎(1929)는 본암을 噴出酸性岩에 속하는 長石斑岩으로 보았으며 酸性噴出岩質 凝灰岩과 同時期(?)인 白堊紀(?)로 보고된바 있다. 또한 본암은 門內面 東海岸인 도장사와 西海岸인 증도사이에서는 단속적으로 나타나 있으며 裂罅噴出의 形式을 갖는다고 보고되었다(李大聲 1976).

본암은 황산면 북부燕岐島해안 일대에서도 분포되어 있으며 院湖里行峙에서도 잘 나타난다. 燕湖里 鉢盂山에 분포되는 본암은 현미경하에서 lath 狀 長石斑晶의 배열이 流動方向을 잘 보여준다. 도장사—증도사이에

분포된 본암의 특징은 다음과 같다. 卽 목삼북부 해안에서는 방사상의 柱狀節理가 발달되어 있으며 忠平里南部 수구고개에서도 잘 발달된 節理를 볼수 있다.

熔岩體가 냉각될 때는 상부표면에 평행하거나 수직인 contraction crack 이 생기는데 急冷의 경우 전자가 생기고 서서히 冷却될 때에는 후자가 형성된다고 한다 (Rittman, 1962). 본암은 문내면의 武古里신평 계곡에서도 잘 나타나며 이곳에서는 섬세한 流狀構造가 잘 나타나며 문내면의 서부해안인 중도에서는 斑狀組織을 띠는 部分도 있다.

3-2. 新期火成岩類

본암류는 海南層群을 貫入한 黑雲母花崗岩, 斑岩類 및 松脂岩脈으로 되어 있다.

1) 黑雲母花崗岩(山二花崗岩)

本岩은 本域北東部인 山二面 일대에 分布된다. 本岩은 優白色으로 完晶等粒 中粒質岩으로서 黑雲母花崗岩이나 곳에 따라 角閃石—黑雲母花崗岩인 部分도 있다. 本岩은 緣邊部에서 斑岩相으로 移化된다고 보고 된 바 있다(李大聲 등, 1976). 木野崎(1929)는 本岩을 山二半島에 분포하고 있는 黑雲母花崗岩(白堊紀?)과 日星山北部에 분포하는 角閃石—黑雲母花崗岩*(白堊紀?)으로 區分한바 있다.

日星山北部에 분포하는 本岩은 Y. Ueda(李大聲 등, 1976)에 의하면 그의 질대연령이 $67 \times 10^6 \text{yr}$ (K-Ar法)로 白堊紀最末期로 보고된바 있다. 山二面 相公부들가에서는 花崗岩類 片麻岩을 볼수 있는데 이는 本岩內의 捕獲物로 史料된다. 黃山面燕湖里에서의 本岩은 角閃石이 優勢한 花崗岩으로 移化되고 녹색의 細粒質凝灰岩을 捕獲하였다.

本岩은 同地域에서 角閃石 成分이 clot狀으로 segregation 된 것을 여러 곳에서 볼수 있다. 또한 本岩은 山二面北東部인 燕邱里海岸에서는 細粒質岩으로 漸變한다.

2) 斑岩類

本岩類는 石英斑岩과 長石斑岩을 말하며 一般的으로 石英斑岩이 優勢하다. 그러나 黃山面 新成里海岸의 月江頭에서는 長石斑岩이 優勢하며 月江頭 南西部에서는 石英斑岩이 녹색의 응회암을 貫入한 것을 볼수 있다. 木野崎(1929)는 본암을 黑雲母花崗岩과 同時期의 岩石으로 보았으나 月江頭에 분포된 長石斑岩의 연대측정치는 $63 \times 10^6 \text{yr}$ (K-Ar法, Y. Ueda 측정)로 黑雲母花崗岩보다 약간 후기로 보고 되고 있다. 燕岐島 東南部

에서도 月江頭의 것과 거의같은 粒度的 等粒質 石英斑岩이 노출되어 있는데 이는 粗粒質凝灰岩을 貫入하였다. 全體로 보아, 이들 斑岩類는 月江頭—竹島—海援堤海岸을 잇는 線을 따라 배열된다. 月江頭와 竹島의 長石斑岩은 알바이트를 斑晶으로 가지며 石基는 斜長石, 石英 및 黑雲母로 구성되어 있으며 黑雲母는 綠泥石化되어 있다고 보고 되었다(李大聲, 李河榮, 1976).

특히 竹島의 斑岩類는 凝灰岩質 실트스톤과 白色珪岩片이 捕獲되어 있으며 垂直節理가 잘 발달된다.

3) 松脂岩脈

本岩脈은 木浦南部인 三湖半島의 西端 및 高下島南部에서 露出된다고 최초로 보고된바 있다(李大聲, 李河榮, 1976). 그러나 同質의 脈이 珍島北部竹田 正北海岸에서 分布되고 있음이 그후 알려졌다. 그 폭은 約 20m로서 $N12^\circ W$ 走向과 $46^\circ SW$ 로 傾斜되어 있다.

本脈은 유리질 광택보다는 resinous pitchy luster를 띠며 암회색 내지 녹색의 岩相을 띠나 小片에서는 투명하기도 하다. 本岩脈은 하부 暗灰色세일에 silicification을 주었으며 鏡下에서는 松脂岩의 유리질 성분인 devitrification에 의해 微晶質 石英(microcrystalline texture)으로 변화되어 있음을 볼수 있다.

4. 牛項里層內 黑色세일의 有機地化學의 研究方法

4-1 試料의 採取

본역의 牛項里層內 有機物의 化學成分을 알기 위해 특히 黑色세일 및 그의 인접암의 岩石試料를 採取하였다. 採取된 總試料數는 72個로서 이중 65個는 黑色세일이며 그외는 暗灰色 泥岩이 4個, 赤色 실트스톤이 3個이다. 黑色세일은 本域北部에서 48個 南部에서 17個가 採取되었으며 暗灰色 泥岩은 모두 南部에서 赤色 실트스톤은 모두 本域北東部에서 採取되었다. 이들 試料의 採取位置는 크게 北部地域과 南部地域으로 나눌수 있다(Fig. 1 참조).

즉 北部 海岸地域은 新期貫入岩類가 近接한 部分인데 반해서 南部 海岸地域은 소규모의 岩脈을 除外하고는 貫入岩類가 露出되어 있지 않다.

北部地域에서는 특히 두 地域을 택하여 層理에 수직되게 試料를 採取하였다(Fig. 1에서 試料番號 6~22, 25~44). 그중 한 地域은 황산면 북서부인 新成里一帶로 同地域은 斑岩類의 貫入을 直接 받았고 試料를 採取한 地表露頭層의 두께는 85m이다(Fig. 2 참조).

