

B. 調 查 研 究

I 論 文

1 緑地環境指標に関する適用性の検討

米山 達彦 小室 健一 小葉松英行
高橋 一雄

快適な環境づくりを推進するためには、快適環境要素の指標化を図り客観的に評価しておく必要がある。ここでは「緑被率」、「緑地環境水準」、「緑地環境ポテンシャル」の三つの指標を取り上げ、住民意識調査結果との関係を分析することにより、指標としての適用性を比較検討した。

1. はじめに

近年、快適な環境づくりを進めることが環境政策の基本的課題であると認識されるようになってきている⁽¹⁾⁽²⁾。

この課題に对应していくためには、快適さを醸し出している環境の要素を的確に把握するとともに、それらの指標化を促進し、客観的に評価しておくことが必要である⁽³⁾。

快適環境の重要な要素である「みどり」については、指標として従来から緑被率が良く用いられてきた。この緑被率と住民意識との関連については、造園学会や都市計画学会などでいくつかの報告が行われている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

一方、青木らは都市公園の利用に関する研究を進展させ、みどりに関する新しい指標「緑地環境水準」を提案している⁽⁶⁾。また、最近では岩見らが地域周辺の緑を考慮した指標として「緑地環境ポテンシャル」という新しい概念を発表している⁽⁷⁾。これらの新しい指標はみどりの豊かさが緑地そのものの価値とは別に、そこからの距離にも関係して評価される、と想定して算出された指標であり、快適環境指標としての適用性向上が期待される。

ここでは、みどりに関する意識調査の結果とこれらの指標との関係を解析し、快適さを評価するための指標として、その適用性を検討したので報告する。

2. 調査方法

2.1 緑に関する意識調査

調査はアンケート法により仙台市内の24地点で1地点30人計720人を対象にして実施した。調査対象者は、仙台市緑の分布調査⁽⁸⁾(昭和61年度実施)のメッシュ(250m×250m)の交点付近から住宅地図により選定した。図1にメッシュと調査地点の位置関係を示す。図中の黒丸は調査対象者の選定例である。アンケートの内容を大別すると(1)対象者の属性に関する事(2)住よき意識に関する事(3)緑についての意識に関する事と等であり、緑に関する満足度は「あなたは、お住まいの周りの緑や水辺などの身近な自然環境に満足していますか、それとも不満ですか」という設問に対し、「満足している」、または、「どちらかといえば満足している」と回答した人の割合(以下満足率という)で求めた。調査対象者にはあらかじめアンケート票を郵送しておき、指定した日に調査

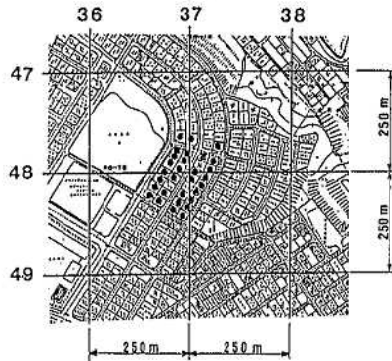


図1 メッシュ・調査地点位置関係図

員が訪問して回収した。なお、調査は昭和63年1月に実施した。

2.2 緑地環境指数の算出

緑被率の計算には仙台市が61年度に調査した250m×250mメッシュ単位の緑被面積⁽⁸⁾を用いた。

緑地環境ポテンシャルは岩見らの定義⁽⁷⁾を参考にして(1)式により算出した。

$$P_i = \sum G_j / D_{ij}^2 \quad (i \neq j) \dots \dots \dots (1)$$

P_i : 地点 i の緑地環境ポテンシャル

G_j : メッシュ j の緑被率

D_{ij} : 地点 i とメッシュ j の中心地点との距離

緑地環境水準は青木らの定義⁽⁶⁾を参考にして(2)式により算出した。

$$T_{ij} = Y_i \times \beta_i \times A_{ij} \dots \dots \dots (2)$$

T_{ij} : 緑地 i が及ぼす居住地 j での指数 (分)

Y_i : 緑地 i の平均利用時間 (分)

$$Y_i = 19.2 \log X_i + 4.1$$

X_i : 緑地 i の面積 (ha)

β_i : 緑地 i の植生量と利用制限によって定まる係数

A_{ij} : 緑地 i の接近性を示す係数

$$A_{ij} = \exp(-\alpha_i (D_{ij} + \Delta D_{ij}))$$

α_i : 緑地 i の大きさによる減衰パラメータ

$$\alpha_i = \exp(-0.3531 \log X_i - 0.964)$$

D_{ij} : 緑地 i から居住地 j までの直線距離 × 1.4 (100m)

ΔD_{ij} : 接近阻害条件による距離の増分 (100m)

3. 結果および考察

3.1 緑に関する意識調査結果

意識調査結果の概要を表1に示す。

回収率は24調査地点全体で70.6%であり、最も低い地点で50.0%であった。

回答者の属性について若干述べると、性別では男性が全体の約2/3、年齢別では50代と60代を合わせて全体の約1/2であった。

各調査地点の緑に関する満足率を見てみると、最低は中山1丁目の30.0%であり、最高は川内三十人町、太白1丁目の95.7%であった。また満足率が80%を越えている地点は、二の森、水の森3丁目、五輪1丁目、川内三十人町、川内川前町、向山4丁目、八木山本町1丁目、太白1丁目の8地点であり、総合公園と運動公園が

表1 緑に関する意識調査結果の概要

調査地点	回収率(%)	緑に関する満足率(%)	調査地点	回収率(%)	緑に関する満足率(%)
A 台原3丁目	83.3	62.0	N 川内三十人町	76.7	95.7
B 二の森	83.3	92.0	O 荒井堀跡	60.0	44.4
C 堤町2丁目	66.7	55.0	P 川内川前町	73.3	95.2
D 小松島2丁目	63.3	47.4	Q 向山4丁目	53.3	93.6
E 中山1丁目	66.7	30.0	R 八木山本町	50.0	86.7
F 台原5丁目	80.0	79.2	1丁目		
G 水の森3丁目	70.0	85.7	S 門前町	73.3	77.3
H 上杉5丁目	76.7	47.8	T 岩葉町	73.3	66.7
I 銀杏町	63.3	31.6	U 長町4丁目	80.0	45.8
J 鉄砲町	80.0	54.2	V 西の平1丁目	76.7	65.2
K 五輪1丁目	76.7	87.0	W 太白1丁目	76.7	95.7
L 錦町2丁目	76.7	52.2	X 西多賀4丁目	53.3	56.3
M 大和町4丁目	60.0	33.3	全 体	70.6	66.3

近くにある五輪1丁目を除けばいずれも丘陵地を近くに控えた地点であった。満足率の分布を図2に示す。

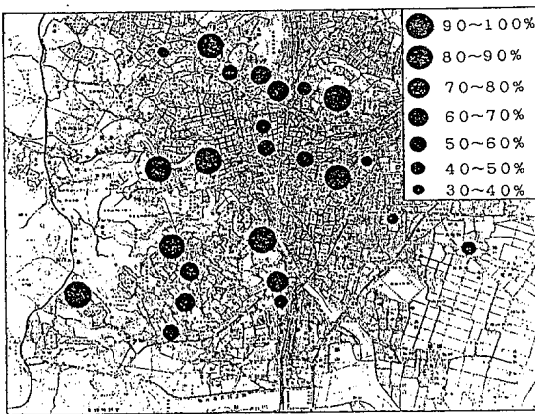


図2 緑に関する満足率の分布

3.2 緑被率と満足率

緑に関する満足感が、居住している地域の緑被率と関係していることは良く知られているところである。

ここでは、緑被率を算出する際の地域の大きさのとり方及び緑被区分のとり方により、両者の相関がどのように変わるかを検討した。まず、各調査地点を中心として0.5 km、4.0 kmのメッシュを設定し、それぞれの範囲内での緑被率を算出してみると、メッシュの大きさを変えても緑被率があまり変わらなかったのは24地点中7地点だけであり、大部分はメッシュが大きくなるにしたがい緑被率も高くなった。

次に、緑被率を「樹林」、「草地」、「水面」、「農耕地」の4区分に分けてみると、市の北部から西部の丘陵地では「樹林」により、東部の平坦部では「農耕地」により緑被率が高くなる例が多くみられた。

このように、一概に緑被率といっても、その算出範囲のとり方によっては値が異なる例が多く、地点によっては緑被の内容も変わることが分かった。

表2は、緑被区分の組み合わせおよびメッシュ区分を変えて算出した各緑被率と満足率の相関係数を示したものである。

表2 緑被率と満足率の相関係数

緑被区分	メッシュ区分			
	0.5 km	1.0 km	2.0 km	4.0 km
1. 樹林地	0.54	0.71	0.65	0.55
2. 樹林地+草地	0.68	0.73	0.63	0.52
3. 樹林地+草地+水面	0.75	0.77	0.65	0.53
4. 樹林地+草地+水面+農耕地	0.68	0.60	0.37	0.27

これによると、緑被区分の組み合わせでは、「樹林+草地+水面」の場合が相対的に高い相関係数となっており、緑被率には「農耕地」を含めない方が良いものと思われた。

また、メッシュ区分では、1 kmメッシュの場合が概ね高い相関係数となっており、緑被率の算出範囲をある程度広くとった方が良いものと思われた。

3.3 緑地環境ポテンシャルと満足率

岩見らは、緑に関する満足感が居住地域およびその周辺地域の緑被率に関して決定づけられていると考え、前述の(1)式で示される「緑地環境ポテンシャル」という概念を定義している。

この指数は、緑の豊かさを地域の緑の量及び距離の関数として示したものであり、基本的には青木らが提案している「緑地環境水準」と類似なものとして捉えることができる。

ここでは、文献に従い、250 mメッシュの緑被率を基本として緑地環境ポテンシャルを算出することとし、計算範囲はメッシュを中心とした半径1 kmの円内とした。

表3は緑被区分の組み合わせを変えて算出した緑地環境ポテンシャルと満足率の相関係数を示したものである。

表3 緑地環境ポテンシャルと満足率の相関係数表

緑被区分	相関係数
樹林	0.71
樹林+草地	0.71
樹林+草地+水面	0.76
樹林+草地+水面+農耕地	0.58

緑被区分の組み合わせでは「樹林+草地+水面」の場合が最も高くなっており、「農耕地」を含めた場合は低くなっていった。農耕地の緑は、他の緑被区分の緑と緑の質といった点で区別して考えることができ、満足感に対する寄与は比較的小さいと思われる。

3.4 緑地環境水準と満足率

青木らが提案している緑地環境水準は、都市公園の平均利用時間、誘致等に関する研究を発展させて導き出された指数であり、公園の規模、植栽率、公園からの距離等を考慮して、前述の(2)式により算出される。

緑地環境ポテンシャルと異なる点は、公園の緑を中心に考えていること、指数が時間(分)の単位を持つこと、緑地の規模が考慮されていること、距離減衰の式が実証的に求められていること等である。

表4 公園の概要

種類	数	面積合計(ha)	緑被率平均(%)	(2)式のβ _i
地区公園	3	26.4	61	1.0
総合 "	3	71.6	74	
風致 "	4	94.6	75	
歴史 " 注1	1	6.5	73	
保存緑地	26	229.7	60	0.5
動物公園	1	14.6	48	
運動 "	1	19.8	37	
河川 "	9	22.7	40	
都市緑地	5	11.1	41	
近隣公園	18	35.4	22	

注1. 面積が50ha以上は山林とみなした。

ここでは、表4に示す仙台市内の都市公園(1ha以上、計71カ所)を対象として緑地環境水準を算出することとし、(2)式中の植生量と利用制限によって定まる係数β_iは、公園が含まれるメッシュの平均緑被率等を勘案して、公園種類別に1.0、0.5、0.1と設定した。また、接近阻害条件による距離の増分ΔD_{ij}は考慮しなかった。

なお、D_{ij}を計算する際のiの計算地点は、公園については実際の出入口、都市緑地及び保存緑地については緑地中央とし、計算地点が複数あるときは調査地点から最短距離にある1カ所とした。

このようにして求めた各調査地点の緑地環境水準と満

足率の関係を図3に示す。全体的には水準が高くなるに従って満足率も高くなる傾向にあるが、川内三十人町、太白1丁目などでは水準が比較的低いにもかかわらず、満足率が高くなっている。これらの地点はいずれも山林等の近くにあり、公園の緑とは別に山林等の緑が豊富な地域に属している。

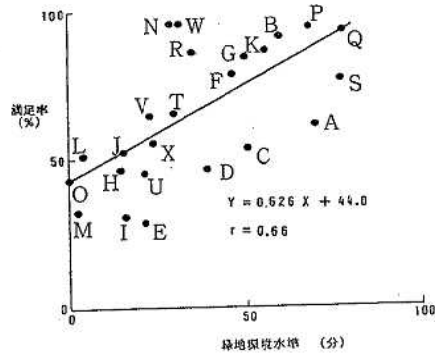


図3 緑地環境水準と満足率の散布図

仙台市の場合には市街地周辺に山林や農耕地が分布していることから、これらの緑も緑地環境の一部として水準に加味する必要があると思われる。

そこで次に前述の緑地環境ポテンシャルの概念を応用し、山林や農耕地の緑を含めた形での緑地環境水準を検討することとした。すなわち、公園以外の緑については250mメッシュ単位の緑被面積により、緑被区分「樹林+草地+水面」または「農耕地」が1ha以上のメッシュについてその緑被面積に相当する公園が存在するものと仮定して、(2)式により水準を算定した。ここで、β_iは一律0.2の場合と緑被区分により「樹林+草地+水面」を0.2、「農耕地」を0.05に区別した場合の二通りに設定して検討した。

以上により算出した緑地環境水準と満足率の相関係数は表5に示すとおりである。相関係数は公園の緑のみを対象とした場合に比べてその他の緑も加味した方が高くなっており、特に緑被区分を区別して算出した場合は0.87とかなり高い値となっている。

表5 緑地環境水準と満足率の相関係数表

算出基礎	相関係数
1. 公園のみ	0.66
2. 公園+その他の緑地 緑被区分 注1	0.77
3. 公園+その他の緑地 緑被区分 注2	0.87

注) 1. β_i = 「樹林+草地+水面」: 0.2
β_i = 「農耕地」: 0.2
2. β_i = 「樹林+草地+水面」: 0.2
β_i = 「農耕地」: 0.05

図4は相関係数が最も高い条件で算出した場合の緑地環境水準と満足率の関係を示したものである。図3の場合に比べて市周辺部の調査地点の水準が高く評価されるようになっており、公園以外の緑が水準に反影されている様子が分かる。

回帰式は $Y = 0.575 X + 32.6$ であり、満足率 50%、70%に相当する緑地環境水準はそれぞれ30分、65分程度である。

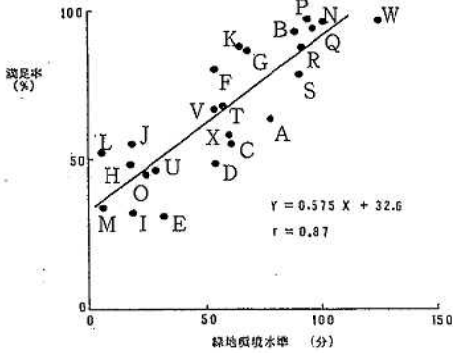


図4 緑地環境水準と満足率の散布図

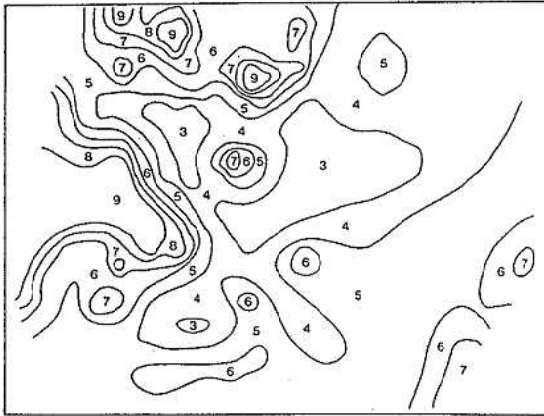


図5 緑地環境水準分布図

図5は仙台市中心部について算出した緑地環境水準を分布図として示したものである。図には、緑地環境水準を満足率に対応させ、10段階に区分して示した。

緑地環境水準9(満足率90%以上)の地域は青葉山以西と与兵衛沼、台原森林公園、丸田沢を中心とした地域に分布している。緑地環境水準の低い地域は仙台駅の北～北西部の宮町を中心とした地域と、市東部の国道4号バイパス付近、扇町から南小泉に至る広範囲な地域に分布しており、これらの地域では緑地環境水準は3(満足率30~40%)となっている。また、その中間の榴岡公園、宮城野原運動公園付近では緑地環境水準が7(満足率70~80%)まで押上られているのが分かる。

4. おわりに

緑に関する意識調査を行い、各種緑地環境指標の快適環境指標としての適用性を検討した。その結果は次のとおりである。

- ① 緑被率と満足率の相関係数は、緑被率の算出基礎を変えることにより異なり、農耕地を除外し、メッシュ区分を1kmとした場合が0.77であった。
- ② 緑地環境ポテンシャルの場合も農耕地の緑を除外して算出した方が満足率との相関は良くなり、相関係数は0.76であった。
- ③ 緑地環境水準は公園以外の緑も考慮して算出した場合に満足率との相関が良くなり、相関係数は0.87と最も高くなった。

これらのことから、緑地環境水準は緑に関する快適環境指標として他の指標より適しているものと考えられる。

なお、本稿を終るにあたり、緑被面積等の資料を快く提供して下さった仙台市建設局緑地部緑地課及び適切な指導と助言を下された国立公害研究所総合解析部第4グループ主任研究員青木陽二博士に深謝します。

参 考 文 献

- 1) 環境庁国際課監修, OECDレポート 日本の経験—環境政策は成功したか (財)日本環境協会(1978)
- 2) 中央公害対策審議会企画部会 環境保全長期計画答申(1977)
- 3) 内藤正明, 環境科学研究報告集B 330-R53-1, (1987)
- 4) 進士五十八, 住環境に於けるグリーンミニマムについての研究, 造園雑誌 Vol 38 No4 (1974)
- 5) 荒木 稔, 都市生活空間における緑のメタフィジカルな効果に関する研究, 都市計画別冊, 昭和49年度学術発表論文集(9)(1974)
- 6) 青木陽二, 国立公害研究所研究報告 第88号 P 109 (1986)
- 7) 岩見良太郎, 昭和62年度第22回日本都市計画学会学術研究論文集 P13 (1987)
- 8) 仙台市建設局緑地部緑地課, 仙台市緑の分布調査報告書(1987)
- 9) 東京都杉並区, 杉並区緑化基本調査報告書(1973)
- 10) 東京都町田市, 町田市環境調査報告書(1973)

2 昭和62年度 日本脳炎疫学調査

一宮城県におけるコガタアカイエカの 発生活消長・屠殺豚H1抗体の動向お よび住民の中和抗体保有状況一

山本 仁 秋山 和夫 御代田恭子
菱沼早樹子

宮城県における日本脳炎の流行を予想し、日本脳炎ウイルスの活動状況を把握する目的で、ウイルスの媒介者であるコガタアカイエカの発生活消長と、ウイルスの増幅者であるブタでの感染状況を追跡調査した。またヒトの血中中和抗体保有状況を調査し、健康住民における感受性者の動向把握に努めた。

1. 序 文

近年国内の日本脳炎患者は激減し、年間で20~40人程度の確認患者が報告されているにすぎない。然るに日本脳炎は数ある節足動物媒介脳炎の中でも最も重篤なもの1つであること。極東から東南アジアの広い地域で現在でも大流行が認められること。日本国内で患者発生の減少した理由がいまだ完全には説明されていないこと等々、公衆衛生学的観点から重要性は薄れつつあるものの当分は監視を継続すべき感染症と考えられる。

宮城県は、我が国における日本脳炎流行のほぼ北限に当たり、ウイルス活動を最も鋭敏に映すと考えられる屠殺豚の血中抗体を追跡すると、ほぼ毎年自然界でのウイルス伝播が確認されている。近年県内では、日本脳炎ワクチンの被接種率が大巾に低下しており、更に一般住民の中和抗体価の分布を見ると、ヒトが日本脳炎ウイルスの自然感染(不顕性感染)を受ける機会が減少しているのは明らかである。かかる背景から、本年も以下に報告するような調査を実施した。

2. コガタアカイエカの発生活消長

2.1 調査方法

従来と同様に、名取市下余田地区のH氏宅豚舎をコガタアカイエカ発生活消長の調査地点とした。3棟の豚舎の東側は、市道を挟んで広い水田に面している。最南側豚舎の軒下約1.5mの位置にノザワ式NH-5型ライトトラップ(NEC社製BL-6Wブラックライト1灯使用)を1台設置し、原則として毎週火曜日と木曜の18時から翌朝6時まで運転した。

2.2 調査方法

2.2.1 ライトトラップによる蚊の採取は、1987年7月7日に開始し10月2日に終了した。

2.2.2 この調査期間中に7月8回、8月8回、9月8回、10月1回の合計25回、蚊の採取を実施した。

2.2.3 各調査日に採取された蚊の種類別個体数を表1

(次頁)に示した。また月別にまとめて表2に示した。

表2. Female mosquitoes
Captured in Natori (1987)

Species	July (8)	Aug. (8)	Sep. (8)	Oct. (1)	Total (25)
<i>C. tritaen.</i>	3900	36511	6731	47	47189
<i>C. pipiens</i>	416	802	232	3	1453
<i>Ae. vexans</i>	58	32	8	0	98
<i>An. sinen.</i>	1410	2448	186	0	4044
Other spp.	5	2	1	0	8
Total	5789	39795	7158	50	52792

2.2.4 1987年のライトトラップ法による名取地区のコガタアカイエカ発生活消長を、週毎の推移(各週2回採取の平均値)として図1に示した。

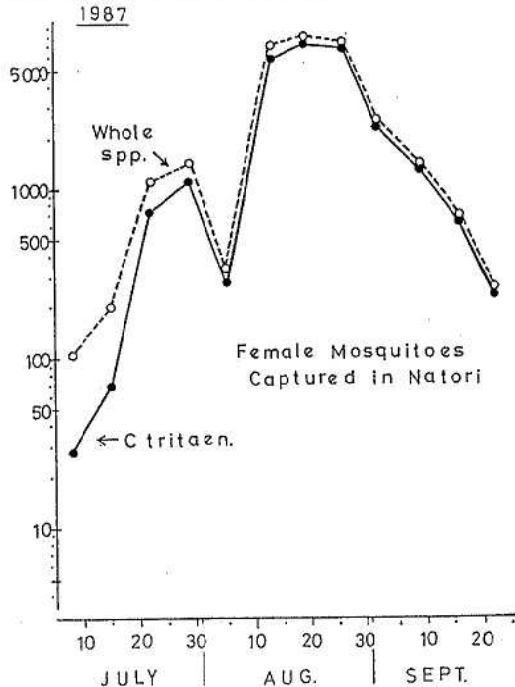


図1 コガタアカイエカの発生活消長(ライトトラップ法)

表1 日別の蚊採取状況 (Natori 1987)

