

# 三紀層 堆積岩 中 沸石의 產出狀態

金 鍾 煥\* · 文 熙 壽\*\*

## Occurrence of zeolite in the Tertiary Sediments

Jong-hwan Kim and Hee-Soo Moon

### Abstract

Of more than 30 varieties of zeolite group minerals, 7 varieties, mordenite, clinoptilolite, natrolite laumontite, stilbite, stellerite and chabazite are identified in Korea, whereas mordenite and clinoptilolite occur in Miocene sediments of small Yonil tertiary basin, east coast of Korea. The basin consists of three separate groups of sediments called Janggi, Gampo and Haseo, which are not correlated stratigraphically yet.

Zeolite occurs alternating with montmorillonite layers in Nuldaeri, Yongdongri and Haseori tuffs of Jahanggi, Gampo and Haseo Groups respectively. Zeolite was formed by diagenesis of acidic volcanic tuffs.

### 1. 序 言

沸石은 지금까지 30종 이상이 알려지고 있다. 國內에서는 이들중 natrolite, mordenite, clinoptilolite, laumontite, stilbite, stellerite 및 chabazite의 7種이 기재되고 있으며 이들중 堆積岩中에서 產出되는 것은 mordenite와 clinoptilolite의 두 종류가 있다.

最近까지만 해도 堆積岩層에서의 沸石은 큰 주목을 끌지 못하였으나 沸石鑛物의 用途가 開發됨에 따라 그 研究가 活潑하게 되었다.

本報告書는 資源開發研究所에서 沸石 및 벤토나이트 鑛床調査를 수행하면서 밝혀진 堆積起源의 沸石의 產出狀態에 관한 것만을 要約한 것이다.

野外調査에서 함께 수고하여 준 柳長漢君에게 감사하며 발표를 허락한 研究所 所長께 또한 감사를 드린다.

### 2. 調査對象地域과 그 分布地域

#### 2-1 調査對象地域

堆積起源의 沸石은 南韓東南部 第三紀層賦存地域에 局限되어 產出되므로 三紀層分布地域에 해당되는 慶北浦項, 延日, 九龍浦, 甘浦 및 울산지역 일원을 이번 調査對象地域으로 선정하였다. 其他 三紀層分布地域은 本調査에서는 制外하였으나 앞으로 調査할 計劃임을

\* \*\* 자원개발연구소.

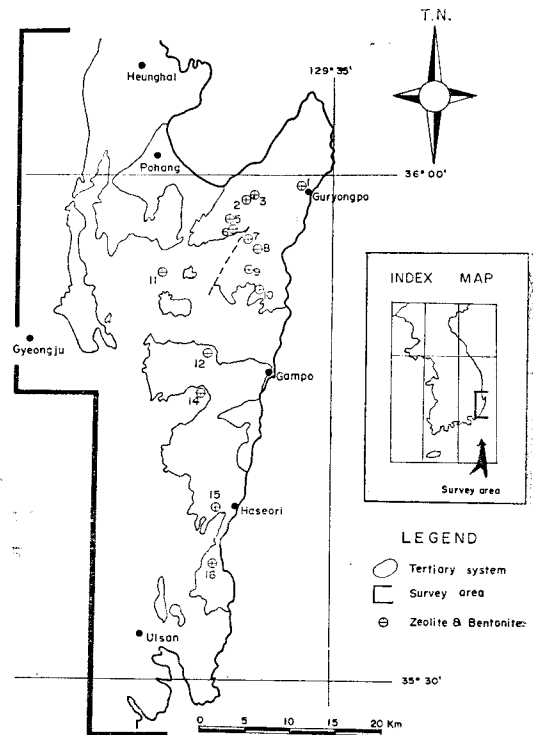


Fig. 1 Distribution and location map of zeolite.

밝혀준다.

2-2. 分布地域

分布地域은 Fig.1과 같이 延日, 九龍浦 및 甘浦地域에 해당된다. 行政地域으로는 慶北 迎日郡 및 月城郡에 集中 分布되는 양상을 나타낸다.

이들은 沸石의 胚胎層準을 기준으로 다음과 같이 3個地區로 區分할 수 있다. 1) 三紀層 分布地域中 北東部에 屬하는 迎日郡 九龍浦邑, 只杏面 및 東海面이 포함되는 延日 九龍浦地域 2) 月城郡 陽北面 및 甘浦邑 일원의 감포 지역과 4) 本調査區域中 南端部인 월성군 양남면 및 경남 울주군 江東面地域에 해당하는 下西地域이다. Fig. 1에 나타낸 地域外에도 많은 곳에서 그

産出이 알려져 있으나 小規模로 産出되는 곳은 그 圖示를 省略하였다.

沸石의 産出量은 三個 地域中 延日, 九龍浦 地域이 가장 많으며, 延日·九龍浦 地域이나 甘浦 地域에 비하여 下西地域은 그 存在比에 있어서 沸石보다 Bentonite가 增加되는 양상을 보인다.

금번 조사에서 밝혀진 沸石鑛床과 이제까지 酸性 土 내지는 Bentonite로 알려져 왔던 鑛床中에서 沸石을 含有하는 鑛床은 延日, 九龍浦地域에서 10個所 甘浦 地域에 3個所 下西 地域이 2개소이다.

表 1은 본 조사지역 내에 分布하는 鑛床에 關하여 간단히 기재한 것이다.

