

## 報 文

## 日本における食中毒発生の傾向分析

柳本 正勝

## The Analysis of Secular Changes of Food Poisoning in Japan through the Empirical Bayes Smoothing Method

Masakatsu YANAGIMOTO

National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8642

## Abstract

The secular changes of food poisoning in Japan were analyzed by the empirical Bayes' smoothing method, using the data compiled in the 1968 to 1998 editions of the Annual Report, "Statistics of Food Poisoning JAPAN." The empirical Bayes' smoothing method was introduced in our previous paper as a method to form a trend curve that flexibly fits to the data sets without any model function. The following attractive findings were obtained. 1) Three indexes of food poisoning, total number of incidents, total number of patients, and total number of deaths, exhibited different trends. While total number of incidents has steeply increased in recent years, no change has been observed in total number of patients. Total number of deaths, which had formerly decreased steadily, has possibly tended to increase in recent years. 2) As the steep increase in total number of incidents in recent years does not truly reflect the overall trend, the number of patients was employed as the index for further analysis. 3) Bacteria are the major factor in pathogenic substances and have generally been increasing. Among them, *Salmonella* spp. and pathogenic *Escherichia coli* exhibited remarkable increases. 4) No increases were observed in particular foods categorized in causative food. However, the increase was noticed in the item of other. This suggests the necessity of reviewing items in causative food. 5) Among preparing facilities, restaurant and hotel have been increasing; home and business place, which had decreased until the 1980s, have also increased in recent years.

(Received Sep. 28, 2001; Accepted Dec. 21, 2001)

食品の安全性は、国民にとって食生活における最大の関心事項である。同時に、食品企業にとっても最重要課題である。食中毒の加害者とならないために、食品企業がなすべき責務は数多い。行政も単に厳しく監視するだけでなく、企業の努力を支援することが期待される。食中毒発生動向を解析して食中毒発生状況を的確に把握することは、有効な施策を講ずるうえで不可欠である。

食中毒統計は、食品衛生法第27条を法的根拠に、厚

生労働省によってまとめられている。食中毒に関し日本全体を網羅したものとしては、唯一の統計資料である。結果は毎年公表されるので、食中毒発生の動向を把握するためにも活用できる。ところが、その動向に言及した著作物は少なくないが、統計処理を施してから解釈した例は見当たらない。単に表を眺めるだけか<sup>1,2)</sup>、データをプロットするだけで<sup>3-6)</sup> 解釈されている。

統計処理を行わない理由は、目視だけでも傾向を解釈できると理解されているためであろう。しかし、目

視的に解釈すると、主観による偏りが不可避である。食品衛生分野では、行政官・研究者が企業担当者・市民に対し注意喚起する機会が多いので、とかく増加傾向を強調しがちである。

統計解析が活用されないもう一つの理由に、採用すべき統計手法が確立していないことがある。

著者らは、これまでに食品消費の季節性・加工食品生産量・栄養摂取量などの経年変化を解析してきた<sup>7-11)</sup>。その過程で、経験ベイズ型平滑化法<sup>12,13)</sup>と、より偶然変動が小さいデータの解析に適している多項回帰・経験ベイズ型平滑化法<sup>14,15)</sup>を提案してきた。

本報では、提案した解析法が食中毒発生の経年変化を解析する手法としても優れていること、および解析結果から主な病因物質である細菌に起因する食中毒が増加している様相を的確に把握できたことを報告する。

## 資料と解析方法

### 1. 資料

用いた資料は、食中毒統計（平成10年）である<sup>16)</sup>。本統計資料には、年次別統計表が掲載されている。資料には46年間のデータが掲載されているが、最近30年間（1968-1998年）を解析期間とした。ただし、細菌のウェルシュ菌、セレウス菌、カンピロバクターの3項目だけは1983-1998年である。

食中毒発生状況は全て、事件数、患者数、死者数が調査されている。総数については3つの指標とも解析した。

内訳としては、病因物質、原因食品、原因施設について解析した。病因物質のうち、細菌は興味深いので、その内訳も解析した。この場合は、後で述べる理由で患者数のみを解析した。計算は全ての項目を対象としたが、結果をまとめる際は主要な項目に絞った。

なお、平成10年版からは患者数2人以上の事例と1人の事例が分けて掲載されるようになったが、経年変化の解析には利用できない。

### 2. 解析方法

解析方法は主として経験ベイズ型平滑化法を採用した。本手法は、ベイズ的手法と呼ばれる、系列データに対し特定の関数を仮定することなく平滑化曲線を与える一群の手法に含まれる。超母数をデータから推定しているので、経験ベイズ法の範疇に入る<sup>17-19)</sup>。一般の経験ベイズ法では傾向線となる平滑化曲線を与えるだけであるが、本法では、平滑化曲線と回帰直線の関連性

を整理し、回帰直線に優先性を与えたことに特徴がある。具体的には、系列データから傾向線を求める際に、はじめに回帰直線を仮定する。次いで回帰直線のデータへの適合性を診断して、適合性が悪い場合には平滑化曲線を採用する。

本法は、平滑化曲線が示す細かい変動にこだわった解釈を回避するために改良した手法であるが、単回帰分析法を発展させた手法と理解することもできる。つまり、回帰直線に優先性を与えることにより、「増減の程度とその有意性を端的に示す」という回帰直線の持つ長所を活かすとともに、必要に応じて傾向線として平滑化曲線を採用することにより、「（傾向は直線的とは限らないのに）直線を当てはめる」という回帰直線が持つ宿命的な短所を克服している。

二つの回帰線はそれぞれに長所があるので、作図の際には傾向線として採用された方だけでなく、されなかった方も破線で表すことにより、解釈の助けにしている。なお、回帰直線に優先性を与えると、一連の系列データの解析結果を一つの表にまとめることができるメリットもある。

総数の解析には、多項回帰・経験ベイズ型平滑化法による解析も行った。多項回帰・経験ベイズ型平滑化法は、経験ベイズ型平滑化法の改良法で、系統変動が相対的に大きなデータからも滑らかな傾向線が得られるように、用いる階差行列に工夫してある。本報では補足的に使用しただけなので、具体的な説明は既報に譲る<sup>14,15)</sup>。

