

環境水域における糞便性大腸菌群に関する研究

第 III 報

糞便性大腸菌群を用いた汚染指標とその評価

岡山大学医学部公衆衛生学教室（指導：緒方正名教授）

谷 本 浩 一

（昭和60年9月5日受稿）

Key words : Fecal *E. coli*-form, water pollution,
Biological indicator, Evaluation.

緒 言

本報は、高梁川、旭川及び吉井川の3水系について、昭和53～55年に調査した結果¹⁾から算定した大腸菌群（以下 T-EC）と糞便性大腸菌群（以下 F-EC）の水系別回帰方程式の検定（勾配係数）及び T-EC の基準値には達成するが、F-EC の目標値には非達成の関係、その調査地点（以下地点）、比率（以下 R(%)）の高い地点、更に外部データとして、昭和60年に実施した再調査結果の妥当性等を検討した。

調査材料及び方法

1. 調査材料：地点、検体数、採取季節等は全て、II報¹⁾の通りである。

再調査は昭和60年冬期（1～3月）、高梁川、旭川及び吉井川水系の各10地点から各々1検体、計30検体、T-EC基準値に達成してF-EC目標値に非達成であった14地点の内、高梁川水系3、旭川水系4、吉井川水系3の10地点から10検体を夏期（7月）に採水、合計40検体及び風呂水、洗濯水、各2検体を供試した。

2. 測定方法：T-FCは環境基準の手技及びF-ECはI報²⁾の手技による最確数法に従った。

3. 判定基準：T-ECは基準値(X^1)¹⁾F-ECは目標値(Y_1)¹⁾に従った。

4. R(%)：T-EC最確数に対するF-EC最確数の比率で、求め方はII報の通りである。

5. 評価：昭和53～55年の調査結果から算定し

た水系別回帰方程式について勾配係数の検定、昭和60年の再調査結果との比較及びその妥当性、T-EC基準値とF-EC目標値に対する達成と非達成の関係、R(%)が高くF-EC数の多い地点等の検討。

結果及び考察

1. 回帰方程式の比較：昭和53～55年及び昭和60年の再調査結果について、水系、全検体数別等の回帰直線を図1に示した。

1) 昭和53～55年の成績について、(1)高梁川水系の回帰方程式($y=0.92x-1.21$)と旭川水系の回帰方程式($y=0.69x-0.95$)間の検定結果は $F=5.07>3.91$ 、(2)高梁川水系と吉井川水系の回帰方程式($y=1.25x-2.25$)間の結果は $F=7.21>3.91$ 及び(3)旭川水系と吉井川水系の回帰方程式間の結果は $F=21.07>3.91$ となり、いずれも5%の有意水準で棄却される。即ち、統計的には差異が認められた。従って、II報では、全県的な立場から、県下3大河川の全域から採水した全検体数を用いて回帰方程式を求めF-EC目標値を設定しているために、旭川水系ではAA類型があまり（1検体が非達成から達成へ）B,N(C)類型にはきびしくなり、吉井川水系の結果はAA類型にきびしく、B,N(C)類型にはあまり（B,N(C)各2検体が非達成から達成へ）なる可能性がある。ただし、N(C)は仮の類型（公的には末類型）であり、殆んどが支流である。

