

論文

岡山県川上町における成羽層群の微小屈曲構造と地すべり移動の痕跡

横田修一郎*・杉山 光正**

Micro folds of the Triassic Nariwa Group and old shallow slides on slopes
in the Kawakami area, Okayama, Japan

Shuichiro Yokota* and Terumasa Sugiyama**

Abstract

Hill slopes in the Kawakami area, Okayama are known to be susceptible to landslide. The slopes consist of the Triassic Nariwa Group, which contains thin coal layers. Dips and strikes of the Nariwa Group change from place to place, and because of this complicated structure, many recent surface landslides overlap on tectonically deformed structures.

Characteristic minor folds of alternating beds of sandstone and mudstone are well recognized on hilly slopes. They are regarded as structures formed by surface sliding. These have following configurational characteristics: they tend to appear in restricted layers, have close folds, and axial planes of folds are almost horizontal. Based on the topographic situation that slopes containing minor folds are deeply eroded, they are regarded as remnants of old structures. Gently dipping bedding planes of minor folds may have influenced recent landsliding on slopes by forming potential sliding planes.

Key words: Folds, Nariwa Group, Coal, Landsliding, Non-tectonic structure, Okayama

はじめに

岡山県中部の成羽町から川上町にいたる丘陵は地すべり多発地帯として知られており(中国四国農政局計画部, 1964; 岡山県, 1978; 岡本・田中, 1990), 標高 200~350 m の丘陵緩斜面には多くの地すべり指定地が設定されている(第 1 図). ここでは地すべり跡を示す多くの凹状緩斜面が見られるとともに, 指定地内では最近でもすべり移動による変状が報告されている(宝谷他, 1997; 田中, 1999; 井上他, 1999). 丘陵は主に傾斜したトリアス系成羽層群の砂岩・泥岩層で構成され, これに特徴的に含まれる石炭薄層ないし炭質泥岩層が地すべり発生の地質的素因をなすと考えられてきた(宝谷他, 1997; 田中, 1999; 井上他, 1999 など).

わが国の代表的なトリアス系である成羽層群では, 層序, 堆積環境, 地質構造など様々な研究が古くからなされてきた(小澤, 1924; 大石, 1931; 河合, 1957; 寺岡, 1959; 徳山, 1960 a, b; 藤本他, 1994 など). ただし, NE-SW の軸をもつ基本向斜構造が確定されたのは 1980 年代になってからであり(鈴木他, 1990 など), これは, 層理面の走向・傾斜が場所によって頻繁に変化するためであった.

この地域では上述した地すべり地形や変状とともに, 比較

的最近と推定される表層すべりの痕跡が露頭としても認められる(横田他, 1998). このことから, 走向・傾斜の頻繁な変化はテクトニックに形成された向斜構造に加えて斜面表層での地すべり移動による乱れが多数存在するためと解釈できる(横田他, 1998).

しかしながら, 走向・傾斜の変化を詳細に調べていくと, 小規模ながら他の方向の背斜状・向斜状の構造も存在し, 複雑な地質構造は必ずしも現在の地すべり移動を考慮するだけで説明できるものではない. そうした小規模地質構造の 1 つに幅数 m から 10 数 m の屈曲構造がある(横田・杉山, 2000). 筆者らは, 表層の層理面の乱れとともにこのような微小屈曲構造を川上町の安成川上流域(第 1 図に示す研究地域)で調べてきた. 概要はすでに報告しているが(杉山・横田, 2000), 以下では得られた構造形態とともに現在の表層地すべりとの関係について検討する.

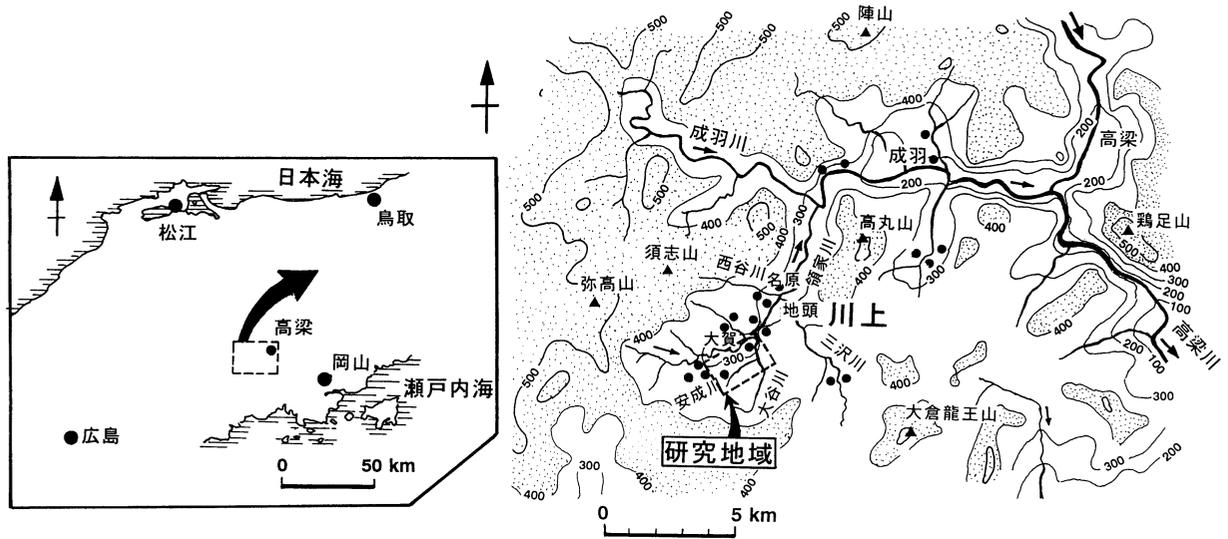
成羽層群の地質構造と安成地すべり地

第 2 図に対象とした安成川上流域における基盤の地質構成を示す. この地域は領家川と安成川に挟まれており, 中央の尾根は NE-SW 方向に伸びている. 領家川および安成川は下流で合流したのち北東方に流下し, 高梁川支流の成羽川に注いでいる.

