

特集：これまでの環境リスクとこれからの環境リスク

<解説>

環境によるさまざまな健康リスク

浅見真理, 櫻田尚樹

国立保健医療科学院生活環境研究部

Various health risks attributable to environment

Mari Asami, Naoki Kunugita

Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

抄録

世界保健機関は、2016年「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」を発表した。環境と労働に関する100以上の疾病のシステマティックレビューを行い、全世界の死亡の23%（疾病負荷の22%）と5歳未満の子供の死亡の26%は環境の改善により削減可能であり、世界的に環境の改善が健康と福祉を促進できることを示した。日本では、特に1950年代以降、鉱山廃水、工場排水などの水環境、それらに汚染された魚や米、大気汚染などによる激甚な公害による健康被害が引き起こされたが、その後政策面、技術面、管理面、研究面で様々な改善に取り組んできた。しかし、公害での対応では厳密な科学的知見の集積を求め、対応に時間を要したことも否めず、今後も基準や制度の改正のみならず、予防的アプローチに基づくリスク評価やリスク管理に基づくリスクコミュニケーションを実施し、常に環境改善の枠組みを検討しなければならない。地球規模での環境改善への貢献や将来を見越した政策の検討も求められている。加えて、地域の人口減少や人手不足、調査の予算不足なども踏まえ、持続可能性も考慮した施策を検討する必要がある。

キーワード：環境リスク, 世界的疾病負荷, 規制, 環境疾病負荷, 予防的アプローチ

Abstract

In 2016, the World Health Organization published a report titled "Preventing disease through healthy environments, A global assessment of the burden of disease from environmental risks." The report is a systematic review of evidence and synthesis of environmental and occupational impacts on over 100 diseases, which showed that 23% of global deaths (22% of disability-adjusted life years) and 26% of deaths of children under 5 years were attributable to the environment. The Japanese government has made tremendous efforts to establish and improve regulations on environment. Effluents from mines, industrial wastewater, contaminated fish and rice, and polluted air had caused severe health problems especially since the late 1950s. In many cases, it took a long time to take effective countermeasures because concrete scientific evidence was required. Therefore, we must continuously improve the environmental control framework, by not only revising the standards but also improving the methods for risk assessment and management communication, mainly based on a scientific risk assessment-management scheme driven by precautionary

連絡先：浅見真理

〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6

2-3-6, Minami, Wako, Saitama 351-0197, Japan.

Tel: 048-458-6304

E-mail: asami.m.aa@niph.go.jp

[平成30年8月7日受理]

approach. Policies must consider future environmental and social impacts, and, subsequently, sustainability-related factors, given the population decline and severe financial conditions of people in local areas.

keywords: environmental risk, global burden of disease, regulation, environmental disease burden, precautionary approach

(accepted for publication, 7th August 2018)

I. はじめに

世界保健機関 (WHO) は, 2016年「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」を発表した[1,2]. 環境と労働に関する100以上の疾病のシステムティックレビューを行い, 世界的に環境と労働の改善が健康と福祉を促進できることを示した. 日本でも, 環境リスクに関する一連の報道が一時期よりは減少しているが, その後内分泌かく乱化学物質による知見, エコチル調査, アスベストの影響, 化学物質による労働災害, 放射性物質の健康影響に関するリスクコミュニケーションの必要性, たばこ対策の必要性, 食中毒防止, 新興再興感染症, 外来生物の侵入などを踏まえて, 環境リスクに関する検討は常に必要とされている.

本稿では, 最近のWHOによる報告や日本の状況, 日本学術会議の状況等を踏まえ, 改めて環境リスクと健康影響の関係を考え, その改善の施策立案の一助としたい.

II. WHO による報告「健康的な環境による疾病予防」

「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」[1,2]では, 環境リスク要因に注目して多くの疾病と健康障害が予防できることが示されている. 利用可能な政策, 戦略, 介入, 技術および知識を通じて, 達成可能なエビデンスを示すことで, 医療政策に携わる政策立案者や医療従事者が, 健康な環境の形成を促進する必要性を認識することが期待される. 健康のリスクを減らすため, さらに効果的な予防公衆衛生戦略と介入の計画が必要とされている.

「健康的な環境による疾病予防 (2016)」[1,2]は第2版であり, 2006年版を更新し, 環境と疾病の関連性およびそれらが世界の衛生にもたらす甚大な影響について最新のエビデンスを提供している. また, 環境リスクが多様な疾病にどのように影響をするかを体系的に分析, 定量化し, そして環境が仲介する死亡, 疾病および傷害に最も弱い地域と人口集団を詳述している. 100以上の疾病と傷害に関して環境リスクが健康に与える影響を網羅しており, たとえば安全でない飲料水と衛生, および空気汚染と室内ストーブなどについて解析している. 即時介入が望ましい領域とさらに研究を要する事柄の不足面を浮き彫りにし, その関連性を確定し, 多様な環境リスク要因による疾病の負荷を定量化している.

調査結果では, 全世界の死亡の23%と5歳未満の子供の死亡の26%は改善可能であることを確認しており, この死亡の上位を占めるのは, 脳卒中, 虚血性心疾患, 下痢症およびがんである. 人口あたりの疾病負荷が先進国で高い心疾患やがんなどの幾つかの非感染性疾患を除いて, 環境が仲介する疾病の負荷は低所得国で非常に高い.

環境は, 良好な地域社会および個人の健康の基盤となるものである. 環境決定要因に起因する疾病の負荷を減らすために, 早期に着手できる対策が多い. 例えば, 安全な家庭の貯水とよりよい衛生対策の促進, クリーン燃料の使用, 家庭と職場における有害物質のより賢明な使用と管理, および労働安全と健康対策である. 同時に, エネルギー, 輸送, 農業および産業などのセクターによる対策により, 健康セクターと協力して, 環境による健康の害の根本原因に取り組むことが極めて重要である. したがって対策は, 健康だけでなく, 健康の環境決定要因に影響するすべてのセクターの意思決定により行われる必要がある. 健康, 環境および開発政策に協調して取り組むことにより, 多くの社会的経済的共同利益を介して, 人の福祉と生活の質の改善を強化し維持することができる. 健康セクターを再度位置づけし, セクター間で効果的な予防衛生政策に取り組むことが, 疾病と傷害の環境的原因に取り組む方法を前進させる方法であり, 究極的に世界的疾病負荷 (GBD, Global Burden of Disease) を一変させる可能性がある.

表1は, 主な疾病と重要な環境介入に関する選択肢の関係を示したものである[1,2]. これらそれぞれの予防の機会について, 分野に応じた対応付けを行うことにより, リスク要因別にまとめることができる (表2, 3を参照).

世界的な疾病と傷害への環境リスク要因の影響に関する調査から, 環境リスクは世界的疾病負荷の大きな割合を占めることが示された. すなわち, 改善可能な環境リスクに起因するリスクが, 全死亡の23% (95%信頼区間 (CI) : 13-34%), およびDALY (障害調整生存年数, すなわち, 死亡による損失生存年数と障害による損失生存年数の結合尺度) では, 疾病負荷の22% (95% (CI) : 13-32%) が対象であると推定された (図1). 図2では, 予防可能な環境リスクによるDALY, 環境に起因する疾病の割合, 疾病を予防する環境活動の主なエリアが比較されている.

2015年9月の国連総会では, 次の15年にわたる世界の焦眉の開発問題に立ち向かうための世界の公約として, 各国首脳が持続可能な開発目標 (SDGs) に合意した. 17

環境によるさまざまな健康リスク

表 1 疾病と傷害および重要な環境介入[1,2]

