

# わが国の水資源に関する気象学的研究

## Meteorological Researches on Water Resources in Japan

河村 武\*

Takeshi KAWAMURA

### I まえがき

1972年の国連人間環境会議の前後から、気象学の研究の中でとくに気候の研究が重視されるようになった。この発端になったのは人間活動による不注意な気候改変に関するSMICの報告書である。その後、CO<sub>2</sub>の増加に伴う気候変化の研究をはじめ多くの気候に関する研究が行われるようになった。1979年には、近年の環境問題や異常気候と関連して、国連の世界気象機関(WMO)の総会で世界気候計画

(World Climatic Programme, WCP)が決議された。これに関連して、わが国でも気候変動国際協同研究計画(WCRP)が1987年度から発足した。またこの他に、わが国の気候影響・利用の研究の推進のために、気候影響・利用研究会が1983年に発足しその活動が軌道に乗りつつある。わが国における水資源に関する気象学的研究も、これらの研究組織の研究課題の1つの柱として、今後の発展が期待される。

水資源に関する気象学的研究は、1950年代から1960年代のはじめにかけて、水文気象学として隆盛を極めた時期があった。その後、諸般の事情で往時ほどではなくなったが、気象業務と関連して、天気予報(雨量予報)や防災業務の一部として、また近年は地域住民の生活や産業活動と関連して、水資源関連の研究が着実に進められている。これには、気象衛星やアメダス観測網など近年の気象観測技術や資料面での長足の発展と普及の貢献が大きい。ま

たこれとは別に、コンピュータによるデータ処理技術の進歩に伴って基礎資料の整備が進み、メッシュ気候値を全国的に推算する作業が新たに進められるようになった。

### II わが国における気候影響・ 利用研究会と水資源

気候影響・利用研究会は今後のわが国における水資源に関する気象学的な研究の推進母体として、重要な役割を演じられると思われるので、その概要を述べる。

前述のWCPの中には4本の柱がある。すなわち、WCRP(World Climate Research Programme, 世界気候研究計画)、WCIP(World Climate Impact Studies Programme, 世界気候影響研究計画)、WCAP(World Climate Applications Programme, 世界気候利用計画)、WCDP(World Climate Data Programme, 世界気象データ計画)である。

この4本の柱のうちWCRPの日本における活動は、日本学術会議国際協力事業特別委員会のWCRP分科会(委員長山元龍三郎)および日本学術会議地球物理学研究連絡委員会の中の世界気候小委員会(委員長山元龍三郎)が設置されて具体的な研究計画が検討され、気候変動国際協同研究計画が一昨年8月測地学審議会から関係大臣に建議され、昨年度から実施されている。また、日本のWCDPは気象庁の本来業務に入っている。

しかしながら、WCIP、WCAPに関しては、研究

\*筑波大学地球科学系

者間の連絡経路がなく、国の内外の連絡が十分にとれていなかった。そこで有志が1982年から1983年にかけて4回日本学術会議内において会合した。その結果、独立した研究連絡会のような組織を作る必要があるという結論に達し、1983年10月に気候影響・利用研究会が発足した。会長は吉野正敏筑波大学教授、現在の会員数は300名弱で、気象学・気候学の研究者ばかりでなく、土木・建築・都市計画・農業・水産・医学・経済など広い範囲の研究者や専門家から成り立っている。

気候変動・利用研究会はWCIP、WCAPの国際研究計画に対応する国内組織としての役割を持つので、WCIP、WCAPについて次に簡単に述べる。WCIPは、(a)CO<sub>2</sub>によって引き起こされる気候変化によるインパクトの評価、(b)特に気候変動に弱い食糧系の諸相の決定、(c)WCAPとWCDPから、気候のインパクトを軽減するために諸国家が必要とするものの決定、の3つのテーマからなり第1の優先順位を持つプログラムである。これに続いて第2第3は、気候に敏感な人間活動の他の分野の特定、食糧以外つまりエネルギーや水資源などに及ぼす気候のインパクトの研究である。WCIPの具体的な推進は国連環境計画(United Nations Environmental Programme: UNEP)があたっている。UNEPが考えているWCIPの中の細かい研究分野は次のとおりである。

