

短 報

南関東のテフラ層における波状帯の形成

—地震によるテフラの液状化と波状帯の形成および遺物の移動—

上本進二

1. はじめに

南関東には、立川・武蔵野ローム層¹⁾中に、テフラ層が波頭状の境界（以下波状帯とする²⁾をもって接している層準が数箇所ある。この地域の中心を占める相模野台地の顕著な波状帯は、下位より東京軽石層(TP)・第3黒色帯(B3)・始良 Tn 火山灰(AT)・ソフトローム(L₁S)の各層準に認められる(例えば、杉原：1983, 相模原市地形地質調査会：1984)。神奈川県西部ではソフトローム層準に、多摩丘陵・武蔵野台地ではソフトローム層準と武蔵野ローム層中・上部に顕著な波状帯が認められる。下総台地や静岡県西部ではテフラ層が薄い上に黒色帯も不鮮明なため、ソフトローム層準以外に波状帯は報告されていない。また相模野台地各遺跡の土層柱状図(図 1-1~12)に見られる波状帯は、スコリアに富む層と粘性の強いローム層が接している層準に集中している。とくにB3とL4の間の波状帯が最も顕著で、振幅が50cmを越える場所もある。これらの波状帯はテフラの堆積年代が寒冷期と一致することもあって、詳細な検討がされぬまま、周氷河インボリュージョンと解釈されている。

一方、南関東の諸遺跡においてテフラ層中の旧石器時代遺物は、当時の地表面上に整然と発見されることはなく、一般に40~80cm程のレベル差をもって検出される(加藤・鶴丸：1980)。このような遺物のレベル差をもたらした原因として、動物・植物・人間・周氷河作用・水・風・重力・粘土の膨脹収縮・地下水などによる攪乱が指摘されている(Wood & Johnson：1978)。このうち周氷河作用(霜柱を含む)・降雨(流水)・風および植物³⁾によって遺物の水平・垂直方向への移動がおりうることは実験的に確かめられている(御堂島・上本：1987, 1988, 上本・御堂島：1988)が、神奈川県西部~相模野台地~武蔵野台地にかけての広い地域の土層を波頭状に擾乱させるような大規模な攪乱の原因と遺物のレベル差をもたらした原因については、依然として詳細は不明である。

