

長期観測資料に基づいた温暖化の水資源への影響評価について

Estimation of Probable Effects of Grobal Warming
on Water Resources in Japan Based on Long-term
Meteorological Data Analysis

盛谷明弘*・丹羽 薫**

By Akihiro MORITANI and Kaoru NIWA

To estimate probable effects of grobal warming on water resources in Japan, long-term monthly data of temperature, precipitation and depth of snow cover are collected and analysed. Characteristics of precipitation in the period from May to September in defferent regions are compared over the cold decate and the warm decade. The relation between tempreture and yearly maximum depth of snow cover in the snowy regions is also investigated. The results show that drought in summer might become severe and snowmelt water might decrease with grobal warming.

Keyword: grobal warming, water resources, precipitation, snow

1. はじめに

二酸化炭素などの温室効果ガスの増加による地球温暖化の全地球的な規模の影響評価については、GCMによる計算結果から気温の上昇量や降水量の地域分布の変化の予測がなされている¹⁾²⁾。しかし、日本の個別の河川流域のような狭い地域での、水循環機構や水資源への影響までは予測ができていないのが現状である。筆者らは、地球温暖化が治水・利水の両面から河川計画へ及ぼす影響を把握するために、降水特性の気温の上昇にともなう変化について検討を行っており、寒冷な時期と温暖な時期との降水特性を比較した結果については既に一部を報告したところである³⁾。

過去の天気図に基づいて出現する気圧配置型の頻度を整理し、寒冷期・温暖期・変動期での気候特性を比較した研究⁴⁾によれば、温暖期には梅雨末期の夏型の出現状況の変動が大きく、3月から11月の間の高気圧型の出現頻度が高いとされている。この研究や前報での結果を勘案すると、温暖な時期には水需要の多い暖候期の降水の変動が大きくなるものと考えられ、水資源の確保という点からは問題となると思われる。

一方、雪は重要な水資源であり、冬季の降雪が積雪として流域に残り、気温の上昇に従って融雪流出が始まるという特性を有する。よって、融雪の開始時期とその時点での流域内の積雪量とが、雪の水資源としての利用可能性に関係することになる。融雪の開始時期と積雪量は気温に影響をうけると考えられ、地球温暖

* 正会員 工修 建設省土木研究所水資源開発研究室
(〒305 茨城県つくば市大字旭1)

** 正会員 工修 建設省土木研究所水資源開発研究室長(同上)

化にともなって降雪量・積雪量の減少や融雪の早期化が予想される。

そこで本研究では、候時期について既往の観測資料に基づいて寒冷な時期と温暖な時期との降水特性を比較するとともに、積雪深の観測資料を用いて気温と積雪の状況との関係を整理し、地球温暖化が水資源に及ぼす影響について考察を加えた。なお、水資源計画においては原則として10カ年第一位相当の渇水年が計画の基準とされているため、本研究においては10年間を検討の単位として用いることとした。

2. 年平均気温と年降水量との関係の整理

2. 1 全国年平均気温及びブロック別降水量の整理

検討の対象とした気温及び降水量は、表-1に示す59地点での観測資料である。これらの地点は、前報³⁾で用いた気温及び降水量の観測地点について、観測期間の比較的短い地点を付近の長期間の観測が行われている地点に変更したものである。このうち、全国年平均気温の算定に用いた資料は表-1中の46地点における月平均気温で、資料期間は各地点の観測開始から1989年までである。この46地点での月平均気温の単純平均値から求めた全国年平均気温及び10年移動平均値の経年変化は、図-1に示すようになった。さらに、59地点での観測開始から1989年までの月降水量資料を収集し、全国を表-1に示すように10個のブロックに分割した上で、各地点の月降水量資料を用いてブロック別の平均月降水量資料として整理した。

2. 2 全国年平均気温とブロック別年降水量との関係の整理

2. 1の整理により得られた100年程度の期間の気温及び降水量資料を用いて、気温と降水量との間の関係の概略を把握するための検討を以下に行った。

まず、資料期間を1890～1989年の100年間として10年毎に分割し、それぞれの期間について全国年平均気温の平均値並びにブロック毎の年降水量の平均値・最小値を求めた。次に、期間の平均気温とブロック毎の