다른 한 地域은 황산면 북부인 牛項里一帶로 同地域은 貫入岩類와는 多少 떨어져 位置하며 試料를 採取한 露頭層의 두께는 40m에 달한다.

*木浦南部 三湖面內 西倉里 海岸一帶에 分布되는 流紋岩質 및 安山岩質 凝灰岩內에서 이들 花崗岩과는 岩質을 달리하는 優白色粗粒質 花崗岩礫들이 다수 발견되었다.

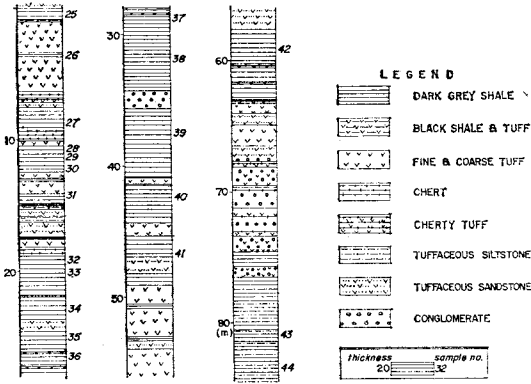


Fig. 2. Columnar section and sampling points in Sinseongri area.

4-2 指示元素

1) 有機炭素

大部分의 堆積物 및 堆積岩은 有機物을 包含한다. 이들이 Skeletal remains로 잘 保存되면 化石으로서 研究된다. 그러나 많은 堆積物 및 堆積岩에서 organic remains는 광범위하게 分散된 分解산물(decomposition products)로 나타난다.

有機物은 炭素, 窒素, 磷 및 기타 元素로 이루어지나 實際로는 lipids, carbo hydrates, proteins, pigments 및 lignins 등으로 구성된 복잡한 高分子 化合物이다. 이중 炭素가 가장 풍부한 元素로서 tissue의 約半(45~55%, ash-free basis)을 이룬다. 窒素 및 磷은 炭素보다 훨씬 낮은 存在比와 큰 變化量을 보이므로 生起源物(biogenous material)의 存在比測定에는 炭素가 가장 믿을만하다. tissue內 이들 元素의 相對의 存在比는 다음 表와 같다.

Table. 2. Relative composition of soft tissue (Carver, 1971)

	Carbon	Nitrogen	Phosphorous
Phytoplankton	100	16	1.7
Zooplankton	100	16	2.4
Bacteria	100	18	5.5
Mollusks	100	21	1.5
Fish	100	23	3.8
Mammals	100	18	8.9
Angiosperms	100	6	0.5

이들 元素外에 sulfur 가 아미노酸(amino acids)같은 유기化合物의 一部로서도 나타난다.

堆積物內 保存된 有機物은 熱에 對한 反應을 基礎로 하여 다음과 같이 두가지로 分類된다.

그 하나는 "Inert organic matter(dead carbon)"으로 이는 본질적으로 熱의 影響을 받지 않았다.

다른 하나는 "reactive organic matter"로 이는 熱에 의해 分解되어 炭化水素類의 分子構造를 産出한다.

2) 炭化水素類

前述한 "reactive organic matter"의 대부분은 유기용매에 不溶이며 보통 "Kerogen"이라고 부른다.

이 Kerogen이란 用語는 원래 증류(destructive distillation)로 oil이 생기는 Scottish 셰일내의 유기물을 의미하였다. 이 用語는 文獻상 어느 것이나 一致된 뜻으로 사용되지 않고 있으나 堆積物에서 發見되는 有機物로서 定義되고 있다(Wedepohl, 1969).

堆積物內 reactive organic matter中 比較的 少量이 유기용매에 녹는데 이를 "soluble bitumen"이라 부르며 이에는 炭化水素類인 파라핀계열(paraffins), 나프텐계열(naphthenes)과 芳香族(aromatics)이 包含된다.

Kerogen은 200°~300°C로 熱處理(thermal treatment)하면 파라핀계열(long chain n-and iso-paraffins)같은 성분이 상당량 유리된다. 즉 많은 有機物이 堆積物과 함께 喪인후 深度와 溫度가 增加하면 이들 有機物中 一部가 炭化水素類의 分子構造로 變換된다.

이런 炭化水素分子構造의 生成은 organic metamorphism과정의 일부분이다. 이를 thermal metamorphism of organic matter, transformation, thermal alteration, incipient metamorphism, katagenesis 등으로 부르며 흔히 maturation이라고 부른다.

有機物은 大部分 熱에 依해서만 炭化水素類나 oil을 형성할 수 있으며(Breger, 1963), 壓力은 炭化水素類形成에 주된 影響을 주지 않는다(CCOP. IOC. 1974).

4-3 分析方法

岩石中에 含有된 有機物의 分析過程은 Fig. 3과 같다. 즉 試料를 Jaw crusher, pulverizer 및 mortar로 100 mesh 程度로 微粉碎하여 진공건조기(vacuum oven)에서 80°C로 乾燥시킨다.

1) 岩石中의 有機炭素의 分析

i) 微粉碎된 試料 1~3gr을 (1:1) HCl로 處理하여 carbonate carbon을 제거한후 低溫에서 증발 건조시켜 증류수를 加하여 용해시킨다.

ii) 용해된 試料를 미리 秤量된 glass filter(1G3)로 여과하고 증류수로 充分히 세척한후 oven에서 乾燥하여 다시 秤量한다.

iii) 秤量된 試料를 다시 粉碎한후 C-H-N corder(YANAGIMOTO의 MT-2 Model)에 의해 有機炭素를 分析한다.

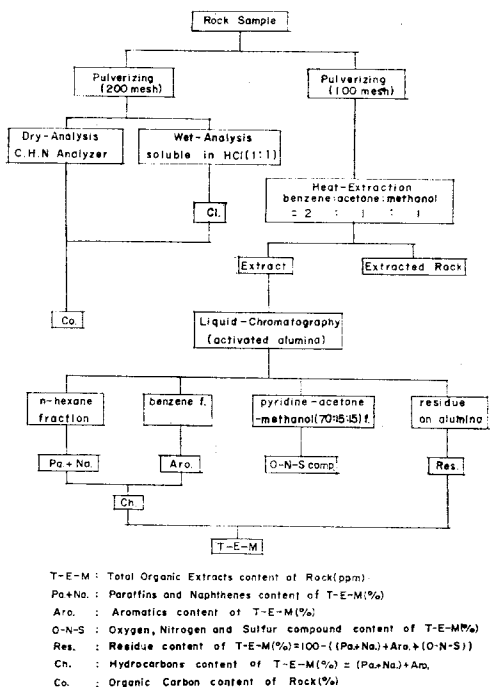


Fig. 3. Flow diagram of organic matter analysis.

기기분석의 條件은 다음과 같다.

