

方が広く世間に浸透し、多くの消費者の間に不安・不信・恐れといった感情がもたらされている。日本人消費者は従来からバイオテクノロジー応用食品に対して比較的寛容な態度を取ってきたのだが⁴⁾、D. Macerらの調査によるとバイオテクノロジー分野の中でも特に遺伝子組換え技術(の食品への応用)を支持する消費者数が減少している⁵⁾。現在までに農林水産省によりPA(Public Acceptance; 受容性)の推進に向けたセミナーが開催され、講演会・パネルディスカッションを開くなどさまざまな催しがされてきた⁶⁾。「GM食品と従来の食品を明確に区別したい」という消費者の強い希望があり、また食品の表示制度を充実強化する観点もあり、2001年4月1日からは日本が世界の先陣を切る形で安全性が確認されたGM食品の表示義務が法制化された⁷⁾。

GM食品(農作物)には、「食品としての安全性の問題」と「環境に対する安全性の問題」がある。本論では食品の安全性を中心に述べ、環境に対する安全性については代表的な「導入されたDNAにおける不安定性」の報告⁸⁾や生態系への影響に関して言及した図書⁹⁾を参照されたい。

II 安全性評価と科学的根拠

GM食品は、消費者の一部によるGM農作物の拒否キャンペーンや栽培圃場の破壊行動、欧州諸国の輸入規制など、社会的問題としての議論は盛んであるのに対し、一方で科学的な検証及び議論は乏しい¹⁰⁾。GM食品の安全性を問題にすると、これが食品そのものに対する安全性への懸念であることから、従来の危険評価の手法を適用することができないことに一因がある。つまり、評価すべき対象が単一の化合物ではなく丸ごとの食用植物・食品であるため、従来のように、動物に負荷試験を行って臓器障害・発癌が起こる量を求め、さらにそれに安全係数を掛けてヒトが安全に摂取できる量を定めるという方法は基本的に使えない(表2)¹¹⁾。そのために従来の危険評価に代わって安全性評価という語が用いられる。

GM食品の安全性評価を考える上で欠かせない概念として、1993年に経済協力開発機構(OECD)によって提唱され、世界各国で利用されるようになった実質的同等性(Substantial Equivalence)に基づくアプローチが挙げられ

表2 危険評価と安全性評価

評価対象	手続きの名称	例
特定の単一化合物	危険評価	食品添加物、汚染物質、残留農薬、残留獣医薬品
丸ごとの食品	安全性評価	遺伝子組換え食品、母乳代替品

食品衛生研究, 2001; 51 (8): 49-57.

る¹²⁾。これは、従来の食品と組換え体がどのように異なるのか、その異なる点が食品としての安全性にとってどのような意味を持つかについて分析的試験研究を行い、安全を考察する手法である¹³⁾。この概念では、新しい食品あるいは食品成分が現存の食品あるいは食品成分と実質的に同等であることが判明すれば、安全性に関して同様に取り扱えることを意味しており、現在のGM食品の安全性評価において最も重要な基本的概念となっている。

現在のGM食品が「危険である」と証明した科学的根拠は皆無であり、未知なる変化をもたらすのではないかという漠然とした不安感以上の理論的根拠はない。J. DomingoによるとGM食品の健康リスクに関連する文献において実験的に検討された報告は全体の40分の1程度であり、その他は総説や私的意見でしかない¹⁴⁾。GM食品の食性病害として認められたのはブラジルナッツのアルブミン蛋白遺伝子を導入したダイズによるアレルギー誘発性の実験的知見の報告¹⁵⁾のみと考えられ、これは事前の商品化を取り止めたという点において安全性評価システムが有効に働いたことを示し、さらに急性毒性の評価の取り組みがさらに進展する一因となった。その他にも急性毒性を示唆する報告が複数あるものの、それらはすべて実験手法や条件などに関して研究者間でも異論がある。詳しくは吉川¹⁶⁾の考察を参照されたい。さらに、GM食品を長期的に摂取した場合にどういった影響が及ぼされるのか「現状では判断できない」として安全性審査基準に慢性毒性に関する試験を加えることも求められているが、現在の安全性審査では科学的には必要がないと個別に判断されて省略されてきた。安全性審査では実質的同等性に基づくアプローチにより新たな物質が産生されていないことが確認され、明確な安全性を示す根拠がない場合には、必要に応じて急性毒性試験等の毒性学的試験が行われる。慢性毒性

