

第5章 土石流災害事例

5.1 平成10年10月17日台風10号による土石流災害に関する調査

5.1.1 概説

南西諸島から九州南部屋久島付近を東北東に進んでいた台風10号は、高知県西部に10月17日21時頃に上陸し、愛媛県東部を北上、高松市付近を通過し総雨量200～300mmの雨を降らせ(図2.1)、18日23時頃に瀬戸内海に抜けた。

本台風の通過に伴う局地的な集中豪雨により、平成10年10月17日20時頃に中ノ川(愛媛県三崎町

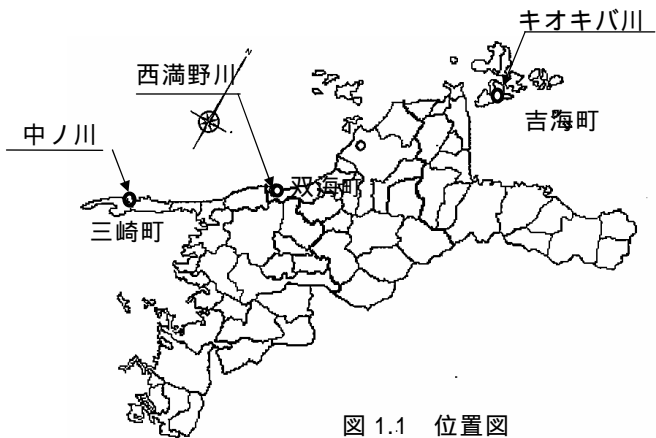


図1.1 位置図

明神)において、同21時頃に西満野川(同双海町串)、そして同22時頃にはキオキバ川(同吉海町南浦)において、土石流災害が発生した(図1.1)。

ここでは、本災害の発生原因について降雨特性、地形・地質的要因から検討を行う。

5.1.2 降雨特性

これら土石流災害は、台風10号がもたらした降雨により発生した。

各地域の、災害を起こしたハイトグラフを図2.2に示す。

またアメダス観測点における今回の降雨の総雨量、最大時間雨量、最大日雨量のほか、確率降雨を整理し表2.1に示す。

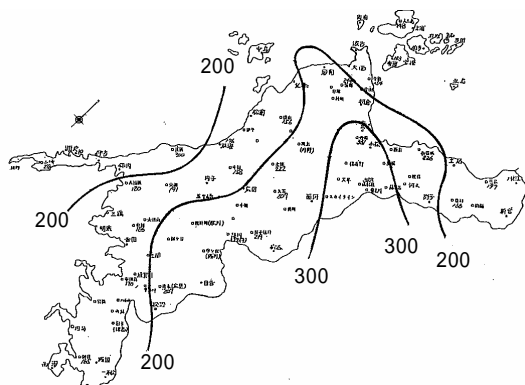
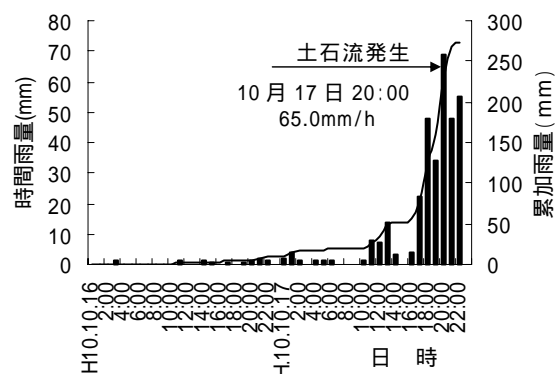


図2.1



中ノ川

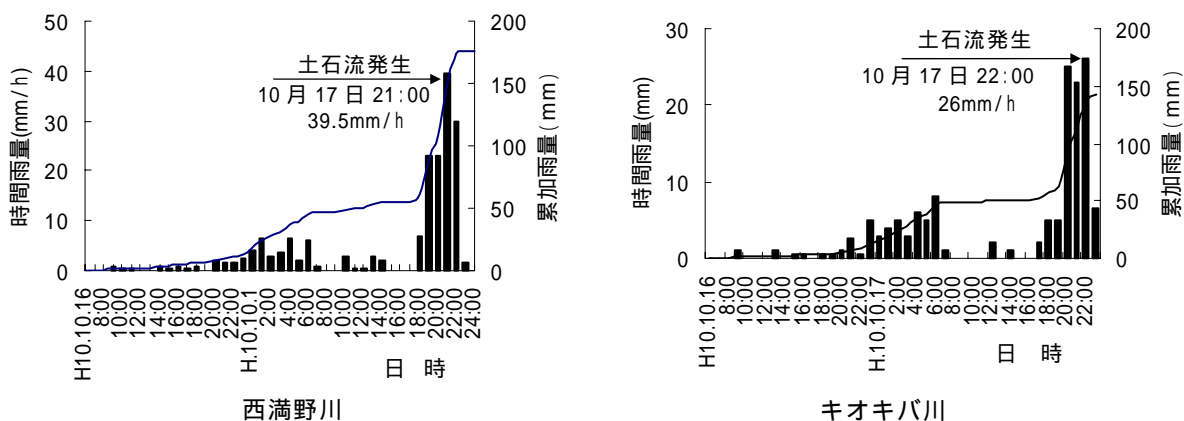


図 2.2 災害を起こした各地域のハイトグラフ

表 2.1 各アメダス観測地での確率降雨量

中ノ川 三崎観測所の降雨状況 (単位 mm)

