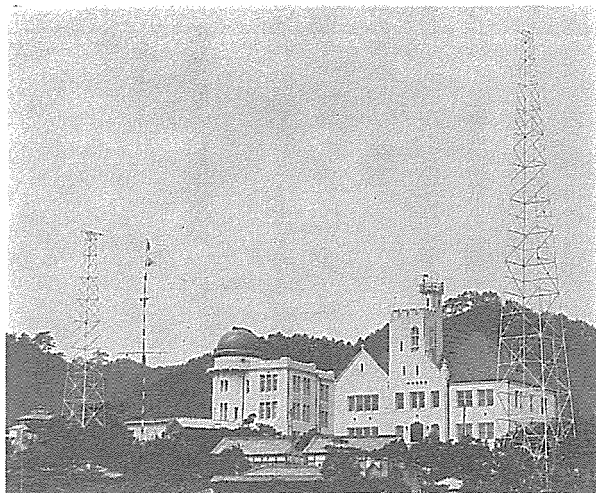


第五章 神戸の気候・水・大気



大正12年ごろの神戸海洋気象台

第一節 市域の気象特性の概観

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

第三節 水質・大気・地下水

第一節 市域の気象特性の概観

1 神戸の気候と気象観測

気象の地 神戸市はわが国としては比較的、雨の少ない瀬戸内気候帯に属し、気候は温和で海も山も市域特性 の中にあり、自然に恵まれた良い環境にある。気候の特徴からみると神戸市域は

- ① 六甲山南麓の市街地(市街地)
- ② 六甲山地と丹生・帝釈山地(六甲・丹生山地)
- ③ 六甲山北側丘陵の北神地域(北神地域)
- ④ 明石川水系の西神丘陵地(西神丘陵地)

に分類することができる。一四〇万市民の三八％が住み、工業生産額の六四％を占める市街地の気候を代表する気象観測点である神戸海洋気象台と、その他の地域を代表する観測地点として甲種区内観測所一五地点の累年観測表を表36、37に、また、それらの観測所の位置を図73に示す。

神戸市の気候は六甲山地によって著しい影響を受ける。南側の市街地は、背山が冬の季節風を遮断し、ま

第一節 市域の気象特性の概観

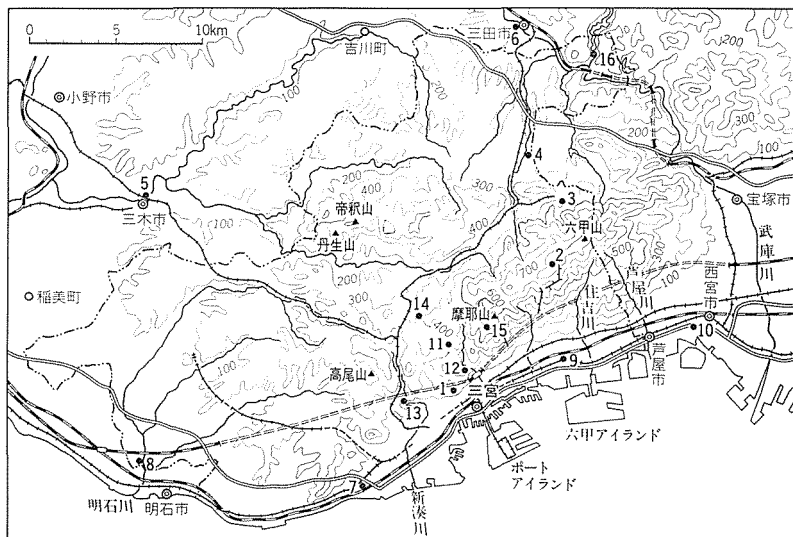


図 73 気象観測地点

た南面する斜面は日照効果も良く年間を通じて、ほぼ温暖な気候であり、絶好の住宅地や産業地となっている。この地域の気温に関する経年変化の大きな特徴として昭和二十年（一九四五）から三十年にかけての冬季最低気温のかなり著しい上昇がある。これは戦後復興期での都市熱の増大が寄与しているものと考えられる。風についての長期にわたる資料は海洋気象台しかないが、これによると全年を通じて北東と北北東の風が卓越し（発生率各一四％）、西の風がこれに次ぐ（同一％）。一〇メートル／秒以上の強風は西北西の風が最も多く、これは冬季の季節風が六甲山地に平行して吹くことによる。また、台風が熊野灘を北東進する時には、強い北風が六甲山地から市街地に向けて吹き下ろすことがある。これを「六甲おろし」と呼び、風速は三〇メートル／秒を超える時もある。市街地では強い南風が吹くことはまれで、これは六甲山地の影響で南風の強風帯が

表 36 気象観測地等の一覧

	観 測 地	標 高 メートル	観測期間西暦年	年数	略 称
(1)	神戸海洋気象台	59	1901～1985	85	気象台
(2)	六甲高山植物園	865	1941～1978	38	六甲山
(3)	有馬尋常高等小学校	380	1900～1950	51	有 馬
(4)	神戸市北部指導農場	220	1951～1978	28	有 野
(5)	三樹小学校	40	1900～1977	78	三 木
(6)	有馬高等学校	157	1900～1950	51	三 田
(7)	須磨尋常高等小学校	13	1911～1939	29	須 磨
(8)	兵庫県農業試験場	6	1900～1977	78	明 石
(9)	武庫郡役場(御影)	平地	1907～1945	39	御 影
(10)	西宮市立西宮高等学校	2	1900～1971	72	西 宮
(11)	再度山神戸市水道事務所	385	1903～1944	42	再度山
(12)	布引谷神戸市水道事務所	212	1903～1944	42	布 引
(13)	鳥 原神戸市水道事務所	71	1903～1944	42	鳥 原
(14)	小 部神戸市水道事務所	320	1903～1944	42	小 部
(15)	摩耶山神戸市水道事務所	600	1903～1944	42	摩耶山
(16)	千 苅神戸市水道事務所	142	1919～1944	26	千 苅

(注) 観測地名、標高等は神戸海洋気象台原簿記載の通りとする。

上空に持ち上げられるためである。しかし、この時でも海上では強い南風(方言で「マゼ」という)が吹き高波が沿岸を襲うことがある。

六甲山地の北側山麓に続く丘陵地は標高二〇メートル以上であって、この地域は北神地域として発展しつつあるが、市街地とは異なる気候を示す。これら北側丘陵地は自然に恵まれた良好な住宅地が広がりつつある反面、高度も高く冬季の季節風にもさらされて寒冷であり、夏季は盆地的高温となる特徴をもつ。冬季、北神地域の積雪、道路凍結による交通障害が起きることも少なくない。

西神丘陵地は瀬戸内気候帯に属し、他の地域にくらべ年間を通じて降雨量は少なく、農業用の溜池が多い地域である。一部の海岸に近い地域を除き内陸部は北神地域と似た傾向をもつ。

また、六甲山地は神戸市域にしばしば集中豪

表 37 各地の最高・最低気温、降水量

観測地	1911～1940年統計			1951～1980年統計			各地全観測期間中の極値					
	年平均 最高 気温 (°C)	年平均 最低 気温 (°C)	年 降 水 量 (mm)	年平均 最高 気温 (°C)	年平均 最低 気温 (°C)	年 降 水 量 (mm)	最高気温(°C)		最低気温(°C)		降水量(mm)	
							極値	年 月 日	極値	年 月 日	日極値	年 月 日
気象台	19.6	11.4	1,320	19.7	12.1	1,385	37.6	1914 7 6	-7.2	1981 2 27	319	1967 7 9
六甲山	—	—	—	*14.5	*6.8	*2,132	31.5	1942 7 24	-20.0	1944 2 8	379	1960 7 29
有馬	17.5	8.6	1,647	—	—	—	39.0	1945 9 5	-9.5	1945 2 5	375	1935 7 28
有野	—	—	—	*19.0	*(8.4)	1,572	37.0	1978 7 8. ²⁴ ₂₇	-10.5	1945 2 23	281	1960 7 29
三木	19.9	8.8	1,145	*20.1	*9.4	1,327	38.0	1957 7 3	-12.5	1945 2 5	220	1947 7 9
三田	19.4	8.3	1,302	*19.3	*8.3	*1,399	40.5	1945 7 10	-13.0	1963 1 24	246	1945 10 8
須磨	19.7	11.1	1,136	—	—	—	38.5	1929 7 3	-5.6	1936 1 18	228	1938 7 4
明石	19.1	10.0	1,156	*19.2	*10.4	*1,236	38.8	1922 7 13	-8.8	1963 1 24	173	1965 9 16
御影	20.1	10.8	1,256	—	—	—	39.0	1927 7 21	-8.0	1929 1 24	264	1938 7 4
西宮	20.2	10.9	1,284	*19.7	*11.6	1,406	39.0	1929 7 2	-9.6	1944 1 9	285	1967 7 9
再度山	—	—	1,204	—	—	—	—	—	—	—	332	1938 7 4
布引	—	—	1,242	—	—	—	—	—	—	—	272	1938 7 4
鳥原	—	—	1,283	—	—	—	—	—	—	—	368	1938 7 4
小部	—	—	1,372	—	—	—	—	—	—	—	287	1938 7 4
摩耶山	—	—	1,441	—	—	—	—	—	—	—	376	1938 7 4
千苅	—	—	*1,292	—	—	—	—	—	—	—	161	1938 7 3

(注) *の観測期間は次のとおり。

六甲山；1949～1978年、有野；最高気温1951～1978年、最低気温1950～1970年、三木；最高気温1951～1978年、最低気温1948～1977年、三田；1938～1967年、明石；最高気温は1949～1978年、最低気温1949～1977年、年降水量1950～1979年、西宮；1942～1971年、千苅；年降水量は1919～1944年。

METEOROLOGICAL REPORT,
From September 29th to October 5th, 1869.
（These Observations made at 12 M. daily.）

DATE.	THERMO-METER.	BARO-METER.	WIND.	REMARKS.
Sept. 29	68	30.02	Calm	Drizzly and cloudy.
" 30	76	30.00	N. 2	Overcast.
Oct. 1	74	30.18	S.E. 1	Blue sky.
" 2	74	30.19	N.E. 2	"
" 3	72	30.07	Calm	"
" 4	70	29.92	S.E. 3	Overcast and rainy.
" 5	74	29.75	N.E. 1	Blue sky.

写真 83 『ヒョーゴ・ニュース』に掲載された
気象観測記録(1869年10月6日)

写真 84 マーシャルの観測記録
(神戸海洋気象台蔵)

測史
気象の観

観測が行われたようである。残存している最も古い記録としては神戸発行の英字新聞『ヒョーゴ・ニュース』一八六九年十月六日(明治二年九月二日)に掲載さ

れている観測結果がある。これには、毎日正午の温度、気圧、風向、晴雨が記載されている。次いで明治八年(一八七五)十月、

雨をもたらす地形的素因となる。大雨の原因である南方海上からの湿流を上昇気流に変化させるためであり、神戸市の宿命的なものである。旧市街地が流出した六甲山地の土砂によって形成されたことがこれを証明しており、豪雨と山地土砂の流出の問題は昔から現在、将来にわたり神戸の永遠の課題といえよう。

神戸港長イギリス人ジョン・マーシャル Marshall, John が、毎日一回、九時の気象観測を開始した。明治二十年（一八八七）、マーシャルの死後、気象観測は二代港長マールマン Mahlmann, J. J. に引き継がれ、明治三十八年（一九〇五）まで続けられた。

明治二十年八月、気象台測候所条例の発布に伴い、内務大臣は地方測候所の位置として神戸を指定した。明治二十八年（一八九五）八月、兵庫県は測候所の開設を決定し、翌二十九年五月七日、神戸測候所仮事務所を内務部第五課に設置した。同年十二月一日、神戸測候所が神戸市中山手通七丁目宇治野山に開設され、十二月中は一日八回の観測を、翌三十年一月一日からは毎時観測を実施した。同測候所は明治三十年から毎月『兵庫県気象月報』を発行したが、明治四十年（一九〇七）、これを『兵庫県気象要報』と改称し、内容を充実にして一般に頒布することになった。しかし、大正二年以降は『気象月報』の形式に改められ、一般的な記事の掲載は取り止めた。

大正九年（一九二〇）八月二十六日、海洋気象台が新設され、業務を開始した。海洋気象観測業務と資料の公表は休むことなく続けられたが、昭和二十年には、第二次世界大戦による戦災のため観測資料の焼失、一部観測の中断のやむなきこともあった。本章ではこれに該当するものはすべて欠測扱いとした。その後、昭和二十四年（一九四九）六月一日神戸測候所は廃止され、その業務は神戸海洋気象台に引き継がれた（これより先、昭和十七年に海洋気象台は神戸海洋気象台と改称された）。以来、現在にいたるまで気象観測は休むことなく継続している。

2 気象統計と地域類型

気象統計 本章では明治三十四年から昭和六十年までの八五年間の気象統計値を用いた。この期間は観測の扱い方の精度も安定しているし、期間の区切りも良いことによる。現在、気象庁が用いている平年値

は三〇年間の統計値を採用している。この章では、平年値を記述する場合は、昭和二十六年（一九五二）から昭和五十五年（一九八〇）までの三〇年間（以下「後期」という）と、明治四十四年（一九一一）から昭和十五年（一九四〇）までの三〇年間（以下「前期」という）に分けて、その間の変化を記述する。この八五年間に神戸市の人口は、三五万人たらずから一四〇万人に増加し、大都市に発展した。その間、多雨の期間、寡雨の期間、高温、低温の期間、大災害を含む大小いくたの異常気象に遭遇した。これらのことは市民生活に大きな影響を及ぼし、行政の施策に工夫がこらされてきたものと考えられる。このような観点から数値的資料の整っている期間について統計的手法によって神戸市の気候の経年変化について考察を行う。

気象台に関しては昭和二十年（一九四五）三月が戦災のため全観測項目が欠測となっている。これ以外では最低気温が昭和五十年（一九七五）九月に一日、降水量が昭和四十四年（一九六九）二月に二日の欠測があるが、そのままの扱いとした。その他の観測所の資料には昭和二十年の長期にわたる欠測をはじめかなりの欠測がある。昭和二十年の欠測はそのままとした。気温に関する欠測は気象台の累年月平均値と欠測した観測地の近傍地点の実測値の差を気象台の値に加減した値を採用した。降水量については、近傍地の値をそのまま採

第一節 市域の気象特性の概観

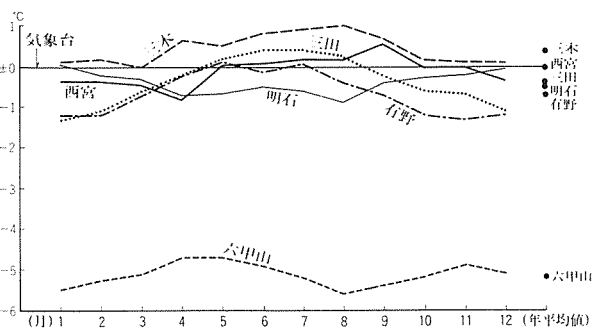


図 74 月別最高気温平年値(1951~1980年)
各地観測値マイナス神戸海洋気象台観測値
図75~80も同じ

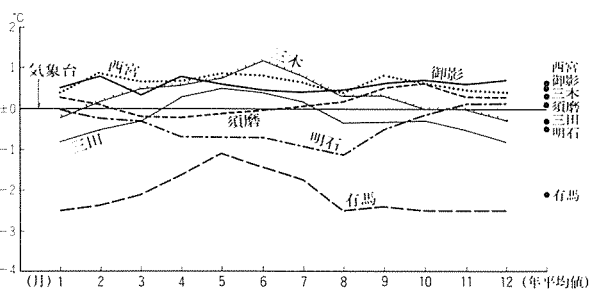


図 75 月別最高気温平年値(1911~1940年)