表 1. 삼기층내의 主要 鑛床 分布 地域

地 域	鑛 床 名	鑛 種	行 政 區 域	도면번호 (분포도 Fig. 1)	鑛區番號
延日九龍浦 地域	三東開發	沸石	迎日郡 九龍浦邑 大新里	1	구룡 111호
	東海白土	沸石, Bentonite	" 東海面 石洞	2	연일1, 11호
	우진광산	Bentonite, 沸石	" " 上政里	3	연일 1호
	한서광산	硅藻土	" " 立岩洞	4	포항 10호
	삼강Bentonite광산	Bentonite	" " 金光洞	5	연일 33호
	延日23, 33호광상	Bentonite	" " 金光洞 世界洞	6	" 23, 33호
	上政(박골)鑛床	Bentonite	" 只杏面 竹井里	7	" 14호
	城東里鑛床	沸石, Bentonite	" 九龍浦邑 城東里	8	" 4호
	태곡(신계리)鑛床	沸石	" 只杏面 新溪里	9	" 5호
	연일 6호 鑛床	沸石	" " 馬峴里	10	연일6호구룡포146호
葛坪洞鑛床	Bentonite, 沸石	" 烏川面 葛坪洞 文忠洞	11	연일 66호	
甘浦地域	龍洞里鑛床	沸石, Bentonite	月城郡 陽北面 龍洞里	12	감포 31호
	韓國硅藻土鑛床	硅藻土	" " 臥邑里	13-1	
	陽北鑛山	"	" " "	13-2	
	臥邑里鑛床	沸石	" " "	14	
下西里地域	下西里鑛床	Bentonite, 沸石	" 陽南面 新西 下西里	15	감포 50호
	화암鑛床	Bentonite, 沸石	慶南 蔚州郡 江東面 山下里	16	

3. 鑛床分布地域의 地質概要

第三紀層은 Tateiwa(1926)에 依해서 延日, 九龍浦 및 甘浦地域이 調査되었으며 그에 의하여 장기층군과 연일층군으로 區分되었고 장기층군은 다시 下部의 장기층과 범곡리층으로 細分되었다. 本調査區域中 포항과 울산은 그 이후 도폭조사가 이뤄졌으며 엄상호 등(1964)에 의하여 浦項地域의 延日세일이 分帶되었다.

各 圖幅調査者들에 의해 作成된 三紀層의 地質系統 表를 綜合하면 다음과 같다

이들 三紀層群은 中生代 火成岩類의 浸蝕面 上에 不整合으로 놓이며 本層群은 第四紀의 玄武岩에 의해 덮여

있다.

이들 各統別로 概術하면 다음과 같다.

3-1 장기층

장기층은 장기층군 및 범곡리 층군으로 나뉘며 延日 圖幅의 北東隅인 迎日郡 烏川面, 只杏面 일대와 甘浦 圖幅의 北東部인 甘浦邑과 陽北面 一帶 및 甘浦圖幅의 南端과 蔚山圖幅의 北東隅에 小規模로 分布되어진다.

延日地域에서는 下部에서 장기礫岩, 늘래리 火山岩類, 금광동세일, 下部含炭層, 下部玄武岩質 凝灰岩, 上部含炭層, 金吾里安山岩質 凝灰岩 및 上部玄武岩質凝灰岩으로 構成되어 있고 甘浦地域에서는 甘浦礫岩, 考洞里 火山岩類 및 魚日層 내지는 魚日玄武岩으로 構成되

表 2. 地質系統表

圖幅名 地質時代	延日 九龍浦 (Tateiwa:1926)	甘 浦 (Tateiwa:1926)	蔚 山 (林陽大:1968)	浦 項 (엄상호外 1人:1964)
第四紀 第四系	층 적 층 연일현무암	층 적 층 연일현무암	층 적 층	층 적 층 汝 禹 南 層
第三紀 第三系 延日層群	연일세일 친북역암	연일세일 친북역암	정자역암	斗 湖 層 梨 洞 層 興 海 層 鶴 林 層 川 北 礫 岩
凡谷里層群	창암 안산암 내지 응회암 범곡리 " 진전동 " 망해산 " 방산리 진주암	범곡리 안산암~응회암 갈명동 자력암 봉동리 응회암 안동리 역암 와음리 안산암질 응회암		
장기層群	상부현무암질 응회암 금오리 안산암~응회암 상부합탄층 하부 현무암질 응회암 하부 합탄층 금광동 셰일 늘대리 화산암류 장기역암	어일층 및 어일현무암 효동리 화산암류 감포역암 하서리 안산암질 응회암 하서리 안산암	당사리안산암질응회암 당사리안산암	

白堊紀 慶尙系 佛國寺統

이다.

基底層 장기역암 및 감포역암은 그의 礫들이 中生代의 규장반암 및 石英斑岩類이고 세일이나 砂岩도 있다. 本層은 固化가 덜돼 本層의 分布地域에서는 地表에 礫들이 散化돼있다.

考洞里 火山岩類는 粗面岩 및 安山岩, 安山岩質 凝灰岩으로 構成되며 이와 對比되는 訥臺里 火山岩類도 같은 岩石들로 構成되어 있다. 이들중 Tateiwa가 分類한 訥臺里 粗面岩質 凝灰岩은 현저히 石英 및 珪長質로 構成돼있고 드물게는 流動構造를 띠어 本層의 一部는 流紋岩質 凝灰岩으로 보아야 될 것 같다.

그 上部를 甘浦地域에서 魚日層 내지는 魚日玄武岩이 덮고 있으며 延日地域에서는 金光洞셰일, 舍炭層 및 玄武含質 凝灰岩이 分布된다.

