

2010年9月の台風9号による小山町豪雨災害のメカニズムおよび2019年10月の超大型台風19号による豪雨災害

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-02-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 保坂, 貞治 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00028592

2010年9月の台風9号による小山町豪雨災害のメカニズムおよび 2019年10月の超大型台風19号による豪雨災害

保坂 貞治

1. はじめに

静岡県東部の小山町は、2010年9月の台風9号と2019年10月の台風19号により豪雨災害に見舞われ甚大な被害を受けた。特に近年地球温暖化により世界各地で大規模な気象災害が多発している。そこで本稿を、災害の発生のメカニズムを解明し、小山町の気象学的地理環境を知り大規模気象災害から命を守るための防災の教訓としてまとめた。

2. 小山町の豪雨災害

平成22年(2010年)9月、台風9号による小山町豪雨災害は、以下の通りである(急崖地の洪水の本体は土石流である)。静岡地方気象台の速報によると、台風9号は9月7日に日本海より福井県敦賀市に再上陸後、中部地方を南東に進んで静岡県に入り、翌8日15時に温帯低気圧となり、その後は極めてゆっくりと富士山の山梨県側を東に進んだ。台風崩れの水蒸気を多量に含んだ温帯低気圧は居座るように極めてゆっくりと東に進み、小山町に記録的豪雨を長時間にわたりもたらした(奥五沢経雄氏、私信)。小山町大洞で1時間雨量69~123mmの豪雨が約7時間に及び、総雨量686mmという小山町でかつて経験したこともない記録的豪雨となり、山は崩落して土砂が流失、川は氾濫して河川堤防は至る所で決壊した。さらに土砂は住宅に流れ込み、家屋は倒壊・流失等の大災害を被り、小山町災害対策室の統計で総額3,842,446千円の被害に及んだ(保坂, 2011, 2019)。

3. 小川町での豪雨発生の条件

(1) 温暖化と飽和水蒸気量：空気中の飽和水蒸気量は、温度が上昇すると二次曲線的に増加する。近年、温暖化の影響で空気中の水蒸気量も増し、加えて海水温の上昇は海面よりの蒸発を活発にしている。このため南方洋上に熱帯性低気圧が発生し、台風となると急速に発達し大型化して強風や豪雨を降らせる。水は蒸発するとき周りから気化熱を奪い、その気化熱は雨になると放出される。これが台風のエネギーとなって近年の台風は大型化している。また低気圧が発生すると発達して海から暖かく湿った空気が流れ込み曇天や雨の日が多くなっている。特に梅雨時と秋雨の時期になると、近年は雨や曇天日が続く、スッキリとした快晴も少ない。日照不足で農作物の生育にも影響が出ている。

(2) 地形と風向(懷状地形)：小山町の地形を高所より俯瞰すると、西丹沢の不老山—湯船山—角取山—立山と富士山がほぼ直線状に連なり、1000m級の壁のような地形となっている(保坂, 2011, 2019)。その壁は、3つに分かれるように尾根が長く伸び、尾根の内側は永年の侵食で急峻でカール(圏谷)状に深く侵食して切り立った3つの懷状の地形(野沢川水系・須川水系・佐野川水系)となっ

ている（図1）。

野沢川水系は、中島の集落（標高350m）より不老山（標高928m）まで19/100の急斜面となり、川の側面は各所で崩落し、斜面はあたかもお椀の底から仰ぎ見るようにそそり立ち覆い被さるような懐状地形となっている。

須川水系は、湯船山（標高1040.9m）から麓の上野集落まで水平距離で2.8km、標高差480mと17/100の急崖地で、角取山—湯船山間が深く侵食され急崖な懐状地形となっている。佐野川水系は、富士山—籠坂峠—立山—角取山に囲まれた地形で、富士山に当たる風が丹沢山系との谷間を籠坂峠に向かって収斂し、山中湖へ山越えをする懐状地形を示し、普段でも霧の発生しやすい地形となっている。