表-1 気温及び降水量資料収集地点一覧

ブロック	観測地点（下線は降水量資料のみ収集した地点）
北海道	旭川、網走、札幌、帯広、根室、寿都、函館
東北	青森、秋田、宮古、山形、石巻、福島
関東	宇都宮、前橋、熊谷、水戸、甲府、銚子、東京、横浜
北陸	新潟、金沢、伏木、長野、松本、飯田
中部	高山、岐阜、名古屋、津、浜松
近畿	福井、京都、彦根、神戸、大阪、和歌山、敦賀
中国	境、浜田、下関、広島、岡山
四国	松山、高知、徳島、多度津
九州	厳原、福岡、佐賀、大分、長崎、熊本、鹿児島、宮崎、名瀬
沖縄	石垣島、那覇

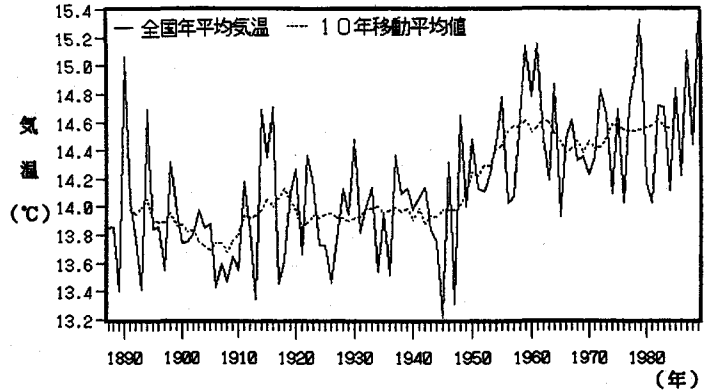


図-1 全国年平均気温の経年変化

表-2 期間の平均気温と期間平均年降水量及び期間最小年降水量との相関係数一覧

ブロック	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
平均年降水量	0.12	-0.52	-0.60	-0.01	-0.27	0.22	0.42	-0.26	0.04	-0.32
最小年降水量	-0.12	-0.35	-0.22	-0.34	-0.24	-0.05	-0.13	0.01	0.14	-0.43

期間平均年降水量及び期間最小年降水量との相関係数を求めたところ、表-2に示すようになった。

表よりわかるように相関係数の絶対値は小さいものの、年降水量の期間平均値の場合は10ブロック中6ブロックで、また期間最小値の場合は10ブロック中8ブロックで相関係数が負の値となっている。降水量に影響を与える要因は気温だけではないが、平均気温の高い期間では降水量、特に最小降水量が減少する傾向が見られるといえる。

3. 寒冷な時期と温暖な時期との暖候期の降水特性の比較

3. 1 暖候期の降水特性の評価手法

2. 2で述べたように、100年間の資料を整理した結果からは、平均気温が高い期間では最小降水量が減少する傾向が見られた。そこで、気温の影響が最も卓越すると考えられる寒冷な時期と温暖な時期とを資料期間より抽出し、それぞれの降水特性について比較検討を試みる。

前報³⁾では、寒冷な時期と温暖な時期とで60日及び90日の連続降水量の最小値を比較すると、温暖な時期の方が小さく、温暖な時期では長期間の少雨傾向が見られることを示した。ここで、水需要は1年周期で大きく変動するため、少雨も発生する時期に応じて渇水としての影響が異なるものとなる。しかし、前報では期間を限定せずに連続降水量の最小値を求めたため、渇水を表現する指標としての性格が明確ではなかった。

ここではブロック別の平均月降水量を用いて、一般に水需要の最も多い暖候期について、寒冷な時期と温暖な時期とで降水特性の比較を行った結果について述べる。寒冷な時期と温暖な時期としては、前報³⁾と同様に1901~1910年を寒冷な時期、1958~1967年を温暖な時期とする。2. 1で求めた全国年平均気温では、それぞれの期間平均値は13.70℃と14.63℃である。

