

特集：国連持続可能な開発目標 3 (SDG3)
—保健関連指標における日本の達成状況と今後の課題について—

<総説>

人に健康影響を及ぼす環境
—生活環境・水分野における SDG 健康関連指標の課題—

戸次加奈江¹⁾, 浅見真理¹⁾, 櫻田尚樹²⁾, 児玉知子³⁾

¹⁾ 国立保健医療科学院生活環境研究部

²⁾ 産業医科大学産業保健学部看護学科

³⁾ 国立保健医療科学院国際協力研究部

Environments harmful to human health: Challenges for SDG
environmental health related indicators

BEKKI Kanae¹⁾, ASAMI Mari¹⁾, KUNUGITA Naoki²⁾, KODAMA Tomoko³⁾

¹⁾ Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

²⁾ Department of Occupational and Community Health Nursing, School of Health Sciences,
University of Occupational and Environmental Health, Japan

³⁾ Department of International Health and Collaboration, National Institute of Public Health

抄録

「持続可能な開発目標 3」(SDG3)では、保健医療分野に関する評価・モニタリング指標の提示が求められている。本研究では、生活環境関連分野における指標の定義を確認するとともに、一般環境から労働環境までを対象に、WHO報告書から環境リスクが指摘される化合物及び物理的因子に関する国内の文献レビューを行った。

その結果、室内寒暖差と死亡率との関連性や、揮発性有機化合物 (SVOC) の室内濃度や湿度環境とアレルギー疾患との関連性、大気中の微小粒子状物質と呼吸器・循環器系疾患との関連性が示唆された。また、指標3.9.2「安全ではない水、安全ではない公衆衛生及び衛生知識による死亡」はTier Iであるが、過去30年間の国内水質事故事例の情報収集等をもとにした水系感染症死亡事例による推計値は、国連指定のコーディングによる報告値よりも極めて低く、WHOのWASH定義疾病コードが開発国の状況を基にした定義となっていることが示唆された。

キーワード：SDG3.9., 環境負荷因子, 水, 衛生

Abstract

Environmental health-related indicators must be examined when considering the Sustainable Development Goal (SDG) targets. A review of literature regarding chemical and physical issues that carry environmental risks in reports from WHO and other academic papers in Japan and overseas showed a relationship between indoor temperature difference and mortality. Further, indoor concentrations of semi-volatile

連絡先：戸次加奈江
〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6
2-3-6 Minami, Wako, Saitama 351-0197, Japan.
Tel: 048-458-6258, Fax: 048-458-6270
E-mail: bekki.k.aa@niph.go.jp
[令和3年7月26日受理]

organic compounds (SVOC) and humid environments were found to be related to allergic diseases, and atmospheric microparticulate matter was found to be related to respiratory and circulatory system diseases. Furthermore, the index related to 3.9.2 “Unsafe water, unsafe public health, and death due to unsafe hygiene knowledge” is defined using the sum of specific diseases, and the index is classified as Tier I, but the occurrence of water-borne diseases based on information from domestic water quality accident cases over the past 30 years was significantly lower than that reported by UN-designated coding using ICD10. This may be because the WHO WASH disease code was defined based on conditions in developing countries.

keywords: SDG3.9., environmental factor, disease burden, water, hygiene

(accepted for publication, July 26, 2021)

I. はじめに

2016年の世界保健機関 (WHO) による報告「健康的な環境による疾病予防」[1]によると、2012年度における全世界の死亡者数の23%は環境に起因するものであり、その死亡者数は1260万人に達すること、そしてDALY (障害調整生存年数) 全体の22%が環境に起因するものであることが報告されている。そのため、環境負荷を減らすことは、世界の疾病負荷の大幅な削減に繋がるものでもあり、SDGs (持続可能な開発目標) を達成していく上でも大きく貢献できるものと考えられている。また、死亡要因の上位を占める疾患として、脳卒中、虚血性心疾患、下痢症および癌が挙げられており、環境が仲介する疾病負荷は主に開発途上国で非常に高いものの、心疾患や癌など幾つかの非感染性疾患については、先進国において特に高い傾向がみられている。こうしたことから、環境決定要因となる各国の産業や農業、交通機関を含む輸送、居住環境の安全性や固形燃料の削減を目的としたクリーンエネルギー開発など、多岐にわたる根本原因にも取り組むことが重要視されてきている。

こうした中、日本における主な環境リスク因子としては、これまで経済の高度成長の進展の中で生じた大気や水質の公害問題をはじめ、喫煙や、欧米化の進展による閉鎖型住宅の普及に関連した室内の環境汚染とそれに伴う健康障害の問題が着目されてきた。さらに、近隣中国における急速な工業化によって、越境大気汚染に関する健康影響が指摘されている。ヨーロッパ地域では、既に2011年に室内の主な環境負荷因子に対する疾病及び死亡率に関する統計的なデータを基にDALYが算出されており[2]、改善に向けた対策が進められているものの、日本での明確な指標は提示されていない。また、SDG 3.9「2030年までに、有害化学物質、並びに大気、水質及び土壌の汚染による死亡及び疾病の件数を大幅に減少させる」におけるグローバル指標3.9.1「家庭内及び外部の大気汚染による死亡率」については、現在ある国内の情報が集計されておらず、数値は提示されていないため、関連するデータの集計が急務とされている。

そこで本研究では、国内外で報告される主な環境負荷因子のうち、これまでの疫学研究により報告された疾病や死亡率との関連が示唆される主な環境負荷因子につい

て、文献をベースに実態を調べることで、将来的なDALY算出のために必要な基礎データを収集することとした。

II. 国内の環境化学要因に関する文献調査

はじめに、環境負荷因子として、一般環境から労働環境までを含む幅広い生活環境の中で、WHO欧州支局からの報告[3]や国内外の学術論文等で、環境リスクが指摘される化合物及び物理的因子を中心に文献調査を行った。具体的なキーワードは表1に示す通り、重金属 (鉛、カドミウム、ヒ素、水銀)、微小粒子状物質、アスベスト、二硫化炭素、オゾン、揮発性有機化合物 (VOC)、フタル酸エステル類及びリン系難燃剤である。また、化学物質以外にも、室内での汚染や重要な環境負荷となる湿気やカビなどの生物学的要因についても取り挙げた。対象としたアウトカムは、国際的なSDGsの指標として国連統計部 (UNSD) より報告のあるTier II[4]に分類された指標「5歳以下の急性呼吸窮迫、25歳以上の脳血管疾患、25歳以上の虚血性心疾患、25歳以上の慢性閉塞性肺疾患、25歳以上の肺癌」(Global SDG Indicator platform) 及