観測所	H10.10.16～17日降雨			確率雨量 (24時間雨量)			確率雨量 (時間雨量)		
	総雨量	最大 24 時間雨量	最大 時間雨量	5 年	15 年	50 年	5 年	15 年	50 年
三崎	272.5	261.0	65.0	183.2	223.9	262.8	48.3	66.7	87.5

* アメダス観測期間：1975 年～1995 年 (20 年)

西満野川 長浜観測所の降雨状況 (単位 mm)

観測所	H10.10.16～17日降雨			確率雨量 (24時間雨量)			確率雨量 (時間雨量)		
	総雨量	最大 24 時間雨量	最大 時間雨量	5 年	10 年	30 年	5 年	10 年	30 年
長浜	176.5	163.0	39.5	155.4	173.4	196.6	40.9	48.2	59.4

* アメダス観測期間：1975 年～1995 年 (20 年)

キオキバ川 今治観測所の降雨状況 (単位 mm)

観測所	H10.10.16～17日降雨			確率雨量 (24時間雨量)			確率雨量 (時間雨量)		
	総雨量	最大 24 時間雨量	最大 時間雨量	5 年	10 年	30 年	5 年	10 年	30 年
今治	143.0	136.5	26.0	126.9	142.	164.1	28.6	31.4	35.2

* アメダス観測期間：1975 年～1995 年 (20 年)

図 2.2 のハイトグラフから台風 10 号の降雨特性は、全降雨期間中の後部にピークが集中している事が解る。このことは、前期降雨により斜面に浸透し、有効雨量が増大するため流出量のピーク量が大きく、危険な降雨タイプと言える。

また表 2.1 から中ノ川では最大時間雨量は 15 年確率、最大 24 時間雨量は 50 年確率程度の降雨量でかなり大きい降雨量であるが、西満野川及びキオキバ川においては、最大時間雨量・最大 24 時間雨量ともに 5 年～10 年確率雨量程度で、特に大きな降雨量でないことが解る。

このことから後部に降雨のピークが集中している降雨特性が、土石流災害発生の大きな一つの要因であったと考えられる。

次に各地域の地形・地質を考慮したうえでの災害原因の検討を行う。

5.1.3 中ノ川（三崎町）

（1）流域概要

中ノ川は、三崎町役場の北約 2km に位置する流域面積 $A = 0.10\text{km}^2$ の小規模な溪流である(図 3.1)。当地域は三波川帯に属し、結晶片岩の山が急な斜面で海に迫っており、谷の出口の海との間の斜面を宅地化し、人家が立ち並んでいる(図 3.2)。

河床勾配は非常に急勾配で、町道と県道との下流約 100m 間の人家の立ち並んでいる区間は、 16° の勾配で、町道から上流先端部の土石流発生源の林道までの 400m 間は 29° と非常に急勾配である。

林層は、針潤混合林であるが雑木が多数を占めている。

（2）災害の概要

10 月 17 日 17 時から 22 時に集中した降雨により、林道の路側ブロックの基礎部を頭に発生した斜面崩壊の土塊が降雨により流動化して土石流となり、約 450m 流下した。

土石流は溪床を洗掘しながら町道の下流と海岸沿いの県道との間にある人家集落を直撃し、一部がパラベットを乗り越え海へ流出した。

これにより、死者 1 名、負傷者 1 名、全壊家屋 7 戸、県道 150m、町道 200m 土砂埋没となる大惨事となった。

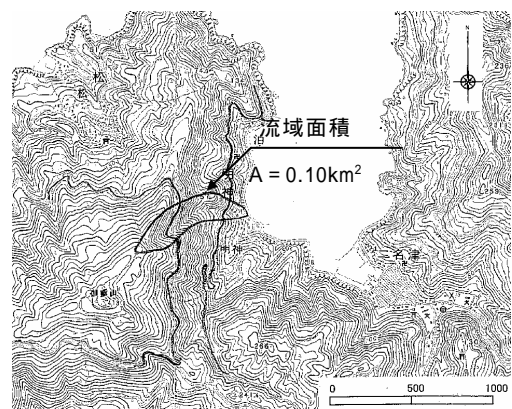


図 3.1 流域図

(3) 土石流発生原因

土石流発生原因について、地形・地質条件を考慮し検討を行う。

崩壊状況

降雨により林道の積ブロックを頭に発生した斜面崩壊の土塊が流動化し、1.0m程度の礫を含んだ土石流となり、勾配 $20^{\circ} \sim 43^{\circ}$ (図 3.6) の急斜面を、溪床を 1.0m程度削り取りながら、いっきに 450m流下したと考えられる。

崩壊最大幅約 40m、崩壊地長約 70m、最大崩壊深約 3m、崩壊土砂量約 2500 m^3 程度と考えられるが、下流に流下した量は約 1800 m^3 で 700 m^3 程度が崩壊地に残存したようである。

崩壊頭部の表土層は 0.5~1.0mの厚さで薄く、基岩(緑色片岩)が露出しているものの摂理が発達し、層状に薄い粘土を含み不安定な状態である。



図 3.2 現地写真



図 3.3 崩壊頭部



図 3.4 崩壊頭部及び流下区域

地形

当溪流は、流域面積 $A = 0.10 \text{ km}^2$ で流域長 $L = 750 \text{ m}$ 、川幅 1.0m程度の小溪流である。溪床勾配は県道~町道の氾濫区域 180m間は 18° 、町道から上流 200m間の流下区域は 20° 、上流 70m間の崩壊区域は 43° と非常に急勾配である(図 3.6)。

