

# 深沢川（栃木県茂木町）における昭和61年8月土砂災害

池田 宏・伊勢屋 ふじこ（筑波大学）・小玉 芳 敬（筑波大学・院）  
Hiroshi IKEDA Fujiko ISEYA Yoshinori KODAMA

## 1. セスナ機から深沢川を見る

稲刈りの終わった10月中旬の晴れた日に竜ヶ崎の飛行場からセスナ機で北へ飛んだ。60km およそ30分ほど飛んで 岩瀬町の北の雨巻山(海拔533m)と高峯山(海拔520m)付近に来ると緑濃い山地の間にそれとは対照的な黄色い色をした谷底平野が二筋 北に延びているのが目に飛び込んできた。右手(東側の谷)が那珂川の支流の逆川上流で 左手(西側)が逆川の支流の深沢川の谷である(第1.1図)。

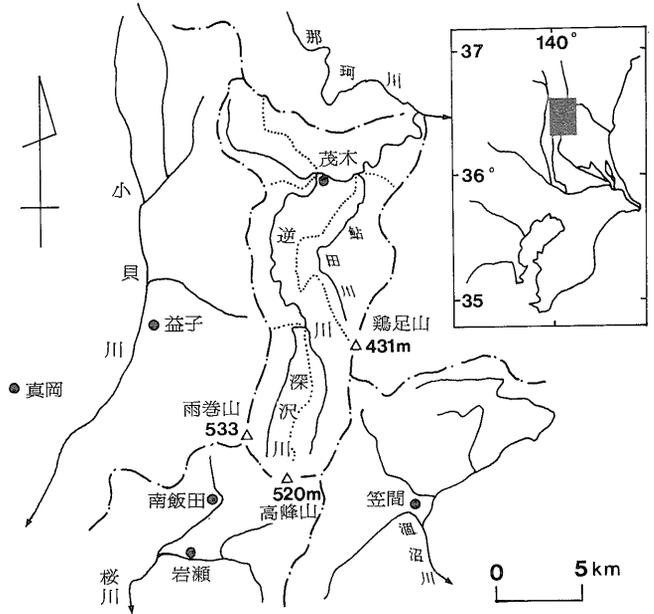
この地域は 8月に雨台風による豪雨にみまわれた(藤咲 1986)。逆川が下流の茂木町市街地で氾濫して甚大な被害をもたらしたことは新聞やテレビで報道され 広く知られている。ところが 多量の雨が降ったにしては 樹木に覆われたこのあたりの山地斜面には 大規模な山崩れが起こっておらず わずか2 3ヶ所で見受けられたにすぎない。

チャートと砂岩・頁岩を主とする古期堆積岩からなる低起伏の山地は 地形・地質的に安定しているということだろうか(写真1)。

セスナ機の飛行高度を下げると 幅150~400mの谷底平野内を数m幅の小さな川が流れているのが見える。



写真1 空から見た逆川(手前)と深沢川



第1.1図 深沢川の位置

谷底平野はほとんど水田である。稲刈りが終わった茶色の水田には稲掛けが並んでおり 実りの秋を感じさせる。この地域は また コンニャク畑が多い。秋になってやはり黄色く変色している。山麓の緩斜面やそれを平坦に造成して造ったコンニャク畑は縁が崩れて 赤い地肌が見えている所もある。

注意して見ると 河川改修によって人工的に直線化され 拡幅され 兩岸とも連続的に護岸工事が施された逆川の上流区間には土砂災害の跡は少ない。ところが 並行する深沢川や深沢川合流点以下の逆川沿いには 護岸の破壊や水田への土砂礫の流入・堆積をはじめとした地形変化が 河道に沿ってほとんど連続的に生じているのが見える(第1.2図)。

山地からの土砂流出がほとんど生じなかったにもかかわらず 深沢川にはなぜたくさんの土砂災害が起こったのだろうか。どんな地形変化が生じたのだろうか。これを知りたくて現地を数回訪ねた。

## 2. 夜中の大雨で急に増水

8月4日 われわれは筑波山の東側の恋瀬川流域で河川流量の一斉観測をしていた。朝からどんより曇っていたが 昼前から強い雨になった。台風第10号の通過に伴って 100~150mmの大雨が降るかもしれないという予報はあったものの この雨が一晚で300~400mmもの大雨になるとは予想しなかった。

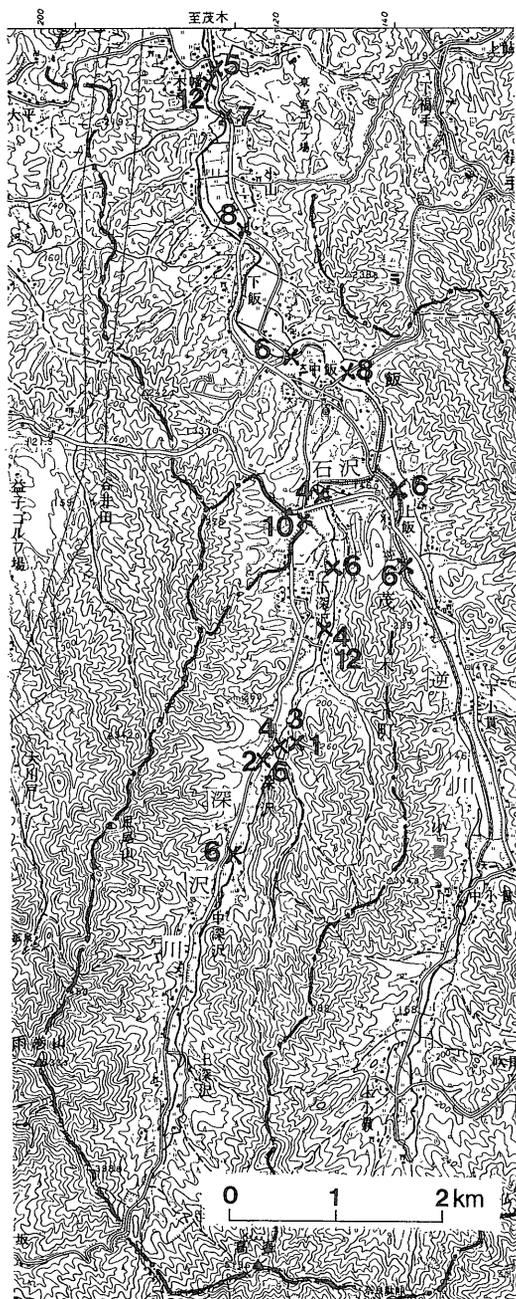
深沢川の下流に下深沢の集落がある。川沿いの農家を訪ねて 8月の豪雨と洪水の様子を聞いた。8月4日は雨も強くなく 大雨になるとは考えずに就寝したという。瓦屋根の家では雨音がしないので 寝ていたのでは雨の強さが判らない。夜中に目を覚ました時にはバケツの水をひっくり返したような それはそれはひどい降りだったという。茂木町役場で 8月5日の午前1~2時の間に56mmの雨を記録している(茂木町報もてぎ 昭和61年8/15 No. 257)。