Carrier gas (He) : 180ml/min, Oxygen : 18ml/min

Combustion furnace temperature : 850°C

Detector temperature : 55°C

Reduction furnace temperature : 550°C

Bridge current : C; 90mA, H; 70mA, N; 170mA

2) 炭化水素類의 分析

i) 微粉碎試料를 一定量(50~100gr) 秤量하여 圓 통여지(extraction thimbles)에 넣어 이를 속스킷 추출기(Soxxhlet extraction apparatus)에 넣은후 混合溶劑(벤젠 50%, 아세톤 25%, 메탄올 25%)을 加하고 約 72時間동안 加熱한다. 抽出된 溶劑를 미리 秤量된 비커(250cc)에 옮겨 담고 진공 乾燥시켜 總抽出有機物(total extracted organic matter)을 秤量한다.

ii) 이 T.E.M이 들어있는 비커에 n-Hexane 10ml 을 加하여 約 40°C로 加溫하고 Liquid chromatograph column에 부어넣고 n-Hexane으로 3~5 회 반복 유출하여 n-Hexane fraction elution을 미리 秤量된 비커에 取한다.

iii) T.E.M이 들어있던 비커에 벤젠을 加하고 約 40°C로 加溫하여 上記한 column에 加하고 벤젠을 3~5회 반복 유출하여 Benzene fraction

elution을 미리 秤量된 비커에 取한다.

iv) T.E.M이 들어있던 비커에 Pyridine : Acetone : Methanol=70 : 15 : 15의 比率로 配合된 용액을 加하고 約 40°C로 加溫하여 上記 column에 注入하고 미리 秤量된 비커에 2~3회 elution시킨다.

v) 上記한 3個의 비커를 70°C에서 乾燥秤量하여 飽和炭化水素(saturated hydrocarbons), 芳香族炭化水素(aromatic hydrocarbons) 및 O-N-S化合物(hetero compounds)을 각각 求한다.

5. 牛項里層의 堆積環境

5-1 牛項里層의 岩相

本層內 黑色세일이 가장 양호하게 발달하는 곳은 各論에서 言及한 바와같이 黃山面 北部 海岸一帶로 東쪽 塹에서 西쪽 新成里地域에 이르는 一帶이다.

本章에서는 新成里 및 牛項里地域에 발달되어 있는 海岸 露頭의 岩相을 論한다. 이들 兩地域에서 本層의 岩相變化는 Table 3과 같다.

本層內 세일류의 岩質은 葉層을 이루는 세일, 다량의 油質物을 含有하는 세일, 세립질 사질세일 및 石灰質物을 包含하거나 黑色세일의 葉層이 이들과 交互하는 石灰質 세일 등으로 區分된바 있다. 또한 이들중 葉片狀세일이 量的으로 가장 우세하며 다음으로는 石灰質세일이며, 砂質세일은 量的으로 적다고 보고되었다(李大聲, 李河榮 1976).

本層內에서 油質物이 관찰되는 곳은 牛項里地域一帶 및 목삼서부인접지역에 분포된 일부의 세일층이다 (Table 3,4 참조).

各論에서 언급한 바와같이 이들 油質物은 約 50cm 두께의 세일層內의 裂罅面에 발달되어 있다. 이들 裂罅面內에는 約 1mm 크기의 방해석결정과 完全自形의 석영결정이 있으며 이 결정들 사이에 淡綠色의 油質物이 積적되어 있다. 方解石結晶은 그의 한면이 裂罅壁面에 接하며 石英結晶은 그의 柱面이 壁面에 平行하게 놓여져 있다.

5-2 堆積環境

牛項里層 全體를 통해 酸化環境下에서 堆積되었다고 推理되는 赤色層이 分布되어 있는 곳은 各論에서 언급한 바와같이 塹은北岸一帶 뿐이다.

同地域은 牛項里層의 下部層準에 해당된다. 塹內리 地域에 分布된 赤色질트스톤內의 有機炭素含量은 0.01% 및 0.02%로서 이는 本層內 黑色세일層의 有機炭素含量 平均値인 0.77% 보다 훨씬 낮은 含量이다(Table 5 참조). 이는 organic tissue가 심한 酸化作用에 依해 파괴(destroyed)되었기 때문이라고 생각된다.

Table. 3 新成里 및 牛項里地域에 分布된 牛項里層의 岩相
新成里地域

岩	相	試料番號	地表層厚(m)	層累計(m)
1	暗灰色세일(cross lamination발달, 石灰質結核體)	25	1.0	
2	細粒~粗粒質凝灰岩(暗灰色세일협제, band 狀의 chert nodule)	26	5.3	6.3
3	괴상척어트, 척어트질 응회암, 응회암질사암		1.2	7.5
4	暗灰色세일(papery shale, 石灰質結核體)	27	1.5	9.0
5	中粒내지 粗粒質凝灰岩(척어트, convoluted chert 협제)		1.5	10.5
6	暗灰色세일(石灰質結核體, 연흔)	28. 29. 30*	1.8	12.3
7	細粒내지 粗粒質凝灰岩(黑色세일협제, fine vitric tuff)		1.7	14.0
8	暗灰色세일	31	0.9	14.9
9	응회암질사암, 응회암질세일(黑色세일협제, convoluted chert)		4.1	19.0
10	暗灰色세일(石灰岩 및 粗粒의 凝灰岩質砂岩 박층협제)	32. 33. 34	4.5	23.5
11	粗粒 凝灰岩質砂岩(응회암과 세일이 混在)		1.0	24.5
12	礫岩(pebble sandstone 발달)		9.8	34.3
13	暗灰色세일(chert 박층, 細粒내지 粗粒質凝灰岩협제)	35. 36. 37. 38	1.2	35.5
14	暗灰色세일(chert 박층, 細粒내지 粗粒質凝灰岩협제)	39. 40. 41	11.5	47.0
15	細粒내지 粗粒質응회암(暗灰色세일 및 척어트협제)		11.0	58.0
16	暗灰色세일(淡綠色척어트질 응회암과 응회암질 사암협제)	42	5.2	63.2
17	역암, 細粒質응회암, 응회암질사암, 척어트질응회암, 黑色세일협제		11.8	75.0
18	暗灰色세일		1.2	76.2
19	礫岩(分級보임)		0.8	77.0
20	暗灰色세일과 응회암질 실트스톤의 호층(척어트질응회암협제)	43. 44	8.0	85.0

