

一酸化炭素中毒による社会医学的な課題 —社会的損失の推計から—

合志 清隆¹⁾, 石竹 達也¹⁾, 星子美智子¹⁾, 玉木 英樹¹⁾²⁾
近藤 豊³⁾, 久木田一朗³⁾, 井上 治⁴⁾

¹⁾久留米大学医学部環境医学講座

²⁾玉木病院外科・総合診療科

³⁾琉球大学大学院医学研究科救急医学講座

⁴⁾琉球大学医学部附属病院高気圧治療部

(平成 23 年 5 月 12 日受付)

要旨：われわれは一酸化炭素 (CO) 中毒の患者数を米国からの報告結果をもとに推計し、その後遺障害の発生と死者数から社会的損失を算出した。わが国の CO 中毒の年間患者数は約 58,000 人になると予測され、そのうち 33% に後遺障害としての認知機能障害が残るとすれば、これによる逸失利益は約 1 兆 2,400 億円となる。さらに、厚生労働省から出された「自殺・うつ対策の経済的便益」(2010 年 9 月 7 日) から、わが国の CO 中毒による死亡や精神神経障害の社会的損失は約 1 兆 7,500 億円と算出される。この社会的損失の算出には、うつや不安感などは含めておらず、さらに 16 歳未満の小児を対象外としていることから、実際の社会的損失はさらに拡大すると予測される。今回は代表的な神経救急疾患である CO 中毒の社会的損失を推計したが、今後は各種疾患における社会医学的な検討が必要であろう。

(日職災医誌, 60 : 18—22, 2012)

—キーワード—

一酸化炭素中毒, 社会的損失, 後遺障害

はじめに

一酸化炭素 (CO) 中毒は、火災事故、自動車排ガスの事故、あるいは換気が不十分な場所での調理や工事など、不完全燃焼が起こる場所で発生する。さらに、わが国における化学物質による中毒死のなかで最も多い原因が CO 中毒である。2006 年度の人口動態統計によれば、不慮の事故死で「煙、火及び火炎への曝露」は 1,509 件であるが、自殺原因からみると「その他のガス及び蒸気」が 3,468 件になり、これらの大多数は CO 中毒が関与したものと推測される。このような死亡例に対して、医療機関に搬送された CO 中毒の患者の死亡率は約 1% であり¹⁾²⁾、この中毒の生命予後は悪いものではない。しかし、この中毒は急性期の治療後も後遺障害として精神神経障害を残しやすく²⁾、これが社会的に負の影響を与えることは容易に推測される。さらに、若年層の中毒患者も多いことから¹⁾²⁾、その後遺障害が重大な社会的問題を引き起こしている可能性がある。

わが国ではタバコやアルコールの税収とその弊害によ

る経済的側面からの検討はされてきたが、ある疾患が経済的に社会に与える影響の試算は行われてこなかった。

この問題が最初に取り上げられたのは、第 83 回日本産業衛生学会 (2010 年 5 月 26~28 日、福井) で「ガス中毒 (一酸化炭素中毒) での課題 (II) —社会的損失—」の報告ではないかと思われる³⁾。厚生労働省は 2010 年 9 月 7 日に「自殺・うつ対策の経済的便益 (自殺やうつによる社会的損失)」(障害保健福祉部精神・障害保健課) を発表し、この種の調査としては最初であると新聞紙上で報じられたからである。

わが国の医療と経済との関連では、1980 年代に医療費増大と医師過剰が議論され、その後の政策は近年の医療崩壊の一因である可能性が示唆されてきた。医療は国家財政の基盤の上に成り立つものであり、その経済的な側面を社会医学的に検討することは、わが国を取り巻く様々な社会情勢から重要であると思われる。本稿では CO 中毒といった単一疾患を例にとり、この疾患に関する種々の報告結果を基にして、この疾患により生み出される社会的損失を推計した。