1. 気候変動と気候変化の直接の影響
  - 1.1 地中の水、海水、海洋、海中生物に及ぼす影響
  - 1.2 淡水の生態系と水供給に及ぼす影響
  - 1.3 農業生産と気候との関係、作物・種・植物に及ぼす気候の影響
  - 1.4 変化のきざしに対する生物学的なモニタリング
  - 1.5 自然生態系と野生生物へのインパクト
2. 人間と社会に及ぼす影響の研究
  - 2.1 水資源・温度・土壌資源における変化の経済的社会的影響
  - 2.2 食物生産や水産物収穫における変化の経済的社会的影響

- 2.3 健康と気候の関係
- 2.4 過去の気候変化への社会的インパクト
- 2.5 最近の気候変化の原因の分析
- 2.6 気候変化の経済的地政学的関連
3. 影響の反応に関する研究
  - 3.1 気候変化の影響に対する防御対策、治療対策、適応対策、磨耗対策
  - 3.2 気候変化に対する社会の反応
  - 3.3 気候変化に対する政府または政府間反応
  - 3.4 危険の受け取り方、情報、政策決定の研究
4. 気候影響研究(WCIP)に関連した他の研究
  - 4.1 ありうべき将来の気候研究…気候シナリオ
  - 4.2 大気中のCO<sub>2</sub>の増加のインパクトの研究
  - 4.3 昔の気候変化と変動の研究
  - 4.4 気候変動のモニタリング
  - 4.5 方法論の研究

1982年4月、UNEPは気候と食糧、気候と水、気候とエネルギー、そして気候予報と気候に及ぼす人間の影響についての研究を最優先することを決めた。従ってWCIPとの関係においては、次のとおりとなる。「気候/食糧」では気候の変動に対する食糧系のひよわさを軽減することと、食糧生産と自然生態系に及ぼす気候変動との影響を評価することである。「気候/水」では水資源と海水準に及ぼす気候変動と変化の影響を評価する。「気候/エネルギー」では燃料木、森林、エネルギー消費に及ぼす気候変動と変化の影響を評価する。

WCAPはそれぞれのメンバー国の国の気候計画を推進するための支持プログラムとみることができる。1982年に科学技術諮問委員会(Science and Technology Advisory Committee: STAC)と気候応用気象委員会(CCAM)がWCAPについての当面の目標を決めた。すなわち、WCAPの中には食糧、水、エネルギーの3本の柱がある。このうちの水について述べると、以下のとおりであり、水文学・水資源に関連する省庁やCHy(Committee on Hydrology: WMOの水文学委員会)との関連が強い。

1. 水文学的データを利用した気候変動度の研究
2. 水循環のモデリング
3. 水資源システムの活用における気候予報と情報の利用

4. 水資源のリストとそのデータ
5. 水資源に及ぼす気候変動の影響の研究

気候影響・利用研究会は、WCIP、WCAPに関連する研究・調査に必要な活動を行うことが会の主要な目的で、年におおむね2回、研究会やシンポジウムを開催するなどの活動を行っている。気候影響・利用研究会では、会員や関係があると思われる学術組織や研究グループに対するアンケート調査を実施し、WCIP、WCAPのナショナルプログラムを作成した。その中で、水資源に関しては気候変化と関連して、次の6項目の研究テーマが、マクロスケール、ローカルスケールの双方について極めて重要であるとしている。

1. 水収支：日本では色々なスケールの研究があるが、とくに都市化のような人間のインパクトによる水収支の変化が重要である。
2. 降雪と積雪の変化：大気循環と気温の変化が山地の降雪や積雪に及ぼす影響
3. 農業と水資源：世界的スケールと日本国内スケールの双方とも気候変化が食糧生産に及ぼす影響
4. 都市化と水資源：都市化がその地域の水収支や流出に及ぼす影響
5. 水不足や河川の洪水などの気象災害
6. 森林破壊と砂漠化：とくにマクロスケールで重要

