

d. 水循環変動と防災

1) 極端な水循環変動が災害をもたらす

地球上の水循環変動が洪水、渇水さらには水質汚濁をもたらす。水循環変動が極端な場合、甚大な災害事象となり、人間社会は大きな被害を受けることになる。気候変化や異常気象によるものだけでなく、地殻変動（地震や海底火山の爆発）による大規模な津波災害も、一時的現象ではあるが被害が甚大であり、その後に起こる衛生や復興の問題の解決には長い期間を要する国際的・国家的に大きな水問題であると言える。地球規模での水循環変動は、災害の防止・軽減といった観点からもきわめて重要である。

たとえば、ヨーロッパの気象・水循環は、この3年極端な変動を起こしている。2002年のエルベ川・ドナウ川の大洪水、その後の冬は大降雪、そして2003年夏の熱波。氷河や万年雪が融け南欧で大洪水をもたらした、その後2003-2004年の冬は暖冬でアルプスのスキー場やホテルが大打撃を受けた。

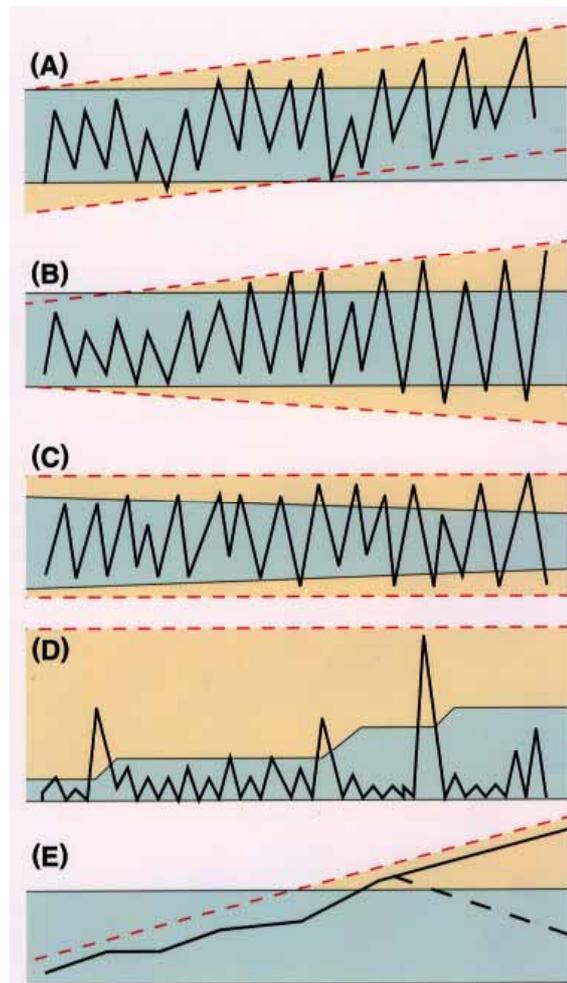
2003年が冷夏であった日本は、2004年は全く逆に極端な猛暑であった。また、台風が10回も列島を直撃した。そのちょうど10年前、1993年は冷夏長雨で、外国産米を輸入せざるを得なくなり、米備蓄の貧弱さに愕然としたと思ったら、翌1994年は列島大渇水と呼ばれるほどの広域な小雨が長く続いたのであった。しかし、このような長期の小雨でも灌漑設備のお陰で米の収穫は順調であった。

このように、両極端な事象が世界で立て続けに起こっていることは事実であり、水循環の変動が水資源や水災害という面で人間社会に大きな影響を及ぼしている。

2) 社会の防災力と多様な水循環変動

水循環は変動するが、その規模・程度によって災害が起こるかどうか決まる。許容範囲内であれば災害は起こらないし、水循環変動生起の場に入らなければ実質被害はゼロである。この許容範囲を「社会の防災力」と呼ぶことにすれば、水循環変動がその「社会の防災力」の限界を超えたときに甚大な被害が起こることになる。【図28】はそのような事情を概念的に図示したものである。

【図28】において、水色の部分が上述の許容範囲を示すものとする。図中の太い折れ線が、水循環の規模や程度を表し、それが左から右に時間的に変動する



【図28】水循環変動と社会の防災力

ことを示す。破線で囲まれた領域が、オレンジ色の部分が水循環変動の起こりうる範囲を示す。赤い破線は各時点で起こりうる最大または最小の限界である。

- 【図 28】(A) ~ (E) はいろいろな水循環変動パターンを示している。すなわち、(A) は、水循環変動が経年的にトレンドを持って大きくなっていく状況に対して社会の防災力が一定（旧態依然）であり、災害が後年になるほど頻発する状況を示す。(B) は、年々変動幅が大きくなっていく災害事象に対して社会の防災力が一定（旧態依然）であるため、極大事象、極小事象による災害の両方が後年頻発する状況を示す。(C) は、水循環変動そのものは経年的に同程度で収まっているが、開発や都市化などにより社会の防災力が弱まり（許容範囲が狭まり）極大事象、極小事象による災害の両方が後年頻発する状況を示す。(D) は、極大事象が起こればその都度、対策を打って社会の防災力をあげていく状況を示している。(E) は、水循環のなかで徐々に悪化する現象を示しており、いつの間にか気がついた頃には許容範囲を超えて災害が慢性化する状況を示している。災害の程度が小さいうちに手を打てば、長い破線のように、許容範囲に回復することもあり得る。