疾病または傷害	主な介入エリア
感染症と寄生虫疾患	
呼吸器感染	室内空気汚染と周辺の大気汚染, 受動喫煙, 住宅改善
下痢症	水と衛生, 農業における習慣, 気候変動
腸の線虫感染	水と衛生, 灌漑用排水の管理
マラリア	媒介生物の繁殖地を減らし, 人と感染性媒介生物の間の接触を減らすための環境改善と環境操作; 蚊を防ぐ飲料水保存, 家畜の分散
トラコーマ	家庭の水供給, 便所, ハエ駆除, 衛生意識へのアクセス
住血吸虫症	排泄物管理, 安全な水供給, 安全な農業習慣, 作業員保護
シャーガス病	家庭周囲の管理
リンパ系フィラリア症	排水および廃水池の改善, 清澄な水の取水と灌漑計画
糸状虫症	水源管理プロジェクト (特にダム)
リーシュマニア症	住宅, 家庭周囲環境の清潔さ, 作業員保護
デング熱	家の周りの水管理, 澱んだ水の除去
日本脳炎	灌漑エリアの管理と家畜の分布, 個人的保護
HIV/エイズおよび性感染症	性産業と移民労働者の職業的感染
B型およびC型肝炎	B型肝炎の場合, 性産業と移民労働者の職業的感染; B型およびC型肝炎の場合, 医療従事者の針刺し事故
結核	シリカや石炭粉塵などの浮遊微小粒子への鉱夫および他の職業集団の曝露; 家庭燃料の燃焼煙と受動喫煙の可能性; 刑務所, 病院および過密住宅条件などの環境
新生児病態と栄養状態	
新生児病態	室内空気汚染, 母親の受動喫煙, 出産環境での水と衛生
蛋白質エネルギー欠乏症	水と衛生, 気候変動による食料不足
非感染性疾患	
がん	家庭内と周囲の空気汚染, 受動喫煙, 電離放射線, 紫外線, 化学物質, 作業員保護
精神障害, 行動障害および神経障害	職業上のストレス, 洪水, 地震および火災などの災害 (住宅, 洪水管理, 気候変動に関連); 開発プロジェクトでの移住; 娯楽またはアルコール関連の職業; 頭部外傷 (てんかん); 化学物質 (幾つかの神経障害); 騒音 (不眠症); 眩しい光, 空気の質の悪さおよび臭い (頭痛). 支援環境によって培われる身体活動はある程度の疾病を減らすことができる.
白内障	紫外線, 室内空気汚染
難聴	高い騒音レベルへの職業的曝露
心疾患	室内空気汚染と大気汚染, 受動喫煙, 鉛への曝露, ストレスの多い労働条件, 交代制勤務
慢性閉塞性肺疾患	室内空気汚染と大気汚染, 職場での粉塵への曝露
喘息	大気汚染, 受動喫煙, 細菌類と湿気への室内曝露, アレルギー源への職業的曝露
筋骨格系疾患	職業的ストレス, 仕事での長時間着座および悪い作業姿勢; 家庭で使用する多量の水を長距離運ぶ必要性
先天異常	受動喫煙への母親の曝露, 化学物質
他の分野の非感染性疾患で, 環境に関連しないリスク要因	
運動不足	作業場での活動, 職場での長時間着座, 移動様式, 輸送インフラと土地使用パターン, 適切な公園とオープンスペースの利用可能性
肥満	身体活動に有利となる環境要因
非意図的傷害	
交通事故	道路設計, 土地使用計画; 大きなインフラプロジェクトを有する開発エリアでの交通渋滞
非意図的中毒	化学物質の安全取扱と貯蔵, 適切な製品情報, 化学物質の適切な選択, 作業員保護
転倒	家庭と作業環境の安全
火災, 熱, 高温物質	調理の安全性, 照明と暖房器具, 建物の防火対策, 家庭の可燃物の使用, 職業環境の安全と対策, 気候変動
溺死	水環境の安全, 国民意識, 規制, 作業員の安全, 気候変動
その他の非意図的傷害	動物の刺咬と毒性植物への接触からの保護, 機械器具の安全, 電離放射線と電流
意図的な傷害	
自傷	殺虫剤などの有害化学物質へのアクセス, 銃器へのアクセス
対人暴力	銃器へのアクセス, 都市設計 (たとえば移動性, 可視性), 作業員保護

表2 主なセクターと主要な予防機会の関連[1,2]

セクター	選択したリスク/介入エリア
農業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 寄生虫病による感染リスク：家庭と家庭周囲における媒介生物管理 ・ 化学物質への職業的曝露：規制, 身体保護具 ・ 化学物質への消費者の曝露：規制
産業/商業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空気汚染：産業放出管理：改善されたエネルギーの選択；屋内の禁煙法令 ・ 化学物質, 大気汚染, 紫外線曝露, 騒音への職業的曝露：作業者の身体保護；保護行動に関する教育；換気, 粉塵汚染防止手法, 汚染源の封鎖など, 曝露を減らすための工学的アプローチ；汚染源や他の関連曝露源の除去, 規制 ・ 産業化学物質への曝露（労働者, 消費者）：法令, 協定 ・ 水質汚染：工場排水規制 ・ 騒音：騒音規制
輸送	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気汚染：身体活動度減少；都市計画改善, 公共輸送機関の増加；交通渋滞の削減；旧式ディーゼル車の置換など ・ 傷害のリスク：交通騒音防止と他の交通規制解決策；車道と歩道の分離など
住宅/地域社会	<ul style="list-style-type: none"> ・ 室内空気汚染：クリーン燃料の使用；固形燃料から煙への曝露を減らす戦略－WHOの「室内空気質ガイドライン」(WHO, 2014)の実施 ・ 感染性排泄物への接触：排泄物の安全処理 ・ マラリアと他の媒介生物との接触：環境操作と人の住居の改善 ・ シャーガス病媒介生物との接触：壁塗りと家庭衛生の改善 ・ デング熱媒介生物との接触：家の周りの水容器の管理 ・ 低い身体活動, 肥満：よりよい都市計画, プログラムに基づくスポーツ施設, 学校および職場へのアクセス ・ 不衛生な飲料水：安全な家庭水の処理 ・ アレルギー源への曝露：ハウスダストと菌類/湿気を減らすための介入 ・ ラドンへの曝露：是正措置などの規制 ・ 紫外線への曝露：地域社会ベースの太陽光に関する安全教育 ・ 化学物質への曝露：家庭と地域社会での化学物質の安全管理 ・ 転倒のリスク：家庭の安全の改善 ・ 溺死のリスク：水環境へのアクセスと安全の改善 ・ 火災による負傷のリスク：調理と暖房器具および近代的エネルギー/燃料の使用；建物の安全基準
水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不十分な水と衛生：十分な飲料水と衛生設備の提供；衛生と水安全計画の実施；飲料水ガイドラインの実施

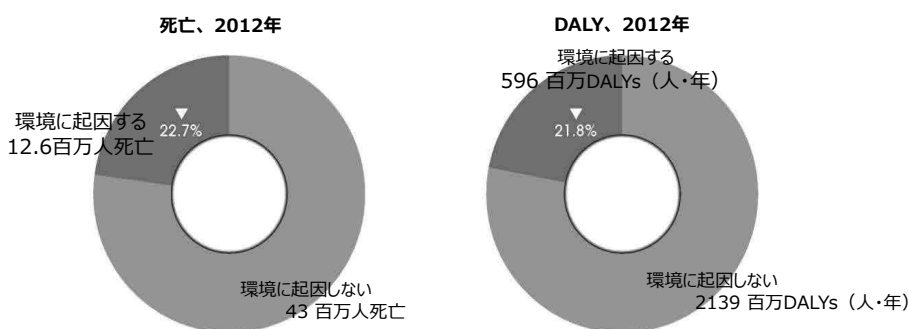


図1 世界における環境に起因する死亡とDALYの割合, 2012年

の目標の中には明確な健康関連目標があるが、それらは健康の決定要因に強く影響する環境分野と他のセクターと関連している。図3は、このSDGsと健康の関係をわかりやすく示したものである。特に環境衛生が人々の健康に大きな影響を及ぼす可能性が示されている[1,2]。

SDGsの新たな169の目標は、開発問題を単独に考えることを目指すのではなく、目標同士が必要な変革をもたらす適切で効果的な関連性を樹立するように余すところなく組み合わせられている。SDGsの視点は不平等と差別に関する問題、周期的グリーンエコノミーの必要性、および自然災害と人為的災害を緩和する回復力を樹立することの重要性を認めている。環境と健康への介入はまさにこれらの原則に基づいており、WHOの報告は、SDGsの達成および生活と健康の改善に向けて大きく貢献をす

