

# 茨戸川水域の水質についての統計的解析 (Ratio-Matching法)の試み

Trial analysis of Water Quality by a Statistical  
Technique (Ratio Matching) in the Barato basin

公害検査課 横田 秀幸 田坂 克明

## I 緒 論

茨戸川水域は創成川、伏籠川、旧発寒川よりなるが、創成川は豊平川中流より分岐して都心に入り、市の中央部を縦断して最北端の茨戸にて二河川と共に茨戸川に合流している。

本報告は、昭和49年度に行われた河川水質調査の中から、創成川を中心に13地点を選び、その地点で得られた検査データ(DO, BOD, COD, SS, 大腸菌群, ABS)について、<sup>1)2)3)</sup>Ratio-Matching法を応用することにより、河川の水質の不連続性を検討したものである。

## II 検討対象

### 2.1 試料の採取地点と採集時間

豊平川、1地点、藻岩橋(創成川への分流前)：創成川、10地点、対山橋、南大通橋、北九条橋、北十六条橋、北二十二条橋、創橋、麻生橋、北二番橋、耕北橋、茨戸橋；伏籠川、旧発寒川各1地点、伏籠橋、旧発寒橋、(茨戸川への合流附近)の計13地点について検討した。

採取時期は40年4月、7月、10月、50年1月の4回で、分析データはその4ヶ月の平均値を用いた。なお、大腸菌群については、その増減が対数的であるとして、生データを対数変換( $x \rightarrow (\log x - 3)$ )したものをを用いた。結果は表1に示した。

### 2.2 各検査項目の測定法

DO, BOD, COD, SS, ABSの測定は、JIS K0102の工場排水試験法に従った。大腸菌群については、“下水の水質検査方法に関する省令”(最確数)によった。

## III 検討結果

### 3.1 Ratio-Matching法の分析手順とその結果

Ratio-Matching法は二つの試料の起源が同じであれば、その元の素材が地質的、地理的に変化を受け、金属元素の濃度が試料間で増減しても、その元素間の濃度比にさほど影響をおよぼさないという考えにもとづくもので、Anders<sup>1)</sup>は個々の元素間の比を総合して判定しようとする方法を確立している。分析手順を次に述べる。

#### 3.1.1 試料の検査項目間の濃度比

各試料(Aで表す)についてその検査項目間の濃度比(Concentration ratio)

を下のようにして求める。

$$\left[ \begin{array}{l}
 \left( \frac{\text{BOD}}{\text{DO}} \right)_A \\
 \left( \frac{\text{COD}}{\text{DO}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{COD}}{\text{BOD}} \right)_A \\
 \left( \frac{\text{SS}}{\text{DO}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{SS}}{\text{BOD}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{SS}}{\text{COD}} \right)_A \\
 \left( \frac{\text{Coli}}{\text{DO}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{Coli}}{\text{BOD}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{Coli}}{\text{COD}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{Coli}}{\text{SS}} \right)_A \\
 \left( \frac{\text{ABS}}{\text{DO}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{ABS}}{\text{BOD}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{ABS}}{\text{COD}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{ABS}}{\text{SS}} \right)_A \quad \left( \frac{\text{ABS}}{\text{Coli}} \right)_A
 \end{array} \right] = \{ (x_{ij})_A \}$$

$i, j = 1 \sim 6, i < j \dots\dots$  検査項目番号  
 $A = 1 \sim 13 \quad \dots\dots$  試料番号