牛項里地域

1	暗灰色세일(세립질응회암, 척어트협제)	6	3.0	
2	녹색래피리질응회암(黑色세일, 중립질응회암협제)		1.0	4.0
3	暗灰色세일, 층식석회암 및 래피리질응회암		1.8	5.8
4	암회색세일(유징현저)과 래피리질응회암	7, 8, 9, 10	1.7	7.5
5	暗灰色세일, 細粒내지 粗粒質凝灰岩(黑色세일片 포함)	11	2.6	10.1
6	세립내지 조립질응회암(래피리질응회암, 黑色세일 및 척어트의 박층협제)		8.2	18.3
7	暗灰色세일(粗粒質凝灰岩 또는 凝灰岩質砂岩 협제)	12. 13	2.2	20.5
8	척어트(細粒質凝灰岩 협제)		1.2	21.7
9	暗灰色세일(石灰質結核體 細粒내지 中粒質凝灰岩 협제)	14, 15	2.0	23.7
10	細粒내지 粗粒質응회암(연흔, 黑色세일의 박층협제)		3.0	26.7
11	暗灰色세일(유징현저), 粗粒質응회암, 응회암질사암의 박층	16, 17	3.3	30.0
12	暗灰色세일(래피리질응회암, 석회암협제)	18, 19, 20, 21	5.0	35.0
13	암회색세일(응회암질砂岩 협제)	22	3.2	38.2
14	凝灰岩質 砂岩		1.8	40.0

* 上部→下部順

本層內에는 各論에서 언급한 바와같이 黑色세일層, 척어트質박층 및 凝灰岩質 砂岩等이 互層을 이루고 있으며 특히 세일層內에는 葉層이 잘 發達되어 있다. 이는 高요한 靜水狀態의 湖水環境을 暗示하는 것으로 이러한 環境에서 堆積된 有機物量을 牛項里 및 新成里의 兩地域에서 보면 다음과 같다(Fig. 5 참조).

즉 牛項里地域의 세일層은 下部에서 上部에 걸쳐 거의 비슷한 含量變化를 가지며 平均 0.73%의 有機炭素를 含有한다. 또한 新成里地域도 下部에서 上部에 걸쳐 대개 비슷한 含量變化를 가지며 平均 0.75%의 有機炭素를 含有한다.

上記한 사실등으로 미루어 本層은 高요한 湖水環境 下에서 비교적 均一한 量의 有機物이 堆積되었다고 考 索된다. 이에 對해서는 6-1에서 더 論한다.

本 黑色세일층내의 產出化石으로는 ostracoda 以外에 印象이 不明한 微細한 植物破片이 드물게 產出될 뿐이라고 報告되었다(李大聲, 李河榮, 1976).

本層內에 堆積된 有機物의 種類는 6-2의 Fig. 6에서 더 詳述한다.

6. 牛項里層內 黑色세일의 有機地化學의 考察

本章에서는 黑色세일層內에 含有된 有機物含量을

Table 4. 牛項里層內 黑色세일의 有機化學成分

Sample No.	Organic Carbon (%)	Total Extract Matter (ppm)	Paraffin + Naphthene (%)	Aromatic (%)	O-N-S (%)	Residue (%)	Rock Property
1	0.01	211	ND	ND	5.17	93.11	purplish tuffaceous siltstone
2	0.56	515	18.57	7.60	37.13	36.70	dark grey shale
3	0.42	1,630	1.71	3.19	1.37	93.73	light grey shale
4	0.52	898	31.31	10.17	4.30	54.22	dark grey shale
5	1.50	1,240	24.83	14.37	6.86	53.94	ditto
6	0.69	2,356	70.18	8.49	18.67	2.66	dk. grey calc. shale (lime nodule)
7	0.87	2,221	67.45	7.41	10.40	14.74	massive dk. grey shale (grease like matter)
8	1.20	1,260	18.09	15.18	14.05	52.68	dark grey shale (grease like matter)
9	0.91	2,255	63.06	13.36	10.97	12.61	ditto
10	1.30	3,428	59.39	18.62	10.62	11.39	black shale
11	0.76	2,547	41.47	15.31	15.31	27.91	papery black shale
12	0.75	2,090	34.49	17.85	11.04	36.62	papery black shale (lime nodule)
13	0.79	1,522	64.62	4.21	16.73	14.44	ditto
14	0.47	1,157	28.60	29.08	6.47	35.85	ditto
15	0.60	1,730	27.06	42.85	6.44	23.65	papery black shale
16	0.60	1,283	39.16	18.14	10.00	32.70	papery bl. calc. shale (grease like matter)
17	0.46	1,550	57.55	13.94	7.62	20.89	black shale (grease like matter)
18	1.00	2,428	61.52	12.08	5.25	21.15	dark grey shale
19	0.22	580	11.19	16.30	10.87	61.64	ditto
20	0.27	540	14.91	10.91	10.91	63.27	ditto
21	0.45	814	35.67	11.33	7.96	45.04	ditto
22	0.97	1,955	60.08	13.04	4.52	22.36	ditto
23	0.89	1,649	51.85	17.98	3.57	26.60	dark grey calcareous shale
24	0.74	2,593	33.05	21.30	9.12	36.53	black calcareous shale
25	1.55	930	21.72	11.62	6.89	59.77	papery black shale
26	0.88	1,116	38.00	15.60	6.81	39.59	dark grey shale (lime nodule)
27	0.57	860	31.12	16.63	8.79	43.36	dark grey shale
28	0.74	620	35.81	15.49	9.04	39.66	dark grey calcareous shale
29	0.60	967	44.07	13.41	9.77	32.75	dark grey shale
30	0.73	1,010	42.63	19.59	12.91	24.87	dark grey shale (ripple mark)
31	0.82	680	0.76	8.04	10.34	80.69	dark grey shale
32	0.87	2,085	64.65	7.50	18.03	9.82	ditto
33	0.75	2,624	58.99	6.96	4.69	29.36	dark grey calcareous shale
34	0.90	1,453	36.89	6.32	8.28	48.51	ditto
35	0.43	973	3.24	4.16	14.12	78.40	dark grey shale
36	0.67	1,117	35.31	2.87	14.98	46.84	ditto
37	1.02	1,697	46.52	7.07	3.72	42.69	ditto
38	0.71	1,058	29.56	14.41	47.26	8.77	papery dk. grey calc. shale
39	0.57	990	8.99	4.90	14.51	71.60	dark grey shale
40	0.92	1,381	23.87	11.16	27.90	37.07	ditto
41	0.60	1,018	1.51	5.84	11.90	80.75	dark grey calcareous shale
42	0.31	1,103	2.11	4.65	10.78	82.46	dark grey shale
43	0.62	868	3.44	3.69	9.85	83.02	ditto
44	0.81	724	1.09	3.83	10.95	84.13	ditto
45	0.92	1,615	42.93	17.23	9.96	29.88	black shale
46	0.71	1,320	35.63	12.21	9.54	42.62	ditto
47	1.04	1,655	63.07	3.60	4.08	29.25	black shale (grease like matter)
48	1.37	2,455	38.43	12.78	1.12	47.67	black shale
49	0.87	291	2.98	7.74	14.88	74.40	black shale (varved structure)
50	0.99	695	4.31	6.47	24.00	65.22	dark grey shale
51	0.74	865	23.02	22.14	21.05	33.79	laminated black shale

