

水害に備えるための参考事項 —過去の水害の分析結果から—

水 谷 武 司*

国立防災科学技術センター

Some Informations for Preparing against Hazards Caused by Heavy Rain

By

Takeshi Mizutani

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

Elementary and preliminary informations which are useful for preparing against flood and landslide hazards and for minimizing disaster damages are presented based mainly on the analysis of disaster instances. Much emphasis is laid upon land-related factors, since vulnerability to flood hazards is nearly governed by them. Improvement of knowledges of individuals concerning disaster preparedness is essential for preventing individuals against flood disasters and reducing disaster damages.

目	次
はじめに	2
10. 氾濫流の流向と浸水域	14
1. 災害事象の連鎖と防災対策の種類	3
11. 内水氾濫が生じやすい場所	15
2. 防災は複数の手段を組み合わせて 総合的に	4
12. 南に向かって開口する海湾の湾奥 低地で高潮の危険が大きい	16
3. 人命被害度に低下の傾向はみられ ない	5
13. 斜面崩壊の発生条件	18
4. 水害被害額は増大しつつある	6
14. 土石流が発生しやすい谷	19
5. 災害環境は常に変化している	7
15. 扇状地面と河床とが同じ高さにな るところから氾濫が始まる	20
6. 大雨はどこにでも降るが水害の発 生場所は限られる	8
16. 水害をうけやすい低湿な土地は地 震による危険も大きい	22
7. 地形は「災害」の繰返しによって つくられる	9
17. 破壊力の大きい山地内谷底平野の 洪水	22
8. 河川の氾濫が生じやすい場所	10
18. 地震や火山噴火も洪水をひき起 す	23
9. 河川堤防の決壊原因	13

* 第1研究部災害研究室

19. 山崩れ, 土石流, 地すべりなどの 地変を示す前兆現象	25	31. 過去の洪水の浸水位を記しておこ う	37
20. 人工地形改変が災害をつくりだし ている	26	32. 平野の開発や治水の経緯を知って おこう	38
21. 観光地には危険が多い	27	33. 低い水位でも破堤氾濫は生ずるこ とがある	39
22. 古い地形図からその土地の自然の 姿を知ることができる	28	34. 低平な平野における氾濫水の広が り速度は人がゆっくりと歩く程度	40
23. 洪水の危険度, 危険域判定の方法	29	35. 浸水深がひざ近くまでになると歩 くのが困難になる	41
24. 短期間の災害経験によって危険の 程度を判断してはならない	30	36. 水害時における火災の危険	42
25. 想定水害のシナリオをつくってお こう	31	37. 避難を効果的に行うのに必要な事 前準備	43
26. 雨水は流すよりもためる, しみ込 ませる	33	38. 緊急災害時情報の役割と生かし方	44
27. 内水氾濫常襲地は遊水池とするの が望ましい土地である	34	39. 危険地からの住居移転は抜本的な 危険除去策	45
28. 浸水災害では地盤高のわずかな違 いが明暗をわける	34	40. 防災構造物の設置は被害ポテンシ ヤルを高めがちである	46
29. 建物の構造や住まい方によって水 害に備える	35	参考文献	47
30. 重要施設の自己防衛—機械室は上 層階へ—	36		

はじめに

水害に備えその被害を最小限にとどめるための対策をたてる上で参考になると思われる基礎的、予備的知識を、水害発生の場合である土地の条件についての理解に一つの重点を置きながら、過去の水害の分析結果等に基づいて示した。現行の主要な防災対策である工学的対策や応急・復旧対策それ自体については対象としていない。各項目はほぼ系統的に配列してあるが、主張の力点を最後の方の項目に置いているわけのものではない。

地震対策に比べれば、格段に長い防災の歴史と年々の巨額の予算投入にも拘らず、必ずしも水害被害は減少していない。かえって、人間・社会の側の変化により、時代とともに新しい様相の被害が出現している。なくすことがなかなか難しいこの水害被害、とくに人的被害をすこしでも少なくするためには、住民個人の防災知識向上および防災努力がとくに必要とされる。

1. 災害事象の連鎖と防災対策の種類

水害発生経過は、単純化すると、(1)大雨が降り(一次的な自然力の作用)、(2)地表を流下したり地中に浸透したりした雨水が、ある場所に集中して洪水や山崩れなどを引き起こし(二次現象の発生)、(3)これらの現象が人間・社会に危害を加える力として作用し(加害力の作用)、(4)加害力が人間・社会の側の抵抗力を上回った場合に一次的被害が生じ(被害の発生)、(5)被害が波及、拡大して種々の社会的、経済的影響をもたらす(災害の波及)、という事象の連鎖によって示すことができる。

この一連の災害事象の連鎖を断つための意図的な諸行為が防災対策であり、それをどこで断つかによって、対策の方法と機能が決められる。

河川の氾濫による水害を例にとると、(1)大雨が降らないようにする(自然力の制御)、(2)降っても河道に集中しないようにする(二次現象の緩和)、(3)河道に集中しても氾濫しないようにする(二次現象の阻止)、(4)氾濫しても被害が生じないようにする(被害の防止)、(5)被害が生じてもそれによる影響を最小限にとどめる(被害拡大の阻止)、という防災手段に分類される。

(1)に関しては、強大な自然力を意図的に制御することは不可能であるし、また、それに伴う副作用的なマイナス面も大きいので、防災手段としては対象外であろう。(2)は流域内での貯留をはかる方法で、緑地の保全、遊水地、洪水調節ダム等があげられる。(3)は堤防を連続させて洪水を海へ流し去るという方法で、現在の水害対策の主要部分をなす。(4)としては、氾濫原の土地利用規制、耐洪水建築などによって脆弱性をあらかじめ小さくしておく方法、および、警報・避難や水防活動によって被害を緊急に回避する方法があげられる。(5)としては資金・物資の援助、保険、共済制度によって社会的、経済的な混乱や苦難を緩和する方法などがあげられる。

これらの対策を選択し、実施するためには、各種自然現象の性質、とくに災害の場、人間

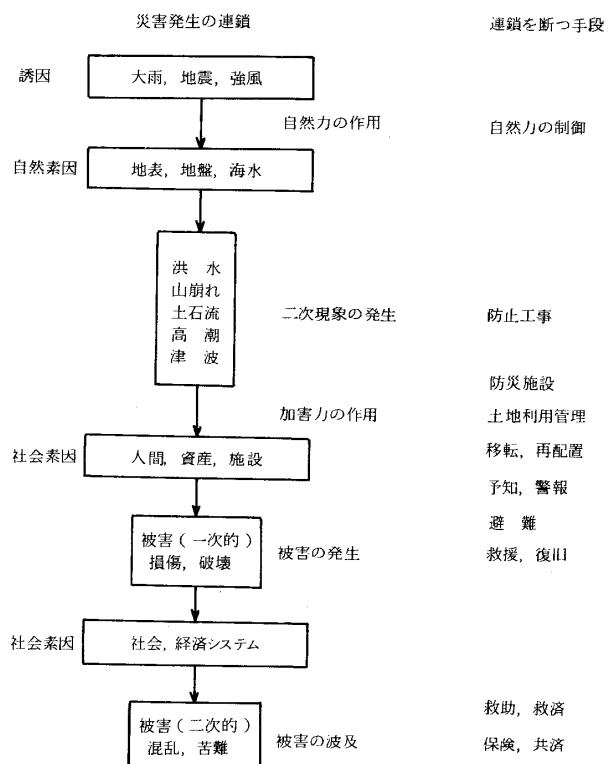


図1 災害の連鎖と防災手段

活動の場である土地の諸性質，ならびに，被災の側である人間・社会の諸要因についての知識が得られている必要がある。

2. 防災は複数の手段を組み合わせて総合的に

予想される災害の種類とその危険の程度によって異なるものの，一般に，強大であり不確定性の大きい現象がもたらす危険に対しては，複数の手段を組み合わせ何段構えにもして安全率を高め，またいつ起こっても大丈夫な方法で備えておくのが原則である。一手段だけに依存していると，それがうまく働かなかった場合に損失が大きくなりすぎるし，また，予測し難いということは不意をつかれるということでもあって，急いで準備しても間に合わないからである。

たとえば河川洪水の場合，堤防・護岸によって洪水を制御しようとするだけでなく，それが決壊した場合の氾濫域が拡大しないように輪中堤を配置し，氾濫が及んで浸水をこうむっても被害が小さくすむような住居構造で備え，物的な被害は生じても人命の損傷は防げるような態勢をとっておき，一次的な被害は生じてもその社会的，経済的影響が深刻にならないように救援や共済の制度をつくっておく，といったような何段構えにもして備えることが望ましい。長期的には，危険地からの移転や土地利用規制によって被害発生の可能性を小さくし，応急対策としては，予知・警報，避難のシステムを整備しておく，という手段が考えられる。

このように，ハードとソフト，長期的と短期的，行政レベルと住民レベル，恒久的予防対策と応急・復旧対策，防止手段と改善手段など，複数の質的に異なった手段を組み合わせる必要がある。災害現象の種類（たとえば洪水か土砂か），危険の大小，予想される被害（たとえば人命か物に限られるか）などによって選択される手段の組合せは異なり，必ずしも多重構造が必要なわけではない。たとえば，大きな崩壊危険がある高い崖の下では移転とさしあたりの避難が中心となり，被害が農作物に限られる種類の災害では共済制度によって損失をカバーする，ということになるであろう。場合によっては，相反する対策をとらねばならないことすらある。

防災の施設・構造物の設置という，行政の行うハードな方法が，現行の対策の中心となっているが，この方法によって現象の抑止や制御が必ずしも可能であるとは限らないし，また十分な安全率をとろうとすると，経済性が大きく損なわれたりする。一次的な自然力の予知・予報に依存しすぎると，はずれた場合の危険が大きい。

いつどこで起こるかわからない種類の危険に備える手段は，フェイルセーフ，使い方をまちがっても，こわれていても大丈夫，フルプルーフ，あわてていても，だれがやっても大丈夫，というのが基本である。すなわち，できるかぎり単純で頑丈で代りがすぐに使える方

法やシステムが望ましく、特殊な知識や機器類に依存しすぎるのは好ましくない。ときには大きな被害をこうむることもありうるということを覚悟しておき、それによる二次的影響を小さくとどめるための備えも、場所によって必要であろう。

強大で予測し難い自然力に、人間が力で抵抗することは、無理があり経済的でもない。力で制御できたと思っても、他の危険を大きくしたり、また、思いがけないマイナス効果をもたらしたりすることが多い。自然に対抗し制御するのではなく、それに適応する、あるいはその性質をうまく利用するという態度が基本となるであろう。

3. 人命被害度に低下の傾向はみられない

昭和20年以降の15年間には、死者数の多い水害が頻繁に発生した。その著しいものをあげると、20年枕崎台風（死者・行方不明3,756）、22年カスリン台風（1,540）、26年ルース台風（943）、28年西日本水害（1,013）、28年南近畿水害（1,124）、29年洞爺丸台風（1,708）、32年諫早水害（992）、33年狩野川台風（1,269）、34年伊勢湾台風（5,098）があり、台風によるものが多い。

しかし昭和35年を境として死者数は急減した。その後の最大の水害は47年7月豪雨（442）であって、年間死者数は200人台の年が多い。これは強い台風が近年来襲しなかったためではない。台風の勢力を表す値に工率がある。上陸時の工率が 5×10^{24} エルグ/秒以上という、いわば大型で強い台風は、昭和21～35年の15年間に8個上陸しているのに対し、昭和36～57年の22年間には10個であって、上陸の頻度にあまり差はない。しかし予警報伝達手段の進歩、とくにテレビの報道、避難体制の整備など、および夜間上陸の台風が少なかったことのために、35年以降では死者は少なくて済んでいる。とは言っても死者数の実質的水準は低下しているわけではない。

加わった外力の大きさを考慮に入れなければ、実質的な被害の程度は求められない。各台風によって生じた死者数をその台風の上陸時の勢力（中心気圧の深さの2乗と円形等圧線半径の1.5乗の積で表す）で割って、単位勢力あたり死者数、いわば人命被害度を求め、その経年的変化を示したのが、図2である。変化のすう勢を見やすくするために、3年移動平均

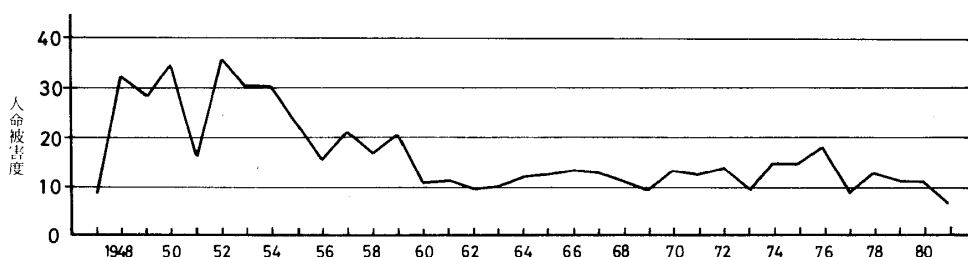


図2 台風災害の人命被害度（台風の単位勢力あたり死者数）の経年変化
深夜上陸台風は除く

で示した。なお、死者数が異常に増大することが多い深夜上陸の台風は除いた。

人命被害度は昭和20年代には高い水準にあったが、昭和30年代に入って低下しはじめ、昭和30年代半ば以降は低い水準でほぼ横ばいの状態にある。すなわち、各種防災対策の進展や、昭和40年代に入ってからの上山治水事業など防災関連予算額の著しい増加等とは無関係に、人命被害度はここ20年間低下のきざしを示していない。一方同じようにして求めた家屋被害度は、著しい低下のすう勢にある。

洪水、高潮による死者が減少した結果として、最近20年間では土砂災害死者が相対的に多くなった。局地的、突発的な土砂災害による死者を減らすためには、これまでと同種の対策を進めていくだけでは十分でないということをこのグラフは示しているものであろうか。

4. 水害被害額は増大しつつある

水害死者数がほぼ横ばいを続けているのとは対照的に、水害被害額は増加の傾向を示している。国土内には社会資本や個人資産が年々蓄積されていくが、これは災害が起こった場合の被災対象が多くなり、また高価になることでもある。この結果、中型で並みの勢力でしかなかった昭和57年10号台風は、史上最大といえる34年伊勢湾台風災害を実質額でもしのぐほどの、1.5兆円を越える被害をもたらした。

どこまでを被害に含め、それをどのように金額で評価するかは、立場や目的によって異なるので、ここでは対象が明確であり評価基準も定まっていると思われる公共土木施設（河川、道路、港湾など）の被害額について、経年的変化の傾向を調べてみる。なお、公共土木施設被害額は総被害額の2～3割程度とみてよいであろう。

死者数の経年変化の場合と同じように、各台風によって生じた公共土木施設被害額をその台風の上陸時勢力で割った値、いわば金額でみた実質被害度を求め、その経年的変化を示したのが図3である。

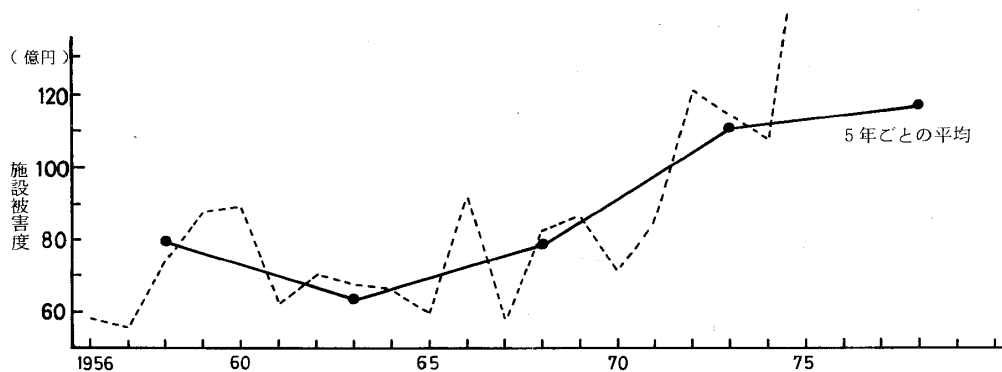


図3 台風災害の施設被害度（台風単位勢力あたりの公共土木施設被害額）の経年変化

長期的な傾向をみるために、5年ごとの平均被害度を求め表示した。なお、すべて昭和45年価格に換算した。

このいわば実質被害額は、昭和40年代後半以降かなりの増加を示している。これは公共事業費が著しく増加した時期に一致している。上に大きくはみ出すので図示しなかったが、昭和56年および57年に来襲した3台風についての平均の値は350億円で、昭和30年代に比べ10倍近い大きさを示す。昭和57年10号台風による公共土木施設被害額は6,280億円で、伊勢湾台風（上陸時勢力は10号の7倍）のそれに比べ実質14倍である。

河川の氾濫によって同じ場所で道路が流されたとしても、狭い砂利道であった昔に比べ、舗装され側溝、ガードレールなどもつけられた現在では被害額は大きくなるが、一方洪水に対する抵抗力も増大しているはずである。実質被害額のこのような大きな増加は、単純に社会資本が増加した結果であるといつて済ますことはできないようにも思われる。公共事業が社会的、経済的、政治的等の種々の機能を担わされ、巨額化してきた結果として、災害に対して非常に弱い土地条件のところにも、数多くの施設、構造物がつくられてきたということもこれに関係していると推測される。