表1 検索に用いたMesh term

環境化学要因	particulate matter
	asbestos
	cadmium
	arsenic
	mercury
	lead
	carbon disulfide
	ozone
	volatile organic compound
	phthalic ester
	phosphate ester
アウトカム	acute respiratory infection
	cerebrovascular diseases (stroke)
	ischaemic heart diseases (IHD)
	chronic obstructive pulmonary diseases (COPD)
	lung cancer
	mortality
	allergy
	sick building syndrome
研究の種類	Meta-Analysis, Systematic Review, review in the last 10 years

表2 文献検索一覧 (2011年WHO欧州支局提示項目)

環境化学要因	健康影響	キーワード	日本	全体
カビ	喘息死	mold, asthma	2	76
湿気	喘息死	dampness, asthma	0	11
屋内の寒さ	冬の過剰死亡率	indoor cold, winter mortality	2	3
熱中症	死亡	heat wave, mortality	0	16
ラドン	肺癌	radon, lung cancer	0	18
住宅内の受動喫煙	下気道感染症	secondhand smoke, respiratory infections	0	39
	喘息	secondhand smoke, asthma	1	47
	心臓病	secondhand smoke, heart disease	0	9
	肺癌	secondhand smoke, lung cancer	4	16
	死亡	secondhand smoke, mortality	2	8
鉛	精神遅滞	metal, lead, mental retardation	0	14
	循環器疾患	metal, lead, cardiovascular disease	0	11
	行動上の問題	behavioural problems, lead, metal	0	8
	死亡	metal, lead, mortality	0	5
屋内の一酸化炭素	頭痛	indoor, carbon monoxide, headache	0	18
	吐き気	indoor, carbon monoxide, nausea	0	2
	心血管虚血	indoor, carbon monoxide, cardiovascular ischaemia/insufficiency	0	1
	発作	indoor, carbon monoxide, seizures	0	0
	昏睡	indoor, carbon monoxide, coma	0	0
	意識の喪失	indoor, carbon monoxide, loss of consciousness	0	0
	死亡	indoor, carbon monoxide, mortality	0	5
ホルムアルデヒド	子どもの呼吸器症状の低下	formaldehyde, respiratory symptoms, children	0	2

表3 文献検索一覧 (UNSDによる3.9.1に該当する健康影響指標 (Tier I))

環境化学要因	健康影響	キーワード	日本	全体
微小粒子状物質	急性呼吸窮迫	particulate matter, acute respiratory	0	44
	脳血管疾患	particulate matter, stroke	1	24
	虚血性心疾患	particulate matter, ischaemic heart diseases	0	23
	慢性閉塞性肺疾患	particulate matter, COPD	0	52
	肺癌	particulate matter, lung cancer	2	57
	死亡	particulate matter, mortality	3	87
アスベスト	急性呼吸窮迫	asbestos, acute respiratory	1	7
	脳血管疾患	asbestos, stroke	0	2
	虚血性心疾患	asbestos, ischaemic heart diseases	0	2
	慢性閉塞性肺疾患	asbestos, COPD	1	8
	肺癌	asbestos, lung cancer	3	33
	死亡	asbestos, mortality	2	15
カドミウム	急性呼吸窮迫	cadmium, acute respiratory	0	2
	脳血管疾患	cadmium, stroke	0	12
	虚血性心疾患	cadmium, heart disease	0	7
	慢性閉塞性肺疾患	cadmium, COPD	0	5
	肺癌	cadmium, lung cancer	1	17
	死亡	cadmium, mortality	0	5
ヒ素	急性呼吸窮迫	arsenic, acute respiratory infection	0	1
	脳血管疾患	arsenic, stroke	0	12
	虚血性心疾患	arsenic, ischaemic heart diseases	0	9
	慢性閉塞性肺疾患	arsenic, COPD	0	4
	肺癌	arsenic, lung cancer, mortality	0	7
	死亡	arsenic, mortality	1	23
水銀	急性呼吸窮迫	mercury, acute respiratory infection	0	0
	脳血管疾患	mercury, stroke	1	12
	虚血性心疾患	mercury, ischaemic heart diseases	0	6
	慢性閉塞性肺疾患	mercury, COPD	0	2
	肺癌	mercury, lung cancer	0	3
	死亡	mercury, mortality	0	2
鉛	急性呼吸窮迫	metal, lead, acute respiratory infection	0	0
	脳血管疾患	metal, lead, stroke	0	5
	虚血性心疾患	metal, lead, ischaemic heart diseases	0	0
	慢性閉塞性肺疾患	metal, lead, COPD	0	3

表3 続き

環境化学要因	健康影響	キーワード	日本	全体	
鉛	肺癌	metal, lead, lung cancer	0	3	
	死亡	metal, lead, mortality	0	5	
二硫化炭素	急性呼吸窮迫	carbon disulfide, acute respiratory infection	0	0	
	脳血管疾患	carbon disulfide, stroke	0	1	
オゾン	急性呼吸窮迫	ozone, pollution, acute respiratory	1	6	
	脳血管疾患	ozone, pollution, stroke	1	6	
	虚血性心疾患	ozone, pollution, ischaemic heart diseases	0	12	
	慢性閉塞性肺疾患	ozone, pollution, COPD	1	5	
	肺癌	ozone, pollution, lung cancer	0	13	
	アレルギー	ozone, pollution, allergy	0	4	
	シックハウス症候群	ozone, pollution, sick building syndrome	0	0	
	死亡	ozone, pollution, mortality	1	19	
揮発性有機化合物	急性呼吸窮迫	volatile organic compound, acute respiratory	0	6	
	慢性閉塞性肺疾患	volatile organic compound, COPD	0	5	
	肺癌	volatile organic compound, lung cancer	0	3	
	アレルギー	volatile organic compound, allergy	2	13	
	シックハウス症候群	volatile organic compound, sick building syndrome	2	2	
	死亡	volatile organic compound, mortality	0	3	
	フタル酸エステル類	肺癌	phthalic ester, lung cancer	0	1
		アレルギー	phthalic ester, allergy	2	0
シックハウス症候群		phthalic ester, sick building syndrome	1	0	
死亡		phthalic ester, mortality	0	1	
リン酸エステル類	肺癌	phosphate ester, lung cancer	0	1	
	アレルギー	phosphate ester, allergy	2	0	
	シックハウス症候群	phosphate ester, sick building syndrome	0	0	
	死亡	phosphate ester, mortality	0	1	

