

【原著】

日本と米国におけるダイビング関連損傷と死亡事故の疫学調査の比較

瀧端康博
防衛医科大学校 医学研究科

【要約】

日本におけるダイビング関連損傷と死亡事故（以下、ダイビング関連事故）についての疫学調査報告は少ない。日米のレクリエーションダイビング関連事故および減圧症のデータベースを比較して、日本のデータベースの課題を検討した。

1998-2018年の海上保安庁救難統計では、ダイビング関連事故数は中央値46人（範囲、30-63人）、減圧症患者数は不明、死亡数は中央値16人（範囲、9-27人）であった。レジャー白書からダイバー数は約80万人と推計されるものの、年間ダイビング本数が不明なため、死亡率は求められなかった。一方、米国のNational Electronic Injury Surveillance System（NEISS；救急医療機関診療データベース）を用いた試算では2006-2015年のダイビング関連損傷数は1,394.3人／年であり、減圧症の患者数は81.4人／年と推計された。日本にはNEISSに該当するデータベースはなかった。SFIA web surveyで、2006-2015年のダイバー数は304万人／年、3,062万回ダイブ／年と推計された。DAN diving fatality databaseから、米国の死亡率はダイビング10万回あたり0.185と推定された。日本におけるダイビング関連事故数、減圧症数および死亡率を把握するためには、年間ダイビング本数の調査と併に減圧症を含めたダイビング関連事故の登録データベースを確立する必要がある。

キーワード データベース、潜水医学、減圧症、レクリエーションダイビング

【Symposium】

Comparison of the epidemiological survey of diving-related injuries and fatalities between Japan and United States

Abstract

Epidemiological studies of diving-related injury, decompression sickness (DCS) and fatality in Japan are few. The aim of our research was an epidemiological survey and comparison between diving-related injury, DCS and fatality database in Japan and those in USA to clarify the problem of Japan database.

Statistical Annual Report of Japan Coast Guard 1998-2018 reported that the median number of SCUBA diving accident, DCS and fatality were 46 (range: 30–63), no data and 16 (range: 9–27), respectively. White Paper on Leisure 2019 estimated 800,000 divers in 2018 in Japan. A fatality rate in Japan could not calculate due to the lack of number of dives per year. In the USA, diving-related injury cases were calculated 1,394.3 cases per year using National Electronic Surveillance System (NEISS) and we estimated the number of DCS was 81.4 cases per year. In Japan, there were no database corresponding to NEISS. SFIA web survey 2006-2015 estimated 3,044,000 divers and 30,617,439 dives per year in USA. Based on DAN diving fatality database, a fatality rate per 10^5 dives in USA was estimated to be 0.185.

We should make the database including the number of dives, diving-related injury, DCS and fatality.

keywords

Database, Diving Medicine, Decompression Sickness, Recreational diving

1. 緒言

近年、日本では、各領域で診療情報のデータベース化が進んでいるが、減圧症を含むダイビング関連損傷や死亡事故（以下、ダイビング関連事故）に関わる診療情報のデータベースはいまだ確立されていない。日本でのレクリエーションダイビングに関わる疫学データを導くためには、ダイバー数、ダイビング本数、ダイビング中の事故数、死亡数、医療機関におけるダイビング関連損傷の診療数、減圧症患者発生数、高気圧酸素治療を含む治療内容、転帰を把握する必要がある。しかしながら、日本のレクリエーションダイバーは、事故報告が義務付けられていないため、データの収集が難しく、実際にダイビングが安全に行われているのか評価できない。本研究では、レクリエーションダイビングについて日本に現存するデータベースを検索し、その結果を米国の疫学調査で用いられたデータベースと比較することで、日本におけるデータベースの問題点や課題を明らかにすることを目的とした。

