

3 環境大気中の未規制物質に関する調査研究（第8報） —自動測定機による水銀濃度測定結果について—

落井 勅，植山洋一，宮永信幸

I 緒 言

水銀およびその化合物は毒性が強いうえに大気中では大部分が気体状で存在し、重金属のなかでも特異的な存在である。近年、化石燃料の石油から石炭への燃料転換に伴ない水銀の大気中放出は増大する見込みであり、排出実態調査^{1)~2)}や一般環境調査^{3)~10)}が実施されてきている。

当所ではこれまでに、一般環境、煙道排ガス、焼却場およびその周辺環境等水銀に関する調査¹¹⁾を実施してきた。しかし、これまで環境調査に用いてきた方法（金アマルガム法を用いた捕集管を使用し、12～24時間の試料採取）では、サンプリングに長時間を要するために詳細なデータ解析が困難であった。

そこで、昨年度排ガスおよび一般環境中の水銀濃度を連続して測定できる水銀自動測定機を導入し、県内5ヶ所にて10～20日間の連続測定を実施したのでその結果について報告する。

II 調査方法および調査期間

1 調査方法

水銀自動測定機（日本インスツルメ
ンツ（株）製 マーキュリーモニター
AM-2）による連続測定

測定条件：吸引流量 0.5 ℓ/分

吸引時間 56 分

測定モード FAUTO MODE

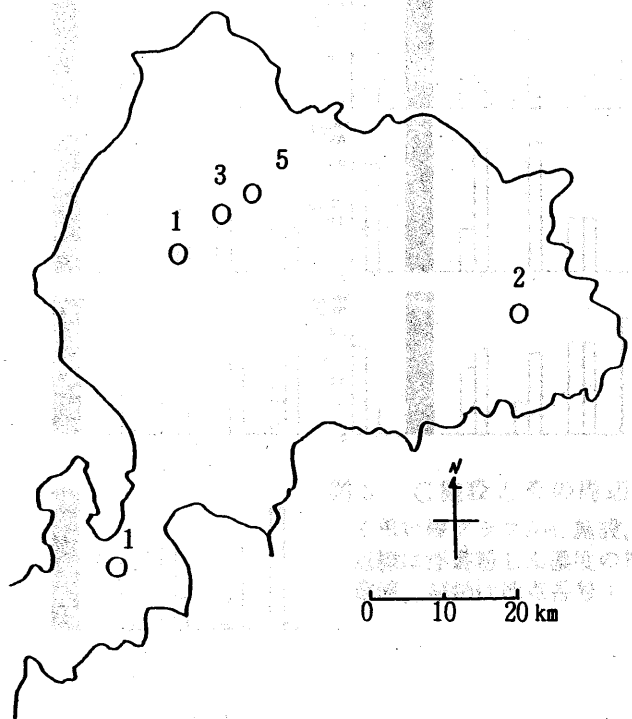
（1 サイクル 1 時間）

2 調査地点および調査期間

調査地点は次の5地点で実施した

（図-1）

- 1) 清水町小羽（以下、清水町と略）
昭和 63 年 6 月 27 日～7 月 6 日
（大気汚染測定車 みどり号内設置）
- 2) 和泉村朝日（以下、和泉村と略）
昭和 63 年 7 月 28 日～8 月 8 日
（大気汚染測定車 みどり号内設置）
- 3) 福井市豊島（以下、福井市と略）
（常時監視局 福井局内設置）
昭和 63 年 8 月 9 日～8 月 19 日
昭和 63 年 9 月 10 日～9 月 19 日
- 4) 敦賀市道ノ口（以下、敦賀市と略
す）



- 1 清水町
- 2 和泉村
- 3 福井市
- 4 敦賀市
- 5 センター

図-1 調査地点

昭和63年8月19日～9月2日および平成元年1月12日～1月27日(常時監視局 中郷局内設置)

5) 福井市原目町(以下、センターと略す)

昭和63年12月28日～平成元年1月12日(常時監視局 センター局内設置)

