

腸管出血性大腸菌 O-157 による食中毒の事例解析

6 班 和泉雄祐 通岩 聡 仲田尚央 李 召熙

アドバイザー教員：金野秀敏

概要 - 本研究では主に確率的解析によって O-157 による食中毒リスクの解析を行った。結果、牛肉の低温での保存、調理時の十分な加熱の徹底により大きな感染リスクの低減効果が見込まれた。さらに O-157 の発生確率がその年の発生事例数を平均としたポアソン分布に従うことを確認した。また気温の高い日には感染リスクが高まることが定量的に示された。

1. O-157 発生状況の概要

腸管出血性大腸菌 O-157 (以下 O-157) は、1981 年にアメリカのオレゴン州・ミシガン州のファストフード店においてハンバーガーによる集団食中毒事件が発生し患者の糞便から検出されたことで最初に認識された。我が国では 1984 年に大阪の散発事例から始めて検出された。さらに平成 2 年に埼玉県保育園において 2 名の園児が死亡する集団食中毒が発生して話題を集めたが、その後大きな発生は見られなかった。しかし平成 8 年 5 月、岡山県邑久町で腸管出血性大腸菌 O-157 (以下 O-157) による学校給食を原因食品とする集団食中毒事件が発生した(有症者 468 名,死亡 2 名)。この事件が発端となり、6 月には全国各地で患者 100 人以上の規模の集団食中毒が頻発した。同年 7 月、大阪府堺市でいわれ大根を原因とする大規模な食中毒が発生し、5727 人が被害にあった。

病原性大腸菌は 4 種に区分〔組織侵入性大腸菌・病原血清型大腸菌・毒素原性大腸菌・腸管出血性大腸菌 (Verocytotoxin producing E. coli : VTEC, Enterohemorrhagic E. coli : EHEC)〕され、O-157 はこの中で腸管出血性大腸菌に属しており、正確には O-157:H7 と記される。本菌による症状として、ヒトは軽度の下痢に始まり、翌日には血便が認められることが多い。患者の 70% は 37 ° 台の発熱であるが、激しい腹痛・下血・血便を伴う。発症後 1 週間を経過すると、数%の患者が血小板減少・溶血性貧血・急性腎不全の症状が認められる HUS (溶血性尿毒症症候群) に進展する。HUS の患者の約 30% に意識障害・けいれん・脳浮腫や神経障害等の神経症状が合併し、約 3% が死に至る。

汚染源としては、牛等の腸内に常在菌として約 1% 前後生息し、糞便中に排泄された菌が直接あるいは八

工等を介して食肉、野菜等の食品や水・土壌を汚染する。また屠殺時に腸内容物により肉が汚染されると考えられている。普通の食中毒原因菌による感染発症には十万個から千万個の菌量が必要なのに対し、O-157 は約 100 個の菌で感染・発症するといわれ、ヒトからヒトへの感染も成立する。汚染された食品を食べたり、また水や土壌及び保菌者の便から手指を介して菌が口から入ることで感染・発症する。O-157 は熱に弱く、75 ° で 1 分間加熱すれば死滅する。しかし低温条件に強く、家庭の冷蔵庫では生き残ると考えられる。また酸性条件に強く、胃液においてコレラは 1 万分の 1 程度より生残出来ないのに対し、O-157 は 10 分の 1 は生き残り、摂取菌量が数百個でも数十個は生残し結腸に取り付くことになる。さらに水中においても相当長期間生存し、1991 年にアメリカのオレゴン州において水泳による O-157 の感染が確認されている。また、日本においても O-157 に汚染された井戸水を飲んだ幼稚園児への感染が確認されている。平成 8 年度に O-157 による大規模な食中毒事故が頻発したために厚生労働省はウェブなどを通じて感染予防のための知識の周知を図ったが、O-157 についてのこれらの性質から、O-157 への感染リスクは“ユビキタス”であるとされており、感染予防への注意事項においてはあらゆる感染ルートを想定し対策を講じている。しかし各年度の O-157 による食中毒事故の発生状況を見ると、依然として発生は続いており(表 1)、その発生原因には加熱牛肉による食中毒など、O-157 感染原因として頻出する食品が近年においても原因となっている。O-157 感染リスクの管理に向けては、リスクの大きさを定量的に測ることにより、優先して対策を意識すべきリスクの高い感染経路を特定することが有効であると考えられる。本研究では、O-157 検出食材、食中毒事故に発展した事例の原因食材、また発生日の