層序對比가 되지 않은 下西里層群이 甘浦圖幅의 東南隅와 蔚山도폭의 北東隅에 分布되여진다. 本層은 下西里 安山岩과 安山岩質 凝灰岩으로 構成되며 下西里 安山岩質 凝灰岩은 Tateiwa가 白色浮石質 凝灰岩이라

고 命名했던 舍沸石層을 稱재한다. 蔚山도폭의 堂舍里 安山岩質 凝灰岩은 이와 對比되며 本層 또한 本토나이 트를 稱재한다.

凡谷里層群은 安山岩 내지는 安山岩質 凝灰岩이 大部分이며 역암 및 자력암으로 구성된다. 本層群에서 臥 邑里 安山岩質 凝灰岩과 安東里 礫岩은 小規模 分布를 보이며 이를 整合으로 龍洞里 凝灰岩이 온다. 本層의 走向은 대체로 N10~15E의 方向이며 灰白色을 띠는 응회암이 主構成岩石이다. 本層上部로 갈명동자력암, 진주암 및 安山岩類가 分布된다.

3-2 연일통

本層群은 凡谷里層群 위에 不整合으로 놓이며 Tateiwa(1924)는 川北礫岩과 延日세일도 區分하였다. 그 이후 엄상호 등은(1964) 포항도폭조사에서 연일세일層을 細分하여 鶴林, 興海, 梨洞, 斗湖 및 汝南層으로 區分하였다.

蔚山圖幅에 部分的으로 分布된 역암은 林陽大(1968) 등은 亭子礫岩으로 命名하고 川北礫岩과 對比하였다.

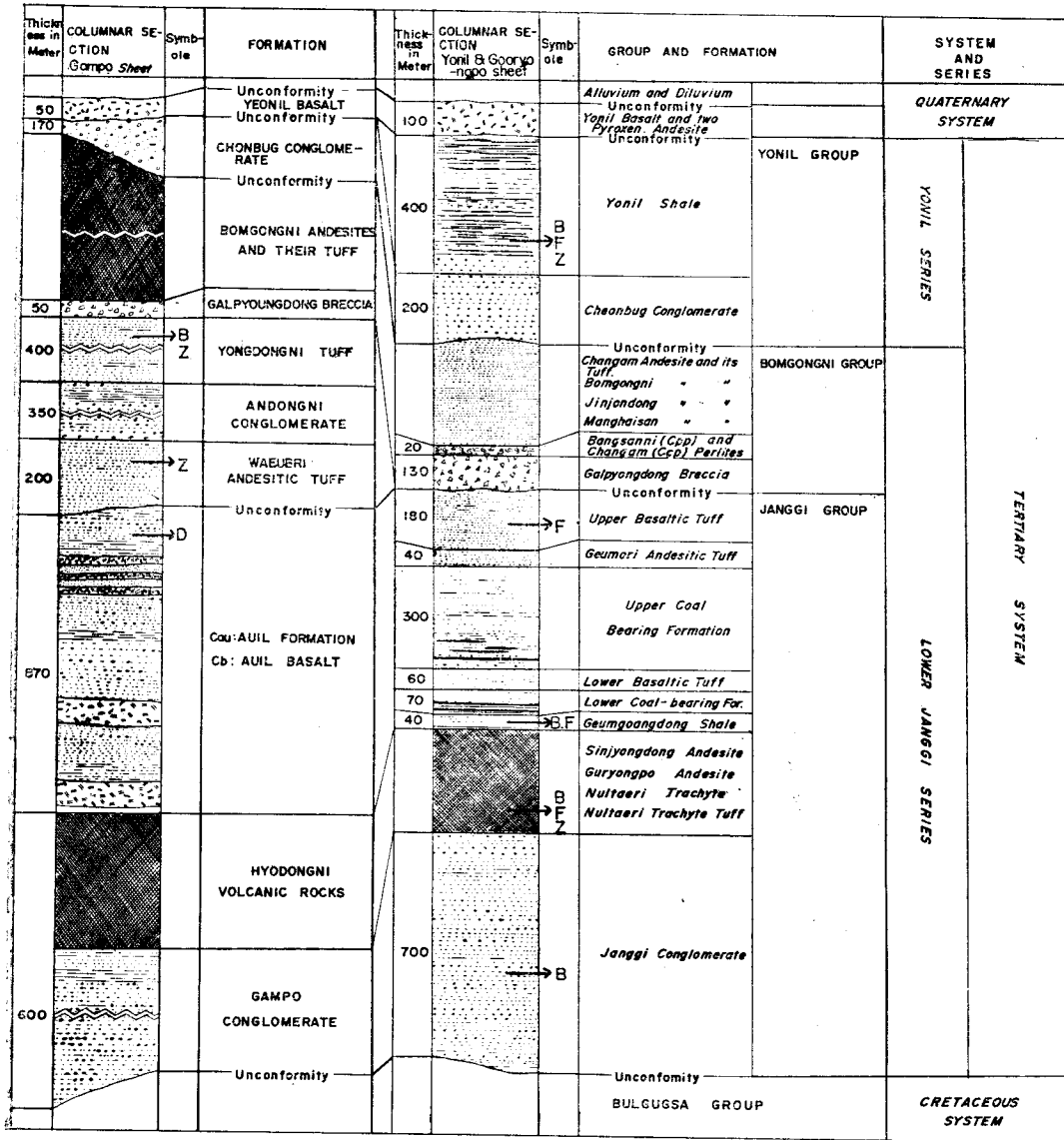
川北礫岩은 延日 및 浦項도쪽의 西部에 比較的 넓게 分布되며 砂岩과 세일을 混재한다. 本層은 陸成 및 海成層으로 되었다. 延日세일層은 砂質세일 및 砂岩, 세일 및 礫質岩石을 混재한다. 亭子礫岩層은 蔚山圖幅에서 花崗斑岩을 不整合으로 덮거나 安山岩 위에 오며

本層을 被覆하는 地層은 없다.