Ⅱ 結果および考察

大気中水銀濃度

の測定結果を表1に、また測定データの一例を図2に示した。

測定期間が異なるために比較は容易でないが一応の目安として、比較を行うと、平均値で清水町(12ng/m³)〈和泉村(1.6ng/m³)〉(敦賀市(1月)(1.9ng/m³), 福井市(8月)(21ng/m³), センター(22ng/m³), 敦賀市(23ng/m³)〈福井市(9月)(38ng/m³)の順であった。

これらの結果は昭和59～60年度に測定した値¹⁾(平均値2.3～3.5ng/m³)と同程度であった。

他県の報告例と比較すると、県内5地点における水銀濃度は大都市等^{4,8,9)}における値よりも低く、福井市の9月分を除けばほぼバックグラウンド濃度付近^{3,10)}と考えられる。

表-1 大気中水銀濃度測定結果

項目		調査地点	清水町	和泉村	福井市	敦賀市	福井市	センター	敦賀市
		調査 年月日	S63 6/27 ~ 7/6	S63 7/28 ~ 8/8	S63 8/9 ~ 8/19	S63 8/19 ~ 9/2	S63 9/10 ~ 9/19	S63 12/28 ~ H1 1/12	H1 1/12 ~ 1/27
水銀濃度	AVE (ng / m³)		1.2	1.6	2.1	2.3	3.8	2.2	1.9
	MAX (ng / m³)		6.7	4.5	6.5	6.7	12.7	6.5	6.5
	MIN (ng / m³)		0.0	0.6	0.7	0.3	2.1	1.5	1.3
気温 AVE (℃)			21.3	22.7	26.9	24.0	22.4	5.1	5.8
湿度 AVE (RH %)			86	83	79	80	84	80	71
SO ₂ AVE (ppb)			3	2	7	4	5	4	5
NO AVE (ppb)			1	1	5	14	5	8	12
NO ₂ AVE (ppb)			3	1	11	1	11	14	1
O _x AVE (ppb)			21	17	14	23	21	19	20
HC AVE (ppm-C)			0.23	0.18	0.40	—	0.27	0.31	—