気温データなどから主に確率的解析によって O-157 による食中毒リスクの解析を行う。

表 1. O157 による食中毒の発生状況

	発生件数	患者数	死者数
平成 8 年	87	10322	8
平成 9 年	25	211	0
平成 10 年	13	88	3
平成 11 年	6	34	0
平成 12 年	14	110	1
平成 13 年	24	378	0
平成 14 年	12	259	9
平成 15 年	10	39	1
平成 16 年	18	70	0
平成 17 年 (7/13 現在)	4	15	0

2 . O-157 原因食材と予防法

平成 8 年度に O-157 による大規模な食中毒事故が多発したことを受けて、政府機関は食品業者などに対する監視指導の徹底、食肉衛生検査所における検査体制の強化、調理従事者の検便検査の徹底などによる感染源対策、また飲用井戸・プール・海水浴場などの水質検査の強化、研修・講習会の実施、新聞広告やホームページを開設することなどによる感染予防方法の国民への周知などによる感染防止対策、さらに医療機関に対して「一次、二次医療機関のための O-157 感染症治療のマニュアル」の配布するなどによる医療対策など一貫した O-157 対策が講じられた。O-157 は動物腸内に常在する菌であるため、厚生労働省の調査による O-157 の検出事例を見るとやはり牛肉など食肉が多く見られる(図 2-1)。O-157 は低温状態において増殖力の低下(10 において増殖速度の低下、-15 において活動停止)、また高温状態に置かれると死滅(75 において 1 分間ほどで死滅)という性質があるため、厚生労働省による O-157 への感染対策では低温での保存、調理時には 75 での 1 分間の加熱が推奨されている[1]。しかし、近年(平成 14 年から 3 年間)の O-157 による食中毒被害状況を見ると、依然として牛肉による食中毒事故が多くの割合を占めていることがわかる(表 2-1~表 2-3)。ここから、牛肉による感染防止への徹底が O-157 による食中毒リスクの低減への大きな貢献が見込まれる。

食肉が O-157 に汚染される過程としては、家畜の屠殺工程で腸内容物がその他の部位に接触することが

主な原因と考えられている。また O-157 が混入している糞尿が家畜の体に付着することで、O-157 の拡散が考えられる。しかしながら家畜体内に常在する菌を家畜から完全に除去するのは現実的に不可能と考えられており、O-157 菌数を殆ど 0 に近づけることはできるが、完全に死滅させることは難しい[4]。

次に食肉の調理過程における加熱殺菌について、栃木県南食肉衛生検査所による報告[5]によれば、菌は食肉の種類によっては食肉表面に付着しただけでも内部を容易に汚染し、汚染が成立すると生食用食肉には有効な殺菌方法がないこと、また特定加熱食肉製品においては、その製造基準により O-157 は容易に殺菌されるが、高温に放置されると殺菌されない耐熱性を獲得することが言われている。この結果を受けると、たとえば表面に O-157 が接触しただけでも、食肉内部まで O-157 に汚染される危険があるため、調理時に過熱調理を十分に行い、食肉内部にも十分に殺菌しなくてはならないことが分かる。また調理時の高温殺菌だけでなく、食肉を保存する際にも、できるだけ低温で保存するといった処置を施さなくてはならない。

以上で述べたことをまとめると食肉による O-157 食中毒を防ぐには以下 2 点に細心の注意を払うことが必要である。

- 1 . 食肉の低温で保存
- 2 . 調理の際の十分な加熱

以上 2 点について、実験により菌の死滅する条件の検証を行い、マニュアル化することにより調理加工時の留意点として徹底させることが求められる。平成 13 年 3 月に栃木県において起こったローストビーフ(特定加熱食肉製品)を原因とする O-157 感染症では、食肉(3×3×6cm)を 63 の温水中に水没させるローストビーフの一次殺菌の加熱時間を 30 分間に短縮していた。しかし当該ブロックの中心温度が 60 に達するには約 50 分を要するという報告があることから[5]、この製造方法は、特定加熱食肉製品の製造基準(中心部で 60 12 分の加熱)を逸脱しており、食肉内部の汚染菌を殺菌出来ない。作業効率を優先した製造過程の省略が食中毒事故による大きなリスクを生み出すことになる。表 2-1.~表 2-3.