試験が行われていないのは、付加される物質が内在性物質か、あるいは速やかに分解・代謝されて内在性物質に変化するものである場合には急性毒性試験の結果から、もとの物質の安全性について評価することが可能と考えられているためである。

Ⅲ 安全性評価を巡る国際的な動き

グローバル化が進んでいる今日の世界では、大量の食品と食品原料が国境を越えて取り引きされている。したがって、食品安全性審査の仕組みが国ごとに異なり、生産・販売が承認されている植物・食品のリストが国ごとに異なっていると、単に貿易を阻害するだけでなく、消費者の健康保護を効果的に行う上で大きな障害になる。こうした事情により、食品保健における安全性審査などルールを国際調和のために国際食品規格委員会(Codex Alimentarius Commission; CAC)が、消費者の健康を守り、食品貿易の厚生を保障し、国際政府機関および非政府機関によって行われるすべての食品規格業務の調整を促進することを目的として、各国間で貿易される食品の規格または衛生規範の作成を委ねられている¹⁷⁾。CACとは1962年に国連食糧農業機関(Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO)と世界保健機関(World Health Organization; WHO)が合同で設立した合同食品規格計画の実施機関であり、政府間機関である。CACはFAOとWHOのそれぞれの下部組織であり、調和を促進する公開討議の場である。また、CACにはさらに多くの下部組織があり、GM食品の安全性と栄養面の事柄に関する国際的ルールの策定については、日本が議長国を務めるバイオテクノロジー応用食品特別部会(The Codex Ad Hoc Intergovernmental Task Force on Foods Derived from Biotechnology; CTFBT)において2003年までに必要な基準、指針あるいは勧告を策定することが求められている。その他にも、一般原則部会、食品表示部会、分析・サンプリング部会、食品輸出入検査認証部会、栄養・特殊用途食品部会など他の関連する部会でもGM食品について活発に議論されている。2002年3月には第3回のCTFBTが横浜で開催され、「組換えDNA植物由来食品に関する安全性評価の実行についてのガイドライン案」がステップ8(CAC総会による最

終採択)に進めることで合意された。これは遺伝子組換え食品についての初の国際ガイドラインとなる。また、同時に「組換えDNA微生物により生産された食品の安全性評価の実行についてのガイドライン案」はステップ5(仮採択、コメント送付と部会討論がさらに繰り返される)に進めることで合意された。

Ⅳ 安全性が疑問視される理由

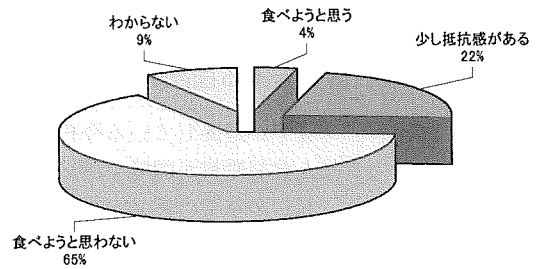
GM食品について考える上で最も重要なことは、これが受け入れられていくか否かは最終的には消費者の選択に依っていることである。しかし、一方で安全性評価基準や種々のセミナー・書籍などは専門家や行政により考えられたものであり、一般消費者の間には誤解が多い。他のいかなるバイオテクノロジー分野よりも食品生産に関わるバイオテクノロジーに対するリスクの認識が強い欧州においても、「GM食品のみに遺伝子が含まれている」や「GM食品を食べると、その中の遺伝子が人体に入る」などと言った極端な誤解が多数見受けられる¹⁸⁾。また、長い食経験を持つ食品は安全性が確立してリスクが無いかのような誤解も認められる。しかし、これまで食べてきた食品は、単純に長い歴史的経験から安全である、あるいは安全な処理によって食べられる、と科学的根拠ではなく観念的あるいは経験的に判断してきただけである。すなわち、個々の食品を何らかの基準を用いて安全性を評価し確認したわけではない¹⁹⁾。従来の食品も人間の手の入っていないものではなく、枝変わりのような突然変異や、通常では種子のできないような交配も胚培養などにより新しい品種の育成に使われている。GM食品のみが科学的に安全性が確認されたものであるが、実際には「とにかく何だかわからないが不安である」というのが大多数の消費者における受容態度と考えられている²⁰⁾。こうした根本的な誤解が消費者の中で根強くある間は安全性評価に関する知見の蓄積のみにより受容性を高めることは難しいと考えられ²¹⁾、今後は科学者からの情報提供を含め一層の消費者への配慮ならびに社会的な理解を求めることが必要と思われる。