上記の（1）と（2）を総合して考察すると、以下の通りとなる。2010年9月の台風9号は、温帯低気圧に変わっても風速が弱まっただけで、たっぷり水蒸気を含んだ気塊であった。その温帯低気圧が速度を弱め居座るように山梨県側にあつて、温帯低気圧からの湿った風が左回りに南東方向から小山町の3つの懐状地形に吹き込み、収斂して積乱雲となり記録的豪雨を長時間降らせた。小山町が豪雨災害に見舞われるのは、この特異なそそり立つお椀の側面を斜めに切り取った如き山の懐状地形が関与していると考えられる（保坂、2011、2019）。

(3) 豪雨をもたらす気団の動き：小山町の豪雨災害は、たとわりと水蒸気を含んだ温帯低気圧が居座るような動きで1時間雨量50mmの豪雨を6時間に及ぶ長時間降らせた事に起因している。平成30年（2018年）7月の西日本豪雨災害や、平成27年（2015年）9月の日光鬼怒川の線状降水帯による豪雨、平成29年（2017年）7月の北九州の梅雨前線による水害も、共に水蒸気を多量に含んだ湿った動きの遅い気塊が一カ所に長時間豪雨を降らせたことによる。このように豪雨災害の要因は、活潑な雨雲の気塊や気団の動きが遅いことが長時間雨を降らせ豪雨災害に深く関与している。

(4) 破壊、決壊場所：豪雨時に破壊や決壊が起りやすい場所としては、以下が考えられる。

流水は直線的に流れるため、川の流れが曲がる曲流点で護岸が破壊されることが多い。橋に橋脚があると水は橋脚に当たり左右に八の字に分かれることで橋の両側の護岸が破壊される（保坂、2011）。また、橋脚の間隔が狭いと、流木が掛かり易く流れが遮られ、越水・決壊・浸水を起こすことがある。川に砂防用堰堤があると、堰堤の左右の護岸が破壊されることが多い。堰堤から落下する土石流状の濁流は、河床を滝壺状に侵食し護岸の基礎を洗い基礎を浮かせて裏込め用土砂が流出して護岸は破壊される。

(5) 破壊、決壊のメカニズム：河川勾配の大きい河川の洪水の内部は土石流となっている。平成22年（2010年）9月の台風9号による野沢川の氾濫で決壊・流失した下野沢橋に面した我が家の1階の車庫は、橋の橋脚に流木が掛かり堰き止められた濁流が一気に溢れ、濁流は1階の車庫兼物置に溢

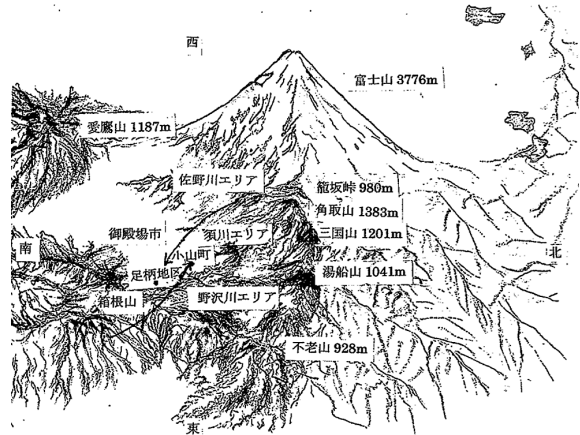


図1. 静岡県駿東郡小山町での豪雨災害の特性。

水して水没した。2階は居間まで後30cmまで水位が上がっていた。水が退いた後、車庫に土砂が約1.3m堆積し、算出すると濁流は表層流で約40% (容積比) の砂礫を含んでいた。洪水で氾濫した野沢川の写真には、水面を跳ね上がる飛沫は濁り水だけでなく、大きき20~30cmの岩石が飛び交っていた (図2)。昔のカメラでは飛沫は流れる飛跡としか写らないが、デジタルカメラは瞬時を捉えるため、岩石が水面を飛び交う様子を映し出していた。時折、岩塊が濁流の中を転がり護岸に当たる衝突音、巨岩同士がぶつかり合い出すゴツン、ゴツンという不気味な音を立て流れていた (保坂, 2011, 2019)。



