

北海道せつ器粘土鉱床開発に関する研究

—その1 野幌地区—

成田英吉*	岡部賢二*°	石田正夫*°	池田国昭*°
丸茂克美*°	高田忠彦†°	桶屋光雄†	尾形修一†
根本隆文*	佐川 昭*	久保和也*	村瀬 正*
山口昇一*	羽坂俊一**	宮崎純一**	矢島淳吉***
太田英順*	谷津良太郎*	渡辺真治*	木村 亨*
熊谷なな子*			

NARITA, Eikichi, OKABE, Kenji, ISHIDA, Masao, IKEDA, Kuniaki, MARUMO, Katsumi, TAKADA, Tadahiko, OKEYA, Mitsuo, OGATA, Syuichi, NEMOTO, Takabumi, SAGAWA, Akira, KUBO, Kazuya, MURASE, Tadashi, YAMAGUCHI, Shoichi, HASAKA, Toshikazu, MIYAZAKI, Jun-ichi, YAJIMA, Junkichi, OHTA, Eijun, TANITSU, Ryotaro, WATANABE, Shinji, KIMURA, Toru and KUMAGAI, Nanako (1983) Study on the exploitation of stone ware clay deposits in Hokkaido. Part 1. The Nopporo Hill Area. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 34 (3), p. 105-137.

Abstract: Stone ware clay deposits occur in the Quaternary formations of the Nopporo Hill near Sapporo City and have been utilized for ceramic industries from old times.

The Nopporo Hill has an extent about 6 km wide and 20 km long trending in a N-S direction with a maximum altitude of 97.5 m above sea level. The following geomorphic surfaces are discriminated in this area; the Nopporo Surface, the Kankeisha Surface, the Oasa-Momijidai Surface, the Ebetsu-Gakuden Surface, the Ancient dune and the Alluvial plain.

Geology of the investigated area consists of a succession of such formations in ascending order as the Uranosawa, the Shimonopporo, the Momijidai, the Konopporo Formations, the Shikotsu Pumice Flow Deposits, the Hiroshima Sand and Gravel Bed, the Ebetsu Sand Bed and Alluvium, and characterized by a gentle anticlinal structure with an axis of N-S trend.

The stone ware clay of the area is embedded in the Konopporo Formation. The formation is divided into five lithofacies which in ascending order are A) sandy silt, B) greyish white clay, C) greyish white silty clay, D) yellowish brown clay and E) reddish brown sandy clay. The clay of B, C and D is utilized as ceramic raw materials, while, A is used to decrease the viscosity of clay.

Clay deposits are exploited in those distributing on the Kankeisha Surface and the Ebetsu-Gakuden Surface, and a possible reserve of 2.2 million tons is estimated.

Identified clay minerals are as follows; montmorillonite-like mineral in A and the lower part of B, kaolin/montmorillonite mixed layer minerals in the upper part of B and hydrous halloysite in C and D.

The result of ceramic tests showed a certain interrelation between following sets of examined properties; chemical composition of clay and refractoriness, drying sensitivity and mouldability, granular variation and mouldability, drying shrinkage and bending strength of dried body. These characteristics of stone ware clay of Nopporo Hill is considered to be related to the existence of kaolin/montmorillonite mixed layer minerals.

* 北海道支所 ** 技術部 *** 元北海道支所 (現金属鉱業事業団)

† 北海道立工業試験場 ° 執筆担当者

要 旨

札幌市近郊の野幌丘陵地区には、第四紀層中にせつ器粘土が胚胎されており、古くから粘土窯業の原料として利用されてきた。

野幌丘陵は最高標高 97.5m で、南北約 20 km、東西約 6 km の範囲を占め、その地形面は野幌面、緩傾斜面、大麻・もみじ台面、江別・学田面、古砂丘及び沖積低地に区分される。

丘陵地区の地質は、鮮新-更新世の裏の沢層を最下位層として、下野幌層、もみじ台層、小野幌層、支笏火山噴出物、広島砂礫層、江別砂層及び沖積層が累重し、南北方向の軸をもつ緩やかな背斜構造を形成している。

野幌丘陵地区の原料粘土は、小野幌層中に胚胎される。小野幌層は下位から A) 砂質シルト相、B) 灰白色粘土相、C) 灰白色シルト質粘土相、D) 黄褐色粘土相、E) 赤褐色砂質粘土相に区分され、原料粘土には B、C、D 相(主として B 相)が、脱粘材として A 相がそれぞれ利用されている。

原料粘土は緩傾斜面と江別・学田面に分布するものが利用されており、現状では、約 220 万トンの予想埋蔵量が見込まれる。

原料粘土及び脱粘材として利用されている A 及び B 相下部は、粘土鉱物としてモンモリロナイト様鉱物¹⁾、B 相上部にカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物、C 及び D 相に加水ハロイサイトを含む。

窯業試験の結果は、原料粘土の化学組成と耐火度、乾燥感度と成形性、粒度組成と成形性、乾燥収縮度と乾燥曲げ強度などに相関が見られ、原料粘土中のカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物の存在と、強い関連性をもつことを示している。

ま え が き

札幌市の東方の江別市野幌地区では、明治 30 年代初期かられんがの製造が始められ、その後、製品に土管、セラミックブロック、れんがタイルなどが加わり、現在も北海道における粘土窯業の中心地になっている。

原料として野幌地区周辺に分布する更新世堆積物の粘土や砂が使用されてきたが、最近の急速な都市化、宅地化の進展によって、原料確保は難しくなってきた。

他地区の実例で、原料粘土開発と土地開発との関係から、利用可能な良質な資源がそこに存在しながら、それを利用できず廃棄したことがある。このような問題の発生を防ぎ、既存資源の有効利用と土地開発との調和を図

るには、基礎的な調査研究に基づいた総合的な地域開発計画を立てる必要がある。

北海道立工業試験場は、昭和 25 年に野幌に窯業分室(昭和 33 年に野幌窯業分場となる)を開設し、全道的な粘土窯業に関する調査・試験・研究を実施してきている。しかし、原料粘土の地質学的・鉱物学的な調査・研究という点から見ると、野幌地区では、北川・矢野(1980)の地史的な検討があるに過ぎない。

このような状況から、本地区の原料粘土の地質学・鉱物学的な調査・研究は、窯業上の試験・研究と併せ、地域開発を進める上で基礎的な緊急課題となっている。

研究の実施に当っては、1) 粘土鉱床の地形・古地理学的研究、2) 粘土鉱床の層序及び鉱床に関する研究、3) せつ器粘土の鉱物及び焼成特性に関する研究を 3 本の柱とし、3) については北海道立工業試験場野幌窯業分場の協力を得た。

各項目別研究は、それぞれ 1) 池田国昭、2) 石田正夫・岡部賢二、3) 丸茂克美・高田忠彦を中心とし、支所全員の協力で行われ、報告書は、上記担当者の執筆したものを、成田英吉及び岡部賢二がとりまとめた。

本調査・研究に際し、室内及び野外において、種々御教示頂いた北海道教育大学春日井 昭教授、北海道立開拓記念館北川芳男学芸部長及び赤松守雄研究職員、北海道立工業試験場野幌窯業分場宮嶋雅俊分場長及び皿井博美研究職員、北海道立地下資源調査所高橋巧二燃料鉱床科長及び岡 孝雄研究職員に深く感謝する。併せて、高速道路建設工事現場への立ち入りを許可された日本道路公団及び関係会社の方々に厚く御礼申し上げる。

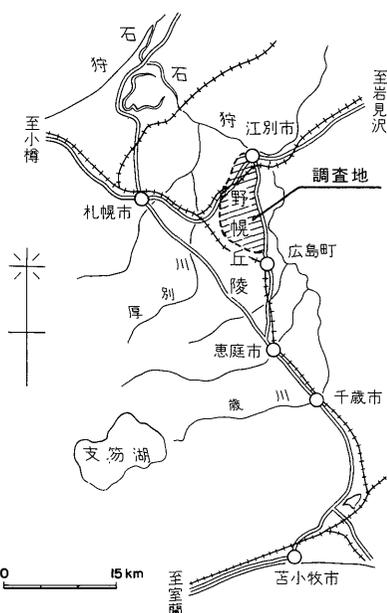
1. 位置及び交通

調査地は札幌市・江別市・札幌郡広島町にまたがる野幌丘陵地区で、国土地理院発行の 20 万分の 1 地形図「札幌」のほぼ中央部に位置する。

丘陵は広島町竹山付近から北方へ延びる脊梁を中心に、石狩平野部へ半島状に突出する南北約 20 km、東西約 6 km の範囲を占める。しかし、調査地域は、丘陵を横切る国鉄千歳線よりも北部の地域に限定した(第 1 図)。

丘陵の脊梁部は、森林公園として自然環境が保護されているが、丘陵の北・西翼部は札幌市のベッドタウンとして、南東部は工業団地として開発が進められており、交通の便は良い。

1) 粘土鉱物の詳細については、第 5 項で記述する。



第1図 位置図

2. 野幌丘陵の地形

2.1 地形の概要

丘陵の稜線部は竹山(標高:116.8m)から北方へ、椴山(97.5m)、文京台付近(約60m)を経て、伊達屋敷付近(約30m)まで追跡できるが、これ以北は平坦面(約25m)に移行して不明瞭になる(第2図)。

丘陵の地形は、ほぼ南北方向のこの稜線部を境に、東西両側及び北方へ緩く傾斜し、次節に述べる各地形面を形成している。一方、地形図、切峰面図、航空写真の解析では、丘陵を横切る国鉄千歳線を境に、南方の地形は北方のそれと著しく異なる(第2図、第3図)。

南方地域では、北から裏の沢川、輪厚川、音江別川、島松川の4河川の本・支流による地形開析が進み、平坦面は稜線部で北西-南東方向に点在分布する。また、上記河川の流路は、上・中流部で南東ないし東方向、下流部で北東方向を示す。

一方、北方地域では、河川は丘陵西縁部の野津幌川以外はほとんど小谷のみで、西側は樹枝状水系、東側は東方向の平行状水系を示す。したがって、地形開析はあまり進んでおらず、丘陵の両翼及び特に北部に、広い平坦面が残されている。

この南北両地域の地形の形成過程について、北川ほか(1981)は平坦面の方向性、河川の浸食形態や流路方

向、表層堆積物などの相違から、両者は異なった地質構造の動きに支配されていると指摘している。

2.2 地形区分

野幌丘陵の地形は、地形面の形状と分布高度とから、1)野幌面(石狩低地帯研究グループ、1965)、2)緩傾斜面、3)大麻・もみじ台面²⁾(北川ほか、1981)、4)江別・学田面²⁾、5)古砂丘(北川ほか、1974)、6)沖積低地に区分される(第4図)。

2.2.1 野幌面

この地形面は丘陵の脊梁部を形成する平坦面で、その稜線は最高標高の椴山(97.5m)から北方へ徐々に高度を減じ、文京台付近(約60m)から北東方向に転じ、伊達屋敷付近(約30m)で江別面に漸移する。野幌面は稜線の西側できわめて緩傾斜の広い面積を占め、東側は直ちに緩傾斜面に移行し、外縁高度が東側で高く西側で低い西傾斜の平坦面を作る。

この平坦面は石狩低地帯研究グループ(1965)の野幌面及び輪厚面に相当するが、本報告では、地形的に連続することから、1つの地形面とした。

2.2.2 緩傾斜面

この面は標高45-60mの範囲の地形で、野幌面の北・東側をとり囲んで分布し、野幌面から丘陵の北・東側の江別・学田面及び北西側の大麻面に移行する中間部位を占める。

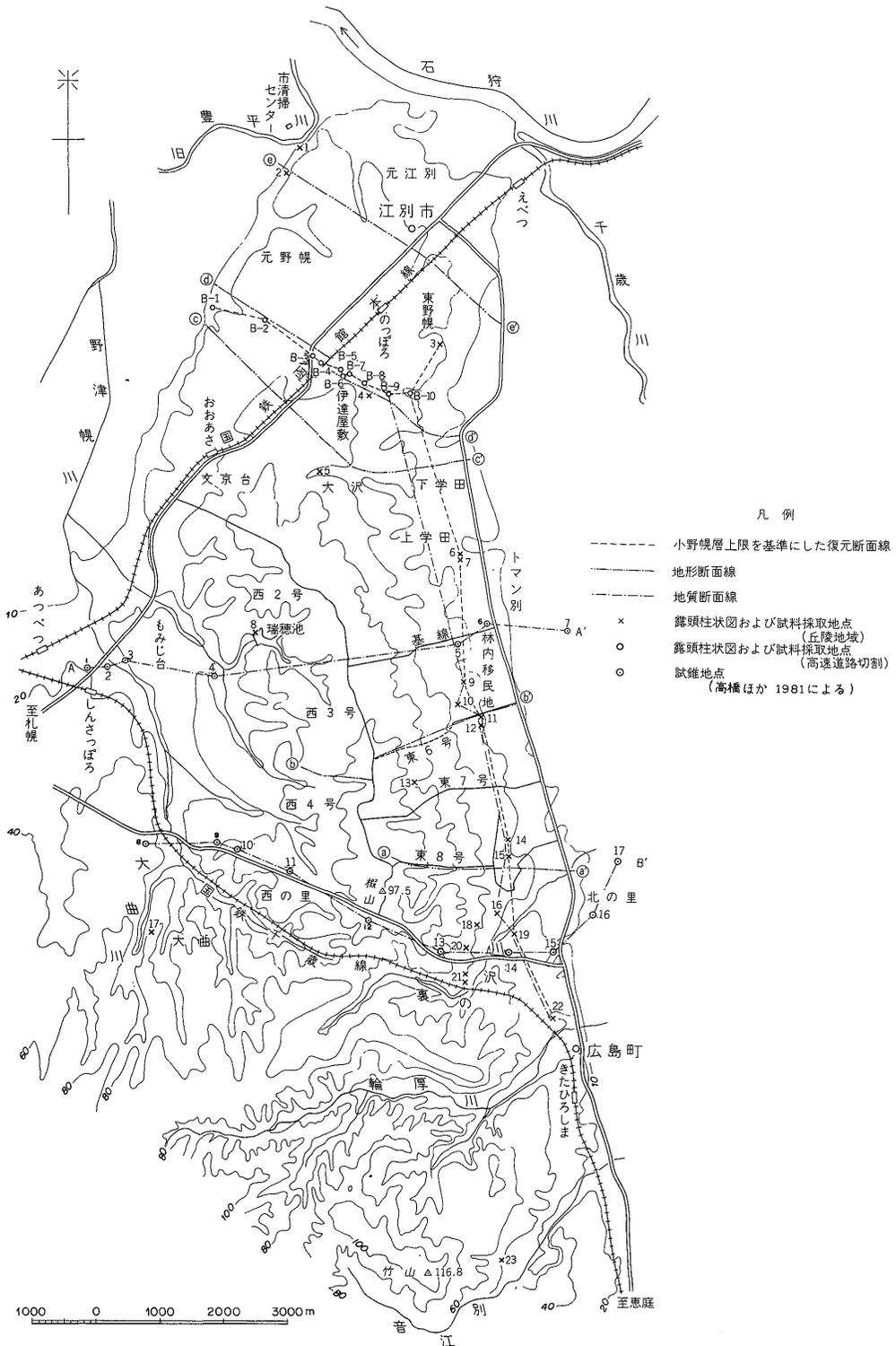
この面の東側は3/100-4/100の勾配で(第5-a, b図)学田面とは不明瞭な境界で移行し、北西側は6/100程度の勾配で上位の野幌面及び下位の大麻面と明瞭な境界で移り変わる。

