総 説

気候変化が病原微生物と感染に与えるインパクト

Md. Latiful Bari, Sabina Yeasmin*, 川本伸一[§]

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

* ダッカ大学遺伝子工学・バイオテクノロジー部門

Impact of Climate Change on Foodborne Pathogens and Diseases

Md. Latiful Bari, Sabina Yeasmin* and Shinichi Kawamoto[§]

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

* Department of Genetic Engineering and Biotechnology, Dhaka University, Dhaka 1000, Bangladesh

1. はじめに

世界規模の気候変化は、現実には起こっており深刻な問題になりつつある。産業革命以来、人類は多量の温室効果ガスを大気に放出し続けてきた。その結果、気温の上昇、海水面の変化や異常気象の多発など世界規模の気候変化が生じている。このような気候変化が次世紀まで続くと、食品の安全性、食料安全保障や人間の健康に重大な影響を与えかねない。気候変化と今の食料生産・流通・消費方法を結びつけて考えると次世紀には食中毒菌とその感染にも影響が及ぶものと考えられる。気温と雨量（地域によって暴風雨の多発や干ばつの発生）を変化させる地球温暖化現象は、食料と水の供給にも影響を与え、2100年までに現在よりさらに8000~9000万人の餓死や栄養失調者を生み出すと予測されている¹⁾。気候変化は食料供給の減少ばかりでなく食品への微生物や有害物質の汚染を増大させる可能性がある²⁾。さらに技術の進歩が食品の安全性に関して新たな問題を生み出している。医師が、病気の診断以外に食物アレルギー、毒素、遺伝子組換え食品、インスタント食品や包装食品の安全性に関して患者の相談にのる時代がやってくるかもしれない。

現在、地球温暖化現象による世界的な気候の変化が生態系や人間生活へ及ぼす影響について盛んに論じられ、種々の観点から、その防止対策がとられようとしている。筆者らは、地球規模の気候の変化が病原微生物とその感染に与えるインパクトに焦点を絞り、本稿で紹介する。

2. 感染トライアングル

感染症研究においては、“感染トライアングル”と言う考

え方でよく論じられる。このトライアングルは、宿主としての人間、微生物および環境の3つの要素から構成される。病気が発症するためには、宿主・病原菌・環境の3つの要素が存在しかつお互いに影響しあうことが必要であるという考え方である（図1）。この3要素のいずれかが変わると感染力と伝染性が変化する可能性がある。気候変化すなわち気温・湿度・二酸化炭素量の増減が、多方面から感染トライアングルの3つ要素にインパクトを与えることは容易に想像がつく。これら3つの要素はすべて絶えず変化している。人口は高齢化し、人々はより長く生きようになっている。その結果、病原菌に対する感受性の高い免疫不全の患者が増加している。環境もまた絶えず変化しており、病原菌が生存・増殖し、食品に汚染する地域が拡大しつつある。微生物もまた絶えず変化している。少ない感染量で重篤の症状を引き起こすより強力な病原菌、冷蔵庫でもゆっくりではあるが増殖できる病原菌および抗生物質に対して抵抗性を示す病原菌が台頭してきている。

3. 食中毒と気候とのリンク

病原菌による食中毒と気候とのリンクについては、まだ推測の域を出ないことが多い。食中毒による下痢症の発生病件数に関しては、季節周期や地域の緯度に依存することが知られている。またエルニーニョ現象がもたらす温暖化による食中毒パターンの変化および水系媒介食中毒³⁾や食品媒介食中毒⁴⁾と異常気象とのリンクなどが指摘されている。異常気象が水質に影響し、その結果食品汚染を発生させる可能性は容易に想像できる。疫学的統計解析により病気の発症頻度と短期的な気温変化との関連性が明らかにされており、食中毒発生が長期的な気候変化によって影響を受けることも示唆されている⁵⁾⁶⁾。

〒305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12

[§] 連絡先 (Corresponding author), taishi@affrc.go.jp

図 1 感染トライアングル

(1) 下痢と食中毒の季節間差

発展途上国では、衛生状態の悪さ、下水処理の不備、不十分な食品加工設備や飲料水の不足などの影響で下痢症の発生率が高い⁷⁾。発生率は、一般に夏に上昇するが、その理由はその地域の置かれた環境に左右される可能性がある。例えば、ある地域では季節的な食料不足が栄養失調を引き起こし、その結果、食中毒菌に感受性が増す場合⁸⁾や、他の地域では、気温と降水量が直接に食中毒菌の増殖と伝播に影響する場合などが考えられる。