この地域の成羽層群は砂岩・泥岩互層を主体とするが, それらは大きく砂岩優勢層と泥岩優勢層に分けることができる. 図の南部には層序的に最下位となる砂岩優勢層が広く分布している. 安成地すべり地を含む安成川上流域の丘陵斜面

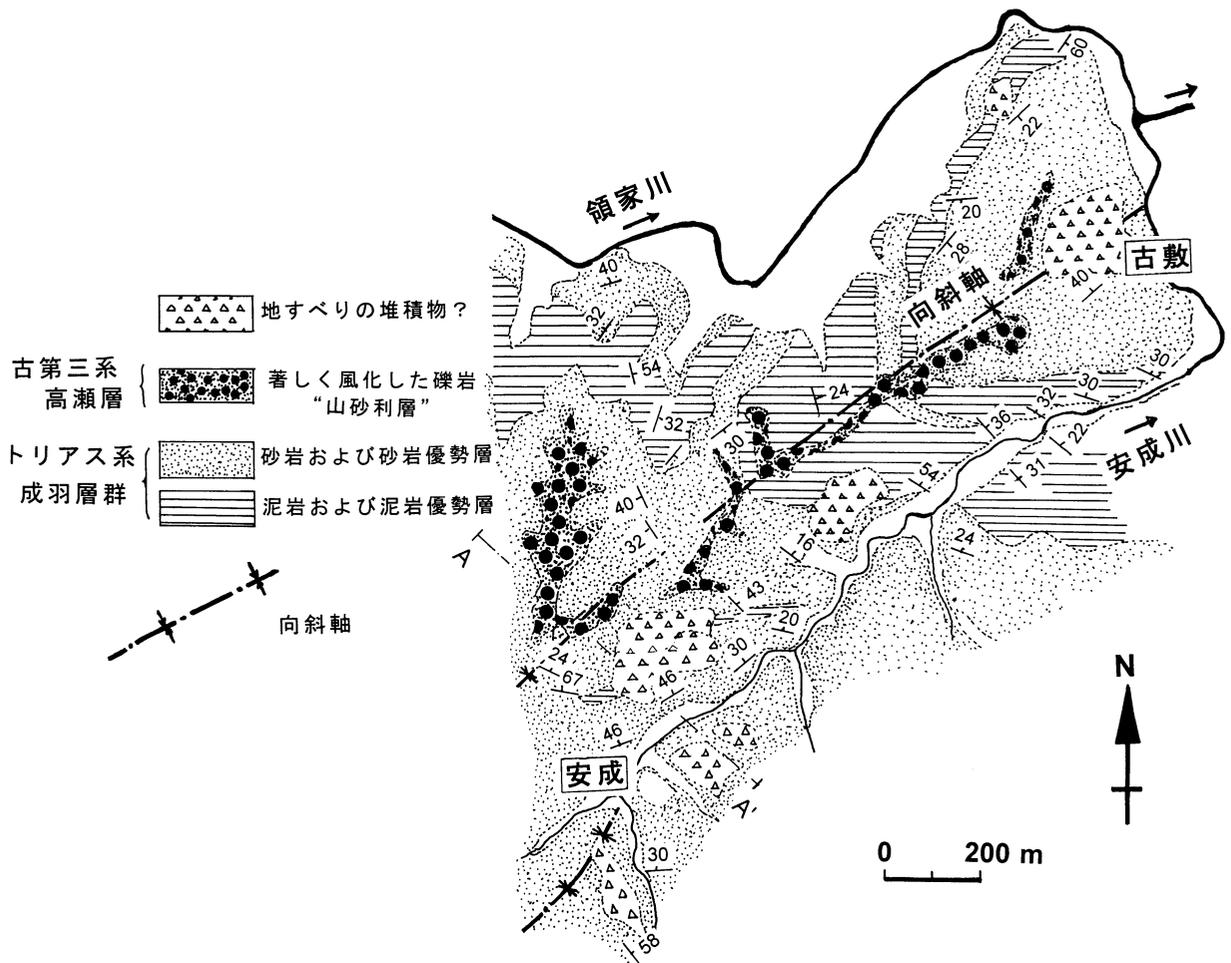
* 島根大学総合理工学部地球資源環境学科
Department of Geoscience, Shimane Univ., 1060 Nishikawatsu, Matsue 690-8504, Japan.

** 島根大学・総合理工学部(現在, 復建調査設計(株)東京支店)
Present address: Fukken Co.Ltd., Tokyo Office, FGEX-Iwamotocho Bldg., Iwamoto-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0032, Japan.



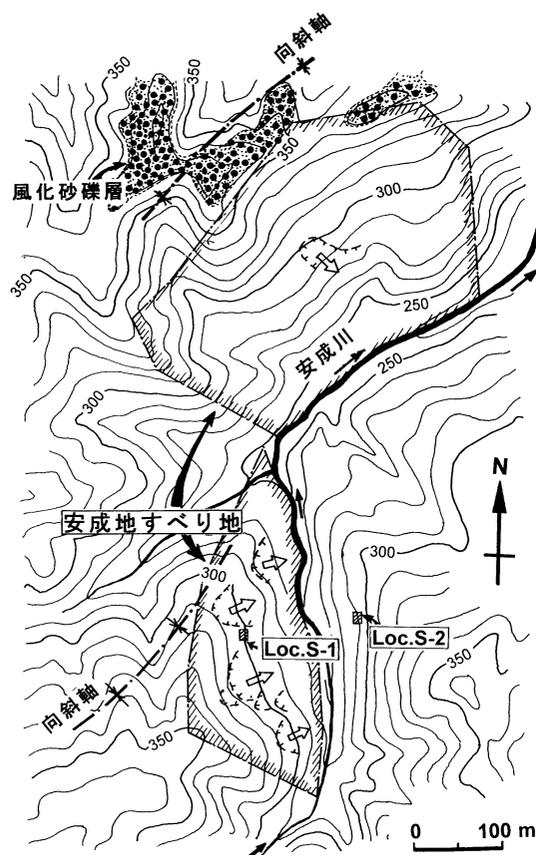
第1図 岡山県中部川上町の研究地域。安成川の上流地域に相当。

地すべり指定地(内山他, 1992等による)の位置を黒丸で示している。また、地形図中には標高400m以上の範囲を点々で示している。

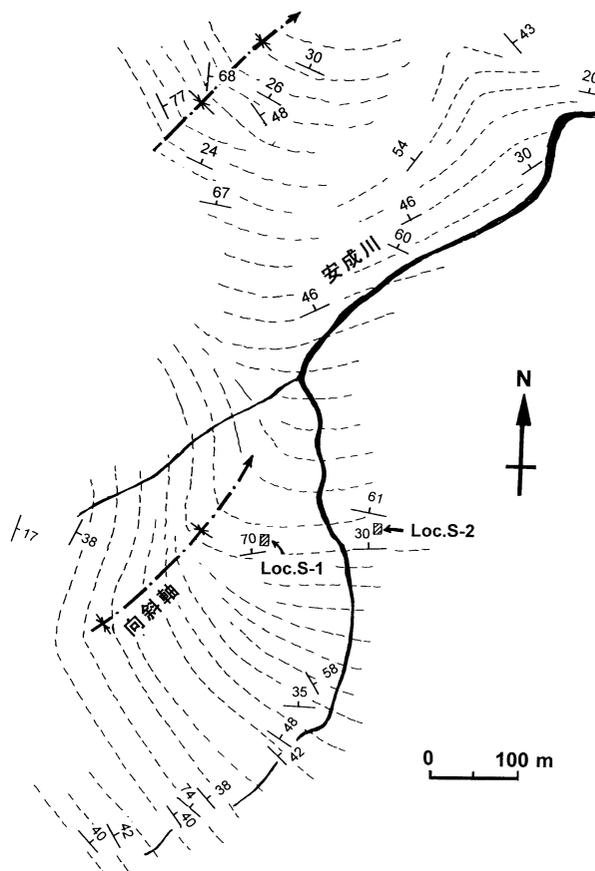


第2図 領家川と安成川に挟まれた地域の地質構成。

領家川と安成川に挟まれてNE-SWに伸びる尾根はほぼ成羽層群の向斜軸部に相当する。「古敷」、「安成」は地すべり指定地。



第3図 安成地区における地すべり指定地の範囲と周辺の地形。「安成地すべり地」は安成川に面した斜面のうち、北側と南側の2箇所に分かれて指定されている。南側指定地を中心に小規模な滑落崖が認められる。Loc.S-1、Loc.S-2は後述する微小屈曲構造(第8図)の位置。



