

である。しかしながら、これらの事業が竣工後に今回の豪雨が再来すれば、再び浸水災害を被ることがわかっている。このように都市域の水害対策は、従来のようなハード防災だけでは限界があることをはっきり示している。今回のような豪雨がたとえば、東京・神田川、横浜・鶴見川、大阪・寝屋川など、ほかの地域

で発生していても、いずれも破堤氾濫などが発生することが示されている。したがって、東海豪雨災害で発生した社会的な諸問題は、全国的に起こり得るという特徴をもっており、決して対岸の火事ではないことを知らなければならない。

1052:406:407 (豪雨;雷雨;水文気象;気象災害)

## 5. 洪水と水害—自然と人との関わり—

沖 大 幹\*

### 1. はじめに

未曾有の豪雨によって大洪水が生じ、広域に氾濫が生じたとしても、そこに人が住んでいなければ人命も失われず、そこに財産がなければ被害が生じることもない。仮に豪雨が純粋に自然科学的因果律のみに支配されているとしても、なぜ水害が生じたのか、については自然と人間社会との関わりを考える必要がある。そうした視点が必要なことは自然災害に共通であるが、特に川と水害の場合には、水を利用するため有史以来様々な形で人間が川の流れに手を加えてきていて、そうしてできあがった地域地域の水利用、水コントロールの仕組みに対応して人間社会の仕組みや住まい方が規定される、という、いわゆる「人と自然の相互作用環」が顕著である。短時間降雨予測精度の向上による豪雨災害の軽減は気象学の重要な応用分野のひとつであろうし、気象学会会員諸氏にとっても、そうした土木工学的視点から豪雨洪水災害を捉える視点を紹介することは有意義であろうと考えて講演を引受けた。しかしながら、小出 博先生の河川学や高橋 裕先生の水と人との関わりで川を捉える視点の影響を受

けた虫明功臣先生、宮村 忠先生、大熊 孝先生等に陽に陰に薫陶を受ける機会があったとはいえ、もとより筆者はこうした文明史的視点から豪雨や洪水、水害を研究してきたわけではない。

したがって、河川学や河川史等の専門家の方々から見れば未熟な面もあるだろうが、本稿が、読者の方々にとってそうした分野への興味と関心を持ってもらったり、どの様な短時間気象予測が社会貢献に有効であるかについて戦略・方向性を考える一助となれば幸いである。

### 2. 川と人と社会の発展

河川は、蒸発散しなかった降水が海へ戻る経路であるとも言えるし、降水のうち河川へ流出しなかった分が蒸発散可能であるとも言える。川は物質としての水だけではなく、土砂やそれにとまってさまざまな有機物・無機物を陸地から海岸へ輸送している。川は自然の一部であるが、人間がその水を利用するためにはさまざまな働き掛けを行う必要があり、結果として、我々が目にする多くの川はすでに人為的影響を多分に受けている。特に東海豪雨災害で被害が生じたような河川における水の動態は、著しく人間によってコントロールされており、そこでの水の動きを考えるには、人間活動を考慮に入れることが不可欠である。また、そうした自然と人間のいわば共作為によって形作られ

\* 総合地球環境学研究所 (東京大学生産技術研究所 (併任)).

© 2002 日本気象学会

てきた川には、過去の歴史的経緯が綿々と息づいてその影響が残っており、ある川の現状を理解する上では、その歴史的経緯を知ることが欠かせない。そこで以下では、川と人間社会との関係の発展史を筆者なりに概観する。

川と人との関わり、人間による河川利用は、次の様な発展段階を経てきたと言えるのではないだろうか。

- (i) (生存のための飲み水の確保)
- (ii) (漁業のための食糧取得の場)
- (iii) 農業のための灌漑
- (iv) 耕作可能域を広げるための排水改良
- (v) 船舶輸送のための水面確保、利用
- (vi) 財産保全のための洪水防御
- (vii) 自然環境としての河川保全、利用

もちろん、河川とひとくくりすることに無理があり、山間部の溪流、丘陵部の小川、扇状地の枯れ川、平野部の大河川、等河川の規模や動態によって異なるのは当たり前であるが、ここで指摘したいのは、洪水防御というのが人間が河川に働き掛ける第一優位の目的ではなかったであろう、という点である。また、これ以外に、工業用水利用や、川の中で洗浄する、といった利用もあるがリストからは割愛している。

現時点でこそ例えば日本では85%以上の水資源が河川を取水源としている等川からの水の利用が多いが、表流水は汚染されやすいため、文明の黎明期にはむしろ地下水や湧水が飲用に利用されることの方が多かったに違いない。実際、現在でも都市用水に限れば地下水の利用が30%となる。また、水辺という点では、川における漁業は文明の成立以前から盛んであったと思われるが、川の流れや構造に影響を与える様な大規模な人為的な働き掛けはなかったと思われる。そういう意味で、飲み水利用と漁業に関しては「( )」でくくつてある。

文明の定義にもよるだろうが、定住農耕と都市の成立がその必要条件だとすれば、水を安定して灌漑用に利用できる様な何らかの施設を作ることは文明の構築と同義であり、灌漑用水の確保こそが人類が川から受けた最初の恩恵であったに違いない。また、逆に、その確保のために多大な労力を払ったものと思われる。