オーストラリアの疫学調査データによればサルモネラ感染は夏期に増加するが、カンピロバクター感染は春期に増加している⁹⁾。同様なパターンは、他の国々でも認められている。サルモネラは、生物学的・免疫学的に類似した菌群の総称で、グラム陰性桿菌で通性嫌気性の腸内細菌科の細菌である。サルモネラは古くから血清学的に細かく分けられており 2000 余りの血清型名が知られているが、ヒトの感染型食中毒に関係ある血清型のサルモネラは、約 20 種に限られる。食品衛生分野では、サルモネラに関しては血清型が重要視され、細菌分類の国際命名規約に従った属種名、亜種名のあとに血清型名(イタリック文字にしない)を並べる記載は少なく、*Salmonella* Enteritidis のように属名のあとに血清型名を並べる慣用名が使われる。食中毒の発症量(病気を引き起こす菌数)は、一般に $10^5 \sim 10^9$ であるとされている。サルモネラは、家畜などの哺乳類や鳥類、爬虫類などの陸上動物の腸内に生息する。また河川、下水、土壌等の生活環境からも見いだされる。サルモネラ食中毒の原因は、これらから直接的又は間接的に汚染された畜産食品が主である。カンピロバクター(*Campylobacter*)は、グラム陰性のらせん型の桿菌で空気中の酸素分圧(約 20%)よりも低い酸素の環境を好む微好気性細菌である。家畜・家禽の腸内常在菌で、菌種は現在 20 種ほど知られており、その中でヒトの食中毒の原因菌の大半を占めるのは、*C. jejuni* と *C. coli* である。発症量は、比較的少なく 10^3 程度と推定されている。

東部オーストラリアでは、サルモネラ症発生率が年間平均気温の上昇する低緯度地域ほど増加する⁹⁾。人口、周辺環境、サルモネラの血清型と感染経路などの地域格差を考慮に入れても、東部オーストラリアではサルモネラ症発症率に気候が影響する可能性が示唆される。タスマニア島での高発症率には、この島で圧倒的に見つかる固有の血清型種 *Salmonella* Mississippi にも起因する可能性がある。この血清型種は、食品を介してよりも直接環境からの方がより高い感染力を持つのではないかとされている¹⁰⁾。

(2) エルニーニョ現象発生期間の疾病パターン

エルニーニョ現象との関連が言われている気候変化や異常気象による健康危害の世界各地での発生状況を図 2 に示す。目立つ影響として、ペルー¹¹⁾とバングラデシュ¹²⁾でのコレラの流行、ペルー¹³⁾での下痢症の増加や米国フロリダ州¹⁴⁾での海産物への広範囲にわたる糞便汚染などが挙げられる。以下に関連事例の幾つかについて列記する。

① 米国モンタナ州¹⁵⁾(1980): 集中豪雨による水系感染のランブル鞭毛虫症の大発生(患者 980 人)。

ランブル鞭毛虫症は、鞭毛虫類の *Giardia duodenale* の感染により発症し、主症状は、下痢・腹痛である。この寄生虫は、ヒトと多くの小ほ乳類の腸管に寄生し、相互に往復して人獣共通寄生虫病を起こす。開発途上国の乳幼児の下痢による死亡の重要な原因の一つである。

② 米国ニューヨーク州¹⁶⁾(1999): 集中豪雨による水系感染の腸管出血性大腸菌 O157:H7 食中毒発生。

病原大腸菌の一つのグループに属する腸管出血性大腸菌は、赤痢菌の産生する志賀毒素と類似のペロ毒(培養細胞の一種であるアフリカミドリザル腎臓由来のペロ細胞にごく微量で致死的に働くことから名付けられた)を腸管内で産生し、出血性大腸炎を起こす。特に腸管出血性大腸菌 O157:H7 による集団食中毒は、1980 年代から世界各地で発生し、その乳幼児・小児や基礎疾患のある高齢者に対する重篤性から大きな問題となっている。大腸菌 O157:H7 は 1982 年に米国で発生したハンバーガーによる集団食中毒事件で、出血性の下痢を起こした患者から初めて分離された新興病原菌である。発症量は、10~100 程度と食中毒菌の中で最少である。家畜を中心とした動物の腸管内に生息し、糞尿を介して食品、飲料水を汚染する。

