

大気浮遊粒子状物質の発生源からの寄与について

Contributions from Release Sources of Airborne Particulate Matter

田村 章 山本 務* 岩崎 幹男*
Akira TAMURA Tsutomu YAMAMOTO Mikio IWASAKI

増井 武彦 三好 健治
Takehiko MASUI Kenji MIYOSHI

香川県下15測定地点において、10 μ mカットサイクロン付きローボリウムエアサンプラーを用い、浮遊粒子状物質(以下SPM)を捕集した。そのSPM内の金属分析を蛍光X線分析装置を用いて行い、CEB法により、各発生源からの予測濃度及び寄与率を試算した。その結果、各地域の自然発生源からの寄与率は、8.87~13.47%であり、人工発生源からは、6.47~16.37%であった。自然発生源においては、県下全体に一樣に寄与を受け、人工発生源においては、高松地域及び中讃地域において寄与が大きいと推測された。高松地域内では、特に朝日町が、自動車排出ガス、鉄鋼業、廃棄物焼却からの寄与が大きい結果となった。中讃地域内の3測定地点では、各発生源からの寄与に差はなかった。西讃地域内においては、土壌からの寄与が大きく、人工発生源からの寄与は、高松地域・中讃地域に比較して小さい結果となった。内陸地域内においては、交通量が少ないにもかかわらず、自動車排出ガスからの予測濃度が1.36~1.89 μ m³/m³、寄与率が3.39~5.91%であった。東讃地域内においては、海塩粒子からの寄与が大きい結果となったが、自動車排出ガスからの寄与は、満濃町よりも小さい結果となった。

はじめに

大気中のSPMは、環境基準の達成率が低く、SPM削減対策は、大気環境保全における重要課題の一つである。しかし、SPMの起源は、固定及び移動発生源等の人工起源に加えて、海塩粒子、土壌等の自然起源やガス状物質からの二次生成を含め、多岐にわたっており必ずしも明確に把握されていない。したがって、SPMに対する起源を的確にとらえ、発生源からの寄与を推定し評価することが求められている。

そこで、各発生源の寄与を明かにするための手法の一つとして、環境でのSPM中の化学成分濃度データから発生源寄与を推定していくCEB法(Chemical Element Balances法)が最も有効な方法として数多く報告¹⁻⁶⁾されている。この方法は、気象データ及び拡散パラメータを必要とせず、単一試料を用いても解析が可能である利点を有している。

本報では、平成2年度・3年度の調査結果から、CEB法により、香川県下のSPMに対する各発生源からの寄与を求めたので、その結果について報告する。

調査方法

1. 調査期間

平成2年4月~平成4年3月

2. 調査地点

測定地点は、図1に示すとおりであり、高松地域(高松市役所・福岡町・東ハゼ町・勝賀町・高松町・朝日町・直島町)、中讃地域(坂出市役所・坂出市瀬居・丸龜市役所)、西讃地域(観音寺市役所・池之尻)、東讃地域(大内町)、内陸地域(善通寺市役所・満濃町)計15地点である。

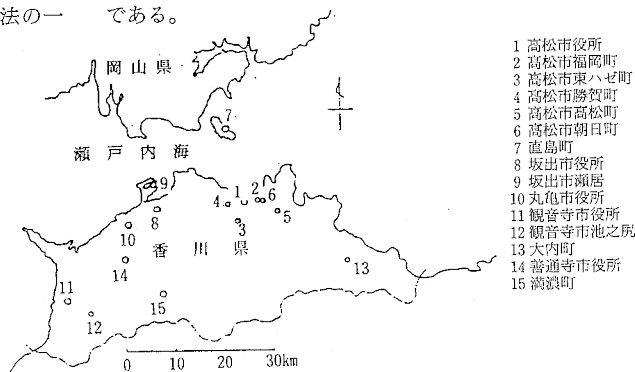


図1 測定地点の位置

3. 調査方法

新宅機械製作所製FKS型10 μ mカットサイクロン付きローボリュームエアサンプラーを用い、15測定地点とも約15日間の捕集周期で同時測定を行った。ろ紙は、東京ダイレック株式会社製PALLFLEX FILTERS 2500AT-UPを用いた。

4. 分析方法

SPM量は、温度20度、相対湿度50%の恒温恒湿室内で48時間以上保存し秤量して求めた。金属分析は、各ろ紙から直径47mmの円型試料とするため、ベルトポンチで切り取り、(株)島津製作所製SFX-1200型蛍光X線分析装置を