そこで寒冷気候以外に土層の波頭状の擾乱をひきおこす原因と、遺物のレベル差をもたらした原因について、従来指摘されてきたもの以外の要因について検討した。

2. インボリュージョンの定義と成因

インボリュージョンとは、「凍結作用による地層の不規則な変形、分布および相互貫入」と Sharp

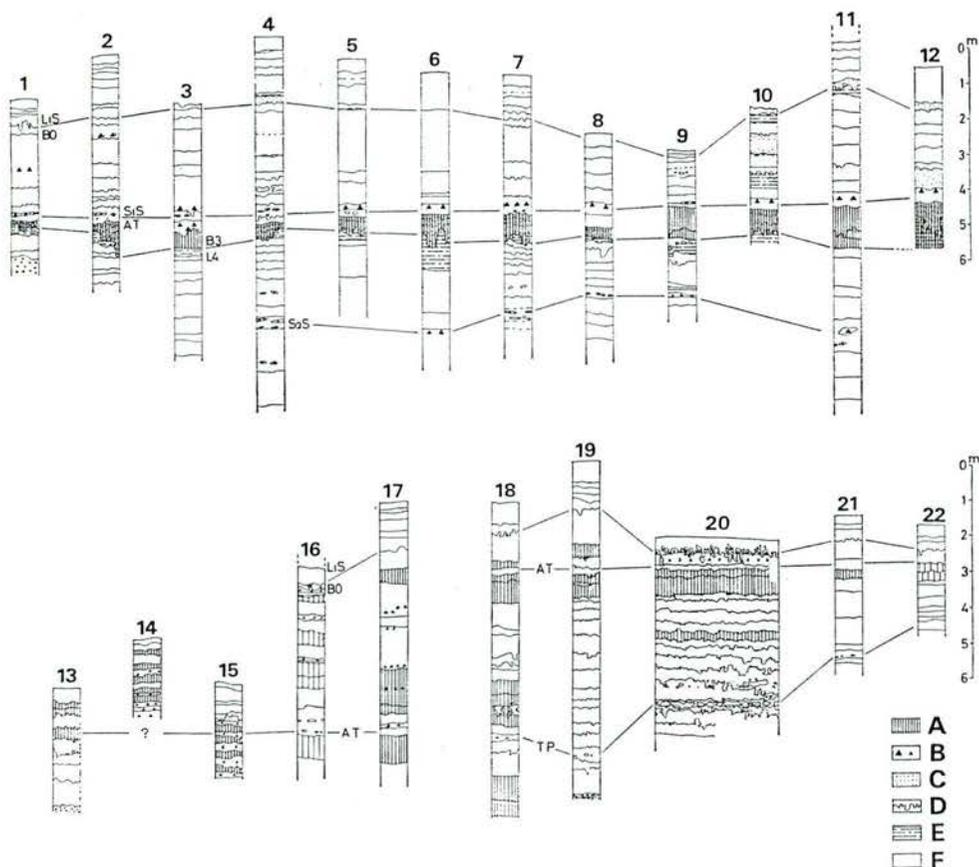


図1. 南関東諸遺跡の土層対比柱状図 (位置は図2参照)

A : 黒色帯 B : スコリア層 C : スコリアを多く含むローム層 D : 波状帯
E : 粘土質火山灰層(不透水層) F : ローム層

1 : 田名稲荷山, 2 : 栗原中丸, 3 : 柏ヶ谷長ヲサ, 4 : 早川天神森, 5 : 寺尾, 6 : 地蔵坂, 7 : 代官山,
8 : 根下, 9 : 受地だいやま, 10 : 下鶴間長堀, 11 : 長堀南, 12 : 上和田城山 (以上相模野台地),
13 : 広野北, 14 : 大谷津, 15 : 広合(以上静岡県), 16 : 砂田台, 17 : 日向南新田(以上神奈川県西部),
18 : 鈴木, 19 : 武蔵台, 20 : 根の上 (以上武蔵野台地), 21 : 馬の口, 22 : 新東京国際空港 No.14
(以上総台地)

上記の遺跡の調査報告書の基本土層・土層説明および砂田(1987)を参考に作製した。

Fig. 1. Colume sections of archaeological sites, in South Kanto.
(Localities are shown on the map of Fig. 2.)

A : Black band (1~12: The third Black band in Sagamino Upland.) B : scoria bed
C : scoria & loam bed D : Undulating zone E : clayey impermeable bed. F : loam bed
1 : Tana-inariyama 2 : Kurihara-nakamaru 3 : Kashiwagaya-nagaosa 4 : Hayakawa-
atenjinmori 5 : Terao 6 : Jizōzaka 7 : Daikanyama 8 : Neshita 9 : Ukechi-daiyama
10 : Shimotsuruma-nagabori 11 : Nagabori-minami 12 : Kamiwada-jyōyama (above in
sagamino Upland) 13 : Hirono-kita 14 : Ōyatsu 15 : Hiroooya (above in Shizuoka
prefecture) 16 : Sunadadai 17 : Hinata-minami-shinden (above in west part of Kanagawa
prefecture) 18 : Suzuki 19 : Musashidai 20 : Nenokami (above in Musashino Upland)
21 : Umanokuchi 22 : New Tokyo international airport No.14 (above in Shimousa Upland)

(1942)によって定義されてきた。最近では「堆積物の波状変形を示す構造という記載的な意味」と、「周氷河現象による凍結擾乱の一種という成因の意味」の二通りの意味で用いられており、後者をとくに周氷河（性）インボリュージョンと呼んで前者と区別することもある（小野：1981）。

周氷河インボリュージョンは北海道の洪積層をはじめ世界的にも寒冷な地域の寒冷な時代の層準に集中して見られることから、周氷河環境に関連させた研究がほとんどをしめる。しかし、最近、French (1986)・宮田 (1988) は密度逆転成層による重力擾乱によって周氷河インボリュージョン状の擾乱が形成される可能性を指摘している。これは、ローム層とスコリア層のように、組成・粒度・含水率の違いによって粘性が異なる層が、降雨や融雪水などによって過飽和状態になった場合、地震などが発端となって、重力による流動変形をおこし、周氷河インボリュージョン状の擾乱が形成されることを示す(図3)。したがって、寒冷気候下になくても、周氷河インボリュージョン状の擾乱は起り得ると考えられる（宮田：1988）。

このような状況から、波状帯の成因を論ずる場合、単に「インボリュージョン」という用語を用いると誤解を生ずる恐れがある。そこで本論では、周氷河作用による土層の凍結擾乱を「周氷河インボリュージョン」、成因不明の波頭状の擾乱を「インボリュージョン状の擾乱」、考古学土層における波状変形を「波状帯」として区別することにする。