なお、濃度比の要素  $(x_{ij})_A$  の数は 15 となる。

### 3.1.2 試料間の濃度比の比

試料 A, B について、A の濃度比の要素  $(x_{ij})_A$  と B の  $(x_{ij})_B$  との比、即ち 濃度比の比 (ratio-ratios) を下のようにして求め、これを A, B の総ての組合せについて行う。

$$\left[ \begin{array}{l}
 \frac{\left( \frac{\text{BOD}}{\text{DO}} \right)_A}{\left( \frac{\text{BOD}}{\text{DO}} \right)_B} \\
 \frac{\left( \frac{\text{COD}}{\text{DO}} \right)_A}{\left( \frac{\text{COD}}{\text{DO}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{COD}}{\text{BOD}} \right)_A}{\left( \frac{\text{COD}}{\text{BOD}} \right)_B} \\
 \frac{\left( \frac{\text{SS}}{\text{DO}} \right)_A}{\left( \frac{\text{SS}}{\text{DO}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{SS}}{\text{BOD}} \right)_A}{\left( \frac{\text{SS}}{\text{BOD}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{SS}}{\text{COD}} \right)_A}{\left( \frac{\text{SS}}{\text{COD}} \right)_B} \\
 \frac{\left( \frac{\text{Coli}}{\text{DO}} \right)_A}{\left( \frac{\text{Coli}}{\text{DO}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{Coli}}{\text{BOD}} \right)_A}{\left( \frac{\text{Coli}}{\text{BOD}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{Coli}}{\text{COD}} \right)_A}{\left( \frac{\text{Coli}}{\text{COD}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{Coli}}{\text{SS}} \right)_A}{\left( \frac{\text{Coli}}{\text{SS}} \right)_B} \\
 \frac{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{DO}} \right)_A}{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{DO}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{BOD}} \right)_A}{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{BOD}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{COD}} \right)_A}{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{COD}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{SS}} \right)_A}{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{SS}} \right)_B} \quad \frac{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{Coli}} \right)_A}{\left( \frac{\text{ABS}}{\text{Coli}} \right)_B}
 \end{array} \right] = \{ (y_{ij})_{AB} \}$$

$$i, j = 1 \sim 6, i < j$$

$$A, B = 1 \sim 13, A < B$$

なお、濃度比の比の要素  $(y_{ij})_{AB}$  の数は 15 で、 $A, B$  の組合せ数は 78 となる。

### 3 1 3 試料間の濃度比の比の Matching の決定〔濃度比の類似性〕

試料の組合せ  $(A, B)$  について求めた 濃度比の比 (ratios) の中で、この Matching 法で定められた範囲  $(\frac{1}{M} \sim M)$  に入る ratios を Matching しているものとし、その ratios 間に類似性があると考え。

$$\frac{1}{M} \leq (y_{ij})_{AB} \leq M \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{この } M \text{ の値は、通常 } 1 \sim 15 \text{ の間で定められ、} \\ \text{に近い程、より厳しい結論となる。} \end{array} \right.$$

次に Matching している ratios の数 (Matching number) を全体の ratios の数 (= 15) で除して、Matching している ratios の占める割合を求める。(この比率を Anders は Correlation number とよんでいる。)

$A, B$  間の Correlation number を  $Z_{AB}$  で表わし、 $A, B$  の総ての組合せ (= 78) について示すと、下のような三角行列で表わされる。

$$Z_{AB} = \begin{bmatrix} 1 & & & & & & \\ & Z_{12} & & & & & \\ & & Z_{13} Z_{23} & & & & \\ & & & Z_{14} Z_{24} Z_{34} & & & \\ & & & & Z_{15} Z_{25} Z_{35} Z_{45} & & \\ & & & & & \dots & \\ & & & & & & \dots \end{bmatrix} \quad A, B = 1 \sim 13, A < B$$

$Z_{AB}$  値の範囲は  $0 \leq Z_{AB} \leq 1$  となるが、 $Z_{AB}$  値が 1 に近いほど、Matching の数の占める割合が高くなり、試料間  $(A, B)$  の類似性が強く、 $Z_{AB}$  値が 0 に近いほど、類似性がみとめられないことになる。

13 の試料について、ratios の  $M$  値を 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 の 4 段階にとり、それぞれの Matching number を求め、表 2 に示した。

表1 各地点の各検査項目の測定値(4ヶ月の平均値)