2. 対象と方法

日本の国勢調査2018¹⁾、レジャー白書2019²⁾、海上保安庁統計年報の救難統計1998-2018³⁾を利用し

た。米国のBuzzacottら⁴⁾が、ダイビング関連損傷の疫学調査で用いたUS bureau of census, Sports and Fitness Industry Association (SFIA) web survey, National Electronic Surveillance System (NEISS)⁵⁾, DAN diving fatality database⁶⁾の結果項目を参考に、日本の人口、ダイバー数、ダイビング本数、ダイビング関連損傷数、減圧症症例数、死亡症例数（レクリエーションダイビング、外国人、レクリエーションダイビング以外）を検索し、Buzzacottら⁴⁾のデータと比較した。

3. 結果

日本と米国におけるダイビングに関わる疫学データを検索し比較した結果を示す（Table）（日本のデータは2018年のものを示し、また米国からのデータは2006-2015年の平均を示した）。日本の国勢調査¹⁾によると2018年の人口は、126,443,000人であった。また、レジャー白書2019²⁾による3,226人のインタビューから2018年のダイバー人口は、約80万人と推計された。レジャー白書2019²⁾では、年間平均活動回数4.0回との記載のみであり、ダイバー1人あたりの年間ダイビング本数は不明であった。1998-2018年の海上保

Table. Estimated number of divers, dives, diving-related injury, decompression sickness (DCS) and fatalities between Japan and United States.

Nation	Year	Population	Total interviews	Estimated number of divers	Estimated number of dives	Diving-related injury	Estimated DCS cases	Number recreational diving deaths	Foreign diving deaths	Non-recreational diving deaths	A fatality rate per 10 ⁵ dives
Japan	2018	国勢調査2018	レジャー白書2019			海上保安庁統計年報2018					Unknown
		126,443,000	3,226	800,000	Unknown	45	Unknown	17	Unknown	Unknown	
United States	2006-2015	US Bureau of Census	SFIA web survey			NEISS		DAN diving fatality database			0.185*
		284,497,289*	38,339*	3,044,000*	30,617,439*	1,394.3*	81.4 [†]	56.3*	0.8*	8.7*	

* Average of 2006-2015, [†]Buzzacott et al⁴⁾ did not calculate because diagnosis counts were nearly all <20, DAN: Divers Alert Network, SFIA: Sports and Fitness Industry Association, NEISS: National Electronic Injury Surveillance System

安庁救難統計³⁾によるとスキューバダイビング中(海上保安庁の救難統計ではレクリエーションダイビングのみを対象として計上)の全事故数は中央値46人(範囲:30-63人, Tableは2018年のデータ45人)であった。このうち減圧症が何人含まれていたかは不明であり、減圧症発生数を推計できなかった。1998-2018年の海上保安庁救難統計の死亡数は中央値16人(範囲:9-27人, Tableは2018年のデータ17人)と報告されていた。外国人及びレクリエーションダイビング以外での死亡数は不明であった。日本の年間ダイビング本数が不明であるため、ダイビング10万回あたりの死亡率は算出できなかった。

米国ではSFIA web surveyで、2006-2015年のダイバー数は304万人/年、3,062万回ダイブ/年と推計された。NEISS⁵⁾によると米国2006-2015年の救急医療機関受診数(全米5,000医療機関の内100医療機関のデータ)3,799,805例/10年中、ダイビング関連損傷は378人/10年(0.01%)、そのうち減圧症は22人/10年であった。このデータを基にBuzzacottらは、米国全体で救急部医療機関を受診するダイビング関連損傷は1,394.3人/年と推計しており、さらに筆者が試算すると減圧症は81.4人/年と推測された。DAN diving fatality databaseから、レクリエーションダイビングでの死亡数は平均56.3人、外国人及びレクリエーションダイビング以外での死亡数はそれぞれ0.8人、8.7人と報告されており、レクリエーションダイビング10万回あたりの死亡率は0.185と推定された。国内にNEISS⁵⁾に該当するデータベースは検索し得た限りで認めず、本邦の救急診療におけるダイビング関連損傷および減圧症の発症数、発生率は把握できなかった。

4. 考察

今回提示した日本のダイバー数は、レジャー白書2019²⁾による3,226人を対象としたWeb調査結果である。しかし、レジャー白書による調査人数は、Buzzacottら⁴⁾の報告で用いられているSFIAによる10年間の383,389人を対象としたWeb調査と比較して明らかにサンプル数が少ないため、正確性に乏しいと考えられる。仮にSFIAと同等の質を担保するため