流域形状は羽毛状で、流域長 750mに対して流域幅 150m程度と細長い形状である。また流域面積 $A = 0.10 \text{ km}^2$ に対し崩壊上部の源頭部面積は $A = 0.059 \text{ km}^2$ と約 6 割を占めている(図 3.5)。

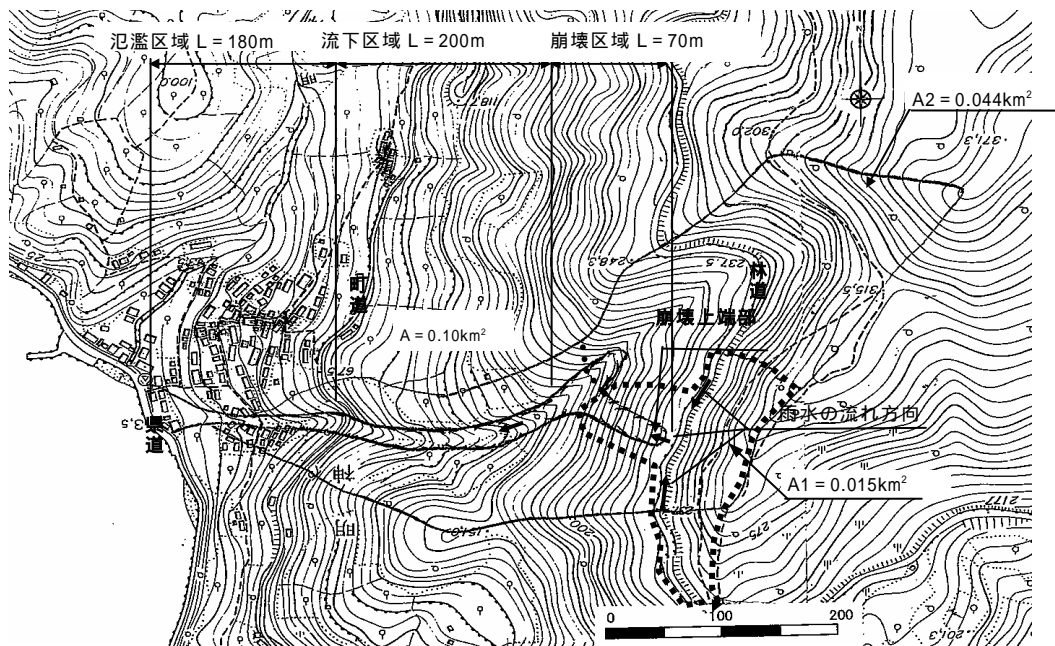


図 3.5 地形図

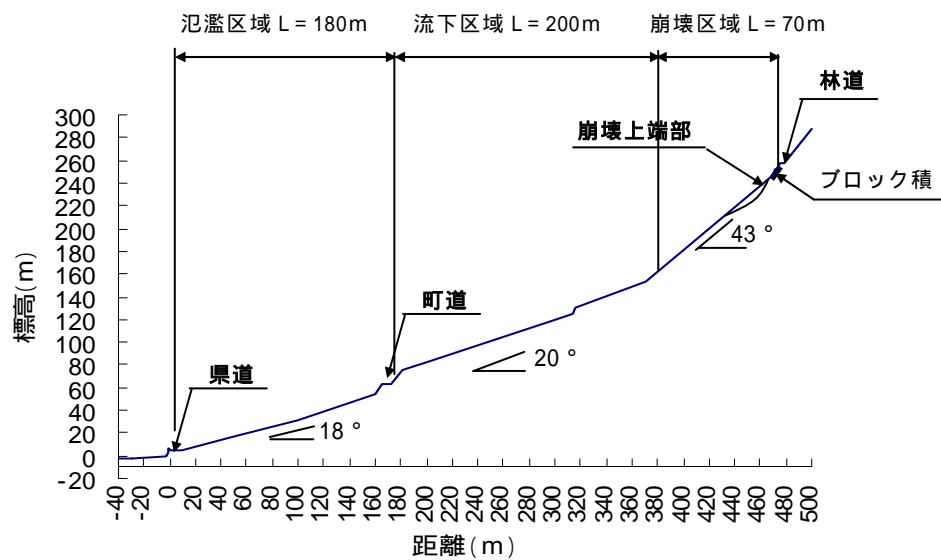


図 3.6 縦断面図

地質

当溪流は、三波川帯に属し基岩は緑色片岩で、摂理が非常に発達しており粘土層を咬み剥離性が著しい不安定な地質である。



図 3.7 崩壊頭部付近(摂理の発達した緑色片岩)



図 3.8 林道上部の基岩

発生原因

崩壊した斜面の上端部には、林道が接し(図 3.5)崩壊上部が凹部となっている。林道縦断勾配も当崩壊部分に集水する形状をなし、十分な路面排水施設もなく、台風による降雨により集中的に崩壊部への降雨の流入があったと思われる。急勾配の斜面とあわせ、16日から17日の18:00までに降った降雨により飽和状態になった土砂が、19:00~20:00時に降った時間雨量65mmの集中的な降雨の流入により斜面が崩壊し、流動化した土砂が土石流と化し災害をもたらしたと考えられる。