降水量資料の検討期間としては、5~9月の5カ月を対象とする。夏季に発生した既往の渇水時の降水量の変化を見ると、空梅雨から夏季の好天が続いて渇水となり、台風等の秋季の大雨で解消される例が多く見られる。このように、

5~9月の総降水量だけではなく、前半の梅雨期にどれだけの降水量があるかが、渇水に関する降水特性の整理として重要であると考えられる。よって、降水量資料の整理は5~9月の他に5~7月・8~9月の合わせて3つの期間について行った。

3. 2 寒冷な時期と温暖な時期との比較の結果

3. 1で述べた3つの期間のそれぞれについて、寒冷な時期と温暖な時期とでの10年間の平均降水量を比較す

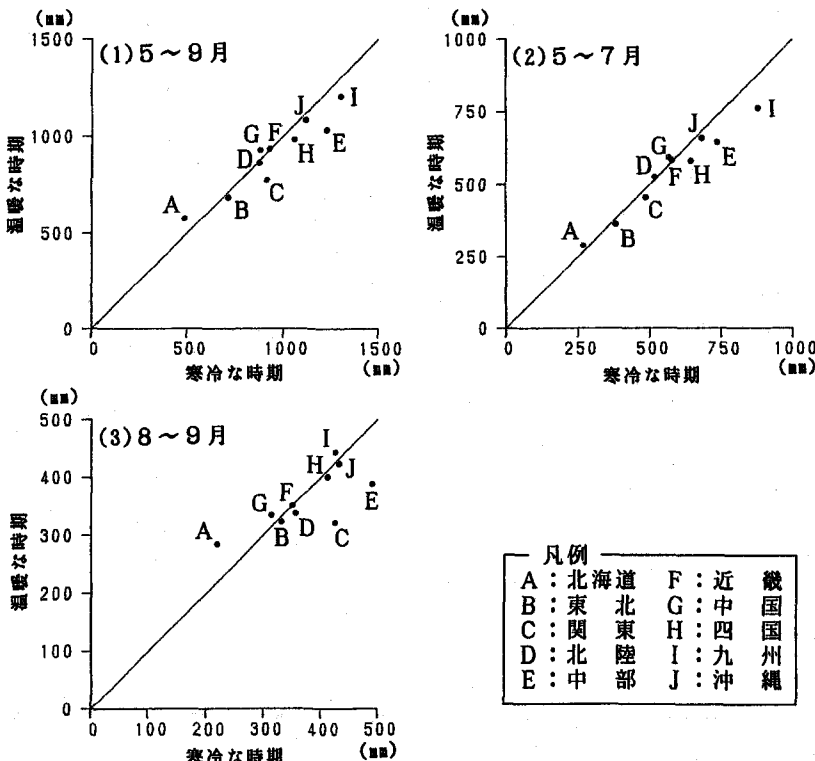
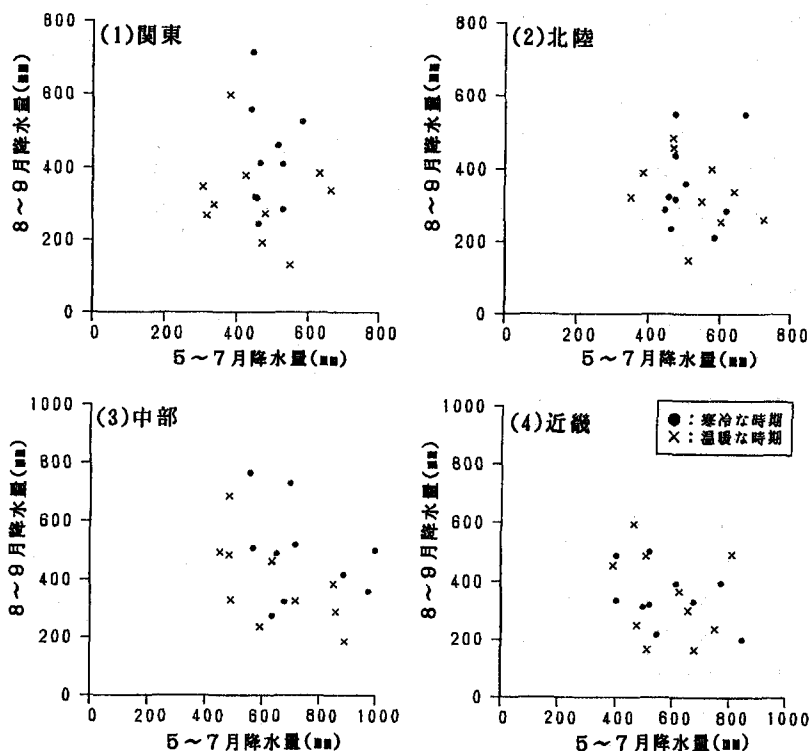
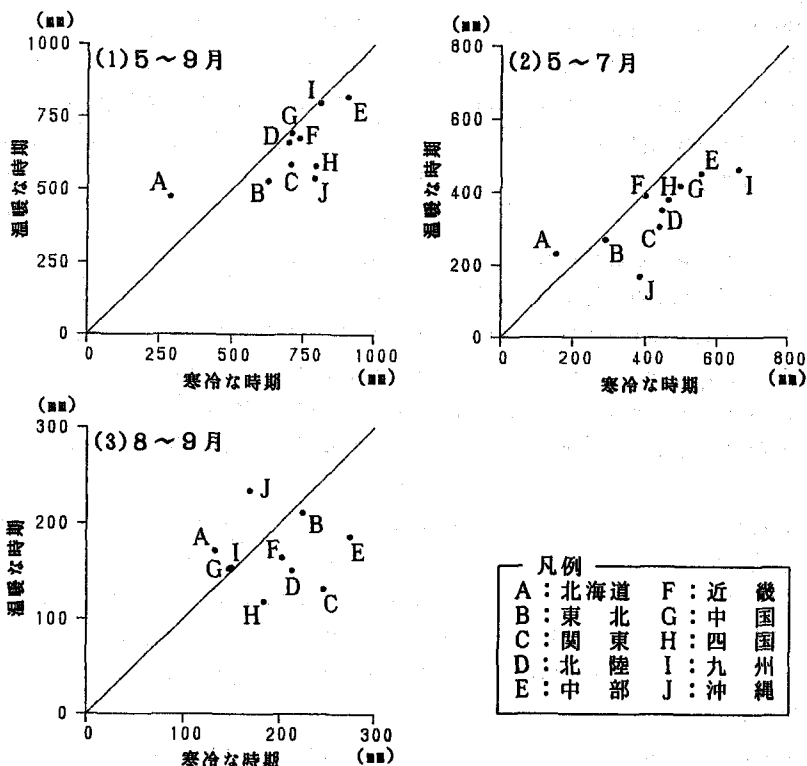


