

5. 伊豆半島

－プレートに乗り本州に衝突している南海の火山島

1. 地域災害環境

フィリピン海プレートの北東端境界は相模トラフと駿河トラフに分かれ、楔状になって本州弧に接続し、楔の真中には火山岩からなる伊豆半島があります。本州側では山地列が北に湾曲し、断層帯がそれに沿うように走っています(図1)。このような地体構造は、火山島がフィリピン海プレートに乗り北上してきて、北米およびユーラシアの両大陸プレートに衝突し、激しく押し合っていることを示します。火山島は軽いので大陸地殻の下に潜り込むことなくまともにぶつかり合うのです。これはユーラシア大陸とインド陸塊との衝突のミニチュア版と言えるでしょう。



図1 プレート境界と伊豆半島の位置

伊豆半島に露出する最も古い地層は、約2千万年前の海底火山噴出物です。

フィリピン海プレートの進行速度は年数 cm ほどなので、2千万年前にこの海底火山群はおおよそ1千 km 南方の亜熱帯海域にあったと考えられます。その後火山噴出物を積み増しながら北上を続けて、100万年前には本州沖に達し、海面上に火山島となって出現しました。本州と陸続きになったのは約60万年前で、このころに天城山や達磨山などの大型成層火山が形成されました。20万年前ごろになると火山活動はほとんど停止し、伊豆半島はほぼ現在の姿になりました。

伊豆火山島を載せた海洋プレートは沈みこんで、富士山あたりでは約10 km、丹沢山地では約15 kmの深さにその上面があります。このプレート沈み込みおよび伊豆陸塊の衝突によって、丹沢はドーム状に隆起し、御坂山地・天守山地は北に湾曲しています。富士・箱根火山は、東から沈みこんでいる太平洋プレートの深さが100 kmに達して、マグマが形成され状態になったので地上に出現したのですが、富士山のような非常に大型の火山が成長したのは、この複雑なプレート境界構造が関係しています。

このように伊豆は本州とは異質の南国起源であり、植生などの自然環境に独特の雰囲気をもたらしています。気候は温暖であり、降水は豊富です。伊豆中央部の天城山では年平均降水量が4,400 mmで、日本の平均のおよそ2.5倍です。全域がほぼ山地からなり、標高は500～1,000 mほどです(最高点は天城山の1,406 m)。北部は古い成層火山、南部は火山岩からなる山地です。海岸には山が迫っていて、岩石海岸(磯浜)が連続しています。

伊豆は日本有数の温泉地帯で全域に温泉がありますが、湧出量が多いのは東伊豆です。源泉総数では別府と由布院に次ぎ、伊東が3位、熱海が4位、温泉湧出量では伊東が4位です。首都圏に近くて多くの人々が観光に訪れるので、宿泊施設数では箱根に次ぎ、伊東が2位、熱海が3位です。鉄道が通じている東伊豆には、温泉観光旅館や寮・保養所が多数あります。これに対し西伊豆・南伊豆では宿泊施設の大部分が民宿であるという違いがあります。ここでは豊富な魚介類を供するのが観光の目玉になっています。西伊豆へのアクセス手段は山地を通じる道路です。

このような地に地震や大雨の災害が起こると、交通路は容易に断たれて多数観光客の孤立が生じ

ます。山地を通じる鉄道・道路の復旧には一般に長期間かかります。またイメージを悪くしてその後しばらくは観光客が減少します。終息宣言に長い時間がかかる火山噴火の場合には、影響は長期に及びます。両面をトラフで挟まれ、活断層は多いので、地震の危険は大です。また、伊豆は日本有数の豪雨地帯です。

2. 地震災害

プレートの沈み込み境界である駿河トラフおよび相模トラフに挟まれ、活断層が密に分布する衝突陸塊であるので、真近かで海溝型巨大地震が、直下で内陸地震が発生します。駿河トラフでは東海地震が120年ほどの間隔で、相模トラフでは大正型関東地震が300年ほどの間隔で起こっています。伊豆は海洋プレート上に位置しプレート境界地震の震源域には入らないので、震源に近いわりには震動はあまり大きくなりません。一方、高い津波の来襲をうけます。