び、近年、国内で患者が増加するアレルギー疾患とシックハウス症候群である。文献検索にはデータベースとしてPubMedを使用し、最近10年間で発行されたものの中から、レビュー、システマティックレビュー、メタアナリシスに該当する文献を選定し調査した。また、国内の学会誌を初め、調査報告書、学会要旨等に関する情報についても適宜情報収集を行った。

はじめに、WHO欧州支局から報告された室内の環境汚染要因について、国内外の報告事例について調べた結果を表2に示す。この結果から、海外での事例も含めると、カビによる喘息や受動喫煙による下気道感染症、喘息、心臓病、肺がん、死亡、そして鉛による循環器疾患を中心に多くの疫学調査に関する報告が確認された。しかしながら、国内での報告は非常に限られたものしか無く、屋内の寒さによる死亡率(2件)、受動喫煙による肺がん(6件)及び死亡(2件)、そして鉛による循環器疾患(14件)のみが検出された。次に、国連統計部(UNSD)による3.9.1に該当する健康影響指標(Tier I)について、国内での主な環境化学要因とされる11項目について調査した結果を表3に示す。微小粒子状物質については、脳血管疾患(1件)、肺癌(2件)、死亡(3件)、アスベストについては急性呼吸窮迫(1件)、慢性閉塞性肺疾患(1件)、肺癌(3件)、死亡(2件)、カドミウムについては肺癌(1件)、ヒ素については死亡(1件)、水銀については脳血管疾患(1件)、オゾンについては急性呼吸窮迫(1件)、脳血管疾患(1件)、慢性閉塞性

肺疾患(1件)、死亡(1件)、揮発性有機化合物についてはアレルギー(2件)、シックハウス症候群(2件)、フタル酸エステル類についてはアレルギー(2件)、シックハウス症候群(1件)、リン酸エステル類についてはアレルギー(2件)に関する報告が検出された。これらの文献を初め、国内の雑誌も含めた各成分の健康影響に関する情報を次項に示す。

III. 環境化学要因と健康影響

1. 重金属(カドミウム, 水銀, 鉛)

国内での重金属曝露による健康影響については、主に公害問題の原因物質とされてきたカドミウムや水銀による環境汚染や職域での曝露がその要因として挙げられる。カドミウムは1955年に富山で問題とされたイタイイタイ病の発症因子として知られており、その他国内では、石川県梯川流域でのカドミウム汚染[5]、長崎県対馬のカドミウム汚染、そして労働者におけるカドミウム曝露に関する調査が行われてきている[6,7]。カドミウム曝露による主な病態として低分子量蛋白尿や腎尿細管障害が挙げられるが、こうした障害のバイオマーカーとされるβ2-MG、総蛋白および総アミノ窒素の尿中濃度を指標としたこれらの病態症状は、死亡率の上昇と強く関連していることが有澤ら[8]によって明らかとされている。また、鉛についても古くから健康影響が指摘されてきており、職業曝露による鉛中毒が主なものとして知られてい

る。慢性影響としては、より低濃度での継続的な曝露による神経系や血液/造血系への影響等が疫学研究で明らかにされている[9]。これまでの疫学研究による知見により、国内の実際の血中鉛濃度でも、小児の神経行動学的発達や成人の腎機能等に何等かの影響がある可能性が示唆されている[10]。

2. 微小粒子状物質

微小粒子状物質は、大気汚染の主要な汚染因子として、特にPM2.5を中心に途上国のみでなく先進国や越境汚染も含めた世界的な環境問題としてこれまでも多くの疫学研究が行われてきている[11,12]。微小粒子状物質と疾患との関連性については、海外での報告も含めると、循環器系疾患、呼吸器系疾患及び死亡に関する合計287報が報告されていた。国内での疫学的な報告は僅かではあるものの、Michikawaら[13]により、大気中濃度と死亡率との関連性について、全国100都市のPM濃度と各都市の死亡率(厚生労働省)から算出された調査結果(2012年-2014年)が報告されている。本調査では、全国100都市のPM濃度と各都市での偶発的でない死亡率の増加(1.3%)(95%信頼区間(CI), 0.9-1.6%)とPM2.5の平均濃度 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ の増加が関連することを統計的に明らかにしており、特に、これらの死亡要因として、心血管疾患や呼吸器系疾患が指摘されている。

3. アスベスト

石綿産業における多くの労働者から、肺がんや中皮腫などの重篤な健康障害が発症したことで、我が国では2004年に原則石綿の使用が全面禁止された。しかしながら、石綿を原因とする肺がんや中皮腫は発症までに10~50年を要する。そのため、厚生労働省の人口動態統計によると、1960年代に石綿輸入量が増加した時期に潜伏期間(平均約40年)を加えた最近において、中皮腫を要因とする死亡者が急増していることが報告され、2017年の死亡者数は1,555名であった。

このようなアスベスト曝露と死亡との関連については、海外を含めこれまでも多くの疫学研究が報告されている。日本国内での一般環境由来の石綿曝露と中皮腫及び肺がんによる死亡率との関連については、「クボタショック」としても知られる尼崎市のクボタ旧神崎工場周辺の住民にアスベスト疾患が発症したことでも知られている。これについて、2002年~2015年までに行われたZhaら[14]によるコホート調査によると、アスベスト曝露が引き起こした中皮腫を原因とする死亡率(標準化死亡比(SMR))は、男性で6.75%(95% CI, 5.83~7.78)、女性で14.99%(95% CI, 12.34~18.06)増加したことが明らかにされている。石綿の使用が全面禁止されて以降、30年から40年間使用されなくなったにもかかわらず、中皮腫による死亡者は、今もなお増加していることから、男性の場合は職業性曝露、女性の場合は非職業性曝露による影響があることもこうした調査結果により示されている。

4. 有機溶剤

産業現場では、多種類の有機溶剤が大量に使用されている。これら化学物質の中には、急性・慢性の健康障害を引き起こすものや死に至るほど危険な物質も多く含まれており、特に、作業場での安全対策が不十分である場合には、労働者は吸入・経皮・経口摂取によりこうした物質の曝露を受け、様々な疾患を誘発する可能性がある。本項目では、有機溶剤の中でも、これまで職業性曝露を中心に有害性が指摘され、労働安全衛生法において第1種または第2種有機溶剤に指定される二硫化炭素、ノルマルヘキサン、トリクロロエチレンに関するこれまでの報告事例について記す。

