

B_t Band의 形成 過程

吳 慶 燮

韓國敎員大學校 地理敎育科

Origin of Banded B_t Horizons in Sandy Deposits

Kyong Seob Oh

Department of Geography, Korea National University of Education

要 約

한국과 서부 유럽의 砂質層에 발달해 있는 B_t band의 성인은 퇴적학적인 현상과는 무관하다. 그렇다고 土壤學的인 사고만으로도 설명될 수 없다. 본 연구 결과 B_t band는 砂質層이 형성된 후 시기를 달리하여 다음과 같이 두 부류의 물질이 서로 다른 메카니즘에 의해 이동·집적되어 형성되었다.

1) 먼저 silt중심의 heterometric fine grains과 운모류들이 結氷과 관련된 cryophoresis에 의해 이동되어 이들이 사질층 단면에서 밴드 형태로 집적되었고

2) 다음에 철분을 함유한 점토가 土壤水에 의해 이미 형성된 맨드에 집적되어 결국 적색의 B_t band가 형성되었다.

이 두 과정에서 전자는 토양의 결빙이 지표에서 3m 정도 이상까지 진전될 정도로 한랭하고 습윤한 환경과, 후자는 podzolization이 진행되는 정도의 냉량·습윤한 환경과 관련된다. 오늘날 褐色土化作用(brunification)이 진전되는 우리나라와 서부 유럽의 경우, B_t band의 polygenetic한 성인과 관련된 한랭·습윤한 환경들은 제4기 근자(주로 Würm빙기 이래)의 古環境으로 추정된다.

ABSTRACT

In Korean peninsula as well as in Western European Countries, we can find, reddish bands in sandy deposits of various origin. These bands (called "B_t Band"), composed of fine material, are regularly intervalled and parallel to topography. This study is tring

to elucidate their origin and associated milieux, with a group of methods and techniques (field survey, micromorphological analysis, granulometry, X-ray diffractometry of clay minerals...).

B_t Bands are not sedimentological origin. They were formed by superposition of two type accumulations in the sandy profile, triggered by different mechanisms: 1) accumulation in banded form, concerning silty heterometric material and micas, owing to cryophoretic forces operating in course of deep freezing of sandy deposits; 2) illuviation of ferruginous clays in the precedants bands, migrated in chelate state by soil water. The first processes are associated with very cold and humid climate in which freeze soil more than 3m in depth. The second, cold and humid climate in which podzolization is generalized. In case of South Korea and Western Europe, these two types of climates are not present circumstance, but Recent Quaternary (probably since the Würm).

序 論

퇴적 또는 풍화로 형성된 砂質層에는 두께 1cm 내외의 띠 모양의 微粒物質 集積層이 발발되어있는 예를 한국과 서부 유럽의 여러 지역에서 볼 수 있다. 이들은 赤色 내지 赤褐色을 띄고 있어 淡黄色의 Sandy facies와는 粒度組成 뿐만 아니라 色에서도 뚜렷한 대조를 이룬다. 이러한 띠 모양의 미립 물질 집적층은 일찍이 유럽 여러 지역의 지형, 토양 연구에서 보고되어 오는 과정에서 "Banded B_t horizon"으로 命名되어 현재는 간단히 "B_t band"라고도 불리워 진다. 우리나라의 경우 대관령 일대의 화강암 풍화층, 영월 일대의 河岸段丘 河成堆積層, 서해안의 砂丘 등에 B_t band가 발달되어 있다*. B_t band는 우리나라나 유럽과 같은 온대 지역 뿐만 아니라 남극 대륙과 북극권에도 분포되어 있다(Cailleux, 1964).

서부 유럽 전역에 널리 분포하는 B_t band에 대해 유럽의 지형학자와 토양학자들은 오랜 기간 그것의 형성 과정을 밝히려 했으나(Hartmann, 1936 ; Vendamme et

al., 1968 ; Marosi, 1971 ; Gourdon, 1975 ; Legro, 1976...), 가설 제시정도에 불과 했었다. 그러다가 1985년 필자의 제4기 기후 변동이 프랑스 Vosges 산지 지형 발달에 미친 영향에 대한 연구에서 B_t band의 성인에 대한 설명이 가능하게 되었다(Oh, 1985). 본 논문은 그 당시의 경험을 기초로 우리 나라에 분포하는 B_t band가 유럽의 것과 같은 맥락에서 설명되어 질 수 있는지를 살펴보고 여기에서 시사되는 제4기 환경을 토의하고자 한다.

이를 위하여 야외 조사와 실험실 작업(粒度 분석, 현미경 관찰 등)의 상호보완이 요구되었다. 답사 과정에서는 B_t band가 분포하는 지점의 지형 및 토양 환경, 斷面內에서의 B_t band의 배열 양상과 형태 등을 집중적으로 관찰 정리하였다. 실험실 분석을 통해서도 답사에서 얻은 내용과 가설들을 구체적으로 입증하였다. 또 여기에서 얻은 결과는 야외에서 관찰할 구체적인 내용 선정에도 영향을 미쳤다. 粒度分析 (granulometry)을 통해 B_t band들에는 이들 사이의 Sandy faices에 비해 어떤 粒徑 區間의 미립 물질이 어느 정도 집적되었는

* 筆者の 답사와 필자와 學的 交流가 빈번한 權純植(1987), 박경(1986), 徐華津(1988)의 연구를 통해 확인 보고된 바 있음.