深沢川は増水してあれよあれよと言う間もなく氾濫した。深沢川には人工堤防がない。川沿いの家の中には床上浸水した家もある。水は深沢川本流からやってくるばかりでなく それに注ぐ小さな沢も氾濫し 集落の中の道路は水の流れが強くて通行できなかつたそうだ。あたり一面水浸しだったという。茂木町役場での観測によると 4日の降り始めから5日の朝6時までの連続雨量は325.8mmであった。なお 役場は茂木町の市街地の中でも山側のやや高い所にあるが それでも床上浸水して多くの書類が水に浸かった。

## 3. 一夜明けてびっくり！ 大変な土砂災害

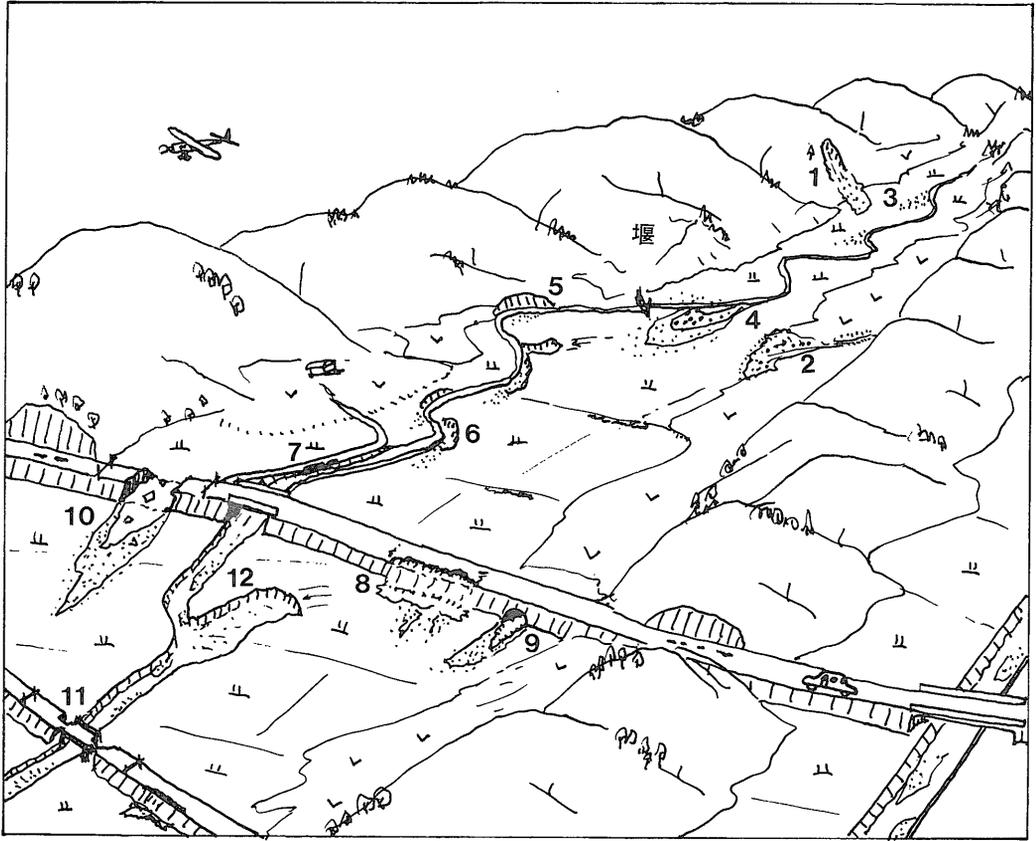
深沢川は急勾配(谷床勾配約1/100)の山間地の川のため 明るくなった頃には水はひいていた。しかし 一晚の内に洪水流によって土砂礫が移動して あちこちで地形が大きく変化した。宅地の裏の崖が崩れて納屋がつぶされたり 沢が増水して前庭が削られていた。外に出てみると 水田には土砂礫が流入・堆積し 氾濫水のために畑のトウモロコシやコンニャクが倒され泥をかぶっていた。施工したばかりに見える新しい護岸がこちらこちらで倒壊した。道路は削られたり流出したりして寸断され 不通となった。

水災害のうちで われわれに直接かつ甚大な影響を及ぼすものは破堤による堤内地への洪水氾濫 すなわち外水氾濫である。そのため 外水氾濫を防止・軽減するための対策が すべての施策のうちで最優先的に考えられている。新聞やテレビでの報道ももっぱら外水氾濫の状況が中心である。そのため ここに報告するよう



第1.2図 逆川上流と深沢川流域における土砂災害の分布  
 図中の数字は第3図に示した地形変化のタイプ  
 (5万分の1地形図を基図として 目立った地形変化が生じた地点のみを示した)

な小規模な土砂災害は 一般的には知られないことが多い。しかし 個々の農家にはこのような土砂災害が大きな被害を与えている。また 護岸や橋梁被害・路床被



第3図 豪雨に伴って深沢川流域とその周辺に生じた地形変化のタイプ

A 土砂礫の流送・堆積による地形変化

- 1 山腹崩壊・斜面崩壊による崩落土砂礫の堆積
- 2 支谷の谷床侵食と谷底平野への土砂礫の流送・堆積
- 3 流路の屈曲部での水流の直進による水田への土砂礫の流送・堆積
- 4 取水堰上流での堰上げによる流送砂礫の河床への堆積とその結果としての水田への溢水 土砂礫の流送・堆積

B 局所洗掘による地形変化

- 5 河岸侵食・溪岸侵食 道路の路盤流失・決壊
- 6 護岸の裏込め土砂礫の洗掘と水田への流送・堆積 護岸の倒壊
- 7 道路のアスファルト舗装の冠水による破壊
- 8 盛土路床による湛水と溢水による水田の洗掘・土砂礫の堆積と裏のりの洗掘による路床決壊
- 9 盛土路床による湛水と溢水による路床の流失・倒壊とその結果としての押堀形成と土砂礫の流送・堆積
- 10 盛土路床による湛水と排水樋管からのもぐり流出水による押堀の形成と土砂礫の流送・堆積
- 11 堰上げによる橋台裏の洗掘
- 12 氾濫水流の河道への戻り水による河岸と農地の後退的侵食

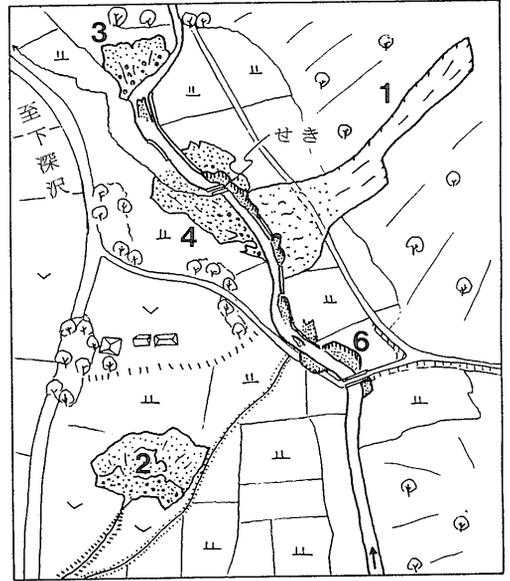
害も被災箇所が多いために その災害復旧費は膨大な額となろう。

地形学を専門とするわれわれの立場からは 今回生じた土砂災害は地形変化を引き起こした土砂礫の起源によって 二つに大別するのが適当と思われる。すなわち (A)土砂礫がよそから運搬されてきて堆積したものと (B)