③ 米国ミルウォーキー市³⁾(1993): 集中豪雨と洪水による水系感染によるクリプトスポリジウム症の大発生(患者約 40 万人、死者 54 人)。

クリプトスポリジウム症は、原虫類の *Cryptosporidium* spp. の感染により発症し、主症状は大量の水溶性下痢・腹痛である。感染経路としては、1) ヒト→ヒト(糞便の経口感染)、2) 家畜→ヒト(直接接触感染および飲料水、食品汚染による経口感染)、3) 水→ヒト(放牧場、畜舎周辺、有機肥料による農地など環境汚染)などがある。また他に原虫類の *Cyclospora cayentanensis* も特に飲料水を介した

図 2 気候および天候変化と食品媒介あるいは水系媒介感染症発生との関連性が報告されている世界の地域

感染により、同様な下痢症状を発症することから問題となっている。

- ④ 米国フロリダ州⁴⁾ (1997-1998) : エルニーニョ現象と関連した集中豪雨が原因の河川・海水と貝類への糞尿汚染増大によるヒトエンテロウイルス食中毒発生。

ヒトエンテロウイルスは RNA 型ウイルスで、食中毒で特に問題となるものとしては、ノロウイルス、A 型肝炎ウイルス (HAV) と E 型肝炎ウイルス (HEV) である。ノロウイルス食中毒の多くは、このウイルスで汚染された生牡蠣の摂取によって起こる。100 個以下という少量のウイルス粒子で発症すると推定されている。ノロウイルスはヒトとチンパンジーのみが感受性動物で、その他の動物体内では増殖しないと考えられている。HAV は、ヒトおよびその他の霊長類だけに感染する。一方 HEV は、霊長類の他にブタ、シカ、イノシシ、イヌ、ネコ、ニワトリなど、多種の動物にも感染する。

- ⑤ ペルー¹¹⁾ (1991) : エルニーニョ現象と関連した水系感染のコレラ大発生 (患者約 25 万人)。

コレラは、2 類感染症である。コレラ菌 (*Vibrio cholerae* O1 および O139 のうちコレラ毒素産生菌) で汚染された水や食品を摂取したのち、菌が腸管に定着して増殖し、外毒素を産生することによって発症する。コレラ菌は通性嫌気性でバナナの房状のグラム陰性桿菌である。同じビブリオ属でも腸炎ビブリオ (*Vibrio parahaemolyticus*) とは異なり、食塩がない状態でも増殖できる。したがって、沿岸海水だけでなく下水、河川水や汚泥 (底土中で約 1 年生存可能) からも検出される。食塩濃度 1~1.5% でよく増殖するため、海水より低塩分濃度の下水・河川水が流入する沿岸

汽水域に生息している。

- ⑥ ペルー¹³⁾ (1997-1998) : エルニーニョ現象と関連したリマ市での下痢症による入院患者の急増。
 ⑦ 英国¹⁷⁾ (1982-1991) : 月間平均気温の上昇に伴う食中毒患者の増加 (2.1℃ の平均気温の上昇に伴い推定約 18 万人の患者数増加)。
 ⑧ バングラデシュ¹²⁾ (1980-1996) : エルニーニョ現象期間中のコレラ患者の急増。
 ⑨ 南太平洋の国々¹⁸⁾ (1986-1996) : 下痢症発生率と年間平均気温との間に正の相関関係または水質清浄度との間に負の相関関係。
 ⑩ フィジー¹⁸⁾ (1978-1998) : 気温上昇と集中豪雨の多発による下痢症発生率の増加。
 ⑪ 東部オーストラリア¹⁹⁾ (2001) : 緯度の低下 (気温の上昇) に伴うサルモネラ感染率の上昇
 ⑫ オーストラリアビクトリア州²⁰⁾ (1997) : 記録的な猛暑期間中の食中毒発生の急増

(3) 異常気象と食中毒発生

集中豪雨や洪水は病原菌の拡散を促すので、食中毒発生と台風やハリケーンとの間には関連性があると思われる⁴⁾。Cyclospora や Cryptosporidium spp. のような病原性のある原生動物は生鮮野菜や果実に水系感染する可能性がある¹⁴⁾。海産物は、海水中や下水処理で生きながらえる細菌²¹⁾やエンテロウイルス²²⁾により汚染される可能性がある。食中毒発生は、細菌の増殖を盛んにする異常な猛暑の天候との関連性も指摘されている。食中毒の発生率は、英国・日本・オーストラリアなど多くの国で猛暑の夏期に高くなることが報告されている²⁰⁾²³⁾。