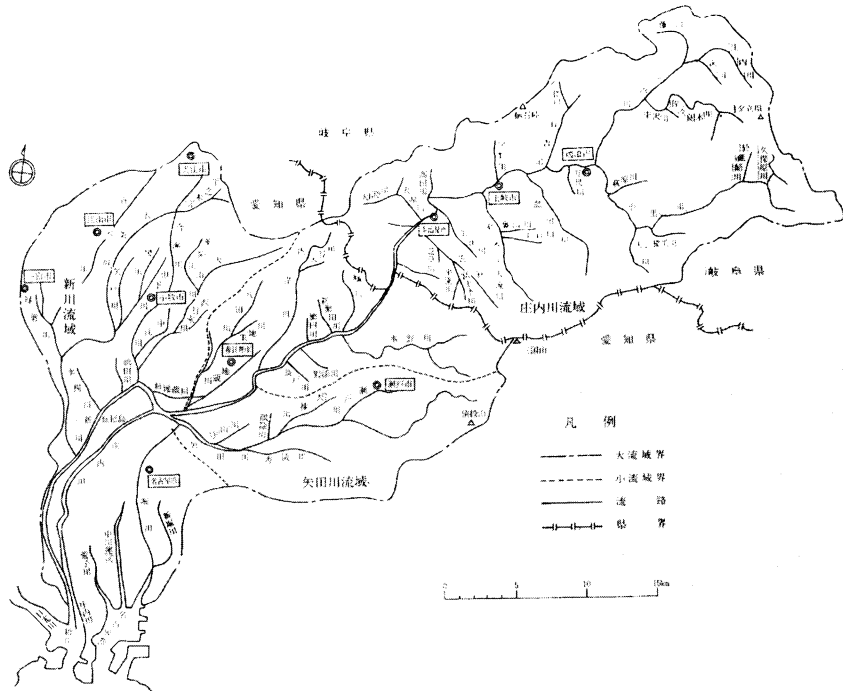
また、適度に低く湿った土地は水田耕作には適していても、それが行き過ぎるといわゆる水腐れ状態となり、農業生産性は下がる。また、低湿地は病虫害による被害も多く、人や家畜の移動、物資の輸送等にも適さない。こうした土地も、適切な排水施設を施すこと

によって、より有効に利用することが可能となる。排水施設の整備自体はももとの河川を直接いじるわけではないが、排水路は人工構造物とはいえ水の流れる道筋として川と同じ役割を担うことになる。

日本の様に河川の勾配が急な条件下では、現在では河口近くを除いて舟運はほぼ陸上輸送にとって代られている。しかしながら、現在でもミッシシッピ川や長江等の大河川では、川は安価で効率の良い輸送路であり、少しでも安定して水面と水深が確保されるように様々な構造物が建造されている。

そして、社会が発展し、守るべき財産が増えるようになって初めて、洪水に対する大規模な防御が考えられるようになったのではないだろうか。少なくとも日本の条件下では洪水よりも濁水の方がむしろ問題であったと思われる。それは、守るべき財産という面から言えば、人口密度が低い場合には、現在のように低平地に無理して居住する必要はなく、自然堤防上の様な比高のとれる場所に居を構えれば良いからである。大陸に比べると河川の流域面積が小さく、河川勾配が急で洪水が激流であることは、他方で、洪水継続時間が短いことを意味し、一旦洪水で湛水しても数日と経たないうちに水が引くことになりやすい。特に、水田などではそうした短時間の湛水であれば、出穂期等特定の時期を除けばほとんど農作物被害は生じない。また大陸の大河川でも、古代エジプトにおけるナイルの氾濫の様に、むしろ洪水が望ましく歓迎されるべきもの、として受け止められていたとされる例もある。その様な状況では、洪水への対処といっても、氾濫被害を防ぐことよりは、洪水によって灌漑施設がその機能を失わないように、ということが主眼に置かれていたに違いない。すなわち、居住区を堤防で囲ってその堤内の財産をいかに守るか、ではなく、河道内構造物がいかに壊れない様にするか、が問題だったはずである。古代中国蜀の国の都江堰でも、洪水時の土砂をいかに取水口から灌漑水路に入れない様にするか、という点に様々な工夫が凝らされている。

そして、衣食住が足り、かつ、人間活動が自然環境に及ぼす影響が、再び人間活動に悪影響を及ぼすほど肥大化している、という環境認識が高まるに連れ、自然空間としての河川的环境価値が見直されるようになった。特に都市域に於いては、高度に人為が施されているとはいえ相対的に自然環境が比較的良く保たれているのが河川空間である、ということになり、その環境をより適切に保全し、利用するようになっている



第1図 庄内川の概略 (建設省, 1982).