第4図 安成地区周辺における成羽層群の層理面の走向・傾斜と走向線図。Loc.S-1、Loc.S-2は微小屈曲構造(第8図)の位置。

ほぼこの砂岩優勢層によって構成されている。大部分は砂岩・泥岩互層をなし、厚さ数10cm以下の石炭薄層を多数含んでいる。砂岩は粗粒～中粒砂岩が主体である。ただし、安成川左岸の斜面や尾根付近には砂岩・泥岩互層でも一部泥岩優勢の部分が挟まれている。

最下位の砂岩優勢層の上位には泥岩優勢層が分布し、これは領家川右岸から尾根を横断して安成川下流方に伸びている。砂岩がレンズ状に挟まれているところが多く、泥岩優勢ながら砂岩・泥岩互層をなしているところも多い。

この上位は再び砂岩優勢層となり、領家川と安成川の合流点付近に分布している。これには石炭薄層はほとんど含まれていない。古敷地すべり地がこの分布域に位置している。

河床部や河川沿い道路法面に現れている砂岩、泥岩は比較的硬質であるが、丘陵斜面では概して風化しており、泥岩の多くは軟質化している。とくに石炭薄層を含んだ泥岩には著しく軟質化しているものが多い。

測定した成羽層群の層理面の走向・傾斜に基づく、NE-SWに伸びる丘陵稜線に沿って同方向に軸をもつ向斜構造が推定される。これは前述した成羽層群の基本向斜構造の南西端に相当する。軸の南西延長は不明瞭であるが、この軸から

南東に約300m離れた安成川沿いにも同方向の向斜軸が推定される(第2図)。

成羽層群の分布域は、広域的には吉備高原の一部であり、標高300～350mに地形的定高性が認められる。安成地区においても地形的定高性に対応して稜線上には古第三系の礫岩(高瀬層とよばれている。著しく風化しているため単に“山砂利層”とよばれることも多い)が成羽層群を不整合で覆うかたちで分布している。礫岩の基底面は北側に緩く傾斜している。

丘陵斜面の一部は凹状緩斜面をなし、そのような斜面上に古敷、安成などの地すべり指定地が設定されている。斜面上には砂岩・泥岩由来の角礫が散在していることから、かつての地すべり堆積物や崖錐堆積物が緩斜面表層を構成していると推定される。

第3図には第2図のうち安成地すべり地の範囲とその周辺の地形を示す。安成地すべり地は安成川に面した丘陵斜面に南北2カ所に分かれて指定されている。その一部で明治以降地すべり活動が報告されており、最近では昭和51年度に斜面下部で斜面崩壊が発生した(岡本・田中, 1990)。これらが具体的にどのように形状・規模で発生したのかは明らかで

はないが、地形的には小規模ながら滑落崖が南側指定地内を中心いくつか認められることから(第3図)、最近のものは小規模な表層の地すべりによるものと推定される。

成羽層群の走向・傾斜と微小な構造変化

成羽層群の地すべりは石炭薄層とともに地質構造とも深くかかわっていることから、安成地区において層理面の走向・傾斜を多数測定し、それら測定値をもとに走向線図を作成した(第4図)。これに示すように、NW-SEの軸をもって北東方にプランジした向斜構造がこの地域の地質構造の基本であることが分かる。プランジは図中の北東部では 30° 前後であるが、南西部では大きくなり、 40° 以上となっている。全般に走向・傾斜のパラッキは大きく、向斜構造の形態も単純ではない。たとえば、走向線図上には北東端部分などに上記の向斜構造にほぼ直交する方向の小規模な緩い undulation も認められる。

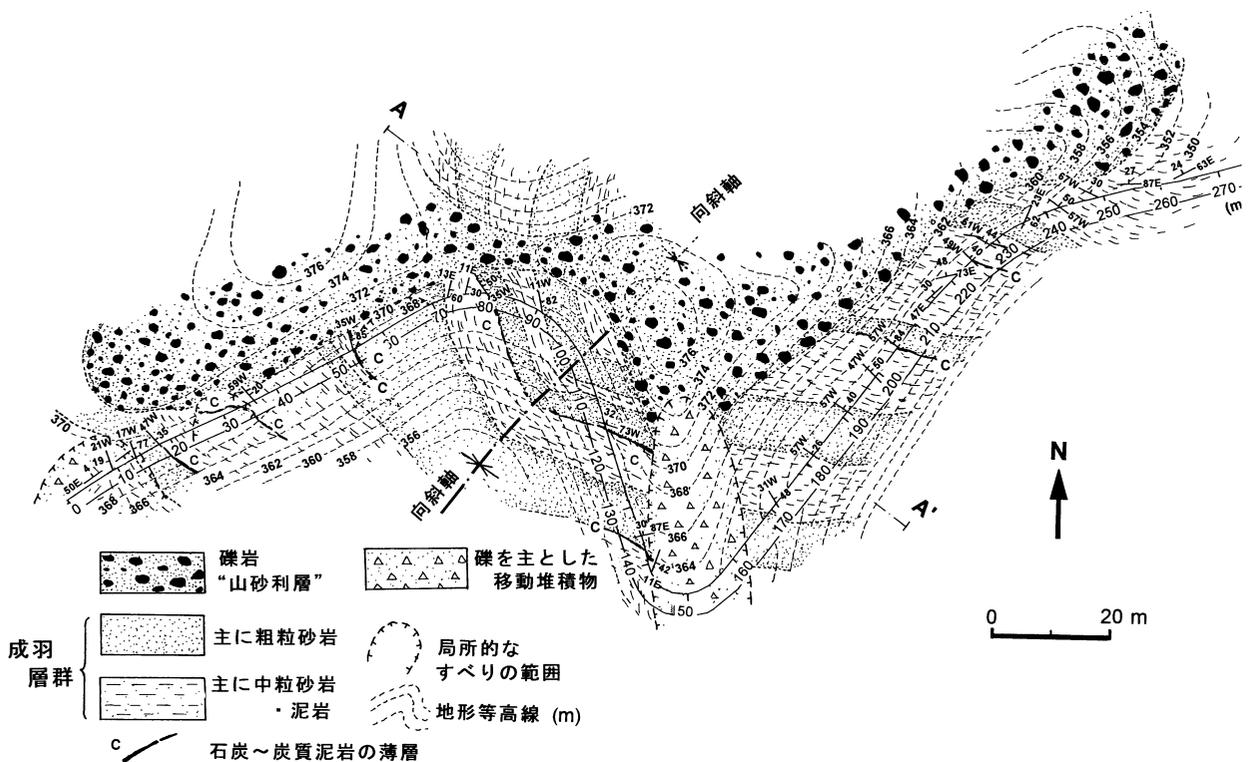
安成地すべり地をこのような成羽層群の地質構造と対応させると、地すべり地は全体として向斜構造の南東翼部に相当する。したがって地すべり地では丘陵斜面と層理面は全体として受け盤に近い構造関係をなしている。ただし、詳細にみると、北側指定地では明らかに受け盤となるが、南側指定地では向斜構造が北東方向に大きくプランジしていることを考慮すると流れ盤に近いところもある。