図 3 気候変化のフードチェーン安全性への影響

気温が食中毒発生の直接の原因であること推測する場合には慎重になるべきである。温度が季節や地域性（例えば動物の生殖周期）或いは農作業（例えば施肥）に変化をもたらす他の重要な要因の単なるマーカーに過ぎない可能性も考えられる。判断を下す際に、データの集積方法に不備或いは偏りがないか慎重に検討する必要がある。これらを加味しても、数々の証拠が、サルモネラ症や幾つかの食中毒症と気温変動との間に因果関係があることを示唆している¹⁰⁾。

(4) フードチェーン

食料生産・加工・流通から消費に至る一連のフードチェーンにおいて、衛生管理および温度管理の不備は気候変化と相互作用して病原菌の増殖を促進する可能性がある(図3)。食中毒発生で頻繁に原因食品として特定されるものは、家禽、食肉、魚、貝、野菜および芽ものの野菜である²¹⁾²⁴⁾。

(5) 毒素と気候変化

気候の変化が、自然毒や人工の有害物質に対する人間の暴露に影響を与える可能性もある。例えば、海水温度の上昇は、シガテラ中毒（熱帯・亜熱帯の有害魚介類による中毒の総称）の発生率上昇に影響する可能性がある²⁵⁾。この重篤な食中毒は、壊死して白化した珊瑚礁で生育する渦鞭毛藻が産生する毒素を体内に蓄積した大型魚（毒カマス・バラフェダイなど）を食べた場合などに発症する²⁶⁾。食後30～90分で発症し、下痢、嘔吐と腹痛ののち温度感覚異常

などの神経症状を呈する。2～3週間で回復する。2001年に報告されたシガテラ中毒事例6件のうち5件がオーストラリアのクイーンズランド州で発生しており、汚染された魚を食べたアマチュア漁師が発症した¹⁹⁾。また海水表面の温度上昇が、珊瑚礁の壊死の拡大を促すのではないかと懸念されている。

地球温暖化により、飲料水やリクレーション水（プール・スパなどの遊技・娯楽施設で使用されている水）でのシアノバクテリア（藍色細菌）増殖により産生される毒素（胃腸炎や皮膚炎を引き起こす）の人間への暴露リスクが高くなるのではないかと懸念されている²⁷⁾。同様に、農産物でのカビ毒の産生が高まるのではないかと懸念されている。これらカビ毒の中には、肝細胞毒で発癌性の強いアフラトキシン類が含まれ、貯蔵穀物やピーナッツなどでカビにより高温・高湿条件で産生される²⁸⁾。

気象パターンの変化により穀物害虫が増加すると農薬散布量が増え、有害物質への人間の暴露リスクが高まる可能性がある。害虫コントロールのための抵抗性組換え体作物の利用や増加し続ける世界人口を養うために遺伝子組換え食品の普及・拡大が進む可能性がある。しかしながら未だこれら組換え食品の健康への影響について不明な点が多い²⁹⁾。

(6) 食中毒：天候との関係

食中毒菌の感染経路の主なもの、汚染した飲料水、リクレーション水、沿岸水や食品である。感染は、人間活動（下水処理の不備）や気象現象により起こる可能性もある。

表 1 気候と病原微生物の水系・食品媒介感染との関連性の例

病原グループ	病原微生物	感染媒介食品	感染媒介水	気候の間接的効果	気候の直接的効果
ウイルス	Enteric viruses (eg., noro-virus, hepatitis A virus)	魚介類	地下水	台風やハリケーンによる糞尿や汚水の汚染	気温下降と日照（紫外線）時間の減少による生存率の上昇
細菌	Vibrio (eg., <i>V. vulnificus</i> , <i>V. parahaemolyticus</i>)	魚介類	沿岸水	動物プランクトンの繁殖	海水温と塩分濃度の増殖依存性
シアノバクテリア（藍色細菌）	<i>Anabaena</i> spp.		リクレーショ ン水, 飲料水		水温の上昇による増殖促進
渦鞭毛藻	<i>Gymnodinium</i> , <i>Pseudonitzschia</i> spp.	魚介類		海面表面温度の上昇による 富栄養化に伴う赤潮発生	
原生動物	Enteric protozoa (eg., <i>Cyclospora</i> , <i>Cryptosporidium</i>)	野菜・果実 類	リクレーショ ン水, 飲料水	台風やハリケーンによる 糞尿や汚水の汚染	<i>Cyclospora</i> の成熟と伝染力の温度依存性