のである。繰り返すが、ここで「河川利用変遷の見方」を示した目的は、洪水防御が昔ながらの第一優先ではなかったのではないかと、という点を指摘することである。日本で言えば、せいぜい明治以降になってはじめて積極的に洪水防御が河川事業の柱となったと考えられる。もちろん、それ以降も、時として相容れない洪水対策と利水対策、あるいは環境保全をどのように両立させるか、が、常に人が河川へ働き掛ける際の課題となってきたのである。以上の様な視点をもって、東海豪雨時の洪水と水害を、庄内川とそのいわば放水路として作られた新川を例にとって検討する。

### 3. 庄内川、新川の洪水と水害

#### 3.1 庄内川と新川

2000年9月の東海豪雨の際に大きな被害もたらされた庄内川と新川について概観する (建設省, 1982)。庄内川は北を木曾川、南を矢野川に挟まれた1級河川で、延長96 km、河口から15.7 kmの枇杷島流量観測地点では705.0 km<sup>2</sup>の集水面積、新川流域、堀川流域を入れると総流域面積1010 km<sup>2</sup>で東西に細長く、1級河川の中では64番目であり大きい方ではないが、流域内に名古屋が位置するという点で重要度が高い。上流岐阜

県内では土岐川と呼ばれるが、水系全体としては庄内川と呼ばれる (第1図)。

流域の年平均降水量は1500~1800 mm程度とされ、枇杷島地点で昭和44 (1969)年~62 (1987)年の平均流出高が1,227 mmである。すると、降水量を多めに見積もっても流出率が70%程度、水収支から年蒸発散量は多くても550 mm程度と算定される。この年間550 mmの蒸発散量は日本中部としてはやや少ないと思われる。工業用水に伏流水取水が多いことなどを考え併せると、流域外からの地下水の正味の流入があるのではないかと推定される。

実際、庄内川北辺は木曾川の犬山扇状地にあたり、1609年徳川家康による御堀堤 (おかこいづつみ) で流路が固定される前は、木曾川の流路が現在の庄内川流域に流れ込んでいた様であり、木曾川からの伏流地下水の流入があることは間違いないと思われる。表流水でも、木曾川の旧河道から佐野池に入り、青木川を通じて落合で生田川と合流して五条川となって現在の新川へ流れ込む流路がある。

また、徳川幕府になって以降、般若用水が1619年に、木津用水が1648年に着工1650年竣工、新木津用水が1664年に完成し、これらはいずれも木曾川からの導水

である。もちろん流域内の大規模な取水灌漑設備も同じ頃整備され、庄内用水は1570～1592年頃に、入鹿用水は1632年着工1633年完成とされる。

先の方五条川は清洲城がその沿川にあったことで有名である。文明9（1477）年に下津（おりづ、現在の稲沢市下津町）にあった守護所を清洲に移したのがはじまりとされ、鎌倉街道沿いに位置していた。織田信長入城が弘治元（1555）年で、その後慶長16～17年（1611～1612年）の「名古屋越」まで50年程度利用された。

庄内川の水を名古屋城の内堀に引き入れる目的で切り開かれた用水路が御用水路（1663年）ならびに大幸江（大江川、1784年）で、城から下流の、排水ならびに舟運の水路が堀川（1610年頃）である。完成年代に不確定さがあるが、堀川は名古屋城築城のための資材運搬に使われたという説もある。名古屋城下と名古屋港を結ぶ重要な運河として堀川は機能していた。

庄内川の治水は、基本的にはこの名古屋城を洪水から守ることにあったし、現在でも名古屋市の中心部を守ることが主眼である。庄内川水害史（建設省、1976）によると、記録に残っている1600年頃～明治後年の300年間に生じた130回の破堤のうち、わずかに4回のみが名古屋城側の破堤であった。名古屋城側という意味は、矢田川合流点より上流では左岸側が切れても名古屋城は大丈夫だということ、逆に、矢田川左岸の堤防が切れると大変なことになる。

歴史的には破堤地点は味鋸村～五条川合流点のあたりの右岸側に集中していて、これは堤防が左岸に比べて右岸が低く作られていた影響であると考えられる。現在でも計画は同じ天端高さであっても、実際には左岸側が高くなっている様である。江戸時代には洪水時で危険な場合には、庄内川右岸の堤防を人為的に破堤させて、左岸（名古屋城）側を防御しよう、という命令が尾張藩から出されることもあったという。それを命じられた小田井村の農民達は、自分達の田畑が被害にあうのを厭い、できるだけゆっくりとその命令を遂行したということから、サボタージュする、という意味で「小田井人足」という言葉が使われる様になったと言われている。

庄内川の治水上の問題点は、その土砂の多さであった様である。流域は中央構造線のすぐ北の美濃帯に属し、上流域は古生層に覆われているが、庄内川を流下する土砂量が多く、一説には瀬戸、多治見の陶業のための燃料としての森林伐採が原因であるとも言われ

る。土砂が多いと、ひとつにはそれが河口付近に堆積し、新田開発とあいまって河口が海へ伸びることになる。流路が伸びると水面勾配が緩やかになって流れが悪くなり、洪水が生じやすくなってしまふ。