表1 急性一酸化炭素中毒の社会的影響

患者総数：約 58,000 人/年
後遺障害（認知機能障害）の頻度：33%
逸失利益：1 兆 2,400 億円/年
社会的損失：1 兆 7,500 億円/年

患者総数

わが国における CO 中毒による死亡者数は前述したが、実際の医療機関へ搬送された患者数は明らかでないだけでなく、その推計も行われていない。これに対して米国では、政府所管の研究所である疾病管理予防センター（Centers for Disease Control and Prevention）から報告されており、1968 年から 1998 年まで 31 年間の CO 中毒による死亡者総数は 116,703 人であり、その内訳は自殺が 73,940 人（63.4%）で、不慮の事故が 33,836 人（29.0%）、特定できない事故が 7,134 人（6.1%）、殺人が 1,792 人（1.5%）、その他が 1 人である⁴⁾。この報告によれば、人口 100 万人あたりの死亡者数は減少傾向であり、1968 年の 20.2 人から 1998 年の 8.8 人（事故死：1.81 人、自殺：6.46 人、その他：0.53 人）としている。

このような CO 中毒の死亡者数に対して、実際の患者数を把握することは極めて困難である。米国の連邦保健・教育・福祉省（US Department of Health, Education, and Welfare）は 1967 年に年間の CO 中毒の患者数を約 10,000 人としており⁵⁾、これが長期にわたり全米の患者数と捉えられており、先の疾病予防管理センターは米国の人口増から CO 中毒の患者数を 2005 年には 15,200 人としている⁶⁾。しかし、1998 年には Hampson らが 3 つの州の患者数から全米の CO 中毒患者の救急外来へ搬送数を 43,000 人と推計し、政府報告との大幅な食い違いを指摘していた⁷⁾。さらに、彼らは 2007 年に 5 州での詳細な検討から全米での CO 中毒の搬送患者の総数は約 50,000 人に上ると報告し、米国政府の推計数の 3~5 倍である述べている⁸⁾。この推計患者数のなかには搬入前の死亡と救急外来を介さずに医療機関を受診した者は含まれていない。さらに、CO 中毒の診断が不十分である場合や、何らかの理由で医療機関を受診していない者も存在することから、実際の患者数はさらに多数に上るものと考えられる。

わが国における CO 中毒の医療機関への受診者数を算出するために、その報告に近い米国の人口と CO 中毒による死亡者数を用いた。わが国と米国の 2007 年での人口は、それぞれ 1.27 億人と 3.01 億人であり、特定できない事故などを除いた CO 中毒による人口 100 万人あたりの死亡者数は 1998 年の米国では 8.27 人（事故死：1.81 人、自殺：6.46 人）と報告されている⁴⁾。わが国の 2000 年の報告結果では、事故死と自殺がそれぞれ 1,416 人と 1,424 人であることから、同様にして人口 100 万人あたりの両

者の死亡者数は 22.6 人（事故死：11.3 人、自殺：11.3 人）である。この死亡者数と医療機関への受診者数は一定の直線関係にあることが報告されていることから⁸⁾、わが国で CO 中毒にて医療機関への受診者の総数は約 58,000 人（ $50,000 \times 1.27 / 3.01 \times 22.6 / 8.27$ ）と計算される（表 1）。しかし、わが国では 2002 年から 2003 年にかけて大多数が CO 中毒と考えられる「その他のガス及び蒸気」による自殺者が 1,514 人から 3,538 人と倍増しており、インターネットを介した集団自殺の呼びかけによるものとして社会問題化しているが、この傾向は 2005 年までの米国ではみられていない⁸⁾。

わが国の事故による CO 中毒の年間死亡者数は 1995 年から 2004 年までに約 1,500 人と大きな変化がみられていないことから、今回の CO 中毒による社会的損失の推計には、前述の患者総数を約 58,000 人とした。この推計の患者総数からすれば、わが国で CO 中毒は最も日常的な疾患として認識され、一般社会で注意喚起がなされていなければならない。しかし、そのような対策はみられないことから、この中毒症に対して医療者を含めた国民の認識が乏しいと思われる、米国でも同様の問題点として指摘されている⁸⁾。

後遺障害

急性 CO 中毒の治療予後を検討した報告がいくつかあるが、1 カ月ほどの短期的な治療結果が主であり¹⁹⁾、その後遺障害の頻度や程度がつかみにくい。この中毒症の自然経過が参考になる報告は、5 年間（1976~1981 年）に 2,360 例を検討した韓国からのものである¹⁰⁾。そのなかの 549 例が入院治療を受けているが、入院中の死亡は 10 例であり、遷延性意識障害（31 例）、精神神経障害（20 例）、片麻痺（4 例）、失語症（3 例）などである。遅発性脳症（delayed neurologic sequelae）は 65 例にみられ、経過観察が可能であった 36 例のなかで 27 例（75%）は 1 年以内に改善し、改善のみられなかった 9 例のなかで 3 例が感染症で死亡している。これから急性 CO 中毒による死亡率は約 1% であり、重篤な中枢神経障害ないし精神神経障害は約 3% となる。