降雨パターンは、食中毒菌の伝染・伝播に影響を与え、気温は食中毒菌の増殖と生存に影響を及ぼす。表 1 に、エンテロウイルス、細菌および原生動物に対する直接的および間接的な天候の影響について示した。

4. おわりに

気温が上昇すると季節周期の延長や、水系感染性食中毒の地域分布の変化が起こるかもしれない。海洋環境では、温暖化は赤潮発生にとって好都合な条件を提供し、その結果、貝類等による食中毒の発生率を上昇させる可能性がある。海水表面温度の上昇は、海面の富栄養化により間接的にコレラ菌のような病原菌の生存能力に影響するかもしれない。豪雨は人畜糞尿汚水の水源への流入汚染や汚水による地下水汚染を引き起こす可能性がある。豪雨による水系汚染を示す証拠がクリプトスポリジウム症、ランブル鞭毛虫症および病原大腸菌食中毒の発生例で報告されている³⁰⁾³¹⁾。一方、発展途上国での水不足は下痢発症率の増加と連動しており、恐らく非衛生な飲料水の使用が原因であると思われる。

地球温暖化や異常気象の発生がこのまま続けば、今まで熱帯・亜熱帯地域の発展途上国で問題となっていた伝染性の高いコレラ菌等による食中毒が高緯度地帯の先進国で大発生する可能性がある。また地域によっては、今までと全く異なった食中毒原因菌パターンに変化する可能性もある。さらには感染力や毒性のより強い新興病原菌の出現・台頭もあり得る。従って、次世代がこのような事態に陥らないように、健康で安全な食生活を維持するためにも世界レベルでの温暖化防止対策の実施が急がれる。

文 献

- McMichael, A.J., Woodruff, R.E. and Hales, S., Climate change and human health: present and future risks, *Lancet*, **367**, 859-869 (2006).
- Patz, J., Engelberg, E. and Last, J., The effects of changing weather on public health, *Annu. Rev. Public Health*, **21**, 271-307 (2000).
- Curriero, F., Patz, J., Rose, J. and Lele, S., The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994, *Am. J. Public Health*, **91**, 1194-1199 (2001).
- Rose, J.B., Epstein, P.R., Lipp, E.K., Sherman, B.H., Bernard, S.M. and Patz, J.A., Climate variability and change in the United States: potential impacts on water and foodborne diseases caused by microbiologic agents. *Environ. Health Perspect*, **109** Suppl 2, 211-221 (2001).
- Bentham, G. and Langford, I., Climate change and the incidence of food poisoning in England and Wales. *J. Biometeorol*, **39**, 81-86 (1995).
- Singh, R.B., Hales, S., de Wet, N., Raj, R., Hearnden, M. and Weinstein, P., The influence of climate variation and change on diarrheal disease in the Pacific Islands. *Environ. Health Perspect*, **109**, 155-159 (2001).
- Guerrant, R.L., Kirchhoff, L.V., Shields, D.S., Nations, M. K., Leslie, J., de Sousa, M.A., Araujo, J.G., Correia, L.L., Sauer, K.T. and McClelland K.E., Prospective study of diarrheal illnesses in northeastern Brazil: patterns of disease, nutritional impact, etiologies, and risk factors. *J. Infect Dis.*, **148**, 986-997 (1983).
- Samani, E., Willett, W. and Ware, J., Association of malnutrition and diarrhea in children aged under five years. *Am. J. Epidemiology*, **128**, 93-105 (1988).
- NNDSS (National Notifiable Diseases Surveillance System). Communicable Diseases Network of Australia. Canberra. available at [http://www.health.gov.au/internet/wcms/publishing.nsf/Content/Nationally+notifiable+diseases+\(NNDSS\)-2](http://www.health.gov.au/internet/wcms/publishing.nsf/Content/Nationally+notifiable+diseases+(NNDSS)-2).
- Hall, G.V., D'Souza, R.M. and Kirk, M.D., Foodborne disease in the new millennium: out of the frying pan and into the fire? *Med. J. Aust.*, **177** (11/12), 614-618 (2002).
- Colwell, R., Global climate and infectious disease: the cholera paradigm, *Science*, **274**, 2025-2031 (1996).
- Pascual, M., Rodó, X., Ellner, S.P., Colwell, R. and Bouma, M.J., Cholera dynamics and El Nino southern oscillation, *Science*, **289**, 1766-1769 (2000).
- Checkley, W., Epstein, L.D., Gilman, R.H., Figueroa, D., Cama, R.I., Patz, J.A., and Black R.E., Effects of El Nino and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet*, **355**, 442-450 (2000).

