

香川県における霧水調査 (第1報)

— 霧水調査地点の設定に係る事前調査 —

Investigation of Fog in Kagawa Prefecture (I)

— Prior Investigation to Set Up Sampling Points of Fog —

片山 正敏* 山本 務* 合田 順一
Masatoshi KATAYAMA Tsutomu YAMAMOTO Junichi GOUDA

It was impossible to collect fog water at the flat ground by thin wire system fog water collector. Moreover, since any fog water can be collected while the dense fog warning was announced, it is very difficult to collect fog water unless the field of view is less than couple of meters in the fog. As sampling points of acid fog in this prefecture, Goshikidai (Natural Science Museum and Goshikidai Nature Youth Center) is the best place and the most amount of fog water can be collected on rainy days in early spring, a period from beginning of March through earlier in April. The range of pH value which presents at Natural Science Museum was 3.0 ~6.8, and average was 3.4.

はじめに

霧は雨と異なり地表面で発生し対流時間も長いことから、大気汚染物質を大量に取り込み、森林や湖沼の生態系に重大な影響をもたらすことが懸念されている。そこで当センターでは平成3年度から細線式自動霧水捕集装置(臼井工業製)を整備し、捕集方法及び捕集場所を検討すると共に、pH、EC及び化学組成等の分析を行い、県内の霧水の実態について調査開始した。その結果、平成6年度までの4年間の調査から、モニタリング調査地点として、五色台が最も適地であることが認められたので、その結果について報告する。

調査方法及び結果

1. 霧水捕集装置の問題点の検討

1-1 霧センサーの作動状況の検討

自動霧水捕集装置は霧を感知すると自動的にファンが作動し、細いテフロン線をハープ型に張ったネットにより霧水を捕集するものであり、この捕集装置を当センター屋上に設置し、霧発生時の霧センサーの作動状況及び降雨時の作動状況について検討した。平成3年11月から平成4年2月末まで5回濃霧注意報が発令されたが、すべて霧センサーは作動していた。また、降雨時は降水強

度、降水時間により異なり、雨が降れば必ず作動するものではなかった。従って霧の発生は深夜から早朝にかけて多いこと、サンプリング時の人員の問題等を考慮したとき、霧センサーの誤作動等全幅の信頼が置けないまでも霧センサーによる自動採取とすることとした。

1-2 濃霧注意報発令時の霧水捕集状況

濃霧注意報は陸上で水平視野100m未満、または海上で水平視野500m未満が予想されるとき、発令される。センター屋上に設置した期間中、濃霧注意報が5回発令され、霧センサーが作動したにもかかわらず、霧水は全く捕集されなかった。とりわけ、平成4年2月29日の早朝から昼ごろにかけて発生した霧は陸上部でも相当濃いものであり、センター屋上でも霧が気流に乗って、流れるのが観測できたが、捕集装置のネットは霧水でわずかに濡れるものの液滴となって流下するまではいたらなかった。従って濃霧注意報が発令されるくらいの濃さでは捕集できないことがわかった。なお、参考までに期間中の濃霧注意報の発令状況を表1に示す。

1-3 捕集用ネットの洗浄について

霧捕集用のネットは常時大気と接触しているため、乾性降下物が付着しやすい。ネットに乾性降下物が付着していると捕集された霧水がネットを洗浄し、結果として実際の霧粒とは化学組成が異なることが予想される。従

* 香川県県営水道管理事務所 管理課

って実際の霧粒の性質と同じ霧水を捕集するためには一
期間ごとにネットを洗浄する必要がある。

2. 霧の捕集場所に関する検討

霧はその発生場所により発生するメカニズムが異なり、
その代表的なものとしては放射霧と滑昇霧があり、また
発生しやすい地形の名前をとって海霧、山霧ということ
もある¹⁾。

そこで、海霧、山霧について、それぞれ霧が発生しや
すい場所を検討した。海霧については自然科学館（坂出
市、標高220m）、五色台少年自然の家（高松市、350m）、
山霧については内場ダム管理事務所（香川郡塩江町、
266m）、森林センター（仲多度郡仲南町、190m）を候
補地を選び、霧水捕集装置をそれぞれ約半年間設置し調
査した。また、降雨時に塩江町の大滝山山頂（標高945
m）にも設置し調査した。これらの調査地点を図1に示
す。

捕集できた霧水は自然科学館が期間あたりの検体数及
び捕集量とも最も多く、次いで内場ダム管理事務所であ
ったが、当初期待したほど多くは捕集できなかった。そ
こで、本県の調査の参考とするために、他県の設置状況
を聞き取り調査した。その聞き取り調査の結果を表2に
示す。