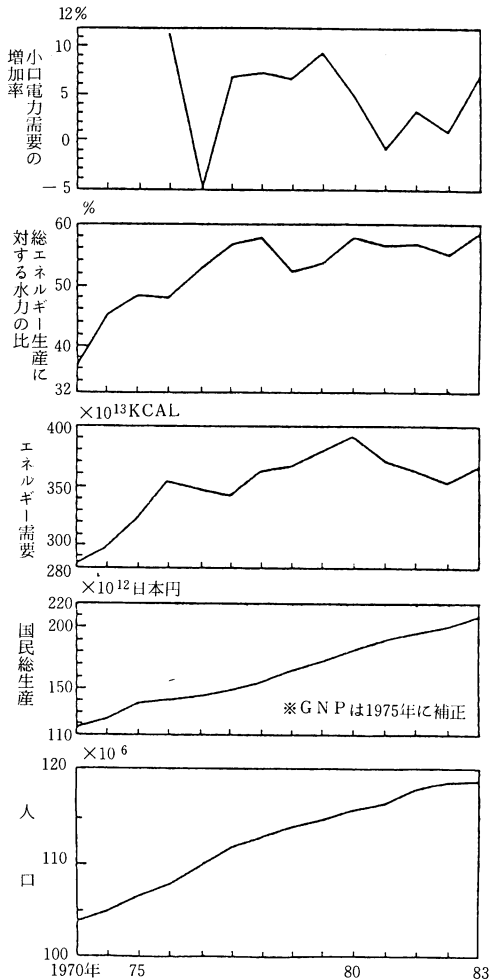
これらは現在水資源に関連してわが国の気象学関係者が強い関心を抱いている課題であり、この中にはこれまでに研究が続けられてきたものもあれば、今後の研究に待つものもある。

### III 気候変動と水資源

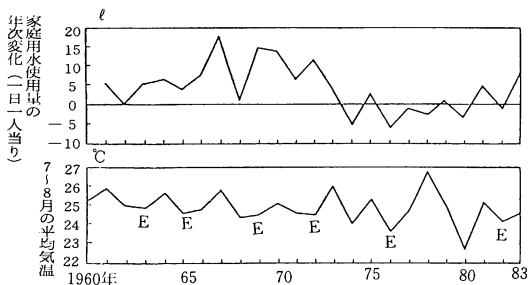
気候変化あるいは気候変動の研究にはいろいろな時間スケールのものがある。このうち小氷期など数百年を対象とする研究では、気候の実態を明らかにする気候復元の研究が、古日記などの史料の精力的な整理によって、わが国でも江戸時代まではかなり

進んだ(例えば吉村, 1986)。近年とくに関心を持たれているCO<sub>2</sub>の増加に伴う気候変化については、1985年にオーストリアのフィルラッハで国際会議が開かれ、このままの割合でCO<sub>2</sub>の増加が続けば他のグリーンハウス・ガスの影響が加わると2030年には産業革命前のCO<sub>2</sub>濃度の2倍の温室効果が予想され、全地球の平均地上気温は1.5°~4.5°Cの上昇になるというショッキングな結論が出された。これによって生じる水資源などの水文環境に及ぼす影響については、今後の研究にまたなければならないが、その第一歩として、吉野正敏を中心とする研究グループが“来る21世紀の気候変動とわが国の食糧・エネルギー・水に関する研究”を開始した。