(4) 対策工

対策を行なう土砂量は、残存している土砂量 1500m^3 と、溪岸侵食可能土砂量 500m^3 の合計 2000m^3 が対象とされており、各崩壊源毎に対策が行なわれている。

崩壊部

崩壊頭部の表層土厚は $t = 0.5 \sim 1.0\text{m}$ であり、基岩が露出しているものの、所々に崩壊土砂及び転石が残っていたため、不安定土砂の除去及びオーバーハングのカットが行なわれ、平均斜面勾配が 43° と非常に急勾配であり、表層土が薄いことから、植生可能なモルタル吹きつけにより斜面の保護安定が行なわれ、現在法面には草本類等が再生され始めている(図 3.10)。

流下区間

流下区間内には、立木によって捕捉された土砂（ 300m^3 ）と下流右岸斜面にはクラックのある土塊（ 500m^3 ）があり、次期降雨による再流動化が懸念された。

また町道より上流の150m区間は、土石流により1m程度溪床が削り取られて低下し、側岸が不安定な状態になっていたため、再度土石流が流下した場合は、側岸の土砂がまきこまれる可能性があった。

以上から、町道を計画基準点とし、町道直上流に流出土砂捕捉のための砂防ダム1基（図3.12）と、上流には現河床を上げ河床勾配を緩くし、溪岸保護を目的としたダム工2基（図3.11）が施工された。また下流ダム直上流の右岸側には、クラックが発生していたため、崩壊防止のための法枠工が施工されている。

氾濫区間

町道より下流には、急斜面に人家が建っており、今回の災害では三面張水路から土砂が溢れて人家に被害を与えている。水路断面が小さく、人家との比高差も小さいため、掘り込みによる河川断面の確保が行なわれ、土石流を安全に流すための流路工の施工が行なわれている（図3.13）。

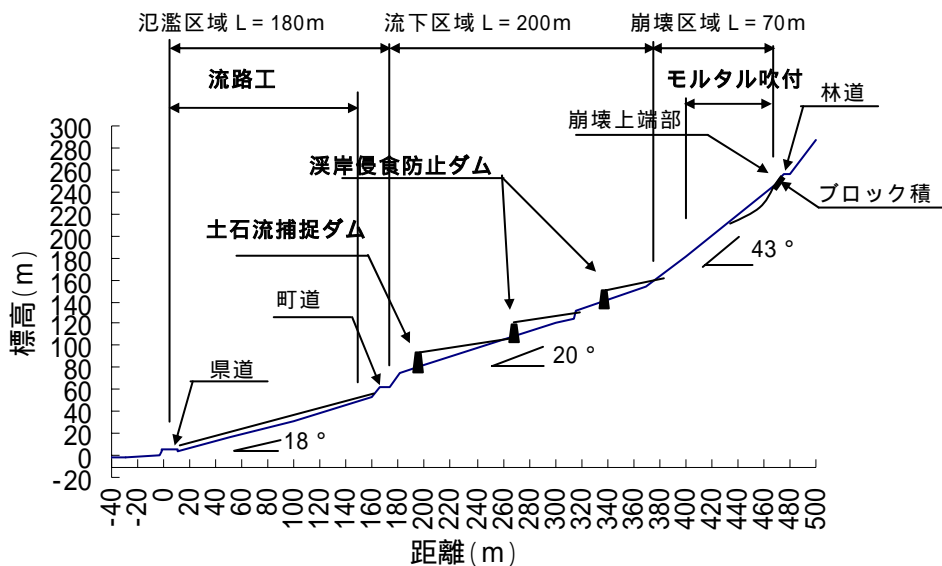


図 3.9 対策工縦断図



図 3.10 モルタル吹付による法面保護



図 3.11 溪岸侵食防止ダム



図 3.12 土石流捕捉ダム



図 3.13 下流流路工

5.1.4 西満野川（双海町）

（1）流域概要

西満野川は、双海町役場の南西約 10 k m に位置する流域面積 $A=0.08 \text{ km}^2$ の小規模な谷である。当地域は、三波川帯に属し、結晶片岩の山が急な斜面で海に迫っており、海岸には砂浜が殆ど無く、鉄道も道路も海端の山裾にしがみついたようにして通っている、所謂断層海岸であり、昔は毎年台風の季節になると、JR 予讃線のこの区間はがけ崩れのために、きまったように不通になっていたところである。

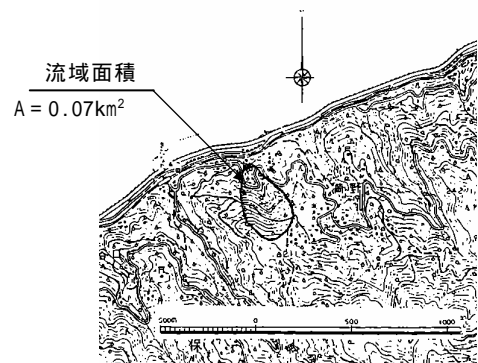


図 4.1 流域図

西満野川も上記地形をなし、地質は緑色片岩で、海岸から 50m 間に国道、人家、JR

予算本線が走っており、JR から上流町道に達する 260m間は、平均河床勾配 14° の谷地形であり、それから上流については、勾配 37° の山腹地形となっている。林層は町道下流域においては広葉樹天然林が多くを占めており、上流山腹域は杉等の人工林が主体となっている。