計算に必要なプログラムは著者らが作成したもので、計算に当たっては農林水産研究計算センターを利用した。

## 結果と考察

### 1. 食中毒発生総数の動向

食中毒発生状況は事件数、患者数、死者数の三つの指標が調査されているので、それぞれの総数の1968-1998年の30年間の経年変化を解析した。解析方法は、食中毒発生は偶然的要素が大きいと見込まれるので、経験ベイズ型平滑化法を採用した。解析結果をまとめて第1表に示した。

最も一般的活用されている事件数の経年変化では、傾向線として平滑化曲線が選ばれた。その形をみると（第1図）、1993年頃までは循環変動を伴いながらも大まかには減少傾向にあったように見えるが、その後は激増したことが判る。回帰直線の適合性は棄却されるが、その回帰係数をみるとわずかに正であるが有意でない。

つまり、解析期間全体としてみると、増加したとはいえない。患者数の経年変化では傾向線として回帰直線が選ばれた。回帰係数は正であるが有意ではない。つまり、変化は認められないといえる。ただし、傾向線として採用されなかった平滑化曲線の形をみると（第

2図）、近年はわずかに増加傾向の可能性はある。死者数では、傾向線として平滑化曲線が選ばれた。その形をみると（第3図）、食中毒による死者数は1980年代までは着実に減少してきたが、その後は減少しているとは言い難い。むしろ最近では増加気味である。

第1表 食中毒発生総数の経年変化<sup>†1</sup>

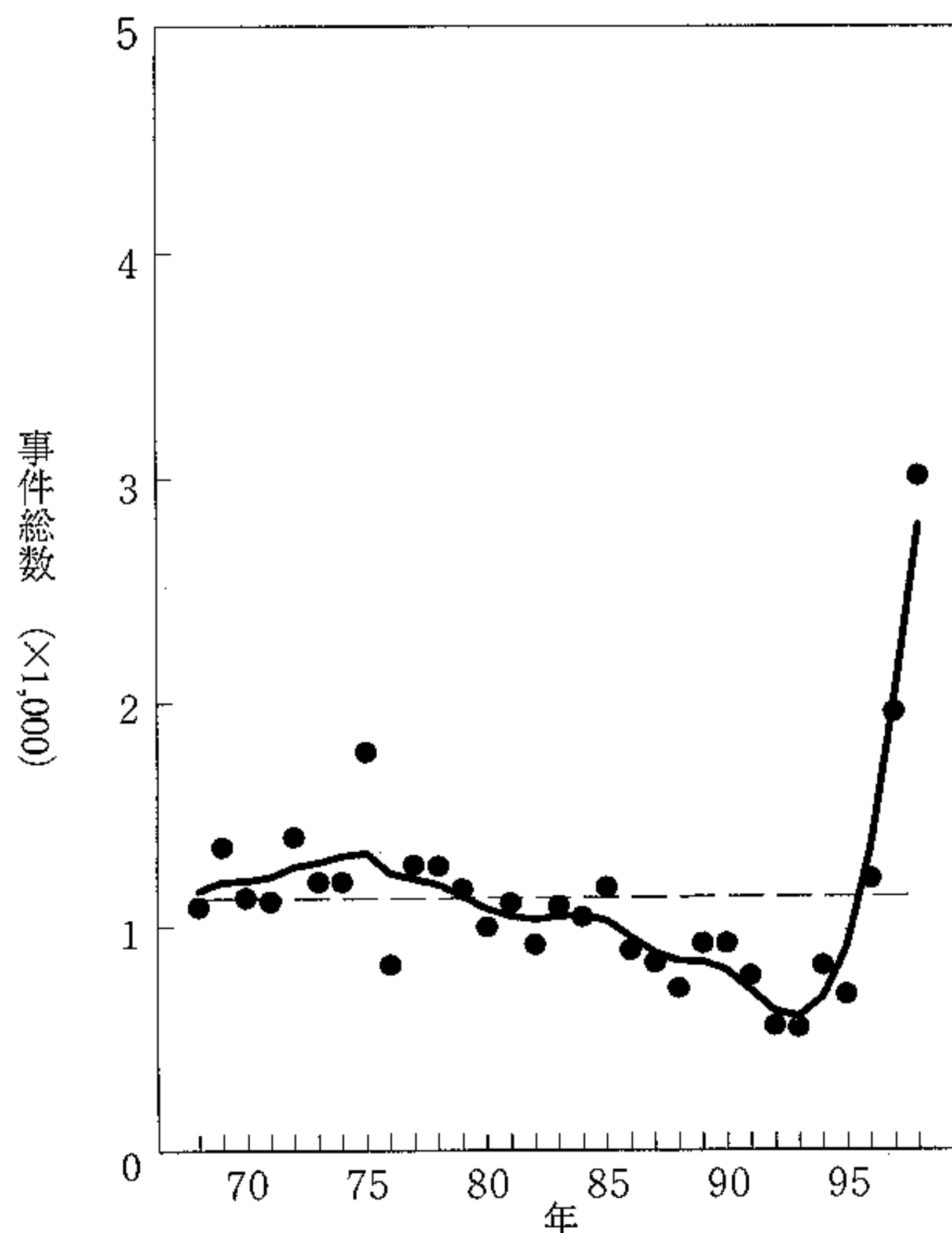
項目	現在値 (1998年)	経年変化	
		回帰係数 <sup>†2</sup>	平滑化曲線 <sup>†3</sup>
事件数	3,010	0.4	上に凹
患者数(人)	46,179	104.8	
死者(人)	9	-2.2**	上に凹