(二硫化炭素)

労働安全衛生法の第1種有機溶剤に指定される二硫化炭素は、常温で気化しやすいことから蒸気の形態で存在するものも多く、労働環境下では呼吸器や経皮を介した曝露や直接触れることで曝露を受ける機会が多い。このような職業性の曝露は、作業者に対して末梢神経障害や心血管疾患などの健康影響を引き起こすことが知られ[15]、特に、レーヨン工場の労働者を対象とした多くの横断研究において報告されている[16-20]。中でも、武林ら[20]により、国内のビスコース・レーヨン工場に勤務する作業者を対象にした疫学調査のデータが報告されており、曝露群と非曝露群とに分けて6年間継続した観察をした結果、負荷心電図による虚血性所見(ST低下・陰性T波など)の発生オッズ比が、曝露群で2.1(95% CI 1.1-4.0)に上昇したことが明らかとされている。また、同様の調査から、許容濃度10 ppmの範囲内であっても心血管疾患のリスクが高まることや、海外における同様の調査からは、数ppm程度の曝露であっても、神経系への影響が報告されている。こうした調査データに基づき、国内の労働衛生環境下ではこれまでも段階的に許容濃度の見直しが行われており、現在は、1 ppm ($3.13\text{mg}/\text{m}^3$)(経皮)とされている。

(ノルマルヘキサン)

労働安全衛生法の第2種有機溶剤に指定されるノルマルヘキサンは、1960年代、ビニールサンダルの製造工場にて、ノルマルヘキサン含有の接着剤を使用した労働者に抹消神経障害が多数発症した事例が報告されている[21,22]。その後、液晶画面の洗浄液や建材・家具等の接着剤にもノルマルヘキサンは含有され使用されているため、現在でも職業性曝露は避けられないものであり、ノルマルヘキサンは末梢神経障害(多発神経炎)を引き起こす代表的な有機溶剤[23]として有害性が危惧されている。

(トリクロロエチレン)

トリクロロエチレンは、金属加工部品などの脱脂洗浄用材や化学品の製造原料として1970年代まで幅広く使用されてきた。しかしながら、その取扱量の多い労働環境において、麻酔作用などによる急性中毒症状が多数報告されたことで、第1種有機溶剤としての規制が強化された[24]、有害大気汚染物質としても環境基準(年平均0.2

mg/m³) が設定されている。この様な環境基準はトリクロロエチレンの神経機能に対する慢性影響から設定されたものであるが、労働環境における疫学的知見から、ヒトの腎臓がんを引き起こすものとして、国際がん研究機関 (International Agency for Research on Cancer; IARC) ではGroup1 (ヒトに対して発がん性あり) と分類されている。

上記に示す有機溶剤については、国内でも職業性曝露による様々な症例報告がある他、2012年～2014年に実施された、一般住宅 (605件) を対象にした疫学調査 (Uchiyamaら2015) でも、トリクロロエチレンが低濃度ながらも室内で検出されていたことや、ノルマルヘキサンについては作業環境基準値 (40μg/m³) を超過する家屋も検出されていたことなどから[25]、これらを含む室内空気汚染物質49成分について、Azumaら[26]により健康リスク評価が実施されてきている。ここで対象とした成分の中には、トリクロロエチレンやノルマルヘキサンの他、アルデヒド類、脂肪族炭化水素類、芳香族炭化水素類、酢酸エステル類など日常生活を送る上で曝露を受けやすい成分が含まれており、アクロレインを初め、二酸化窒素、ベンゼン、ギ酸、塩化水素等の成分について健康リスクが比較的高いことが明らかとされている。トリクロロエチレンやノルマルヘキサンの健康リスクについては特段リスクが高いとはされていなかったものの、近年、化学物質の複合的な曝露による健康影響等も懸念されていることから[27]、住宅などの身近な生活環境下においてこの様な多種類の成分に長期的に曝露を受けることで、シックハウス症候群や将来的な疾患の発症に繋がる可能性も考えられるため、今後、何らかの対策が必要と考えられる。

5. 準揮発性有機化合物 (SVOC)

(フタル酸エステル類)

プラスチック製品の可塑剤として主に使用されるフタル酸エステル類は、食物や医療器具、玩具、飲み物などを介した人への曝露量が高く、アレルギーや喘息、シックハウス症候群等との関連性が指摘されている。また、室内で過ごす時間が長く、床との接触機会が多いとされる乳幼児においては、特にhand-to-mouth行動に

より床ダストからフタル酸エステルを摂取する機会も多いため、室内での化学物質の摂取経路として重要性が指摘されている。フタル酸エステル類のうち、ポリ塩化ビニル (PVC) の可塑剤として多く使用されるDEHP (di (2-ethylhexyl) phthalate) 及びその代替物質であるDINP (diisononyl phthalate) については、国内でのダスト中濃度が海外と比べても比較的高い傾向にあるため、新築の戸建調査の結果からは、フタル酸エステル類DEHP濃度が10倍上昇するとアレルギー性結膜炎のオッズ比も上昇し、DINP濃度が高い場合はアレルギー性鼻炎のリスク、DINPおよびBBzP (Buthyl Benzyl Phthalate) 濃度が高くなるとアトピー性皮膚炎のリスクが有意に上がることなどがAit Bamaiら[28]により疫学的に報告されている。

(リン系難燃剤)

臭素系難燃剤やリン系難燃剤は、主にプラスチック製品や繊維製品、電化製品に用いられる難燃剤として、幅広く使用されてきた。臭素系難燃剤については、人体への有害性の面から2006年から欧州で電気電子製品中での使用濃度に制限が設けられたことや、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約の対象物質にも指定され、リン系難燃剤は臭素系の代替として急速に需要が増加してきた。しかしながら、これらリン系難燃剤についても、室内環境の汚染要因となり有害性があることから、ハウスダストや空気を介した曝露により、アレルギーや発がん性を誘発する他、神経系や生殖毒性にも影響することも報告されており[29,30]、特に小児が曝露された場合、学習や行動に影響することも危惧されている。実際、日本国内において、札幌市内の新築戸建て住宅の床から採取したハウスダストと子供と大人の健康影響について調べた荒木らの報告からは、室内ダスト中のTNBP濃度が10倍になった時の喘息のオッズ比が2.85 (1.23-6.59)、TCIPPおよびTDCIPP濃度が10倍になった時のアトピー性皮膚炎のオッズ比がそれぞれ2.43 (1.29-4.61)、1.84 (1.17-2.88) (表4) と有意であることが示されており、環境中のリン系難燃剤とアレルギーなどの健康影響との関連性は疫学的にも明らかとされている。

