
招待論文

Invited Paper

【土木学会論文集 第399号／II-10 1988年11月】

招 待 論 文

東アジアの河川の水文学的特性

HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE RIVERS IN EAST ASIA

高橋 裕*

By Yutaka TAKAHASI

1. まえがき

東アジアは、その水文学的ならびに河川工学的観点からみると、地球上においてきわめて特有な地域を形成している。水文学ならびに河川工学は、その対象となるそれぞれの地域ごとに、その特性に従って発生する異なった現象を取り扱うのであり、その地域性に注目することは斯学の発展にとって欠かせないことであると考えられる。地球上の他の地域もまた、それぞれ特性を有するとはいえ、水文学の方法論は国際的には欧米主導型であり、東アジアの水文学的特性は国際的には十分理解されていとはいえない。

ここに、日本列島を含む東アジアの水文学的ならびに河川工学的特性について考察することは、日本の水文学および河川工学に携わる研究者の国際的義務であり、また、水文学を地球的規模で考える場合にも重要である。

2. 東アジアの河川の特性

(1) 東アジアの範囲

ここで東アジアとは、モンスーンアジアの温帯地域とする。すなわち、中国の東部湿潤地帯、台湾、朝鮮半島、および日本列島の範囲でおおむね北緯20度から45度、東経110度から145度の間に相当する。

東アジアの定義および範囲は、客観的に必ずしも明確とはいえないが、下記のような区分が比較的多く採用されている。ブリタニカ百科事典によれば、その記述は地理的区分と文化的区分とに分かれ、前者については、地

形を基礎としてアジアを次のように分類している。

北アジア、東アジア、中央アジアおよび南シベリア、山岳アジア、南アジア、南東アジア、中アジア、南西アジア

この分類における東アジアは、西方沙漠地帯を除く中国、朝鮮半島、日本列島、カムチャッカ、サハリン、沿海州となっている。

文化的区分としての分類は次のとおりである。

南シベリア、中央アジア、東アジア、南アジア、南東アジア

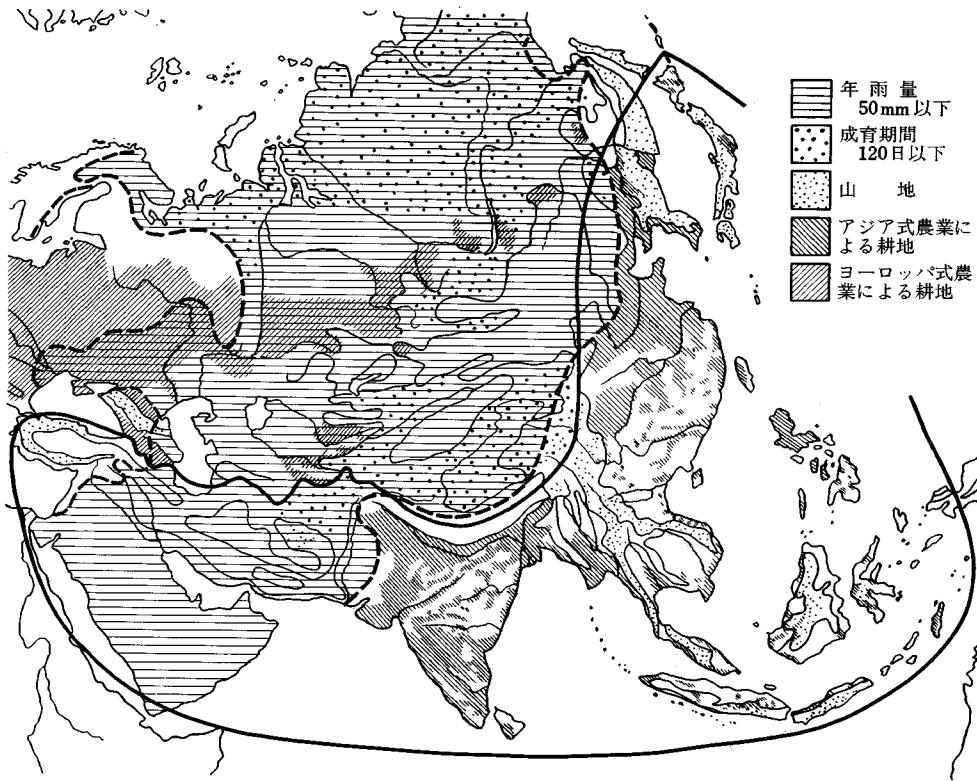
ただし、この場合、シベリアの大半とカムチャッカ、およびイラン、アラビア半島以西は全体の範囲から省かれている¹⁾。

一方、トルコの小アジア半島の西岸を一端とし、北海道の北端の東側を一端とする広大な三日月型地域（図-1）は、アジア的アジア、または純アジアといわれる地域である。この地域は“肥沃な三日月型地域”（fertile crescent）といわれ、世界史の搖籃時代に文明の中心であった黄河流域、メソポタミアから地中海東岸が含まれ、この反対側の凹面のアジア周縁部を包み込むように位している。

中央アジア高原を除いて、この大三日月地域を細分すると、西南アジア、南アジア、東南アジア、東アジアの4地域となる。この場合の東アジアは、中国、朝鮮半島、日本列島とされており、漢字に代表される中国起源の文化、および太平洋に面する中緯度地域である。この地域は、他のアジア地域とは異なり、かつてアジア以外の勢力がここを完全に支配下に置くことはできなかった。その理由としては、比較的高緯度である位置的要因と気候上の特色が有力であろうと考えられている²⁾。

* 正会員 芝浦工業大学教授

Keywords : East Asia, Asian monsoon area, warm humid index, IHP, paddy field



図一 アジア的アジアまたはアジアの大三日月型地域
(Ginsburg, Nortonによる)²⁾

(2) 東アジアの自然水文特性

いわゆるモンスーンアジアの中でも東アジアは、熱帯に位する東南アジアあるいは南アジア（インド、パキスタン、バングラデシュ、スリランカ、アフガニスタン）とは異なる自然的ならびに社会的因素をもっている。

東南アジア、および東アジアの中でも中国の華中、華南では、冬は北東季節風、夏は南西季節風が卓越する。東南アジアおよび南アジアでは、雨期と乾期の別がはっきりしているが、東アジアでは必ずしも明確ではない。前者の地域では乾期の雨量は微々たるものであるが、東アジアでは乾期の冬でもかなりの降水量があるし、日本海沿岸地域では季節風により冬期に大量の降雪がある。

夏期にモンスーンが運ぶ雨は、農業用水として特に貴重である一方、その降り方はそれぞれの国民の生活や経済に著しい影響を与えていた。東南アジアと南アジアでは、熱帯前線やサイクロン、台風によって相当大量の降雨があり、東アジアの大部分の地域においては、梅雨前線や温帯低気圧、台風によって降雨がもたらされ、南東季節風の吹く夏期は、盛夏の晴天が続き、一種の乾期となる³⁾。

雨期と乾期が明確に区分されている東南アジアと南アジアでは、生活や農業のリズムは、温度変化ではなく、

雨の降り方、すなわち雨期の存在とその量によって規定される。それに対して東アジアでは、寒暖の差が大きく、生活や農作業などのリズムは、季節の温度変化に左右される。雨期が長期にわたる東南アジアと南アジアでは、特に大河川の場合は、洪水の継続も長く、氾濫も長期化する傾向が強い。東アジアの洪水は、一般に雨期が短いので、洪水は長く続かず、特に日本列島の場合は、河川勾配は急であり、平野も小さいので、氾濫期間も短い。