水循環変動研究では、こうした極端な事象を問題にすることが多い。なぜならば、変動が常に許容範囲に収まることわかっているのであれば、影響評価も対策も技術開発もほとんど必要ないからである。【図 28】のような視点で、水循環変動と社会の防災力との関係を知ることにより、現在問題となっている水問題がどのパターンに類型化され、将来どのようになってくのか、また、災害を防止軽減するためにどのような対策技術や対策シナリオがありうるのか、を概括的にとらえることができる。

3) 災害に対して脆弱化する都市と頻発する水害

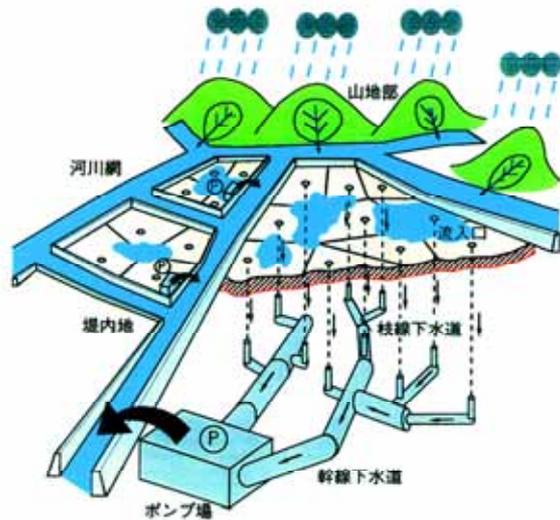
我が国の都市の多くが、沖積平野に立地している。河川が住居よりも高い、いわゆる天井川の様相を呈しており、洪水の氾濫が生起すると甚大な被害を生じる。低平な都市部に人口や資産がどんどん集積し、被害の潜在可能性（災害ポテンシャルという）はどんどん高まってきている。河道の断面積を増やしたり、バイパス水路を作ったりすることにより洪水流下能力を上げることができると良いのであるが、都市域では、住民や資産の移転に莫大な費用がかかるので、全く不可能な状態である。また、洪水氾濫だけでなく、豪雨そのものによる内水浸水の被害も極めて大きい。【図 28】(C) のような、洪水に対する「社会の防災力」が減少している状況にある。これと、近年の気候変動による極端事象の頻発は、【図 28】(A) あるいは (B) のような折れ線の状況であり、(A) あるいは (B) と (C) とが複合する極めて深刻な状況になっていると言える。

実際、1999年、2003年と立て続けに水害を受けた福岡市、1兆円近い被害を受けた2000年の東海豪雨災害などを代表として、都市水害が頻発している。こうした事態を受け、著しい浸水被害が発生するおそれがある都市部を流れる河川及びその流域について、総合的な浸水被害対策を講じるため、「特定都市河川浸水被害対策法」が平成15年（2003年）6月に制定された。これは、著しい浸水被害が発生する河川流域で、

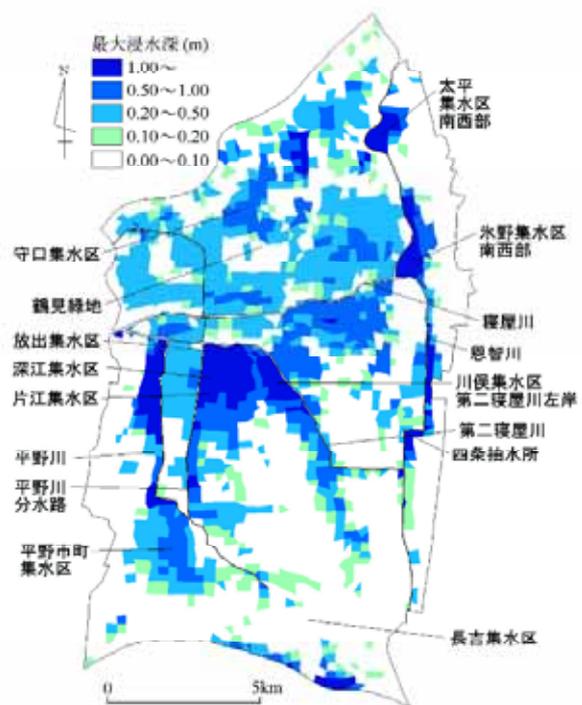
通常の河川整備による浸水被害の防止が市街化の進展により困難な河川流域を国土交通大臣や都道府県知事が指定し、流域水害対策計画の策定、河川管理者による雨水貯留浸透施設の整備、雨水の流出の抑制のための規制、都市洪水想定区域等の指定・公表等を行うこととしている。

都市域においては、1980年代には流域による雨水貯留とソフト対策（構造物によらない水害対策）の重要性を重視した総合治水対策（昭和52年河川審議会中間答申による）が実施された。その後1990年代には、計画を超過するような洪水の氾濫は受容せざるを得ないという観点から、高規格堤防（いわゆるスーパー堤防）などを含む超過洪水対策（昭和62年河川審議会答申による）がとられてきた。スーパー堤防は、東京、大阪など一部の都市に限られた施策であるので、近年の社会経済的な情勢により、ごく最近では、通常の堤防であっても超過洪水時に破堤しないような強度を確保して洪水災害を軽減するという施策がとられつつある。

都市における水害を適確に予測するためには、洪水時の破堤によるいわゆる外水氾濫解析のみならず、下水道システムや排水機（ポンプ）場による雨水排除などを取り込んだ水害の予測が必要であり、【図 29】に示すようなシミュレーションモデルを開発して、都市域の精緻な水循環系の解析を行っている（たとえば、京都大学防災研究所、2003）。これにより、より現実的な都市域の水害リスクが定量化でき（【図 30】）、それによってより合理的な都市水害対策がとれることになる。



【図 29】総合都市水害シミュレーションモデル



【図 30】都市流域において推定された浸水深