4. 鑛床

4-1. 三紀層群內의 沸石胚胎層準

前章에서 언급한 것처럼 지금까지는 주로 三紀層에



Z: Zeolite  
F: Fuller's earth  
B: Bentonite  
D: Diatomaceous

Fig.2 Generalized columnar Sections of the the Tertiary Strata.

서 堆積源沸石의 產出이 알려지고 있다. 本域의 層序는 地質概要에서 밝혔듯이 Tateiwa(1926)에 의해서 이뤄졌으며 그 이후 細分 및 局部的인 수정이 엄상호等(1964) 및 김봉균(1969) 등에 의해서 밝혀진 層序에 따라서 含沸石層準을 설정하기로 한다.

本調査에서 밝혀진바에 의하면 葛坪洞 地域의 연일세 일層內에서 產出되는 沸石, 含沸石 벤토나이트나 酸性白土는 金光洞세일에서 產出되는 것을 除外하고는 모두 凝灰岩類에서 產出되고 있다. 이들 凝灰岩類는 流紋岩質, 玄武岩質 및 安山岩質 凝灰岩으로 分類된다. 柱狀圖에 表記한 것처럼 大部分의 응회암류에서 그 產出이 確認되었다. 그러나 本 調査區域 北部에서는 訥臺里 凝灰岩에 胚胎되는 沸石이 經濟的으로 重要하며 甘浦地域에서는 龍洞里 凝灰岩層 內에 胚胎되는 것이 重要하다. 下西地域에서는 下西里層群 中的 下西里 安山岩質 凝灰岩內의 沸石 및 벤토나이트가 經濟的으로 價値가 있다.

三紀層內의 鑛床은 다양한 分布를 보이거나 대부분 下部層群인 장기층군에 主로 胚胎되고 있다(Fig.2 參考). 또한 여기서 밝혀진 사실은 모두가 응회암층내에 배태된다는 것이며 같은 응회암층 내에서도 細粒質 凝灰岩 中에 沸石이나 벤토나이트가 많이 存在한다.

#### 4-2 沸石의 同定

堆積起源에서 產出되는 沸石은 analcime, clinoptilolite, mordenite, phillipsite, erionite, laumontite, chabazite, wairakite와 Ferrierite 등이 있다.

堆積岩中에서 產出되는 沸石은 현미경적 scale 보다 작은 粒子로 되어 있기 때문에 沸石을 含有한 大部分의 岩石이 泥岩이나 白色凝灰岩으로 기재되고 있는 실정이었다.

X-線粉末回折方法의 발달로 이에 대한 識別이 가장 確實한 同定方法이 되었다. Sheppard(1964) 등에 의하면 試料中에 10% 이상을 含有하는 경우 X-線粉末回折法에 의해 그 識別이 가능하다는 것이 밝혀졌다. 10% 이하인 경우에는 重液 其他의 方法에 의해 選擇한 다음 X-線粉末回折法에 의하여야 한다.

國內產沸石의 X-線粉末回折結果 上記한 堆積起源의 沸石中 mordenite와 clinoptilolite가 產出되는 것을 알 수 있었다.

堆積起源의 沸石 中에서도 比較的 큰 結晶들은 현미경 하에서 굴절률 등을 측정하므로써 識別이 可能하나 대부분 微粒이어서 識別이 어렵다.

化學的인 方法으로는 成分分析보다는 陽이온交換能力을 測定하므로써 沸石의 有無를 알 수 있다. 즉 沸石은 C.E.C가 높아 沸石의 含有量이 적더라도 60~70

me/100gr 정도가 되고 120~130me/100gr 정도의 것도 많이 產出된다. 그러나 이 方法은 벤토나이트나 산성 백토도 양이온교환능은 크게 나타날수도 있기 때문에 벤토나이트나 산성 백토와의 區分을 위해선 기타의 性質을 비교해 보아야 한다.

野外에서의 識別方法은 다른 岩石보다 含沸石 堆積岩은 가볍고 흡습성이 있으며 岩色은 白色, 엷은 베이지 색이나 淡灰綠色을 나타낸다. 또한 風化面에서의 깨짐이 concoidal한 덩어리로 나타나는 특징이 있다. 國內沸石鑛床은 大部分 벤토나이트와 산성백토가 瓦層으로 產出되는 경우가 많아서 沸石과 접이적인 경계면에서는 concoidal crack을 나타내는 풍화면이 있다. 이는 後述하겠지만 親水性的인 粘土鑛物이 수분을 含有하다 地表에서 건조되는 경우 부피의 수축에 의해서 生成되는 것이다.

#### 4-3 國內 沸石 鑛床

國內의 경우 凝灰岩類 中에 隨伴되는 경우가 大部分이며 礫岩이나 세일 층에 酸性白土나 벤토나이트가 混재되기도 한다.

國內에서 產出되는 沸石은 알카리 沸石으로서 치환성 양이온으로서 Ca이 우세한 양상을 보인다. X-線粉末回折에 의하면 沸石鑛物은 clinoptilolite과 mordenite로서 隨伴鑛物로는 montmorillonite나 cristobalite와 石英이 흔히 함께 나타난다. 代表的인 含 沸石 凝灰岩의 化學分析結果는 다음과 같다.