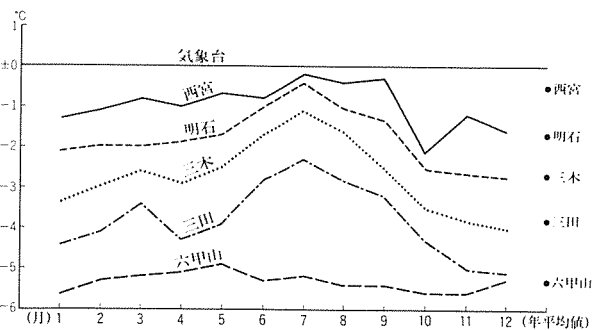


図 76 月別最低気温平年値(1951~1980年)

用した。なお、気象台の値は日値から取り扱い、その他の地点は月平均値をベースとした。
 気候の地 神戸市域の気候特性の概要を述べる。記述のうち、気温の高低、降水量の多少などは気象台で
 域類型 の値との比較によって述べる(図74~図80)。
 市街地の各地の最高気温は気象台とほぼ同傾向にあるが、最低気温は各地とも気象台よりも低温である。

年的に気象台と同じ傾向を示す。この地域を代表する観測地点として気象台、須磨、御影、西宮を使用する。

そしてこの傾向は後期の方が前期よりも顕著であることは、気象台の観測値が増大する都市熱の影響を受けていることを示す。降水量は春季、夏季に少なく秋季、冬季には同程度となる。なかでも六、七、八月に少なく、九、十月に同程度か気象台よりも多くなる傾向が前後期を通じて現れることは注目される。西宮は通

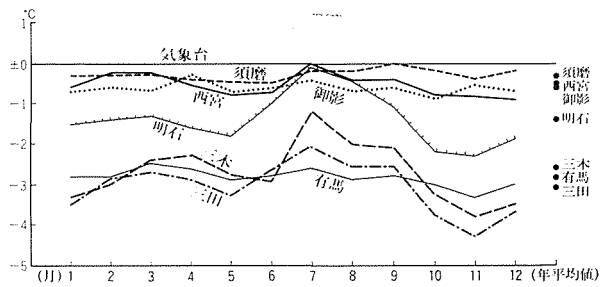


図 77 月別最低気温平年値(1911~1940年)

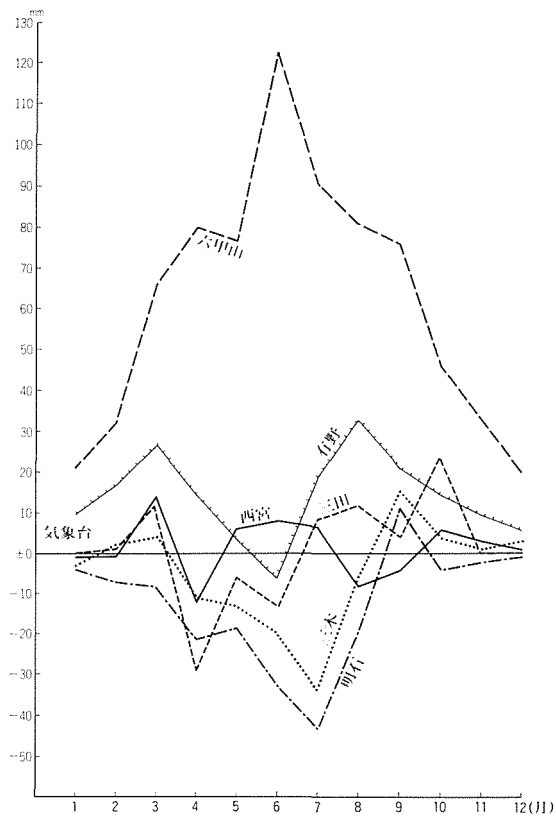


図 78 年降水量平年値(1951~1980年)

第一節 市域の気象特性の概観

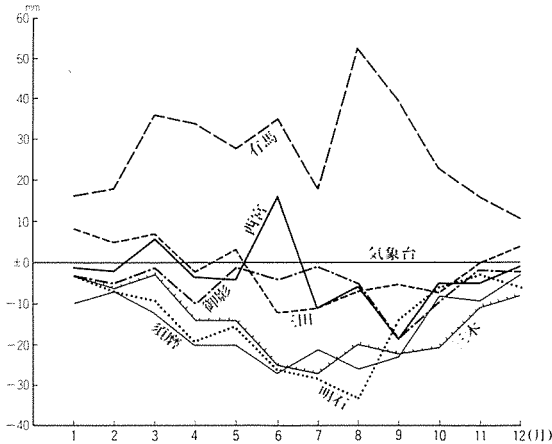


図 79 年降水量平年値①(1911~1940年)

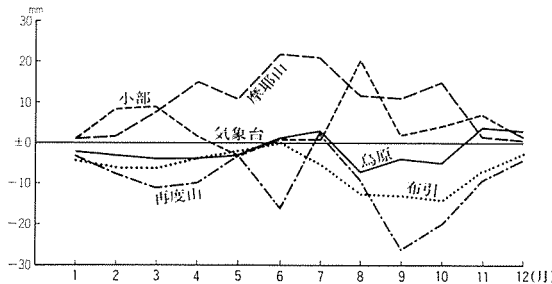


図 80 年降水量平年値②(1911~1940年)

六甲・丹生山地は山岳性の気象特性を示し、なかでも六甲山の低温、多雨は特徴的である。特に秋季から冬季にかけての低温と暖候期の多雨は神戸市域の他にみられない気候である。六甲山の低温は秋田市、盛岡市、軽井沢町のそれと匹敵する。この地域を代表する観測地点は六甲山しかない。

北神地域の気温は夏季に高く、冬季に低い内陸盆地的特徴がある。降水量は春季、夏季に少なく秋季、冬季にやや多くなる。この地域を代表する観測地点として三田、三木を使用する。

西神丘陵地は内陸盆地性の夏季高温、冬季低温の特性があると、神戸市域にあって、最も寡雨である。降水量に関しては瀬戸内式の東播地方と同傾向である。四月から八月まで降水量が少ないのは後期であり、前期では通年のに寡雨である。この地域を代表する観測地点として明石、三木を使用する。

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

1 気象台観測値からみた経年変化

気温の変化

神戸市の八五年間にわたる気候変化をみるために、図81から図84に気象台の気温（最高、最低、平均）と降水量の八五年間の五年移動平均値を示す。八五年の間には最低気温の経年変化に顕著にみられるような年々上昇傾向をたどった後、最近二〇年は安定傾向にある。降水量については五〜一〇年周期の大きな変動を繰り返しながら年々、少雨傾向の後、昭和二十年（一九四五）から七年間の著しい多雨期間があるなど特有の傾向がある。図85に示したように累年傾向をもつデータを単純平均して異なる統計期間相互間で相違を論じることが適当ではない。たとえば、最高気温についてみると分類したどの三〇年をとっても変動幅は一度以下におさまっているが、最低気温では、年々、上昇していることが明らかである。また、降水量については、昭和十六年（一九四一）以降は、それ以前と比べ五月から九月までの暖候期において著しい変化が起きている。したがって、観測地相互の比較をするときは、先に述べた通り、後期と前期に分離した。しかし、最高気温などの累年の極値の分布図などは統計期間の長短による相違よりも、多くの観

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

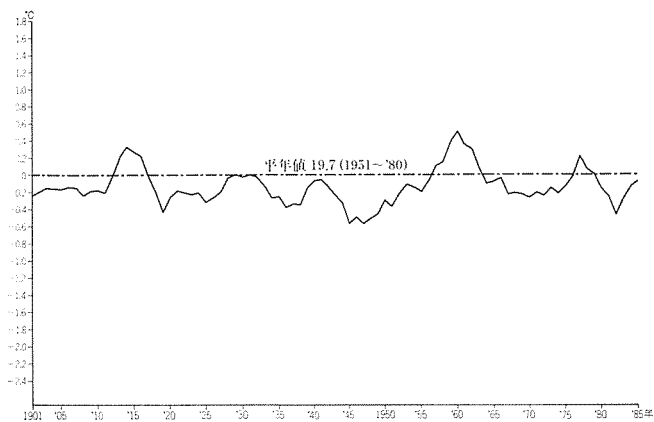


図 81 最高気温 5年移動平均値
 神戸海洋気象台観測の年平均値の5年移動平均値
 図82~84も同じ

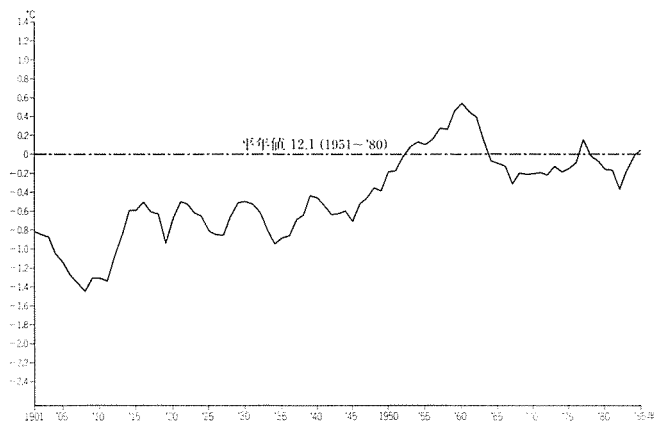


図 82 最低気温 5年移動平均値

測地点を得ることの方を重視し、全地点、全観測期間を使用することとした。
 要約すると、神戸市の八五年間の気温の変化については次のように理解できる。①気温がだんだんと上昇して昭和三十五年（一九六〇）ごろピークに達し、その後二回の上下があるが、ほぼ安定している。②気温の

上昇量は摂氏約一度に達する。特に昭和二十年から三十五年にかけての気温上昇は著しいが、季節別にみると、主として冬季・春季の気温上昇が原因となっている。

これらの変化を図82で見ると明治四十三年（一九一〇）ごろが最も寒冷であり、一〇年程度の周期で上下変

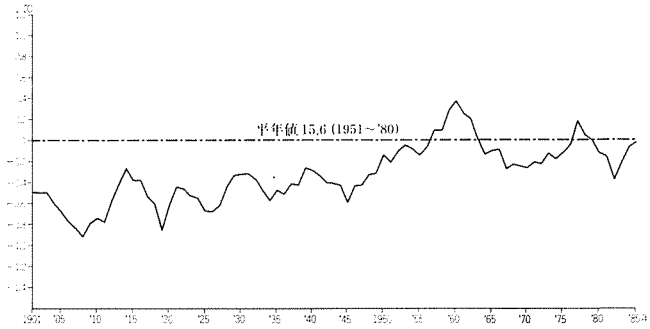


図 83 平均気温 5 年移動平均値

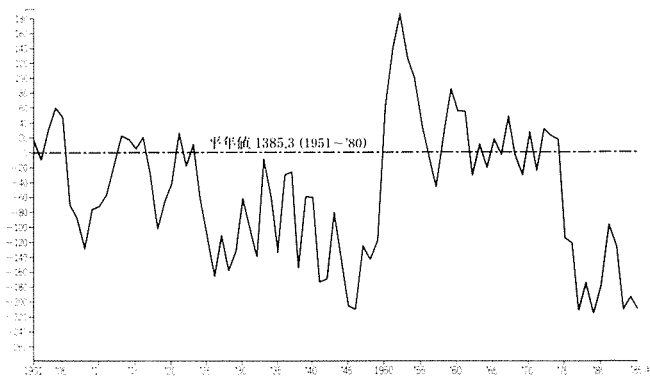


図 84 降水量 5 年移動平均値

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

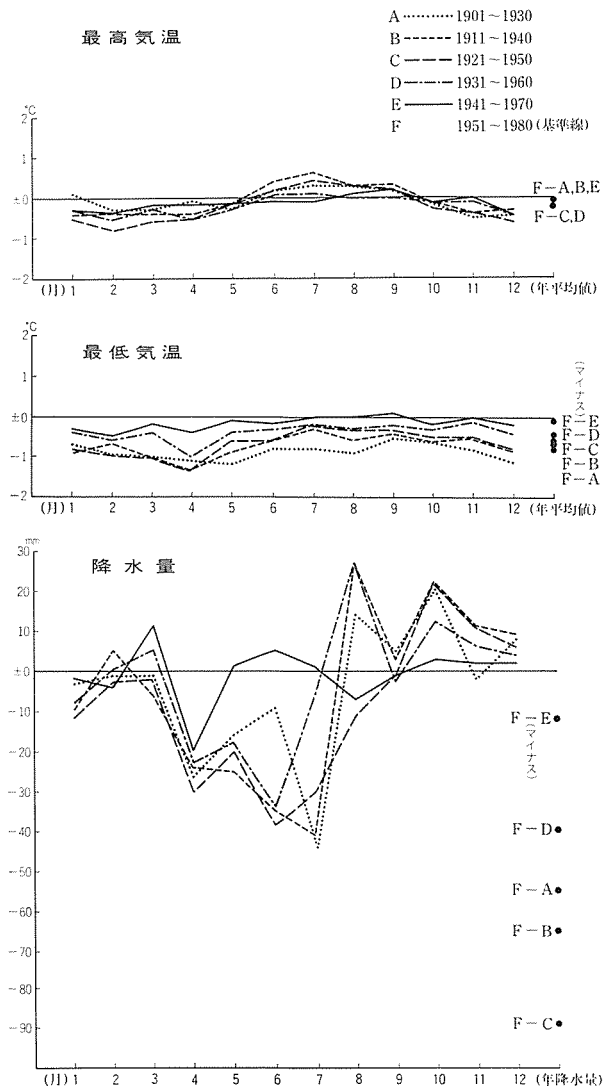


図 85 30年統計期間の違いによる累年値の比較
 神戸海洋気象台観測値(F期間)マイナス(A~E)期間の値

動を繰り返しながら昭和三十五年ごろ最も温暖となる。その後、昭和四十年ごろまでは寒冷化、続く一〇年間は温暖化、昭和五十五年(一九八〇)以後は寒冷化の傾向にある。全期間を通してみると後期の平年値に比較して昭和二十五年(一九五〇)以前は最低気温で一・四度も寒冷であった。昭和五十九年(一九八四)の気象庁編『異常気象レポート』による日本全国年平均気温の経年変化と比べると明治三十三年(一九〇〇)から昭和

二十五年（一九五〇）までの一〇年程度の周期変化や長期の温暖化傾向などは同じである。しかし、昭和二十年（一九四五）から昭和三十五年（一九六〇）までの気温上昇量は全国平均を上回っている。

ここで神戸市と洲本市の年平均気温の年々の変化を比較して市街地の特徴の一端をみることにする。洲本測候所の観測値は大正八年（一九一九）からあるが、海洋気象台の観測値と比較すると都市熱の影響による気温の上昇は、少ないと考えられる。すなわち人口増加や産業エネルギーの消費量が神戸市よりも少なく、かつ測候所が三熊山にあって、海洋気象台の観測地としての自然環境と類似しているため、気温変化を比較することにより神戸市街地の都市熱をある程度は検出できる。ただし、三熊山は海洋気象台よりも観測高度が五〇メートル高いので〇・三度程度は気温が低くなる。その結果を図86に示す。

これによると全期間を通じて神戸市街地の気温が高いが、昭和四十八年（一九七三）から数年間で〇・八度、神戸の気温が上昇し、昭和五十五年（一九八〇）以後はそのまま安定しているのは注目し値する。昭和四十七年は「公害対策基本法」ができた年で、いわゆる環境元年といわれている年である。急激な経済成長のもととなった生産力の増大は、消費エネルギーの増加となり大都市の気温上昇を招いたものである。その量が神戸の市街地にあつては一度弱と推定されることは興味あることである。