†1：解析期間は1968-1998年。以下の表も同様であるが、異なる場合には別途記述した。

†2：\*は5%有意，\*\*は1%有意である。以下の表も同様。

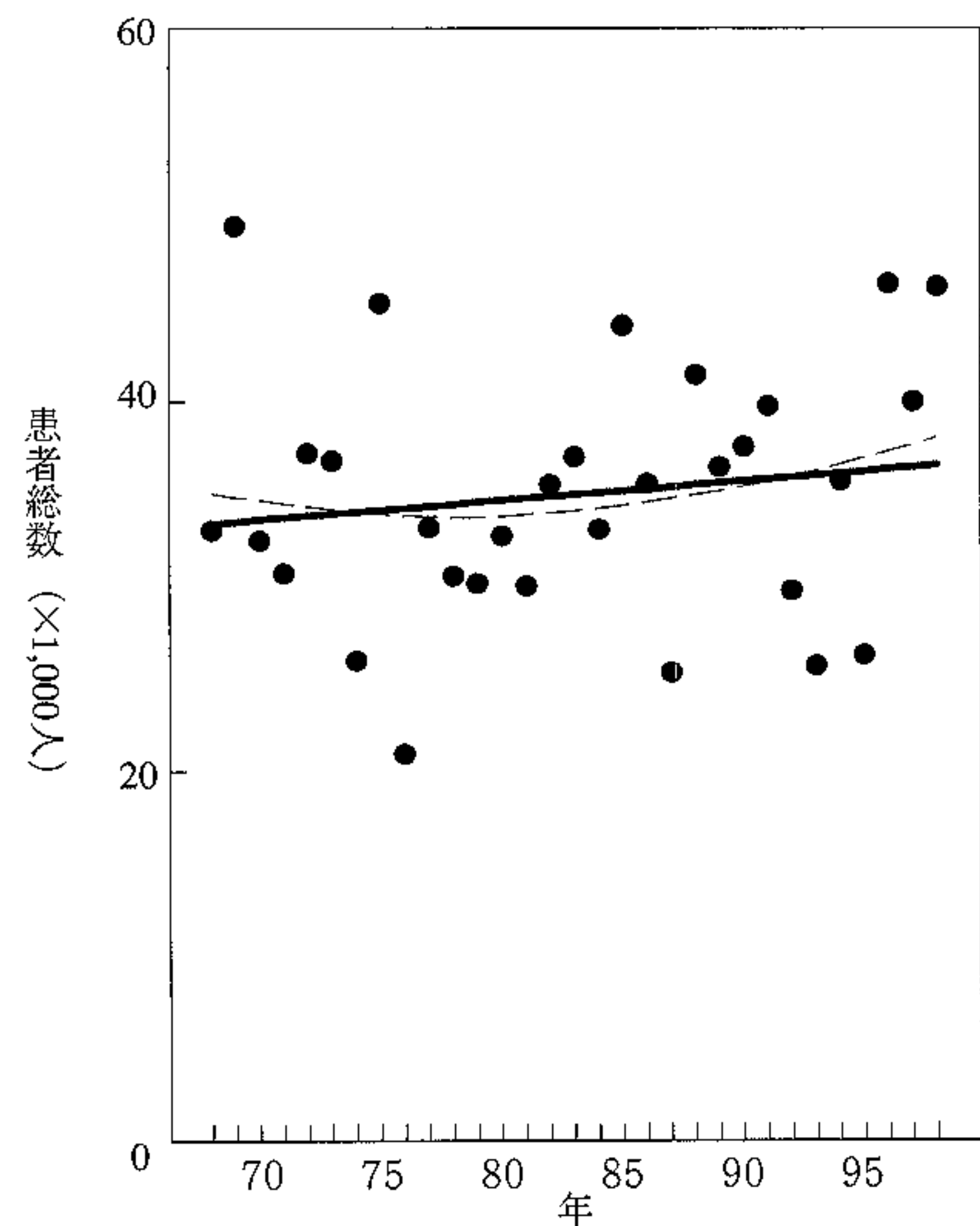
†3：傾向線として採用された平滑化曲線の形を、回帰直線を基準として端的に示してある。