3. 周氷河インボリュージョンの否定的証拠

小野(1969)による最初の報告以来、波状帯は周氷河インボリュージョンとして一般に解釈されてきた(例えば、町田：1977)が、波状帯が周氷河インボリュージョンであることを論じた文献は見当たらない。このように十分な検討もされないまま、約20年間も波状帯が周氷河インボリュージョンによるものと考えられてきたのは、波状帯が認められる層位の堆積年代が寒冷期に一致することと、地層の擾乱形態が酷似しているなどの理由で、便宜上『インボリュージョン』の語が使われ始め、やがて一般化したものと察する。

周氷河地形の研究から、氷期の南関東は周氷河インボリュージョンを形成するほどの寒冷気候下になかったと判断されている（小疇：1988）。日本周辺で現成の周氷河インボリュージョンが見られるのは中国東北地方のハルピン以北であり（小疇・岩田：1987）、化石周氷河現象も低地では日本の東北地方が南限である。それ以南では標高1,000 m（東北地方北部では500 m）未満の山地は氷期にも周氷河環境下に入ったことはないと考えられている（小疇：1988）。

南関東の土層中には、波状帯以外に周氷河作用をうけた痕跡、すなわちアイスウェッジカスト（化石氷楔）・化石礫質構造土・礫の立上がり・埋没アースハンモック等の化石周氷河現象が検出されていない。仮に南関東の波状帯が寒冷気候によるものであれば、北海道の十勝平野のように周氷河インボリュージョン以外の化石周氷河現象（礫の立上がり・クリオターベーションなど）が検出されるはずである（小疇・岩田：1987）。波状帯が南関東各地で報告されているにもかかわらず、その他の化

石周氷河現象が検出されないのは、波状帯の成因が他にあると考えるべきである。また、B3・ソフトローム層準のように寒冷化があまり著しくない時代の堆積層にも波状帯が認められている。とくに、B3層準は一般に化石土壌と考えられており（加藤・岡崎：1987）、AT層準と比べて寒冷化があまり激しくなかった時代の堆積層でありながら、相模野台地においては最も擾乱が激しい⁴⁾。さらに、南関東よりも緯度的には北に位置し、より寒冷な気候条件下にありながら、インボリューション状の擾乱が見られない地域が多い。

以上のように南関東における波状帯の形成は周氷河インボリューション以外の原因を考えるほうが合理的である。しかし、立川ローム層が堆積した時代は最終氷期後半の寒冷期であったことは確実で、凍上（霜柱を含む）などの周氷河現象は現在よりも盛んに発生していたと考えられている（鈴木：1966）。そして、凍上などによる遺物の水平・垂直方向への移動も、筆者ら（御堂島・上本：1987、上本・御堂島：1988）の実験で確かめられたように、確実に起こっていたと考える⁵⁾。したがって、南関東における最終氷期の凍上作用は、テフラの粒子単位の移動をおこしたにとどまり、周氷河インボリューションはおこらなかったと考えられる。

4. 地震によるテフラの液状化と波状帯の形成

これまで述べてきた波状帯の特徴をまとめると、①神奈川県を中心に南関東から静岡県西部にかけてとくに著しい現象であること⁶⁾、②テフラ層が厚く堆積している地域にとくに頻繁に出現すること、③報告例の多い相模野台地・武蔵野台地では立川ローム層・武蔵野ローム層中の特定の層準に認められること、④層相が著しく変化する二層間に介在することが多い、などの共通点があげられる。これらのことから、波状帯を形成した原因は、少なくとも武蔵野ローム堆積後、南関東から東海地方にかけて繰返し起こった現象によるもので、テフラを構成する物質の物理的性質に関連して生じたものと判断できる。そこで波状帯形成の原因として、地震とそれにとまなうテフラの液状化を想定し、その可能性について考察する。

日本列島は環太平洋造山帯に位置しており、世界有数の地震国である。なかでも大規模な地震がおこるのは、太平洋プレートが沈み込む千島海溝—日本海溝沿いの海域と、フィリピン海プレートが沈み込む相模トラフ—南海トラフ沿いの海域である（図2）。これらプレートの活動によって南関東にはマグニチュード7以上の地震が記録に残るものだけでも18回発生している（宇佐美：1975）。このように南関東はいわゆる地震の巣であり（図2）、記録に残る最古の地震である818（弘仁8）年の地震（宇佐美：1975）以前にも頻繁に大きな地震がおきていたことは確実である。たとえば、箱根の芦ノ湖には約1,050年前、1,600年前、2,000年前の3つの時期におこった地震に伴う地すべりによって杉の大木が湖底に水没していること（大木：1985）や、三浦半島の海食洞穴遺跡の堆積物に残されている落盤の跡（神沢：1973）、丹沢山地中部の箒沢付近でみつかった紀元元年頃の大規模山崩れ跡（中村ほか：1987）などの例はそのことを証明している。

