

洪水・高潮の発生と住民の対応

国立防災科学技術センター第一研究部長
木下 武雄

1. 体験から

朝からの大雨は昼になっても止まず、簾をかけたと形容される雨あしは全く衰えることなく降り続いた。午後3時。夕方のように暗いし、電車が不通になる恐れもあったので、帰ることにして谷中通りへ下りた。このあたりの武蔵野台地はよく水を浸透させるが、この時ばかりは台地の縁からは、浸透できない水が一斉に流れ落ち、さながらナイアガラ瀑布の模型を眺めているようであった。谷中通りは水一面。不忍池も水一面。到るところで自動車が立ち往生していた。靴なんかは全く役に立たない。濡れるだけ損だから、はじめから手に持っていたが、傘がほとんど役に立たず、5分も歩くうちに着ている服とともにすべて濡れた。上野駅へ着く。名高い上野の浮浪者に妙な親近感を覚えたが、駅も水だらけ。電車が動いていたので山手線を一周して浸水状況を見物しようと思ったが、丁度、四ツ谷駅でガケ崩れがあり、中央線が不通になったという放送に、慌てて自宅へ向かった。昭和33年9月26日狩野川台風の大雨の折の体験である。東京における24時間雨量は392mmと報告されている。

2. 洪水の原因

洪水は大雨が降るからだということは、幼

児でも知っているが、その大雨の原因としての認識は重要である。第1に台風があげられる。台風は1月でも2月でも南方洋上で発生するが、日本へ来るのは6月ごろからで、9月には巨大台風が来襲することがある。この時に高潮も発生する。高潮については後に述べる。台風は直径1000km以下の渦巻であって、風を背にして左手方向に中心があると言われる通りで、テレビの宇宙からの画像としてよく映写されるので、わかりやすい。第2の大雨の原因は、いわゆる集中豪雨である。寒暖の2気団の境に寒冷前線、温暖前線などという雲の帯ができる。7月頃、南から特に湿った空気が押し寄せてくると、前線のどこかで特に強い水蒸気の収束が発生し、集中豪雨が降る。前線は数千kmにも及ぶが集中豪雨は100km前後の規模なので、レーダ等で前線を監視していても、突如発生し不意打ちを食らうこともある。第3の原因は雷雨である。東京では3、4年毎ぐらいに大雷雨があり、可成りの浸水被害や、時に死者も発生している。「大気が不安定で」と天気予報で言われるのは、観測による科学的な発表だが、1つの雷雲は10km前後の規模なので、特定の場所、例えば千代田区大手町に何時に雷雨があるかというような予報はまだ試行段階と言わざるを得ない。

かつては台風が恐れられた。広い氾濫などで農業などに甚大な被害が発生したからである。しかし、大河川に堤防・ダムが建設され、衛星画像で前もって、やって来るのがわかるために、あまり恐れられなくなった。代って小規模の強い雨が恐れられるようになった。都市機能が大雨には弱いこと、特に斜面や低地の新興住宅地などで、崖崩れ・浸水などがあつという間に起こるからである。

洪水の原因として、昔は雪国の春、融雪もあげられたが、最近では小流域では各処で注意されているものの、大河川ではあまり問題にされなくなった。南から北へ流れる川でははじめに上流で雪が融けて流れ出し、下流のまだ凍結している河川であふれて洪水となることがあるそうだ。

3. 高潮の原因

海面は太陽・月の引力により、25時間・12時間半の周期で上下してゐる。これが潮汐であつて、計算で正しく予想できるので、潮干狩などに出かける時にも役立つ。ところが、突如として大波が押し寄せてくることがあり、古くは、つなみ・海嘯などと呼んだ。その原因には2つある。一つは地震で今もつなみと呼び、欧米語でもツナミと言われる。他は台風などによるもので、今では高潮と呼んで、区別している。今年には伊勢湾台風により名古屋周辺が大被害をうけてから30年の記念の年であり、その時の5100人以上の死者・行方不明者の多くは高潮による犠牲であつた。

高潮の原因は次のようなもので、これらが複合して大被害を起こすと考えられる。

(イ) 気圧低下による吸い上げ効果：台風は中心部において気圧が低いので、丁度ストロー

で吸えばコップの水が飲めるように、海面が吸い上げられる。静力学的には1mbの低下によって1cmの上昇と推定できる。

(イ) 風の吹き寄せ効果：コップに一杯水を張り、一方から吹けば他方へ水がこぼれるように、風による吹き寄せが重要である。式で書くと明らかなのだが、水深が浅い海ほどその効果が大きい。