また、牛海綿状脳症や病原性大腸菌O-157をはじめとする集団的食中毒、内分泌攪乱化学物質などの「食品の安全性」に関する報道により、

GM食品の受容性がさらに悪化することが欧州の調査によって明らかとなっているが²²⁾、これはわが国においても同じ状況であると容易に推測される。一般的に、マスメディアの報道は科学的議論に関する世論に大きな影響を与え、時には主要な内容を形成する性質があり、つまりリスクに関連する議論を誘導する傾向がある²³⁾。食品の選択過程においては自分の意図よりも近くの友人や世論の風潮に影響された「モラル思考」が深く関与しており、これは特にGM食品を含む新規参入の食品選択において目立つことである²⁴⁾。何らかの食品の安全性が問題視された場合のわが国における消費者の危険回避行動は「危なそうなら、とにかく食べない」という全か無かの判断様式であり²⁵⁾、GM食品の安全性を懸念する報道の数々を考えれば消費者が過剰に増幅された健康リスクを認識してしまうのは当然と言える。

実際に私たちが2001年に行った調査 (Survey on Japanese Public Acceptance of Genetically Modified Organisms; S-JAPANOGM)^{26,27)}では、消費者の85.8%がGM食品と表示された食品を買うこと・食べることに何らかの「抵抗感」があると回答した (図1)。これは同時に調査を行った植物育種研究者の同回答と比較して32.0%の差で多く、両群間には χ^2 検定によって有意差が認められた ($P < 0.01$, 95% Confidence Interval for rate difference; 21.0-43.1%)。消費者の抵抗感の理由としては「安全性に疑問を感じている」が68.9%で最も多く、次いで「『遺伝子組換え』という言葉に何となく不安を感じる」が35.8%

図1 質問「遺伝子組換えと表示された食品を食べようと思いますか」に対する消費者の回答 (N=148) (Nishiura et al. Food Serv. Technol. 2002²⁶⁾より和訳改変)

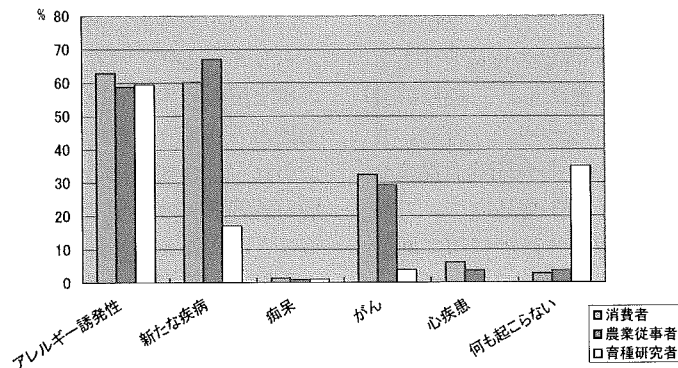


「『遺伝子組換え』という技術の活用に関する疑問がある」が24.3%等であった。GM食品の健康リスクとしては「アレルギー誘発性 (食物アレルギー)」と回答した者が最も多く (62.8%)、次いで「聞いたことのない新しい病気」が60.1%であり、「心臓病の発症」や「痴呆の発生」と回答する消費者が見受けられるなど、さまざまな健康リスクの認識を認めた。消費者が認識している健康リスクは、S-JAPANOGMにおける消費者以外の対象であった農業従事者や育種研究者のそれと比較すると特徴的な差異が明らかになった (図2)。

V 今後の動向

私たちの調査の結果、もし実際にGM農作物の栽培を勧められた場合、農業従事者の30%程度は条件付きで「導入する」と回答した²⁷⁾。しかし現状の一般消費者における低い受容性や日本国内

図2 S-JAPANOGMにおける対象別の健康リスクに関する認識 (N=363) (Nishiura et al. Food Serv. Technol. 2002²⁶⁾及び、西浦ほか. 九州農村医学会雑誌. 2002²⁷⁾より改変)