日照時間

の変化

日照時間の経年変化を図87に示す。日照時間の多少は雲量の多少そのものであり、統計期間を通じて気象台における可照時間は変化しないものとした。図87によると気温よりも長い周期の変化がみられる。一〇年から二〇年あるいはそれ以上の長い周期で変化を繰り返しつつ八五年間に約二〇〇時間の減少が認められる。その間、昭和四十年（一九六五）を中心とした前後五年間の日照時間の減少は顕著

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

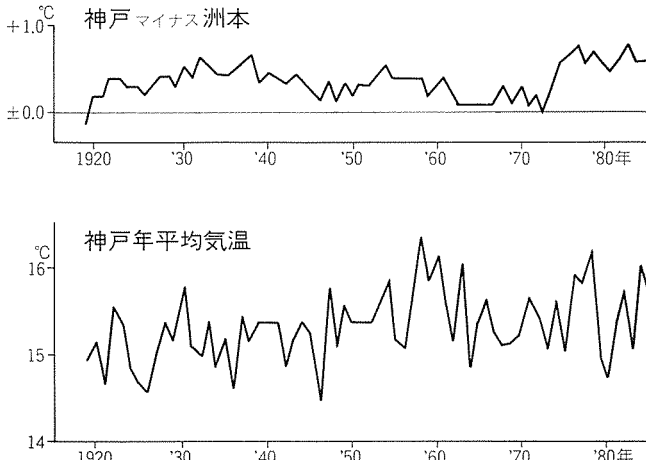


図 86 神戸と洲本の年平均気温の比較

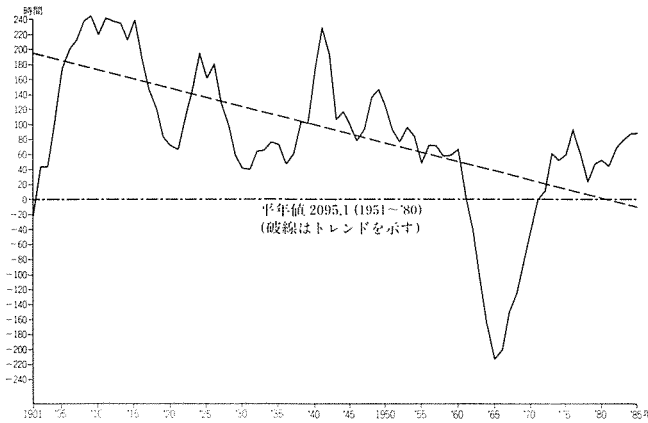


図 87 日照時間 5 年移動平均値
神戸海洋気象台観測の年平均値の 5 年移動平均値
図88も同じ

である。昭和三十八年（一九六三）三月のアグン火山（インドネシア領バリ島）噴火の影響で同じ期間の直達日射量は急激に減少しており、同じことが日照時間にもみられたものと考えられる。しかし、昭和五十七年（一九八二）三月から四月のエルチチョン火山（メキシコ）噴火の影響の程度は、前者ほど顕著ではない。

○ ○ ミリメートルの極に達した。この間、昭和八年に将来の神戸市給水対策のため阪神上水道から給水を受
 変 化 降水量の 降水量の経年変化を図84に示す。これによると明治三十四年（一九〇二）以来、数年周期の顯著
 な変化を繰り返しながら年々降水量は減少し、昭和二十一年（一九四六）には年平均差マイナス二



図 88 平均風速 5 年移動平均値

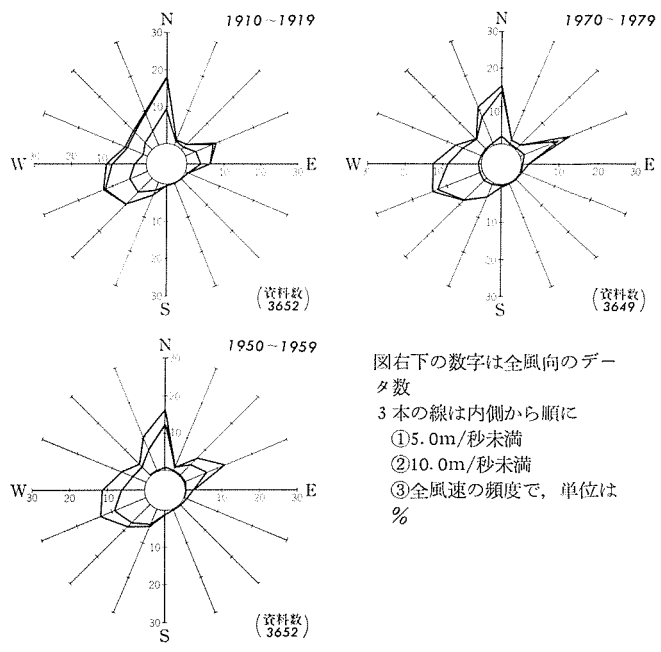


図 89 平均風配図(神戸海洋気象台)

けることが発議された。その後、急速に増加し昭和二十七年（一九五二）ごろ、プラス一八〇ミリメートルとなった。昭和三十年（一九五五）から昭和五十年（一九七五）までは、ほぼ平年並であったがそれ以後、再び寡雨傾向となり昭和六十年（一九八五）にはマイナス二〇〇ミリメートルと降水量の少ない時期となっている。このような特徴ある変化は、増加する人口、発展する産業のために供給を必要とする神戸市の用水対策事業に大きな影響を及ぼしたものと考えられる。

平均風速と風向の変化 平均風速の経年変化を図88に示す。市街地での平均風速の変化には明瞭な特徴がある。昭和三十二年（一九五七）までは年々風速が増大し、その強まり方は一・六メートル／秒にも達する。その後、三〇年間に徐々に弱まり現在は平年値に回復している。

神戸海洋気象台は北側に六甲山地の一峰である再度山（四六八メートル）が迫り、風に関しては地形による影響は避けがたい。大規模な都市化の影響による風向変化の有無を検証するため図89に前期と後期について代表的な一〇年ごとの平均風配図を示す。これによると、各年間で大きな相違はない。風向の特徴は、南風が極端に少なく、五メートル／秒から一〇メートル／秒の中間風速では再度山の谷風と思われる北風が卓越している。一〇メートル／秒以上の強風は、ほぼ東西方向が卓越するが、低気圧接近による東風や冬季の大陸からの季節風の西風が、六甲山地の影響で山地に平行して吹く結果、このようになるものと考えられる。

2 気象特性の地域的分布

最高・最低気 図90に最高気温年平均値分布図(一九五一〜一九八〇)を示す。六甲山の一四・五度が最低で
温の平均値 市街地と西神丘陵地に二〇度があり、北神地域は一九度となっている。標高三〇〇メートル

以上の山地は一八度以下で、一〇〇メートルから三〇〇メートルの間には一九度から一八度の範囲が展開している。

図91に最低気温年平均値分布図(一九一一〜一九四〇)を示す。図92に示した後期の三〇年平均値にくらべ全体的に約一度弱低温であることは大きな特徴である。「昔は寒かった。雪の積ることも多かった」ということは事実と考えてよい。

図92に最低気温年平均値分布図(一九五一〜一九八〇)を示す。六甲山の六・八度が最低で標高三〇〇メートル以上の山地は九度以下となっている。北神地域が九度、西神丘陵地が一〇度であるに對し、市街地の一〇度から一二度は神戸市域にあって最も高温で冬季の冷え込みの緩やかな地域である。これは、南斜面であることと大市街地のための都市熱によるヒートアイランドの効果と思われる。すなわち、最近における都市化と化石燃料の多量消費とに深い関係があると思われる。また、この地域は土地の傾斜度に比例して温度傾度も急である。

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

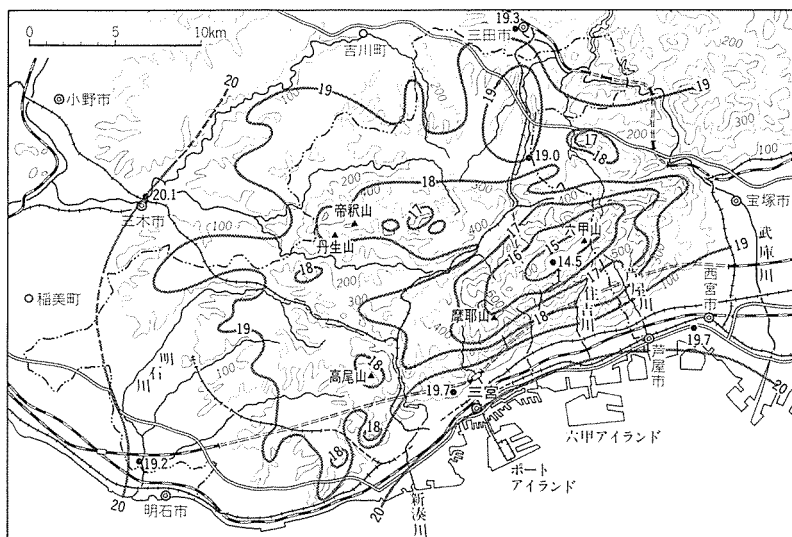


図 90 最高気温年平均値 (1951~1980年)

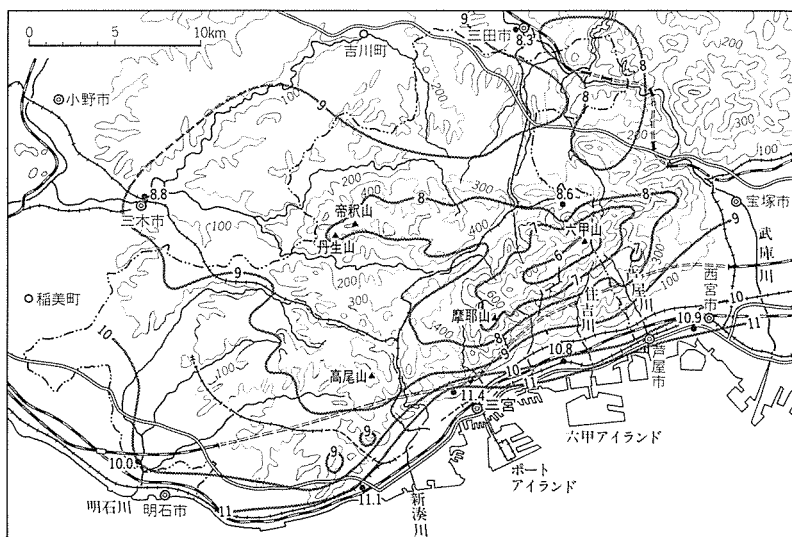


図 91 最低気温年平均値 (1911~1940年)

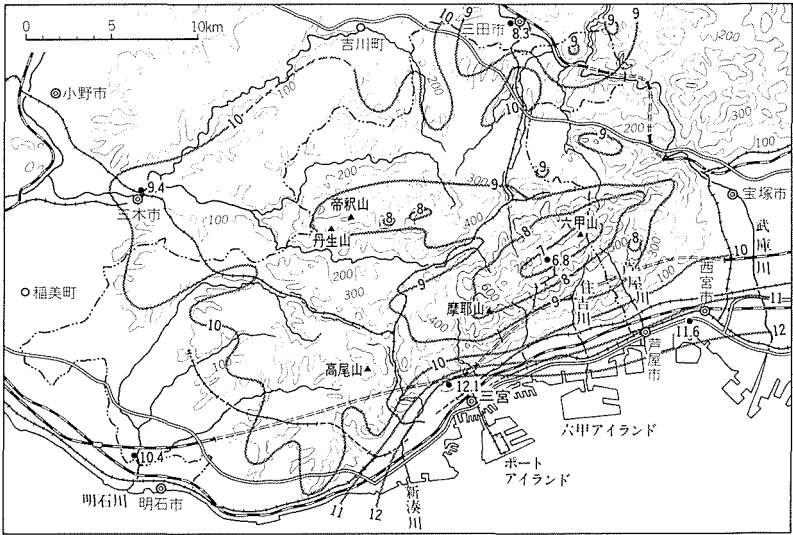


図 92 最低気温年平均値 (1951~1980年)

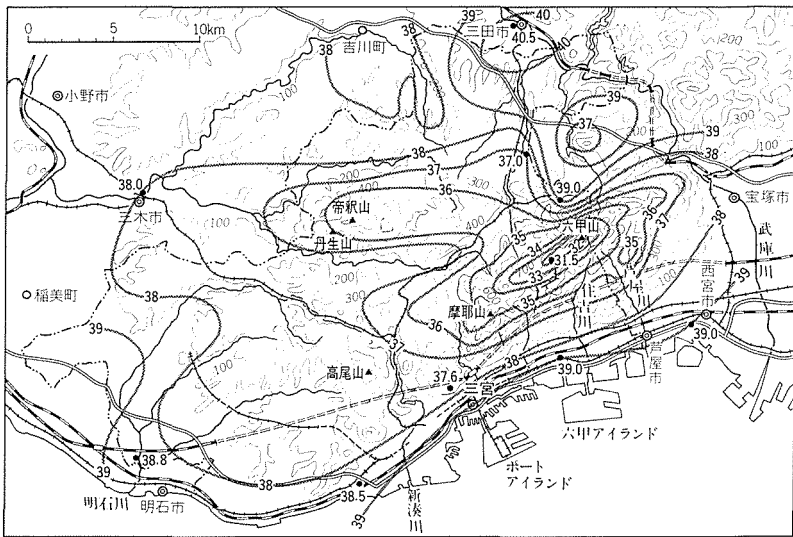


図 93 最高気温極値 (全期間)

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

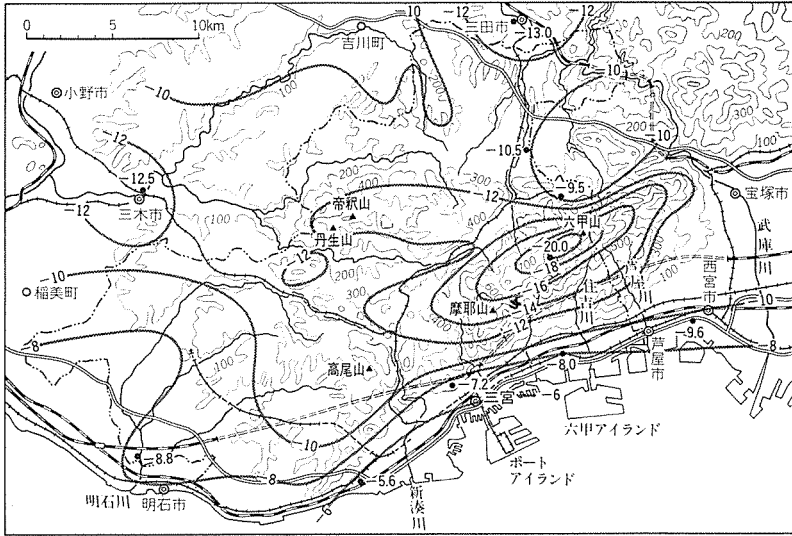


図 94 最低気温極値(全期間)

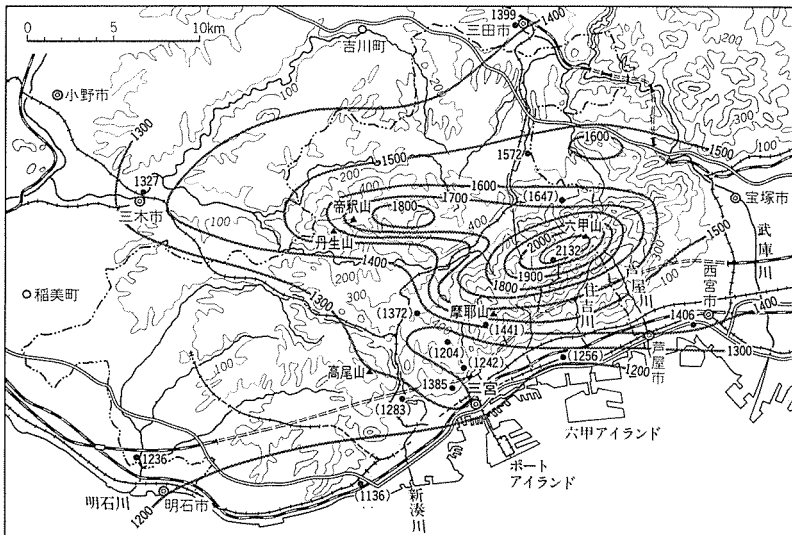


図 95 年降水量(全期間)