には、日本と米国の人口比(1:2.25)を考慮して、約17,000人/年を対象としたWeb調査が求められる。また、レジャー白書2019²⁾では年間平均活動回数4.0回として記載されているのみで、1回の活動におけるダイビング本数についての記載はなかった。一方、Buzzacottら⁴⁾は、SFIAの調査によるダイバー数304万人と1人あたりのダイビング本数10回/年を用いて米国の年間ダイビング本数を推計していた。死亡率や減圧症発症率を導くためには、年間ダイビング本数を把握しなければならず、年間平均活動回数だけでなく、ダイビング本数も調査対象とする必要がある。とはいえ、調査対象とする集団や地域によって年間ダイビング本数が大きく異なることを考え併せると、サンプル数の少ないレジャー白書では正確性が担保できないため、潜水指導団体から1回の活動におけるダイビング本数の情報を得るという代替方法も考えられる。

日本におけるダイビング中の死亡者数は、1998-2018年の海上保安庁救難統計³⁾によると中央値16人(範囲、9-27人)と報告されていた。しかし、日本の年間ダイブ数が不明なため、ダイビング10万回あたりの死亡率を求めることができなかった。国内のレクリエーションダイビングの安全性を評価するためには、Buzzacottら⁴⁾によるダイビング10万回あたりの死亡率0.185と比較する必要があると考えられた。米国では、ダイビングによる死亡数や内容を把握する試みとしてJohn McAniffが1970年からdiving fatality databaseを開始し、1989年からはDANがデータ集積に参加し、DAN diving fatality databaseとして現在も継続されている。日本国内のダイバーの死亡例についても、正確な把握・検証を行う体制の構築が求められる。

杉山ら⁷⁾による1993-1997年の調査では、海上保安庁が関わったダイビング中の全事故人数は47.4人/年(死亡数24.0人/年)で、237例中6例(2.5%)に潜水病(当時、潜水病と記載された中で、明らかな減圧症は5例であった。)が認められたと報告されている。杉山ら⁷⁾の報告及び海上保安庁救難統計1998-2018³⁾から推計すると、海上保安庁が関与する減圧症の症例数は、平均46.2人/年 \times 2.5%=1.2人/年に過ぎない、と考えられた。動脈ガス塞栓症は2時間以内に95%が発症するのに対して、減圧症は水面浮上後

1時間以内に42%, 3時間以内に60%, 8時間以内に83%, 24時間以内に98%が発症する⁸⁾と報告されており, かならずしも海上又は海中において症状が発症するとは限らない。このため, 海上保安庁救難統計として扱われることはむしろ少ないのではないかと考える。実際, 伊豆半島における重症減圧症患者のドクターヘリコプター搬送についての柳川ら⁹⁾の報告では13年間で128名を搬送したとしており, 減圧症の重症例でも海上保安庁を経由せずに救急搬送され, 診療されていることを示しているものと考えられる。このため, 海上保安庁救難統計から実際の減圧症症例数を導き出すことには限界があると思われた。

厚生労働省による3年に1度の患者調査では, 受診患者の傷病名の詳細までは明らかにされていない。また, 日本外傷診療研究機構による日本外傷データバンク¹⁰⁾では, Abbreviated Injury Scale¹¹⁾3点以上の重症な外傷を対象としているが, 減圧症に関わる症例登録は行われていない。

Nakayamaら¹²⁾は, 西伊豆の大瀬崎においてレクリエーションダイバーを対象としたアンケート調査にて, 減圧症はダイビング19,011回で1例(5.3例/ダイビング10万回)が発生していると報告している。これは特定のダイビングスポットに限ったサンプルデータであり, 国内の全てを反映したものではない。減圧症発生率は調査の方法により4-13.4例/ダイビング10万回^{8, 13, 14)}とそれぞれ異なった頻度となっている。Hubbardら¹⁵⁾やRanapurwalaら¹⁶⁾は, ダイビング10万回あたり4.1-5.7例の再圧治療を要する減圧症が発生したと報告し, Klingmannら¹⁷⁾は, 減圧症はダイビング5,463回で1例, この中で神経症状を伴う重度の減圧症はダイビング20,291回で1例発生した, と報告している。