O-157 による食中毒被害状況

表 2-1.平成 14 年

原因食材	件数	摂食者数	患者数	死亡数
牛肉	3	9	8	0
魚介類	1	19	7	0
不明	9	1088	258	9
計	13	1116	273	9

表 2-2. 平成 15 年

原因食材	件数	摂食者数	患者数	死亡数
牛肉	2	64	15	0
魚介類	1	4	3	0
不明	9	4440	166	1
計	12	4508	184	1

表 2-3. 平成 16 年

原因食材	件数	摂食者数	患者数	死亡数
牛肉	8	7367	36	0
魚介類	3	1590	10	0
不明	10	4167	189	0
計	21	13124	235	0

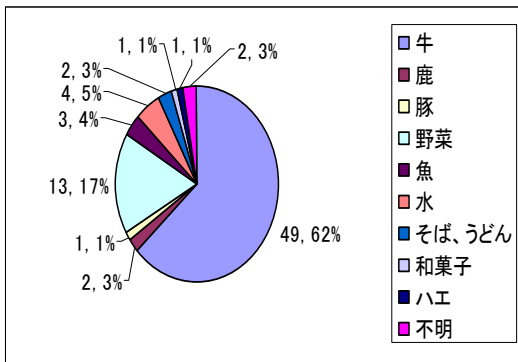


図 2-1. O-157 の検出件数と割合 (平成 8 年～平成 15 年)

3 . O-157 発生事例の確率統計的解析

3-1 . V T 産生腸管出血性大腸菌発生時例の確率統計的解析

O-157 による食中毒事故に限定すると解析に必要な十分なデータが得られないため、厚生労働省の「食中毒・食品監視関連情報」[13]の平成 14 年から平成 16 年の三年間の食中毒発生事例のうち、原因が「細菌-腸管出血性大腸菌 (V T 産生)」に該当するものを抜粋、集計した。そもそも O-157 は腸管出血性大腸菌という区分に包含される関係である。その他にもそのような大腸菌は存在するものの、O-157 による食中毒発生件数と腸管出血性大腸菌による食中毒発生件数がほぼ同等であることからここでは同じものとみなして解析を行った。表 3-1-1 はそれぞれ 1 月 1 日を週の初めとして一年を 52 週にわけ、それぞれの週で何件の発生事例があったのかを集計したものである。

表 3-1-1. 年度別の週当たりの発生件数度数分布表

発生件数/週	平成 14 年	平成 15 年	平成 16 年	合計
0	41	42	35	118
1	9	8	14	31
2	2	2	2	6
3			1	1

それぞれの年度について、週当たりの発生件数の期待値を平均としたポアソン分布を仮定した。ポアソン過程は所定の時間間隔で発生する事象を数える確率変数をもつ離散確率分布であり、単位時間中に平均 回発生する事象が k 回 (k は 0 を含む自然数) 発生する確率は次式で表される。

$$P(k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

試行回数が多く、発生確率が少ない事象によく適合することで知られる。そのときの事象の生起確率、それに 52 (週) をかけた一年間の期待値を以下に示す。

表 2-2-2. ~ 表 2-2-5.

ポアソン分布による期待値と観測値の比較

表 3-1-2.

平成 14 年 (λ = 0.25)			
発生件数/週	観測度数	生起確率	一年間の期待値
0	41	0.7788	40.50
1	9	0.1947	10.12
2	2	0.0487	2.53

表 3-1-3.

平成 15 年 (λ = 0.2308)			
発生件数/週	観測度数	生起確率	一年間の期待値
0	42	0.7939	41.28
1	8	0.1832	9.53
2	2	0.0423	2.20

表 3-1-4.