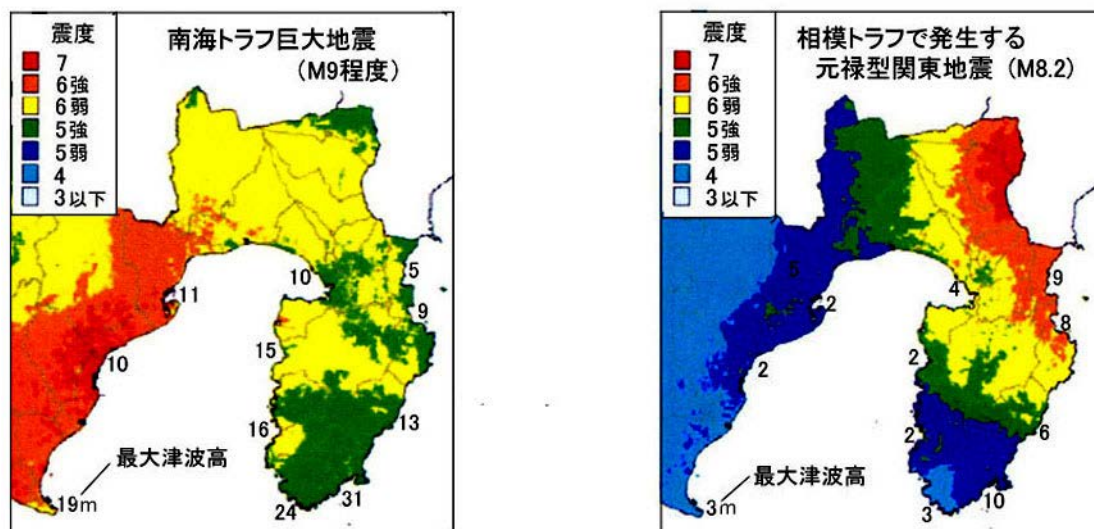


図2 海溝型巨大地震による震度・津波高の想定(静岡県資料)

前回の東海地震は1854年安政東海地震(M8.4)で、下田は津波によりほぼ全滅し、死者122、家屋全壊・流失840の被害が生じた。前々回の1707年宝永地震(M8.6)では、下田での被害が死者11、家屋全壊・流失857でした。相模湾を震源域とする大正型関東地震は、少なくともここ100年は起こらないと考えられます。房総南方では1703年に元禄地震(M8.1)が発生し、宇佐美で死者330余、須玖美(伊東)で死者163、下田で死者11、家屋倒壊・流失857など、伊豆東海岸で大きな津波被害が生じました。

2014年現在、東海地震の平均再来期間を40年ほど過ぎているのですが、まだ起こっていません。南海トラフの地震は、駿河湾・遠州灘の海域だけでなく、その西方の熊野灘～四国沖も含めた広域が同時に震源域となり、超巨大規模の地震が発生する可能性が大きいと予測されています。静岡県の想定では、M9程度の南海トラフ巨大地震が起こった場合、伊豆における震度は5強～6弱、津波の最大高さは下田で31m、西海岸全域で10m以上となっています(図2)。静岡県全体の被害は、最悪の場合、建物の約2割が全壊・焼失し、死者数は津波で9.6万人、建物倒壊などで9千人という想定値が示されています。元禄型関東地震(M8.2程度)の場合には、震度が伊豆北東部で6強、伊豆南部で3～4、最大津波高は下田10m、伊東8m、熱海9mなどと推定されています。想定被害規模は南海トラフ巨大地震の1/10以下となっています。

1923年の大正関東地震(M7.9)では、震源域が相模湾から北東方向に広がったので、伊豆は震源にきわめて近かったものの、そのわりには震動および被害は大きくはありませんでした。伊豆(田方郡・賀茂郡)の被害は死者197、全壊809、流失723、半壊1,525などでした。震源に近くて強い震