지를 구체화시킬 수 있었다. 현미경 관찰로는 구성물질들의 광물 조성, 배열 상태 및 조직을 파악하여 B_t band 형성 과정 구명에 필요한 중요한 단서들을 얻을 수 있었다. 그리고 X-Ray 회절 분석은 현미경 관찰로는 식별할 수 없는 점토의 광물 조성의 파악을 가능케 하였다.

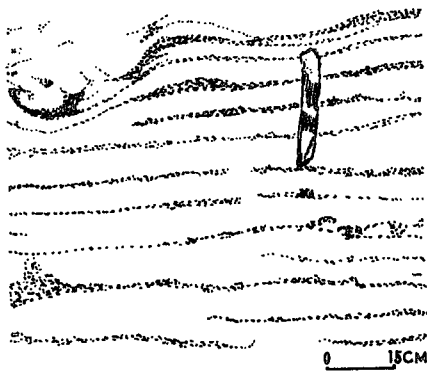
1. B_t band의 형태

B_t band의 형태는 이것이 발달한 사질 피복물, 지형학적 상황에 따라 두께, 배열 간격, 색 등이 다소 차이를 보인다. 그러나 지금까지 보고·기술된 것과 필자의 경험에 의하면 유럽의 B_t band와 우리나라의 것에

는 다음과 같은 형태적 특색이 있다 (Fig. 1).

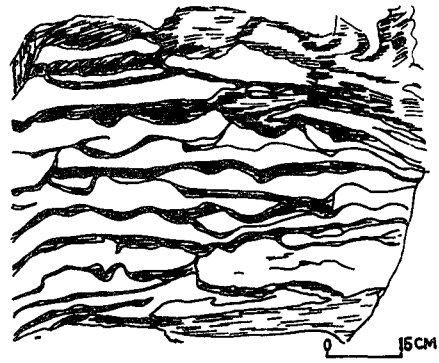
B_t band의 두께는 보통 3-20mm 정도이지만 50mm가 넘는 것도 이따금 관찰된다. 여기에는 미립 물질이 조밀하게 집적됐고 이들은 적색 내지 적갈색 (205-5YR5/6-6/6 humid)으로 나타난다. 이러한 赤色은 淡黄色을 지닌 sandy interbands와 시각적으로 뚜렷한 대조를 이룬다.

B_t band는 일반적으로 여러개가 사면의 방향과 평행으로 발달되어 있다. 이들은 해안 사구와 같은 사질 퇴적층에서는 층리를 따라, 화강암 풍화토에서는 mass-movement에 의해 사면에 평행으로 나타나는 sliding plane을 선호해서 발달하는 경향을



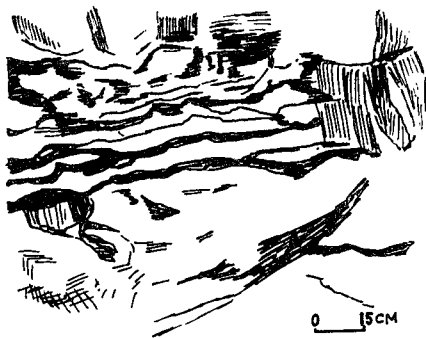
1-a

화강암풍화층의 B_t bands(프랑스 Vosges산지)



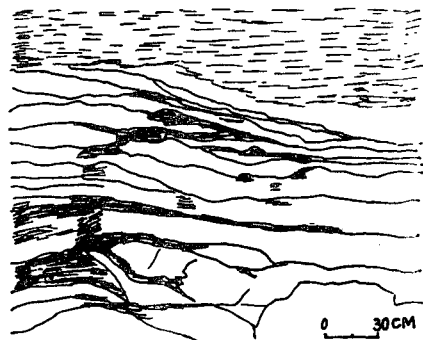
1-b

해안사구의 B_t bands(만리포)



1-c

하성퇴적층의 B_t bands(영월)



1-d

화강암풍화층의 B_t bands(대관령 일대)

Fig. 1. 단면내에서 B_t band의 배열

보이지만 이들과 무관하게 발달된 것들도 많다. 이들의 간격은 5cm에서 30cm 이내에서 비교적 일정한 간격으로 배열되어 있지만 지표에서 지하로 가면서 점점 넓어지는 경향을 보이기도 한다. B_t band가 암설들을 만나면 이들을 우회하는데 심하게 풍화된 암설의 경우는 그 내부를 관통한다. 그리고 사면과 평행으로 펼쳐진 밴드와 밴드를 연결하는 대각선의 B_t band들도 관찰된다. 굴곡됐거나 대각선 모습의 밴드가 사면과 평행인 밴드와 복합되어 단면에 따라서는 B_t band망이 망상 하도를 연상케도 하는데 이런 예는 완전히 粒狀崩壞되지 않은 암설을 많이 함유한 화강암 풍화층에서 찾아볼 수 있다.