また、そうした土砂は河床にも堆積し、河床が高くなると河道周辺の低平地は後背湿地の様相を帯び、排水不良を生じる。例えば、大蒲新田は1693年に開墾されたが1708年に廃田になり、また、大山川や合瀬川、あるいは五条川の合流部で排水不良、水腐を生じるなど、18世紀初頭には深刻な問題となっていた様である。

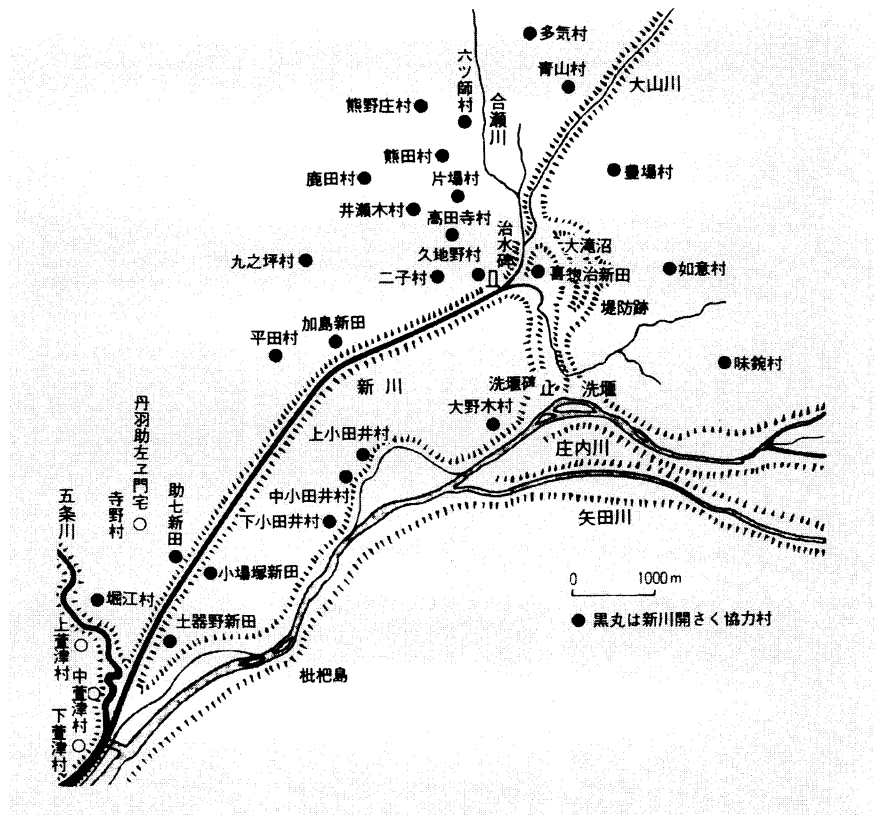
これに対し、天明の治水事業が天明4（1784）年～天明7（1787）年に行われた。天明の治水事業では味鋸村に洗堰（40間約73 m）を設け、洪水時のみ庄内川の水を導入する様にして名古屋城を洪水から守るとともに、周囲の水田よりも2～3 m低い延長16 kmの水路（新川）を大蒲沼（おおがまぬま）から庄内川河口へと作って海へ排水する放水路を作り、この地域の排水を良好にした。

また、五条川は庄内川ではなく新川を通じて海へと流れるようにし、新川河口は庄内川河口とは背割堤でしきられていた。岩屋（2002）によると、放水路としての新川は、独自の支川を持っている、という点で、日本に275ある放水路の中でもユニークだという（第2図）。

洪水対策という面では、庄内川の洪水疎通能力を良くするためには、堤防を高く増築するか、大規模に浚渫を実施するか、河積の拡張をするか、新たに1川を設けるか、のいずれかだと考えられていた。特に、現在の国道15号線のあたり、枇杷島の狭窄部には川の中に中の島があり、1958年に撤去されるまで、ずっと庄内川治水の文字通りのボトルネックであった。この地点両岸は徳川家のお墨付きの青果市場で、江戸時代には河積拡張はとて無理であり、浚渫、堤防拡張は費用がかかり過ぎ、枇杷島の狭窄部の上流で分派する派川を掘るしかないということになっていた。

従って、天明の治水事業は庄内川の土砂対策、洪水対策とともに、尾西一帯の排水改良、舟運路の確保を図る、総合的な事業であったと高く評価できるだろう。

しかし、その天明の治水事業の中核をなす洗堰も明治初期には荒廃して、普段から庄内川の水が新川に流れ込んでいたそうである。これに対し新川流域住民からは堰の嵩上げの陳情が出ていたが、庄内川本筋沿いの住民からは反対の請願、さらには堰高低下の陳情まで出ていたという。政府は明治11（1879）年に一度改



第2図 新川分流部から破堤多発地帯にかけての庄内川の概略（建設省，1982）。

修を試み、14/15年の洪水で破壊され、16（1884）年に大修理を施したということである。現在は、洗堰の幅は56 mで、前後の堤防の天端から高さ3 m程度下がっていて、庄内川の流量が $1900 \text{ m}^3/\text{s}$ になると越流が開始する様になっている。

ここで紹介したように、平常時は木曾川の水を利用した灌漑排水河川としての庄内川、新川であり、洪水時には庄内川（あるいは矢田川）左岸側の名古屋中心街を守るための新川、というそれぞれの河川の歴史的役割を心に留めておく必要があろう。