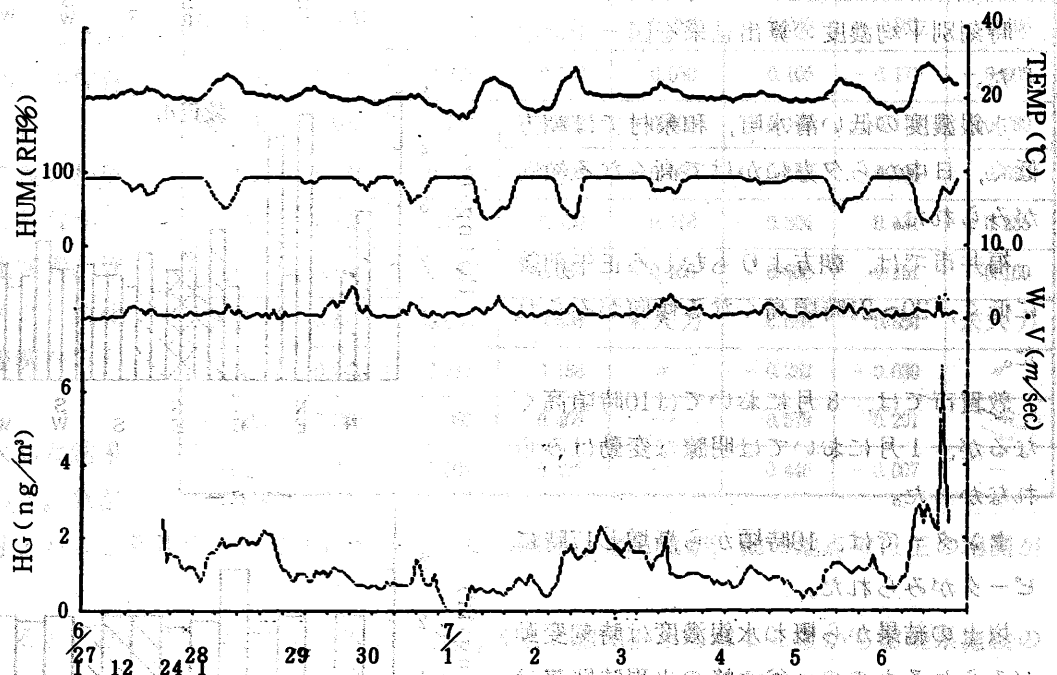


図-2 大気中水銀濃度測定結果

1 風向別平均濃度

風向別平均濃度を算出し、その結果を図-3に示した。

濃度が低い清水町および和泉村では風向別平均値に明瞭な差はみられなかった。

センターにおいても変動は少なくE風時 $3.0\text{ng}/\text{m}^3$ (出現頻度 4回) が最大であった。

敦賀市においては、1月では変動はみられないが、8月では出現頻度2回と少ないもののNE~ENE系で $4.2\sim 4.6\text{ng}/\text{m}^3$ と高い値となった。

福井市においては、8、9月ともNE~ENE系とSWが若干低濃度である。濃度の高い風系は、8月では明瞭ではないが、9月においてはESE~SSWおよびW~WNW系の $4.0\sim 4.6\text{ng}/\text{m}^3$ であった。

この結果から本県における大気中水銀濃度は、全般的に低いものの特定の風系においては発生源の影響を受けていると推測される。

2 時刻別平均濃度

時刻別平均濃度の算出結果を図-4に示した。

水銀濃度の低い清水町、和泉村では朝方低く、日中から夕方にかけて高くなる傾向がみられた。

福井市では、朝方よりもむしろ正午前後に低く、20~21時頃高くなる傾向がみられた。

敦賀市では、8月においては10時頃高くなるが、1月においては明瞭な変動はみられなかった。

センターでは、10時頃から漸増し17時にピークがみられた。

以上の結果から概ね水銀濃度は時刻変動がみられるものの、谷や峰の出現時間帯は測定地点や季節によって異なると考えられた。昼夜別調査¹⁾(昼間10~16時、夜間16~10時)では、夏期においては概ね昼間の値が夜間よりも高い傾向がみられたが、他

凡例 風向別出現頻度

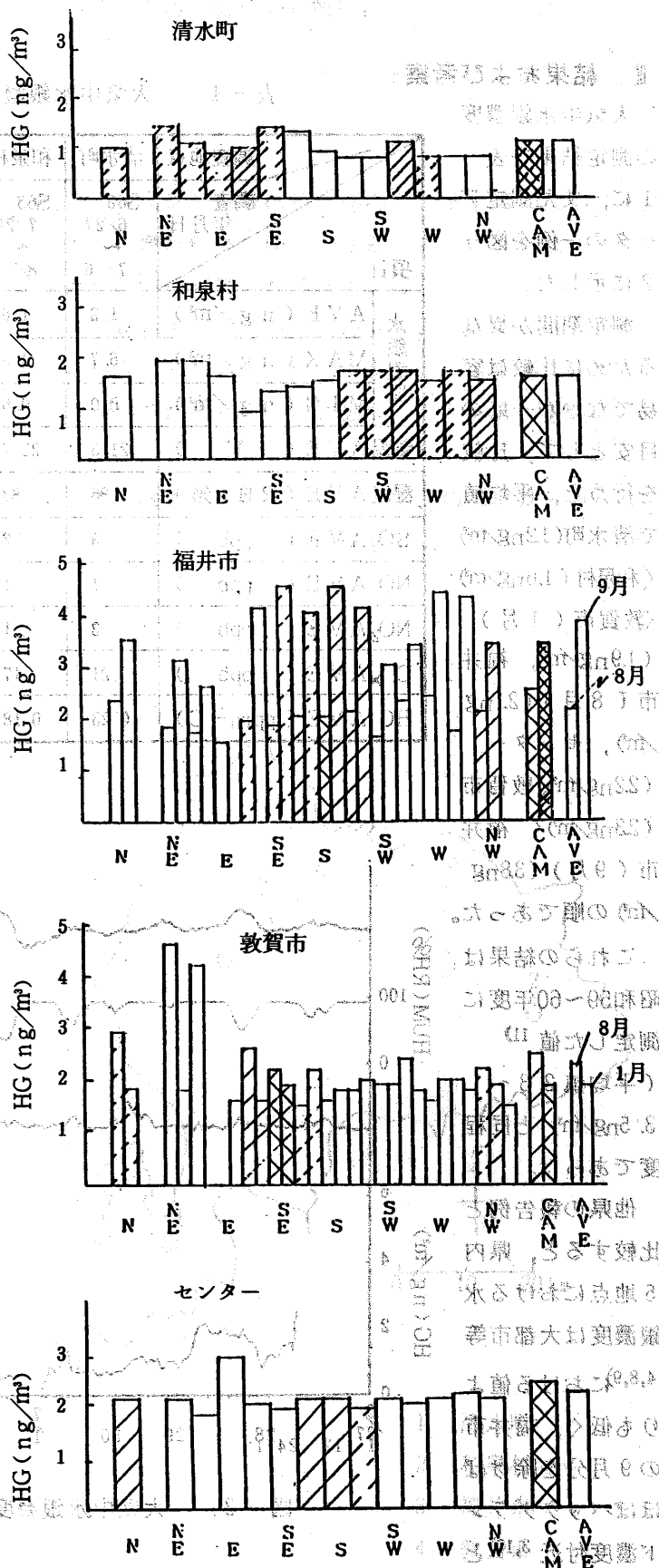
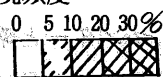


