

下水処理水のクリプトスポリジウム対策に関するリスク便益分析

国土技術政策総合研究所 正会員 ○山下 洋正
 中島英一郎
 齋野 秀幸
 長岡技術科学大学 伏木 洋子

1. はじめに

近年、0-157(腸管出血性大腸菌)による食中毒など思わぬ時に大きな被害をもたらす微生物の人への健康被害が現在も問題となっている。平成 8 年には日本で初めて水道を介したクリプトスポリジウムによる集団感染が埼玉県越生町で発生し、8,800 人もの住民が健康被害を受けた。クリプトスポリジウムは感染したヒトの排泄物を通して下水道にも流入するため、下水処理水について適切な対策が必要と考えられる。

対策に当たっては、限られた予算・資源の範囲内で最大限の安全性を確保するために、対策に要する費用と対策の実施により見込まれる健康の改善便益とを比較評価して対策を選択することが求められる。

クリプトスポリジウム感染では、免疫不全者では重篤になりうるが、免疫正常者では一時的な下痢等にとどまるため、健康リスクとして、致命的影響と非致命的影響の両方を評価する必要がある。そうした評価手法としては、例えば WHO は DALYs(Disability Adjusted Life Years)による様々な疾病の影響評価を行っており、飲料水質ガイドライン案¹⁾にも取り入れているが、評価対象は健常者に限定されている。しかし、下水処理水の影響は必ずしも健常者に限定されないため、より広い範囲を対象にして評価を行う必要がある。

また、損失余命では表現されない医療費や休業損失等の発生費用についても評価の必要があると考えられる。

そこで本研究では、クリプトスポリジウム感染による健康リスクについて、QALY(Quality Adjusted Life Years;生活の質で調整された余命)を用いた損失 QALYs の観点および損失費用の観点から評価を行い、さらに、平常時および集団感染発生時での下水処理水のクリプトスポリジウム対策におけるリスク便益分析を行った。

2. クリプトスポリジウム感染率に応じたリスクの算出

現状および対策後の年間感染率をそれぞれ 0.02, 0.01 と仮定し、10 万人中の健常者 (15 歳~65 歳, 人口比 67.4%), 弱者 (0 歳~14 歳および 65 歳以上, 人口比 32.45%), 免疫抑制者 (AIDS 患者および免疫治療患者, 人口比 0.1%) について、それぞれの感染率での損失 QALYs および損失費用を算出して対策の効果求めた結果を、損失 QALYs について図 1 に、損失費用について図 2 にそれぞれ示す。ここで損失費用は、医療費と損失利益 (病気による休業損失) の和とし、感染の症状は USEPA の報告²⁾を参考に、軽度(1 日程度の下痢), 中~重度 (14 日程度の下痢) および死と仮定している。クリプトスポリジウム対策により感染率を 0.02 から 0.01 へと 0.01 下げることにより、損失 QALYs は 2.18, 損失費用は約 1,319 万円削減され、1 人あたりの単位感染リスク削減による効果は QALYs ; 2.18×10^{-3} , 費用 ; 13,191 円となる。

なお、WHO はクリプトスポリジウムによる健康被害を 1 感染当たり 1×10^{-3} DALYs 程度としており¹⁾、発症率等のパラメータの設定の相違や健常者のみを対象としている点で、本研究の QALYs の計算とは設定が異なるものの、得られた質調整生命年はオーダーとしてほぼ同等のものとなっている。

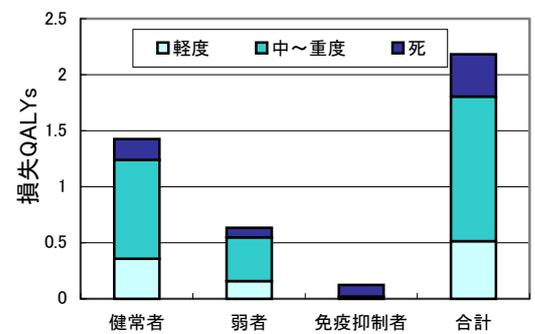


図1 対策により削減された損失QALYs

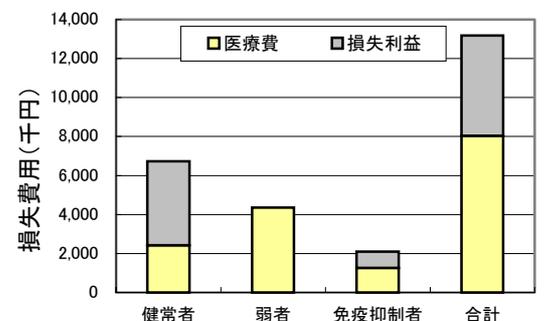


図2 対策により削減された損失費用

キーワード QALYs, リスク便益分析, クリプトスポリジウム, 下水処理水, リスク評価, リスク比較

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 国土技術政策総合研究所下水処理研究室 TEL029-864-3933, FAX029-864-3933

3. 曝露形態の異なる集団に関するリスク便益分析

1人あたり単位感染リスクでの損失 QALYs および損失費用から、仮想上の町(人口10万人, 処理水量: 放流水 45,000m³, 再生水 5,000m³)での異なる曝露形態³⁾ごとの各対策時の損失 QALYs, 損失費用を試算し, リスク便益分析を行った. 各曝露集団数は, 水道利用 10万人, 水浴 5,000人, 親水用水 1,570人, 修景用水 14,000人, 水洗用水 10,000人, 散水用水 15,570人と仮定した. 対策費用とオーシスト追加除去率の仮定を表1に示す.