Sample No.	Organic Carbon (%)	Total Extract Matter (ppm)	Paraffin + Naphthene (%)	Aromatic (%)	O-N-S (%)	Residue (%)	Rock Property
52	0.67	650	25.89	20.23	31.25	22.63	laminated black shale
53	0.90	1,312	22.68	12.34	21.05	43.93	laminated dk. grey shale
54	0.57	886	6.21	8.29	33.67	51.83	ditto
55	0.35	908	3.40	1.06	9.56	85.98	dark grey mudstone
56	1.35	2,862	37.47	35.02	7.44	20.07	ditto
57	0.34	1,242	8.06	7.91	3.80	80.23	black shale
58	0.33	266	8.85	8.85	34.70	47.60	bl. sh. fragment in lapilli tuff
59	0.56	2,692	32.12	7.46	18.11	42.31	laminated dk. grey calc. shale
60	0.34	248	1.71	ND	11.97	86.32	laminated dark grey shale
61	0.60	1,545	5.78	4.13	10.88	79.21	ditto
62	0.34	1,002	4.02	4.23	59.32	32.43	massive dark grey shale
63	1.54	5,962	67.48	8.94	15.39	8.19	black shale
64	0.65	747	22.32	0.87	31.02	45.79	laminated black shale
65	2.16	2,570	34.80	24.55	25.23	15.42	dark grey calcareous shale
66	1.51	4,422	54.77	17.18	24.92	3.13	papery dark grey shale
67	0.91	1,976	16.61	6.16	29.92	47.31	papery black shale
68	1.04	1,067	24.08	27.78	35.37	12.77	dark grey shale
69	0.38	511	10.26	11.12	20.52	58.10	dark grey mudstone
70	0.26	683	1.07	2.13	28.73	68.07	ditto
71	0.02	168	9.31	5.82	24.42	60.45	purplish tuffaceous siltstone
72	ND	163	16.67	9.53	46.43	27.37	ditto

* Grease like matter was identified in the outcrop.

論한다. 또한 堆積後에 有機物이 받은 炭化水素化도를 4-1에서 언급한 바와 같이 地域別로 나누어 比較한다.

6-1 有機化學成分

本域에서 採取된 試料에 對한 有機化學成分, 岩相 및 岩質은 Table 4와 같다.

6-2 有機物含量

全體的인 有機物의 含量을 아는것이 重要요소이나 여기에는 高度의 전문기술 및 분석장비가 必要하므로 本項에서는 4-2에서 言及한 바와 같이 有機炭素含量에

의하여 論한다.

本層에서 採取된 總試料數中 有機炭素量 百分率을 보면 0.5% 以下の 有機炭素(Co)를 包含하는 것이 21.7%, 0.51~1.6%의 Co를 包含하는 것이 76.8%, 그리고 1.61% 以上の Co를 包含하는 것이 1.5%로서 全體 試料數의 78.3%가 0.51% 以上の Co를 含有한다.

上記한 이들 試料의 平均 有機炭素含量은 0.77%로 日本의 삼기층泥岩 分布地인 宮崎의 0.48%와 沖繩의 0.55% 보다 큰 含量을 가진다. (Table 5 참조)

Table 5. Organic matter content in sedimentary rocks from various areas

Region	Organic Carbon (%)	Bitumen (ppm)	Hydrocarbon (ppm)	Degree of hydrocarbonization
Haenam*	0.22-2.16	266-5,692	4-4,556	0.0010-0.2544
Haenam average	0.77	1,478	756	0.0757
Niigata**	0.73-1.10	570-1,360	87-423	0.0087-0.0357
Niigata average	0.86	970	208	0.0208
Miyazaki**	0.27-0.77	271-511	76-127	0.0123-0.0357
Miyazaki average	0.48	343	117	0.0210
Okinawa**	0.39-0.60	272-374	49-93	0.0073-0.0168
Okinawa average	0.55	330	70	0.0110

* Cretaceous shales

**Tertiary mudstones (Motojima, 1976)

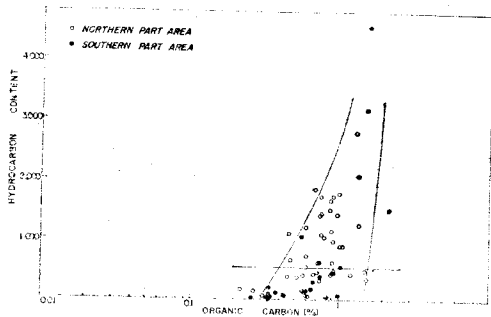


Fig. 4. Relationship between Co & Ch.

有機物含量은 보통 有機炭素의 含量에 變換係數(conversion factor)을 곱한 結果로 나타내며 세일과 石灰岩의 경우는 conversion factor가 1.26으로 보고된바 있다(Forsman & Hunt, 1958). 이런 變換係數를 適用하면 本層內에는 有機物量이 平均 1.07% 정도 含有되어 있는 것으로 推理된다.

本域의 北部地域과 南部地域에서 本層內에 含有된 有機炭素含量은 다음과 같다(Fig. 4 참조).

前者에서는 Co含量이 黄山面 北部地域에 分布된 一部 暗灰色세일層에서 0.3%미만이며 그외의 地域에서는 Co含量이 0.31~1.55%間에 密集되어 分布된다. 또한 後者에서는 Co含量이 郡內面 北東部에 分布된 暗灰色 泥岩에서 0.3%미만, 黄山面 南部에 分布된 暗灰色세일에서는 2% 以上이며 그외 地域에서는 Co含量이 0.33~1.54%間에 密集되어 分布한다. 즉 北部 및 南部地域에 分布된 本層內의 有機炭素含量은 거의 일치된 分布傾向을 보여준다. 또한 平均 Co含量은 北部 및 南部地域에서 各各 0.77% 및 0.79%이다.

本層內에 含有된 有機炭素含量의 垂直的인 變化는 다음과 같다(Fig. 5 참조).

新成里地域에서 Co含量은 下部層準인 試料番號 No. 42에서 0.31%, 中部層準인 No. 35 試料에서 0.43% 그리고 最上部層準인 No. 25 試料에서 1.55%이다.