2.2.3 大麻・もみじ台面

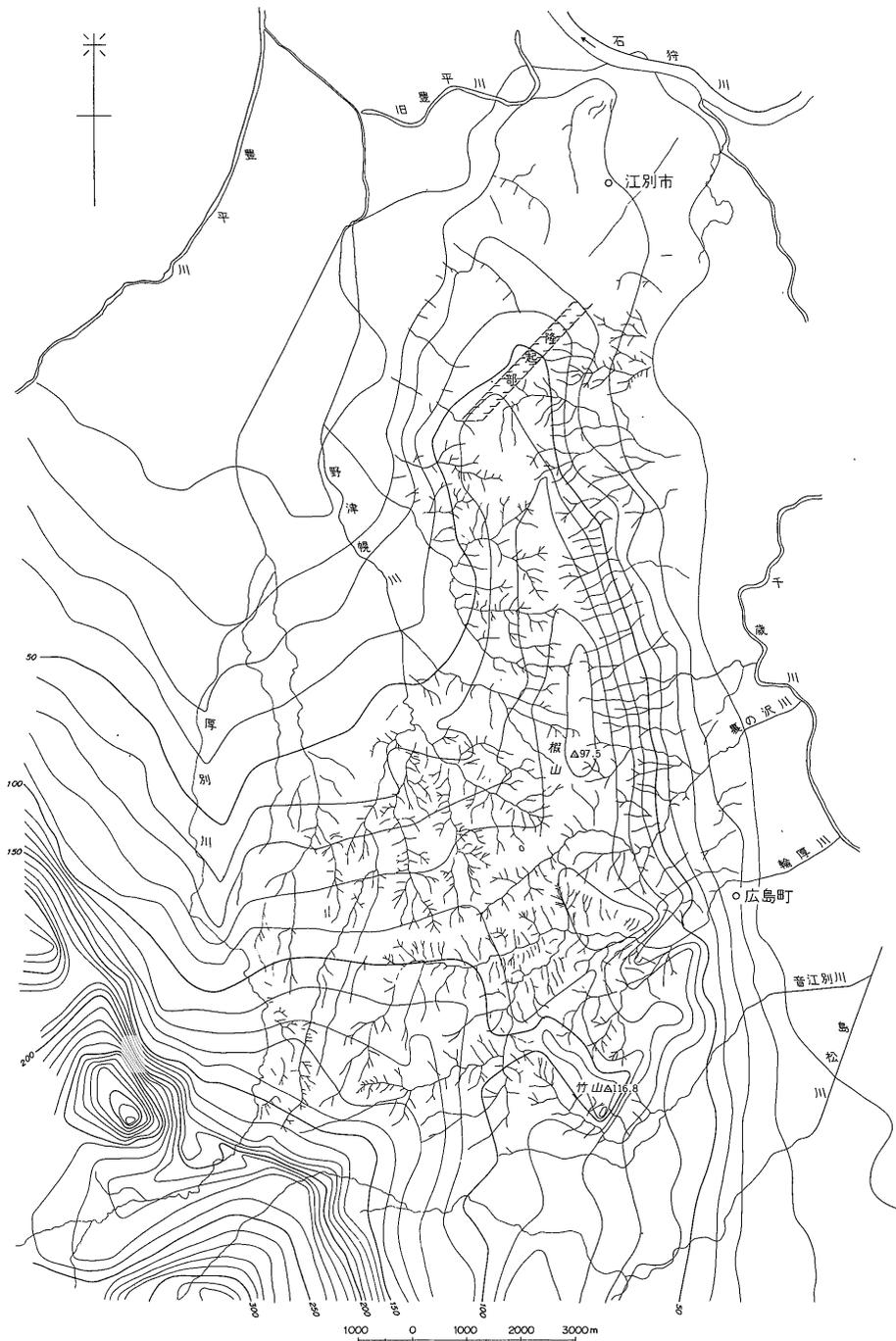
この地形面は標高20-45mの平坦面で、大麻地域からもみじ台地域にかけて分布する。大麻地域では平坦面は北部で広く、南部では狭くなり、緩傾斜面との境界も不明瞭になる。もみじ台地域で、この平坦面は支笏軽石流堆積物に覆われ、隣接する地形面との境界も不明である。大麻北部地域では、この面は明瞭な段丘崖をつくって沖積低地に接するが、それ以南では段丘崖を欠き両者は滑らかに移行する。

大麻面は全体に北西方向に傾斜し、北部では9/1000程度の勾配を示す(第5-c図)、次項の江別面とは、標高30m付近で、地形面の傾斜方向と勾配とに、わずかながら不連続性が認められる。

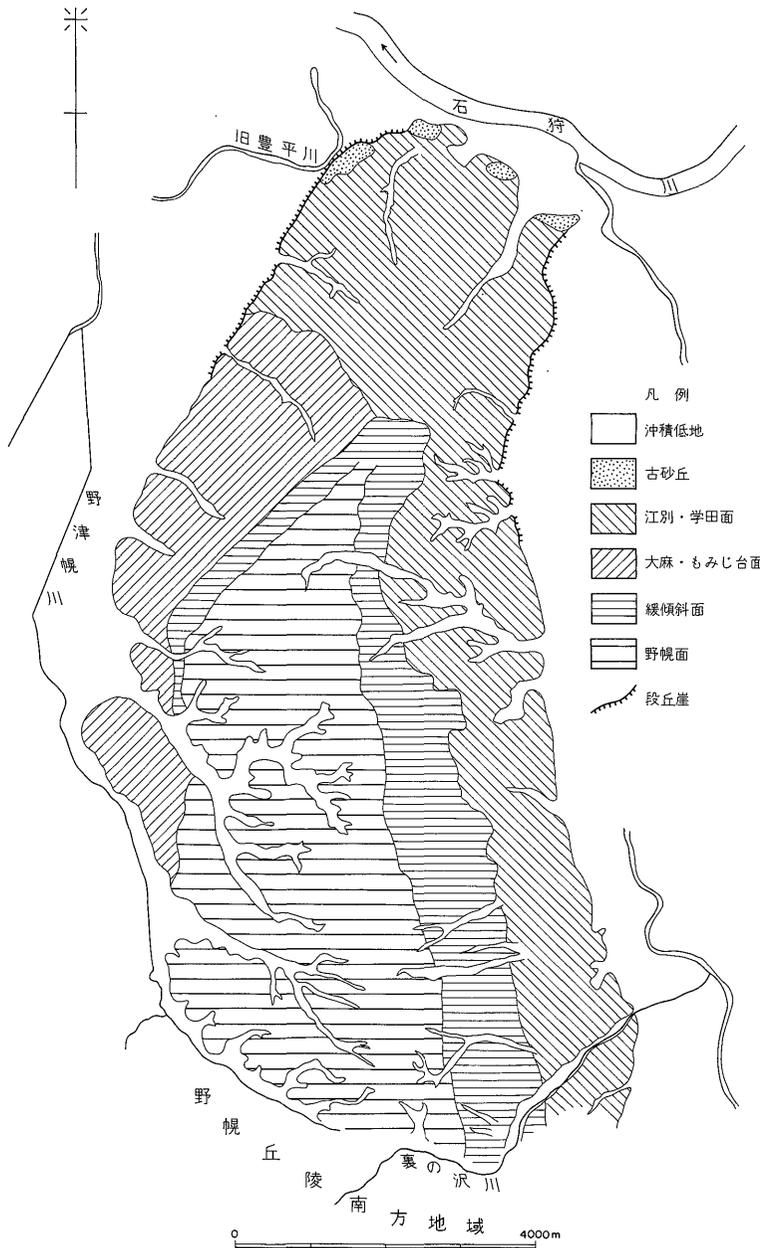
2) 本研究では、便宜上、3)の北部を大麻面、南部をもみじ台面、及び4)の北部を江別面、南部を学田面として扱う。石狩低地帯研究グループ(1965)は3)及び4)を江別面としており、松下(1971)は4)の一部を学田面とし、その形成時期を後支笏期としている。



第2図 地形及び資試料採取位置図



第3図 切峰面及び水系図



第4図 地形面区分図

2.2.4 江別・学田面

この面は江別、野幌両市街地をのせる江別面と、丘陵東翼部で南北に連なる学田面とである。両者の面高度及び地質は連続し同一面である。なお、この面は石狩低地帯研究グループ(1965)の江別面の一部に相当する。

江別面と学田面とは、ともに15-30mの標高を示すが、傾斜方向と勾配とが異なり、前者は5/1000程度で北東に、後者は約20/1000で東に傾斜する(第5-a, b図)。

沖積低地との境界は、江別面の東西両側で段丘崖をつくるが、北端部及び上学田以南の地域では滑らかに移行

する。段丘崖の頂部の標高は東側で約14m、西側でほぼ一定の20mとその高さを異にし、沖積低地との比高はそれぞれ約4mと10mとになっている(第5-d, e図)。

2.2.5 古砂丘

江別面の北端縁部に部分的に分布する。この形成時期は千歳市三角山砂丘に対比され、 ^{14}C 測定から28,000-22,000年前とされている(北川ほか, 1974)。

2.2.6 沖積低地

丘陵周辺の平坦な低地で、標高はほぼ10m以下である。

2.3 丘陵地形の形成

2.3.1 丘陵地形の特徴

野幌地区の各地形面の相互関係及びその古地形は、以上に述べた点も含め、次のような特徴を示す。

(i) 野幌丘陵は南北方向の軸をもつ緩やかな背斜地形を形成しており、その軸は現地形の稜線部にほぼ一致する。この稜線部は野幌面の東縁に片寄った位置を通るが、丘陵全体に対してほぼ中央部を占める。

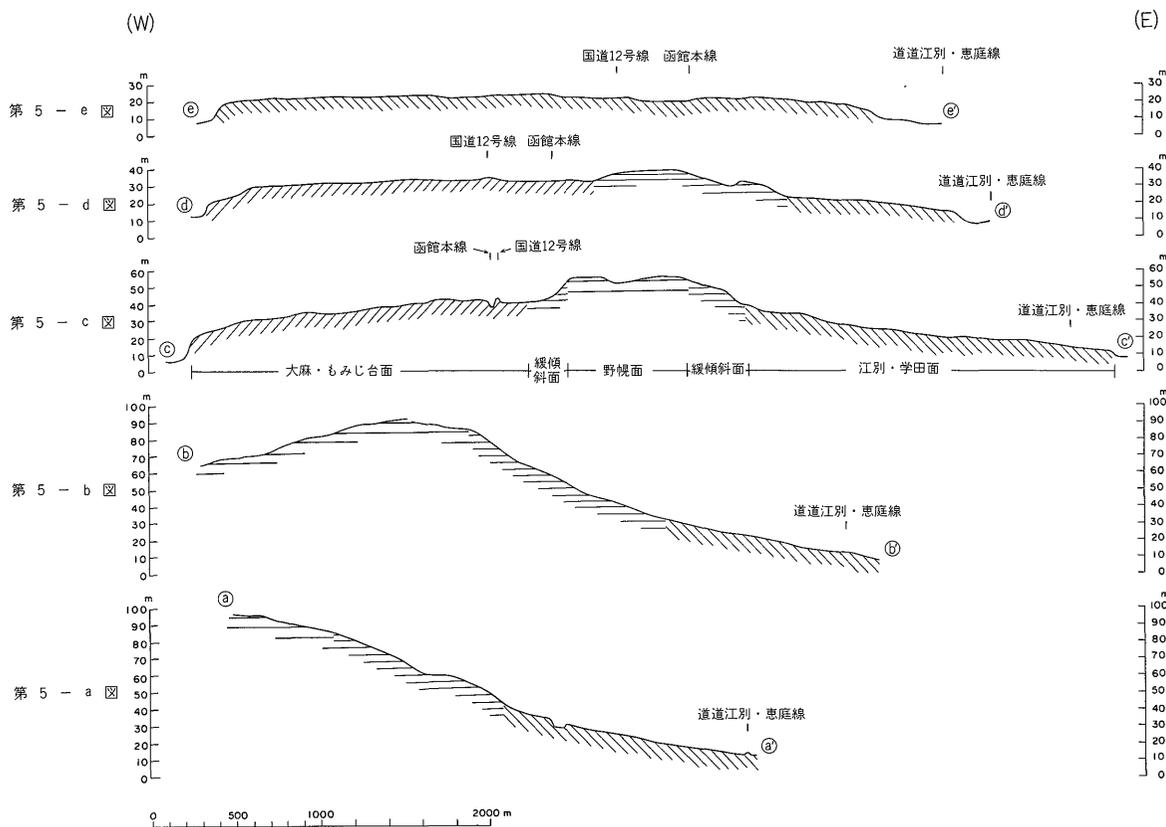
(ii) 野幌面は東高西低の緩い傾斜面である。

(iii) 野幌面と緩傾斜面とを合せた野幌丘陵の地形面の本体部は、第4図に示したように丘陵全体を縮小した相似形を作り、北端部が北東方向に偏している。

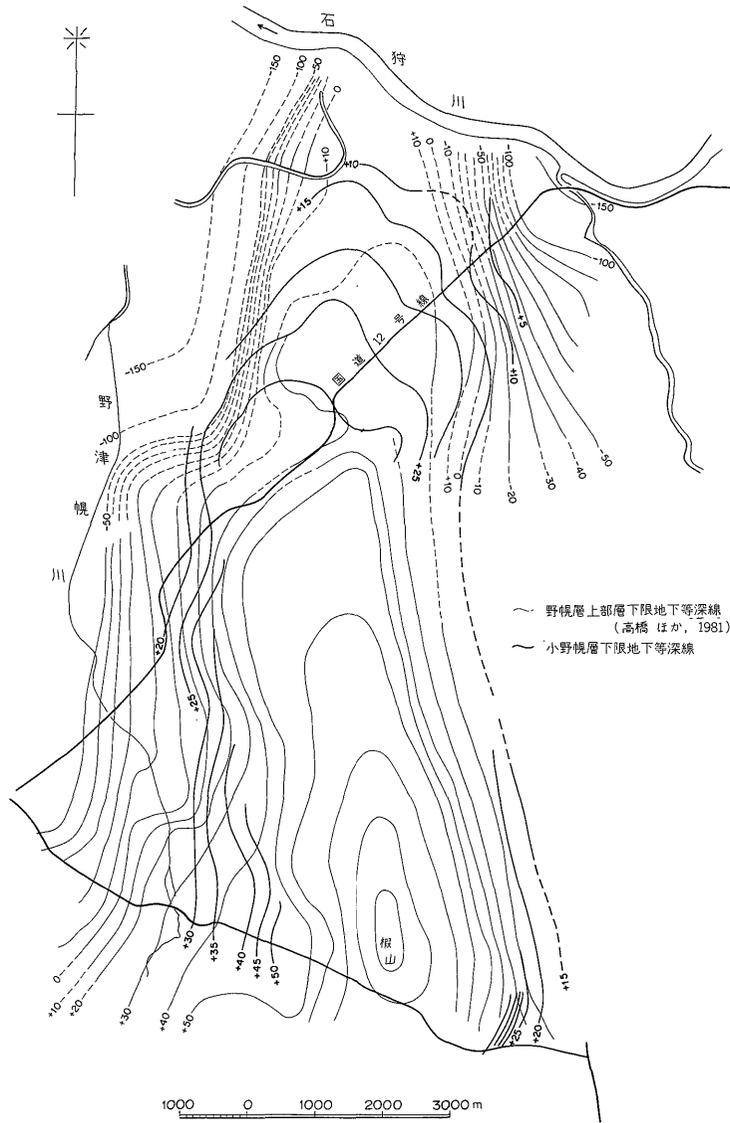
(iv) もみじ台層(高橋ほか(1981)の野幌層上部層に相当する)の地下等深線図(第6図)は、南北方向の隆起軸をもち、丘陵北部で西側にやや大きな沈降量を示す(第7-A, B図)。

(v) 丘陵北西部の緩傾斜面の部分は、北東-南西方向の隆起部を形成している。この方向は地質図からも良く読み取れ、航空写真に見られる大麻面南部、江別面のリニアメント、地形断面図(第5-c, d図及び第6図)などにもよく示される。

(vi) 小野幌層の等深線図も、また、この北東-南西方向の構造を良く示し(第6図, 第7図)、東側にやや沈降量の大きい盆地と北東-南西方向の隆起部の構造とを作っており、丘陵本体部のそれとは異なった隆起・沈降運動が示される。



第5図 地形断面図



第6図 小野幌層基底面等深線図

(四) 各地形面はそれぞれ特有の標高範囲をもち、緩傾斜面ともみじ台面及び緩傾斜面と学田面との境界を除き明瞭な境を示す。しかし、丘陵南部地域では、もみじ台面と学田面とは沖積低地との境が不明瞭になっている。