1951～1980年の観測値で、()は1911～1940年の観測値

最高・最低

気温の極値

図93に最高気温極値分布図を示す。六甲山が三一・五度で最も低く、南麓市街地と西神地域が三九度であるに對し、北神地域が盆地性のため四〇度と高温になっている。有馬は、三八〇メートルの高さがあり、標高と気温との回帰式によると三六・四度となるが、観測値では三九度の記録がある(昭和二十年九月五日)。このため、六甲と有馬の間の温度傾度が急になっている。

図94に最低気温極値分布図を示す。図94は六甲山地での温度傾度が大きいので二度間隔で等温線を描いている。六甲山のマイナス二〇・〇度、三田のマイナス一三度、三木のマイナス一二・五度の低温が特徴的である。六甲山は高度が高く、三田、三木は内陸的であることが原因である。この六甲山の低温は秋田市、盛岡市、軽井沢町の最低気温の極値とほぼ等しい。南麓の市街地はマイナス六度からマイナス一〇度の間にあって、神戸市域でも冬季の冷え込みが最も緩やかな傾向にあることを示している。

年降水量と日

図95に年降水量分布図(一九五二〜一九八〇、一九一一〜一九四〇)を示す。六甲山の二二三二

最大降水量

ミリメートルが最大で、須磨の一三六ミリメートルが最小となっている。布引、再度山、小部^{せが}を結ぶ線に、やや雨量の少ない地帯がある。須磨以西の西神地域は一二〇〇ミリメートル程度で瀬戸内気候の少雨型に属する。

図96に日最大降水量分布図を示す。六甲山地の大部分に、日降水量三〇〇ミリメートルの豪雨が発生していたことが明らかである。三五〇ミリメートル以上に達する地域も六甲山地の広い部分を占めており、最大値は山頂付近での三七九ミリメートルとなる。この多量の雨は六甲山地の地形特性によって短時間のうちに神戸市街地に流出することが過去何回も繰り返されており、治山治水が神戸市の成り立ちに極めて重要であ

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

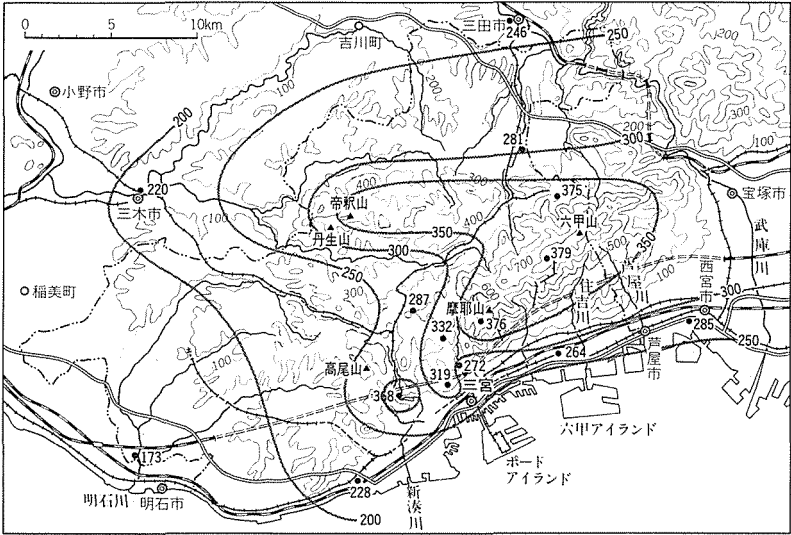


図 96 日最大降水量(全期間)

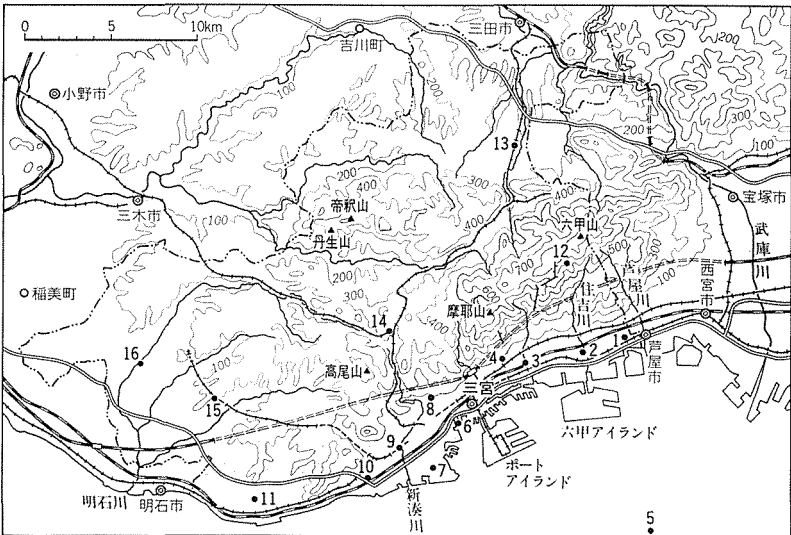


図 97 神戸市内風観測地点図

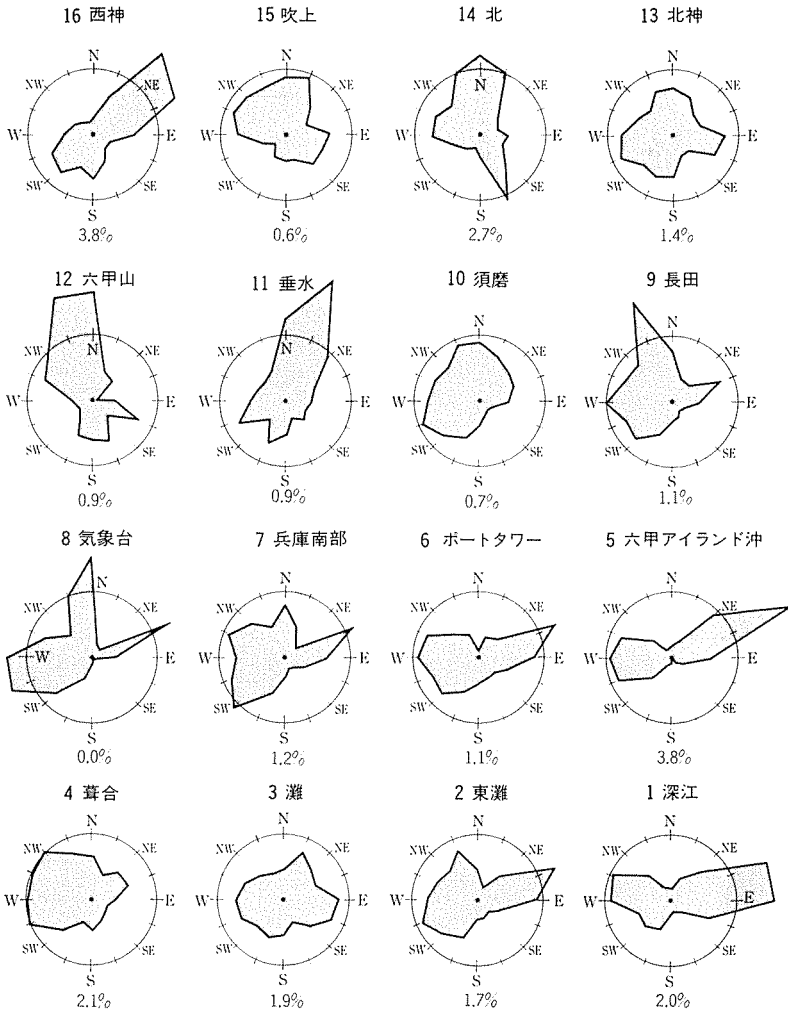


図 98 神戸市内風配図
円は10%発生頻度ライン

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

表 38 神戸市内の風速

観測地	測得率 (%)	累年平均 風速	階級別出現頻度(%)		
			0~3.0 m/s	3.1~5.0 m/s	5.1 m/s~
深江	99.1	2.6	65.8	28.7	6.1
東灘	98.6	2.1	80.4	16.4	3.3
葺合	98.1	2.6	66.4	25.4	8.2
兵庫南	88.8	2.0	79.1	17.0	3.9
長田	95.7	2.6	65.9	26.4	7.8
須磨	98.3	2.6	67.7	25.6	6.7
垂水	92.2	3.1	56.3	28.7	15.0
北神	91.8	2.5	72.2	21.7	6.1
西	97.2	2.7	62.0	27.1	10.8
ポートタワー	93.0	2.3	76.6	20.2	7.3
六甲山	93.0	4.3	42.1	25.2	32.7
北神	98.1	5.5	23.2	26.3	50.6
吹上	97.5	3.0	58.8	24.4	16.9
六甲アイランド沖	98.6	2.3	77.4	17.5	5.1
気象台	93.7	—	59.8 (0~4.9 m/s)	37.0 (5~9.9 m/s)	3.2 (10~)
	99.9	3.4	86.9 (0~4.9 m/s)	12.9 (5~9.9 m/s)	0.2 (10~)

統計期間 1977~1986(87,648時間)
 1982~1986(43,824時間)北神、吹上のみ
 1971~1985(46,728時間)神戸海洋気象台
 1983~1985(13,152時間)六甲アイランド沖

ることがわかる。

風向の分布

図 97 と 図 98 に神戸市域内風観測地点図と

神戸市内風配図を示す。統計期間は表 38 のとおりである。神戸市内に一六地点の風配図が得られている。いずれも十分な観測期間があり統計的信頼度は高い。なお、この表のうち、六甲アイランド沖は、神戸港第七防波堤の沖合二九二メートルの地点にある観測塔の資料である。様々な形をしているようにみえて同じ市域の風とは思えないような点もある。これは、六甲山地の影響を強く受けているからである。六甲山地南側の市街地を代表する風は、海上にあって直接的な地形の影響がない六甲ア

イランド沖の風配図に代表されるように思える。これによると東西方向の風が圧倒的に多く、六甲山地に平行して吹く風が特徴である。この傾向は深江から須磨までの風配図によると、地形によって少しずつ変形している。地上100メートルで海岸にあるポートタワーが変形が少なく、気象台では再度山の谷風、長田では高取山を迂回してくる北風の頻度が増加する。六甲山地の北側では北風の頻度が高く、山地の西端を回り込むようにして吹き下ろす様子が垂水と西神の風配図にみることができる。表38の平均風速と風速階級別出現頻度をみると、観測高度の高いポートタワーと六甲山地の稜線上にある六甲山が飛び抜けて強い風を記録している。

3 標高と気温・降水量の相関

標高と気温

等量線を描くについて観測地点の値を用いたのは当然であるが、地形の複雑さに対し実測地・降水量 点数が十分ではなく補完の必要があった。そのため、図99に示すような気温と高さ、降水量と高さの相関を用いることとした。

最高気温年平均値は昭和二十六年(一九五二)から昭和五十五年(一九八〇)までの後期三〇年間と明治四十四年(一九一一)から昭和十五年(一九四〇)までの前期三〇年間の統計値に大差がないので、後期と前期を合わせた資料で記載した。最低気温年平均値には、二つの期間に明らかな特徴があるが、全期間を記載した。気温の極値と日最大降水量については、各地とも全観測期間について取り扱い、年降水量は、後期の観測値があ

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

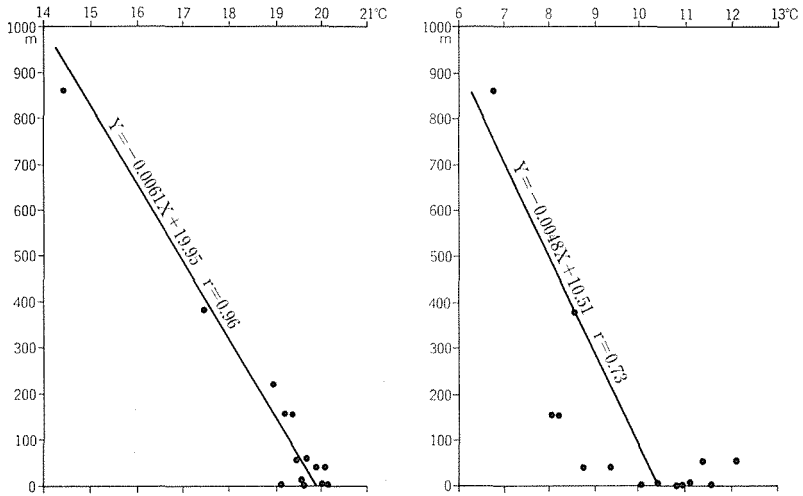


図 99 高度と最高・最低気温年平均値
左は最高気温年平均値と高さとの相関。右は最低気温年平均値と高さとの相関

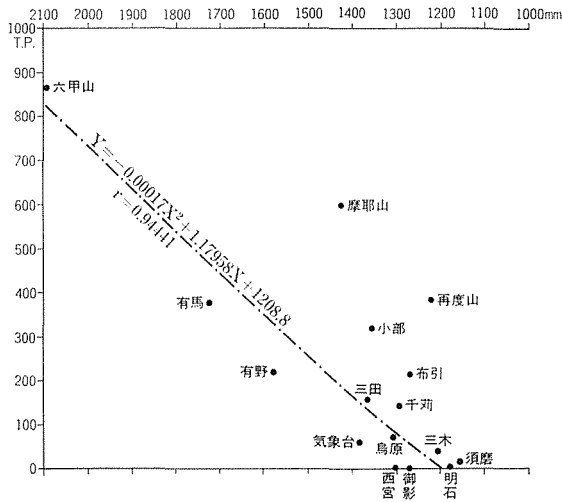


図 100 高度と累年平均年降水量

る地点については、それを採用し、ない地点については前期の観測値を記号を付して採用した。補完のために用いた回帰式は、統計期間の相違による傾向の違いよりも回帰の精度を良好に保つため、

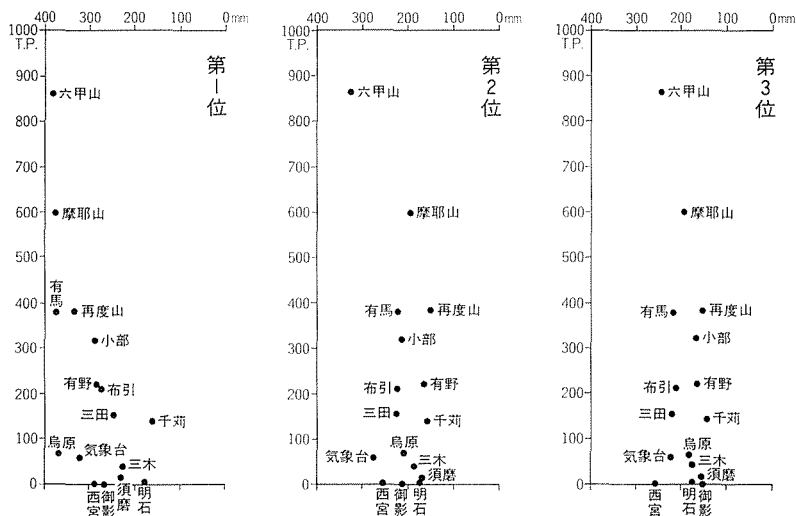


図 101 高度と日降水量の極値

図100に記載したような母集団を用いた。

一般的に高度と降水量の関係は二次曲
 均降水量 線的に高さとともに降水量が増加する。

神戸市のように六甲山地を背山にもつ大都市では山地
 降水量は都市構成に、重要なかわりをもつ。神戸市
 域と近郊地の累年平均降水量と高度との関係を図100に
 示す。摩耶山、再度山、小部を除外した場合の相関は
 良好である。六甲山では、標高一〇〇メートル未満の
 地域の約一・六倍の年降水量がある。