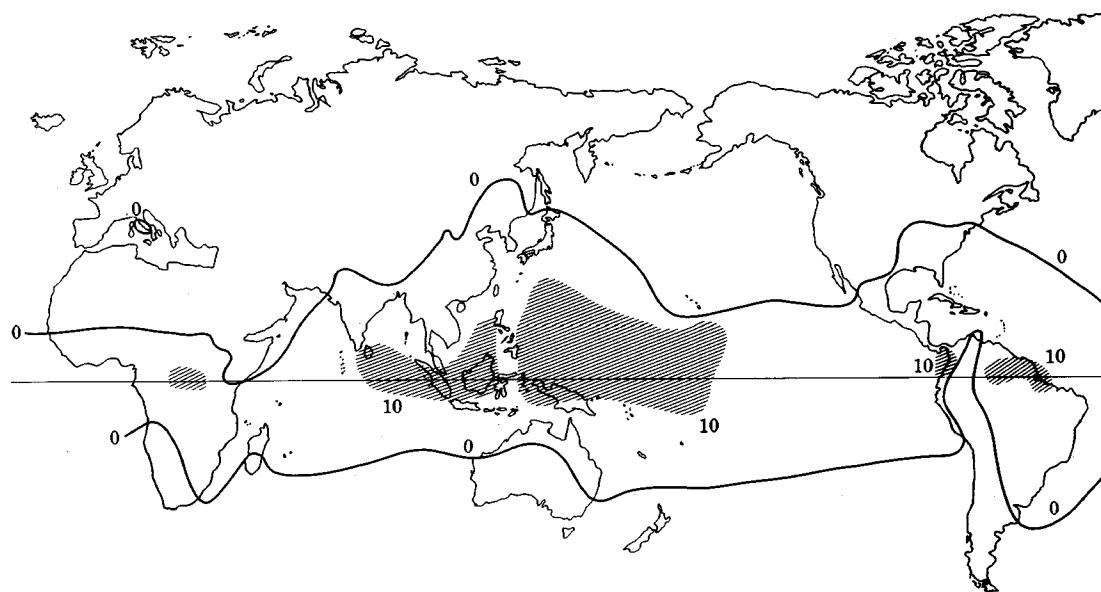
東アジアは、アジア・モンスーン地域の中でも四季の別が明確であるのが特徴であるが、湿度、特に夏期の高湿度は、東南アジア、南アジアと同様である。木下ら⁴⁾は温暖湿潤地域 (warm humid regions) という地域概念を提唱しているが、著者が本論文で取り扱っている東アジアは、まさにこの温暖湿潤地域に含まれる。木下⁵⁾はさらに、温暖湿潤地域の分類指標として気温と降水量を用いている。大気現象を示すものとして、エネルギー源の日射が顯熱として気温に、蒸発の潜熱として水蒸気になり、それが降水量になるからである。すなわち、両値がともに大であることは、大気に大きなエネルギーが与えられることを意味する。降水量が大きければ、海域にも大量の淡水が供給されることを意味し、陸域では高い気温と相まって、岩石の風化が盛んであり、植物が生

長しやすく、土壤も育成されやすい。

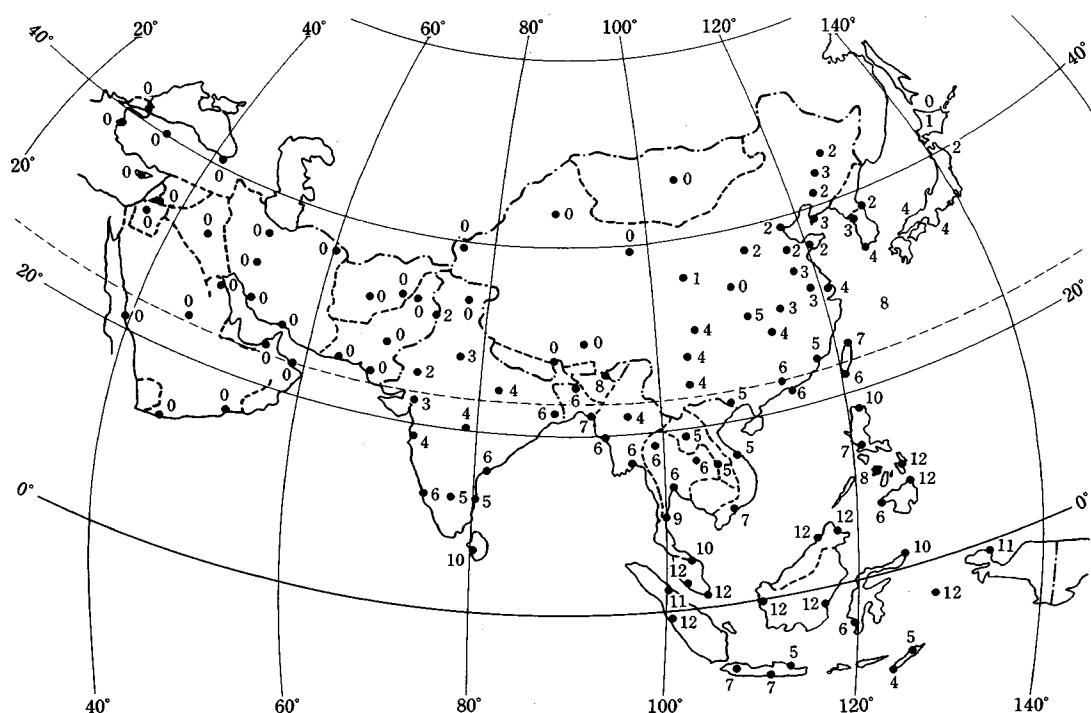
木下は、気温、降水量値として月平均値を理科年表から採用し、温暖湿润指標（warm humid index）として次のように定義した。

“月気温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 、かつ 月降水量 $\geq 100 \text{ mm}$ の月数”

この指標の最大値は1年の月数である12、最小値は0である。この指標の世界分布は図—2のとおりであり、ヨーロッパと北アフリカ、北アメリカの大部分は0であ



図—2 世界の温暖湿润指標分布⁵⁾



図—3 アジアの温暖湿润指標分布⁵⁾

る。緯度 20 度以下の熱帯以外で、温暖湿润指標が大きいのは、本稿で扱う東アジアと米国東南部、南米東部のみである。図-3 にはアジアのいくつかの地点ごとのこの指標を示す。東アジアの大部分の地点において、この値は 2~4 であり、華南と台湾で 6 となっている。日本列島ではこの値は、東京から九州まではほとんど 4 である。北海道東北部が 0、沖縄の 8 はむしろ例外であり、瀬戸内地方と東北地方が 3 である。

この値によって区分しても、地球上で東アジアのもつ特異な水文条件が理解されよう。なお、1990 年から 95 年までのユネスコによる IHP (International Hydrological Programme) の Phase IV (第 4 次計画) においても、そのテーマの 1 つとして “Hydrologic research and water resources management strategies in the humid tropics and other warm humid regions” が 1988 年 6 月ユネスコ本部で開かれた政府間理事会において、日本の提案として採択された⁶⁾。原案には other warm humid regions は含まれていなかったが、この採択により、温暖湿润地域が、水文学的に湿润熱帯と同じ地域分類に含まれることが、少なくともユネスコの場では認められたことを意味する。