図2. 平成22年 (2010年) 9月の台風9号で氾濫した野沢川の水面を直径20~30cmの岩石が飛び交う (保坂, 2011を転載)。

決壊した下野沢橋上の護岸は、約4mの高さに野積みの石垣を積み上げ、裾を1.3mの高さまで33cmの厚さのコンクリートで巻くように補強されていたが、石積み上げ部分が決壊した。決壊場所から約32m上流に落差50cmの堰堤があるが、洪水は4m水位を上げて流れていた。濁流中の岩石は、4m水位を上げた様々な高さから濁流と共に落下して、河床の床固定用コンクリートのブロックに跳ね返され、野積みの石垣を下から突き上げる衝撃力で上段から順に剥がされるように崩し決壊した。水が退いた後、約4m上の道路上には、大きき20~30cmの岩石がうちあげられ、野積みの石垣部分が崩れたコンクリート補強の1.3m上の懐地に直径50~60cmの岩石が打ち上げられていた (図3)。

また、下野沢橋が決壊した護岸の下から、砂礫に埋もれ破壊の原因となった1m前後で重さ2t程の巨岩が復旧工事で十数個出てきた。この事は、洪水の本体は急崖地の濁流が正に「土石流」となり、氾濫する洪水中では2tの岩塊が1.3mも跳ね上がり流れていたことを示している。水は直線的に流れようとする。流れの方向が変わる曲流点では、土石流状で流れる大小様々な岩石が護岸に連続的に衝突し、護岸は衝撃の破壊力で崩壊される。破壊のメカニズムは、運動している岩塊と衝突される物体との運動量の関係にあり、次の式で表わされる (保坂, 2019)。



図3. 平成22年 (2010年) 9月の台風9号で決壊した野沢川上の野積みの石垣と打ち上げられた岩石 (保坂, 2011, 2019を転載)。

$M \times V = m \times v$ (M: 衝突する物体の重さ kg, m: 衝突される物体の重さ kg, V: 衝突する物体の速度 m/秒, v: 衝突される物体の速度 m/秒)

4. 河川や護岸の決壊のメカニズム

(1) 決壊場所の破壊のメカニズム: 洪水は直線的に進み、流れの方向が変わる曲流点では、洪水中

の大小様々な岩石が護岸に連続的に衝突して護岸を破壊し決壊させている。護岸を石積みやコンクリートブロックを旧来の裏込め程度で積み上げた石垣は、洪水時に衝突される切石・コンクリートブロック1個に衝撃力が集中するため、強い衝撃力で押し出され抜けるように順に破壊されている。しかし野積みの石垣の基礎部分を厚さ33cmのコンクリート壁で巻くように補強した護岸は、巻かれたコンクリートで護岸が一体化し衝撃を全体で受け止め運動量保存則で衝撃が小さくなり破壊されていない。こうした現象は、周りが破壊されても破壊されず強固であることを意味している。

下野沢橋は、氾濫した野沢川が鮎沢川に合流する場所で、橋の中央に橋脚があり、氾濫時には上流から流木が流れて来ては護岸と橋脚の間を塞ぐように掛かるが氾濫の初期は殆ど流されていた。しかし、長尺の丸太・折れにくいケヤキや生タケは、橋脚に巻き付き次々と流木が掛かって流れが止まり、水位が上って兩岸の音淵区・落合区の市街地は浸水した。しばらくして下野沢橋は膨大な水圧で一気に跡形もなく消失した。この時に浸水した音淵区では、急に水位が1mくらい下がったという。

小山町役場横の鮎沢川の護岸の決壊は、約11m上流に高さ2mの堰堤があり、その先に大氾濫した須川からの岩石を多量に含んだ土石流状の洪水が4m水位を上げ流れていた(保坂, 2011, 2019)。水嵩を上げた濁流は堰堤より約11m先の河床に岩石諸共激しい勢いで落下し、滝壺を抉るように連続して河床を侵食して、護岸は基礎部分が洗われ裏込めの土砂が流出し決壊した(図4)。

河川に堰堤(段差のある構造物)があると、洪水中の岩塊は「堰堤の高さ+濁流中の岩塊の高さ」の位置より濁流諸共河床に激しい勢いで河床に突き刺さるように落下して滝壺を抉るように侵食する。例え50cmの堰堤でも、水嵩を増すと落下による河床の侵食は大きく護岸を破壊し、堰の兩岸の決壊の要因となっていた。