採取月日	天候 (最低気温℃)	C. tritaen.		C. pipiens		C. orientalis		Ae. vexans		An. sinensis		Arm. subalb.		Other spp.		Total	
		♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
87.7.7~8	晴 15.7	25	0	53	0	0	0	7	0	20	0	1	0	0	0	106	0
8~9	晴 19.0	31	0	63	0	0	0	2	0	8	0	0	0	0	0	104	0
14~15	雨~くもり 20.7	55	0	67	1	68	0	23	0	86	1	87	2	0	0	233	2
16~17	くもり 20.0	87	0	37	2	39	0	4	0	39	0	1	0	0	0	168	2
21~22	くもり 20.8	296	0	42	10	52	0	2	0	51	1	52	1	0	0	392	11
22~23	晴 21.5	1,167	0	64	9	73	0	8	0	568	2	570	0	0	0	1,807	11
28~29	くもり 22.3	1,181	0	44	4	48	0	6	0	360	2	362	0	0	0	1,591	6
30~31	くもり~雨 21.3	1,058	0	46	1	47	0	6	0	278	0	278	0	0	0	1,388	1
7月小計	(8回)	3,900	0	416	27	443	0	58	0	1,410	6	1,416	5	0	0	5,789	33
8.4~5	くもり~雨 20.7	121	0	10	0	10	0	0	0	8	0	8	0	0	0	139	0
6~7	くもり~雨 18.8	442	0	21	2	23	0	0	0	83	4	87	0	0	0	546	6
13~14	晴 22.0	5,847	0	151	3	154	0	6	0	1,028	0	1,028	0	0	0	7,032	3
18~19	くもり 19.3	5,928	0	151	2	153	0	3	0	449	2	451	0	0	0	6,531	4
20~21	くもり 21.7	8,314	0	193	5	198	0	8	0	478	0	478	1	0	0	8,994	5
25~26	雨 21.9	11,105	0	169	6	175	0	7	0	296	16	312	1	0	0	11,578	22
27~28	雨 19.9	2,462	0	48	1	49	0	5	0	42	1	43	0	0	0	2,557	2
31~1	晴・強風 18.1	2,292	0	59	13	72	0	3	0	64	9	73	0	0	0	2,418	22
8月小計	(8回)	36,511	0	802	32	834	0	32	0	2,448	32	2,480	2	0	0	39,795	64
9.2~3	雨 18.5	2,315	0	78	3	81	0	2	0	107	2	109	0	0	0	2,502	5
8~9	くもり 22.0	1,302	0	40	2	42	0	3	0	16	0	16	1	0	0	1,362	2
10~11	くもり~ 小雨 21.0	1,349	0	45	2	47	0	0	0	24	2	26	0	0	0	1,418	4
15~16	晴 18.5	746	0	27	2	29	0	3	0	18	0	18	0	0	0	794	2
17~18	くもり~雨 16.0	526	0	24	9	33	0	0	0	12	1	13	0	0	0	562	10
21~22	くもり 12.3	315	0	11	0	11	0	0	0	9	0	9	0	0	0	335	0
24~25	くもり~雨 16.6	156	0	6	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162	1
29~30	くもり 12.7	22	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0
9月小計	(8回)	6,731	0	232	19	251	0	8	0	186	5	191	1	0	0	7,158	24

* 仙台航空測候所 (岩沼)

3. 屠殺豚におけるHI抗体の動向

3.1 調査方法

従来と同様に、岩沼市営屠畜場を調査地点とし、ここで屠殺される生後6ヶ月以内の肥育豚の頸動脈から採血した自然分離血清を検体とした。採血対象の肥育豚は、屠畜場周辺の市町村で飼育されたものに限定した。

日本脳炎HI抗体は、市販のJaGAR #01株凍結乾燥抗原を使用し、予研法に準拠したマイクロタイター法で測定した。即ち冷アセトンで前処理したブタ血清を、ガチョウ血球で吸収し、非特異的凝集素を除去した。尚40倍以上のHI抗体価が検出された血清は、所定の方法で2-メルカプトエタノール(2-ME)処理し、HI抗体価が3管以上低下したものは2-ME感受性抗体と判定した。

3.2 調査結果

3.2.1 屠殺豚血中の日本脳炎HI抗体の保有状況調査は、7月27日に開始し9月29日に終了した。

3.2.2 この調査期間中に7月1回、8月4回、9月5回の合計10回検体の採取を行い、延べ289件の血清を入手した。

3.2.3 調査実施日別の日本脳炎HI抗体の保有状況を図2および表3に示した。図2中の折れ線グラフはHI抗体保有率(HI抗体価10倍以上を陽性)を、またヒストグラムは2-ME感受性抗体の割合を示す。

図2 豚血中JE-HI抗体の推移

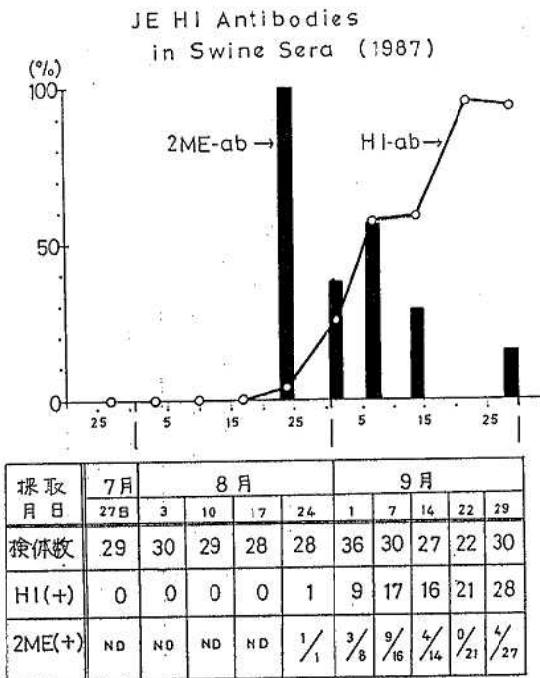


表3. 豚血中JE-HI抗体調査

4. 健康住民の中和抗体保有状況

4.1 調査方法

本年は河南町を調査地点に選び、原則とし宮城県内に5年以上居住している健康な町民から採血し検体とした。日本脳炎中和抗体価の測定は、予研法に準拠して行った。即ち、10日齢ニワトリ胎児細胞の単層培養細胞上でのブラック形成抑制率から、いわゆるチャート法で50%抑制血清濃度を計算する方法である。抗原ウイルスは、JaGAR #01株を4日齢の哺乳マウスに脳内接種し、発症したマウスの10%乳剤を-70℃にストックして使用した。

4.2 調査結果

4.2.1 表4に示すように、1987年10月河南町において9年齢群、182件の血清を採取し検体とした。

4.2.2 同じく表4に、各年齢群別の中和抗体分布状況と中和抗体保有率(中和抗体価10倍以上を陽性)を示した。

表4 S62年度日本脳炎流行予測調査
ヒト中和抗体価の分布(河南町)

年齢	件数	<10	10	20	40	80	160	陽性率%
総数	182	63	45	40	21	10	3	119/182 65.4
0~4	23	9	12	1	1	0	0	14/23 60.9
5~9	18	8	3	7	0	0	0	10/18 55.6
10~14	20	12	6	1	1	0	0	8/20 40.0
15~19	21	9	6	4	2	0	0	12/21 57.1
20~29	18	7	3	4	2	2	0	11/18 61.1
30~39	21	9	6	3	2	1	0	12/21 57.1
40~49	20	4	7	5	2	2	0	16/20 80.0
50~59	20	2	2	9	6	1	0	18/20 90.0
≥60	21	3	0	6	5	4	3	18/21 85.7

4.2.3 9年齢群間の中和抗体保有状況を明らかにする目的で、中和抗体価10倍以上および40倍以上のヒトが占める割合を図3に示した。

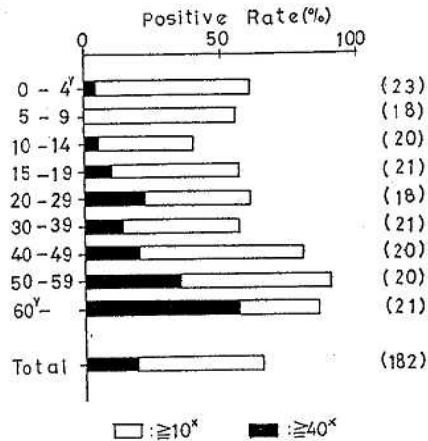


図3 JE NT-Antibody (1987)

5. 考 察

1987年のシーズン中に、名取市の調査定点で採取されたコガタアカイエカ(雌)の総数は47,000匹に達した。また一夜に採取された個体数も、最高値が11,000匹を越えた(8月25日夕~26日朝)。この数字は両方ともに、過去には経験したことのない高い値であった(表5)。ライトトラップで捕獲されるコガタアカイエカの個体数は、7月20日頃から急速に増加したが、7月末から8月上旬にかけて一度減少している。これは図4および図5に示したように、その時期に低温で小雨模様の日が続いたことによるものと思われる。しかし気象の回復と共に、8月中旬にはコガタアカイエカの大量発生が認められた。仙南地区のブタ集団においては7月下旬から日本脳炎ウイルスの感染が始まり、9月末までにはほぼ全てのブタに感染が及んだことが確認された。然るに9月中旬には弱いながら早冷傾向が出現し、ウイルス伝播がヒトにまで及ばないうちに流行シーズンが終ってしまったものと考えられる。

表5 宮城県における日本脳炎の調査成績

年	雌蚊採取数(7~9月)		ブタ血中HI抗体		全国のヒト感染	
	全種	コガタアカイエカ	50%到達	最高陽性率	確認患者	死者(再掲)
1974	15,582	5,688	-	30%	6	2
75	33,228	19,624	9~中旬	73	27	6
76	14,885	3,218	-	0	13	9
77	11,060	5,518	-	17	5	0
78	33,979	24,176	8~下旬	100	88	21
79	8,836	3,376	-	43	86	26
80	7,307	1,013	-	3	40	15
81	3,201	517	-	7	23	5
82	21,597	16,360	8~下旬	100	21	4
83	28,005	22,306	9~中旬	100	31	8
84	12,715	4,764	-	17	25	5
85	23,085	14,454	9~下旬	87	39	8
86	12,418	7,780	-	17	26	3
87	52,792	47,189	9~下旬	93	37	8

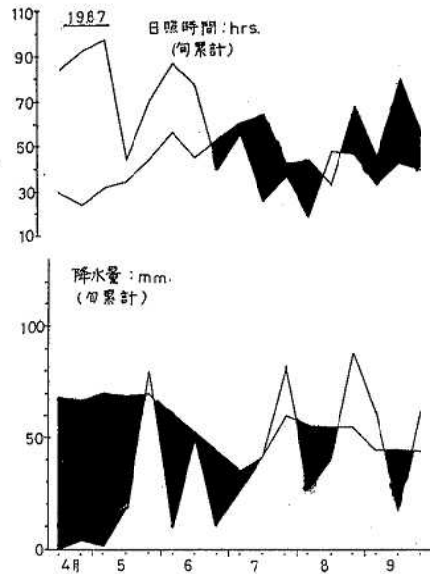


図5 仙台市における日照時間と降水量 (仙台管区気象台)

ヒトの中和抗体分布を調査した河南町は、仙台平野の東北部に位置する準田園地帯であるが、60才を越える年齢層でも抗体保有率は100%に達しなかった。また中和抗体価も低い範囲に分布しており、160倍を超える中和抗体価は1例も検出されなかった。今回調査の対象に選ばれた人々の中には、最近日本脳炎ウイルスの自然感染を受けた人は皆無であったと推定される。

1987年宮城県においては、大量のコガタアカイエカの発生があり、日本脳炎ウイルスはブタ集団で広く感染を起こしたが、有毒蚊が多数発生したと思われる時期は9月中旬を過ぎており、ウイルスの伝播がヒトにまでは及ばなかったものと考えられる。

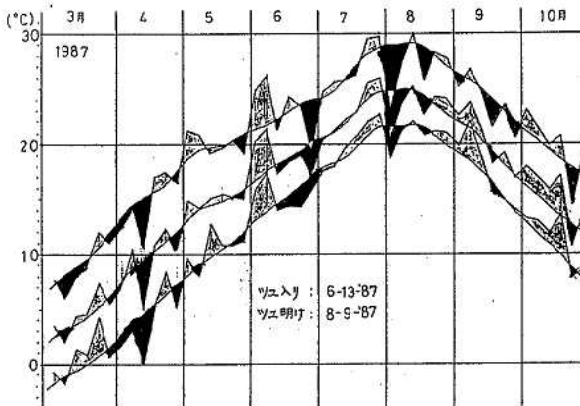


図4 仙台市における半旬気温偏差 (仙台管区気象台)

3 Human Parvovirus (HPV/B19) Infection and Purpura

Hiroyuki Shiraishi, Koji Umetsu, Hitoshi Yamamoto
Miyagi Prefectural Institute of Public Health

Abstract. From December of 1986 to January of 1987, there was an outbreak of erythema infectiosum in children in Sendai area. In this outbreak, a 33-year-old man complained lumbago, arthralgia and muscular pain with fever (38.2°C), then purpura (petechial hemorrhage) appeared in chelidons and poples and spread out in axilla and bilateral chest. Next day, human parvovirus (HPV/B19) antigen was detected in serum of this patient by electrophoresis, and also by dot-blot hybridization using HPV/B19 probe. Twelve days later, IgM antibody to HPV became detectable. Our this finding confirmed the relation of HPV infection and purpura in adult directly.

Human parvovirus (HPV) B19 discovered originally by Cossart et al¹⁾ may cause an aplastic crisis for children who have hereditary hemolytic diseases.²⁾³⁾ Also, it was reported that commonly this virus was a causative agent of erythema infectiosum for children.⁴⁾ In Japan, Nakatani antigen which was serologically the same as HPV/B19 was found independently⁵⁾ and also it was confirmed that erythema infectiosum in a big outbreak of 1980 to 1981 was caused by HPV. These showed that HPV was a kind of common virus in Japan too. But the pathogenicity and endemic of HPV are not clear in adult especially, because the detection method of HPV has not been generally established yet. Here, we report a novel symptom, purpura (hemorrhagic fever), observed in an adult with HPV infection.

A 33-year-old dentist previously in good health was admitted to Hatakeyama Clinic on June 16, 1987, complaining lumbago, arthralgia and muscular pain. His temperature was 38.2°C. In the morning of June 17, purpura (petechial hemorrhage) appeared in chelidons and poples and in the evening spread out in axilla and in bilateral chest, and his temperature was 38°C. He had no itch, cough, rhinorrhea, vomiting and sore throat. The white blood cell count was 4.32 millions/ml with 66% neutrophils and 34% lymphocytes. The hemoglobin level was 14.1 g/dl. The platelet count was 193 thousands/mm³. CRP value was 2.6 mg/dl. Liver and urine were normal. From June 19 to 20, his temperature ranged at 38-37.5°C. On June 21, his temperature were getting normal. The purpura still remained for two weeks. The antibodies to rubella and measles viruses were respectively negative by rubazyme-M (Abbott Laboratory, Texas) and HI (Denkaseiken, Tokyo).

Serum samples of this patients were tested for HPV antigen and antibody by counter immunoelectrophoresis (CIE) using 1% agar in veronal buffer (pH 8.6). HPV antigen was detected in serum of June 18 (other sera of acute phase were not available). The serum (100 μ l) of June 18 and human anti-HPV IgG (10 μ l) of standard antibody were mixed at 4°C for 18 hr. After

centrifugation of the mixture at 10,000 rpm for 30 min, the precipitate was suspended in few drops of PBS and subjected to electron microscopy to see immune complex. It was stained with 2% phosphotungstic acid and examined with a Hitachi H-500H electron microscope. Typical parvovirus particles (diameter:23 - 28nm) were observed in the immune complex (Figurevi). Also, the antibody was detected in serum of June 30, and it was detected in IgM fraction of June 30, using Sephacryl S-300 column chromatography (2X100cm). Finally, dot-blot hybridization using HPV/B19 probe from Dr. Clewley showed that DNA from this particles had common sequence with HPV/B19 probe.

In this patient, purpura (hemorrhagic fever) was remarkable symptom, though lumbago, arthralgie and muscular pain were recognised. The relation between HPV infection and purpura was pointed out already,⁷⁾ but HPV antigen was not detected in sera yet. Though HPV antigen was detected for 7 to 10 days in sera using dot blot hybridization by volunteers' experiment, usually it is not easy to find HPV antigen by electrophoresis.⁸⁾ This patient showed directly that there were a large amount of viruses in serum. It has reported that HPV infection causes febrile illness,⁹⁾ malaise,⁵⁾ arthritis,¹⁰⁾¹¹⁾ purpura⁷⁾ and hydrops fetalis¹⁰⁾¹²⁾ in adults, but so far commonly clinicians have not always concerned about HPV infection in adults. Because the detection method has not been established yet, and so they couldn't diagnose HPV infection. From 1986 to 1987, there was an outbreak of erythema infectiosum in Sendai area (last outbreak 1980-1981).⁶⁾ Several adult patients whom infected were recognised in January to May of 1987. They had common clinical signs such as fever, rash, exanthema, arthralgia, swelling, liver abnormality and prolonged illness. This showed that there was an outbreak in adult too, when he became sick. It is not clear if the HPV-infected patient showing different clinical signs depend on strain or host immune response. To know detailed circumstances of HPV infection in adults, the establishment of serological method is expected in near future.

We thank Dr.J.C.Clewley, PHLS Reference Laboratory, Central Public Health Laboratory, London, for gift of HPV/B19 probe, and Dr. K. Okochi, Clinical Laboratory of Kyusyu University, for gifts of standard HPV antigen and anti-HPV.

REFERENCES

- 1) Cossart, Y. E., Field, AM., Cant, B., and Widdowas, D. 1975. Parvovirus-like particles in human sera. *Lancet* i:72 - 73.
- 2) Serjeant, G. R., Topley, J. M., Mason, K., Serjeant, B. E., Pattison, J. R., Jones, S. E., and Mohamed, R. 1981. Outbreak of aplastic crisis in sickle cell anaemia associated with parvovirus-like agent. *Lancet* ii:595 - 597.
- 3) Kelleher, J. F., Luban, N. L. C., Mortimer, P. P and Kamimura, T. 1983. Human serum "parvovirus": A specific cause of aplastic crisis in children with hereditary spherocytosis. *Journal of pediatrics* 102, 720 - 722.
- 4) Anderson, M. J., Lewis, E., Kidd, I. M., Hall, S. M. and Cohen, B. J. 1984. An outbreak of

erythema infectiosum associated with human parvovirus infection. *Journal of Hygiene (Lond)* 93, 85 - 93.

5) Okochi, K., Mori, R., Miyazaki, M., Cohen, B. J., and Mortimer, P. P. 1984. Nakatani antigen and human parvovirus (B19). *Lancet* i:160 - 161.

6) Shiraishi, H., Wong, D. Purcell, R. H., Shirachi, R., Kumasaka, T., and Numazaki, Y. 1985. Antibody to human parvovirus in outbreak of erythema infectiosum in Japan. *Lancet* i:982 - 983.

7) Mortimer, P. P., Cohen, B. J., Rossiter, M. A., Fairhead, S. M., and Rahman, A. F. M. S. 1985. Human parvovirus and purpura. *Lancet* ii:1012.

8) Anderson, M. J., Higgins, P. G., Davis, J. R., Willman, J. S., Jones, S. E., Kidd, I. M., Pattison, J. R., and Tyrrell, D. A. J. 1985. Experimental Parvoviral Infection in Humans. *Journal of Infectious Diseases* 152 (2) :257 - 265.

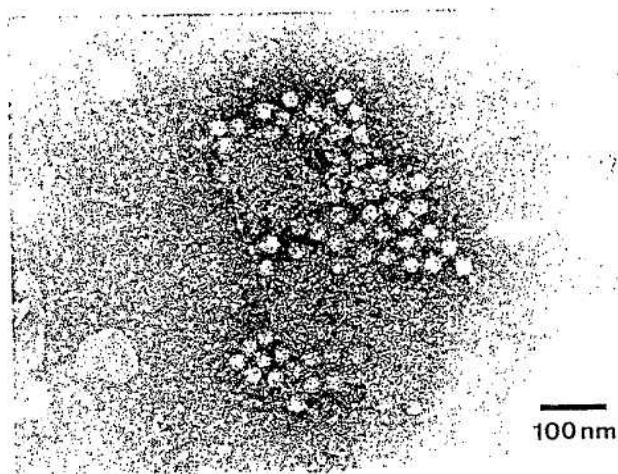
9) Shneerson, J. M., Mortimer, P. P., and Vandervelde, E. M. 1980. Febrile illness due to a parvovirus. *British Medical Journal*, June:1580.

10) White, D. G., Woolf, A. D., Mortimer, P. P., Cohen, B. J., Blake, D. R., and Bacon, P. A. 1985. Human parvovirus arthropathy. *Lancet* i:419 - 421.

11) Cohen, B. J., Buckley, M. M., Clewley, J. P., Jones, V. E., Puttick, A. H., and Jacoby, R. K. 1986. Human parvovirus infection in early rheumatoid and inflammatory arthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases* 45:832 - 838.

12) Mortimer, P. P., Cohen, B. J., Buckley, M. M., Cradock - Watson, J. E., Ridehalgh, M. K. S., Burkhardt, F., and Schilt, U. 1985. Human parvovirus and the fetus. *Lancet* ii:1012.

Figure 1. Immune Complex between serum of June 18 and standard anti-HPV IgG.