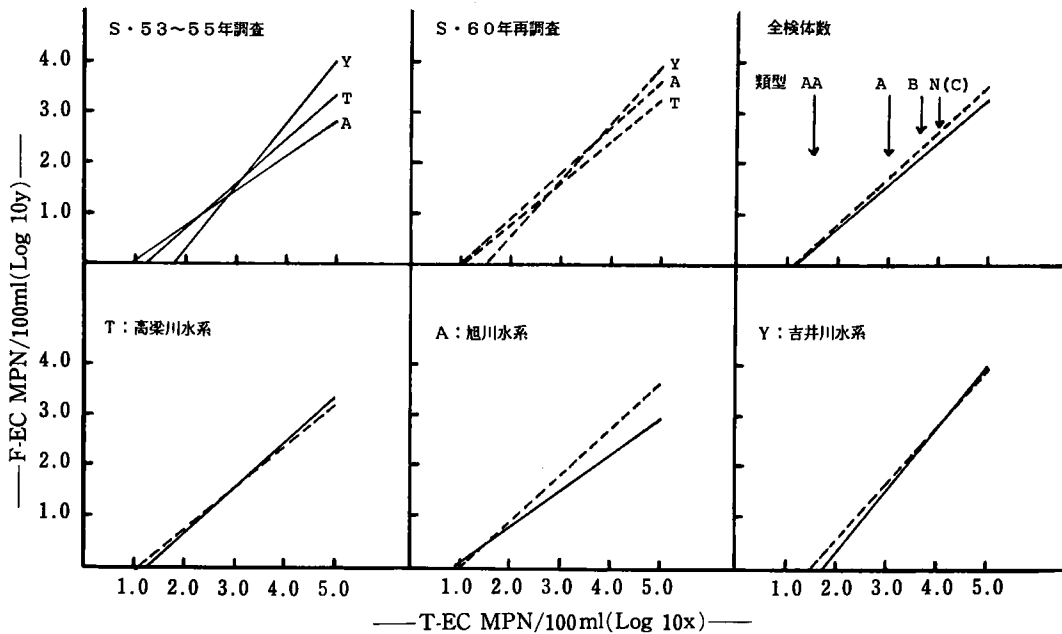


図1 水系、調査時期等と回帰直線の比較
 (——: S.53-55年調査,: S. 60年再調査)

表1 両調査におけるF-EC目標値に対する達成率の比較

類型	目標値 (y ₁)	高梁川水系		旭川水系		吉井川水系		計	
		S.53-55 年調査	S.60 年再調査	S.53-55	S.60	S.53-55	S.60	S.53-55	S.60
AA	3			40.0	25.0			40.0	25.0
A	35	57.1	62.5	46.2	37.5	34.4	40.0	47.0	47.6
B	150	56.5	60.0	40.0	100	54.5	50.0	54.5	58.3
N(C)	270	100		84.6	100	18.2	0	62.0	33.3
計		60.0 (42/70)	61.5 (8/13)	50.7 (35/69)	42.9 (6/14)	38.5 (25/65)	38.5 (5/13)	50.5 (103/204)	47.5 (19/40)

(F-EC: 糞便性大腸菌群)

2) 昭和60年の再調査から求めた高梁川水系 ($y=0.82x-0.85$), 旭川水系 ($y=0.91x-0.91$) 及び吉井川水系 ($y=1.13x-1.74$) の各回帰方程式 (図1) 間の差異は, 昭和53~55年の各回帰方程式間の差異よりも小さい。なお, 全検体数の場合, 昭和53~55年 ($y=0.88x-1.08$) と昭和60年 ($y=0.93x-1.07$) の回帰方程式間の検定結果は, $F=0.420 < 3.88$ となり, 5%の有意水準で棄却できない。即ち, 統計的には差異が認められない。

3) 昭和60年に再調査した結果のF-EC目標値

に対する達成率は, 表1に示したが, 昭和53~55年の調査結果に比べ, 高梁川水系は少々高率に, 旭川水系では, 上流域のAA類型及び中流域のA類型が少々低率となり, 吉井川水系の場合は中流域のN(C)類型が低率となった。そのために全体的には, 約3%再調査の達成率が低くなった。

