

図3 年齢群ごとの抗体価分布
(a) IgA 抗体 (b) IgG 抗体 (c) IgM 抗体)

特徴がある。IgA 抗体は感染後短期間で抗体価が上昇し、2ヶ月程度で健常者と同レベルまで低下する傾向を持つ⁶⁾。IgM 抗体は抗体価上昇期間の傾向は IgA 抗体と同様であるが、低下度合は IgA 抗体と異なり個人により多少バラツキがあり、若年者において抗体価上昇を強く示す傾向にある⁶⁾。IgG 抗体は抗体価の持続期間が長く、1年以上も高い抗体価を持続するケースもある⁶⁾。そのため、直近での感染履歴判定においては、偽陽性を示すケースが考えられる。本研究ではまず抗体価測定結果に対して、各抗体クラスの年齢群ごとの抗体価分布を調べた。各抗体クラスの年齢群ごとの抗体価分布を図3に示す。この結果でも、IgM 抗体は若年者で高い抗体価を示しており、一方で IgA、IgG 抗体は30-39歳でピークを示し、その後徐々に低下する傾向となった。そのため若年者の判定には IgM 抗体が有効であり、年配者の判定には IgA 抗体あるいは IgG 抗体が有効であると判断した。以上の検討と IgG 抗体の偽陽性を示す可能性を考慮し、感染者の判定には IgA 抗体、IgM 抗体を利用し、IgA 抗体あるいは IgM 抗体でカットオフ値以上の抗体価を示したサンプルを、採血年に感染した経歴を持つサンプル(感染者サンプル)と判定した。この結果、一般集団における感染者割合は7.9~35.0%と推定された。

3.2. 感染-発症割合の推定及び C. jejuni 感染者 1人当たりの DALYs 定量

発症者数の推定に際して、2006年から2008年の市内定点病院検査室ならびに神戸市環境保健研究所、神戸市中央市民病院で分離された C. jejuni 検出数を調査した結果、2,159件であった。C. jejuni 検出数から実患者数を推定する上で必要な補正係数として、検査機関の神戸市受診者人口のカバー率(人口カバー率)、医療機関受診率、糞便検査率が挙げられる⁵⁾。ここで人口カバー率は、神戸市全体と検査機関での外来患者延数から推定を行った。結果として、31.7%を得た。一方、医療機関受診率と糞便検査率は宮城県における電話住民調査⁵⁾で推定された平均値32.0%と10.9%を利用した。その結果、2006年から2008年の3年間における C. jejuni 感染症実患者数は、195,262人と推定された。

これらの結果を踏まえて、C. jejuni 感染による感染-発症割合を推定した。推定に用いた各パラメータの値を表1にまとめる。3.1.で推定した感染者割合より神戸市における3年間の C. jejuni 感染者数は、362,759~1,607,161人と推定された。そして、神戸市における3年間の C. jejuni 感染症実患者数から、感染

表1 感染-発症割合推定に用いた各パラメータ値

感染者割合(%)	感染者数(人) (2006-2008年)	補正係数(発症者数推定)		
		人口カバー率(%)	医療機関受診率(%)	糞便検査率(%)
7.9~35.0	362,759~1,607,161	31.7	32.0	10.9
C.jejuni検出数(件) (2006-2008年)	発症者数(人) (2006-2008年)	感染-発症割合(%)		
2,159	195,262	12.1~53.8		

表2 感染-発症割合を用いた感染者1人あたりのDALYs推定値

感染-発症割合(%)	感染者1人あたりのDALYs(DALYs)
12.1 (最小値)	5.6×10^{-4}
53.8 (最大値)	2.5×10^{-3}
100 (安全側サイド)	4.6×10^{-3}
1.2 (Havelaar <i>et al.</i>) ²⁾	5.5×10^{-5}

一発症割合は12.1~53.8%と推定された。Blackらのボランティア試験結果では感染-発症割合が0~60.0%の範囲で存在しており³⁾、今回得られた推定値もこの範囲内にあった。そこで、DALYsの定量には本研究で推定した感染-発症割合を用いることとした。

ここでは、感染-発症割合の最大値と最小値を用いて式(1)に基づき、*C. jejuni*感染者1人あたりのDALYsを定量した。DALYsの計算結果を表2にまとめる。感染-発症割合の最大値と最小値を用いた場合のDALYs推定値の差は、約4.4倍であった。感染-発症割合範囲が1.2~100%の場合、DALYsが約83倍差があるのに対して、本研究で得られた感染-発症割合を用いることでDALYs推定値の変動差を小さくすることができた。そのため、血清学的調査に基づいた感染-発症割合の推定により不確実性を低くすることができたといえる。しかし感染-発症割合推定には既往研究のデータを用いており、利用可能なデータは限られているため、これ以上不確実性を低くすることはできない。そこで今後は、統計学的手法を用いて感染-発症割合を推定し、感染-発症割合によるDALYs定量の不確実性について検討を行っていく。