前記の三地点は地形特性により、やや異なる傾向を
 もつものと考えられる。地形によって風の収れん域や
 発散域が複雑に変化するから、高度と降水量の関係に
 おいて特異点は存在する。

高度と日降 図101に各地、日降水量の過去、第一位
 水量の極値 から第三位までの顕著な大雨時での高

度と降水量との関係を示す。これらの図は必ずしも、
 同一の降雨ではない。しかし、第一位は一六地点のう

異なることによる。豪雨の代表的なものとして、昭和十三年七月豪雨の日最大降水量と高度との関係を図102に示す。鳥原、気象台、御影、西宮、須磨の五地点を除外すると両者の関係は二次曲線にのる。しかし、除外した五地点の降水量が高度に関係なく大きな値に達したことは重要であり、特定の豪雨に関しては、防災上の見地では特別の配慮が必要なことを示している。

4 異常な気象観測値

異常気象の出現 わが国では昭和五十五年（一九八〇）に入ってから、夏季の不順な天候が目立ち、農業ばかりでなく経済など多くの分野に影響を及ぼした。また、最近は大気中の二酸化炭素濃度の増加が気

候を変えるのではないかと懸念され、社会の異常気象に対する関心は強いものがある。近年、世界の気候は変わりつつあるといわれている。そのような折、昭和五十七年（一九八二）には今世紀最大といわれるメキシ

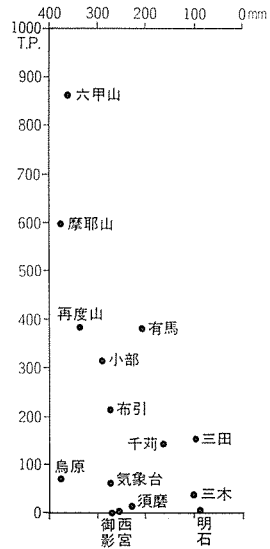


図 102 高度と日最大降水量
(昭和十三年七月豪雨の降水量)

ち、八地点が昭和十三年（一九三八）七月の豪雨によるものである。六甲山、摩耶山のように六〇〇メートル以上の高度のある地点でも、低高度地点の降水量を下回ることも少なくない。これは、特定の降雨については、その時々々の気象パターンによって地形特性の効果が

コのエルチチ^ヨン火山噴火や、大規模なエルニーニ^ヨ現象が発生し、社会的にも異常気象についての関心がますます高まっている。神戸海洋気象台の観測値の中から異常値を検出し、過去の経過を明らかにする。

日最高・最低

表39に各地の日最高気温の累年上位五件値を示す。最も高温を観測したのは昭和二十年

気温の異常値

(一九四五)三田の四〇・五度である。内陸盆地性の高温であるが神戸市域でも北神地域の

一部で同様の傾向を示す所があると思われる。六甲山は涼しく過去最高でも三一・五度で神戸市域では最も低温である。

表40に各地の日最低気温の累年下位五件値を示す。最低気温が最も高いのは須磨のマイナス五・六度であり、旧市街地ではマイナス一〇度を超えることがない。これは海に一番近く高い水温のため気温の低下が軟化されることと南面する斜面で太陽熱効果が良いためである。最低気温は、やはり六甲山で昭和十九年(一九四四)一月にマイナス二〇度となった。ここでの第二位はマイナス一四度であるからマイナス二〇度は極めて異常な低温と考えてよい。

日最大風速

「台風五三・一三三号」(一九五三年一五号台風)のような熊野灘北上型の台風では強い北風、すな

の異常値

わち「六甲おろし」となる。

表41に日最大風速の累年上位十件値を示す。気象台での平均最大風速の第一位は三三・四メートル/秒である。同じく最大瞬間風速は四八・五メートル/秒である。神戸市南部での最大風速の発生には、次の三つのパターンがある。

① 冬季の西から北寄りの季節風。

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

表 39 日最高気温上位 5 件値

観測地	第 1 位		第 2 位		第 3 位		第 4 位		第 5 位	
	°C	年月日	°C	年月日	°C	年月日	°C	年月日	°C	年月日
気象台	37.6	14.8.6	37.4	29.8.9	36.8	42.7.24	36.7	42.8.2	36.6	32.7.24
六甲山	31.5	42.7.24	31.0	59.8.2	31.0	51.7.27	31.0	42.8.2	30.5	64.8.14
有馬	39.0	45.9.5	38.0	23.8.15	36.5	17.8.1	36.4	45.8.19	36.0	32.8.2
有野	37.0	78.7.27	36.6	72.8.5	36.5	73.8.10	36.4	77.8.3	36.0	78.8.14
三木	38.0	57.8.3	38.0	24.7.9	37.8	56.8.3	37.6	73.7.21	37.6	39.7.31
三田	40.5	45.8.10	39.0	27.7.30	38.0	55.8.3	38.0	22.8.18	38.0	17.7.29
須磨	38.5	29.8.3	37.5	22.8.22	37.3	35.8.2	37.0	34.7.7	37.0	32.7.24
明石	38.8	22.8.13	36.9	52.8.2	36.8	00.8.18	36.5	44.8.6	36.1	00.9.2
御影	39.0	27.7.21	38.0	39.8.6	37.5	24.8.4	37.5	24.7.29	37.5	23.8.15
西宮	39.0	29.8.2	38.0	55.8.17	37.6	39.8.4	37.3	16.8.26	37.0	20.9.2

(注) 年月日は西暦を示す。

表 40 日最低気温下位 5 件値

観測地	第 1 位		第 2 位		第 3 位		第 4 位		第 5 位	
	(-)°C	年月日	(-)°C	年月日	(-)°C	年月日	(-)°C	年月日	(-)°C	年月日
気象台	7.2	81.2.27	6.4	36.1.18	6.2	77.2.16	6.0	63.1.24	5.9	31.1.31
六甲山	20.0	44.2.8	14.0	43.1.12	13.4	77.2.16	13.4	67.1.16	13.0	46.1.5
有馬	9.5	45.2.5	9.5	13.2.20	9.5	12.2.2	9.0	45.1.28	9.0	22.1.20
有野	10.5	68.2.23	10.2	67.1.17	10.0	77.2.19	9.8	70.1.20	9.6	69.1.4
三木	12.5	45.2.4	11.5	77.2.16	11.2	45.1.17	10.8	40.1.26	10.5	63.1.24
三田	13.0	63.1.24	13.0	47.12.21	12.0	47.3.12	12.0	13.2.12	11.5	48.1.18
須磨	5.6	36.1.18	5.0	36.2.2	5.0	24.1.22	4.8	13.2.12	4.7	20.2.11
明石	8.8	63.1.24	8.5	67.12.31	8.5	44.1.31	8.3	77.2.16	7.8	40.1.26
御影	8.0	29.1.24	7.0	31.1.10	6.0	20.2.11	6.0	19.2.6	6.0	09.2.5
西宮	9.6	44.1.9	6.8	45.1.28	6.7	02.12.23	6.0	36.2.2	6.0	10.1.31

(注) 年月日は西暦を示す。

表 41 最大風速の記録

(神戸海洋気象台の観測値)

平均最大風速 順位	最速 風速	起 時		台風名	平均最大 風 向 速 m/s	最大瞬間 風 向 速 m/s
		西曆	月 日			
1		1950	9 3	ジェーン	NE 33.4	NE 47.6
2		1965	9 10	6523	S 30.0	SSE 48.5
3		1959	9 26	伊勢湾	NNE 39.3	NNE 34.8
4		1945	9 18	枕崎	SSW 27.4	SSW 35.9
5		1961	9 16	第二室戸	NE 27.0	WSW 39.2
6		1964	9 25	6420	SSW 26.8	SSW 41.3
7		1953	9 25	5313	N 26.8	N 40.0
8		1958	8 25	5817	NNE 25.7	NNE 35.0
9		1962	7 27	6207	NE 25.5	NE 35.9
10		1944	8 7	4411	NNE 24.7	NE 33.5

表 42 日降水量上位 5 件値

(神戸海洋気象台の観測値)

順位	発生日月日	日降水量 mm	発生原因
1	1967 7 9	319.4	梅雨前線
2	1938 7 5	270.4	梅雨前線
3	1945 10 9	262.8	阿久根台風
4	1965 9 14	219.4	台風6524号
5	1910 9 7	199.4	秋雨前線

間に発生しており、十二月から三月までに最も多い。風速は二〇メートル／秒を超すこともまれではない。②に属するものは表41に示したように上位一〇位はすべて台風によるものである。なかでも上位に属する「ジェーン」「六五二三号」「枕崎」「第二室戸」「六四二〇号」は大阪湾を北上したり、神戸に接近した西寄りのコースを通過

したので、大きな高潮災害を引き起こした。神戸市では「六四二〇号」「六五二三号」の高潮災害の経験により大防潮堤の建設工事を行い現在では、ほとんど完成し同程度の高潮は十分に防衛できるようになっている。

日降水量 降水現象は気象要素のなかでも異常性に富むもので、変動は激しい。神戸市での過去の気象災害の異常値 害の主たるものは、異常な豪雨によるものである。表42に累年の日降水量の上位五件値を示

- ② 台風による暴風。台風が西、北方向を通過すると南寄りの風。南、東を通過すると北寄りの風。
- ③ 低気圧や前線による強風。日本海低気圧で南寄りの風。前線通過による突風。

①に属する西から北寄りの強風は十一月中旬から四月下旬の

す。

日降水量が一〇〇ミリメートルを越す大雨は五月中旬から十月上旬の間に発生しており、重大な災害となったものは梅雨前線や台風、またはその複合によるものである。例外として昭和二十五年（一九五〇）三月七日の一一・七・一ミリメートルの降雨は季節はずれの温暖前線による大雨で六甲高山植物園では二四九ミリメートルを観測し、同時点では開設以来の記録となった。神戸海洋気象台での最大日降水量は三一九・四ミリであり、昭和四十二年七月豪雨の時に発生している。ちなみに、この値は年降水量の二三％にも相当する。豪雨がいかに気まぐれな、すごい降り方をするものであるかを示している。

一雨降水

記録

かし、原因が重合した時や中休みがあった時には、人によって判断が異なる場合がある。六甲山地のような崩壊しやすい地形をもつ神戸市では山地崩壊の直接原因となる短時間豪雨に先行する積算雨量の多少が災害と重要なかわりをもつことになる。この観点から一雨降水量の定義を次のように設定して、気象台の八五年間の日値から、一雨降水記録を抽出したところ一一三例を得た。そのうちの上位一〇件を表43に示す。一雨の定義は次のとおりである。① 日雨量が一ミリメートル以下の降水、または無降水が二日連続しても降水は中断しない。② ①の条件が三日続いた時は一雨は終了する。③ ①②の条件による総降水量が一五〇ミリメートル以上の連続降水に限定する。

この結果、昭和四十二年（一九六七）七月豪雨による六二二・五ミリメートルが第一位となった。この一雨降水は六月十九日から七月十二日までの二四日間にわたっている。大災害となった七月九日に先立つ八日二

表 43 一雨降水記録

(神戸海洋気象台の観測値)

順位	降水量	日数	無降水日	期	間
1	622.5	24	12	1967	6 19~ 7 12
2	543.1	12	4	1965	9 6~ 9 17
3	536.9	45	12	1963	4 30~ 6 13
4	512.7	7	0	1961	6 23~ 6 29
5	511.4	16	6	1938	6 29~ 7 14
6	500.5	30	11	1969	6 12~ 7 11
7	491.6	23	9	1954	6 18~ 7 10
8	480.6	27	6	1905	6 10~ 7 6
9	471.5	33	8	1957	6 26~ 7 28
10	463.5	9	1	1945	10 3~10 11

表 44 連続無降水期間記録

(神戸海洋気象台の観測値)

順位	日数	期	間	1mm未 満の日数	降水量
1	34	1979	7 18~ 8 20	10	1.5
2	34	1945	7 22~ 8 24	8	1.3
3	34	1942	7 3~ 8 5	6	1.6
4	33	1964	7 20~ 8 21	5	1.4
5	32	1923	7 18~ 8 18	9	1.8
6	31	1939	8 9~ 9 8	6	0.9
7	27	1947	8 2~ 8 28	7	1.9
8	27	1904	7 31~ 8 26	6	1.2
9	26	1965	7 26~ 8 20	4	0.6
10	26	1903	8 5~ 8 30	6	1.2

十四時まで二六一・一ミリメートルの前期降雨があった。この上に、九日一六時から一七時の間に、六九・四ミリメートルの豪雨が、一挙に大災害となった。前期降雨についての認識が神戸市にとっていかに重要かがわかる。

雨季連続無 灌がい用水をはじめ、水需要が多くなる六月から九月の間での連続無降水の記録は、次のようである。

降水記録 連続無降水期間の定義は、日降水量が、一ミリメートル未満の日が三日連続しても無降水は中断せず四日

第二節 気候の経年変化と気象特性の地域分布

以上続いた時に中断するとした。これは、干天が続いている時は、わずかの雨量は初期損失となり水資源とはならないことによる。その結果、一〇日以上連続した事例は八五年間に一〇〇例あり、そのうち上位一〇位を表44に示す。

第一位は昭和五十四年（一九七九）七月十八日から八月二十日までの三四日であり、その間、一ミリメートル未満の降水日数は一〇日間、総降水量は一・五ミリメートルであった。

第三節 水質・大気・地下水

1 水質の変化

神戸の水域

神戸の水域は六甲山地によって大きく三分されており、河川のほとんどが六甲山地の溪流を源流としている。

六甲山地の南側には東西に細長く市街地が形成されており、この市街地をぬって大阪湾に注ぐ約二〇の中小河川がある。この水域を都市河川水域と呼んでいる。六甲山地の北側は主として丘陵地と農地からなっており、この間をぬって有馬川や有野川など武庫川の支流と、志染川しじみや淡河川おうごなど加古川の支流が流れている。この水域を北神水域と呼んでいる。六甲山地の西側はなだらかな丘陵地と農地からなっており、播磨灘に注ぐ明石川などの河川がある。この水域を西神水域と呼んでいる。

つぎに湖沼をみると、北神水域の北東端に神戸市の上水道として利用されている千苅水源池がある。また北神水域の西端には多目的ダムの呑吐どんどダムがあり、都市河川水域の生田川の上流には良好な水質で著名な布引水源池がある。布引溪流は、環境庁が名水百選の一つに指定している。新湊川の上流には烏原川を源流と

第三節 水質・大気・地下水

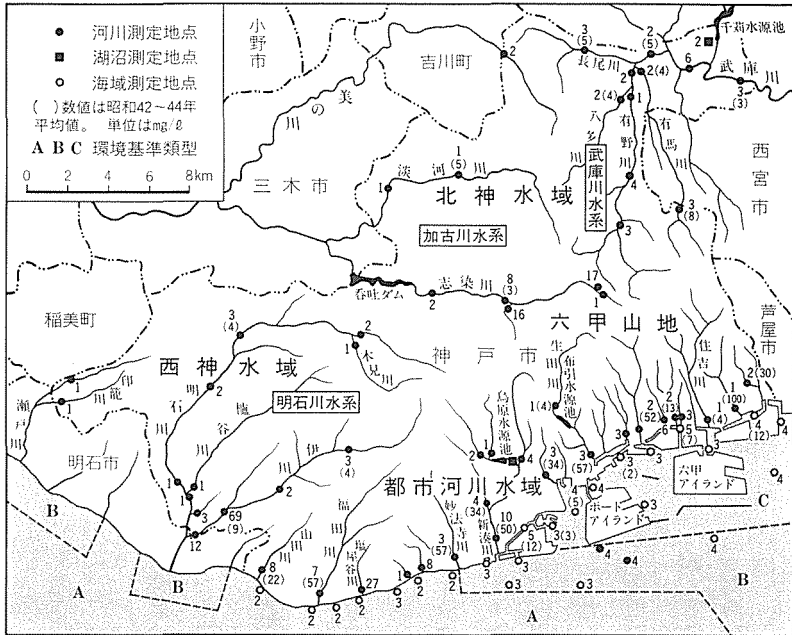


図 103 神戸の水域と BOD 値(昭和60年)