B_t band는 인접 sandy interband에서 볼 수 있는 모래 입자들 사이에 미립 물질들이 치밀하게 집적되어 있어 담사용 칼이 잘 안들어 갈 정도로 견고하다. 굵은 모래 입자와 집적된 물질이 조직되어 만드러진 土粒 (agregate)의 형태와 배열은 葉狀構造 (lamellar structure)를 이룬다. 반면 밴드와 밴드 사이의 sandy interbands는 약한 물리적 힘으로도 쉽게 부서진다. 따라서 폭우 후의 단면 관찰에서는 B_t band가 선반 모양으로 돌기해 있기도 한다. B_t band에 집적된 물질은 세사, 니토, 점토 등의 미립 물질이 주축을 이루지만 특히 화강암 풍화층에 발달한 경우는 운모류들이 이들과 함께 집적된 모습을 보이기도 한다. 이러한 B_t band와 sandy interbands와의 경계는 입도, 견고도, 색도 면에서 선명하게 추적된다.

2. B_t band의 Fabric*

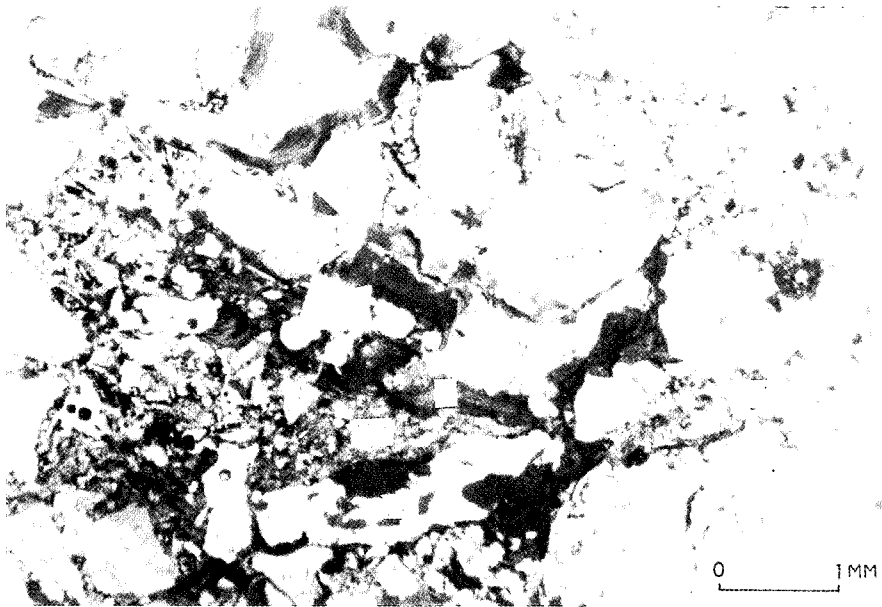
어느 물체든 현미경으로 관찰되는 내용은 육안으로 식별되는 것보다 훨씬 구체적인 만큼 더욱 다양하기도 하다. B_t band의 경

우도 마찬가지로 倍率, 試料, 동일 시료에서도 초점을 대고 관찰하는 부위에 따라 여러 가지의 fabric이 인식된다. 그러나, 필자의 경험에 의하면 B_t band의 fabric은 아래에 기술한 바와 같은 공통적인 특색을 지니며 유럽과 우리 나라 B_t band들간에는 근본적인 차이점이 나타나지 않는다 (Photol).

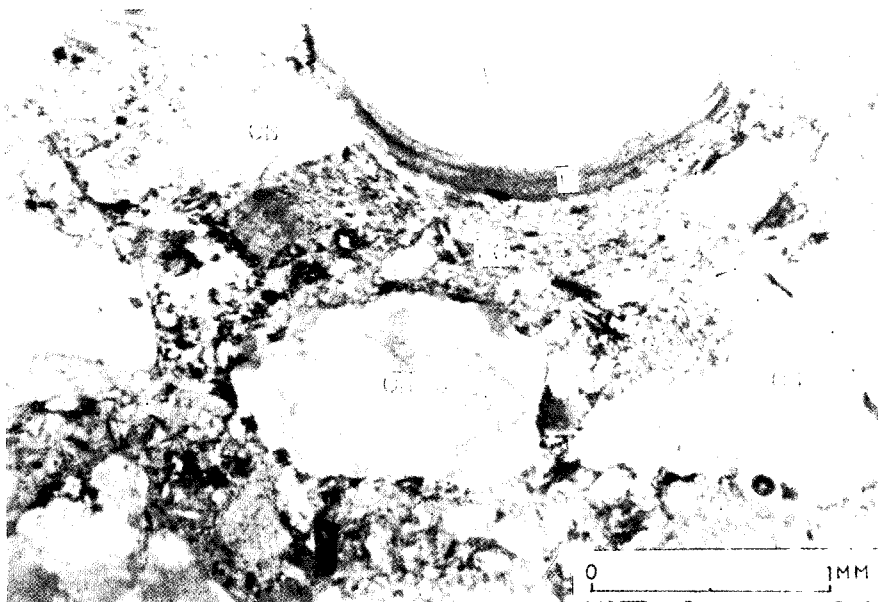
15-20배 정도의 低倍率에서 굵은 모래 입자들은 B_t band의 방향과 평행하게 列狀으로 배열되어 있다. 이들 열과 열 사이의 간격은 대체로 일정한 편이며 그곳에는 silt 중심의 미립 물질 (clay, fine sand를 포함한)이나 막대 모양의 운모편 (silt에서 coarse sand size에 이르는)들이 매우 치밀하게 조직되어 있다. 이들이 치밀하게 밀집된 정도는 열상 배열의 굵은 모래알 윗쪽 표면 부근에서 가장 두드러지는데 여기서 멀어지면서 상대적으로 약한 경향을 보인다. 그리고 윗쪽에서 열상으로 배열된 모래들의 아래 표면에 이르면 공극들이 나타나는데 이들 또한 열상 배열을 보인다. 따라서 B_t band의 Fabric은 열상 배열의 굵은 모래와 이위에 치밀하게 덮인 미립 물질과 운모편들이 하나의 층을 이루는 모습의 累層構造를 연상케 한다. 그러나 굵은 모래알이 띄엄 띄엄 떨어져 열상 배열을 보이는 경우는 이러한 모습이 다소 불분명해진다. 한편 수평적인 굵은 모래 열과 열의 수직 간격이 넓은 경우 이곳에 두껍게 밀집된 미립 물질 층은 다시 얇은 층으로 분화된 양상을 보이기도 한다.