平成 16 年 (λ = 0.4038)			
発生件数/週	観測度数	生起確率	一年間の期待値
0	35	0.6550	34.06
1	14	0.2645	13.75
2	2	0.1068	5.55
3	1	0.0431	2.24

表 3-1-5.

合計 ($\lambda=0.2949$)			
発生 件数/ 週	合計	生起確率	一年間の 期待値
0	118	0.7446	116.1
1	31	0.2195	34.25
2	6	0.0323	5.050
3	1	0.0031	0.496

観測度数とポアソン分布による期待値が特に平成 14, 15 年度においてよい近似値を与えていることが分かる。また、この年度ではポアソン分布において平均と分散が等しいという性質とも合致する。3 年の合計についても同じことがいえる。

次に 3 年の合計データについてデータから求めた平均値を用いたポアソン分布を適用できるという帰無仮説について² 検定を行った。発生件数 3 件/週については期待度数が 5 未満のため、期待度数 2 以上の級としてまとめた。制約条件は週数の合計が 3 年分 156 週であること、そして平均値をデータから求めたという 2 つより自由度 = 1 であるのでイエーツの補正を適用した結果、 $\chi^2=0.277$ となった。5% 水準の棄却域は $\chi^2>3.84$ であるから有意でなく、帰無仮説は保持される。

3-2 気温と O-157 食中毒の関係

次に、気温と発生件数の関係を調べた。表 3-2-6 は、気象庁のデータベースより、発生地点のその年の日ごとの気象の情報を入手し、温度帯域別に VT 産生腸管出血性大腸菌による食中毒事故の発生件数を示したものである。

表 3-2-6. 気温帯と発生件数の相関

気温(~)	平成 14	平成 15	平成 16	平均
10	1	0	1	0.66
15	2	0	2	1.33
20	0	1	1	0.66
25	2	4	3	3
30	3	5	1	3
35	3	2	10	5
相関係数	0.69	0.71	0.67	0.91

同表最下部の欄は気温との相関係数である。各年度は相関係数が 0.7 程度、3 年分の平均では 0.91 という強い相関が見られた。

これより、気温と VT 産生腸管出血性大腸菌による食中毒の発生確率には関係があると思われたため、次に日本の年平均気温と O-157 のその年の食中毒発生件数との相関を求めたところ、(詳しい事例別の情報がある) 平成 14 年から 16 年度までは 0.97 という

非常に強い相関が見られた。しかし平成 8 年から 16 年までのデータに同様の適用すると -0.70、つまり負の相関を示した。

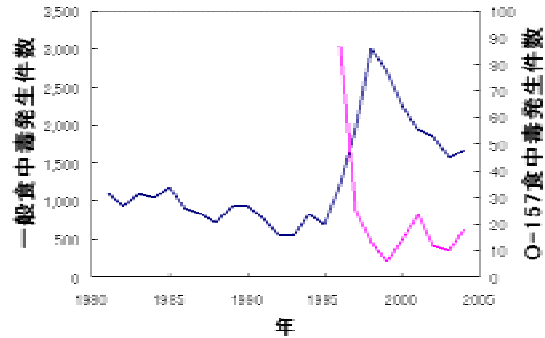


図 3-2-1. 一般食中毒と O157 食中毒発生件数の推移

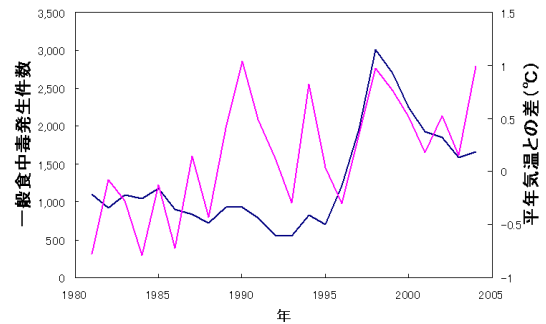


図 3-2-2. 一般食中毒発生件数と年平均気温の推移

一般に食中毒は気温の高い時期におきやすいといわれていることから O-157 以外の食中毒発生件数と年平均気温との相関を算出したところ、昭和 56 年から平成 16 年までで 0.48、平成 8 年から平成 16 年までが 0.70 であったのでやはりある程度関係性が認められ、一般常識とも合致する。平成 8 年から 16 年までの 9 年間の腸管出血性大腸菌による食中毒とそれ以外の食中毒との相関では -0.63 という負の相関が見られた。