その地点にあった土砂礫が洗掘されて再移動して付近に堆積したものである。そして これらはさらに 地形変化のメカニズムと程度とによって第3図の模式図のように細分される。これらの地形変化の中でとくに農地に大きな被害（農地災害）を与えたものはタイプ3、4と8から10による洗掘 および12である。また 生活に



写真 4.1a 中深沢と下深沢の中間地点における土砂災害  
(第 1.2 図の中深沢下流の 6 の地点)



第 4.1 図 写真 4.1a の説明図

多大な支障をもたらす道路の破壊(道路災害)は 8 9 と 11 によっておこった。一方河川管理の面では 5 と 6 が被害(河川災害)をもたらした。以下に各タイプの土砂災害について実例を掲げて説明しよう。

#### 4. 土砂礫が田に!! 畑に!!

深沢川の河床は 周囲の水田面より 1~2 m 程度低い。低い河床から砂礫が水田に流出するということは普通には考えにくい。今回の出水時には しかし あちらこちらで農地へ土砂が流入した。



写真 4.1b 斜面崩壊(中深沢と下深沢の中間地点)

#### 4.1 中深沢と下深沢の中間地点における土砂災害 ……タイプ 1 2 と 3 の事例

この地点では各種の土砂災害が狭い範囲に集中してさながら土砂災害の博覧会といった状況を呈した(第 4.1 図 写真 4.1a)。

右岸側の山地斜面の表層が崩壊して 斜面基部の水田に多量の土砂礫が堆積した(写真 4.1b)。ただしこの崩壊は 今回の豪雨で面積 21km<sup>2</sup> の深沢川流域内に生じた 2ヶ所の崩壊の中のひとつである。斜面崩壊がもとと無かった地域のため 住民は「雷様(らいさま)が落ちたか」と驚いたが これだけの雨が降ったにしては 崩壊の発生はきわめて少なかったといえよう。

ここでは 支谷からの押し出しによる土砂礫の堆積も生じた。その土砂礫は 支谷の谷床の洗掘によって生産され 流送されてきたものである。沢が山裾の緩斜面上(コンニャク畑)に流れ出る部分に 多量の土砂を堆積させた(写真 4.1a)。なお 土石流が全くなかったことはこの流域の特徴であろう。

斜面崩壊の生じた地点には農業用の取水堰があった。その直上流で 兩岸の水田に多量の土砂礫が氾濫・堆積した。このタイプについては下流の下深沢で詳しく観察したので 次節で述べる。

なおこの区間には 過去の災害復旧工事として護岸工事が断続的に施工されていた。しかし これらの護岸は無惨にも倒壊し 河岸は局所侵食された。直下流の水田に堆積した砂礫は このような側岸侵食地点から供給されたものが多いと推定される。

流路の屈曲部では水流がそのまま直進して水田へ溢水し 多量の土砂礫を氾濫させた。 沢の大小を問わず このタイプの地形変化は至るところで観察された(写真 4.1c)。 普段水が流れていない時を見ればこれらの沢は何の仕事(土砂礫の運搬)もしていないかのようである。 ところが ひとたび出水があればこれだけ大量の土砂を運搬・堆積させ 周辺の地形を確実に変えていく。

#### 4.2 下深沢における堰上げに伴う溢水による土砂災害

……タイプ4と12の事例

両側に山がせりだしているような自然の狭窄部の上流では しばしば堰上げによる氾濫がおこる。 これと同じ原因による土砂の氾濫が今回の災害では目立った。 すなわち 取水堰(または橋梁)のために上流で堰上げ(水面勾配の減少)が生じ 上流から流送されてきた砂礫が河道に堆積して河床上昇し その結果水田への溢水と土砂礫の流送・堆積が起こった。 水田に広範囲に土砂礫が乗り上げている所は例外なくその下流に取水堰があ



写真 4.1c 水流の直進による砂礫の流出・堆積 (岩瀬町凍坂 下流を見る)

り 水田への土砂災害はこれが最も規模が大きかった。 その典型例として 深沢川に 接する下深沢下流(第 1.2 図)の水田で見られた土砂災害をあげる。

写真 4.2a は セスナ機から見たものである。 稲の



写真 4.2 下深沢における堰上げによる溢水災害(第 1.2 図中の下深沢の 4 の地点)

- a 農地へ流入した土砂礫
- b 堰上げの原因となった農業用取水堰
- c 水田への砂礫の氾濫
- d 河道への戻り水による農地の侵食

刈入れが終っていたため 土砂の広がった部分とそうでない部分との対照がいまひとつはつきりしない。しかし土砂で半分埋りかけた稲は刈り取ってもほとんど収穫が望めないため刈り残してあり それが砂礫で完全に埋まってしまった範囲の外側を縁取るようにしてある。

写真では色調が異なって見える。

第 4.2a 図は 見取り測量によってその様子を平面図にしたものである。また 第 4.2b 図は砂礫が河道を埋積した状態を表わすために レベル測量によって河川に沿う簡単な縦断面図を作成したものである。

浸水域は不規則な形をしているが これは地形の境界線に沿っているためである。下深沢に入るための道路と橋がここでは完全な狭窄部をなし その上流で一度氾濫している。しかし この下深沢の集落の区間だけは河川改修が行われていたため被害はほとんど発生していない。昭和 56 年の大水（小貝川が竜ヶ崎で破壊した時）のあと改修がなされたそうである。河道の幅はもとの幅のほぼ 2 倍の 12m に拡幅され 深さも 2.5m 余りと深くなり 完全に護岸のされた直線的な河道となった。

ところが それより下流は旧来のままであり 一部護岸はされていたものの第 4.2b 図中に示すように低くてもとの河岸を覆っただけの対処療法的なものであった。そのうえ河道の幅は 5m ほどと狭く屈曲していて 河岸には柿の木やその他の低木がまばらにはえており ますます河道の通水能力を落としていた。そしてその下流には取水のための堰があった。

上流での河道の直線化と拡幅は流水および土砂礫の通過能力の増大をもたらす。上流区間から大量にもたらされた土砂礫はその下流で滞留し しかも悪いことに下流には堰があったためにそこで堰上げによる水面勾配の減少がおり 一気に河道の埋積が起こって水田に土砂礫が入ったものと考えられる。写真 4.2b は洪水後の堰周辺の様子であるが 多数の流木やタタミなどの生活のゴミが付着しており このことが堰上げにますます拍車をかけたものと思われる。

改修区間の河床に入った横工の高さから推定した洪水前の河床高度は（第 4.2b 図中の点線）洪水後よりも平均して 30cm 以上高い。基岩が洗われて一部露出しており この区間では全面的に河床が低下した。ところが一方 堰の直上流の河道はほとんど埋まっていない。このことからみると 上流の直線区間を通過してきた砂礫は 堰上げのために下流一帯がプールの状態にすんでいた所へ流入してきて運ばれきれなくなり 河道の幅が狭い部分で急激に堆積し 周辺の水田に入り込んだものと思われる。