4 カンピロバクター食中毒の予防に関する 基礎的な調査研究

高橋 成人* 小林 妙子* 新妻 澤夫*
今野 二郎**

1. 序 文

カンピロバクターは70年以上も前から、ウシ・ヒツジ・ブタ・トリなどに病原性を示す細菌として、畜産学・獣医学の分野で注目されてきたが、その当時は *Vibrio fetus* と呼ばれていた。

1977年 Skirrow が特殊な選択分離培地を開発し¹⁾、下痢症患者の糞便からカンピロバクターが高率に分離されることを報告した。先進諸国では、散発生下痢症の起原因菌としてのカンピロバクターの検出数は、サルモネラと同等かそれ以上に達している²⁾。

一方、1979年伊藤らは東京都内の保育園で発生した集団食中毒の原因がカンピロバクターであることを確認したが³⁾、これを嚙矢に国内でも本菌による大規模な集団食中毒の発生報告が相次ぎ、1982年3月には厚生省食品衛生課の通知により、食中毒起原因菌のリストに本菌が追加されることとなった。

宮城県におけるカンピロバクターの集団食中毒事件は、1982年から1983年までの間に3例報告されている⁴⁾。これらはいずれも、独立した施設が実施した団体旅行の際に感染機会があったものと推定されている。

1985年3月、同一の調理施設から給食の供給を受けている白石市内の11小学校で、集団食中毒が発生し摂食者3,945人のうち867人が発病した。発病者中の94名は医師の治療を受けている。原因食品を特定することはできなかったが、発病者の糞便よりカンピロバクターが検出された。

集団給食施設を介して発生した白石市の事例は、規模の大きさも影響して社会問題となり、一層の防止対策が要求された。そこで県当局では、「カンピロバクター食中毒予防対策検討会」(会長 今野二郎 宮城県保健環境部技監)を組織し、カンピロバクター食中毒の抜本的な予防対策を講ずるための調査研究に着手することとなった。

宮城県保健環境センター微生物部は、当検討会の構成員として、基礎的調査研究に関する実験部門を担当したので、その概要について報告する。なお、カンピロバクター食中毒予防対策検討会の活動内容は、1987年3月宮城県環境衛生課よりレポートとして公表されていることを付記する。

* 宮城県保健環境センター 微生物部

** 宮城県保健環境部 技監

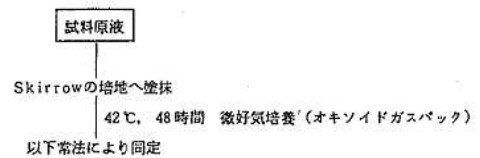
2. カンピロバクター、一般細菌数、サルモネラの検査方法

2.1 試料原液の調製

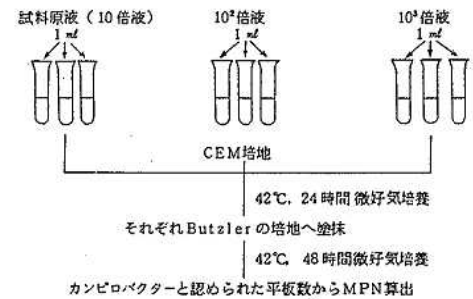
検体 25 g } ストマッカー
0.1%ペプトン加生理食塩液 225 ml } で均質化したものを試料原液とした。

2.2 カンピロバクターの検査法

○直接培養法(定性法)

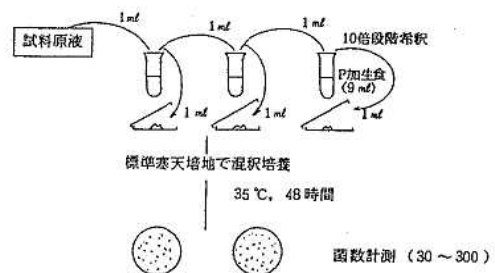


○増菌培養法(定量法)



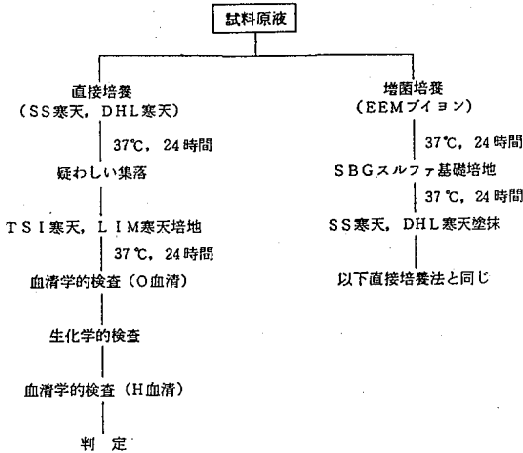
(例) 3 1 0 4.3 × 10³ MPN/100 g
0 0 0 3.0 × 10² 以下 MPN/100 g

2.3 一般細菌数の検査法



(例) 最も希釈倍率の低い平板について、30以下の場合は 3.0 × 10⁶ 以下とした。

2.4 サルモネラの検査法



3. 調査検討事項結果

3.1 原料食肉類のカンピロバクターによる汚染状況調査

- (1) 検査項目
一般細菌数, カンピロバクター (定性, 定量), サルモネラ
- (2) 検体及び買上先
学校給食用食肉製品, 仙台市内
- (3) 検査機関
保健環境センター
- (4) 検査結果
検査結果

表1 カンピロバクターの検査結果

検体名	検体数	定性		MPN/100ml	
		陰性	陽性	<3.0×10 ²	≥3.0×10 ²
食肉製品類	31	31	—	31	—

表2 一般細菌数の検査結果

検体名	検体数	菌数分布			
		<3.0×10 ³	~×10 ⁴	~×10 ⁵	≥3.0×10 ³
食肉製品類	31	16	—	—	15
16	7	7	—	—	1

表3 サルモネラの検査結果

検体名	検体数	定性	
		陰性	陽性
食肉製品類	20	20	—

《参考》昭和58年度~59年度カンピロバクター菌の検査
市販食鳥肉のカンピロバクター菌検査

検査件数	件数	定性	
		陰性	陽性
40	—	30 (75%)	10 (25%)

3.2 加熱調理時の温度管理と細菌の消長調査及び原料食肉類の取扱いによる施設の汚染状況調査

- (1) 実施月及び実施場所
第1回 昭和60年10月29~30日
第2回 昭和61年2月27~28日
県内Y町学校給食センター
- ① 給食校数10 (小6, 中4)
- ② 最大給食能力 4,500食/日
- ③ 従事者数19人 (内栄養士2人)
- (2) 選定メニュー
鳥肉の竜田揚げ (鳥肉は中学生用の50gとした)
- (3) 工程及び検体採取個所 (採取個所)
① 仕入 → ② 検載 → ③ 粉で衣を被る → ④ 加熱 (174°C 4~5分) → ⑤ 製罐 → ⑥ 配送 → ⑦ 給食
- (4) 検査項目
一般細菌数, カンピロバクター (定性, 定量), サルモネラ, 加熱工程中の2分後, 終了直前の肉中心温度
- (5) 検査結果
中心温度

調理工程中の中心温度の測定 (第1回目)

項目	測定時間	第1回目	第2回目	第3回目	第4回目	第5回目	平均	備考
		8時30分	10時45分	9時	9時5分	9時30分		
2分後のとり肉の温度		83.2°C	72.8°C	80.0°C	71.0°C	72.3°C	75.9°C	自動フライヤーの設定温度170°C
終了直前のとり肉の温度		98.5°C	98.2°C	98.5°C	98.5°C	98.6°C	98.5°C	スタート時の油の温度172°C

調理工程中の中心温度の測定 (第2回目)

項目	測定時間	第1回目	第2回目	第3回目	第4回目	第5回目	平均	備考
		10時28分	10時35分	10時48分	10時58分	11時8分		
2分後のとり肉の温度		69°C	67.2°C	68.6°C	75.8°C	70.6°C	70.2°C	自動フライヤーの設定温度174°C
終了直前のとり肉の温度		96.5°C	97.7°C	94.2°C	93.6°C	94.2°C	95.2°C	スタート時の油の温度172°C

食鳥肉製品の調理工程等のカンピロバクター検査 (学校給食)

検体名	検体数	定性		MPN/100ml				菌数分布	備考
		陰性	陽性	<3.0×10 ²	≥3.0×10 ²	<3.0×10 ²	~×10 ³		
原料食肉※	10	10	—	9	1	9	1		未加熱食肉
衣でくんだ食肉※	10	6	4	4	6	4	3	3	同上
製品	10	10	—	10	—	10			加熱食肉 中心温度平均73.0°C
配送された食肉	10	10	—	10	—	10			同上
調味液	2	1	1		2		1		1
ふぎとり	10	10	—	10	—	10			ナイフの刃, ナイフの柄, 箸, フック, 食肉パック, 配膳バット
計	52	47	5	43	9	43	5	3	1

※同一ロット品ではない。

食鳥肉製品の調理工程等の一般細菌数検査
(学校給食)

検体名	検体数	菌数分布						備考		
		MPN/100ml <3.0 ×10 ³	≥3.0 ×10 ³	<3.0 ×10 ²	×10 ²	×10 ³	×10 ⁴		×10 ⁵	
原料食肉	10		10				9	1	未加熱食肉	
衣でくるんだ食肉	10		10					8	2	同上
製品	10	10		10						加熱食肉 中心温度 73℃
配送された食肉	10	10		10						同上
調味液	2		2						2	
ふきとり	10	4	6	4	2		1	3		ナイフの刃、ナイフの柄、 箸スノコ、箸スノコパット、 配膳パット
計	52	24	28	24	2		18	8		

サルモネラの検査

検体名	検体数	定性	
		陰性	陽性
原料食肉	10	10	-
衣でくるんだ食肉	10	10	-
製品	10	10	-
配送された製品	10	10	-
調味液	2	2	-
ふきとり	10	10	-
計	52	52	-

3.3 加熱調理の温度管理と細菌の消長調査

・検査項目及び検査機関

一般細菌数、カンピロバクター(定量)、サルモネラ
保健環境センター

・検体名：鶏肉の竜田揚げ(鶏肉は中学生用50gとする。)

・カンピロバクター接種菌株

保健環境センターが感染症サーベイランス事業で得た菌株(C. Jejuni 血清型 TCK20)

・菌液接種の方法

0.1%ペプトン加生食液で調整した10⁸/mlの菌液を使用

3.3.1 接種菌の生存状況予備実験

生肉 5件、アルコール殺菌(噴霧して約10分放置)した生肉 5件、調味液 1件、生肉を菌液に浸し更に調味液に浸して4℃に48時間保存の肉(a) 5件、生肉の中心部に菌液を接種したものを菌液に浸し更に調味液に浸して4℃48時間保存の肉(b) 5件、生肉を菌液に浸し4℃24時間保存後調味液に浸し4℃24時間保存後の肉(c) 5件、生肉を菌液に浸し4℃24時間保存後調味液に浸し4℃48時間保存後の肉(d) 5件、合計31件

3.3.2 加熱温度における細菌消長調査

(1) 検査項目及び検査機関

一般細菌数、カンピロバクター(定量)、中心温度
保健環境センター

(2) 検体名、カンピロバクター接種菌株、菌液接種の方法

接種菌の生存状況調査の結果得た検体等を使用する。

(3) 実施方法

菌液接種肉について、業務用フライヤー(13ℓ)を使用し加熱温度と加熱時間を変えた場合のカンピロバクターの消長をみる。

(4) 検体数

- ① 菌液接種肉 計15件
 - ② 加熱温度 130℃で30秒, 60秒, 90秒, 120秒, 150秒, 180秒加熱時間後仕上げ肉を各5件 計30件
 - ③ 加熱温度 150℃で30秒, 60秒, 90秒加熱時間後仕上げ肉を各5件 計15件
 - ④ 加熱温度 170℃で30秒, 60秒加熱時間後仕上げ肉を各5件 計10件
- 合計70件

接種菌の生存状況予備実験

	一般細菌数 (/g)	カンピロバクター (MPN/100g)	サルモネラ
生肉	1.7×10 ⁵	(3.0×10 ⁴ 以下) 3.0×10 ⁴ (1件)	(-)
解凍後生肉(-20℃1週間保存)	9.5×10 ⁴	3.0×10 ³ 以下	(-)
アルコール殺菌した生肉(噴霧後10分放置)	8.3×10 ⁴	3.0×10 ³ 以下	(-)
調味液(注1)	3.0×10 ² 以下	3.0×10 ³ 以下	(-)
(A) 生肉を菌液(注2)に浸し、更に調味液に浸して4℃48時間保存の肉	9.1×10 ⁴	7.3×10 ⁴	/
(B) 生肉に菌液接種後、菌液に浸し更に調味液に浸して4℃48時間保存の肉	1.5×10 ⁵	6.0×10 ⁵	/
(C) 生肉を菌液に浸し、4℃24時間後、調味液に浸して4℃24時間保存の肉	1.2×10 ⁶	9.3×10 ⁴	/
(D) 生肉を菌液に浸し、4℃24時間後、調味液に浸して4℃48時間保存の肉	1.4×10 ⁶	1.7×10 ⁴	/

(注) 1. 生肉86.9%に対し、醤油13.0%しょうが0.1%の割合
2. 0.1%ペプトン加生食塩水で調整した10⁸/mlの菌液

実験結果より、モデル実験に使用する菌液接種肉は(C)の条件とした。

加熱温度における細菌の消長調査

実施月日：S61.10.22

加熱温度	中心温度 (℃)	一般細菌数 (/g)	カンピロバクター (MPN/100g)	備考
130℃				
無加熱	11.7	1.0×10 ⁶	1.1×10 ⁶	室温(始 22.6℃ 終 21.0℃)
30秒	30.0	2.6×10 ⁴	9.0×10 ⁴	
60秒	55.5	6.4×10 ³	5.9×10 ⁴	
90秒	56.2	3.5×10 ³	4.7×10 ³	
120秒	56.8	3.0×10 ² 以下	3.0×10 ² 以下	
150秒	69.1	3.0×10 ² 以下	3.0×10 ² 以下	
180秒	69.1	3.0×10 ² 以下	3.0×10 ² 以下	

実施月日：S61.11.27

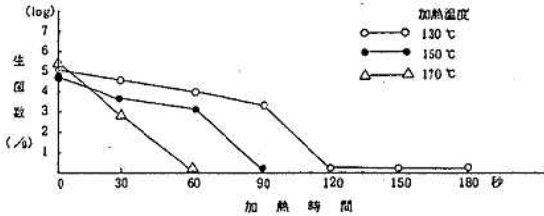
加熱温度	中心温度 (℃)	一般細菌数 (/g)	カンピロバクター (MPN/100g)	備考
150℃				
無加熱	14.6	7.2×10 ⁴	7.8×10 ⁴	室温(始 18.0℃ 終 14.0℃)
30秒	45.2	7.0×10 ³	2.8×10 ⁴	
60秒	53.9	1.0×10 ³	3.0×10 ² 以下	
90秒	61.3	3.0×10 ² 以下	3.0×10 ² 以下	

実施月日：S 61. 12. 18

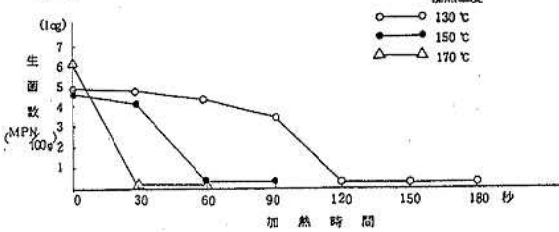
加熱温度	中心温度 (°C)	一般細菌数 (/g)	カンピロバクター (MPN/100g)	備考
無加熱	15.3	3.4×10^5	1.7×10^5	室温 (始15.0°C 終11.0°C)
30秒	64.1	1.8×10^5	3.0×10^2 以下	
60秒	80.2	3.0×10^2 以下	3.0×10^2 以下	

加熱温度における細菌の消長

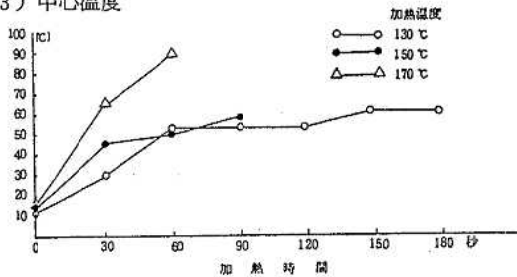
1) 一般細菌



2) カンピロバクター

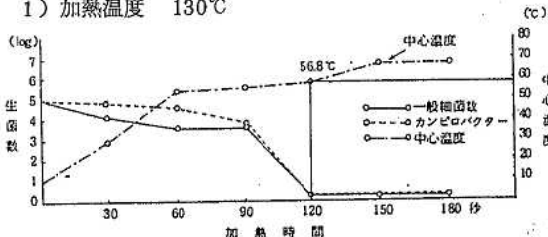


3) 中心温度

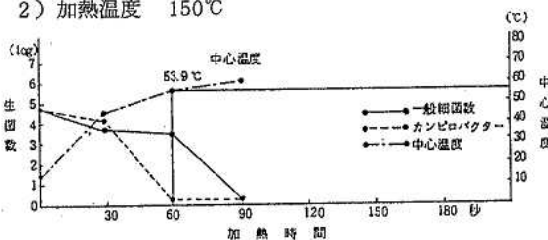


加熱温度による生菌数と中心温度の関係

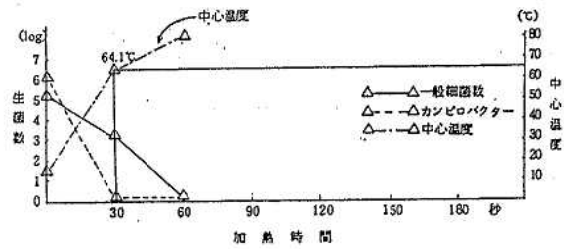
1) 加熱温度 130°C



2) 加熱温度 150°C



3) 加熱温度 170°C



3.4 検査日数の延長に関する基礎的実験

- (1) 検査項目及び検査機関
一般細菌数, カンピロバクター: 保健環境センター
- (2) 検体名, カンピロバクター接種菌株, 菌液接種の方法
3.3の調査と同じ

(3) 実施方法

菌液接種肉について, 冷蔵 (4°C) 及び冷凍 (-20°C) 保存した場合のカンピロバクター消長

(4) 検体数

- ① 当日の菌液接種肉 計5件
- ② 生肉の中心部に菌液を接種した肉を菌液に浸し更に調味液に浸して4°C24時間保存後の肉について2日後, 3日後, 5日後, 7日後, 10日後の冷蔵肉 計15件
- ③ 同 上 冷凍肉 計15件
合計35件

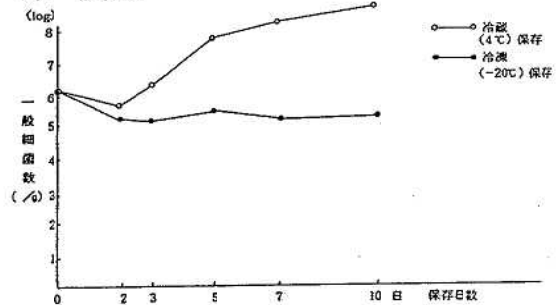
検査日数の延長に関する基礎的実験 (保存試験)

保存試験成績

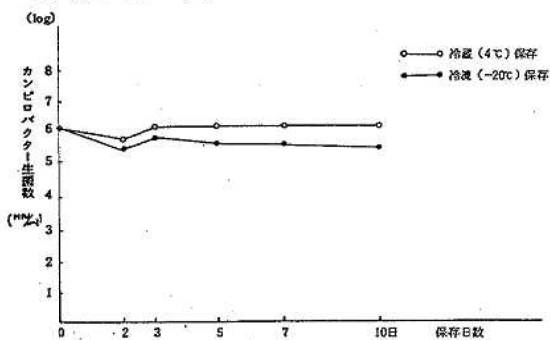
当日	一般細菌数 (/g)		カンピロバクター (MPN/100g)	
	冷蔵	冷凍	冷蔵	冷凍
2日後	6.7×10^5	2.1×10^5	6.7×10^5	4.4×10^5
3日後	2.7×10^6	1.6×10^5	1.4×10^6	8.1×10^5
5日後	8.0×10^7	4.3×10^5	1.4×10^6	5.3×10^5
7日後	2.6×10^8	1.9×10^5	1.4×10^6	6.0×10^5
10日後	6.6×10^8	2.6×10^5	1.4×10^6	3.9×10^5

※肉を菌液に浸し, 更に調味液に浸して4°C保存と, -20°C保存にした。

1) 一般細菌



2) カンピロバクター



4. 調査結果のまとめ

(1) 原料食肉類のカンピロバクターによる汚染状況

市販品31検体実施したがカンピロバクターは検出されなかった。

また、サルモネラ菌も検出されなかった。

(2) 加熱調理時の温度管理と細菌の消長及び原料食肉類の取扱いによる施設の汚染状況

昭和60年10月、昭和61年2月の2回調査したが原料鶏肉からの汚染と思われる加熱前の鶏肉4件、調味液1件合計5件(11.9%)からカンピロバクターが検出された。しかし、加熱後の鶏肉、調理器具等からはカンピロバクター、サルモネラ菌は検出されなかった。

(3) 加熱調理時の温度管理と細菌の消長(モデル実験)

カンピロバクターを鶏肉に接種し加熱温度を130°C、150°C、170°Cの三段階で菌の消長を調査した結果、加熱温度130°C、120秒(肉の中心温度56.8°C)、150°C60秒(肉の中心温度53.9°C)、170°C、30秒(肉の中心温度64.1°C)でカンピロバクターは消失した。

(4) 検食日数の延長に関する基本的実験

食肉にカンピロバクターを接種し冷蔵(4°C)、冷凍(-20°C)で菌の消長調査した結果、冷蔵及び冷凍のいずれでも菌の消長は認められなかった。しかし、冷蔵の場合は冷凍に比べ保存5日後から一般細菌数の増加が認められた。

5. 考 察

学校給食でカンピロバクター食中毒を予防するには、従来の食中毒同様“清潔、迅速、加熱又は冷却”の予防三原則を遵守し実践することである。

また、カンピロバクターの特性等からの次の事項が大切である。

- (1) 鶏肉を原料とする場合はカンピロバクター食中毒に十分注意する必要がある。
- (2) 鶏肉の生食は避け加熱を十分に行なう。この場合、鶏肉の中心温度は60°C以上であることを必ず確認すること。
- (3) 鶏肉等を原料とした調理で使用した器具類は洗浄、消毒を徹底するとともに専用の器具類が望ましい。
- (4) 検食は食中毒発生時の原因食品を特定する上で極めて重要であるので集団給食施設においては、5°Cで72時間以上(96時間以上が望ましい)必要である。

6. 参考文献

- 1) Skirrow, M.B.: *Campylobacter enteritis: a new disease*. Br. Med. J., ii: 9~11, 1977
- 2) Koneman, E.W., et al.: *Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology*, 1983.
- 3) 伊藤 武, 他: 1979~1981年間に東京都内で発生した *Campylobacter jejuni* による15事例の集団下痢症に関する調査, *感染症学雑誌*, 57: 576~586, 1983.
- 4) 斉藤紀行, 他: 宮城県におけるカンピロバクター食中毒の集団発生-原因食品が特定できた1事例を中心に-, *メディアサークル*, 31: 436~441, 1986.

