

報の劣化は避けられないことであるが、そのために情報を利用する側が情報待ちに釘づけになることは不都合である。気象情報の場合その時間的有効性は気象局面によって左右されることが多く、長時間でも有効性が保たれることもあれば、短時間でも有効性が保たれないこともあって一律ではない。これは情報を利用する側には極めて難解な話で、気象情報の高度利用を阻む大きな要因となっている。これに関しては気象学的な研究に待つところが多いように思われる。

最後に、気象情報に含まれる予測内容のほとんど総ては初期値問題として扱われ唯一解の形で表現されている。これは何らかの代替措置を考えながら待機している利用者側にとって非常に使い勝手の悪いものである。情報はそれを受け取った者が何らかの行動をしたり判断や選択をするためのものであるから、唯一解のような突き離れた形で表現されると何の示唆も得ようがない。もちろん、判断の助けとなるような付加的な情報は利用者側が自らの知識源に基づいて適当に加工することは可能であろう。しかし、少なくとも幾つかの主要な代替措置とその移行について利用者側が容易に判断できるような気象局面について示唆に富む情報を発生源において付加する必要がある。特に公衆を対象とする気象情報では、このような付加的な情報は不可欠であろう。そして、これは第三者による副次的な加工製品の不必要な増大を抑え無用の混乱を防ぐのにも役立つだろう。

降水確率予報でも、利用者側が確率の大小によって行動を決めるといような単純な場合ばかりとは限らな

い。例えば降水確率が70%と予報されることは、30%は降水がないことを暗示しているの、どのような気象状態になってきたら降水がなくて済むのかを低い確率であっても示唆を得たいと思う利用者は多い。誰もが容易に理解できるような示唆に富む情報が付加されるならば、この付加情報の価値は極めて高いものとなる。

このように、気象情報に関しては情報科学的にも気象学的にも研究されねばならぬ課題が多いので、これらの課題を研究するために情報気象学 (Informatic Meteorology または Telematic Meteorology) とでも称すべき気象学の新しい分野が発展することを期待したい。

5. おわりに

「都市化と災害」というテーマであるが、直接そのことに触れなかったことをお詫びしたい。しかし、ここで述べた事柄は「都市化と災害」に関連した気象情報の問題を考えるときそのまま当てはまることである。都市化に伴う災害は一層複雑な様相を呈しつつあり、これに関する気象情報の内容をどのように表現すべきか。一方では都市住民の集団的行動と個別的行動の混在：高度情報通信網の複雑な構成：副次的な加工製品の流通の増大など都市化に関して研究すべき課題が多い。これらは情報気象学の重要な部分を占めるものである。具体的な研究が進められることを期待したい。

話題提供を終わるに当たり、多くの会員が情報気象学に関心を持たれその発展に助力されることを希望する。

406, 407 (都市化と洪水)

都市化と洪水*

角 屋 睦**

1. 都市化

丘陵林草地が削られ、低平農地が埋立てられて宅地・商工業地域へと変化していく、いわゆる流域の開発都市化現象は、今日では都市周辺の各所で見られ、別に珍しいことではない。このような現象は、大都市周辺では昭和30年頃から、中小都市では40年頃から目立つようにな

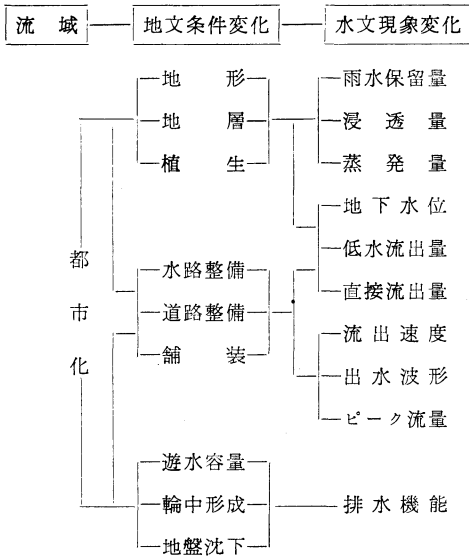
り、その進展が急速に過ぎたこともあって、様々な社会問題が提起された。水害問題もその1つであった。

都市化の正しい定義は知らない。しかしこれを「都市化とは地文条件の改変、地面の舗装化である」と割り切ると、それによる水文現象の変化は第1図のようにまとめられ、その影響の定量的評価が可能になってくる。同図上半分は丘陵地、下半分は低平地を意識したものである。

昔から、流域の開発は洪水を激化させるといわれてきた。しかしこれは小学生でも言える定性的なことであ

* Flood changes due to urbanization.