砂礫は平面図に示すように右岸の水田上に広がり（写

真 4.2c）流れが図中の矢印の方向に卓越していたことを示す跡が無数に認められた。洪水流の主流はこの上を走ったわけである。礫は河道に沿う幅 20~30m の範囲に落とされ 細かな砂はその外側にまで堆積していた。礫径は最大 40cm ほどもあり チャートの角礫が主体であった。これほど大きな礫が運ばれうるのかといささか驚いた。なお 第 4.2b 図には氾濫土砂の堆積面の縦断面もあわせて示した。

砂礫の堆積の厚さは第 4.2a 図中に一例を示すように最も厚い所で 40~50cm であった。砂礫が水田に乗り上げた流入口の部分は侵食されて表土は完全に流亡していた。

また ここでは興味深い地形変化が生じた。それは第 4.2a 図の左端の氾濫水が河道に再び戻る部分に起こった。戻り流れによって河岸の侵食が進み 侵食崖が遡上後退してついに畑の大半を持って行ってしまったのである（写真 4.2d）。崖は垂直な壁を持ち その深さは河道近くでは 2m 以上 最も奥でも 1.5m ほどあった。ナイアガラの滝のミニチュアがここに出現したのであった。朝明るくなってみたら 眼下の畑がない。たいへんな驚きだったに違いない。

ここで述べた土砂災害は 取水堰の構造や日頃の管理次第で軽減・防止できるものであろう。材木を組んで造っていた昔の堰からみれば 現在の取水堰は強固になりすぎている。洪水の時に流されない代わりに 新しい土砂災害を生み出すのである。山間地の多量に土砂礫が移動する河川では 河川改修にあたっては 水のみでなく流送土砂礫についての配慮が望まれる。

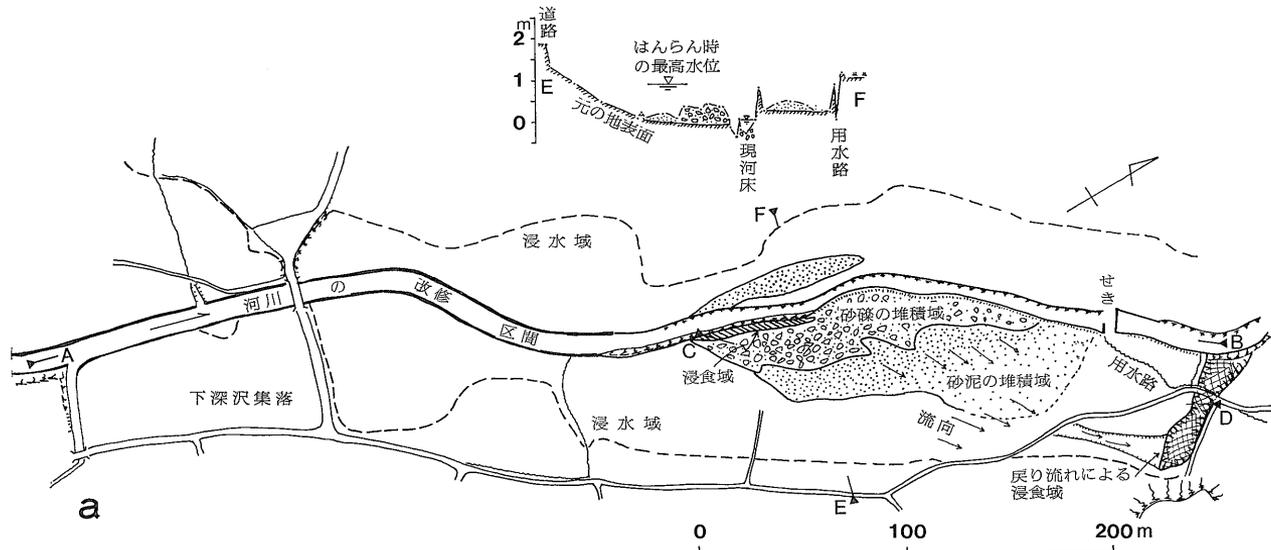
### 4.3 南飯田における排水路からのもぐり流出水による押堀の形成（水田の侵食）と土砂礫の堆積

……タイプ 10 の事例

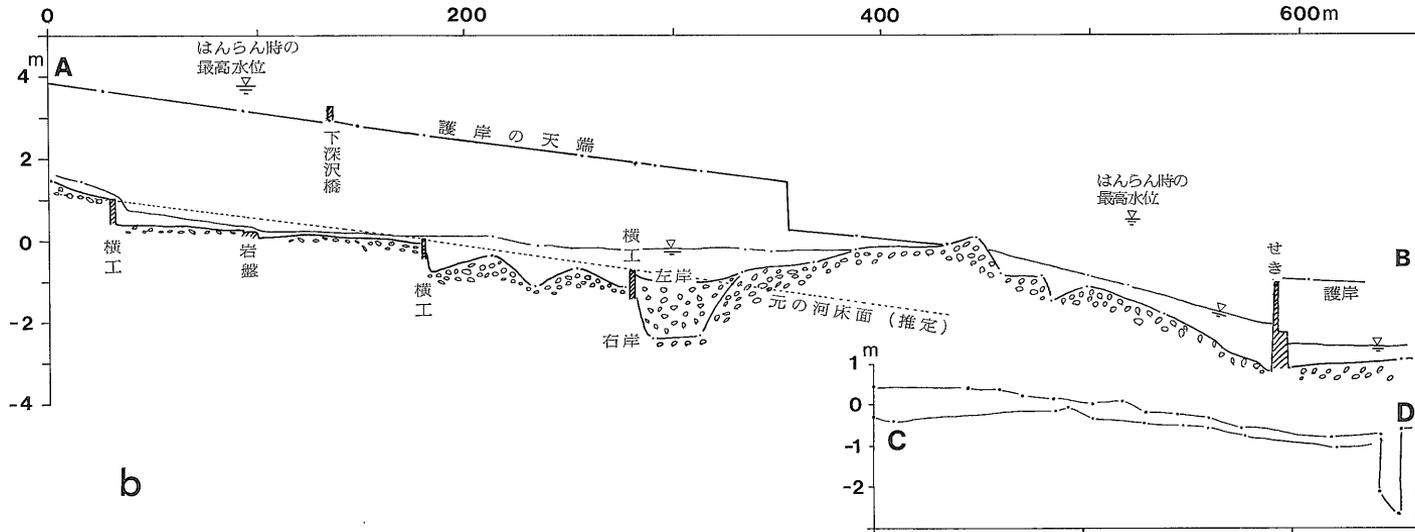
道路の下には用水のための樋管がはいっていることが多い。この樋管からのもぐり流出水が その出口を侵食している地点が程度の差はあってもかなり見られた。その代表例を次に示す。深沢川と流域を接する岩瀬町の桜川上流支川にある南飯田地点（第 1.1 図）の例である。

川でもない所に橋がかかっている（写真 4.3a）。車で何気なく過ごしてしまってから非常に奇妙な感じを受けた。河川改修で河道が付け変わったという場所でもない。この橋こそ先人の知恵であることがあとでわかった。

この道路は八溝山地の裾を南北に刻む幅 300m 余りの小谷を丁度横断して東西に延びていた。周囲の水田からは高さ 1.6m ほどの盛土をして作られている。つま



第4.2図  
下深沢における堰上げによる地形変化  
a 平面図と横断面  
b 縦断面 A—Bは河床  
C—Dは右岸側の氾濫土砂礫の堆積面（高い部分と低い部分を記入した）  
（断面線の位置は第4.2a図中に示す）