- 14) Rose, J. and Slifko, T., *Giardia*, *Cryptosporidium*, and *Cyclospora* and their impact on foods : a review. *J. Food Prot.*, **62**, 1059-1070 (1999).
- 15) Weniger, B.G., Blaser, M.J., Gedrose, J., Lippy, E.C. and Juranek, D.D., An outbreak of waterborne giardiasis associated with heavy water runoff due to warm weather and volcanic ashfall. *Am. J. Public Health*, **73**, 868-872 (1983).
- 16) CDC (Centers for Disease Control), Outbreaks of *Escherichia coli* O157 : H7 infection and *Campylobacter* among attendees of the Washington County Fair — New York, *MMWR Morb. Mortal Wkly. Rep.*, **48**, 803-804 (1999).
- 17) Bentham, G. and Langford, I., Climate change and the incidence of food poisoning in England and Wales. *J. Biometeorol.*, **39**, 81-86 (1995).
- 18) Singh, R.B., Hales, S., de Wet, N., Raj, R., Hearnden, M. and Weinstein, P., The influence of climate variation and change on diarrheal disease in the Pacific Islands. *Environ. Health Perspect.*, **109**, 155-159 (2001).
- 19) Ashbolt, R., Givney, R., Gregory, J.E., Hall, G., Hundy, R., Kirk, M., McKay, I., Meulenens, L., Millard, G., Raupach, J., Roche, P., Prasopa-Plaizier, N., Sama, M.K., Stafford, R., Tomaska, N., Unicomb, L. and Williams C., OzFoodNet Working Group, Enhancing foodborne disease surveillance across Australia in 2001 : the OzFoodNet Working Group, *Comm. Dis. Intell.*, **26**, 375-406 (2002).
- 20) Lester, R., Carnie, J., McLennan, L., Lambert, S., Kelsall, H., Ferreira, C., Gregory, J., Harries B. and Rouch G., *Salmonella* in Victoria, 1997 : the story so far, *Comm. Dis. Intell.*, **21**, 120-123 (1997).
- 21) Tauxe, R., Emerging foodborne diseases : an evolving public health challenge. *Emerg. Infect Dis.*, **3**, 425-434 (1997).
- 22) Birch, C. and Gust, I., Sewage pollution of marine waters : the risks of viral infection, *Med J Aust*, **151**, 609-610 (1989).
- 23) Gillespie, I. The application of logistic regression to provide maximum likelihood estimates of factors affecting food borne general outbreaks of infectious intestinal disease [dissertation]. London : London School of Hygiene and Tropical Medicine, 114 (2001).
- 24) Beuchat, L.R., Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. *J. Food Prot.*, **59**, 204-206 (1996).
- 25) Epstein, P., Ford, T. and Colwell, R., Marine ecosystems. *Lancet.*, **342**, 1216-1219 (1993).
- 26) Lehane, L., Ciguatera update. *Med. J. Aust.*, **172**, 176-179 (2000).
- 27) El, Saadi, O., Esterman, A., Cameron, S. and Roder, D., Murray River water, raised cyanobacterial cell counts, and gastrointestinal and dermatological symptoms, *Med. J. Aust.*, **162**, 122-125 (1995).
- 28) Peraica, M., Radic, B., Lucic, A. and Pavlovic, M., Toxic effects of mycotoxins in humans. *Bull. World Health Organ.*, **77**, 754-766 (1999).
- 29) Leeder, S., Genetically modified foods — food for thought. *Med. J. Aust.*, **172**, 170-173 (2000).
- 30) Parmenter, R.R., Incidence of plague associated with increased winter-spring precipitation in New Mexico. *Am. J. Tropical Med and Hygiene*. **61**, 814-821 (1999).
- 31) Atherholt, T.B., Effects of rainfall on *Giardia* and *Cryptosporidium*. *J. Am. Water Works Assoc.*, **90**, 66-80 (1998).

(平成 20 年 4 月 2 日受理)