最近、各地の遺跡で、噴砂をはじめとする地震の液状化現象の痕跡が次々に検出されている（例えば、寒川ほか：1987）。これは地震動に伴って、地下水で飽和した砂層・砂礫層・スコリア層・パミス層などの間隙水圧が上昇して、これらが地下水とともに地表に向かって噴き出す現象である。地盤の液状化は1964年の新潟地震の際にみられたように、沖積平野などの未固結の地層に起こりやすい（例えば、須長・熊木：1982）。また大磯丘陵のテフラ層においてもパミスが地震時に噴出した痕跡（パミスダイク）が認められている（上杉ほか：1985）。

テフラ層内にスコリア層とローム層のように著しく層相の異なる二層があって、さらにそれらが水をたっぷり含んだ過飽和状態にあった場合、二層は粘性の違いによって図3のような流動変形をおこす。図3—Aは上層が下層に比べて動粘度が高く、波長の短い波状変形を示す。この形態はソフトローム層準やTP層準の波状帯と類似する。図3—B・Cは上層が下層に比べて動粘度が同じか低い場合で、波長が長く複雑な形態の波状変形を示す。この形態はB3層準の波状帯と類似する。このような粘性の違いによって生じる波状帯の形態の違いは、土層の組成・粘度・含水率の差によって地域的に微妙な形態差をもたらすと思われる。

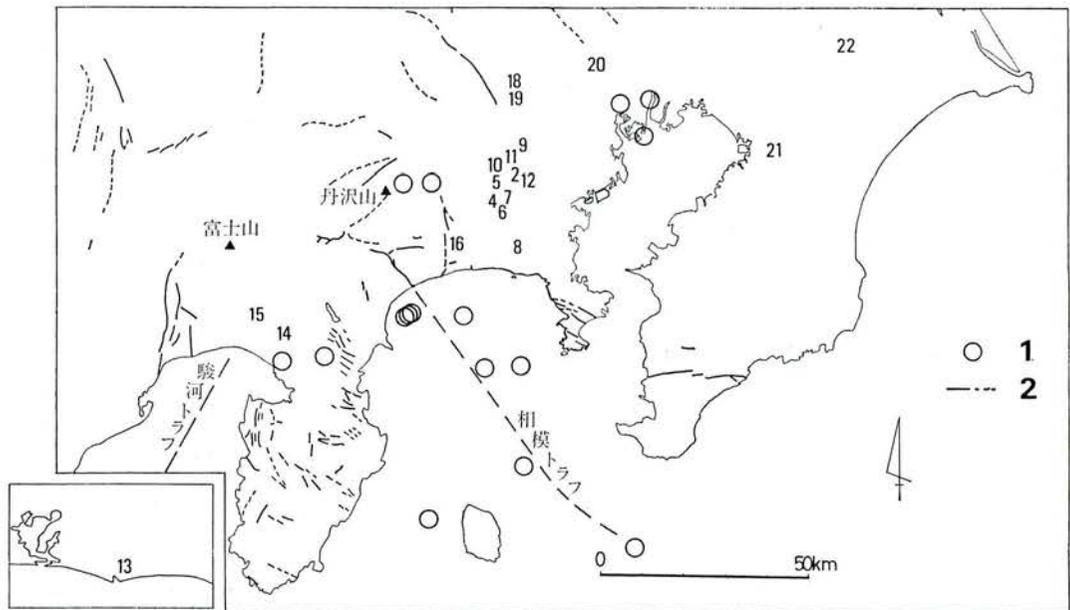


図2. 南関東の活断層および大地震の震源分布 (M7以上)

図中の数字は図1の遺跡の位置 1:震源地, 2:活断層 活断層分布は日本第四紀学会編(1987), 大地震の震源分布は活断層研究会(1980)による。

Fig. 2. The distribution of active faults and epicenters of large earthquakes (more than M7) in south Kanto.

1: epicenter. 2: active fault. Active faults are taken from Japan Association for Quaternary Research (1987) and epicenters from Research Group for Active faults (1980).