5. 災害環境は常に変化している

その時々社会にとって脅威となる災害の種類は時代によって異なる。近世以前は干ばつや冷害による飢饉が最も恐ろしい災害であった。現在では大都市における地震災害が最大の脅威となっている。その中であつて水害は、程度の差はあれ各時代を通じて恐れられてきた災害である。同じ水害といつても、その形態や被害の様相は、時代によって異なつてきている。かつては水害は主として農民にとっての苦難であつた。

近年、自然の改変や都市化が全国的に進展してきたことなどの結果として、それまでは比較的安全であつた場所での水害危険や、新しいタイプの被害発生の可能性が作り出されてきている。

災害は誘因と素因とが組み合わさつて発生する。誘因とは大雨、強雨、地震などの一次的な自然力である。素因とは、災害発生の場合である土地の諸条件、および被災側である社会の諸要因である。

最近誘因の頻度と強度が大きくなつてきている。すなわち、大雨、干ばつなど異常気象が起つていふといわれている。しかしこの異常が短期間における偶然的な変動によるものか、あるいは長期的なすう勢かを判断することは難しい。いずれにせよ、かつて氷河期が繰り返され、16世紀から19世紀にかけては小氷河期ともいわれる寒冷な時期があつたように、誘因の条件は長期的に変動している。これからは人間活動が気候条件に何らかの影響を与えていく可能性がある。

一方、人工地形改変、施設・構造物の建造、都市的土地利用などにより、土地の素因は急速な変化をこうむっている。また、人口・資産の増大とその都市域への集中、生活様式の全国的な都市化、生産活動の巨大化などのかたちでの社会的素因の変化も著しい。これらの土地の、社会的素因の変化は、主として災害に対する脆弱性を増す方向のものであり、またそれは災害の変質をひき起こす原因ともなっている。万一の場合をできる限り予想して備えるのが防災であるが、異常な自然がひきがねとなって稀に生ずる危険については、考え及ばない万一が多い。思いがけないことが起こるからこそ災害になるともいえる。この思いがけないことを少なくするためには、地域の災害環境とその変化、とりわけ土地の性質の変化の状態をよく知って、それがもたらす危険をあらかじめ予想しておくことが必要である。予想するにあたっては、類似した環境条件にある他の地域での災害の事例が役立つであろう。

6. 大雨はどこにでも降るが水害の発生場所は限られる

大雨、強風、地震などの自然力が一次的外力として作用することによってひき起こされるのが自然災害である。強風による建物の破壊のように外力の作用が直接的なものもあるが、大部分は、図1に示したように、一次的外力が地表、地盤、海水などに作用して、特定の限られた場所に山崩れ、地盤液状化、高潮などのいわば二次的な異常現象を発生させ、これらが人間・社会に直接の加害力として作用して、被害をひき起こす。

大雨についてみれば、落下する雨滴が加害力となるのではなくて、雨水が地中に浸透したり地表の低所や河道に集中したりして、大雨域のごく一部、ときには大雨域外において、洪水氾濫や山崩れ、土石流などの二次的な現象が発生して、被害をひき起こす。強風は低い気圧とともに海水に作用して、内湾奥で高潮を発生させ、沿岸域に被害をひき起こす。

一次的外力の発生に地域性はあるが、それは空間的にマクロなスケールのものである。これに対して二次的現象の発生域は、地表面の条件によってかなり細かく限定される。日本のような湿潤地帯では、大雨は多少の程度の差はあれどこでも降る可能性があるが、洪水氾濫域は土地の微起伏や地盤高によってほぼ決められる。地表の起伏が小さいところでは、いくら強い雨が降っても山崩れが起こることはありえない。台風が来襲すれば強風はくまなく吹き荒れるが、それによってひき起こされる高潮の浸水は沿岸低地に限られる。地震動は地盤の性質に応じた変形・増幅をうけて、局地的な地盤条件を反映した被害をひき起こす。

このように、直接の加害力となる二次的現象の発生しやすい場所、およびそれによる被害をこうむりやすい範囲は、地形、地盤などの土地的条件によってかなりの程度決定される。したがって、地形や地盤の性質、とくに目で見るだけでも知ることができる地形を簡易な手がかりとして、危険域や危険の程度の大よそを判定して対策を考えるのが、一つの効果的な方法である。とくに、危険の程度に応じた土地の利用や住まい方を行うことは、最も有効か

つ経済性の高い防災対応である。一次的外力の発生を阻止することは不可能であるが、二次的現象の発生を抑止したりその作用を回避したりすることは可能である。どのような防災手段をとるにせよ、土地的な素因とは無関係ではあり得ないであろう。地域防災の出発点は、その土地の災害危険の判定にある。

大雨の予報とその精度向上は、防災の実務面でも防災研究の分野でもかなりの重点がおかれ、社会的な要請もまた強いようにみうけられる。たしかに水害のほとんどは雨が降ることによって生ずるので、それが精度よく予報されれば、水害のかなりの部分が防げるようにもうけとれる。しかし、大雨の予報に基づいてとりうる防災手段は、図1に示した全体手段中の一部である緊急回避行動や応急対策に限られるとあってよい。しかも、降雨それ自体ではなくて山崩れ、土石流、洪水氾濫などの二次的現象が被害をひき起こす直接の力となるのであるから、これらの現象の予測がなければ、効果的な避難や応急対策はとれないということになる。

たしかに各種警戒、応急活動は大雨の予報によって始動されるし、ダム、道路、空港などある種の施設の管理・運用には、大雨の精度よい予測は欠かせない。しかし、各種の恒久的予防対策には大雨予報は必要でないし、応急・復旧対策もふだんに準備されていなければ緊急時に役立つない。

地震の場合は、全く突発的で広く面的に作用する性質の外力であり、また火災などの二次的被害が大きいので、予知の被害軽減効果は大雨の場合よりも大きい。

一次的外力の予知・予報は、他の防災手段や知識と組み合わせられていなければ、災害の防止に結びつけることはできない。自然現象の性質から判断して、予知・予報に強く依存することは危険が大きいといえるであろう。

7. 地形は「災害」の繰返しによってつくられる

地形、いいかえれば地表面は、人間活動の舞台であるとともに、種々の自然災害が発生する場でもある。この地形は、地殻運動や火山活動によって起伏を生じた地球表面に、流水、風など各種の外営力による侵食、運搬、堆積の諸作用が加わって形成されてきたものであって、山地の崩壊、土砂の流出、洪水の氾濫などの、人間にとっては災害としてとらえられる諸現象は、この地形形成過程の主要な部分をなしている。また、こうして形成される地形はそれぞれ特有な地盤条件を示す。

地形変化作用と災害の種類との対応関係を表1に示した。地形変化には、非常にゆっくりではあるが持続的なものと、断続的に激しく生ずるものがある。急激な地形変化は災害事変としてとらえられるものであるが、持続的なものも災害環境を長期的に悪化させる働きをもつ。

表1 地形変化作用の分類および災害との対応関係

内作用	火山活動	火山噴火, 地すべり	
		地殻運動 { 褶曲 断層	地震, 津波, 斜面崩壊
外作用	風 化	(斜面崩壊)	
		流 水	洪水, 土石流
	侵 食	地下水	地すべり
		波, 海流	高波, 海岸侵食
		風	強風, 高潮
		氷 河	なだれ
重 力	斜面崩壊, 土石流, 地すべり		

地形変化をひき起こす作用は、地球内部に起源をもつ内作用と、地球の外部から働きかける外作用とに大別される。内作用は地殻運動および火山活動というかたちをとり、一般に地表の起伏を大きくする方向に働く。地殻運動の激しいものは断層運動で、これは地震をひき起こす。地震による地盤の隆起、沈降が沿岸域で生ずると、海岸線が大きく

移動することがある。曲動や褶曲は非常に緩慢で継続的な現象であるが、これは山をより高く、平野をより低くする方向に作用して、外作用がより強く働く場をつくり出す。火山活動は大量の物質移動をもたらす、多様な災害をひき起こす。

外作用のエネルギーの起源は太陽放射および重力である。外作用は高所を削り低所を埋めたてて起伏を小さくするように働き、その過程で一般に小規模な様々の侵食、堆積地形をつくりだす。まず機械的、化学的風化によって、基岩が細粒化され移動されやすい状態に変えられる。地表物質の移動は、重力の直接的な作用および流水、氷河、波浪、海流、風などの流動体の作用力によって行われる。これには地下水流や河流による溶解物質の運搬、沿岸流による漂砂の移動などのように継続的に行われるものもあるが、山崩れ、地すべり、土石流、洪水、高波などによる土砂の移動、堆積のように、頻繁ではないが激しいかたちをとるものが多い。

このように、地形はいわば災害の累積によって作り上げられてきたものであるから、現在の地形から過去の災害の履歴を知ることができる。また、今後も基本的には地形の性質にしたがって災害現象が繰り返されるものと考えてよいので、地形およびそれを構成する地盤の条件を手がかりとして、受けやすい災害の種類や危険の程度をおおよそ判定することが可能である。

8. 河川の氾濫が生じやすい場所

河川の氾濫には、水位が堤防あるいは河岸よりも高くなって溢れる、すなわち越流による場合と、堤防が破壊されてその破堤口から流れ込む場合とがある。越流が生ずるとやがては破堤に至ることが多い。

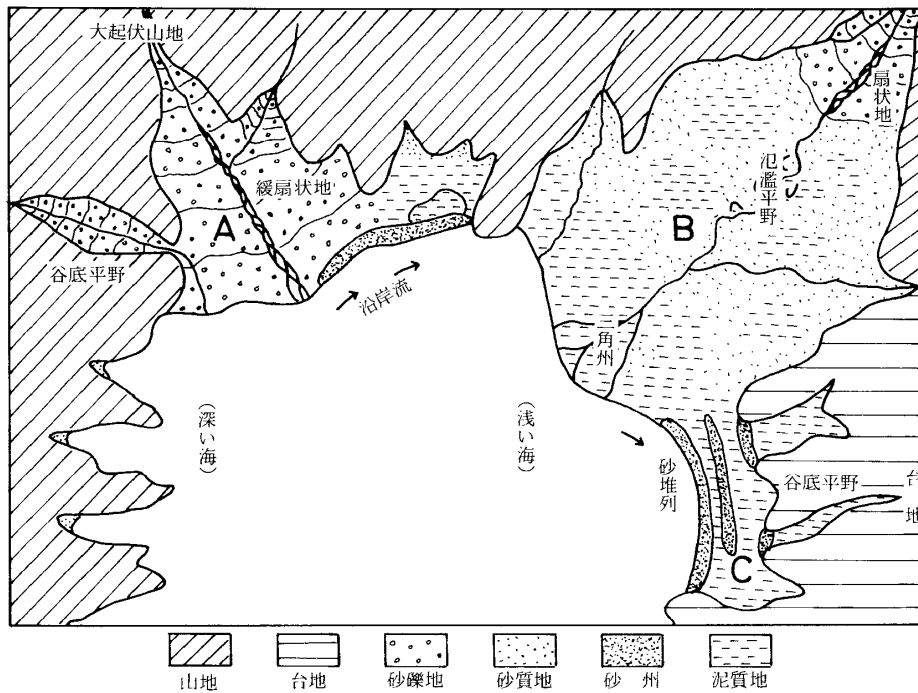


図4 沖積低地の模式図

Aは大起伏山地から多量の砂礫を搬出する河川が深い海に流入する場合で、直接海に臨む扇状地性平野がつくられる。Bは上流から緩扇状地、氾濫平野、三角州の順に配列する場合で、運搬土砂の多い大川が浅い海に流入するところに形成される。Cは丘陵・台地内に発する小河川が海岸沿いに低平、泥質の平野をつくる場合で、砂州によって閉そくされると瀧性の低湿地となる。

破堤や越流が生じやすい個所の地形等の条件としては次のものがあげられる。

(1) 河道の屈曲部

河道が屈曲する個所の凹岸部では、洪水流の水衝作用による堤体表のりの洗掘、ひいては破堤が生じやすい。対岸の凸岸部では流速が低下するので砂礫堆が形成されやすいが、これは流れさらに凹岸部に押しやり、蛇行を強める作用をする。

(2) 本支川の合流点付近

本川水位上昇の影響、ときには本川水の逆流によって、支川の合流点直上流部では水位が高くかつその継続時間が長くなりやすいので、破堤・越流の危険が大きい。本川でも、大きな支川と合流しかつ洪水ピークが一致する場合には、合流点上流での水位が高められる。また合流点では砂州が形成されやすいが、これは洪水の疎通を悪くし、河岸への流量集中を引き起こすことがある。

(3) 河道幅の急減部

これは狭さく部といわれるところで、河道の断面積が急減するため堰き上げが生じて、上流側の水位が上昇する。谷底低地や盆地においてこのような個所は多いが、河川の局所的な未改修によるものもある。

(4) 河道勾配の急減部

河道の縦断勾配が急に減少するところでは、流速が急に小さくなることおよび河床堆積が生じやすいことのために、水位の上昇が起こる。扇状地の先端など地形の境界域や河道の付替部等で、このような勾配急減が存在することがある。昭和44年8月の黒部川の破堤はこのような個所で生じた。

(5) 堤防をつくぬく樋門・樋管の設置
個所

埋戻し土の締め固め不良や古い樋管からの水洩れなどがあると、接触部からの漏水によるパイピングが進行して、ついには破堤に至ることがある。低い水位での破堤はこのような個所で生ずることが多い。

(6) 橋梁・堰など河道を横断する工作物の付近

橋脚は流水断面積を減少させて、上流側での水位を高めがちである。とくに、多量の流木がからまると著しい堰き上げが生じて越流の危険が高まると同時に、大きな水位差のために下流側の河床洗掘が生じて、ついには橋梁が破壊されるに至る。堰は文字どおり流れを堰き上げ、また洪水流の流向を変えて、河岸の洗掘を強めることがある。古い工作物でとくにこのような問題が生じやすい。

(7) 旧河川の締切り個所

蛇行河道をショートカットして旧河川を締め切ったところ、旧河道に接続する個所等では、堤体基盤が透水性の地層から成っていることが多いので、漏水が生じやすい。また、堤内側は低いので湛水しやすいが、これは堤防ののり尻を脆弱化させることがある。昭和56年8月の小貝川の破堤は、蛇行部のショートカットによる締切り部に農業用水取水のための水門が

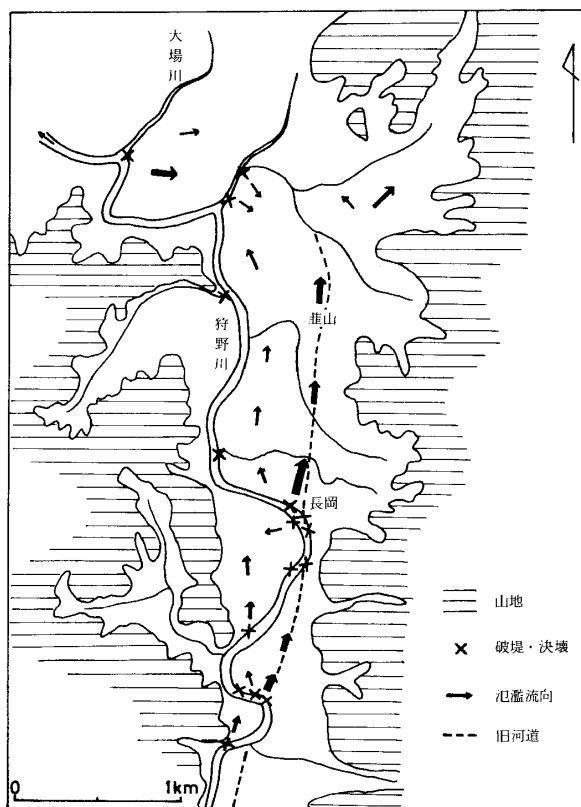


図5 昭和33年狩野川台風による田方平野における狩野川の破堤、氾濫状況

破堤、決壊の多くは水衝部および合流点付近で生じている。氾濫流の主流は旧河道沿いに流下している。

設置されているところで生じた。

(8) 堤防に接して池がある個所

このような個所はかつて破堤が生じたところ、あるいは本川水の漏水が著しくかつ地盤高がとくに低いところであることが多い。昭和51年9月の長良川の破堤は、ふだんから地下水の湧出が生じていた池に接する個所で起こった。

(9) 地盤沈下域、軟弱地盤域

築堤後の堤体の沈下により堤防高が低くなっているところでは、越流の危険が大きい。昭和50年8月の石狩川の氾濫は、泥炭層の圧密による堤体の沈下によって助長された。

(10) 河床低下が著しい個所

河床の上昇が進んでいるいわゆる天井川では氾濫の危険が大きい。一方局所的に河床低下が生じている個所では、護岸根固や堤脚が破壊をうけて、堤防決壊の危険が増す。

9. 河川堤防の決壊原因

堤防の決壊は通常洪水によって引き起こされるが、地震によってもまたそれは生ずる。堤防は地震動をうけて、のり面のすべり出し、天端・のり面の亀裂、基礎地盤の液状化による沈下、などをこうむる。関東地震の際には、利根川、中川、荒川、多摩川、相模川など、沖積層が厚い地域にあり高さが比較的高い堤防は、各所で沈下や亀裂の発生をみた。当時新設直後の荒川放水路では、延長600 mにわたって沈下や地割れが生じ、最大沈下量は2 mに達した。とくに、沼地上の旧堤を拡築したところが著しく破壊された。常時水位が高いゼロメートル地帯でこれが生ずると水害の危険が非常に大きい。地震動による堤防の脆弱化は、洪水時における決壊の危険を増す。