ると考える[1,2]。

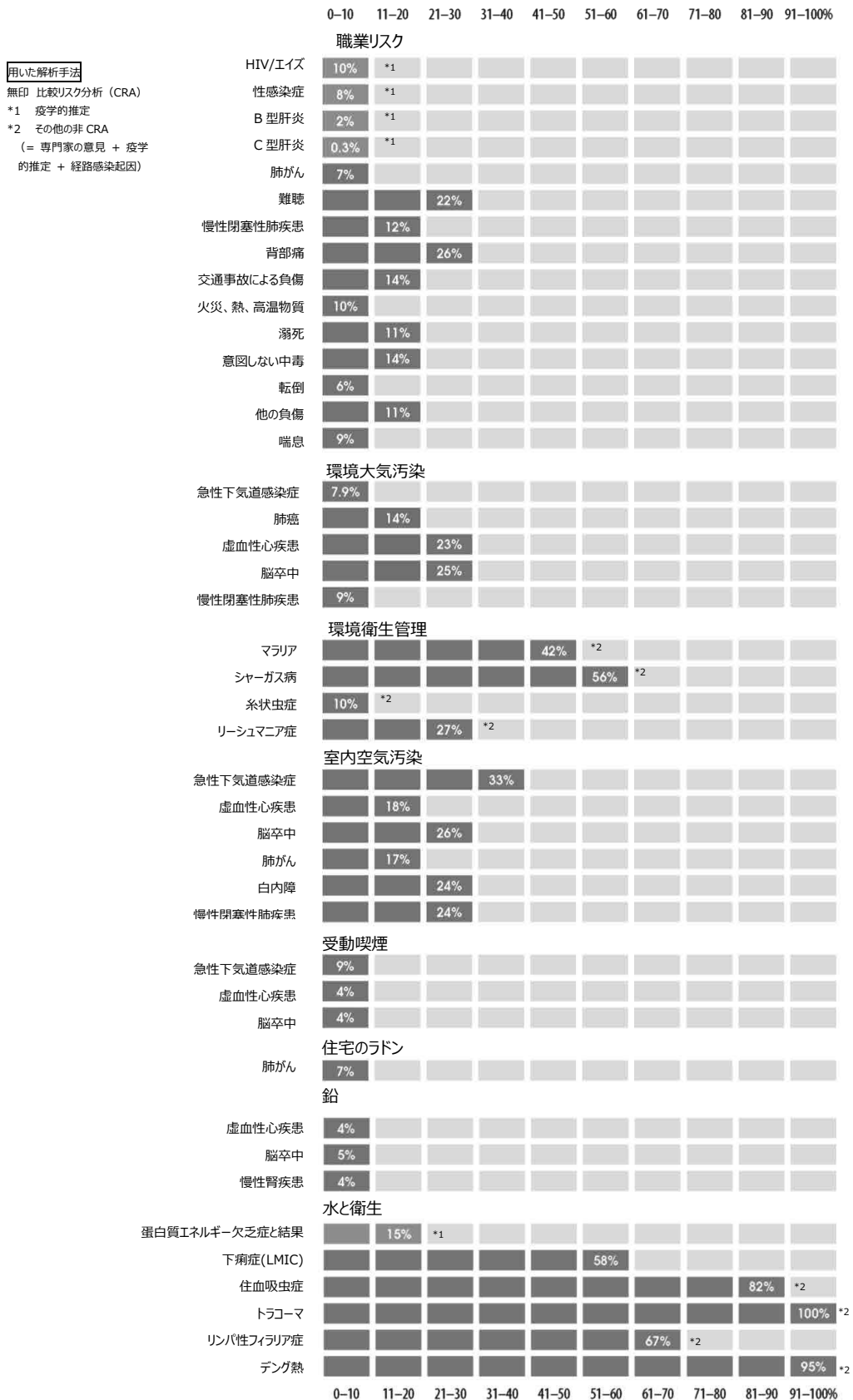
III. 日本における環境リスクの状況

日本の2016年の死因の第1位は悪性新生物(がん)、2位は循環器系疾患、3位は神経障害、4位は感染症関連の疾病、5位は生活習慣病等とされている。(分類、表示は[3]による。) (図4参照)

これらの疾病負荷について原因別で見ると、2016年には1位食事、2位高血圧、3位タバコ、4位空腹時血糖(糖尿病)、5位労働リスク、6位高BMI、7位腎機能低下、8位高コレステロール、9位アルコールドラッグ使用、10位が大気汚染であった[5]。生活習慣としては、食事、たばこ、アルコールドラッグ、環境/労働リスクとしては、労働

環境によるさまざまな健康リスク

表3 リスク要因と疾病別DALYの主な人口寄与割合（それぞれの項目を加算しない）



用いた解析手法
 無印 比較リスク分析 (CRA)
 *1 疫学的推定
 *2 その他の非 CRA
 (= 専門家の意見 + 疫学的推定 + 経路感染起因)

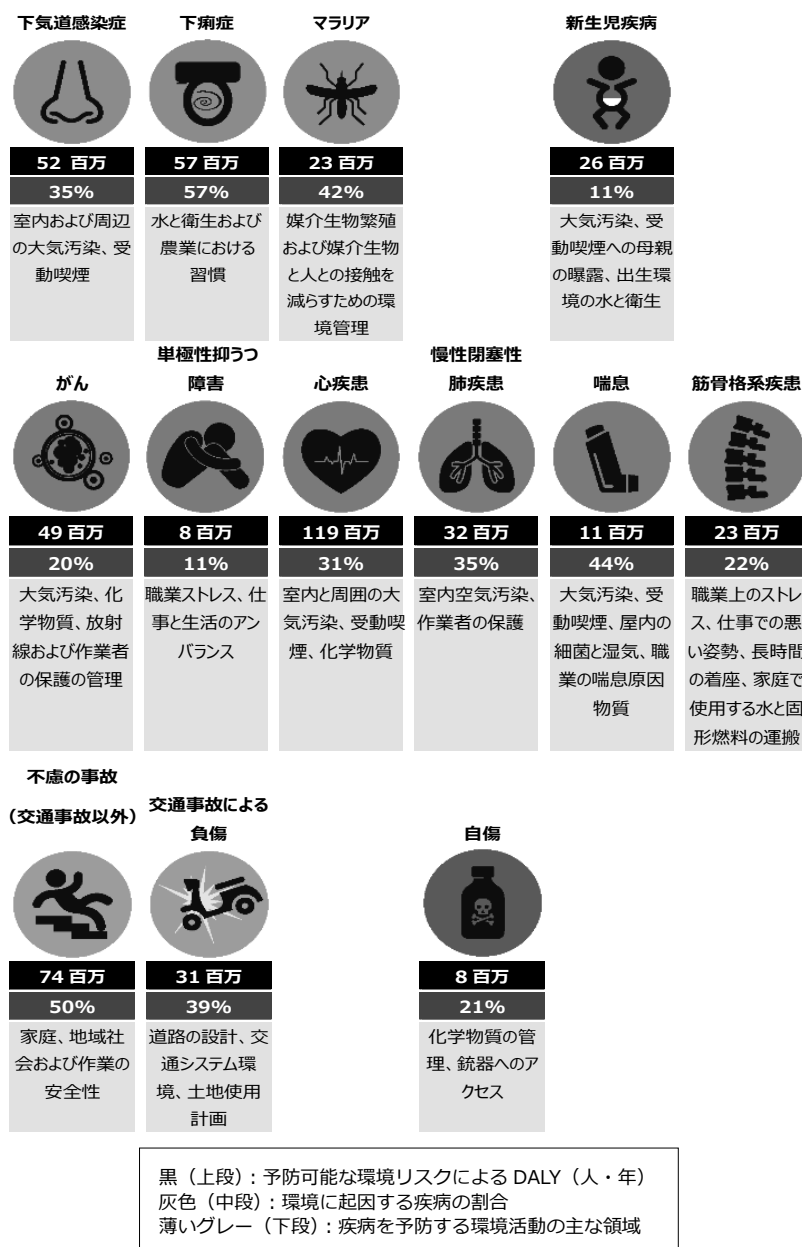


図2 障害調整生存年数 (DALY) —死亡による損失生存年数と障害による損失生存年数の結合尺度—で、環境リスク上最も予防可能な疾病負荷を有する疾病, 2012年