する烏原水源池がある。西神水域には近世以来の水利改良によって、数多くの溜池が築造されており、岩岡・神出地区は、全国的にみても有数の溜池地帯になっている。神戸市全体では昭和六十二年現在、八〇二三の溜池がある。

神戸の海域は大阪湾の西北部に位置し、明石海峡によって播磨灘に通じており、西部海域(A類型海域、神戸港海域(B類型海域)、東部海域(C類型海域)の、三つに分けられる。神戸港海域の面積は約九〇〇〇ヘクタールで大阪湾の面積の約六%である。大阪湾奥部に続く東部海域は、阪神工業地帯と接しており、また埋め立てによる人工島に囲まれた閉鎖性水域である。明石海峡に続く西部海域は、阪神間で唯一の海水浴場のある須磨海岸を中心に漁業やレクリエーション

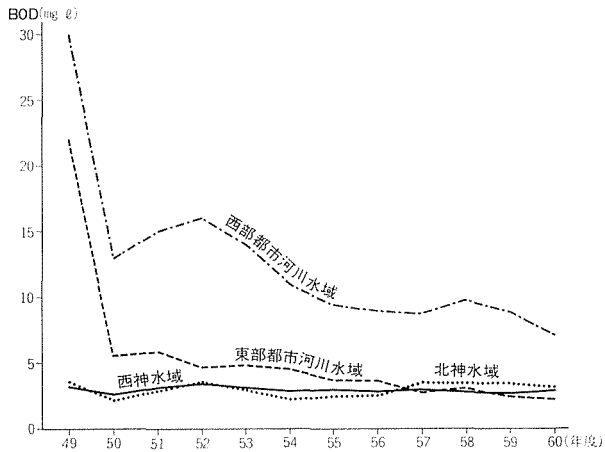


図 104 河川の水質(BOD 値)の推移

ヨンの場になっている。海域の水質をみると、神戸港海域と東部海域は陸水の影響を受けやすくあまり良好な水質とはいえないが、西部海域は淡路島東岸を北上してくる清浄な外洋水の影響も受けていて水質も良好で、生物にとってもよい生息環境となっている。

河川の水質

昭和三十年代の高度経済成長政策による工場の立地や市民生活の向上に伴う洗剤などを含む生活排水の増加、昭和四十年代の急激な宅地開発、河川改修工事、海面の埋め立てなどによって、河川、湖沼の水質は著しく劣悪化した。自然界での水質自浄機能が損なわれたのである。

都市河川の場合、水質悪化の主な原因は生活排水の増加であったが、その後、下水道の整備の進展とともに水質は次第に改善される傾向を示すようになった。しかし、宅地開発と下水道整備とが整合的に行われていない地域の河川では、なお汚濁の程度の高いつころがあった。昭和四十年代の西北神の河川の水質汚濁の主な原因は、畜産・酪農経営に伴う排水が原因であった。「水質汚濁防止法」の施行によって、排水に対する規制が強化され河川の水質は向上したが、その一方規制の対象外である宅地開発に伴う生活系排水による汚濁の

問題が残されている。河川の水質は昭和六十年には、図103のように昭和四十二～四十四年に比べ多くの測定個所で大幅に改善されてきている。汚濁の代表的指標であるBOD（生物化学的酸素要求量）値でみると昭和四十二年から四十四年平均で明石川一四・〇（ミリグラム／ℓ）、生田川五七・〇、妙法寺川五七・〇であったものが、六十年にはそれぞれ一二・〇、二・六、三・〇となった。六甲山の溪流の場合は、昭和四十六年ごろ山上のホテル、保養所などからの排水によって水質の悪化があったが、昭和四十七年にこれらの施設との水質汚濁防止協定の締結によって、水質の改善が図られた。住吉川上流の西山谷川ではBOD値が昭和四十七年五・五であったものが、六十年には一・〇となっている。

湖沼の水質

湖沼・溜池の水質も宅地開発などによって悪化した。特に烏原水源池の場合、烏原川の上流部での宅地造成によって汚濁が進み、COD（化学的酸素要求量）値が昭和四十年代後半には八〇～一〇〇ミリグラム／ℓとなり、一時期水道水としての取水を停止したことがあった。その後、下水道の整備により水質は二・〇～三・〇程度まで改善され、取水が再開された。布引水源池の水質は、〇・五以下の良好な水質を保っている。また、千疋水源池も三・〇以下の良好な水質を保っている。

海域の水質

海域も流入河川の水質悪化や臨海部の工場からの排水によって水質悪化が進行した。ことに昭和四十五年当時の兵庫運河の水質は、COD値一六ミリグラム／ℓ、DO（溶存酸素量）値は〇となり、「死の運河」とさえいわれた。須磨海水浴場でも、油の流入などの原因によって昭和四十三年にはCOD値が六・〇になり、海水浴場としての存続も危ぶまれた。その後、下水道の整備や公害対策の進展などによって、水質の改善が進んだ。須磨海水浴場のCOD値をみると、昭和四十六年一・一、四十八年

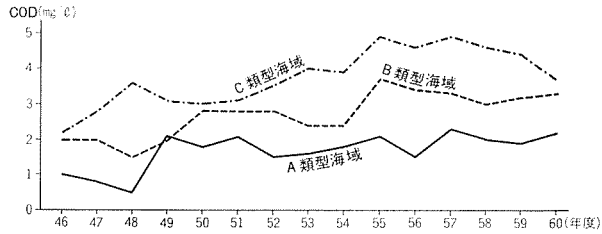


図 105 海の水質(COD 値)の推移

○・八に改善された。しかし、生活排水、工場排水の面からの海水の水質への影響は小さくなったものの、昭和五十年ごろから赤潮が神戸海域にも発生するようになり、漁業や須磨海水浴場にも影響を与えた。そのためオイルフェンスの設置などによって対策を講じているが、抜本的な解決策がないまま現在にいたっている。

水質の悪化に対処するため、昭和四十六年「水質汚濁防止法」が制定された。神戸市では他の都市に先がけて四十七年「人間環境都市宣言」を行い、「神戸市民の環境をまもる条例」を制定して公害対策の基本とし、環境の改善に努めてきた。なお水質では従来 of 物理化学的汚濁指標に加え、日本で最初の生物的指標を導入した。

水環境と 生物にとって、水環境は人間にとっての住環境と同様大切なもの

生物 である。生物指標が導入されたのは、生物が水質の良否を判定する

目安となるだけでなく、生物が生息できる水環境を整備するのが目的であった。

河川も水質の回復とともに、そこに生息する魚の種類も多少増加したが、コンクリート護岸や河床では、生物にとって良好な環境とはいえなかった。そこで、昭和五十年代の前半に、住吉川、都賀川、生田川などを市民の水辺として指定し、住民の協力を得ながら、水環境の整備を行った。これらの河川の一部では、水生生物の増加がみられるようになった。

表 45 水温の変化

(単位: °C)

年度 (昭和)		A 類型海域			B 類型海域			C 類型海域		
		最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均
夏季	58	24.0	27.0	25.3	22.5	26.2	24.5	24.0	29.0	26.0
	59	23.0	28.7	25.9	23.9	28.6	25.7	23.5	29.9	26.1
	60	22.6	28.5	24.6	23.5	28.7	26.1	23.2	29.2	26.4
冬季	58	6.0	9.0	7.1	4.8	9.0	6.4	3.0	10.5	6.5
	59	8.9	10.0	9.3	6.7	10.0	7.9	7.0	10.0	9.1
	60	7.2	8.6	8.0	6.4	8.5	7.5	6.6	10.0	7.8

(注) 1 夏季は7~9月、冬季は1~3月。
2 0.5~2.0メートルの表層水。

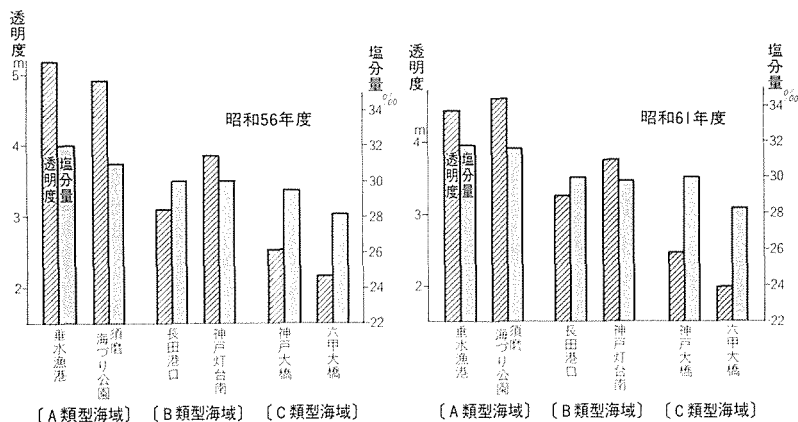


図 106 海水の透明度と塩分量

海生物については前述したが、ここでは海水環境と生物との関係を述べておこう。生物環境からみると、水質汚濁の代表的な指標であるBOD、CODとともに水温、塩分濃度、透明度、底質などが重要である。

水温は気温の変動から一カ月遅れで変動することが知られている。特に東部海域では他の海域よりも夏は暖かく、冬は冷たい。これは夏には暖かい陸水の、冬には冷たい陸水の影響を受けている

ことによる。西部海域はより外洋水の水温に近いと考えられている。神戸港海域は西部海域と東部海域の中間的な数値になっている。外洋水の水温の変動と陸水の影響をこうむっているためであろう。

塩分濃度は、陸水の影響を大きく受けている東部海域は低く、陸水の影響の少ない西部海域は高く、神戸港海域は両者の中間的な値になっており、各海域での生物相も異なっている。

つぎに透明度をみると、大阪湾のように富栄養化が進んだ海域では、植物プランクトンが異常に増殖し、プランクトンが浮遊物質として存在するため透明度は悪くなる。夏期のプランクトンの増殖のない時は四〜七度の時がある。透明度の約二倍の深さまでが有光層とされており、光合成によって生息している付着藻類や、それを捕食する生物の環境を考えるうえで透明度は重要な指標である。

また、陸水の影響を大きく受ける東部海域の底質は（ドロ質（有機性汚濁）が多く、そのなかの生物も汚濁の強いものに限られている。西に行くにつれて良好な底質（砂礫質）となり、多くの底生生物が生息し、それを捕食する魚類なども豊かになっている。

2 大気質の変化

大気汚染と

汚染物質

大気は窒素、酸素、炭酸ガス、アルゴン等で構成されているが、火山活動などの自然現象や人のさまざまな生産・消費活動に伴って発生する種々の汚染物質により、化学的・物理的に

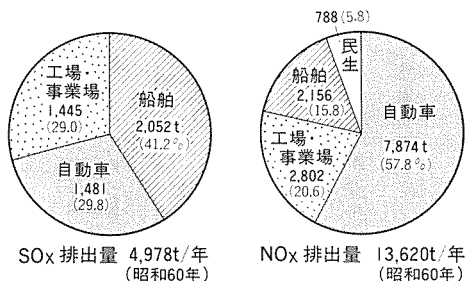


図 107 硫黄酸化物・窒素酸化物の発生源
(神戸市環境局調査)

変質する。人が住み、何らかの活動をする所では、汚染物質の大気中への排出は避けられない。自然界には雨や風などによって、多少の汚染物質ならこれを稀釈、拡散、吸着し、浄化する作用がある。大気汚染の問題は、大気のもつ自浄作用の限界を越えて汚染物質が排出されるときに発生する。

汚染物質の発生源は、工場、ビル等の固定発生源と自動車、船舶等の移動発生源に大別できる。神戸市は六甲山地により地形的に南北に二分されており、その南側の細長い既成市街地では、各種の工場や事業場、港湾関連施設、幹線道路が集積するなど極めて高密度の土地利用がなされているため、この地域に発生源が密集している。

主な固定発生源としては、東灘区から兵庫区の臨海部の鉄鋼、造船、造船、食料品などの工場のほか、長田区を中心に密集するゴム製造業、中央区を中心とするビルの冷暖房施設などがある。また移動発生源としては、自動車および神戸港の船舶がある。

汚染物質には一次汚染物質（発生源から直接排出されるもの）と二次汚染物質（複数の一次汚染物質が太陽の光エネルギーにより光化学反応を起こし生じるもの）がある。広域的な大気汚染の原因となっている主な一次汚染物質としては、硫黄酸化物（SOx）、窒素酸化物（NOx）、浮遊粒子状物質（SPM）、一酸化炭素（CO）などがあり、また代表的な二次汚染物質としては光化学オキシダント（OXi）がある。

いま、代表的な汚染物質である硫黄酸化物と窒素酸化物について発生源別に排出量の割合（昭和六十年代）をみると図107のようである。神戸の空は東京、大阪など他の大都市にくらべて清浄であるといわれるが、それでもさまざまな発生源から排出される種々の汚染物質によって、複雑な都市型複合大気汚染の状況を呈している。

大気汚染　神戸市は昭和二十八年から四十五年の間に、東部及び西部の海面一帯に五四三ヘクタールにも
の調査　およぶ大規模な埋立事業を行い、工場用地などを生み出し、また港湾関連施設を拡充、整備し

た。昭和三十三年、神戸製鋼所は東部埋立地第一工区（二四ヘクタール）に粗鋼年生産三〇〇万トン規模の銑鋼一貫工場の建設計画に着手したが、その東北部には灘の酒造工場群があり、灘五郷酒造組合から「伝統ある銘酒醸造の生命にかかわる問題」として、強い反対の声が上がった。当時、多くの市民にとって工場の煙は繁栄の象徴とも思われたであろうが、これが契機となって大気汚染の問題が市民の関心を集めることになった。このため、神戸市では、昭和三十三年一月、「神戸市煙害等公害対策協議会」を設置し、同年三月から実態調査を開始した。

昭和三十年～四十年　大気汚染の状況は、発生源と汚染物質の質的、量的変化に対応して、時代とともに変
代中ごろの大気汚染　化してきた。

昭和三十年代以降、わが国の経済は高度の成長発展期を迎え、技術革新、石炭から石油系燃料へのエネルギー転換、産業構造の高度化・大規模化などが進行したが、鉱工業生産やエネルギー消費量の急激な伸びに伴い、工場などからのばい煙の排出量は増加し、全国的に広域にわたる大気汚染の問題が発生した。

昭和三十三年から四十五年(いわゆる「公害国会(四十五年十二月)・第六四回国会」が開催され、公害関連法令が整備された)ごろまでの間の代表的な汚染物質は、工場やビルなどから排出される黒いすす・ばいじんや硫黄酸化物であった。特に昭和三十年代には、石炭だきのボイラーの黒い煙、鉄鋼業の赤い煙(酸化鉄)がみられ、市民の苦情の原因となっていた。

そして昭和四十五年には、硫黄酸化物濃度は旧環境基準(健康保護と生活環境保全のため維持されることが望ましい基準・年平均値 0.05ppm)ぎりぎりという状態になっていた。冬の風の弱い日などには黒いスモッグ(濃煙霧)が発生し、空をどんよりとおおい視程が悪くなることがよくあった。このため、のちに昭和五十二年一月、臨海商工業地域の一部が公害健康被害補償法にもとづき第一種地域(大気系)として指定され、健康被害者の救済が行われることになった。