이를 日本產과 比較하기 위해 mol%를 圖示한 것이 Fig. 3이다. 몇개의 試料로서 比較하기는 어려운 일이지만 거의 같은 양상을 나타내며 순수한 mordenite나 clinoptilolite에 비해 silica의 양이 많음을 알 수 있다.

Clinoptilolite의 경우 Si/Al 比는 calcic한 2.7에서 부터 alkalic한 5.0의 범위에 오며 mordenite는 4.4에서 5.0에 屬한다(Hay:1966). 이들 두광물의 Si/Al 比는 4.4에서부터 完全히 重復된다. 國內產의 경우 分析結果에 의하면 이들의 Si/Al 比는 3.67~4.74의 범위인 것으로 나타난다.

沸石은 대부분 벤토나이트나 酸性白土와 隨伴되어 產出되는데 이들중 벤토나이트 혹은 산성백토만을 수반하는 경우도 있다. 이들은 沸石의 上部혹은 下部에 오기도 하여 一定하게 產出되지는 않는다. 同一層準에서 나타나는 沸石과 벤토나이트의 生成原因에 對하여는 堆積物의 粒子의 크기에 따라 說明되어지기도 하나 規明되어야 할 課題이다.

野外에서 粗粒質인 砂岩을 含有한 부분에서는 沸石鑛物을 發見할 수 없으나 粒子가 작아질수록 沸石鑛物

表 3. 沸石의 分析表

성분	시료번호	1	2	3	4	B-4	D-1	C-1
SiO <sub>2</sub>		63.30	66.08	67.97	66.69	66.2	65.98	64.9
TiO <sub>2</sub>		0.05	0.04	0.02	0.16	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		14.26	11.92	10.10	11.30	15.9	12.24	13.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.34	0.40	1.36	0.89	1.40	1.94	1.86
MnO		<i>tr</i>	0.02	0.08	<i>tr</i>	<i>tr</i>	0.07	0.06
MgO		1.05	0.04	0.49	1.14	0.05	0.25	0.02
CaO		3.25	2.03	2.12	1.86	1.60	1.02	1.25
K <sub>2</sub> O		2.70	2.05	3.40	4.25	4.60	2.35	3.75
Na <sub>2</sub> O		0.85	2.07	0.85	0.43	0.46	1.05	1.55
H <sub>2</sub> O(+)		7.80	9.40	9.65	9.48	7.08	8.20	7.43
H <sub>2</sub> O(-)		6.30	6.46	13.99	4.53	2.90	5.36	2.60
Total		99.90	100.51	100.03	100.73	100.19	99.28	96.48

試料番號 1, 2, 3, 4 : 日本 미나토에 의함  
 試料番號 B-4, D-1, C-1, C-8 : 國內沸石

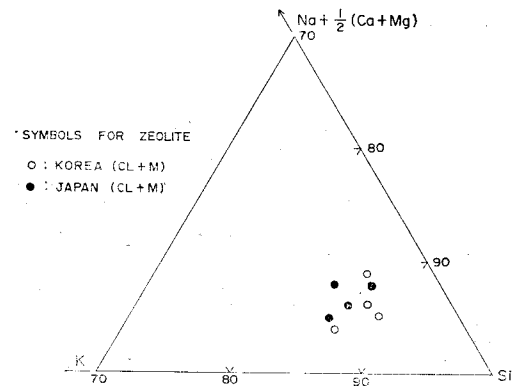


Fig.3 Mole% plot of mordenite+clinoptilolite composition in the silicon rich part of ternary diagram

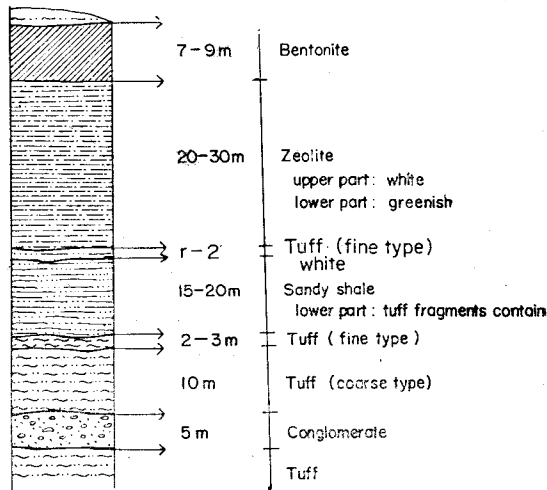


Fig.4 Columnar section of yongdongri

로 移化되는 것을 볼 수 있다. 예를 들어 龍洞里 地域에서의 模式 柱狀圖를 보면 (Fig.4) 下部에 응회암이 오고 그 사이에 역암 내지는 砂質셰일이 협재된다. 이러한 부위에서 沸石化가 없는 反面 上部로 가면서 아주 적은 細粒의 凝灰岩類가 오면서 沸石鑛體로 移化되고 上部에 벤토나이트 내지는 산성백토가 産出되고 있다. 또다른 地域에서는 벤토나이트만이 小規模의 産出이 알려지는 地域이 있다. 또한 火山岩礫을 그대로 갖고 産出되는 벤토나이트는 있으나 이를 갖고 나타나는 沸石은 없다.

이로 보아 粒子가 작을수록 沸石化가 쉽다는 추측을 可能케 하지만 아직 確實한 증거 및 實驗的 結果로 증명할만한 資料는 없다. 지금까지 알려진 바로는 대부분이 火山琉璃質이 다이아제네시스 동안 生成된 것으로 알려지고 있다 (Hay:1964 Azuma Iijma etal:1972 등).