りこの道路があるために 大雨時には内水がここで堰止められてしまい 湖が生ずる。これを防止して下流に水が逃げるようにした工夫がこの橋であり ここは排水路の役目をになっていたのである。この町田橋は昭和28年3月に竣工されたものであるが 欄干には確かに排水路と併記してあった。

ところが今回の豪雨による出水は これだけの排水路であっても対応できないほど大規模なものであり この地点に大きな災害をもたらされた(写真 4.3b)。第4.3図は簡易測量による現場の見取図である。とがり帽子状の押堀(侵食域)が刻まれ その先には土砂が斜めに広がって堆積していた。押堀の底は横断面図に一例を示すようにとても平坦であり 深さ10cm 余りと一定していた。これは水田の表面がまるでじゅうたんがめくられるように前へ前へと剝がれていったことを示すものである。侵食の深さは 耕うん機で耕す田おこしの深さに丁度一致している。

この池は道路の上面から溢流した水が落ちて そのエネルギーによって水田が侵食されてできた落堀ではない。橋の下の幅約6.5m高さ1.2mほどの断面で縮流された水がもぐり流出の形態をとって噴流となって勢いよく下流に流れ出た。その時の水流のエネルギーによって水田の表面が吹き払われるように侵食されたのであろう。橋の直下は局所洗掘されており 洗掘の深さは1m前後もあった。橋の両わきには洗掘防止のために投

入されていたと思われる中径20cm ほどの角礫が多数あった。

押堀の縁で見られた表層の地質は 第4.3図に示すように 表面の40~50cm が細粒な砂泥であり それより下位には旧河床礫がある。旧河床礫は中古生界の堆積岩類よりなり 握り拳程度のものが大部分である。橋の直下が深く掘られて供給された砂礫は 押堀の左手の縁には幅2m 厚さ20cm ほどの高まりを作って堆積していたが大半は右手前方の方に広がっていた。押堀の底は一種の滑面であり この滑面の上を何の抵抗もなく流送された砂礫が 下流側の稲の上にまき散らされたのである。土砂には大きな角礫が多数混じっていた。この礫は白いために目立ったが明らかに人工的な碎石であり 橋の基部に投入されていた捨石の一部であろう。

ここで注目されることは 押堀の延びる軸と 土砂の分布する軸とが斜交することである。これは 左手前

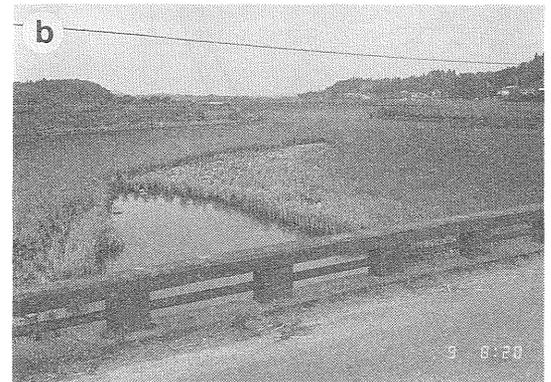
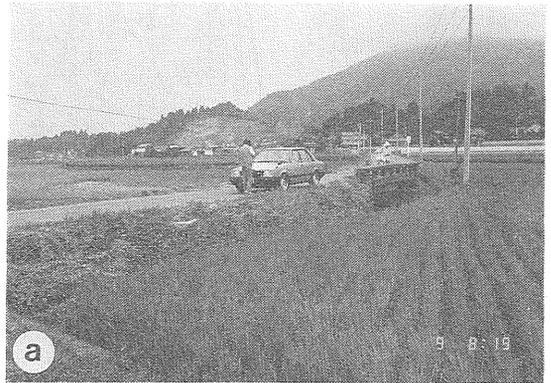
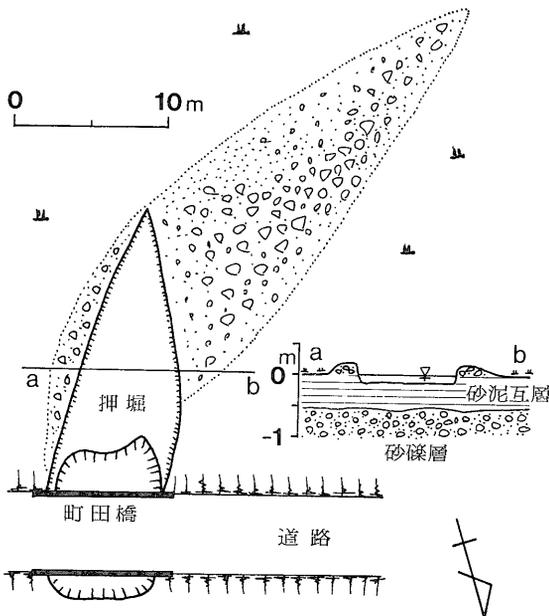


写真 4.3 排水路からのもぐり流出による洗掘(岩瀬町南飯田)

a 川がないのに橋がある(右手が山側)

b 押堀の形成と砂礫の流送・堆積



第4.3図 もぐり流出水による押堀の形成と砂礫の堆積(岩瀬町南飯田)

方にある人工堤防（写真 4.3b）によって水流が右手に変更させられたこと すなわち 土砂が堆積した時にはこの堤防の影響がでるほど 下流側もすでに湛水していたことを示している。

## 5. 道路が流された!!

最近では主要な道路ばかりでなく農道までも立派に整備されている。水田上に盛土をして道路が縦横に走っているという光景が珍しいものではなくてきている。

河川が氾濫した時 これらの立派な道路がかえって新たな災害をもたらす。つまり 水は道路などで仕切られたある区画を完全に埋めつくしてから下手の区画にあふれる。この時 水が満々とした区画では水は高い位置エネルギーを持っていることになる。ところがこの水が下手の区画にあふれていく時 ある程度そこが水で満たされるまではこの位置エネルギーを失なうことにな

る。この時大きな災害を引き起こす。丁度堤防から水が溢水して 堤内地へ氾濫水が押し寄せるのと同じ状況が起こるわけである。このことが原因となった道路の破壊と地盤の洗掘は 今回至る所で見られた。被害の場所と規模から第3図のタイプ8と9にわけられる。

水田に盛土をした道路には 道路と水田をともに水害から守るために 氾濫水に対する道路の裏のりの洗掘防止対策が必要である。普段の排水は樋管によって行えるが 豪雨時には路床が一種の溢流堤となることを考えておかねばならない。路床や道床（線路）の場合には溢流幅は大きくなるので 単位幅当たりの溢水流量は小さい。したがって 洗掘防止工は簡単なもので事足りる。昔はむしろを留めて（裏むしろ張り工）住民が自分達で守った。道路や河川の管理が国や地方自治体に移ったとはいえ 人々は余りに人任せにしていまいらうか。住民の意識の変質が新しい災害を呼び起こしているように思える。道路の裏のりの洗掘は 応急処置としてビニールシートで覆うだけでも随分軽減できるように見えた。適切な降雨予報ときめこまやかな水防活動が必要である。