表4 床ダスト中リン酸エステル類濃度とアレルギーとの関連

リン酸 エステル類	喘息		アトピー性皮膚炎	
	OR	(95%CI)	OR	(95%CI)
TNBP	2.85	(1.23-6.59)	1.56	(0.83-2.95)
TCIPP	0.87	(0.33-2.35)	2.43	(1.28-4.61)
TCEP	1.16	(0.42-3.28)	1.66	(0.82-3.35)
TEHP	2.16	(0.73-6.42)	1.83	(0.82-4.07)
TBOEP	1.15	(0.51-2.62)	1.01	(0.57-1.81)
TDCIPP	1.85	(0.96-3.58)	1.84	(1.17-2.88)
TPhP	1.60	(0.55-4.67)	1.86	(0.92-3.75)

CI: 信頼区間, OR: オッズ比, TBOEP: tris(2-butoxyethyl)phosphate, TDCIPP: tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate, TNBP: tributyl phsplate, TCEP: tris(2-chloroethyl)phosphate, TCIPP: tris(2-chloro-iso-propyl)phthalate, TPhP: triphenyl phthalate

(文献 [33] をもとに著者作成)

6. 温湿度・カビ

近年の研究報告から, 気象条件と死因との関連性について, 特に疾患による死亡の発生が冬期に集中し, その多くを高齢者が占めている傾向にあると報告されている。特に寒暖差の大きな地域では, 気温差により血圧に差が出ることや, 高齢者の主な死因とされる心疾患, 脳血管疾患の多くが高血圧などを要因としていることから, 気温の変化がもたらす血圧の異常が死亡の要因となる可能性が指摘されている。この様な因果関係について, 人口動態統計データにおける気温と血圧のデータより解析した羽山らのデータによると, 特に65歳以上の高齢者の場合, 月あたりの死亡率が, 月平均外気温や自宅の気温が低下するほど増加する傾向にあることが明らかにされている[31]。

また, 過度の湿気や微生物などのカビ・ダニアレルゲンなどの生物学的要因については, 特に室内環境中でアレルギーとの関連が指摘されている[32]。実際に, 札幌市の小学生を対象に行われた調査によると, ダンプネス指標が多くなるほど喘息やアトピー性皮膚炎のリスクをあげることが明らかとされており[33-35], オッズ比についてもダンプネス指標の増加に伴う上昇が確認されている[36]。

IV. 水・衛生に関する調査

1. 水と衛生に関するグローバル指標

グローバル指標3.9.2では「安全ではない水, 安全ではない公衆衛生及び衛生知識による死亡」が設定されている。水と衛生についてはSDG6でも設定されており, 日本では1900年以前から水と衛生に関わる取り組みが行われてきた。そこで, 本指標の位置づけや国内データの人口動態統計, 傷病統計, 健康被害報告事例を用いた情報を半定量的にレビューすることとした。

グローバル指標3.9.2「安全ではない水, 安全ではない

公衆衛生及び衛生知識による死亡」について, 現在外務省のホームページに掲載されている指標の数値は, 2010年~2017年の間で, 3.1~3.6人/10万人/年, すなわち, 人口10万対3.1~3.6人/年(以下「/年」と表記)と表記されている[37]。

この指標の定義は, 「下痢 (ICD-10コードA00, A01, A03, A04, A06-A09), 腸管線虫感染症 (ICD-10コードB76-B77及びB79) 並びに蛋白エネルギー栄養障害 (ICD-10コードE40-E46)」と記載されている[38], この作成方法(定義)に使われた指標は, すでにTier Iと位置づけられているが, それは主として中・低所得国を対象としてWHOにおいて水と衛生(WASH)に定義された疾病であった[39]。

ICD-10の項目の内容を精査すると, 過去に水系感染症として事故事例があったボツリヌス菌やサルモネラ菌, アデノウイルス感染等は除外されている一方, 日本では水と衛生に関連した健康指標として想起しにくい蛋白エネルギー栄養障害等が含まれている。

先進国(高所得国)では, メタアナリシスの結果, 石鹸による手洗いが51%(95%信頼区間28-73%)の疾病負担を下げる事が明らかにされており, この指標を用いるとされていた[40]。しかし, 2020年12月の定義では3.9.2はTier I(概念として明確であり, 確立した手法, 国際的な基準もあり, データも各国により定期的に収集されている)に分類されており[39], 国際比較のためには, 将来的にもこの数値が用いられる可能性がある。

2. 日本における水と衛生関連の健康影響の推移

これらの疾病における日本の水・衛生関連施策による保健上のインパクトを考察するため, 過去の感染症患者数の歴史的経緯について半定量的に検討を行った。

1880年頃から1960年頃の日本においては, 腸チフス, パラチフス, 赤痢, コレラなどの水系感染症患者数は, 年間10万人程度に達していた[41](図1)。

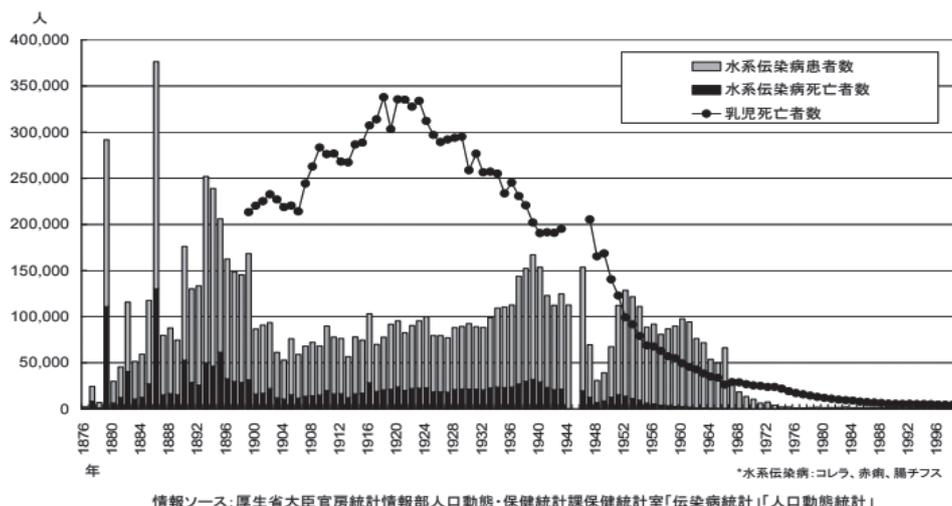


図1 日本の水系感染症患者数と乳児死亡数の推移[41]