空欄の場合は、回帰直線が傾向線である。以下の表も同様。



第1図 食中毒事件総数の経年変化

太い実線は傾向線の平滑化曲線で、細い破線は参考の回帰直線である。



第2図 食中毒患者総数の経年変化

太い実線は傾向線の回帰直線で、細い破線は参考の平滑化曲線である。

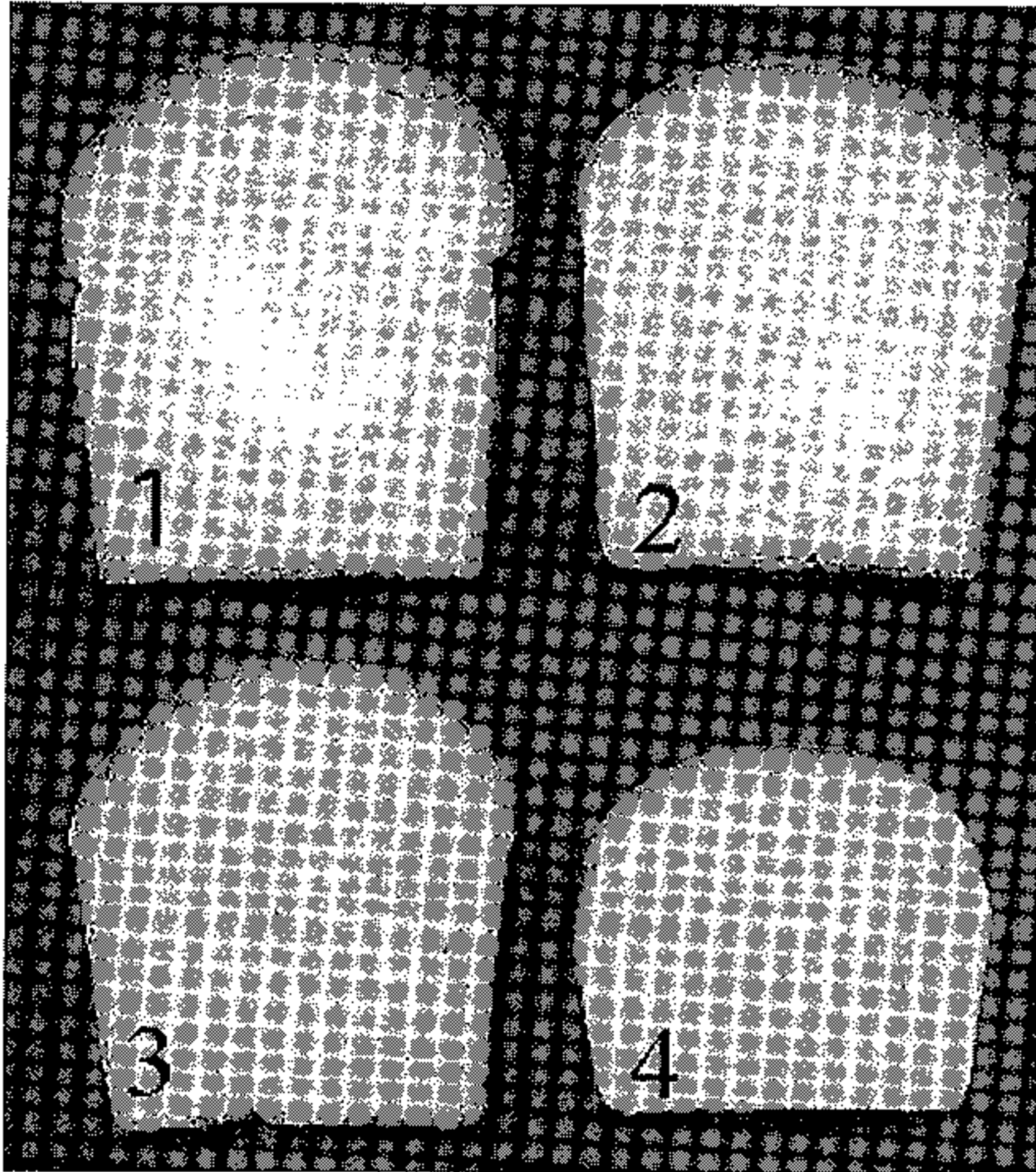


図2 トレハロースを含む高糖生地を用いた製パン試験

- 1; ショ糖30%, 2; ショ糖20%+トレハロース10%,  
3; ショ糖10%+トレハロース20%,  
4; トレハロース30%.

を冷凍生地製パンした場合のパン容積を示した。この結果からも、高糖生地に対するトレハロース添加は冷凍耐性の向上に機能しないことが支持される。これは、高糖生地に大量に含まれるショ糖が冷凍保護効果を既に示しているため、トレハロース添加による相乗的な効果が得られなかったためと考えられる。

## 2. 低糖生地発酵に与えるトレハロース添加の影響

次に、食パン等に用いられる低糖生地におけるトレ

ハロース添加の影響を観察した。一般に、低糖生地では3-5%のショ糖が生地に含まれているが、冷凍保護物質として機能する糖質の含量が低いため、冷凍傷害を受けやすいことが知られている。本研究では、5%のショ糖を含む低糖生地をコントロールとして、糖質量が合計で5または10%になるように種々の濃度で生地にトレハロースを添加して、発酵特性及び冷凍耐性を検討した。図4にトレハロースを含む低糖生地の発酵特性を発酵力及び膨張力として観察した結果を示した。その結果、ショ糖の全量をトレハロースで置換すると発酵力が低下することが明らかとなった。これは、パン酵母ではインベルターゼ活性が極めて高いのに比較して、トレハラーゼ活性が微弱であるためトレハロースが発酵糖として機能しないためと考えられる。一方、ショ糖2.5%+トレハロース2.5%の試料及びショ糖5%+トレハロース5%の試料の発酵特性はコントロール試料の発酵特性とほぼ同等であった。この結果は、高糖生地の場合と異なり、低糖生地の場合にはトレハロースの添加は発酵特性に対して有意な効果を与えないことを示している。さらに、同様の条件で、一次発酵および最終発酵を行った後焼成を行い、パンの容積および色相等を観察した。図5に示すように、トレハロースとショ糖を同時に含む試料においては、パン容積がコントロールと比較してほぼ同じであった。また、パンの色相については、高糖生地の場合と同様にトレハロースの配合比率が増加するほど、着色が少なくなることが明らかとなった。

次に、低糖生地の冷凍耐性に対する影響を観察した。一次発酵を60分行った後に、-20℃で1週間冷凍し、図6に示すように解凍後の発酵力および膨張力を測定した。図6Aで示した発酵力では、トレハロースを含む試料の発酵力はコントロール試料の発酵力とほぼ同等であった。しかし、図6Bに示したように、膨張力についてはコントロールと比較して、解凍後のトレハロースを含む試

表2 冷凍生地製パンにおけるトレハロース添加の低糖生地パン容積に与える効果

ショ糖量 (g/100g生地)	トレハロース量 (g/100g生地)	パン容積 (ml/100g生地)
5	0	513.31
2.5	2.5	483.49
0	5	540.74
5	5	573.27

第2表 病因物質別患者数の経年変化

項目	現在値 <sup>†1</sup> (人)	経年変化	
		回帰係数	平滑化曲線
細菌	36,337 (78.7%)	329.0**	
化学物質	216 (0.5%)	-20.0*	
自然毒	524 (1.1%)	-10.8**	
不明	3,108 (6.7%)	-229.6**	上に凹
患者総数	46,179	104.8	