リスクと大気汚染が挙げられている。図5にカントリープロフィールに示された2005年順位との比較を示す。

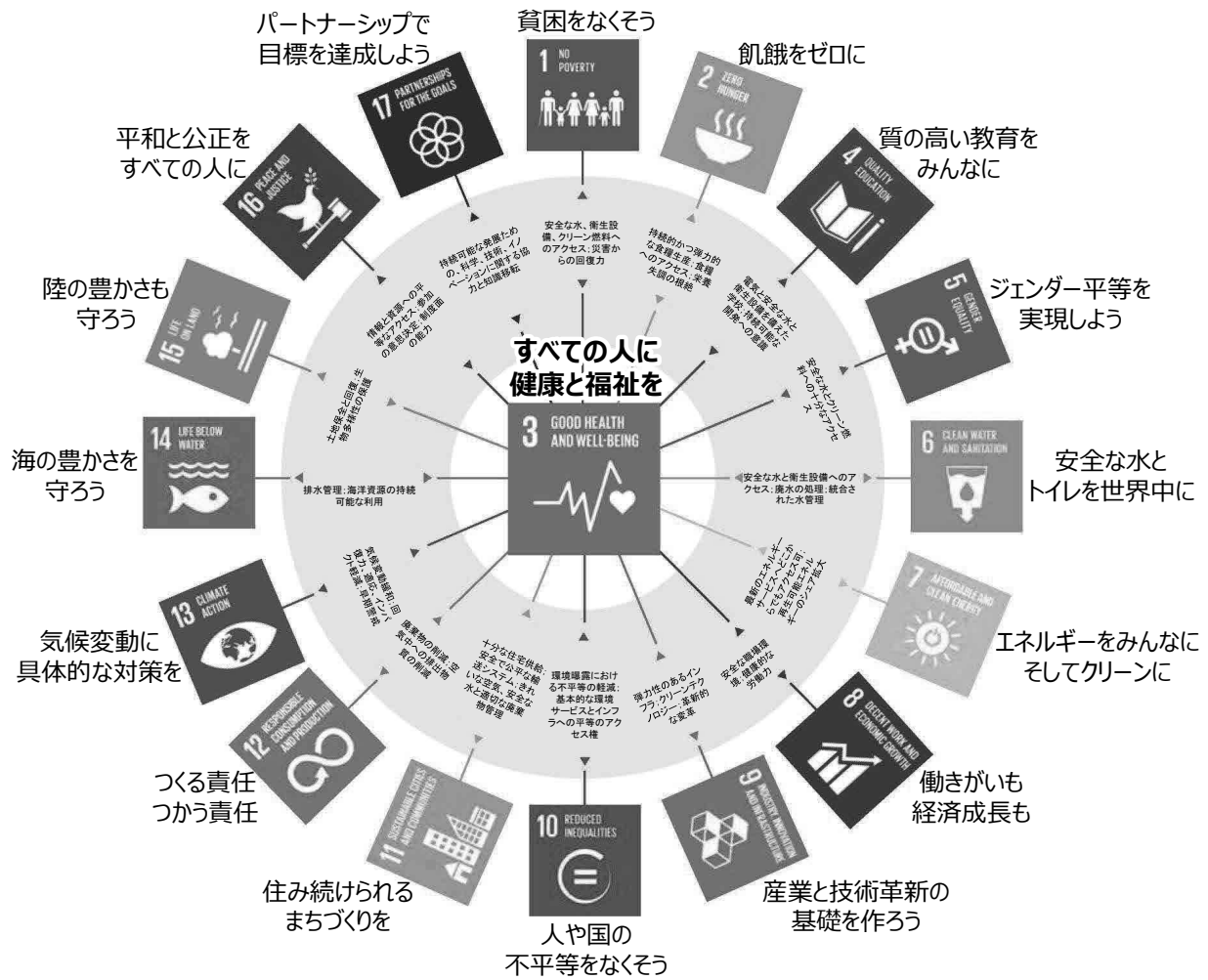
2010年の結果をもとに解析された疾病別負荷の内容を見てみると、図6のようになる[6]。特に食事や高血圧のリスクにおいては循環器系疾患の原因の大きな割合を占めていることなどが分かる。

文献1では、影響が極めて大きいたばこや食品による健康影響については、集計から外されているが、カントリープロフィールではたばこや食品が含まれている[3-5]。それぞれの報告により交通事故、不慮の事故に関する値などが別途集計されている場合があり、注意が必要であ

るが、全体の概要を把握することが可能となる。

2009年、日本医師会は、「環境に関する日本医師会宣言」を発出し[6]、環境に配慮した医療活動、環境保健教育、環境保健の重要性啓発と身近な環境保健活動、安全で豊かな環境づくりに向けた政府等への働きかけを行うことを宣言した。2017年には、日本医師会生涯教育シリーズとして「環境による健康リスク」が発刊され、環境による多くの健康リスクについて、エビデンスを踏まえた記載が盛り込まれた[7]。この書籍では、後述する多くの実際の項目を含む環境リスクが網羅されており、改めて環境リスクの重要性を認識させる。

環境によるさまざまな健康リスク



環境と健康の関係性

図3 環境リスクを中心としたSDGsにおける健康と他の目標との関係

日本学術会議では、わが国における環境リスク評価・リスクマネジメントおよびリスクコミュニケーションを含む科学的なエビデンスに基づいた意思決定のための諸科学の発展、アジア諸国をはじめとする諸外国との国際協力促進、専門育成を一層図ることなどを目的として、健康・生活科学委員会及び環境学委員会合同の分科会として、環境リスク分科会を設置した。2017年9月には、「環境政策における意思決定のためのレギュラトリーサイエンスのありかたについて」報告を发出している[8]。前述した医師会の書籍と一部メンバーが重なっており、過去お呼び現在の知見に学び、将来を見越した対策を行うことの重要性が指摘されている。(次節より詳細)

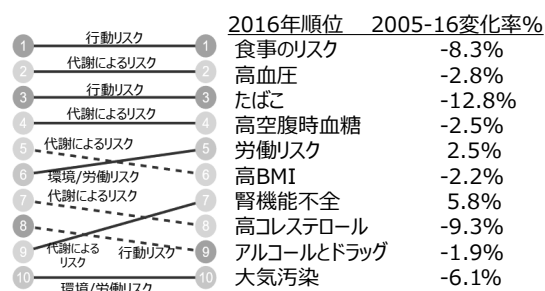
国立保健医療科学院でも、これまで多くの環境因子に関して共同研究や本雑誌で特集を行っており、それらの中でも特に環境疾病負荷に関わると思われる特集等を挙げておきたい。

まず、住環境の影響に触れた特集である。日本では

2003~2010年の人口動態統計死亡票の解析で、心疾患や、呼吸器疾患の冬期の月死亡率が夏期に比べてそれぞれ4~5万人程度増えることが示されている。室内における転倒・不慮の事故や風呂場における転倒・温度差による心疾患、脳血管疾患、溺死・溺水が外気の低温時に増加しており、建築の高断熱化が進んでいる北海道ではこの影響度が低いことから、建築の断熱性の低い本州以南の冬期の住居内の温度差が循環器系の疾患や風呂内での溺水を惹起している可能性が高いと考えられている[9]。この他にも、滞在時間の長い建築内における環境要因に起因する疾病として、シックビルディング症候群とみられる目の刺激、騒音、上気道症状(喉の渇きなど)や下気道症状、皮膚症状、集中力低下なども挙げられている[10]。特に高齢者施設においては、施設の性質上、温度管理や換気が重要であり、環境衛生管理の必要性が高いことも指摘されている[11]。室内空気汚染物質については、全国的な調査も行われており、揮発性炭化

- 1 悪性新生物
- 2 循環器系疾患
- 3 神経系障害
- 4 下部呼吸器感染等
- 5 糖尿病・泌尿器・血液等
- 6 慢性呼吸器疾患
- 7 不慮の事故
- 8 自傷
- 9 消化器系疾患
- 10 肝硬変

- 2005年順位
- 1 食事のリスク
 - 2 高血圧
 - 3 たばこ
 - 4 高空腹時血糖
 - 5 高BMI
 - 6 労働リスク
 - 7 高コレステロール
 - 8 アルコールとドラッグ
 - 9 腎機能不全
 - 10 大気汚染



(URL[3]において日本の全死亡につきLevel2で表示した場合。浅見仮訳)

図5 日本の疾病負荷の要因上位10位 ([4]より浅見仮訳)

図4 日本における死因 上位10位 (2016)

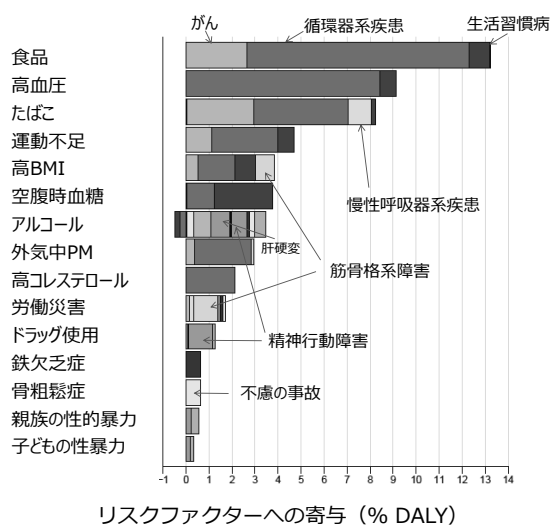


図6 日本における上位15のリスクファクターとDALYsへの影響 (2010) [5]

水素 (VOC), 二酸化炭素, 窒素化合物, オゾン等について建築の高断熱化などの影響により汚染率が上昇していることが示されている[12,13].