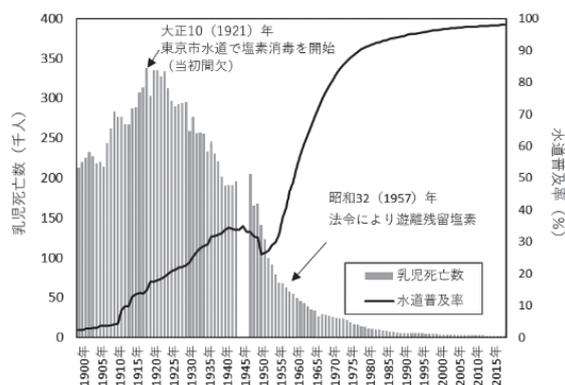


図2 日本の乳児死亡数と水道普及率(右軸)の推移[42]

1999年に伝染病予防法が感染症法に改正されるまでは水系感染症の項目があり、この値から1940年の人口に対する水系感染症による死亡率を計算すると、人口10万対 3.1×10 (／年)に相当するが、戦後1950年代には明らかに大幅に減少している[41] (図1)。

乳児死亡のすべてが水系感染症に起因するわけではないが、1歳未満の乳児死亡数は1920年ごろには30万人を超える年もあった[42] (図2)。1920年ごろから乳児(1歳未満)の死亡数が急激に下がったことが分かる。当時の医療体制の充実や生活水準の向上等の原因も考えられるが、出産時、出産後の衛生状態の改善も影響している可能性がある。丁度1921年の水道の塩素消毒開始頃から乳児死亡率は減少しており、衛生状態の改善が図られていたことと関係したものとも考えられる[42] (図2のうち、乳児死亡は生後1年未満の死亡)。

3. 日本の指標に関する考察

指標の定義上はノロウイルス (ICD-10でA08.1)、カンピロバクター (ICD-10でA04.5) が含まれ、これらは食中毒としての影響が顕著であり年間1.46万人程度の感染者が発生している[43]が、これらは食品関係の項目に該当すると考えられる。

過去30年間の日本の水質事故事例の情報収集では、日本の飲料水による死者は、30年で2人であり[44]、総人口に対する比率としては、人口10万対 6×10^{-5} (／年)に相当し、いわゆる水系感染症の発生は極めて少ない。最新の厚生労働省の発表でも水質汚染に起因する死者は増えていない[45]。

むしろ、冷却塔、ジャグジー、加湿器、噴水、循環水による風呂などに関係するレジオネラ症についてはICD-10で、A48.1であり、現在の定義では含まれていない。しかし、2000年以降年間の感染症者数が徐々に増えつづけ2018年には2,000人を超えている[46]ことや、水に関する住環境が感染症の温床になっていることから考えると、特に先進国でこの指標に与える影響は大きい。

日本では、1800年代後半からの感染症の増加に対し、

水道や衛生状態の向上に様々な取り組みが行われてきた。1921年には東京・大阪での塩素消毒が始まり、丁度その頃、衛生に関する概念が広まりつつあった。同時期に実施された伝染病予防や予防接種等による感染対策の効果も吟味する必要があるが、衛生的な水への容易なアクセスは、水系感染症の激減そして、国民の健康の向上に大きな役割を果たしていると考えられた。

4. 水と衛生指標に関する今後の検討の必要性

現在の指標3.9.2に関する数値は人口10万対3.1~3.6 (／年)であるが、確実に水系の事故として死亡者がでた事例としてはそれより5桁のオーダーで大幅に低く、人口10万対 6×10^{-5} (／年)であった。

ICD-10のコードを元にした評価項目[47]については、細分化された内容が多く存在している。下痢による死亡を含む場合は、食中毒、老衰等も含む必要がある可能性があり、詳細な解析が必要である。一般的には安全な飲料水を確保することが難しい途上国中心の考え方と、日本の状況が大きく異なることから、日本では、今後指標の再検討を行うことが望ましいのではないかと考えられた。また、定期的な更新が行われているSDG6については、水道普及率、下水道普及率など誤差の少ない指標が用いられており、これらとの連携も考慮することが望ましい。一方で、世界的に見ると、2017年の世界疾病負荷 (GDB2017) では、飲料水の改善は見られるものの、発展途上国等で人口の増加が大きく、安全ではない水による影響人口が以前より大きくなっていることが指摘されており[48]、途上国においては一層の取組みが重要であると考えられる。

V. まとめ

国内文献レビューにおいて、室内寒暖差と死亡率、近年急増するアレルギー疾患と準揮発性有機化合物 (SVOC) やダンプネス (湿度環境の悪化、局所での湿気の上昇)、大気中の微小粒子状物質と呼吸器・循環器系疾患との関連性が示唆される文献報告を確認した。また、指標3.9.2「安全ではない水、安全ではない公衆衛生及び衛生知識による死亡」は、国際的に共通の指標がTier Iと定義されたが、過去30年間の国内水質事故事例の情報収集等をもとにした水系感染症死亡事例による推計値は、国連指定のWASH定義疾病コードによる報告値よりも極めて低いと考えられた。

謝辞

本総説は、厚生労働科学研究費補助金 (地球規模保健課題解決推進のための行政施策に関する研究事業)「国連の持続可能な開発目標3 (SDG3) - 保健関連指標における日本の達成状況の評価および国際発信のためのエビデンス構築に関する研究」の助成を受けたものである。