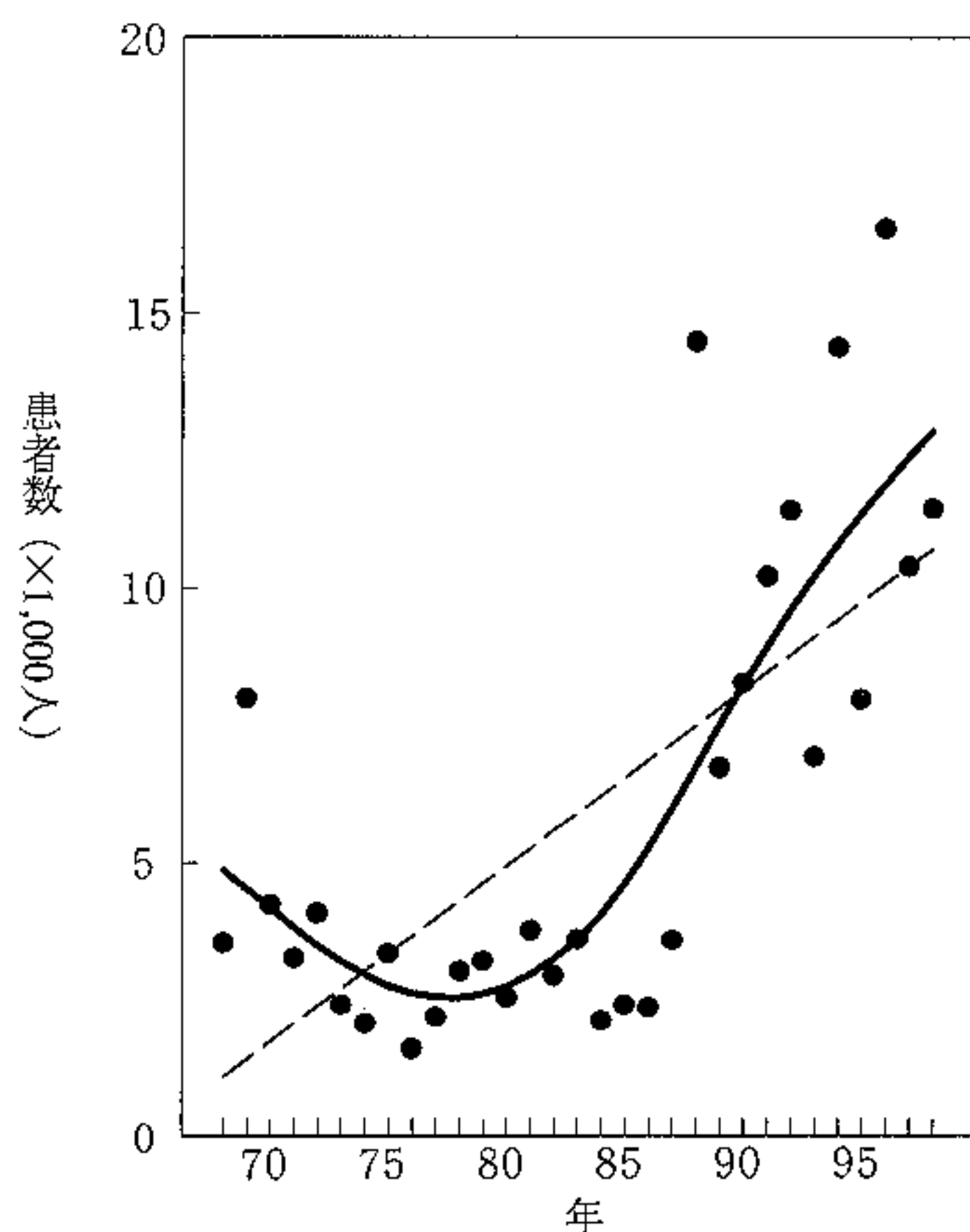
†1：括弧内は患者総数に占める割合。

第3表 細菌由来食中毒患者数の経年変化

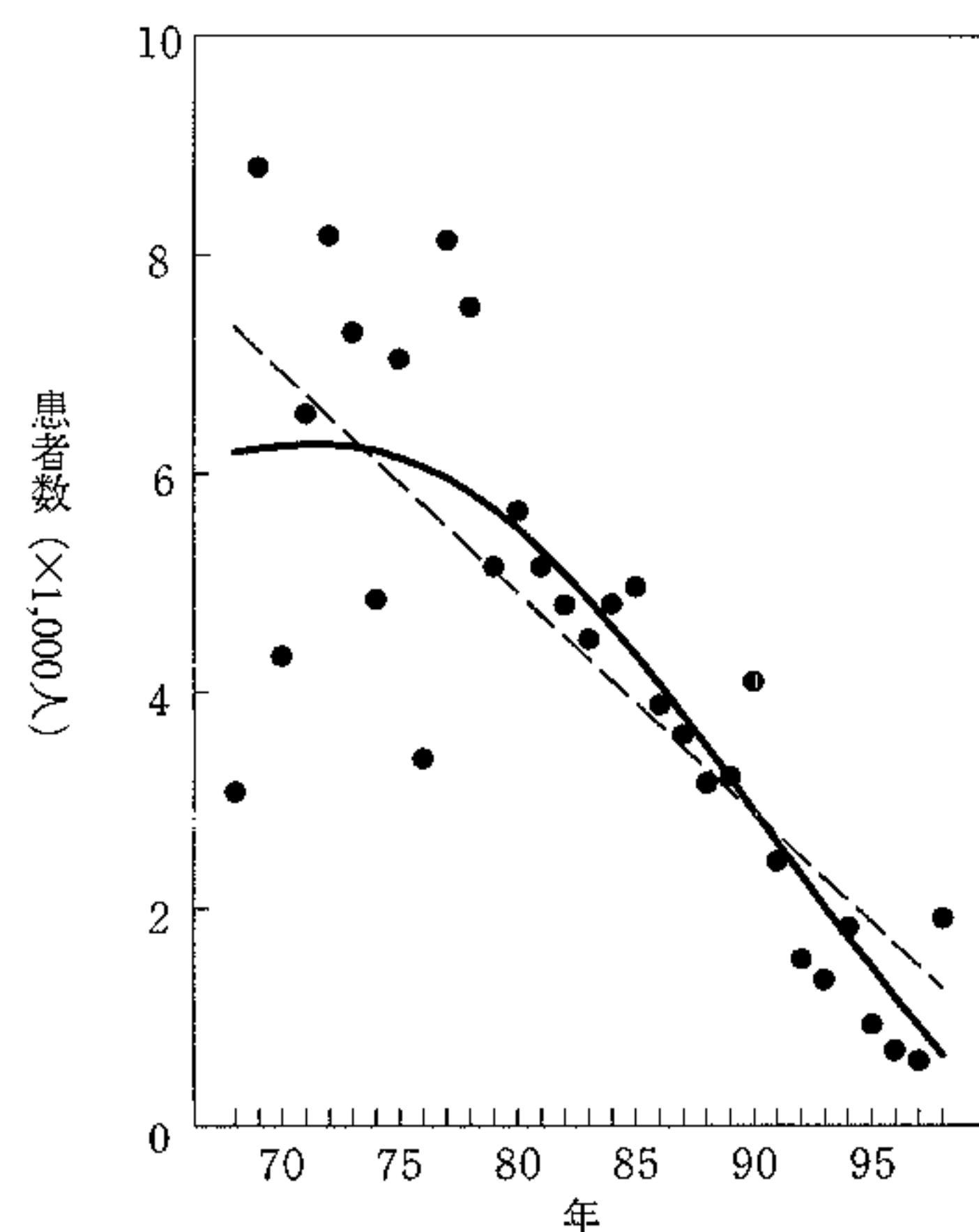
項目	現在値 <sup>†1</sup> (人)	経年変化	
		回帰係数	平滑化曲線
サルモネラ属菌	11,471 (31.6%)	321.6**	上に凹
ぶどう球菌	1,924 (5.3%)	-202.1**	上に凸
ボツリヌス菌	18 (0.05%)	-0.28	
腸炎ビブリオ	12,318 (33.9%)	-88.0	
病原大腸菌	3,416 (9.4%)	153.0**	
ウェルシュ菌 <sup>†2</sup>	3,387 (9.3%)	-3.8	
セレウス菌 <sup>†2</sup>	704 (1.9%)	6.6	
カンピロバクター <sup>†2</sup>	2,114 (5.8%)	-260.2*	
細菌由来患者総数	36,337	329.0**	