### 3.2 庄内川と新川と2000年9月東海豪雨

2000年9月の東海豪雨の際、庄内川水系では3か所で破堤、3か所で越水し、42万人に避難勧告が出され、愛知県だけで床上浸水2万棟、床下浸水4万棟、近隣4県で人的被害も10人に上るなどの甚大な被害が生じた。この直接の原因はもちろんその記録的な豪雨にある。名古屋地方気象台で過去に観測された日降水量記録で比較しても、それまでの既往最大（第2位）の年

最大日降水量が218 mm（1991年）であるのに対していきなり428 mmも降っている。昭和50（1975）年に策定された河川改修のための工事実施基本計画（建設省，1989）で用いられた1/200（年生起確率0.5%）の洪水をもたらす降雨量が250 mm/日であることに鑑みても、いかにこの2000年9月の降雨量が激しかったかがわかる。ちなみに、枇杷島地点上流域平均の日雨量（9月11日9：00～12日9：00）は334 mmと推定されている。

この計画降水量に対して、枇杷島地点で $4,500 \text{ m}^3/\text{s}$ のピーク流量を想定していたところ、実際には既往最大を上回るものの、計画洪水流量よりは少ない $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ が観測された。ただし、枇杷島地点よりも上流にある洗堰からは $270 \text{ m}^3/\text{s}$ が新川に分流されている。計画降水量よりも30～40%多い降水量であったにも関わらず、実際の洪水流量が少なかったのは、計画立案段階で、いくつかの降雨の時間変化パターンを考慮してピーク流量の中位推計を使用している（カバー率）等

の計画手法上の留意点もあるものの、まだまだ降雨流出過程に関するメカニズムの理解、観測手法、モデル化技術に改良の余地があることを基本的には示唆していると思われる。

しかし一方、計画流量よりも少ない流量であったにも関わらず越水や破堤が生じたのは、計画は目標であって、実際にはそれがまだまだ達成されていないからである。堤防の整備率、すなわち河川の堤防長を計画されている全堤防長で割ったものは、庄内川においては24%でしかない。この値は荒川44%、鶴見川52%、淀川と多摩川68%、全国平均52%等に比べると格段に低い。この様に整備が遅れている遠因として、戦中戦後の昭和17(1942)～22(1947)年には国の直轄で治水事業が行われていた時期があったものの、基本的には国の直轄管理は昭和44(1969)年以降で、それ以前は関係市町村と県による地先治水であったことが考えられる。

また、洪水規模の増大と守るべき財産の集中という大きく2つの面で、都市化の進展が水害を激化させていることももちろん忘れてはならない。都市化による洪水規模の増大の原因は、不浸透域の拡大と排水システムの整備等が洪水到達時間の短縮と短期的に流出に寄与する有効降雨分の増大をもたらした結果として洪水の流量波形が先鋭となり、ピーク流量が増大するためである。これに付随して、従来は水田等短時間の湛水に耐えられる土地利用であった場所が住宅地等に転用されると、被害が増大する。また、都市では、地下構造物、地下埋設物等も浸水に対して脆弱で被害を受けやすい。その他、都市に限らないが、多少の浸水でも車で移動することが結果として被害を増大させたり、水に弱いコンピュータ等の家電製品の財産価値が水害被害金額を増大させたりしている。

実際、庄内川流域では、昭和35(1960)年にはわずか5%程度であった市街地面積率が、わずか20年余り後の昭和57(1982)～58(1983)年には、庄内川枇杷島上流域全体の23%にまで急増している。

名古屋市街を流れる支川矢田川流域に至っては、60%にもなっている。宮村(2001)によれば、2000年9月に浸水した名古屋市西区、西枇杷島町、対岸の新川町のいずれもが昭和43(1968)年の都市計画法改正時に市街化区域となった区域だという。溢水、湛水等による災害発生の恐れがある区域は原則として市街化区域には含まないと規定されており、もし含める場合には、河川改修、調整地等の安全に必要な措置を講ず

る必要がある。すなわち、湛水のおそれがあるところの居住を許可したにも関わらず、本来進めておくべき洪水対策が充分にとられていないままに、2000年9月の洪水を迎えた、ということになる。国土交通省河川局の資料をみても、川から氾濫した水(外水)によって浸水した地域は新川と庄内川に挟まれた西枇杷島町付近とその上流の新地蔵川、名古屋南東部の天白川の一部等に限られており、東海豪雨の際の浸水面積の多くは堤防に守られた市街地(堤内地)に降った雨水が相対的に標高の低い土地に集まって浸水する内水被害が主であった。旧市街地はそうした内水被害には遭いにくいことも明らかで、都市化の進展が東海豪雨を大水害に結び付けたと言える。新川にしても、木曾川からの農業用水によって潤っていた田畑が戦後急速に宅地化されており、これが河道への流水の集中をもたらして大きな負荷をかけたことが破堤となった大きな要因であろう。