聞き取り調査した11機関中9機関が山間部で調査し、
しかも標高が700m～1,500mと当センターよりもはるか
に高いところであった。また、担当者のコメントとして

は、この装置では平地ではまず無理であり、霧が発生し
ても視界が数メートルくらいでないと困難であるとの感
想が多かった。当センターでも降雨時に大滝山山頂に登
ったが、気流の流れで視界が数メートルくらいでないと
霧水が捕集できないことを体験した。

本県は山が低く、瀬戸内海で濃霧注意報による船舶の
停船勧告がしばしば発令されるように海の霧が特徴とさ
れてきたが、濃霧注意報が発令されても臨海部での捕集
は困難であり、山間部も大滝山のような標高が1,000m
近くの高い山であれば可能性はあるが設置場所、保守管

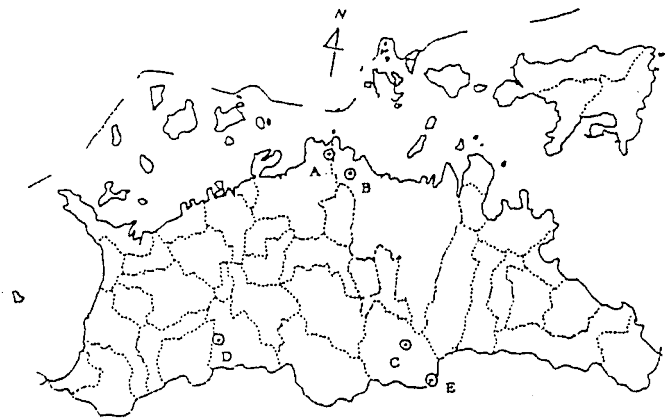


図1 酸性霧調査地点

- A 自然科学館
- B 五色台少年自然の家
- C 内場ダム管理事務所
- D 森林センター
- E 大滝山

表1 濃霧注意報発令状況（回数）

年	月												計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
平成3年	3	2	5	6	5	15	2	0	0	1	1	3	43
平成4年	0	2	7	3	2	4	4	0	0	1	1	1	25
平成5年	1	1	5	5	4	14	1	9	3	0	2	0	45
平成6年	0	0	1	6	2	4	3	0	0	0	1	0	17
計	4	5	18	20	13	37	10	9	3	2	5	4	130

表2 各機関の霧水捕集状況

調査機関	設置場所	平成4年度実績	担当者のコメント
A 研究所	山(約1,000m)	3	視界100~200mでは無理 視界数mぐらいでないは無理
Bセンター	山(約700m)	46	
C 研究所	山(約1,300~1,500m)	300	視界20m以下にならないと全くとれない 道のセンターラインが見えないくらい でないは無理, 平地での採取無理
D 研究所	山	10	
Eセンター	山(約1,000m)	12	
F 研究所	平地	2~3	平地では難しい
Gセンター	山(約1,000m)	20	
Hセンター	山	3	平地ではまず無理
Iセンター	山	2	
Jセンター	平地	20	
Kセンター	山(約800~900m)	14	視界5m位でないとは採取できない 平地ではまず無理

理等の物理的な問題もある。今後、モニタリング調査に移行するとすれば、1シーズンに全く捕集できないことも覚悟のうえで、期間を限定し、検体数が少ないなりに捕集が可能な場所で調査すべきであると考え。なお、平成3年度から平成6年度までについて、設置場所、期間、検体数を表3に示す。

表3 霧水捕集装置設置状況

場 所	調査期間	検体数
自然 科 学 館	H4.3	6
	H4.4 ~H4.7	10
	H6.4	2
五色台少年自然の家	H6.6	1
	H7.3	1
内場ダム管理事務所	H4.10~H5.6	7
森 林 セ ン タ ー	H5.9 ~H6.3	0

3. 霧水捕集状況

霧水の捕集回数及び捕集量を表4に示す。捕集量は各

設置場所で異なり、自然科学館では7~530ml、内場ダム管理事務所では4~95mlであった。今後1週間毎に巡回しながら、捕集と点検を行う方法によってモニタリングする事を考えれば、霧水の捕集回数及び量の点からも五色台(自然科学館、五色台少年自然の家)が最も適地であると言える。

なお、大滝山での調査は、降水時に霧センサーによるのではなく、pHの経時変化を調査する意図から、1検体が約50mlとなるように手動で捕集したものであり、参考までに記した。