昭和四十年代中ごろ 昭和四十年代中ごろからは、幹線道路の沿道の自動車排出ガス(二酸化炭素など)や窒素から五十年代中ごろ 酸化物、光化学オキシダントによる汚染が進行していった。

この間、神戸市では法律レベルでの規制体系の整備に先立ち、硫黄酸化物排出量の総量規制を定めた公害防止協定の締結(昭和四十五年)、「神戸市民の環境をまもる条例」の制定(四十七年)など地方公共団体として可能な限りの対策を実施した結果、降下ばいじん、硫黄酸化物のいずれも、四十五年ごろをピークに五十年にいたる間に急激に低減していった(図10)。

窒素酸化物は発生源が多岐にわたり、また自動車排出ガスの汚染寄与度が大きいため、自動車交通量の増加とともに、幹線道路沿道で二酸化窒素(NO_2)が環境基準を上回るなど、汚染が進行していった。

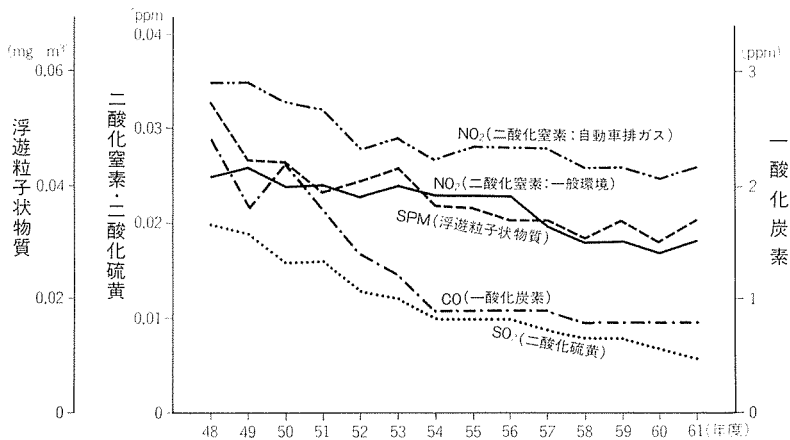
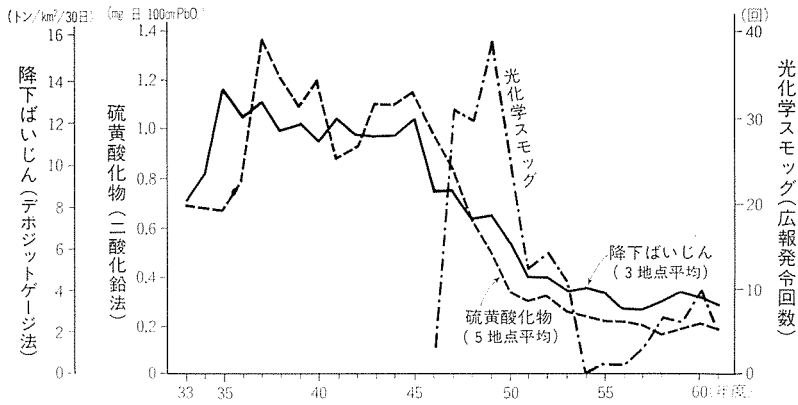


図 108 大気汚染状況の推移

昭和四十五年七月、東京都杉並区で運動中の女子高校生四三人が突然、目がちかちかする、のどが痛いなどの症状を訴える光化学スモッグ事件が起こった。神戸市でも昭和四十六年七月、光化学スモッグ広報第一号を発令したが、四十九年には年間の発令回数は三九回に達した。また昭和四十七年七月十八日、市立高倉中学校で市内ではじめて一一人の生徒が被害を訴えた。その後、五十二年までの間の被害届出人数は四三一人にのぼった。

昭和五十年代中 自動車排出ガスおよびボイラーなどのばい煙発生施設に対する規制の段階的強化、二度に
ころから現在 わたるオイルショック（昭和四十八年、五十四年）に伴う事業者の省エネルギー対策の推進な
どにより、大気汚染の態様の変化がみられる。また、水銀、ダイオキシン、アスベストなどの微量有害物質
による大気汚染の可能性が指摘されるようになった。

硫黄酸化物および一酸化炭素による汚染は著しく改善され、いずれも環境基準を下回っている。窒素酸化
物は、一般環境大気監視局では、昭和四十年代後半から五十年代中ごろまではほぼ横ばい傾向を示していた
が、五十五年度に環境基準の上限以下のレベルになり、それ以降漸減傾向で推移している。しかし、幹線道
路の近くに設置されている自動車排出ガス監視局では、昭和五十九年度にいたり、はじめて環境基準の上限
を下回ったが、一般環境大気監視局にくらべて依然として高いレベルで推移している。浮遊粒子状物質はお
おむね漸減傾向で推移してきたが、一部の一般環境大気監視局で環境基準を上回っている。光化学スモッグ
の発生状況は気象条件に左右される。昭和五十五年から五十七年は三年続きの冷夏ともいわれ、光化学スモ
ッグ広報の発令回数は減少したが、五十八年以降は再び増加傾向を示している。

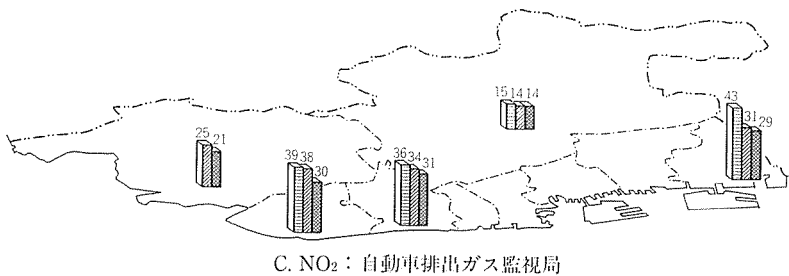
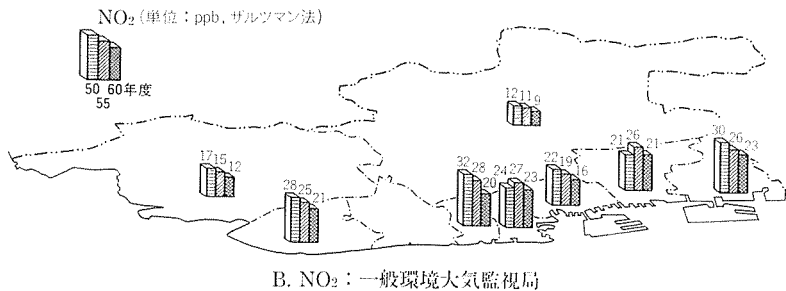
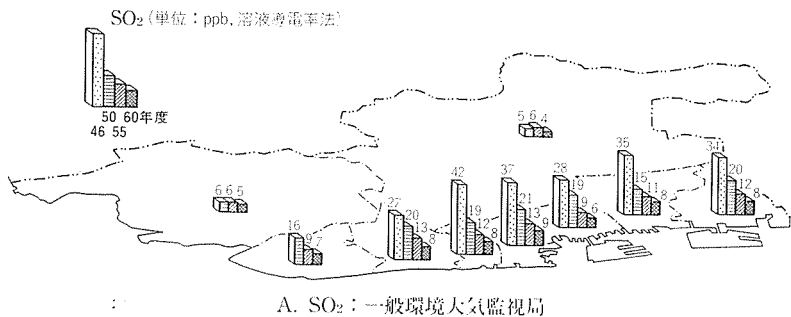


図 109 硫黄酸化物・窒素酸化物濃度の推移
(区別年平均値、ザルツマン係数0.84)

3 地下水

神戸の地 水道が敷設されていなかった昔の神戸の人たちは、生活用水に主として井戸水を用いていた。

下水 それらのほとんどは、空気の流通のある地表面に近い浅層地下水であった。井戸の多くは、便利な水道の普及によって利用されなくなった。

山地に降った雨水は、一部は蒸発して大気中に戻って行くが、その他の大部分は地中にしみ込み地下水となり、また、しみ込むことのできない水は溪流となって流れ下る。山麓付近では、浅層の地下水および谷川の水は互に通じ合っていて、雨水は山地の土壌でろ過されて清澄になり、それらは同じような化学的水質になっている。環境地質が同じであれば、浅層地下水および河川水の化学的水質はほぼ同様のものになるのが自然の成り行きである。

神戸地域の地下水について、沖積平野、神戸層群、大阪層群の三つの地域をとり、水質と地質との関係、水質、成分などを述べることにしたい。

コウベウォーター 水というものは、われわれに清純、豊かさ、冷味、うま味、尊いもの、包容力、自浄力、ターと宮水 そして急な流れなどのような多くの美しいイメージを与えてくれる。古より、日本人はこ

のような温和な水自然と調和して生きることに、安らぎを覚え、そこに固有の文化を開花させてきた。茶道も、絵画も、庭園も、料理も、そして酒づくりもすべてそうである。コウベウォーターと宮水みやみずは、清潔

で豊かな町として、ともに神戸のイメージアップに大きく貢献してきたものである。

神戸に寄港する外国航路の多くの船が、神戸の水はおいしくて、そして赤道を越えても腐らないので、競ってその水槽を神戸の水で満たして行ったといわれる。世界の港の水が、硬度が高過ぎてまずかったり、あるいは細菌がいて不潔である場合が多いからである。このように世界的に有名なコウベウォーターは、布引溪流の水を集めた布引貯水池から取水され、北野浄水場を経て港の船舶に給水されていた水であった。その布引貯水池は、六甲花こう岩および布引花こう閃緑岩よりなる六甲山地を集水域にしているのである。

酒づくりの成功の鍵には、米、酵母、水、天候、そして人の技術の五要素があるといわれている。日本酒の最大醸造地は、灘五郷であって、それは阪神間の海岸に沿って武庫川以西の今津、西宮、魚崎、御影、そして西郷の五地区である。ここでつくられる酒は、古くは江戸時代から、灘の生一本とたたえられて、現在にいたっている。

日本酒醸造地として灘五郷が今日このような隆盛をみた要因としては、海路および陸路の交通の便利さ、農閑期に丹波篠山あたりより六甲を越えて灘に移住してくる技術者^{杜氏}とよばれるの優れた技、裏六甲神戸層群の丘陵地に産するでん粉質の多いおおつぶの原米(山田錦と呼ばれる)、そして用水としての宮水の優秀性があげられる。

宮水とは、西宮の水のことで、西宮神社の東南方の一定地域で得られる浅層地下水のことである。一般に、軟水で仕込まれた酒は秋になって味がダレたり、熟成がすぎて秋落ちしやすいが、宮水のような硬水・多塩分質の水で仕込まれた酒は秋に一段と香味が整い、味もまるくなるのである。

現在の宮水井戸場は、西宮神社の東南方の久保町および石在町の北半分の限られた区域に分布している。そのゆう水層は一般に浅く、地表下四ないし六メートルにある。この地帯の浅層地下水には、夙川系および御手洗川系の伏流水に西宮港付近よりくる少量の海水の浸透水が微妙に混合されているのである。

沖積平野 六甲山地は河川によって浸食され、それから送り出された砂礫は山麓に扇状地をつくり、それが複合して沖積平野をつくっていった。前記の灘五郷は、六甲山地の南部に展開される沖積

平野にある。灘五郷のうち、御影、魚崎および西宮の三郷の醸造用に使われている地下水の分析結果を表46に示している。この西宮郷の水が宮水である。

これらの水質の特色は次のようなものである。

(一) カルシウム・ナトリウム・カリウム・マグネシウム・重炭酸・塩素・硫酸の諸イオンおよびケイ酸の総含有量は全溶解成分量の九五%を超える。したがって、これらは主溶解成分とみなされる。

(二) 主溶解成分量については魚崎・御影・西宮の順に増加の傾向が認められるが、各地域の組成比は互いによく類似している。

(三) 微量成分については各地区に比較的大きな濃度差のあるものが多い。リン酸・ホウ素・バナジウム・ルビジウム・セシウム・セレンなどは魚崎・御影・西宮の順に増加している。

以上のような特色は、これらの地下水の水質をつくり上げる土壌がすべて花こう岩質であることにもとづいている。この沖積平野の表層を構成する土壌は、主として透水性の比較的良好な花こう岩質の細砂である。

このような土壌を帯水層とする地下水は「流れる水」である。流れる水の水質は比較的安定していて、地域

表 46 沖積平野の水質

地 域	御 影	魚 崎	西宮(宮水)	全平均
試 料 数	10	10	14	34
酸 性 度(pH)	6.8 (0.3)	6.9 (0.1)	7.1 (0.2)	6.9
蒸 発 残 留 物 (ppm)	281 (42)	158 (26)	307 (41)	256
カ ル シ ウ ム(Ca) (ppm)	42 (10)	29 (11)	51 (13)	42
マ グ ネ シ ウ ム(Mg) (ppm)	5.7 (1.4)	3.5 (1.4)	7.3 (2.1)	5.7
ナ ト リ ウ ム(Na) (ppm)	23 (6)	11 (3)	25 (6)	20
カ リ ウ ム(K) (ppm)	6.8 (2.8)	2.8 (1.1)	9.8 (1.8)	6.9
重 炭 酸(HCO ₃) (ppm)	96 (14)	64 (5)	109 (27)	92
塩 素(Cl) (ppm)	28 (10)	10 (5)	35 (14)	26
硫 酸(SO ₄) (ppm)	40 (13)	17 (8)	39 (6)	33
ケ イ 酸(SiO ₂) (ppm)	22 (5)	15 (2)	25 (5)	21
リ ン 酸(PO ₄) (ppm)	0.78(0.73)	0.27(0.46)	4.4 (1.9)	2.1
有 機 物(COD) (ppm)	0.54(0.23)	0.22(0.11)	1.4 (0.3)	0.80
ス ト ロ ン チ ュ ウ ム(Sr) (ppb)	194 (21)	91 (25)	270 (238)	195
ア ル ミ ニ ウ ム(Al) (ppb)	140 (35)	110 (19)	130 (21)	127
臭 素(Br) (ppb)	78 (27)	34 (15)	86 (38)	68
ホ ウ 素(B) (ppb)	44 (11)	21 (3)	72 (24)	49
バ リ ウ ム(Ba) (ppb)	41 (31)	27 (9)	15 (15)	26
鉄 (Fe) (ppb)	15 (4)	11 (4)	30 (27)	20
ヨ 素(I) (ppb)	10 (7)	4.0 (2.5)	18 (8)	12
亜 鉛(Zn) (ppb)	8.9 (3.0)	6.4 (2.8)	11 (4)	9.0
銅 (Cu) (ppb)	3.7 (1.3)	1.4 (1.1)	6.4 (5.1)	4.1
ル ビ ジ ウ ム(Rb) (ppb)	3.6 (3.4)	0.60(0.35)	17 (5)	8.2
マ ン ガ ン(Mn) (ppb)	3.2 (2.8)	1.2 (0.3)	2.4 (1.4)	2.3
ヒ 素(As) (ppb)	2.3 (1.5)	0.55(0.13)	3.4 (1.0)	2.2
ク ロ ム(Cr) (ppb)	1.0 (0.7)	1.3 (1.2)	1.2 (0.8)	1.2
バ ナ ジ ウ ム(V) (ppb)	0.63(0.29)	0.17(0.06)	1.4 (0.3)	0.81
ア ン チ モ ン(Sb) (ppb)	0.77(0.63)	0.26(0.23)	1.0 (0.4)	0.71
セ レ ン(Se) (ppt)	400 (320)	200 (100)	600 (330)	420
コ バ ル ト(Co) (ppt)	110 (60)	270 (370)	290 (300)	230
ス カ ン ジ ウ ム(Sc) (ppt)	8.7 (4.8)	2.2 (1.7)	19 (36)	11
セ シ ウ ム(Cs) (ppt)	5.8 (3.0)	3.2 (1.7)	17 (12)	9.6

ppm: 1リットル当たりミリグラム, ppb: 1キロリットル当たりミリグラム,
ppt: 1メガリットル当たりミリグラム, ()内の数値は標準偏差を示す。

第三節 水質・大気・地下水

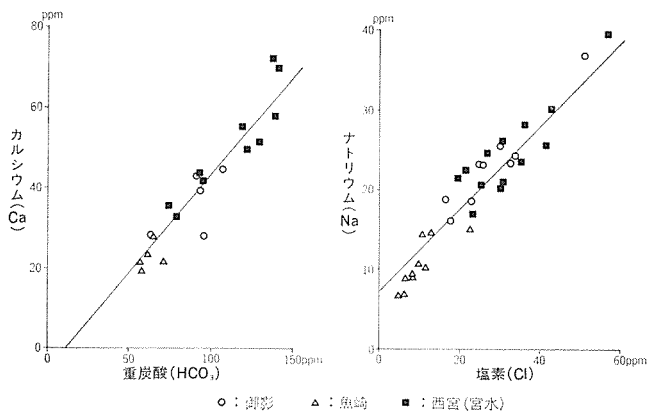


図 110 沖積平野の主成分間の濃度相関

差も少なくなる。

さらに、降雨によって水質が変動することも少ない。

図110は、これらの地下水の主成分間の濃度相関を示したものである。採水点の多くが一つの直線上に集まることは濃度相関が高いことを示しており、高い濃度相関のある成分対は溶存起源または溶解機構に相関性があることを示している。図に明らかなように、カルシウムと重炭酸、そしてナトリウムと塩素のそれぞれのイオン濃度間には見事な高相関が認められる。したがって、これらの沖積平野の地下水においては、カルシウムの主な起源は炭酸を含む水による岩石および土壌の溶解にあること、そしてこれらの地下水には海洋起源の塩化ナトリウムが溶けていることが明らかである。すなわち、花こう岩質土壌の沖積平野を流れる地下水の水質は、重炭酸カルシウムと塩化ナトリウムの等モル混合物を主成分としている。微量成分について、同様の高い濃度相関が得られる成分対を図11に示している。この図に明らかなように、西宮郷の宮水においては、リン酸とバナジウム、ルビジウムとバナジウム、そしてリン酸とヨウ素には濃度相関が認められる。これらの事実