沸石은 이들이 갖고 있는 陽이온에 의하여 양이온 교환능력 (C.E.C.)을 갖는다. C.E.C.는 沸石의 用途에 있어서 重要한 것으로서 C.E.C가 높을수록 좋다. 國內産의 경우 지금까지 채취된 試料中 最高는 146me/

100gr도 있으나 70~110me/100gr 정도가 大部分이다. 이들 현탁액의 수소 이온 농도는 8~9 사이이며 岩色은 白色, 엷은 綠色을 갖기도 하고 엷은 黃色을 띠는 것도 있다.

沸石 鑛床은 大部分 벤토나이트와 함께 產出되는데 이에 관해 고찰해 보면 다음과 같다.

벤토나이트와 酸性白土는 그 自體가 많은 結晶水를 갖고 있으며 물에 대한 親和性이 있어 多量의 水分을 含有하고 있다. 이의 주성분은 montmorillonite이고 岩色은 多様하여 淡紅色, 綠灰色等 여러가지가 있다.

벤토나이트는 膨潤을 하는 것과 그렇지 않은 것이 있는데 이에 따라 膨潤性 벤토나이트와 非膨潤性 벤토나이트로 區分한다. 팽윤성의 경우 자기체적의 1~15배 까지 용적이 증대되며 비팽윤성은 전혀 팽윤하지 않거나 조금 팽윤하기도 한다.

水分을 含有한 벤토나이트는 膨大되었던지 안되었던

지 間に 地表에 노출되어 乾燥되면서 부피가 收縮된다 부피가 감소함에 따라 風化面에서 벤토나이트가 많은 부위에서는 concoidal 내지는 subconcoidal한 깨짐을 나타내며 沸石의 含量 내지는 其他鑛物의 增加가 있는 곳엔 약간 괴상으로 떨어지는 경향을 나타낸다.

野外에서 산성백토와 벤토나이트의 識別은 어려우며 表 4에서처럼 그 性質을 比較하는 實驗을 거쳐서 明確히 區分지을 수 있다. 벤토나이트나 산성백토 또한 火山琉璃質에서 生成되며 良質의 商品位帶를 制外하곤 거의 대부분이 砂粒을 含有하거나 岩屑을 갖고 있다.

國內에서 채취된 試料의 大部分 1.5倍程度 膨大하는 것이 大部分이고 원태부피의 2倍 以上 膨大하는 것은 드물었지만 이러한 시료가 몇개소에서 產出되고 있다.

벤토나이트 및 산성백토의 粒度 分析結果에 의하면(表 5) 31 $\mu$ ~8 $\mu$  사이의 粒子가 제일 우세하고 대부분 良質인 경우 12 $\mu$  이하의 粒子들로 構成되어 있다. 粒子

表 4. 酸性白土와 벤토나이트의 性質比較

方 法	종 류	산 성 백 토	벤 토 나 이 트
조성비 (SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		7.05~7.97	4.4. ~7.67
알카리금속, 토류금속		소량	비교적 많다
陽이온교환능		50me/100gr	60~100me/100gr
1gr 분말시료의 흡착수		2~3gr	3~20gr
현탁액의 pH		5~6	7.5~8.5
100mesh분말 1gr을 100cc의 물에 넣었을 때의 침강용적		1~5cc	8~80cc
1N NaCl 25cc에 1gr의 분말을 75cc의 물에 석을 경우 용고용적		5cc	50cc

表 5. Size Analysis data of Bentonite

SampleNo.		23	D-23	D-28	D-24	W	D-38	D-37	103
Diameter(mm)									
Sand	>0.062					31.57			
Silt	.062	10.26	2.58	4.63	45.04	16.60	7.53	14.12	3.38
	.031								
Clay	.031	22.40	28.24	30.47	11.76	25.82	21.04	34.46	14.02
	.016								
	.016	25.07	14.51	29.01	24.45	13.26	40.51	24.13	15.54
	.008								
	.008	20.60	20.20	20.20	4.20	6.41	19.86	12.12	21.62
	.400								
	.004	7.11	12.96	9.37	3.19	2.20	6.07	6.85	12.84
	.002								
	.002	6.16	6.01	5.64	2.39	2.20	3.42	2.84	11.15
	.001								
<.001	12.00	15.11	0.68	8.95	1.93		5.48	21.45	
Swelling		2.00	3.12	1.78	2.15		1.88	1.67	2.07
P.H.		7.8	8.6	4.9	8.3		4.5	7.3	7.4

試料에 對하여 이들의 相關關係를 알아보기 위하여 圖示한 結果(Fig. 5) 相關 關係가 없었다. 여기서 傾向은 뚜렷치 않지만 粒子의 크기와 膨潤의 關係가 正의 關係를 보이며, 比較的 水素이온濃도가 4~5 사이 보다는 6~8 사이에서 膨潤하는 것이 약간 우세한 것처럼 나타난다.