第5図は安成地すべり地背後の山稜部を通る道路沿いの地質分布である。また第6図はこれのもとになった道路法面の地質スケッチである。標高 $350\sim 380\text{ m}$ 、全長約 270 m の道路法面は最大高さ約 3 m にすぎないが、成羽層群の砂岩・泥岩がほぼ連続して現れている。砂岩・泥岩互層には多くの石炭薄層が挟まれており、図中ではこれを黒色太線で示している。

道路に沿っては局所的な表層崩壊や地すべり跡がいくつか認められる。このため、層理面の走向・傾斜は $20\sim 30\text{ m}$ の狭い範囲内でも頻繁に変化している。 $10\sim 30^\circ$ の低角を示す部分は局所的な崩壊や地すべり移動に伴うものと推定され、とくに距離 30 m 付近や 140 m 付近の低角部は地形的位置からみてもこうしたすべりによるものと考えられる。これ以外にも微小な屈曲構造などが認められる。石炭薄層に沿った砂岩層は多くの場合角礫化している。

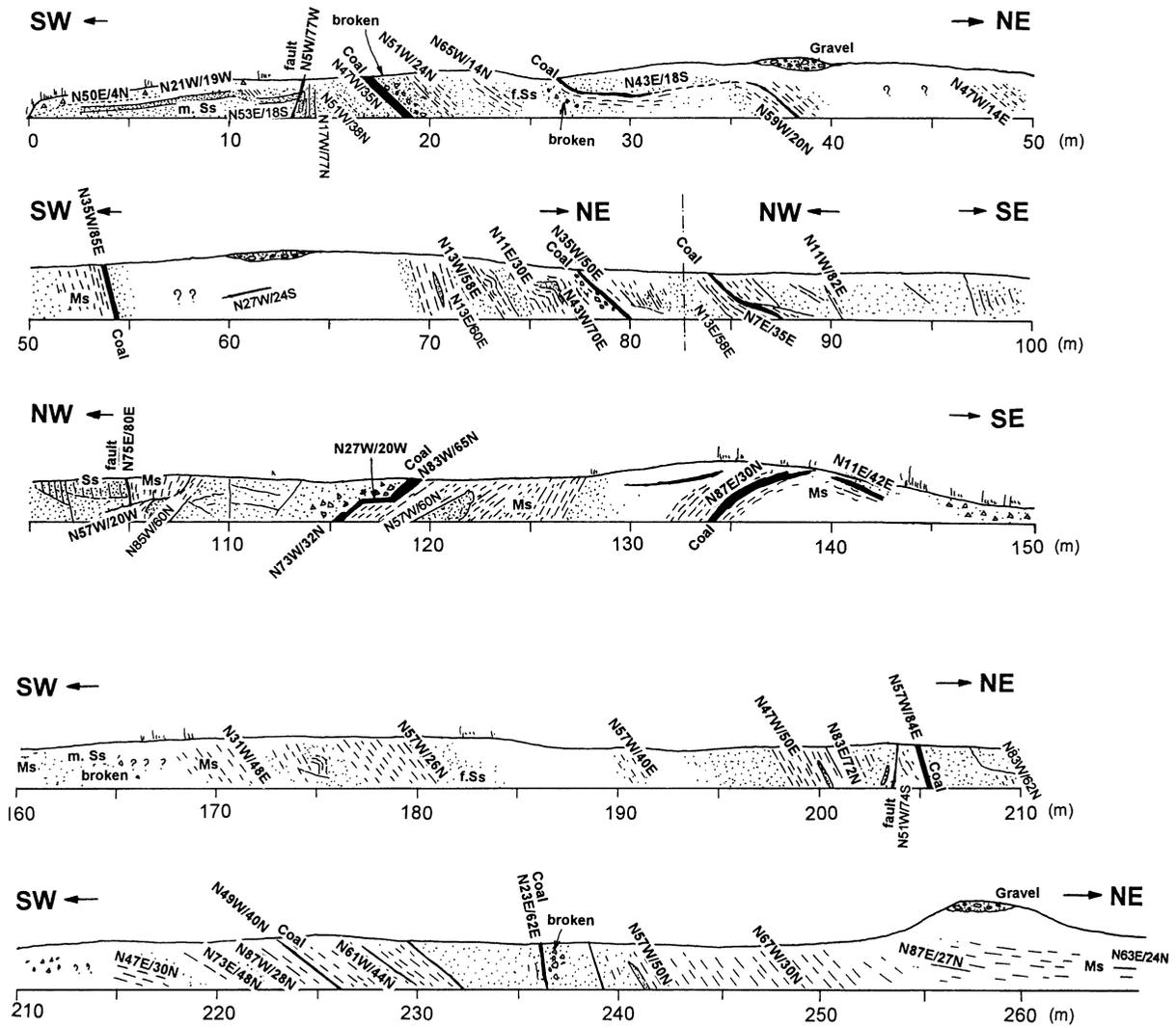
砂岩、泥岩は比較的硬質であっても褐色化し、風化しているところも多い。また、石炭薄層はほとんど軟質化しているのが特徴である。

距離 $70\sim 120\text{ m}$ 間で走向・傾斜の変化をみると、パラッキは大きいものの、 100 m 付近にNE-SWの向斜軸が推定され、ここでは広域的にみた向斜構造の軸部付近の形態を表している。これをNW-SE方向に横断する地質断面図を第7図に示すが、狭い範囲で大きくシェブロン状に屈曲していることが分かる。その結果、表層では走向・傾斜の変化は大きく