図-3 風向別平均濃度

の季節では一定の傾向はみられなかったと報告している。本調査では昼夜別の集計を行っていないため明確にはできないが、比較的濃度の低い清水町、和泉村では昼間に高い傾向がみられる。他の地点では濃度変動の谷や峰の出現時間が異なるため昼夜別の比較は明確にできなかった。

他地域の調査では昼間高くなる報告^{4,8)}や夜間高くなる報告³⁾があることから地域あるいは水銀発生源の特徴を表わしているものと考えられる。

3 大気汚染物質等との関係

大気汚染物質や気象データ等との関係を検討することは水銀の発生源やその挙動を知るうえで重要なことである。

そこで、常時監視局および大気汚染測定車“みどり号”で測定しているデータと水銀濃度との相関を求め、相関係数を表-2に示した。

全地点で共通して良い相関を示す項目は認められなかったが、気温、二酸化窒素、浮遊粉じんおよび非メタン炭化水素は比較的高い相関がみられた。

気温との相関を求めた結果の例を図-5に示した。気温

は、福井市(8,9月)および敦賀市(8月)において、負の関係となったが、他の地点では正の相関が得られた。

他地域の調査によると、都市部ではSO₂、NO、NO₂等との相関がみられることから燃焼系施設の寄与が大きい^{4,5)}という報告もあるが、本調査からは発生源の寄与について相関係数から推定することはできなかった。そこで、これらの項目について重回帰分析を試みたが清水町を除いて有意な回帰分析結果は得られなかった。清水町における結果では次の回帰式が得られた。

$$\text{水銀濃度 (ng/m}^3\text{)} = -3.7 + 0.14 \times \text{気温 (}^\circ\text{C)} + 0.02 \times \text{相対湿度 (\%)} - 0.11 \times \text{NO (ppb)} + 0.06 \times \text{NO}_2 \text{ (ppb)} + 1.93 \times \text{非メタン炭化水素 (ppm-C)} \quad (r^2 = 0.686)$$