(3) 東アジアの河川特性

東アジアの河川は、そのモンスーン的水文特性を反映し、洪水規模は相対的に大きく、かつ瞬発的に発生する。東アジアの中でも、中国大陸河川は河川規模が大きいので、洪水流量の絶対値は大きく、長江では 1870 年洪水で宜昌は 11 万 m^3/s を越える大洪水であったという。日本列島や台湾の河川規模は小さいが、洪水比流量はきわめて大きい。しかし、東南アジアや南アジアのように雨期は長くないので、洪水もまた長期間継続することはない。また、日本列島および朝鮮半島の河川の中には、上流域地質に花崗岩系火山性地質の流域が多く、そこでは渴水比流量が比較的大きい。

東アジアの主要河川の諸元は表-1 に示すとおりであり、大陸と島部では河川規模の点では著しい差があるが、洪水流量および年間流量が豊かな点は、モンスーン地域に特有である。

図-4 は、中国大陸、朝鮮半島、日本列島における大河川を流域面積の大きい順に連ねた傾向を示している。日本の河川の流域面積の減り方は、他の国々の場合と比べ、きわめてゆるやかである。すなわち、日本全国土は小さな多くの河川によって、かなり均等に近く細分割されているといえよう。

日本には長さが 20 km 以上、流域面積が 150 km^2 以上で、流域の平均海拔高度が 100 m 以上に達する、いわば川らしい川が約 260 ある。この 260 河川の流域面積の平均は 1 100 km^2 であり東京都の面積の約半分に相当す

表-1 東アジア主要河川の諸元

(a) 中国、台湾と日本の主要河川

	流域面積 ($10^4 km^2$)	本川の長さ (km)	年間流量 ($10^8 m^3$)	年平均流量 (m^3/s)
黒龍江(ムール川)	88.85	3 101	1 181	3 740
松花江	54.56	1 956	706	2 240
遼河	21.90	1 390	145	459
黄河	75.24	5 464	575	1 822
海河	26.46	1 090	233	737
淮河	18.90	1 430	459	1 460
長江	180.85	6 380	9 794	31 055
漢江	17.43	1 532	574	1 820
嘉陵江	15.98	1 119	694	2 200
雅魯江	14.43	1 187	631	2 000
烏江	8.82	1 018	552	1 750
岷江	13.36	793	959	3 040
珠江	44.26	2 210	3 466	11 000
濁水溪	0.32	186	60.8	193
淡水河	0.27	144	69.8	221

括弧内は観測期間と地点

天塩川 0.56 256 58 184 (69~85)(円山)

十勝川 0.90 156 44 141 (54~85)(茂岩)

石狩川 1.43 268 121 385 (54~85)(石狩大橋)

北上川 1.02 249 77 243 (52~85)(登米)

最上川 0.70 229 105 332 (59~85)(高屋)

阿賀野川 0.77 210 118 374 (51~85)(馬下)

信濃川 1.19 367 185 586 (51~85)(小千谷)

利根川 1.68 322 73 230 (38~85)(栗橋)

木曽川 0.91 227 117 370 (51~85)(犬山)

淀川 0.82 75 84 265 (52~85)(枚方)

日本の資料は理科年表1988年版により、流域面積の順に上位10河川を選び北から並べた。

中国の資料は陳 正祥：長江与黄河(1978)、および趙 松喬（中国科学院地理研究所）などによる。

台湾の資料は経済部：台湾水文概況(1986)より

(b) 朝鮮半島の主要河川

	流域面積 ($10^4 km^2$)	本川の長さ (km)	流域年降水量 (mm)	年流出量 ($10^6 m^3$)
鴨綠江	6.31	803		
(中国 朝鮮 3.19 3.12)				
長子江(禿魯江)	0.54	254		
長津江	0.68	266	832	
虛川江	0.49	226	644	
豆滿江	3.32	547	600	
(中国 朝鮮 2.25 1.07)				
清川江	0.96	212	1 298	
大同江	2.02	450	1 087	10 600
載寧江	0.37	124		
漢江	2.62	514	1 200	18 060
錦江	0.99	402	1 242	6 000
洛東江	2.39	525	1 079	15 000
榮山江	0.28	122	1 285	1 770

“大韓民国の河川事情”，建設省河川局：日本の河川像を求めて(1983) pp.1731~1778 などによる。

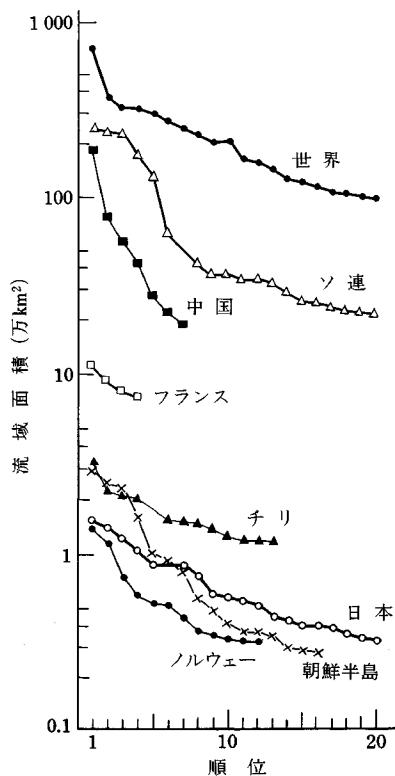


図-4 国別などの河川流域面積とその順位（阪口・高橋・大森：日本の川、岩波書店、1986. p. 214に中国を追加）

る。利根川を第1位として石狩川、信濃川などと続くが、流域面積の減少の仕方は全体としてゆるやかであり、飛び抜けて大きな河川はない。最大の利根川の流域面積16 840 km²は日本全国土の4.5%弱にすぎない。

一般に大陸別でも国別でも、1もしくは数河川の流域面積が特別に大きく、他河川と大きな差があるのが普通である。中国では第1位の長江の180万 km²が、2位の黄河の75万 km²の約2倍ある。ヨーロッパ大陸では第1位のボルガ川の142万 km²は2位のドナウ川82万 km²の約2倍、アフリカ大陸ではコンゴ川の369万 km²、2位のナイル川の301万 km²が圧倒的に大きい。北アメリカではミシシッピ川の325万 km²が2位のマッケンジー川167万 km²の約2倍、南アメリカではアマゾン川の705万 km²が2位のラプラタ川310万 km²の2倍以上で両河川流域だけで全南米大陸の57%に達する。オーストラリアではマレー川の108万 km²を除くと大陸河川はない。

日本列島のように国土が多数の河川流域に細分されている例は南米のチリにみられ、ともに地震や火山活動が盛んな変動帶の細長い国土という地学的条件が類似しているからであろう。

朝鮮半島の場合は、図-4にみられるように、大陸河

川の流域面積の減り方に似て、日本ほどに細かい河川流域に分かれているのではないが、中国ほどにわずかの大河川が支配的とはいえない。朝鮮半島の場合も大河川は、半島の付け根ともいべき、中国との国境を流れ、流域面積も中国と二分する、鴨緑江と豆満江である。

日本列島は、多数の群小河川流域に細分されているので、海岸線に沿う主要交通路は、それら流域を次々に輪切りにしながら貫く形をとる。たとえば、東海道を東京から名古屋までのわずか370 kmを行く場合にも、実際に約30もの河川流域を次々に貫く目まぐるしさであるが、日本人はそれを不審にも思わぬほどである。さらに付け加えれば、これら東海道の川のほとんどは、新幹線や東名高速道路が通過する河口近くにおいても、粒径10 cmにもなる礫が河床にあり、急勾配であることを示しているのも、日本河川の特徴である。