動に見舞われた伊豆東北部における被害がこの大部分でした。熱海町および伊東町の住家全壊率は12%ほどで、震度6強相当の揺れでした。西伊豆及び南伊豆では全壊率1%以下で震度5程度でした。東伊豆沿岸部では最大4.5 mの津波による被害が加わりました。熱海町では死者90、流失163、伊東町で死者79、流失361、宇佐美村で流失111などで、死者の大半は津波によると推定されます。津波の第1波は地震から間もない7~8分後に来襲し、第2波がより高かったことが、人的被害を大きくしたようです。地震の直後から熱海や伊東などの温泉の湧出量が増大し、新しい湧出口が家の床下など多数個所で出現しました。熱海では湧出量が十数倍にもなりました。一方、箱根では湯量に変化はありませんでした。

伊豆半島には活断層が多く、その分布密度は日本で最も大きい地域に入ります(図3)。地殻圧縮の主応力方向に斜交して西北西~東南東に走るものが多く、また、ほぼ南北に伸びるものもあります。1930年北伊豆地震を起こした活動度Aの丹那断層(断層変位速度が千年あたり2~4 m)は伊豆北部を南北に走り、周囲には非常に多数の断層群を伴っています。発掘調査によりこの断層は過去8千年間に9回(およそ千年に1回)活動したことが知られています。

断層による地盤の横ずれおよび縦ずれの累積により、山地内には小盆地(田代盆地、丹那盆地など)が連なり、谷が大きく曲がっていて、活断層の存在が地形から良くわかります。断層盆地は谷の下流部が隆起して流れが堰きとめられ、そこに土砂が堆積してできたものです。

1930年北伊豆地震(M7.3)では、掘削中の東海道本線トンネルが2.7 mほど横にずれるなど、明確な断層変位が直接に観察されました。活動したのは丹那断層(延長17 km)に加え、南に断続して続く浮橋断層・小野断層・加殿断層・姫之湯断層が、また北にやや離れて続く箱根町断層も同時に活動し、地震断層の総延長は35 kmでした。最大変位量は水平に3.5 m、垂直に2.4 mでした。震源はほぼ丹那トンネルが通じているところでした。

本震に先立ち多数の前震が発生しました。本震の前日にはM5.1(震源は本震とほぼ同じ)のかなり強い地震があり、無感も含めた地震回数は800回にもなりました。この相次ぐ強い前震が警戒心を高めて人的被害を少なくしたと推定される地区がありました。伊豆(田方郡)の被害は、死者244、家屋全壊1,373、半壊4,895でした。被害の多くは山地内を走っている断層の付近ではなくて、10 kmほど西方の沖積層よりなる狩野川低地においてでした。震源地の函南村では、断層が通る田代・畑・丹那地区の死者2であるのに対し、村の南西端の低地および山麓部では30人でした。住家全壊率は断層近傍の山地内で最大50%程度、沖積低地では最大90%でした(図4)。

被害が大きかったのは韭山村で、死者75、全壊463、半壊420であり、全壊率は36%と震度7相当の揺れでした。被害は田方平野部に集中し、南西端の南条では死者が25人にもなりました。箱根では箱根町断層の活動により局地的に大きな被害が生じました。箱根町の住家全壊は70で、全壊率が66%と町村単位でみて最大でした。中狩野村では土砂量40万m³の大きな山崩れが発生し、これによる被害は3戸埋没、死者15人でした。狩野川は堰き止められ長さ600 mの地すべりダムが形成されました。修善寺町では溜池が決壊し、10戸流失、死者20人の被害が生じました。

この地震による家屋全壊数は約2,200でした。M7.3という地震規模からみて、この被害は山地を震源とする内陸地震の平均よりもやや大きいという程度のもので、これがもし沖積平野直下を震