図4. 平成22年(2010年)9月の台風9号により決壊した小山町横の護岸(保坂, 2011, 2019を転載)。

2010年9月の台風9号による豪雨災害で須川流域のわさび田が大災害を受けた。これは小山地区で降水量が最も大きい上野・大御神地区の大洞で最大時間雨量123mm、総雨量686mmという

記録的豪雨が7時間に及び、須川水系の傾斜地は至る所で土砂崩れを起こし、曲がりくねったわさび田の護岸は各所で決壊し、洪水が収まった川は直線的に流れを変え、わさび田は広い河原と化した(保坂, 2011, 2019)。

湯船山に登る入口に山口橋がある。普段は落葉樹の森を小川が流れている程度の谷川で野沢川の支流である。この小川が豪雨で氾濫して多量の土砂が流れ一面に広い砂礫の河原と化した。山口橋は橋下6mが土砂で埋まり、土石流状態の濁流は溢水して道路を流れ、柳島の集落に流れ込み大災害をもたらした(保坂, 2011, 2019)。柳島集落の流域は過去の川の氾濫で流砂が堆積した場所で、各所で土砂崩れが起き道路は流され一時集落の一部が孤立した。本流の野沢川は、7~8m高い流域の耕地に溢水して土砂が堆積し広い河原と化した。上流の谷間も流砂で十数m以上も埋ってしまった。一度の豪雨でこのような大量の土砂を流した小山町の豪雨による土砂災害の驚異である。

5. 令和1年(2019年)10月の台風19号(地球温暖化と海水温の上昇で超大型化した台風19号の豪雨災害)

2019年10月6日に南鳥島近海で発生した台風19号は、海面の水温が30℃前後のマリアナ諸島付近を通過する際、エネルギー源となる水蒸気を大量に取り込み急速に発達した。通常、台風は北上して水温の低い日本近海域に入ると勢力が弱まるが、日本の直ぐ南側の海域の水温が10月としては平年より1~2℃高い27~28℃であったため、勢力を維持したまま8日には中心気圧915hp、最大風速55mの猛烈な勢力で、やや勢力を落として12日午後7時前伊豆半島に上陸した。台風19号の規模は、暴風域が12日午後6時の時点で紀伊半島から石川・福島を包む半径380kmで、強風域が日本の本州をすっぽりと覆う超大型の台風であった。関東地方をほぼ直線的に縦断し、約半日ゆっくりと巨大な勢力で豪雨と強風が吹き荒れ、13日午前1時過ぎ三陸沖に抜け温帯低気圧となった。大雨特別警報が静岡県など1都12県に出された。強風と通常の3ヶ月分の豪雨で、信越から東北地方にかけ広範囲に河川が氾濫して各地に甚大な被害を及ぼした(静岡新聞2019年10月14日朝刊)。

6. 台風19号による被害

(1) 小山町の災害：この台風19号による小山町の被害状況は、2019年10月24日17時の時点で、土砂崩れ等(流出、流入、崩落含む)69件、家屋損壊・浸水等16件(未確定：施設半壊1件・一部半壊2件・床上浸水6件・床下浸水5件)、道路損壊等48件、通行止め(国・県・町道)23件、護岸崩落20件、水路被害26件、人的被害0件、計179件、総被災額約7億6000万円超であった(小川町台風19号災害対策室による)。

(2) 山地の被災状況：深く侵食された溪谷を流れる大沢川は、左岸の山の斜面の林床が綺麗に洗い流されたように豪雨で流され、各所で土砂流出が起り、塩沢中部層が露出していた。東名高速道路の下を過ぎた山の入り口付近の道路には、倒木・崩落・間伐材が折り重なり道を塞いでいた。林道は、大沢川の中流の橋に流木が掛かり塞がれて、溢れた濁流が道路を流れ林道の入り口まで深く侵食した。しかし、風陰になった右岸では、雨水による被害は見られなかった。住宅の裏山が崩落した家の主婦は、12日午後11時に避難解除になり、家に帰ったら裏山が崩れていて驚いたと話した。台風19号の強風は、大沢川の入河口より南東方向から吹き込み、溪谷の南斜面に当たり吹き上げ、豪雨を大沢川の左岸に降らせて左岸に被害が集中した。しかし、右岸は対照的に被害が殆どなかった。これは2010年9月の小山町の豪雨災害でも同様に見られた。