通常問題になるのは洪水による堤防破壊である。破堤の原因は、(1)堤防天端上の越流、(2)堤防のり面の洗掘、崩壊、(3)堤体や基盤からの漏水、に大別することができる。現実にはこれらの原因が同時に関係していることが多い。堤防の計画対象規模を上回る大出水が生じたり、地盤沈下により広範囲に堤体の沈下が生じたりしている場合には、全面的な越流が起こる。橋脚、堰、洪水流の蛇行、河床上昇等によって局所的な水位上昇が生じたり、また、未改修などにより局所的に堤防高が低くなっていたりすると、部分的な越流が生ずる。越流が生ずると天端や裏のりが洗掘されてついには破堤に至る。現在の堤防は計画対象規模を上回る洪水に対しての対策がとられていないので、天端を舗装するなどして洗掘に耐える構造にし、堤防の規模を越えるピーク時の洪水を広い範囲にわたって小さい水深で越流させる方法が、かさ上げや引堤の代替手段として提案されている。破堤原因ではこの越流によるものが最も多い。

表のり面の洗掘は、河道屈曲部での水衝、河幅の広い個所での波浪、漂流物の衝突などに

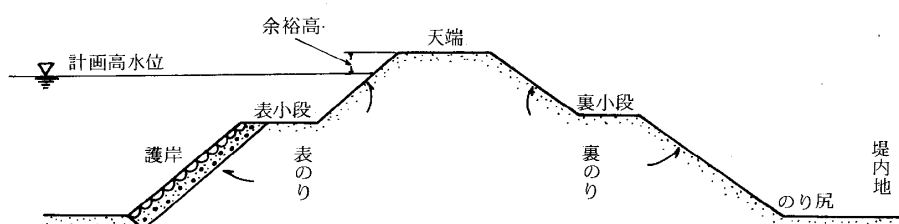


図6 堤防断面

よって生ずる。また表のり面は、河床低下による護岸根固の破損や、洪水位の急速な低下に堤体内部の間げき水圧の減少が追従できない場合などに、のり崩れを起こす。裏のりは浸透水の湧出により洗掘破壊をうける。また、通常の斜面崩壊と同じように、堤体内の水位の上昇によりすべり破壊をうける。

漏水は堤体土砂を流出させて、陥没、亀裂をみちびく、また、湧水点でののり先洗掘を行う。ふだん漏水が生じていて堤体の脆弱化が進み、洪水時について決壊に至るということは多い。低い水位での破堤は、施工や管理の不備に端を発する漏水によって生じている。

昭和22年の利根川の破堤は、約1,300 mにわたって水深0.5 mでの越流が生じ、徐々に裏小段が崩れ、しだいにこれが拡大してついに長さ350 mにわたって破堤した。計画流量を大幅に上回った28年筑後川、33年狩野川、42年荒川の洪水では、大部分が越流による破堤であった。なお筑後川では、破堤26箇所うちの9箇所において、堤内地に氾濫した洪水流による裏のり洗掘が関係していた。41年、42年の加治川の破堤は、水衝部での洗掘によるものであった。51年の長良川の破堤では、基礎からの漏水が関係していたと推定されている。

10. 氾濫流の流向と浸水域

水は低きにつくものであるから、堤防の決壊や越流によって河道から溢れ出た水の主流は、平野面の一般的な傾斜方向に向かって流れる。流量や水深があまり大きくない場合には、堤内地小河川の堤防、道路、自然堤防などの地形・地物の影響を大きくうける。

勾配が比較的大きい扇状地性平野では、一般に放射状に分布する旧河道や用水路沿いの溝状凹地をたどって、氾濫流の主流は流下する。流量があまり多くない場合には、氾濫は溝状の凹地内に限られる。ただし流速は大きい。扇頂部近くで氾濫が生じた場合には、現河道から大きく離れた場所へも氾濫流が到達する可能性がある。

低平な氾濫平野や三角州での破堤氾濫の場合、流勢の大きい破堤口付近では、氾濫水は堤内地全面に放射状に広がるが、結局のところ主流は、地形・地物の影響を受けながらも、平野面の傾斜の方向に流下する。側方へ向かう流れや流勢が弱まったところでは、微起伏の支配をより強くうける。自然堤防などによって氾濫流が一時的に止められ、水位を増してその

低所が突き破られると、局所的に激しい流れが生ずる。

湛水域は、平野面中のより低所である旧河道や後背低地、とくに潟性低地を中心とし、流入量に応じてその周辺域に広がる。通常浸水深は2～3 mまでであるから、平野の一般面である水田面との比高がそれ以上あれば、浸水の危険は小さい。ただし、下流側が本川堤防によって囲まれている袋状の低地や、潟湖・沼沢地起源の凹地などでは浸水深は局地的に大きくなる。

昭和22年のカスリン台風による埼玉県栗橋における利根川破堤の氾濫流は、河道付替工事前の利根の流れを再現して、古利根川、中川に沿い60 kmにわたって南流し、東京湾へ流入した。関東平野の基盤は浅い盆状の沈降を行っているが、この沈降の中心軸、すなわち最も低いところをたどって、氾濫流は流下した。利根川低地中流部では、自然堤防でほぼ囲まれた浅い皿状の凹地が連続しているので、氾濫水は凹地を満たし、堤防の凹所を破って次の凹地に流入するということを繰り返しながら、平野の一般的傾斜方向に向かって流下した。

氾濫流入量の少なかった昭和56年の小貝川破堤では、県道や水田のあぜなども一時貯留の働きを示した。51年の長良川の氾濫では、高い輪中堤が下流に残されていたため、氾濫流の流下が阻止された。浸水は破堤地点の5 km上流まで及んだが、これは上流側の地盤高も同じように低いことによるものである。破堤口に面する後背低地中の最凹所は上流に伸びているので、氾濫流は上流方向へより速く進行している。

昭和41年、42年と連続した加治川の氾濫は、砂丘列によって閉そくされた海岸平野で生じたので、氾濫流は人工による現河道から全く離れて潟性低地に流入し、長期間湛水した。平野内への土砂搬出量が少ないため侵食傾向にある筑後川では、氾濫流の主流は現河道沿いに流下する。このため28年の洪水では、背後からの氾濫流によって裏のりが洗掘されて破堤した個所が多かった。河道沿いの凹所では浸水深が6 m近くにも達した。

11. 内水氾濫が生じやすい場所

内水氾濫は、堤内地を流れてきた水やそこに降った雨水がはけきらないことによって生ずる、すなわち外郭堤防で囲まれた低い堤内地で流入量が排水量を上回ることによって生ずるもので、土地が低平であり排水河川が緩勾配な場所で生じやすい。内水は外水（本川や湖海）に対比しての相対的な表現であって、実際には小支川や排水路の氾濫というかたちをとる部分が多い。

自然状態における排水不良地は、出水時の遊水池、いわば河道の一部ともいえるところであって、大雨のたびに浸水するのは自然な現象であるが、このような場所が開発・利用されると、頻繁に水害をこうむる危険な土地であるという表現に変わることになる。流域の開発・都市化は、流入量と排水量の不均衡の増大、および低湿地の市街地による被災対象の増大

という両面から、内水氾濫を激化させている。

内水氾濫が生じやすい土地の条件としては次のものがあげられる。

(1) 旧河道、後背低地など低平な平野中の凹所

氾濫平野中の相対的低所である旧河道と後背低地は、内水が湛水しやすいところであり、また、本川の氾濫（外水氾濫）の場合、まっさきに浸水をこうむる。近年では干拓によって水田となっていることが多いかつての沼沢や潟湖は、低所中のより低位な凹所であるので、内水氾濫常襲地となる。

本川の洪水時には堤内地から本川への自然排水が不可能となり、ときには逆流が生ずる。逆流防止のための排水樋門の閉鎖は、一方では内水の湛水をひき起こすことになる。

(2) 都市化の進んだ丘陵地・台地内の谷底低地

都市化による地表面状態の変化は、流出率および流出速度を増大させる。この流出水が集中する谷底低地では、以前にも増して内水氾濫の危険が大きくなる。また、低地の市街地化は河川改修のための用地取得を困難かつ高価なものにするが、これは排水能力の増強を阻害することによって、内水氾濫を助長するという結果をもたらす。

(3) 砂州・砂丘によって閉そくされている海岸低地、谷底低地

海岸線沿いに砂州・砂丘が発達している海岸低地、およびかつての海面上昇期に形成された砂州によって谷の出口がふさがれている丘陵地・台地内の谷底低地では、排水が阻害されて内水氾濫が生じやすい。このような場所に多い潟湖、沼沢起源の低湿地は氾濫常襲地となる。砂丘列間の堤間低地も排水不良地である。

(4) 地盤沈下域、ゼロメートル地帯、干拓地

地盤沈下域では、低湿地がさらに低位化するうえに、既設の排水施設の能力も低下するので、内水氾濫が生じやすい。ゼロメートル地帯は、常時外水位が高くて機械排水に全面的に依存せざるを得ない排水不良地である。干拓地は、自然状態では干潟や湖沼であったところを排水して水田などに利用している非常に低位な土地であって、内水湛水の可能性は大きい。

12. 南に向かって開口する海湾の湾奥低地で高潮の危険が大きい

低い気圧による海面の吸い上げや強風による海水の吹きよせなど、気象的な原因によって海水位が上昇する現象を高潮という。実際の海水位はこれに天文潮を加えたものとなり、さらに波浪が加わる。

大規模な高潮は台風によってひき起こされる。中心気圧が低く、したがって風も強い台風は、大きな高潮をもたらす。北半球では風は台風の中心に向かって反時計回りに吹きこむので、進行方向に向かって右側では、台風の移動速度が加算されて風速はより大きくなる、いわゆる危険半円である。台風が日本本土を襲うときの進行方向は、通常北あるいは北東である。

湾が開口する方向と逆方向に強風が吹くと、湾奥に向かう吹走流が生じ、海水が湾奥で集積される。湾の水深が小さいと、湾口へ向かう逆流が妨げられる。

このようなことから、南へ向かって開いた水深の比較的小さい湾の西側を、湾の開口方向に平行に高速度で進行する中心気圧の低い台風は、通過時あるいは通過直後に大きな高潮を発生させる（図7）。昭和20～55年の期間に1 m以上の最大偏差（実測潮位から天文潮位を

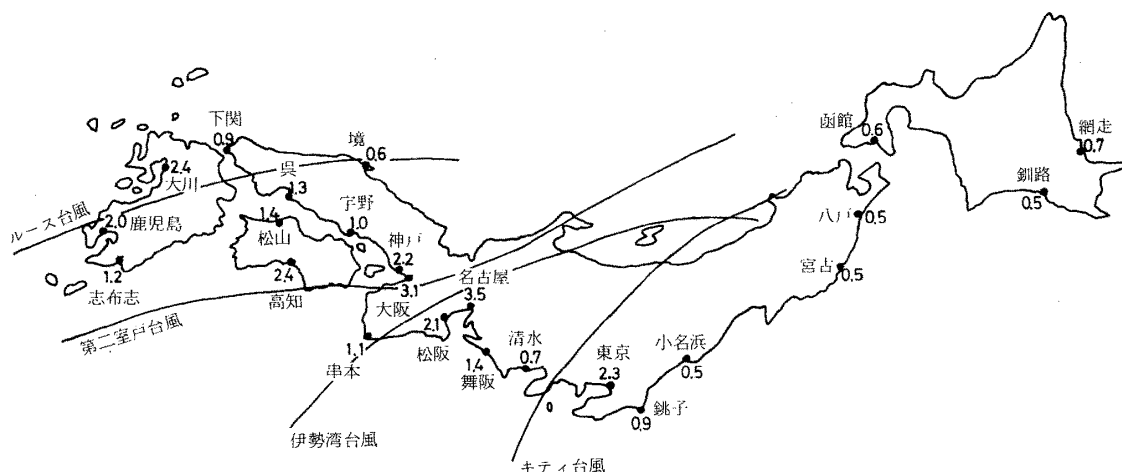


図7 既往の最大潮位偏差(m)および主要台風経路

引いた値)を示した高潮の回数は、伊勢湾10、大阪湾9、瀬戸内海8、東京湾4、有明海3、土佐湾2、である。これらの湾の沿岸には、人口密集地区や臨海工場地帯が多いので、ひとたび高潮に襲われると大きな被害が発生する。伊勢湾、大阪湾、東京湾、有明海、土佐湾の湾奥にはゼロメートル地帯が形成されているので、高潮による浸水が生じた場合、浸水深および浸水期間が大きくなり、浸水域も内陸に向かって拡大する。同じ高潮に襲われても、広く平坦なデルタ性低地と幅狭い海岸低地とでは、人的被害の程度にかなりの差が生ずる可能性がある。

高潮は最大の人的被害をもたらしている。日本における史上最大の台風災害は、1828年（文政11年）9月17日、九州西岸をかすめて有明海に高潮をひき起こしたいわゆるシーボルト台風によるもので、死者10,630人とされている。昭和34年の伊勢湾台風災害はこれに次ぐ大きなもので、死者数5,098人であった。この被害の大部分は伊勢湾に発生した最大潮位3.9 mに及ぶ高潮によるもので、愛知・三重両県の高潮に襲われた市区町村の死者は、4,080人に達した。

今世紀最大の水害は、1979年11月13日、東パキスタンのガンジス河デルタにおいて発生した、サイクロンによる高潮災害である。死者は20万人と報告されているが、50万人あるいはそれ以上とも推定されている。この災害はバングラディッシュ独立の契機ともなった。アメリカにおいて最大の死者を出した災害もやはり高潮によるもので、1900年にテキサス州ガル

ベントンにおいて発生し、死者は6,000人であった。

河川の洪水とは異なり、高潮の陸地への侵入は短時間内に海岸線の長い範囲にわたって生ずるので、人口密集地が襲われ、警報・避難が適切に行われないと、大きな人的被害が生ずる可能性がある。しかし一方、台風の予報および高潮の発生予測は、他の災害諸現象たとえば集中豪雨とそれによる山崩れ・土石流の発生予測に比べれば容易であり、また実際に精度よく行われているので、人的被害の発生を防ぐ余地もまた大きい。

伊勢湾台風と同規模の勢力をもって本土に上陸した昭和36年の第二室戸台風は、大阪湾に約3mの高潮をひき起こし、大阪市の約30%の地域が浸水した。しかし、危険域の10万の市民は事前に避難していたので、高潮による直接の死者はなかった。このわずか2年前に大阪と同じような土地条件にある名古屋で大高潮災害が起きていることも、大量の市民をして速やかな避難行動を行わしめる力となったと推定される。伊勢湾台風のときには、高潮の警報はすでに10時間前に出されてはいたが、大量の死者の発生を防ぐことはできなかった。悪条件が重なれば、高潮は大規模な人的被害をもたらすおそれがあることを忘れてはならない。

13. 斜面崩壊の発生条件

斜面の崩壊は、斜面土塊のすべりを起こそうとする力（滑動力）が、すべりに抵抗する力（せん断抵抗力）を超えた場合に生じる、すべりを起こす力は、土塊の重量および斜面傾斜が大きいほど大である。すべりに抵抗する力は、土の粘着力および有効垂直応力が小さいほど小である。

斜面崩壊は地震によっても生ずるが、頻繁に起こるのは大雨によってである。雨水が地中に浸透すると、土の粘着性は土中水の増加とともに低下し、地下水で飽和すると間げき水圧の発生のために浮力を生じて、有効垂直応力が減少する。含水量の増加はまた、土塊の重量を大きくして、滑動力の増大をもたらす。地下水が湧出する個所では洗掘が生じて斜面の不

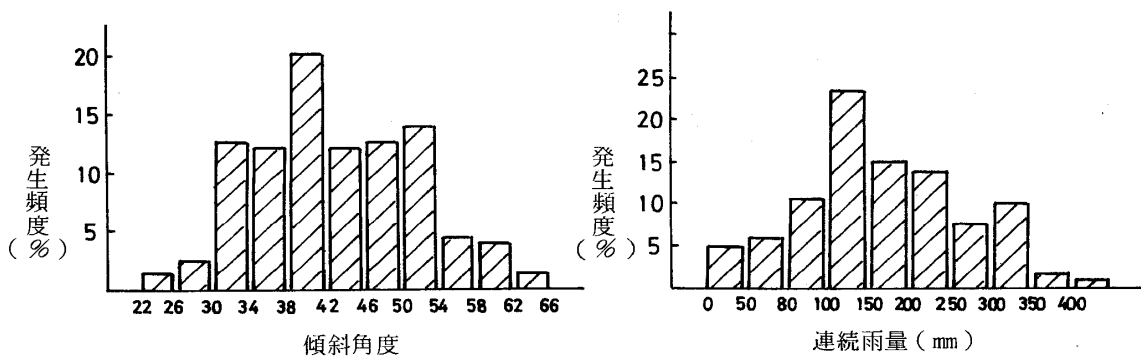


図8 崖崩れの発生と崖の勾配および降り始めからの雨量（建設省の資料による）

安定性が増す。強度および透水性を異にする地層が重なっているところでは、その境界ですべり面が形成されやすい。雨水が斜面上を集中して流れるところでは深いガリーの形成から崩壊に至ることがある。