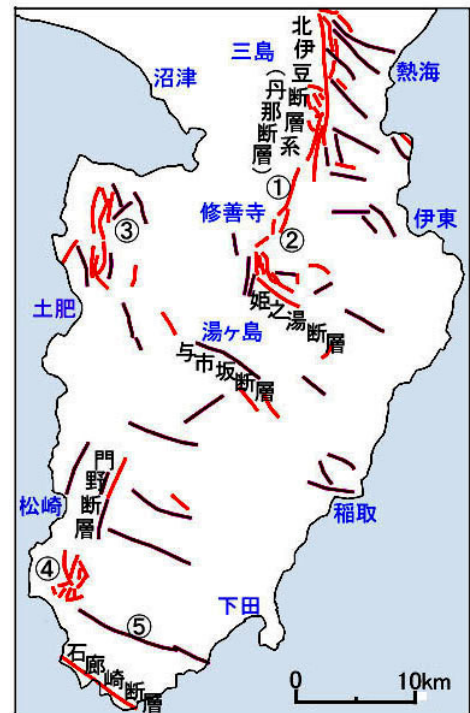


図3 伊豆半島の活断層(小山, 2010による) 赤線は确实度I 丹那断層は活動度A 名称があるのは活動度B ①~⑤は活動度B~C

源とした場合、建物被害は1桁大きくなり、都市域であればさらに数倍大きくなります。1995年兵庫県南部地震はM7.3と地震規模は同じでしたが、全壊は10万棟と2桁大きいものでした。

1974年には石廊崎の南西沖5kmを震源とする伊豆半島沖地震(M6.9)が発生し、死者30、住家全壊134、半壊240などの被害が生じました。被害は南伊豆町に集中しました。中木地区では土砂量3万m³の山崩れが発生して、16戸が埋没し、27人が亡くなりました。これは石廊崎断層の活動によるもので、長さ5.5kmの地震断層が出現しました。この断層の活動間隔は約千年とされています。

1978年の伊豆大島近海地震(M7.0)は、稲取と伊豆大島の中間の海底下を震源とする地震でしたが、余震の発生は西北西の方向に直線的に伸びて伊豆西海岸近くにまで達しており、伊豆直下での断層活動が著しかった地震です。被害もほぼ総てが伊豆におけるもので(稲取・河津付近が大部分)、伊豆大島ではわずかでした。全体被害は、死者25、住家全壊89、半壊514などでした。死者25人のすべては斜面崩壊・落石など土砂によるもので、山道を走行中の車が難に遭ったケースが目立ちました。東海地震が逼迫しているとの説が示され、これに備えるための法整備が検討されていた時期であったので、種々の注意情報が出され、また多方面の調査が行われました。

神奈川県西部では小田原地震と呼ばれる地震が70年に1回ほどの頻度で起こっています。これは伊豆陸塊の本州への衝突により相模湾西部の海底下岩盤が引き裂かれて生じた断層の活動によるもので、プレート境界の地震に近いものです。1923年関東地震時にこれも同時に活動したとすると、1600年代以来5回発生したことになり、その間隔は約70年です。地震の規模は7程度なので、伊豆北部は強震動域に入り、津波も起こって、かなりの被害が生じる恐れがあります。

神奈川県西部にはまた、日本における活断層で最も危険度が高い部類に入るとされる神縄・国府津～松田断層があります。これは相模トラフの延長ともいえるもので、今後30年間に地震を起こす確率が0.2～16%と評価されています。想定される地震の規模はM7.5程度であり、伊豆北部との距離は25kmほどなので、震度6強の強い揺れに見舞われる可能性があります。

3. 火山活動

伊豆半島の南部は海底火山噴出物からなり、北部には古い火山が分布し、また、全域で温泉が湧出していて、全体がいわば火山地帯ともいえます(図5)。北部には13ほどの火山がありますが、これらは約100万年前から活動し20万年前には活動を終わっています。天城火山と達磨火山は直径が10kmを超える大型の火山でしたが、活動を終息してから20年以上経過しているので、その後の侵食により、成層火山としての原型をわずかにとどめているだけです。

15万年以降になって火山活動の様相は変化し、多数の小さな単成火山群が出現しました。その数は72あります。単成火山とは、一続きの噴火活動(通常数日～数年継続)で形成される小火山体で、大室山・小室山のような円錐状の碎屑丘(火山灰・火山礫で構成)、一碧湖のようなマール(爆裂に