気候変動の研究は、国内国外とも多くの研究者によっておこなわれているが、その多くは、過去100年以内の気候資料や気象観測資料にもとづく比較的短期間の気候変動を対象とするものである。このうち最近の注目される研究の例を挙げてみると、(1)気候値がある時期に不連続的に変化する気候ジャンプ、(2)数年に1回の割合でペルー沖から日付変更線付近にかけての赤道沿いの海水温が上昇し、1年くらい続くエルニーニョ現象の影響、(3)熱帯から温帯にかけて広い地域にわたって雲量や降水量などにみられる30~60日周期の変動(季節内変動)などがある。(1)は山元龍三郎らがいろいろな地域の気候要素の長期にわたる時系列に見られることを指摘している。詳しい説明は今後の問題であるが、長期の水資源の開発利用計画には重要であろう。(2)は、最近異常気象の発生と関連して注目をあびている問題である。たとえば、吉野・安成(1986)は、1982年~83年のエルニーニョを中心とした期間における日本の異常天候とその日本の社会・経済に及ぼした影響を調べた中で次のように述べている。(1)冷湿な(暖乾の)夏は、活発な(弱い)梅雨前線活動によってもたらされ、これはエルニーニョ(反エルニーニョ)と密接に関連している。西日本および中央日本の気温偏差は西部赤道太平洋の海面水温(SST)と相関が高い。(2)寒い(暖かい)冬は、反エルニーニョ(エルニーニョ)と関連している。1983/84年の寒い冬は西部赤道太平洋の反エルニーニョと直接結びつけるこ



第1図 日本における人口・GNP・エネルギー需要・水力生産・電力需要などの1970～1983年の変化(吉野・安成(1986)による)



第2図 1960～1983年の夏の気温と水の使用量の変化(吉野・安成(1986)による)

第1表 顕著なエルニーニョ年と梅雨

年	大 雨
1957	諫 早 豪 雨
1965	北 陸 豪 雨
1972	47・7 豪 雨
1982	長 崎 豪 雨
1983	山 陰 豪 雨

第2表 顕著なエルニーニョ年と梅雨明けの日(8月の平均)

	福岡	大阪	東京
暖水温年 (エルニーニョ)	7月 21.4日	22.3	25.0
冷水温年	13.0	12.1	12.6
平 年	18	17	18

第3表 顕著なエルニーニョ年と梅雨量

	福岡	大阪	東京	新潟	仙台
暖水温年 (エルニーニョ)	ミリ 700	457	322	262	248
冷水温年	329	288	173	247	171
平 年	509	377	255	270	246

第1表～3表は朝倉(1985)による

とができる。(3)エルニーニョの年には梅雨前線が活発となり、降雨量が多く、それに伴う災害が多く発生する。(4)エネルギー需要は1982年には極小を示している。小口電力需要の増加率、総エネルギー生産に対する水力比も1982年に極小を示している(第1図に示すとおりである)。(5)年平均家庭用水使用量も1982年に極小を示す(第2図)。しかし、小口電力需要の増加率にも現れていたが、1980年にも極小がある。この年も冷夏であったが、エルニーニョとは結びつかない。

なお、梅雨は北海道を除くわが国の水資源にとって重要であるが、降水量だけでなく梅雨の時期にも関係がある(第1表、第2表、第3表)。この原因について朝倉(1985)は、「エルニーニョ現象が発生すると、赤道太平洋の水温が例年に比べ東部では高く、西部では低くなることに関係がある。水温の高い東

部では赤道大気が暖められて、強い上昇気流が発生する。西部では水温が低く、上昇気流が弱いので太平洋高気圧が弱い。日本からみると、太平洋高気圧はるか東方で発達し日本への張り出しが弱い。そのため、梅雨前線が日本付近に長く停滞する。また、数値シミュレーションの結果によると、そのような時オホーツク海高気圧が発達する。」と述べている。

また冬の日本海側の積雪量の変動も、降雪分布の主成分分析の結果を大気大循環場と比較すると、半球規模の気圧配置と関係がありエルニーニョとの対応が見られるなど(杉山ほか, 1987), 今後の研究によって解明される問題が多いと思われる。

たとえば、冬期の降水量変動の地域性を見るために低温期(1901~1920年)と高温期(1941~1960年)の12月から2月までの平均降水量の比の分布図を作ってみた。とくに注目すべき点は、日本海側と太平洋側とで変化傾向が逆なことである。日本海側では低温期よりも高温期が降水量が増加するが、太平洋側では逆である(河村1988)。これまでの研究によると日本海側では冬の降水量は寒冬年に多く暖冬年に少ないと言われている。積雪についても同様である(野呂1968)。個々の年についても同様のことが言えるが、5年平均値以上の長期変動については両者の関係が逆転することがわかった。このような現象は気候変動にかかわる水資源問題には重要である。