溪床堆積物は全区間に存在し、溪床部に 0.4m程度、5～10cmの小礫、砂が堆積しており、不均一、不安定で、大雨時には現在も流下する可能性がある。災害発生後、砂防ダムが1基設置されており、現在殆ど未満砂で中規模の土石流出は捕捉可能である。

(2) 断層海岸における既往災害

伊予郡双海町・喜多郡長浜町の断層海岸で発生した主な土砂災害を「四国の斜面災害史」から拾ってみると以下のものがある。

1963.06.03予讃線 上灘 - 下灘間で 400m³の土砂崩壊。脱線

1967.10.28予讃線 高野川 - 上灘間で 300m³の土砂崩壊。脱線

1968.08.26 予讃線 串 - 喜多灘間で 1800m³の土砂崩壊。

1977.06.10 予讃線 大雨で喜多郡長浜町で土砂崩れ。

1998.10.17 伊予郡双海町串西満野川，土石流，損壊2，台風10号，176.5mm
小さな土砂崩壊を含むと、さらに多くの災害が発生しているが、このことは双海町の JR 予算本線沿線の溪流の殆どが「土石流危険溪流」に指定されていることから伺える（図4.2）。

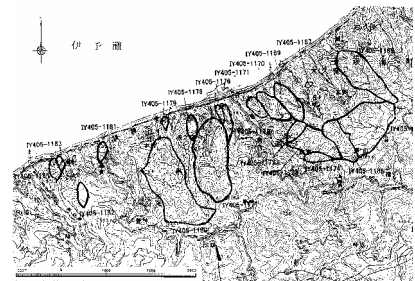


図 4.2 双海町土石流危険溪流箇所

(3) 災害の概要

10月17日19時から22時に集中した降雨により流木を伴った土石流は、建物一部破損2棟，床上浸水2棟，床下浸水3棟，国道378号線200m土砂埋没，JR予讃線本線10m流出，200m土砂埋没等の被害を与えたが、幸い人的被害は生じなかった（図4.3）。

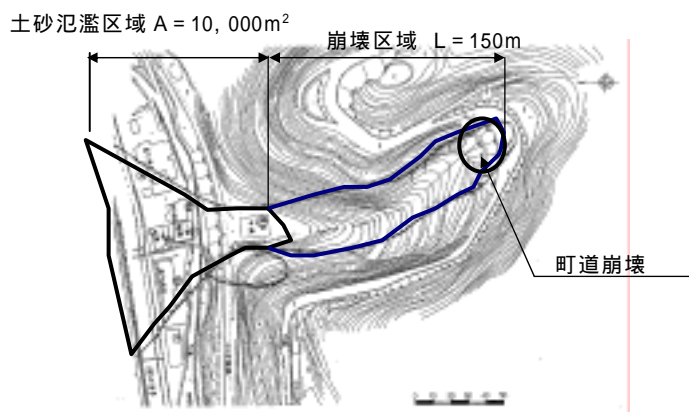


図 4.3 被災範囲を示した平面図



図 4.4 崩壊した町道

(4) 土石流発生原因

土石流発生の原因について、地形条件、地質条件、降雨条件等を考慮し検討を行う。

崩壊状況

半切半盛により施工された上流町道に洪水が集中し、盛土部が幅 20m、深さ 5m、流出土砂量 $V = 1500\text{m}^3$ の崩壊により勾配 14° の溪流を約 15m 幅で、溪床部の不安定土砂（深さ $H = 0.8\text{m}$ 程度）と共に下流 150m 間を下り、 2500m^3 の土石流となって下流域に氾濫したものと考えられる（図 4.4）。

町道上流の山腹崩壊の痕跡は見られないため、下流への流出は、町道の盛土部崩壊による流出が主な原因だと考えられる。

- ・崩壊面積 $10,000\text{m}^2$ ・流出土砂 $2,500\text{m}^3$ ・最大礫径 1.0m ・最大崩壊深 5.0m

地形

当流域は、流域面積 $A = 0.07\text{km}^2$ で、流域長 $L = 400\text{m}$ 、川幅 $W = 1.0\text{m}$ の小溪流である。溪床勾配は町道下流 150m 間は 14° と比較的緩く、上流 300m 間は 37° と急勾配となっている（図 4.6）。