しかし、CO 中毒の後遺障害での重要な検討対象は高次機能障害であり、それに関しては Weaver らの臨床報告が参考になる²⁾。この二重盲検によるランダム化比較試験（RCT）では、頭痛を含めた何らかの神経症状のある急性 CO 中毒の患者を対象として、大気圧下での酸素吸入と高気圧酸素（HBO）とを比較検討したものである。搬送された患者数は 460 例であり、16 歳未満の 94 例、最終曝露から 24 時間を超えている 23 例、妊婦の 7 例などは除外し、最終的には 152 例が RCT に登録されて 1 年間の経過観察が行われている。治療法の差異による 1 年後の認知機能障害は、それぞれ 33% と 18% に認められたとしているが（odds ratio；0.46, 95%CI；0.22~0.98,

$p=0.04$) (intention to treat 解析), その他の神経症状の差は治療群間で認められていない。この RCT では発見から 24 時間以内の搬入患者のみが登録されているが、臨床試験を開始するまでは全症例に酸素吸入が行われており、HBO 群でも初回の治療後に動脈血酸素飽和度が 90% 以上になるように酸素吸入が行われている。

今回の CO 中毒による社会的損失の推計では、すべての症例に通常の大気圧下の酸素吸入のみが行われたものとして、前述の Weaver らの RCT の結果をもとに²⁾、その平均した後遺障害としての認知機能障害が 33% に生じるものとして計算した (表 1)。しかし、酸素吸入や HBO といった治療の差異にかかわらず、うつ病や不安感 は 1 年後にも 43% に存在するとの報告もあり¹¹⁾、実際の CO 中毒による何らかの精神機能の障害の頻度は、今回の試算に用いた 33% を超えるものと思われる。

逸失利益

就労者の逸失利益は、その障害によって得られなかった利益と定義される。この算出には、障害時の年齢、その時の年収、障害の程度からみた労働能力喪失率、さらに 67 歳まで就労すると仮定した際のライプニッツ係数が用いられる。

CO 中毒を検討した複数の報告によれば、患者の平均年齢は 35~39 歳が多いことから¹²⁾⁹⁾、今回の推計では平均年齢を 37 歳とした。さらに、国税庁によれば 2009 年での 30 歳代後半のサラリーマンの平均年収は 447 万円とされている。また、労働能力喪失率は後遺障害の程度から指針が示されており、例えば第 1 級から第 3 級までは 100% の喪失とされているが、精神ないし身体障害の程度が軽くなるにつれて低く設定されている。今回の推計では、CO 中毒の後遺障害である認知機能障害を平均して第 5 級の「神経系統の機能又は精神に著しい障害を残し、特に軽易な労務以外の労務に服することができないもの」(労働省労働能力基準局長通牒[昭 32. 7. 2 基発第 551 号別表による]) である 79% の労働能力喪失率と仮定した。

前述した CO 中毒の推計患者数と後遺障害の発生頻度に加えて、以上の平均年齢に合った年収と労働能力喪失率から、CO 中毒の後遺障害による逸失利益は以下のように計算される。

逸失利益 = 平均年収 × 労働能力喪失率 × ライプニッツ係数 × 推計患者数 × 後遺障害の発現率 = 447 (万円) × 0.79 × 15.372 × 58,000 × 0.33 = 103,897,937 (万円)

さらに、死亡者の逸失利益は [年収 × (1 - 生活費控除率) × ライプニッツ係数] の式で計算されており、平均的な生活費控除率は 30~50% とされている。そこで CO 中毒による自殺や事故の死亡者数を 2006 年の約 5,000 人として、生活費控除率を 40% とすれば、前述の平均年収から死亡者の逸失利益は約 2,000 億円 [447 (万円) ×