同地域은 이들 試料採取點 以外の 層準에서는 下部에서 上部에 걸쳐 Co含量이 대개 均一하며 平均値는 0.75%이다. 牛項里地域에서 Co含量은 中部層準인 No. 13, No. 12, No. 11 試料에서 各各 0.79%, 0.75% 및 0.76%이다. 이 中部層準을 基準으로 Co含量은 그 下部層準인 No. 20, No. 19 試料에서는 各各 0.27%과 0.22%로 감소되며 그 上部層準인 No. 10, No. 9, No. 8 試料에서는 各各 1.30%, 0.91% 및 1.20%로 약간 增加된다. 그러나 全體로 보아 同地域의 Co含量은 下部에서 上部에 걸쳐 대체로 均一하며 平均値는 0.73%로서 新成里地域의 것과 거의 같다. 즉 이들 新成里 및

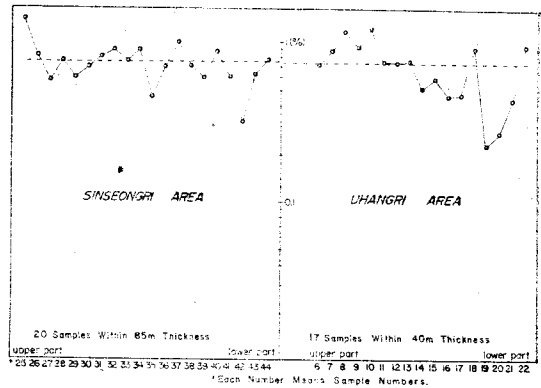


Fig. 5. Organic carbon content.

牛項里地域에 分布된 黑色세일層內의 Co含量은 下部에서 上部에 걸쳐 거의 均一하다.

前述한 北部와 南部地域의 Co含量 比較 및 新成里와 牛項里地域의 垂直的인 Co含量變化로부터 다음 사실이 推理된다.

本 牛項里層內 黑色세일層이 堆積할 때에는 다소 地域的인 差異는 있었으나 比較的 均一한 有機物量(平均 Co. 0.77%)이 堆積되었다.

本層의 bitumen 成分을 分類한 三角圖表에서는 다음과 같은 特征적인 trend를 보여준다(Fig. 6 참조).

北部地域에서는 O-N-S化合物이 5~15%間에 密集되어 線狀으로 배열된다. 이에 對해서 南部地域에서는 O-N-S化合物이 20~35%間에 線狀으로 배열되는 集團과 4~12%間에 分布되는 集團으로 나눌수 있다. 南部地域中에서 後者の 集團은 右水營一部 및 성산리 海岸의 一部地域에서 採取된 黑色세일이다.

上記한 O-N-S化合物의 分布로부터 다음과 같은 사실이 推理된다. 즉 北部 및 南部地域에서 本黑色세일

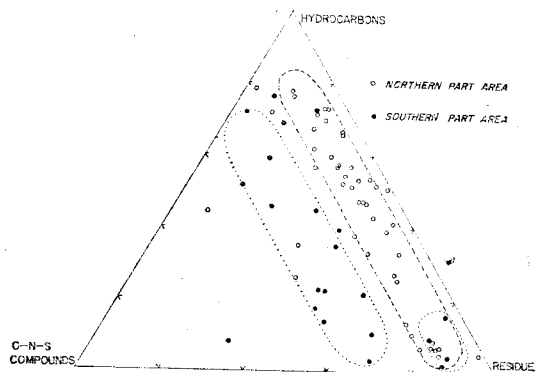


Fig. 6. Triangular diagram of Ch, Hetero Compound & Residue.

層內에 堆積된 有機物의 種類는 多樣하지 않았다. 또한 이들 兩地域에 堆積된 有機物의 種類는 多少 差異가 있었다. 이는 O-N-S化合物의 分布差異에 依해 알 수 있는 것으로 北部地域은 5~15%間에, 南部地域은 20~35%間에 密集되어 線狀으로 分布된다.

本層內의 産出化石으로는 5-2에서 언급한 바와 같이 Ostracoda 以外에 印象이 不明한 植物破片뿐이라고 보고된바 있다. 그러나 南部地域中 右水營 및 성산리의 一部黑色셰일層內에 堆積된 有機物은 residue가 많으며 또한 O-N-S化合物의 分布가 北部地域의 것과 重複된다. 이로부터 同右水營 및 성산리에 分布되어 있는 黑色셰일層內의 有機物은 北部地域의 것과 그 種類가 類似하였을 것으로 推理된다.

6-3 炭化水素化度

本章에서는 炭化水素化도와 炭化水素類값을 병행하여 論한다(Fig. 4, 7, 8 참조).

本層의 炭化水素類값(Ch)은 最下 4 ppm에서 最高 4,556ppm에 이르는 넓은 범위에 걸쳐 分布되며 平均値는 756ppm이다. 또한 炭化水素化도*(DOH)는 最下 0.0010에서 最高 0.2544間에 分布되며 平均値는 0.076이다.

本域의 黑色셰일層은 日本의 第三紀層分布地인 新潟 宮岐 및 沖繩의 mudstone보다 Ch 및 DOH가 넓은 범위와 높은 값을 가진다. (Table 5 참조)

本層과 日本 第三紀層의 平均 Ch와 DOH값을 比較하면 다음과 같다.

Ch 平均値는 本域이 新潟의 3.5배, 宮岐의 6배, 沖繩의 10배 이상되는 값을 가진다. 또한 DOH 平均値는 新潟의 3.5배, 宮岐의 3.5배, 沖繩의 6배 이상되는 값을 가진다.

本層의 Ch 및 DOH값을 4-1에서 言及한 바와 같이 地域別로 比較하면 다음과 같다.

北部地域은 Ch 값이 대체로 550ppm 이상이지만 南部地域은 거의가 550ppm 이하이다. 또한 北部地域은 DOH값이 주로 0.05 이상이지만 南部地域은 대부분이 0.05 이하이다. 즉 北部가 南部의 一部 地域을 제외하고는 전반적으로 Ch와 DOH값이 높다.

北部地域에서 비교적 높은 Ch 및 DOH 값을 가지는 地域은 黃山面北東部인 牛項里地域과 목삼서부지역이다. (Table 3, 4 참조)

그러나 月江頭서부에 인접하여 分布된 셰일層은 대체로 Ch 값이 500ppm 이하이며 DOH값이 0.05 이하로서 北部地域의 기타 셰일層分布地보다는 전반적으로 낮은 Ch 및 DOH값을 가진다. 北部地域의 平均 Ch 및

* DOH(Degree of Hydrocarbonization) = 0.86 × Ch/Co

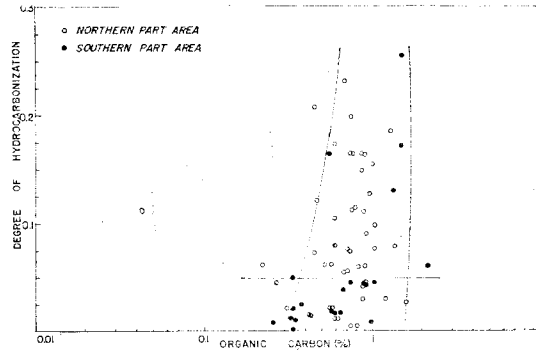


Fig. 7. Relationship Between Co & DOH

DOH 값은 各各 762ppm과 0.085이다.