図-2 寒冷な時期と温暖な時期との期間平均降水量の比較

ると、図-2のようになる。図よりわかるように、3つの期間とも寒冷な時期と温暖な時期とではブロック毎の平均降水量はほぼ等しいことがわかる。同様に、3つの期間について寒冷な時期と温暖な時期とでの10年間の最小降水量を比較すると、図-3のようになる。この場合には、北海道を除く9ブロックでは5～9月と5～7月は温暖な時期の値が小さく、8～9月も温暖な時期の値が小さい例が10ブロック中6ブロックに見られる。

このように、降水量の平均値を比較すると寒冷な時期と温暖な時期との相違は小さいが、5～9月全体及び5～7月の降水量の最小値は温暖な時期の方が小さいブロックがほとんどである。このことから、温暖な時期には5～9月の期間に渇水が発生しやすい降水特性が見られるといえることができる。

また、5～7月の期間中の降水量が少ない場合に、さらに8～9月の降水量が多いか少ないかが渇水の規模に影響する。そこで、寒冷な時期と温暖な時期のそれぞれについて、



5～7月と8～9月との降水量の関係を整理した。

関東、北陸、中部、近畿の4ブロックについて整理した例を示すと図-4のようになる。ここに示した図からは、温暖な時期で5～7月の降水量と8～9月の降水量とが同時に少なくなり、渇水の規模が大きくなる傾向を示す例が多いことがわかる。残り