流域形状は羽毛状で、町道上流域は本川と 3 本の小さな谷地形からなっており、殆ど山腹形状をなしており、常時の流水はなく 0 次谷である（図 4.5）。

地質

双海町は、殆どの地域が三波川帯に属し西満野川も同地質で、基岩は緑色片岩であり剥離性が著しく、線構造もかなり発達している。

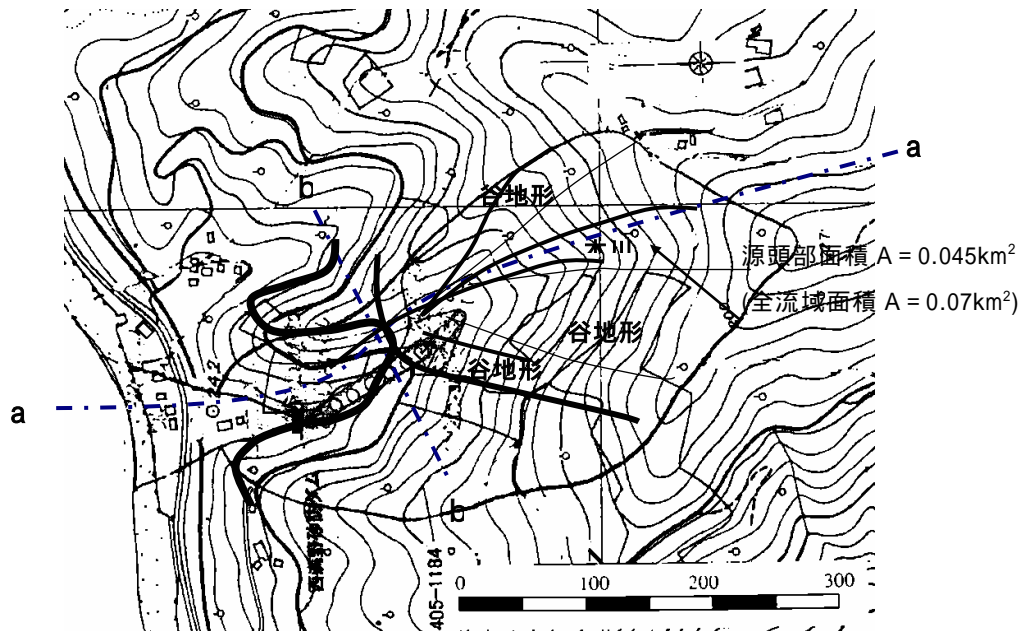


図 4.5 地形図

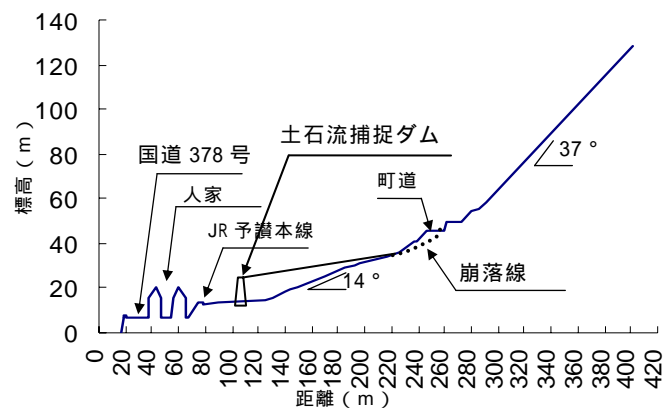


図 4.6 縦断面図

発生原因

町道上流の急斜面の崩落は無く、町道の盛土部崩落が土石流の発生をもたらしている。

このことは、上流域は4本の谷地形からなっており、急勾配の山腹はそれぞれ流域が非常に小さく、降雨が分散されるため崩壊は無く、全流域 $A = 0.07\text{km}^2$ に対し町道上流域はその65%に当る $A = 0.045\text{km}^2$ の流域面積を占めるため、上流谷の合流地点である町道部に降雨が集中し(図4.5)、切土部と盛土部の境界部に降雨が浸透し、前期雨量により飽和した盛土が、19:00~21:00の間に降り続いた時間雨量25~40mmの降雨により、崩壊し土石流となったと考えられる。

(5) 対策工

JR 予讃線から上流町道の160m間に、不安定土砂 1200m^3 程度が残存しているが、不安定土砂流出が予測される範囲が狭いことと、町道上流の荒廃は見られないことから、下流に土石流捕捉ダム1基を施工し、土砂整備が行なわれている。



図 4.7 西満野川土石流捕捉ダム



図 4.8 西満野川土石流捕捉ダム

5.1.5 キオキバ川（吉海町）

（1）流域概要

キオキバ川は、越智郡吉海町役場南約 3km に位置する南北方向に細長い、流域面積 $A = 0.09\text{km}^2$ の小規模な溪流である（図 5.1）。当地域は領家花崗岩類に属し、風化花崗岩の山が急勾配で、谷の出口と海の 200m 間の扇状地部に耕作地・人家が集中している（図 5.2）。

河床勾配は下流扇状地部で 9° 程度でやや緩勾配であるが、扇状地から上流 300m 間は 18° さらに土石流発生部の町道までは 32° と大変急勾配である。

林層は、カシ・シイ等の広葉樹が大半を占めている。

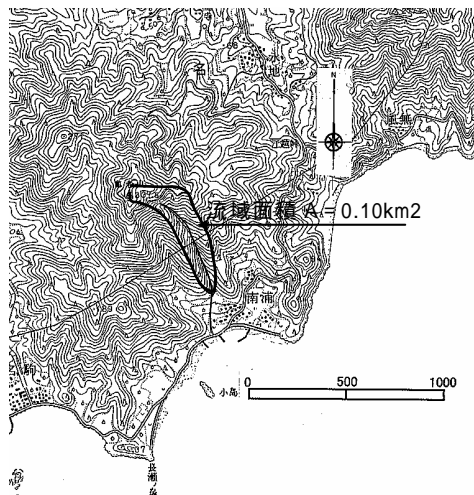


図 5.1 流域図

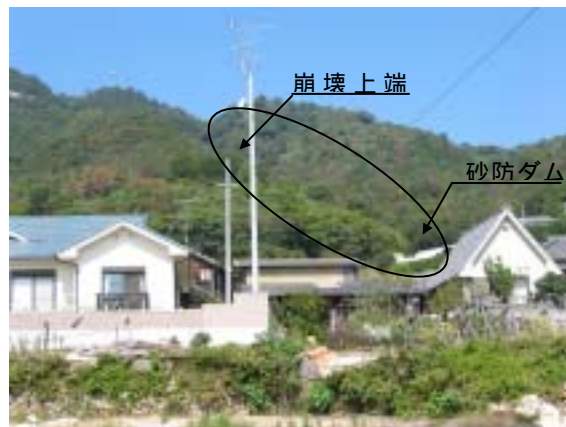


図 5.2 現地写真

（2）災害の概要

10月17日20時から22時に集中した降雨により、町道の積ブロックの基礎部を頭に発生した斜面崩壊の土塊が降雨により流動化して土石流となり、約 600m 流下した。