배율을 높여 관찰하면 굵은 모래위에 덮인 물질은 graded bed를 연상케 한다. 즉 모래알 표면에 인접해서는 점토 중심의 미립 물질이 여기에서 멀어지면서 silty material, fine sand로 漸移된다. 그리고 이들이 조직된 결은 이들이 덮고 있는 모래알

*구성 물질의 조직과 배열을 말하는데 Soil Micromorphy에서는 이들과 관련된 공극 (voids)도 함께 고려한다 (Brewer, 1964).



Korea (Daegwanryung)



France(Alsace)

CS: Coarse Sand Grain SC: Silt Cap C: Cutan(Ferriargilan) V:Void

Photo 1. Fabrics of B_t Band

표면 형상에 평행으로 인식된다 이것은 막대 모양의 운모편들이 많이 덮인 경우에 더욱 뚜렷하다. 이렇게 solid coarse grain에 silt 중심의 미립 물질이 덮인 모습은 周永河環境의 토양에서 일반적으로 나타나는 silt cap (Van Vliet-Lanoë, 1976)과 같다.

굵은 모래알들과 이들을 덮는 silt cap이 이루는 土粒(agregate)들 사이의 공극(void)에는 붉은색의 점토들로 이루어진 cutan* 즉 ferri-argilan**들이 나타나는데 이것은 B_t band를 적색 내지 적갈색으로 보이게 하는 요소다.

한편 B_t band들 사이의 sandy interband는 medium sand, coarse sand grain들이 느슨하게 granular structure를 이루는 형태를 지니고 있다. 이들 입자와 입자 사이의 intergranular voids에는 미립 물질이나 운모편들이 있다고 해도 B_t band에 비해 두드러지게 적다.

3. 입도 및 점토 광물 분석

본 연구를 위해 필자와 국내 및 국외 학자들의 연구에서 얻은 한국과 유럽에 분포하는 50개 이상의 B_t band와 인접 sandy interband에 대한 분석치를 비교했다.

입도 조성에서 입경 50micron 이하의 미립 물질(silt, clay) 함량이 B_t band의 경우 20-35%인데 sandy interband 경우는 8-25%로 B_t band에서 높게 나타난다. 동일 단면의 시료를 비교하면 항상 B_t band의 것이 인접 sandy interband 보다 10-15%정도 높다. 한편 입경 50microns 이상 (sand)만을 분리해서 본 입경 분포는 B_t band와 sandy interband가 동일 단면의 시료라면 대체로 비슷하게 나타난다. 이러한 일련의 입도 분석 결과들은 B_t band가 이것이 발달한 사질층 단면 내에서 주로

silt와 clay가 이동·집적되어 형성됐음을 시사한다.

X-Ray 회절 분석에서 나타난 B_t band의 점토 광물 조성에서 illite와 quartz의 분포가 두드러지고 kaolinite(meta-halloysite)의 피크는 유럽과 우리나라의 시료에서 모두 약하게 나타난다. 이러한 경향은 sandy interband에서도 마찬가지로 나타나는데 kaolinite 피크가 B_t band 경우보다 상대적으로 강한 편이다. 이러한 점토 분포는 寒冷氣候 지역의 토양이나 퇴적층에서 흔히 나타나는 것으로 알려져 있다(Millot, 1964; Oh, 1985). 한편 B_t band의 점토에는 4.15-4.18Å에 약한 피크가 나타나는데 이것은 B_t band에 집적된 붉은색 점토는 goethite 상태의 산화철을 함유하고 있음을 의미한다.

4. B_t band의 形成 過程 및 이와 關係된 第四紀 環境

앞에서 제시한 B_t band의 형태, fabric, 입도 분포, 구성 물질의 광물 조성을 종합하여 B_t band의 형성은 다음과 같이 설명될 수 있다.