#### IV 水資源に関する気象学の応用研究と

##### 今後の課題

水資源に関係する気象学の研究は以前から多数あるが、近年気象情報に対する社会的ニーズがきめ細かくなってきたために、その基礎となる調査研究もそれに対応する要請が強くなった。この傾向は気象業務の現場に直結する調査研究に端的にあらわれている。天気予報も細分化された地域について短時間予報が要求されるようになって、これに対処するために気象レーダーのデータのデジタル処理とアメダスの観測資料とを組み合わせ実況図を作成し、運動学的な外挿をして数時間先の降水量分布を予測する手法が開発された。これによって大雨や洪水注意報の発令基準の再検討と地域細分が行われた。これらの研究はダムコントロールに利用され水資源の確保と

有効利用に役立つ(竹村1987)。このほか気象の現場で行われている多くの実用的な調査研究が集積され、より有効に活用されるような努力が必要であろう。応用気象学の研究の活性化が望まれる。

今後大都市圏への人口集中や、生活様式や住居の変化に伴って水資源の重要性はますます増大すると思われる。水資源の開発・利用の基礎資料としての降水量や蒸発散量の精密な分布図の作成やその方法の開発は、地味ではあるが、重要な調査研究の課題である。岡村敏夫ら(1987)のメッシュ降水量気候値はその最近の成果の1つである。この調査は、日本全国を1km四方のメッシュに区分して月降水量および年降水量の平年値を多変量解析法で推定したもので、大変貴重な成果といえる。この資料を用いて日本全国の平均降水量を求めると約1890mmとなり、これまで言われていたものよりもかなり多い。降雪量などについてもこの種の基礎資料が速やかに充実整備されることが望まれる。また平均値ばかりでなく、変動量などの詳しい資料も必要であろう。

広域の蒸発散量の精度の良い推定は、降水量とは異なる意味で重要である。最近、人工衛星や航空機などからのリモートセンシング資料を使って推定をする新しい方法が開発されつつある(Kotoda, 1986)。こうした新しい視点からの研究も重要である。

#### 文 献

- 朝倉 正(1985): 気候変動と人間社会, 岩波書店, 214p.  
岡村敏夫(1987): メッシュ気候値, 天気, **34**, 157-174.  
河村 武(1988): 気候変動と水資源, 気象研究ノート(162) 185-195.  
杉山貴子・安成哲三・河村 武(1987): 日本の降雪分布パターンと大気循環, 日本地理学会予稿集, **31**, 128-129.  
竹村行雄(1987): 雨の短期予報, 天気, **34**, 229-238.  
野呂恒夫(1968): 新潟県における雪の気候学的研究(第4報) 研究時報, **20**, 71-85.  
吉野正敏(1984): 気候影響・利用研究会—日本のWCIP・WCAPに関連して, 気候影響・利用研究会会報, **(1)**, 1-4.

吉野正敏 (1986) : WCIPの最近の動向—1985年10月  
～1986年6月—, 気候変動・利用研究会会報, (3),  
7—10.

吉野正敏・安成哲三 (1986) : 1982—3年のエルニーニョ  
を中心とした期間における日本の異常天候とその日  
本の社会・経済に及ぼした影響, 気候影響・利用研究  
会会報, (3), 22—23.

吉村 稔 (1986) : 江戸時代の気候の復元, 河村武編, 気

候変動の周期性と季節性, 古今書院, 226—243.

Japanese Study Group for the WCIP and WCAP  
(1986) : National climate impact studies pro-  
gramme and climate applications programme of  
Japan.気候影響・利用研究会会報, (3), 1—6.

Kotoda, K. (1986) : Estimation of river basin  
evapotranspiration. Environmental Research Cen-  
ter Papers, No. 8. 66p.