土石流は溪床を洗掘しながら下流扇状地部を直撃し、一部がパラペットを乗り越え海へ流出した。

これにより、倉庫2戸全壊し、田畑1ha、河川護岸決壊300m、県道500m土砂埋没



図 5.3 崩壊区域・氾濫区域

となる被害を被った。

(3) 土石流発生原因

土石流発生原因について、地形・地質条件を考慮し検討を行う。

崩壊状況

降雨により町道の積ブロックの基礎部を頭に発生した斜面崩壊の土塊が流動化し、1.0m程度の礫を含んだ土石流となり、勾配18°の急斜面を、溪床幅4m、深さ1m程度削り取りながら（図5.4）いっきに600m流下したと考えられる。



図 5.4 土石流により剥ぎ取られ基岩が露出

崩壊最大幅 20m、崩壊地長約 200m、最大崩壊深 2m、崩壊土砂量約 2800m³程度である。

崩壊頭部には、礫径 50cm 程度の不安定土石が残存しており、今尚不安定な状態である。

地形

本溪流は、流域面積 $A = 0.10\text{km}^2$ で溪流長 $L = 700\text{m}$ 、川幅 1.0m 程度の小溪流である。河床勾配は下流扇状地部で 9° 程度でやや緩勾配であるが、扇状地から上流 300m 間は 18° さらに土石流発生部の町道までは 32° と大変急勾配である（図 5.6）。

流域形状は、流域長 900m に対して流域幅 140m 程度と細長い形状である。源頭部面積は他災害地の流域に比べ $A = 0.02\text{km}^2$ で全流域面積の 2 割程度と小流域である。

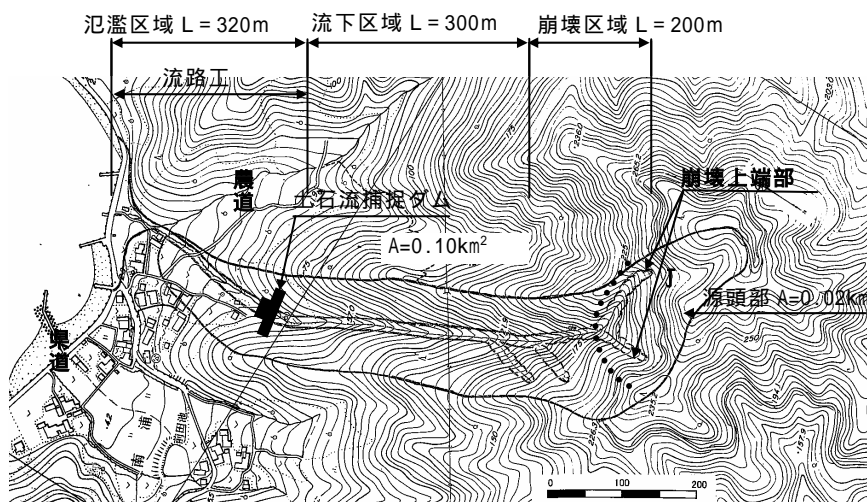


図 5.5 地形図

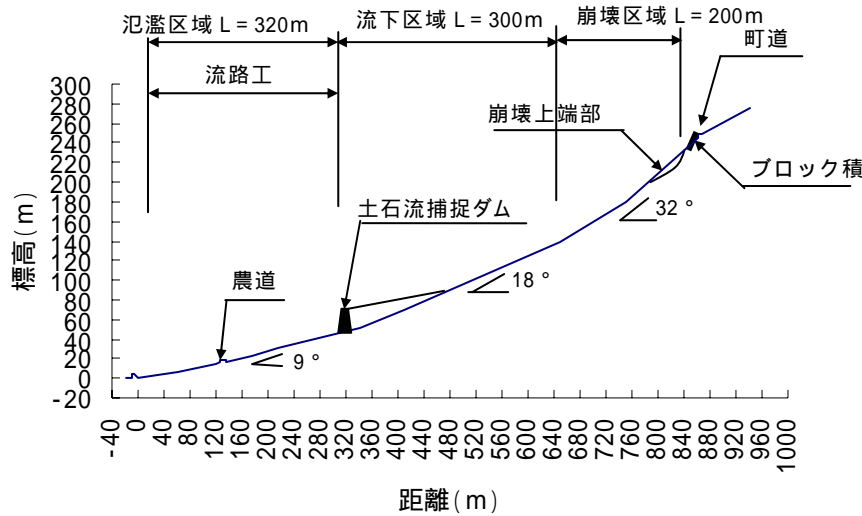


図 5.6 縦断面図

地質

本溪流は領家花崗岩類に属し，表層部 1～2m はマサ土化している。マサ土は水に弱い土質で，毎年のように梅雨時期や台風に伴う集中豪雨によって法面崩壊が発生している。これは，花崗岩の表層が比較的短い年月の間に物理的，化学的風化の進行によって完全に土砂化するためである。