2.3.2 丘陵地形の形成

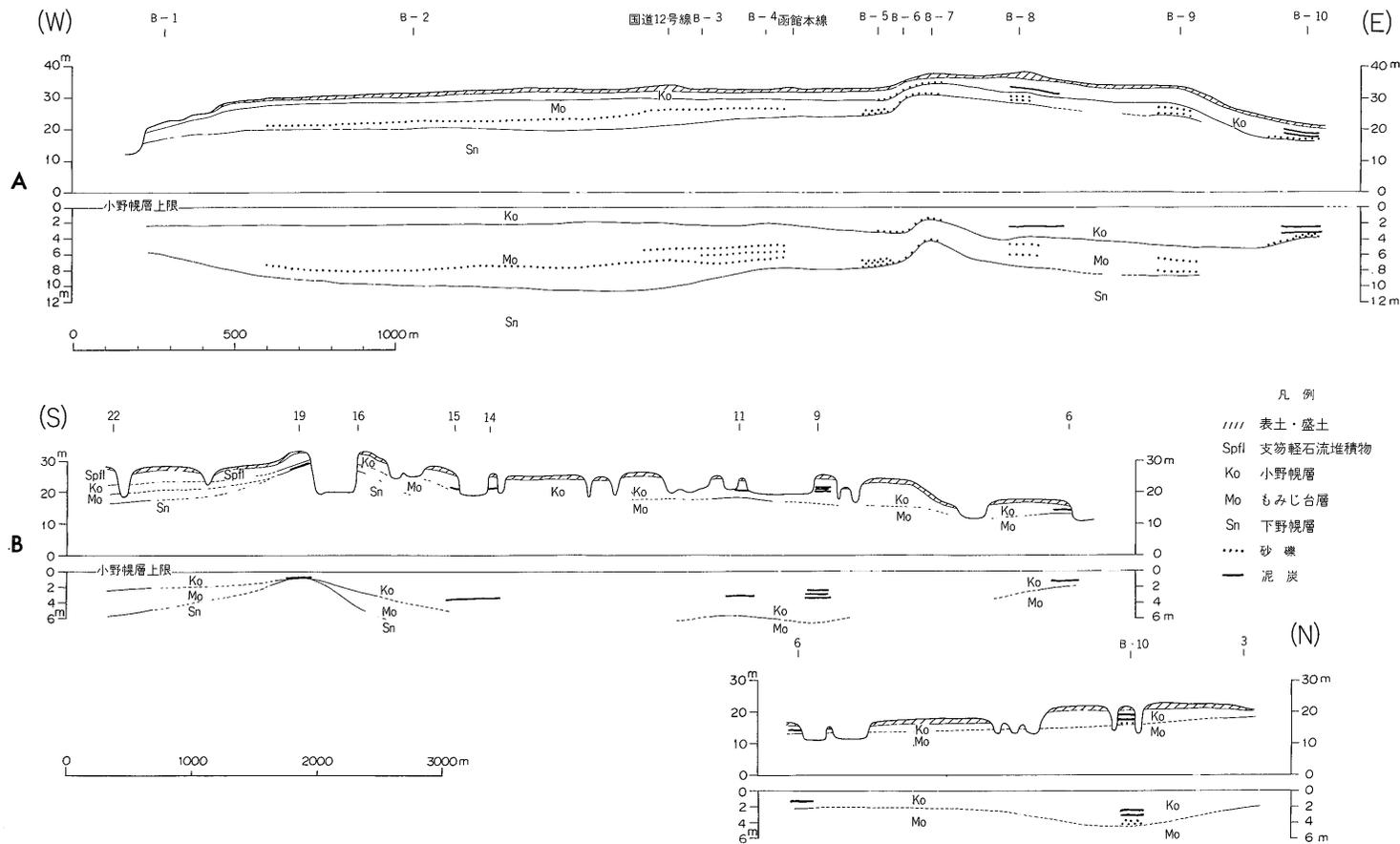
これら地形上の諸特徴から、次のような地形形成史が考察される。

もみじ台層の堆積盆の古地形面は、北部地域では明らかに西側でより大きな沈降を示し、南北方向の軸をもつ

隆起地形構造(背斜構造)を作る。これに対して、小野幌層堆積盆地形成期は、前者に比してその規模は小さいが、東側にやや大きな沈降を示し、それ以前とは異なった北東-南西系の軸をもつ隆起構造を形成している。

小野幌層堆積の初期には、丘陵全体に海成堆積物を沈積させた。しかし、後期には丘陵南部の軸部近くは、海水面に対して相対的に隆起して堆積物を欠いている。この上昇域は南部から北部へ徐々に広がった。

佐々・森谷(1951)は野幌地区の段丘形成後の曲隆運



第7図 地形断面図及び小野幌層堆積時の復元断面図

動の存在を、岡(1977, 1978)は新第三紀から第四紀に引き続く構造運動の存在から、ネオテクトニクスの観点からの検討をそれぞれ提起している。大麻面の北西方向への傾動と野幌面の西方への傾動などは、これらを示すものとも考えることもでき、今後の詳細な構造調査・研究が必要である。

3. 地質

3.1 地質概説

野幌丘陵地域の地質については、園木(1934)が支笏火山噴出物より下位の地質に対して、洪積統野幌層と命名して以来、層位、古生物、水理及び構造地質など各分野から多くの研究がなされている³⁾。しかし、いわゆる“野幌層”の層序について、第1表に示すように多数の地層区分や異なった地層名が使用され、また、対比の上でも不明な点が多く、標準的層序の確立は、まだ充分とは言えない状況にある。

今回の調査で明らかにされた野幌丘陵地区の地質は、鮮新-更新世の裏の沢層を最下位層として、下野幌層、もみじ台層、小野幌層、支笏火山噴出物、広島砂礫層、江別砂層及び沖積層によって構成される⁴⁾(第8-1, 2図)。

これらは、丘陵のほぼ中央部を通る南北方向の背斜軸を中心に、ゆるやかな背斜構造を作り累重する。

3.2 地質各説

3.2.1 裏の沢層

本層は調査地南東部の裏の沢川中流域を模式地とし、丘陵の軸部に露出する。本層は多少固結した凝灰質シルト岩及び砂岩からなり、礫岩を伴う。模式地では下位から(i)やや固結した青灰色シルト岩、(ii)暗青灰色凝灰質シルト岩砂岩互層、(iii)斜層理の顕著な未固結の軽石質中-粗粒砂層からなる。

本層の時代は、従来、野幌層の最下位層として更新世にされていたが、直上の下野幌層基底部の含化石砂礫層中から、瀬棚層⁵⁾と共通する貝化石種が見出されたことから、北川ほか(1974)によって鮮新世とされた。しかし、高橋ほか(1981)が指摘しているように、その後の研究によって、本層の上部が前期更新世になる可能性は強い。

3.2.2 下野幌層

本層は丘陵西部の野津幌川流域を模式地とし、裏の沢層を不整合に覆い分布する。

本層は主に青灰色シルト、粘土及び砂の互層からなり、礫層及び亜炭層を伴う。地域により岩相が変化するが、模式地では下位から、(i)含化石砂礫層、(ii)青灰色シルト・粘土及び細-中粒砂の互層、(iii)青灰色シルト層で構成される。

基底礫層の含化石砂礫層は、粗粒砂と平均径2-5cmの粘板岩、チャート、硬砂岩など古期岩類を主とする礫とが混在し、淘汰が非常に悪い。これから産する化石について、赤松ほか(1981)が寒流系のフォーナを報告している。

中位の青灰色シルト・粘土・砂の互層部は、細かい(0.3-1.0cm)板状葉理の発達するシルトを主とし、極細-細粒砂と細互層する。粗粒部にはしばしば炭礫⁶⁾が含まれる。

青灰色シルト層は前者と同様に砂の薄層を挟む。

本層は貝・花粉化石(赤松・山田, 1980)や、含化石砂礫層直上のシルトがハラミロイベントに当る正帯磁(赤松ほか, 1981)を示すことから、前期更新世に属する。

3.2.3 もみじ台層

本層は野幌丘陵西部野津幌川沿いのもみじ台団地地域を模式地とし、下位の下野幌層を不整合に覆う。

本層は丘陵の東西両翼部に広く分布するが、背斜軸部を離れるに従ってその厚さを増す(第7, 8図)。

本層は主として砂及び礫からなり、基底部は安山岩礫の卓越する礫層で、上部に向かって砂層が増し砂礫層と互層する。高速道路切割では第9図に示すように、基底礫層が下位の下野幌層を不整合に覆う。

なお、模式地では、基底礫層中から掃き寄せ状に日本海周辺の現棲種と類似する貝化石を産し、本層の堆積時には温暖な環境下にあったことを示している。

3.2.4 小野幌層

本層は小野幌-下野幌地域を模式地として、丘陵全域に広く分布し(第8, 10, 11, 12, 13図)、下位のもみじ台層を不整合に覆い、丘陵の南部-西部域で支笏火山噴出物により不整合に覆われる。

本層は地域によって岩相が多少変化するが、全体が火山灰質で、主に灰-褐灰色の粘土、砂質粘土及びシルトから構成され、極細-細粒砂を伴う。

本層は野幌地区の原料粘土層に相当するものなので、岩相区分については鉱床の項で述べるが、下位から(i)砂質シルト相、(ii)灰白色粘土相、(iii)灰白色シルト質粘土

6) いわゆる“めなし炭”で、中新統川端層のものに類似する。

3) 長尾(1940), 佐々・森谷(1951), 森谷(1957), 土田(1961a・b・c), 石狩低地帯研究グループ(1965), 松下ほか(1972), 北川ほか(1976, 1979), 岡(1977, 1978), 赤松ほか(1980, 1981), 高橋ほか(1981)。
4) 支笏火山噴出物より下位の地層名は、北川ほか(1976)の命名にしたがった。また、地質図には裏の沢層と下野幌層とは一括して表現してある。
5) これまで、瀬棚層は産出する貝化石から鮮新世にされていたが、最近では、微化石層序から前期更新世とする見解が強い。

第1表 地質層序及び対比表

佐々・森谷 (1951)		北川ほか(1979) 赤松・山田(1979)		高橋ほか (1981)		筆者等		
完新世	沖積層	完新世	沖積層	現世	現世堆積物	完新世	沖積層	
更部	上	更後	陸成粘土層	更後	砂丘堆積物 (江別砂層)	更後	江別砂層	
	元野幌粘土層				支笏火山噴出物 再堆積層		広島砂礫層	
中部	厚別砂礫層	新期	支笏軽石流堆積物	新(野)	支笏火山噴出物	新期	支笏火山噴出物	
	石山凝灰岩層				上部層		小野幌層 もみじ台層	
下部	上部	中世	下野幌層 (音江別川層)	中世	下部層 (青灰色稿状粘土層)	中(前)期	下野幌層	
	中部				砂・粘土互層		基底礫層	裏の沢層
	下部				砂・粘土互層		新第三系	裏の沢層
野幌層	野幌層	鮮新世	裏の沢層	鮮新世	裏の沢層	鮮新世	裏の沢層	

相、(iv)黄褐色粘土相、(v)赤褐色砂質粘土相の5相に分けられる。

本層は南北背斜軸部の南部地域では、下位相の砂質シルトのみを堆積し上位相を欠くが、北部地域の緩傾斜面から江別面及び丘陵の両翼部では、下位相から上位相までの各相を累重し、全体として東側でやや厚い堆積層を形成している(第7図)。

本層の基底面(第6図)は、北東方向の隆起部の構造によって、もみじ台層のそれとは異なった堆積盆の縮小の生じていることを示している。

本層の基底部(砂質シルト相の下部)は、安山岩の細小礫を主とする薄い礫層を伴うことがあり、その直上あるいはその近くに泥炭や泥炭質粘土層をレンズ状に挟む。

花粉分析の結果、本層は寒冷な環境下における堆積物である(赤松・山田, 1980)。

本層の¹⁴C年代測定値は33,190±2,600 y. B. P. (GaK-

4684; もみじ台団地: 北川ほか, 1974), 35,460±2,700 y. B. P. (GaK-5466; 広島町大曲: 北川ほか, 1979), 31,300 y. B. P. (GaK-7213; 東6号林内移民地の基底部泥炭層中の木片: 北川・矢野, 1980), 33,200 y. B. P. (GaK-5467; 広島町北の里: 赤松ほか, 1981), 28,850±2,800 y. B. P. (GaK-4357; 江別市元江別: 北川ほか, 1974), 29,260±2,800 y. B. P. (GaK-5726; 広島町南の里: 赤松ほか, 1981)などが得られている。

3.2.5 支笏火山噴出物

支笏火山噴出物は調査地区の南部、北広島工業団地(降下軽石堆積物)及び丘陵西翼部の大麻団地南側以南(軽石流堆積物)に分布する。

軽石流堆積物の軽石は、普通角閃石普通輝石紫蘇輝石安山岩ないしデイサイト質である。

本火山噴出物は、支笏火山が軽石及び火山灰の噴出を繰り返す、その後大量の軽石流堆積物を堆積させたものである。その時代は¹⁴C年代測定により、支笏降下軽



第8図-1 地質図

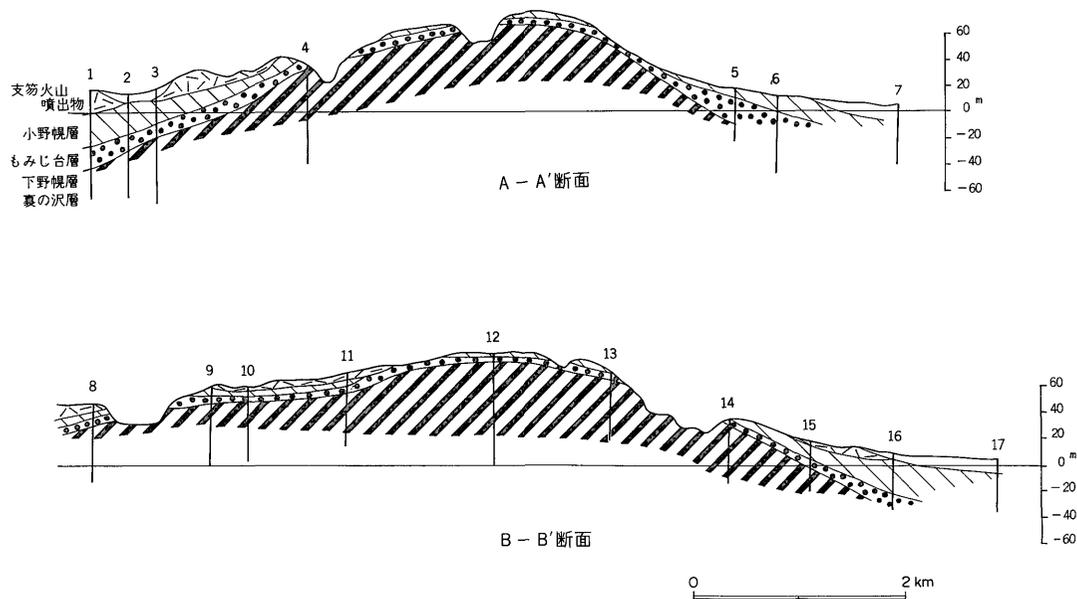
石堆積物 Spfa 1 は $32,200 \pm 2,000$ y. B. P. (GaK-714; 佐藤, 1969) 及び $32,200 \pm 1,700$ y. B. P. (GaK-579; 石狩低地帯研究グループ, 1965), 又, 支笏軽石流堆積物は $30,400 \pm 1,400$ y. B. P. (GaK-1932; 熊野, 1970) 及び $31,900 \pm 1,700$ y. B. P. (佐藤, 1969) の値が得られている。

3.2.6 広島砂礫層

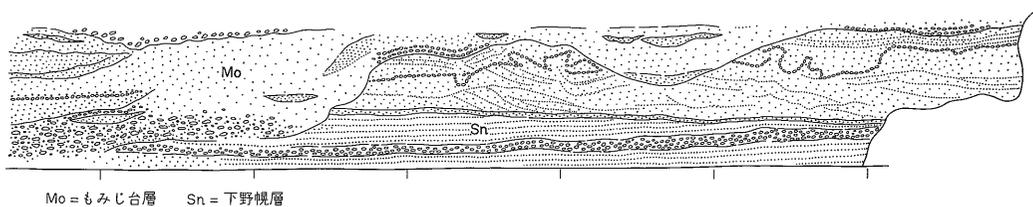
本層は長尾ほか (1956) によって命名された。

本層は広島町市街地付近の崖を模式地とし, その分布は丘陵の南東部の広島地域に限られる。これは支笏火山噴出物の再堆積層で, 支笏軽石流堆積物を直接に覆う。

本層は軽石及び火山灰質砂で構成され, 分級が良く, 層理面は明瞭で斜層理が著しい。



第8図-2 地質断面図



Mo = もみじ台層 Sn = 下野幌層

第9図 もみじ台層基底の不整合面の写真及びスケッチ

3.2.7 江別砂層

本砂層は野幌丘陵北端部の内陸古砂丘を作り、黄褐褐色を呈する軽石や火山灰質砂で構成され、斜層理が顕著である。

本層を構成する堆積物は、その岩質から支笏火山噴出物起源である。

本層の生成時代は、北川ほか(1974)によって、古砂丘の基底と下位層との境界に産した植物化石から $28,850 \pm 1,800$ y. B. P. (GaK-4357), 及び古砂丘上に産したものをから $21,450 \pm 750$ y. B. P. の値が得られている。