†1：括弧内は細菌由来患者総数に占める割合。

†2：解析期間は1983-1998年。



第4図 病因物質がサルモネラ属菌であった患者数の経年変化



第5図 病因物質がぶどう球菌であった患者数の経年変化

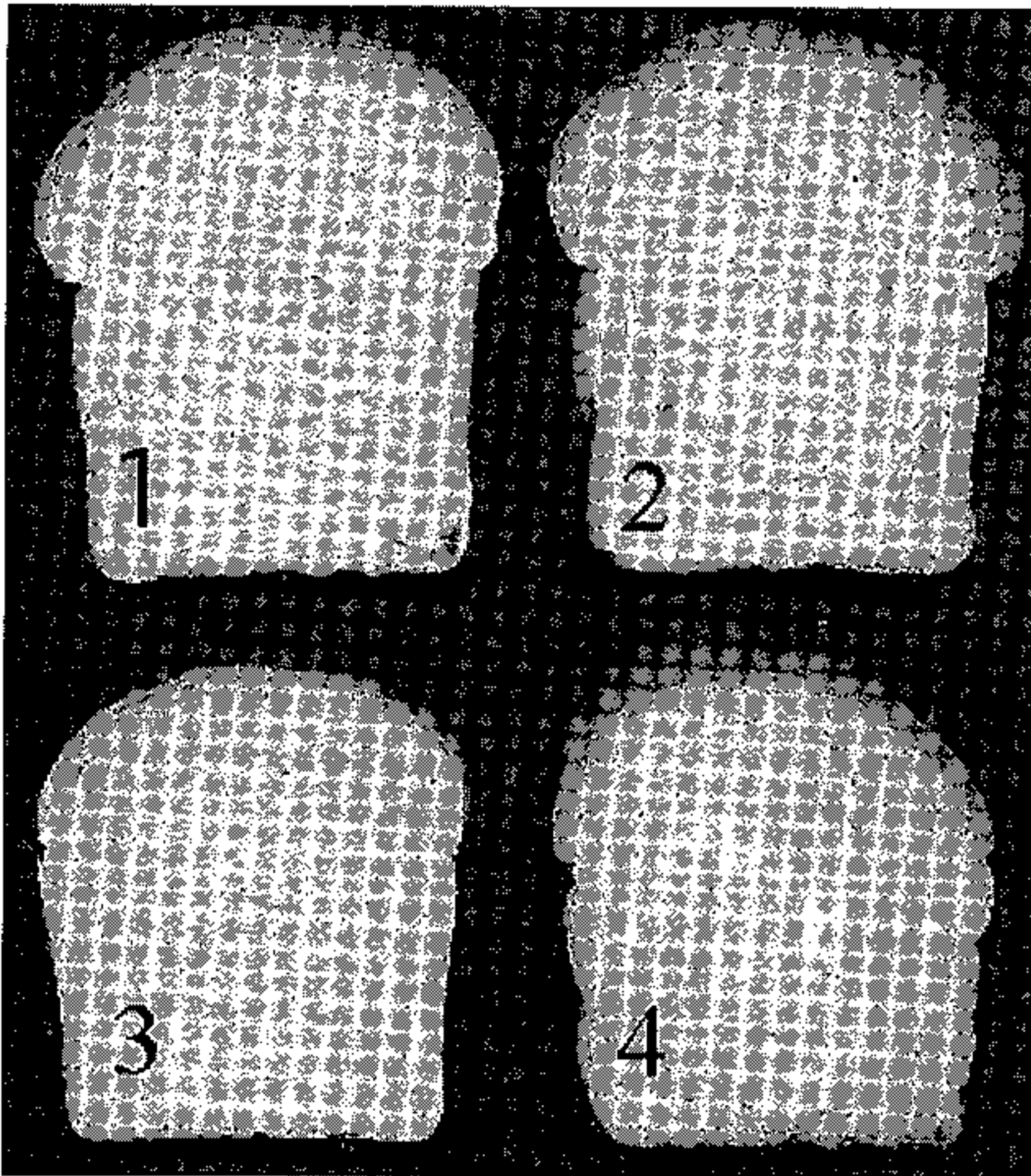


図5 トレハロースを含む低糖生地を用いた製パン試験

1; ショ糖5%, 2; ショ糖2.5%+トレハロース2.5%,  
3; トレハロース5%,  
4; ショ糖5%+トレハロース5%.

加していた。これらの知見は、実際の製パン過程に応用した場合には極めて有用な効果である。

本研究では、高糖生地及び低糖生地に種々の割合でトレハロースを添加し、発酵特性および冷凍耐性に与える影響を考察した。高糖生地においては、トレハロースを添加すると発酵特性は著しく改善されるが、冷凍耐性には大きな影響を与えないことが明らかとなった。現在のところ、この発酵特性の改善がどのようなメカニズムによるのかは明らかにできていない。冷凍耐性には影響を与えない原因は、高糖生地にはもともと糖質が大量に含有されており、その糖質がすでに冷凍保護物質として機能しているためであると考えられる。一方、低糖生地においては、発酵特性の変化は観察されなかったが、トレハロースを添加することにより冷凍耐性が向上することが明らかとなった。この冷凍耐性の向上の原因を推測すると、1) 生地中のトレハロースがパン酵母細胞中に取り込まれ冷凍保護物質として機能した可能性、2) トレハロース添加によりパン生地の物理・化学特性が変化した可能性、が考えられる。これらの可能性を検証するためには、パン生地中のパン酵母細胞に含まれるトレハロース含量の直接的な測定が重要である。しかしながら、小麦粉を主体として種々の糖質を大量に含むパン生地中において、パン酵母細胞中のトレハロースを特異的に検出・測定するのは極