高度成長期には安価な住宅用地を供給することが先決であったのかもしれないが、それに伴うリスクは、大洪水は稀にしか来ないことによって、たまたま2000年まで隠されていただけである。そういう意味では、現在全国的に進められているハザードマップ、洪水危険度地図の整備は、居住が認められてはいるものの、いざ大洪水が生じた場合には、必ずしも水害が生じないとはいえない、という地域に対する事前の警鐘として意味がある。しかしながら、その警鐘に対して、本来ふさわしい対策は、河川流域整備がすすんで受任限度まで洪水に対する危険度が下がるまで住まない、というのが一番だと思われるが、そういう行動はまずとられないであろう。唯一ののぞみは、日本の人口が減少に転じて、危険な土地には住まなくても良い社会になることである。いずれにせよ、庄内川右岸側で、自然堤防上の古くからの集落以外に居を構えている場合には、今回ほどではなくとも、大規模な洪水が生じた場合には、しばらくは水害を覚悟せざるを得ないのではないだろうか。

今後水害を減らすためにどうすれば良いのだろうか。新川の洪水被害軽減へ向けては、庄内川からの洪水流を引き受けずにすむことが望ましい。実は、先へのべた昭和50(1975)年に策定された工事实施基本計画では、洗堰から新川への分流はしないことになっている。これはもちろん、新川の都市化を見越してのことであるが、これを実現するためには、庄内川、特に最下流の国道1号線付近の河道の洪水疎通能力をあげ

る必要がある。そのためには、堤防の嵩上げや浚渫には限界があるので、現在堤防近くまで接近して立てられている建造物の移転等も必要になるだろう。上流の小里川ダムは55 km<sup>2</sup>の集水域で12.9百万 m<sup>3</sup>の有効貯留量を持ち、水柱高にして約235 mm分に相当する。こうしたダムは、まったく空であっても、今回の雨(名古屋で総降水量567 mm)のうちダムより上流に降った分のさらに半分しか溜められないし、そもそもダムよりも下流に豪雨が集中した場合には効果が発揮できない、という限界がある。小田井遊水池のような貯留施設も、中程度～計画規模の洪水にはその効果を十分に発揮するであろうが、東海豪雨の際のような想定を越えた超過洪水に対しては期待通り洪水ピークを軽減できるかどうか保障の限りではない。堤防をやみくもに高くすれば良いというものでもないのはもちろんのこと、河川の水位があがればあがるほど、堤防に囲まれた居住地域(堤内)に降った降水の排出が難しくなり、ポンプ等に頼ることになってしまう。

都市化による水害の激化を落ち着いて考えればわかるとおり、低い土地に洪水をもたらす水は、より高いところに降った水が、重力で運ばれてきているのである。どんなに強い豪雨、激しい洪水に対しても、すべての土地を安全に湛水被害から守る、ということは不可能であり、ある地域から水を排除することは、他の地域にそれを押し付けることにほかならない。なんらかの合理的な優先度を決めてそうした洪水を一時的に貯留する地域を定め、ある一定限度を越えた洪水については、補償も考慮にいれつつ、社会全体としての損失が最小になる手段、仕組みを準備しておくのが良いのではないだろうか。

### 3.3 忘れられる川と社会の経緯

洪水の様な現象は、日本のどこかで毎年起っているが、そうは言っても河川整備が進んで水害頻度が減っているため、自分で体験することは少ない。そのため、思い込みや誤解によって、事実を誤って受け止めてしまうこともあるようである。

東海豪雨当時、とある新聞の写真をみると、「昨夜からの大雨で庄内があふれ水浸しになった住宅地」というのがあった。地図や現場の写真と比べてみると、それはまさに洗堰での庄内川から新川への越流部であった。同じ日の別の新聞には、「氾濫した庄内川の堤防」と題して、小田井遊水池(庄内緑地)が紹介されていた。

確かに何も知らずにヘリコプターから見て回ってい

ると、そうみえなくもないかもしれないが、庄内川の洪水、を取材するならば、その放水路としての新川の存在意義や役割、小田井遊水池については位は調べておくのが基本であったろうと思われる。それにしても、新聞記者にとって見栄えのする浸水箇所が遊水池や放水路への越流堰であったというのは興味深い話である。

また、別の新聞の見出しには、大きく『伊勢湾台風以来の豪雨』と出ていた。これは何かの勘違いだとか言いようがなく、伊勢湾台風時の1959年9月25～26日の2日間降水量は岐阜で198 mm、名古屋で164 mm、日雨量でみると名古屋では25日が59.8 mm、26日が104.2 mmであり、この年の年最大日雨量131.9 mmにも満たない値であった。仮にこの2日雨量を歴代の年最大日雨量と比較しても名古屋で10位でしかない。歴代2位は1991年の218 mmなので、もし書くならば『1991年以来の豪雨』ということになる。

そういうマスメディアの誤謬に判断力を奪われたのか、とある高齢被災者の談話として、伊勢湾台風、1991年の集中豪雨、そして今回の洪水と、一生に3度も100年に一度、を経験しました、という話が掲載されていた。これは、年超過確率1%の期待値として100年に一度、という言い方で説明する点が誤解を招く大きな原因である。さらに、高潮と洪水とは完全に独立ではないにせよ、別の事象としてサイコロを振って考える必要があるのではないだろうか。