2. T-EC基準値とF-EC目標値に対する達成と非達成の関係: 結果は表2に示すように, 高梁川水系及び旭川水系に比べ吉井川水系では, T-EC基準値に達成してもF-EC目標値に非達

表2 水系別 T-EC 基準値, F-EC 目標値に対する達成率と非達成率の関係

水系	F-EC (糞便性 大腸菌群)	T-EC (大腸菌群)							
		S.53-55年調査				S. 60年再調査			
		+	%	-	%	+	%	-	%
高梁川	+	36	51.4	6	8.1	7	53.8	2	15.4
	-	6	8.6	22	31.4	2	15.4	2	15.4
旭川	+	29	42.0	6	8.7	4	28.5	0	0
	-	4	5.8	30	34.5	2	14.2	8	57.1
吉井川	+	22	33.8	3	4.7	5	38.6	1	7.7
	-	5	7.7	35	53.8	2	15.4	5	38.5
計	+	87	42.5	15	7.4	16	40.0	3	7.5
	-	15	7.4	87	42.5	6	15.0	15	37.5

(+ : 基準値(X¹)又は目標値(y₁) 達成数, - : 同前の非達成数)



図2 T-EC 基準値に達成, F-EC 目標値に非達成の調査地点等

◎ : S. 53-55 年調査、基準値達成、目標値非達成、⊙ : S. 60年再調査、以下と同じ
 ⊕ : S. 53-55 年調査、比率>平均値+10%、⊖ : S. 60年再調査、以下と同じ
 ▲ : S. 53-55 年調査、II報(図2)実測値データの上限値の上側
 △ : S. 53-55 年調査、II報(図2)実測値データの下限値の下側

表3 T-EC基準値に達成し、F-EC目標値に非達成であった調査地点の季節別成績

水系	調査地点 No.	類型	S. 53~55年調査								S. 60年再調査			
			冬季(1-3月)		春季(4-6)		夏季(7-9)		秋季(10-12)		冬季(1-3月)		夏季(7)	
			T-EC	F-EC	T-EC	F-EC	T-EC	F-EC	T-EC	F-EC	T-EC	F-EC	T-EC	F-EC
高梁川	-9 千屋花見	A	23	1	790	36	330	11	49	13 (26.6)				
	004 幡見橋	A	840	22	4900	79	4900	1100 (22.4)	4900	23	170	11	4900	520
	005 高梁駅前橋	B	1300	17	3300	79	1700	130	700	79	490	130 (14.8)	3300	490 (26.6)
	018 下倉橋	A	1700	130	13000	130	4900	170	790	130 (16.5)	1300	23	790	49
	008 川辺橋	B	1700	23	2400	49	3900	540	2400	70				
	011 霞橋	B	490	2	2400	130	1700	23	4900	240				
旭川	-7 明連川上流	AA	49	5	490	1	2200	790 (30.0)	14	0	490	5	3300	240
	116 垂水橋	N(C)			3300	23	9500	1100			330	49	2400	330
	104 八幡橋	A	49	1	490	23	790	49	660	2	330	40	1700	130
	105 大曾根堰	A	130	1	950	49	1300	170	1600	49	3300	49	4900	490
吉井川	217 芳野橋	N(C)	3300	38	4900	490			4900	170				
	219 旧大橋	N(C)	1700	490 (16.8)	79000	4900	17000	490	33000	3100	24000	2100	33000	4900 (18.8)
	221 栗子橋	B	2800	130	4600	180			3300	240	3300	240	2400	130
	203 周匝大橋	B	6500	150	2400	540 (22.5)	7900	330	2400	110	3300	79	4900	490

(T-EC, F-EC: MPN/100ml, ———: 基準値達成(+), (R): >Mean+10%)

成の検体が、両調査ともに少々多く、計でも昭和53~55年の7.4%に比べ、昭和60年は15.0%であり、少々増加の傾向がみられた。

3. T-EC基準値に達成し、F-EC目標値に非達成の調査地点: 1) 昭和53~55年の調査結果は、図2, 表3に示すように、全県下に14地点あり、T-EC汚染が少なく、F-ECのR(%)が比較的高い地点である。

(1)高梁川水系は、最上流域の千屋花見(9), 有漢川最下流の幡見橋(004), 中流域の高梁駅前橋(005)及び下流域の下倉橋(018), 川辺橋(008)及び霞橋(011)の6地点であった。主な流域は高梁市近郊とその下流域であり、流域下水道がなく、その汚染源として推定できるのは生活系排水、たとえば、風呂水、洗濯水(表4), 環境