5 Chlamydia trachomatis 感染における IgA 抗体測定の意義

梅津幸司 山本 仁 千葉 良*

1. はじめに

日本は、眼疾患「トラコーマ」の非常在地になったとされている¹⁾。

しかし、嘗て猛威を振ったこの疾患は病態を変えて再登場し、公衆衛生上に幾つかの問題を提起しつつある。

一つは性行為感染症 (Sexually Transmitted Disease 以下, STD) としての登場であり、一つは母子感染と推定される新生児の結膜炎ないし肺炎等である。²⁾³⁾⁴⁾

これら疾患の病原体である, Chlamydia Trachomatis (以下, クラミジア) の示す病型は呼吸器, 生殖器泌尿器, 循環器等に広がり, 婦人科領域における外妊, 不妊, 早産の原因の一つとも推定されている。⁵⁾⁶⁾⁷⁾

今後さらに病型が多様化し, 流行が広がることも懸念される。

我々は, 昭和 62 年に仙台市においてクラミジアの抗体調査を行い, 正常妊婦の 12% (5/42) が抗体を保有していたことを報告した。⁸⁾

今回は, 細菌, ウイルス等の持続感染における新しい血清指標として注目されている, 免疫グロブリン A (以下, IgA) の動向についてクラミジア抗体陽性者の血清を用い, その検出の意義と検査の有効性について検討を加えた。このクラミジア IgA 抗体の測定調査は「厚生省クラミジアトラコマトシスの血清診断薬に関する精度管理研究班」(以下, 研究班)における班活動の一環として, 国内で販売を予定している各メーカーの製品の精度管理を行うことをも目的の一つとして実施した。

2. 材料と方法

2.1 被検血清

前報で報告した例のうち, EIA による検査でクラミジアに対する免疫グロブリン G (以下, IgG) 抗体が陽性の小児 14, 同一人から連続して採血した血清 9, とその母親 1, 及び妊婦とその臍帯血各 5, 計 34 例。同様に, クラミジアに対する IgG 抗体陰性の血清 26, 合計 60 件を検体とした。

2.2 方法

(1) クラミジア IgG 抗体測定: ラボシステム社「クラミジア EIA キット」(以下, EIA) 及び, 研究班から提供された千葉血清研究所の「クラミジア IgG キッ

ト」(以下, 千葉 IgG) と, Savyon 社「IP Azyme Chlamydia IgG」(以下, IPA-IgG) の両キットを使用した。

ラボシステム社のキットは 1:100 倍以上を陽性としたが, 他の二つのキットは 1:64 と 1:128 倍の抗体価を測定した。

(2) クラミジア IgM (以下, IgM) 抗体測定: 微量間接蛍光抗体法 (Micro-IF, 以下, IF 法) により行った。

使用した抗原等は前報の通りであるが, 抗体価が 1:10 倍以上を陽性とした。

IF 法は国立予防衛生研究所と共同で試験した。

(3) クラミジア IgA 抗体測定: 研究班から提供された, 千葉血清研究所の「クラミジア IgA キット」(以下, 千葉-IgA) と, Savyon 社「IP Azyme Chlamydia IgA」(以下, IPA-IgA) の両キットを使用した。両キットとも 1:16 倍の抗体スクリーニングを行った。

3. 成績

3.1 測定方法の比較

(1) IgG: EIA 法で陽性を示した 34 血清は, IPA-IgG, 千葉-IgG では共に, 76% (26/34) の陽性率を示した。

IPA-IgG が陽性で千葉-IgG が陰性の例とその逆の例が各 1 件づつ認められ, 両法の陽性一致率は 96% (25/26) であった (表 1)。

(2) IgA: 千葉-IgA で陽性を示した血清は 13 例であったが, IPA-IgA では 11 例であり, 両法の陽性一致率は 85% (11/13) であった。

3.2 各抗体の検出

(1) IgM と IgA: EIA 法陽性の 34 例のうち, IgM 陽性は 8 例 (24%) で, IgA (千葉-IgA) 陽性は 13 例 (38%) であった。

IgM が陽性で IgA が陰性の例が 2 例あった。

IgA 陽性の 13 例の内訳は, IgM 陽性 6, 陰性 7 であった (表 2)。

正常妊婦 5 例中 4 例に IgA が確認された。

(2) IgA 陽性と診断名: IgA 陽性例は下気道感染 5, 妊婦 4, 尿路感染, 肝炎の合併症の同一人の血清 3 件とその母親であった (表 3)。

IgG (EIA) 陰性26例で IgA が陽性を示した例はなかった。

4. 考 察

腎臓移植患者の 50% ~ 100% が、手術後サイトメガロウイルス等の感染を起こし、そのうち約 30% が再感染と云われる。

Sarov らは⁹⁾ このウイルスの再感染の指標として、IgG 抗体の有意上昇と共に IgA 抗体の証明が感染の有効な指標に成り得ると報告した。

同様に、Piura らは¹⁰⁾ この IgA 抗体の証明を持続、再感染するクラミジアに応用し、IgA 抗体の証明を、クラミジアの " active infection " のマーカーに出来ると報告した。

又、吉沢らは¹¹⁾ クラミジアの Active Infection の指標としては IgA 4 倍以上 (間接蛍光抗体法、以下、FA で 16 倍以上)、IgG 16 倍以上 (FA で 64 倍以上) の抗体価を妥当とした。

更に、笠松らは¹²⁾ IgA 抗体の消長がクラミジア治療の判定、病勢の判定に有用であったと報告している。

クラミジア感染の証明は、これまでクラミジアの分離培養が最良と云われていたが、¹⁾ 分離陰性者の約 30% に抗体が証明¹³⁾ されること、IgA 陽性で抗原の検出されなかった母親から出生した新生児の 36% に抗原が検出されたこと⁵⁾ 等々から、分離法がクラミジア診断の最良の方法とは云いにくい報告が出て来た。加えて、分離のための検体採取や運搬、分離技術等様々な制約があるが中でも検体の採取部位、方法、女性の場合は性周期による分離率のバラツキ等の問題も提起⁵⁾¹²⁾ されている。この点では分離培養法とはほぼ同じ検出率を示す「抗原」を検出するための市販のキットも同様と考えられる。

又、クラミジアは持続、再感染を繰り返すことが知られており、IgM 抗体の証明だけでも感染の実態を正確に表現しているとは云えない。

事実、Westrom らは¹⁴⁾ クラミジア分離陽性者の 27% - 49% にしか、IgM を証明し得なかったと報告している。

これらのことから、クラミジア感染を正確に把握出来る新しい指標が模索されていた。

1984 年、Cevenini らは¹⁵⁾ はクラミジア分離陽性の非淋菌性尿道炎患者の 94% に IgA 抗体を証明し、IgA 抗体検出によるクラミジア診断の可能性を示した。

その後、吉沢らは¹¹⁾ サルによる感染実験で IgA 検出の有用性を証明した。

さて今回は、IgG 陽性血清における IgA 抗体の検出と IgM との関係を、市販予定のキットを検定すると云う形で、IgA 抗体検出の意義について調査した。その結果、IgG の検出は研究班から提供された両キ

ット共、EIA に対し 76% (26/34) の陽性一致率であった。

これは EIA のキットがクラミジアに対する IgG、A、M の総量を検出するのにに対し、両キットはクラミジアに対する IgG のみに反応するシステムであること、両キットの検出率が 1 検体で一致しなかったものに共に 76% であったこと等から、EIA と両キット間の検出感度の差と推定出来る。

又、両キットの IgA の検出率は千葉-IgA 38% (13/34)、IPA-IgA 32% (11/34) と大差ない結果であった (表 1)。

IPA-IgA で反応しなかった 2 例 (表 3, No. 1, 2) の IgG 抗体価はそれぞれ、 $\geq 6,400$ 倍、1,600 倍と吉沢ら、Piura らの " Active Infection " の範囲に入る価である。

38% と 32% に有意差は認められず、この事が直ちに両キット間の感度の差と結論するのは尚早であり、更に症例を増やしての検討する必要がある。

このことは研究班全体のまとめでも指摘されており、研究班の目的の一つである「試薬の精度管理」と云う観点から、今後更に究明されるべき課題であろう。

次に IgA (千葉-IgA) 抗体の陽性者は IgM 陽性 8 例の内 6 例に、IgM 陰性 26 例中 7 例に認められ (表 2)、IgM 陰性例と IgM 陽性例中の IgA の検出に有意差のあることが証明された ($P=0.05 < X=4.12 < P=0.025$)。

IgA 抗体の持続について笠松らは¹²⁾ 64 ~ 128 倍の抗体価は治療 40 ~ 100 日後にその 83% (5/6) が陰性化したと報告している。又、吉沢らは¹¹⁾ サルに対するクラミジアの追加接種で、IgM は検出されなかったものの、IgG と共に IgA 抗体の上昇を確認している。これらのことから、クラミジアの血清診断、特に再罹患等「活動期感染」の指標として、IgA 抗体の検出は、頗る有効であると考えることが出来るが、IgA 単独ではなく、IgG の変動も無視することは出来ない。症例 15 (表 3) にはこれらの事実が良く反映されている。

症例 15 は、同一人である症例 12, 13, 14 の母親で、出産後 6 ヶ月目に採血した例であるが、既に IgM は検出されなくなったにも関わらず、IgG は $\geq 1,600$ 倍と高値を示し IgA も検出されている。

そして症例 12 (生後 1 ヶ月) は出生後間もなく気管支炎、尿路感染等に罹患した。

クラミジアの垂直感染が強く示唆された例である。

又、症例 8, 9, 10, 11 は前回検査した 42 例の妊婦の中で IgG の検出された 5 名の内、IgA の検出された 4 名であるが、ここでも既に IgM は見い出されていない。この 4 例については出生児の追跡は行われなかったが、IgG のレベルと IgA が検出された事等から「活動

期感染」性を有する症例であった可能性が非常に高い。次に、表3中、No.6, 7は生後2, 3ヶ月目に下気道感染を発症した例であるが、IgG, Mは検出されたものの、IgAは検出されていない。これは採血の時期等から、吉沢らの報告と同様にIgAが未だ検出可能なレベルまでに達していなかったものと推定している。

妊婦におけるクラミジア抗体陽性率は報告者、調査地域により大きな開きがあり、国内においては、高田ら¹⁶⁾の19.6%, 橋爪ら¹⁷⁾の41.7%, 熊本ら¹⁸⁾の18%等の報告があるが、我々の仙台市内における調査では12%であった。⁸⁾

これらの内、前に記した様な条件の「活動期感染」の割合は高田ら¹⁶⁾で10.1%, 我々でも9.5%であった。又、原尻ら⁵⁾はIgG, A陽性妊婦11例中8例に抗原を検出したとしている。

一般に、クラミジア感染は不顕性に経過する場合が多いと云われるし、「トラコーマ」の非常在地でのクラミジアの伝播はその多くがSTDと認識されている。¹⁾被害者としての新生児へのクラミジア感染を防止するためにも、妊婦に対する何らかの施策が待たれる。

さて、我々は先に⁸⁾クラミジアの診断におけるIgMの有用性について述べたが、今回の調査でIgM陰性例中のIgA陽性の割合に有意差が認められた事等から、その有用性はIgAにより比重を置いて考えなければならぬ。

そしてこれらの事実を幅広いクラミジアのサーベイランスに活用すべきであると考えます。

5. ま と め

クラミジアに対するIgG (EIA) 陽性血清34例と陰性血清26例、合計60例の血清について、市販子定の2キット、及びIF法によりIgG, A, Mの抗体を測定し次の結果を得た。

- ① IgGの陽性一致率はEIAに対し、2キット共、76% (26/34) であった。
又、2キット間の陽性一致率は共に、96% (25/26) であった。
- ② IgAの陽性率は千葉-IgAで38% (13/34), IPA-IgAで32% (11/34) であった。
- ③ IgA (千葉-IgA) はIgM陽性例の6/8に、IgM陰性例の7/26に検出され、両グループ間の検出率に有意差が認められた。
- ④ IgA (千葉-IgA) 陽性例は正常妊婦4, 下気道炎5, 尿路感染等に罹患した同一人の3血清及びその母親であった。
- ⑤ 以上のことから、IgAはクラミジアの血清診断の新しい指標と成り得ると考えられた。

終わりに本調査に多大のご協力を頂いた、国立予防衛生研究所、ウイルス中央検査部の諸先生に深謝致します。本調査の一部は厚生省、特別補助事業「クラミジアトラコマティスの血清診断薬の精度管理に関する研究委員会」活動の一環として実施した。

参考文献

- 1) 千葉俊三：ウイルス 36：43 - 53, 1986
- 2) 笠松高弘。他：産婦の実際 37：329 - 334, 1988
- 3) 牛島廣治。他：臨床とウイルス12：459 - 462, 1984
- 4) 沼崎 啓。他：医学の歩み 123：1073 - 1075, 1982
- 5) 原尻真理。他：感染症誌 62：147 - 155, 1988
- 6) Martin.D. H, et al：JAMA 247：1585-1588, 1982
- 7) Gravett.M.G, et al：JAMA 256：1899 - 1903, 1986
- 8) 梅津幸司。他：宮城県保健環境センター報告 No.5 49 - 51, 1987
- 9) Sarvov I E, et al：Clin. exp. Immunol, 48：321 - 328, 1982
- 10) Piura. B, et al：Eur. J. Epidemiol 1：110 - 115, 1985
- 11) 吉沢花子。他：感染症誌 61：893 - 899, 1987
- 12) 笠松高弘。他：日産婦会誌 39：1649 - 1650, 1987
- 13) Ripa. T, et al：Am. J. Obstet. Gynecol 138：960 - 964, 1980
- 14) Westrom L, et al：Elsevier Biomedical press Amsterdam, 121 - 136, 1982
- 15) Cevenini. R, et al：J. Clin. Pathol 37：1984
- 16) 高田道夫。他：産婦の実際 37：321 - 327, 1988
- 17) 橋爪 壯。他：メディコピア 16：57 - 73, 1987, 富士テレビオ, 東京
- 18) 熊本悦明：Prog Med 5：2887 - 2889, 1985

* 仙台赤十字病院・小児科

表1 測定方法の比較

項 目	No (N=60)	IgM (by IF)		IgA (by chiba)		IgA (by IPA)		IgG (by chiba)		IgG (by IPA)	
		(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
IgG (+) (by EIA)	34	8	26	13	21	11	23	26	8	26	8
IgG (-) (by EIA)	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0	26

表2 IgAとIgMの検出相関

千葉-IgG IF	IgA (+)	IgA (-)	小 計
IgM (+)	6	2	8 (24%)
IgM (-)	7	19	26 (76%)
小 計	13 (38%)	21 (62%)	34

IgA:千葉-IgA

表3 IgM, IgA陽性血清の各抗体価と診断名

No.	Age	IgG by EIA	IgM by Micro-IF	I g A		I g G		診 断 名
				IPAzyme	千葉血研	IPAzyme	千葉血研	
1	1 M	≥ 6400	≥ 160	< 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	気管支炎
2	2 M	1600	≥ 160	< 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	肺 炎
3	3 M	1600	10	≥ 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	気管支炎
4	5 M	≥ 100	< 10	≥ 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	気管支炎
5	10 M	≥ 100	< 10	≥ 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	気管支炎
6	2 M	400	10	< 16	< 16	≥ 128	≥ 128	毛細気管支炎
7	3 M	≥ 100	10	< 16	< 16	< 64	< 64	気管支炎
8		400	< 10	≥ 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	妊 婦
9		100	< 10	≥ 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	妊 婦
10		100	< 10	≥ 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	妊 婦
11		100	< 10	≥ 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	妊 婦
12	1 M	100	160	≥ 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	同一 人 (気管支炎, 尿路 感染症, 肝炎)
13	2 M	100	160	± 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	
14	3 M	100	10	± 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	
15		≥ 1600	< 10	≥ 16	≥ 16	≥ 128	≥ 128	No.12,13,14の母

6 食物繊維一日摂取量

— マーケットバスケット方式及び陰膳方式による調査 —

菊地 秀明 勝倉 由美 山田 わか*
瀬戸 輝武**

Daily intakes of dietary fiber (DF) in Tohoku districts were measured by the enzymatic-gravimetric method using the samples of total diet (market basket) studies and duplicate portion studies.

The daily intakes of DF were 20.1g and 23.4g, respectively and these values were similar to the results reported by other researchers.

In national-wide study the tendency that daily intakes of DF were the highest in Tohoku districts and the lowest in Kinki districts was observed.

1. はじめに

食物中の繊維は不消化成分として栄養的価値のないものとされていたが、近年、大腸がんや憩室症などの大腸疾患に係わっていることが指摘され生理学的意義が注目されるようになってきた。

しかしながら食物繊維の定義とその分析法については、これまでいくつかの提案がなされているものの確定していないのが実状であった。最近、Trowellの定義¹⁾した「食物繊維とは人間の消化酵素で水解されない食物中の難消化性成分の総体」という概念が広く受け入れられ、この概念に基づくProskyの酵素-重量法²⁾が食物繊維の適切な分析法として認められるようになった。

わが国の標準食品成分表には、粗繊維量は記載されているが食物繊維量の記載がないことから、地方衛生研究所全国協議会では食品の食物繊維含有量を測定するとともに、日常の食事における食物繊維摂取量の実態を把握することを目的に共同研究を行うことになった。私どももこの研究に参加し、トータルダイエツト方式と陰膳方式により東北地方の食物繊維一日摂取量を調べたので以下報告する。

2. 方 法

2.1 試 料

マーケットバスケット方式一昭和60年に実施された国民栄養調査の東北ブロックの食品群別摂取量に基づき、昭和62年6月に127食品を仙台市内のスーパーマーケットで購入し、これを13の食品群に分別して調理を行い均一に混和し、測定まで-20℃で凍結保存した。これを凍結乾燥後粉碎し、0.5mmのフルイを通したものを分析試料とした。油脂含量の多い3群及び10~13群は分析の前

に石油エーテルで3回脱脂を行った。

陰膳方式一秋田県における一般的な献立で3日間の食事を調製し、これを主食と副食に分け混合して試料とした。これを凍結乾燥後粉碎し、0.5mmのフルイを通したものを分析試料とした。副食については粉碎前に脱脂処理を行った。この試料の調製は秋田県衛生科学研究所で行った。

2.2 試薬及び器具

耐熱性 α -アミラーゼ—Novo社製Termamyl120L (120 KNU/g=490 μ mole glucose/min/ml; sol starch)

Protease—Sigma社TypeVIII (P-5380) Bacillus subtilis由来 (7~15 μ mole tyrosine/min/mg; casein)

Amlyoglucosidase—Boehringer社208-469 Aspergillus niger由来(約6 μ mole glucose/min/mg; glycogen)

セライト545—Johns-Manville社製、特級塩酸を加えて洗浄し十分水洗した後、550℃で2時間加熱。

ガラスろ過器—柴田科学製、円筒ポート形3G 3.5 (孔径16~40 μ m)

他の試薬は和光純薬製特級を用いた。

2.3 食物繊維の分析法

Prosky法を基に地研協全国協議会で検討して作成した標準分析法とその変法により行った³⁾。標準分析法を図1に、変法を含む反応条件を表1に示した。

2.4 ケルダール法による蛋白定量

セライト545を含む繊維性沈澱物について衛生試験法⁴⁾に準じてセミマイクロケルダール法により窒素含量を測定し、それに6.25を乗じて蛋白質量を求めた。

* 現宮城県塩釜保健所

** 現宮城県業務課

試料 1g (検体 2g 及びブランク 1g)

- 0.05Mリン酸緩衝液 (pH 6.0) 50ml
- Termamyl 0.1ml
- 90°C, 15分 (数分毎に振とう)
- 冷後, 1N NaOHで pH 7.5±0.1に調整
- Protease 5mg
- 60°C, 60分 (振とう)
- 冷後, 1M H₃PO₄ で pH 4.5±0.2に調整
- Amyloglucosidase 25mg
- 60°C, 30分 (振とう)
- 4倍液量の95% Et OH (60°C)
- 室温で60分以上放置
- 吸引ろ過 (0.5gのセライト545を入れたガラスろ過器)
- 70% Et OH 20ml (3回)
- 95% Et OH 10ml (2回)
- Acetone 10ml (2回)
- ろ過器を105°一夜乾燥
- 秤量(A), ブランク(C)

- 蛋白定量(E) 灰化 525°, 5時間
- ブランク(D) 秤量(B) ブランク(F)

$$\text{食物繊維含量(\%)} = (A - B) - (C - D) - (E - F)$$

図1 食物繊維の標準分析法

3. 結果及び考察

3.1 マーケットバスケット方式による食物繊維の一日摂取量

マーケットバスケット方式による食物繊維の一日摂取量は表2に示すように20.1gであった。

食品群毎に食物繊維含有量を見ると、含有量が多いのは豆類(3.53%), 白色野菜・海藻類(2.48%), 穀類・いも類(2.28%), 緑色野菜類(2.28%)及び砂糖・菓子類(2.09%)であった。

表1 食品繊維分析の反応条件

	I	II	III	IV
	標準法	海藻・果実用変法	穀類用変法	魚肉用変法
検体量	1g	0.5g	3g	3g
Termamyl	0.1ml-15min	0.1ml-15min	0.3ml-1hr	0.3ml-1hr
Protease	5mg-1hr	5mg-1hr	15mg-1.5hr	15mg-16hr
Amyloglucosidase	25mg-30min	25mg-30min	25mg-1hr	25mg-30min

食物繊維の一日摂取量として見た場合は、白色野菜・海藻類(6.20g, 30.9%)が最も多く、次いで穀類・いも類(3.95g, 19.7%), 豆類(2.79g, 13.9%)であった。魚介類, 肉類, 乳類の動物性食品からの摂取量は合わせても1gに満たなかった。

3.2 陰膳方式による食物繊維の一日摂取量

3日間の陰膳を主食と副食に分けて分析した結果を表3に示した。

主食からの食物繊維一日摂取量は3.53~5.19gとほぼ一定しており、平均は4.2gであった。

一方、副食からは11.9~28.8g, 平均19.2gと多く、また幅も大きかった。

主食と副食を合わせた一日の食物繊維摂取量は17.1~32.6gで平均23.4gであった。

3.3 食物繊維一日摂取量の地域差及び他の調査結果との比較

今回分析した試料での食物繊維一日摂取量はマーケットバスケット方式で20.1g, 陰膳方式では23.4gと両方式ではほぼ同じ値であった。

地研協全国協議会で行った他地区での値は、マーケットバスケット方式及び陰膳方式でそれぞれ関東地区が19.7g, 20.0g, 近畿地区が15.8g, 17.4g, 四国・九州地区が20.8g, 18.5gであり、東北で高く、近畿で低い傾向が見られた。この傾向は国民栄養調査に基づく食品摂取量と食品別食物繊維含有量との積算から求めた摂取量

表2 マーケットバスケット法における食物繊維摂取量

群No	食品種	一日摂取量 (g/日)	凍結乾燥後重量 (%)	脱脂の有無	纖維性沈澱物 (分析試料%)	非消化性蛋白 (分析試料%)	食物繊維 (%)		食物繊維一日摂取量 (g/日)
							分析試料	生試料	
1	米	534.9	38.6	無	2.8	1.9	0.9	0.35	1.86
2	穀類・いも類	172.1	33.3	無	8.0	1.1	6.9	2.28	3.95
3	砂糖・菓子類	40.6	70.2	無	3.9	0.9	3.0	2.09	0.86
5	豆類	79.1	42.8	有	12.4	4.15	8.25	3.53	2.79
6	果実類	140.9	12.9	無	8.85	1.85	7.0	0.90	1.27
7	緑色野菜類	67.4	7.4	無	31.1	2.4	28.7	2.12	1.43
8	白色野菜・海藻類	250.1	8.9	無	32.0	4.15	27.85	2.48	6.20
9	嗜好飲料類	220.5	7.1	無	3.6	0.0	3.6	0.26	0.56
10	魚介類	96.4	28.8	有	6.45	4.7	1.75	0.50	0.49
11	獣・鳥・鱈肉・卵類	83.5	40.1	有	3.3	2.35	0.95	0.38	0.32
12	乳類	111.7	14.0	有	0.65	0.1	0.55	0.08	0.09
13	加工食品類	12.7	43.8	有	4.55	0.2	3.95	1.93	0.24
計									20.06

表3 陰膳方式による食物繊維摂取量

		一日摂取量 (g/日)	凍結乾燥後 重量(%)	脱脂の 有 無	繊維性沈澱物 (分析試料%)	非消化性蛋白 (分析試料%)	食物繊維(%)		食物繊維一日 摂取量(g/日)
							分析試料	生試料	
主 食	1日目	50	40.8	無	3.5	1.9	1.4	0.57	3.53
	2日目	711	29.4	無	4.15	1.7	2.45	0.73	5.19
	3日目	563	44.2	無	3.5	2.0	1.5	0.63	3.77
副 食	1日目	1,493	11.4	有	13.4	3.4	10.0	1.13	16.87
	2日目	1,066	12.6	有	12.7	3.9	8.8	1.12	11.94
	3日目	2,102	12.7	有	14.1	3.3	10.8	1.37	28.80
主食+副食	1日目								20.4
	2日目								17.1
	3日目								32.6

(東北19.8g, 近畿15.9g)でも認められた。同様の傾向は箕輪ら⁵⁾も指摘している。この地域差は漬物、野菜海藻類等の摂取量の違いによることが地研協の研究から指摘されている。

これまでわが国における食物繊維摂取量について報告されたものとして、陰膳方式による森ら⁶⁾の報告値14.8g, 19.5g, 山東ら⁷⁾の10.1~52.2g平均22.8g, 積算法による箕輪ら⁵⁾の18.8gがあるが、今回の値とほぼ同じレベルにあった。

4. まとめ

マーケットバスケット方式及び陰膳方式により東北地方の食物繊維一日摂取量をProsckyの酵素、重量法により分析したところ、それぞれ20.1g, 23.4gであった。

この値は他地域と比較して高い値であり、野菜、漬物、海藻を多く食べることによることが推察された。

参 考 文 献

- 1) Trowell H: Am. J. Clin. Nutr. **31**, 3 (1978)
- 2) Prosky L et al: J. Assoc. Off. Anal. Chem. **68**, 677 (1985)
- 3) 表示栄養成分の分析法と摂取量に関する研究(昭和62年度), 地方衛研全国協議会(1988)
- 4) 日本薬学会編「衛生試験法・注解」p153 金原出版(1980)
- 5) 箕輪眞澄他: 公衆衛生院報告 **31**, 190 (1982)
- 6) 森文平他: 日本農芸化学会誌 **55**, 787 (1981)
- 7) 山東英幸他: 第54回日本食品衛生学会講演要旨集 p 67 (1987)

ア 銀鮭中の残留スルファモノメトキシンの 分析法

—HPLC法並びにGC-MS, SIM法—

高槻圭悟 瀬戸輝武* 菊池 格

A method for the determination of residual sulfamonomethoxine was developed using liquid chromatography with UV detection and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) with selected ion monitoring (SIM) mode. A sample was extracted with acetonitrile, ethyl acetate was added, and dried over sodium sulfate. The solvent was evaporated, residue was dissolved in DMF-acetonitrile, and passed through silica gel column using acetonitrile as eluant. The eluate was concentrated and injected into a liquid chromatograph. The test solution was methylated with diazomethane in ether, extracted with 1 N HCL and re-extracted with ether after alkalization. The dried ether solution was messed up and injected into a GC-MS with SIM mode of the detection ion of m/e 230 and 229.