4. 霧水捕集時の気象及び季節変化

霧水を捕集した時の気象について調査したところ、すべて雨天であった。また、3月始めから4月初旬の春先が捕集回数、捕集量とも最も多く、次に梅雨期であった。このことから、本県で霧水が捕集できる場合は降雨時で気温があまり高くないシーズンであることがわかった。一方、濃霧注意報の発令時には霧水は全く捕集できなかった。

表4 霧水捕集回数及び捕集量

設置場所	捕集量(ml)						
	<10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~100	>100
自然 科 学 館	2	3	2	1	1		9
五色台少年自然の家		1					1
内場ダム管理事務所	2	1	2	1		1	
大 滝 山	1				4		

5. 霧水のpH, EC及びイオン成分

霧水のpH, EC及びイオン成分について, 表5に自然科学館, 表6に内場ダム管理事務所, 表7に大滝山の調査結果を示す。自然科学館では, pHの出現範囲は3.0~6.8であり, 捕集量で重みづけした加重平均値(以下平均値という)は3.4であった。また, 年度別では平成3年度が3.5, 4年度が3.4, 6年度が3.2であった。な

お3年度に平行して捕集した雨水のpHは, 4.3~4.8であった。内場ダム管理事務所でのpH出現範囲は3.6~7.6であり, 平均値は4.5であった。年度別では4年度が4.4, 5年度が6.3であった。一方, 大滝山はpH4.8~5.4, 平均値は5.1で雨水のデータと酷似していた。これらのデータは, 表8に示した村野²⁾がまとめた日本の霧水の調査結果とほぼ同様であった。

表5 自然科学館の霧水のpH, EC, イオン成分

調査期間		捕集量 (ml)	pH	EC μS/cm	SO ₄ ²⁻ μg/ml	NO ₃ ⁻ μg/ml	Cl ⁻ g/ml	NH ₄ ⁺ μg/ml	Ca ²⁺ μg/ml	Mg ²⁺ μg/ml	K ⁺ μg/ml	Na ⁺ μg/ml
3 年 度	H4/3/4~6	178	3.7	632	54.6	96.0	74.2	26.0	12.7	5.36	4.86	38.7
	H4/3/10	48	3.2	1100	103	231	50.7	80.7	11.6	3.80	7.80	27.9
	H4/3/15	131	3.9	562	84.6	127	16.5	41.5	21.3	3.12	4.54	13.2
	H4/3/18	167	3.6	358	41.0	36.8	28.7	12.6	7.32	2.13	3.90	20.3
	H4/3/20~21	7	3.9	559								
	H4/3/28~30	530	3.4	504	51.6	61.2	20.4	32.5	7.19	2.09	3.77	15.1
平均値			3.5	567	56.5	78.6	31.4	31.4	10.0	2.84	4.23	20.1
4 年 度	H4/4/1~5	157	3.0	1060	94.9	176	46.0	4.71	16.3	6.69	25.5	65.8
	H4/4/9~10	177	3.4	471	51.6	121	22.1	15.9	9.15	3.49	7.55	30.4
	H4/4/23	9	5.6	1590								
	H4/5/8	23	6.8	1370	129	290	215	13.8	69.5	23.0	14.1	156
	H4/5/13~16	390	3.1	717	48.5	117	34.1	25.4	6.14	3.20	2.37	21.6
	H4/6/22~29	501	4.5	172	16.2	7.31	36.4	1.56	2.45	2.38	1.03	16.8
	H4/6/29~7/6	305	3.8	208	20.9	23.5	18.5	4.54	2.53	1.67	1.16	12.0
	H4/7/6~13	23	4.2	1140	136	341	84.3	36.6	59.2	19.0	12.2	74.3
	H4/7/13~20	15	4.2	3380	658	1140	198	178	164	99.1	81.6	292
平均値			3.4	502	45.5	85.1	36.0	12.1	8.68	4.39	5.56	28.5
6 年 度	H6/3/28~4/4	33	3.0	1450	158	335	63.4	73.6	32.0	8.27	7.00	44.5
	H6/4/18~25	23	4.2	245	21.9	43.6	23.0	6.32	7.54	2.46	1.40	13.7
	平均値			3.2	955	102	215	46.8	46.0	22.0	5.88	4.70
3, 4, 6年度平均値			3.4	524	50.9	85.2	34.5	20.2	9.48	3.81	5.02	25.3