採水地点	検査項目	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	Coli (1.0gx-3)	ABS (mg/l)	備考	
1. (対山橋)		12.1	1.4	1.4	3.3	1.09	0.040	(上流) ↓ 御成川 ↓ (下流)	
2. (南大通橋)		12.3	1.4	1.8	7.0	1.37	0.046		
3. (北九条橋)		12.1	1.5	1.9	6.6	1.06	0.048		
4. (北十六条橋)		12.2	1.3	1.9	9.0	1.16	0.093		
5. (北二十二条橋)		12.1	1.6	2.0	9.8	1.76	0.060		
6. (創橋)		11.8	3.2	3.6	11.7	1.50	0.103		
7. (麻生橋)		11.4	4.8	4.0	12.0	1.49	0.100		
8. (北二番橋)		8.1	2.3	12.4	3.9	2.76	0.490		
9. (耕北橋)		6.4	8.2	7.8	2.75	2.35	0.393		
10. (茨戸橋)		6.1	6.0	8.3	3.05	2.18	0.328		
11. (旧莞寒橋)		5.3	3.9	6.5	16.0	1.45	0.323		旧莞寒川
12. (伏籠橋)		5.3	4.7	10.4	16.0	1.93	0.465		伏籠川
13. (薬岩橋)		11.5	2.6	2.9	3.48	1.33	0.143		豊平川

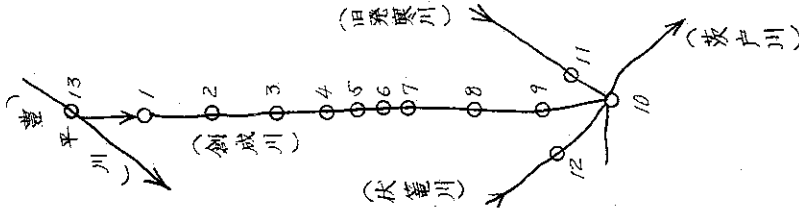


表2 水質のMatching Number 及び Matching 判定の危険率

	13 藻岩橋	1 対山橋	2 南大通橋	3 北九条橋	4 北十六条橋	5 北十二条橋	6 創橋	7 麻生橋	8 北二番橋	9 耕北橋	10 次戸橋	11 旧発寒川
1 藻岩橋												
1 対山橋	(80~90%) 1 2 2 2	(10~15%) 6 101010					(表の見方)	(例) 対山橋↔藻岩橋の場合				
2 南大通橋	2 2 2 2	(15%) 6 8 1011	(5%) 10121515				M 基準	表の数字	カッコ内数字 (危険率)※			
3 北九条橋	1 2 4 4	(30~40%) 4 5 6 7	(15~20%) 5 8 9 9	(15%) 5 7 9 11			1.2	1	86%			
4 北十六条橋	1 4 6 6	(30%) 4 5 7 9	(5%) 10131415	(10%) 7 8 1112	(20%) 5 7 8 9		1.3	2	78			
5 北十二条橋	1 2 2 5	(30%) 4 5 7 9	(30%) 5 5 7 7	(15~20%) 6 7 8 10	(30%) 4 5 6 7		1.4	2	87			
6 創橋	5 6 6 7	3 3 6 6	5 5 7 7	6 7 8 10	4 5 6 7		1.5	2	94			
7 麻生橋	1 2 5 5	3 4 5 7	2 4 4 4	3 4 4 7	3 4 5 6	2 3 4 6	(10%) 10101112					
8 北二番橋	0 1 1 1	1 2 5 5	0 1 1 2	1 1 1 2	0 2 2 2	0 0 1 1	(70~80%) 2 2 2 5					
9 耕北橋	3 3 3 5	2 2 2 4	1 1 2 4	1 1 3 4	1 1 3 4	0 1 3 3	3 3 4 7	3 4 5 6	(10~15%) 7 9 1010			
10 次戸橋	1 3 5 5	1 1 3 3	3 3 3 3	3 3 3 4	2 4 6 6	2 2 4 5	1 4 6 6	1 3 3 4	(10%) 10101010	(5%) 9 121315		
11 旧発寒川	2 2 3 4	1 1 1 1	0 2 2 2	1 1 2 3	3 3 3 4	0 0 1 2	1 2 3 5	1 2 3 3	(30~10%) 4 6 1012	(10%) 5 9 1012		
12 伏籠川	2 3 3 3	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 2 2	2 2 3 3	0 1 0 2	3 3 3 3	1 1 3 3	3 4 5 6	3 3 4 9	4 4 4 7	(10~15%) 7 8 1113