表4 生活系排水中のT-EC数に対するF-EC数の比率

区分	実験 No.	MPN/100ml		比率 (R: %)
		BGLB/36℃法	BGLB/44.5℃法	
風呂水	1	920	49	5.3
	2	2400	79	3.3
洗濯水	1	1300	33	2.5
	2	2400	33	1.4

水(流れ込む水路)等である。

(2)旭川水系は、4地点で測定され、最上流域に近い明神川(7)地点は仮の測定点なので、主な地点は川上、八束村の大部分の負荷を受け、T-EC基準値及びF-EC目標値ともに非達成の野

田橋(114)である。この地点は、AA 類型であること、次に中国自動車道の開通による年間観光客の増加(開通前は40~60万人、間通後は150万人)により、生活系汚染源の増大、加えて、放牧牛(約1500頭)による汚染因子等が重複し、自然浄化能の低下が原因であると推定される。又、支流備中川下流の垂水橋(落合町、116)は、水量(平均 2.0 l/sec)が少ない上、流域には下水道はなく、人口負荷が約15,000人と、多いこと等、生活系因子(洗濯水、風呂水等)による影響が大きい。なお、中流域の八幡橋(建部町、104)及び大曾根堰(御津町、105)の地点についても、前記同様な因子に影響されているものと推測される。

(3)吉井川水系は、4地点で測定されているが、主な地点は、津山市内を流通している支流宮川出口(219)である。人口負荷は約30,000人以上が推定され、水量(平均 1.0 l/sec)は少なく、下水道がないために、生活系排水(全負荷量の約36%)⁴⁾の影響を大きく受けていることは明らかであり、そのために、汚染源としては風呂水、洗濯水(表4)、滅菌不十分な小型浄化施設の放流水、環境水(流れ込む水路)等が推定される。支流香々美川の芳野橋(217)も上記に近い関係であろう。次に、中流域の栗子橋(221)は津山市及びその近郊の負荷(人口約100,000人、ブタ約5,000頭)を受けている地点であり、又、周匝大橋(吉井町入口、203)は、吉井川本流及び支流吉野川全域の人口負荷(約50,000人)を受け、生活系汚染因子による影響が続いているのではないかと考えられる。なお、季節的な差異は殆んど認められない。

2)上記14地点のうち、10地点について、昭和60年に再調査した結果は、図2(◎●印)、表3に示すようにT-EC基準値に達成し、F-EC目標値に非達成の地点が6地点あり、高梁川水系では高梁市内の高梁駅前橋(005)とその下流下倉橋(018)、旭川水系では、落合町内の垂水橋(116)と建部町内の八幡橋(104)及び吉井川水系では、津山市下流の栗子橋(221)とその下流吉井町の周匝大橋(203)であり、汚染状況は現在も続いていることを示唆している。

3)上記の外に、T-EC基準値及びF-EC目標

値ともに非達成で、R(%)の $\text{Mean} + \delta = 10\%$ 以上高く測定された地点(図2, ◎, ●印)高梁川水系では支流小田川(矢掛町)のさかえ橋(019, 14.8%)、旭川水系では落合橋(103, 14.5%)、砂川の上市橋(5, 14.2%)及び吉井川水系では津山市近郊の影響が最も大きい潜伏橋(202, 18.5%)、支流加茂川の加茂川橋(210, 18.7%)で認められた。

4)その他に、T-EC数(15,000以上)及びF-EC数(2,000以上)ともに多い地点(図2, △印)は、高梁川水系(004)、砂川(304)及び吉井川水系(219, 202)の4地点であり、又、T-EC数は40,000以上で、F-EC数が500以下と少ない地点(図2, △印)は砂川(303, 304)及び吉野川の支流梶並川(215)の3地点で認められた。