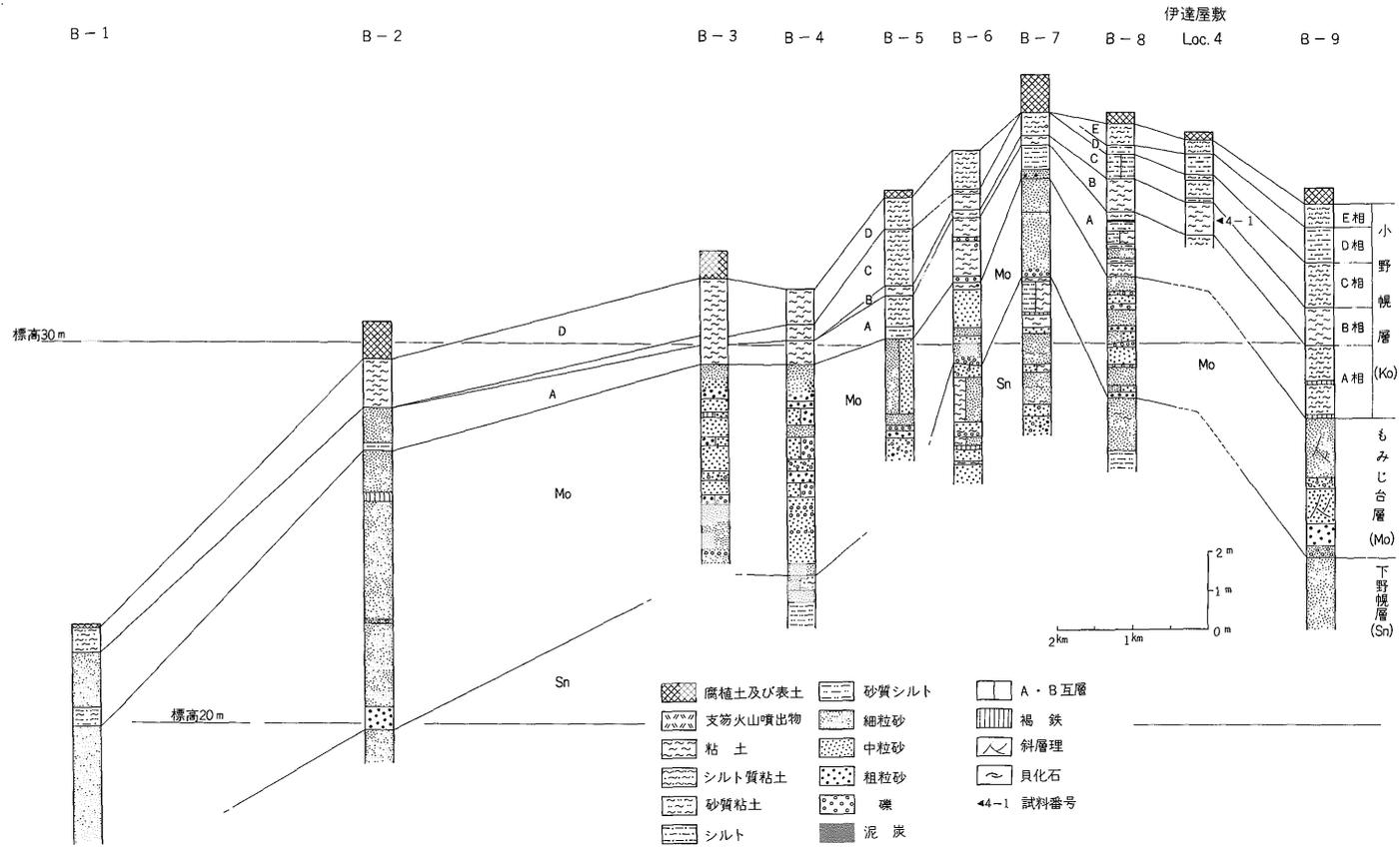
3.2.8 沖積層

野幌丘陵を囲む低地帯、各河川沿いの低地及び扇状地などに分布し、泥炭、シルト、粘土、砂及び礫で構成される。

3.3 地質構造形成史

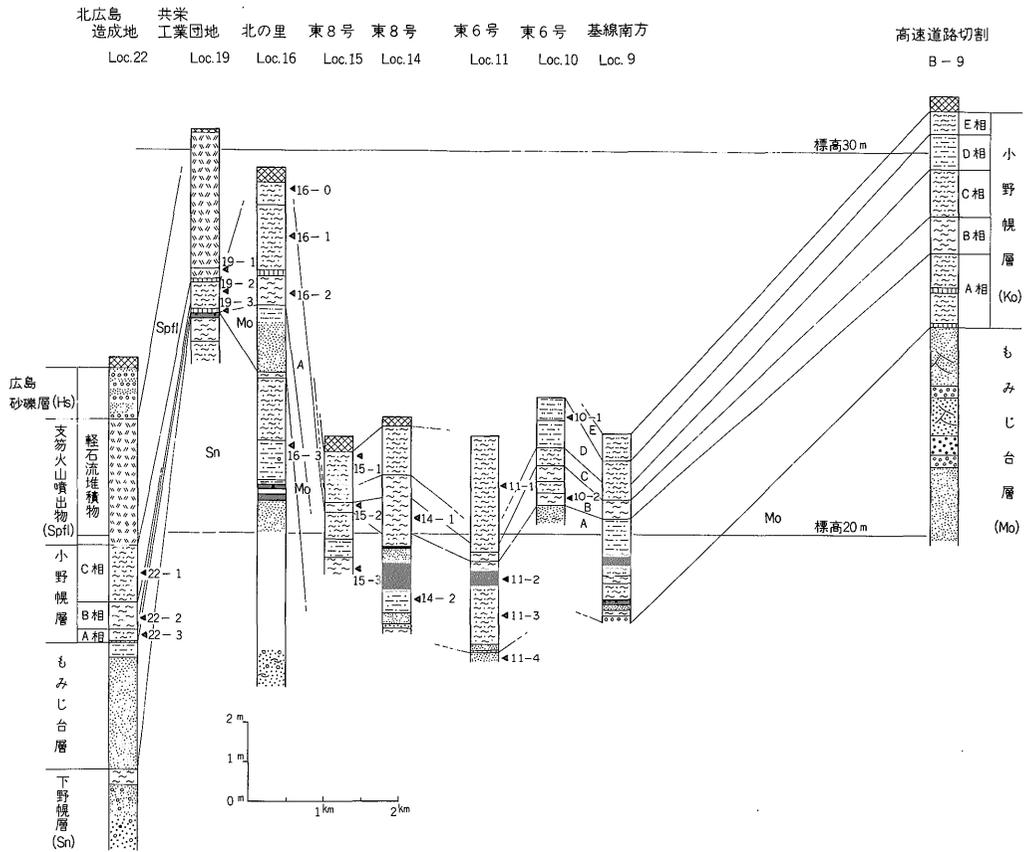
以上に述べた野幌丘陵の地質の諸特徴は、次のような野幌丘陵地区の地質構造発達史を示す。

野幌丘陵地区では、鮮新-更新世に裏の沢層が堆積したが、裏の沢付近で、その末期に多量の軽石を含む粗粒砂の急速な堆積があった。



第10図 露頭柱状及び対比図(1)

北海道せつ器粘土鉱床開発に関する研究—その1 野幌地区—(成田英吉ほか20名)



第11図 露頭柱状及び対比図(2)

下野幌層はこれを不整合に覆うが、丘陵中軸部の上昇により、南部地域では背斜の両翼で裏の沢層にアバットし、北部地域ではオーバーラップする。この基底礫層は先第三系の古期岩礫を多量に含み、淘汰が悪く、また、寒流系のフォーナを含むことなどから、石狩平野を越えた北-東方から堆積物の供給が行われたことを示す。引き続き、比較的静かな内湾的な環境下で、シルト、粘土及び砂などをリズムカルに堆積した。

その後陸化して堆積の休止期となり、後期更新世に至って、再び海進が起りもみじ台層が堆積した。もみじ台層は南北方向の軸をもつ堆積盆に堆積した地層で、基底礫層と上部に卓越する砂層とで構成される。基底礫層は丘陵の西方地域もしくは南方地域から供給された安山岩礫を主とし、その岩礫は丘陵稜線部の根山付近にも散在する。

もみじ台層は丘陵全域に分布するが、その東翼側よりも西翼側の方が、より厚い汀線堆積を示す。

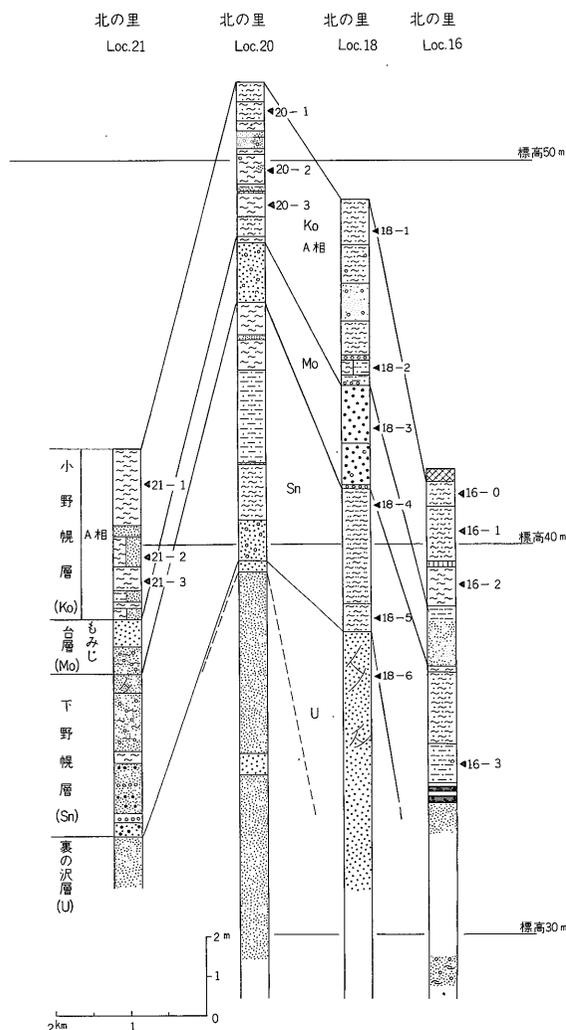
本層堆積時は、前述のように温暖な条件下にあり、堆

積物中の礫種や砂層の岩質からも、下野幌層堆積時とは異なった環境下にあった。

次いで、小野幌層の堆積時期には汀線が後退し、丘陵地域は海浜近くの湖沼か湿原の環境になり、当初は丘陵全域に砂・シルトの堆積が行われた。この頃に、丘陵本体部は南部地域から、西翼部に比して東翼部で隆起量のやや大きい傾動隆起を始め、順次北部地域へ波及した。このため、南部地域の丘陵稜線部には小野幌層の下位相のみが堆積し、丘陵翼部や北部地域では同層の上部相まで一連の堆積があり、野幌面-西方へ緩く傾斜する平坦面が形成された。

一方、北部地域では、継続した隆起運動が緩傾斜面の上昇まで続き、大麻・もみじ台面と江別・学田面とを作る堆積物を堆積していく。

この時期には、丘陵中央部を通る南北性背斜構造とは異なる、北東-南西方向の軸をもつ隆起運動が顕在化するようになり、大麻面はやや西方に傾斜した平坦面になった。この北東-南西方向の隆起は、もみじ台層堆積中



第12図 露頭柱状及び対比図(3)

に始まり、小野幌層堆積以後にも引き続き、江別面をも傾動させた。しかし、小野幌層は、その隆起運動の存在にもかかわらず、隆起軸部の北西側よりも南東側により深く沈降する堆積盆を埋めたものである。

ウルム氷期になって支笏火山の活動が活発になり、その末期に支笏カルデラの陥没運動を伴って、大量の軽石流堆積物を流出し堆積させた。この軽石流堆積物は野幌丘陵本体部を避けて流下し、周辺地域に堆積した。丘陵の南西部地域に堆積したこの軽石流堆積物は、もみじ台面(小野幌層上部相が分布する)を覆ってしまっている。

支笏火山噴出物は広島砂礫層や古砂丘として、その二次的な堆積現象を地域的に生じさせた。

以上に、野幌丘陵の地質構造発達史を要約したが、野幌丘陵地区の第四系のゆるやかな背斜構造は、佐々・森谷(1951)以降の諸研究報告にも指摘されている。土田(1961)は物理探査の結果をまとめ、野幌丘陵地区の新第三系の明瞭な背斜構造を示した。また、岡(1977, 1978)のネオテクトニクスの観点からの検討の必要性についての指摘もある。

このように、野幌丘陵の第四系は、その基盤である新第三系とともに、南北方向の軸をもつ背斜構造を形成しており、野幌丘陵地区は、新第三系の堆積以降第四系堆積後に至るまで、全体として隆起傾向の場にあった。しかし、この隆起運動は必ずしも一様な運動として行われたものではなく、もみじ台層や小野幌層の堆積時においても、それぞれの堆積盆主要沈降部と隆起軸との明瞭な変化をたどりながら行われてきている。

4. 鉱床

野幌丘陵地区で窯業原料粘土(せっ器粘土)として利用されているものは、小野幌層中の粘土と砂である。

4.1 小野幌層の岩相区分

小野幌層の岩相は、下位から、およそ次の通り区分される。A) 砂質シルト相、B) 灰白色粘土相、C) 灰白色シルト質粘土相、D) 黄褐色粘土相、E) 赤褐色砂質粘土相。

これらは赤褐色砂質粘土相を除き、互いに漸移及び側方変化する。

A) 砂質シルト相(以下A相という)

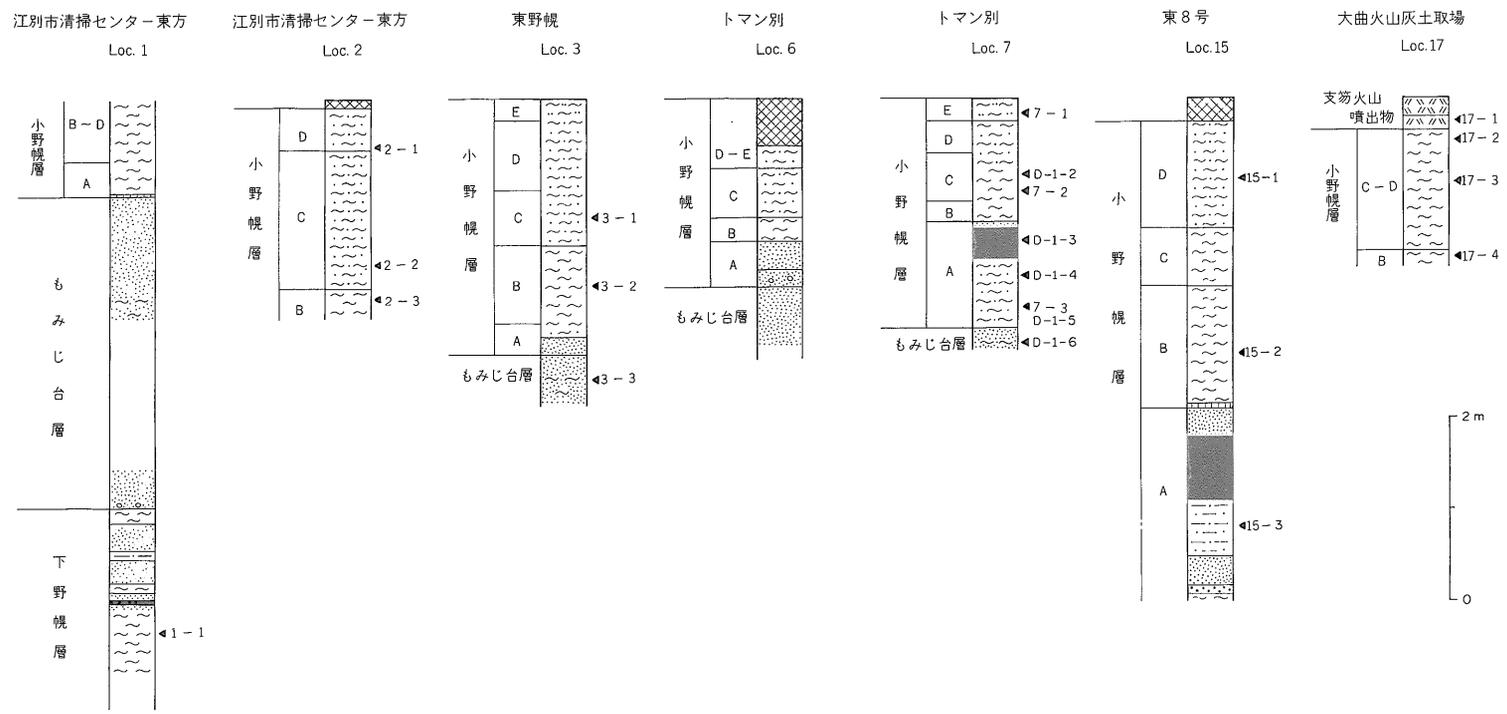
本相は灰-黄褐色を呈する火山灰質シルト・細粒砂層を主とし、泥炭・泥炭質粘土及び粘土層を伴うことがある。層厚は約60 cmから220 cmに達する。本相基底部は、安山岩礫からなる薄い礫層もしくは礫の配列、酸化鉄によりやや固結された細-中粒砂層をもって下位のもみじ台層を覆う。シルト層及び砂層中には、しばしば小礫を伴う。泥炭層及び泥炭質粘土層は黒-黒褐色を呈し、細粒砂・軽石及び木片を含むことがあり、膨縮が激しい。