しかしスコリア層のように流動性に乏しい層が、短時間に著しく流動するためには、過飽和状態にあることのほかに、何らかの外力（たとえば地震動）を必要とする（宮田：1988）。この時テフラ層を過飽和状態にする要因として、集中豪雨・融雪水・凍土の融解などによる水の供給と、水を保持する不透水層（たとえば粘土質のローム層）が二層の下位に存在することが必要である（宮田：1988）。相模野台地の場合、B0・L4が不透水層となって直上のソフトローム・B3層準が過飽和状態になりやすい条件を作っている。そこに地震の震動のような衝撃が発端となって土層構成物質が流動変形し、波状帯が形成される可能性がある。

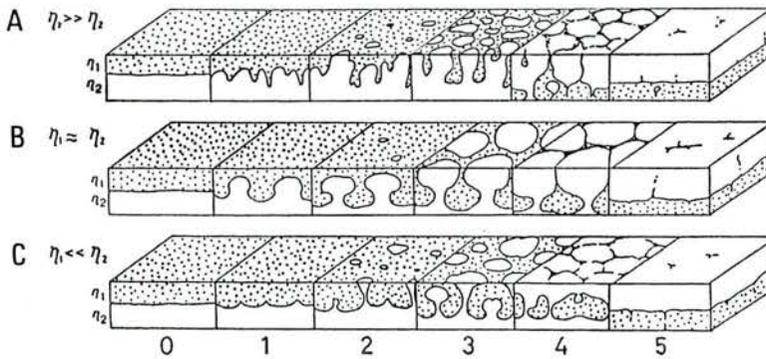


図3. 密度逆転成層による荷重変形モデル

η = 密度/粘性係数, η_1 = 上位層の動粘度, η_2 = 下位層の動粘度。Anketell *et al.* (1970) に一部加筆
 Fig. 3. Development of interface instabilities of sediment layers for different combinations of kinematic viscosities of overburden and buoyant layers (η_1 and η_2).

η : Density/Viscosity ratio. η_1 : Kinematic viscosities of upper bed.
 η_2 : Kinematic viscosities of lower bed. Added in part to Anketell *et al.* (1970)

5. 地震による地すべりの発生と波状帯の形成

地震によって特定のテフラ層が流動変形をおこし、波状帯を形成するほかに、地震に誘発されて発生した地すべりによってひきおこされる土層擾乱もある。その例として、今市地震(1949年)の際は白色粘土層、十勝沖地震(1968年)では八戸軽石層、伊豆大島近海地震(1978年)では古土壌上面のスコリア層、長野県西部地震(1984年)では白色軽石層が地震動によって地すべりをおこしており、それぞれすべりを起こした層は擾乱を受けている（国立防災技術センター：1985, Chigira：1982, 田中：1985）。このうち、伊豆大島近海地震の際に発生した地すべりでは、先行降雨(地震発生前にまとまった雨が降ること)によって水分を十分に含んだ地層が地震の震動によってすべりを生じ（Chigira：1982）、同時に土層擾乱がおこったと考えられる。

神奈川県西部の山北町平山には、伊豆半島丹那断層系に属する平山断層があり、約20,000～2400年前におこった5回の活動(地震)によってテフラ層に地割れ・すべり・崩れを生じている。この時期は丹沢・足柄山地の幾つかの崩積土の形成期ともほぼ一致している（上杉・木越：1986, 上杉・米澤：

1987)。このように南関東のテフラ層には地震による地割れ・すべり・崩れが何回も繰返し発生していたことが予想される。その際 3. で述べたように、不透水層の直上にすべりが集中する。そして、地すべりに誘発されて発生する土層擾乱によって波状帯が形成される可能性がある。

神奈川県秦野市の北金目台地にある砂田台遺跡⁹⁾では、立川ローム層最上部のスコリア層と直下のローム層との間にすべり(層すべり)が発生し、縄文時代早期の落し穴状土壌12基がほぼ水平に10~48 cm ずれていることが発掘調査によって明らかとなった(図4)。すべりをおこしたスコリア層は擾乱を受けて波状帯を形成しているので、地震に誘発されて発生した現象の可能性がある(宍戸・上本:1988b)。遺跡の立地する台地の傾斜角が2度20分と緩やかであるため、一般的な重力性の地すべりはおこりにくい。地層内の保水性は良い。そのため、神奈川県山北町の平山断層の活動に伴う地震で地層面に沿う地すべりが発生しているように(上杉・米澤:1987)、この地すべりも地震動に誘発されて生じた可能性が高い。砂田台遺跡のように層すべりの変位量が計測された例はこれまでにないが、すべり面の存在は、神奈川県西部のテフラ層で多数観察されている(例えば、上杉・木越:1987)。これらのすべり面は実際にすべりによる変位をおこしている可能性が高い。