また 道路では コンクリートで立派に造られた橋梁のためにそこで堰上げがおこり 橋台裏が洗掘されて取り付け道路が不通になった（タイプ11）所も多かった。道路表面のアスファルト舗装に亀裂が入ったり粉々になった所（タイプ7）も 道路が冠水した所では至る所で見られた。以下に それぞれ事例をあげて述べる。

### 5.1 溢水による道路の路肩の侵食と水田の洗掘

……タイプ8の事例

写真 5.1a は 右手が上流である。右手の区画を埋め尽くした水が道路上から溢水して下流の水田に落ちた所にあたる。水が溢水した所では道路の路肩（裏のり）が壊され それに接する水田は2～3mの幅で完全に表層ははぎ取られた。流れが特に強かったと思われる部分は 洗掘された土砂が舌状に張り出して堆積していた。

溢水が原因となった路肩の破壊は程度の差はあっても各所にみられた。この状態が進行すれば（写真 5.1b）次に述べる道路の流失となる。

### 5.2 石沢における溢水による路床流出と押堀の形成

……タイプ9の事例

道路の盛土が高い所では 氾濫水が溢水する時 その上流側の水面と下流側の水面の落差がきわめて大きいことになる。このような所では 道路は下流側の路肩から除々にはぎ取られて遂には完全に流亡した。このこ

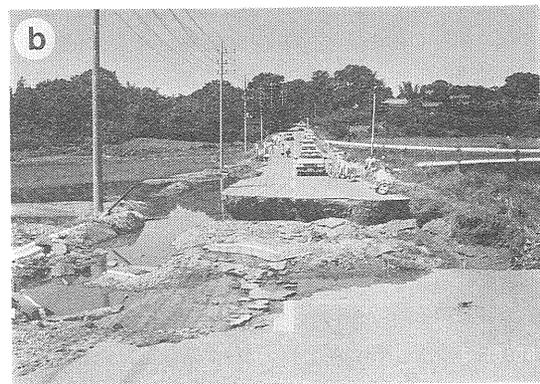
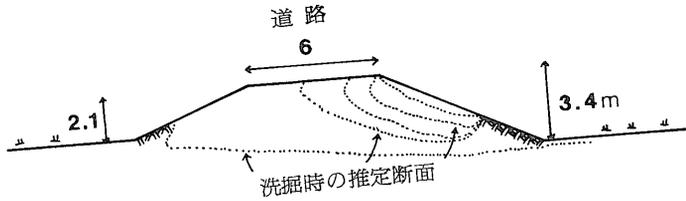


写真 5.1 溢水による路床災害

- a 裏のりの洗掘と水田への土砂の流入  
（第1.2図中の小山上流の8の地点）
- b 路床の流失（明野町桜川にかかる筑真橋の脇）



第 5.1 図

流失した路床の形態（茂木町石沢）

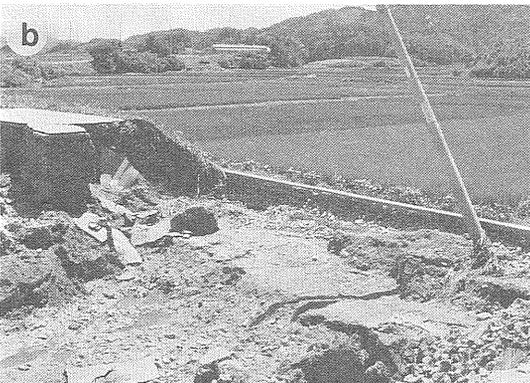
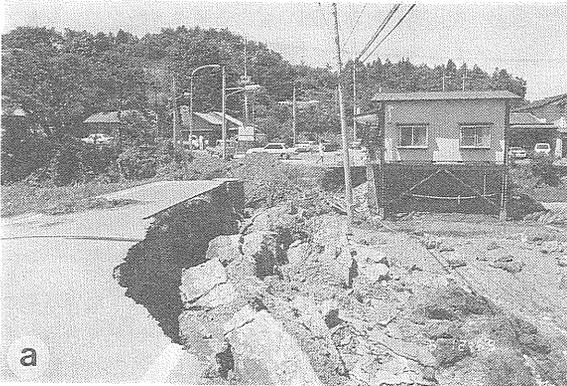


写真 5.2 石沢における溢水による路床の流失  
（第 1.2 図中の 10 の地点）

- a 路床の流失地点（右手が谷側）
- b 路床の流失地点（山側を見る）
- c 決壊地点下流（谷側）への土砂礫の流出

とが原因となった道路の寸断が結構多かった。その典型例が石沢地点（第 1.2 図）でみられた。

写真 5.2 a の道路は 第 5.2 図に示すように地盤から 2 m～3.4 m の盛土をして造られたもので 谷底を横断している。谷は写真 5.2 b の奥に広がっている。この流域の水は幅 50～60 cm の沢によってこの道路の下の樋管を通して排水されている。

ところが 樋管では大雨時の水をのめるはずがなく 今回の大雨はここに広い湖を作りだしてしまった。道路よりも上流は満々とした湖となり 道路が一番低くなっている部分から溢水が始まった。これは夜中の 1 時から 2 時頃だったという。道路の路肩が下流側の方が幅広く崩れていること（写真 5.2 a）道路表面のアスファルトの一部が決壊口の底にそのまま残っていること（写真 5.2 b）から考えると 道路は第 5.2 図の推定線で示すように 下流側から除々に崩れていったものと思われる。溢水が始まった時 谷側の水田にはまだ水がほとんどなかったというから 道路を挟む両地点の水位差は溢水開始時には 3.4 m 以上にも達したことになる。とはいえ 道路の基部はブロックでしっかり護岸されているために この護岸がかなり持ちこたえて道路を支持していたようである。

そしてこの路床の大規模な倒壊が朝の 5 時頃起こった。

これは写真 5.2 a の右端にある食料品店の女主人からの聞き取りによる。この時の水の勢いはすさまじく家が流されることを覚悟したそうである。これによって上流側の水はほとんどはけたという。逆にすでに減水していた深沢川はこれによって再び増水したそうである。道路の上流側の護岸は難を逃れて残っていた（写真 5.2 b）。道路の倒壊幅は最終的には 15 m に及んだ。

溢水した水はここに 押堀をつくった（写真 5.2 c）。つまり水田表面の泥をはいではるか下流に押し流した。そのあとは 護岸や道路の材料であった瓦礫が大量に残った。

山の中の小谷であり しかも谷底からはるか高い所にありながら 写真 5.2 a の家は河川の堤防際に立っているのと全く同じ体験をしたわけである。普段の状況か

らは全く信じられないことを 今回の異常な豪雨はもたらした。 といえ 台風の時には山側の水田はよく冠水することがあったという。 ただし この水は2～3日で自然に排水された。 水田の持ち主は 配水管を太くして欲しいという陳情をしていたという。

### 5.3 橋は流されていないのに 渡れない

……タイプ11の事例

流されなかったのに 通行できなくなった橋がある。 橋台裏が洗掘されて 流失したためである (写真 5.3)。 大洪水時に橋台裏が洗掘されることは しばしば報告されている。 橋梁と取り付き道路による水流の堰上げが原因であるというが 一見したのでは どうしてこんなに削られたのか理解しにくいほどである。 橋台裏が洗掘されているような所では 上・下流の護岸も倒壊しているから 護岸の倒壊による側岸侵食が橋台裏に及んだというようにも見られるし 溢水による路床の裏のりの洗掘 (タイプ8・9) と同じとも見える。 また 橋台によって生じた縮流が側岸を侵食した結果とも見える。