Kojimaら¹⁸⁾は, 2010-2014年にDAN Japan会員で保険申請請求を行った会員の内, 死亡例を除く321例の分析を行っている。この分析で減圧症が原因の申請が109例あり, 1万人会員あたりの発症率は13.5であったと報告している。DAN USAでは20.5/1万人会員, British Sub-Aqua Clubでは32.6/1万人会員と報告されているが¹⁹⁾, 結果の解釈には慎重であるべきとしており, その理由として米国では, 会員全てが保険対象会員である日本と違い, 保険に加入していな

い会員もいるため分母が異なること, また会員の年間のダイビング本数の違いにも留意する必要があるとしている。実際, ダイビング本数を考慮して計算を行うとDAN USAでは0.82/1万ダイビング, British Sub-Aqua Clubでは0.88/1万ダイビングとなりほぼ同じ値となっているとしており, ダイビング本数の調査は日米の比較をする上で不可欠と考えられる。以上, 日本のダイビング関連損傷や減圧症に関わる疫学調査は, 海上保安庁救難統計³⁾, 杉山ら⁷⁾, Nakayamaら¹²⁾, Kojimaら¹⁸⁾による報告以外に参考となる資料が乏しく, またそれらから得られた情報も限定的であった。

減圧症の発生数や死亡率の推測を行えるデータベースを作成することは, 安全なレクリエーションダイビングが行われているかどうかを検証するためには重要と考えられる。しかし, 潜水医学に精通した医者が少ない現状を考えると, これだけでは適切な医療が提供された結果であるかどうかを検証するには不十分であり, 各治療施設における治療件数や治療実態を反映できるようなデータベースを構築する必要がある。

Buzzacottら⁴⁾はNEISSをデータベースとして活用し, 各病院救急部のダイビング関連損傷による受診患者データから, その中に含まれる減圧症の患者数を抽出していた。NEISSは, アメリカ合衆国消費者製品安全委員会(U.S. Consumer Product Safety Commission (CPSC))によって運営されており, 米国の約5,000以上の救急部を持つ病院の内, 約100病院の救急部から消費者製品に関連する損傷データを集積している。2000年からすべての損傷(減圧症はICD-10²⁰⁾でT70.3に分類され, 外傷(T07-T78-Injury, poisoning and certain other consequences of external causes)に区分される。)についてデータを集積しており, CPSCのみならず研究者や消費者にとって重要なツールとなっている。もし, 本邦で既存のデータベースを発展させる場合, 日本外傷データバンクに減圧症の症例登録を付け加えることも具体的な選択肢のひとつとなりえるのではないかと考える。

しかし, Buzzacottら⁴⁾による10年間の調査でも, 救急部を受診した3,799,805例中, ダイビング関連損傷は378例であり, その中で減圧症と診断された症例はわずか22人(5.8%)であった。米国全体の救急外

来受診患者は14,062,496.6/年と推計され、そのうちダイビング関連損傷患者は1,394.3人/年、減圧症患者は81.4人/年と試算された。この数字は、DAN USAの報告数¹⁹⁾と比べて、かなり少ない数字である。このことより減圧症の症例数を把握する上で、救急医療施設のみを対象とした調査では不十分と考えられた。減圧症の症例数を把握するためには、医療相談時、医療機関受診時、高気圧酸素治療時、死亡時についてそれぞれ調査が必要ではないかと考える (Figure)。

本検討は既存のデータベースを用いた後方視的検討である。各データベースが症例をすべて捉えているわけではないため、実際のダイビング関連損傷による死亡数や減圧症の発症数はデータベース上の報告数より多いと予想される。日本でもDAN Medical Services Call Centerといった医療相談先での調査や、日本高気圧環境・潜水医学会が隔年で実施している高気圧酸素治療施設を対象としたアンケート調査を利用するとともに、減圧症診療データベースも構築する必要があると考える。