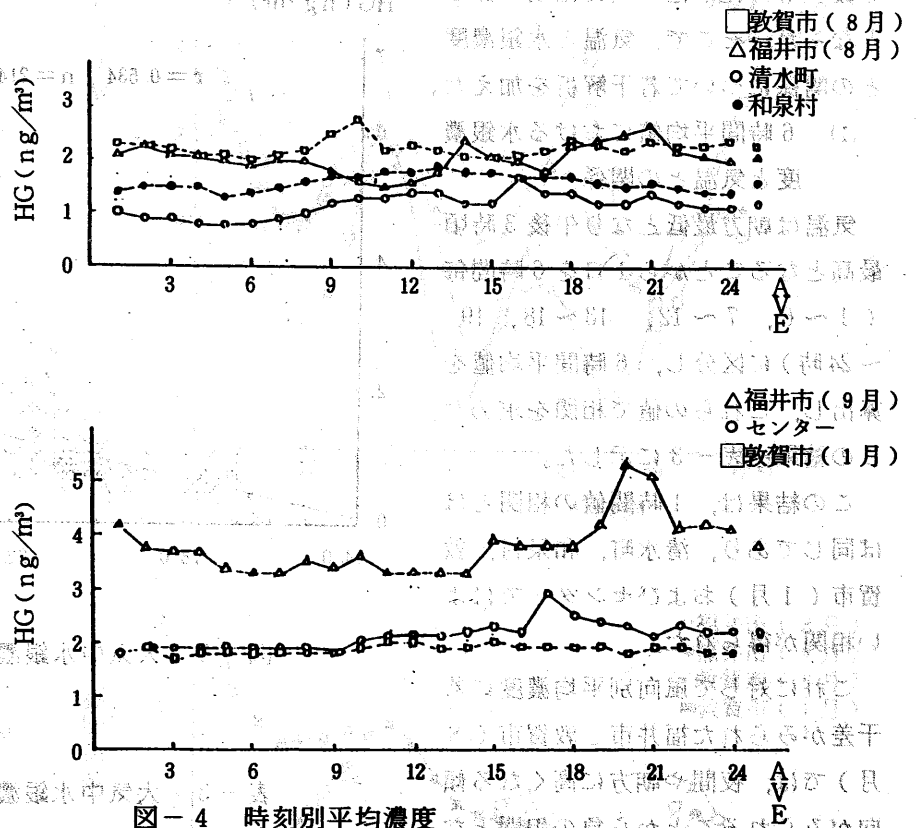


図-4 時刻別平均濃度

表-2 大気中水銀濃度と常時監視測定項目との相関係数

	清水町	和泉村	福井市 (8月)	敦賀市 (8月)	福井市 (9月)	センター (1月)	敦賀市 (1月)
気温	0.534	0.375	-0.120	-0.286	-0.040	0.261	0.486
湿度	-0.023	-0.223	0.153	-0.030	0.105	-0.171	-0.005
風速	-0.030	0.177	-0.192	-0.005	-0.142	-0.114	0.280
SO ₂	0.173	0.255	0.006	-0.060	0.158	0.206	0.030
NO	0.173	0.211	0.130	-0.118	0.204	0.131	0.235
NO ₂	0.560	0.060	0.634	-0.166	0.505	0.151	0.169
SP	0.617	-0.070	0.535	未入力	0.658	0.354	未入力
Ox	0.243	0.317	0.168	〃	-0.252	-0.030	〃
N-HC	0.591	0.080	0.406	〃	0.579	0.291	〃
CH ₄	0.201	0.006	0.427	〃	0.446	-0.007	〃

この回帰式では一酸化窒素は負の係数となったが他の項目は正の係数となった。そこで、気温と水銀濃度との関係について若干解析を加えた。

(1) 6時間平均値における水銀濃度と気温との関係

気温は朝方最低となり午後3時頃最高となることから1日を6時間毎(1~6, 7~12, 13~18, 19~24時)に区分し、6時間平均値を算出し、これらの値で相関を求めた。この結果を表-3に示した。

この結果は、1時間値の相関とほぼ同じであり、清水町、和泉村、敦賀市(1月)およびセンターではよい相関が得られた。

これに対して風向別平均濃度に若干差がみられた福井市と敦賀市(8月)では、夜間や朝方に高くなる傾向がみられることから負の相関となった。

これらの結果から、福井市と敦賀市については、気温の影響もあるが発生源の影響も受けていると推定される。

(2) 気温と水銀濃度との時系列解析結果

前項で、14地点において気温と水銀濃度とは良い相関が得られたのでコレログラムを作成し、図-6に示した。この方法は、水銀濃度と0時から72時間前の気温との関係を相関関係で表わし解析したものである。

測定開始時間が午前11時から午後17時と地点によってコレログラムにおける谷(図中①、③、⑤)および峰(②、④)の出現時間は異なっているが、敦賀市の1月を除いて谷から谷あるいは峰から峰までの周期は約24時間であることがわかった。また、同一時間における単相関が負となった福井市や敦賀市の8月の気象データについても周期は明瞭に表われた。