発生原因

他の災害箇所 2 箇所と同様，崩壊した斜面の上流端には，町道が接し崩壊上部が凹部となっている。路面は山側に排水設備が整備されているが，凹部のため路面型勾配谷側方向に付いているため，台風による降雨が集中的に路側ブロック基礎部に集まり，浸透水が浅い基岩上に集中し，もともと水に弱いマサ土である表土が崩壊し，急勾配斜面を下り土石流となったと考えられる。

(4) 対策工

対策を行なう土砂量は，河床に残存している不安定土砂量 2000m^3 を対象とし，山地部と扇状地部で対策が行なわれている。

山地部

山地部流下区間内には、 2000m^3 の不安定土砂が残存しており、次期降雨による再流動化が懸念された。また流下区間は表土が剥ぎ取られて、立木もなく、一度流動化を起こすと一気に下流に流出すると考えられたため谷の出口に、土石流捕捉ダム（図 5.7）が施工されている。

扇状地部

扇状地部には、耕作地・人家が建っており、今回の災害では中ノ川同様水路から土砂が溢れ、石積み護岸が崩壊し、人家に被害を与えている。水路断面が小さく、耕作地・人家との比高も小さいため、掘り込みによる河川断面の確保が行なわれ、土石流を安全に流すための流路工（図 5.8）の施工が行なわれている。



図 5.7 土石流捕捉ダム



図 5.8 扇状地部流路工

5.1.6 まとめ

(1) 降雨特性

台風 10 号による降雨特性は、全降雨期間中の後部にピークが集中しており、前日から当日の 18:00 までに 50mm 程度の降雨量があり、その後の集中的な降雨により災害が発生している。前半部の降雨により、飽和状態となった土砂が、後半の集中豪雨により、一揆に崩壊流出したと考えられる。

(2) 地形特性

それぞれの流域に地形特性をまとめると表 6.1 のようになる。

表 6.1 地形特性

溪流名	全流域面積 (A k m ²)	崩壊部上流域面積 (A1 k m ²)	流域形状比 (流域幅/流域長)	平均 渓床幅 (m)	崩壊区間 渓床勾配 (°)	流下区間 渓床勾配 (°)	崩壊土 砂量 (m ³)
中ノ川	0.10	0.059	0.2	3.0	43	20	2500
西満野川	0.07	0.045	0.4	3.0	14	14	2500
キオキバ川	0.10	0.020	0.15	3.0	32	18	2800

(3) 地質特性

表 6.2 地質特性

溪流名	地質	内部摩擦角 (°)	単位体積重量 (KN/m ³)
中ノ川	緑色片岩	35.9	25.9
西満野川	緑色片岩	36.6	25.5
キオキバ川	花崗岩	37.8	25.4

(4) 各土石流諸元

時間降雨量及び地形特性から、発生した土石流の規模を土石流対策技術指針（案）より計算し推定を行なう。計算結果を表 6.3 に示す。

表 6.3 発生した土石流の規模

溪流名	最大時間 雨量 (mm/hr)	流下区間 渓床勾配 (°)	流域面積 (A k m ²)	土石流ピーク流量 (m ³ /sec)	土石流水深 (m)	土石流流速 (m/sec)	土石流流体力 (KN/m)
中ノ川	65	20	0.10	18.10 (1.81)	1.01 (0.15)	5.93 (4.56)	69.58
西満野川	39.5	14	0.07	2.89 (0.77)	0.38 (0.10)	2.58 (2.82)	4.60
キオキバ川	26	18	0.10	7.20 (0.72)	0.61 (0.10)	3.99 (2.97)	18.97

* () は水のみ の 値

表 6.3 より、土石流ピーク流量は、通常の流水に比べ中ノ川・キオキバ川において 10 倍、西満野川においては 4 倍程度の規模で発生したことになる。

最大時間雨量において、西満野川はキオキバ川に比べ大きいのが、ピーク流量が小さいのは、それが流下区間渓床勾配に大きく影響を受けるためである。

(5) まとめ

以上土石流災害が発生した3箇所について、調査を行なったが、地形上の共通点としてあげられることは、崩壊頭部に全て道路があり、凹型の集水地形をなし、流域形状比が0.15~0.4と小さいことである。また流域面積0.07~0.1km²、崩壊部上部の集水面積も0.02~0.06km²と非常に小さい流域で土石流が発生しているのが特徴的である。

台風10号の降雨が全降雨期間中の後部にピークが集中している降雨特性により、前期降雨で飽和状態となった表土が、上記のような地形特性により、源頭部面積が小さいにもかかわらず、瞬時に降雨が集水され、予想以上の洪水となり、土石流になったと考えられる。

キオキバ川においては、降雨量としては5~10年確率程度の降雨量であったが、マサ土の水に非常に弱い特性と、基岩上部の表層厚が0.5~1.0mと薄いため、前期降雨により飽和状態になった表土が、後期降雨による路面排水の集中的な流入により表土と基岩の摩擦力が低下し、急勾配基岩斜面を滑るように土石流が発生したと考えられる。

今後土石流危険溪流調査を行なう際、上流部に道路等がある場合等、路側構造物の足元の土の状況及び路面排水の状況も合わせて調査しておく必要があると考えられる。