4. 結言

水道水の微生物リスク評価指標としてDALYsを取り上げ、その計算過程において不確実性が高い因子である感染-発症割合を、*C. jejuni*を対象とし血清学的調査を用いて推定した。血清学的調査により、一般集団における感染者割合は7.9~35.0%と推定され、推定された発症者数から*C. jejuni*感染による感染-発症割合を12.1~53.8%と評価した。次に推定した感染-発症割合を用いて、*C. jejuni*感染者1人あたりのDALYsを試算したところ、 5.6×10^{-4} ~ 2.5×10^{-3} DALYsと推定された。また本研究で推定された感染-発症割合を用いることにより、不確実性を大幅に低下することができ、血清学的調査を用いた感染-発症割合の推定によりDALYs定量の精度向上が可能となった。

謝辞 本研究で用いた血清サンプルは、国立感染症研究所から分与されたものである。記して謝意を表す。本研究を行うにあたり有益なる御助言を賜りました京都大学大学院工学研究科 松井利仁准教授に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Havelaar, A. H. and Melse, J. M.: *RIVM report 734301022*, 2003.
- 2) Havelaar, A. H., van Pelt, W., Ang, C. W., Wagenaar, J. A., Gross, U., van Putten, J. P. M. and Newell, D. G.: *Crit. Rev. Microbiol.*, Vol.35, No.1, pp.1-22, 2009.
- 3) Black, R. E, Levine, M. M., Clements, M. L., Hughes, T. P. and Blaser, M. J.: *J. Infect. Dis.*, Vol.157, No.3, pp.472-479, 1988.
- 4) Blaser, M. J. and Duncan, D.: *Infect. Immun.*, Vol.44, No.2, pp.292-298, 1984.
- 5) 春日文子, 窪田邦宏: 厚生労働科学研究費補助金 食品衛生関連情報の効率的な活用に関する研究 平成19年度/平成20年度分担研究報告書.
- 6) Strid, M. A., Engberg, J., Larsen, L. B., Begtrup, K., Mølbak, K. and Krogh, K. A.: *Clin. Diagn. Lab. Immunol.*, Vol.8, No.2, pp.314-319, 2001.

キーワード: 障害調整生存年数, カンピロバクター・ジェジュニ, 血清学的調査, 感染-発症割合

Key Words: Disability Adjusted Life Years, *Campylobacter jejuni*, Serological survey, Illness-to-infection ratio

国立保健医療科学院 ○藤村壮, 倉田知司, 島崎大, 伊藤雅喜, 秋葉道宏
 大阪広域水道企業団 能岡勉
 八戸圏域水道企業団 小田嶋慎

Relationship between removal ratio of *E.coli* and that of turbidity by the course of coagulation and sedimentation under the condition of sudden turbidity change,

by So FUJIMURA, Tomoji KURATA, Dai SIMAZAKI, Masaki ITOH, Michihiro AKIBA (National Institute of Public Health),
 Tadashi ODAJIMA (Hachinohe Regional Water Supply Authority), Tsutomu YOSHIOKA (Osaka Water Supply Authority)

1. はじめに

気候変動の影響による豪雨回数の増加が指摘され、それに伴う河川等の水道原水の濁度上昇による浄水処理への影響と、流域表土等からの病原微生物流出による水質汚濁の問題が懸念されている。本研究は、このような状況を想定して各浄水処理工程による大腸菌 (*E.coli* K12) 除去性を確認するためプラント実験を行い、本実験結果より大腸菌除去率と濁度除去率との間に相関性があることに着目し、凝集沈殿処理による除去機構に関する考察を行った。

2. 実験方法

国立保健医療科学院内浄水実験プラントを用いて凝集沈殿、砂ろ過の各浄水処理工程による微生物除去実験を行った。集中豪雨時の河川での急激な濁度変化を想定し、図1のように通常時の低濁度(5度)から急激にピーク時の高濁度状況(300度)に変化させ、濁度を徐々に漸減させた。原水中の大腸菌は *E.coli* K12 を用い、注入量については図1のように濁度に比例して注入量を変化させた。PAC 注入量について1系は注入量を一定、2系では注入量を濁度変化に追随するよう漸減させた。浄水処理水は各濁度ごとに合計8回採水し、デソキシコレート寒天培地を用いて 37°C、24 時間培養して大腸菌を計数した。