表1 対策費用とオーシスト追加除去率の仮定

対策費用(円)	凝集剤添加	UV処理	オゾン処理
放流水(45000m ³)	15,060,000	32,460,000	95,460,000
再生水(5000m ³)	3,060,000	4,460,000	11,460,000
追加除去率	2Log	3Log	3Log

(1) 平常時 各曝露集団における平常時の年間感染リスク⁴⁾に応じた損失 QALYs を算出して図3に示し, 単位削減リスクあたりの費用を図4に示す. 図3より曝露集団としては水道利用者が最大, 散水用水利用者集団が最小の損失 QALYs を与えることが分かる. 図4において, リスク当たりの対策費用が最低でも1千万円/1QALYsであり, ほとんどの対策でより高い値となっているが, この理由の一つとしては平常時のリスクが10⁻²~10⁻⁵とさほど高くないため⁴⁾, 追加的なリスク削減便益として高い値が得られないことが考えられる. リスク削減の効率性の観点からは, 水道利用者集団のリスク削減のための凝集剤添加対策が最も合理的で優先的に実施すべき対策と考えられる.

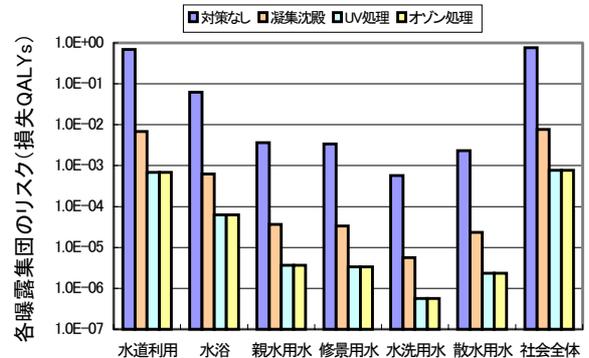


図3 平常時の無対策、各対策後のリスク損失QALYs)

(2) 集団感染発生時 各曝露集団における集団感染発生時の感染率(埼玉県越生町での集団感染事件より発生患者数の2ヶ月間の推移の実績データ⁵⁾に基づいて処理水中濃度を算出して感染率を試算)での無対策および各対策後の損失 QALYs を算出して図5に示し, リスク便益分析の結果を図6に示した. 図5と図3を比較すると, 水浴, 親水, 散水等のリスクが水道利用等のリスクと比較して相対的に高くなっているが, これは集団感染発生時を夏期と想定したため, これらの夏期に摂取頻度が高い曝露形態でオーシスト摂取量が多くなったためと考えられる. 図6で水浴のリスク削減当たりの費用が他より高く現れているのは, 再生水に係るリスク対策と比べて放流水が水量が多く費用が大きいためと考えられる.

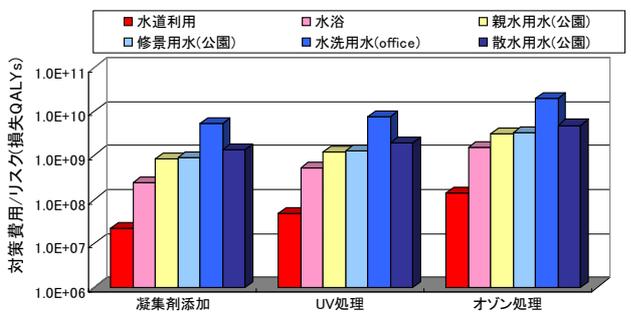


図4 平常時のリスク対便益

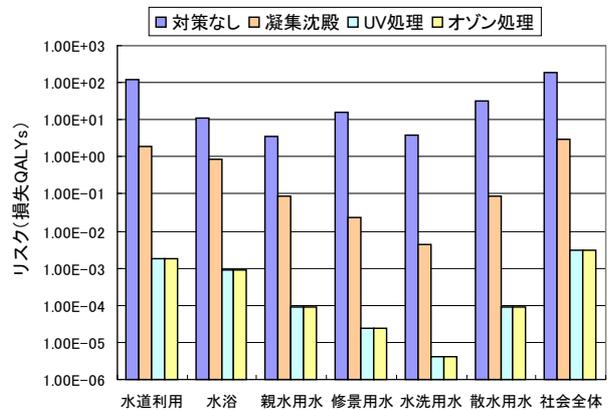


図5 集団感染が発生したときの無対策、各対策後のリスク(損失QALYs)

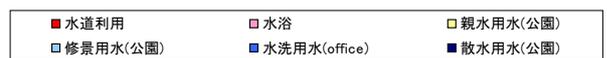


図6 集団感染が発生したときのリスク対効果(損失QALYs)

4. 今後の課題

リスク試算に用いたパラメータの精度向上および高濃度流入の発生確率に加えモニタリング頻度等を考慮した対策の効率性の検討をする必要がある.

参考文献

- 1) WHO, Guidelines for Drinking Water Quality, Third edition, 2003
- 2) U. S. EPA, Comparative Risk Framework Methodology and Case Study (SAB Review Draft), 1998
- 3) 日本下水道協会, 下水道におけるカプトボリジウム検出委員会最終報告, 平成12年
- 4) 山下洋正他, 下水処理水の Cryptosporidium に関する定量的リスク評価, 第37回日本水環境学会年会, 2003, pp.381
- 5) 埼玉県衛生部, クリプトスポリジウムによる集団下痢症 越生町集団下痢症発生事件報告書, 平成9年