感染症についても, 建築物の管理や社会的な介入が重要であり, 建築物の設計[14]や接触者の隔離やマスクの着用, 手洗い, 渡航制限などの公衆衛生的な介入とその効果に関する効果に関する考察[15]が行われている. 公衆浴場や循環式浴槽に起因するレジオネラ属菌の増殖と肺炎は死亡にいたる肺炎を引き起こすことから, 以前から重要性が指摘されている[16]が, 依然として増加傾向にあり (図7) [17], 高齢者が増えている現状も考えると一層の注意が必要である.

花粉についても多くの人々が健康への影響を受けている. 1998年~2008年の10年間でアレルギー性鼻炎は29.8%から39.4%に増加し, 花粉症全体では, 19.6%から29.8%に増加していた[18]. 東京都の行った調査では, 基準や推計方法の一部に変更点があり単純比較は難しいとされるものの, 1983~87年の調査では東京都全体で平均10.0%であったスギ花粉症推定有病率が2016年度の調査では48.8%に上昇しており, しかも最近では, 若年層の疾患率が高く, 15~29歳のスギ花粉症推定有病率

が56.0%に及んでいる (検診対象抽出条件調整後) [19]. 地域的には住民の若年層の半分以上がスギ花粉症にかかっていることとなり, 日常生活への影響は大きいと考えられる.

また, アスベストに関しては一般環境や建築物解体時, 工場近傍等への飛散がまだ正しく見積もられていない場合があり, 今後年間6000人の死亡が起こる可能性があるとの指摘もあり, 非常に影響が大きい可能性がある[20]. 本特集内の寺園の総説でも詳述する[21].

たばこに関する課題と対策については, たばこ規制枠組み条約に基づいたたばこ対策の推進に関する特集[22]で, 電磁環境と公衆衛生については, 次の特集[23]で, 概要が論じられている.

他にも, 環境リスクとして, 紫外線, 放射線, 鉛, 農薬, 消毒剤, 騒音, ヒ素, 微量化学物質, 窒素酸化物, 微小粒子状物質, 一酸化炭素, 光化学オキシダント, 有機溶剤, ペットに由来する人獣交通感染症, カビなどの環境を通じた健康影響が指摘され[6]ている.

広義で環境と健康に関わる内容として, 睡眠についても特集が行われている. 近年の研究が進み, 慢性不眠が人口の約20%に上ることや睡眠障害が健康に悪影響を与えることが明らかとなり, 個人の生活習慣や疾病, 加齢等に加えて, 室内の環境や都市の環境などによる影響も示唆されている[24].

加えて, 事故時や災害時には, 災害関連のけが, 健康障害や避難生活によるリスク, 水の安全性等についても特集を行っており, 十分な留意が必要であることを指摘している[25].

このように, 日本でも多くの環境リスクが存在する. 中でも, 室内の温度差や食事, 生活習慣に起因するリスクも大きく, 多様な対策について検討を行う必要がある. 環境リスクに関する概観を得るために, これらの中で課題となった主な環境リスクやたばこ, 食品衛生とヒトに関する健康影響の間接的な要因と直接的な要因の概念的な関係を示した概念図 (環境マンダラ) を図8に示す. 特に影響が強く確認されており, 重要な関係については太い矢印で示すように試みた. 一見直接的な要因について注目されることが多いが, 間接的な要因には環境リスクが含まれている場合も多く, 対策の立案には複層的な

環境によるさまざまな健康リスク

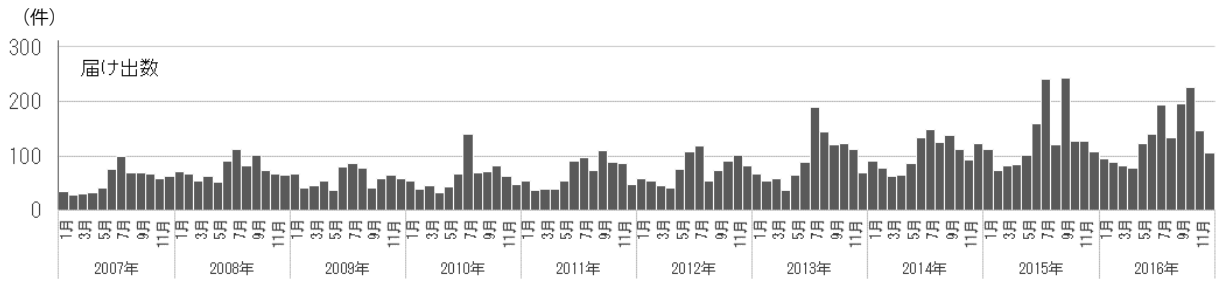


図7 感染症発生動向調査における月別レジオネラ症患者発生状況, 2007年1月~2016年12月[17]

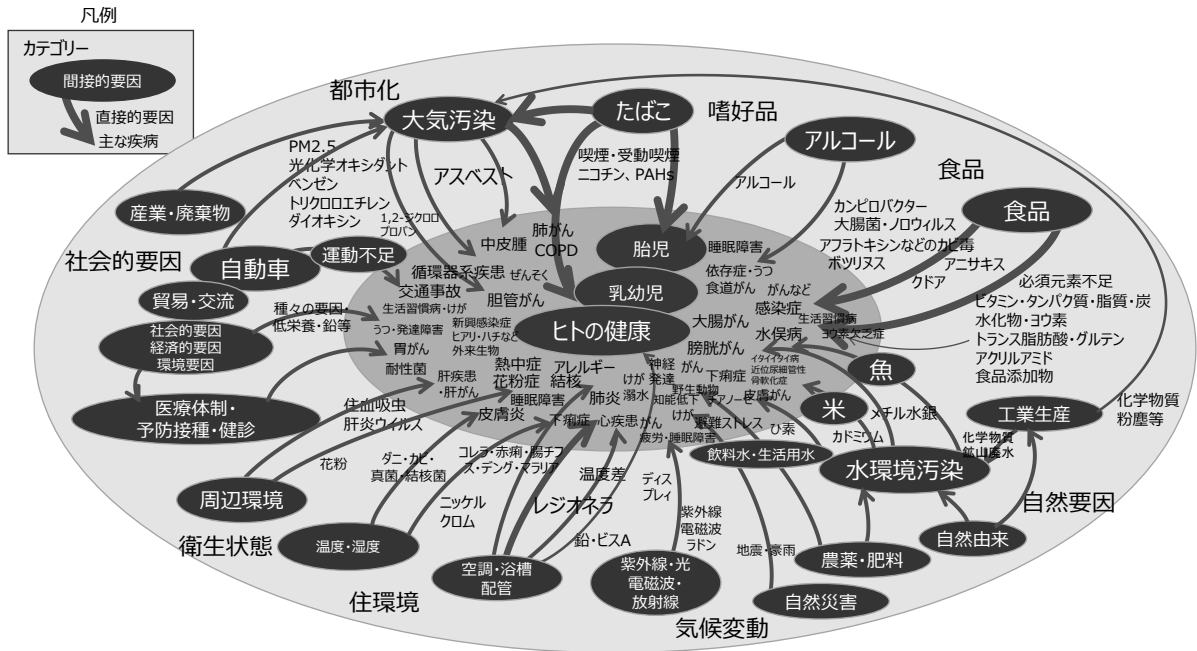


図8 主な環境リスクと人の健康影響の関係—間接的要因と直接的要因— (環境マンダラ)

検討が必要であり、注意が必要である。

IV. 日本における環境リスクの状況

日本では、過去の激甚の公害による健康被害への対応を顧みて、今後の地球環境改善への貢献や予防的アプローチに基づく政策の検討を行うべく、様々な取り組みが行われている。本稿では、筆者も関わった前述の日本学術会議の報告[8]から要点を抽出してご紹介したい。※を付した項は、特に報告の抜粋に筆者が一部編集上の表記の修正や一部加除を行ったものであることをご了解願いたい。

1. 過去の公害事件を振り返る*

1955年に富山県神通川流域ではイタイイタイ病が問題となっていった。元をたどれば、大正期の1920年、当時の農会長が政府と富山県知事から鉛除去の建議書を提出していたことから、長期の汚染が認識されていたものと考えられる。イタイイタイ病はカドミウム環境汚染に基

づく慢性カドミウム中毒症であり、その病態は近位尿管性骨軟化症である。神通川流域カドミウム汚染地域住民には、多発性近位尿管機能異常症（以下、カドミウム腎症）が多発しているが、現在でも国（環境省）は公害疾患として認めていない。明治末頃より神通川下流域の水田では稲作被害がすでに発生しており、農民たちは鉦山あるいは行政に対して度々抗議と対策を要求していたが、富山県ならびに国による調査研究が開始されたのは1962年、その研究成果をもとに「イタイイタイ病は神岡鉦業所の排出するカドミウムによる慢性中毒であり、公害疾患である」との見解を厚生省が発表したのは、1968年5月であった[26,27]。