3. 東アジア河川の治水・利水の特性

(1) 水文特性と土地利用および水利用

モンスーン地域を最もよく特徴づけている農業は水稻であり、特に湛水栽培を基本とした農業経営である。米は単位面積当たりのカロリー収穫量も大きく、栄養学的に優れている。このために、アジア・モンスーン地域は、稻作を農業の中心に据えて高密度の人口を養うことができ、世界総人口の半数に近い数を占めるに至っているのである。

水稻生育期の春から初秋にかけて降雨に恵まれていること、および高温多湿の気候が水稻栽培に好適であるために、アジア・モンスーン地域は水稻湛水栽培地帯となつたのである。一年を通して高温条件にある東南アジア、南アジアは水さえあれば二毛作、三毛作さえ可能であり、東アジアの南部でも二毛作は可能である。

一方、水稻湛水栽培は、モンスーン地帯特有の大洪水への対応にも適している。モンスーンアジアの河川の洪水比流量は、地球上の他の地域のそれと比べてきわめて高く、これに対処するために、この地域の洪水対策はきわめて特有であるといえる。

すなわち、アジア・モンスーン地域では、このような巨大な洪水流量のすべてを河道に集めて排水することは、きわめて困難である。したがって、この地域の都市部においては、洪水を河道からあふれさせないように計画するが、主として水田より成る農村平原地域においては、洪水氾濫を前提とした水田経営ならびに農村の住居様式が営まれてきた。

特に東南アジア大陸部においては、大河川の洪水流量がきわめて大きく、かつ洪水が長期にわたるので、その洪水処理のために、水田を一時的な洪水調節地とする湛水栽培によって、水稻耕作と洪水対策を両立させる方策

を採用してきた。東南アジアの一部にいまなお残る浮稻栽培は、その象徴といえよう。

日本列島もまた、沖積平野などにアジア・モンスーン地域特有の常習氾濫地域を抱え、欧米などとは異なる洪水処理対策に依存せざるを得なかった。特に排水条件の悪い地域では、かつては東南アジアと同じように浮稻を植え、古くから湛水栽培を行ってきた。したがって、元来湛水栽培は、まず洪水の排水の困難な地域において、洪水対策をも兼ねて実施されてきた。なお、北日本においては、水稻生育の初期段階における霜害対策として湛水栽培が評価された面もあると考えられる。

要するに、湛水田は洪水対策上は遊水地であるとともに地下水補給の役割もあり、東アジア北部では春には比較的低温を経験する場合の地温維持効果もある。このように、湛水による水稻栽培は、特に東アジアの洪水氾濫地域においては、洪水対策を取り込んでおり、自然の水循環に則り、農業生態系維持にも適合した土地利用であると考えられる。

浮稻栽培に象徴される湛水水稻栽培は、耕作労働の節約の点でも有利であるとはいえる、単位面積当たりの収量は小さく、農業生産向上のためには、より高度な水田經營に移行せざるを得ない。元来水が豊かなアジア・モンスーン地域の農業発展のためには、かんがいと排水の組合せに成功するか否かが鍵となる。洪水時および平常の排水技術の進歩がなければ、かんがい効率も向上しない。治水および農業水利技術の発展とその方法が、土地利用と経済発展とに深くかかわっており、その相互関係への理解なくして、アジア・モンスーン地域の治水や水資源を論することはできない。以下、中国大陸、朝鮮半島、日本列島に分けて、現在抱えている治水・利水のそれぞ

れの特性を略述する。

(2) 中 国

東アジアの中でも、中国大陆の東部は治水および水資源問題に際立った特徴があり、世界に類例のないいくたの状況ならびにプロジェクトを企画している。

まず、海河、黄河、淮河の流域である華北平野と長江デルタの広大な平坦地域は、かんがい体系と治水策にとってきわめて特異な地域である。これら河川によって長年にわたり流送された土砂によってこの肥沃な平野が形成されたが、そのことはまた当然、大規模洪水氾濫を受けやすい平野であることをも意味している。

特に黄河は、主として黄土高原から下流してくる大量の黄土によって、年間推定 16 億 t という巨大な流送土砂を下流に押し流している。この流送土砂量および河水中の濁度は世界一であると思われ、黄河の治水をきわめて特殊かつ困難なものとしている。推定 16 億 t のうち、73 % は海へ流出、年平均 1.6 km、河口を伸ばし、5 % に当たる約 0.8 億 t が用水路を経由して堤内地へ、22 % に当たる約 3.5 億 t が下流河道区間に堆積し、年々河床を上げ、治水安全度を下げている。16 億 t という量は、高さ 1 m、幅 1 m の土堤を築造すると赤道を 27 周する量に相当する。

黄河の泥沙流出量の大きさは、表-2⁷⁾にも示すように世界的にも群を抜いている。1936 年、欧米の河川水理学者による国際連盟の報告⁸⁾は現場観察に基づいて次のように報告している。

“中国の河川は西洋の河川に認められぬような現象を呈し、これらについては通常の河川水理学の法則は黄河その他の中国河川に適用できない。……”

黄河の洪水と治水の歴史もまた、おそらく他に類例の

表-2 流出土砂量順に並べた世界の大河川（1 億トン／年 以上）⁷⁾

河 川 名	国	地 点	流域面積 (km ²)	年間流出土砂量		河口における平均流量 (m ³ /s)	平均浮遊 土砂濃度 (kg/m ³)
				10 ³ t	t/km ²		
1* 黄 河	中 国	Shenhsien	714 800	2 083 000	2 913	1 500	44.03
2* ガンジス川	印 度		1 059 800	1 600 000	1 544	14 100	3.60
3* ブラマプトラ川	バングラデシュ	デルタ	559 400	800 000	1 429	20 000	1.27
4* 長 江	中 国	Chikiang	1 024 700	552 000	541	21 800	0.80
5* インダス川	パキスタン	Kotri	958 300	481 000	502	6 800	2.24
7* アマゾン川	ブ ラ ジ ル	河 口	6 133 000	400 000	66	181 000	0.07
8* ミシシッピー川	アメリカ合衆国	Baton Rouge, ルイジアナ州	3 222 000	344 000	107	17 800	6.13
9* イラワジ川	ビ ル マ	Prome	367 000	331 000	903	13 600	0.77
13* メコン川	タ イ	Mukdaham	391 100	187 000	479	15 000	0.40
14* コロラド川	アメリカ合衆国	グランドキャニオン アリゾナ州	356 900	149 000	418	160	29.53
15* レッド川	ベトナム	Hanoi	119 900	143 000	1 089	3 910	1.16
16* ナイル川	エジプト	河 口	2 978 500	121 854	39	2 830	1.37
石 狩 川	日 本	江 別	12 700	1 926	152	492	0.12
利 根 川	日 本	取 手	12 000	3 160	300	171	0.59

* 数字は世界の大河川流出土砂量の多い順

ない特殊なものであろう。約4千年前の禹による治水は伝説的であるとはいへ、黄河流域に4千年前から文明が築かれ、その成立と発展のために治水が非常に重要であったことは周知の事実である。しかし、黄河の治水はいまなお、世界で最も困難であることは、歴史を通して大水害が発生しており、現在も大水害発生の可能性が高いことによって明らかである。