B) 灰白色粘土相(以下B相という)

本相は灰白-青灰色を呈する火山灰質粘土層で、緻密・均質で粘性が強い。層厚は25-100 cmで、構成鉱物はほとんど火山ガラス及び軽鉱物とそれらから変化した粘土鉱物で、有色鉱物は極めて少ない。所によりシルト質粘土層を挟む。

C) 灰白色シルト質粘土相(以下C相という)

本相は灰-淡灰色を呈する火山灰質シルト層及びシルト質粘土層からなる。層厚は40-150 cmで、B相よりもやや粗粒で、細粒の軽石や砂、植物性の炭質物を含む。



第13図 露頭柱状及び対比図(4)

D) 黄褐色粘土相 (以下D相という)

本相は黄褐-褐灰色を呈する火山灰質シルト層及び砂質粘土層からなる。層厚は30-150 cmで、C相よりも多量の軽石粒及び炭質物を含み、角閃石などの有色鉱物や石英粒が肉眼で稀に認められる。また、C相に比してより粗粒である。

E) 赤褐色砂質粘土相 (以下E相という)

本相は赤褐-褐色を呈する火山灰質砂を主とし、砂質シルトを伴う。本相は60-70 cmの層厚を示すこともあるが、しばしば欠除する。C、D相と同様に軽石粒及び炭質物を伴うが、より粗粒で粗鬆であり、有色鉱物の量も多い。

4.2 小野幌層中の重鉱物

小野幌層の各岩相を詳細に検討するため、それらの中の重鉱物を分離した。

各岩相中の重鉱物は、採取試料を粉碎・水洗して乾燥させた後、80メッシュ以下の試料10gから、テトラブロムエタン(比重:2.9)で重液分離された。

重鉱物の含有量は、一般的にC、D相で多く、A、B相で少ない(第2表)。

全岩相にみられる重鉱物は単斜輝石、斜方輝石、普通角閃石、黒雲母、ジルコン、不透明鉱物(主に磁鉄鉱、赤鉄鉱、チタン鉄鉱)であるが、不透明鉱物、斜方輝石及び普通角閃石の量比が大きく、単斜輝石の量比は非常に小さい(第14図)。

これらの鉱物のほかに、少量ながら藍閃石、ザクロ石及び緑簾石がA相に認められた。

斜方輝石、普通角閃石、ジルコン及び不透明鉱物などは、自形のものが多く、結晶の集合体や円磨されたものは見られない。鉱物粒の周囲には、新鮮な発泡ガラスの付着が認められ、これらの鉱物が火山灰起源であることを示す。

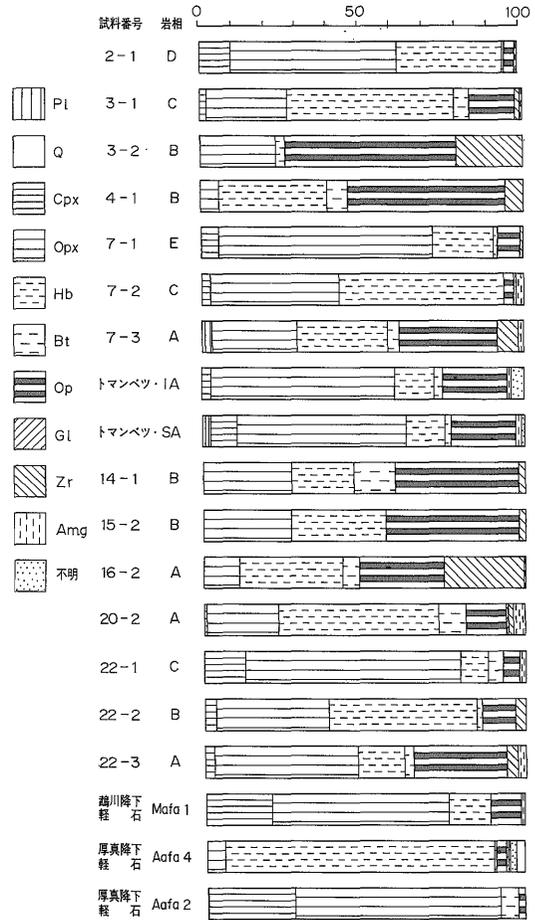
分離された重鉱物とそこに含まれる磁鉄鉱の量比には、各相毎に次のような特徴が認められる(第15図)。

A相中で重鉱物中の磁鉄鉱は30-96%(重量比)と、その大半を占め、泥炭層に伴われる場合に15%以下を示している。

B相中で重鉱物中の磁鉄鉱は20-45%であるが、重鉱物全量が増すとその比率も上っている。

これに対してC相中では、重鉱物全量の相違にもかかわらず、磁鉄鉱の占める割合は重鉱物中14-23%以内である。

以上にのべた重鉱物や不透明鉱物は、定量的な議論はできないが、岩相分布とあわせて第14図のような興味深い特性を示している。



第14図 原料粘土中の主成分鉱物
(磁鉄鉱を磁石で除いた残りのもの)

4.3 小野幌層各岩相の分布

本層各岩相の変化は、第10、11、12、13図の柱状図に示した。

小野幌層は約2mから5mの厚さで、丘陵全域に分布するが、すでに述べたように、丘陵の西翼部より東翼部の方がやや厚い。

岩相毎の厚さの変化には地域性が示され、第10図高速道路路切りでは、B、C相は東側に厚くなる。第11図丘陵東翼部の南北断面では、北広島造成地を除いて、南部地域の北の里付近でA相のみが分布し、B相以上の岩相を欠く。その北方地域ではB、C及びD相の厚さの変化が著しい。

4.4 原料粘土鉱床

野幌地区の窯業関係者が、以前から原土につけている名称と、ここで区分した岩相とは、およそ次のような対応を示す。それらは下位から、A相が「山砂」、B相が

北海道せつ器粘土鉱床開発に関する研究—その1 野幌地区—(成田英吉ほか20名)

第2表 原料粘土中の重鉄物量比表

試料番号	岩相	重鉄物量(g)	磁鉄鉱(g)	$\frac{\text{磁鉄鉱(g)}}{\text{重鉄物量(g)}} \times 100$	Opx	Cpx	Hb	Bt	Zr	Gl
1-1	Sn	0.11	0.09	81.82	◎		○	△	○	
2-1	D	0.37	0.07	18.92	○	△	○	○	△	
2-2	C	1.10	0.27	24.55	○	○	◎			
2-3	B	0.42	0.15	35.71	◎	○	○	△		
3-1	C	0.17	0.06	35.29	○		◎	△	△	
3-2	B	0.004	0.001	25.00	○		○		△	
3-3	Mo	0.47	0.02	4.26	△		○	○	△	×
4-1	B	0.01	0.009	90.00						
7-1	E	0.72	0.27	37.50	○		◎	○	△	
7-2	C	1.43	0.28	19.58	○		◎	△	△	
7-3	A	0.26	0.24	92.31	○		○	○	△	×
10-1	D	1.27	0.78	61.42	◎	○	○	△		
10-2	B	0.22	0.02	9.09	○		◎	△	△	
11-1	D	0.14	0.07	50.00	○		◎	△		
11-2	A	0.27	0.06	22.22	○		◎	△	△	
11-3	A	0.92	0.27	29.35	◎	△	◎	△	△	×
11-4	Mo	1.82	0.07	3.85	○		○	△	△	×
14-1	B	0.27	0.06	22.22	◎	△	◎	△		
14-2	A	0.22	0.02	9.09	◎		◎	△	△	×
15-1	D	1.06	0.38	35.85	○	○	○			
15-2	B	0.22	0.214	97.27	△		△			
15-3	A	0.13	0.04	30.77	○		○		△	×
16-0	A	0.57	0.34	59.65	○	○	○	△		
16-1	A	2.48	1.52	61.29	○	○	◎	×		
16-2	A	0.17	0.14	82.35	○		◎	△	△	×
16-3	Sn	0.01	0.005	50.00	△		×			
17-3	CD	0.7	0.1	14.29	○		○		△	
18-1	A	7.7	4.20	54.55	◎	○	○	○	△	×
18-2	A	2.7	0.7	25.93	◎		◎	○	△	△
18-3	Mo	4.7	1.50	31.91	◎	×	◎	○	△	×
18-4	S	0.7	0.2	28.57	◎		◎	○	△	×
18-5	S	0.7	0.4	57.14	◎		○	△	△	
18-6	U	3.2	0.7	21.88	◎		◎	○	△	
20-1	A	0.57	0.42	73.68	△		◎	△	△	×
20-2	A	0.16	0.08	50.00	○		○	△	△	
20-3	A	0.13	0.06	46.15	◎	△	◎	△		
21-1	A	0.09	0.06	66.67	△		○	△	○	×
21-2	A	0.04	0.038	95.00	△		△			
21-3	A	0.01	0.008	80.00	△		×			
22-1	C	2.75	1.23	44.73	◎	△	○	△	△	
22-2	B	0.91	0.41	45.05	○	△	◎		△	
22-3	A	0.48	0.24	50.00	◎	△	◎	△	△	×

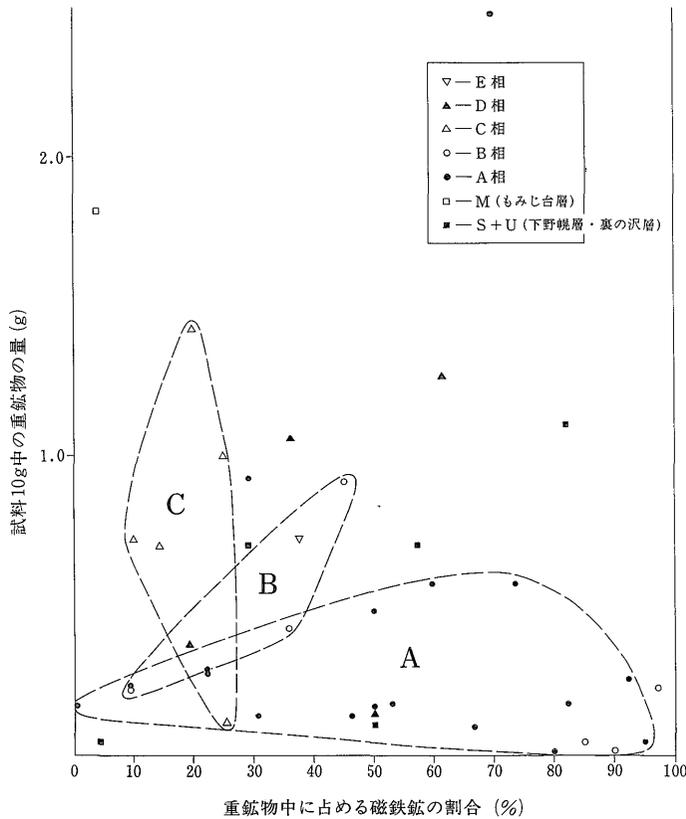
試料番号は第10-13図柱状図に示す。

岩相記号は U=裏の沢層, Sn=下野幌層, Mo=もみじ台層, A-E=小野幌層の各相

磁鉄鉱(g)としたものは、磁石で取れたものを示す。

Opx=斜方輝石, Cpx=単斜輝石, Hb=普通角閃石, Bt=黒雲母, Zr=ジルコン, Gl=藍閃石

◎=多い, ○=普通, △=少ない, ×=稀



第15図 原料粘土中の重鉱物量と磁鉄鉱量の相関図

「白めなし」, C相が「火山灰質粘土」, D相が「赤茶粘土」, E相が「赤ぼか」である。

原料粘土(せっ器粘土)として利用されているものは, B, C及びD相の粘土で, A相は脱粘材として不可欠のものであり, 粘土と同時に採取されている。

前項で記述したように, 今回の調査で明らかにされた原料粘土の賦存地域として期待される範囲は, 丘陵の北部及び東翼部の緩傾斜面と江別・学田面で, 特に東翼部については東8号以北に限られる。

これら丘陵東翼部に分布する原料粘土の予想埋蔵量⁷⁾ $(R) = S \times d \times g \div 560$ 万トンと計算され, 予想可採量 $(r) = R \times e_1 \times e_2 \times e_3 \div 220$ 万トンと見込まれる。

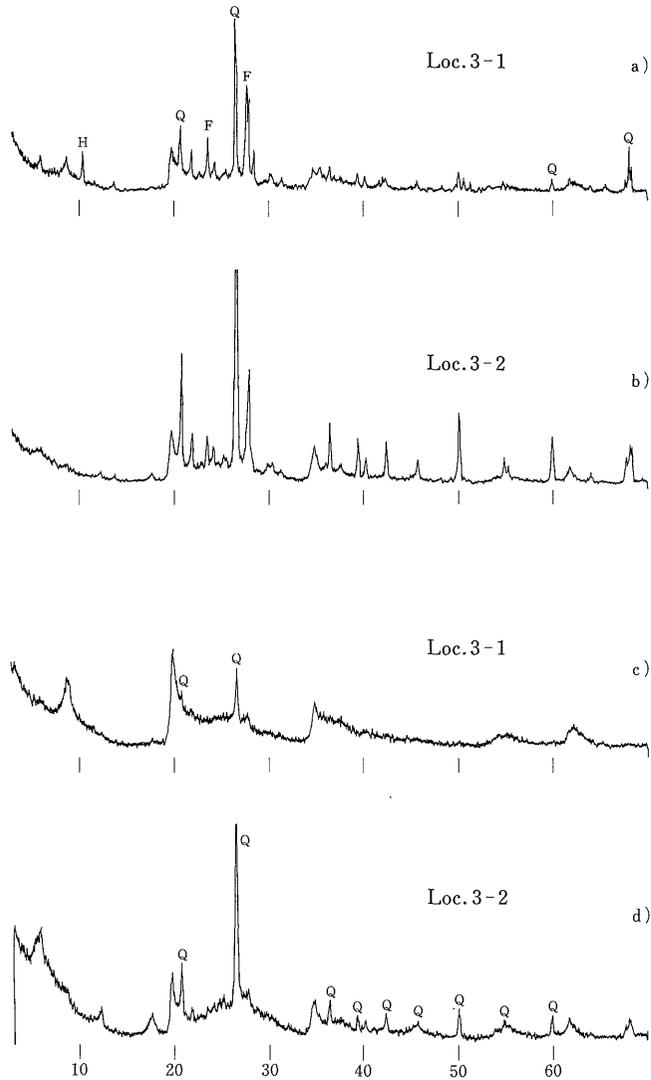
第13図中の大曲火山灰土取場とした所の原料粘土は, 支笏火山噴出物に覆われるもので, 従来, 窯業原料の対象とされていなかった。この粘土は丘陵北東部のものと

若干異なる粘土組成をもつが, 原料として使用できる。

野幌地区の原料粘土については, 佐々・森谷(1951)は野幌市街地周辺の火山灰質粘土層を「元野幌粘土層」と命名し, 支笏火山噴出物の上位に位置づけ, それによってもたらされた微細な火山灰にその源を求めた。石狩低地帯研究グループ(1965)は, 同粘土層を支笏火山噴出物からの洗い出しとした。赤松ほか(1981)は大森地域から野幌市街地域にかけての粘土層を, 小野幌層を含め, それらの江別面に分布する部分を「元野幌層」とした。岡・高橋(1981)は元野幌層を野幌層上部層(本研究では, もみじ台層と小野幌層)とし, 支笏火山噴出物の下位に位置づけた。

以上のように, 野幌地区の原料粘土層はその層位学的位置づけに多くの見解が出され, 議論されてきた。今回の調査では, 若干の標高差は認められるが, 連続し, 類似する面形態の性格から, 大森面と江別面とをほぼ同時期のものと考えた。その上, 大森面の南方に連なるもみじ台層が支笏火山噴出物に覆われることから, この原料粘土層は小野幌層中の粘土層であるとした。しかし, 江

7) 本地区東翼部で採掘可能と予測される区画の合計面積(S)=133万 m^2 ; 採取する粘土層の平均の厚さ(d)=2.1m; 原料粘土の比重(g)=2.0; 計算図の誤差安全率(e_1)=0.7; 原料粘土の賦存状態安全率(e_2)=0.7; 採取時の安全率(e_3)=0.8。