このことから腸管出血性大腸菌による食中毒の発生には一般の食中毒とは異なる要因が関与していると考えられる。それらの仮説としては平成 8 年の O-157 による集団食中毒事件以降、行政指導や対策が積極的に行われてきたこと、感染、発症にいたるのに必要な菌数が O-157 は他の食中毒菌に比べてオーダーが非常に小さく、根本的に異なるモデルが必要、などが考えられる。しかし、については大規模集団食中毒事件以前の統計データがないことから議論は困難であり、については本研究で発見するに至らなかった。

4. 結論及び考察

本研究では、平成 8 年度の O-157 食中毒事故の多発を受けて政府機関の主導により様々な対策が講じられ

たにもかかわらず、以降の食中毒事故の動向を見ると、依然として原因食材には牛肉が多く、高いリスクが潜在していることを述べた。O-157の牛肉への感染経路としては、牛の屠殺時に腸内容物が枝肉に対して付着することが主な原因と考えられるが、牛体内に常在する菌を完全に死滅することは難しいことから、牛肉の調理時に

1. 食肉の低温で保存
2. 調理の際の十分な加熱

以上2点について徹底することにより大きな感染リスクの低減効果が見込まれることを述べた。またこの保存条件及び加熱による菌の死滅条件について、検証実験により菌の増殖を防止する保存条件、菌の死滅する加熱条件の検証を行い、マニュアル化することにより調理加工時の留意点として徹底させることが求められる。近年食品加工業者に対して推奨されているHACCPシステムを有効に機能させるには、作業効率を優先した加工過程の変更ではなく、検証実験に基づいたシステムの改善が重要であると考えられた。

そして次章ではO-157の年度ごとの発生確率はその年の発生事例数を平均としたポアソン分布に従うことが確認されたが、年の発生数の増減が何に起因しているのか特定するには至らなかった。

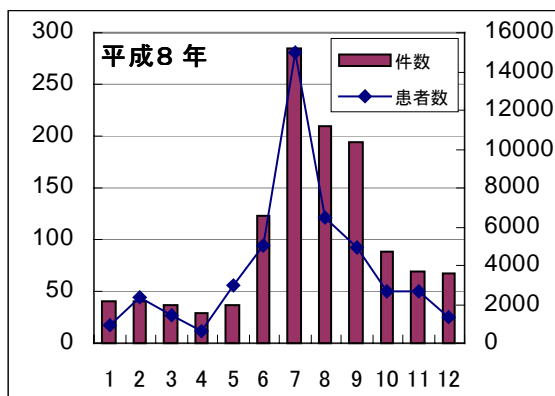
O-157はその性質から気温の高い日には感染が発生しやすいと考えられたため、気温とO-157食中毒事故発生件数の関係を調べた。その結果、強い相関が見られ、気温の高い日には感染リスクが高まることが定量的に示された。一般に食中毒は気温の高い時期に起こりやすいといわれており、O-157以外の食中毒全般の発生件数と、年間平均気温との相関を見たところ、やはりある程度の相関が見られた。ここでO-157の発生件数との相関を求めると、負の相関が見られた。このことから腸管出血性大腸菌による食中毒の発生には一般の食中毒とは異なる要因が関与していると考えられる。それらの仮説としては平成8年のO-157による集団食中毒事件以降、行政指導や対策が積極的に行われてきたこと、感染、発症にいたるのに必要な菌数がO-157は他の食中毒菌に比べてオーダーが非常に小さく、相関が出るにはデータ数不足、などが考えられる。さらなる解析のためには、食中毒事故が起こった際の、厚生労働省への報告の義務化、原因食品の特定による情報の集積が求められる。しかしながら一般の食中毒の発生件数とは明らかに異なる傾向が見られ、このことから必要な対策も異なることが示唆される。その中身としては原因食材として牛肉が圧倒的に比重が重いことからO-157による食中毒発生の予防という観点からいえば牛肉の衛生的な管理が特に望まれる。