黄河の大水害の過半は、黄河が三門峠を出てまもなく大平原に出て下流部となる辺りの、鄭州と開封の間の南岸の破堤によるものであり、その氾濫域は主として淮河流域である。淮河流域は人口1.25億を数え、中国でも最も肥沃な低平原を抱え氾濫しやすい地域である。1938年6月の花園口（鄭州と開封の中間）における破堤による氾濫域は540万ha、ほとんど淮河流域であり、死者89万人、罹災者1250万人といわれ、おそらく今世紀における世界最悪の水害であろう（図-5）。この破堤は日中戦争のさ中、日本軍の西進を妨げるため、蔣介石軍による爆破によるものであった。中国河川には随所に日中戦争の跡があることを、われわれは銘記すべきであろう。

黄河の治水史は、下流河道の河床上昇によって治水安全性が低くなった段階において、大洪水によって破堤し、その氾濫主流の跡に新河道を形成する繰返しを、過去4千年間に十数回も経てきた。したがって、現在河床上昇中の現下流部も、大破堤の可能性を隠しているといえよう。

中国の大洪水は黄河に限らないが、代表的なものとして長江の比較的最近の大洪水の例は表-3に示すとおり

である。これに伴い多数の被災者が発生するのは、アジア・モンスーン地域の水害の際立った特徴の1つである。この地域特有のばく大な洪水流量が大洪水をもたらすとともに、その豊かな水資源が多数の人口を養い得る水稻栽培を可能にしているので、農民の定住性が高いのである。

長江においても大洪水に伴い多数の犠牲者が出ている。たとえば、1931年洪水では死者14万5千、被災者2800万、氾濫域は330万ha、1935年洪水では死者14万（漢水のみにて8万）、氾濫域220万ha、1954年洪

表-3 長江の大洪水時の中下流部流量

宜昌	漢口	大通			
最大流量 (m ³ /s)	生起年	最大流量 (m ³ /s)	生起年	最大流量 (m ³ /s)	生起年
110 000	1870	93 500	1954	92 600	1954
92 500	1860	90 000	1934	68 800	1968
86 000	1888	79 500	1931	68 500	1949
71 100	1896	65 200	1870	68 300	1962
71 000	1981	65 200	1949	67 700	1969
67 500	1945	62 400	1969	64 400	1964
66 800	1954	62 000	1964	63 200	1948
64 800	1921	61 300	1968	62 100	1935
64 600	1892	61 000	1924	61 600	1970
64 600	1931			61 400	1937

注1) 表-3は長江中下游河道特性及其演変、中国科学院地理研究所ほか著、1985年5月、中国水利、1981年4期などより作成。

2) 3点における60 000 m³/s以上の洪水（宜昌では25回、漢口では9回、大通では11回記録されている）を大きさの順に並べた。

3) 統計年、宜昌、漢口は1860年以降、大通は1922年以降。

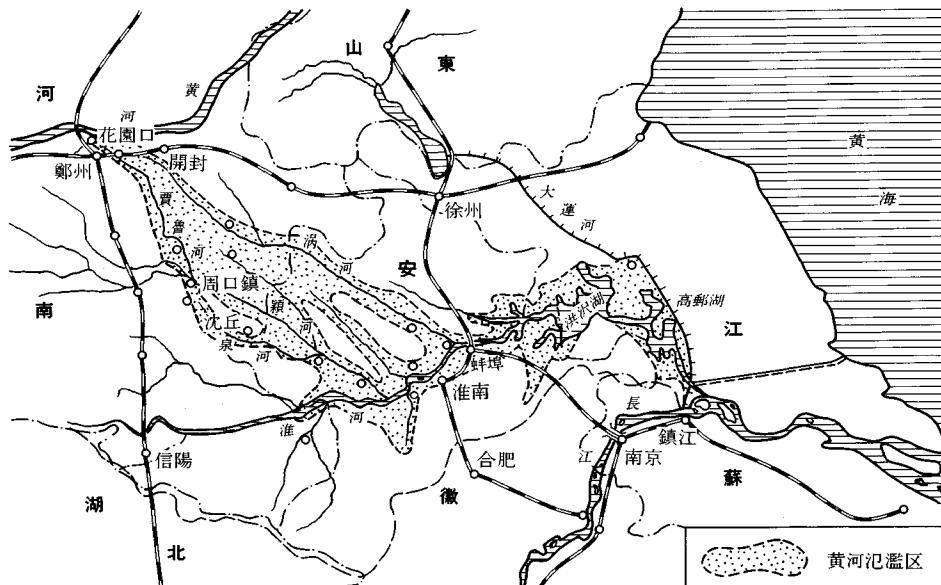


図-5 1938年6月の黄河氾濫図（「黄河万里行」恒文社、1984、p. 333より）

水でも死者は3万を越えたという。しかし、それ以後は大洪水の際の死者数は激減している。

一方において、中国河川はさまざまな巨大な開発の可能性を深く有している。その代表例が南水北調計画と長江の三峡ダムプロジェクトである。それぞれ人類がいままだ経験したことのない大規模かつ雄大であるとともに、未知の分野を含む困難も秘めていると考えられる。ここで大規模というのは、必ずしもダムの諸元の大きさや、水の輸送距離の長さのみを指すのではない。それら諸元の数値に関しては、他の大陸河川においても、中国のプロジェクトに比肩できる大規模プロジェクトはすでに実行もしくは計画中である。中国のプロジェクトをあえて人類が未経験であるという意味は、それにかかる人口の多さであり、影響を受ける土地と産業の巨大さであり、予想される影響の複雑さである。

これらビッグプロジェクトの内容については、すでに多くの文献などに紹介されているので、本稿では触れないが、従来必ずしも指摘されていない視点を述べたい。

南水北調計画は長江の水資源を、ダム、導水路などによって黄河を越え、降水量の少ない華北へ運ぶことによって、今後とも中国の政治の中心として重要であり、人口急増中の華北の経済発展に貢献しようとするビッグプロジェクトであり、長江の上中下流からそれぞれ3ルートが計画されている。

これら計画を実現しその波及効果を發揮するためには、華北農業の構造改善を伴う経営変化に対する準備が重要であり、水利用体系の変革を要求されるであろう。農業用水の利用体系が変わることは、農民の耕作や生活の変化にもかかわる問題である。現在の華中と華北の農業や生活、土地と水利用体系が著しく異なるだけに、南水北調計画は水を運ぶ技術とともに、新たな地域開発計画の綿密な樹立が伴わねばならないであろう。

長江の三峡ダムプロジェクトもまた、少なくとも30万を越える水没者を伴う社会的困難性はもとより、すでに一部で指摘されているダム建設後の生態系の変化への予測と対策も当然必要であろう。このダムによる洪水調節効果の大なることは疑う余地はないが、三峡における洪水流の運動は、相当大きな貯留効果も含め、複雑であり、今後解明を深めるべき重要な水文学および水理学的課題である。三峡ダム下流部には、洞庭湖、荆江分洪区、杜家台分洪区などの巨大な遊水地があり、ダムが完成すれば分洪区（遊水地）は廃止することになっている。したがって、これら下流地域の雨量と洪水予報の精度を上げることが、ダムの洪水調節および放流にとって重要な鍵であり、これもまた水文学的難問の一例である。