表-3 積雪深資料収集地点一覧

の6ブロックについても同様の整理を行うと、北海道以外の他の5ブロックでも同様に温暖な時期には渇水の規模が大きくなる傾向を示すことがわかる。

4. 積雪の状況と気温との関係の検討

4.1 積雪深の観測資料の収集と整理

積雪深の観測資料の収集対象地点及び期間は、表-3に示す通りであり、前年の11月から4月までの月最大積雪深を収集の対象とした。ただし、資料数等を勘案して以下の検討の対象期間は1931～1990年の60年間とした。整理に用いた指標としては、融雪の開始時にどれだけの積雪が流域にあるかが水資源としての利用可能性に関係してくるため、各年の最大積雪深及びその生起月をとった。年最大積雪深については、各地点毎に1951～1980年の年最大積雪深の平均値を求めて、この平均値に対する比（以下では年最大積雪深比と呼ぶ）として整理した。年最大積雪深の生起月については、各地点毎に1951～1980年の生起月の最頻値を求めて、この最頻値からの偏差として整理した。また、表-3中に示した16地点については前年の12月～2月の月平均気温から3カ月の平均気温を求め、その全地点の

	観測地点	標高 (m)	収集開 始年		観測地点	標高 (m)	収集開 始年	
北海道	美深	77	1930		水上	520	1950	
	月形	50	1940		草津	1230	1931	
	札幌	17	1878		新潟	2	1895	
	倶知安	174	1950		長岡	23	1905	
東	青森	3	1893	北	入広瀬	230	1940	
	弘前	30	1935		高田	13	1913	
	休屋	405	1935		飯山	313	1930	
	岩見三内	55	1936		長野	418	1915	
	秋田	9	1899		白馬	703	1950	
	角館	56	1936		富山	9	1940	
	横手	75	1936		陸	伏木	12	1909
	鶴岡	16	1930		砺波	58	1955	
	新庄	105	1930		七尾	14	1934	
	楯岡	100	1930		金沢	26	1904	
北	山形	153	1894		鳥越	180	1930	
	盛岡	155	1923		福井	9	1901	
	雫石	208	1930		大野	175	1911	
	湯田	250	1930		高山	560	1901	
	福島	67	1915		白川	478	1930	
	喜多方	212	1930		畿	木之元	107	1940
	若松	212	1930		彦根	87	1910	
	田島	570	1930					

注) 標高はアメダス観測地点の値
下線は冬季平均気温算定に用いた地点

平均値を冬季平均気温として、気温の指標として用いた。

4.2 気温と年最大積雪深及びその生起月との関係

冬季平均気温と年最大積雪深比の全地点平均値の関係を整理すると図-5のようになり、両者の間には相関係数が-0.788と負の相関が見られることがわかる。また、1931年からの10年毎の平均値同士を整理した場合にも、同様に負の相関が見られた。

次に、年最大積雪深の生起が1951～1980年の最頻値より早い地点数の全観測地点数に対する比率と、冬季平均気温との関係を整理すると図-6のようになる。図よりわかるように両者の間には相関係数が0.386となるように弱い正の相関が見られることがわかる。4.1で述べたように年最大積雪深の生起については月単位というかなり粗い時間単位を用いていることを考慮すると、冬