参考文献

- [1] 厚生労働省ホームページ
<http://www.mhlw.go.jp/index.html>
- [2] 気象庁気象統計情報
<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index.html>
- [3] 齊藤成也(2005)「ゲノム進化学の展開～中立進化するゲノム」『数理科学』 No.507 (2005年9月号) pp.70-76
- [4] 船渡川圭次(2003)「食肉中における腸管出血性大腸菌の挙動と殺菌方法の検証」『食品衛生研究』 No.4(2003) pp.63-67
- [5] 西田博(1997)「O157など大規模食中毒の予防・阻止と対応」『食品工業』(1997-4.30) pp.14-34
- [6] 過去20年間における病原大腸菌食中毒発生の動向(1978-1997)
<http://kgef.ac.jp/ksjc/kiyo/030060k1.htm>
- [7] Draft Risk Assessment of the Public Health Impact of Escherichia coli O157:H7 in Ground Beef
Prepared for the Food safety and Inspection Service by the Escherichia coli O157:H7 Risk Assessment Team
<http://www.who.int/foodsafety/micro/links/en/>
- [8] Riley, L.W., R.S. Remis, S.D. Helgerson, H.B. McGee, J.G. Wells, B.R. Davis, R.J. Hebert, E.S. Olcott, L.M. Johnson, N.T. Hargrett, P.A. Blake, and M.L. Cohen. 1983. Hemorrhagic colitis associated with a rare Escherichia coli serotype. *New Engl J Med* 308:681-685
- [9] 食品安全委員会
(http://www.fsc.go.jp/sonota/o-157_h7.pdf)
- [10] 厚生労働省、一次・二次医療機関のための腸管出血性大腸菌感染症治療の手引き
<http://www1.mhlw.go.jp/o-157/manual.html>
- [11] 衛生公害研究所年報 - 牛枝肉の衛生評価 -
<http://www.city.kyoto.jp/hokenfukushi/eikouken/nenpou/No.65/r/r.html>
- [12] 食品等からO157が検出された例
<http://www.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/jokyo/o157rei.html>
- [13] 厚生労働省、食中毒・食品監視関連情報
<http://www.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/>

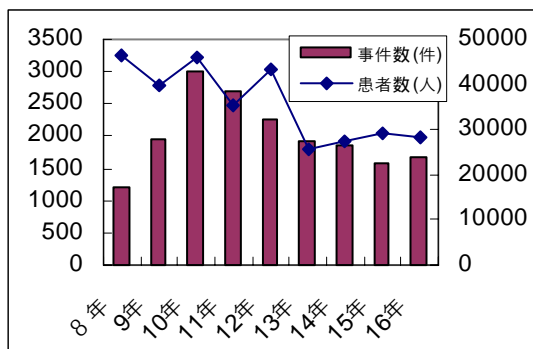
・年度別食中毒の発生現況

	事件数 (件)	患者数 (人)	死者数 (人)
8年	1217	46327	15
9年	1960	39989	8
10年	3010	46179	9
11年	2697	35214	7
12年	2247	43307	4
13年	1928	25862	4
14年	1850	27629	18
15年	1585	29355	6
16年	1666	28175	5



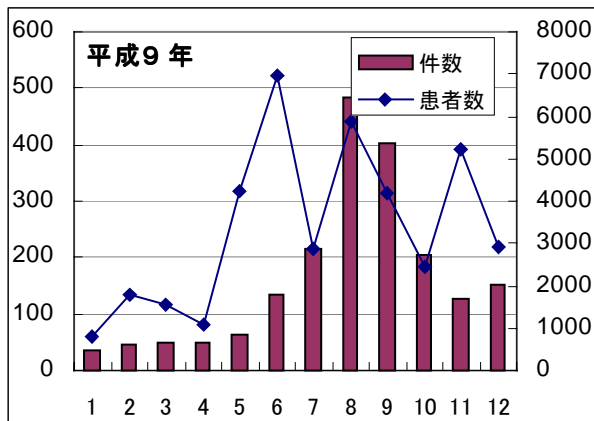
・平成9年月別食中毒の発生現況

9年	件数	患者数	死者数
1	34	786	1
2	47	1,806	1
3	51	1,572	0
4	48	1,088	2
5	63	4,236	1
6	134	6,948	1
7	216	2,888	0
8	483	5,866	1
9	401	4,191	0
10	203	2,457	0
11	128	5,243	0
12	152	2,908	1