1. 序 文

畜水産業では疾病に対処する医薬品としてのみならず、生産性向上のため飼料添加物としても多数の抗生物質、合成抗菌剤が用いられている。一方食品衛生法では、「食品は抗生物質を含有してはならない」、「食肉、食鳥卵及び魚介類は化学的合成品たる抗菌性物質を含有してはならない」と規定されている。従って抗菌性物質が食品に残留していないことを常時監視する必要があり、迅速精確な残留分析法が必要である。合成抗菌剤スルファモノメトキシンの(SMTX)の残留分析法としては厚生省からの通知により公定法が示されている。¹⁾ (原報は文献²⁾)しかしジアゾメタンでメチル化後ECD付ガスクロマトグラフィー(GLC)分析を行うこの分析法には次の問題点がみられた。

- (1) 試料からの抽出並びに精製操作に大量の試薬類を使用すること。
- (2) 両性物質であるSMTXの水溶液から有機溶媒抽出に際し、厳密なpH調節を必要とし、抽出効率にも問題があること。
- (3) ジアゾメタンでメチル化後のECD-GLC測定にかなり妨害ピークがみられること。

最近高速液体クロマトグラフィー(HPLC)を用いたサルファ剤の分析法が各種報告されているが、³⁻⁶⁾クリーンアップが不十分な点もみられたので、この点に改良を加え、スクリーニング法として有用なHPLCを用いた簡易分析法の開発を行った。またSMTXが検出された試料に関しては更にガスクロマトグラフィー質量分析計(GC-MS)を用いたSIM検出法により、SMTXを確認する方法を確立した。

2. 方 法

2.1 試 薬

アセトニトリル、酢酸エチル、ベンゼン、エーテル、硫酸ナトリウム：残留農薬分析用(和光純薬)
n-ブタノール、DMF、 KH_2PO_4 、 $NaOH$ 、 KOH 、塩酸：試薬特級(和光純薬)

エーテル：使用直前にアルミナカラムを通して精製する。

シリカゲル：Art 7734 (メルク)を140℃で3時間活性化して使用。

アルミナ：Alumina Woelm B Super I (Woelm Pharma)

N-ニトロソメチルウレア：(ICN Biomedicals)
スルファモノメトキシンの：食品衛生指定検査機関協議会より配布されたもの。

標準溶液：スルファモノメトキシンの20 μ gを精秤しアセトニトリル20ml溶液として1,000ppm標準原液とする。これをアセトニトリルで希釈し、10、5、2、1、0.5、0.1 ppm溶液として標準溶液とする。

2.2 装 置

ホモジナイザー：バイオトロンBT10、20、350D (スイス、バイオトローナ)

カラム管：内径15mm、長さ30cm、ガラス製。ガラスフィルター並びにテフロンコック付。

高速液体クロマトグラフ：M 600 ポンプ、U 6 K インジェクター、NOVA PAK C₁₈ カラム(径8mm、長さ10cm)(以上ウォーターズ)、SPD-6A紫外可視分光検出器(島津製作所)、3066レコーダー(横河電機)

* 宮城県保健環境部薬務課

ガスクロマトグラフ-質量分析計：HP 5890 ガスクロマトグラフ（横河ヒューレットパッカード社）を全ガラス製1段ジェットセパレーターを経てD 300型質量分析計（二重収束型）（日本電子）に接続。JMA 3100 データアナリシスシステム（日本電子）を使用。

カラム：DB-5（0.53mm×30m）（J&W）

2.3 抽出と精製

試料（銀鮭）の可食部をとり、約0.5mm角に細切し、よく混合して均一にした後、その10gを100ml遠沈管に精秤する。アセトニトリル20mlを加えホモジナイズする。ホモジナイザーシャフトは新しいアセトニトリル10mlで洗浄し、これを2回目の抽出溶媒とする。遠心分離後アセトニトリルを100ml三角フラスコに分取し、残渣にシャフトを洗浄したアセトニトリルを加え残渣をスバチュラでくずしてよく混合し、10分間振とう抽出を行う。遠心分離後アセトニトリル層を1回目の抽出液に加える。抽出液に酢酸エチル20mlを加え硫酸ナトリウムを加え脱水する。時々攪拌し室温で約1時間脱水後、ヒダ折口紙で口過し、口液にn-ブタノール5mlを加えロータリーエバポレーターで溶媒を溜去する。（ウォーターバス温度45℃）残留物にDMF 1ml加えて溶解させた後アセトニトリル5mlを更に加えておく。

内径15mmのカラム管に50mmの高さにシリカゲルを乾式充てんし、上に硫酸ナトリウムを更に10mm積層する。カラムをベンゼン20mlで洗浄しておく。先の試料抽出物の溶液をカラムに付加し、溶液がカラム上端まで下がったときアセトニトリル50mlをカラムに加え、全溶離液を100mlナスフラスコに集める。ロータリーエバポレーターを用いて溶媒を溜去し、残留物をアセトニトリル1ml溶液とし、これを高速液体クロマトグラフィー用試験液とする。

2.4 高速液体クロマトグラフィによる定量

2.3で得た試験液及び標準溶液20μlを次の条件に設定した高速液体クロマトグラフに注入し、得られたクロマトグラムの保持時間から定性を行い、ピーク高から定量を行う。

カラム：NOVA PAK C₁₈

溶離液：0.01MKH₂PO₄-アセトニトリル（8+2）

紫外検出器：波長270nm，感度0.02～0.04

2.5 ジアゾメタン-エーテル溶液の作製⁷⁾

ジアゾメタンは発癌性の強い爆発性を有する低沸点（bp-23℃）の気体であるため取扱いには充分注意し、全操作をドラフト中で行うこと。作製したジアゾメタン-エーテル溶液はその日のうちに全て使用するようにし保存は行なわない。余ったジアゾメタンは希酢酸と反応させた後廃棄する。またN-ニトロソメチルウレアも強い発癌性を有するため、ゴム手袋を着用して取扱い、汚染に充分注意すること。

エーテル50mlと40%KOH溶液15mlとを200ml三角フラスコに入れ、スターリングバーを用いて攪拌しつつ氷冷する。氷冷しつつN-ニトロソメチルウレア5gを少量ずつ溶液に加え、加えたウレアが全て反応分解した後、又、加えていく。全てが反応後、溶液を氷冷した100ml分液コートに移し、下層の水溶液の大部分を落した後、上口からエーテル溶液を100ml三角フラスコにデカントする。KOHペレットを加えて脱水後氷冷しておき、メチル化に直ちに使用する。

2.6 ジアゾメタンによるメチル化と精製

2.3で得た試験液及び2.1, 0.5ppmの標準溶液1mlを50mlナスフラスコに入れ、次の操作でメチル化並びにクリーンアップを行う。

ロータリーエバポレーターを用いて溶媒アセトニトリルを溜去し、残留物をアセトン1ml溶液とする。これに2.5で得たジアゾメタン-エーテル溶液2～3mlを加え遮光して室温に30分間おく。過剰のジアゾメタンをドラフト中で加温窒素気流で追い出した後、溶液をスリ栓付10ml試験管に移し、2ml容とする。これから1N塩酸2.1mlで2回抽出する。抽出液の分取はパスツールピペットで行う。

塩酸溶液に5N NaOHを加えアルカリ性にした後、エーテル2.1, 1mlで3回逆抽出し、エーテル溶液を硫酸ナトリウムで脱水後、窒素気流下加温してエーテルを溜去し1～0.2ml容とする。これをGC-MS, SIM用試験液とする。

2.7 GC-MS, SIMによる確認

GC-MS装置を下記の条件に設定し、パーフルオロクロセンを用いて質量数の較正を行う。

カラム温度：260℃

キャリアガス：ヘリウム

カラムヘッド圧：15psi

インジェクター温度：270℃

セパレーター温度：250℃

EIイオン化電圧：70ev

イオン化電流：300μA

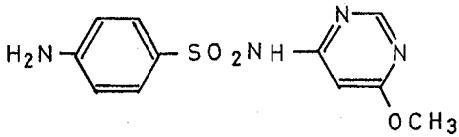
イオンマルチプライヤー：230～300

検出イオン：m/e 230, 229

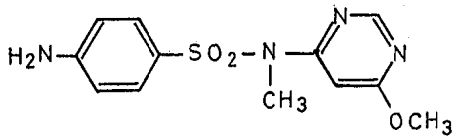
2.6で得た試料溶液並びに標準溶液1～2μlをスプリットレス注入法によりGC-MSに注入し、得られたSIMクロマトグラムからSMTXのメチル体の確認を行う。

3. 結果と考察

スルファモノメトキシ（SMTX）の構造は図1(1)に示した。スルフォニルアミド基のNH₂は酸性プロトンであり、ベンゼン環に置換したNH₂は塩基性であるため、これは両性化合物である。ジアゾメタンによるメ



(1) sulfamonomethoxine



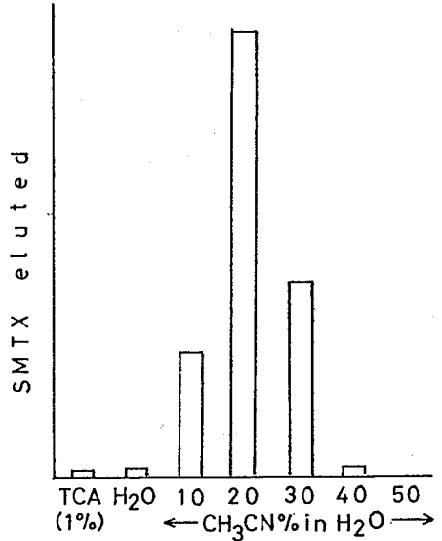
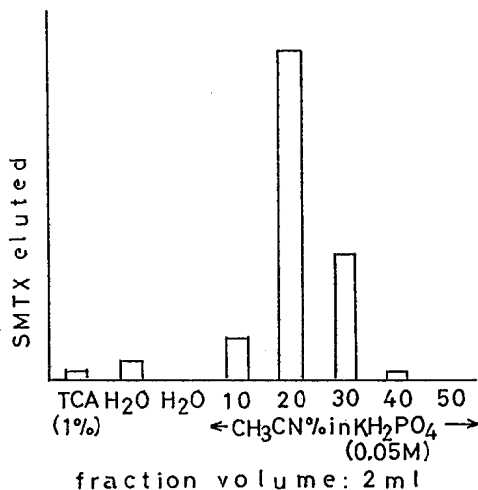
(2) sulfamonomethoxine-methyl

図1 スルファモノメトキシシ及びメチル体の構造

チル化では、酸性プロトンがメチル基にかわり図1(2)のメチル体が生成する。

アルミナカラムをクリーンアップに使用する文献3)の方法を銀銑に適用したところ、HPLC測定では非常に大きな妨害ピークがみられ、SMTXの定量は全く不可能であった。またアルミナカラムへのSMTXの吸着が強く、溶離液としてメタノール-水-酢酸という強極性の溶媒系を使用しなければならないのも難点であった。

続いてカートリッジカラム、Bond Elute C₁₈をクリーンアップに使用した文献6)の方法に準じて、Sep Pak C₁₈カートリッジカラムを用いる方法を検討した。SMTX標準品を用いてSep Pak C₁₈からのSMTXの溶離パターンを検討したところ、図2に示す結果が得られアセトニトリル-0.05 M KH₂PO₄ (3 : 7) 2 ml又は30%アセトニトリル 5 mlでSMTXを溶離できること



15, 10 ml, fraction volume: 3 ml

図2 Sep Pak C₁₈ カートリッジカラムからのSMTXの溶離

が分った。なおSep Pak C₁₈からの溶離液はHPLCを用いてチェックした。文献6)に従い銀銑のアセトニトリル抽出物を1%TCA溶液とし、Sep Pak C₁₈カラムでクリーンアップを行った試験液のHPLCクロマトグラムが図3である。検出器感度を0.08に下げてもなおSMTXのピーク位置(図3, 矢印)には妨害ピークが大きく、更に検討が必要であった。

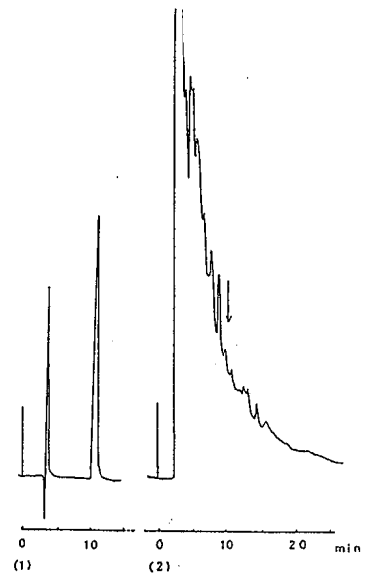


図3 高速液体クロマトグラム

- (1) 標準SMTX, 10ppm, 20 μ l
- (2) 銀銑抽出液

カートリッジカラムでは精製不十分であり、アルミナカラムへはSMTXの吸着が強いので、シリカゲルカラムをクリーンアップに用いることを次に検討した。文献2)によればSMTXは吸着剤によって分解されるといふ記載がみられ、我々の実験でもSMTXがかなり分解し易い化合物であることが分って来たため、カラムからの溶離は迅速に行うこととした。乾式充てんしたシリカゲルカラム(φ15mm×50mm)にSMTX 0.1mgを付加し、アセトニトリルで溶出させた場合の溶離パターンが図4である。SMTXはかなりテーリングしており、全

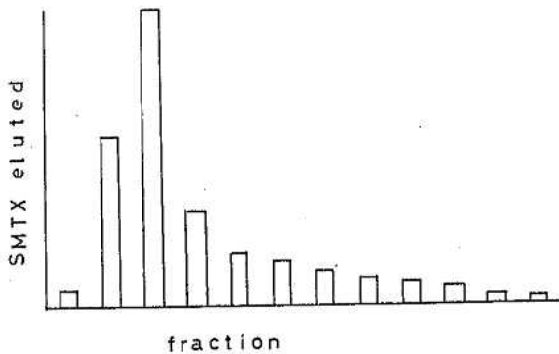


図4 シリカゲルカラムからのSMTXの溶離
乾式充てんしたシリカゲルカラムからアセトニトリル10mlずつで溶離

量の溶出にはアセトニトリル 120 mlが必要であった。しかし同一条件のカラムを作製し、前もってベンゼン20mlでカラムを洗浄後、SMTX 0.1mgを付加してアセトニトリルで溶出させた結果は図5となり、SMTXは早い

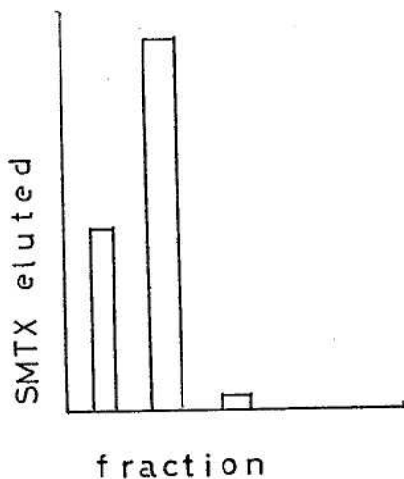


図5 シリカゲルカラムからのSMTXの溶離
乾式充てんしたシリカゲルカラムをベンゼン洗浄し、SMTXを付加してアセトニトリル10mlずつで溶離

フラクションにまとまって溶出され、アセトニトリル30mlで充分であることが分った。これによりシリカゲルを乾式充てんし、ベンゼンで洗浄したカラムをクリーンアップに用いることにした。しかしSMTXの付加量を10μgとして上記の条件による回収率を検討したところ、回収率はわずか15%と非常に低い値しか得られず、SMTXがかなり不安定で分解し易いことが分った。しかし銀鮭抽出液にSMTX 10μgを添加、これをベンゼン洗浄したシリカゲルカラムに付加し、アセトニトリル50mlで溶出させた場合には87.0%、85.1%と良好な回収率が得られ、充分実用になることが分った。銀鮭抽出物がシリカゲルの活性点に吸着され、SMTXの分解を防いだものと考えられる。

検出器の感度から試料量は10gで充分であり、抽出溶媒は文献でも最も使用されておりSMTXへの溶解力も強いアセトニトリルを用いることにした。使用量は後で溶媒を溜去する必要上なるべく少量が好ましく、20、10mlの2回の抽出で充分であった。試料には60%程度の水分が含有され、これがアセトニトリル抽出液に混合してくる。脱水を容易にするため酢酸エチル20mlを加えてから硫酸ナトリウム処理を行うこととした。抽出液の溶媒溜去の際には突沸が起り易かったため、これを防止す

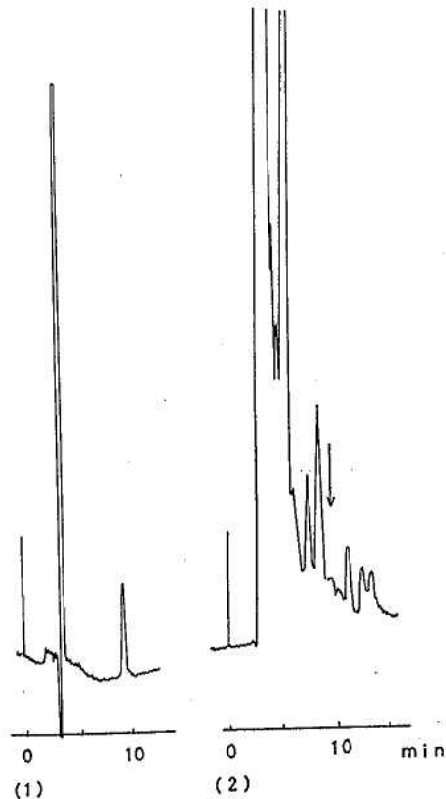


図6 高速液体クロマトグラム
(1) 標準SMTX 1 ppm, 20 μl
(2) 銀鮭抽出液

るためn-ブタノール5mlを添加することとした。溶媒溜去後の残留物はアセトニトリルのみでは完全に溶解させるのが困難なためDMF 1ml(正確に)を最初に加えて抽出物を溶解させた後アセトニトリル5mlを加えシリカゲルカラム付加させることとした。以上の操作により銀銕を処理した抽出液のHPLCクロマトグラムが図6である。極く簡便なクリーンアップ操作であるが、妨害ピークはかなり除去されスクリーニング法として充分実用になると考えられる。なお試料に1ppm濃度にSMTXを添加した回収率は87.0%, 85.1%であり, シリカゲルカラムからのみの回収率にはほぼ等しくなっていた。定量下限は試料濃度0.02ppmであった。

更にSMTXの確認のためジアゾメタンでメチル化後ECD-GLC又はGC-MS, SIMを用いて分析する方法を検討した。標準品のメチル化を行いECD-GLC測定を行ったところ, 溶媒ピークに続くテーリングが非常に大きく, 生成物のピークも2~3本みられ, SMTX-メチル体の確認が困難であった。従ってGC-MS, SIMを用いることにした。トータルイオンクロマトグラムは図7となり, ピーク(1)と(2)の2種の生成物

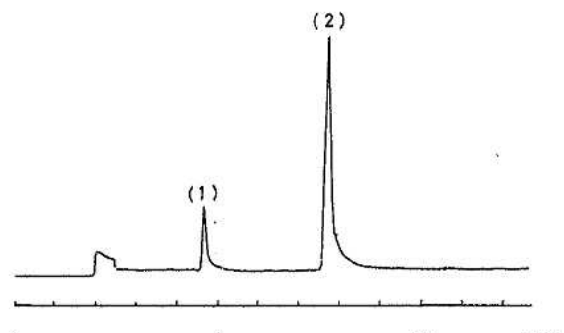


図7 スルファモノメトキシメチル生成物のトータルイオンクロマトグラム

- (1) 副生成物
- (2) SMTX-メチル

がメチル化により生成していることが分った。ピーク(2)のマススペクトルは図8であり, その解裂パターンからこれが目的とするSMTXのメチル体であることが分った。

ピーク(1)の化合物の構造の詳細は現在検討中であるがSMTXのメチル体に更にジアゾメタンの光分解によって生成するカルベンが反応した生成物と考えられる。事実ジアゾメタンの反応中遮光することによりこの副生成物の生成を抑えることができることが分った。ECDに対してはこの副生成物が非常に高感度を有し, これがECDを使用したときにSMTXのメチル体のピーク確認を困難にしていた。

SIMの検出イオンとしては, 高感度を目的とするた

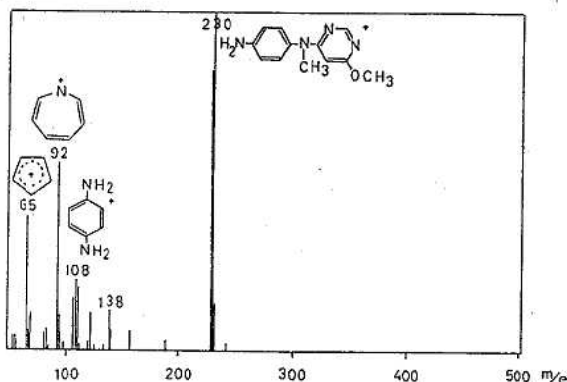


図8 スルファモノメトキシ-メチルのマススペクトル

め, 図8のマススペクトルからベースピークであるm/e 230(分子イオン-SO₂)並びにm/e 229を用いることにした。銀銕のHPLC測定用抽出液のアセトニトリルを溜去し, アセトン0.5ml溶液とし, ジアゾメタンのエーテル溶液3mlを加えメチル化後1ml溶液とてGC-MS, SIM測定を行ったところ, SMTX-メチル体の保持時間を越えて妨害ピークがオーバースケールした結果となり, SMTX-メチル体の測定は全く不可能であった。メチル化後シリカゲルカラムに付加し, 塩化メチレン50mlで洗浄後エーテル50mlを用いてSMTX-メチル体を溶出させ, これを1ml容としてGC-MS, SIM測定を行ったが, やはり妨害ピークが大きくm/e 230, 229ともにSMTX-メチル体の測定は不可能であった。