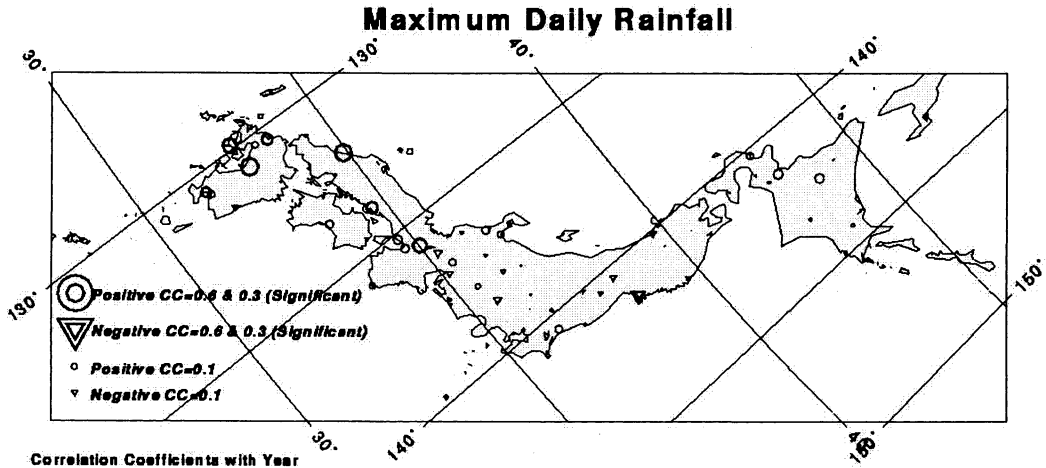
また、こうした事象がランダムに生起するとすると、その生起間隔は、幾何分布に従うことになる。幾何分布は、値の小さい方が頻度が大きく、大きい値の方に長く裾を引く分布となる。たとえば、年超過確率1%の事象が生じる間隔の平均値はもちろん100年だが、間隔の標準偏差は約99.5年と、平均値と同程度となり、『間隔が短い方がありがち』ということになる。すなわち、災害は忘れた頃にやってくるのではなくて、忘れないうちにやってくるの方が頻度としては多いのである。

## 4. 気象学と洪水被害軽減

最後に、気象学がこうした洪水被害軽減に貢献しようと考えられる点について、時間スケールで大きく準リアルタイム予測と、長期予測にわけて簡単に述べたい。

### 4.1 短い時間スケールの予測

気象学による洪水被害軽減への貢献と言えば、もち



第3図 年最大日降水量の20世紀におけるトレンド。○が増加，▽が減少を示す。

ろん豪雨予測である。蛇足ながら、社会的要請から言えば、メカニズムがわかって外れるよりも、メカニズムがわかっていなくても当たった方が良く、ということになる。これまでのところは、計算機が発達して解像度が上がることで、より適切な初期値を作るための観測網の整備が有効であったようにも思えるが、いずれにせよ豪雨予測の精度の向上が社会に資する効果は計り知れない。望まれる予測精度は、庄内川の様な流域面積1,000 km<sup>2</sup>程度の河川を念頭に置くと、空間的解像度としては最低上下流が分離できる5~10 kmグリッド、できれば主要支川が分離できることが望ましいが、そのためには2~3 kmグリッド間隔の解像度が必要となる。時間スケールとしては、都市内水氾濫を考えると10分単位程度が望まれるが、枇杷島の流量予測、等に対しては時間単位で構わないだろう。それよりも、何時間先の予測が入手できるか、がひとつの鍵である。目標時刻よりも予測情報の伝達が遅れては役に立たないのはもちろんであるが、さらに、得られた情報に基づいて、ダムの放流をしたり、ポンプ場稼働させたり、避難勧告を出したり、といった時間を考慮する必要がある。情報伝達時間に加えて、3~6時間先の情報が得られれば、それらの目的に資することと思われる。

定量的な精度については、洪水流量あるいは洪水水位シミュレーションという立場からは5~10%程度の誤差で雨量が推定されることが望ましいが、現実には、対数スケール程度で強弱が合えば、定量的精度よりは、位置的精度、関わりのある河川流域に強い降雨がもた

らされるかどうか、が一番の関心事であろう。時間的に遅れることも、多少であれば位置的精度に比べれば構わないものと考えられる。また、行政や水防団等は、大雨洪水注意報で洪水防御体制に入るので、大雨洪水注意報の出し方にも細心の注意が必要とされるだろう。また、多様な情報が流布する中で、いかに情報を集約し、わかりやすく伝えるか、も大事な点である。