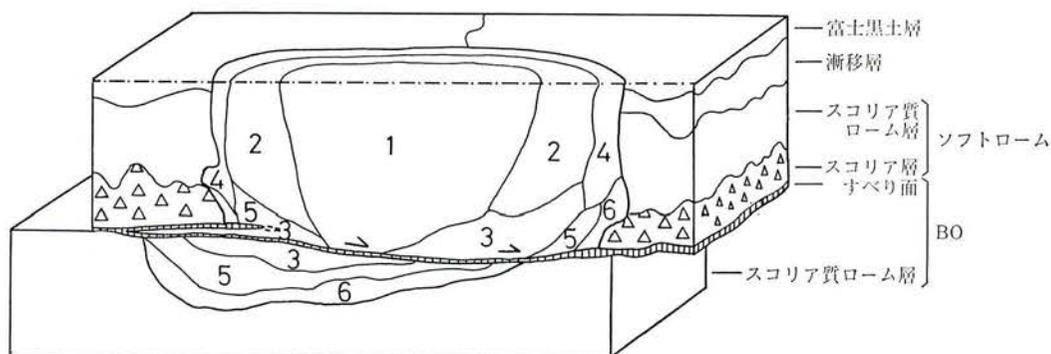


図4. 地すべり(層すべり)によって変位した縄文時代早期の土壌(神奈川県秦野市砂田台遺跡) 宍戸・上本(1988a・b)を一部改変、砂田台遺跡の位置は図2の16。

Fig. 4. Displacement of Johmon pit caused by land-slide, in Sunadadai site, Hadano City, Kanagawa Pref.

Rewrote Shishido・Uemoto(1988a・b) in part. The locality of Sunadadai site is shown as 16 in Fig. 2.

6. 波状帯の形成と遺物の移動

以上述べたように、従来周氷河現象とされてきた南関東のインボリューション状の土層の擾乱は、地震によるすべり発生時の土層擾乱、あるいは密度逆転成層による荷重変形によって形成されることが十分に考えられる。そして地震によって特定の層準に液状化が発生した場合、その層準に残された遺物も移動する可能性がある。

琵琶湖北西岸の北仰西海道遺跡⁹⁾では砂礫層まで達して掘られた溝状構造内に噴砂が発生して礫が最高10 cm 上昇移動しており、同遺跡の土壌墓内も最大径7 cmの亜角礫~亜円礫で満たされている。

これは液状化現象によって砂礫層中の砂とともに礫も移動したものである（寒川ほか：1987）。遺跡においてこのような礫の移動現象が検出された例はこの1件だけであるが、液状化によって最大径7 cmの礫を上昇移動させたということは遺物の移動に関して重大な影響を及ぼすことが予想される。ただし、最も液状化しやすい砂とともに上昇移動した例であって、これをそのまま関東地方のテフラ層中の遺跡にあてはめて考えることは無理であろう。しかしテフラ層が先行降雨によって十分に水を含んでいた場合、地震の震動によってひきおこされる土層の擾乱や、水を含むと流動しやすいパミスの噴出等によって、比較的軽い遺物が選択的に上昇移動する可能性はある。

謝 辞

本稿作製にあたり、明治大学の小崎 尚教授、都留文科大学の上杉 陽教授、筑波大学の松倉公憲助教授、地質調査所の寒川 旭氏、神奈川県立埋蔵文化財センターの白石浩之氏、鈴木次郎氏、御堂島 正氏、砂田佳弘氏、東京大学大学院の小島美香子氏に御指導および資料の提供を戴いた。また本論の内容は寒冷地形談話会（1988年7月例会）において、検討を加えて戴いた。記して感謝の意を表します。

註

- 1) 相模野台地における標準的な立川ローム層中には、B0～B5の6枚の暗色帯（黒色帯）とL₁S～L6の7枚のローム層、および相模野第1スコリア（S₁S）・始良 Tn 火山灰（AT）・相模野第2スコリア（S₂S）がある（矢島・鈴木、1976）。相模野台地のB2は武蔵野台地のV層（上位の黒色帯）に、B3～B4はVII～IX層（下位の黒色帯）にそれぞれ対比されている（白石・鈴木、1980）。
- 2) 小野（1969, 1970）は月見野遺跡群においてS₁S（相模野第1スコリア）の下位1mの層準（現在のB3）で土層の波頭状の擾乱を「波状」あるいは「波状部」の名称で報告している。最近ではソフトローム層準・AT層準の波状変形も含めて「波状帯」と呼ばれることが多く、本論でもこれに従う。
- 3) 植物は遺物の移動を抑制する働きと、生長によって遺物を移動させる働きがある。
- 4) 最終氷期の後半の亜氷期（最寒冷期）はAT降下後の18,000 y. B. P. にあったとされている（例えば、小崎：1988）。したがって、B3層準よりもAT層準のほうが寒冷期において地表面近くにあって凍結融解作用をより頻繁に受けたはずである。しかし実際にはB3層準のほうがAT層準よりも擾乱がはげしい。このことは、土層条件の違いが周氷河インボリューションによる土層擾乱の程度に差を生じたか、あるいは周氷河作用以外の別の要因によって波状帯が形成されたことを意味する。
- 5) 遺物の垂直移動に関する野外実験は現在実験を継続中であり、詳細は別稿で報告する予定である。