** Mutsumi Kadoya, 京都大学防災研究所.



第1図 都市化に伴う水文現象の変化

て、定量的予測ができるようになったのは、昭和50年頃からといって差支えない。40年代に多発した新興住宅地・低平都市化域の水害が、この方面の研究を促し、また河川行政の考え方を大きく転換させる原動力ともなったといえる。以下では、都市化と洪水の係わりについて主要な点を二、三取り上げてみよう。

2. 舗装率・雨水保留能

降雨時にどの程度の雨水が流域内に保留されるかは、流域の地質・表層土性・降雨履歴などによって著しく異なる。しかし都市化の特徴として地面の舗装化を挙げることができ、少なくともその分だけ、雨水保留能が減少することは確かである。とはいいながら、都市化に伴ってどの程度舗装面が拡大するのか、との質問に十分答える人は少ない。これについて角屋は次式を提案している。

$$P = \alpha H + \beta R + \gamma S \quad (1)$$

$$H + R + S \leq 1.0$$

ここに、 P ：地区舗装面積率（％）、 H 、 R 、 S ：それぞれ宅地、道路およびその他の特殊用途地の面積比。 $\alpha \sim \gamma$ ：それぞれの舗装面積率（％）。

H 、 R 、 S の値は1/1000～1/3000程度の地形図・住宅地精図あるいは航空写真から容易に計測できるが、 $\alpha \sim \gamma$ 、とくに α の計測は厄介である。角屋は京都周辺17地区延265 haの宅地調査の結果に基づき次式を提示して

いる。

$$\alpha = 0.42 D + 30 \quad (2)$$

ただし、 D は1 ha内の戸数、 β は実用上100％としてよく、また第3項は官公庁街や学校集中地を除けばほとんど無視できる。また市街地完成時の P の概略値として次値が示されている。

$$P = 60 \text{ (許容建坪率50\%以下の宅地)}$$

$$= 70 \text{ (許容建坪率60\%以下の宅地)}$$

$$= 80 \text{ (一般の宅地・商工業地)}$$

これらは、都市化に伴い、雨水保留能は30～20％ないしそれ以下に減少することを示唆している。

3. 洪水到達時間・ピーク流量

自然斜面は凹凸に富み、かつ草木根が密集していて雨水の流れは緩である。これに対し、都市化は斜面を平滑化舗装化して流水抵抗を1/100程度に減少させる。一方丘陵地の開発では、土の切盛によって敷地面を水平に近づけるから、流水面からみた平均斜面勾配は相当小さくなる。

このような様々の要因による効果を総合的に表現するものとして、洪水ピーク流量の推定に不可欠の洪水到達時間の概念があり、現段階では角屋らの式(4)が最も合理的と目されている。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} r_e A \quad (3)$$

ここに、 Q_p ：ピーク流量 (m³/s)、 r_e ：洪水到達時間内の平均有効降雨強度 (mm/h) で、しばしば観測降雨強度 r にピーク流出係数 f を乗じて、 $r_e = fr$ と表現する。