これらのことを整理して、斜面崩壊の発生に関係する基本的な素因として、斜面の傾斜、地下水および地表水の集水条件、土層の性質とその構成、をあげることができる。

傾斜は斜面の安定に関係する基本的な要因である。傾斜角30度以下の斜面では、崩壊の発生は非常に少ない。また60度以上にもなると、表層物質が常時下方へ移動していて、軟弱な表土層が発達しないために、崩壊発生率はかえって小さくなる。斜面の途中で傾斜が突然急になるところ（遷急線）があると、そこを頭にして下方の斜面が崩れることが多い。

中央が浅くくぼんだ谷型の斜面では、地表水および地下水が集中しやすいうえに、周辺から徐々に移動してきた斜面物質が集積して厚い表土層が形成されていることが多いので、崩れを起こしやすい。ただし、大規模な崩壊は尾根状の斜面においてもしばしば発生している。上方に緩傾斜地があって集水域が大きい斜面では、大量の水が集まるので危険が大きい。とくに、道路の建設など地形改変によって新たに大量の排水が集中するようになったところは注意を要する。不透水性基岩の上に表土層がのっているところでは、基岩上に地下水が滞留してその部分の土層の強度が低下し、すべりが生じやすい。

同じ大雨をうけても崩れる斜面は一部に限られるということは、斜面内部の集水条件の違いによるところが大きいと考えられる。この斜面内部の集水状態を推定する手がかりとして湧水がある。常時水がしみ出している斜面、雨のときに水が湧き出す斜面は、内部が水を集めやすい地層構造になっていると推定される。降雨開始後しばらくして湧水量が増加するところでは、はっきりとした水みちが存在すると推定できる。

通常起こる表土層の崩壊は、雨のピーク時やその直後に発生する。ただし、大規模な崩壊は、降雨の末期あるいは雨がやんでから発生することがしばしばある。崩壊発生の雨量は、地質等の条件によって異なるが、一般に大まかな目安として連続雨量100mm以上、1時間降雨強度20mm以上になると崩壊発生が多くなりはじめるといわれている。

14. 土石流が発生しやすい谷

土砂・岩礫が水と一体になり、それ自体の重みによって動かされて谷底を流下する現象を、土石流という。山津波とよばれている現象は、土石流にほぼ含まれるものである。地震や火山噴火によっても土石流は起こるが、最も普遍的なものは大雨によるものである。

大雨による土石流の発生様式としては、(1)山崩れの土砂が滑落中に水とまじりあって流動性を増し土石流化するもの、(2)急勾配の溪床に堆積していた土砂が、豪雨による急激な増水によって動きはじめ、しだいに土砂量を増して土石流に転化するもの、(3)山崩れによって谷

が堰き止められてできた天然ダムが決壊して、多量の水がいきなり押し出し、溪床土砂をまき込んで土石流となるもの、があげられる。

土石流が発生した谷の谷頭や山腹には、ほとんどの場合山崩れが生じているので、(1)の発生様式が多いと考えられるが、実際には多かれ少なかれ(2)、(3)の様式も同時に起こっているものと推定される。とくに、土石流が大規模化するには、(3)のような堰き止めの作用が働いているであろう。いずれの場合にも、土石流が勢力を維持・拡大して流下を続けるためには、運動を起こす力の源としての大きな溪床勾配と、土砂供給源としての溪床堆積物の存在が必要である。土石流を駆動させる力は、溪床勾配と土石の厚さの積が大きいほど大である。この積の値がある程度以上になると、溪床を洗掘して土石を取り込み、土石流が雪だるま式に生長していく。

したがって土石流が発生しやすい谷は、山崩れが起こりやすい山地内にあり、溪床勾配が急な区間(20度以上)が上流にあって、そこに堆積土砂が多量かつ不均一に分布している谷である。土石流が谷の狭く部や勾配急減部で一時的に停止すると、後続する流水を堰き止めることになるが、その再決壊のときには土石流の勢力が一段と強化されるので、屈曲が多く溪床の幅や勾配に大きな変化のある谷は、土石流の危険が大きい。一般の山地の谷では、一度土石流が発生して溪床堆積土砂が少なくなると、土石流発生の可能性が小さくなる。しかし、活動的な火山や巨大崩壊による大規模堆積地の谷では、移動しやすい土石が常に準備されていることになるので、土石流の休止期間はない。

土石流が溪床勾配10度以下のところへ到達すると減速しはじめ、3～4度までのところではほぼ停止する。谷の出口や本川との合流点など、谷幅が急に広がる場所では、土石流も広がって厚みを減じ、停止しやすい。小規模扇状地はほぼ土石流の堆積の繰り返しによって作り上げられたものである。扇状地内を流れる川が扇面を掘り込んでいないところでは、上流山地からの土砂の運搬がなおも活発であるものと推定される。土石流は大きな慣性力を持っているので、現在の流路とは無関係に、扇状地面上を直進する傾向があり、その広がり角は一般に30度程度である。

15. 扇状地面と河床とが同じ高さになるところから氾濫が始まる

急勾配の小規模扇状地は主として土石流の堆積によって形成されてきたもので、現在も土砂や水による災害をこうむりやすい場所である。上流山地からの土砂の運搬が活発な段階では、扇状地流路の河床高は扇面とほぼ同じ高さかあるいはそれよりも高い。土砂の流出が途絶えると、流水によって河床が削り込まれるようになる。その流路下刻は扇頂部からはじまり扇端方向に向かって進む。下刻がある程度進むと側方への侵食がはじまり、流路幅はしだいに広がる。

開析が進んで扇面が段丘状に断片化したものを開析扇状地とよぶ。一方現在形成途上のものは現成扇状地と名づけられている。現成扇状地でもその多くは扇頂部で下刻が生じている。また扇端部では天井川となっていることが多い。この結果として、河床および扇面の縦断面がある場所で交差することになる。この交差位置は、河道付近の自然堤防状の高まり部分を除き、一般に同心円状を呈する扇面等高線をなめらかにつないで得た等高線と、河床の等高線とを比較することによって求めることができる(図9)。

扇面の開析・段丘化の状態は、土石流や洪水の氾濫の危険度ならびに危険域を判定する手がかりとなる。開析扇状地では危険域は河道内に限定される。下刻がほとんど生じていない現成扇状地では、扇面全体が危険域となり、また流路位置の大きな変化が生じやすい。土石流は勾配3～4度までのところで停止するので、これよりも勾配の大きい扇面部分は土石流危険域、小さい部分は土砂流および洪水流危険域となる。土石流は大きな慣性力をもつので、直進を続けようとする傾向が強い。したがって、谷の出口付近およびその直下の方向は土石流直撃危険域となる。

扇頂部で下刻が生じている扇状地では、交差位置付近から扇面上への土砂氾濫がはじまる。それよりも上流の段丘化した扇面は比較的安全な場所である。ただし扇頂部では、河床との比高が10mもあっても土石流が扇面へのり上げることがある。これに対し土石流停止域近くでは、比高2～3mもあれば土石の氾濫はまぬがれる。ただし、河道屈曲部では直進による土石流ののり上げが生じやすい。扇央部や扇端部における扇面上への土石流の広がり角度は、通常30～40度、最大70度程度である。したがって、交差位置の直下流方向に90度程度の角度で開く扇形の範囲は、土砂氾濫の危険が大きい。旧流路や連続する溝状凹地があれば、そこへ流れが集中しやすい。

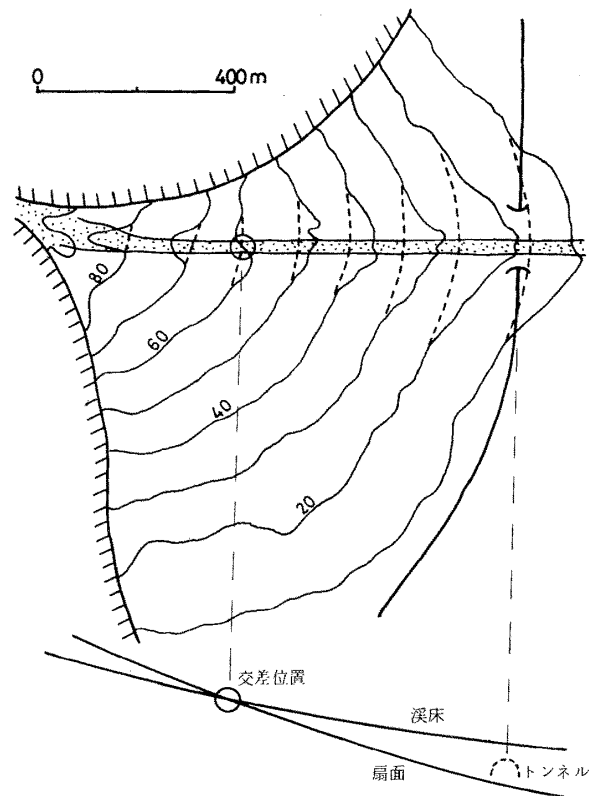


図9 扇状地の溪床と扇面の縦断面の交差
(岐阜・養老山地東面磐若谷)

上流では谷が扇面を掘り込み、下流では逆に天井川となって、鉄道はトンネルで谷の下を通っている。

16. 水害をうけやすい低湿な土地は地震による危険も大きい

震源を発し地殻内を伝播して表層地盤へ到達した地震動は、地盤の種類に応じた増幅をうけて、地盤そのものを破壊したり、地盤上の建物を倒壊させたりする。同じ地震でも、粘土地盤では地震動のエネルギーが砂地盤のその約3倍、泥炭地盤では砂地盤の約5倍にも増幅される。したがって、地震による被害は局地的な地盤条件の密接なかわりをもった分布を示す。

沖積層からなる低地、とりわけ、表層が軟弱なところおよび沖積層が厚いところで家屋倒壊率が高いことが、関東地震などこれまでの地震の際に認められている。沖積層の中でも、泥炭、腐植土、粘土など、いわゆる軟弱地盤の地域でとくに大きな被害が発生している。

東京の山の手台地を刻む神田川、石神井川などの河川の谷底低地は、頻繁に水害をこうむっている。これらの谷底低地は腐植質土や粘土からなり、谷の出口などには泥炭も分布する。関東地震の際の家屋倒壊率は、台地上ではほぼ1%以下であったのに対し、谷底低地内では20%以上、局地的には50%にも達した。

軟弱地盤の分布地域は、(1)河成低地中の後背湿地、(2)臨海砂州の後背地および砂州間の凹地、(3)湖沼や潟の跡、(4)未固結細粒岩からなる台地・丘陵の小開析谷底、(5)谷の出口を砂州などで閉そくされた小谷底、(6)旧河道、(7)搬出物質が細粒である大河川が内湾奥に形成した三角州、があげられる。

これらは低地中のより低位な場所、あるいは排水不良な場所であって、水害をうけやすいところでもある。河成低地中の凹所では、氾濫水が滞留して細粒物質が沈澱、堆積する。とくに低湿なところでは、そこに生育した植物が積み重なって泥炭層が形成される。泥炭層は最も軟弱であって、地震動の増幅度が大きい。(2)、(3)、(4)、(5)には泥炭が形成されている場合があり、とくに、かつて溺れ谷となった臨海部の(4)、(5)では厚い泥炭層が分布していることが多い。(7)のうちでもかつての海面低下期に深い谷が形成されていたところは、厚い粘土層によって構成される。ここは地盤沈下が最も起りやすいところでもある。

構成物質が砂質であっても、締めり方がゆるく地下水が飽和している場合は、地震動により地盤の液状化が生ずる危険がある。地盤の液状化は、旧河道、旧河川敷埋立地、河口付近の埋立地、砂丘間の凹地、砂丘背後の縁辺部で生じやすい。

17. 破壊力の大きい山地内谷底平野の洪水

両側面を山地・丘陵もしくは台地によって限られた、幅狭く一般に細長い沖積平坦地を谷底平野あるいは谷底低地とよぶ(図4参照)。規模が小さく平野とよぶほどの広がりをもたないものが多い。山地内の谷底平野および大起伏山地の山麓の谷底平野と、小起伏丘陵地および台地内の谷底平野とでは、洪水の様相が異なる。盆地は、大規模なものを除き、洪水タ

イブの面からは山地内谷底平野に含められる。かなり開析の進んだ山地内を流れる河川は、ほぼ連続した谷底平野をつくっている。

上流および周辺の山地から運搬されてきた土砂礫によって谷が埋積されてつくられた山地内谷底平野は、扇状地的な堆積層を示し、地表面の勾配は大きい。勾配は一般に数百分の一以上で、表層は砂礫よりなる。起伏の大きい流域内に降った雨水はすみやかに谷底内に流出してくるので、水位の上昇は急速であり、また洪水流の横へ広がる余地は小さく一気に流下するので、流速は大きい。短時間強度の大きい雨が降ると、山地内で山崩れ・土石流が発生し、多量の土砂・流木が谷底内へ運ばれてくる。下流側に谷幅が著しく狭くなる個所、すなわち狭さく部があると、洪水流の疎通が悪くなり堰き上げが生じて、低地面での洪水水位が上昇する。多量の流木は橋に引掛かり水位を堰き上げて氾濫を助長する。急勾配の支谷が合流しているところでは、土石流の氾濫、堆積の危険がある。側面の山地斜面下では山崩れの危険がある。

このように山地内谷底における洪水の破壊力は大きいので、人命・家屋や、道路・橋梁などの構造物に大きな被害を与える。多数の人的被害が生ずる洪水は、このような谷底低地における洪水、いわば山地洪水である(表2)。

表2 主要山地洪水災害

昭和23年の一関水害(死者473人)、32年の諫早水害(死者586人)などは、このタイプの水害の最も激しいものである。58年の島

年月	災害名	被災地、河川名	被害
22.9	カスリーン台風	一関市 磐井川	死者101, 全壊200, 流失131
23.9	アイオン台風	一関市 磐井川	死者473, 全壊334, 流失468
28.6	西日本水害	熊本市 白川	死者286, 全壊872, 流失641
28.7	南近畿水害	有田川, 日高川 谷底平野	和歌山県の死者1,015
32.7	諫早水害	諫早市 本明川	死者586, 全壊391, 流失313
33.9	狩野川台風	田方平野 狩野川	修善寺, 韭山, 大仁3町村の死者752
33.9	狩野川台風	伊東市 伊東大川	死者58, 全壊125, 流失76
42.8	羽越水害	荒川谷底平野	荒川流域の町村の死者72
57.7	長崎水害	長崎市中島川など	長崎市の出水による死者31

根災害は中国山地内の谷底低地で生じたものである。上流山地内における山崩れ、土石流によって生じた土砂や流木が洪水流によって下流に運搬されると、それ自体が破壊力になると同時に、河床の埋積、砂礫堆の形成・移動、水位の堰き上げなどによって、洪水氾濫を助長する働きをする。土石流は後続する水流を堰き上げて、下流に段波状の洪水をひき起こす。大規模な山崩れによって上流山地内で多量の土砂が生産されると、その後しばらくはその土砂が継続的に下流に流送されて、河床高や流路の変動が激しくなり、洪水が頻発するようになる。

18. 地震や火山噴火も洪水をひき起こす

地震による堤防やダムの破壊、地震山崩れの土砂や火山噴火に伴う火砕流・泥流による河

流の堰き止めなどによっても、洪水は引き起こされる。

地盤高が満潮位以下の低地域、とりわけ海拔ゼロメートル以下の地域では、地震動による河川の堤防・護岸や防潮堤の決壊によって河水や海水の氾濫をこうむる可能性がある。とくに、地盤の液状化が生じやすい地域では、堤防決壊の危険が大きい。基礎地盤そのものが破壊されるような現象に対して、経済的および技術的な理由で、河川堤防は十分に安全に設計されているとはいえない。

1923年の関東地震によって、荒川、江戸川、多摩川、相模川などの比較的大きい堤防は、各所で沈下、亀裂、のり面崩壊などを起こした。1964年の新潟地震では、信濃川の護岸が多数の個所で倒壊、沈下あるいは傾斜して、市内の低地帯が浸水した。地震後に襲来した津波によって浸水被害はさらに拡大した。このため新潟市で約9,800戸が浸水した。

関東地震クラスの地震が満潮時に東京を襲った場合、河川堤防、護岸の破壊に起因する洪水によって、江東地区で約2万戸が浸水すると予想されている。地盤沈下によって堤内地の地盤高は非常に低くなっているが、このことは河川水位が大きいということの意味する。したがって決壊口付近では氾濫流の破壊力は非常に大きい。

地震山崩れに起因する水害の最も大きな例としては、1847年の善光寺地震の際の水害があげられる。この地震で生じた大規模な山崩れの土砂が犀川を堰き止め、高さ約55mの天然ダムをつくった。このため長さ34kmの一大湖が出現し24か村が水没した。20日後にはダムが決壊し、下流の31か村が洪水の被害をうけた。1930年の北伊豆地震では、貯水池の堤防が決壊し、人家10数戸が押し流され20数名の死者を出した。