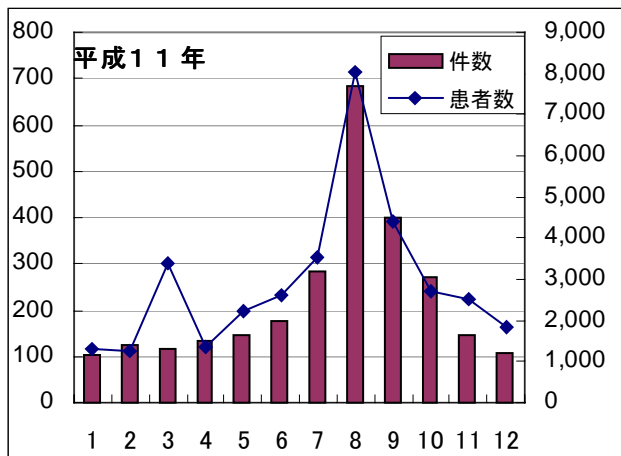
・平成8年月別食中毒の発生現況

8年	件数	患者数	死者数
1	40	924	0
2	40	2,395	0
3	36	1,474	1
4	28	603	1
5	37	3,013	4
6	123	4,992	0
7	284	14,975	6
8	209	6,425	0
9	194	4,872	1
10	89	2,703	1
11	69	2,659	0
12	68	1,292	1



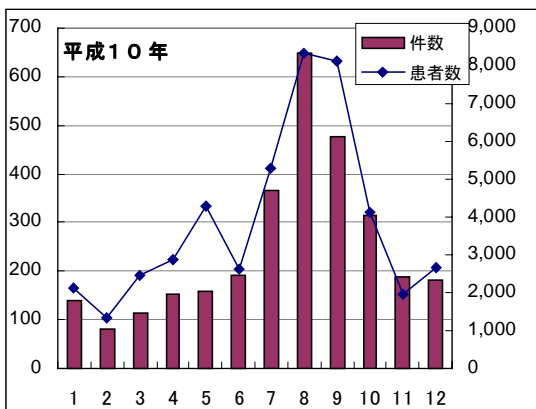
・平成10年月別食中毒の発生現況

10年	件数	患者数	死者数
1	139	2,143	0
2	80	1,337	0
3	112	2,460	0
4	153	2,881	0
5	160	4,274	0
6	192	2,626	0
7	366	5,276	0
8	649	8,321	0
9	478	8,127	1
10	313	4,138	2
11	187	1,943	3
12	181	2,653	2



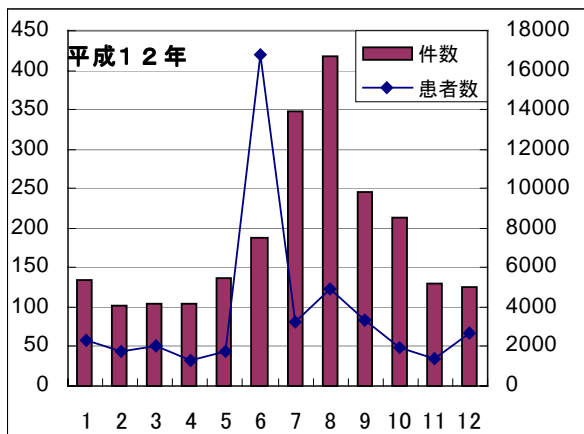
・平成12年月別食中毒の発生現況

12年	件数	患者数	死者数
1	134	2288	0
2	101	1720	0
3	105	2034	0
4	105	1261	1
5	136	1725	0
6	187	16748	1
7	348	3234	0
8	417	4961	0
9	247	3309	0
10	213	1990	2
11	129	1363	0
12	125	2674	0