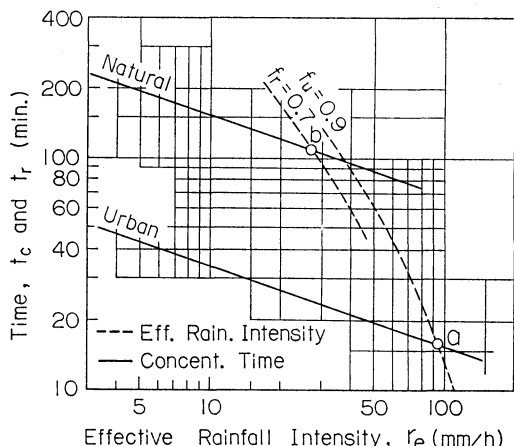
A ：流域面積 (km²)。

$$t_p = CA^{0.22} r_e^{-0.35} \quad (4)$$

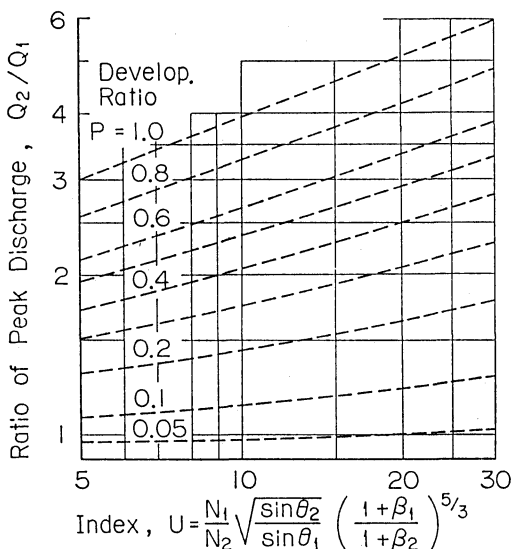
ここに、 t_p ：洪水到達時間 (分)、 C ：土地利用係数と呼ばれるもので、理論的・実証的に得られた次の値が広く用いられている。

- 自然丘陵山地： $C = 250 \sim 350 \div 290$
- 放牧地： $= 190 \sim 210 \div 200$
- ゴルフ場： $= 130 \sim 150 \div 140$
- 開発粗造成地： $= 90 \sim 120 \div 100$
- 市街地： $= 60 \sim 90 \div 70$

これより、自然丘陵地が開発されて住宅地になると、洪水到達時間は1/4～1/5になることが分かる。これをピーク流量推定に利用するのは次の要領で行う。(4)式は、第2図に示すように、両対数紙上では右下りの直線になる。これに当該地方の確率降雨強度曲線にピーク流



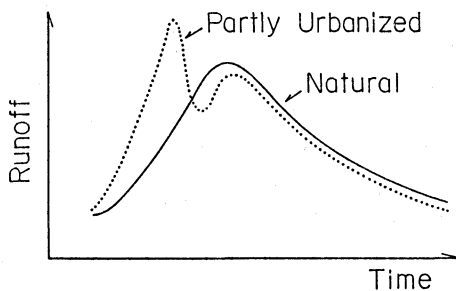
第2図 合理式の r_e の決定法



第4図 都市化（部分開発）に伴うピーク流量の変化

出係数を乗じて有効降雨強度曲線に直し、同図に記入すると破曲線が得られる。両線の交点が(3)式に用いる有効降雨強度ということになる。

一般に丘陵地を開発して住宅地にすると、同一確率年のピーク流量はほぼ4倍程度になる。低平地の場合も同程度の変化になるが、水田地帯ならば多少の湛水が許容されるためポンプ容量はピーク流量の1/3程度に押えられるのに対し、宅地での浸水は許容されないとすると、ポンプは無条件は10倍以上にすべきことになる。



第3図 都市化の進行とハイドログラフの変化

4. 部分開発とハイドログラフ

前述のピーク流量変化は、対象流域が全面開発の場合のことである。現実の都市化は部分開発の形で進行するのが普通である。このときのハイドログラフは、第3図に示すように、一山降雨の場合にも二山になり、都市化領域からの流出によってもたらされる前の方のピークは、開発面積の増大に伴って次第に大きく、尖鋭化する。第4図は、開発面積率 k の増大に伴い、ピーク流量 Q_2 が開発前ピーク流量 Q_1 の何倍になるかを示したものである。同図の横軸は、都市化指標 U を、等価粗度 N 、平均斜面勾配 $\sin \theta$ 、および雨水の河道流下時間の斜面流下時間に対する比 β の変化として表現したもので、丘陵地が宅地に変わる場合は $U=10 \sim 20 \approx 15$ 程度である。すなわち100%宅地になると、ピーク流量比は4倍程度になることを示している。

5. 残された問題

都市化によって生じた新しい水害形態の1つにマンホール水害がある。地価の高騰によって公共用地の取得が難しくなるため、そのあおりを受けて排水路が暗渠化される例は少なくないが、これは開水路に期待される若干の洪水調節効果を抹殺し、あるいはマンホールからの噴水によって思わぬ水害を招来する。54年6月の大阪平野川水害、55年8月の京都堀川水害、56年8月の東京神田川水害など、いくつかの事例がある。かつては数時間程度の平均降雨強度を考えれば十分であった地域が、10分台の強度を考えざるを得なくなってきている。