#### 4.2 長い時間スケールの予測

洪水や渇水対策のための河川計画は、基本的には過去のデータに基づき、適正規模の超過確率を定めてそれに対応する降水量、流量を求め、想定される洪水流が安全に流下できる様に策定される。この場合、降雨の確率構造が変化しないことを暗黙の大前提としていることになる。しかしながら、地球温暖化に伴って降水強度の極値が増大する懸念が出されており、それが本当なのか、本当だとしたらどの程度変化すると予想されるのか、について、地域ごとに算定されることが望ましい。日本における日雨量データ（気象庁）に基づいて長期のトレンドを調べた結果では、年降水量は全体として減り気味か横ばいであるにも関わらず（図略）、年最大日降水量といった極値は西南日本を中心として増大傾向にあることが明らかになっており（第3図）、今後の変化についての信頼のおける展望がなければ、合理的な将来の河川計画策定は難しい。

また、一方、2000年9月の東海豪雨の様に、それまでの記録に比べて極端に大きな極値をもつ豪雨が、他の地域でも生じるのかどうか、他の地域ならばどの程度の豪雨も想定できるのか、もしくは別の言い方を



すれば、ある時間空間平均化スケールに対し、最大可能降水量というものが存在するのか、存在するとしたらそれは地域によってどの程度であるのか、という情報も河川計画に非常に有効である。おそらくは気象学・気候学的にもチャレンジングな課題であると思われるので、我こそは、と思われる方は是非挑戦して答えを教えてくださいと願う。

## 5. おわりに

とある会議の場で、東京大学社会情報研究所の廣井脩先生が、「情報は人命は守れるが、財産は守れない」とおっしゃったのを聞いたことがある。2000年9月の東海豪雨で、計画降水量の倍程度の強さの集中豪雨、既往最大をはるかに上回る洪水流量であったにも関わらず亡くなった方が10名であったことには、的確な気象観測、気象予測に基づく情報が果たした役割も大きいものと考えられる。人命も救える学問としての大気科学の今後の発展にますます期待したい。

最後に、一点だけ述べておきたいことがある。それは、川で命を落とす方の8割は、洪水時の川ではなく、普段の増水していない川で亡くなっているということである。洪水を上手に処理する、あるいは洪水を適切に予報するだけでは川で命を落とす方を減らすことはできない。こうした事実を知り、その対策を考える機会に出たその日に、沼口 敦さんのカヌー事故の訃報に接した。沼口さんは、工学系出身で気象学会では異端である筆者に分け隔てなく接していただき、大気科

学はもとより、研究者としての生き方、人間としての行動の仕方等いろいろなことを教えて下さった。沼口さんには筆者は今の研究教育人生を歩んでいなかったらと思う。沼口さんの冥福を心から祈ると共に、できるだけ多くの方が、危険を知って充分注意した上で、川と親しんで頂ければ、と切に願う次第である。

## 謝 辞

東京都産業労働局岩屋隆夫さん、国土交通省中部地方整備局河川計画課柿崎恒美様、可児様には快く資料を提供して頂きました。また、原稿作成にあたっては安形康さん、大楽浩司さんにもお世話になりました。ここに印して感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 岩屋隆夫, 2002:放水路の開発実態と成立条件に関する実証的研究, 東京大学大学院博士論文, 277 pp.  
 建設省, 1976:庄内川水害史, 建設省中部地方建設局庄内川工事事務所, 95 pp.  
 建設省, 1982:庄内川流域史, 建設省中部地方建設局庄内川工事事務所, 511 pp.  
 建設省, 1989:20周年記念庄内川—その流域と治水史—, 建設省庄内川工事事務所, 497 pp.  
 宮村忠, 2001:東海豪雨にみる流域治水と危機管理, Civil Engineering Consultant, No. 211, 16-19.  
 辻本哲朗, 2001:2000年9月東海豪雨災害に関する調査研究, 平成12年度科学研究費補助金研究成果報告書, 代表辻本哲朗名古屋大学教授, 278 pp.

## 第20回メソ気象研究会のお知らせ

日 時: 2002年10月8日(火)(大会前日)14:00~17:00  
 場 所: 北海道大学百年記念会館大会議室(大会D会場)  
 テーマ: 「新しい観測機器から観えてくるメソ気象」  
 世話人: 吉崎正憲(気象研究所), 坪木和久(名古屋大学地球水循環研究センター), 小倉義光(東京大学海洋研究所)  
 コンビナー: 遊馬芳雄(北海道大学大学院理学研究科), 川島正行(北海道大学低温科学研究所)  
 内 容: 前回大宮での春季大会では、ウインドプロファイラーやGPSネットワーク、新機能レーダー、衛星観測などの新しい観測機器の紹介が目を引きました。これらの新しい観測機器は特にメソスケール現象の解明に威力を発揮すると思うのです

が、講演時間の制約のため、器機の紹介が中心であったような印象を受けました。今後、これらの最新観測機器を使って明らかになる観測事実はたくさんあると思いますが、その第1回目として、今回のメソ気象研究会を開催したいと思います。興味ある方の多数のご参加をお願いいたします。  
 ※講演者・タイトルなどの詳細なプログラムは、  
<http://www1.neweb.ne.jp/wb/crest-mcs/MSJ/A2002meso.htm> に掲載します。  
 連絡先: 遊馬芳雄(北海道大学大学院理学研究科)  
 Tel: 011-706-2763, Fax: 011-746-2715,  
 E-mail: asuma@ep.sci.hokudai.ac.jp