落差の大きい地震断層が生ずると、沈降側では川の水が溢れて湛水が生ずる。1891年の濃尾地震では大きな断層が生じ、各所で広範囲に浸水した。

火山噴火に伴う火砕流、泥流が河谷に流れ込むと洪水が生ずる。1783年の浅間山噴火による火砕流は吾妻川に達し、一時川を堰き止めた。これは一日後に決壊し、吾妻川、利根川沿岸に大洪水をひき起こした。流失家屋は1000戸以上、死者2000人以上にも及んだ。これによって利根川の河床が上昇したため、この後長期間にわたって水害が頻発するようになった。とくに、噴火から3年後の水害は最も大規模なものであった。また、排水不良によって平常時にも湛水害が生じた。

1888年の磐梯山の噴火では、大量の泥流が長瀬川を堰き止め、桧原、小野川、秋元などの湖を出現させた。1980年のアメリカ西海岸セントヘレンズの噴火では、泥流が河に流入し、それによって氾濫した河水の湛水域は60km下流にまで及んだ。

1792年、雲仙岳の眉山が火山活動に伴う地震によって大崩壊を起こし、その土砂が海中に突入した。これによって生じた高さ9mの津波が対岸の熊本平野沿岸を襲い、約15,000人の死者をだした。

19. 山崩れ，土石流，地すべりなどの前兆現象

山崩れ，崖崩れ，土石流などの地変現象は，その発生が突発的であり，かつ大きな破壊力をもっているため，多くの人的被害をもたらしている．これらの現象がいつどこで発生するかをきめ細かく予測することは，現在のところ不可能である．また，たとえ科学的予測が可能になったとしても，それは各種の計器類を常時設置し，知識と経験をもった人がいてはじめて可能になると考えるべきものであるから，あらゆる時あらゆる場所でそのような条件を備えておくことが実行上不可能であることは明らかである．

これらの地変の発生に先立って，異常な徴候の認められることが，経験的に知られている．地変の規模が大きいほど，より早くから各種の前兆が認められる．単に雨が強いからとか避難の指示が伝えられたからということだけではなくて，地変の前兆現象を認知できた場合には，避難を速やかに行い，また説得力ある避難指示を出すことが可能となる．山国の人々は言い伝えや経験を生かして，異常な徴候をすばやく感じとり，被害を最小限にとどめている．

山崩れ，地すべりの前兆としては，斜面途中から水が吹き出す，湧水の量が急に増える，湧水が急にとまる，山腹に地割れが生ずる，樹木が揺れたり倒れたりする，落石，土砂流出，小崩壊などが続く，山鳴りや地鳴りがする，などがある．

1983年3月，中国甘粛省の酒勒山（標高2,283 m）で，土量5000万 m^3 という大規模地すべりが発生した．この地すべりは明瞭な前兆を伴っていたが，滑動が急激であったため，220名の死者がでた．すでに3年半も前に山頂部に亀裂が生じて徐々に拡大し，直前には幅1 m以上，長さ100 mにもなっていた．4日前からは山鳴りが感じられ，また，小さな山崩れ，湧水の濁り，かんがい用水路の亀裂などが生じていた．夜には犬が異常に吠えた．

1982年8月，奈良県西吉野村和田で生じた地すべりの際には，11時間前に山腹に亀裂が発見され，それがしだいに拡大していったことが観察されている．1時間前には，斜面内の樹が揺れ地鳴りが激しくなったので，警戒中の消防団員が避難した．

これらは大きな地すべりの場合であるが，通常の規模の表層崩壊では，時間的に先立つ兆候がはっきりとは認められないことが多いので，前兆をあてにしていけない．

上流山地内で土石流が起こりそうな，あるいは起こったことを示す兆候としては，沢の水が急に濁る，沢の水が急に少なくなる，あるいは急に増える，遠雷のような音がする，異常な匂い（こげくさいなど）がする，川がうなる，などが知られている．山崩れ土砂による沢水の濁りや，一時的堰き止めによる沢水の急減は，かなり確かな兆候となる．石礫の衝突は火花を発生し，こげるような匂いを生ずる．土石流（山津波）は，最前面が切り立った波のようになって押し寄せてくるので，これをいち早く認めて避難することは，流速の低下している山麓域においては可能であろう．

異常を感じとり危険を早目に察知するには，ふだんから周囲の自然をよく観察し，平常と

異常の差を知っておくことが大切である。

20. 人工地形改変が災害をつくりだしている。

地形、すなわち地表面は、人間の生活および生産の場であって、古来人類はその性質や形状を、主として農業生産の拡大のために変化させてきた。近年種々の大型土木施工機械の導入によって、改変の規模は巨大化、高速化し、その影響範囲も広域化してきた。とくに昭和30年代後半になって大規模な宅地開発、農地造成、レジャー用地の建設などの開発工事が、全国各地で行われるようになり、国土の地形改変が著しいものになった。

昭和35～54年の20年間における宅地、農用地、工業用地、ゴルフ場用地などの開発に伴う移動土量は、100億 m^3 に達したと推定されている。なお、巨大崩壊（59年の長野県西部地震による御岳の山崩れなど）の土量は、1000万 m^3 のオーダーである。1件10ha以上の大規模開発宅地の総面積は約1000 km^2 で、その半分近くが丘陵地で行われている。これら以外に、道路の建設、堤防・ダム の築造、水路の開削など、各種構造物の建造に伴う地形改変も大きい。鉱産資源等の採取に伴う改変は局地的に著しい。近年開発が台地から丘陵地、山地へ移行している。起伏が大きい土地の改変は、もたらす影響が大きい。

盛土、切土、掘削、埋立てなどによる地表形状の改変、これに伴う地表被覆状態の変化、ならびにダム・道路など各種構造物の建造は、流出・浸透条件、集水・排水条件、土層性状、地下水流動、土砂移動、地表面傾斜、地盤高等に変化をもたらすことによって、各種災害の危険を大きくしている。

雨水流出条件の変化による流出率、流出速度の増大は、下流域での水害を激しくする。傾斜地における集水条件の変化、とくに集水域の拡大および流下方向の変化は、これまで安定していた斜面にも崩壊の危険をもたらす。局所的集中流をひき起こすこともある。平坦地における排水条件の変化は新たな洪水危険地をつくる。盛土・埋土は地山との間に強度の不連続面および地下水の滞留面をつくりだして、地すべりの可能性を生む。ダムの建造は土砂運搬プロセスを変化させることによって、河床の上昇あるいは低下、海岸侵食などをひき起こす。鉄道、道路の盛土堤は排水条件を変化させる。斜面内につくられた道路は、しばしば山崩れ発生の要因となっている。道路の建造による地すべり土塊先端の切り取りは、地すべりの再滑動をひき起こしている。干拓はそれ自体が地盤高の低い土地の創出である。斜面の切り取りや急傾斜の盛土は不安定斜面をつくる。

このように地形改変は、防災面の配慮がなされていないと新たな災害危険をつくり出す可能性が大きいので、周辺地域、とくに上流域や背後斜面における地形改変の状況を知っていて不測の事態に備えておく必要がある。

21. 観光地には危険が多い

風光明眉などを売りものにする観光地は、他面では災害の危険が大きい場所でもある。活動的な火山の観光地は、いわば噴火の危険に接近することによって成り立っている。温泉の多くは、山崩れ、土石流、山地洪水等の危険がある狭い谷間に位置する。

レジャー目的で多数の人が集まる観光地では、営業上有利な場所を選ぶことが優先して無理な土地造成が行われ、悪い土地条件のところは旅館などの諸施設がつくられやすい。とくに、新規参入者ほど危険なところに立地することになる。短い観光シーズン中にできるかぎりの収益をあげるために、防災施設の設置や避難誘導措置がなおざりにされがちである。

観光地の危険を大きくしている理由としてさらに、その土地についての知識がない、いわゆる土地カンがないという短期間の滞在者が集まってきており、その人たちは一般に解放感にひたり注意力が低下している、という危険状態が指摘される。また、新しい観光地では施設の経営者もいわゆる土地の人でないことも多い。このため観光地では、災害が起こった場合被害が拡大する可能性が大きい。

昭和41年9月、台風26号の豪雨によって、静岡市梅ヶ島温泉で10軒ある旅館のうち8軒が流失あるいは倒壊して、宿泊客などに26名の死者がでた。ここは安倍川の最上流部にある谷間の温泉地で、古くからある旅館は谷底から約20mの高さにある段丘面上に位置していたので被害をうけなかった。しかし他の8軒は、狭い谷間なので平坦地がないため河原を埋めてつくった場所に建てられていたので、土石流に襲われた。谷間は駐車場や道路の建設によって一層狭められ、危険な状態がつけられていた。

最近の観光開発ブームは、地形の改変をもたらすことによって災害の危険を新たにつくり出し、また、これまで人間が接近しなかったような場所にも人を呼びよせて、被害発生の可能性を大きくしている。開発が比較的容易な扇状地や火山の山腹は、スキー場、ゴルフ場、レジャーランドなどの諸施設の建設、および別荘地としての開発が進んでいるが、ここは土石流や各種火山災害の危険が大きい場所である。

昭和53年5月、新潟県妙高山東麓において、融雪山崩れが引き起こした土石流によって、新赤倉温泉の別荘、保養所など17戸が全壊し、その後の二次災害も含めて13名の死者を出した。スキー場施設も破壊された。この場所は河床の埋積が進んで土砂氾濫の危険が大きい谷沿いの土地であるが、10数年前から別荘地として開発され、スキー場も新たにつくられたところである。別荘の利用者は一般に滞在が短期間で土地カンが少ない。

観光ブームはまた、多数の人々が国土内を縦横に移動するということに伴う。したがって、豪雨のさなかにも多くの観光バスや乗用車が山中の道路を通行していて、土砂災害などに遭う可能性をつくっている。最近の災害では必ずといってよいほど通行中の自動車の被災が生じている。直接被災しないまでも、道路の不通によって山奥の観光地に多数の観光客が閉じ

こめられるという事態も起こっている。梅ヶ島温泉は57年の10号台風によって孤立し、観光客170名がヘリコプターで運び出された。

各種レジャー活動に伴う人的被害も増大している。台風が本土をそれて陸上での被害はなかったが、海釣りの人々が高波にさらわれたというケースはかなりある。昭和57年10号台風時には、川の増水や倒木によってキャンプ中の人18名が死亡した。

22. 古い地形図からその土地の自然の姿を知ることができる

人口稠密なわが国では、平野のほとんどすべては何らかの人為的改変をうけ、自然状態を失っている。とくに都市域では、地表被覆の状態だけでなく、起伏や地盤高も広範囲にわたって変化をうけていることが多い。しかし、地表面の見かけの状態が大きく変わったとしても、よほど根本的な改変をうけないかぎり、自然状態にあったときの性質をほぼうけついでいるといつてよい。

低湿地が排水施設の整備によって乾田化されたり住宅地が変わったりしても、浸水をこうむりやすい低地であることに変わりはない。谷や池が完全に埋められて平坦な宅地がつくられたとしても、その地中の内部には軟弱な地盤や地すべりを起こしやすい埋没地形がなおも存在している。改変を受ける以前の自然状態における土地の性質は、古い地図から推定できる。

古い絵地図からは、その当時の河川流路、湖沼、海岸線などの状態を知ることができる。明治になって軍事目的のために、地形図の作成が全国的に進められた。まず、明治13年から22年にかけて、主として関東地方について2万分の1迅速測図がつくられた。この図では、地被、植生状態がくわしく分類され、また、沼地、湿地、泥炭地、泥地などの表示もなされている。明治の終わりまでには、日本の主要地域についての2万分の1地形図が作成された。明治23年には基本図の縮尺が5万分の1に変更され、大正期までにはほぼ全国カバーされた。これらの古い地形図は、土地の本来の姿を知るのに大いに役立つ。

図10は、東京下町低地内の、荒川放水路と中川とが交差する付近の大正6年測量地形図である。ここは現在では全域高密度市街地化しており、最も頻繁に浸水をこうむっている地区である。大正6年当時には、現在の墨田区北部にあたる吾嬭町から隅田村にかけて、水田中に非常に多数の池が存在していた。この荒川・中川低地は昔から洪水常襲地であり、とくに明治40年の洪水では大きな被害をこうむった。このため荒川放水路が明治44年から20年をかけてつくられた。図ではまだ建設途中である。当時の地盤高は1 m前後であるが、現在では地盤沈下によってマイナス1 m以下になっている。

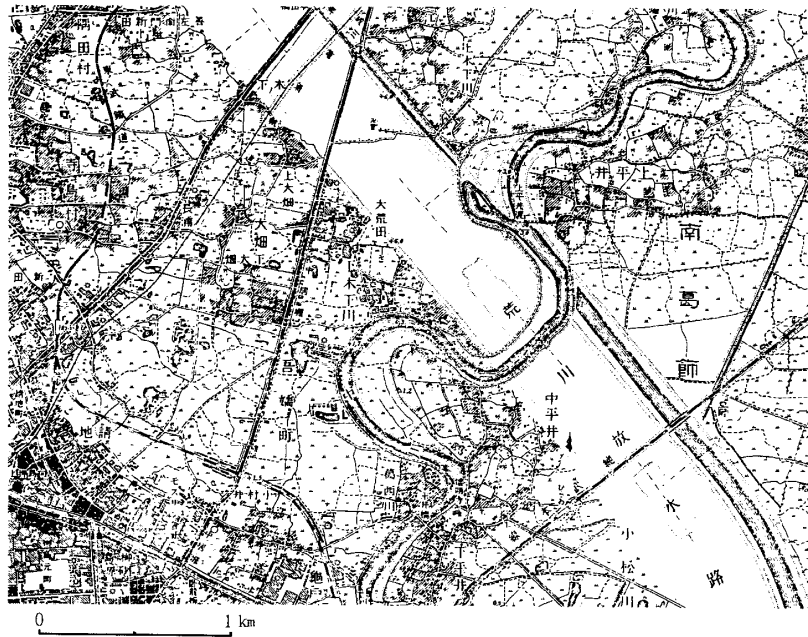


図10 大正初期の東京下町低地

23. 洪水の危険度，危険域判定の方法

地域の災害危険度の評価は，一般的に言って，a. 誘因（自然力の規模，頻度），b. 土地的素因（地形，地質，土地利用），c. 人間・社会要因（人口，資産，経済活動）のそれぞれ，およびこれらの2ないし3要因の組み合わせによって行われる．同一地域で頻繁に生ずる性質の災害については，災害実績の重ね合わせによって行うこともできる．

aは地域への入力条件を決めるもので，それ自体では地域的にマクロな危険度にかわるものである．bは洪水，山崩れなど直接の加害作用を及ぼす現象発生の潜在的危険を示すもので，入力を与えられてそれは顕在化する．cは被害規模も加えた災害危険評価を行う場合に採り入れられるものである．どれを重視するかは，災害の種類や危険評価の目的によって異なる．たとえば地震後の延焼火災の危険度では，建物の密集度，消防力などの社会的要因が重視される．

洪水氾濫という現象についての危険度を考える場合，降雨量，流量，水位など入力としての水文条件と，それを受け入れる受皿としての地形的条件，ならびにその現象の発生に抵抗する治水施設条件とを組み合わせることで評価することになる．ここで地形的条件は，それだけでも相対的ではあるが危険度の程度を表すことができるものである．たとえば，水はほぼまちがいなく低きにつくものであるから，低地面の精しい地盤高分布図があれば，それは浸水の危険度や危険域を判定する手段となる．

水文条件は，この土地の受皿に洪水をある確率規模で入力することによって，危険度の定

量的な評価や危険域のより正確な線引きを可能にする。つぎの治水施設条件は問題を複雑にする。連続高堤防が築造されている河川の平野では、どこで破堤するかによって氾濫域は全く異なったものになる。計画規模を越える大洪水では全面的な氾濫が生ずるとしても、大きな平野の場合氾濫水は広く拡散するので、河道内での洪水水位に等しい標高のところまでが浸水域となるわけのものではない。

広い平野内を両岸に高堤防をつらねて流れる河川については、破堤地点を設定した場合の想定洪水についての氾濫危険を考えるというのが現実的となるが、これはある意味では潜在的な危険度、危険域を判定していることになる。

堤防がないかあるいはあっても規模が小さい谷底平野の洪水では、ほぼ地形なりに氾濫が生ずるので、容れものとしての地形と入力としての出水規模との組み合わせによって、危険評価がほぼ正しく行える。明瞭な段丘崖や谷壁斜面で画される平坦な谷底平野では、水理計算をまつまでもなく、氾濫危険域は線引きできる。

頻繁に湛水をこうむる内水氾濫危険地では、過去の洪水実績が危険度判定の最良の方法となるであろう。ただし、流域の環境変化が大きいところでは、その条件を考慮に入れねばならない。氾濫実績は、水理計算の方法を検証するためにも、また地形的要因による相対評価の基準を得るためにも使用される。

入力条件と地形的素因の組み合わせでは、いわば自然現象としての洪水氾濫の危険度を評価していることになるが、これに人口、家屋、諸施設など社会的要因を加えると、洪水災害の危険度評価が行えることになる。