國內鑛床의 母岩은 장기층군의 凝灰岩類가 거의 全部이고 延日層群의 셰일에서 bentonite와 산성백토 및 少量의 沸石이 存在하는 곳이 있다. 本 調査 地域內의 鑛床은 거의 대부분이 淡水 내지 湖水에 퇴적된 응회암류로 構成된 岩層에서 層狀으로 産出되고 있다. 表 6은 鑛床別로 그의 母岩과 堆積環境을 表記한 것이다. 堆積層의 最大厚는 장기층 하부인 訥臺里 凝灰岩類가 1740m이고 上部 玄武岩質 凝灰岩類가 약 900m 정도이다. 三紀層에서 沸石 및 bentonite의 生成은 약 900~1750m 사이에서 生成된 것이다. 알려진 바로는 대개 상부의 ① 變質받지 않은 火山琉璃質이 제일 上部에 오는데에는 異見이 없지만 沸石鑛物의 鑛物學的인 分帶는 地域마다 各기 다른 것으로 記載되고 있다. 즉 日本의 例처럼 mordenite와 clinoptilolite가 上部에 오고 下部에 analcime이 온다든지 South wale 地域처럼 analcime이 上部에 오고 mordenite-clinoptilolite가 거의 같은 深度에서부터 下部로 온다든지 하는 地域마다 母岩의 差異, 堆積環境의 差異에 따라서 달라진다는 것이다. 地質條件으로 보아 우리나라 三紀

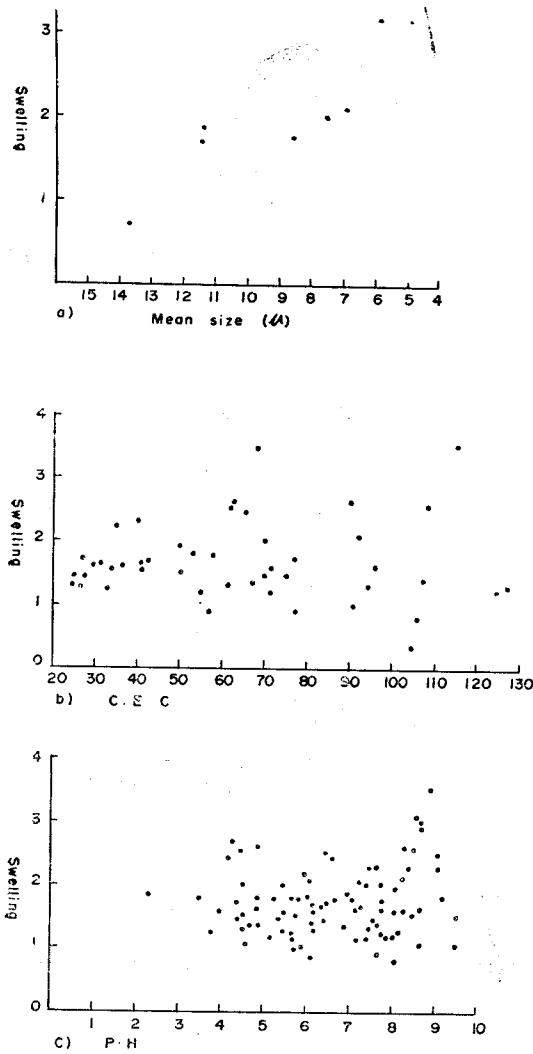


Fig.5 a) Mean size와 Swelling의 상관계  
 b) C.E.C와 Swelling의 상관계  
 c) P.H.와 Swelling의 상관계

의 크기가 적은 즉  $1\mu$  以下の 것들이 많은 것일수록 膨윤이 잘 되는 것으로 나타났으나(Fig.5.a 參考) 多量의 試料로서 統計處理가 된 후 完全한 成分分析和 化學的인 性質이 規規되어야 할 것이다. 이들의 懸濁液의 水素이온濃도가 산성백토의 경우 4~6 정도이고 bentonite는 6~7.5 사이에서 나타난다. bentonite는 거의 비팽윤성이 대부분이며 膨윤성 bentonite라 할지라도 膨潤은 2~3배가 最高이다. 水素이온 濃도와 膨潤性을 測定한 試料 86개 C.E.C까지를 分析한 45個

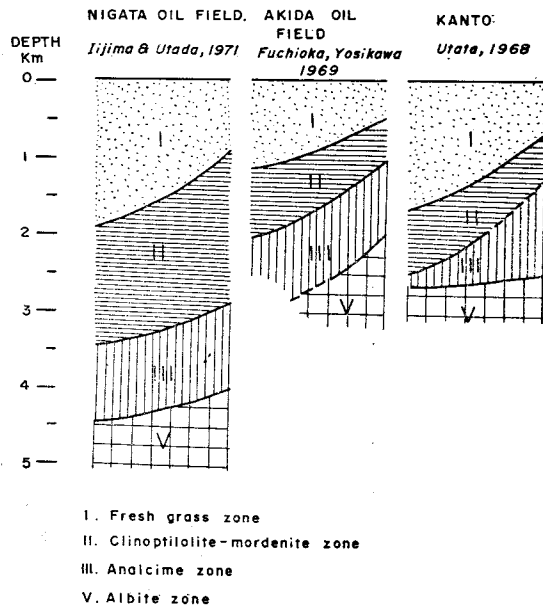


Fig 6. Schematic figures of zonal distribution of zeolites in sedimentary rocks in Japan



表 6. 鑛床別 母岩 및 堆積環境

鑛床名	母岩	堆積環境	Maximum Burial Depth	時代	參考文獻
三東開發	訥合里流文岩質凝灰岩		1540-1740(?)	Oligo-Mio(?)	Tateiwa (1926)
東海白土	"		"	"	"
우진광업	"		"	"	"
한서광업	"	fresh water	"	Miocene	李永吉 (1925)
삼강	上部玄武岩質凝灰岩	land surface	약 900	Miocene	유익규 (1960)
延日 23, 33號	金光洞쇄일	fresh water or saline		"	Tateiwa (1926) 유익규 (1965)
上政	上部玄武岩質凝灰岩		약 900	"	"
城東里	"		"	"	"
대곡	"		"	"	"
延日 6號 및 구룡포 146호	현무암질 응회암 안산암질 응회암			"	"
葛坪洞	延日쇄일	marine	200		엄상호 (1964)
龍洞里	龍洞里凝灰岩		270-300(?)		
韓國	魚日層	fresh water, stagnant lake	1220 이상	Lower Mio	이영길 (1976)
陽北	"	"	"	"	"
臥邑里	安山岩質凝灰岩			"	"
下西里	下西里安山岩質凝灰岩			Miocene	
花岩	"			"	