第16図 原料粘土及びその水簸物の粉末X線回折結果

- a) Loc. 3-1 (原料粘土) b) Loc. 3-2 (原料粘土)
 c) Loc. 3-1 (水簸物) d) Loc. 3-2 (水簸物)
 Q=石英, F=長石, H=角閃石

別面は大麻面と若干の標高差をもつことや、その堆積物の一部に支笈火山噴出物を再食した事実もあることから、次の点も含め検討されるべき問題点を残している。

小野幌層の各相は、何れも水中堆積物であるが、分離された重鉱物の形態から、B、C及びD相の堆積物が遠方から運搬されてきたものとは考え難い性格を示し、また、特にC相は火山灰の初生的性質を比較的良く残していると考えられる。しかし、その供給源を特定するには、なお詳細な検討を必要としている。

5. 原料粘土中の粘土鉱物

野幌地区の原料粘土(せつ器粘土)は、対馬・遠藤(1962)、佐藤ほか(1966)、皿井ほか(1976)によって窯業的観点から調査・研究されており、その構成鉱物はX線回折や熱分析などから、イライト、カオリン鉱物、石英、クリストパライト、長石等であるとされている。

本地区の原料粘土は、色々な鉱物の集合体ではあるが、今回、その中に含まれる粘土鉱物について検討し、焼成特性とあわせて考察した。

5.1 粘土鉱物の分析法

粘土鉱物の分離は、各採取試料を粉碎後、イオン交換水中でかくはん分散させ、2 μm 以下の部分を含む上澄液の採取で行われた。この上澄液を遠心沈殿させた後、風乾して粉末試料とし、一部はガラス板に塗布して定方位試料とした。

粘土鉱物の同定は、粉末及び定方位両試料についてX線回折を、また、必要に応じて示差熱分析、赤外線分光分析を併用して行われた。

5.2 原料粘土中の粘土鉱物の鉱物学的特徴

代表的な2個の原料粘土中の粘土鉱物について、その特徴を述べる。試料は小野幌層C相の3-1及びB相の3-2である(第13図)。なお、両者の原土のX線回折結果は、石英及び長石のみが顕著に現れ、粘土鉱物を示すものは15Å, 10Å及び4.44Å付近にわずかに認められるに過ぎない(第16図-a, b)。

5.2.1 X線回折

原料粘土の粉末回折を第16図-a, bに、それらの2 μm以下に水篩した試料のものを同-c, dに示した。

3-1: 粉末回折では10Å, 4.44Å, 2.56Å及び1.495Åのピークが現れ、第17図に示す通り、10Åのピークはエチレングリコール処理により11Åに、200°Cで1時間の加熱処理により7Åに移動する。これらの結果は、10Åのピークがハロイサイト⁸⁾の底面反射であることを示す。

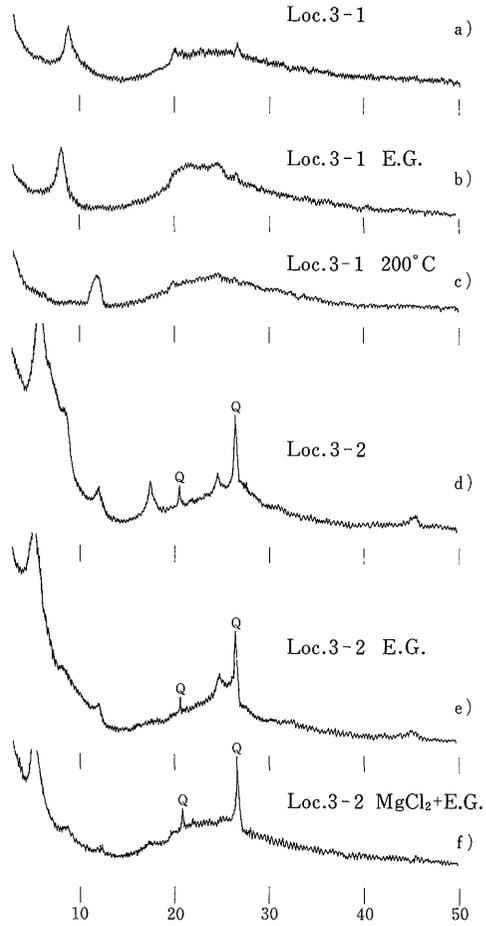
3-2: 粉末回折では15Å, 7.2Å, 4.98Å, 4.48Å, 2.58Å及び1.50Åのピークが現れ(第16図)、モンモリロナイトもしくはdi 亜群のパーミキュライトの存在を示す。しかし、第17図に示すように、15Åのピークがエチレングリコール処理によって17Åに(第17図-d, e), 1N 塩化マグネシウム溶液で20分沸騰させた後エチレングリコール処理したものも17Å(第17図-f)に移動することから、これはモンモリロナイトのピークである。

5.2.2 熱分析

同じ試料の熱分析結果を第18図に示す。

3-1: 120°C, 500°C付近に吸熱反応が、910°C付近に発熱反応が認められ、200°Cまでに9.2%, 700°Cまでに10%の脱水が起る。この結果はハロイサイトにほぼ一致するが、120°C付近の吸熱反応がハロイサイトのそれに比してやや大きく、アロフェン等の混在が示唆される。

3-2: 120°C, 190°C及び500°C付近に吸熱反応が、940°C付近に発熱反応が認められる。これらの反応に伴



第17図 水篩物の定方位X線回折結果

- a) Loc. 3-1
- b) Loc. 3-1 (エチレングリコール処理後)
- c) Loc. 3-1 (加熱処理後)
- d) Loc. 3-2
- e) Loc. 3-2 (エチレングリコール処理後)
- f) Loc. 3-2 (塩化マグネシウム処理+エチレングリコール処理後)

い200°Cまでに6.6%, 700°Cまでに6.2%の脱水が起る。また、低温域の吸熱曲線がダブルピークになり、層間水と構造水の脱水量が共に3-1に比して少ない。

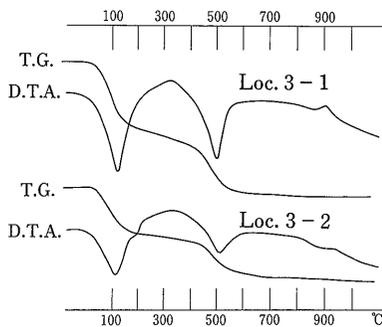
構造水の脱水に伴う吸熱反応は500°Cに認められ、モンモリロナイトのそれよりも200°Cほど低い。これは、この試料が典型的なモンモリロナイトではなく、少量のカオリナイト群鉱物を含むものであることを示している。本文ではこれ以降、この鉱物をモンモリロナイト様鉱物と称する。

5.2.3 赤外線分析

赤外吸収スペクトルを第19図に示す。

両試料とも、OH伸縮振動領域では3700 cm⁻¹, 3631 cm⁻¹にOH基の伸縮振動と、3400-3500 cm⁻¹付近に層

8) ここで言うハロイサイトはハロイサイト[Al₂-Si₂O₅(OH)₄·H₂O]であり、後に触れるメタハロイサイト[Al₂Si₂O₅(OH)₄]に層間水が加わったものである。



第18図 水鉱物の熱分析結果

D.T.A.: 示差熱曲線
T.G.: 熱重量曲線

間水の H_2O の幅広い伸縮振動とによる吸収が認められる。また両試料とも、 $1200-900\text{ cm}^{-1}$ の領域で 1091 , 1031 及び 1006 cm^{-1} 付近に $Si-O$ の、 910 cm^{-1} に $Al-OH$ の伸縮振動による吸収が認められ、 $540-400\text{ cm}^{-1}$ の領域では 530 cm^{-1} , 466 cm^{-1} , 430 cm^{-1} 付近に $Si-O$ の変角振動による吸収が認められる。

これらの他に、3-2には 1160 cm^{-1} に $Si-O$ の伸縮振動による吸収が認められる。

以上の結果、両試料は類似した吸収スペクトルを示すが、3-2は3-1に比して層間水の伸縮振動と $Si-O$ の伸縮振動との吸収が大きく、 $Al-OH$ の伸縮振動による吸収が小さくなっている。

5.3 各地点の原料粘土中の粘土鉱物

調査地区内の典型的な5地点(第11, 13図)の原料粘土中の粘土鉱物について検討した。

5.3.1 共栄工業団地 (Loc. 19)

支笏降下軽石堆積物及び小野幌層中の粘土鉱物 19-1 は、ハロイサイトである。

19-2 はB相のもので、ハロイサイトである。

19-3 はA相のもので、 15 \AA と 7 \AA にモンモリロナイト様鉱物とメタハロイサイトの底面反射が認められる。

5.3.2 北広島造成地 (Loc. 22)

22-0 は支笏降下軽石堆積物であるが、これにはハロイサイトやモンモリロナイト様鉱物は認められない。

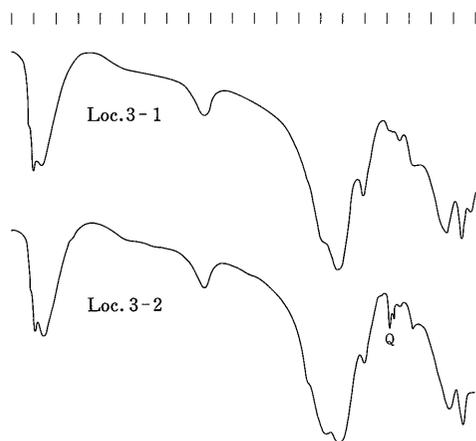
22-1 はC相で、ハロイサイトが認められる。

22-2 はB相、22-3 はA相であるが、両者ともにモンモリロナイト様鉱物とメタハロイサイトとからなる。

5.3.3 江別市清掃センター東方 (Loc. 2)

試料 2-1 はD相のもので、X線回折結果はハロイサイトであるが、熱分析結果ではアロフェンの混在が示唆され、3-1と同じである。

2-2 と 2-3 はX線回折では 10 \AA と 15 \AA とにハロイサ



第19図 水鉱物の赤外吸収スペクトル

Q: 石英

イト及びモンモリロナイト様鉱物の底面反射と考えられるピークが認められたが、3-1、3-2に比して弱い。また、 4.48 \AA と 1.50 \AA とのプリズム反射が強く、混合層鉱物の存在を示唆している。2-3の示差熱曲線及び減量曲線は、共に3-2に類似する。

5.3.4 トマンベツ (Loc. 7)

北海道立工業試験場との共同調査のハンドオーガーによる採取試料について検討した。

試料番号D-1-2はC相のもので、ハロイサイトであるが、 10 \AA の底面反射のピークは高角側にすそをひき、一部メタハロイサイトに变化していることを示す。熱分析結果は、3-1と同様にアロフェンなどの混在を示す。

D-1-3は 4.48 \AA , 2.56 \AA , 1.495 \AA 付近に強いプリズム反射を示すが、底面反射が弱く、わずかに 7 \AA にメタハロイサイトのそれが認められる。

D-1-4, D-1-5, D-1-6も同様にプリズム反射は強いが、 15 \AA , 10 \AA の底面反射は弱い。これらはカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物であろう⁹⁾。D-1-5の熱分析結果は、3-2と類似する。

各ハンドオーガーコア中にモンモリロナイト様鉱物の 15 \AA の底面反射の出現する位置は、ほぼ泥炭層よりも下位層準に限られる。

5.3.5 大曲 (Loc. 17)

試料番号 17-1 は、肉眼的には粘土化の認められない支笏降下軽石堆積物中のもので少量のカオリナイト群/

9) この混合層鉱物と前述のモンモリロナイト様鉱物との相違は、前者のX線底面反射が弱いのに対し、後者のものは 15 \AA に明瞭に認められることにある。

第3表 原料粘土の化学

試料番号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO
1-4	62.00	15.60	0.85	5.64	0.05	0.55
2-3	61.73	16.21	1.03	6.45		1.08
3-1	56.83	21.83	0.92	5.99	0.08	0.83
3-2	64.99	16.71	0.80	3.31		0.53
4-1	60.47	20.52	1.14	3.03	0.05	0.52
7-1	54.80	22.03	0.99	5.99		0.70
7-2	55.88	22.63	0.96	5.41	0.06	1.08
7-3	66.37	17.63	0.90	2.18	0.05	0.86
12-2	58.22	21.19	0.93	4.09		0.78
15-2	59.55	21.30	0.96	3.23		0.58
16-2	66.77	16.00	0.84	2.57		0.74
16-3	65.85	15.13	0.82	4.40		0.91
17-1	62.19	17.54	0.76	5.41		0.78
20-3	66.04	16.19	0.80	3.18		0.70
21-2	65.11	15.59	0.79	4.60		0.46
22-1	55.81	19.35	0.99	6.82	0.05	1.68
22-2	61.12	19.84	0.97	3.36		0.71
22-3	63.12	16.69	0.91	6.13		0.54
23-1	65.11	13.67	0.58	5.77		1.71

モンモリロナイト不規則混合層鉱物の存在が認められた。

17-2, 17-3 は, CもしくはD相のもので, ハロイサイトである。17-2の熱分析結果は, 低温での吸熱反応が3-1に比して大きく, かなりの量のアロフェン等の鉱物を含むことが示された。

17-4はB相のもので, 17-1と同様にカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物と考えられるが, 17-1に比して(060)の1.498Åのピークが鋭い。熱分析結果は3-1に類似するが, 示差熱曲線の低温部が3-2のようにダブルピークである。

これらの各粘土の焼成試験, 焼成特性は, それぞれ第6章で検討された。

5.4 原料粘土層中の粘土鉱物の生成

原料粘土(せり器粘土)中に含まれる粘土鉱物の生成機構を考察するため, 支笏降下軽石堆積物中の粘土鉱物及び下野幌層の粘土鉱物を, 原料粘土中のものと比較検討した。

支笏降下軽石堆積物中には, 少量ではあるがハロイサイトを含むもの(Loc. 19)と, カオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物を含むもの(Loc. 17)と, 粘土鉱物を生成していないもの(Loc. 22)とがある。

北の里(Loc. 16)の下野幌層中の粘土鉱物は, モンモリロナイトを含むが, この他にイライト及びクロライ

トが認められる。この下野幌層中の粘土鉱物については, 江別清掃センター東方(Loc. 1)のものと同様である。

野幌地区の各層準中の粘土鉱物を模式的に区分すると, 上から下に向かって, 1)少量のハロイサイト(支笏降下軽石堆積物), 2)ハロイサイト(小野幌層D及びC相), 3)カオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物(小野幌層B相), 4)モンモリロナイト様鉱物(小野幌層A相), 5)モンモリロナイト, イライト及びクロライト(下野幌層)となる。

この分帯に見られる粘土鉱物の位置的關係は, いわゆる「酸性白土」鉱床の地表風化によって生成されるモンモリロナイト→カオリン/モンモリロナイト混合層鉱物→ハロイサイトの変化(武司・宇野, 1974; 吉村・神山, 1981)によるものと類似する。しかし, 野幌地区の場合, 最上位の支笏火山噴出物は殆ど新鮮なガラスからなり, 少量のハロイサイトが生じているにすぎない。小野幌層中のD, C相からは, ハロイサイトが認められるがモンモリロナイト様鉱物は検出されず, 新鮮な火山ガラスも認められる。従って, 少なくともこれらは, モンモリロナイト化を経ずに, 火山ガラスから直接にハロイサイト化したように見受けられる。

しかし, ハロイサイトの生成に先行してモンモリロナイト化が行われたのか, ほぼ同時に両者が若干位置を変

組成及び耐火度

MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ig, Loss	Total	SK
2.01	1.05	2.45	0.07	9.95	99.81	4a
0.97	1.47	1.48	0.07	8.57	99.06	4a
0.94	1.04	1.23	0.07	9.80	99.56	14
1.10	1.51	2.11	0.01	8.21	99.28	6a+
1.06	0.64	1.76	0.02	10.65	99.81	17
0.86	1.07	1.32	0.07	11.89	99.72	13
1.02	1.22	1.22	0.07	10.17	99.72	12
0.84	1.19	1.38	0.04	8.20	99.59	11
0.89	1.17	1.50	0.05	10.98	99.80	15
0.76	0.99	1.35	0.07	10.78	99.57	14
0.90	1.79	1.61	0.03	8.03	99.28	9
1.26	1.50	1.89	0.05	7.50	99.31	5a
1.00	1.14	1.52	0.01	9.61	99.96	11
1.13	1.76	2.03	0.01	7.50	99.34	5a+
1.34	1.52	2.07	0.02	8.30	99.80	4a
1.20	1.49	0.93	0.14	10.62	99.03	10+
0.77	0.99	1.23	0.03	10.64	99.66	14
0.74	0.87	1.31	0.06	9.28	99.65	10+
2.16	1.79	1.90	0.07	7.34	100.10	1a