なお、各種微生物による水質汚染のモニタリングに用いる指標生物としては、多くの研究がなされている。

金政等⁵⁾は、特に、糞便に由来する細菌として、腸球菌に注目し、海水中の腸球菌数(MPN/100ml)と糞便性大腸菌群数(M-FC法、個/100ml)を測定し、前者は後者の約7.7倍と多く測定され、両群の対数値の間には高い相関係数($r = 0.86$)を認めている。

我々は、糞便性大腸菌群に着目し、大腸菌群に対する糞便性大腸菌群の比率等を検討した。本測定法は、糞便性大腸菌群数の測定のみならず、大腸菌群数との比率を求めるのに容易、かつ、正確である。その理由は、両群が同一培地を用い、温度を 36°C と 44.5°C に変えるのみで測定できるためである。特に、現行の大腸菌群数に対する評価を、公衆衛生の面から糞便性大腸菌群で行なうには、本測定法が重要であると考へ、検討を進めた。

結 語

1、全県的な立場から、II報では全検体数を用いて回帰方程式を算定したが、昭和60年の再調査から算定した回帰方程式との間には差異が認められなかった。

2、II報の回帰方程式から設定したF-EC目標値を、昭和60年の調査に適用した場合、妥当な結果が得られる。

3. T-EC 数に対して F-EC 数の R(%)が高い地点は、流域下水道のない中小都市及びその近郊である。又、風呂水等は、当該地点の比率よりは低い(約 4%)、F-EC の汚染源となり得るものと推定され、発生源中の F-EC 比を、今後検討する必要がある。

4. 以上の成績を総括した結果、現状では、T-EC 基準値に達成しても、F-EC 目標値に非達成の地点、比率が高く、T-EC 及び F-EC 数の

多い地点については、T-EC 基準値に非達成と同格の処置が妥当である。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始御懇篤なる指導を賜りました緒方正名教授に深甚の謝意を表します。併せて、岡山大学工学部助教授、大崎紘一博士並びに環境保健センター所長、石田立夫博士、同センター特別研究員、井上豊治博士に厚く御礼申し上げます。

文 献

1. 谷本浩一：環境水域における糞便性大腸菌群に関する研究，II 報 河川水汚染の生物指標として糞便性大腸菌群の検討，日本公衛誌，32，333～340，1985。
2. 谷本浩一：環境水域における糞便性大腸菌群に関する研究，I 報 BGLB 培地高温法による糞便性大腸菌群の選択性について，日本公衛誌，31，199～206，1984。
3. 奥野忠一：応用統計ハンドブック，養賢堂，東京，1984。
4. 津山市環境保全室：環境，その保全と対策，27～31，1976。
5. 金政泰弘：各種微生物による水質汚染のモニタリングとその評価について，「環境科学」研究報告集，B261-R 12-11，1985。

Studies on the fecal *E. coli*-form in the environmental waters

**III. Evaluation as an indicator of water pollution using
the fecal *E. coli*-form**

Hirokazu TANIMOTO

Department of Public Health, Okayama University Medical School

(Director: Prof. M. Ogata)

There was no distinct difference between the two regression lines of total *E. coli*-form and fecal *E. coli*-form investigated from 1978 to 1980 and in 1985. Target value of fecal *E. coli*-form decided in the investigation from 1978 to 1980 was applied to the investigation in 1985, which was recognized to be appropriate. Sampling stations where the ratio (%) of fecal *E. coli*-form against total *E. coli*-form is high are located in the suburbs of small and middle cities without river basin sewerage system. At present, even in a case having attained the quality standard value of total *E. coli*-form, the same disposition as that for the unattained should be done if the case has not attained the quality value of fecal *E. coli*-form.