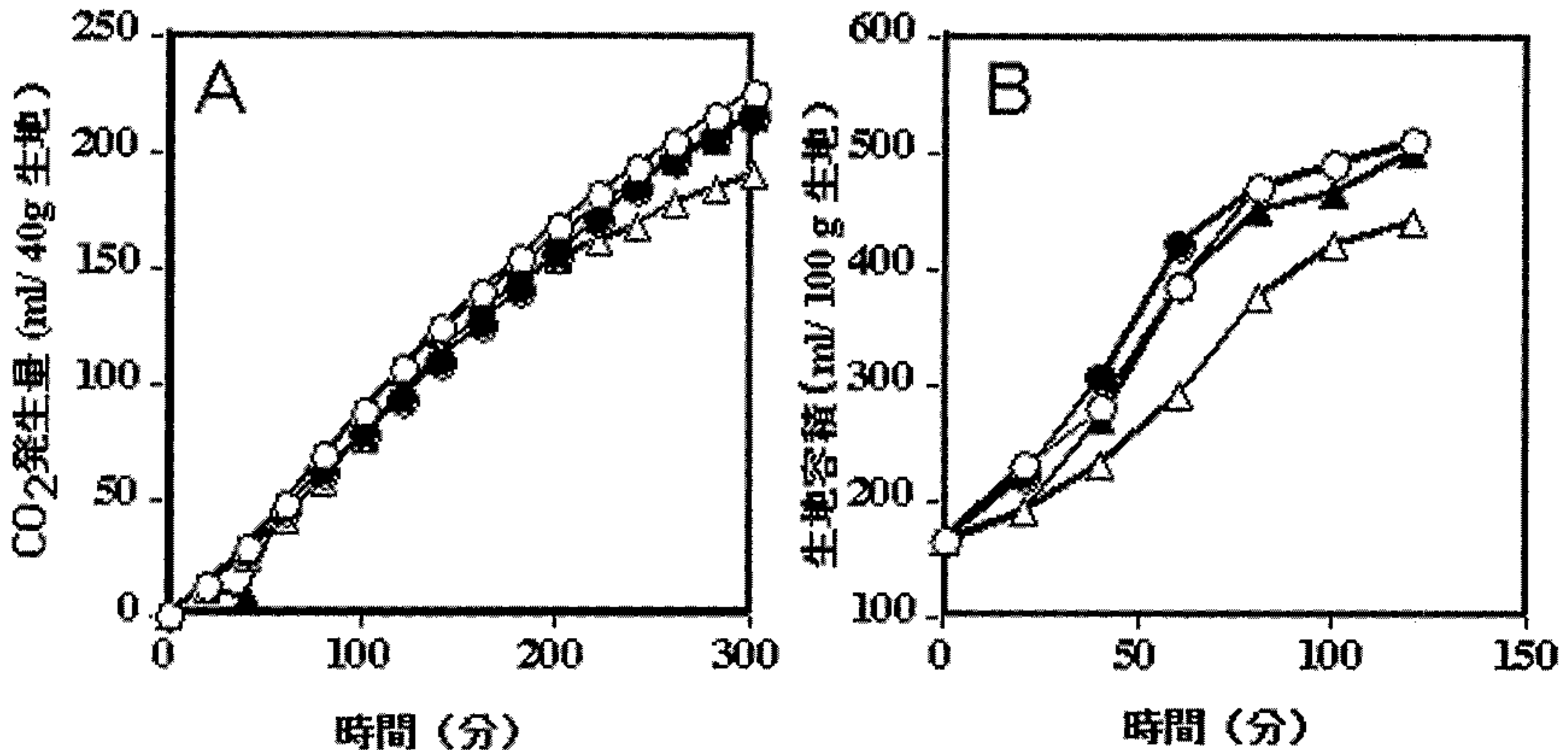


図6 低糖生地における冷凍耐性に対するトレハロース添加の効果

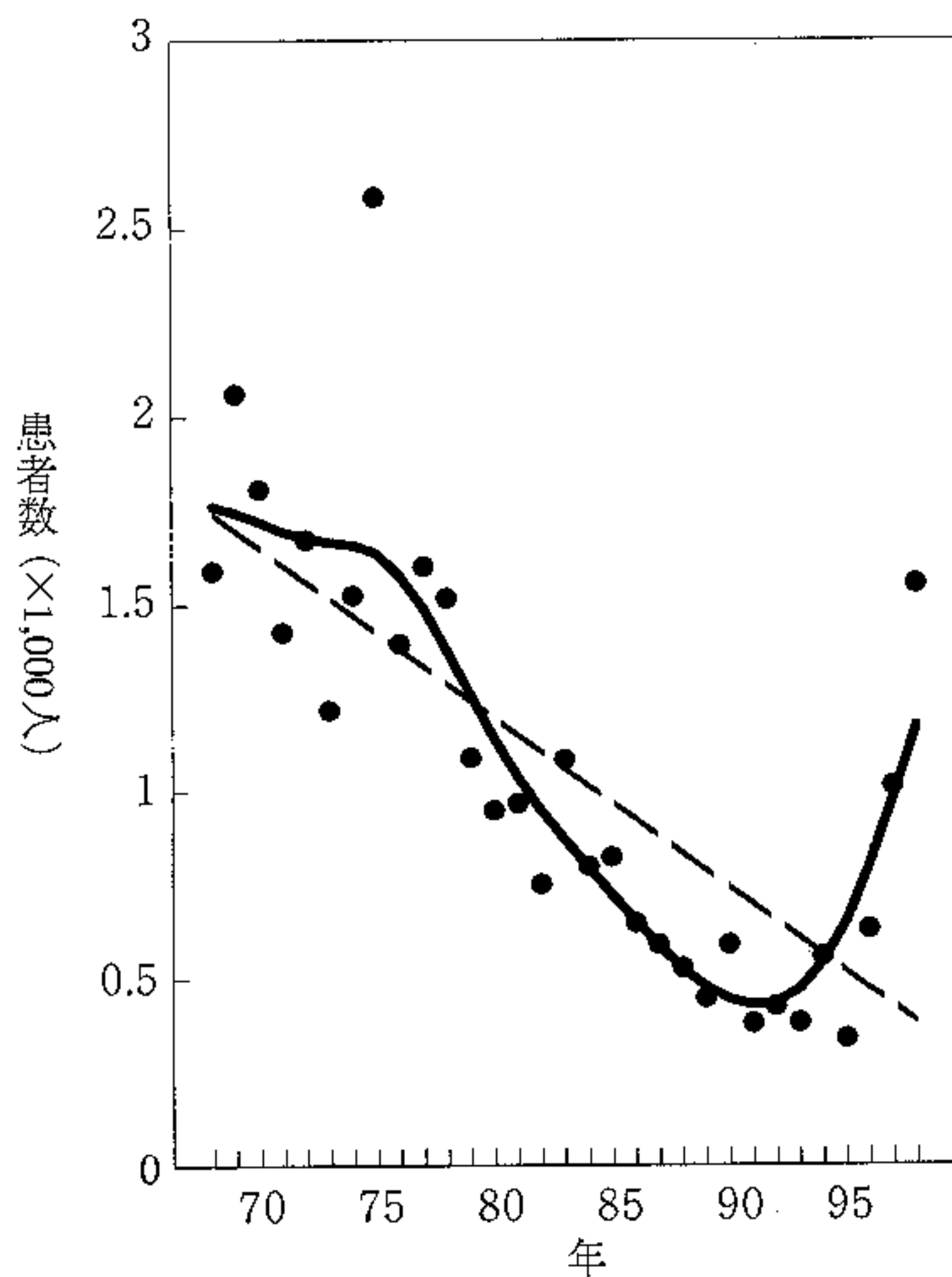
A; 冷凍1週間後の炭酸ガス発生量, B; 生地膨張力.