表6 内場ダム管理事務所の霧水のpH, EC, イオン成分

調査期間		捕集量 (ml)	pH	EC μS/cm	SO ₄ ²⁻ μg/ml	NO ₃ ⁻ μg/ml	Cl ⁻ μg/ml	NH ₄ ⁺ μg/ml	Ca ²⁺ μg/ml	Mg ²⁺ μg/ml	K ⁺ μg/ml	Na ⁺ μg/ml
4 年 度	H4/9/28~10/5	19	3.6	5780								
	H4/11/6~24	33	5.5	1890	140	245	379	48.2	68.8	27.2	24.9	200
	H4/12/25 ~H5/1/11	95	4.9	1430	105	190	250	54.1	45.9	16.2	12.2	122
	H5/3/15~22	4	5.4	405								
	平均値		4.4	2050	96.7	173	240	44.6	43.9	16.1	13.1	120
5 年 度	H5/5/3~10	25	7.6	1800	219	507	254	55.3	129	19.2	20.6	115
	H5/5/10~17	28	6.0	582	86.0	168	74.8	23.1	35.8	6.61	7.03	34.3
	H5/5/17~24	8	7.6	621								
	平均値		6.3	1004	129	284	138	33.3	69.3	10.9	11.7	62.9
4, 5年度平均値			4.5	1750	106	205	210	41.3	51.2	14.6	12.7	104

表7 大滝山の霧水のpH, EC, イオン成分

調査期間		捕集量 (ml)	pH	EC μS/cm	SO ₄ ²⁻ μg/ml	NO ₃ ⁻ μg/ml	Cl ⁻ μg/ml	NH ₄ ⁺ μg/ml	Ca ²⁺ μg/ml	Mg ²⁺ μg/ml	K ⁺ μg/ml	Na ⁺ μg/ml
5 年 度	H5/6/23	45	5.3	52.4	3.55	8.80	3.58	3.41	1.98	0.26	0.36	0.63
	H5/6/23	41	5.4	31.0	3.85	5.05	1.68	2.15	1.41	0.20	0.28	0.65
	H5/7/7	46	4.8	79.9	6.81	14.1	4.21	5.46	1.51	0.20	0.65	0.69
	H5/7/7	43	5.0	45.5	4.40	9.18	1.76	3.05	0.92	0.17	0.87	0.32
	H5/7/8	4	5.1	126								
	平均値		51.1	51.7	4.58	9.20	2.79	3.49	1.43	0.20	0.53	0.56

表8 全国の霧水のpH等イオン組成

場所 (標高)	種類	調査期間	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cl^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	NH_4^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
苫小牧 (平地)	海霧	S54/7~8	3.8~4.6					
赤城山 (1400m)	滑昇霧	S59/10	2.90~4.91	17~1070	0.25~3.75	1.72~202	1.8~83.7	0.926~42.2
筑波山 (870m)	滑昇霧	S52/7	2.8, 5.6		6.4, 10	0.3, 68	17, 85.5	2.0, 20
乗鞍岳 (2770m)	滑昇霧	S38/7 H1/8	3.4~5.9 3.6~3.9	77~300 3~180	5.7	11	58	4.7
丹沢大山 (700m)	滑昇霧	S63/7	2.93~5.40			~50	~54	
三次盆地 (盆地)	放射霧	S62/11	3.05~4.8	52~245	47	28	39	25
三郡山 (670m)	滑昇霧	H1/6	3.5~3.9	79~220		32.7~268.4		96.1~561.1
(900m)		H1/6	3.95~4.0	66~84		20.3~70.1		95~140.9

注：村野の報告²⁾を参考にした。

ま と め

- 霧採取用のネットは常時大気と接触しているため、乾性降物がネットに付着することから一定期間ごとにネットを洗浄する必要がある。
- 細線式霧水捕集装置での霧水の捕集は平地ではまず無理であり、霧が発生しても視界が数メートルくらいでないと困難であることがわかった。
- 霧水の調査地点は、捕集回数及び捕集量から、五色台（自然科学館、五色台少年自然の家）が最も適地であることがわかった。
- 霧水を捕集した時の気象について調査したところ、すべて雨天であった。また、本県で霧水が捕集できる季節は、3月始めから4月初旬の春先の降雨時であっ

た。

- 濃霧注意報の発令時には霧水は全く捕集できなかった。
- 自然科学館でのpHの出現範囲は3.0~6.8であり、平均値は3.4であった。内場ダム管理事務所ではpHの出現範囲は3.6~7.6であり、平均値は4.5であった。

引用文献

- 1) 酸性雨対策検討会大気分科会，酸性雨測定に関する資料集（Ⅱ），3p，（平成3年3月）。
- 2a) 村野 健太郎，公害と対策，25，725(1989)。
- b) 村野 健太郎，公害と対策，27，229(1991)。