引用文献

- [1] World Health Organization. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of diseases from environmental risks. Geneva: WHO; 2016. https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/ (accessed 2021-03-28)
浅見真理, 監訳. 浅田安廣, 三浦尚之, 齋藤智也, 牛山 明, 越後信哉. 『健康的な環境による疾病予防—環境リスクによる疾病負荷の国際評価』国立保健医療科学院. 2019. <https://www.niph.go.jp/publications/healthenvironment2019.pdf> (accessed 2021-03-28)
- [2] Braubach M, Jacobs DE, Ormandy D. Environmental burden of disease associated with inadequate housing. Summary report, WHO Europe 2011.
- [3] WHO Summary report 2011. Environmental burden of disease associated with inadequate housing.
- [4] Global SDG Indicator. <https://sdg.tracking-progress.org/indicator/3-9-1-mortality-rate-attributed-to-ambient-air-pollution/> (accessed 2021-03-15)
- [5] Nishijo M, Nakagawa H, Morikawa Y, Tabata M, Senma M, Kitagawa Y, et al. Prognostic factors of renal dysfunction induced by environmental cadmium pollution. *Environ Res.* 1994;64:112-121.
- [6] Kido T, Honda R, Tsuritani I, Yamaya H, Ishizaki M, Yamaya Y, et al. Progress of renal dysfunction in inhabitants environmentally exposed to cadmium. *Arch Environ Health.* 1988;43:213-217.
- [7] 原田孝司, 平井義修, 原耕平, 嘉村末男. カドミウム環境汚染地域における経過観察者の近位尿管障害の推移. 環境保健レポート. 1988;54:127-133.
Harada T, Hirai Y, Hara K, Kamura M. [Transition of proximal tubular disorders of follow-ups in Cadmium environmentally contaminated areas.] *Environmental Health Report.* 1988;54:127-133. (in Japanese)
- [8] 有澤孝吉. 環境カドミウム曝露の健康影響に関する縦断的研究. 日衛誌. 2001;56(2):463-471.
Arisawa K. [Longitudinal studies on the health effects of exposure to environmental cadmium.] *Nihon Eiseigaku Zasshi.* 2001;56(2):463-471. (in Japanese)
- [9] 食品安全委員会化学物質・汚染物質専門調査会鉛ワーキンググループ. 鉛に関する食品健康影響について一次報告. 2013年3月.
Food Safety Commission of Japan (FSCJ) Chemical / Pollutant Expert Committee, Lead Working Group. [Primary report about food health effects related to lead.] March 2013.
- [10] 食品安全委員会. 鉛報告書. 2021. http://www.fsc.go.jp/osirase/lead_and_health_assessment.html (accessed 2021-07-15)
- Food Safety Commission of Japan (FSCJ). [Lead.] 2021. http://www.fsc.go.jp/osirase/lead_and_health_assessment.html (in Japanese)(accessed 2021-07-15)
- [11] Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, Baccarelli AA, Brook RD, Donaldson K, et al. Expert position-paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J.* 2015;36(2):83-93b.
- [12] Mustafić H, Jabre P, Caussin C, Murad MH, Escolano S, Tafflet M, et al. Main air pollutants and myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis *JAMA.* 2012;307(7):713-721.
- [13] Michikawa T, Ueda K, Takami A, Sugata S, Yoshino A, Nitta H, et al. Japanese nationwide study on the association between short-term exposure to particulate matter and mortality. *J Epidemiol.* 2019;29(12):471-477.
- [14] Zha L, Kitamura Y, Kitamura T, Liu R, Shima M, Kurumatani N, et al. Population-based cohort study on health effects of asbestos exposure in Japan. *Cancer Sci.* 2019;110(3):1076-1084.
- [15] Santonen T, Aitio A, Vainio H. Organic chemicals. In: Baxter PJ, Aw T-C, Cockcroft A, et al. *Hunter's diseases of occupations*, 10th edition. Florida; CRC Press: 2010. p.321-394.
- [16] World Health Organization. Carbon disulfide. In: *Concise international chemical assessment documents* No.46. 2002.
- [17] Vanhoorne M, De Bacquer, G De Backer. Epidemiological study of the cardiovascular effects of carbon disulfide. *Int J Epidemiol.* 1982;21(4):7745-7752.
- [18] Chang SJ, Shin TS, Chou TC, Chen CJ, Chang HY, Chen PC, et al. Electrocardiographic abnormality for workers exposed to carbon disulfide at a viscose rayon plant. *J Occup Environ Med.* 2006;48(4):394-399.
- [19] Korinath G, Göen T, Ulm K, Heardt R, Hubman M, Drexler H. Cardiovascular function of workers exposed to carbon disulphide. *Int Arch Occup Environ Health.* 2003;76:81-85.
- [20] Takebayashi T, Nishikawa Y, Uemura T, Nakashima H, Nomiya T, Sakurai H, et al. A six-year follow-up study of subclinical effects of carbon disulfide exposure on cardiovascular system. *Occup Environ Med.* 2004;61(2):127-134.
- [21] 井上俊, 竹内康浩, 竹内寿和子, 山田信也, 鈴木秀吉, 松下敏夫, 他. ノルマルヘキサン中毒の多発をみたビニールサンダル業者の労働衛生的調査研究. *産業医学.* 1970;12(3):73-84.
Inoue T, Takeuchi Y, Takeuchi S, Yamada S, Suzuki H, Matsushita T, et al. [A health survey on vinyl sandal manufacturers with high incidence of "n-Hexane" intoxication occurred.] *Sangyo Igaku.* 1970;12(3):73-84. (in Japanese)