用い定量した。分析項目は、V, Pb, Na, Ca, Al, Fe, Zn, Mnである。

5. CEB法

発生源全部について分析値を入手することは困難であり、今回の計算に用いた発生源データとして、小山ら³⁾と同様、溝畑ら⁷⁾の文献値を用いた。表1に主要発生源粒子中の各元素組成を示した。指標元素は、海塩粒子—Na, 土壌—Al, 石油燃焼—V, 自動車排出ガス—Pb, 鉄鋼業—Fe・Mn, 廃棄物焼却—Zn, セメント—Caとした。最適解を求める方法としては、線形計画法⁶⁾を用いた。

表1 主要発生源粒子中の各元素組成⁷⁾

発生源\元素	V	Pb	Na	Ca	Al	Fe	Zn	Mn
海塩粒子	0.0000058	0.0000087	30.42	1.2	0.00003	0.000029	0.0000029	0.0000058
土壌	0.0061	—	1.3	1.6	6.8	3.9	0.029	0.079
石油燃料	0.92	0.033	1.0	0.085	0.21	0.46	0.04	0.012
自動車排出ガス	0.00024	3.7	0.027	—	0.15	0.41	0.15	0.0036
鉄鋼業	0.013	1.4	1.4	4.5	1.0	15.7	5.2	2.2
廃棄物焼却	0.0027	1.7	12.0	1.1	0.42	0.62	2.6	0.033
セメント			0.4	46	2.4	1.04		

(単位: %)

結果及び考察

1. 県下における発生源からの寄与

香川県においては、昭和54年度からSPMによる環境汚染の実態を調査しており、SPM中の化学組成については、瀬戸ら^{8~10)}が報告し、気象との関係については、岩崎ら^{17~19)}、藤井ら²⁰⁾が報告している。本報では、SPMの調査結果に基づき、CEB法により発生源からの寄

与を試算した。

SPMは、大気中に比較的長時間滞留することから、各地域毎に寄与率を求めた。表2に調査地域における年度毎の測定結果を示した。これらの結果から表1に示した主要発生源粒子中の各元素組成をもとに、各発生源からの予測濃度を求めた。結果を表3に示し、海塩粒子及び土壌を自然発生源として各発生源からの寄与率を図2に示した。

表2 調査地域における測定結果 (年平均値)

地域\元素	Na	Al	V	Pb	Fe	Zn	Ca	Mn
高松地域 2年度	0.589	0.247	0.011	0.065	0.696	0.207	0.250	0.034
3年度	0.581	0.228	0.014	0.056	0.627	0.177	0.219	0.034
中讃地域 2年度	0.647	0.254	0.011	0.054	0.607	0.124	0.230	0.023
3年度	0.657	0.247	0.015	0.045	0.547	0.138	0.231	0.032
西讃地域 2年度	0.581	0.264	0.007	0.043	0.400	0.082	0.215	0.015
3年度	0.570	0.266	0.009	0.040	0.435	0.076	0.199	0.013
東讃地域 2年度	0.585	0.253	0.005	0.025	0.450	0.078	0.185	0.020
3年度	0.590	0.250	0.005	0.030	0.420	0.072	0.165	0.027
内陸地域 2年度	0.472	0.235	0.005	0.036	0.365	0.070	0.194	0.014
3年度	0.484	0.223	0.008	0.037	0.375	0.078	0.180	0.021

(μ g/ m^3)

表3 各地域における発生源からの予測濃度

地域	高松地域		中讃地域		西讃地域		東讃地域		内陸地域	
	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度
発生源										
海塩粒子	0.648	0.838	0.945	1.300	0.883	0.883	1.394	1.387	0.702	0.810
土壌	3.132	2.897	3.326	3.218	3.562	3.614	3.482	3.415	3.178	2.977
石油燃料	1.147	1.477	1.154	1.586	0.724	0.942	0.507	0.503	0.510	0.834
自動車排出ガス	2.659	2.111	2.427	1.540	2.088	1.984	0.827	0.858	1.701	1.484
鉄鋼業	1.716	1.674	1.198	1.504	0.680	0.634	0.953	1.196	0.642	0.936
廃棄物焼却	0.136	0.120	0.059	0.096	0.026	0.023	0.054	0.047	0.024	0.038
セメント	0.273	0.209	0.265	0.221	0.263	0.236	0.167	0.094	0.239	0.181