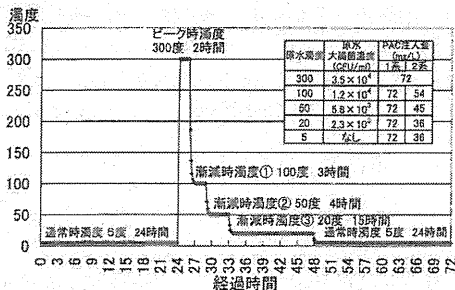


図1 原水濁度、大腸菌濃度および PAC 注入

また、浄水処理プラントで行った実験結果と比較するためジャーテスト実験を行った。濁度、PAC 注入量をプラント実験と同条件、大腸菌注入量を濁度変化によらず一定として、急速攪拌 (120rpm) を1分、緩速攪拌 (40rpm) を10分、静置10分とした。

また、浄水処理プラントで行った実験結果と比較するためジャーテスト実験を行った。濁度、PAC 注入量をプラント実験と同条件、大腸菌注入量を濁度変化によらず一定として、急速攪拌 (120rpm) を1分、緩速攪拌 (40rpm) を10分、静置10分とした。

3. 結果と考察

プラント実験で得られた原水と凝集沈殿処理水の結果を図2に示す。大腸菌濃度について、PAC 注入量を一定とした1系では 177 ~ 360(CFU/ml)

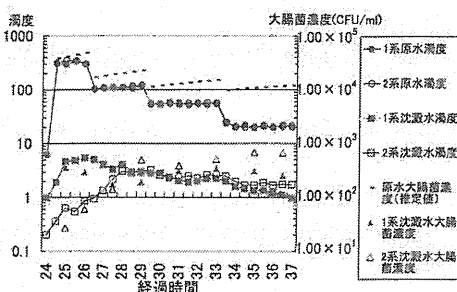


図2 原水と凝集沈殿水における濁度と大腸菌濃度

の範囲で推移したが、PAC 注入量を漸減させた2系では27から677(CFU/ml)まで漸増し、最大時(原水濁度20度)には1系に比べて約2倍の大腸菌濃度となり PAC 注入量による除去性の違いが見られた。凝集沈殿処理水の濁度と大腸菌濃度の関係を比較した結果では、両者の間には相関がほとんど見られず、沈殿処理水濁度によって大腸菌濃度の傾向を把握することが難しいことがわかった。次に凝集沈殿処理水の濁度除去率と大腸菌除去率の関係を図3に示す。凝集沈殿処理による濁度除去率と大腸菌除去率の間には高い相関があることがわかる。また、原水濁度と濁度除去率の間にも相関が認められるため、原水が高濁度であるほど大腸菌の除去率が高まることが示された。以上のことより、凝集沈殿処理による大腸菌除去は、大腸菌が単独で凝集沈殿するのではなく濁質成分に取り込まれてフロックを形成し共沈する機構が主であることが示された。

また、ジャーテストの実験結果を図4に示す。プラント実験同様、濁度除去率と大腸菌除去率に高い相関性が見られた。これらの実験結果より、凝集沈殿処理における大腸菌除去性は、処理水濁度よりも濁度除去率を指標とする方が適切であることが示唆された。

4. まとめ

今回行ったプラント実験結果より、濁度除去率と大腸菌除去率の間には高い相関関係があり、効果的な大腸菌除去のためには所定以上の濁質成分および凝集剤注入量を要することが示唆された。今後様々な条件下での実験や実際の浄水場での水質データに基づいた検証などを通じて、除去機構のさらなる解明や、浄水処理における微生物除去の管理指標の提案につなげたい。

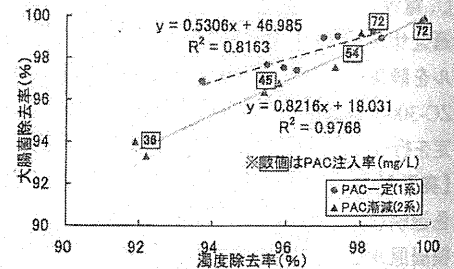


図3 濁度除去率と大腸菌除去率の関係 (プラント実験)

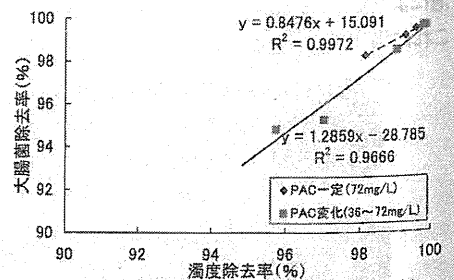


図4 濁度除去率と大腸菌除去率の関係 (ジャーテスト実験)