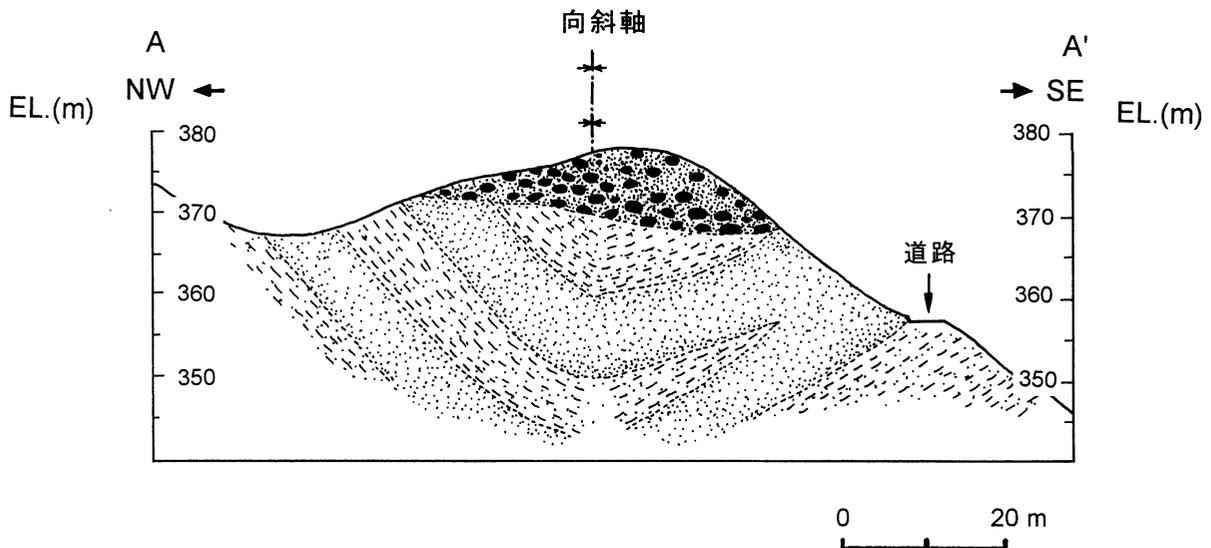


第5図 安成地区背後の稜線部道路沿いの地質分布。

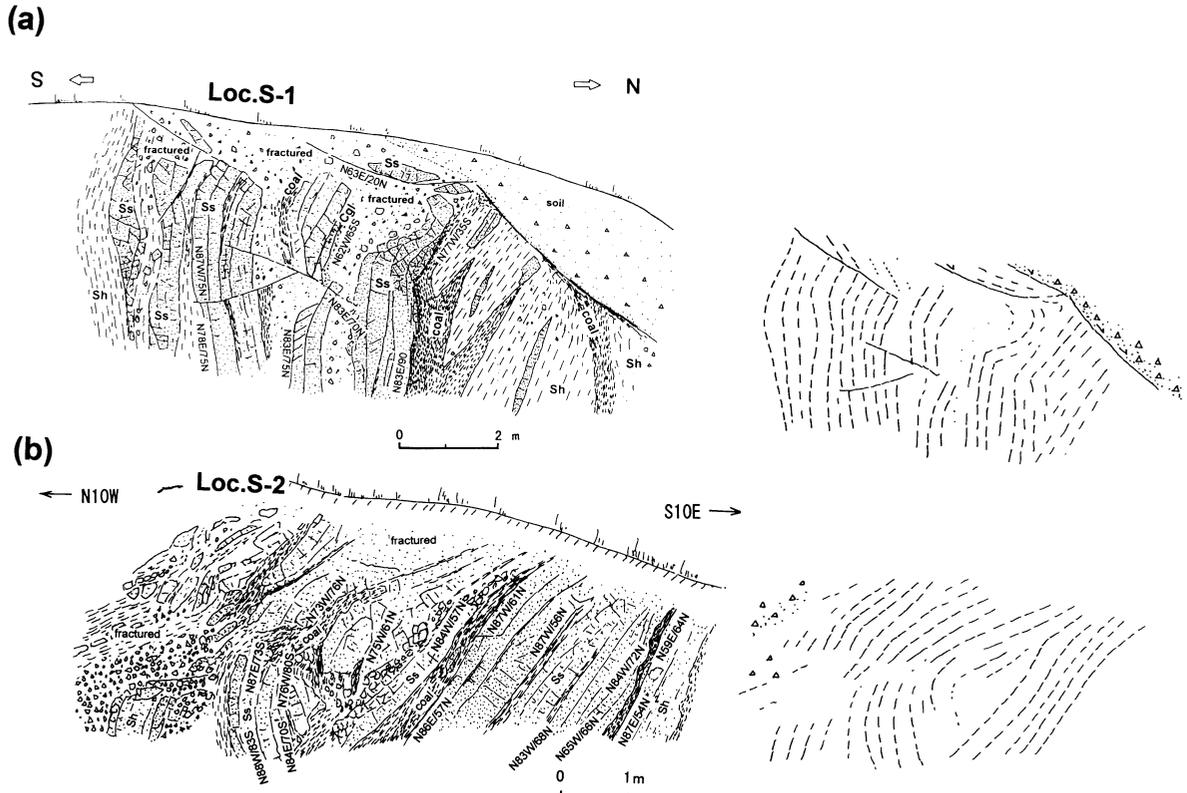
地質分布は第6図の岩相分布と走向傾斜に基づいて作成した。主に成羽層群の粗粒砂岩を主体とした部分と中粒砂岩・泥岩を主体とした部分より構成されている。石炭薄層は黒い太線で示している。道路盤より少し高いところに礫岩(山砂利層)と成羽層群の不整合面が存在する。道路に沿った数字(0~270 m)は起点(左端)からの距離を示す。A-A'の地質断面図を第7図に示す。



第6図 安成地区背後の道路法面(連続露頭)における成羽層群の岩相と層理面走向・傾斜の変化。地層の屈曲などの微小構造が認められる。Ss:粗粒砂岩, mSs:中粒砂岩, fSs:細粒砂岩, Ms:泥岩, Coal:石炭薄層。数字はいずれも層理面の走向・傾斜。道路法面の位置と距離は第5図参照。



第7図 向斜軸を横断する地質横断面図A-A'。断面位置は第5図参照。岩相の凡例は第5図と同じ。



第 8 図 安成地すべり地における微小屈曲構造の例。

(a) Loc. S-1, 安成川西側, (b) Loc. S-2, 安成川東側. 右側はそれぞれの層理面の全体のトレンドに示しており, (a) では右側に凸の, また (b) では左側に凸の屈曲構造が認められる. Loc. S-1, Loc. S-2 の位置は第 3, 4 図および第 9 図参照.

様々な方向をなすように見えるが, 全体としてはやはり向斜構造をなしていることが分かる. 逆にいえば, 地表露頭における成羽層群の走向・傾斜はテクトニックな構造に表層すべり等が多く加わっているため, 複雑化しているといえる.