(μ g/ m^3)

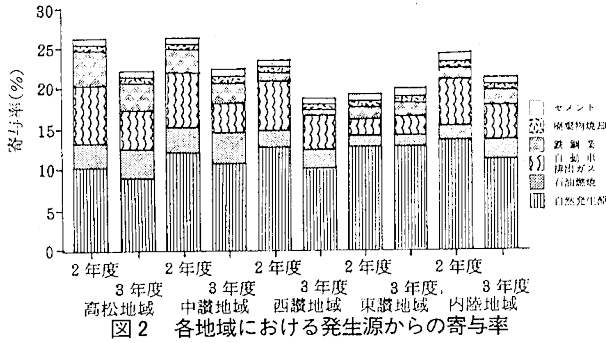


図2 各地域における発生源からの寄与率

海塩粒子は、東讃地域が最大であるが、内陸地域においても高松地域と同様の結果が得られたことから、中讃地域・西讃地域でやや高いが、県下全体にわたり海塩粒子の影響を受けているものと考えられた。土壌についても、各地域3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後の予測濃度が得られ、海塩粒子と同様、県下全体にわたり影響を受けているものと推測された。海塩粒子及び土壌の自然発生源は、8.87~13.47%の寄与率を示した。兵庫県での小山ら³⁾の結果は、自然発生源からの寄与率を9~15%と試算しており、同様な結果を得た。石油燃焼については、中讃地域において、予測濃度1.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が最大となり、寄与率においても3.77%と高い値を示した。東讃地域においては、予測濃度0.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が最小となり、寄与率も1.33%と低い値を示した。自動車排出ガスについては、高松地域での予測濃度2.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が最大を示し、寄与率も7.25%

と高い値を示したが、自動車交通量の少ない内陸地域においても約5%の寄与率を示した。鉄鋼業については、高松地域が予測濃度1.72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が最大となり、寄与率も4.68%と高い値を示した。最小は、西讃地域の0.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、寄与率も1.42%と低い結果であった。廃棄物焼却については、他の発生源と比較して予測濃度が小さい結果となった。その中で最大を示した地域は、高松地域であり、予測濃度0.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、寄与率0.37%であった。道路や建築物等に由来すると考えられるセメント粒子の予測濃度は、高松地域での0.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が最大を示したが、中讃地域及び西讃地域との濃度差はなかった。石油燃焼、自動車排出ガス、鉄鋼業、廃棄物焼却及びセメントを人工発生源とすると、人工発生源からの寄与率は、6.47~16.37%を示した。兵庫県においても、小山ら³⁾は、10~20%の寄与率を試算しており、ほぼ同様な結果が得られた。

以上のことより、県下における発生源からの寄与は、自然発生源においては、県下全体に一樣に寄与を受け、人工発生源においては、高松地域及び中讃地域において、寄与が大きいと推測された。

2. 高松地域内における発生源からの寄与

高松地域内でも測定地点により、発生源からの寄与に差がみられたので、表4に各発生源からの予測濃度を示し、海塩粒子及び土壌を自然発生源として図3に寄与率を示した。

表4 高松地域内における発生源からの予測濃度

地域	高松市役所		福岡町		東ハゼ町		勝賀町		高松町		朝日町		直島町	
	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度
海塩粒子	0.948	1.261	1.241	0.852	1.257	0.881	0.761	0.965	1.069	0.967	0.555	0.500	0.996	1.050
土壌	3.141	3.300	3.534	3.176	3.370	2.594	3.320	3.352	3.149	2.975	3.352	3.228	2.196	1.751
石油燃料	1.156	1.697	1.260	1.373	1.372	1.486	0.939	1.263	0.722	0.940	1.211	1.487	1.378	1.596
自動車排出ガス	2.161	1.790	1.922	1.352	1.910	1.333	2.245	1.716	1.556	1.412	3.477	4.051	1.128	1.350
鉄鋼業	1.101	1.305	1.349	1.246	1.116	1.226	1.003	1.208	1.184	1.223	5.161	4.348	1.067	1.278
廃棄物焼却	0.073	0.077	0.111	0.057	0.039	0.069	0.054	0.067	0.043	0.044	0.578	0.415	0.115	0.106
セメント	0.267	0.199	0.347	0.211	0.193	0.135	0.265	0.247	0.180	0.179	0.405	0.323	0.240	0.245