(ウ) 風波による岸付近の水の高まり：もし、上記2効果がなくても、風波により、海水は少しずつ岸へ押し寄せて来て岸付近の海面は高くなる。

(エ) 共鳴：吸い上げ、吹き寄せ等は一般にどこでも発生するが、湾の形(地図的な形・深度分布など)によってはその効果が特に強められることがある。

(オ) 洪水との重畳：これまでは高潮は台風来襲時に発生し、洪水は数時間から2日ぐらい遅れて発生したが、最近では洪水が早く出てくるようになったので、高潮が発生し、特に河川に遡上して行く時に洪水と重畳する可能性がでて来た。

4. 推算方式

洪水を雨量などから推算する数式は世界で何十と提案されている。基本的でかつ最も単純な式は次の合理式である。

$$Q = \frac{1}{3.6} f r A$$

Qは流量で単位は m^3 /秒である。もともと洪水のピークを推定する式であつたが、若干の改良により、ある程度一般に使えるようになった。fは流出係数と呼ばれ、降った雨の何%が洪水となるかを示す量で、小雨なら雨水は全部地中へ浸透するので殆んど0であるが、ある程度以上の雨で数値は大きくなって

行く。雨量のうち、地中に浸透した残余が洪水となる事実からも理解されよう。通常の洪水では0.6程度であるが、巨大洪水では1になると推察される。Aは流域面積で単位は km^2 、 r は到達時間内の雨量強度で単位は $\text{mm}/\text{時}$ である。同じ流域面積でも、丸まった形の流域では雨水が流域最遠点から流出してくる時間つまり到達時間は短い、細長い形の流域では到達時間は長い。丸まった形の流域では短時間の雨、つまりどっと降った雨が効くが、細長い形の流域では長時間の雨、つまり長時間平均化した雨が効くことを示している。式の中の3.6は単位に秒・時などが含まれているために調整する係数である。

この他にも雨量から流量を推算する式は沢山あるが、外国で用いられる式では浸透・蒸発などを注意ぶかく推算してから流量を求めるのに対し、日本の式では洪水の波形の推算を重視しているという相違がある。

流量はこうして推算されたとしても、洪水対策には水がどこまで来るか、つまり浸水域が知りたい。それには流量から水位を算出し、その水位がどこまで広がるかを推算すればよい。すでに、マニング式とか不等流式・不定流式など条件によって各種の流体力学の式が実用に供されている。

高潮の推算はどうか。これに対しても流体力学の式が用いられているが、それとは別に簡単な経験式を示そう。重要な港湾ごとに

$$h = a(1010 - P) + bW^2 \cos \theta$$

という式が用いられている。hは高潮による上昇分で単位は cm 、Pは最低気圧で単位は mb 、Wは最大風速で単位は $\text{m}/\text{秒}$ 、 θ は主風向と最大風速Wの風向とのなす角、 $a \cdot b$ は定数で東京では $a = 2.332$ 、 $b = 0.112$ 、大阪

では $a = 2.167$ 、 $b = 0.181$ と求められている。詳しくは気象庁潮位表（毎年刊行）の末尾を参照されたい。

5. 情報を正しく

「情報をもっとほしい。」防災担当者は必ずそう言う。しかし中央（気象庁とかNHKとか）からの情報に頼りすぎていないだろうか。情報は多すぎても困るもので、本当は必要最小限の情報が迅速に与えられるのが理想である。テレビの画像は有効だが停電になったらどうするか。必要最小限の情報はラジオで得られるかを考えておかねばならない。もしラジオもダメになったら？台風の風向と位置の関係は、すでに述べた「風を背に……」でも何とかわかる。伊勢湾台風の大災害の後で名古屋周辺の人々がこう言っていた。「5年前の台風も大きかったが、こんなにはやられなかった。」これは重大な誤解である。5年前の台風は名古屋のそばは通ったが、南側を通ったので風向が東風から北風へ変わったため吹き寄せ効果が働かなかった。しかし伊勢湾台風は全く逆に最悪台風となった。決してテレビだけに、防災無線だけに頼ってはいけない。常に空の雲行きを見、家の周囲の水の流れに気をつけることが最大の防災である。

高潮の推算式を前節で述べた。この式で求められるものは上昇分（気象学者は偏差と呼ぶ）であるので、もしhが2mと算出されれば、その時の潮汐（太陽・月による）からさらに2mの上昇を意味すること、つまり平均海面上1mの満潮時ならそれに加えられるものであり、波浪が3mなどと加われば全体で6mというような高い値になってしまう。しかも所によっては最干潮面を基準にして高さ