- 6) 北関東以北のインポリューション状土層擾乱については、周氷河インポリューションの可能性が高い(早田:1987)。
- 7) 本論では詳しい検討は省くが、集中豪雨によって特定のテフラ層が過飽和状態になると、間隙水圧の増加によって外力を加えなくても堆積物の流動は起こりえとされている(例えば、Washburn:1973)。したがって後氷期には気候の温暖化とともに豪雨も増加し、すべりや堆積物の流動が起こる可能性がある。しかしなんらかの外力を加えたほうが流動は起こりやすいという指摘もある(宮田:1988)。
- 8) 砂田台遺跡は大磯丘陵の北方の金目川と大根川に挟まれた、標高 51~55 m の厚いテフラ層よりなる北金目台地北端に位置している。
- 9) 北仰西海道遺跡は縄文時代~弥生時代にかけての集団墓が検出されている遺跡で、約 3,000 年前におこった地震時の噴砂によって固結度の弱い遺構の覆土に砂が噴きだしたものである(寒川ほか:1987)。

引用文献

- 上杉 陽・伊東谷生・歌田 実・染野 誠・澤田臣啓(1985) 大磯丘陵西部雑色~古怒田間に露出した衝上断層。関東の四紀 11:3-15.
- 上杉 陽・木越邦彦(1986) 富士黒土層の¹⁴C年代。雑誌火山第2集 31:265-268.
- 上杉 陽・米澤 宏(1987) 伊豆半島北縁平山断層の活動期。地震第2輯 40:122-124.
- 上本進二・御堂島 正(1988) 霜柱による遺物の地表面移動実験。旧石器考古学 36:1-11.
- 宇佐美龍夫(1975) 日本被害地震総覧。東京大学出版会:335.
- 宍戸信悟・上本進二(1988a) 砂田台遺跡。神奈川県立埋蔵文化財センター年報 7:20-23.
- 宍戸信悟・上本進二(1988b) 神奈川県秦野市砂田台遺跡の地すべりによる縄文土壌の変位。第四紀研究 27:191-196.
- 大木靖衛(1985) 箱根芦ノ湖の湖底木から見た小田原付近の巨大地震。月刊地球 7:426-430.
- 小野正敏(1969) 自然層・遺物遺構包含層・生活面。さがみの 1:2-6.
- 小野正敏(1970) 武蔵野ローム上部層の分層。さがみの 3:6.
- 小野有五(1981) インポリューション。町田 貞ほか編「地形学辞典」:23-24.
- 活断層研究会(1980) 日本の活断層:363. 東大出版会.
- 加藤晋平・岡崎里美(1987) 考古学の立場からみた土壌学。土壌学と考古学 博友社:45-70.
- 加藤晋平・鶴丸俊明(1980) 石器の基礎知識II。柏書房:163.
- 神沢勇一(1973) 間口洞窟遺跡一本文篇 神奈川県立博物館発掘調査報告書 7:1-35.
- 小疇 尚・岩田修二(1987) 氷河・周氷河現象。日本第四紀地図解説 日本第四紀学会編 東大出版会:74-79.