24. 短期間の災害経験によって危険の程度を判断してはならない

災害の種類によってその発生頻度はかなり異なる。一般に浸水災害は土砂災害に比べより頻繁である。排水条件が悪い低湿地や凹地は大雨があれば湛水するのは自然であるし、また、河川が氾濫すれば川沿いの低地はそのつどまっさきに浸水する。したがって、このような種類の浸水災害では、最近の災害経験によって危険の程度を判断しても大きなまちがいはない。ただし、都市化や土地改変の激しい地域では、新たな災害危険が作り出されている可能性が大きい。

一方、山崩れや土石流は、大雨があればいつでも発生するというものではない。通常の谷では一度土石流が生ずると、溪床堆積が再びある程度進むまで土石流の危険は小さくなる。また、山崩れが起こった後、厚い風化土層が再び形成されるまではかなり安定な状態になる。昭和57年長崎災害のときのように、記録的な豪雨がある山地に降ったとしても、山崩れが生ずるのは全斜面の一部であり、土石流の発生する谷もまた一部である。このように、ある特定の斜面や谷をとってみれば、100年、200年という長期間山崩れや土石流が起こったことが

ないとしても不思議ではない。

一般に本家や旧家は、長年の経験に基づいて住居地を定めているので、被害をこうむる率が小さいといわれているが、土砂災害についてみると、浸水災害とは異なり、常に小さいとは限らない。被災の経験はないしまた過去に災害があったという言い伝えもないので、大雨になっても安心していて、多くの人命被害を出す土砂災害をこうむったという事例は少ない。

山崩れ、崖崩れ、土石流といった、人間にとっては災害となる異常な現象も、長い時間で見れば地形変化としてあたりまえの一過程であって、急な崖や谷があればいつかは崩れたり土砂が押し出してきたりするものと考えて対処すべきである。しかし、それがいつどのような大雨のときに起こるかを予測することはなかなか難しい。前回の大雨災害のときにはこの斜面は崩れなかったから今回の大雨でも大丈夫であろう、といったような判断は必ずしも正しくはない。その後道路の建造など人工改変が行われていると、前回の経験はさらに役に立たなくなる。

一般に浸水災害はより頻繁に生ずるので、河川の氾濫についての危険意識は強く、一方土砂による危険は念頭になく、浸水を避け山際に避難して、はるかに危険な山崩れにあったというケースは、山地内谷底では非常に多い。昭和58年の島根水害のときには、浸水を避けて避難していた家の裏山が小さな崩壊を起こしたので、再度他の家に避難したところそこで大きな山崩れが生じて多数の死者を出したという事例があった。この再避難場所は、昭和18年の水害のときには崩れなかったということで選ばれたという。しかしこの斜面は、さきに小崩壊を起こした斜面と同じように高く急傾斜であった。

自然現象の起こり方は単純ではなく、またその時間間隔は人間の尺度からみればかなり長い。短時間の災害経験に基づき安全であると判断して、「予想外」の災害をこうむることがないように心掛けねばならない。

25. 想定水害のシナリオをつくっておこう

その地域で現実に起こりうる各種のタイプおよび規模の洪水が生じた場合に、洪水氾濫はどのような様相を示し、どのような被害が生ずる可能性があるかを、あらかじめ想定しておくことは、水害に備えるために必要なことである。

低平な平野における破堤氾濫について考えてみると、まず、破堤の危険が大きい個所、破堤した場合に地域への影響が大きい個所など、いくつかの破堤地点ならびに破堤規模を想定する。また、流量、水位、洪水継続時間などの入力条件を設定する。これらの条件の下で氾濫が生じた場合の、氾濫流入量、流速、水深、氾濫流の流動方向、浸水域の拡大速度、最終水深等を求める。これら氾濫動態は、氾濫域の地形条件、簡単な水理計算および過去の氾濫

例によっても大よそ求めることができる。つぎに、このような氾濫が生じた場合の、被害発生の経過、一次的被害の規模および社会経済的影響を想定する。局所的に流れが集中する場合には、その流速、水深は人命・家屋被害を想定する上で重要である。

この結果に基づいて、避難誘導、水防線の設定、交通通信路の確保、重要施設の防衛等の応急対策ならびに救援・復旧対策を具体的に検討できる。また、これら応急・復旧対策のための事前準備や高危険域の防護対策を実施するのも役立つ。住民個人にとっても、ある個所で氾濫が生じた場合、水はどの方向に流れ、いつここに到達し、その水深・流速はどの程度になるかをあらかじめ知っていると、洪水に直面した場合、避難行動や応急洪水対策を余裕をもって行うことができる。

詳細な想定ができない場合でも、主として過去の災害事例に基づいて、この地域に大雨が降った場合にどのような事態がどのような時間経過で起こりうるかを、いくつかのシナリオにしておくことは、役に立つであろう。次に紹介するのは、アメリカ、ロッキー山脈東麓にあるコロラド州ボルダーにおいて想定される洪水のシナリオを簡略化したものである。

8月31日土曜日の夕刻、ボルダー上空に雷雲が発生し、5時ごろから激しい雨となり、7時にはピークに達した。街の西端に達した洪水は橋を破壊し、付設されていたガス管の爆発をひき起こした。近くの住民はすでに避難していた。ボルダー川の奔流は堤防を越えて溢れ、ウォール街に氾濫し、家々を押し流して5人を呑みこんだ。フォーマイル川との合流点では、12の家が流され、鉄橋が流失し、送電線が切断された。道路橋のところでは流れが一時堰き止められ、ついで段波となって下流へ押し寄せた。洪水は氾濫原に広がって数100台の車が立往生した。市の中心にある古い建物は土台から流失した。大学、市役所、図書館なども大きな被害をうけた。

午後10時半ごろ洪水はピークに達した。このころにはすでに数十の人命が失われ、資産被害は数百万ドルに達していた。避難や救援活動は非常に困難になった。火災が各所で発生し、通信網は寸断され、水道やガス管の破壊が広がった。送電塔の倒壊と変電所の浸水により、電力供給は最小規模になった。病院の入院患者140人はログモントに移送させねばならなくなった。

洪水の情報をうけて緊急対策本部が設置され、救援活動が始められたが、山地内の被災域にとってはすでに手おくれであった。赤十字の緊急物資輸送は、ハイウェイの浸水によって阻害された。ラジオやテレビは避難の呼びかけを繰り返したが、多くの住民は注意を払わなかった。かえって危険な場所に避難した住民も多かった。夜が明けるにつれ被害の状態が明らかとなり、ボルダーでは死者50人、被害額3,800万ドルに達した。

26. 雨水は流すよりもためる，しみ込ませる

治水施設はピーク時の水位や流量に合わせてつくられる。また，被害はそのピークの大きさに応じた規模で発生する。しかし，出水時に河川の水位が高い状態にあるのは，通常短時間でしかない。したがって，流域内に降った雨水を一時貯留したり浸透させたりして，河道への流入を遅らせてピークを低減させるという方法は，効果的でありまた経済的でもある。水利用の面からみてもまた望ましい。

通勤者が郊外から都心へ一時に押し寄せるようになれば，ターミナルは人で溢れ，電車は超満員となるので，この短時間のラッシュに合わせて輸送能力を高めねばならなくなるが，時差出勤，改札制限，階段規制などによって緩和すれば，同じ総人員を現在の輸送能力で運ぶことができる，ということにたとえられるであろう。

森林，草地では，枝葉，腐葉堆積層，凹地などに多量の雨水が貯留され，その多くは地下に浸透する。堤防がなかったときには，河道周辺の低湿地は出水時の自然の遊水池となっていた。水田や畑もまた雨水を保持する大きな能力をもつ。流域が自然にもつこのような雨水貯留機能が，土地利用の変化や都市化によって低下し，また遊水させる土地が得がたくなり，さらには河川改修の方法も種々の面から困難になってくるので，人為的，意図的な流域内貯留の手段が推奨され，また一部実行されるようになってきている(図11)。

都市域での貯留には，雨が降った場所で貯める方法と，すこし下流に調整池などを設けてまとめて貯める方法とがある。降った場所で貯める方法としては，広場，公園，緑地，運動場，駐車場などを，凹地部や浅く掘り込んだところに設け，ふだんはそれぞれの機能を果たしながら，大雨時にはその雨水を貯留させる，各戸の屋根，敷地，団地棟間に貯めるといった方法がある。また，屋根に降った雨水を導いてきて貯める貯水槽を各戸に設け，雨水利用にも役立たせるという方法も考えられている。地下に浸透させるのも貯留の一形式で，道路や駐車場の舗装，側溝，雨水樹，下水管などを浸透性の材料や構造でつくるという方法がある。

都市域外では，植林による治水緑地，多目的遊水池，等高線農耕などにより，自然の貯留機能を維持するという手段がある。

雨水の意図的な貯留は，洪水流出の抑制以外に，地下水涵養，雨水利用，土砂流出防止等にも役立つ。また，その施設が身近にあると防災意識の高揚に寄与するという面もある。貯

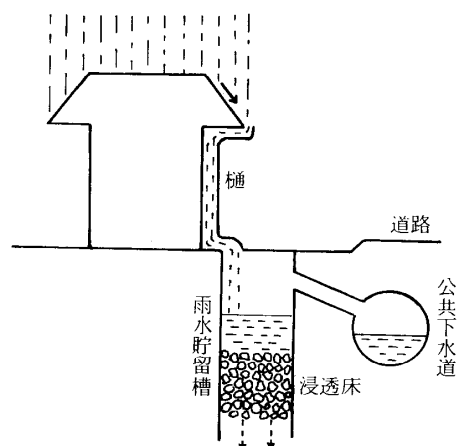


図11 簡単な各戸雨水貯留槽

留施設の機能維持のためには、放流口の目づまり防止などふだんの管理が、多数の個所について求められることになる。

27. 内水氾濫常襲地は遊水池とするのが望ましい土地である

内水氾濫は、流域の開発・利用や、河川改修の進展に伴って、都市域を中心に激しくなっている。低平地における内水の湛水は、人的被害をもたらすような現象ではないが、被災域は面的に広がるので、多数の家屋が浸水被害をこうむる。大都市域に大雨が降ると浸水戸数は10万戸のオーダーにも達する。33年の狩野川台風のときには、東京都の浸水戸数は33万戸にもものぼった。このように内水氾濫では浸水戸数が多くなるので、物的被害を金額で評価すると巨額になる。最近都市圏においては、内水被害額が水害被害額の半分以上を越えている。

内水氾濫は、外水氾濫など他の水害に比べより頻発に生じ、大雨のたびに浸水するという常襲地も多い。内水氾濫は、都市化、地盤沈下などの人為的な原因で生じている部分もあるが、しかし、雨水がはけきらずにしばしば湛水するという場所は、もともと排水不良な低湿地や凹地であり、ときには池や潟の跡ということもある。

都市域では、限られた土地の高度利用という面から見て、低湿地も開発・利用することはあながち不当なことではない。しかし排水施設を完備したとしても、その土地のもつ弱さの性質に変わりはない。以前には潟起源の凹地であったところは、土地利用が変化しても凹地であることに変わりはないから、時には浸水をこうむるということを前提とした住み方や利用の方法を考える必要がある。

常襲的な浸水地は、水田や畑として残すかあるいは浸水が許容できるかたちの公園や運動場とすることによって、出水時の遊水の場所とすることが最も望ましい。これは被災対象を少なくし、また、周辺域や下流域の浸水危険を小さくする働きをもつ。内水危険地であることを熟知した上で、その土地を利用することによって得られる便益と、こうむるであろう被害とを考え合わせて、住むという方を選択することは、他に危険を及ぼさないかぎり、許されないことではない。

28. 浸水災害では地盤高のわずかな違いが明暗をわける

低平地における洪水氾濫では、とくに低い凹地や流れが集中して堰き上げが生ずるような場所は除き、水深は精々1～2m程度であるから、敷地や土台の高さの多少の差が、浸水するかしないか、浸水しても床下ですむか床上までくるか、ということに関係してくる。1m足らずの盛土がしてあったか否かで、隣同士でも一方は無浸水、一方は床上浸水ということも起こっている。建設省の被害算定基準では、床上浸水(床上50cm以下)の被害は床下浸水

の約5倍である。

平野面内の微高地である自然堤防の比高は、搬出土砂量の多い河川の平野では、高いもので2～3 mあるいはそれ以上にもなるので、大洪水の際にも浸水をまぬがれる。古くからの集落はほぼ自然堤防上に立地している。平野の一般面は水田面であるとしてよい。低湿地に住む場合には、周囲の水田面との比高が2 m程度はある微高地上か、あるいはそれくらいの高さになるまで盛土をして居住するのが望ましい。筆者は標高ゼロメートルという低い輪中地帯に住んでいて昭和27年の長良川破堤水害に遭ったが、家は高い自然堤防上にあったので浸水はまぬがれた。その後名古屋市西部低地に転居して昭和34年の伊勢湾台風に遭った。このとき近所の家は内水氾濫により床下浸水したが、わが家は4年前に土台をかさ上げしてあったので、浸水をこうむらなかった。

内水の湛水の場合や、氾濫水の流下が輪中堤や砂堆によって阻止されて滞水が生じた場合浸水面はほぼ完全に水平になるので、地盤高の違いがそのまま浸水の有無や被害の程度に表われることになる。昭和51年の長良川水害では、氾濫水は輪中堤と本川堤防に囲まれて滞水しその最高水位は標高7.4 mであった。後背低地の標高はほぼ4～6 mで、1～3 mの深さに浸水したが、自然堤防の比高は2～3 mあり、高いところでは標高8 mを越えるので、自然堤防上の家は浸水をまぬがれたり、あるいは浸水はしても床下ですんだところが多かった。

29. 建物の構造や住まい方によって水害に備える

地震や火災の対策として耐震、耐火構造の建物がつくられている。これと全く同様に、洪水に耐える建物をつくる flood proofing (耐洪水) の手段が考えられ、アメリカで積極的に推奨されている。水の中に入れても大丈夫な腕時計には water proof と刻まれているが、これは耐水を意味する。

住家の構造や居住の様式によって洪水に備えるという方法自体はこと新しいものではなく、輪中地帯におけるものを典型として昔から一般に行われていることである。最近では、建築物の耐水化と銘うって推進され、条例によって特定地区にこれを義務づけたり、助成金を出したりしている市町村が少数ながらある。

耐洪水建築の種類は、(1) 建物を氾濫水から遮断する、(2) かさ上げによって建物を高い位置におく、(3) 浸水はこうむってもその被害を軽くすませる、に大別される。(1)の方法としては a. 敷地あるいは建物の周囲を塀や土手で取り囲む、b. 建物本体の外壁を防水壁でつくり、開口部は防水扉で遮断できるようにする、がある。(2)の方法としては、c. 敷地に盛土する、あるいは基礎、土台を高くする、d. 高床式の構造にする、がある。(3)としては、二階建にする、屋根や天井に避難用、家財持ち上げ用の開口部を設ける、一階に家財などをあまり置かない、一階に耐水、非吸水建材を用いる、家の周囲に樹林を配置する、など種々の方法が考えられ

る。

塀や土手で囲む方法は日常生活に不便をもたらすおそれがある。排水口などからの逆流防止対策も必要である。新築の際の盛土は容易であるが、既存建物のかさ上げには多額の費用を要する。床上浸水と床下浸水とでは被害に大きな違いが生ずるので、たとえ50cm程度の盛土でも大きな効果をもたらすことは多い。ただし日照権や排水の問題から、盛土の規制を行っている住宅団地がある。地震が多い日本では、高床式にする場合、耐震性にとくに配慮しなければならない。

避難用の高地が身近にない広いデルタ性平野や干拓地では、家屋を二階建以上にするのが望ましい。これは最後の逃げ場があるということで、緊急時の行動に余裕を与えることにもなる。山地内谷底低地、扇状地、大河川の堤防際など激しい洪水流に襲われる危険があるところでは、建物の上流側を樹林で囲んで洪水流の衝撃を緩和して流失や倒壊をまぬがれるという手段があり、効果があったという実例がある。地表面勾配3～5度の土石流停止域では、樹林でも土石を止めたり流れを分散させたりする働きを示す。鉄筋コンクリートの建物は、減速状態にある崩壊土砂や土石流の衝撃にかなりよく耐える。ピロティ構造によって土砂を抵抗少なく通過させるという方法も可能である。

30. 重要施設の自己防衛 — 機械室は上層階へ —

地震の場合ほど広範囲ではないものの、洪水の際にもライフラインの機能停止や公共施設の被災によって、日常生活や社会・経済活動に長期間の障害が生ずる。昭和57年の長崎水害時には、市中心部の谷底低地にある変電所が冠水のため送電を停止し、応急復旧工事が終了したのは3昼夜後であった。隣接変電所からの切替えにより地区内に送電を開始したのは、16時間後のことであった。また、5個所の浄水場が冠水して給水不能となり、最大時には、93,000戸、全市の62%が断水した。最後の浄水場が完全給水に復帰するのに15日を要した。