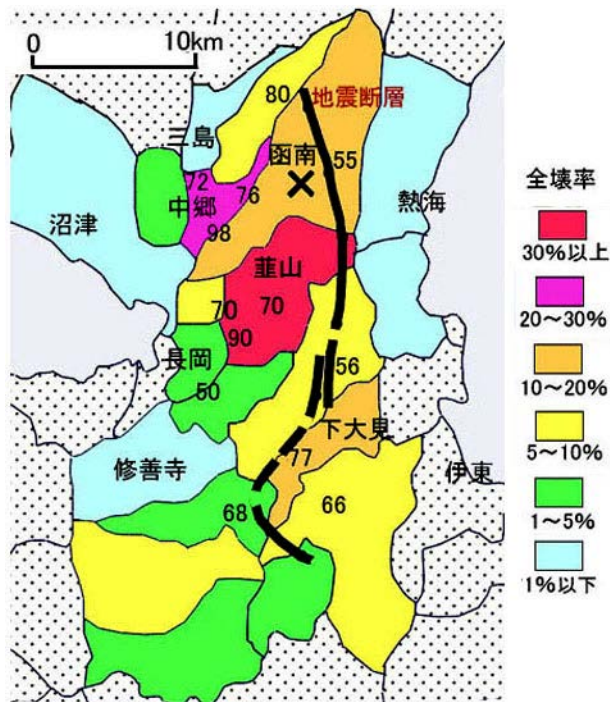


図4 北伊豆地震による住家全壊率(町村単位)
数字は地区ごとの全壊率

よる火口だけの火山), 矢筈山のような釣鐘状の溶岩ドームなどがあります。地下のマグマ溜りから, 地殻の弱いところを突き破ってマグマが地表まで到達すると噴火となるのですが, 地殻に多数の割れ目があるようなところでは, マグマ活動のたびに別のところに火道が通じて, 多数の単成火山が形成されるようです。伊豆陸塊の衝突がこの時期になって北西～南東に伸びる多数の割れ目群を形成するようになったことによるものと考えられています。

日本の代表的な火山碎屑丘である大室山(580 m)は4千年前の噴火により形成された新しい火山です。最も古いのは小規模成層火山である遠笠山(1,197 m)で約15万年前の形成です。一碧湖は約10万年前の爆発的噴火によりつくられました。最後の活動は, 岩ノ山～矢筈山～伊雄山と直線的に続く割れ目での噴火で, 2700年前のことでした。その後噴火は途絶えていたのですが, 1989年に伊東沖3 kmのところで群発地震と噴火が起きました。水深100 mの海底に直径200 mの火口を持つ高さ25 mの小火山体が確認され, 手石海丘と名付けられました。伊豆大島との間の海底には

50ほどの小海底火山があり, 東伊豆沖海底火山群と名づけられています。気象庁はこの海底火山群と陸上の単成火山群を総称して伊豆東部火山群とし, 活火山の1つとしています。

地下でのマグマ活動が活発になると群発地震が発生することが多く, 噴火の有力な前兆になります。

北伊豆地震のあった1930年には, 1989年とほぼ同じ伊東沖の海域で3カ月に5千回ほどの有感地震が観測されました。M5.8とM5.3の地震も起きて伊東ではかなりの被害が生じました。しかし噴火には至りませんでした。1989年の活動では, 群発地震が6月から始まり, 7月に入ってM5.5の地震が発生しました。7月になってマグマの上昇を示す火山性微動が認められるようになったので各種の観測が行われていたところ, 13日に観測船の目の前で高さ100 mの噴煙を噴き上げる爆発が生じました。陸上での被害はありませんでしたが, 相次ぐ地震およびこの噴火により観光客は減少して, 伊東温泉街は大きなダメージを受けました。一般に長期間継続し終息の予測が困難な火山噴火は, 観光地に大きな影響を与えます。

海底噴火では, 火山灰とガスの混合物が海面上を高速で横に広がるベースサージが大きな脅威です。手石海丘ではこの到達距離が2 kmとされており, 4 km離れている伊東市街への影響が懸念されます。