橋台裏の洗掘は生じたが 橋台・橋脚は流失しなかった。 この地域は山中にあって岩盤が浅く この岩盤上に直接橋が建設されているからであろう。 流木の付着による橋桁の流失もこの地域ではなかった。

### 5.4 道路が冠水してアスファルト舗装が壊れる

……タイプ7の事例

川沿いの道路が冠水した地点では 道路のアスファルト舗装が破壊された場合がかなり多い。 小川 (1968) は 昭和42年8月の羽越水害の調査報告の中で 砂質地盤の上に造られた舗装の破壊としてこの現象を記載している。 路盤へ浸透した水の圧力が大きくなって ボイリングが生じ 浸透水がアスファルト舗装を破壊して噴出したものであるという解釈である。

われわれは しかし 舗装の下に集積した封入空気の圧力が高まるか あるいは封入空気に働く浮力によって舗装が持ち上げられるのであろうと推定している。 すなわち 山間地の道路でも 道路の基礎として砂利を敷く。 敷かれた砂利の中には通常は空気がある。 洪水時に 水位が高まって 路盤に水が浸透する際には 路盤の中の空気は水位の上昇につれて 次第に上方に移動していくであろう。 この時 道路表面がアスファルトで舗装されていると 空気は逃げ場を失って 舗装の直下に集積し 圧力が高まるであろう。 この状態で水位がさらに上昇して舗装面より高まると 舗装の下の封入空気には浮力が働く。 アスファルト舗装の力学的性質は知らないが 数 cm の厚さの舗装が破壊される可能性は十分にあるように思われる。

アスファルト舗装の破壊には2種類ある (写真 5.4a・5.4b)。 平板状に亀裂が入って割れている場合 (平板型あるいは破断型と呼ぶ) と 下から突き上げられて盛り

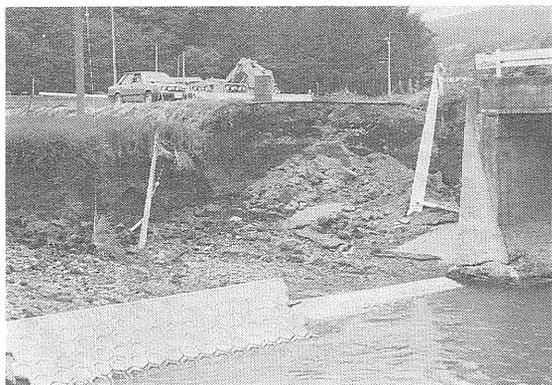


写真 5.3 橋台裏の洗掘  
(第1.2図中の中飯下流の6の地点)

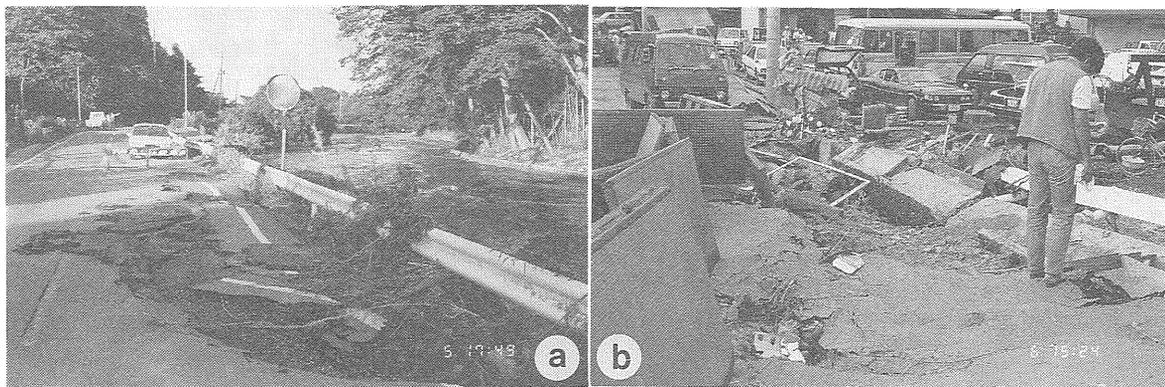


写真 5.4 冠水によるアスファルト舗装の破壊  
a 平板型 (笠間市実戸)  
b 凸型 (茂木町市街)

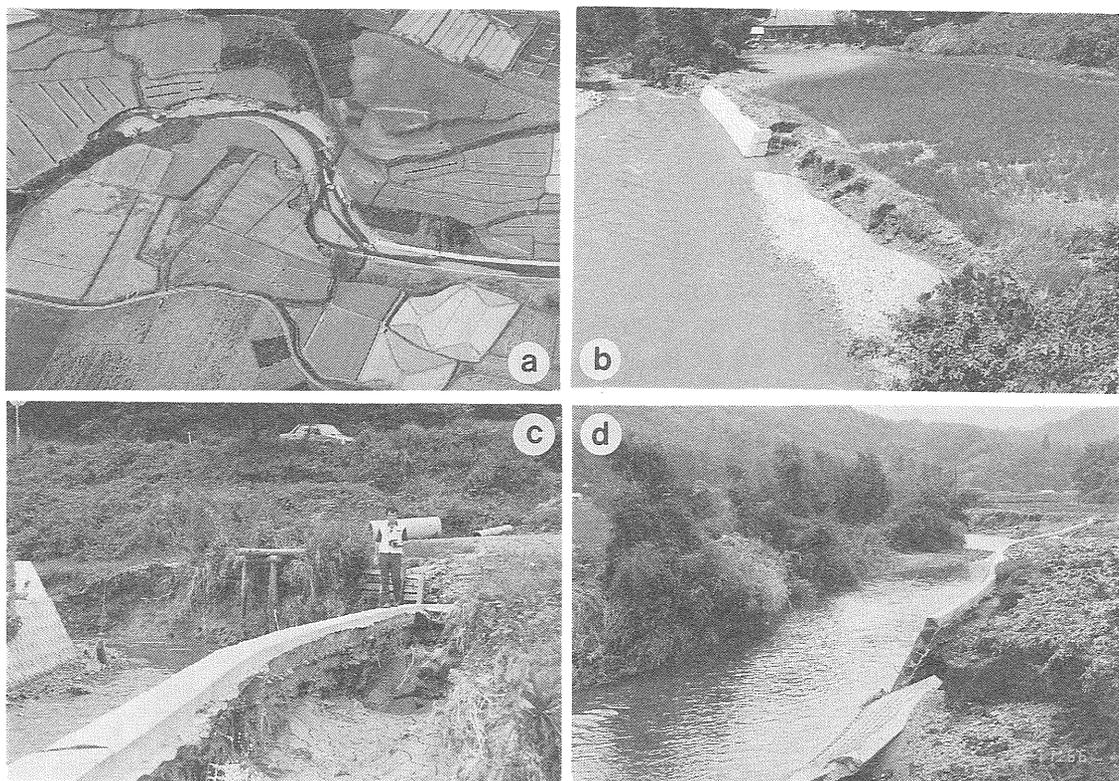


写真 6.1 護岸の被災

- a 護岸の倒壊と河岸侵食（第 1.2 図中の下深沢下流の 6 の地点をセスナから見る）
- b 護岸の上・下流での激しい河岸侵食（第 1.2 図中の石沢の 4 の地点を上流側の橋から見る）
- c 裏込めの洗掘（第 1.2 図中の下深沢下流の 6 の地点）
- d 裏込めが洗掘されて倒壊した護岸（第 1.2 図中の中飯下流の 6 の地点）