三峡ダムによる発電出力は、1260万kWとされており、電力不足に悩んでいる中国にとって貴重な水力資源

となろうが、それを利用する工業、農業を基盤とする地域開発計画の裏付けが必要なことは、南水北調計画の場合と同様である。

要するに、中国の上述計画は、地域計画を含む広義での真の治水計画というふざわしく、地域計画、生態系と深くかかわり、多大な明るい可能性とともに、われわれにとって未知のいくたの困難をも秘めていると考えられる。この可能性も難点も、本質的にはアジア・モンスーン地域特有の巨大な水量、稲作に依存する土地利用と、流域内の多数の人間集団という要因に根ざしており、モンスーンの風土における水と土地と人間の関係を理解することが、この偉大なる開発計画の鍵を握るであろう。中国はその多様な風土が歴史的に鍛えられ、この種の計画手法に長けているはずであり、いたずらに歐米風近代主義の手法にのみ依存しないことを期待する。

(3) 朝鮮半島⁹⁾

朝鮮半島北部は、日本の植民地時代の1930年代から、第二次大戦終結の45年までの間に、日本人技術者による大規模水力開発が行われていた。特に中国との国境を流れる鴨緑江本流に1943年に完成した水豊ダムは、高さ106m、長さ900m、貯水容量120億m³、発電出力70万kWという当時としては世界第一級の巨大プロジェクトであった。これ以前にも、同水系の長津江、赴戦江などに、豊富な水力資源と有利な地形を巧みに利用した大規模開発が行われていた。

戦後は、朝鮮民主主義人民共和国により、これらを利用しつつ、さらに鴨緑江水系の南隣の清川江水系への流域変更を含む大規模開発が進行している。

しかし、同国が現段階で力を注いでいるのは、平壌市に見事なリバーフロントを形成して流れる大同江水系の開発である。ここでは1980年から87年までの間に、6ダムが建設されており、さらに加えて6ダムが建設される予定であり、これらがすべて完成した暁には、上流から河口まで湖水化され、さらに東海岸で日本海に注ぐ竜興江と連結され、日本海（東海）と黄海（西海）を結ぶ運河が21世紀初頭に完成する予定である。

大同江の河口部の西海閘門は1986年6月に完成、長さ8km、高さ30~40m、貯水容量27億m³、閘室は3

表4 東アジア諸国の総発電量と水力の比重（1984年）

	年間総発電量 (億kWh)	水力	水力の比率 (%)
日本	6 474	735	11.35
中国	3 770	868	23.02
韓国	582	24	4.12
朝鮮共和国	450	270	60.0
ホンコン	179	—	

世界国勢団会、国勢社、1987年版、pp.247~248より

あり、それぞれ、2 000 t, 30 000 t, 50 000 t の船舶が通過できる。このダムより、西海（黄海）干拓地 30 万 ha のうち、約 11 万 ha にかんがい可能となった。

包蔵水力の豊かな朝鮮半島北部は、石油がないことと相まって、水力開発に重点を置き、エネルギー構造に占める水力の比重は大韓民国に比しきわめて大きい（表-4）。また、西海岸は干拓に適した地形条件にあり、これら地域の大規模干拓による農業開発が重点的に進められており、大同江、清川江などの多目的ダムが農業用水供給に重要な役割を演じている。

朝鮮半島南部の大韓民国治下は、モンスーン的水文特性と相まって、60 年代の日本の高度成長を彷彿させる経済発展を遂げつつあり、それを支える水資源開発および、都市化に伴う新型水害に対処する治水工事が活発に行われている。水資源の需給関係をめぐる社会経済的情勢もまた、60 年代後半の日本の状況に類似している点が多い。

ソウル市内を流れる漢江が最も開発の進んでいる水系であり、南漢江に 1985 年完成した多目的の忠州ダム（貯水容量 27.5 億 m³）、北漢江の多目的の華川ダム（貯水容量 10.5 億 m³）、清平揚水ダム（発電出力 40 万 kW）など、総発電出力は約 100 万 kW に達する。

漢江流域内人口も 1 500 万人に達し、全国人口の 35 % を越え、特にソウルの人口増は激しく、1 千万を越える過密がもたらす、水資源、都市水害、水質悪化の難問を抱えている。河況係数の大きな漢江は、ソウルにおいて過去最大 37 000 m³/s の洪水流量を記録しているが、渴水流量は 150 m³/s にも下がり、年間 8 か月は、大部分の河床が露出し、オリンピックを控え、その景観向上が叫ばれ、親水事業による水辺空間が出現し面目を一新した。この目まぐるしい変遷は、日本が戦後 40 年に歩んだ河川事業の歩みを、この約 10 年に凝集して実現しようとしているかのごとくである。

1982 年以降、ソウル市は漢江下流部 40 km にわたる河川総合開発事業を施行した。この計画では、河川区域をレクリエーションと道路に開発、低水路固定のための河床掘削、その掘削土砂を川沿いの高速道路（金浦空港からオリンピック競技場）建設に利用（その骨材は約 2.5 億ドルに相当）、漢江の水質悪化を止めるための分流式下水道事業を河川区域の地下などに建設した。

この河川総合開発事業費は 5 億ドル、4 年の歳月を経て 1987 年に完成し、かつて乱流していた低水流や、水泳も禁止され、水生生物も死に絶えるほど汚濁の進んでいた流れは、見違えるほどに改良された。

（4）日本

東アジア・モンスーン地域の中でも、日本はこの一世紀にきわめて特異な野心的治水事業を行ってきた。それ

は、1896 年の河川法制定以後、特に主要な河川に行ってきた連続堤防方式による治水事業である。19 世紀までは日本も他のアジア・モンスーン地域と同じように、大洪水による氾濫を原則として受容し、沖積地における氾濫を前提とした土地利用、住まい方に叡智を絞り、霞堤、二番堤、三番堤、あるいは水害防備林などを多面的に利用し、全流域において、ソフト手段をも十二分に駆使した、いわば総合治水方策で水害の軽減につとめていた。その効果を高めるために水防技術を練磨し、水屋、水塚などを設けるなど、自衛手段も講じて対処していたのである。

しかし、この方法では、洪水氾濫による被害は相当程度覚悟せざるを得ず、全国の河川周辺の低平地を中心とする沖積平野などの氾濫常習地域の農業生産は不安定であり、土地の生産性を高くすることはできなかった。アジア・モンスーン地域におけるこの宿命を断ち切ろうとしたのが、前述の連続高堤防方式による治水事業であった。すなわち、流域にもたらされた降雨を、可能な限り早く、河道へと集中流出させ、洪水流を河道内に押し込め、河口から海へと早く排出させようとする治水方策であった。

1890 年代に、この治水方式を採用させた直接の動機は、水田の水害を軽減させようとする狙いであり、1880 年代から 90 年代にかけ、主要河川で大水害が頻発したからである。しかし、この治水方式を治水思想史に位置づけるならば、洪水氾濫が常態であるアジア・モンスーン地域において、はじめてこの氾濫防止に積極的姿勢を示した治水策である。明治時代においては、公共事業に占める河川改修費の占める比率は、鉄道事業に次ぐ高率であり、この治水事業が明治政府の最重点の公共事業であったことがうかがわれる。

この治水事業は、多くの河川で昭和初期の 1930 年頃までに一応の完成をみた。このため、主要河川流域、特に下流の人口集中地域の大水害は減じ、河川周辺の従来の氾濫常習地域ともいべき低平地の排水条件は格段に改良され、土地の生産性は上がり治水安全度は向上した。しかし、第二次大戦直後の 1945 年以降約 15 年間、日本の重要河川はかつてない大洪水流量に遭遇する試練を受けるに至った。すなわち、この間に日本のほとんどの河川が、台風または梅雨前線豪雨によって、史上最大の洪水ピーク流量を記録したのである。