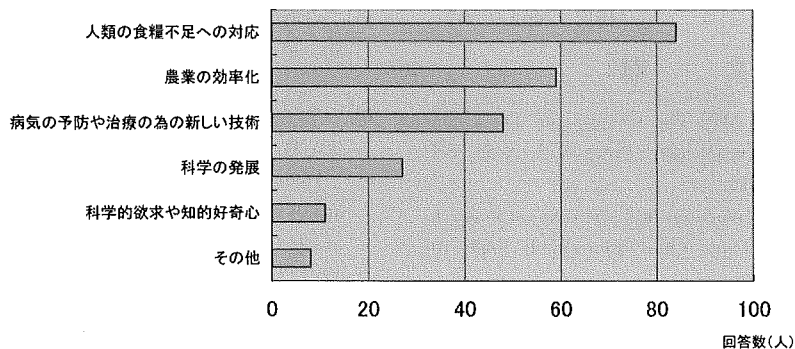
の農業従事者達自身の利点も考慮しながら結果を総合的に判断すると、GM農作物を日本で食用に広く栽培していく可能性は非常に低いと思われる。現在、日本で栽培されているGM植物は「青いカーネーション」のみであり、食用の農作物として栽培することは難しいことが予測されている⁷⁾。さらには食品流通業者の間では「遺伝子組換え食品を使用していません」と逆に表示することにより、商品差別化を狙った動きも出てきている²⁸⁾。しかし世界的潮流としてGM農作物の作付面積は非常に早い速度で広がっており、約60%の農作物を輸入品に依存している日本の市場にとってGM食品は避けることができないものとなっている。わが国は安全性評価と受容性を焦点とした新規農作物に対する新しい対応を迫られている。

これほどまでに未知の安全性を疑問視する声が大いにも関わらず、GM農作物が必要とされ開発される理由の1つには人口問題が挙げられる。World Population Prospectsによると、2028年には80億人、そして2050年には89億人になることが予測されている²⁹⁾。人口増加の中心は、アフリカやアジアを中心とする開発途上地域が多く、2050年までの人口増である約29億人のうち約26億人が途上地域で増えると見通しており、これに伴う食糧不足が予測される。食糧危機は今後30年間で最も重要な社会問題となっており、人口増加に見合う食糧を確保するためには、現在の年間穀物生産高18億tを25億t以上に増加させる必要がある。したがって食糧増産を目指す新しい農法が緊急に

必要であるのだが、生産性が高い土地のほとんどは既に耕地となっており耕地面積は現在の10%も増えないだろうことが予測されている。生産性の向上のためには、さらに耕作法の改善なども必要である。農学研究者の間で見解の違いはあるものの、ほとんどの研究者は（特に発展途上国において）食糧の供給方法が劇的に変化しない限りは100億人近くの需要を満たすことはできないと考えている³⁰⁾。一方でバイオテクノロジーは、耕地面積を増やさずに農業生産を倍増させようと試算されている。さらに、GM農作物は適切に従来の農法に組み込まれば、農業生産および生産性を強化する手段として最も信頼の置ける手段だと考えられている³¹⁾。実際にS-JAPANOGMでは育種研究者のうちの72.6%が「今後、より一層のGM農作物（食品）の開発が必要である」と回答した。その理由としては「人類の食糧不足への対応に必要」が最も多く、次いで「（特に劣悪な環境などにおいて）農業の効率化のために必要」、「ヒトの病気予防や治療の為に技術として必要」といった回答が続いた（図3）。

しかし、これだけでは生産者側の利点ばかりが重視されており、人口問題や減農薬といった利点は一般消費者にとって直接的なものではなく、考え方自体が余りにも巨視的であった。最近の開発はGM作物に付加価値を付ける方向にシフトしている³²⁾。農業従事者の多くが遺伝子組換えの利点と考える高収量性の性質（除草剤耐性・病虫害抵抗性）を有する作物は「第1世代」と呼ばれる分子育種であるのに対し、新しい開発は「第2世

図3 S-JAPANOGM：育種研究者が考えた遺伝子組換え食品の必要性の理由（N=106）
（Nishiura et al. Food Serv. Technol. 2002²⁶⁾より和訳改変）