滝沢川は大沢川の西側に隣接し、南から北に平行して流れている。住宅は川の入河口の開けた場所に、急勾配の河川を階段状に堰を設け、川の両岸は石垣を約2m以上積み上げることで、河床をコンクリート張りにして水害から家を守るように建てられている。住宅地の護岸は、決壊5カ所、石垣の崩れ8カ所が被災した。東名高速道上り線より上流では、滝沢川の左岸が大沢川同様に決壊や崩落が激しく被災した。数多くある枝沢は、普段は涸れ沢で入り口付近をせせらぎ程度の水が流れているが、豪雨で枝沢から押し出された間伐材や土石が道路一面に拡がり道が塞がれていた。左岸からの4本の枝沢は、流木が押し出され土石が散乱し、特に2本目が激しく、5本目は殆ど被害がなかった。更に上流の傾斜角50度の崖状の斜面では、立木ごと滑り落ち道を塞いでいた。

犬の平住宅地には、酒匂ロイヤルゴルフクラブ東の沢より流れる谷川が激しい豪雨で砂礫が大量に押し出され河床を上げ、流砂状の洪水は河川がほぼ直角に曲がる場所で越流し、砂礫が広場から道路を越えて平成の杜特別養護老人ホームの1階窓下183cmまで厚く堆積した。老人ホームの大窓ガラスは破損しなかったが、腰窓が割れ土砂が流入した。土砂は更に前庭から裏庭まで広い敷地は砂礫で埋め尽くされた。入居者は、隣家から12日午後7時40分に川が氾濫して溢れ出ている連絡があり、2階に避難したため無事であった。1階は最大50cm浸水し、食堂には土砂が堆積した。時刻は12日午後7時で台風が伊豆半島に上陸した頃であり、災害場所は箱根山を挟んで反対側の位置にあり、北東の風が谷川に吹き込み豪雨となった。近接地にいた著者は、同時刻に突風の如き強風が音を立て吹いていた事を耳にしている。

7. 小山町における台風による豪雨災害の共通性

平成22年(2010年)9月の台風9号による小山町豪雨災害と、令和1年(2019年)10月の台風19号による豪雨災害の共通性を明らかにして、災害発生メカニズムと小山町の被災場所より災害危険区域を探る。

河川勾配の大きい小山町では、河川が氾濫している洪水の内部は土石流状態になる。高密度の流体から受ける浮力で軽くなるため、砂礫と共に岩石は踊るように流され、護岸や岩石同士が衝突して跳ね返されながら流れることで、水面を直径20~30cmの岩石が飛び交い、底流層は重さ数tから20t以上の巨岩までゴツン、ゴツンと鈍い衝突音を立てながら流されている。河川の決壊は、洪水の中の岩石・巨岩の衝突による衝撃が主で、これに激流の水圧が加わり、連続的に衝撃や水圧が加わる河川の曲流点や河川の幅が狭くなっている場所で決壊している。河川に堰堤等の段差がある場所は、土石流中の岩塊の落下による衝撃力と落下する水の水圧で、河床が滝壺状に侵食され決壊が起きている。

小山町では、平成22年9月(2010年)の台風9号が温帯低気圧となり、南西の富士山の山梨県側を通過した。この時、富士山とほぼ直線上に並ぶ立山一角取山一湯船山一不老山の嶺々が、永年の侵食によりカール状となった3つ懐状地形に、台風崩れのたつぷりと水分を含んだ温帯低気圧がゆっくりと東に移動することで、長時間連続的に南東の風を吹き込み収斂して積乱雲を発生させ、1時間雨量50mmの豪雨を6時間に及ぶ長時間豪雨を降らせ大災害となった。