敦賀市の1月については、測定期間半ばの18~20日にかけて終日南風が卓越し、この時期にはめずらしく夜間でも気温は10℃以下にはならなかった。この特異的な気象現象により、周期が明瞭にでなかったと推察された。

以上の時系列解析から、敦賀市の1月を除いて、大気中の水銀濃度に気温が影響していると考えられた。しかし、この結果から、県内の大気中水銀濃度は発生源よりもむしろ気温に対する依存性が強いと

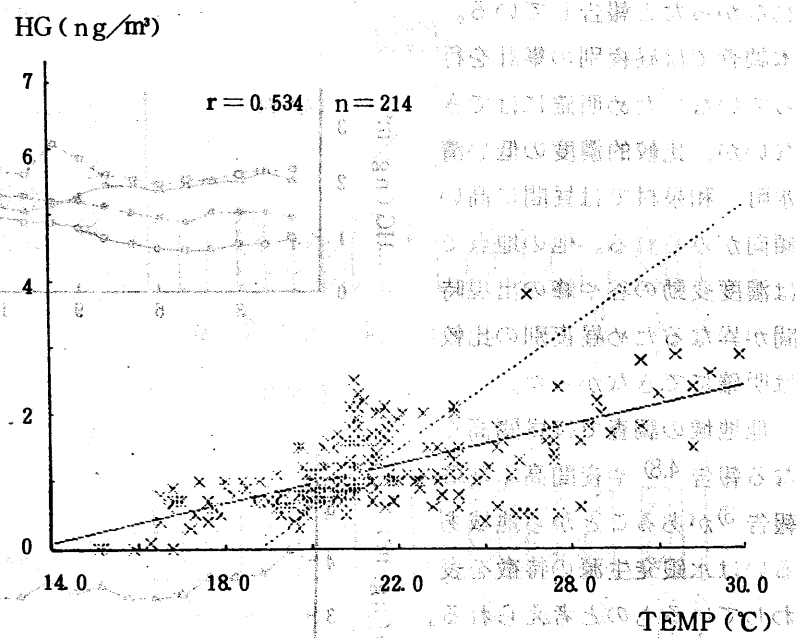


図-5 大気中水銀濃度と気温との相関

表-3 大気中水銀濃度と気温との相関

項目 地点	1時間値				6時間平均値	
	相関係数 (R)	サンプル サイズ N	Hg=A*Temp+B A B		(R)	(N)
清水町	0.534	214	0.145	-1.95	0.526**	33
和泉村	0.375	263	0.061	2.09	0.396**	43
福井市(8月)	-0.120	231	-0.360	3.01	-0.136	37
福井市(9月)	-0.040	211	-0.022	4.32	0.010	34
敦賀市(8月)	-0.286	332	-0.100	4.73	-0.138	37
敦賀市(1月)	0.486	340	0.058	1.54	0.564**	61
センター	0.261	345	0.064	1.84	0.385**	61

注1 一日を1~6, 7~12, 13~18, 19~24時の時間区分に分け時間区分毎に求めた値
有意水準 *;5% **;1%

推定するまでには至らなかった。
その理由として、温度の周期性和類似している気象要因は、気温逆転層の出現およびその強さまた、大気安定度さらに海陸風の交代時間等大気拡散に影響を与える因子が考えられる。

今後、これらの気象データおよび大気汚染物質等との関係について解析を進めて行く必要がある。

IV 結 語

自動測定機を用いた大気中水銀濃度調査結果の概要は次のとおりであった。

1. 県内5地点における1時間値の平均値は $1.2 \sim 3.8 \text{ ng/m}^3$ であり、清水町・和泉村はバックグラウンド地域と同程度の値であった。
2. 低濃度の清水町、和泉村においては、風向別平均濃度はあまり変動はみられなかったが、福井市においては風向による濃度差がみられた。
3. 時刻別平均濃度では、地域による特徴がみられた。
4. 気温と水銀濃度との関係は、福井市と敦賀市(8月)を除いた地点で相関が認められた。