0.6 × 15.372 × 5,000] と計算される。

以上のことから、急性 CO 中毒による後遺障害と死亡とを合わせた逸失利益は年間約 1 兆 2,400 億円に上ることになる (表 1)。

社会的損失

これは「ある経済活動の結果で生ずる社会が被る損失」と定義され、経済的損失や社会的費用とも呼ばれるが、社会的損失の算出には逸失利益に年金や医療費などを加えることが一般的である。例えば、前述した厚生労働省から出された「自殺・うつ対策の経済的便益 (自殺やうつによる社会的損失)」(2010 年 9 月 7 日)の試算には、労災補償給付、賃金所得、求職者給付、生活保護受給費に医療費が含まれ、これらが社会的損失のなかで 29% を占めている。CO 中毒においても死亡か認知機能障害の精神神経障害であるので、社会的損失における逸失利益の比率はほぼ同じであると考えられ、その比率から CO 中毒による社会的損失を単純に計算すると約 1 兆 7,500 億円 (1 兆 2,400 億円/0.71) になる (表 1)。

しかし、CO 中毒の後遺障害とは判断されていないが、曝露から 1 年後にも 43% にうつや不安感を示すことや¹¹⁾、さらに中毒後の 10 年間で心疾患のリスクを上昇させるとの報告もあり¹²⁾、厚生労働省の「自殺・うつ」を対象とした試算からすると、CO 中毒全般における年間の社会的損失は 1 兆 7,500 億円を大幅に上回る可能性がある。さらに、今回の試算には Weaver らの報告結果を用いたものであり、急性 CO 中毒の全症例の約 20% (94 人/460 人) に相当する 16 歳未満の患者は含まれていない²⁾。CO 中毒が小児の精神神経機能に与える将来的な影響の検討はなく、この中毒が社会に与える影響は想像以上に大きい可能性がある。

社会的損失の抑制

1) 臨床医学の観点から

わが国の年間 CO 中毒の患者数を約 58,000 人と推計し、その治療に HBO が有効である RCT を紹介したが²⁾、わが国で HBO を受けた患者数は把握されていない。米国では 320 の登録施設から聞き取り調査において 97% の回収率が得られており、1992 年から 2002 年までの CO 中毒の HBO の患者数に大きな変化はなく、年間約 1,500 人の治療が行われている¹³⁾。米国の CO 中毒の救急外来への搬送患者数が約 50,000 との推計から、HBO は全患者の 3% ほどに行われたことになる。この背景には CO 中毒を対象とした HBO の有効性を検討した RCT で否定的な結果が多かったことが一因であろう¹³⁾。しかし、2002 年に良質のデザイン化された RCT によって CO 中毒に対する HBO の有効性が示されると²⁾、治療に HBO が用いられている患者比率は増加傾向にあると予測される。

2) 予防医学の観点から

この中毒症は予測困難な火災事故や自殺などを除けば、不完全燃焼が存在する場所を避けるか換気に配慮することによって基本的には予防可能である。したがって、CO中毒による後遺障害としての精神神経障害が33%と高率であること²⁾、それによる社会的損失が甚大であることを広く社会に認識してもらうことが必要であろう。例えば、厚生労働省は「自殺・うつ病」による社会的損失を試算する以前に、具体的な自殺者数の紹介と漠然としたうつ病の急増を述べた「自殺・うつ病等への対策」(2010年5月28日)の報告書を出しており、このような国家的な対応が重要であると思われる。さらに、急性CO中毒の発見から早期の適切な治療によって後遺障害が抑制されたことについて²⁾、社会だけではなく医療者、とくに救急医療に携わる者への啓蒙活動も必要であると考えられる。

まとめ

CO中毒は化学物質による中毒死のなかで最多であるが、米国からの報告結果をもとにして年間の患者数は約58,000人に上ると推計される。さらに、後遺障害である認知機能障害が1年後に33%であったとの報告と、わが国における死者数を含めた際の逸失利益は約1兆2,400億円と計算される。また、逸失利益に年金や医療費などを加えた社会的損失は、年間約1兆7,500億円に上ると算出される。CO中毒による社会的損失の抑制には、適切な治療を行うことも必要であるが、この中毒症の問題点を広く社会一般へ啓蒙することが重要であろう。

謝辞：英語表記と英文校正については、米国でクリニックも開設されている鈴木一雄先生 (Cedars-Sinai Medical Center, Wound Care Clinic 部長, Los Angeles, CA, USA)のご協力に感謝いたします。

文献

- 1) Raphael JC, Elkharrat D, Jars-Guinestre MC, et al: Trial of normobaric and hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide intoxication. *Lancet* ii: 414—419, 1989.
- 2) Weaver LK, Hopkins RO, Chan KJ, et al: Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med*

347: 1057—1067, 2002.