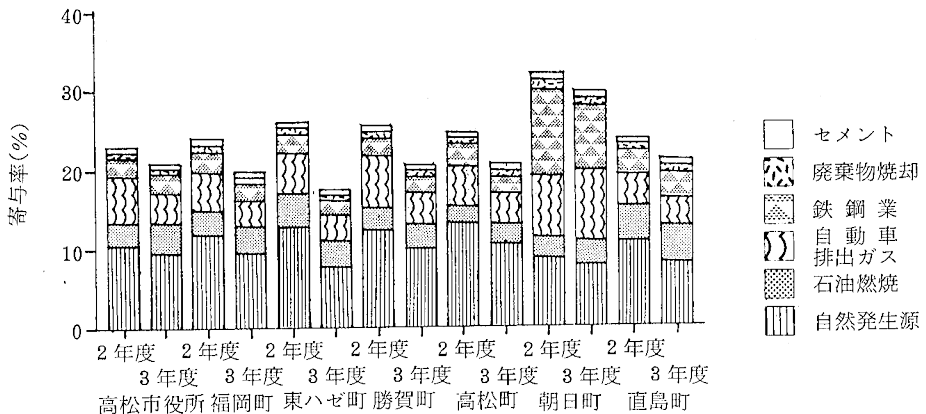


図3 高松地域内における発生源からの寄与率

海塩粒子については、朝日町が予測濃度約 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と低い値を得た以外は、 $0.76\sim 1.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。土壤については、直島町が他の地点と比較して寄与が小さい結果となった。

人工発生源について、最も特徴的であったのは、朝日町であった。測定結果の内、Fe及びPbの量は、市役所の約3倍であり、Zn及びMnに関しては約5倍であった。これらの結果に基づいて予測濃度を求めると、Pbを指標とした自動車排出ガス、Fe及びMnを指標とした鉄鋼業、Feを指標とした廃棄物焼却は、当然であるが、他の地点と比較して発生源からの予測濃度がかなり大きくなった。自動車排出ガスからの予測濃度は、 $4.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、寄与率は、8.51%、鉄鋼業からは、 $5.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、11.27%、廃棄物焼却からは、 $0.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1.26%となった。これらの結果より、朝日町での測定地点は、近郊にある鉄鋼所の影響を、また、自動車排出ガスの影響をかなり受けていることが推定された。

3. 中讃地域内における発生源からの寄与

中讃地域内における発生源からの予測濃度を表5に示し、海塩粒子及び土壤を自然発生源として各発生源からの寄与率を図4に示した。

表5 中讃地域内における発生源からの予測濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

発生源	地点		坂出市役所		坂出市瀬居		丸亀市役所	
	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度	2年度	3年度
海塩粒子	1.167	1.297	1.005	1.086	1.275	1.499		
土壌	3.607	3.982	2.659	3.396	3.691	3.292		
石油燃料	0.936	1.472	1.701	1.696	0.934	1.591		
自動車排出ガス	1.805	1.646	1.605	1.576	2.186	1.805		
鉄鋼業	1.184	1.561	1.251	1.270	1.200	1.640		
廃棄物焼却	0.063	0.089	0.030	0.057	0.104	0.140		
セメント	0.286	0.247	0.248	0.196	0.259	0.226		

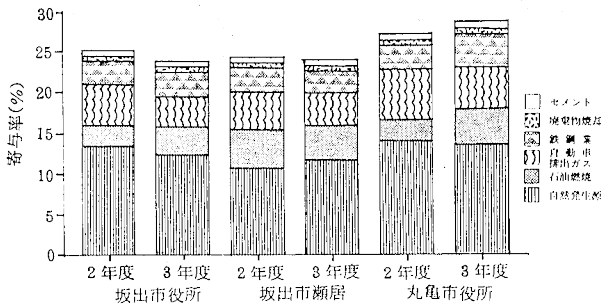


図4 中讃地域における発生源からの寄与率

海塩粒子については、予測濃度 $1.01\sim 1.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、土壤については、予測濃度 $2.66\sim 3.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。これらの自然発生源からの寄与率は、10.47~13.39%であった。人工発生源について、坂出市瀬居は、番の州工業地帯の東に隣接していることから、発生源からの寄与に特徴があると考えられたが、坂出市役所及び丸亀市役所とほぼ同様の予測濃度を示した。このことから、中讃地域においては、各発生源からの寄与は、ほぼ一様