えて生成されたのか、粘土鉱物の生成メカニズムの点からの検討は今後に残された。

北海道の第四紀火山碎屑物中にハロイサイトやモンモリロナイトが認められている(石井・近堂, 1963)が、今回、早来町新栄地区の支笏降下軽石堆積物(Spfa 1)と鶴川降下軽石堆積物(Mpfa 3)にハロイサイト、それよりも下位のものにカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物やモンモリロナイト様鉱物が認められた。これには野幌地区の場合と同じ課題の存在することが示されている。

火山ガラスがハロイサイトに変化するのに、8000-30000年を要する(NAGASAWA, 1978)が、小野幌層は30000年以前のものなので、時間的な問題はない。

いずれにしても、粘土鉱物の生成過程については、上述したように追求するべき問題が残された。

6. 原料粘土の窯業的性状

6.1 原料粘土の試験法及び試験結果

6.1.1 試料

窯業的性状試験には、19種類の代表的な地点の粘土試験料を使用した。粒度分析にはそれらの原土を、その他の試験には、それらを60メッシュ(0.25 mm)以下に粒度調整したものを用いた。

6.1.2 基礎的性状試験

1) 化学分析: 化学分析は理学電機製蛍光X線分析装置により、ガラス粉末法で完全分析した。その結果を第3表に示す。

分析値のうち、SiO₂はA相で65%前後、B相で60%前後及びC相で55%前後の値を示す。それに対して、Al₂O₃はA相で17%前後、B及びC相は20%前後の値を示す。即ち、粘土層の下部から上部に向かって、SiO₂は減少し、Al₂O₃は増加しており、これはハロイサイト質粘土が上部に多いことを示している。

X線回折図では、A相のものは石英の大きなピークを示し、分析値でのSiO₂量の増加傾向を裏づけるが、長石の含有量や粘土鉱物の種類と量には、粘土層の上・下で大差なく、これらとAl₂O₃の量の増加との関係は認められない。

2) 粒度分析: 粒度分析は、325メッシュ(44 μm)以上は篩分析で、それ以下はヘキサメタリン酸ソーダ溶液(0.2%)に分散させ、アンドレアゼン法で行った。その結果を第20図に示すが、この図には、250 μm以下のものを100とし、細(1.2 μm以下)、中(1.2-15 μm)及び粗(15-250 μm)の比として表現した。

当然のことながら、A、B、C相は第20図に示されるような特異な分布域を占める。細粒比の高いものはB相で、粗粒比の高いものはA相及びその下位層のものである。中粒比のものには明瞭な傾向が認められない。

分析結果は、 $1.2\mu\text{m}$ 以下の粒子を40%以上含む3試料が、いずれもB相のものであり、同粒子を30%以下しか含まない8試料中の3試料を除き全てA相及びその下位層のものである。

しかし、分析した試料の粒度組成は、全体的に粗いものが多いことが、この結果に示されている。

6.1.3 成形性試験

成形性については、手による官能で判定すると共に、ペファコルン法による変形比、ビゴアの曲線から求めた乾燥感度とを比較検討した。

1) 成形性：各試料を最適水分の練土に調整し、官能による成形性を4段階に分けて評価した。その結果を第4表に示すが、トマンベツのA相(7-3)と音江別層(23-1)は、手による成形が不可能であった。

2) ビゴアの曲線：最適水分に調整した練土を用い、木型で $120\times 10\times 7\text{mm}$ に成形し、ゆっくり自然乾燥させながら、重量と長さを測定することによって行った。

ビゴアの試験法で測定した乾燥特性曲線から求めた最適水分： W_A 、変形に必要な水分： W_K 、成形体の形状維持に必要な水分： $(W_A - W_K)$ 、乾燥感度： $(W_A - W_K) / W_K$ 、乾燥収縮率： D_s 、乾燥収縮度： $D_s / (W_A - W_K)$ を

求めた。

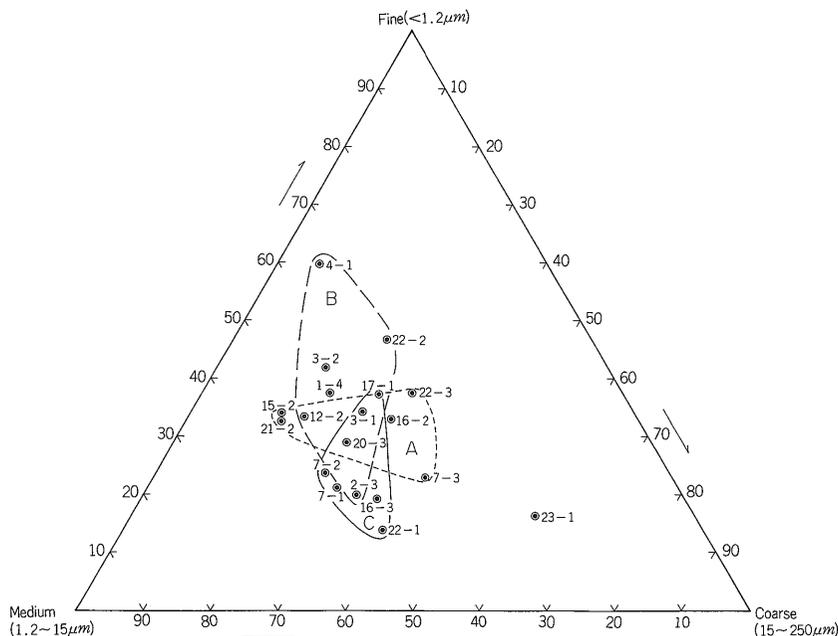
これらの他に、ペファコルン法によって変形比 a を測定し、変形度： a / W_K を求め、以上の値と乾燥曲げ強度とをまとめて第4表に示した。

この表では、成形性が乾燥感度と極めてよく対応し、乾燥感度が小さいと成形性の良いことを示す。これは、変形に必要な水分 W_K が大きな値の場合を示し、A相のものも含まれるが、特に、B相の粘土で特徴づけられる。

3) 乾燥曲げ強度：最適水分の練土を用い、石膏型で $18\text{mm}\times 120\text{mm}$ に成形し、変形と亀裂が生じないように乾燥し、島津製オートグラフで、スパン8cm、クロスヘッド・スピード1mm/mmの条件で行った。

粘土の結合力が関係すると考えられる曲げ強度を、乾燥収縮度に対してプロットすると、第21図に示すように、ほぼ比例関係にある。図中、乾燥曲げ強度、乾燥収縮度ともに大きいものには、大曲(17-1)を除き、A相及びB相のみが属する。

乾燥収縮率、乾燥収縮度の値の大きなものは、変形に必要な水分(W_K)の値の大きなものに特に依存し、粘土の成形性と深い関連性を示している。

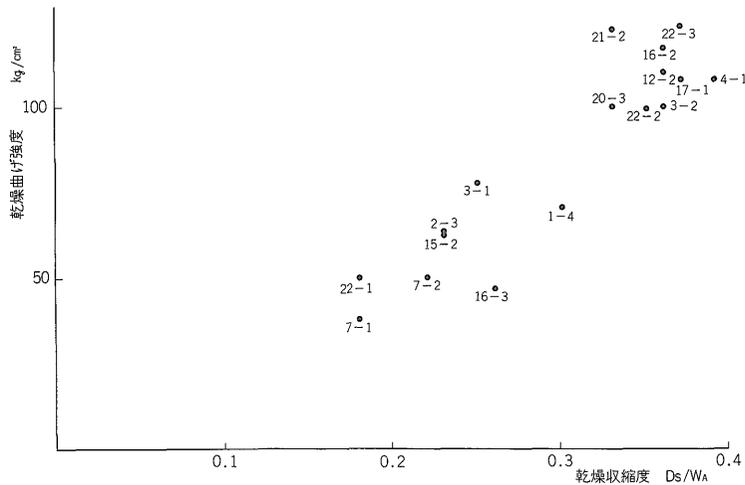


第20図 原料粘土の粒度組成比

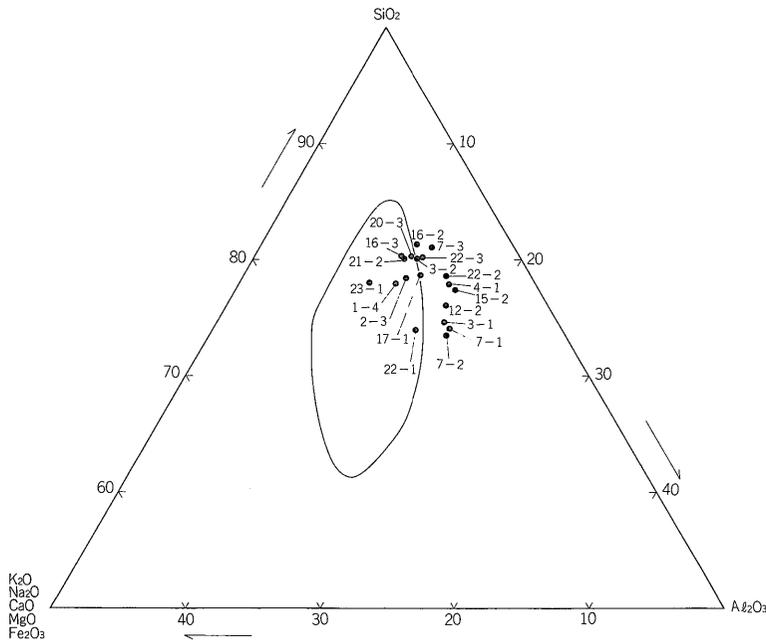
第4表 原料粘土の成形性と乾燥特性

試料番号	相	最適水分 W_A %	変形に寄与 する水分 W_K %	$W_A - W_K$ %	乾燥感度 ($W_A - W_K$) / W_K	乾燥収縮率 D_s %	乾燥曲げ 強度 kg/cm ²	乾燥収縮度 $D_s / (W_A - W_K)$	変形度 a / W_K	官能による成 形性
1-4	S	29.8	11.1	18.7	1.68	8.9	70.6	0.48	0.143	△
2-3	B	23.6	8.2	15.4	1.88	5.5	63.2	0.36	0.217	△
3-1	C	23.7	8.4	15.3	1.83	6.0	77.7	0.39	0.198	△
3-2	B	24.4	11.5	12.9	1.12	8.7	100.0	0.67	0.135	○
4-1	B	25.4	15.1	10.3	0.69	9.8	108.0	0.95	0.105	◎
7-1	E	22.1	7.4	14.6	1.97	4.0	37.9	0.27	0.200	×
7-2	C	23.6	8.3	15.3	1.84	5.1	50.3	0.33	0.191	△
7-3	A									
12-2	B	22.8	10.1	12.7	1.26	8.2	110.2	0.65	0.150	△
15-2	A	24.0	10.4	13.6	1.31	5.5	62.4	0.40	0.145	△
16-2	A	22.5	10.5	12.0	1.15	8.0	117.1	0.67	0.151	○
16-3	S	24.8	8.1	16.7	2.06	6.4	47.1	0.38	0.205	×
17-1	C,D	25.2	11.9	13.3	1.12	9.2	107.9	0.69	0.130	△
20-3	A	23.3	10.8	12.5	1.16	7.6	100.0	0.61	0.178	○
21-2	A	26.6	12.1	14.5	1.21	8.7	122.5	0.60	0.165	○
22-1	C	27.4	8.8	18.6	2.12	5.0	50.1	0.27	0.213	×
22-2	B	27.4	12.7	14.7	1.16	9.5	99.3	0.65	0.146	◎
22-3	A	28.3	14.7	13.6	0.92	10.5	123.5	0.77	0.112	○
23-1	O									

- 1) { 小野幌層: A, B, C 相
下野幌層: Sn
音江別川層: O
- 2) a: ベファコロン法による変形比
- 3) ◎: 優, ○: 良, △: 普通, ×: 不良



第21図 原料粘土の乾燥収縮率と曲げ強度の相関図



第22図 原料粘土の化学組成と発泡膨張範囲

乾燥特性曲線は、試料が完全に乾燥されるまで、わずかに収縮を続け、明瞭な屈曲を示さない。このような粘土の収縮上の性格は、カオリン系よりはモンモリロナイト系の性格を示すものであろう。

6.1.4 焼成試験

1) 試験法：真空土練成機で16 mmφ×120 mmに成形し、乾燥したものを焼成用テストピースとした。それを20 kW 電気炉を用いて1050, 1100, 1150, 1200, 1250℃の5段階で、1000℃以上での加熱速度を約80℃/hとし、最高温度で30分間保持して焼成した。

焼成物について、JIS 法による吸水率と減圧吸水率とを測定し、また、減圧吸水法による飽水重量及び飽水物の水中重量とから、見掛気孔率、嵩比重及び見掛比重を求めた。

焼成物の曲げ強度は、島津製オートグラフを用い、スパン6 cm, クロスヘッド・スピード1 mm/mmの条件で測定した。

焼成色は1050℃の焼成体について、その赤色味の度合と鉄分の量との関係を検討した。

2) 焼成性状：各試料の焼成温度別焼成性状は、耐火度(第3表)の低いものは1100℃で焼結が完了し、高いものは1200℃付近で完了する。リリーの発泡膨張範囲(RILEY, 1951)内の試料(第22図)は、北広島造地(22-1)を除き、全て1100-1200℃で発泡膨張し、リ

リー図線上の東野幌(3-2)は1150-1200℃で、大曲(17-1)は1200-1250℃で発泡膨張する。

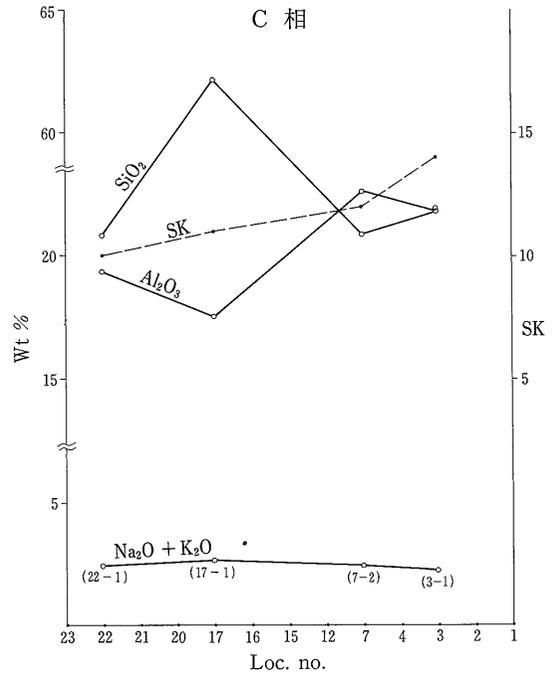
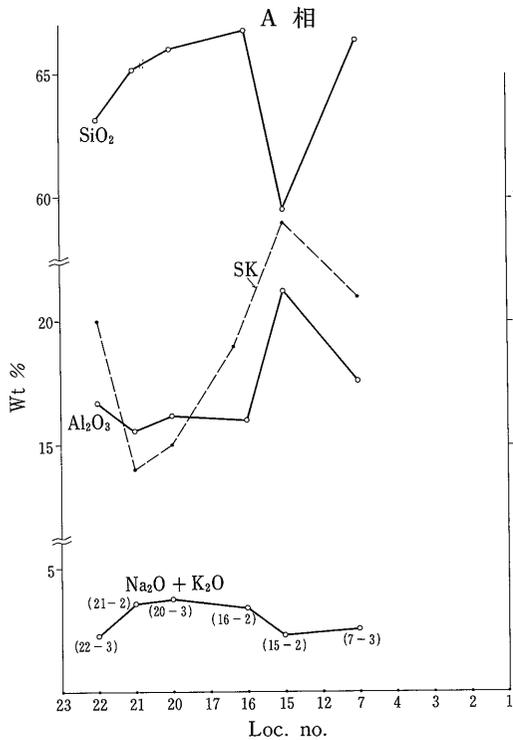
このリリー図線上の2試料は、前者がモンモリロナイト様鉱物、後者がカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物の性格を示している。

各試料を小野幌層の各相ごとに、相対的な地理的位置関係から見ると、第23図に示すように、それらの耐火度に南低北高の傾向が見受けられる。また、それらはAl₂O₃と良好な相関関係を示し、SiO₂及びK₂O + Na₂Oとは負の相関関係を有する。K₂O + Na₂Oの増加は、モンモリロナイトの増加とも関係している。

耐火度と試料中の粘土鉱物との間にも密接な関係があり、SK 10以上のものは加水ハロイサイト、あるいはカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物、SK 5-10のものにはモンモリロナイト様鉱物、SK 5以下のものには下野幌層以下のモンモリロナイト、イライト及びクロライトを含むものが多い。