層에서 產出되는 沸石은 日本의 것과 유사한데 Ijima 와 M. Utada (1972) 및 Fuchioka와 Yosikwa에 의한 日本에서의 累帶分布는 前에 概述한 것처럼 最上部에 變질받지 않은 유리질을 含有한 帶와 그 下部로 클리네톨로라이트-모던나이트帶가 오며 下部에 아날심帶가 오고 그 下部로 알바이트대가 온다는 것이다 (Fig. 6).

日本國內產沸石의 경우에도 上部의 堆積層厚의 두께는 各已地域마다 다른 양상을 나타내고 있으나 累帶分布의 順은 一定한 양상을 나타내고 있다. 이들의 各帶間의 深度는 各已地域마다 다르나 大略 500~3500m의 범위에 屬한다.

國內沸石의 경우 前述한 바와 같이 上部 堆積層厚는 約 900~2,000m의 범위에 오고 있다. 아직까지 國內의 경우 clinoptilolite와 mordenite가 共存하는 帶만이 確認되고 있다. 國內의 경우 累帶分布의 分帶는 더욱 調査가 進行된 뒤에 밝혀질 것이다.

國內에서 沸石을 含有한 堆積岩의 堆積環境은 호성층 내지는 非海成層의 凝灰岩類가 대부분이며 갈등동 지역의 연일쇄일만이 海成層으로 알려져 있다. 이로 보아 호성층에서 생성된 것이 대부분이며 海成層에서

生成된 것도 小規模로 產出이 알려져 있다. 이들 試料의 현탁액의 수소이온 농도측정 결과는 벤토나이트 酸性白土를 除外하면 알카리성을 나타낸다. 즉 7~9.5 사이의 수소이온 농도를 갖고 있다.

國內產 沸石이 含有한 알카리 土金類는 Ca, Mg, Na, K로서 前述한 바대로 Ca<sup>++</sup>이온의 量이 제일 우세하다.

國內 沸石 鑛床의 경우 鑛體의 型態는 沸石, 벤토나이트 및 酸性白土가 凝灰岩의 層理面을 따라 小規模인 경우에는 다소간 不規則한 렌즈狀으로 規模가 큰 경우에는 層狀으로 胚胎되고 있다.

### 5. 結 言

1) 本 研究對象地域 內 堆積起源의 沸石은 mordenite와 clinoptilolite의 두 종류이며 이들은 그 上, 下部에 벤토나이트나 酸性白土層과 함께 產出된다.

2) 三紀層 堆積岩中의 沸石은 大部分이 응회암중에 胚胎되며 三紀層群中 下部層群인 장기동에서 大部分의 鑛床이 胚胎된다. 이들중 本域의 연일 구룡포 지역은 訥臺里 凝灰岩層, 甘浦地域은 龍洞里 凝灰岩層과 下西地域의 下西里 安山岩 質凝灰岩層이 主要한 鑛床 胚胎層準이다.

## 참 고 문 헌

- 김봉균(1970), 한국의 신제3계 퇴적층에 관한 연구, 대한지질학회지, 제 4 권 제 1 호 pp. 77~96
- 김옥준 외 6인(1971), 활성 점토 자원탐사와 개발방안에 관한 연구, 과학기술처 단행본, R-71-40, pp. 1~39
- 박양태,尹亨大(1968), 한국지질도 울산도폭, 국립지질조사소 업상호 외 2인(1964), 한국지질도포항도폭, 국립지질조사소 조기봉, 김중대(1970), 비금속광산연구, 광산조사연구보고, 제 4호, pp. 183~231
- Lee Young Gil (1975), Neogene diatoms of Pohang and Campo areas, Jour. geol. Soc. Kor. vol. 11, No. 2 pp. 99
- R.L. Hay (1966), Zeolite and zeolitic reactions in sedimentary rocks, Geol. soc. America, Spec. paper, No. 85
- Azuma Iiima, Minoru Utada (1972), A critical review on the occurrence of zeolites in sedimentary rock in Japan, Jap. Jour. of geol. and goeography vol. XIII, No. 1~4, pp. 61~80
- Toshio Sudo et al (1963), Mordenite and clinoptilolite in glassy tuffs of Japan, vol. 69, No. 808, pp. 1~12
- Sheppard, R.A. et al(1969), Diapenesis of tuffs in the Barstow formation, Mud Hill San Bernardino County, U. S. geol. sur. prof. paper, 634 Davis C.W. et al(1940), Bentonite, it's properties, mining, preparation, and utilization, U.S. bur. mines, Tech paper, 609
- J.A. Bain (1971), A plasticity chart as an aid to the identification and assessment of industrial clays. Eng. clay. Minerals. vol. 9, No. 1, pp. 1~17
- 吉木文平(1958), 鑛物工學, 技報堂, pp. 433~434
- F.A. Mumpton(1960), Clinoptilolite redefiend, Amer. Mineralogist, vol. 45, pp. 351~368
- F.A. Mumpton(1973), First reported occurrence of zeolite in sedimentary rocks of Mexico, American mineralogist, vol. 58, p. 287~290