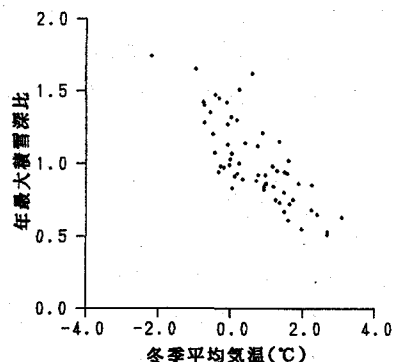


図-5 冬季平均気温と年最大積雪深比との関係

季の平均気温が高い時期には融雪の早期化傾向が見られるといえる。

4. 3 寒冷な時期と温暖な時期との年最大積雪深の比較

2. 1 で求めた全国平均気温からは、1931年以降で最も寒冷な10年間は1938～1947年で期間の平均気温は13.88℃である。そこで、この10年間で2. 3 で整理した温暖な10年間との積雪状況の比較を行った。まず、年最大積雪深比の全地点平均の10年平均値を比較すると、寒冷な時期が1.23、温暖な時期が0.99となった。また、年最大積雪深比の全地点平均の10年最小値を比較すると、寒冷な時期が0.73、温暖な時期が0.67となった。このように、平均値と最小値のいずれも温暖な時期が小さい結果となった。さらに、全地点を4つのブロックに分けて同様の整理を行った結果は図-7のようになった。図からは、北海道を除く3つのブロックでは年最大積雪深比の10年間の平均値・最小値とも温暖な時期が寒冷な時期より小さいことがわかる。

5. まとめ

3. で述べたように、寒冷な時期と温暖な時期とで暖候期の降水量を比較したところ、平均降水量はほぼ等しいのに対して、最小降水量については温暖な時期の方が小さい結果が得られた。特に、暖候期の前半の概ね梅雨期に相当する時期の降水量については、北海道を除く9ブロックで温暖な時期の最小降水量が小さくなる結果となった。よって、温暖化の進行により暖候期前半の降水量の年毎の変動が大きくなり、暖候期の渇水の頻度や規模の増加が予想され、水資源確保上の問題となると考えられる。

4. で述べたように、気温の上昇により最大積雪深は小さくなり、水資源として利用可能な融雪水の量が減少することが予想される。このことは、各年で比較した場合だけではなく、寒冷な10年間と温暖な10年間とを比較した結果からも認められる。また、気温の高い時期の融雪の早期化傾向も認められることから、融雪流出の量だけではなく、時期の変化も予想される。よって、春季の水資源を融雪水に依存している地域では、温暖化により水資源計画の見直しが必要となる可能性がある。

今後は、河川流域の水文循環モデルを用いた河川流況の変化としての温暖化の影響の評価に、以上の成果を反映させる手法について検討を進めることとしたい。

参考文献

- 1) 気象庁編：『異常気象レポート' 89』、大蔵省印刷局、433p.、1989.
- 2) 気象庁編：『温室効果気体の増加に伴う気候変化(Ⅱ)』、大蔵省印刷局、231p.、1990.
- 3) 吉野文雄・丹羽 薫・石井典夫・盛谷明弘：『寒冷な時期と温暖な時期との降雨特性の比較検討』、水文・水資源学会1990年研究発表会要旨集、pp.128-131、1990.
- 4) 山川修治：『20世紀の寒冷期・温暖期・変動期における東アジア地上気圧配置の季節内変動と特異性』、地学雑誌、Vol.98、No.7、pp.833-852、1989.

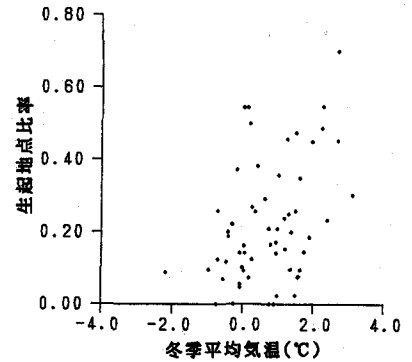
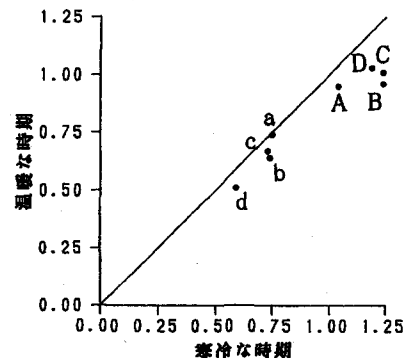


図-6 冬季平均気温と年最大積雪深の生起が最頻値より早い地点比率との関係



ブロック	北海道	東北	北陸	近畿
平均値	A	B	C	D
最小値	a	b	c	d

図-7 寒冷な時期と温暖な時期との積雪状況の比較