また低平都市化域では、地上げ競争による浸水域の移動、地下水の過剰汲上げに伴って生じた地盤沈下のため浸水頻度が増大した例など、開発前には予想し得なかった様々の問題が提起されている。また地価の高騰は延長の長い河川の改修をますます困難化し、近年では地区内表面貯留・地下貯留の方がはるかに安価に済むという、

皮肉な結果も出ている。

近年では、浸透性舗装・屋上貯留・地下貯留・棟間貯留・治水緑地・多目的遊水池など、様々な洪水制御方式が真剣に取り上げられるようになってきている。しかしこのような傾向を、かつて40年代に各地で多発した新興

宅地の水害原因を、何百年もの経験によってつちかわれた洪水調節技術を多分に取り込んだ農業用排水組織に起因させ、それを非科学的と決めつけた多くの河川工学者は、果してどのように受け取めているであろうか。

407 (都市化と風災害)

都市化と風災害*

光 田 寧**

1. はじめに

人類が集落を作って住むようになり、財産が都市に集中するようになった時から自然災害から都市を守ることが必要となり、都市の発展と共にその災害防止は大きな問題となってきた。風災害といっても風による直接的な破壊のみでなく、それに関連した2次の災害、風のための機能障害、例えば道路の通行止のための損失といったもの、さらには現実には被害は無くても災害防止のための準備作業のために用いた費用といったものまで考えると非常に多岐にわたる。そして都市では特に間接的な損害の割合が大きくなる。しかし、ここではとりあえず破壊を伴うような事について考えてみる。

2. 都市と気象の相互作用

都市の巨大化と共に、都市の存在によって気象環境が変化しそれによって災害様相が変化するかどうかを問題とせねばならないところまで来ている。すなわち、日本の大都会における都市域では、人工的な発熱は太陽放射による受熱と同程度かそれ以上の量に達しており、上水道による水の供給量は雨量と同程度の量を示している。一方、都市域の大きさは1つの積乱雲の直径よりもずっと大きな規模になっている。従って気象現象と都市との相互作用を無視するわけには行かないはずである。

都市内での平均気温の上昇、湿度の低下、あるいは大気質の汚染については既に多くの研究がなされているが、災害の原因となるような強烈な気象現象と都市との相互作用について研究された例はあまり無い。

竜巻のように小規模な現象は、明らかに高層建築物の密集したような都心部には生じないようで、その母体と

なる積乱雲が都心部の上を通過しても、竜巻の渦は地表にまでは達しない。これは地表面の粗度が大きくなると渦を維持していくことが不可能になるためであると考えられる。もっとも木造2階建の住宅地ぐらいならば、竜巻は地表面を通過して行き大きな被害となった例はいくつもある。

外国では都市内の火力発電所の冷却塔からの水蒸気と熱の供給のため都市の上空にだけ積乱雲が発生するという例が見られるが、日本においては都市があるために積乱雲が生じたという例は報告されていない。積乱雲が移動して来て大雨を降らせるという場合にも、都市であるがために雨量が変化したという確証はまだ無い。もっとも、都市に大火災が発生した時にはその発熱量が大きく積乱雲が発達し雨が降ったり竜巻が発生したりするのは良く知られているところである。

規模の大きな台風ともなれば都市の存在が台風の移動などに直接影響を及ぼすということは考えられない。しかし、都市域では建物の存在のため表面の起伏が多く、粗度が大きいところから、地表面付近の風の分布が他の場所と大きく異なることは事実で、そのための特殊な考慮は必要である。

3. 都市内の風と災害

都市において社会活動の主に行われるのは建物とその間の空間であり、地表面の粗度要素とほぼ同じかそれ以下の高さでの風の性質が問題となる。これは普通に流体力学で考える流れの問題とは大きく異なっている。川の流れでいえば、川の底の石ころの間の流れを問題にするのと同じであり、粗度要素よりもずっと高いところでの流れを問題にするのとは大きく様相が異なる。この点の研究は今日まであまり行われていない。また台風の最も風の強い部分の拡がりには高々10 km程度の範囲であ

* Wind disasters in urban area.

** Yasushi Mitsuta, 京都大学防災研究所.