1) B_t band의 형성은 砂質層이 생긴 후 斷面內에서의 물질 이동과 관련된다. 그러나 그것은 순수 土壤學的인 메카니즘 만으로 설명이 안된다.

B_t band 형성과정의 究明에서 필자는 우선 B_t band가 바람이나 유수에 의해 퇴적된 쇄설성 사질층에서 뿐만아니라 火成암 풍화층과 같이 퇴적과는 무관한 사질층에서도 분포한다는 사실을 주목한다. 이것은 B_t band는 퇴적 과정이 아니라 이미 존재하는 사질층에 함유된 미립물질이나 운모편

* 모래 입자의 표면 형상에 평행인 Oriented extinction을 말함.

** Cuutan은 Brewer(1964)가 사용한 용어인데 토양 공극의 벽에 퇴적된 점토층을 의미하는 것으로 국제적으로 널리 통용되고 있음. ferri-argilan은 철분이 함유된 점토로 구성된 cutan임.

들이 사질층 내부에서 이동·집적되어 형성되었음을 의미한다. 만일 이것의 형성이 퇴적학적으로 설명될 수 있다면 화강암 풍화층과 같은 積定風化土에서는 관찰될 수 없어야만 한다.

이러한 사실을 근거로 B_t band 형성 과정 설명에 보다 구체적으로 접근하기 위하여 현미경 작업을 통해 인식된 B_t band에 집적된 물질의 조직을 환기해 볼 필요가 있다. 굵은 모래알(coarse sand grains)들과 이들 위에 집적된 다양한 크기의 미립 물질과 운모편들이 치밀하게 조직되어 土粒들을 이루고 있고 이렇게 형성된 토립들 사이의 공극(interaggregate voids)에는 붉은색 점토가 집적되어 있다. 이것은 B_t band가 다음과 같이 두 부류의 물질들이 시기를 달리하면서 집적되어 형성됐음을 의미한다.

① 먼저 Heterometric fine material (clay, silt, fine sand를 포괄하는)과 운모편들의 집적이 있었고,

② 후에 위 물질들이 굵은 모래알들과 결합되어 이루어진 土粒들 사이의 공극에 붉은색의 점토들이 집적되었음.

B_t band가 砂質 피복물 내에서의 물질 이동·집적으로 형성됐다면 이것에 대한 설명은 일단 토양학적인 사고로 접근되기 마련이다. 이러한 맥락에서 B_t band 형성 과정을 밝히려한 토양학자로는 Legro(1975, 1976)와 Vandamme & De Leenheer(1968)를 들 수 있다. 각자 프랑스 중앙 산지(Massif Central)의 화강암 풍화층과 벨지움의 사질 퇴적층의 것을 대상으로 해서 이들이 제시한 B_t band의 제반 특색과 분석 결과들은 필자가 유럽의 타지역(Oh, 1985; Oh, Reutnauer, Mercier 1987)과 우리나라에서 인식한 바와 일치한다. B_t band의 형성에 대한 이들의 해석은 토양수 작용에 의한 물질의 이동·집적만을 고려한 바탕 위에서 이루어졌다. 그러나 이러한 순수 토양학적 사고로는 현미경 관찰에서 ferriar-

gilan 상태로 나타나는 붉은색 점토의 집적은 명쾌하게 설명되지만, B_t band와 sandy facies 간의 선명한 경계와 시료에 따라 나타나는 길이 2mm 이상의 운모편들의 집적은 설명되지 않는다는 문제점이 있다. 토양수 작용으로는 용탈층과 집적층과의 경계가 점이적으로 나타나고 이런 크기의 운모 입자들이 운반될 수도 없기 때문이다. 이러한 문제점은 필자의 사고를 B_t band는 순수 토양학적 메카니즘에 의해서만 형성되지 않았다는 가설로 유도했다.

2) B_t band는 Cryogenic processes에 의해 heterometric fine material과 운모 입자들이 집적되어 매우 견고한 土粒으로 됐고, 이렇게 형성된 토립들 사이의 공극에 토양수에 의해 붉은색 점토가 집적되는 多成因的인 과정(Polygenetic processes)을 거쳐 형성됐다.

B_t band를 구성하는 두가지 부류의 물질 중 토양학적인 맥락에서 설명이 불가능한 heterometric fine material과 운모 입자들이 어떻게 이동·집적됐는지를 밝히기 위해, 필자는 B_t band가 한국, 유럽, 극지역 등 제4기 빙기나 현재에 周永河 環境의 영향 하에 있었거나 있는 지역에만 분포한다는 사실을 주목했다. 주빙하 환경에서는 토양의 結氷과 融解로 그 구성 물질이 단면내에서 이동되어 재 배열될 수 있기 때문이다.

Corte(1963, 1966)와 Bertouille(1972, 1976)의 토양 결빙 현상에 대한 실험결과와는 이상의 물질들이 결빙과 용해의 반복으로 이동·집적될 수 있음을 시사한다.