影響を及ぼしているものと考えられた。

4. 西讃地域内における発生源からの寄与

西讃地域内における発生源からの予測濃度を表6に示し、海塩粒子及び土壤を自然発生源として、各発生源からの寄与率を図5に示した。

表6 西讃地域内における発生源からの予測濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

発生源	地点	観音寺市役所		池之尻	
		2年度	3年度	2年度	3年度
海塩粒子		1.017	0.886	0.733	0.709
土壌		4.041	3.520	3.381	3.726
石油燃料		0.828	1.269	0.617	0.615
自動車排出ガス		2.301	1.916	1.884	2.051
鉄鋼業		0.719	0.674	0.618	0.594
廃棄物焼却		0.022	0.033	0.028	0.012
セメント		0.266	0.236	0.251	0.187

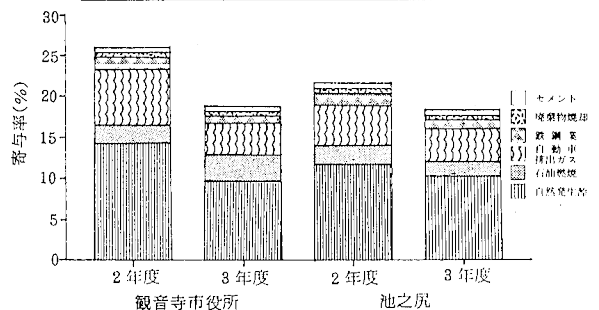


図5 西讃地域における発生源からの寄与率

海塩粒子については、予測濃度 $0.71\sim 1.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。土壤については、 $3.38\sim 4.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、他の測定地点と比較して寄与が大きい結果となった。人工発生源は、高松地域・中讃地域と比較して寄与は小さくなったが、観音寺市役所の石油燃焼及び自動車排出ガスからの寄与、池之尻の自動車排出ガスからの寄与は、高松地域・中讃地域と同程度の寄与であった。

5. 内陸地域内及び東讃地域内における発生源からの寄与

内陸地域内における発生源からの予測濃度を表7に示し、海塩粒子及び土壤を自然発生源として、各発生源からの寄与率を図6に示した。

表7 内陸地域内における発生源からの予測濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

発生源	地点	善通寺市役所		満濃町	
		2年度	3年度	2年度	3年度
海塩粒子		0.734	0.981	0.673	0.630
土壌		3.463	3.328	2.897	2.649
石油燃料		0.615	1.153	0.297	0.406
自動車排出ガス		1.892	1.365	1.512	1.643
鉄鋼業		0.798	1.303	0.488	0.529
廃棄物焼却		0.023	0.058	0.025	0.015
セメント		0.255	0.158	0.222	0.163

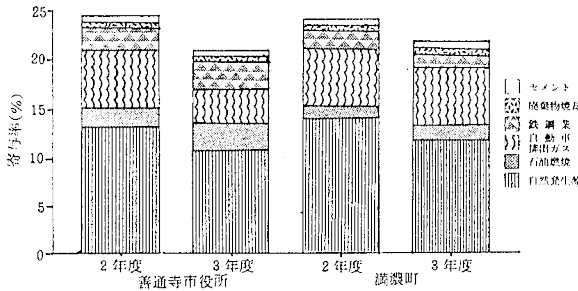


図6 内陸地域内における発生源からの寄与率

海塩粒子については、予測濃度 $0.63\sim 0.98\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、土壌については、予測濃度 $2.65\sim 3.46\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。自然発生源の寄与率は、 $10.69\sim 13.95\%$ であった。人工発生源について、石油燃焼、鉄鋼業、廃棄物焼却の予測濃度は、他の地点と比較して寄与が小さい結果となったが、自動車排出ガスの予測濃度は、交通量が少ないにもかかわらず、 $1.37\sim 1.89\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり寄与率も $3.39\sim 5.91\%$ と高い値を示した。

東讃地域内における測定地点は、大内町のみであるので、表3・図2の東讃地域が大内町の値である。

海塩粒子については、予測濃度 $1.39\sim 1.39\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、測定地点の中で最も高く、土壌については、予測濃度 $3.42\sim 3.48\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。自然発生源の寄与率は、 12.7% であった。人工発生源は、特に寄与が大きい発生源はなく自動車排出ガスは、満濃町よりも寄与が小さい結果となった。