ほとんどの河川での洪水流量記録更新の共通原因是、連続高堤防方式により、洪水流量を河道へと集中流出させたからであると判断してよいであろう。大洪水流量出現の 50 年代前後には、その原因は未曾有の豪雨であるとする説が支配的であり、それ以後も過去の大洪水時の水文資料が不十分なため、それらとの比較が難しいなど

の理由により、この時期の洪水流量増大の理由を治水策のゆえであるとする説は、一般には認められなかった。しかし、後述するように、60年代以降、都市水害が頻発し、その原因が流域開発による洪水流量増加にあることが認められるようになったため、河道条件の変化が洪水流量に著しく影響することも、大方の共通認識となつた。つまり、50年代までは洪水流量を支配する要因として、降水量のみが変化する要因と考えられ、他の要因は時間によって変化する要因とは一般に考えにくかったといえる。したがって、記録破りの洪水流量の出現は、まず豪雨が原因とされ、連続高堤防方式の治水策によるとは認めにくかったのであろう。

すなわち、アジア・モンスーン地域においてはじめて採用された抜本的治水策は、決して平坦な途をたどったのではなく、第二次大戦後に大きな試練を受けたといえよう。連続高堤防方式の目標は洪水流を一刻も早く海へ排水することであり、それには成功したが、降雨が流域に滞留する時間が減り短時間に河道に集中して洪水流量を増加させたのである。

この新しい流出機構に対し、日本では、より大きな洪水流量に耐える河川改修規模の拡大を、洪水調節ダムの建設などと組み合わせる治水事業によって対処してきている。

しかし、日本では1950年代後半以降、新型のいわゆる都市水害が、まず東京、大阪などに発生し始めた。1958年9月の狩野川台風における東京、横浜における水害を典型的嚆矢として、60年代、70年代にかけ、都市水害は全国の人口急増都市の新興住宅地を中心に慢延していく。都市水害発生の経過は、この時代における都市化の進行と軌を一にしている。すなわち、東京、横浜、大阪など、すでに50年代から人口急増の始まった都市から、この都市水害が発生し、60年代以降次々と人口が集中した地方都市にも逐次都市水害が発生した。

この時代における日本の都市化は世界史に類例のないほど、急激なものであり、各都市は人口の急増に対応するための住宅供給、通勤交通確保、水供給、あるいは大気汚染、水質汚濁などの公害対策など、さまざまな難問に直面した。しかし、この過密化した都市への対策は遅れがちであり、加えて自動車の普及をはじめ、先進国としては遅れていた下水道普及率向上などを含む生活水準の向上は、交通渋滞や水不足などの都市問題をさらに困難にした。

急激な住宅需要に対処するにあたっては、地価の比較的安い低平地など、一般には従来住宅地としては利用されなかつた土地が、宅地の対象となつた。これらの土地の中には、洪水時に遊水地的役割を果たしていた例が多く、宅地化は必然的に内水氾濫を激化させることとなつ

た。

この場合、特に留意すべきことは、アジア・モンスーン地域における宅地化、もしくは工業立地を含めての都市化の対象の土地は水田が多い点である。すなわち、水田が農業の主体であるアジア・モンスーン地域における都市化は、水田が遊水地的役割をなっているために、世界の他の地域よりもはるかに大きく、都市水害が新たに発生しやすい宿命をもつてゐる。

日本の都市化は50年代後半から70年代にかけて、激しく進行し、それはアジア・モンスーン地域においては最も早い時期であったため、この都市水害もすでに50年代に発生し、他のアジア・モンスーン地域にさきがけていた。70年代に入って、朝鮮半島や台湾など、東南アジアでもバンコク、ジャカルタなどでの新興住宅地での新型都市水害が目立つて発生するようになった。

今後はむしろ、日本以外の東アジア、東南アジア、南アジアのモンスーン地域において、人口の大都市集中が予想され、これら地域での内水氾濫などの都市水害が常習化する可能性が大きい。さらに、これら都市の中には沖積地上に立地し、地下水の過剰揚水によりすでに地盤沈下に悩んでいる例もあり、沈下の進行いかんによつては、今後いっそう内水氾濫被害が拡大するおそれがある。

都市化による都市河川の洪水時流出率の増加、都市域の内水氾濫増大に対して、日本では1977年以降、いわゆる総合治水対策といわれる施策のもとに、大都市とその周辺の特定河川に対し、雨水の流域貯留と浸透の復活が実施されている。都市下水道においても、雨水が下水処理場や排水河川へ流出する量を減らし、かつ時間を遅らせる対策が採用されつつある。すなわち、雨水流出抑制型下水道であり、浸透井や浸透側溝、浸透連結管、歩道の透水性舗装などであり、雨水が下水本管へ流出する前の段階で可能な限り地下へと雨水の流れを漏らす方針である。

都市水害のハード対策としては、東京、横浜、名古屋、大阪などで都市河川の洪水バイパスとしての地下分水路、洪水貯留用の地下貯水池などがすでに建設されている。あるいは、都市河川の新治水方策として多目的遊水地が東京、大阪ほか各都市に建設されており、洪水調節のほか、公園に利用したり、ピロティ型の住宅、校舎が建設されている例もある。

都市水害に対し、70年代後半以降採用されている上述のさまざまな手法を要約すれば、都市化進行以前に保たれていた自然の水循環を一部回復しようとする施策であるということができる。すなわち、都市化に伴う都市の近代化は、水田の宅地化をはじめ、河川改修、下水道整備、道路舗装などに象徴されるように、都市の場における自然の水循環を分断することによって成立したとい

える。しかし、その過度の分断が、都市河川の洪水および平常時の流出変化、地下水補給の減少と地下水位低下など、さまざまな水環境の変化を発生させ市民生活を脅かすに至った。

すなわち、日本において高度成長期以後、都市に発生した新たな水問題としての都市水害、水不足、水環境などの共通原因是、自然の水循環が著しく分断されたことに求められる。もとより、近代化に伴う開発のためには、結果として自然の水循環を分断せざるを得ない。重要なことは、これらの課題を理解するにあたって、自然の水循環が開発によりどのような影響を受けるかについて、正確な認識をもつことである。

このように、日本は1950年代以降、東アジアはもちろん、アジア・モンスーン地域で最初に激しい都市化を経験したために、最も早くさまざまな新しい水問題を経験した。それらの多くの難問の共通原因是、アジア・モンスーン地域特有の自然の水循環の分断であった。

これら難問への対抗手段が次々と打たれているが、現在定着しつつある対策は、要約すると、自然の水循環の分断の一部復元である。アジア・モンスーン地域の水循環に最も適応する水利用と土地利用として、われわれが依存してきた水田を基盤とする水システムが、急激な都市化によって、分断という変調を余儀なくされている。つまり、第二次大戦後の都市化は地球的規模で進行しているが、アジア・モンスーン地域における都市化は、きわめて特有な形態をして進行している。というのは、この地域では、自然順応型水体系としての、水田を基盤とする水循環によって水社会が成立していたからであり、急激な都市化は自然の水循環、ならびにそれによって支配されている水社会への衝撃として働くからである。