上がり その中心が甘食パンのようにひび割れている場合（凸型あるいは噴気型と呼ぶ）である。幹線道路には前者が多いことからみると 舗装の材質や厚さがこわれかたに関係しているように思われる。ただし 破壊がどうやって起こるかについては われわれの中でも見解が一致していない。

道路のアスファルト舗装の冠水による破壊は われわれの考えが正しければ 舗装の下の封入空気を抜く工法を考えるか もともと封入空気のない構造にすることによって防止できよう。しかし 通常時と冠水時という異なる状況に対して共に安全に設計することは 実際には難しいであろう。

## 6. 護岸がずたずたに

……タイプ 6 の事例

深沢川では河川改修が下流から進められている。河道が直線的に改修されて 兩岸とも堅固に護岸工事が行われた区間もあるが 河道が屈曲していて しかも幅が狭く 護岸も災害復旧として部分的になされているのみという区間が多い。ただし 川が山地斜面に付いている場所では 自然河岸となっている。今回の出水では 目立った溪岸崩壊は生じなかった。大抵の場合 そのような場所には基盤岩石が露出しているためである。

直線的に幅広く改修された河道区間では護岸は破壊されなかった。しかも 河道の屈曲している区間 いいかえれば河川改修が本格的に行われていない区間では ほとんどの護岸が多少なりとも被害を受けた（写真 6.1 a）。とくに屈曲部で護岸が局部的に 災害復旧工事としてなされたような地点では その護岸は破壊されないものの その上・下流が激しく侵食された（写真 6.1 b）。

氾濫した水が河道へ戻る地点では 護岸が倒壊してい

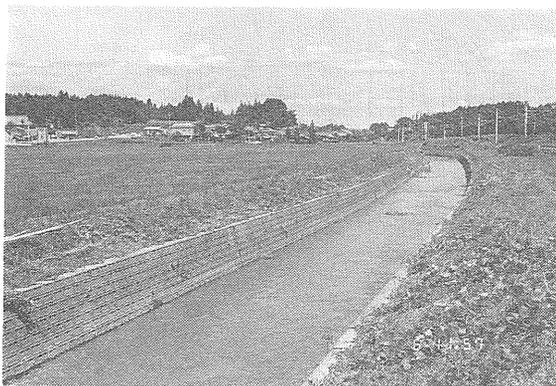


写真 6.2 被害を受けなかった護岸（鮎田川 福手）  
この流域は氾濫があったことなど信じられないように被害が少なかった。

で護岸が倒壊に至った場合が多いように観察される。護岸の裏込めの洗掘現象を防止できれば 護岸の被災は著しく減少するにちがいない。

氾濫水流によって 護岸の裏込めがなぜ侵食されるのだろうか。これに答えるためには 屈曲した河道の上を大流量の水が流れる時 河岸にどのような力が加わるか いいかえれば 複断面の蛇行河道の流れが河道の平面形や水理条件によって どのように変化するかを理解することが必要である。

逆川やその東側を北流する鮎田川を見ると 施工後時間を経た護岸はしっかりして見える (写真 6.2)。これらの護岸は 時間を経て その場に馴染んでいる というのがわれわれが得た印象である。

る場合には 後退的侵食が生じた。ナイアガラ滝の後退とよく似た現象で 上述したように 河床に近い高さまで洗掘されていることから 侵食は減水期に進行したものと推定される。

護岸された河岸の地形変化としては 護岸の裏込め土砂礫が洗掘されて その砂礫が水田へ堆積した段階のもの (写真 6.1c) から 洗掘と河岸侵食が進行して 護岸が倒壊したものまでである (写真 6.1d)。

護岸は 表側から衝突する水の力には十分耐えるようにつくられている。護岸が壊れる場合としては 河床の局所洗掘によって根固め工が転倒あるいは座屈して その結果 すべり破壊するケースが多いとされている。しかし 基盤岩石が河床の直下にあるか 河床に露出している深沢川では 護岸の基礎は岩盤に設置されていて 基礎破壊による護岸の倒壊は希にしか生じていない。すなわち この地域の護岸の倒壊は 裏込め土砂礫の洗掘に端を発して 護岸の背後が侵食され ついには自重

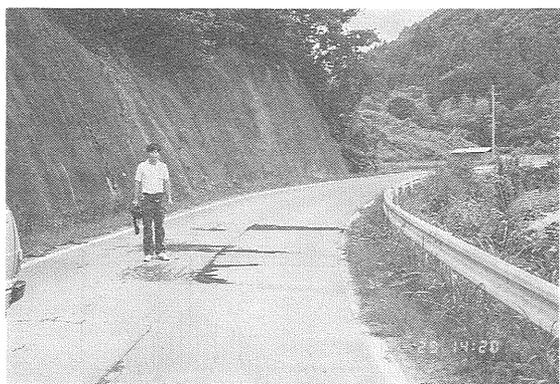


写真 7 アスファルト舗装の道路からしみだす水  
(茨城県東茨城郡御前山村相川)

## 7. 地中の水と空気の運動を理解しよう

深沢川流域における今回の土砂災害は 山崩れなどによって山地斜面から多量の土砂礫が流出したために引き起こされたわけではない。確かに大雨が降ったのであるが 以上述べたように 自然現象を災害に転化 拡大する人災的要因が働いたことは確かである。要するに人為的な地形改変によって水流のエネルギー勾配を局部的に大きくしたり 逆に小さくしたことが 今回の地形変化の主な原因となったといえよう。

自然災害をなくしていくためには 自然災害の原因となる現象そのものを科学的に知ることがまず必要である。われわれは このように考えて今回の土砂災害を地形変化という視点に立って観察した。その過程でいろいろなことを 考えたが 多量の水による土砂災害を観察して とくに 地中の水や空気の運動に関する理解とそれに対する適切な対処が必要であると痛感した。

たとえば 傾斜の急な道路や切り取り斜面 (擁壁) がコンクリートで覆われた道路では 被圧された地中の水がアスファルト舗装を持ち上げたり 舗装の小さな穴から泥を流し出すのを見た (写真 7)。気のせいかな そのような状況にある道路の舗装面には割れ目が多いように見えた。表面から加えられる重量に耐えるように設計されたアスファルト舗装も 舗装の下に水が溜ったり空洞ができたのでは壊れてしまいうに違いない。

地中の水や空気が気になりだすと 路床の中の空気や橋台や護岸の裏込めの中の空気が 洪水時にどのような挙動をしたのかと気にかかる。

### 文 献

- 小川正二 (1968) 羽越水害における路盤災害に関する研究。昭和42年8月羽越水害の総合的研究 昭和42年度文部省科学研究費特定研究 (災害科学) 報告書 p. 245-251。
- 藤咲盛次 (1986) 8月の雨台風第10号 関東北東部で大雨。気象 30(10) p. 14-17。