上記한 黃山面北東部 및 목삼서부지역에서는 各論과 5-1에서 言及한 바와같이 黑色셰일層內에서 油質物이 感じ된다. 이런 현상은 黑色셰일層內의 Kerogen이 炭化水素類形成에 適合한 heat source를 近接한 山二花崗岩으로부터 供給받은 것으로 思料된다. 이들 油質物은 5-1에서 言及한 바와같이 黑色셰일層에 斜交 또는 直交하여 發達된 裂罅面內의 方解石, 石英 및 油質物保存狀態로부터 比較的 低壓下, 90~570°C의 溫度範圍에서 이루어졌을 것이라고 報告된바 있다(李大聲, 1964).

한편 南部地域의 성산西部海岸一帶는 本域에서 最高의 Ch 및 DOH 값을 가지며 또한 最低의 Ch 및 DOH 값을 가진 黑色셰일層이 分布되어 있다. 즉 同地域의 一部셰일層은 Ch 값이 4 ppm 과 4,556ppm, DOH 값이 0.0010과 0.2544이다. 또한 成山南西部海岸에 分布된 葉層을 이루는 暗灰色셰일은 Ch 및 DOH값이 各各 1,065ppm과 0.164로서 比較적 높은 값을 가진다.

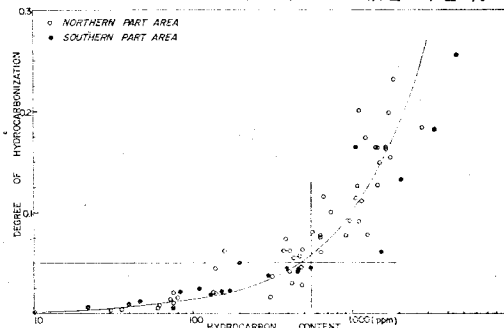


Fig. 8. Relationship between Ch & DOH

이는 同地域北部에 부족된 明반석鑛床을 이룬 熱水의 作用에 起因한 것으로 생각된다. 同成山海岸地域에 分布된 黑色셰일層은 各論에서 言及한 바와같이 심한 교란作用을 받아 연속성이 좋지 않으며 또한 많은 石英脈의 불규칙한 貫入을 받았다. 南部地域에서 이러한 높은 Ch와 DOH 값을 가지는 一部地域을 除外하면 同

域의 平均 Ch 및 DOH값은 各各 199ppm과 0.029이다.

前述한 同一北部地域中 新成里 및 牛項里의 兩地域에서 Ch 및 DOH 값의 差異와 이들값의 垂直的인 變化는 다음과 같다. (Fig. 9, 10 참조)

新成里地域의 DOH 값은 最下 0.004에서 最高 0.20 사이에 分布되며 平均値는 0.05이다. 同地域의 DOH 값은 中部層準인 試料番號 No. 33, No. 32에서 各各 0.20 및 0.15의 높은값을 갖기도 하나 대체로 下部로부터 上部에 걸쳐 0.06미만의 값을 가진다. 同地域에서 특히 낮은 DOH값을 가지는 層準은 下部層準인 No. 44, No. 43, No. 42, No. 41, No. 39, 中部層準인 No. 35, No. 31 및 上部層準인 No. 25 試料이다. 이들 層準의 DOH값은 모두 0.02이하의 낮은 값이다. 또한 同新成里地域의 Ch값은 DOH값과 거의 비슷한 變化圖를 가진다. 同地域의 Ch값은 最下 36ppm에서 最高 1,730 ppm 사이에 分布되며 平均値는 466ppm이다. 同地域의 Ch값은 中部層準인 No. 33, No. 32에서 各各 1,730 ppm 및 1,500ppm의 높은값을 갖기도 하나 대체로 下部로부터 上部에 걸쳐 500ppm 미만이다. 同地域에서도 특히 下部層準인 No. 44, No. 43, No. 42, No. 41 과 中部層準인 No. 35, No. 31 에서는 모두 75ppm 이하의

낮은 Ch값을 가진다.

한편 牛項里地域의 DOH 값은 最下 0.03에서 最高 0.23 사이에 分布되며 平均値는 0.13이다. 同地域의 DOH값은 下部層準인 No. 21, No. 20, No. 19 試料에서 各各 0.07, 0.05 및 0.06의 값을 가지며 上部層準인 No. 8에서 0.03의 비교적 낮은 값을 가진다. 그러나 同地域은 이들 層準의에는 下部로부터 上部에 걸쳐 전반적으로 0.1 이상의 높은 값을 가진다.

同牛項里地域의 Ch값은 最下 140ppm에서 最高 2,774 ppm 사이에 分布되며 平均値는 1,155ppm이다. 同地域의 Ch값은 下部層準인 No. 21, No. 20, No. 19 試料에서 各各 380ppm, 140ppm 및 160ppm이며 上部層準인 No. 8 試料에서 420ppm이다. 그러나 同地域은 전체적으로 660ppm 이상의 비교적 높은 값을 가진다. 즉 新成里 및 牛項里地域의 平均 DOH값은 各各 0.05와 0.13이며 平均 Ch값은 各各 466ppm과 1,155ppm으로 牛項里地域이 新成里地域보다 約 2.5倍 以上되는 DOH 및 Ch값을 가진다. 그러나 前述한 바와같이 新成里 및 牛項里의 兩地域에 分布된 黑色세일層內 平均 有機炭素含量은 전자가 0.75%, 후자가 0.73%로서 兩地域에서 거의 같은 Co가 함유되어 있는바 이는 新成里地域에 인접한 石英斑岩類에 의해 炭化水素類의 形成보다는 과도한 thermal alteration을 받은 것으로 推理된다.

前述한 內容을 綜合하면 다음과 같다.

대체로 北部가 南部地域보다 더 높은 Ch 및 DOH값을 가진 黑色세일層이 分布되어 있으며 이는 近接한 山二花崗岩의 thermal effect 差異에 의한다. 北部地域에서도 油일 形成에 最適溫度環境을 이룬 牛項里海岸 및 曷삼西部海岸一帶의 一部層에서는 局部的으로 油質物이 形成되었다. 그러나 北部地域의 新成里海岸一帶는 山二花崗岩이후 貫入한 인접한 石英斑岩類에 의해 炭化水素類의 形成보다는 심한 thermal alteration을 받았다. 또한 南部地域中 성산海岸一帶는 本域에서 가장 높은 Ch 및 DOH값을 가지나 이는 同地域에 부존된 明礬石鑛床을 이룬 熱水作用에 의한 것으로 思料된다.