ここに水社会とは、玉城哲¹⁰⁾も指摘したように、自然の恵みとしての豊かな水を前提としながらも、その不安定な供給のゆえに、たえず水の不足に悩み、水へのひそやかな憧れをもち続けている社会である。かつての河川水路と溜池の分布密度の高さ、水不足に直面しても何とか切り抜ける知恵はその現われである。その自然基盤としてモンスーン風土の特性を持つつ、この水社会は日本列島に形成された特有の水との共存システムであろう。

4. 東アジアの水文学と河川工学の国際化

河川水文学においては、治水や水資源計画の基礎としての流出解析が重要な地位を占めており、その解析手法に多くの成果が重ねられてきた。また、基礎的水文量の計測、測定なども、いくたの制約があるとはいえ、最新技術の応用などにより、着実に進歩しつつあり、その重

要性への認識も低くはない。

しかし、地球科学、もしくは自然地理学の一分野としての河川水文学の特性に立脚した研究成果はなお十分とはいえない。この観点での河川水文学の重要な視点は、地域性の把握である。IHP Phase IIIにおいて、“comparative hydrology”の研究が重視された理由の一端もまた、この点にあるといえよう。さらにIHPの活動はもとより、IAHS (International Association of Hydrological Science)においても、近年、人間活動が水循環に与える影響、都市化が水循環および水環境に与える影響、あるいは水資源開発が環境に与えるインパクト、都市化と水質循環の関係など、人間活動と水循環の関係が最も重要なテーマとして採り上げられている。

このような水文学の世界的動向を考えると、人間活動と水循環の関係の地域性を考察することは、水文学の発展のためにも、水文学の差し迫った社会的ニーズに応えるためにも、きわめて重要であると考えられる。この視点に立つ場合、著者が本稿でしばしば提起した、東アジアの水文学的地域性を地球的視野のうちに把握してその特性を研究し、それを水文学の国際的場に紹介し理解を得ることは、東アジアの水文学者の重要な責務である。

特に日本は、この約百年間に、アジア・モンスーン地域内で最初に近代化に成功し、経済規模においても生活水準においても、欧米先進国並みに達することができた。その要因の1つに、おそらく日本の水文学的特性が挙げられるであろうが、その発展過程において、河川流域における水循環に著しい変化を与えたことに注目すべきであろう。

その最たる現象は、開発の激しかった重要河川における大規模な河川改修事業であり、それが洪水規模を大きくし、河口までの洪水流下時間を早めたことである。その要因として、流域の開発による土地利用の変化と、連続高堤防による治水方式があることは前節において解説したとおりである。

第二次大戦後の急速な都市化に伴う都市河川洪水の大規模化や、流域の都市化による内水氾濫を伴う都市水害の激化は、大河川とその流域が約百年間に経験した水循環の変化を、戦後高度成長期の約10年間に比較的流域面積の小さい都市河川とその流域において集中的に再現させたということができる。

日本の河川流域において、この百年間、あるいは第二次大戦後の数10年間に経験した水循環機構の変化は、水文学的にきわめて貴重な歴史的事実である。その要因に潜む東アジア的特性、さらにアジア・モンスーン的特性の解明は、水文学にとっての重要な課題である。

この課題は、開発および都市化という経済的ならびに社会的要因が含まれるので、水文学における自然科学的

方法のみでは、その解明は不十分であろう。と同時に、この課題の解明は自然科学としての地球科学および地理学における、地域性への接近方法に則った“アジア・モンスーン”の把握をも伴うものでなければならない。

すなわち、この現象は本質的には“繰返し的物理現象”ではなく、“歴史性”と“要因の連続的かつ不規則的変化”をもつ現象である。つまり、現象に横たわる普遍性の追究を目標として、現象を有限の要素に分解し分析するのではなく、現象の特性を求めることを目標として、現象の要素の時間的变化に注目しつつ、要素間の相互関係を探り、それらを総合化する方法が採られるべきであろう。

5. 日本の水文学学者、河川工学者の役割

この百年、特に第二次大戦後の数十年間、本稿で解説したように、水文学的にも河川工学的にも、史上類例のない貴重な体験を経たわれわれは、その経験の実態を忠実に記述する義務と責任をもっている。

われわれは、地球上の他のどの地域よりも早い速度で、人間活動と水循環の変化とその対応を経験してきた。われわれ日本の経験は決してすべて、日本の発展にとって好ましいものばかりではなかった。むしろ、水害の激化や深刻な水不足、水環境の悪化などの困難な経験をも含む迂余曲折の道を歩んできたし、今後も必ずしも平坦とは予測し難い。この水文学的経験は、今後の激しい都市化によって同様な経験に遭遇するであろう東アジア、さらにはアジア・モンスーン全域に対し、有用なノウハウとなるであろう。

元来、水と人間の関係は、その技術的側面に限っても、常に変化する無数の要因に支配されて展開し、その予測は容易でない。この場合、類似と思われる先例を知ることの価値は大きいと思われる。日本での水文経験のうち、好ましからざるもの回避し、日本での成功例を効率的に採用して、それぞれの地域ごとに、適切な水循環を保全し、あるいは創生することをわれわれは強く希望する。

謝 辞：本稿に盛られた内容は、著者が1979年6月以降、たびたび訪れた中国の多くの河川技術者、ならびに1987年12月7日、著者の還暦退官記念事業として

行われたシンポジウム“東アジアの河川と水資源”に際してお招きした、北京、香港、台湾、ソウル、平壤からの友人の方々のご教示、資料提供に基づく点が多い。ここにこれら東アジアの同好の諸士に深く感謝申し上げる。特に中国を代表して来日した婁溥礼さんにはこの数年間多大のご教示を賜わったが、この6月急逝されたことは悲嘆に耐えない。謹んで本稿を、著者の中国の最愛の友人、婁さんに捧げる。

なお、同記念会を組織した、玉井信行実行委員長はじめご協賛頂いた多数の方々にもお礼申し上げる。本稿の冒頭の東アジアの定義などについては、東京都立大学理学部地理学科の松田磐余さんから情報を提供して頂いた。あわせて謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 木内信蔵編：東アジア、世界地理2、朝倉書店、1984.
- 2) 花井重次編：アジア総編、新世界地理2、朝倉書店、1959.
- 3) 畠山久尚編：アジアの気候、世界気候誌1、古今書院、1964.
- 4) Kinoshita, T., Takeuchi, K., Musiake, K. and Ikebuchi, S. : Hydrology of Warm Humid Islands, presented at IHP Working Group meeting in Budapest, 1986.
- 5) 木下武雄：温暖湿润指標を用いた温暖湿润分布、1988年水文・水資源学会研究発表会要旨集.
- 6) UNESCO IHP 8th Session of the Intergovernmental Council, Draft Final Report part 3, Paris, June 1988.
- 7) 虫明功臣：黄河下流の河床上昇と黄土高原からの泥沙流出、中国の河川——海河・黄河をめぐって——訪中レポートNo.3、日本河川開発調査会、1983年2月。
なお、この文献は主として、Holeman, J. N. : The sediment yield of major rivers of the world, Water Resources Research, Vol. 4, No. 4, Aug. 1968. に基づく。
- 8) 福田秀夫・横田周平：黄河治水に関する資料、コロナ社、1941.
- 9) Rivers and Water Resources in East Asia, Proceedings of the Symposium in Celebration of Prof. Yutaka TAKAHASI's Retirement from the University of Tokyo, Dec. 1987.
- 10) 玉城 哲：水の思想、論創社、1979. ほか
(1988.9.24・受付)