本道路沿いには成羽層群とそれを覆う礫岩との不整合面がいくつか確認される. これらは第 6 図に示すように明らかに傾斜不整合をなし, したがって, 上記の向斜構造は基本的にはこれらの堆積以前の構造, すなわち古第三紀以前に形成された構造である. ただし, 礫岩の基底面は北東に向かって緩やかに低下していくことから, 礫岩もその堆積以降に多少テクトニックな変形を受けている可能性もある.

成羽層群中の微小屈曲構造

斜面表層の成羽層群中には, さらに数 m ~ 10 m 前後の規模で屈曲した地質構造が認められることがある. こういった構造の存在はこれまでも指摘されてきた (例えば, 内山他, 1992; 横田他, 1998). 安成地区で確認されたそのような例を第 8 図に示す. 第 8 図 (a) は南側指定地の民家裏に見られるものであり (Loc. S-1), 同 (b) は安成川を挟んでそれとほぼ対岸の道路法面にみられるものである (Loc. S-2). それぞれの位置は第 3 図に示している.

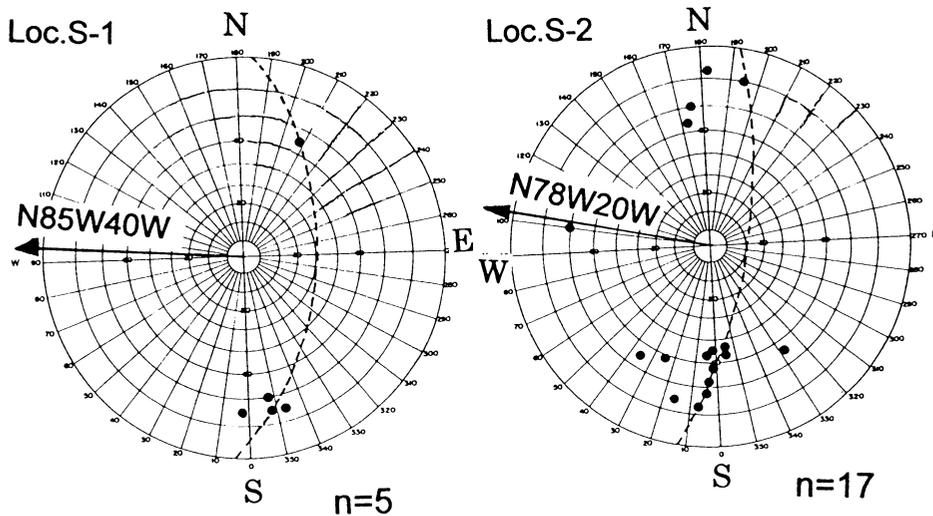
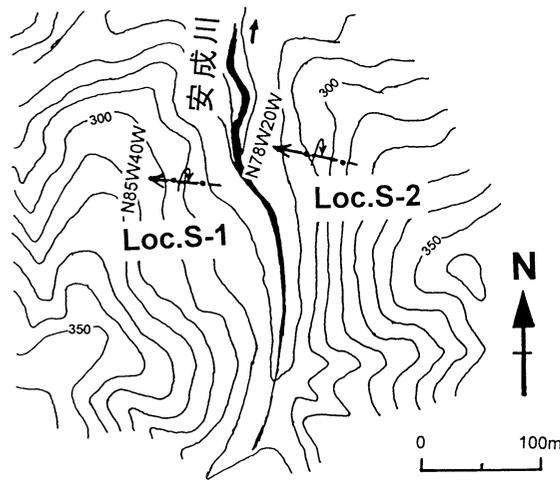
Loc. S-1 は標高約 300 m で東向き, 幅約 8 m で高さは約 3

m である. 砂岩・泥岩互層よりなり, 石炭薄層を多数挟んでいる. ほぼ $70 \sim 80^\circ$ に傾斜した地層が斜面上方で屈曲している. 屈曲した砂岩層中には層理面に直交したクラックが発達している. また, 泥岩は破碎し, 軟質化している. 層理面が確認できないほど破碎している部分もある.

Wulff net 上で屈曲軸を求めると, $N 85^\circ W$ 方向で 40° 前後で西にプランジした構造であった (第 9 図). また第 8 図に示すように軸面は水平に近い. この付近の成羽層群は広域的には $N 40 \sim 60^\circ W / 40 \sim 50^\circ N$ であることを考えると, この屈曲は 10 m 前後の範囲内に限定された局所的な屈曲構造と推定される.

一方, Loc. S-2 は安成川右岸の標高約 290 m で西向き, 幅約 16 m で高さは約 5 m である. こちらも砂岩・泥岩互層で石炭薄層を挟んでいる. 石炭薄層は露頭の南端では厚さ約 10 cm であるが, 北にいくにつれて厚くなっている. 破碎の程度も北にいくにつれて著しくなっているようである. 本屈曲構造についても屈曲軸を求めると, $N 78^\circ W$ 方向で西に約 20° プランジであった. これも軸面は水平に近い (第 8 図).

いずれの屈曲構造も一定範囲内の地層に限られ, それらより下位の層準では見られない. 屈曲は鋭角的であり, 軸面は大きく傾斜しているのが特徴である. また, 屈曲部分は破碎され, 炭質泥岩部分では著しく軟質化, また砂岩部分では破断されている. このように, 2 箇所の微小屈曲構造は形態的



第9図 安成川を挟んだ2つの微小屈曲構造と屈曲軸の方向。
 下図は層理面の走向・傾斜を Wulff net 上に投影したもの(下半球投影)。

には互いに酷似しており、共通点として以下のような点が挙げられる。

(a) 屈曲は特定の地層部分に限られ、少なくとも下位の地層では見られない。(b) 屈曲は鋭角的であり、軸面は緩傾斜している。(c) 屈曲は斜面の外側に向かって凸状(背斜状)を呈している。(d) 石炭薄層ないし炭質泥岩を含む砂岩・泥岩互層中に多い。(e) 屈曲部の泥岩部分は著しく軟質化している。(f) 屈曲部の砂岩部分には多数の破断面が認められる。