長崎水害でとくに問題となったのは、一階や地下室が浸水して、受変電、自家発電、空調等の機能が停止したビルが多かったことである。河川の氾濫をこうむった市内中央部低地にある地下室の8割が洪水被害をうけた。地下機械室が被災したのは41室であった。とくに市立市民病院では、地下に集中していた医療機械設備が浸水したため、病院の機能が長期間停止した。浸水によりオンラインサービスに障害が生じた銀行もあった。

昭和51年長良川水害では、新幹線変電所が水没し、復旧に2か月を要した。この変電所は破堤口に面する皿状凹地のほぼ中央という最も低い場所につくられていたので、50cmの盛土はしてあったものの、なお2mの深さの浸水をこうむった。56年小貝川水害のときには、止水対策が施されていない変電所に水が迫ったが、電力会社独自では水防作業が行えなかったため、市職員や自衛隊員が出動して土のう積みを行った。

変電所、浄水場、電話局、病院、銀行など、公共性の強い施設は、可能なかぎり高い場所につくる。耐水壁と防水扉で取り囲む、機械室は二階以上の階におく、などの方法によって浸水をこうむらないように、あるいは浸水しても影響が小さくてすむように、自ら防御する必要がある。

斜面や谷に面したところでは、山崩れや土石流の土砂と水が上層の階にも侵入するおそれがある。地下室に浸水すると排水に長時間を要するために、影響が深刻になる。地下街、地下鉄、地下共同溝など、地下の利用の進展は、都市機能の浸水に対する脆弱性を大きくしている。高度情報化社会にあっては、通信ラインの損傷は、大きな社会的混乱をひき起こす可能性がある。

31. 過去の洪水の浸水位を記しておこう

水害危険地の住民が、その危険の存在を現実のものとして受けとめ、防災意識を高めておくことが、災害の防止・軽減や安全な地域社会の形成に大いにあずかって力がある。しかし、単に水害のおそれがあるといったような一般的な表現で危険の存在が示されるだけでは、なかなか切実な問題としては理解されないし、また具体的な行為を起こさせる力とはなり難い。

もしその地域で過去に水害が生じているならば、その具体的な状況を一般に周知させる、たとえば浸水位を街角に記す、浸水域や被害の程度を示す図を街中にかかげる、というような方法がとられれば、危険の存在がリアルなかたちで認識されやすい。これはまた、住居地の選定や盛土、かさ上げなどの耐洪水対策をたてるのにも役立つ。

写真1は埼玉県栗橋町の電柱に示されているカスリン台風時の洪水水位の標示である。静岡市、清水市、松戸市、江津市、三次市、川内市など、過去に洪水被害をうけ、今後も危険が予想されるところでは、電柱利用、標示板、看板などによって、洪水水位を示して住民の意識向上に役立っている。

かつての輪中のような常襲的水害危険地では、昔の大水害のときの洪水水位や被害の状況などが、地域住民の共通の知識として伝えられてきた。しかし、地域社会の変貌が激しい都市域においてはもちろんのこと、農山村域においても、生



写真1 埼玉県、栗橋における浸水位表示

活様式の都市化、新規住民の増加、治水施設の一応の整備等によって、災害経験の風化が速く、地域の災害危険についての知識も失われがちである。その一つの結果として、水害が起こるとその責任や補償をめぐる頻りに紛争が起こるといふことにもなっている。

過去の災害状況とともに、水害危険にかかわる土地的素因の弱さの程度についても、具体的なかたちで公示されているのが望ましい。たとえば、河川、とくに天井川化した河川沿いの低地の街では、河床との比高を表示し、出水時にはその現在水位を街角に示す、ゼロメートル地帯では、標高が海面下どのくらいであるかを街の各所に標示する、高潮・津波の危険がある海岸低地では精しい地盤高を示す等高線入りの市街図をかかげる、といった方法によって、危険の状態を周知させることができる。岐阜市では市役所前に水位表示塔を設置し、洪水位と現在水位とを表示している。

地域住民が自らの土地の性格と災害の危険性について共通の知識をもつことは、地域こぞの災害に強い街づくりに役立つ。

32. 平野の開発や治水の経緯を知っておこう

平野の開発・利用とそれが必然的に伴う水害を防除する努力は、それぞれの河川流域の性格に従い、あるいはそれに制約された仕方、長年月にわたって積み重ねられてきた。その歴史は、現在それぞれの平野が備えている洪水危険の様相や、地域社会の災害耐性の状態に影響を与えている。

昔から農業用水の開発を中心とする利水が先行し、治水はそれを追うというかたちで河川工事が進められてきた。大規模な河川工事としては、徳川時代初期に行われた利根川、荒川、北上川などの河道付替が有名である。河川の分離工事としては、淀川と大和川、木曾、長良、揖斐の三川、鬼怒川と小貝川などの分離がよく知られている。河川の分水は、沿岸砂丘が発達して海への出口が塞がれた状態にある新潟平野、庄内平野、津軽平野などで数多く行われている。新潟平野では7本の放水・分水路が開削された。三角州平野では、河口域に発達する分流を利用して、放水路工事や河道付替が行われる。戦国時代から徳川時代にかけての時期には、城下およびそれを取巻く所領の防衛を主眼とした河川工事が行われた。

図12は霞ヶ浦に流入する中規模河川桜川の河口部に位置する土浦付近の明治38年測量地形図である。土浦は、低湿地内に水濠を幾重にもめぐらして防御する平城として築造された土浦城の城下町である。したがって、その生いたちから水に弱い宿命を備えていることになる。

土浦城は室町時代に築かれた。築城当時桜川は城の北側を流れていたが、洪水の害を避けるために、デルタ面上を派生する分流の一つを利用して、市街の南に向かって付替えられた。低地を横断して砂堆があり、その上を水戸街道が通じ、古い街並はそれに沿っている。この低地では最も恐れられている霞ヶ浦の増水から城を守るために、砂堆の上流側に城が配置さ

れた。しかし一方、ここは標高1～2 mの凹地状の後背湿地で湛水をこうむりやすい。明治29年に開通した常磐線は、霞ヶ浦の増水から街を守るために湖岸沿いに通し、その盛土路盤を水防堤と兼用にした。

昭和13年の洪水では、霞ヶ浦の水位が2.3 mも高くなり、土浦市街はほぼ全面浸水した。最大湛水深は3.1 mに達し、浸水日数は1ヶ月以上に及んだ。

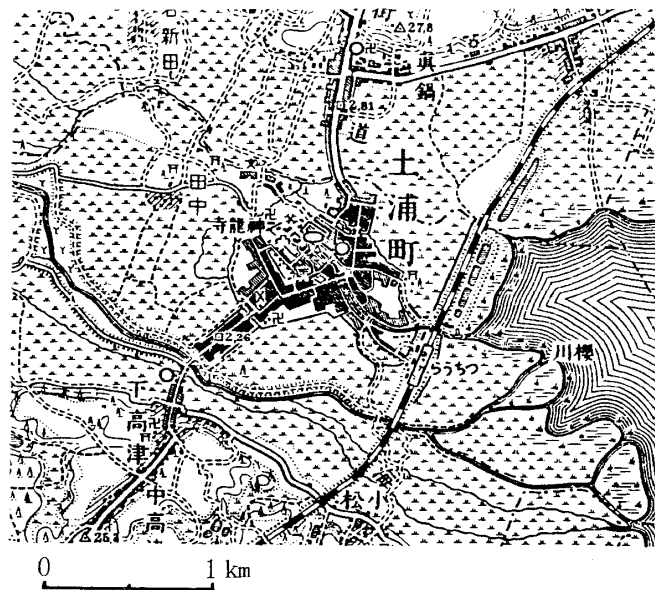


図12 明治38年測量の土浦周辺地形図

33. 低い水位でも破堤氾濫は生ずることがある

主要河川の堤防は、既往最大規模の洪水などを考慮に入れて決められた計画高水位に耐えられるように設計されている。堤防の高さは実際には、降雨という自然現象の不確実さ、河床堆積による通水断面減少の可能性などを見込んだ安全率相当分として、計画高水位の上にさらに余裕高というものをとっている。余裕高は大河川で1.5 m以上、小河川でも0.6 m以上である。さらに、築堤後の堤体の沈下を見込んで、堤防高の1/20程度の余盛りが行われている。このように高さに関してかなりの安全率をとって堤防は築造されている。

しかし、計画高水位に達しない出水によっても大河川堤防の破堤は生じている。昭和56年8月、小貝川堤防は利根川との合流点上流5 kmの地点で、長さ約30 m破堤した。このときの水位は計画高水位より1.5 m低く、天端までは3.5 mの余裕があった。

昭和51年9月、長良川右岸堤が新幹線鉄橋の600 m下流で破堤して、輪中地帯が水没した。破堤時の水位は計画高水位よりも2 m低く、天端までは3.6 mの余裕があった。このときの豪雨は記録的なものであって、長良川では警戒水位を越える高水位が80時間近く続いたため、浸透水により堤体は脆弱化していた。この個所は堤内地の地盤高がとくに低く、池もあったところで、基礎漏水の可能性が大きいと考えられる場所である。

長良川では昭和27年6月にもダイナ台風の大雨による出水で、51年の破堤個所の4.5 km下流において、やはり右岸堤が50 mにわたって破堤し、輪中地帯が水没した。このときの水位は警戒水位をわずかに越える程度のものであった。破堤の原因は取水樋管の周囲からの漏水とされている。

これらの破堤は稀なケースであって、各河川の堤防は度々の高水位に耐えて、その機能を果たしている。しかし、長い延長をもつ堤防が長年月にわたってあらゆる個所で完全であるという前提で対処するのは正しい態度ではない。高水位に達しなくても堤防決壊は起こりうるということを念頭におき、低水位でも問題が生じやすい個所を重点的に監視して、漏水、地割れ等の早期発見に努める必要がある。

低い水位で破堤氾濫が生ずると不意をつかれたかたちとなって、水防活動や避難行動に遅れや混乱が引き起こされる。ただし、破堤水位が小さければ、氾濫流の流速や水深もまた小さい。

34. 低平な平野における氾濫水の広がり速度は人がゆっくりと歩く程度

河成平野の地表面勾配は、それをつくりあげた河川の流量が大きいほど緩やかである。日本の大河川の下流部では、勾配は一般に1/1000以下であって、デルタ域では1/4000以下にもなる。水流の流速は、水深が小さいほど、また勾配が小さいほど、緩やかである。広く低平な平野において破堤氾濫が生じた場合地表面勾配が小さいうえに、氾濫水は大きく広がって水深は小さくなるので、破堤口付近や局所的に流れの集中がおこる場所は除き、流速はさほど大きなものではない。平野内には自然堤防、道路、小河川の堤防など、流れを妨げる地形・地物があるので、氾濫水の平均の広がり速度は大きくても人が普通に歩く程度、一般にはゆっくりと歩く程度である。ただし、山地内谷底平野や扇状地内の溝状凹地では、勾配が少なくとも数100分の1と大きく、また、流れの側方への広がりには小さいので、氾濫流の流速および水深は大きくなる。

昭和22年の利根川の氾濫では、破堤水位が非常に高く流入量も多かったので、破堤口に面する皿状後背低地内での平均流速は5km/時に達した。氾濫水は自然堤防で囲まれた後背低地内に一時的に貯留されながら、平野一般面の傾斜方向に流下を続け、東京湾に流入した。この平均伝播速度は、中流部自然堤防地帯において、時速0.6～1.0kmであった。これと同じ水害時の荒川の氾濫では、破堤口付近で4.5km/時の流速であった。

昭和27年の長良川の氾濫では、破堤口から1km以内で時速2.5km、途中で堤防などの障害物のない7km離れた地点に洪水主流が到達するまでの平均流速は1km/時であった。なお、この区間の平均勾配は1/2000である。長良川の51年の氾濫では、破堤口に面する後背低地内で時速1.7～2.5km、5km離れた浸水域北端に到達するまでの平均流速は0.8km/時であった。56年の小貝川の氾濫では、氾濫域の平均勾配1/2500、氾濫流先端の平均の広がり速度は毎時0.2～0.5kmであった。

このように大河川がつくる平野の自然堤防地帯における氾濫流の伝播速度は、破堤口に面する低地内でも人が普通に歩く程度の速さ、破堤口からかなり距離があって途中で自然堤防

などの障害物があるところでは、時速1 kmもないから、破堤個所からの距離から氾濫流の到達時間を目算して、余裕ある行動をとることが望まれる。ただし、流速は破堤水位や氾濫流入量によって異なるので、出水があれば水位がいまどこまで来ているかを努めて知るという心掛けが必要である。

小貝川洪水の経験談によると、氾濫流の先端は白い輪のようになって押し寄せ、それに近づくと恐怖感も手伝ってかすごい速さを感じる。先端が到達すると水位上昇は急速で、あっという間に床のすき間から水が吹き上げ、たちまち最高の浸水位まで達したという。

自然堤防の発達がよく、道路や鉄道の盛土など氾濫水の流下の障害となる地物が多いところでは、氾濫流の局所的な集中が生じて流速、水深が大きくなることがあるので、注意しなければならない。利根川の氾濫では、破堤口から4 km離れた栗橋駅付近で55戸、12km離れた幸手町南部で35戸の家屋流失が生じた。これらは皿状後背低地の下流側の、自然堤防あるいは人工の堤防の切れ目にあたる個所で、氾濫水が集中してきて局所的に激しい流れが生じた。

35. 浸水深がひざ近くまでになると歩くのが困難になる

浅いプールの中を歩く場合でも、足を水面上に抜き上げて前へ進むことができないほどの水深になると、抵抗がぐんと増し疲れも大きくなって非常に歩きづらくなる。これが実際の水害時ともなると、風雨は強く、地面に凹凸や障害物があり、水面に漂流物が漂い、夜間は暗闇の中を行動することになるから、歩行はきわめて困難になる。これに流れが伴えば危険は大きく増す。

伊勢湾台風時に高潮浸水域を歩いて避難した人からの聞きとり調査では、水深30cm以上になると、大人でも歩くのが非常に困難になり、避難することができた浸水深は、大人の男で約70cm以下、大人の女で約50cm以下であった。避難できた人でも大半の人は何度も足をとられ、滑ったり転んだりしている。また、半分近くの人には持っていた荷物を途中で捨てている。この高潮の浸水深は、名古屋市臨港部では2～3 mに達し、浸水域は海岸線から5～6 km内陸にまで及んだ。

静かな内水氾濫の場合には、首まで水につかって避難している例もあるが、このような場合きわめて足をとられやすいので、何かにつかまらなければ歩くことができない。もしどこかに深みがあると、たとえ小さなものであっても大きな危険となる。

市街地が浸水した場合の死者発生原因では、冠水した道路を歩いているうちに深みにはまったり、側溝、排水路、マンホールなどに転落したりして溺れるのが大半である。下水路に流れ込んだ大量の水の水圧によってマンホールの蓋がはずれている道路が冠水すると非常に危険である。

昭和42年7月の豪雨災害のとき、勾配の大きい扇状地上にある神戸では、水による死者が

31人と、土砂によるものも含めた全体の死者の1/3も占めた。このうちの15人が増水した川への転落、4人が暗渠や側溝への転落が原因であった。

昭和58年9月愛知県下において、強雨による急激な出水によって、下校中の児童ら5人が側溝に流されたりして水死した。名古屋市東部の市街化丘陵地では、道路を歩いていた中学生が、突然襲ってきた水深1mの流れに呑みこまれて死亡した。舗装などによって全面不透水域となったゆるやかな起伏の丘陵地では、凹地斜面を通ずる道路に雨水が集中して、いわば市街地鉄砲水が発生する可能性がある。この出水は丁度下校時のことであったので、多数の児童・生徒が胸までも水につかりながら家に帰っている。雨の状況や地域の環境によっては下校を見合わせるという措置が必要である。

水害地でのアンケート調査によると、家の中に水が入ってきてはじめて洪水が起こったことに気づいたという人は非常に多い。この時点で避難するには当然水の中を歩くことになるが、山地洪水や土石流の危険があるところは別として、避難のため直ちに浸水域中に出ていくことは考えものである。状況によっては二階や屋根にとり残される方が安全であるともいえるであろう。

36. 水害時における火災の危険

昭和23年9月のアイオン台風による岩手県一関市の水害(死者473)の時には、水深4mを越える氾濫流に襲われた市街地で、ローソクからの引火による火災が発生した。洪水のピーク時に起こったため消火活動は思うにまかせず、15戸が全焼した。これは夜7時すぎのことで、濁流うずまく暗闇の街に赤々と燃えさかり、異様な恐ろしさをつくり出した。現在でも災害時における長時間の停電の際にはローソクが使われることが多いが、しばしば停電があった昔とは異なり、あまり使い慣れないため火災をひき起こす可能性がある。

現在では、プロパンのガスボンベが、災害時における火災の大きな危険をつくっている。地震によるガスボンベ転倒の危険はよく知られているが、水害時にも、家屋倒壊による配管の折損や浸水の際のボンベの浮き上がりによるホースの切断によって、ガスの放出が生ずる。水中では重いボンベも浮き上がり、水深が深かったり流れがあつたりするとホースが引っ張られて切れるので、浸水時には、あるいは浸水していなくても避難時には、浮き上がらないようしぼり、元栓を締めておく必要がある。また、感電を防ぐために電源を切る必要がある。昭和56年8月の石狩川の氾濫では、浸水した火力発電所でスパークが生じ、その火がケーブルを伝わって燃え移り、中央監視室などが焼失した。浸水域でガソリンが洩れ出すと水面に広がり、引火の危険が生ずる。