日本の活火山の総数は現在111とされており, そのうちの47火山は「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」として常時観測などが行われています。伊豆東部火山群はこの47火山の一つです。周辺にあって伊豆にも影響を及ぼす可能性のある常時観測火山には, 富士山, 箱根山, 伊豆大島があります。約6万年前の箱根火山の大噴火では, 火砕流が伊豆北部を覆っています。

4. 大雨災害

伊豆は多雨地帯です。天城山における年平均降水量は4,400 mm, 最近30年間の最大記録は1998年の6,141 mmです。日降水量100 mm以上の豪雨日数は年平均3日で, 九州・四国の南岸域とほぼ



図5 伊豆半島の火山(小山, 2010)

同じです。ただし、雨が多いほど地域の水害抵抗力は高くなるので、水害の頻度は、少なくとも近年ではあまり大きくはありません。

戦後における最大の水害は、1958年の狩野川台風のもたらした豪雨により生じました。台風は伊豆半島の南端をかすめ三浦半島に上陸して北東に進み、天城山系および首都圏に記録的な豪雨をもたらしました。狩野川上流の天城山地内にある湯ヶ島では、最大24時間雨量694mm、総降雨量753mmの豪雨となりました。このため狩野川は既往最大を大きく超える大出水をみて、河川沿い低地が全面氾濫を被りました(図6)。浸水面積は40km²でした。この台風による死者総数1,269の2/3、853が狩野川流域におけるものでした。同じく天城山地から流れ出す伊東大川も伊東の市街で氾濫して、大きな被害をもたらしました。伊豆における死者数は930でした。

狩野川は天城山を流域最高地点とし、半島の中央を北に向け流れる流域面積852km²の一級河川です。水害の発生様相に関わる地形条件からみてこの河川流域は、上流部山地域(最大支流の大見川との合流点付近まで)、修善寺橋から伊豆長岡・千歳橋付近までの急勾配谷底低地部(延長約9km)、緩勾配のやや開けた田方平野部に分けられます。被害の大部分は激しい流れの洪水流を発生させる地形条件の中流域谷底低地部で生じました。

雨は26日朝から激しくなり、狩野川水位は14時ごろに警戒水位を超えてさらに上昇を続けました。夜に入って雨は激しさを増し、湯ヶ島では20～23時の3時間雨量280mm、21時からの1時間に120mmを観測しました。雨のピーク時までの先行降雨量はおよそ500mmでした。この豪雨により21時ごろから天城山地内で多数の山崩れ・土石流が発生し、谷底や低位の段丘に立地していた多くの小集落が被災しました。山崩れは天城山を水源とする支流の大見川流域で多く、また、ここでは谷底が狭く段丘が少なく集落立地条件が悪いため、中伊豆町での被害総数が多くなりました。

山崩れ・土石流により生じた多量の流木や土石は、大場川合流点の下流にある修善寺橋に引っかかり、洪水を大きく堰き上げました。橋上流の水位は河床から9mにも達し、高い段丘面上にも氾濫が及びました。21時40分に永久橋の修善寺橋は真二つに折れ、流木や橋残骸を運ぶ段波状洪水が発生しました。直下流左岸の段丘上にあった熊坂の集落はこれに直撃されて、多数住民が避難していた中学校は流され、死者290人、流失79世帯(集落全体の90%)という大きな被害を受けました。対岸の沖の原地区は全戸が流されたものの、住民は高い段丘上に避難していたので、人的被害は比較的少なく済みました。

すでに河川水位が大きく上昇していたところへ、この段波状洪水が押し寄せたので、狩野川堤防は下流に向け次々と破堤・決壊しました。大きな破堤は洪水流が突き当たる河道曲流部(水衝部)で生じました。とくに白山堂(22時半)および南条(23時)における破堤の氾濫流は激しくて、著しい被害を引き起こしました。