焼成物の吸水率、見掛気孔率、嵩比重、見掛比重及び収縮率を第24図に示したが、何れの値をとっても、全体としてC相のものが比較的高い値を示す。これは第23図のAl₂O₃の相関からも良く示されている。

焼成色はFe₂O₃含有量の増加とともに赤味を増し、約5%以上の含有量でれんが色を呈するが、それも1150℃以上の焼成で黒変し、1250℃焼成では赤味を殆ど消失す



第23図 原料粘土各相の化学組成と耐火度の位置的变化

る。Fe₂O₃含有量3%前後のものは、殆ど赤味を発色せず黄色味を呈する。

6.2 粘土鉱物と窯業的諸特性

6.2.1 各相の原料粘土の性質

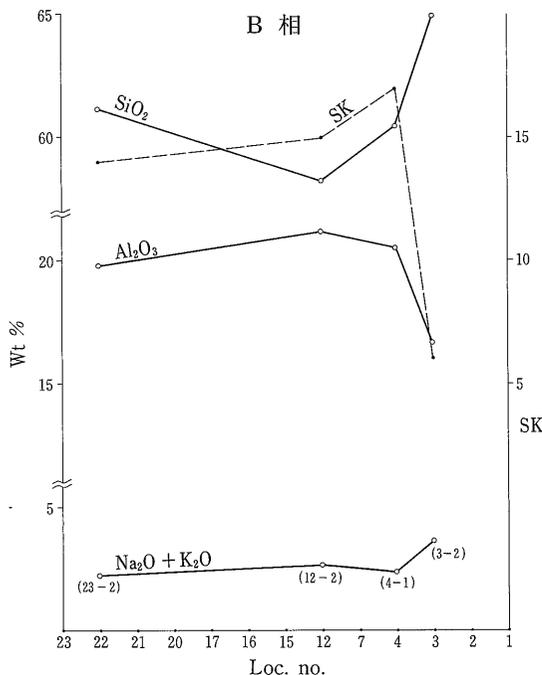
以上のべた各試験結果を、小野幌層の各相ごとにまとめると次のようになる。

A相：各試験結果は、何れもばらつきの多い値を示している。これはA相の堆積環境が反映された、比較的粗粒な堆積層の不均質性による結果であろう。

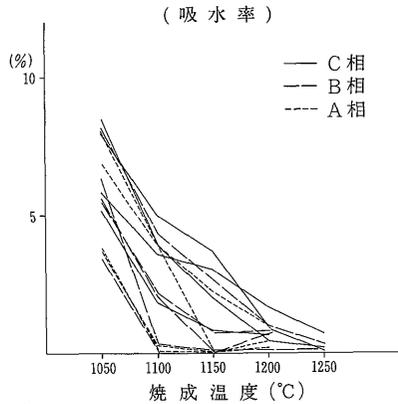
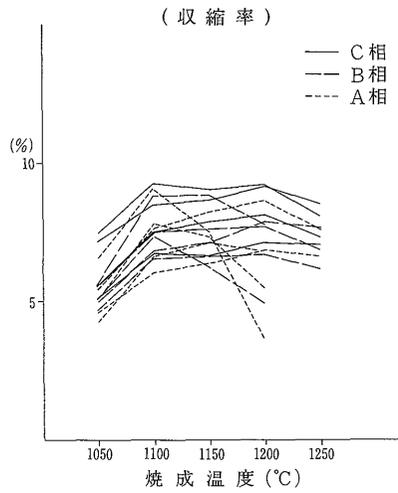
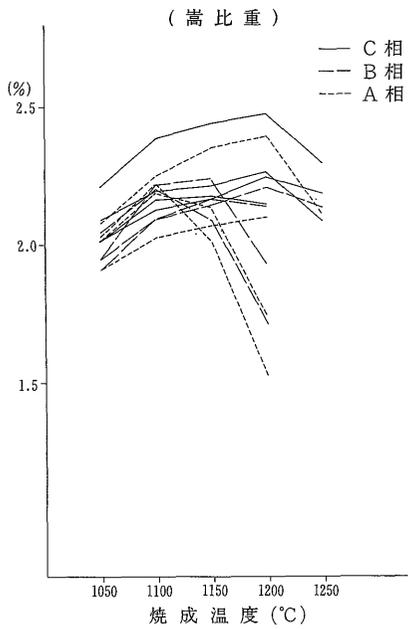
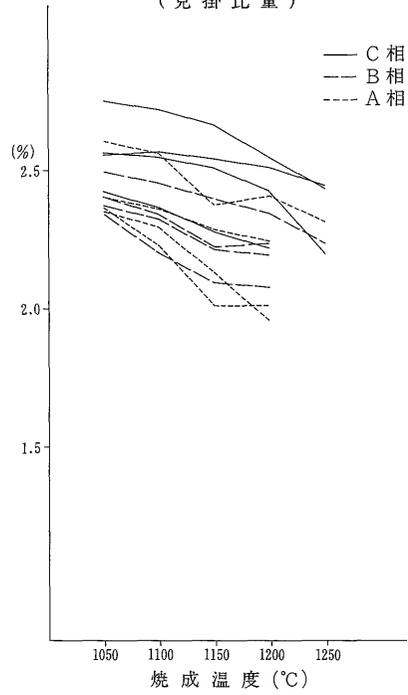
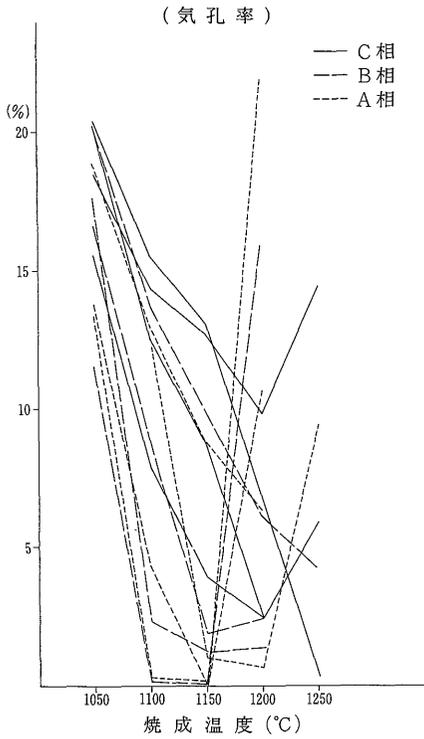
しかし、Al₂O₃が少なく(16%±)、耐火度の低い(SK 10以下)、粗粒子32%以下のものの成形性が良い。これらの粘土はモンモリロナイト様鉱物を含むもので、野幌丘陵東翼部の南部地域のものである。

B相：原料粘土の主体となるもので、丘陵北西端部の試料を除き、粗粒比は27-6%で成形性は良好である。Al₂O₃は20%±でSKは14-17であり、丘陵東翼部での南北方向の地域差は余り無く、安定している。この粘土はカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物の性質をもつ。

C, D相：化学組成はSiO₂とAl₂O₃とが大きく変動し、K₂OとCaOも他相の試料とは異なる値を示す。粒度組成にはばらつきが著しく、成形性も良くない。耐火度はSK 10-14を示し、丘陵の北部地域のものが高い。



(見掛比重)



第24図 焼成物の物理性

このような性質は、先に重鉱物の項で述べたように、本相堆積物が原火山碎屑物の性質を比較的良く残し、それほど淘汰されていない上に、その後の変質が場所により不均質に進行したことを示すと考えられる。これらの粘土は加水ハロサイトの性格を示す。

6.2.2 原料粘土の各性質の相互関係

各試料中の粘土鉱物は、A相がモンモリロナイト様鉱物、B相がカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物、C、D相が加水ハロイサイトであることは既に述べた。

野幌地区で採掘対象となっている「メナシ粘土」は、層序上では主にB相に位置するもので、上記のカオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物で特徴づけられる粘土である。

粒度組成はB相で細粒比が最も高く、A相で粗粒比が最も高い。しかし、A相は細粒比も比較的高い。

細粒比の高いことは、粘土鉱物を多く含む傾向を示すもので、これは乾燥収縮度と乾燥曲げ強度との相関図にも、現れている。

B、A相粘土は第4表に見られるように、比較的良好的な成形性を示す。しかし、これと耐火度とは一義的な相関がない。

これまで述べてきたように、原料粘土の化学組成と耐火度、乾燥感度と成形性、粒度組成と成形性、乾燥収縮度と乾燥曲げ強度などに相関関係が認められる。その中で、特に、変形に寄与する水分 W_k は、原料特性、焼成特性に大きな役割を果しており、地質鉱物との関係では、カオリナイト群/モンモリロナイト不規則混合層鉱物と深い関連性を示すことを明らかにした。

現在まで、せつ器粘土の原料特性、焼成特性は、「雑粘土」の呼名で一括して扱われ、その鉱物、物性特性は充分検討されてきていなかったが、せつ器粘土の鉱物特性、原料特性、焼成特性は、今回の調査・研究で、野幌地区のものについては、ほぼ明らかになった。

今後、窯業的諸性質と鉱物学的特徴との相関を明確にするためには、窯業試験の手法の改善・精度の向上と、鉱物学的な特徴の多面的な把握とその定量化とが必要とされる。

このような問題は山積しているが、今回試験に供した試料では、実用的には4試料(23-1, 7-3, 22-1, 及び1mm大の粗粒子10%以上を含む21-5)を除き、それぞれの物理性、特に粒度組成に留意し、上に検討されてきた適当な原料粘土と混合することによって、充分利用可能である。

今回の調査地域内の原料粘土は、比較的粒度組成の粗

いものが多かった。今後は、野幌丘陵地区で、細粒比の高い粘土層を探し出すことが実用的な課題になっている。

あ と が き

本研究は単年度計画で行われたので、今後究明しなければならない粘土層の層位学上の問題、粘土の鉱物学的性質と物性上の課題が多く残された。それらの代表的なものを記してあとがきに代える。

1. 丘陵地形面の区分をし、地形発達史を考察したが、それらの面形成の時間的経過を裏づける表層地質は、十分に検討されていない。

2. 上の問題と併せて、丘陵地形の形成に根本的な役割を果した、南北方向と北東-南西方向の二つの隆起運動の性格究明も、充分ではなかった。

3. 調査地域の範囲では、地質層序の組立てを確実にするテフラなどの鍵層が認められず、粘土層を小野幌層として一括した。しかし、本層上部層(特にE相)の層序上の位置の再検討や、粘土層の分布高度、粘土の性質などから、粘土層を同一層準とするのに多少問題が残る。これらの精査と再検討が今後の問題として残される。

4. 堆積環境及び堆積物の由来解明の一手段として重鉱物分析を行い、その傾向を把握したが、それぞれの鉱物の物性究明とそれらの定量化とは、上記の問題と同様に、今後の課題として残された。

5. 原料粘土の物性的特徴や予想鉱量は、およそ把握できたが、粘土鉱物の形態、物理・化学性なども、今後の鉱物学的な検討課題として残された。

6. 窯業試験の結果は、地質調査や鉱物学的検討の結果と、必ずしも充分に対応しきれていない。

しかし、窯業的諸性質間の相関、それらと地質・鉱物との相関などに一部明らかになったものもあり、今後の検討課題や研究遂行上の留意点は明らかになったので、次年度の研究の手法に取り入れて行きたい。

文 献

- 赤松守雄・山田悟郎(1980) 野幌丘陵の地質—特に東部地域を中心として—。北海道開拓記念館調査報告, no. 19, p. 1-8.
- ・—————・北川芳男・矢野牧夫(1981) 野幌丘陵とその周辺の自然と地史。北海道開拓記念館報告, no. 6, p. 17-24.
- 石井次郎・近堂祐弘(1963) 北海道の火山灰層中の粘土鉱物について(第1報)。粘土科学

- の進歩(4), p. 193-212, 技報堂.
- 石狩低地帯研究グループ(1965) 北海道野幌丘陵の第四系について—とくに西の里層について—。地球科学, no. 79, p. 18-27.
- 北川芳男・中村 斎・矢野牧夫・中田幹雄・三野紀雄・森田知忠・赤松守雄・山田悟郎・小林幸雄(1974) 野幌丘陵周辺の第四紀に関する諸問題。北海道開拓記念館研究年報, no. 3, p. 57-82.
- ・矢野牧夫・中田幹雄・三野紀雄・赤松守雄・山田悟郎・中村 斎・森田知忠・松下勝秀(1976) いわゆる“野幌層”について。北海道立地下資源調査所報告, no. 48, p. 129-137.
- ・赤松守雄・山田悟郎・矢野牧夫・三野紀雄(1979) 野幌丘陵の地質—特に西部地域を中心として—。北海道開拓記念館調査報告, no. 17, p. 3-12.
- ・矢野牧夫(1980) 野幌地域における窯業用原土に関する地史的考察。北海道開拓記念館調査報告, no. 19, p. 9-15.
- ・赤松守雄・矢野牧夫・山田悟郎(1981) 野幌丘陵の地質と古生物の変遷。北海道開拓記念館研究報告, no. 6, p. 17-24.
- 興水達司(1980) 北海道中央部の鮮新・更新統のフィッシュン・トラック年代。地質学会講演要旨集, no. 87, p. 99.
- 熊野純男(1970) 支笏熔結凝灰岩の年齢—日本の第四紀層の¹⁴C年代(57)。地球科学, vol. 24, p. 149.
- 松下勝秀(1971) 5万分の1地質図幅「江別」及び同説明書。北海道立地下資源調査所, 26p.
- ・藤田郁男・小山内 照(1972) 札幌・苫小牧低地帯およびその周辺山地の形成過程。地質学論集, no. 7, p. 13-26.
- 森谷虎彦(1957) 野幌丘陵付近の水理地質。北海道地質要報, no. 17, p. 1-8.
- MÜLLER, G. (1967) Diagenesis in argillaceous sediments. *Developments in Sedimentology*, vol. 8, p. 127-177.
- 長尾捨一・小山内 照・石山昭三(1959) 5万分の1地質図幅「恵庭」及び同説明書。北海道開発庁, 31 p.
- 長尾 巧(1940) 札幌—苫小牧低地帯(石狩低地帯)。矢部教授還暦記念論文集II, p. 677-694.
- NAGASAWA, K. (1978) Weathering of volcanic ash and other pyroclastic materials. *Developments in Sedimentology*, vol. 26, p. 105-125.
- 岡 孝雄(1977) 札幌市東部“厚別低地帯”の地下地質。北海道立地下資源調査所報告, no. 49, p. 49-69.
- (1978) 厚別低地帯北方地域の地下地質。北海道立地下資源調査所報告, no. 50, p. 81-107.
- RILEY, Charles M. (1951) Relation of Chemical Properties to the Bloating of Clay. *Journ. Am. Ceramic Soci.*, vol. 34, p. 121-128.
- 皿井博美・菊地博男・遠藤三男・萩原洋一(1976) 北海道における窯業原料の調査研究(第2報) 江別地域のせつ器質粘土。北海道立工業試験場報告, no. 257, p. 15-31.
- 佐々保雄・森谷虎彦(1951) 北海道石狩国野幌丘陵の地質。石油技術協会誌, vol. 16, p. 236-251.
- 佐藤博之(1969) 札幌—苫小牧低地帯の火山灰。地質ニュース, no. 179, p. 15-20.
- 佐藤勝信・遠藤三男・皿井博美(1966) 道産粘土の窯業的性状(第1報) 野幌粘土について。北海道立工業試験場報告(昭和41, 42年), p. 110-114.
- 園木文平(1934) 札幌市近傍の地質。北大理学部地鉱修論(手記).
- 高橋功二・岡 孝雄・嵯峨山 積・山岸宏光(1981) 北海道地盤地質図「野幌」及び同説明書。北海道立地下資源調査所, 32 p.
- 武司秀夫・宇野泰章(1974) カオリン—モンモリロナイト混合層鉱物の生成。鉱物学雑誌, vol. 11, 特別号1, p. 162-168.
- 土田定次郎(1961) 石狩平野中部における新第三系の地質構造(その1, 2, 3)。石油技術協会誌, vol. 26, nos. 1, 2, 4, p. 20-28, 51-56, 180-187.
- 対馬英二・遠藤三男(1962a) レンガ・陶土管用粘土の調査試験(第1報) 野幌下学田地区。北海道立工業試験場報告(昭和37年), p. 110-114.
- ・————(1962b) レンガ・陶土管用粘土の調査試験(第2報) 東野幌地区。北海道立工業試験場報告(昭和37年), p. 115-

121.

吉村尚久・神山宣彦(1981) 新潟県羽津にみられるモンモリロナイトのハロイサイトへの変化. 鉱物学雑誌, vol. 15, 特別号, p. 210-

222.

(受付: 1982年7月6日; 受理: 1982年9月20日)