○; ショ糖5%, ●; ショ糖2.5%+トレハロース2.5%, △; トレハロース5%, ▲; ショ糖5%+トレハロース5%.

#### 4. 原因施設別患者数の動向

原因施設別患者数の経年変化を解析して、第5表にまとめた。注目されるのは現在も患者数をいちばん多く発生させている飲食店が、着実に患者数を増加させてきた事実である。傾向線として回帰直線が選ばれていることは、少なくとも増加が堅持されていることを意味する。患者数を3番目に発生させている旅館も、患者数は増加傾向にあった。

これに対し、家庭、事業所、販売店は、回帰係数をみると、患者数は減少してきた。ただし、家庭と事業所はその傾向を回帰直線で評価するのは適切でない。傾向線とするべき平滑化曲線の形をみると、家庭の場合でも（第7図）、患者数が減少したのは1990年頃までで、その後は増加に転じている。事業所も同じような様相を示した。



第7図 原因施設が家庭であった患者数の経年変化

第5表 原因施設別患者数の経年変化

項目	現在値 (人)	経年変化	
		回帰係数	平滑化曲線
家庭	1,555 (3.4%)	-45.4**	上に凹
事業場	3,010 (6.5%)	-57.5**	上に凹
学校	2,606 (5.6%)	-17.9	
旅館	6,738 (14.6%)	82.6**	
飲食店	15,050 (32.6%)	151.7**	
販売店	561 (1.2%)	-17.2**	
製造所	3,131 (6.8%)	-27.4	
仕出屋	7,264 (15.7%)	42.8	
不明	3,716 (8.0%)	28.8	

†1: 括弧内は患者総数に占める割合。

なお患者総数は第2表に掲載してある。

#### 要 約

食中毒発生の動向を的確に把握する目的で、食中毒統計データを用いその経年変化を経験ベイズ型平滑化法で解析し、以下の知見を得た。

1. 事件数、患者数、死者数の3つの指標の総数を解析したところ、それぞれに異なった傾向を示した。事件数は近年激増、患者数は変化が認められない、死者数は急減から近年は増加気味となった。
2. ただし、事件数の近年の激増は全体の動向を反映したものとは言い難く、内訳の解析には患者数を指標とするのが妥当である。
3. 病因物質としては、細菌が増加しており、中でもサルモネラ属菌と病原性大腸菌が増加している。
4. 原因食品は、具体的な食品で増加している項目はなく、その他だけが増加した。項目の見直しの必要性が指摘できる。
5. 原因施設では、飲食店、旅館が増加したが、80年代までは減少した家庭、事業所も、近年は増加した。

本研究成果は、日本食品衛生学会第81回学術講演会（東京）で発表した。その際有益なコメントをいただいた、東京水産大学藤井建夫教授に深謝する。本研究の計算と作表は、若公律子さんにより手際よくなされた。

## 文 献

- 1) 島藺順雄・小池五郎・福場博保（編）：食品衛生学, 朝倉書店, 東京, p.11 (1979).
- 2) 厚生省生活衛生局食品保健課監視係：食品衛生研究, 49, 10, p.91 (1999).
- 3) 小田隆弘：食衛誌, 39, 2, J-179 (1998).
- 4) 伊藤武：食衛誌, 41, 6, J-384 (2000).
- 5) 中嶋茂：実務食品衛生学（川端俊治・春田三佐夫・細貝祐太郎編）, 中央法規出版, 東京, p.8 (1973).
- 6) 厚生省生活衛生局食品保健課編：食中毒統計, 厚生統計協会, 東京, p.16 (2000).
- 7) 柳本正勝・大家せつ子・柳本武美：日食工誌, 37, 143 (1987).
- 8) 柳本正勝・八重垣康子・細田浩・金子勝芳：日食科工誌, 45, 559 (1998).
- 9) 柳本正勝・柳本武美：食総研報, No.62, 1 (1998).
- 10) 柳本正勝・八重垣康子・柳本武美：フードシステム研究, 7, 25 (2000).
- 11) 柳本正勝：食総研報, No.65, 23 (2001).
- 12) 柳本武美・柳本正勝：統計数理研究所彙報, 31, 117 (1983).
- 13) Yanagimoto, T., Yanagimoto, M.: Technometrics, 29, 95 (1987).
- 14) 柳本正勝・柳本武美：日食科工誌, 47, 136 (2000).
- 15) 食品総合研究所食料資源問題研究会（編）：食料需給動向グラフ集, 食品総合研究所食料資源問題研究会, つくば, p.1 (1999).
- 16) 厚生省生活衛生局食品保健課編：食中毒統計, 厚生統計協会, 東京, p.90 (2000).
- 17) Craven, P. and Whaba, G.: Numer. Maths, 31, 377 (1979).
- 18) Simonoff, J.S.: Smoothing Method in Statistics, Springer, New York p.134 (1996).
- 19) Hart, J. D.: Nonparametric Smoothing and Lack-of-Fit Tests, Springer, New York p.84 (1997).
- 20) 食中毒発生状況：食品衛生, 通巻511号, 35(1999).
- 21) 南俊作：食品衛生研究, 50, 4, p.34 (2000).
- 22) 中村明子：食品衛生, 通巻523号, 8 (2000).
- 23) 食品衛生調査会食中毒部会の検討概要：食品衛生研究, 49, 1, p.83 (1999).
- 24) 食品衛生調査会食中毒部会の検討概要：食品衛生研究, 49, 10, p.67 (1999).
- 25) 島田俊雄・荒川英二：食品衛生, 通巻509号, 20 (1999).