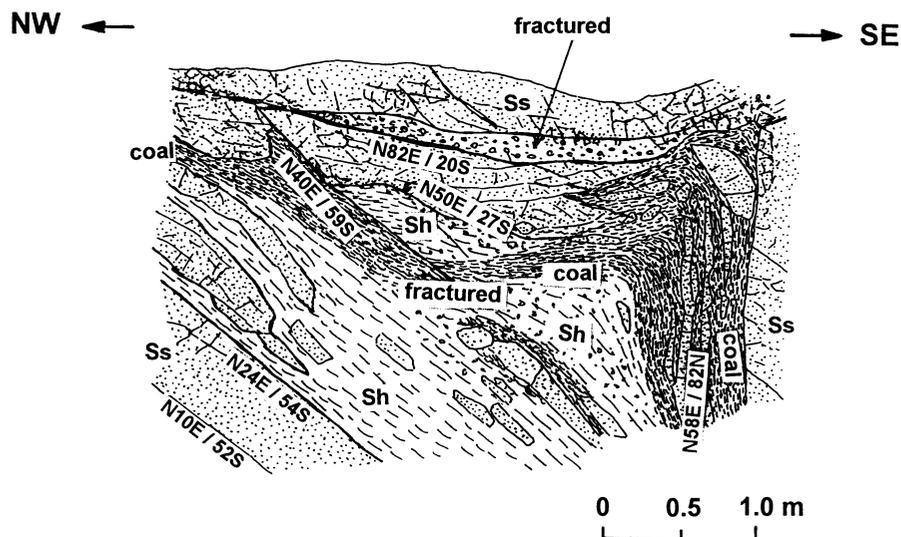
同様の微小屈曲構造は他にも断片的ながら認められる。たとえば、第10図は本地域から北北東約2.5kmの道路沿いで確認された微小屈曲構造である。石炭薄層を含む砂岩、泥岩は鋭角的に屈曲しているが、下位の地層は変形していない。

Loc.S-1, 2のものでは上記のような形態的特徴から、こうした屈曲構造は山腹斜面表層部において重力下で表層の岩盤が層理面に沿ってすべるようにして形成された可能性が高い。第11図はそのようなイメージを示している。

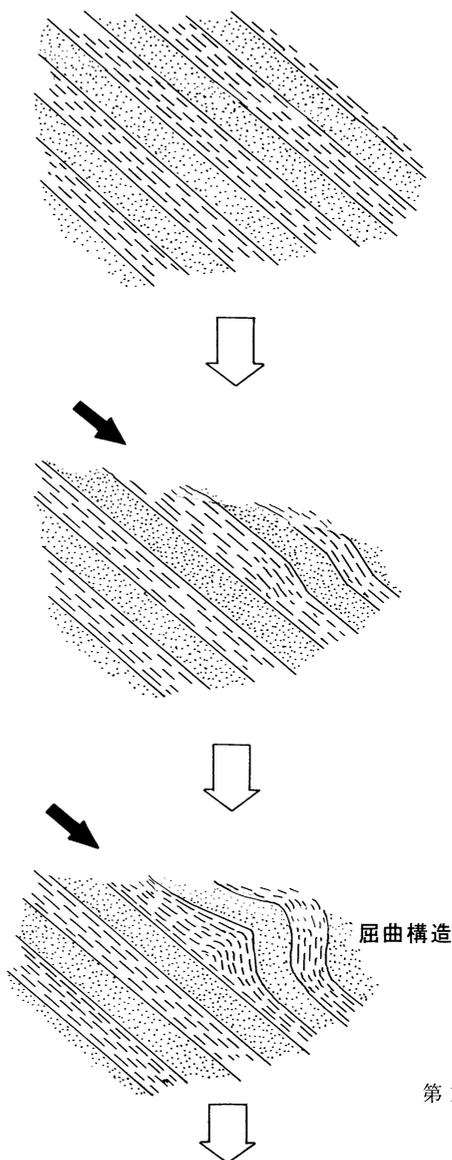
屈曲軸の方向は場所によって異なるものの、広域的な構造

による層理面の最大傾斜方向に直交しているように見える。これはすべりによる移動が傾斜した層理面に沿っていた可能性を示すものであろう。この場合、層理面に沿ったすべりによる一種の座屈褶曲と見なせる(第11図)。ノンテクトニクな断層(Lettis *et al.*, 1998)と同様に一種のノンテクトニクな構造といえよう。

Loc.S-1, S-2の両者については、第9図に示す位置関係から当初は互いに連続していた可能性がある。もしそうであれば、1つの連続した屈曲構造として形成されたものが、その後部分的に削り取られて現在にいたったのであろう。この場合、屈曲構造は谷の削り取前に形成されていたことになるため、その形成は必ずしも現在の地すべり移動によるものではない。地史的変遷を考えれば、成羽層群は古第三紀末にはすでに地表に露出して著しい風化を受け、かつ河川に開析される状況であったと考えられる。したがって、流れ盤に近い斜面では頻繁に岩盤すべりが発生したことは十分考え得る。



第10図 石炭薄層を含む砂岩・泥岩互層における微小屈曲構造の例(川上町下大竹)
左下の砂岩・泥岩は屈曲しておらず、屈曲が特定の地層中のみであることが分かる。



第11図 層理面に沿ったすべりによる微小屈曲構造の形成イメージ
傾斜した砂岩・泥岩互層の一部がすべりに伴って座屈し、急速に屈曲構造に発展していくと考えられる。

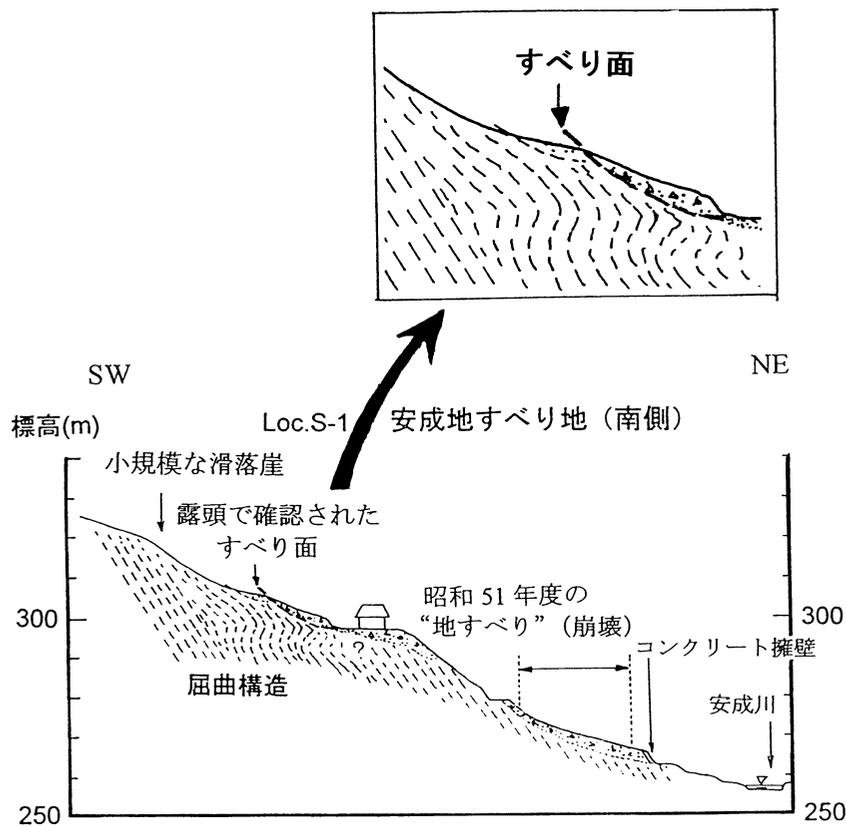
微小屈曲構造と地すべり移動

Loc.S-1の微小屈曲構造は安成地すべり地内であるが、ここでの過去の地すべり移動がどのようなものであったかは明確ではない。前述のように、地形的にみて小規模な表層すべりであったと推定される。Loc.S-1の露頭(第8(a)図)に限れば、屈曲構造の一部は比較的最近すべりを生じたような形跡があるとともに、斜面と同方向の緩傾斜クラック面を境にして上部の岩盤は破碎・土壌化が著しいことから、小規模ながらすべり面をなしていた可能性がある。