このように、小山町では台風が富士山の西側を山梨県に向かって通過すると北に山を背負った佐野川水系・須川水系・野沢川水系に豪雨が集中する。

小山町では、台風19号が箱根・足柄山地を挟んで南の太平洋側を通過して天城山・伊豆の国市・函南町で豪雨となり、台風の位置関係で風が東から北に変わり、北東の風が小山町の箱根山の北斜面の懐状地形や斜面・谷川の入り口の開けた場所に吹き込み豪雨を降らせ、山地は南西の斜面に倒木・崩落が起これり土砂災害を起こした。

小山町では、台風19号の勢力圏内にあつて熱海・小田原方面を東に通過すると箱根山の北斜面に面した河川や山に土砂災害が集中した。降水量を見ると町の北部の須走462mm、中間地域の御殿場市萩原534mmと南の箱根山の北斜面に面した足柄833mm、足柄桑木地区833mm、小山町小山671mmと箱根山の北面に豪雨が降り災害が集中した。

8. 日本各地に被害を及ぼした台風19号 (図5)

長野県長野市穂保町は、千曲川に支流の犀川が飛騨山脈の山岳地帯に降った多量の雨を集め合流する場所で、午前3時頃堤防が70mに渡り決壊し大量の水が越流し堤防が決壊して溢れた大量の水が住宅地を見る見るうちに飲み込み浸水した。住民は、次々と溢れ迫る水の勢いは信じられないほどの量で恐怖を感じたという (静岡新聞2019年10月14日朝刊)。浸水は950haという広範囲に浸水被害を及ぼした。河川が合流する場所は氾濫が起りやすく特に犀川は多くの谷川の水を集めて流れる川で水量も豊富である。台風19号の北東からの風が長野盆地と上田盆地の山懐に吹き込み豪雨を降らせ更に飛騨山脈の山岳地帯に降った豪雨を集めた犀川の水が加わり大災害となった。

茨城県大宮市那珂川は、下流の八溝山地に降った雨で既に増水している河川に上流部の那須岳～日光連山に降った雨を数多くの谷川・支流を集め流れる川で、上流部の水が加わり下流域で越水し堤防は決壊し、水戸市は広範囲に最大7.2mの深さに浸水し大災害となった (静岡新聞記事2019年10月16日朝刊)。河川の長さが長く流域面積の広い河川は、台風19号のように超大型になると豪雨で下流部は河川が増水しているところに上流部の山岳部で降った多量の水が加わり、川は越水して決壊、浸水が起り大災害となった。

宮城県丸森町を流れる阿武隈川は、東の阿武隈山地と西の奥羽山脈間を流れ降雨が集中する。上流で降った大量の雨水が下流に届くと同時に、台風19号の雨雲が移動して下流域にも大雨を降らせた。上流の山地をジグザクに流れた谷川は平野部で支流が次々に合流し流れている。山地の流れる谷川は切り立った山の溪谷で行く手を阻まれ直角に曲がっている。「隈」は川が湾曲して入り組んだ所という意味があり川の曲がり方が名前の由来という説がある (静岡新聞記事2019年10月17日朝刊)。想定以上の雨量に堤防は支え切れず大きく曲がった水路で水高が増した上に急傾斜地からの水が勢いよく平野に集まり越水していた。阿武隈川の本流の曲がりの手前では幾つかの支流が合流し本流の流れの勢いが良いと支流の水を飲みきれず支流の水は滞留し、合流出来ない水が溢れ堤防が決壊した。阿武隈川はこうした支流が合流する場所が幾つかあって、丸森町では氾濫した洪水で越水、決壊して大規模浸水被害を起した (静岡新聞記事2019年10月17日朝刊)。

神奈川県足柄下郡箱根町湯本は、南が相模湾に面し、芦ノ湖から流れる早川の河口で湯河原町と小田原市にかけて500～600m級の山地に挟まれ平野が広がっている。ここに湿った海からの暖かい風が明星ヶ岳924mと冠ヶ岳1412mに挟まれた深く狭い溪谷に吹き込み収斂して上昇気流となった。空気は100m上昇すると平均0.6℃気温が下がる。この割合で下がっても8.5℃さがるが、台風の高湿度の空気は湿潤断熱減率で更に低くなる。加えて空気の山越えは更に高く上って山越えをする。気温