- 3) 合志清隆, 玉木英樹, 星子美智子, 他: ガス中毒(一酸化炭素中毒)での課題(II) —診断, 治療と後遺症—. 第83回日本産業衛生学会 2010. 6 福井
- 4) Mott JA, Wolfe MI, Alverson CJ, et al: National vehicle emissions policies and practices and declining US carbon monoxide-related mortality. *JAMA* 288: 988—995, 2002.
- 5) Schaplowsky AF, Oglesbay FB, Morrison JH, et al: Carbon monoxide contamination of the living environment: a national survey of home air and children's blood. *J Environ Health* 36: 569—573, 1974.
- 6) Centers for Disease Control and Prevention: Uninternational non-fire-related carbon monoxide exposures—United States, 2001–2003. *Morb Mortal Wkly Rep* 54: 36—39, 2005.
- 7) Hampson NB: Emergency department visits for acute carbon monoxide poisoning in the Pacific Northwest. *J Emerg Med* 16: 695—698, 1998.
- 8) Hampson NB, Weaver LK: Carbon monoxide poisoning: a new incidence for an old disease. *Undersea Hyperb Med* 34: 163—168, 2007.
- 9) Scheinkestel CD, Bailey M, Myles PS, et al: Hyperbaric or normobaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning: a randomized controlled clinical trial. *Med J Aust* 170: 203—210, 1999.
- 10) Choi IS: Delayed neurological sequelae in carbon monoxide intoxication. *Arch Neurol* 40: 433—435, 1983.
- 11) Jasper BW, Hopkins RO, Duker HV, Weaver LK: Affective outcome following carbon monoxide poisoning: a prospective longitudinal study. *Cogn Behav Neurol* 18: 127—134, 2005.
- 12) Henry CR, Satran D, Lindgren B, et al: Myocardial injury and long-term mortality following moderate to severe carbon monoxide poisoning. *JAMA* 295: 398—402, 2006.
- 13) Hampson NB, Little CE: Hyperbaric treatment of patients with carbon monoxide poisoning in the United States. *Undersea Hyperb Med* 32: 21—26, 2005.

別刷請求先 〒903-0215 沖縄県西原町上原 207
琉球大学医学部附属病院救急部
合志 清隆

Reprint request:

Kiyotaka Kohshi
Division of Emergency Medicine, University Hospital of the Ryukyus, 207, Uehara, Nishihara, Okinawa, 903-0215, Japan

Social Medical Problems on Carbon Monoxide Poisoning
—Estimating the Social Costs—

Kiyotaka Kohshi¹⁾, Tatsuya Ishitake¹⁾, Michiko Hoshiko¹⁾, Hideki Tamaki¹⁾²⁾, Yutaka Kondo³⁾,
Ichiro Kukita³⁾ and Osamu Inoue⁴⁾

¹⁾Department of Environmental Medicine, Kurume University School of Medicine

²⁾Departments of Surgery and General Medicine, Tamaki Hospital

³⁾Department of Emergency Medicine, Graduate School of Medicine, University of the Ryukyus

⁴⁾Division of Hyperbaric Medicine, University Hospital of the Ryukyus

Using the published data from the US, we estimated the number of emergency department (ED) visits annually in Japan for carbon monoxide (CO) poisoning, and calculated the social costs of this kind of injury from significant sequelae and deaths. There are approximately 58,000 ED visits annually due to CO poisoning in Japan, and the social costs caused by CO poisoning is ¥1,240,000 million per year. In addition, based on “the social costs of suicide and depression” report by Ministry of Health, Labour and Welfare of the Japanese Government (published on September 7, 2010), the social cost of CO poisoning is ¥1,750,000 million per year. Because these estimations do not include depression, anxiety and other sequelae after the event, nor the patients younger than 16 years of age were included, it is safe to assume that the actual social cost of CO poisoning is much greater than estimated as above. We estimated the social cost of CO poisoning, a common neurological emergency condition, and we conclude that our society needs to revisit the economic analysis for diseases or conditions in all medical fields.

(JJOMT, 60: 18—22, 2012)