広域的にみると、この付近の層理面は傾斜が $50\sim 70^\circ$ と急傾斜であり、斜面の傾斜角をみれば、必ずしも滑動しやすいわけではない。しかしながら、このような屈曲構造によって層理面の一部が低角化していれば、それをすべり面とした表層すべりの発生は容易になるであろう(第12図)。

言い換えれば、過去の微小屈曲構造によって生じた緩傾斜の層理面が新たな地すべり発生の地質的素因になっている可能性がある。第8図(a)の緩傾斜クラック面はこのような例であるとともに、当地域に多発している他の地すべりにもこのようなものが含まれている可能性がある。

成羽層群の地すべりには石炭薄層が影響しているというだけでなく、様々な原因が絡み合っている可能性がある。石炭薄層を含む成羽層群は古第三紀以降、長期間にわたって地表に露出していた間、山腹斜面では現在と同様の地すべりが発生していたことも十分考え得る。これらが成羽層群の地質構造を複雑化させているとともに、時系列的に新たな地すべりが連鎖して発生してきた可能性もある。今後もこうした面からの検討も必要であろう。



第12図 考え得る古い微小屈曲構造と新しい地すべり発生の関係。
微小屈曲構造によって低角になった層理面が新たなすべり面になりうる。

ま と め

地質構造が複雑で層理面の走向・傾斜が頻繁に変化する岡山県川上町の成羽層群中においていくつかの微小屈曲構造を見いだした。これの構造的特徴とともに、これと現在の地すべりとの関係について検討した。結果をまとめると以下のようになる。

- (1) 川上地域の緩斜面を構成する成羽層群中には幅10m以内の微小屈曲構造がいくつか確認された。いずれも山腹斜面に沿った構造である。
- (2) 屈曲は鋭角的であり、軸面は大きく傾斜して水平に近いのが特徴である。また、斜面外側に向かって凸型(背斜状)をなしているものが多い。
- (3) 流れ盤斜面では岩盤すべりなどによってこのような構造の形成される可能性は十分考え得る。
- (4) ただし、安成地区の2箇所ものは当初連続していて、その後削剥された可能性があり、必ずしも現在の地すべり移動によるものではない。
- (5) 屈曲構造の上端では最近すべった痕跡があるが、屈曲によって層理面の一部が低角になったと考えれば、これに沿った表層すべりは容易に発生しうる。
- (6) 現在の地すべり多発地域は過去においても重力下で様々な地すべり移動が起っていた可能性があるが、それらが

順次新しい地すべり発生に影響していることも考えられる。

謝辞：現地調査ならびに資料収集にあたっては(株)復建調査設計岡山支店の田中 元さんに御便宜をはかっていただいた。記して謝意を表します。また、島根大学地球資源環境学科の故中山勝博助教授にはこれまで堆積岩の見方について様々なご教示を受けてきた。ここに長年のお礼とともに御冥福をお祈りしたいと思います。

文 献

中国四国農政局計画部, 1964, 昭和38年度地すべり防止事業報告, 一中国四国地方の地すべり一, 4, 4-14, 35-36.
 藤本 陸・於保幸正・平山恭之, 1994, 岡山県大賀南西部における非変成古生層と上部三疊系成羽層群間の衝上断層, 地質学雑誌, 100, 709-712.
 井上 基・地下まゆみ・北川隆司・竹野節夫, 1999, 岡山県, 野田地すべり地に産する粘土鉱物と炭質物について, 粘土科学, 39, 76-85.
 宝谷 周・鈴木茂之・田中 元・山田琢也, 1997, 三疊系成羽層群の地質と地すべり, 岡山大学理学部紀要, 4, no.1, 21-32.
 河合正虎, 1957, 中国山地における後期中生代の地殻変動について, 地質学雑誌, 63, 289-299.
 Lettis, W.R., Kelson, K.I., Hanson, K.L. and Angel, M.A., 1998, Is a fault a fault by any other name? Differentiating tectonic from non tectonic

- faults, *Proc. of 8 th IAEG Congress*, 609-629.
- 岡本広文・田中 元, 1990, 岡山県における地すべりの地質特性—特に中生代成羽層群に類発する地すべりの特徴—, 第29回地すべり学会講演要旨集, 84-87.
- 小澤儀明, 1924, 中生代末の大押し被せ, 地質学雑誌, **31**, 318-319.
- 大石三郎, 1931, 備中成羽地方上部三疊紀層に就いて, 地質学雑誌, **38**, 1-8.
- 岡山県, 1978, 地すべり防止地区台帳, 安成地区.
- 杉山光正・横田修一郎, 2000, 岡山県成羽地域における成羽層群の微小屈曲構造と地すべり移動, 日本応用地質学会平成12年度講演要旨, 69-72.
- 鈴木茂之・小坂丈予・光野千春・昭和61年度岡山大学地学科進級論文生一同, 1990, 岡山県川上郡周辺の古生界および三疊系にみられる褶曲の構造解析, 地質学雑誌, **96**, 371-377.
- 田中 元, 1999, 成羽層群の地すべり, 斜面地質学, pp.258-262.
- 寺岡易司, 1959, 岡山県成羽町南域の中・古生層, 特に上部三疊系成羽層群について, 地質学雑誌, **65**, 494-504.
- 徳山 明, 1960 a, b, 大賀周辺の三疊系とその変形(第1部岩相), (第2部, 小構造の研究), 地質学雑誌, **66**, 742-752, 800-811.
- 内山広文・山田琢哉・田中 元・鈴木茂之, 1992, 成羽層群の地質構造と地すべり, 第31回地すべり学会研究発表会講演集, 67-68.
- 横田修一郎・松村聡明・島内 健, 1998, 岡山県川上町の成羽層群とそれを覆う石灰岩体の構造関係, 鳥根大学地球資源環境学研究报告, **17**, 31-47.
- 横田修一郎・杉山光正, 2000, 成羽層群中の微小屈曲構造, 日本地質学会第107年学術大会講演要旨, 13.

(受付: 2001年12月3日, 受理: 2001年12月10日)