ま と め

本県におけるSPMに対する各発生源からの予測濃度及び寄与率を発生源別に指標元素を選定し、CEB法を用いた試算した。その結果の要約は次のとおりである。

1. 各地域の自然発生源からの寄与率は、 $8.87\sim 13.47\%$ であり、人工発生源からは、 $6.47\sim 16.37\%$ であった。
2. 高松地域内において、朝日町は、自動車排出ガス、鉄鋼業、廃棄物焼却からの寄与が大きかった。
3. 中讃地域内の3測定地点では、ほぼ同様の予測濃度及び寄与率を示した。
4. 西讃地域内においては、土壌からの寄与が大きく、人工発生源からの寄与は、高松地域・中讃地域に比較して小さかった。
5. 内陸地域内においては、自動車排出ガスからの予測濃度が $1.37\sim 1.89\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、寄与率が $3.39\sim 5.91\%$ と高かった。
6. 東讃地域においては、海塩粒子からの寄与が大きかった。

文 献

- 1) 岩本真二, 宇都宮 彬, 石橋竜吾, 武藤博昭: 大気汚染学会誌, 20,286(1985)
- 2) 才本光徳, 伊藤正敏, 北川良雄: 山口県公害センター年報, 7,35(1981)
- 3) 小山太八郎, 谷本高敏: 兵庫県公害研究所研究報告: 13,14(1981)
- 4) 加藤拓紀, 田淵修二, 野口 泉, 松本 寛: 北海道公害防止研究所報, 15,25(1988)
- 5) 鈴木正雄, 荒井久雄: 横浜市公害研究所報, 10,43(1985)
- 6) 内藤季和, 飯豊修司, 衣田彦太郎, 吉成啓彦, 鈴木将夫, 松浦章良, 宇野博美: 千葉県公害研究所研究報告: 15,41(1983)
- 7) 溝畑 朗, 真室哲雄: 大気汚染学会誌, 15,198(1980)
- 8) 瀬戸義久, 小坂紀生, 串田光祥, 久保正弘, 納田徹也, 美澤 誠: 香川県公害研究センター所報, 4,39(1979)
- 9) 瀬戸義久, 小坂紀生, 串田光祥, 久保正弘, 納田徹也, 美澤 誠: 香川県公害研究センター所報, 4,57(1979)
- 10) 瀬戸義久, 小坂紀生, 串田光祥, 久保正弘, 納田徹也, 美澤 誠: 香川県公害研究センター所報, 5,23(1980)
- 11) 瀬戸義久, 小坂紀生, 串田光祥, 久保正弘, 納田徹也, 美澤 誠: 香川県公害研究センター所報, 5,41(1980)
- 12) 瀬戸義久, 合田順一, 藤岡博文, 串田光祥, 久保正弘, 中野 智, 美澤 誠: 香川県公害研究センター所報, 6,27(1981)
- 13) 瀬戸義久, 合田順一, 藤岡博文, 串田光祥, 久保正弘, 中野 智, 美澤 誠: 香川県公害研究センター所報, 6,55(1981)
- 14) 瀬戸義久, 久保正弘, 藤岡博文, 串田光祥, 中野 智, : 香川県公害研究センター所報, 7,51(1982)
- 15) 瀬戸義久, 久保正弘: 香川県公害研究センター所報, 9,65(1984)
- 16) 瀬戸義久, 藤川 勇, 久保正弘: 香川県公害研究センター所報, 12,73(1987)
- 17) 岩崎幹男, 西原敏幸一, 藤岡博文, 山田由紀, 瀬戸義久, 三好健治, 浮田和也: 香川県公害研究センター所報, 14,83(1989)
- 18) 岩崎幹男, 藤井裕士, 福山由里, 鈴木恵己, 三好健治, 浮田和也, 中野 智: 香川県公害研究センター所報, 12,65(1987)
- 19) 岩崎幹男, 西原幸一, 藤岡博文, 山田由紀, 三好健治, 浮田和也, 中野 智: 香川県公害研究センター所報, 13,39(1988)
- 20) 藤井裕士, 福山由里, 岩崎幹男, 鈴木恵己, 三好健治, 細川 仁: 香川県公害研究センター所報, 11,59(1986)