そこでSMTXの塩基性に着目した精製法としてSMTXの1NHCl-エーテル分配を行った。1NHCl層を濃縮してこれのHPLCチェックを行ったが, SMTXのピークは全く検出されなかった。念のためエーテル層もHPLC測定を行ったところ, やはりSMTXのピークは検出されずやはりSMTXがかなり不安定なためこの条件では分解してしまうことが分った。しかし, SMTXのメチル体について同様に1NHCl-エーテル分配を行ったところ, 完全に1NHCl溶液に抽出されしかも全く分解しないことが分った。酸性プロトンはメチル基に変換しており, 1NHCl抽出液をアルカリ性としてSMTX-メチル体をエーテルに逆抽出するのは非常に容易であった。以上の操作による回収率を約1ppm濃度のSMTX-メチル体エーテル溶液について検討したところ, GC-MS, SIMチェックにより定量的に回収されることが分った。SMTXはメチル化することにより安定性が格段に増すことが判明した。次いで銀銕抽出液をメチル化後同様の操作を行い, GC-MS, SIM測定を行ったところ, 先にみられた妨害ピークを完全に除去できることが分った。図9(1)がSMTX-メチ

ル体標準品のm/e 230のSIMクロマトグラムであり、同(2)が銀鮭抽出物のSIMクロマトグラムである。SMTX-メチル体のピーク位置には全く妨害がみられず、良好なクロマトグラムを得ることができた。検出下限は試料濃度0.03ppmであった。

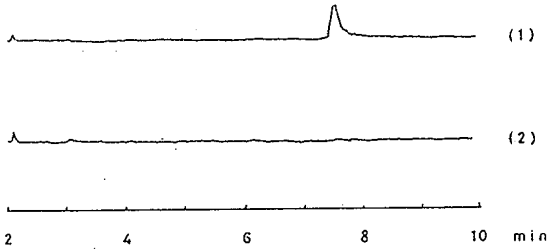


図9 SIMクロマトグラム

- (1) 標準SMTX 1ppm, 2 μ l
(2) 銀鮭抽出液

63年度行政検査として養殖銀鮭10検体の分析を行ったところ、全検体ともSMTXは検出されなかった。

4. ま と め

銀鮭中の残留スルファモノメトキシンの分析法に関して検討し次の結果が得られた。

- (1) アセトニトリル抽出-シリカゲルカラム精製-HP LC測定という簡便なスクリーニング法を開発した。

- (2) 更にジアゾメタンでメチル化後、1NHCl-エーテル分配によるクリーンアップ操作を行うGC-MS SIMによる確認法を確立した。

参考文献

- 1) 厚生省環境衛生局乳肉衛生課，畜産物中の残留物質検査法 第2集の3，P.1（昭和54年8月）
- 2) 能勢憲英，菊池好則，山田文子，渡辺昭宣，食衛誌 20，115（1979）
- 3) 堀義宏，食衛誌 24，447（1983）25，158（1984）
- 4) 中澤裕之，四宮一総，藤田昌彦，北田善三，山本政利，永田知子，込山茂久，高島英伍，食衛誌 26，7（1985）
- 5) 永田知子，佐伯政信，食衛誌 29，13（1988）
- 6) 安岡千枝，堀井昭三，松本昌雄，日本食品衛生学会 第53回学術講演会講演要旨集，P.48（1987）
- 7) Bachman, W. E. & Struve W. S., "Organic Reactions" Vol. 1, John Wiley & Sons, Inc., New York, P.50（1942）

8 宮城県の水道原水の水質（第一報）

平 富 貴 伏 谷 均 米 山 達 彦
千 葉 規 瀬 戸 輝 武 *

県内の水道原水の水質実態を把握するために水道法全項目検査データを用いて原水の水質をまとめた。今回は原水を水源種別に分類し、各々の水質概要を把握した。また、各原水を浄水処理方式別に分類し、得られた水質検査結果を評価する目安として浄水に適用される水道水質基準を適合させた。その結果、緩速ろ過処理方式では色度、濁度、急速ろ過処理方式では色度、濁度、鉄の項目が基準値を超えた。塩素消毒のみの処理方式では原水のままで水道水質基準を十分に満足するものであった。原水の浄水処理方式の割合も消毒のみの処理が41.7%、緩速ろ過処理が43.3%あり、両者を合すると85%を占めるところから清浄な水道水源が確保されていると考える。

1. はじめに

近年、環境汚染により水の自然の清浄さがそなわれる可能性のある一方で、水の需要は年々増加する傾向にある。本県の63年末の水道普及率は94.6%¹⁾に達している。また、県民の飲料水に対する関心は安全性のみならず「質」いわゆる水のおいしさにも向けられており、安定した良質の水を供給することは水道事業においてより一層重要な課題となっているが、これらは清浄な水源が確保されてこそ、はじめて達成されるものとする。

そこで、消費者ニーズに応えるため、水道行政上の資料、および将来、水道水源が汚濁された場合の評価、又我々検査する立場から県下一円の水道原水の実態を把握する必要がある。

今回、各水道事業所に蓄積されているこれまでの水道法全項目検査のデータを集計、解析し、水道原水の水質等をまとめた。それを水源の種類別、原水の浄水処理方式別に分類し、それぞれの水質内容について比較検討を行ない若干の評価を試みた。

2. 調査方法

2.1 水質データの集計および解析

昭和62年度は県内9保健所のうち、仙南保健所が所轄する全市町と岩沼保健所の一部市町村11市町に係る水道原水の水道法全項目検査データ60件を対象に集計、解析を行った。

内訳は水道法第4条の水道水質基準が適用されている上水道の原水27件、簡易水道の原水33件である。

図1に対象とした水道水源の分布図を示した。併せて水源の種類、水道の種類、適用している浄水処理方式の種類をしるした。

用いたデータは昭和54年度から昭和61年度までのもので、原水によっては8年から3年と検査データの蓄積年数が異なっている。又、測定頻度にも差があるが、これは全項目検査が厚生省令により年一回以上実施するという行政需要から生じてくるものである。しかし、一般的

には水質成分は十分に把握できると考える。



図1 水道水源の分布図

2.2 調査対象項目

対象とした水質項目はpH、色度、濁度、亜硝酸性窒素・硝酸性窒素、アンモニア性窒素、塩素イオン、有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）、カルシウム・マグネシウムイオン（硬度）、蒸発残留物、フッ素、鉄、マンガン、銅、亜鉛、ひ素、水銀、六価クロム、カドミウム、鉛、シアンイオン、有機リン化合物、フェノール類、陰イオン界面活性剤、一般細菌数、大腸菌群の25項目である。

3. 結果および考察

3.1 水道原水の状況

3.1.1 原水の水源種別利用状況

水道原水を水源の種類別に分類すると図2のとおりである。地下水を使用している施設は51.2%、地表水28.3%、伏流水20.0%であった。（河川水、貯水、渓流水は

*現 宮城県薬務課

は地表水。湧水、浅井戸、深井戸は地下水とした。)

この結果から地下水の利用が半数以上を占めていることがわかった。

北森他⁴⁾は昭和58年度の福岡県の水道原水の水源構成は地下水10.5%、伏流水5.9%であったと報告しており、我々の結果とは異なり地域特性がうかがえる。

また、これら3種類の原水の上水道、簡易水道における利用状況は図3のとおりである。

地下水の55%、伏流水の75%が簡易水道。地表水は35%が上水道、47%が簡易水道の原水に用いられていた。

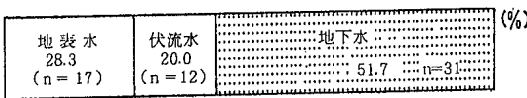


図2 水源別原水と比率

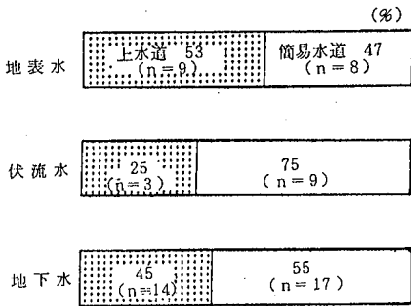


図3 原水の水道種別比率

3.1.2 原水の浄水処理方式別適用状況

水道原水を浄水処理方式別に分類すると図4のとおりである。

塩素消毒のみで処理される原水は41.7%、緩速ろ過処理が43.3%、急速ろ過処理が15.5%であった。塩素消毒処理と緩速ろ過処理で85%を占めた。

また、原水の水源種別浄水処理方式の適用状況は図5のとおりである。

地下水の61.3%、伏流水の50%が塩素消毒のみで処理されており、地表水の58.8%、伏流水の50%、地下水の32.3%が緩速ろ過方式により、地表水の41.2%、地下水の6.4%が急速ろ過方式によって処理されていた。



図4 原水の浄水処理方式別の適用状況

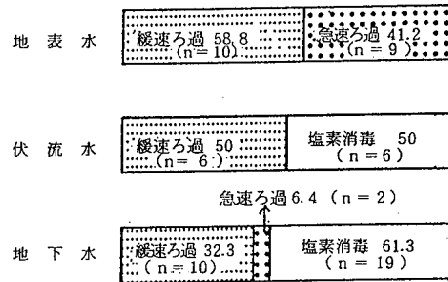


図5 原水の浄水方式別比率

3.2 水道原水の水質結果

水道法全項目検査データを個々の原水、原水全試料(以下、全原水と記す)、水源種別、浄水処理方式別に区分し、それぞれ、2.2に示した水質25項目の最大値、最小値、平均値等を求めた。なお、25項目中シアンイオン、水銀、ひ素、有機リン化合物、鉛、カドミウム、六価クロムのいわゆる健康阻害項目とフェノール類、陰イオン界面活性剤の計9項目はすべて定量限界値であったので検討対象から除外した。

表1に全原水、原水の水源種別並びに適用されている浄水処理方式別に区分した水質平均値を示した。

表1 水道原水の平均的水質結果(化学検査項目)
(水源種別, 浄水処理方式別)

項目 定量限界値	pH	色度 (度)	濁度 (度)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N NO ₃ -N (mg/L)	有機物 等 (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	硬度 (mg/L)	蒸発 残留物 (mg/L)	F (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)
全原水	7.1	4.5	2.1	0.04	0.1	0.5	1.0	0.5	113	0.15	0.05	0.01	0.01	0.005
水源種別	地表水	7.3	8.4	3.8	0.10	0.64	5.4	9.4	31	101	0.10	0.26	0.04	0.01
	伏流水	6.9	2.8	1.5	0.02	0.37	3.5	10.7	35	90	0.15	0.04	0.01	0.01
	地下水	7.1	3.0	1.4	0.09	0.87	1.7	11.1	41	128	0.13	0.25	0.08	0.01
浄水処理	塩素消毒	7.1	1.6	1.1	0.03	0.74	1.8	11.1	42	118	0.10	0.05	0.02	0.01
	緩速ろ過	7.0	5.3	1.8	0.08	0.60	3.3	9.0	30	102	0.10	0.22	0.03	0.01
	急速ろ過	7.1	9.9	5.6	0.23	1.10	5.8	14.8	49	145	0.10	0.64	0.22	0.01

1) ABS, 有機リン化合物, フェノール類, CN-, Pb, Ca, Cr (六価), Hg, As の計9項目はすべて定量限界値であったので, 表から除外した。
なお, これらの項目の定量限界は次のとおりとした。

ABC (mg/L)	有機P 化合物 (mg/L)	フェノール 類 (mg/L)	CN- (mg/L)	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr(六価) (mg/L)	Hg (mg/L)	As (mg/L)
0.2	0.1	0.005	0.01	0.01	0.005	0.02	0.0005	0.005

3.2.1 全原水と水源種別原水の水質結果及び 考察

① pH値

個々の原水で水道水質基準(5.8~8.6)を超えるものはなかった。

全原水の平均値は7.1, 地表水7.3, 地下水7.1, 伏流水6.9であった。

濃度分布は地表水は7.0~7.5の範囲に82.3%を含み, 地下水は6.6~7.0の範囲に56.3%, 6.6~7.4の範囲に84.4%, 伏流水は6.8~7.0の範囲に50%, 6.8~7.4の範囲に74%, 6.4~6.6の範囲に25%含まれている。このことから地表水は7.0~7.5, 地下水と伏流水は6.6~7.4の範囲に多く分布している。pHの濃度分布図を図6に示した。

② 色度

全原水の平均値は4.5度, 地表水8.4度, 地下水3.0度, 伏流水2.8度であった。水道水質基準は5度以下である。

濃度分布は地表水では2~18度の範囲にあり, 5度

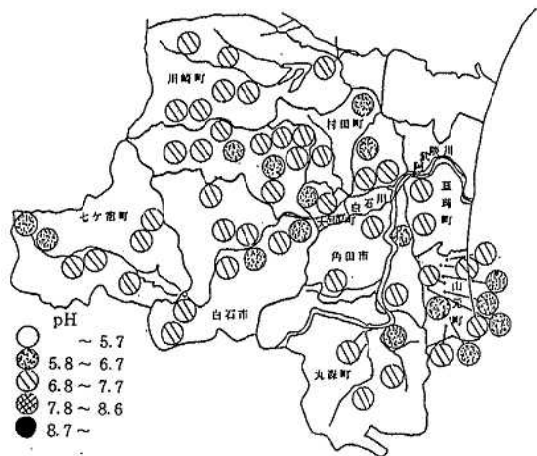


図6 pHの濃度分布図

以下は35%であった。10度以上は29.4%を占め図7に示すとおり阿武隈川水系の表流水である。地下水では5度以下が85%、伏流水では87%であった。

地表水の色度が高いのは腐蝕質や粘土が他から流入するためと考えられる。

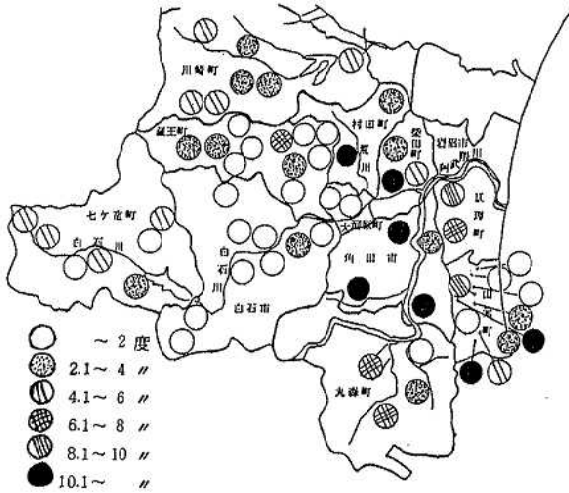


図7 色度の分布図

③ 濁度

全原水の平均値は2.1度、地表水3.8度、地下水1.4度、伏流水1.5度であった。水道水質基準は2度以下である。

濃度分布は地表水では2度以下が64.7%、最大値は9度、地下水では90%、最大値11度、伏流水では83.3%、最大値4度であった。

濁度の原因は粘土、土砂による影響が多く、地表水で高い値を示すもので、今回も阿武隈川水系の表流水に5度以上が5原水あった。地下水では一般に低いといわれており、そのような結果を示しているが、しかし最大値11度を示したものは角田市の地下水であった。この原水について他の水質項目を併せてみると鉄の濃度が2.72 mg/lであり、一般にいわれているように鉄による影響で濁度が高くなるものと考えられる。この施設では除鉄処理が行なわれている。なお、今回は水質成分の相関関係は検討していないが、今後検討する予定である。

④ アンモニア性窒素

全原水の平均値は0.08 mg/l、地表水0.01 mg/l、地下水0.09 mg/l、伏流水0.02 mg/lであった。

濃度分布は地表水では0.1 mg/l以下が76.4%、最大値0.49 mg/l、地下水では87.5%、最大値0.82 mg/l、伏流水ではすべて0.1 mg/l以下であった。

このことから水源種別による差がみられず、地表水

の汚染も進行していないと考えられる。

一般にアンモニア性窒素の検出は新しい汚染を意味するが、深井戸では酸素の欠乏にともなって硝酸塩の還元がおこりアンモニア性窒素を生ずることがある。今回、最大値を示した原水は角田市の深井戸であり、その他に山元町の3原水からも0.1 mg/l以上の濃度が検出されているがすべて深井戸であるところから汚染によるものではなく地質由来と考えられる。

⑤ 有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)

個々の原水で水道水質基準値10 mg/lを超えるものはなかった。全原水の平均値は3.1 mg/l、地表水5.4 mg/l、地下水1.7 mg/l、伏流水3.5 mg/lであった。濃度分布は地表水で3.3~10.0 mg/lの範囲にあり、3~4 mg/lの範囲で53%を占め、3~7 mg/lで88%を占め、最大値は10.0 mg/lであった。

地下水では0.9~3.5 mg/lの範囲にあり、0.9~2.4 mg/lで84.4%を占め、最大値は3.5 mg/lであった。伏流水では1.2~5.9 mg/lの範囲にあり1.2~2.0 mg/lで41.7%、5~5.9 mg/lで40%を占め、最大値は5.9 mg/lであった。

有機物等の濃度分布図を図8に示した。

地表水は濃度範囲も広くかつ高濃度に分布しているが、原因は有機物等の流入する機会が多く、その影響を受けやすいためと思われる。

最大値10 mg/lを示したのは角田市の表流水で阿武隈川水系であった。その他にも6~8 mg/lの濃度の原水が4カ所あったがいずれも阿武隈川水系の表流水であった。

地下水の平均値1.7 mg/lを全国の地下水の水質調査²⁾による本県の平均値7.8 mg/lと比較すると低い値であった。

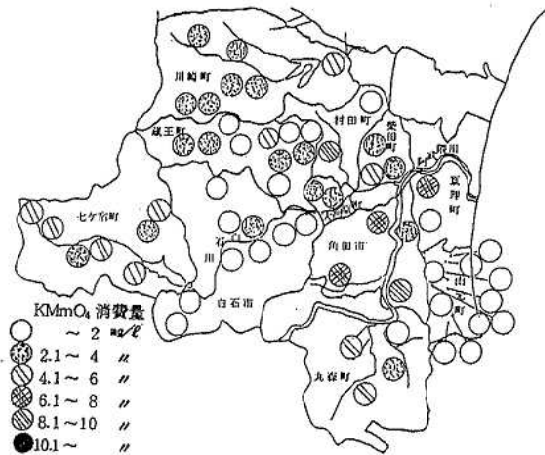


図8 過マンガン酸カリウム消費量の濃度分布図

⑥ 塩素イオン

全原水の平均値は 10.6mg/l 地表水 9.4 mg/l, 地下水 10.7mg/l, 伏流水 11.1mg/l であった。

水道水質基準は 200mg/l 以下である。

濃度分布は地表水では 2.9 ~ 30mg/l の範囲にあり 2.9 ~ 12 mg/l の範囲で 76.4% 占め, 最大値は 30 mg/l であった。

地下水では 3.5 ~ 39.3 mg/l の範囲にあり, 3.5 ~ 8.0 mg/l の範囲に 47%, 3.5 ~ 24mg/l の範囲で 97% を占めた。伏流水では 4.1 ~ 36.8mg/l の範囲にあり, 4.1 ~ 20mg/l の範囲で 92% を占めた。

塩素イオンの濃度分布図を図 9 に示した。

地下水と伏流水では濃度範囲が広くかつ高濃度に分布していることがわかる。塩素イオンは多くは地質に由来しているものであるが, 地下水, 伏流水の状況から地質由来のみならず, し尿, 下水等による汚染も考慮する必要があると考える。

地表水の平均値 9.4 mg/l を本邦河川の平均値 7.1 mg/l³⁾ と比較すると若干高い値であった。

地下水の平均値 11.1mg/l を全国の地下水の水質調査²⁾の本県の平均値 37.5mg/l と比較するとはるかに低い値であった。

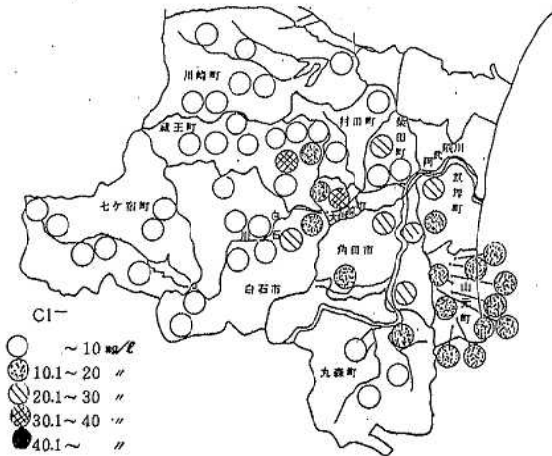


図 9 塩素イオンの濃度分布図

⑦ 亜硝酸性窒素・硝酸性窒素

全原水の平均値は 0.71mg/l, 地表水 0.64mg/l, 地下水 0.87mg/l, 伏流水 0.37mg/l であった。

濃度分布は地表水では 0.1 ~ 2.3mg/l の範囲にあり, 0.1 ~ 0.6 mg/l の範囲で 65% を占めた。

地下水では 0.10 ~ 4.63mg/l の範囲にあり, 0.1 ~ 1 mg/l の範囲で 81.3% を占めた。3 ~ 4.63 mg/l の範囲では 9.3% を占めた。

伏流水では 0.10 ~ 1.10 mg/l の範囲にあり, 0.10 ~ 0.5 mg/l の範囲で 83.3% を占め, 0.9 ~ 1.10mg/l の範囲では 16.7% を占めた。地表水, 伏流水に比較して地下水の濃度範囲が広くかつ高い値を示しているが, 地質に由来する場合が多いことが原因していると考えられる。

水道水質基準は 10mg/l 以下である。

⑧ カルシウム・マグネシウムイオン (硬度)

全原水の平均値は 37mg/l, 地表水 31mg/l, 地下水 41mg/l, 伏流水 35mg/l であった。

水道水質基準は 300mg/l 以下である。

濃度分布は地表水では 11 ~ 69mg/l の範囲にあり, 11 ~ 21mg/l の範囲で 47%, 11 ~ 50mg/l の範囲では 76.5% を占めた。

地下水では 11 ~ 99mg/l の範囲にあり 11 ~ 60mg/l の範囲で 87.5% を占めた。

伏流水では 13 ~ 120mg/l の範囲にあり, 13 ~ 40mg/l の範囲で 83.3% を占めた。

最大値は伏流水の 120mg/l で大河原町の原水であったが, 周辺にはこの程度の濃度のものは存在せず, 原水個有の特質と考えられる。

硬度は一般的には 100mg/l を目安に軟水と硬水に区分しているが, 今回の対象原水は非常に軟水 (50mg/l 以下), 或は軟水 (50 ~ 100mg/l) に大部分が属し, 伏流水の一部が少し硬水 (100 ~ 200mg/l) に属している。

地表水の平均値 31mg/l は本邦河川水の平均値 41.2 mg/l³⁾ と比較すると低い値であった。また, 地下水の平均値 41mg/l は全国の地下水の水質調査の本県の平均値 35.3mg/l と比較すると若干高い値であった。