Corte는 U.S. Army Cold Region Research And Engineering Laboratory에 근무하면서 입경 7microns 이하의 니토와 점토가 13% 이상되는 heterometric sandy soil을 투명 실린더에 넣고 결빙의 진전 방향에 따라 구성 물질의 이동 양상을 관찰했

다. 그는 토양의 결빙이 시료를 담은 실린더 위에서 아래로 또는 반대 방향으로 진전되면서 이동하는 結氷 前線 (freezing front)에 밀려 미립 물질이 이동함을 확인했다. 즉 결빙이 토양 내부로 진전되면서 일정 크기 이하의 미립 물질이 결빙 전선을

따라 이동된다. 결빙 전선이 일정한 거리를 진전하면 이동하는 물질의 양은 많아져 그것의 운반력으로는 더 이상 운반되지 않고 밴드 모양으로 집적된다. 그리고 결빙 전선은 이 미립 물질층을 통과하면 새로운 미립 물질들을 밀고 일정 구간 이동된 후 다시

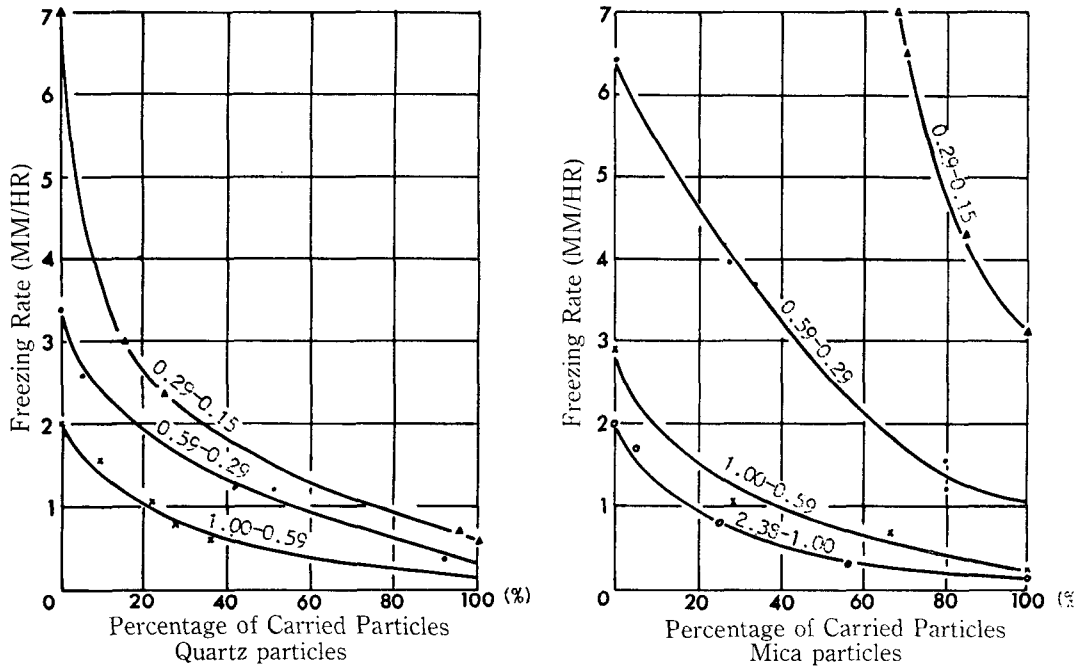


Fig. 2. Percentage (by weight) of particles carried 1cm in front of the freezing plane under different rates of freezing.

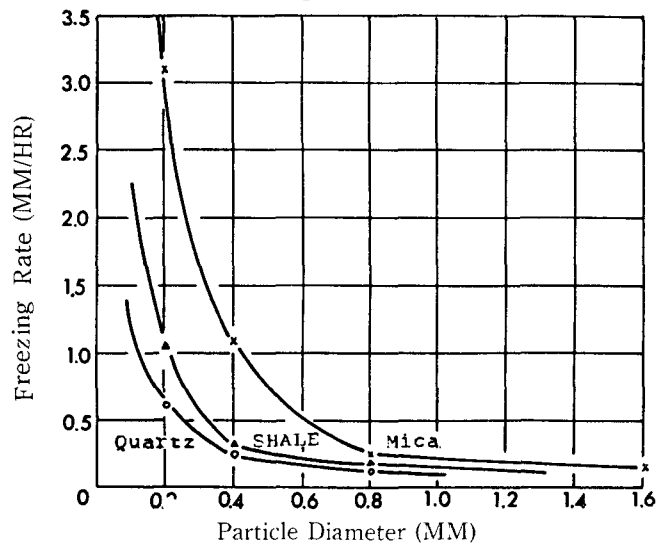


Fig. 3. Freezing rates required for particles of different diameters to move continuously in front of the freezing plane.