(註) 1 本表らん内の数字は、Matching基準(M)を変えた場合(1.2~1.5の間4種)の各々のMatching Numberを示す。

(Numberの総数は15であり、この内Matchingした数が表の数値である。)

2 カッコ内の数字は、各々の場合の危険率%(図2より求める)の大凡その巾を示す。(危険率の高いものは省略する。)

### 3.1.4 Matching number (Correlation number) の分布と試料間の類似性の判

#### 定

表2のMatching numberの数値を度数分布と、その累積度数分布に表すと、図1、図2のようになる。図1の度数分布は基準Mの値により、その分布状態が変化するのがみとめられる。即ち、いずれの分布も右に流れる傾向にあるが、M値が1に近く、Matchingした ratios の入る範囲の幅がせばまるほど、その分布は左方に傾き対数的になるが、M値が1.5のときは、ほぼ対称性を示してくる。

図2の分布はMatching numberの高い値より累積したもので、図1の度数分布と同様にM値が1に近づくほど、累積度数の曲線は左に寄って、Correlation numberの0に近い値の出現度が増加し、1に近い値の出現度は減少する。

図1のCorrelation numberの分布を試料間に類似性のないランダムな場合の分布として帰無仮説を立てると、図2の累積度数(%)はそのまま、その仮説を否定する危険率となる。それで図2の分布を用いて、水質のMatching number値に対応する仮説否定の危険率を求め、試料間の類似性を判定した。この場合その危険率の値の低いほど、試料間の類似性が高いと判断する。

判定の基準を危険率10～15%以下にとると、表2から、次のような結果がえられた。

- ① 創成川の取り入口附近の地点13〔藻岩橋(豊平川)〕は地点1〔対山橋(創成川)〕の間に水質の類似性はみとめられなかった(危険率80～90%)。地点1(対山橋)の下流他の地点との間にも類似性はみられなかった。
- ② 創成川の流域全般について、3つの地点間を除き、上流地点から下流の次の地点へと水質が類似し合う傾向がみとめられた。これは水質のパターンが河川の流れに従って連続的に類似し合っていることを示しているが、地点5(北22条橋)と地点6(創橋)の間、及び地点7(麻生橋)と地点8(北2番橋)の間では、危険率が各々30～40%及び70～80%で水質の連続的な類似性はみとめられず、これ等の地点間では異質の水が相当量流入していることが裏付けられた。なお地点4(北16条橋)と地点5(北22条橋)の間は、危険率20%であり、類似性の判定基準15%に近く、この場合もある程度異質水の流入が考えられる。
- ③ 上流地点とその下流の離れた他の地点との間には、二三の例を除いて水質の類似性はみとめられなかったが、地点1(対山橋)の水質が地点2から地点3(南大通橋から北9条橋)まで類似性がみとめられ、地点8(北2番橋)の水質が下流の地点9から地点10(耕北橋から茨戸橋)までその類似がおよぶことがみとめられた。
- ④ 三河川の合流地点(地点10)(茨戸橋)と合流前三河川との類似性は、創成川の地点9(耕北橋)(危険率5%)が一番高く、旧発寒川の地点11(旧発寒橋)がこれに続き(危険率10%)、伏籠川の地点12(伏籠橋)は類似性はみとめられなかった(危険率