また、1956年には、水俣病の最初の報告がなされているが、1957年3月には、厚生科学研究班が「現在最も疑われているものは（中略）水俣湾港において漁獲された魚介類の摂食による中毒」と報告したものの同定はなされず、熊本県の行政指導により水俣市漁業協同組合が、1957年8月から水俣湾内での漁獲の自主規制を始めた[24]。その後も、水銀の有機化の機序や発生源等が分か

らず、1965年に新潟で有機水銀中毒と疑われる患者が発生してやっと、1968年9月26日、厚生省及び科学技術庁が、政府統一見解を発表し、熊本、新潟で発生した水俣病については、工場の工程中に副生されたメチル水銀化合物が中毒発生の基盤であると発表した。

このように、患者が出てなお、原因との因果関係や作用機序の確定がなされないと施策が進まなかったことが、健康被害を拡大し、経済的にも大きな被害をもたらすことになった。環境省の報告[28]の中では、対策の遅延により被害が拡大し、結果的にかかった費用（年間の補償、浚渫、漁業被害補償）が原因工場の年間公害防止投資額の約100倍（126億）と試算された例も紹介されている。

比較的最近では、2005年、石綿管を作っていた工場におけるアスベスト関連疾患により過去10年間で51人が死亡していたことが判明した。その後、工場関係者や近隣の居住者に次々と中皮腫が発生していたことが分かり、因果関係があると考えられた300名に救済金が払われるなど、大きな事件となった[29]。また、2012年3月には、大阪府の印刷事業場で、化学物質の使用により胆管がんを発症したとの請求がなされたことを受け、厚生労働省では2012年9月から「印刷事業場で発生した胆管がんの業務上外に関する検討会」において業務との因果関係について検討した[30]。2013年3月、その事業場で従事する労働者に発症した胆管がんは、1,2-ジクロロプロパンに長期間、高濃度曝露したことが原因で発症した蓋然性が極めて高いことを示した[31,32]。

このように、先に述べたアスベストや1,2-ジクロロプロパンによる健康障害など早急に客観的な調査や対策が行われていれば、より被害が低減できた可能性がある事例が未だに散見される。

近年化学物質により患者が発生した場合の迅速な対応例としては、2003年に発覚した茨城県神栖の地下水の有機ヒ素汚染の例がある[33]。環境汚染された水の摂取により明確な健康被害があったため、発覚後早急に水道に接続し安全を確保すると共に、居住要件と曝露要件のみで患者を認定し、医療手帳が配布された。このような客観的なデータの蓄積や対応の透明性の確保が極めて重要である[33]。

このように、激甚な健康被害に対する対応が早急に行われる事例もあるが、水環境に限らず、化学物質による労働災害や放射性物質の拡散の事例もあり、災害・事故時は、より早急に曝露状況と健康状態の調査がなされるように体制の検討を行う必要がある[8]。

2. 予防原則*

環境リスクに関しては、予防原則が論じられることが多い。「予防原則」については、本特集の益永ら[34]でも触れるが、Precautionary principleの訳語として条約などでも用いられている。趣旨をとり「予防的取組」や「予防的方策」、「予防策の原則」、「予防的アプローチ」をあてるべきとする意見もある[8,35]。「予防原則」の代表的

定義は、1992年に国連環境開発会議で採択された、リオ宣言第15原則「深刻な、あるいは不可逆な被害のおそれがある場合には、十分な科学的確実性がないことをもって、環境悪化を防止するための費用対効果の大きな対策を延期する理由として用いてはならない」とするものである。EUでは運営条約上、予防原則が規定されている（EU運営条約191条2項）。わが国においては、環境基本法には予防原則について明文はないが、同法4条が関連しているとされる。また、生物多様性基本法3条3項及び第4次環境基本計画が予防的取組方法について定めている。水俣病事件への対処（1950～60年代）はまさに予防原則の問題であった。

また、現在では温暖化や環境ホルモン、狂牛病、ネオニコチノイド系農薬、マイクロプラスチック等に対する対処が予防原則の問題である。予防原則に関する基本的な考え方を示しているEUコミュニケーションペーパー（2000年）では、リスク評価についても、科学界において少数派であっても、一定の信頼と評判が認められれば、それに対して十分な配慮がなされるべきであるとしており、予防原則とは、科学的に根拠のない懸念を問題とするものではなく、科学者の間ではまだコンセンサスは得られていないが、一定程度有力になっている考え方に対する配慮をするものとして認識することが重要である。予防原則とリスク論の関係については、これを対立的に捉え、前者は被害を受ける側の視点、後者は開発側の視点に立っていると指摘されることがあるが、リスク論が必ずしも開発を前提としているわけではなく、リスク論と予防原則の統合が目指されるべきである[8]。

3. 合理的に達成可能な範囲*

政策を定めるために、科学的根拠に基づき、安全率が十分踏まえることが望ましいが、一方で、費用対効果の観点からみて費用が極めて高額な場合や自然環境の状況や技術的制約などで現実的な施策の実効性が真に望みにくい場合、例えば放射線防護や食品安全の分野で、ALARA (As Low As Reasonably Achievable: 「合理的に達成できる範囲で、できるだけ低くする」)の原則に従い可能な手段による対策をとらざるを得ない場合がある。工学的にも、BAT (Best Available Technology, 利用可能な最善の適正技術)が選択される場合がある。加えて、自然環境により元々の汚染がある場合は、その状況も考慮しなければならない。そのような場合に、できる限り事前に関係者間の調整の機会を設けることが望ましい。政策立案に関わる意思決定において、確度・蓋然性の高い科学的根拠が必要とされると共に、現実的に合理的に達成可能な対策を比較検討することが重要である。

4. 環境責任*

不法行為においては被害者が加害者の故意・過失を立証しなければならないという過失責任主義が原則となってきた。しかし、健康被害を受けた住民らが、加害企業

の過失を明らかにすることは極めて困難であるから、無過失責任の考えを導入することが社会的正義の維持という観点からも必要となった。無過失責任とは、不法行為において損害が生じた場合、加害者がその行為について故意・過失が無くても、損害賠償の責任を負うということである。ドイツで1991年1月1日から施行（1990年12月公布）されている「環境責任に関する法律」（以下、ドイツ環境責任法）では、無過失責任である危険責任ルールを取り入れている（従って、責任を負う要件として過失が必要とされない）。このルールを採用している国は少なくないが、わが国では無過失責任の規定は公害紛争時代に制定された大気汚染防止法および水質汚濁防止法における健康被害に限定したものがあにすぎない。このほかには、特別法である鉱業法、原子力損害賠償法などでも用いられている[8]。

健康被害の患者で健康影響との因果関係がある可能性があっても同業者の証言が得られないなど厳格な判定基準により補償されない場合や補償賠償能力（予算）を考慮して判定基準が厳しくなることは適切とは言えない。汚染者負担の原則（Pollutant Payment Principle-PPP原則）に加え、この予防の考えを適用した「予防的汚染者負担原則」（Precautionary polluter-pays principle, 略称PPPP）では、有害性が予想される物質を排出すると見られる製品にあらかじめ税金をかけて、無害であることが証明されれば税を還付するというインセンティブなども考案されており、予防的取り組み方法に関する検討が重要である。

5. 環境影響評価及び戦略的環境アセスメント、そして各種評価の活用

健康・環境施策に関連する評価には、リスク評価に加え、環境影響評価、政策評価、規制影響分析、健康影響予測評価等がある[36]。環境影響評価は、環境アセスメント等において、大規模公共事業が環境に与える影響を評価しようとする方法である。加えて、報告[8]では戦略的環境アセスメントの必要性が指摘されている。

いわゆる戦略的環境アセスメントとは、主に国土開発に関連する事業・地域開発を対象とした政策、法案、プログラム、計画についてのアセスメントであり、EU構成国、カナダ、米国などですでに法制化されている。戦略的環境アセスメントは、事業アセスメントを補完する機能を持ち、持続可能な発展の理念の実現に資するものと考えられている。また、リスクやコストなどとのバランスを考えて、効果・便益を最大化することにも役立つ。もちろん、効果・便益には、社会経済的な要素が入るので、自然科学からのエビデンスだけでは判断できない。その意味で、単純な「科学的効果」を超えた人文社会科学的なアプローチが必要となる。また、このアセスメントでは、単独の事業を対象とする事業アセスメントでは不十分な累積的環境影響評価が十分に行われるという特徴がある。

日本では、1972年に公共事業での環境アセスメントが導入され、その後、1993年に制定された「環境基本法」において、環境アセスメントの推進が位置付けられ、1997年6月に「環境影響評価法」が成立した。環境アセスメントは事業の影響を評価するために有効であるが、事実上生活環境への物理的環境と生物種の保護を中心とする自然環境の評価が主であった[37]。