代」と呼ばれる高い栄養価や医薬的機能を持った高品質性作物へと進んでいる。後者は消費者に対する直接的なメリットを重視したものである。企業の戦略の中には旨味や健康を売り物にした食品開発に重点が置かれ始めた所も多い。GM食品のアレルギー誘発性に対する不安を逆手に取って抗アレルギー物質の遺伝子を導入した作物や、血中コレステロール値を低下させる働きを持つダイズなどが開発段階であり、わが国でも降圧作用のある物質の遺伝子を導入したダイズが生み出された³³⁾。さらには、糖尿病予防性ジャガイモや細菌(コレラ)感染予防性ジャガイモ、さらにはウイルス(エイズ、B型肝炎)感染予防性作物など医薬的機能を持ったさまざまな作物が作成されており、これらは「植物ワクチン」として生活習慣病や感染症の予防に効果があり、健康の維持・増進に役立てることを目的としている^{34,35)}。また、ヒトゲノムに高い頻度で存在する多型マーカー(SNP:単一塩基多型)の解析により糖尿病や高脂血症、薬剤の効果や副作用などに対する感受性の個人的差異が明らかになったことに着目して、遺伝子適合性食品の開発までもが行われてきている。しかし、これらは前述した安全性評価における重要なコンセプトのひとつである実質的同等性の概念から外れる可能性も指摘されており、医薬品に準じる安全性評価の必要性も指摘されている。今後「安全性評価」および「予防医学」の両側面から、GM食品に関して社会医学の担う役割はますます増大してくるものと予測される。

注1)従来の農作物に他の生物の遺伝子を組み込んだ、人間が栽培するのに都合のよい新しい農作物を遺伝子組換え農作物といい、これを使用した食品を遺伝子組換え食品と呼ぶ。

(受付 2002. 7.11)
(採用 2002. 8.21)

文 献

- Berg P, Singer MF. The recombinant DNA controversy: Twenty years later. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1995; 92: 9011-9013.
- Dale PJ. Public reactions and scientific responses to transgenic crops. *Curr. Opin. Biotechnol.* 1999; 10: 203-208.
- Oda LM, Soares BE. Genetically modified foods: economic aspects and public acceptance in Brazil. *Trends. Biotechnol.* 2000; 18: 188-190.
- Hoban TJ. How Japanese consumers view biotechnology. *Food Technol.* 1996; 50: 85-88.
- Macer D, Ng MAC. Changing attitudes to biotechnology in Japan. *Nat. Biotechnol.* 2000; 18: 945-947.
- 田部井豊. 行政としてのパブリックアクセプタンスへの取り組み. 遺伝子組換え植物の安全性評価とパブリックアクセプタンスの現状. 育種学最近の進歩. 1999; 41: 33-34.
- Saegusa A. Japan plans to label 'detectable' GM food. *Nature.* 1999; 400: 605.
- Chiter A, Forbes JM, Blair GE. DNA stability in plant tissues: implications for the possible transfer of genes from genetically modified food. *FEBS Lett.* 2000; 481: 164-168.
- 佐野 浩, 山田康之. 遺伝子組換え植物の光と影. 東京: 学会出版センター. 1999.
- Brown K. Seeds of concern. *Sci. Am.* 2001; 284: 52-57.
- 宮城島一明. 遺伝子組換え食品に係わる国際的な動向について. 食品衛生研究. 2001; 51(8): 49-57.
- OECD. Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology. Concepts and principles. Paris: OECD. 1993.
- 一色賢司. 遺伝子組換え食品の安全性確保. 日本食品科学工学会誌. 2001; 48: 221-229.
- Domingo JL. Health risks of GM foods: Many opinions but few data. *Science.* 2000; 288: 1748-1749.
- Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, et al. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *N. Engl. J. Med.* 1996; 334: 688-692.
- 吉川敏一, 一石英一郎. 遺伝子組み換え食品と健康問題. 日医雑誌. 2001; 126: 779-786.
- 山田友紀子. コーデックス食品規格と食品の安全性. 食品衛生研究. 2002; 52(1): 9-21.
- Marchant R. From the test tube to the table. Public perception of GM crops and how to overcome the public mistrust of biotechnology in food production. *EMBO Rep.* 2001; 2: 354-357.
- 日野明寛. バイオテクノロジーをめぐる現状と課題—遺伝子組換えの安全性確認, PAの取り組みについて—. 農業および園芸 2000; 75: 743-752.
- 牛尾光宏. 遺伝子組換え食品の今後の動向について. 食品衛生研究. 2001; 51(9): 7-22.
- Hodgson E. Genetically modified plants and human health risks: can additional research reduce uncertainties and increase public confidence? *Toxicol. Sci.* 2001; 63: 153-156.
- Marris C. Public views on GMOs: deconstructing the myths. *EMBO Rep.* 2001; 2: 545-548.