⑨ 蒸発残留物

全原水の平均値は 113mg/l, 地表水 101mg/l, 地下水 128mg/l, 伏流水 90mg/l であった。

水道水質基準は 500mg/l 以下である。

濃度分布は地表水では 43 ~ 262mg/l の範囲にあり, 43 ~ 90mg/l の範囲で 53%, 43 ~ 150mg/l の範囲で 82.4% を占めた。地下水では 48 ~ 215mg/l の範囲にあり, 48 ~ 80 mg/l の範囲に 34.4%, 160 ~ 200mg/l の範囲に 31.3% を占めた。伏流水では 36 ~ 280mg/l の範囲にあり, 36 ~ 90mg/l の範囲に 67% を占めた。一般に蒸発残留物は溶解性物質と浮遊残留物の和であり, 塩素イオン, 硬度及びその他の成分の総和である。このことは今回の蒸発残留物の濃度分布パターンが塩素イオンと硬度のパターンによく似た傾向であったことから明かである。

最大値 280mg/l は大河原町の伏流水であるが, この原水の塩素イオンは 36.8mg/l (最大値 39.3mg/l) 硬度は最大値の 120mg/l を示すところから, 蒸発残留物

も高い値を示すことになる。

地表水の平均値 101mg/l は本邦河川水の平均値 $83.5\text{mg/l}^{3)}$ と比較すると高い値であった。

なお、良質の水の蒸発残留物は 200mg/l 以下といわれており、大部分の原水が良質な水に属している。

⑩ フッ素

全原水のうち4原水を除いてすべて定量限界値 (0.15mg/l) であった。

検出されたのは白石市の伏流水 0.50mg/l 、地下水 0.17mg/l 、大河原町の伏流水 0.30mg/l 、地下水 0.16mg/l であった。白石市の場合には当該原水周辺が温泉地帯に位置するところから温鉱泉からの湧出及びフッ素含有岩石からの溶出が原因と考えられる。大河原町の場合も隣接している町であるところから同様の原因によるものではないかと考えられる。

⑪ 鉄

全原水の平均値 0.21mg/l 、地表水 0.26mg/l 、地下水 0.25mg/l 、伏流水 0.04mg/l であった。

水道水質基準は 0.3mg/l 以下である。

濃度分布は地表水では $0.02\sim 1.22\text{mg/l}$ の範囲にあり、定量限界値でもある 0.05mg/l 以下の範囲に 23.5% を占めた。地下水では $0.02\sim 2.72\text{mg/l}$ の範囲にあり、 0.05mg/l 以下の範囲に 50% を占めた。伏流水では $0.02\sim 0.08\text{mg/l}$ の範囲にあり、 0.05mg/l 以下の範囲に 75% を占めた。

このことから地表水と地下水に広くかつ高濃度に分布していることがわかる。

最大値は角田市の地下水 2.72mg/l であり、この原水は、除鉄処理が行なわれている。

濃度分布図を図10に示した。

鉄は地質由来のものであるが、一般的には良好な水質は 0.1mg/l 以下とされており全原水の 71.6% がこの値の範囲に属していた。

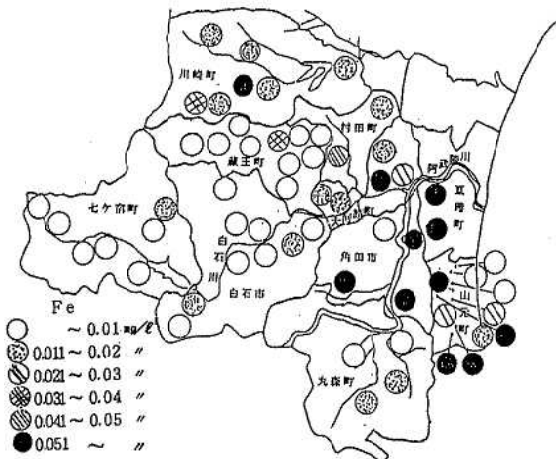


図10 鉄の濃度分布図

本邦河川水の平均値は $0.11\text{mg/l}^{3)}$ であり、この値を地表水の平均値 0.26mg/l と比較すると高い値であった。

⑫ マンガン

全原水の平均値は 0.05mg/l 、地表水 0.04mg/l 、地下水 0.08mg/l 、伏流水 0.01mg/l であった。

水道水質基準は 0.3mg/l 以下であるが、微量でも着色障害をおこすなどから指導基準として 0.05mg/l 以下となっている。

濃度分布は地表水では $0.005\sim 0.34\text{mg/l}$ の範囲にあり、指導基準 0.05mg/l 以下の範囲に 73% を占めている。地下水では $0.005\sim 1.50\text{mg/l}$ の範囲にあり、 0.05mg/l 以下の範囲に 68.7%、 $0.05\sim 0.4\text{mg/l}$ の範囲に 28.1% を占めていた。伏流水ではすべてが 0.05mg/l 以下であった。

このことから地表水と地下水に濃度範囲が広くかつ高濃度に分布していることがわかる。図11にマンガンの分布図を示したがマンガンは地質に由来し、鉄が多い原水はマンガンも多く、特に地下水ではこの傾向が明らかである。

最大値は角田市の地下水で 1.50mg/l であり、鉄の濃度も 2.72mg/l と最大値を示すものであった。この原水は除鉄、除マンガン処理が行なわれている。

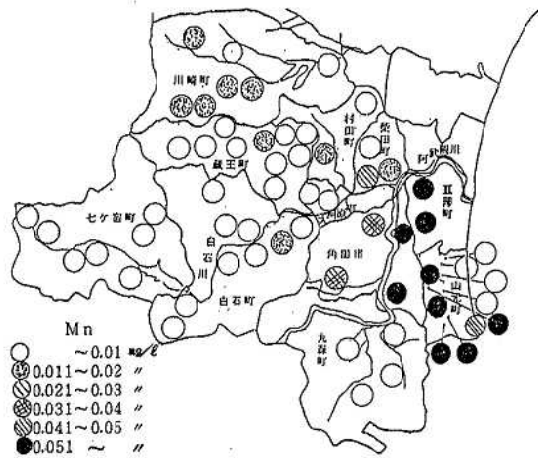


図11 マンガンの濃度分布図

⑬ 銅

全原水の平均値は 0.01mg/l であった。水道水質基準は 1.0mg/l 以下である。

⑭ 亜鉛

全原水の平均値は 0.022mg/l であった。水道水質基準は 1.0mg/l 以下である。

3.3 水道原水の水質基準に対する適合

水道原水を浄水処理方式別に分類し、各々、得られた水質平均値の中から代表的項目を用いて「水道水質基準」

(厚生省令)に適合させた。

用いた項目はpH、色度、濁度、亜硝酸性窒素、有機物等、塩素イオン、鉄、マンガン、硬度、蒸発残留物の10項目である。

適合させた方法は円周上に水道水質基準の上限値をあらわし、各項目の平均値を放射状にプロットとして星形グラフを作成して比較した。このグラフではpHを除いた項目は円の中心に近づくほど純水に近いことをあらわす。

図12に全原水の場合と浄水処理方式別各々の場合の星形グラフを示した。

その結果

- ① 全原水の場合の適合では濁度(2.1度)が基準(2度以下)に適合しなかった。
- ② 塩素消毒のみの処理では各項目とも基準を十分に満足するものであった。
- ③ 緩速ろ過処理では色度(5.3度)が基準に適合しなかった。
- ④ 急速ろ過処理では色度(9.9度)濁度(5.6度)鉄(0.64 mg/l)の3項目が基準に適合しなかった。

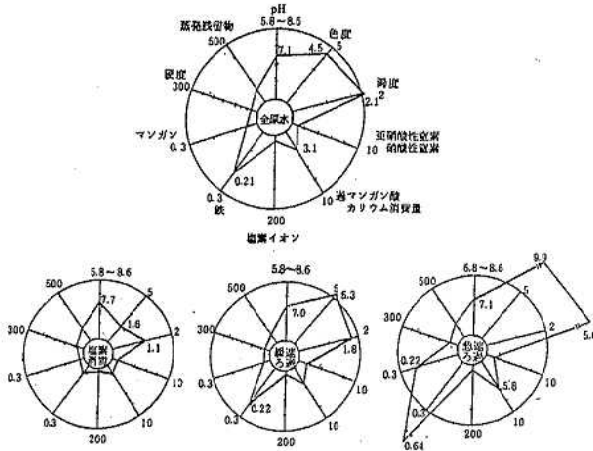


図12 全原水と処理方式別原水の星形グラフ
(水道水の水質基準(厚生省令)に適合させた場合)

3.4 水道原水の水質基準超過率

原水が水道水質基準に一項目でも適合しない件数の全件数に付する割合を浄水処理方式別原水の「超過率」として表2に示した。適合しなかった項目は色度、濁度、鉄、マンガン、一般細菌数、大腸菌群の6項目であった。

超過率は細菌類が高く、一般細菌数41%、大腸菌群77%、色度27.8%、濁度14%、鉄18%、マンガン3.3%であった。

表2 原水の水質基準超過率
—浄水方式別— (%)

	色 度	濁 度	Fe	Mn	一般細菌数	大腸菌群
塩素消毒	1.6	0	1.6	1.6	14.8	36.1
緩速ろ過	16.4	1.6	9.8	0	13.1	26.1
急速ろ過	9.8	11.5	6.6	3.3	13.1	14.8

福岡県の水道水質⁴⁾の中では、一般細菌数42.5%、大腸菌群58.3%、色度10.3%、濁度39.5%、鉄34.6%、マンガン10.3%の超過率であったと報告しており、これらと比較すると細菌類はほぼ一致しているが他の項目は我々の結果の方が低かった。

浄水処理方式別で比較すると緩速ろ過処理による原水の超過率が一番高かった。

超過した項目のうち、細菌類については適切な塩素消毒を行なうことで水道水質基準に適合させることが可能である。また、鉄、マンガン及び色度、濁度の不純物質は緩速ろ過処理や前塩素処理をとるなり急速ろ過処理で除去できる物質である。しかし、塩素消毒のみの浄水処理では色度、濁度の除去は不可能であるから、何らかの処理対応がせまられることになる。

今回対象とした原水の中に1件の該当があった。色度鉄、マンガンが水質基準不適合であり、この場合、色度は鉄、マンガンの影響で高くなるものと考えられる。この原水は除鉄、除マンガン処理が行なわれているので問題は解消されることになる。

5. ま と め

- ① 11市町に係る水道原水の水質の概要が把握できた。また、水源種別に分類した地表水、地下水、伏流水の水質特性の概要も把握できた。
- ② 水道原水の水質はおおかたの項目が水道水質基準に適合するものであった。
- ③ 原水を適用している浄水処理方式別に分類しその割合を比較すると塩素消毒のみの処理が41.7%、緩速ろ過処理が43.3%であった。両者を合せると85%を占めるところからも清浄な水道水源が確保されていると考える。

参 考 文 献

- 1) 宮城県保健環境部環境衛生課：宮城の水道，昭和58，59，60，61年度
- 2) 木村康夫 他：東京都衛生研究所年報20（1968）
- 3) 半谷高久：水質調査法50～58丸巻（1960）
- 4) 北森成治他：用水と廃水30，3（1968）
- 5) 松浦洋文他：奈良県衛生研究所年報13（1979）
- 6) 長崎県環境衛生部，長崎県衛生公害研究所：長崎県下の水道と原水の水質（1977）

9 かび臭物質のいき値について

高橋紀世子 菅原 隆一 木戸 一博
平 富貴 千葉 規 瀬戸 輝武*

かび臭物質である 2-methyl isoborneol (2-MIB) と Geosmine のいき値について、実験条件を変えて検討した。パネルを学生と当部職員で比較した場合、学生のいき値は従来からの文献値と近似しているが、当部職員のいき値はより低いこと、残留塩素や藻臭等の影響を受けてかび臭の感知を鈍らせること、同一人でも日により身体的、精神的条件により差があること等がわかり、TON測定の一資料とすることができた。

1. はじめに

浄水処理過程において、TON値の測定は不可欠であり、TON値により活性炭の注入時期と注入量を決定しているのが現状である。

しかし、臭気は元来感覚的なものであり、臭気を感知する能力は非常に個人差があり、また、同一人でも、その時の状態によって差異があるとされている¹⁾。

WHOの飲料水水質ガイドライン²⁾では、理想的にはすべての使用者に対して、無臭の飲料水を供給すべきであるが、現実的な目標値としては、使用者の大部分(例えば90%)の人々にとって、不快な臭気のない水を提供することであろうとしている。

一方、水中の特定の物質に対する臭気濃度の測定は、通常、臭気のいき値で表わされている。いき値とは、被験者の中の50%が臭気を感じる濃度である。しかし、被験者の中の5%の感覚の鋭い人は、いき値の1/100の濃度でも臭気を検知することができるともいわれている。

そこで、今回、TONを測定する際の基礎的な実験として、かび臭物質である 2-MIB, Geosmin の感じ方が人により、どれ程の差があるのか、また、そのいき値はどの程度であるのかについて検討した。

2. 官能検査の方法

2.1 パネル(被験者)の選定

臭いの測定においては、パネルが正常な嗅覚を有することが必要である。そこで、T & T オルトファクトメーターによる嗅覚選定試験方法を用いてパネルの選定を実施した。T & T オルトファクトメーター(第一薬品産業製)は表1に示した5つの基準臭より構成されている。5本の臭い紙の2本に一種類の基準臭をつけ、他の3本に对照液をつけて被験者に有臭の2本を解答させる。他の4種類についても同様に行い、選定基準濃度のすべてについて正解の者を嗅覚正常者とするものである。

そこで、総合衛生学院の学生45名についてこの試験法を実施したところ、2名が不合格であった。パネルの人

数としては多い方が望ましいが、時間的制約もあり、合格者10名の学生(男4名、女6名)をパネルとして依頼し、当部職員6名との比較も実施した。

表1 オルトファクトメーター

- A: β -フェニルエチルアルコール (花のにおい)
B: メチルシクロペンテノン (あまいごげ臭)
C: イソ吉草酸 (汗くさいにおい)
D: γ -ウンデカラクトン (熟した果実臭)
E: スカトール (かび臭いにおい)

2.2 臭気試験

官能検査の方法は三点比較法で行った。容量300mlの共栓付き三角フラスコに6~7段階に希釈した試料200mlと各段階毎に希釈水200mlを2本用意する。パネルには容器を振った後に蓋を取り、臭いを嗅ぎ、3本のうち臭いのするものを1本選んでもらう。その際、あらかじめ高濃度の試料を嗅いでもらい、その臭いのするものを低濃度から順に選ぶ、いわゆる、上昇法を原則としたが、下降法の方がより判定しやすいという人もあり、方法は限定しなかった。

このようにして各濃度を判定して正解の比率を求め、50%の人が感知した濃度をいき値とした。表2に、その一例を示すが、高濃度から順に正解した場合のみを合格とする。

表2 臭気試験の一例

ng/l	2	5	10	20	50
I	Ⓑ	Ⓒ	Ⓒ	Ⓐ	Ⓒ
II	C	C	A	Ⓐ	Ⓒ
III	B	B	C	B	Ⓒ
IV	A	B	Ⓒ	Ⓐ	Ⓒ
V	A	Ⓒ	Ⓒ	Ⓐ	Ⓒ
正解	B	C	C	A	C
比率 %	20	40	60	80	100

3. 実験

3.1 かび臭物質標準液: 2-MIB, Geosmin は市販の標準品をメタノールに溶かし、100mg/lを原液とした。これを水で数段階に希釈し、0, 2, 5, 10, 20,

*現 宮城県業務課

50, 100 ng/l を調整した。嗅覚の鋭敏な人にはさらに、0.05, 0.1, 0.2, 0.5 ng/l に希釈したものを用意した。

3.2 希釈水：希釈は①活性炭処理水（水道水を粒状活性炭で精製したもの）②水道水（残留塩素 0.5 mg/l）③ダム湖水（漆沢ダム湖水 TON13 であるが、かび臭の感じられない試料）の三種類について行った。

3.3 温度：室温（時期により 20~27℃）と 40~50℃ に加温したものの二法を実施した。

4. 実験結果

4.1 活性炭処理水にかび臭物質を添加した場合

表 3 と表 4 に学生と当部職員による 2-MIB と Geosmin の官能検査の結果を示した。

表 3 かび臭物質の感知濃度

希釈水：無臭水
パネル：当部職員 6名
1987. 7. 1

かび臭 ng/l	2-MIB		Geosmin	
	室温	40℃	室温	40℃
50	100	100	83	100
20	100	100	83	100
10	83	100	83	83
5	50	100	33	83
2	50	100	33	50
1	50	100	0	50
0.5	17	33	0	33

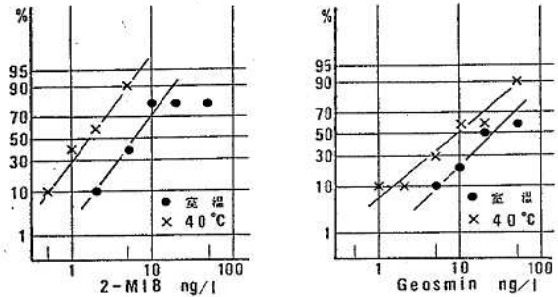
表 4 かび臭物質の感知濃度

希釈水：無臭水
パネル：学生 10名
1987. 6. 29

かび臭 ng/l	2-MIB		Geosmin	
	室温	40℃	室温	40℃
50	80	100	60	90
20	80	90	50	60
10	80	90	20	60
5	40	90	10	30
2	10	60	0	10
1	0	40	0	10
0.5	0	10	0	0

学生の感知濃度についてみると、2-MIB の室温では 5 ng/l で 40% の人が感知しているが、温度を 40℃ にした場合は 1 ng/l で 40% を感知しており、感知濃度が 5 倍良くなっている。同様に Geosmin では、室温で 60% の人が 50 ng/l を感知しているが、40℃ では 10 ng/l で 60% と、やはり 5 倍良くなっている。一方、当部職員については、学生の感知より低濃度まで感知でき、2-MIB では 1 ng/l を、室温では 50%、40℃ では 100% が感知している。また、Geosmin でも 5 ng/l を、室温で 33%、40℃ で 83% と学生の値の 3 倍となっている。表 4 の学生に

関するデータについて、かび臭物質濃度と感知比率の関係を対数確率紙上にプロットし、図 1 に示した。図 1 より、2-MIB の 50% 感知濃度、つまり、いき値は室温で 5.8 ng/l、40℃ で 1.6 ng/l となる。また、Geosmin は 2-MIB よりややばらついているが、いき値として室温で 26 ng/l、40℃ で 10 ng/l である。



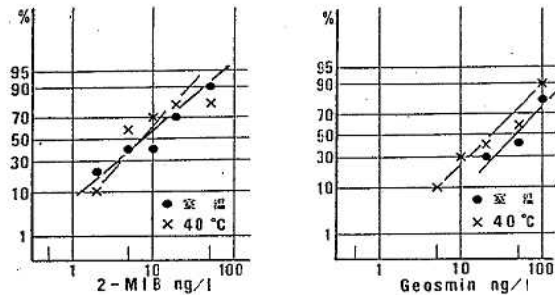
希釈水：無臭水
パネル：学生 10名
1987. 6. 29

図 1 かび臭物質の感知濃度分布

当部職員についてのデータは 6 名と人数が少ないこともあり、対数確率紙上での良い直線性は得られなかったが、いき値としては、おおよそ 2-MIB では室温で 1 ng/l、40℃ で 0.6 ng/l、Geosmin では室温で 6 ng/l、40℃ で 1 ng/l と学生と比較し、2-MIB で 3~6 倍、Geosmin で 4~10 倍高感度であった。

4.2 水道水にかび臭物質を添加した場合

希釈水として残留塩素 0.5 mg/l の水道水を用い、パネルを学生で行った実験結果を図 2 に示す。



希釈水：水道水 残留塩素 0.5 mg/l
パネル：学生 10名
1987. 10. 21

図 2 かび臭物質の感知濃度分布

活性炭処理水に添加した場合と比較し、直線性はあまり良くないが、いき値は高濃度側にずれている。しかも、室温より 40℃ に加温した方が、残留塩素の影響を受け、かび臭の感知を鈍らせている。いき値としては、2-MIB が室温で 8.4 ng/l、40℃ で 6.2 ng/l、Geosmin では室温で 50 ng/l、40℃ で 16 ng/l となり、活性炭処理水より 1.4~4 倍感知が悪くなっている。

4.3 ダム湖水にかび臭物質を添加した場合

ダム湖水等でかび臭が発生した際には、かび臭以外の異臭(例えば藻臭等)も感じられるのが普通である。そこで、TON14の藻臭のある漆沢ダム湖水にかび臭物質を添加し、いき値に対する影響を調査した。パネルは当部職員6名にて実施した。

その結果を表5に示したが、4.1の活性炭処理水にかび臭物質を添加した場合の職員のデータと比較すると、2-MIBについては、1ng/lまでの感知比率は室温、40℃で各々50%、100%と差がないが、それ以下については、ダム湖水に添加した方がより低濃度まで感知している。一方、Geosminについては、ダム湖水に添加した場合のいき値が、室温、40℃ともに10ng/l程度で、活性炭処理水に添加した場合と比較し、特に40℃に加温した際での感知が悪くなっている。

表5 感知濃度に対するダム水の影響

			(TON14の湖水)		
かび臭 ng/l	2-MIB		かび臭 ng/l	Geosmin	
	室温	40℃		室温	40℃
5	100%	100%	20	100%	83%
2	67	100	10	66	50
1	50	100	5	33	33
0.5	50	83	2	17	17
0.2	50	66	1	17	17
0.1	50	33			
0.05	17	33			

パネル：当部職員6名
1987.9.2

5. 考 察

臭気の測定法においては、被験者の人数や代表性、臭いに対する慣れ、測定温度条件や方法、上昇法や下降法の相違、測定結果の再現性等、種々の要因が影響するものと思われる。

5.1 パネルの選定

パネルが正常な嗅覚の持ち主か否かを選定する嗅覚選定試験法で学生45名中2名が不合格であったが、その割合は4.4%である。この値は、この方法による嗅覚減退者が約5%程度であるとされているものに近い値であった。

また、臭気の試験法には、上水試験方法、JISによる試験方法等があるが、西田³⁾がまとめた測定方法の比較を表6に示した。被験者の人数は数人から10人程度とされているが、今回の実験から経験されたことは、数種類の検体を当部職員6名で嗅ぐにも互いの仕事の合間の時間を利用するのがやっとなり、被験者を10名以上することは、これまでと異なった実験条件を設定しない限り、一般には困難であると思われた。しかし、人数が多ければ当然ながらより正規分布に近づくことにもなり、正確な値が求められることになる。

5.2 臭いの嗅ぎ方

臭いの嗅ぎ方としては、表6ではASTM法を除く4法とも無臭水を対照水として希釈して求める方法である。しかし、無臭水自体も完全に無臭とは言えず、三角フラスコに入れて暖めると微かな臭いを感じる。これは当部だけの現象ではなく、他の数機関の無臭水でも同様の傾向