今回、自動測定機を導入して大気中水銀濃度調査を行ったが、1時間値の測定が可能となったため、これまでの手分析法では困難であった風向別や時刻別平均値の算出が容易となり、解析が従来よりも正確にとらえられるようになった。

今後、更に気象要因と大気中水銀濃度との関係を解析するとともに、石炭利用拡大に伴う大気中水銀濃度の推移、また植物や土壌等への蓄積についてモニタリングを実施していく必要がある。

参考文献

- 1) 大宅辰雄他：北海道公害防止研究所所報 **10,64**(1983)
- 2) 梅木雅之他：大気汚染学会講演要旨集 **26,478**(1983)
- 3) 松木光弘他：奈良県衛生研究所年報 **17,51**(1982)
- 4) 小林禧樹他：兵庫県公害研究所研究報告 **15,11**(1983)
- 5) 富田孝子他：愛知県公害センター所報 **12,16**(1984)

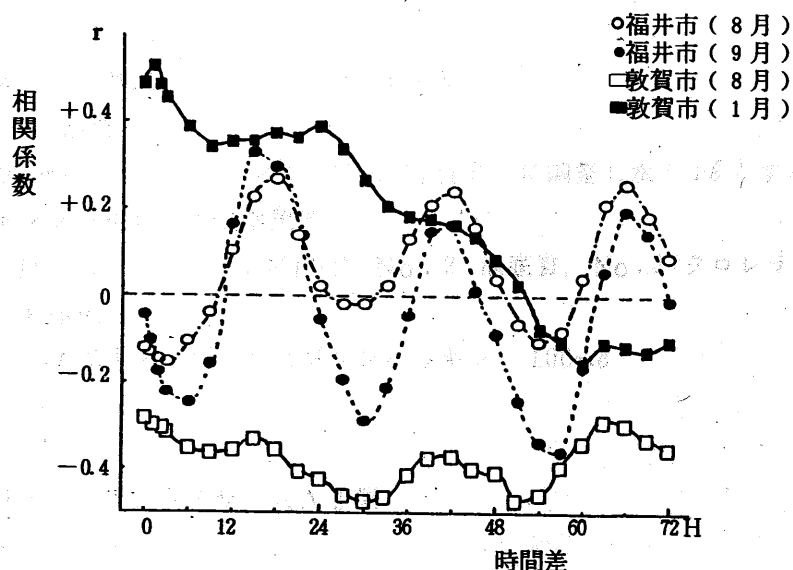
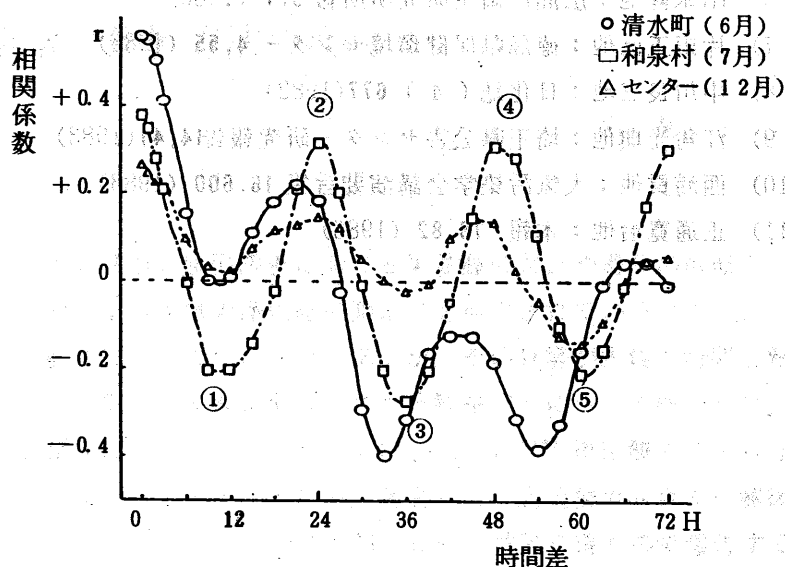


図-6 水銀濃度と気温との相関