5. 結語

本邦では、年間ダイビング本数の調査、ダイビング関連損傷や減圧症の診療データベースが欠けていることが明らかになった。ダイビング10万回あたりの死亡率、減圧症の発症数、発生率を把握するためには、米国のSFIA web surveyのように対象人数を増やした調査と、ダイビング関連事故の症例登録データベースを確立させる必要がある。

6. 謝辞

第54回日本高気圧環境・潜水医学会学術集会会長、和田孝次郎先生に貴重な学会発表の機会を頂き、深く御礼申し上げます。また本稿をまとめるにあたり、海上自衛隊潜水医学実験隊の皆様方に多大なご協力を賜ったことに感謝いたします。

7. 付記

本論旨の一部は、2019年6月16日に開催された、第54回日本高気圧環境・潜水医学会学術集会におい

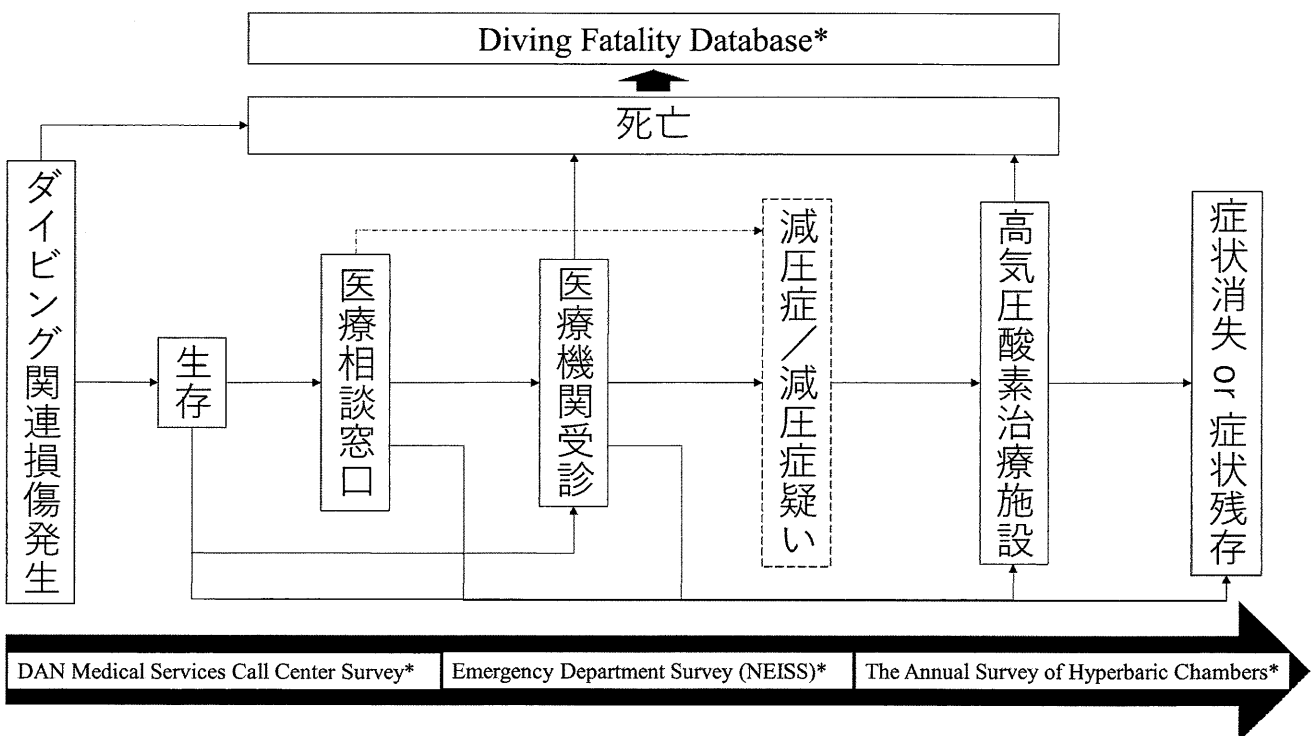


Figure. ダイビング関連損傷フローチャート

*United States of America Diving-Related Surveillance, DAN: Divers Alert Network, NEISS: National Electronic Injury Surveillance System.