したという話も伝えられている。
 神戸層群地域にある北区大沢町や淡河町などの民家群を訪ねて、生活用に使われている井戸水を求めて分析した。それらの井戸の深さは地表より二〇メートル以内である。それらの分析結果は表47の浅層水の分析

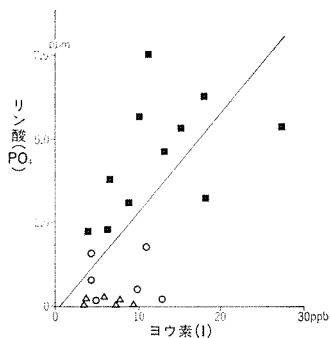
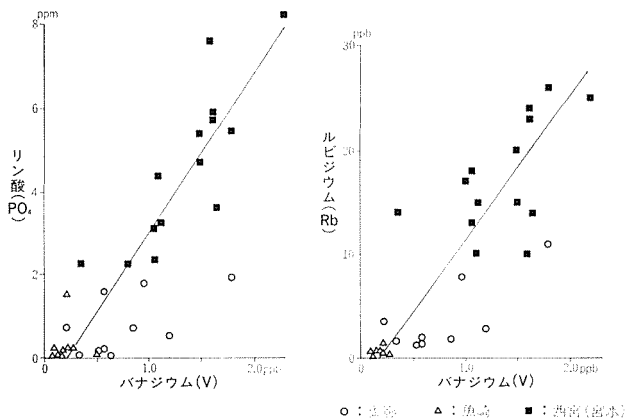


図 111 沖積平野の微量成分間の濃度相関

来するとする考え方を支持することになる。以上のような宮水のもつ適当な硬度と塩分量、そして各種の微量成分の適度な配合が、名水宮水をつくり上げているのである。

神戸層群 この地域は昔より水利が悪くて、表六甲よりきた若

の水質 嫁が、その家に良水のわく井戸がなく、遠くまで水

汲みや水運びに行かねばならないその労働に耐えかねて、夜逃げ

は、宮水に溶存しているこれらの微量成分が古代の入海(弥生時代から古墳時代にかけて、今の西宮神社から広田神社の付近にあったと推定されている)あたりに繁茂していたプランクトンや海藻などの生物質堆積物の分解に由

値で示されている。

一般に、このような地域の浅層水には肥料の混入などの人為的汚染が認められることもあるので、地質と水質の関係を明確にするためには深層水の分析が必要になる。そのような深層水は、雑木林が多く残っているこの地域に造成された多くのゴルフ場で得られた。これらのゴルフ場の多くは、浴用や芝の散水用に、深さ一〇〇ないし二〇〇メートルのボーリングを行って地下水をゆう出させている。それらのゆう出量は一年で半減する傾向がある。すなわち、これらの地下水の浸透速度は遅く、これらは「流れない水」になっているのである。それらの分析値を表47の深層水として示している。

神戸層群の水質の特色は、前記した表六甲の沖積平野の水質とは全く様相を異にしている、次のようなものである。

(一) 主成分については、ナトリウムおよび重炭酸イオン、そしてケイ酸が比較的多く、カルシウムおよびカリウムイオンなどは比較的少ない。すなわち、神戸層の地下水の水質は重ソウ型である。そのような傾向は深層水においてさらに顕著になり、深層水の溶存成分のほとんどは重ソウである。

(二) 同じ地層の、しかも近くにある浅井戸群について、それぞれの水質の差異、特に溶存濃度に大きな差異(濃度変動の大きさは標準偏差で表される)が認められる。また、同一の井戸についても、そのゆう水量および溶存濃度の経時変化が比較的大きい。すなわち、これらの井戸水は水質的に不安定である。

(三) 浅井戸については、特に降雨後に、粘土物質による濁りが出る場合が多い。

図112は、神戸層群地下水における主成分間の濃度相関を示している。ナトリウムと重炭酸の両イオン間に

表 47 神戸層群の水質

試料数	浅層水	深層水	深層水 浅層水
	38	15	
酸性度(pH)	6.6 (0.4)	8.1 (0.7)	1.2
蒸発残留物 (ppm)	201 (71)	312 (74)	1.6
カルシウム(Ca) (ppm)	11.5 (9.2)	1.6 (1.3)	0.14
マグネシウム(Mg) (ppm)	2.3 (1.7)	0.2 (0.2)	0.09
ナトリウム(Na) (ppm)	32 (20)	99 (21)	3.1
カリウム(K) (ppm)	3.1 (3.1)	0.93(0.96)	0.29
重炭酸(HCO ₃) (ppm)	63 (51)	264 (67)	4.2
塩素(Cl) (ppm)	23 (16)	9.2 (7.1)	0.40
硫酸(SO ₄) (ppm)	23 (9)	14 (12)	0.60
ケイ酸(SiO ₂) (ppm)	29 (10)	33 (10)	1.1
リン酸(PO ₄) (ppm)	0.19(0.19)	0.49(0.27)	2.6
フッ素(F) (ppm)	0.10(0.01)	0.54(0.34)	5.4
有機物(COD) (ppm)	2.3 (1.3)	1.5 (0.9)	0.65
硝酸酸(NO ₃ -N) (ppm)	4.1 (5.6)	1.1 (0.9)	0.27
亜硝酸酸(NO ₂ -N) (ppb)	2.4 (2.7)	2.0 (1.0)	0.83
アンモニア(NH ₄ -N) (ppb)	29 (25)	N.D.	
アルミニウム(Al) (ppb)	300 (170)	500 (650)	1.7
臭素(Br) (ppb)	88 (56)	29 (14)	0.33
ストロンチウム(Sr) (ppb)	81 (47)	10 (8)	0.12
鉄(Fe) (ppb)	71 (52)	49 (39)	0.69
亜鉛(Zn) (ppb)	21 (17)	4.5 (1.9)	0.21
バリウム(Ba) (ppb)	20 (20)	4.1 (3.1)	0.21
銅(Cu) (ppb)	6.7 (4.6)	3.3 (2.8)	0.49
マンガン(Mn) (ppb)	6.3 (5.0)	5.1 (4.0)	0.81
ヨウ素(I) (ppb)	5.6 (2.8)	17 (10)	3.0
ルビジウム(Rb) (ppb)	4.3 (2.3)	1.2 (0.6)	0.28
バナジウム(V) (ppt)	940 (510)	340 (150)	0.36
クロム(Cr) (ppt)	940 (530)	230 (320)	0.24
コバルト(Co) (ppt)	390 (200)	150 (110)	0.38
アンチモン(Sb) (ppt)	180 (100)	20 (20)	0.11
セシウム(Cs) (ppt)	100 (220)	80 (90)	0.80
スカンジウム(Sc) (ppt)	60 (50)	80 (150)	1.3

ppm: 1リットル当たりミリグラム, ppb: 1キロリットル当たりミリグラム,
ppt: 1メガリットル当たりミリグラム, ()内の数値は標準偏差を示す。

は、浅層水と深層水はともに高い濃度相関が認められる。一方、カルシウムと重炭酸(同様にナトリウムと塩素)の両イオン間については顕著な濃度相関は認められない。

一般に地下水中の主成分、特にナトリウム、カルシウムおよびマグネシウムなどの陽イオン濃度は、その

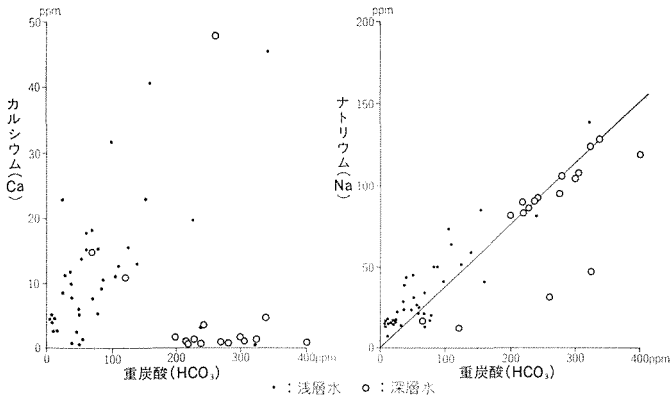


図 112 神戸層群の主成分間の濃度相関

帯水層の地質の特色をよく反映するものである。第三紀神戸層群の地下水の水質が重ソウ型であるのは、この地層に含まれているベントナイトやモンモリロナイトなどの粘土鉱物質土壌の陽イオン交換現象にもとづいていと考えられる。特に深層水について、その現象が顕著に表れているのである。

この地層の地下水は「流れない水」の典型である。一般に、このような「流れない水」の水質は悪く、そして経時変化も激しくて、したがってこの地域の水利が悪くなっているのである。

大阪層群 この地域では、近年とみに、宅地化および工業団地の水質 などの造成や、地下鉄および高速自動車道路などの

建設が進んでいる。これに伴って、それらに近い地域の浅層地下水は水位低下の傾向が顕著である。さらに水道の普及度と逆比例して、生活用水としての井戸水の使用量は減少している。

地質学的に大阪層群下部（鮮新・更新統）とされている榎谷町の寺谷・友清および池谷、伊川谷町の前開、そして押部谷町の近江（および高和などに分布する浅井戸群の分析値（代表値としての中央値）、およびそれらと前記の沖積平野並びに神戸層群浅層水の水質との比較を表48に示している。

これらの分析結果にもとづいて、大阪層群下部の主溶存成分の特色は、次のように結論される。

(一) 沖積平野と比較して、ミネラル総量、カルシウム、カリウム、重炭酸および塩素などのイオン量は少なく、マグネシウムイオンおよびケイ酸は多く、そしてナトリウムおよび硫酸イオンは同程度の傾向である。

(二) 神戸層群と比較して、ミネラル総量、ケイ酸および硫酸イオンは同程度であるが、カルシウム、マグネシウムおよびカリウムなどのイオン量は多く、ナトリウム、重炭酸および塩素などのイオン量は少ない傾向がある。

(三) 各井戸による溶存濃度の差異、すなわち標準偏差が、沖積平野と比較して、各成分について高値である。また、神戸層群と比較して、カリウムおよび硫酸イオンは高値であるが、他の主成分はすべて低値である。

(四) 主溶存成分間の濃度相関は比較的少ない。

(五) 本層においては、神戸層群のような陽イオン交換による軟水化現象は認められない。

(六) 岩石および土壌よりの各成分の溶出機構は複雑である。すなわち、大阪層群を構成する礫および土壌が、丹生山地、六甲山地および神戸層群に由来する各種岩石の礫、火山灰、そしてそれらの風化したものなどよりできており、その様相は極めて複雑である。

(七) 本層の地下水は、一般に「流れない」水であり、すなわち地下滞留時間の比較的長い水である。

一般に、現代の経済システムによれば、都市には人口が集中し、都市化の進行とともに自然が失われつつ

第三節 水質・大気・地下水

表 48 大阪層群(鮮新・更新統)の水質

試料数	大阪層群		大阪層 沖積平野	大阪層 神戸層
	52			
酸性度(pH)	6.6 (0.5)		0.95	1.0
蒸発残留物 (ppm)	175 (83)		0.68	0.87
カルシウム(Ca) (ppm)	17 (12)		0.40	1.5
マグネシウム(Mg) (ppm)	7.8 (6.6)		1.4	3.4
ナトリウム(Na) (ppm)	18 (8)		0.9	0.56
カリウム(K) (ppm)	4.1 (8.4)		0.59	1.3
重炭酸(HCO ₃) (ppm)	38 (28)		0.41	0.60
塩素(Cl) (ppm)	12 (9)		0.46	0.52
硫酸(SO ₄) (ppm)	22 (13)		0.67	0.96
ケイ酸(SiO ₂) (ppm)	31 (10)		1.5	1.1
リン酸(PO ₄) (ppm)	0.23(0.73)		0.11	1.2
ストロンチウム(Sr) (ppb)	196 (123)		1.0	2.4
アルミニウム(Al) (ppb)	117 (112)		0.92	0.39
バリウム(Ba) (ppb)	48 (50)		1.8	2.4
臭素(Br) (ppb)	43 (15)		0.63	0.49
鉄(Fe) (ppb)	34 (42)		1.7	0.48
亜鉛(Zn) (ppb)	19 (16)		2.1	0.90
ヨウ素(I) (ppb)	6.9 (5.8)		0.58	1.2
ルビジウム(Rb) (ppb)	1.1 (1.2)		0.13	0.26
バナジウム(V) (ppt)	690 (670)		0.85	0.73
クロム(Cr) (ppt)	540 (280)		0.45	0.57
ヒ素(As) (ppt)	450 (390)		0.20	—
ランタン(La) (ppt)	180 (300)		—	—
セレン(Se) (ppt)	150 (110)		0.36	0.60
アンチモン(Sb) (ppt)	62 (59)		0.087	0.34
コバルト(Co) (ppt)	55 (32)		0.24	0.14
サマリウム(Sm) (ppt)	16 (20)		—	—
スカンジウム(Sc) (ppt)	14 (14)		1.3	0.23

ppm: 1リットル当たりミリグラム, ppb: 1キロリットル当たりミリグラム,
ppt: 1メガリットル当たりミリグラム, ()内の数値は標準偏差を示す。

ある。水自然もそうである。流れない地下水は、その使用量が激増すれば枯渇するし、地盤沈下のおそれもある。生ずる。流れる地下水は、もともと自浄力や復元力を有していても、環境汚染の度が過ぎれば、取り返しのつかない水質汚染が生じてしまう。

人は、健全なる水自然のなかでしか、快適な生活はできない。水自然を良く理解し、水自然と調和するよう
うに、水資源を管理し、そして水利用することが重要である。