40%)。

- ⑤ 地点11(旧発寒橋)の水質は地点12(伏籠橋)のそれと類似性がみとめられた(危険率10~15%)。

以上の①~⑤までの判定結果は、表1の測定データと比較した場合、よく合致した内容となっている。

図1 水質のCorrelation numberの度数分布

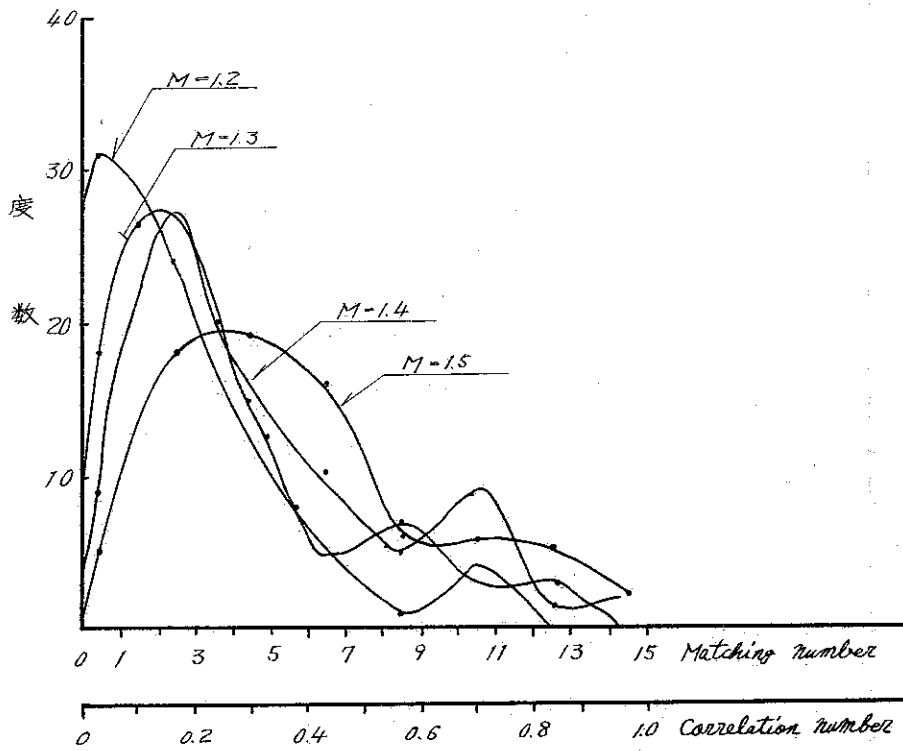
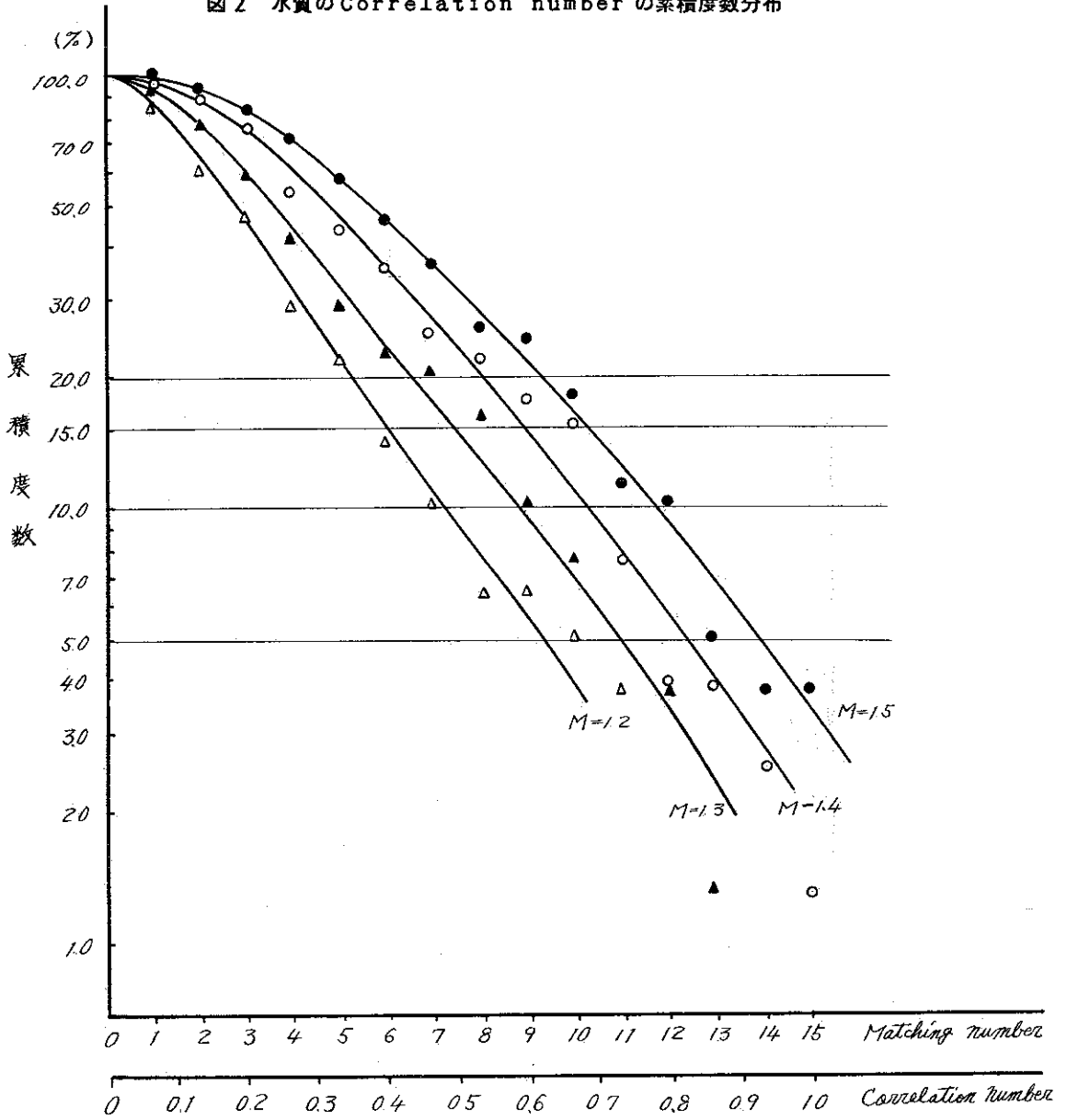