て発表した。本稿に述べた意見等は筆者の個人的見解であり、防衛省・自衛隊の公式見解を示すものではない。

参考文献

- 1) 総務省統計局：国勢調査2018：https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2018np/index.html. Accessed March 24, 2020.
- 2) 公益財団法人 日本生産性本部：レジャー白書2019 余暇の現状と産業・市場の動向：東京；生産性出版。2019；pp.42.
- 3) 海上保安庁：海上保安庁統計年報：救難統計。1998-2018：https://www.kaiho.mlit.go.jp/doc/hakkou/toukei/toukei.html. Accessed March 24, 2020.
- 4) Buzzacott P, Schiller D, Crain J, Denoble PJ: Epidemiology of morbidity and mortality in US and Canadian recreational scuba diving. *Public Health* 2018；155：62-68.
- 5) National Electronic Injury Surveillance System (NEISS)：https://www.cpsc.gov/Research--Statistics/NEISS-Injury-Data. Accessed March 24, 2020.
- 6) Divers Alert Network Fatality Database: https://www.diversalertnetwork.org/research/studies/fatality_database. Accessed March 24, 2020.
- 7) 杉山弘行, 岩間淳一, 神山喜一, 永山健太郎：レジャーダイバーの潜水事故における潜水病の実態。日本高気圧環境医学会雑誌 1999；34：79-85.
- 8) Hadanny A, Fishlev G, Bechor Y, et al: Delayed recompression for decompression sickness: retrospective analysis. *PLoS One* 2015；23：10 (4) .
- 9) Yanagawa Y, Onitsuka M, Nozawa Y, et al: The Significance of a Cooperative Medical System for Treating Decompression Illness on the Izu Peninsula in Japan. *Wilderness Environ Med*. 2019；30 (3)：268-273.
- 10) 日本外傷診療研究機構：日本外傷データベース：https://www.jtcr-jatec.org/traumabank/index.htm. Accessed March 24, 2020.
- 11) Abbreviated Injury Scale (AIS) - Overview. Association for the Advancement of Automotive Medicine. 2019: https://www.aaam.org/abbreviated-injury-scale-ais/. Accessed March 24, 2020.
- 12) Nakayama H, Shibayama M, Yamami N, et al: Decompression sickness and recreational scuba divers. *Emerg Med J*. 2003 Jul;20 (4) :332-4.
- 13) Lippmann J: Review of Scuba Diving Fatalities and Decompression Illness in Australia. *Diving Hyperb Med*. 2008 Jun;38 (2) :71-8.
- 14) Arness MK: Scuba Decompression Illness and Diving Fatalities in an Overseas Military Community. *Aviat Space Environ Med*. 1997 Apr;68 (4) :325-33.
- 15) Hubbard M, Davis FM, Malcolm K, Mitchell SJ: Decompression illness and other injuries in a recreational dive charter operation. *Diving Hyperb Med*. 2018 Dec 24;48 (4) :218-223.
- 16) Ranapurwala SI, Bird N, Vaithyanathan P, Denoble PJ. Scuba Diving Injuries Among Divers Alert Network Members 2010-2011. *Diving Hyperb Med*. 2014 Jun;44 (2) :79-85.
- 17) Klingmann C, Gonnermann A, Dreyhaupt J, et al: Decompression illness reported in a survey of 429 recreational divers. *Aviat Space Environ Med* 2008；79：123-128.
- 18) Yasushi Kojima, Akiko Kojima, Yumi Niizeki, Kazuyoshi Yagishita: Recreational diving-related injury insurance claims among Divers Alert Network Japan members: Retrospective analysis of 321 cases from 2010 to 2014. *Diving Hyperb Med* 2020; 50: 92-97.
- 19) Denoble PJ, Ranapurwala SI, Vaithyanathan P, Clarke RE, Vann RD. Per-capita claims rates for decompression sickness among insured Divers Alert Network members. *Undersea Hyperb Med*. 2012 May-Jun;39 (3) :709-15.
- 20) International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision: https://icd.who.int/browse10/2019/en. Accessed March 24, 2020.