昭和49年の伊豆半島沖地震のときには、南伊豆町中木で起こった山崩れによって倒壊・埋没した家のプロパンガスが燃え出し、土砂の中で3日間くすぶり続け、5戸が焼失した。こ

のようなことは大雨による山崩れによって十分起こり得ることである。プロパンの匂いがたちこめるので火気を厳禁して、倒壊家屋内からの救出活動を行ったという例は多い。昭和57年の長崎水害のときの110番および119番への通報のうち37件、全体の10%が、ガス洩れについてのものであった。

川を渡るガス管は、土石流や山地洪水によって切断される。昭和53年5月、新潟県、妙高山麓で発生した土石流によって、径300ミリの天然ガスパイプラインが破損し、ガスが噴出、風下の180世帯に避難命令が出され、国道が一時全面通行止めとなった。集中豪雨はかならず激しい雷を伴うので、落雷による火災も水害に伴って発生する可能性がある。

37. 避難を効果的に行うのに必要な事前準備

タイミングのよい警報の発表や避難の指示は、緊急災害時の避難がうまく行われるために必要なことである。しかし、それらがスムーズに受け入れられて人命損傷防止に結びつくためには、種々の前提条件を必要とする。

避難は危険が及ぶおそれがある場所に居る人が行うものであって、安全なところでは避難の必要がないことは言うまでもない。あわてて避難するとかえって危険に遭遇することにもなりかねない。危険の種類、危険域および危険の程度は、場所によって異なる。人命への危害が大きく、かつ危険が急に切迫するために、時宜を得た避難がとくに必要とされる山地内の災害では、危険の種類（水か土砂か）や危険の程度は、それこそ家ごとに違うといってもよい。段丘面上の家は一般に安全であるが、その隣家であっても段丘崖下の谷底低地にあれば土石流や山地洪水の危険が大きい。段丘面上でも山の斜面近くにあれば山崩れの危険を考えねばならない。氾濫原内において破堤洪水に直面しても、自然堤防上のしかも二階家であれば、家にとどまっていた方がよいともいえる。

このように、ある地域の全住民に一律の避難を要求することは現実的でない。警報や避難指示をうけて、各地区や各戸がそれをどの程度切実に受けとめ、どのように行動したらよいかを決めるためには、あらかじめ地域のきめ細かい災害危険について知らされている必要がある。

警報に接した人が自ら避難行動を起こすためには、その場所に現実に危険が接近する可能性のあることを理解する必要がある。このためにも地域の災害危険について調べられ、周知されている必要がある。災害経験は危険の存在を実感させる大きな力となる。災害経験のない地区では、同一の土地条件にある他地区での災害実例について学び、危険判定に役立てておく必要がある。

安全と判断した場所を目指して行動を開始するのが避難であって、ただやみくもに外へ飛び出すのはいわば逃走行動である。避難はムダ足になることが多いから、身近な地区内に利

用しやすい避難所が準備されていることは、避難を容易にする。小学校などの公共施設が地域の避難所に指定されているのが通常であるが、それが遠く離れている場合、家を失った人が一時身を寄せるなどに利用されることはあっても、緊急時の避難には使われ難い。

山地内谷底では、出水の危険だけか、あるいは土砂による危険も加わるか、またそれはどの方向から襲ってくる可能性があるか、によって安全な避難場所および径路は異なってくる。谷の出水を避けて山手へ逃れたら、はるかに危険の大きい山崩れに遭遇したという例は多い。地区ごとの防災環境や災害の現況に基づいたきめ細かい避難対応を可能にするために、小地区単位の避難協力体制がつくられているのが望ましい。

自然現象には予測し難い部分が非常に多いので、警報や避難指示が結果として空振りになり避難がムダ足となることが多くてもやむを得ないということの理解が得られていることもまた必要なことである。

38. 緊急災害時情報の役割と生かし方

各種気象情報、注意報、警報等は、防災活動を始動させる重要な情報であるが、広域的な現象把握に基づいたもので、全体としての正確さには優れているが、きめ細かい地域性を欠くといううらみがある。また、必ずしもタイミングよく示されるとは限らない。予警報等に基づいて各地域の中央から出される水防、避難、救援等の応急活動を指示する情報は、広域を対象とした画一的基準に基づいて出されていることが多く、その伝達に何段階もの機器や人間が介在する場合、稀な緊急時にそれがうまく伝達されるとは限らないという問題がある。

災害危険の具体的な状況は、地域によって異なる。同一雨域内であっても、降雨の強度やその時間経過は場所によって違う。同じ雨をうけても、地形・地質等の条件によって、各種の災害現象発生の危険度には大きな差がある。また、災害発生の危険雨量に達したとしても集落が安全な場所にあるか、危険地に位置するかによって、避難対応は大きく異なる。

このような地域独自の現況に基づく情報もまた非常に重要である。広域的な正確さをもつ中央発表情報と、場所的なきめ細かさをもつ地域現況情報とを組み合わせ、それぞれの優れた点を生かして、緊急の災害危険に対処する必要がある。

人命に対する危害力が大きく、またその危険が急迫する山地内の災害に対しては、各種情報を前もって集めて早目の対応を行う必要がある。山間辺地では、中央からの指令が緊急時にタイミングよく末端にまで伝達されるという保証はないし、また、伝達されるという前提で対応するのは危険である。したがって、地区の災害現況と広域の気象情報とを組み合わせ、独自の行動基準をもつことが望ましい。

昭和57年台風10号の豪雨により山崩れ・土石流が多発した山地内にありながら、村民からは死者を出さなかった三重県美杉村では、役場に設置した雨量計による雨量観測値、役場の

前の河川の水位とその上昇の仕方および河川水の異常の監視，県からファクシミリで送られてくるレーダーエコー図，の3項目を勘案して，避難指示を出す判断基準としている。これを受けた各地区は，小単位の防災組織の活動により，地区の状況に応じた避難対応を行って人命被害を防いだ。

災害後警報の出し遅れや避難指示が各地区に行きわたらなかったことが非難されることが多い。たしかにタイミングよくこれらが発表され伝達されることは望ましいが，雨が激しさを増し，危険の切迫が実感できる状況の中であって，外部からの情報がないから行動を起こさないというようなことは許されないことであろう。災害後のアンケート調査によると，警報等を待たずに独自の判断で避難行動を行った人は多い。

災害時情報には，災害発生状況，被害状況，救援活動状況等に関するものがある。隣接地区におけるこれらの状況が伝えられれば，応急活動を促進させる説得力ある情報となるであろう。

39. 危険地からの住居移転は抜本的な危険除去策

災害の危険が予想される場所から安全な土地へ住居を移転することは，危険を除去して生命と財産を守る最も効果的な手段である。しかし，多額の費用と大きな努力を払い，長年住み慣れ安定した生活を営んでいる土地を離れて，新しい土地へ災害をうける前に移り住むことは，たとえ大きな危険が指摘されていたとしても，一般に非常に抵抗が大きい。このため防災のための移転は災害をうけた直後に行われることが多い。

特定の場所をとれば，一般に災害の起こる時間間隔は長い。とくに，土砂による災害では100年のオーダーであるので，過去の災害のことが忘れられたり，新しい住民が入ってきたり，あるいは生活上の利便，たとえば水が得やすい，漁業に便利などといったことを優先して，かつて災害をこうむった危険な土地に人が住みつき再び被災するということも多い。以前に集団で移転したことが地名に残されているところもある。

三陸沿岸域は，明治21年に死者25,000人，37年後の昭和8年に死者約3,000人という大津波災害をこうむった。昭和の津波後，危険な沿岸低地から高所への移転が積極的に推進され，岩手，宮城両県で98集落，8,000戸が集団あるいは個別に移転した。明治の津波の後にはごく一部の集落で移転が行われたが，大部分は現地再建した。また，一度は移転したものの低地へ復帰し再被災した例も多かった。

三陸沿岸は，その地形的，地理的条件ゆえに，頻繁に津波に襲われており，最近350年間では15年に1回の割合である。このような高危険地でも容易に移転が行われなかったということは，生活上の利便を犠牲にして，災害の危険を避けるためだけで移転を行わせることがいかに困難であるかを示しているともいえる。

防災のための移転の最大の障害として、多額の経済的負担がある。この障害を打開して移転を促進させるために、防災集団移転促進事業とがけ地近接危険住宅移転事業の2制度が、国によって運用されている。これら2制度は個人の自発的移転に対して利子補給などの資金補助を行うものである。前者は昭和47年に制度化され、以来10年間に約1,000戸が移転している。後者は同じく47年に制定され、年平均1,000戸が移転している。急ながけ地では危険の存在が実感されやすいので、移転戸数が多い。

本来防災のための移転は、災害をうける前に行われるべきものである。軽微な災害をうけたことを契機として、防災集団移転制度を利用して、いわば災害予防的に移転を実施した集落が10ある。これらは山地・丘陵内の谷底や山腹斜面、小離島、山が迫った海岸べりなどで孤立している小集落で、過去にも災害を経験している。移転に際しては地区のリーダーが住民の意識決定に大きな影響を与え、かなり離れた生活上便利な場所にまとまって移転している。これに対し辺地性の小さい集落では、全壊・流失の被害をうけた家屋要再建世帯のみがしぶしぶ移転に応じ、移転した後も不満が多い。大きな災害地では災害後直ちに巨額の防災工事が行われるので、住民はこれによって安全になると思うことが、移転をしぶる一つの要因となっている。

40. 防災施設の設置は被害ポテンシャルを高めがちである

河川堤防、防潮堤、砂防ダムなど、災害を直接ひき起こす力となる自然現象を、阻止ないし緩和することを目的とした構造物の設置は、防災の有力な手段であって、被害の防止・軽減に大きな役割を果たしてきている。しかし、これらの防災構造物が設置されると、悪い土地条件にある場所へも人口・資産の流入をまねき、あるいは既存の住民に過大な安心感を与えて防備の水準を低めるので、ひとたび災害が起こった場合、被害が拡大することになる。また、構造物は現象の激しさを増大させることも多い。たとえば、高堤防は洪水位を高め破堤が生じた場合の氾濫をより激しいものにする。

アメリカでは、1960年代の終わりに、洪水防御施設への資金投入が継続的に行われているにも拘わらず、被害額が依然として増加しているのは、その設置が被害ポテンシャル（被害発生の可能性）を増大させていることによるとの反省がなされ、氾濫原管理といったようないわばソフトな防災手段に力が注がれるようになった。

図13は、各種の水害防災手段を実施した場合に、被害ポテンシャルおよび実質の利益（被害の純減高）がどのように変化するかを示したものである。

防災施設は被害ポテンシャルを大きく高める、一方土地利用管理は被害ポテンシャルを低め、かつ被害軽減効果も大きいと評価されている。

災害をひき起こす種々の自然現象の作用を抑止しあるいは制御する目的をもった構造物は、

それが対処できる現象の規模や強度に、ある限界を設定してつくられている。河川堤防の場合、計画高水位や計画洪水流量がそれにあたる。このような設計条件を決めるということは、その条件を超える現象が起こらないということ意味するのではないことは言うまでもない。

災害は稀な現象によって起こるものであり、防災構造物はこの稀な現象に対処できるようにつくられている。どこまでの稀をとるかは施設の重要度の他に技術面、資金面等における制約の下で決められる。この稀な現象の発生条件を十分説明できるほどの長い観測期間を、われわれはもっていない。また、そのような激しい自然現象を正しく測っているという保証はない。

防災構造物はその機能にある上限をもたせて建造され、さらに建造後の環境の変化や経年的な劣化により、その機能は一般に低下していく。設計条件を越える事態に対処するのはその構造物の役割ではない。防災構造物がどのような規模の現象にも対処できるように作られているとは誰も思わないが、その限界が明示的に示されていないと、人々はそれを信頼しすぎる結果として、被害をかえって大きくするおそれがある。不確定で強大な現象に備える手段の機能には大きな限界があることを心得て、代替手段を準備し何段構えにもして備える必要があろう。

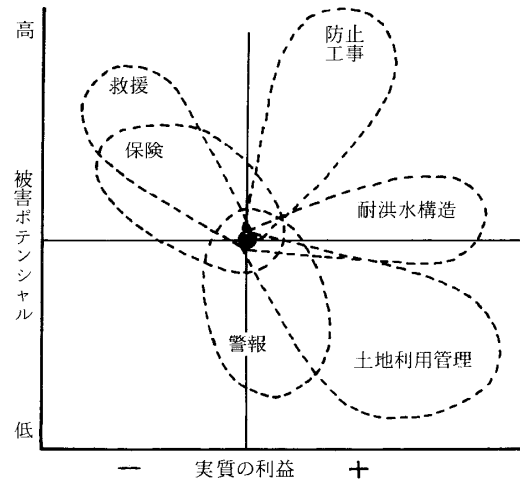


図13 洪水対策の効果 (White, Haas, 1975)

洪水に対して各種の対策が採られた場合、被害ポテンシャルおよび実質の利益(被害軽減額から対策に要した費用を差し引いたもの)を、現在の状態からどの方向へ変化させる効果があるかを示す。

参考文献

- 1) 土木学会編(1974):土木工学ハンドブック. 技報堂, 1223 pp.
- 2) 科学技術庁資源調査会(1970):水害の地域性に関する調査報告. 資源調査会報告, 57, 210 pp.
- 3) 科学技術庁資源調査所(1984):豪雨災害情報の収集・伝達から見た防災システムに関する基礎資料. 資料, 116, 149 pp.
- 4) 甘肅省科学技術委員会(森脇 寛訳)(1983):1983年中国甘肅省酒勤山地すべり. 地すべり, 76, 28-33.
- 5) 建設省(1983):建設白書 昭和58年版. 416 pp.
- 6) 建設省土木研究所(1977):わが国の都市域での雨水貯留の実状とその改善. 土木研究所資料, 1174, 148 pp.
- 7) 建設省土木研究所(1981):建築物の耐水化に関する調査報告書(第2報). 土木研究所資料, 1645, 65 pp.
- 8) 木下武雄・岸井徳雄・富永雅樹・中根和郎(1983):1981年8月24日台風第15号による小貝川破堤水

- 害調査報告。主要災害調査, 20, 127 pp.
- 9) 小出 博(1970):日本の河川。東京大学出版会, 248 pp.
 - 10) 国土庁(1984):防災白書 昭和58年版, 388 pp.
 - 11) 水谷武司(1982):茨城県南西部桜川流域の防災地学環境。国立防災科学技術センター研究報告, 27, 25-47.
 - 12) 水谷武司(1982):災害危険地集落の集団移転。国立防災科学技術センター研究報告, 29, 19-37.
 - 13) 水谷武司(1982):防災地形。古今書院, 168 pp.
 - 14) 水谷武司(1983):人的被害の規模に係る要因。国立防災科学技術センター研究報告, 31, 9-39.
 - 15) 水谷武司・森脇寛・井口隆(1982):1981年8月台風第15号による長野県須坂土石流災害調査報告。主要災害調査, 19, 54 pp.
 - 16) 日本科学者会議編(1982):現代の災害。水曜社, 243 pp.
 - 17) 大八木規夫・中根和郎・福囿輝旗(1984):1982年7月豪雨(57.7豪雨)による長崎地区災害調査報告。主要災害調査, 21, 133 pp.
 - 18) 消防科学総合センター(1984):地域防災データ総覧。305 pp.
 - 19) 高橋 裕(1971):国土の変貌と水害。岩波書店, 216 pp.
 - 20) 高橋裕編(1983):台風10号による災害とその社会への影響に関する調査研究報告書。99 pp。(文部省科学研究費自然災害特別研究成果報告)。
 - 21) 高村 博・西口哲夫・木下武雄・富永雅樹・福囿輝旗・大倉 博(1977):1976年台風第17号による長良川地域水害調査報告。主要災害調査, 12, 92 pp.
 - 22) 竹内清文(1950):アイオン台風による磐井川の洪水に就て。資源調査会報告, 6, 108-120.
 - 23) 田村俊和・山本 博・吉岡慎一(1983):大規模地形改変の全国的把握。地理学評論, 56, 223-242.
 - 24) 植原茂次・森脇 寛・米谷恒春(1984):1983年7月梅雨前線豪雨による島根豪雨災害現地調査報告。主要災害調査, 24, 85 pp.
 - 25) G. F. ホワイト・J. E. ハース(中野・安倍監訳)(1975):自然災害への挑戦, 研究の現状と展望。ブレーン出版, 271 pp.
 - 26) 山口恵一郎他編(1972):日本図誌大系 関東Ⅰ。朝倉書店, 368 pp.
 - 27) 山口恵一郎他編(1972):日本図誌大系 関東Ⅱ。朝倉書店, 286 pp.
 - 28) 矢野勝正編(1971):水災害の科学。技報堂, 733 pp.
 - 29) 米谷恒春・森脇 寛・清水文健(1983):1982年台風第10号と直後の低気圧による三重県一志郡の土石流災害および奈良県西吉野村和田地すべり災害調査報告。主要災害調査, 22, 85 pp.
 - 30) 全国防災協会(1965):わが国の災害誌, 1139 pp.

(1985年4月19日 原稿受理)