7. 結 言

本域에서 黑色세일層의 堆積環境, 有機物堆積量 및 炭化水素化度の 地域別 變化는 다음과 같다.

- (1) 本層은 葉層을 이룬 黑色세일層, 切어트質夾층 및 凝灰岩質砂岩等이 互層을 이룬 比較的 古요한 靜水狀態의 湖水環境에서 有機物이 堆積되었다.
- (2) 本層 堆積時에는 다소 地域的인 差異는 있었으나 有機物量(平均 Co, 0.77%)은 대체로 均一하게 含有되어 있었다.

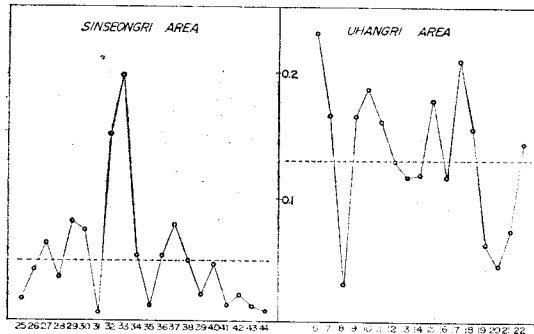


Fig. 9. Degree of hydrocarbonization

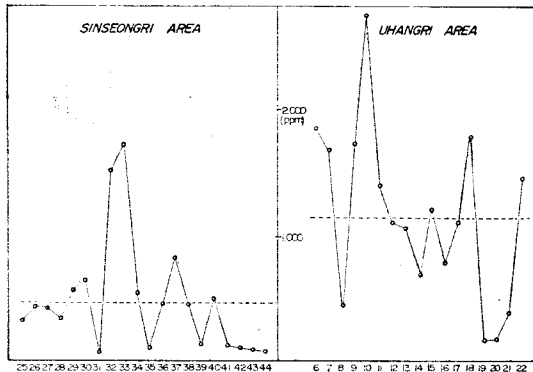


Fig. 10. Hydrocarbon content.

(3) 北部海岸地域의 新成里 및 牛項里地域에 分布된 黑色세일層內的 平均 Ch 및 DOH값은 前者가 466 ppm과 0.05이며 後者가 1,155ppm과 0.13으로 後者가 前者보다 約 2.5倍 以上되는 값을 나타낸다. 또한 新成里地域의 下部 및 中部層準에서는 75ppm 이하의 낮은 Ch값을 가진다. 그러나 이들 兩地域의 平均 Co含量을 新成里地域이 0.75%이며 牛項里地域이 0.73%로서 거의 같은 含量을 가진다.
本北部地域의 平均 Ch 및 DOH값은 762ppm과 0.084이다.

(4) 이에 비해 南部地域의 平均 Ch 및 DOH값은 199 ppm과 0.029로서 北部地域의 平均值보다 훨씬 낮다.

(5) 北部地域이 南部地域보다 近接한 山二花崗岩의 貫入에 의하여 더 많은 thermal effect를 받았으며 그중 오일形成에 最適溫度環境을 이룬 牛項里 및 목삼서부일대의 일부층에서는 局部的으로 油質物이 形成되었다. 그러나 新成里地域一帶는 山二花崗岩이후 貫入한 石英斑岩類에 의하여 炭化水素類形成보다는 과도한 thermal alteration을 받았다고 料想된다.

References

- Bell, K.G. and John M. Hunt, 1963, Organic Geochemistry: Edited Irving A. Breger. p.333-366.
- Carver, R.E., 1971, Procedures in Sedimentary Petrology p.573-576.
- Dunbar, C.O. and J. Rodgers, 1957, Principles of Stratigraphy, p.209-218.
- Hood, A. and J.R. Castano, 1974, Organic Metamorphism: Its Relationship to Petroleum Generation and Application to Studies of Authigenic Minerals. ESCAP. CCOP. Technical Bull., Vol. 8. p.85-113.
- Motojima K., 1975, Geochemical Prospecting for Petroleum and Natural Gas Deposits: RMRDC. Advisory Text. No. 9, 13, 16.
- Nixon, R.E., 1973, Oil Source Beds in Cretaceous Mowry Shale of Northwestern Interior United States: AAPG. Vol. 5711. p.136-156.
- Rittman, A. and E.A. Vincent, 1962, Volcanoes and Their Activity, John Willey & Sons. New York London. p.62-99.
- Swain, F.M., 1970, Non-marine Organic Geochemistry. Cambridge University Press, p.1-28.
- Wedepohl, K.H., 1969, Handbook of Geochemistry. Vol. II/1. p.6-L-1~6-L-22.
- 金相燁, 尹顯秀, 文 徹, 辛性天, 楊文烈, 1978, 慶尙系堆積岩層에 對한 有機地化學探查研究: 資源開發研究所, 調查研究報告 제 4 호
- 金相旭, 尹允榮, 1971, 韓國地質圖, 珍島, 智山圖幅, 국립지질조사소
- 木野崎吉郎, 1929, 韓國地質圖, 海南 및 右水營圖幅, 지질조사소
- 文熙壽, 1975: 전남지역 明礬石광의 성인에 관한 연구: 광산지질 8권 4호
- 李大聲, 1964, 전라남도 해남(木浦南部)地域의 지질과 함유질물층에 관하여, 지질학회지 제 1권 1호
- _____, 李河榮, 1976, 한국서남해안지역에 분포하는 함유질물층에 대한 지질학적 및 지구화학적연구: 광산지질학회지, 제 9권 1호
- _____, 島田昱郎, 林田進男, 1976, 전라남도 해남층군 우항리층에 협재된 黑色세일의 유기지구화학적연구: 광산지질학회지, 제 9권 3호

사진설명

1. 黑色세일, 凝灰岩質砂岩과 박층의 交互하여 나타나있는 牛項里層中部.
2. 葉層(papery)構造가 잘 발달되어 있는 黑色세일層. 上向細粒傾向이 잘 관찰된다.
3. 黃山凝灰岩內에 발달되어 있는 球狀構造(늘도남부해안).
4. 角閃石花崗岩內에 포획된 黃山凝灰岩으로 보이는 細粒質凝灰岩(黃山面 燕湖里).
5. 黑色세일에서 葉層構造를 보이는 油質物의 흔적 ($\times 70$. cross nicol).
6. 葉層을 이루는 세일에서 소규모의 crack 면(數 mm)을 따라 집적된 油質物 ($\times 100$. open nicol).
7. 牛項里層中部(試錐深度 112.7m)에서 나타나는 有機物(ostracoda?)의 化石($\times 100$. open nicol).
8. Section of oil shale from Green River Formation, Utah. ($\times 100$. open nicol).