밴드 모양의 미립물질 집적층을 형성시키는 방향으로 진전된다. 결국 결빙작용을 받은 토양 단면에는 일정 간격의 미립 물질 밴드가 배열되며 결빙융해의 회수가 증가하면서 그 모습은 더욱 뚜렷하게 된다. 또한 이 실험에서 이동될 수 있는 물질의 크기와 양은 결빙 속도가 느릴수록 증가하는 것으로 나타났다. (Fig. 3 참조)

Bertouille (1972, 1976)의 silty soil에 대한 실험에서도 같은 결과가 나왔다. 다만 heterometric sandy soil을 시료로한 Corte의 실험에서는 fine sand들까지도 이동하지만 silt 중심의 토양을 시료로한 Bertouille의 것에서는 점토크기 이하의 물질들만 이동했다는 차이를 보일 뿐이다. Bertouille는 수분이 얼음으로 결정화될 때, 용해 및 부유 하중 상태에 있는 대부분의 이온, 염, colloide들은 결정체 밖으로 추방되므로 토양의 결빙은 이러한 물질들을 이동시키는 작용(Cryophoresis)을 한다고 설명했다. Bertouille도 결빙 속도가 느릴수록 Cryophoresis 현상은 두드러지며, 이것은 比熱이 낮은 수분을 많이 함유한 토양에서 흔히 나타난다고 했다.

한편, Corte는 광물별 이동성향(mobility)에 대해서도 관심을 가졌는데, 동일 결빙 속도에서 운모는 석영 입자 보다 입경이 몇배 큰것도 이동되며 이 두 광물의 입경이 같을 때는 운모가 더 많이 이동됨을 목격했다(Fig. 2). 이 사실은 후에 Etrich et al. (1983)의 연구에서도 입증된 바 있다.

이상에서 열거한 일련의 연구 결과들은 B_t band를 구성하는 heterometric fine material 및 운모류의 집적은 Cryophoresis에 의한 것임을 입증한다. 한편 이렇게 집적된 물질들은 현미경 관찰에서 열상 배열을 보이는 굵은 모래알 위에 매우 치밀하게 덮여 graded bed을 연상케 하는 "silt caps" 또는 silty strates를 이루고 있는데, 이들도 토양 결빙 과정에서 형성된 것으로 입증

된 바 있다. 그리고 현재는 이 사실이 극지역 지형과 토양에 관심을 가진 학자들 간에는 널리 인정되고 있다. solid sand grains과 이들 위에 견고하면서 치밀하게 덮인 silt cap과 silty strates들이 이루는 토립들이 밀집된 밴드 모양의 층은 후에 사질 피복물의 단면을 이동하는 물질을 filtering하는 역할을 한다. 이 때 이미 결빙 과정에서 생긴 토립 사이의 공간에 새로운 물질의 집적이 이루어진다.

이렇게 새로 집적된 물질들은 붉은색 점토로 현미경 관찰에서 ferriargilan 타입의 cutan 형태로 나타난다. Cutan 형태의 집적물은 토양수에 의해 이동되는 浮遊 하중이 침전되어 형성되는 것으로 Brewer (1964), Fitz Patrick (1984)을 비롯한 많은 soil micromorphologist들이 실험과 현미경 검증을 통해 확인한 사실이다. 이러한 사실은 B_t band의 적색 색소인 철분을 함유한 점토는 쉽게 pedological illuviation으로 집적됐음을 확신시켜 준다.

3) 한국과 서부 유럽의 B_t band 형성은 제4기 근자의(주로 Würm 빙기 이래)에 시차를 두고 매우 춥고 습윤했던 환경과 podzolization이 진전될 정도의 냉량 습윤한 환경이 모두 존재했었음과 관련된다.

한국과 유럽의 B_t band는 이상에서 구명된 바 시차를 두고 하나는 cryophoresis, 다른 하나는 토양수에 의해 각기 다른 종류의 미립 물질이 집적되어 형성됐다. 이것은 B_t band 형성이 두 가지 유형의 환경과 관련됨을 시사한다.

B_t band 형성에서 먼저 heterometric fine material과 운모 입자들이 cryophoresis에 의해 집적됐는데, 이것은 사질층에서 B_t band가 발달한 깊이까지는 결빙이 진전됐던 한랭한 환경을 반영한다. 한국이나 유럽의 B_t band들은 대체로 현재 지표

에서 3-5m 깊이까지도 나타난다. 이러한 깊이까지 결빙이 진전됐음은 토양 결빙이 약30-50cm 정도에 불과한 오늘날의 양 지역 기후에 비하면 매우 한랭한 기후 환경과 관련된다. 그리고 cryophoresis는 수분을 많이 함유한 토양의 결빙에서만 나타난다는 사실을 (Corte, 1963 ; Bertouille 1972) 고려하면 B_t band 형성에서의 첫번째 미립 물질 집적은 매우 한랭하고 습윤한 환경 하에서 이루어졌다고 본다.

토양수에 의한 붉은색 점토가 이동·집적됐음은 토양에서 철분이 이동될 수 있는 조건에서 이루어진다. 토양의 철분은 Fe²⁺ 상태 이거나, 철분이 유기산의 기와 결합하여 Chelate 상태를 이룰 때 이동이 가능하다. 첫번째 조건은 대체로 토양의 모든 공극이 물로 포화됐거나 또는 미립 물질이 과도하게 많아 통풍이 안되는 환경에서 Fe³⁺가 물에 녹을 수 있는 Fe²⁺로 환원되어 이루어진다. 이때 이동되는 Fe²⁺ 상태의 철분은 통풍이 가능한 地下水面이나 미립 물질층을 빠져나오면 산화되어 Fe³⁺ 상태로 되면서 집적한다. 두번째 조건은 토양에 공급된 유기물이 잘 부식되지 않아 fulvic acid, humic acid 등의 유기산이 생기고 이것은 철분과 결합하여 準水溶 상태의 chelate로 이동하는 것이다. 이 chelate는 토양수와 함께 이동하다 토양수의 운반력이 감소하는 곳에 집적한다. B_t band의 형성에서 철분을 함유한 점토의 집적은 이미 다른 종류의 미립 물질이 집적된 곳에서 이루어졌으므로 첫번째 조건과는 무관하다. 이미 미립 물질이 집적되어 있음은 토양수의 투과 속도 감소로 그것이 운반하는 물질의 집적을 초래함은 두번째 철분 이동 조건과 관련된다. 이것은 냉량하고 습윤한 환경에서 podzolization이 진전될 때 나타난다.