表6 水中臭気の測定法の比較

測定法名	規定された測定法	表示法	検水の嗅ぎ方	被験者数	試料の温度
Standard Methods (206 Odor)	いき値測定 臭気質	TON 自分の言葉で表現	検水量の少ない方から嗅ぐ	少なくとも5人 できれば10人程度	40℃または60℃
ASTM D-1292-65	いき値測定 臭気質分類	Oil (or TON) 例表に準ずる	給水の濃度上昇法または下降法	2人またはそれ以上	40℃
上水試験方法	臭気強度 臭気の種類判定	TON 例表に準ずる	検水量の少ない方から嗅ぐ	少なくとも5人 できれば10人程度	40~50℃
上水試験方法	臭気度 冷時臭・温時臭	pO (or TO) 例表に準ずる	"	数人	約40℃ 室温(冷時臭)
JIS法 (K0101およびK0102)	臭気の希釈倍数 臭気	TO (or pO) 例表に準ずる	"	少なくとも5人 できれば10人程度	約40℃

西田耕之助 水の臭気の感覚的測定法より引用

であった。従って、対照水1本と比較するより、3本中の1本を選ぶ方法、つまり、三点比較法を用いた方法がより正確度を増すものと思われ、今回のかび臭物質のいき値濃度を求める方法として、三点比較法で行った。

試料の臭いを濃い方から嗅ぐか(下降法)、低い方か

ら嗅ぐか(上昇法)という点に関しては、ASTM法を除いて上昇法で実施している。下降法は、はっきり感知できる濃度の試料からテストが始まるので、臭気検査に未経験の被験者にとっては馴染みやすい方法であるが、嗅覚疲労を招きやすい欠点を有するとされている⁴⁾。

他方、上昇法は嗅覚疲労を防ぐ上で有効であるが、どのような臭いが試料中に入っているか判らないため、初心者には不安感を生じさせるとされているが、今回のように、あらかじめはっきり臭いの判る試料を嗅がせてから実施すれば、問題はないものと思われる。

5.3 温度、残留塩素、藻臭の影響、個人のばらつきについて

4の実験結果より、2-MIBとGeosminのいき値について、室温と40℃に加温した場合を比較すると、40℃の方が低濃度まで感知することができている。臭気は、感知するのに十分な蒸気圧をもった物質が存在し、それが鼻腔の知覚器官を刺激することにより感知される。従って、蒸気圧に対しては温度の影響が大であるため、40℃の方がより感知されやすいものと思われる。しかし、ダム湖水にGeosminを添加した場合には、加温したことによりかび臭以外の藻臭等の影響が大きくなって、Geosmin自体の感知を鈍らせ、当部職員での無臭水のいき値1ng/lが、TON14のダム湖水への添加では10ng/lとなっている。琵琶湖調査結果でも⁵⁾、かび臭物質が増加してきて60ng/lを越えて始めて微かび臭を感じる場合もあり、藻臭等の他の臭気に影響を受けてかなり高くなると感じないとされている。

今年度の漆沢ダム調査において、7月27日にダムサイトをかび臭を感じたが、その際のかび臭はTONとして80であり、藻臭はあまり感じられなかった。Geosminのいき値を1ng/lと仮定すると、試料中のGeosminの濃度は計算上1ng/l×80=80ng/lとなるが、その時のGC-MSによるGeosminの測定値は80ng/lであり、藻臭の少ない場合にはTONとかび臭物質との間に整合性があると考えて良いのかもしれない。また、7月20日の調査でのダムサイトのTONは藻臭で78であったが、その際のかび臭は微量(TON1)でGC-MSでも検出できない程度(3ng/l未満)であった。

表7 2-MIBにおけるいき値

	無臭水		水道水		パネル人数	方法
	室温	40℃	室温	40℃		
学 生	5.8	1.6	8.4	6.2	10人	三点比較法
職 員	1.0	0.6			6人	三点比較法
文献値 ³⁾	3.0	1.4	6.0		6人・5回	三点比較法
西 志 池 ⁴⁾	33		74		10人	対照水比較
池 田 ⁷⁾	3.9		6.6		25~35人	三点比較法
水質職員	9.6				74人	三点比較法
一般職員						三点比較法
石 田 ⁸⁾	22±8		40	31	12~20人・3回	三点比較法

今回の実験結果について文献値と比較したものを、表7、表8に示した。2-MIBについてみると、学生での無臭水のいき値、室温5.8ng/l、40℃1.6ng/lと、水道水でのいき値、室温8.4ng/lは、西田及び池田等の値とはほぼ同程度である。また、Geosminについては、学

生での無臭水40℃のいき値10ng/lは、西田の8ng/lとはほぼ同じであり、従来から報告されているZoetemanの値、10ng/lと一致している。他の文献値は今回の測定値より高値である。

表8 Geosminにおけるいき値

	(ng/l)				パネル人数	方法
	無臭水		水道水			
	室温	40℃	室温	40℃		
学 生	26	10	50	16	10人	三点比較法
職 員	6	1			6人	三点比較法
文献値 ³⁾	90	8	347		6人・5回	三点比較法
西 志 池 ⁴⁾					10人	対照水比較
池 田 ⁷⁾	102		192		25~35人	三点比較法
水質職員	159				74人	三点比較法
一般職員						三点比較法
石 田 ⁸⁾	82±5	39	97	32	12~20人・3回	三点比較法

一方、当部職員のいき値は、今までの報告値に比べかなり低濃度まで感知できており、かび臭に対して学習されているというか、鋭敏になっているものと思われる。また、人によっても、身体的、精神的条件によりかなり差があると言われているのも臭いの感覚である。40℃における2-MIBの感知について、当部職員により時期を変えて3回行った実験を表9に示す。

表9 2-MIBの感知濃度のばらつき

月 日	62. 6. 29			62. 7. 10			62. 9. 21		
	0.2	0.5	1.0	0.2	0.5	1.0	0.2	0.5	1.0
62. 6. 29	パネルng/l								
A	×	×	○	×	×	○	×	×	○
B	×	○	○	×	×	○	×	×	○
C	×	×	○	○	○	○	○	○	○
D	×	×	○	×	×	○	×	×	○
E	×	○	○	×	○	○	×	×	○
F	×	×	○	○	○	○	×	×	○

希釈水：無臭水
パネル：当部職員6名
温度：40℃

2-MIB 1ng/lは3回ともすべての人が感知しているが、それより低濃度については、人と時期によりばらつきがある。パネルCは、6月には1ng/lまでの感知であったが、7月、9月は0.2ng/lまで感知でき5倍の差がある。

また、パネルFは7月には0.2ng/lまで感知できたが6月、9月は1ng/lまでであり、個人によっても感覚にばらつきのあることがわかる。従って、パネルの数が少ない場合には、臭気濃度の測定値にもある程度のばらつきがあるものと思われる。

6. ま と め

以上、かび臭物質のいき値について、下記の種々の知

見が得られたが、浄水場等でTONを測定して活性炭を用いる場合の指標としている現状において、一般の人の50%（いき値）がかび臭を感ずるよりも、むしろ、臭気感度の優れている職員の値で処理工程を進めている現在の方法が、WHOの飲料水ガイドラインにもある使用者の大部分の人々（例えば90%）に不快な臭気のない水を提供することに、より近づくものと考えられる。

1. パネルを選定する際の嗅覚選定試験での嗅覚減退者数は、一般にいわれている5%に近い4.4%であった。
2. 2-MIBのいき値は、学生において、室温、40℃で各々、5.8 ng/l, 1.6 ng/lであった。また、当部職員では、各々、1.0, 0.6 ng/lと学生より低濃度まで感知できた。
3. Geosminのいき値は、学生において、室温、40℃で各々、26 ng/l, 10 ng/lであった。また、当部職員では、各々、6 ng/l, 1 ng/lであり、2-MIBと同様に、職員のいき値は低濃度であった。
4. TON14のダム湖水にかび臭物質を添加した場合、2-MIBでは差がなかったが、Geosminでは藻臭の影響で感知を鈍らせた。

5. 残留塩素のある水道水では、2-MIB, Geosminともいき値を高濃度側に移動させる。
6. 臭いの感覚は、同一人でも、日により、身体的、精神的条件により差があり、また、慣れによっても違ってくる。

参 考 文 献

- 1) 上水試験法 p 201 (1985) 日本水道協会
- 2) 佐戸谷安好等 WHO飲料水水質ガイドライン(II) 水道協会雑誌 56, 7, 155 (1987)
- 3) 西田耕之助 水質汚濁研究 8, 11, 700 (1985)
- 4) 嗅覚障害（その測定と治療）高木貞敬等 医学書院 p 162 (1978)
- 5) 八木正一 水質汚濁研究 8, 11, 706 (1985)
- 6) 志村尚司等 水道協会雑誌 56, 4, 105 (1987)
- 7) 池田勝洋等 水道協会雑誌 56, 4, 129 (1987)
- 8) 石田克夫等 第21回水質汚濁研究会講演集 p 223 (1987)

10 水道水源のかび臭発生状況調査

菅原隆一 木戸一博 高橋紀世子
 平 富貴 千葉 規 瀬戸輝武*

昭和62年5～10月までの6カ月間、月2～3回、漆沢ダム及び阿武隈川のかび臭発生状況を調査した。その結果、漆沢ダムでは7月27日にダムサイト表層水から臭気強度(TON)80のかび臭が感知され、GC-MS(SIM)による測定ではGeosminが80ng/l検出された。一方、阿武隈川では調査期間中TONではかび臭は感知されなかったが、GC-MS(SIM)による測定では7月27日に2-MIBが13ng/l検出された。

1. はじめに

筆者らは、昭和60年度から数年間の継続調査として、県内の主要な水道水源のかび臭発生状況調査を実施し、これまでの結果についてすでに報告した。1～2)

昭和62年度も過去2年間に引き続き、漆沢ダムと阿武隈川について同様の調査を実施したのでその結果を報告する。

2. 調査方法

2.1 調査地点及び採水地点

調査地点は、漆沢ダム(小野田町漆沢)と阿武隈川(岩沼市玉崎浄水場)の2地点である。図1に漆沢ダムの採水地点を示す。①～⑤は61年度と同様であるが、本年度は門沢取水口での水質を評価するために、鳴瀬川に流入している⑥の筒砂子川(筒砂子橋で採水)も採水地点とした。

阿武隈川の採水地点は、61年度と同様に岩沼市玉崎浄水場における①原水、②粒状活性炭処理前の検水、③浄水の3地点である。

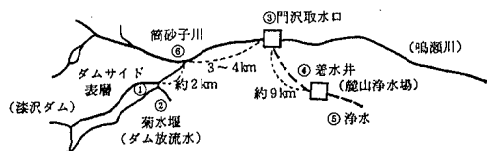


図1 漆沢ダムの採水地点

2.2 調査期間及び調査項目

昭和62年5～10月までの6カ月間にわたり、臭気強度(TON)、かび臭物質(2-MIB及びGeosmin)、生物出現数、水温等の項目について月2～3回調査した。

ただし、臭気強度(TON)に関しては現場での測定値として、漆沢ダムについては宮城県大崎広域水道事務所麓山浄水場、また阿武隈川については岩沼市玉崎浄水場の測定値を使用した。

2.3 かび臭物質の測定方法

かび臭物質の測定方法は、既報^{1～2)}と同様にセップバックカートリッジーガスクロマトグラフー質量分析法

(GC-MS, SIM)によった。³⁾

使用した試薬、器具、試料の前処理方法及びGC-MS(SIM)の測定条件は既報と同様である。

3. 結果

3.1 漆沢ダム

3.1.1 臭気強度(TON)の測定

菊水堰(ダム放流水)のかび臭及びその他の異臭味(青草臭、草臭等)のTONの測定結果を図2に示す。

異臭味は草臭として5月19日にTON12を示し、以後6月1日にTON16、6月8日にTON30、7月3日にTON45と上昇した。

その後、この草臭は7月20日にはTON18まで下降したが、7月27日には青草臭とかび臭の混合臭としてTON60と急速に上昇し、7月31日には青草臭として本年度最高のTON70を示した。以後、この青草臭のTONは下降して8月30日以降は再び草臭に変化し、10月26日にはTON4まで低下した。

かび臭は、上記の7月27日の他に7月29日にも臭気として感知されたが、それ以外の調査日では確認されていない。

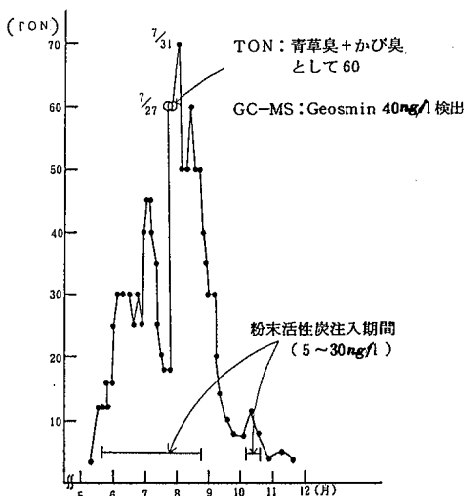


図2 菊水堰(ダム放流水)の臭気強度(TON) (大崎広域水道事務所の調査)

*現 宮城県薬務課

なお、7月27日のダムサイト表層水のTONは青草臭とかび臭の混合臭として80であった。

大崎広域水道事務所麓山浄水場では、これらの異臭味発生に対しては、5月25日～8月17日まで5～30mg/l、また10月9日～10月24日まで平均5mg/lの粉末活性炭を注入して対処した。

3.1.2 かび臭物質の測定

2-MIBは全調査期間にわたり、全調査地点で10ng/l未満であった。Geosminは7月27日に検出されたが、他の調査日（7月は13, 20, 27日に調査、8月は6, 17, 27日に調査）では10ng/l未満であった。

表1に7月27日における各採水地点のGeosminの測定結果を示す。Geosminは①のダムサイト表層で80ng/l検出され、②の菊水堰（ダムサイト表層から2～3m下層の放流水）でも40ng/l検出されたが、ダム下流5～6kmの③門沢取水口の測定では10ng/l未満であり、またダム下流約2kmの地点に流入している⑥の筒砂子川（筒砂子橋で採水）の測定結果も10ng/l未満であった。

表1 漆沢ダムのGeosmin測定結果
(7月27日)

採水地点	Geosmin (ng/l)
① ダムサイト表層	80
② 菊水堰(ダム放流水)	40
③ 門沢取水口	10 未満
④ 着水井	10 未満
⑤ 浄水	10 未満
⑥ 筒砂子川	10 未満

3.1.3 生物調査

表2に7月20日と7月27日、8月6日のダムサイト表層の生物出現状況を示すが、藍藻類は5月13日～7月20日の調査では検水中に確認されていない。

Geosminが検出された7月27日の検水中には、藍藻類のAnabaenopsis arnoldiiが優占種として365群体/ml検出し、またAnabaena affinisが42群体/ml検出されたが、これまで文献等がかび臭の産生が報告されているPhormidium及びOscillatoriaの出現は確認されなかった。

表2 ダムサイト表層の生物調査結果

測定日	出現生物 (群体/ml)
7. 20	藍藻類は出現していない
7. 27	Anabaenopsis arnoldii 365
	Anabaena affinis 42
	Asterionella formosa 7
8. 6	Anabaenopsis arnoldii 9
	Asterionella formosa 2,870

3.1.4 気象要因調査

本年度の気象要因の大きな特徴としては、梅雨明けが8月9日と平年に比べ14日も遅かったことがあげられる。

図3は昭和59年～62年の漆沢ダムの降水量と降水日数である。7～8月の降水量では61年の8月が300mmと特別に高いが、これは8月4～5日の台風による豪雨のためであり、この2日間で257mmの降水量を記録している。しかし、この2日間の降水量を除外すると、43mmとなり59年、60年とほぼ同様の水準となる。

一方、本年度は台風による大雨はなく、降水量は7月31日に49mm、8月28日に88mmとやや多かったが、他は3～20mm程度であった。しかしそれにもかかわらず、7月の総降水量の179mmと8月の216mmは例年と比べるとはるかに多い。また降水日数でも、本年度は7月が16日、8月が15日と平年よりも多く、少量ずつではあるが長時間にわたって降水したことが考えられた。

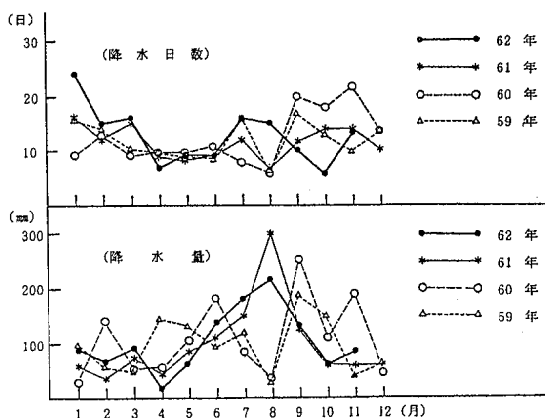


図3 漆沢ダムの降水量と降水日数
(漆沢ダム管理事務所の調査)

図4は昭和59年～62年のダムサイト表層の水温であるが、本年度は例年に比べ7月の水温上昇が早く、7月中旬から20℃を超えており、水温も2～3℃高い。しかし、その期間は短く、8月の水温は逆に過去数年で最も低い。

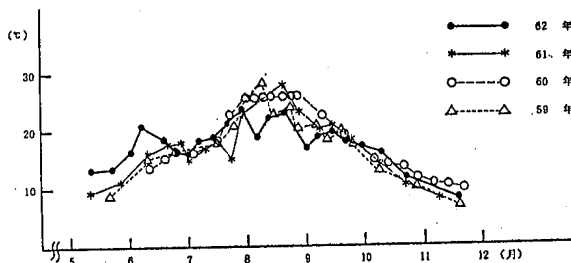


図4 漆沢ダムダムサイト表層の水温
(大崎広域水道事務所の調査)

3.2 阿武隈川

3.2.1 臭気強度 (TON) の測定

図5は本年度の阿武隈川の異臭味のTONである。異臭味は7月中旬以降高まり、7月21日には泥臭としてTON 62が感知されたが、その後8月初旬にかけて減少した。以後、再びTONは上昇し、8月10日には泥臭として本年度最高のTON 85が感知されたが、その後8月14日にTON 57、8月15日にTON 53としいに低下し、8月中旬以降はTON 10~35の範囲で変動している。

本年度の阿武隈川のTONは泥臭、あるいは藻臭が主であり、かび臭は調査期間中では臭気として確認されていない。

岩沼市玉崎浄水場では、これら泥臭等の異臭味対策として7月初旬~10月下旬まで粒状活性炭装置を使用して対処した。

なお、岩沼市玉崎浄水場の61年度の粒状活性炭使用期間は6月16日~24日と短く、この時の最高TONは泥臭として12であったが、これと比較すると本年度の異臭味のTONははるかに高く、また、その期間も長く、それにとともに粒状活性炭の使用期間も長期化している。

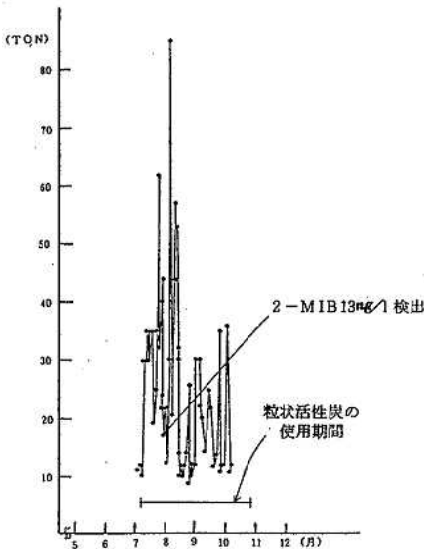


図5 阿武隈川の臭気強度 (TON) (岩沼市玉崎浄水場の調査)

3.2.2 かび臭物質の測定

阿武隈川では、7月27日に2-MIBが低濃度検出されたが、他の調査日では10ng/l未満であった。

表3に7月27日の岩沼市玉崎浄水場の各採水地点での2-MIBの測定結果を示す。2-MIBは原水で13ng/l検出されたが、浄水処理(前塩素処理及び急速ろ過)後の検水(活性炭処理前)及び浄水では10ng/l未満であった。

また、Geosminは全調査期間にわたり、全調査地点で10ng/l未満であった。

表3 阿武隈川の2-MIB測定結果 (7月27日)

採水地点	2-MIB (ng/l)
① 原水	13
② 活性炭処理前	10 未満
③ 浄水	10 未満

4. 考察

漆沢ダムでの調査では、7月27日にダムサイト表層水から80ng/l、菊水堰(ダム放流水)から40ng/lのGeosminが検出されたが、ダムから5~6km鳴瀬川の下流に位置する門沢取水口では10ng/l未満であった。これは、ダム下流約2kmの地点で鳴瀬川に流入する筒砂子川のGeosmin測定値が10ng/l未満であったことから、この河川水の流入によるダム放流水の希釈等によるものと推測されたが、筒砂子川の水量については十分に把握されていないことからその希釈効果等については今後調査したい。

なお、漆沢ダムのGeosmin検出は、過去に本県でかび臭が発生したことがある釜房ダム及び漆沢ダムの原因物質が2-MIBであったことから県内の水道水源では初めての事例である。

次に生物調査では、かび臭発生時に藍藻類のAnabaenopsis arnoldiiとAnabaena affinisが出現していたが、文献等ではこれら2種類の藍藻類が原因でかび臭が発生した例はこれまで報告されていない。また、Anabaena affinisは1985年と86年の琵琶湖南湖でのかび臭発生時に大增殖していたが、その時の培養実験ではかび臭の産生は確認されておらず⁴⁾これらのことから今回の漆沢ダムのかび臭原因生物についてはさらに調査が必要と考えている。

本年度の漆沢ダム菊水堰(ダム放流水)の異臭味の臭気強度(TON)を過去2年間と比較すると、その発生時期が早まり、発生期間も長期化し、TONも年ごとに高まる傾向にある。異臭味の種類は青草臭が主であるが今後適切な浄水処理を講じるためにはこの青草臭の原因物質を究明し、正確な測定方法を確立する必要がある。

漆沢ダムの本年度の気象要因としては、例年に比べ遅い梅雨明けの影響が考えられるが、気象要因は年度ごとの特異的現象があることから、今後4~5年間のデータを基に異臭味と気象要因との関係を解析する予定である。

一方、阿武隈川(岩沼市玉崎浄水場)では、原水より2-MIBが7月27日に13ng/l検出されたが、TONの測定では泥臭として37であり、かび臭を臭気として確認することはできなかった。阿武隈川のTONは、漆沢ダムのダムサイト表層水や菊水堰(ダム放流水)と比べそ

の変動が大きいが、これは河川水とダム水の水質特性の相違によるものと考えている。

なお、漆沢ダムにおける青草臭や草臭、阿武隈川における泥臭等はかび臭と同様に通常の浄水処理（前塩素及び急速ろ過）では十分に除去できず、浄水場では活性炭処理により対処している現状であるが、それらの異臭味の臭気強度（TON）や発生期間はかび臭よりも強く、かつ長期間にわたっており、今後は前述した異臭味物質の化学構造の決定や測定方法の確立、さらには浄水場におけるより効果的、効率的な除去方法の研究等が必要である。

最後に本調査を実施するにあたり御協力をいただいた仙台市水道局水質検査センター、岩沼市玉崎浄水場、宮城県大崎広域水道事務所の皆様に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 菅原隆一他：宮城県保健環境センター年報 4, 89 (1986)
- 2) 菅原隆一他：宮城県保健環境センター年報 5, 93 (1987)
- 3) 中条幸次他：水道協会雑誌 55, 5, 32 (1986)
- 4) 根来 健他：用水と廃水 29, 7, 3 (1987)