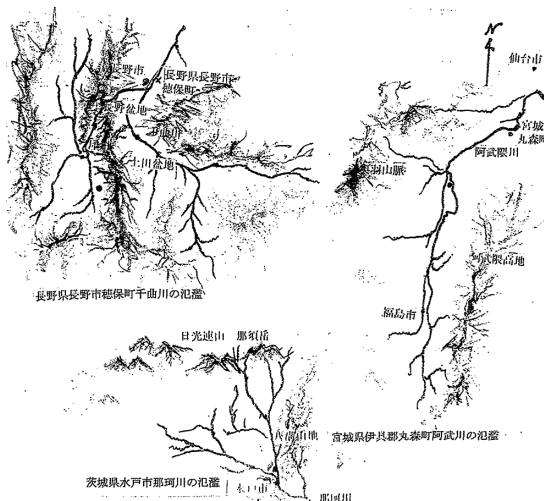


図5. 令和1年(2019年)10月の台風19号による豪雨災害。

が下がると飽和水蒸気量は下がり、箱根町では48時間に気象庁箱根芦の湯観測レーダーで1001mmという年間雨量の3~4割に当たる想像もつかない記録的豪雨が降り、箱根登山鉄道は復旧の目途が立たない甚大な被害を被った（箱根町台風19号災害対策本部2019年10月22日聴取）。

南の海風を呼び込んだ紀伊熊野川の台風災害、大ヶヶ原の多雨地帯と海からの湿った風は大雨を降らせる。

まとめ

(1) 河川勾配の大きい急崖地の小山での洪水は土石流状態である。

(2) 土石流状態の洪水の内部では、数tの巨石も高密度の底流部の浮力を受けボールが弾むように平均流速3.2m/秒の速度（平成22年9月台風9号小山町豪雨災害）で $Mkg \times 3.2m/秒$ の運動量をもって護岸や河床に衝撃を及ぼして侵食、決壊の原因となっている。

(3) 小山町で豪雨となる条件

① 台風の強風圏内であって台風が西側を山梨県に向かうと、小山町では丹沢山地西縁の北部の3つの懐状のエリアに南東の風が吹き込み収斂して激しい上昇気流が発生して豪雨となる。

② 台風の強風圏内であって台風が箱根山の南を通過すると、箱根山の北麓の山懐に北東の風が吹き込み収斂して激しい上昇気流が発生し、箱根山の北麓に面した小山町の小山地区、所領地区、足柄地域が豪雨となる。

広域的には台風の強風圏内であって、各地域の山岳に囲まれた山懐状地形が台風の進行方向に向かって右手方向であって左手を通過すると豪雨となり、台風が山や山岳の反対を通過すると台風の進行方向に向かって左手前方から吹き込み、右手後方の山懐状地形に吹き込み収斂して豪雨となる。

豪雨災害のメカニズムは小山町に見られた災害のメカニズムと超大型の台風19号による各地の豪雨災害のメカニズムは巨視的（広域）に見るか微視的（狭域）に見るかの違いで同様と考えられる。暴風圏内の気塊の特性（湿度・温度）、地形・地質・山懐状地形（広域的には山岳・山脈・台地に囲まれた地形）と風向が関係し土砂災害の最大の要因は、気団・気塊の動きが遅く長時間豪雨を降らせる事である。

南の暖かい海風を長時間吹き込ませた紀伊熊野川の豪雨災害、台風19号の箱根町の記録的豪雨も同様と考えられる。

終わりに豪雨災害をまとめるに当たり小山町降水量研究家の與五澤経雄様には台風19号の気象データを数多く頂き、原稿の修正で静岡大学理学部の佐藤慎一先生には細部にわたり適切で懇切なご指導頂き感謝いたします。

引用文献

保坂貞治（2011）：2010年9月の台風9号による静岡県駿東郡小山町（富士山東麓）の豪雨災害。地学教育と科学運動，66，51-58。

保坂貞治（2019）：富士山と四囲の山々の自然とくらし。静岡新聞社，125p。