図2 水質の Correlation number の累積度数分布



#### IV 考 察

Anders<sup>1)</sup>はRatio-Matching 法を底質金属の消長に応用しているが、河川の水質に適応した場合の水質の類似性の判定については、今まで例はあまりみられない。この方法では、二つの試料の起源が同じであれば、成分濃度は同じ比率で増減するという考え方から、水質の希釈又は濃縮による変化にも類似性があると判定されるが、実際には水質は底質と異り、採集の時期による変動が大きいこと、又今回の対象項目としてDO, BOD, SS, Coliなど分解等の変化を受け



やすいものを選んだこと等から、単なる希釈又は濃縮による変化のみではないため、その類似性の判定は難しいと思われる。

しかし、今回、この方法を試みたところ、IIIで述べたような結果が得られ、これは河川の流況及び、処理場放流水流入等から考えても、ほぼ妥当な結果であり、このRatio-Matching法の河川水質への適応が可能であることがしめされた。今後、更に、この方法を他の検査項目、及び他の水系についても適応を試みたい。

## V 文 献

- 1) Anders, O.U.: Anal. Chem., 44, 1930, 1972
- 2) 村上 剛, 貴田 晶子, 中井美代子, 松永 昭二: 衛生化学, 21, 275, 1975
- 3) 上柿 明子, 渡辺 丈夫, 佐藤 智子, 森 泰明, 佐藤 春雄, 大庭 和彦, 曾根 光:  
宮城県公害技術センター報告, 3, 99, 1974