結 論

한국과 서부 유럽의 砂質層에 발달한 B_t band들은 시기를 달리하여 먼저 silt 중심의 heterometric fine material과 운모류들이, 후에 붉은색 점토들이 사질층 내에서 移動·集積되어 형성됐다. 前者는 토양이 3m 정도 이상 얼 정도로 寒冷하고 濕潤한 氣候에서 사질층의 結水作用과 관련된 cryo-phoresis에 의해, 後者는 podzolization이 진전되는 정도의 冷涼·濕潤 氣候 하에서 土壤水에 의해 집적됐다. 따라서 B_t band의 발달은 이와같이 추운 정도가 달랐던 한랭·습윤 환경이 시차를 두고 존재했음과 관련된다. 한국과 서부 유럽의 경우, 이러한 기후들은, 오늘날 토양의 결빙이 30cm 정도이고 褐色土化作用(Brunification)이 진행되는 한국과 서부 유럽의 경우, Würm 氷期 이래의 古環境으로 추정된다.

參 考 文 獻

- 권순식(1987) : 한반도 화강암 풍화층에 발달한 제4기 후반의 주빙하 결빙 구조에 관한 연구. 서울대학교 자연지리 박사논문.
- 박 경(1986) : 천리포 사구 내의 적황색 퇴적층에 관한 연구. 서울대학교 대학원 지리학과 석사논문.
- 서화진(1988) : 감입곡류 구하도 형성과정에 관한 연구, 1988. 서울대학교 대학원 지리교육과 석사 논문.
- Bertouille, H.(1972): Effects ddu gel sur les sols fins Rev. Geom. Dyn., XXI, pp. 71-84.
- Bertouille, R.(1976): Migration des pierres sous l'action du gel et du dégel. Rev. Géom. Dyn., XXV(4) pp. 139-147.
- Brewer, R.(1964): Fabric and mineral analysis of soil Wiley, 470p.
- Cailleux, A.(1964): Genèse possible de dépôts chimi

- ques par congélation. C.R. Som. Soc. Géol. France, pp. 11-12.
- Corte, A.E. (1963): Vertical migration of particles in front of moving freezing plane. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Res. Report 105, 8p.
- Corte, A.E. (1966): Particle sorting by repeated freezing and thawing. *Biul. Perygl.* 15, pp. 177-240.
- Etricher, B. et al. (1983): Etude du comportement d'une arène soumise à des cycles de gel-dégel. *Bull. Lab. Rhod. de Géom.*, No. 14, pp. 3-27.
- FitzPatrick, E.(1984): *Micromorphology of Soils*. Chapman and Hall, 433p.
- Gourdon, N.(1975): Les ferruginisations en bandes d'origine cryogénique: un exemple en Aquitaine. *Rev. Géom. Dyn.*, XXIV(I), pp. 13-20.
- Legro, J.P.(1975): Origine et évolution des accumulations litées argileuses dans les arènes cristallines des régions humides. C.R. Acad. Sc., Paris, t.281, Ser. D, pp. 1817-1820.
- Legro, J.P.(1976): Migrations latérales et accumulations litées dans les arènes du massif cristallin et cristallophylien du Pilat. *Bull. AFES. Science du Sol*(3) pp. 205-220.
- Marosi, S.(1969): Relation entre les phénomènes périglaciaires et la formation du sol en Hongrie. *Etudes sur le Quaternaire dans le Monde, VIIIe Congrès INQUA, Paris, 1969. Vol. 1, pp.371-381.*
- Millot, G.(1964): *Géologie des argiles*, Masson, 499p.
- Oh, K.S.(1985): Mise en évidence des structures cryogéniques quaternaires dans les formations superficelles de la Vallée de la Fecht (Vosges moyennes cristallines). Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg I.
- Oh, K.S. et al. (1987): Caractérisation micromorphologique et hydrodynamique des niveaux structurés par le gel quaternaire. *CATENA*, Vol. 14, No. 6, pp. 485-499.
- Vandamme, J. et al.(1968): On the formation of /and relationship between different morphological B-Band under different genetic condition in the sandy soils of the Campine (nothern Belgium), *Pedology*, XVIII, 3, pp.374-405.
- Van Vliet-Lanoë, B.(1976): Traces de ségrégation de glace en lentilles associées et phénomènes périglaciaires fossiles. *Biul. Perygl.*, No. 26, pp.41-55.

(Revised and Accepted: October 10, 1989)