- 23) Kone D. et al. Societal risk perception and media coverage. *Risk Anal.* 1994; 14: 21-24.
- 24) Shepherd R. Social determinants of food choice. *Proc. Nutr. Soc.* 1999; 58: 807-812.
- 25) 西浦 博, 今井博久. 食の健康リスクと科学的根拠. *食の科学.* 2002; (289): 52-58.
- 26) Nishiura H, Imai H, Nakao H, et al. Genetically Modified Crops: Consumer attitudes and trends in plant research in Japan. *Food Serv. Technol.* 2002; (In Press).
- 27) 西浦 博, 今井博久, 中尾裕之, 他. 農業従事者における遺伝子組換え食品(作物)の健康リスクに対する認識と受容性に関する研究. *九州農医誌.* 2002; (11): 4-12.
- 28) Saegusa A. Japan tightens rules on GM crops to protect the environment. *Nature.* 1999; 399: 719.
- 29) United Nations Population Division. *World Population Prospects: The 2000 Revision.* New York: United Nations. 2001.
- 30) Siedow JN. Feeding ten billion people. Three views. *Plant Physiol.* 2001; 126: 20-22.
- 31) Herrera-Estrella LR. Genetically modified crops and developing countries. *Plant Physiol.* 2000; 124: 923-925.
- 32) 久保和弘, 斎藤衛郎. 栄養素含量および機能性を改変した遺伝子組み換え食品の開発の現状と将来の動向およびその安全性評価. *日本栄養・食糧学会誌.* 2000; 53: 169-174.
- 33) Matoba N, Doyama N, Yamada Y, et al. Design and production of genetically modified soybean protein with anti-hypertensive activity by incorporating potent analogue of ovokinin (2-7). *FEBS Lett.* 2001; 497: 50-54.
- 34) 村田幸作. 遺伝子組換え作物の安全性. *治療.* 2000; 82: 2794-2795.
- 35) 村田幸作, 清水 誠. 遺伝子組換え食品の分かる本. 東京: 法研出版. 2000.

GENETICALLY MODIFIED FOOD (FOOD DERIVED FROM BIOTECHNOLOGY): CURRENT AND FUTURE TRENDS IN PUBLIC ACCEPTANCE AND SAFETY ASSESSMENT

Hiroshi NISHIURA*, Hirohisa IMAI^{2*}, Hiroyuki NAKAO^{2*},
Hiromasa TSUKINO^{2*}, Yoshiki KURODA^{2*}, and Takahiko KATO^{H^{2*}}

Key words : genetically modified food, food derived from biotechnology, safety assessment, public acceptance, health risk

Current and future trends regarding genetically modified (GM) crops and food stuffs were reviewed, with a particular focus on public acceptance and safety assessment. While GM foods, foods derived from biotechnology, are popular with growers and producers, they are still a matter of some concern among consumers. In fact, our recent surveys showed that Japanese consumers had become uneasy about the potential health risks of genetically modified foods. Many Japanese consumers have only vague ideas about the actual health risks, and they appear to be making decisions simply by rejecting GM food because of non-informed doubts. Although the debate about GM foods has increased in the mass media and scientific journals, few articles concerning direct studies on the potential toxicity or adverse health effects of GM foods have appeared. The roles of relevant international regulatory bodies in ensuring that GM crops and food are safe are therefore summarized. Finally, the current debate on use of GM crops in agriculture and future trends for development of GM foods with enriched nutrients, better functionality, and medicinal ingredients, which will be of direct benefit to the consumer, are covered.

* Internal Medicine, Tokyo Metropolitan Ebara Hospital

^{2*} Department of Public Health, School of Medicine, Miyazaki Medical College