写真1 クアラクライ水位計予報基準点

を表わしている海岸・港湾もあるので（例えば AP とか YP とか呼ばれる高さ）もっと注意が必要である。つまり式で推算された数字だけを述べることは危険と言うべきで、どこから測った数字で、どのような要素までを含んでいるのかを住民が理解しなければ悲劇の元になりかねない。その点でマレーシアで見た面白い写真を紹介しよう。政府が100フィートの洪水水位と予報しても下流（堤防がない）住民は自分の家でどこまで水が浸くかわからない。そのため、予報基準点（クアラクライ——写真1）での105フィート（人が指している）、95フィート……の予報水位とコタバル郊外（写真2）の立看板の足に塗ってある黒・褐色・赤・黄のペンキとを対応させてある。クアラクライ105フィートとの予報を聞いた住民は黒ペンキまで水位が上がると知るわけである。

最近では河川情報センターが雨量・水位などの実測値を、電話回線を通してリアルタイムで配信している。極めて有意義なデータなので利用を高めるとよいが、数字を鵜呑みにしてはいけないことは既に述べた通りである。

6. 洪水・高潮を防ぐ方法

稲を作って常食にしている人々は世界に20億人以上もいるであろうか。稲は温暖な湿地に育つ作物である。そこは多くの場合沖積平野で、いわば洪水常襲地帯である。日本の神話にも、天照大神は孫の瓊瓊杵尊がこの日本へ降臨する出発式の祝辞に日本のことを「豊葦原のミズホの国」と呼んでいる。アシの茂った湿地という意味である。天照大神は知っていて日本民族を洪水常襲地帯に住ませたのである。日本人は記録に残るだけでも約2000年にわたって、この危険な土地に住み、かつ繁栄して来た。奈良時代も鎌倉時代も江戸時代も堤防・ダムを作り、同時に住民の洪水対応態勢の充実に努力して今日に至った。

洪水を防ぐには、洪水を早く海へ捨てるか、害のない所へ溜めるかの2つしかない。前者では、堤防を作る、放水路・捷水路（蛇行す



写真2 看板の足の色は予報水位を示す
（コタバル郊外）

る河道を短絡する——ショートカット)を掘る, 低地ではポンプで排水する等の方法がある。後者では, ダム・調整池等を作って溜める, 地下貯留する等である。

高潮を防ぐには, 海岸に堤防を作る, 河川河口には水門を作る等である。

これらの構造物による方法は, もともと住民自身の負担で行われた。所によっては自分を守るための堤防を高くすることを当時の政府に禁じられたという悲話もある。今は放っておいても, 国や都道府県が堤防を作ってくれると理解されているのではなかろうか。しかし築堤の費用はすべて税金なのだが。

7. 住民の対応

従って次に, 住民の対応態勢が問題になる。今でも農村地帯では大雨が降ると, 誰が命じなくても川へ水を見に行くし, 正式の組織としての水防団がある。消防団が行っている所もあるが, とかく自分で自分のムラを守ろうという姿勢がある。半鐘が鳴れば老若男女はこぞって堤防へ走る。そこには自分の堤防があるからである。しかしこの意識は徐々に変質していることも見のがせない。特に都市化の著しい所では半鐘が鳴ればマイカーに家財を積んで安全な所へ去ってしまう家族もあるという。国の堤防であって自分ののではないと考えられているからである。また, 当局者の中にも避難所を開設して住民に避難命令を出せばそれで済むとまで行かなくても, それに近い感覚のところもある。しかし, 我々が水の中を現地調査していつも見るのは, 氾濫の中



写真3 氾濫の中でも住民は生活している。
1981年8月小貝川の破堤に際して。

でもたくましく生きている住民の姿である(写真3)。勿論, 子供・老人・病弱者等を安全な所へ早く移すことは必要である。それと, 水の中でも飲み水を運び食糧を運んで生きて行く住民の力は別の次元のことである。

よく, 100年確率の洪水を対象にして堤防を作ったから, もう大丈夫という声を聞く。サイコロの1の目が出る確率は1/6であるが, 次に振った時に1が出ることはよくある。それと同じで100年に1度の確率であっても明日その洪水が起こるかも知れない。100年確率とは絶対安全の保障ではなく, 他の河川も同様にしておいて相対的に同じ安全度つまり1/100の発生確率を皆で甘受しようという平等性の尺度である。換言すれば平等に危険にしてある。巨大な自然に対し人が有限の財力のできることはそこまでである。それならどうして身を守るのか? それには住民が堤防を守り, 自分を守ること, つまり対応姿勢の強化である。堤防を作ってもムダと言っているのではなく, 堤防と住民の対応姿勢との2つが補い乍らより安全度を高めて行くことが「豊葦原のミズホの国」に住む者の心得であるというのが結論である。