環境影響評価法の2010年改正によって計画段階配慮手続が導入され、厳密な法的義務ではないものの、複数案の検討が原則化されたことは、従来に比べると大きな前進であった。これまでの事業アセスメントから計画アセスメントに向けて一歩踏み出したと評価することができる。もっとも、同改正においては、より早い段階で環境影響を評価するとはいっても、実績の積み重ねがある個別事業の位置、規模又は施設の配置、構造などの検討段階を対象としたアセスメントの導入を図ったものであり、これは、前述したように、欧米で導入されている「戦略的環境アセスメント」、すなわち、より上位の計画や政策段階での環境影響評価とは一致しない。わが国においても、計画の段階で透明で客観的な環境配慮プロセスを提供し、環境基本法19条を具体化するため、戦略的環境アセスメントの導入が必要であり、緊急に検討されるべきである[8]。

その他に、政策評価としては、2001年に政策評価に関する標準的ガイドラインが定められ、現在、大規模予算に関わる政策には各府省の評価が必要となっている。2007年には「規制の事前評価の実施に関するガイドライン」が策定され、政策評価法の下で、大規模な規制については、規制影響分析が必要とされ、省庁のホームページ等に公開されている。しかしながら、規制影響分析は必ずしも単純では無く、多くの因子を考慮しなければならないため、定量的評価が難しい場合が多いように見受けられる。

公衆衛生的な立場に近い評価法としては、社会における公平性を重視し、健康格差も含めて社会格差を是正する手段として健康影響予測評価により、提案施策、事業等によって生じる可能性のある健康影響や健康事象に関連する要因（健康の社会的決定要因）の変化等を予測・評価する法が提案され、日本公衆衛生学会により、2011年にガイダンスが発行されている[38]。しかしながら、これらの評価方法は裁量が非常に大きく、現在のところ、国内の実務レベルで導入された事例は限られている。

環境社会に配慮するための評価方法は、国際協力の分野ではかなり早くから制度的に導入され独立行政法人国際協力機構（JICA）や世界銀行などの多国間援助機関や主要な二国間援助機関が環境配慮のガイドライン作成と運用を行っている。2010年には「環境社会配慮ガイドライン」を発行し、適切な環境社会配慮の実施を推進している[38]。

特に環境を通じた人間の健康と安全及び自然環境並びに非自発的住民移転等人口移動、雇用や生計手段等の地

域経済, 土地利用や地域資源利用, 社会関係資本や地域の意思決定機関等社会組織, 既存の社会インフラや社会サービス, 貧困層や先住民族などの社会的に脆弱なグループ, 被害と便益の分配や開発プロセスにおける公平性, ジェンダー, 子どもの権利, 文化遺産, 地域における利害の対立, HIV/AIDS等の感染症, 労働環境を含み, 個別プロジェクトにより必要なものを絞り込み評価を行うことが触れられている。国内における一般的な環境影響評価より, 社会的な側面にも踏み込んでいると考えられる。これらは, 国連の持続可能な開発目標 (SDGs) とも通じる部分が多く, 今後の環境施策の評価において, 重要な視点と考えられる。

V. 持続可能な社会構築のためのリスクコミュニケーションの必要性*

報告[8]におけるリスクは, ハザードの大きさとその発生確率の積 (つまり期待値) であわされる概念である。今日の環境リスクは, 我々が地域社会の構成員として, どのよう意思決定を行うにしても直面する問題である。現在, 最も広く用いられているリスクコミュニケーションの定義は, 全米科学評議会 (National Research Council) が 1989 年に出版した文書で用いられているもので, 「個人・機関・集団間での情報や意見のやりとりの相互作用的過程」とされる。この定義における「情報や意見」には「リスクの性質についてのメッセージ」や「リスク管理のための法律や制度の整備に対する関心・意見・反応」を含む。これは, 単なる情報公開を意味するものではない。行政機関・学術会議・企業などが情報公開をする, 記者発表を行うなどの情報の開示は, 一方通行であって, リスクコミュニケーションとしては, さらにリスクの性質, 法律や制度の整備, そして情報を知らされた側の関心や意見・反応とそれぞれに対する対応が必要とされる。木下は, この目的として, 「一方向的なプロパガンダではなく, ステークホルダー (利害関係者のこと) の間で双方向的な情報・意見のやりとりが行われること, それを通じて関係者が共考しうる土台を作ること」を目的としている[39]。

最近, 特筆すべきなのは, マスメディアの役割の増大および各種ソーシャルメディアの普及とその影響力の増大である。報告[8]でも印刷工の胆管がん多発事例問題など随所で新聞報道がきっかけとなった健康被害の事例がとりあげられている。ダイオキシン類の1998年からの問題はテレビ番組での報道がきっかけであった。テレビの報道番組が取り上げたことが議員立法による法律の制定に繋がり, それが大きな研究プロジェクト成立へと繋がった。2011年の東日本大震災およびそれに起因する原発事故とそれへのわが国並びに世界全体の対応に至っては, 既存マスメディアだけでなくインターネットを利用したソーシャルメディアの影響も非常に大きかった。従来の環境リスクをめぐる管理の枠組みにおいて, マスメ

ディアやソーシャルメディアはリスクコミュニケーションの中に明確には位置づけられてきていない。これまでのリスクコミュニケーションはある一つの環境リスク (例えば有害化学物質, 電磁波など) を個別に扱い, 利害関係者が直接, 情報・意見をやりとりする前提で議論が進められてきた。メディアは文字通り「仲介のための媒体」であるが, 情報がマスメディアを仲介してやりとりされるケースは, リスク管理の枠組みでは想定されていなかったのである。しかし, これだけ影響力が大きくなってきた上に, メディアがどう伝えるのかが政策形成に直接影響力をもつようになると, 何らかの形で位置づける必要がある[8]。

新たな枠組みが必要な理由はもう一つある。環境リスクを含む大きな持続可能性に関する研究に大きな動きが生じていることである。先に述べたSDGsに関する動きに加えて, 地球環境研究の国際プログラムの再編により生まれた Future Earth とよばれる全世界を対象とした枠組みでは, 地球規模の持続可能性を実現するための研究活動の推進にあたって, 学術と社会の間の垣根をこえる「超学際」的な取り組みがうたわれている。これは, Future Earth の活動に, 学術の専門家だけでなく, 社会のさまざまなステークホルダーが参加することを意味する。この取り組みは, まさに, 科学技術と人間の調和を図ろうとする取り組みとされ[8], 日本学術会議が日本ハブ事務局を設置し, 推進を図っている。

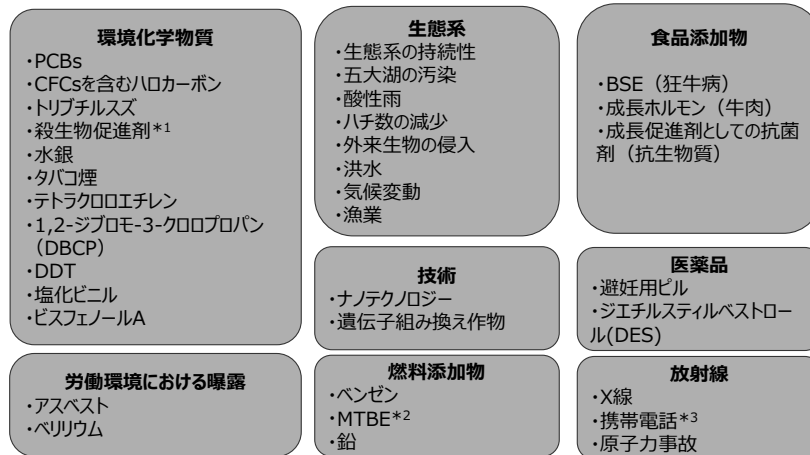
VI. おわりに

環境リスクの評価と管理は, 常に新しい課題と価値観の変化に対応していかなばならない宿命にある。欧州でも過去の環境政策の遅れに学び[40], 予防的取り組みを検討して取り入れようとする試みがなされている (図9) [41]。

しかし, リスク評価には不確実性を伴うこともあり, 必ずしも十分な対策が進んでいるとはいいがたい。また, 本特集集中では触れきれないが, 複数のリスクの複合的毒性発現などの影響は十分考慮されている訳ではない。例えば, Frostら[42]は同程度のアスベスト濃度では喫煙者の肺がんの発生率が非喫煙者の約20倍に達する場合を指摘しており, 今後もそのようなリスクの知見の集積が必要である。