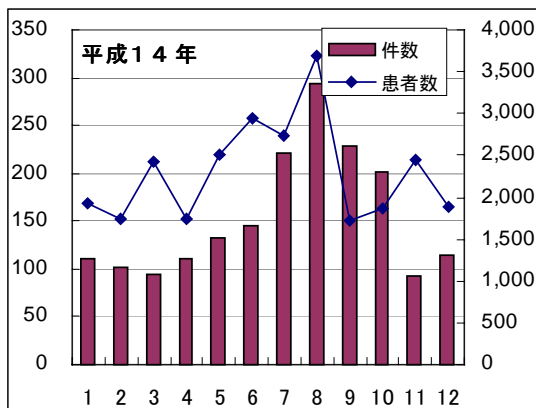
・平成11年月別食中毒の発生現況

11年	件数	患者数	死者数
1	102	1,312	0
2	125	1,265	1
3	116	3,379	0
4	133	1,340	0
5	148	2,216	0
6	176	2,618	0
7	286	3,523	0
8	683	8,049	2
9	399	4,422	1
10	273	2,724	1
11	148	2,537	1
12	108	1,829	1



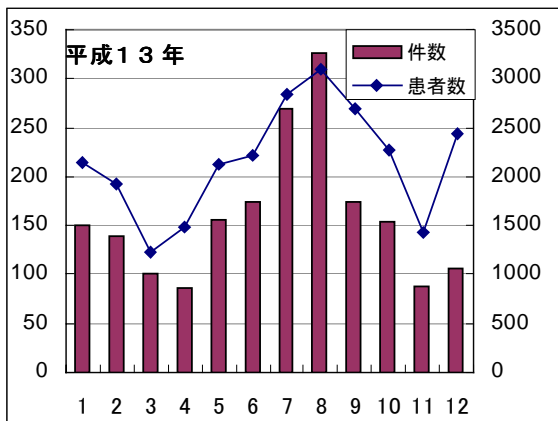
・平成13年月別食中毒の発生現況

13年	件数	患者数	死者数
1	151	2141	0
2	139	1927	0
3	101	1230	0
4	86	1476	3
5	155	2126	0
6	175	2212	0
7	270	2836	0
8	327	3088	0
9	175	2685	0
10	154	2271	0
11	88	1433	1
12	107	2437	0



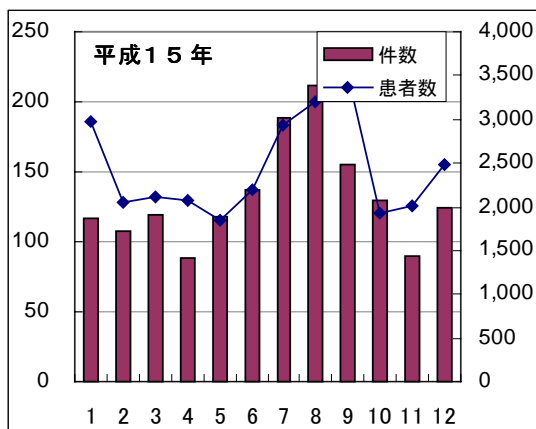
・平成15年月別食中毒の発生現況

15年	件数	患者数	死者数
1	117	2,971	0
2	108	2,059	0
3	119	2,111	1
4	89	2,082	1
5	118	1,841	1
6	137	2,197	0
7	188	2,929	0
8	211	3,205	0
9	155	3,527	0
10	129	1,926	1
11	90	2,020	2
12	124	2,487	0



・平成14年月別食中毒の発生現況

14年	件数	患者数	死者数
1	111	1,931	1
2	102	1,734	0
3	95	2,418	0
4	111	1,747	1
5	133	2,508	2
6	145	2,936	1
7	221	2,729	0
8	294	3,683	10
9	229	1,729	1
10	201	1,875	0
11	93	2,454	2
12	115	1,885	0



参考資料

・平成16年月別食中毒の発生現況

16年	件数	患者数	死者数
1	86	2,042	1
2	71	1,858	0
3	107	2,725	0
4	84	1,722	0
5	119	1,445	0
6	125	1,883	0
7	180	2,795	1
8	275	3,371	0
9	220	2,722	2
10	148	1,042	0
11	94	1,225	1
12	157	5,345	0