- [22] 竹内康浩. 大学からの労働衛生管見 (7) ノルマルヘキサン中毒 (1). 産業医学ジャーナル. 2016;39:85-89.
Takeuchi Y. [Occupational health control from university (7) Normal Hexane poisoning (1).] Occupational Health Journal. 2016;39:85-89. (in Japanese)
- [23] 上野晋. 有機溶剤による職業性末梢神経障害. 末梢神経. 2020;31(1):16-21.
Ueno S. [Occupational peripheral neuropathies due to organic solvent exposure.] Peripheral Nerve. 2020;31(1):16-21. (in Japanese)
- [24] 上島通浩, 柴田英治. 職場における未知の中毒発生事例から今後の環境リスク対応を考える. 保健医療科学. 2018;67(3):282-291.
Kamijima M, Shibata E. [Countermeasures against unforeseeable chemically induced occupational illnesses as future environmental risks.] Journal of the National Institute of Public Health. 2018;67(3):282-291. (in Japanese)
- [25] Uchiyama S, Tomizawa T, Tokoro A, Aoki M, Hishiki M, Yamada T, et al. Gaseous chemical compounds in indoor and outdoor air of 602 houses throughout Japan in winter and summer. Environ Res. 2015;137:364-372.
- [26] Azuma K, Uchiyama I, Uchiyama S, Kunugita N. Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: Screening for health risks of multiple pollutants in Japanese dwellings. Environ Res. 2016;145:39-49.
- [27] US EPA. Guidance for conducting health risk assessment of chemical mixtures. 1999. <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=29260> (accessed 2021-05-30)
- [28] Ait Bamai Y, Shibata E, Saito I, Araki A, Kanazawa A, Morimoto K, et al. Exposure to house dust phthalates in relation to asthma and allergies in both children and adults. Sci Total Environ. 2014;485-486:153-163.
- [29] Andresen JA, Grundmann A, Bester K. Organophosphorus flame retardants and plasticisers in surface waters. Science of The Total Environment. 2004;332:155-166.
- [30] Ni Y, Kumagai K, Yanagisawa Y. Measuring emissions of organophosphate flame retardants using a passive flux sampler. Atmospheric Environment. 2007;41:3235-3240.
- [31] 羽山広文, 斎藤雅也, 三上遥. 健康と安全を支える住環境. 保健医療科学. 2014;63(4):383-393.
Hayama H, Saito M, Mikami H. [Thermal environment for health and safety.] Journal of the National Institute of Public Health. 2014;63(4):383-393.
- [32] Bornehag CG, Nanberg E. Phthalate exposure and asthma in children. Int J Androl. 2010;33:333-345.
- [33] Araki A, Saito I, Kanazawa A, Morimoto K, Nakayama K, Shibata E, et al. Phosphorus flame retardants in indoor dust and their relation to asthma and allergies of inhabitants. Indoor Air. 2014;24(1):3-15.
- [34] Ukawa S, Araki A, Kanazawa A, Yuasa M, Kishi R. The relationship between atopic dermatitis and indoor environmental factors: a cross-sectional study among Japanese elementary school children. Int Arch Occup Environ Health. 2013;86(7):777-787.
- [35] Cong S, Araki A, Ukawa S, Ait Bamai Y, Tajima S, Kanazawa A, Yuasa M, Tamakoshi A, Kishi R. Association of mechanical ventilation and flue use in heaters with asthma symptoms in Japanese schoolchildren: a cross-sectional study in Sapporo, Japan. J Epidemiol. 2014; 24(3): 230-238.
- [36] 荒木敦子, アイツバマイゆふ, 岸玲子. 環境汚染とアレルギーに関する疫学的知見—特に室内空気室に焦点をあてて—. アレルギー 2014; 63(8): 1075-1084.
Araki A, Ait Bamai Y, Kishi R. [Epidemiological studies on the environmental pollutants and allergies: focused on indoor air quality.] Allergy. 2014;63(8):1075-1084. (in Japanese)
- [37] Ministry of foreign affairs of Japan. SDG Indicators, 2018. <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/statistics/goal3.html> (accessed 2021-02-25)
- [38] Ministry of foreign affairs of Japan. SDG Indicators, 2018. [https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/statistics/data/03/Indicator3.9.2\(metadata\)_ja.pdf](https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/statistics/data/03/Indicator3.9.2(metadata)_ja.pdf) (accessed 2021-02-27)
- [39] Federal State Statistics Services. Goal 3: Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages. https://eng.rosstat.gov.ru/storage/document/document_goal_indicator/2018-09/21/Metadata-03-09-02.pdf (accessed 2021-03-15)
- [40] Wolf J, Prüss-Ustün A, Cumming O, Bartram J, Bonjour S, Cairncross S, et al. Assessing the impact of drinking water and sanitation on diarrhoeal disease in low- and middle-income settings: systematic review and meta-regression. Trop Med Int Health. 2014;19(8):928-942.
- [41] 特定非営利活動法人日本水フォーラム. 「水インフラ投資と近代日本の経済・社会発展への貢献に関する研究」報告書. 2005. 12.
Specified Nonprofit Corporation, Japan Water Forum. [Research on water infrastructure investment and contribution to economic and social development in modern Japan.] 2005.12. (in Japanese)
- [42] 水道産業新聞. 国内乳児死亡者数と水道普及率 (乳児死亡数: 「人口動態統計」(厚生労働省) を基に東京都水道局作成, 水道普及率: 「水道の基本統計」(厚生労働省) 等より東京都水道局調べ). (accessed 2021-03-21)
Waterworks industry newspaper. [Created by the Tokyo Metropolitan Waterworks Bureau based on the number of domestic infant mortality and water supply

- penetration rate (Infant mortality: Vital statistics (Ministry of Health, Labor and Welfare)), Water supply penetration rate: Basic statistics of water supply (Ministry of Health, Labor and Welfare) according to the Tokyo Metropolitan Waterworks Bureau.] (in Japanese)(accessed 2021-03-21)
- [43] 厚生労働省. 令和2年度分食中毒統計. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/syokuchu/04.html (accessed 2021-04-21)
Ministry of Health, Labor and Welfare. [Food poisoning statistics for fiscal year of Reiwa 2.] https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/syokuchu/04.html (in Japanese)(accessed 2021-04-21)
- [44] 岸田直裕, 松本悠, 山田俊郎, 浅見真理, 秋葉道宏. 我が国における過去30年間の飲料水を介した健康危機事例の解析 (1983~2012年). 保健医療科学. 2015;64(2):70-80.
Kishida N, Matsumoto Y, Yamada T, Asami M, Akiba M. [Analysis of health-related incidents associated with drinking water in Japan in the last three decades (1983-2012).] *J Natl Inst Public Health*. 2015;64(2):70-80. (in Japanese)
- [45] 厚生労働省. 水質汚染事故等の発生状況. <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanri/03.html> (accessed 2021-03-18)
Ministry of Health, Labor and Welfare. [Occurrence of water pollution accidents.] <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanri/03.html> (in Japanese)(accessed 2021-03-18)
- [46] 国立感染症研究所. 年度別レジオネラ症例報告数. 感染症発生動向調査週報 (IDWR速報データ). <https://www.suirikyo.or.jp/information/legionella-year2018-52.pdf> (accessed 2021-03-15)
National Institute of Infectious Diseases. [Number of Legionella case reports by year.] *Infectious Disease Outbreak Trend Survey Weekly Report (IDWR breaking news data)*. <https://www.suirikyo.or.jp/information/legionella-year2018-52.pdf> (in Japanese)(accessed 2021-03-15)
- [47] 厚生労働省. 疾病, 傷害及び死因の統計分類. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/sippe/> (accessed 2021-06-15)
Ministry of Health, Labor and Welfare. [Statistical classification of diseases, injuries and causes of death.]<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanri/03.html> (in Japanese)(accessed 2021-06-15)
- [48] Stanaway JD, Afshin A, Gakidou E, Lim SS, Abate D, Abate KH, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018;392(10159):1923-1994.