日本では, 高齢化, 少子化の影響により労働力, 経済力が大きく変化する中, 気候変動や大規模災害の影響に備え, 社会基盤施設の維持管理や老朽化によるリスクにも対応しなければならない。そのような社会基盤の更新を行う必要がある。一方で, 地方行政を中心に財政的にも大きな転換期を迎えており, 予防的取り組みを検討し, 持続可能性を考慮した施策の推進を加速する必要がある[43]。それを支える研究開発や調査の推進, そして現場への適用が求められている。

環境によるさまざまな健康リスク



訳注：*1塗料などに含まれる殺菌剤，防汚剤 *2メチル-*t*-ブチルエーテル，ガソリン添加剤 *3非電離放射線

図9 欧州環境庁が取り上げた予防的取り組みのケーススタディ [41]より浅見仮訳

引用文献

- [1] World Health Organization. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva: WHO; 2016. <http://www.who.int/quantifying-ehimpacts/publications/preventing-disease/en/> (accessed 2018-07-29)
- [2] 浅見真理, 監訳. 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. WHO. 2018. (国立保健医療科学院ホームページ公開予定)
- [3] Institute for Health Metrics and Evaluation. GBD Compare | VizHub (<http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare> から作成)(accessed 2018-07-29)
- [4] Institute for Health Metrics and Evaluation. GBD country report (<http://www.healthdata.org/japan>)(accessed 2018-07-29)
- [5] Institute for Health Metrics and Evaluation. Global burden of diseases, injuries and risk factors study 2010. http://www.healthdata.org/sites/default/files/files/country_profiles/GBD/ihme_gbd_country_report_japan.pdf (accessed 2018-07-29)
- [6] 日本医師会. 環境に関する日本医師会宣言. 2009. 日本医師会ホームページ. http://www.med.or.jp/people/info/people_info/000244.html (accessed 2018-07-29)
- [7] 車谷典男, 監修. 環境による健康リスク (日本医師会生涯教育シリーズ). 村田勝敬, 川本俊弘, 五十嵐隆, 島正之, 編. 東京: 診断と治療社; 2017.
- [8] 日本学術会議, 健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会. 報告「環境政策における意思決定のためのレギュラトリーサイエンスのありかたについて」. 東京: 日本学術会議; 2017. <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-h170927-2.pdf> (accessed 2018-08-29)
- [9] 羽山広文, 齊藤雅也, 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.
- [10] 東賢一. 建築室内環境に関連する症状とそのリスク要因. 保健医療科学. 2014;63(4):334-341.
- [11] 阪東美智子, 金勲, 大澤元毅. 特別養護老人ホームにおける環境衛生管理の現状と課題. 保健医療科学. 2014;63(4):359-367.
- [12] Uchiyama S, et al. Gaseous chemical compounds in indoor and outdoor air of 602 houses throughout Japan in winter and summer. Env Res. 2015;137:364-372. (doi: 10.1016/j.envres.2014.12.005)
- [13] Azuma K, et al. Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: Screening for health risks of multiple pollutants in Japanese dwellings. Env Res. 2016;145:39-49. (doi: 10.1016/j.envres.2015.11.015)
- [14] 柳宇. 新たな健康阻害要因—生物汚染. 保健医療科学. 2014;63(4):342-349.
- [15] 和田耕治, 太田寛, 川島正敏, 阪口洋子, 相澤好治. 新型インフルエンザ対策から学ぶ包括的な感染症対策. 保健医療科学. 2010;59(2):94-99.
- [16] 杉山寛治, 小坂浩司, 泉山信司, 縣邦雄, 遠藤卓郎. モノクロラミン消毒による浴槽レジオネラ属菌の衛生対策. 保健医療科学. 2010;59(2):109-115.
- [17] 国立感染症研究所感染症疫学センター. 我が国のレジオネラ症の発生動向調査における概要2007.1.1～2016.12.31. <https://www.niid.go.jp/niid/ja/id/1674-disease-based/ra/legionella/idsc/idwr-sokuhou/7638-legionella-20171030.html> (accessed 2018-07-29)
- [18] 大久保公裕, 村上亮介. 花粉症. 車谷典男, 監修. 環境による健康リスク (日本医師会生涯教育シリーズ). 東京: 診断と治療社; 2017. p.286-288.

- [19] 東京都健康福祉局. 花粉症患者実態調査報告書 (平成28年度). 2017. http://www.tokyo-eiken.go.jp/files/kj_kan-kyo/kafun/jittai/houkokusho.pdf (accessed 2018-07-29)
- [20] 岸-金堂玲子, 森岡孝二, 編. 健康・安全で働き甲斐のある職場をつくる—日本学術会議の提言を実効あるものに—. 京都: ミネルヴァ書房; 2016.
- [21] 寺園淳. アスベストによる環境リスクとこれからの課題. 保健医療科学. 2018;67(3):268-281.
- [22] 樺田尚樹, 他. 特集: たばこ規制枠組み条約に基づいたたばこ対策の推進. 保健医療科学. 2015;64(5):405-510.
- [23] 緒方裕光, 他. 特集: 電磁環境と公衆衛生. 保健医療科学. 2015;64(6):531-591.
- [24] 土井由利子, 他. 特集: 睡眠と健康 国内外の最新の動向—エビデンスからアクションへ—. 保健医療科学. 2012;61(1):1-42.
- [25] 秋葉道宏, 他. 特集: 緊急時の安全な水の確保. 保健医療科学. 2015;64(2):69-103.
- [26] Aoshima K. Itai-itai disease: Renal tubular osteomalacia induced by environmental exposure to cadmium: historical review and perspectives. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2016;62(4):319-326.
- [27] Reischauer EO. *The Japanese*. Tokyo: Charles E. Tuttle Company; 1977.
- [28] 環境省環境保健部環境安全課. 水俣病の教訓と日本の水銀対策. 2017. <http://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01.html> (accessed 2018-07-29)
- [29] 車谷典男. クボタ・アスベスト近隣曝露. 環境による健康リスク (日本医師会生涯教育シリーズ). 東京: 診断と治療社; 2017. p.S321-S324.
- [30] 厚生労働省. 「印刷事業場で発生した胆管がんの業務上外に関する検討会」報告書及び今後の対応. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002x6at.html> (accessed 2018-07-29)
- [31] 熊谷信二. 印刷労働者の胆管がん多発はなぜ起こったか—化学物質による健康障害を防止するために. 岸-金堂玲子, 森岡孝二, 編. 健康・安全で働き甲斐のある職場をつくる—日本学術会議の提言を実効あるものに—. 京都: ミネルヴァ書房; 2016. p.111-118.
- [32] 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.
- [33] 石井一弘, 玉岡晃. 有機ヒ素中毒の10年—ジフェニルアルシン酸中毒の疫学・臨床・代謝. *BRAIN and NERVE*. 2015;67:5-18.
- [34] 益永茂樹. 地球環境リスク管理としての生態リスク評価と予防原則. 保健医療科学. 2018;67(3):261-267.
- [35] 環境政策における予防的方策・予防原則のあり方に関する研究会. 同報告書. 2002. <http://www.env.go.jp/policy/report/h16-03/mat14.pdf> (accessed 2018-07-29)
- [36] 浅見真理. 水道及び環境分野におけるリスク評価・管理と行政的枠組み. *日本リスク研究学会誌*. 2016;26(2):83-89.
- [37] 石竹達也. 政策評価に社会医学の視点を一ツールとしてのHIA (健康影響予測評価) の必要性. *社会医学研究*. 2013;30(2):63-72.
- [38] 国際協力機構. 環境社会配慮ガイドライン. 2010. <https://www.jica.go.jp/environment/guideline/> (accessed 2018-07-29)
- [39] 木下富雄. リスク認知の構造. *日本機械学会誌*. 2003;106(1020):849-852.
- [40] 欧州環境庁, 編. レイト・レッスンズ 14 の事例から学ぶ予防原則. 松崎早苗, 監訳. 水野玲子, 安間武, 山室真澄, 訳. 東京: 七つ森書館; 2005.
- [41] Didier Bourguignon, European Parliamentary Research Service. The precautionary principle: Definitions, applications and governance. In-depth analysis. 2015. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2015/573876/EPRS_IDA\(2015\)573876_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2015/573876/EPRS_IDA(2015)573876_EN.pdf) (accessed 2018-07-29)
- [42] Frost G, Darnton A, Harding AH. The effect of smoking on the risk of lung cancer mortality for asbestos workers in Great Britain (1971-2005). *Ann Occup Hyg*. 2011;55:239-247.
- [43] 宇都正哲. 人口減少とインフラの課題から環境リスクを考える. 保健医療科学. 2018;67(3):306-312.