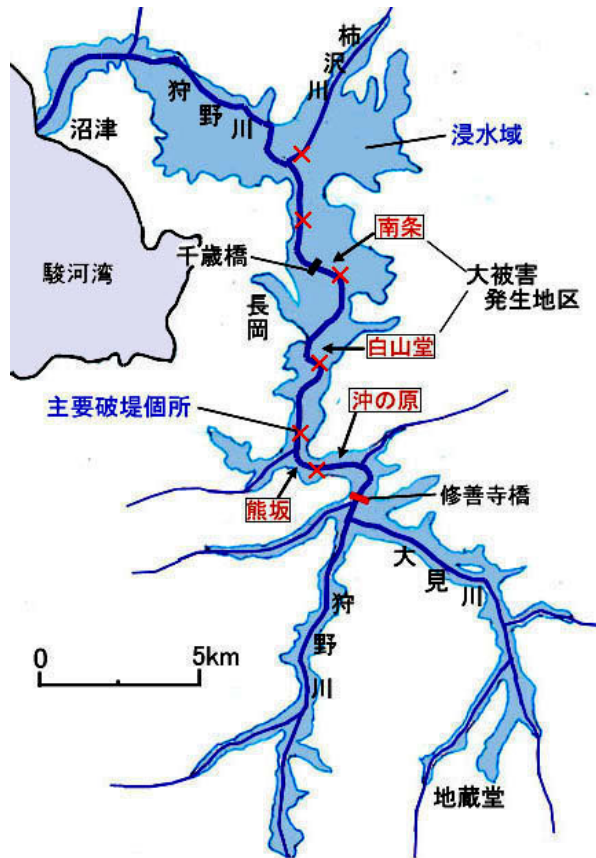


図6 1958年狩野川洪水の浸水域と主要被災域(静岡県, 1962)

雨が強くなったのは夜に入ってからであり、激しい氾濫は豪雨の真っ只中の2時間ほどの間に起こったので、避難行動には不利な条件下にありました。修善寺橋から千歳橋に至る延長9 kmの谷底低地における被害は、死者785、流失480などで、死者が多く、また家屋被害の中で流失の割合が多いことが、洪水が激しくまた避難が困難であったことをよく物語っています(図7)。狩野川全流域における家屋被害では、流失は697で、全壊261、半壊647を上回りました。

洪水流が建物などに加える力(流体力)は水深のほぼ2乗と地表勾配との積に比例します。狭い谷底では流れの幅が狭められて同じ流量でも水深がより大きくなるので、流体力の大きい激しい洪水は、幅が狭く勾配の大きい山地内谷底低地で起こります。狩野川の中流部谷底低地は幅0.5～1 km、勾配1/200であり、また流量に関わる上流域面積は400 km²です。過去の洪水データに基づくと、この地形の場に流域平均の最大24時間雨量が300 mmの豪雨が降ると、建物の被害は浸水だけでは済まずに、全壊や流失が生じるようになります。

この豪雨の最大日降水量は限界値300 mmを大きく超えるものであったので、破壊力の大きな洪水の発生となりました。谷底低地下流端の南条では勾配は1/400と緩やかになっていますが、千歳橋で計画洪水位を3 mも超えるという水深を示したので、流体力が大きくなりました。南条は北伊豆地震でも大きな被害を受けています。この下流のかなり開けた田方平野では勾配は1/2,000に急減するので、建物被害はほぼ浸水だけでした。伊東市街は、伊東大川とその支流が山地内から流れ出るところの狭い海岸低地に位置しているので、激しい流れの洪水に襲われて、死者42、家屋流失・全壊201などの大きな被害をうけました。

水の運動は基本的には地形により支配されるので、このように洪水の様相、したがって被害の種類・規模は、河川や平野の地形により異なってきます。多くの建物破壊と死者をもたらす最も危険の大きい地形の場は、山地内の谷底低地およびその出口の山麓部です。



図7 1958年狩野川洪水の被害(静岡県, 1962)

静岡県(1962): 狩野川台風災害誌。

小山真人(2010): 伊豆の大地の物語。静岡新聞社

田方郡教育研究会編(1981)昭和5年の北伊豆地震に学ぶ。

全国防災協会(1971): わが国の災害誌。

防災基礎講座：地域災害環境編

http://dil.bosai.go.jp/workshop/06kouza_kankyo/

公開：平成 28 年 10 月

国立研究開発法人 防災科学技術研究所 自然災害情報室

文責：水谷武司(客員研究員)