- 小疇 尚 (1988) 第四紀後半の日本の山地の地形形成環境. 第四紀研究 26 : 255-263.
- 国立防災技術センター (1985) 昭和59年 (1984年) 長野県西部地震災害調査報告. 科学技術庁 : 141.
- 相模原市地形地質調査会 (町田 洋・森脇 広・高橋真理・久保純子・吉永秀一郎) (1984) 相模原の地形・地質. : 57.
- 寒川 旭・佃 栄吉・葛原秀雄 (1987) 滋賀県高島郡今津町の北仰西海道遺跡に認められた地震跡. 地質調査所 地質ニュース 390 : 13-17.
- 白石浩之・鈴木次郎 (1980) 相模野台地の火山堆積物と遺跡. 考古学ジャーナル 178 : 21-26.
- 杉原重夫 (1983) 後期更新世の自然環境. 季刊考古学 4 : 25-28.
- 鈴木秀夫 (1966) 日本における凍結融解交代日数の分布. 地理学評論 39 : 267-270.
- 須長博明・熊木洋太 (1982) 地震地盤災害と地形分類. 国土地理院時報 56 : 24~31.
- 砂田佳弘 (1987) 相模野台地=関東ローム層対比柱状図. 石器文化研究会発表要旨.
- 田中耕平 (1985) 長野県西部地震における斜面崩壊の特徴. 土と基礎 33-11 (334) : 5-11.
- 中村一明・松田時彦・守屋以智雄 (1987) 日本の自然1—火山と地震の国. 岩波書店 : 338.
- 日本第四紀学会編 (1987) 日本第四紀地図. 東大出版会.
- 早田 勉 (1987) テフラに認められるインボリュージョンの層位と年代. 寒冷地形談話会11月例会発表要旨 : 24-25.
- 町田 洋 (1977) 火山灰は語る. 蒼樹書房 : 249.
- 御堂島 正・上本進二 (1987) 遺物の水平・垂直移動—周氷河作用の影響に関する実験的研究. 神奈川考古 23 : 7-29.
- 御堂島 正・上本進二 (1988) 遺物の地表面移動—雨・風・霜柱・植物の影響について. 旧石器考古学 37 : 5-16.
- 宮田雄一郎 (1988) 密度逆転層による周氷河インボリュージョンの形成. 第四紀研究 26 : 373-391.
- 矢島國雄・鈴木次郎 (1976) 相模野台地における先土器時代研究の現状. 神奈川考古 1 : 1-30.
- Anketell, J. M., Cegra, J. and Dzulynski, S. (1970) On the deformational structures in systems with reversed density gradients. Roczn. Towarz. Geol. Ann. Soc. Geol. Pol. 40 : 3-29.
- Chigira, M (1982) Dry debris flow of pyroclastic fall deposits triggered by the 1978 Izu-Oshima-Kinkai earthquake: The "collapsing" landslide at Nanamagari, Mitaka-Iriya, southern Izu peninsula. Journal of Natural Disaster Science Vol. 4. No. 2 : 1-32.
- French, H. M. (1986) Periglacial involutions and mass displacement structures, Banks Island, Canada. Geogr. Ann. 68 A, (3) : 167-174.
- Sharp, R. (1942) Periglacial involutions in northeastern Illinois. Jour. Geol. 50 : 113-133.
- Whashburn, A. L. (1973) Periglacial processes and environments. Edward Arnold, London :

320.

Wood, W.R. and Johnson, D.L. (1978) A survey of disturbance processes in archaeological site formation. in *Advances of Archaeological Method and Theory* Vol. 1: 315-338.

**The Formation of Undulating Zones in Tephra Beds
in South Kanto, Central Japan.**

—Liquefaction of tephra, formation of undulating zones,
and movement of relics caused by earthquakes.—

Shinji UEMOTO

The archaeological center of Kanagawa Prefecture, Nakamura-cho 3-191-1,
Minami-ku Yokohama, 232 Japan

There are undulating zones in tephra beds in South Kanto. In Sagamino Upland, they can be seen particularly in the third black band (B3) and "soft loam" in Tachikawa loam (Fig. 1). It has long been interpreted that these zones were formed by periglacial involution. However, there is no evidence that the climate of South Kanto turned cold enough to form periglacial involution in glacial age. Therefore, I examined another possible factors of forming undulating zones except for that cold climate.

Undulating zone in the third black band, lies between scoria bed (upper) and loam bed (lower). The facies of these beds show a great difference in quality, especially in tightness and viscosity. And there is clayey impermeable bed under these beds (Fig. 1).

Miyata (1988) pointed out the possibility of involutinal deformation being formed by the gravity deformation caused by reversed density stratification. In other words, when stratifications different in density, such as scoria and loam beds, become saturated, involutinal deformation would be formed by liquefaction caused by earthquake shaking. That is, the cold climate is not always an indispensable factor according to him.

In Sunadadai Site, trap-pits of Jōmon Period are displaced by landslide (sliding of bedding plane) which is supposed to be induced by earthquakes, and in consequence of that, scoria bed right above the sliding plane, is deformed into undulating zone (Fig. 4). In this way, undulating zones are supposed to be formed by liquefaction of tephra and / or landslide induced by earthquakes, and gravity deformation, caused by reversed density stratification.

Moreover, gravels of max. 7 cm in diameter are raised up 10 cm with the sandboilings by earthquake shaking (Sangawa, et. al., 1987). This phenomenon suggests the possibility that the localities in South Kanto where paleolithic age artifacts were found may have been influenced by the phenomena induced by earthquakes.