

## (8-60) 水道水における腸管出血性大腸菌(*E. coli*O157:H7)を対象とした微生物リスクの試算

○藤村 壮(横浜市水道局)                      秋葉 道宏(国立保健医療科学院)  
 島崎 大(国立保健医療科学院)              倉田 知司(国立保健医療科学院)

### 1 はじめに

我が国の水道は、残留塩素の保持により病原微生物や指標微生物をいっさい含まないことが義務付けられており、安全性は確実に担保され水系感染症の予防に大きな役割を果たしてき、諸外国においては浄水処理水中の病原微生物について定量的微生物リスク評価の手法が取り入れられている事例もあり、水道水の安全性を評価する上で大きな役割を果たしている。そこでこれら諸外国の事例にもあるよう、定量的微生物リスク評価手法を用いて、我が国でも食中毒等で重大な感染事例のある腸管出血性大腸菌 O157:H7 (以下 *E.coli*O157:H7) を対象として微生物リスクの試算を行うことを本研究の目的とする。

### 2 研究方法

微生物リスクの試算は、障害調整生存年数 DALY を指標とした。(図 1)

#### (1) 河川原水中濃度

河川原水中の *E.coli*O157:H7 の存在実態調査を行った。河川原水は都市区域にある浄水場の原水で、調査方法は *E.coli*O157:H7 に特異的な反応を示す蛍光標識された抗体(KPL 社製)によって染色し、蛍光顕微鏡によって観察し存在状況の調査を行った。また、生菌の指標として細菌細胞における呼吸活性の有無を判別する方法として CTC(同人化学社製)による染色を同時に行った。

#### (2) 浄水処理による除去性能評価

##### i) 凝集沈殿・砂ろ過による除去実験

凝集沈殿・砂ろ過による浄水処理による大腸菌除去性能を把握するため、ジャーテストならびに簡易砂ろ過装置を用いて実験を行った。ジャーテストは原水濁度を 10、30、100 度 (A 浄水場原水に沈砂池で採取した濁質を添加して調整) として大腸菌(*E.coli*K12 株)濃度を濁度によらず一定の約  $1.0 \times 10^6$  CFU/ml とした。PAC 注入率は最適注入率 (10 度: 25mg/L、30 度: 45mg/L、100 度: 80mg/L) と、低注入率 (10 度: 10mg/L、30 度: 25mg/L、100 度: 45mg/L) を設定した。急速砂ろ過についてはジャーテストの上澄み水を採水し、ポンプを用いてカラム径 20mm、粒径 0.6mm 均等係数 1.5 のろ過砂を 650mm 厚としたろ過装置に注入し、ろ速 120m/day によって実験を行った。大腸菌の計数は XM-G 寒天培地を用いて 37°C24 時間インキュベートして行い処理前後の大腸菌数から除去率を求めた。

##### ii) 塩素消毒不活化実験

塩素消毒による大腸菌の不活化性能を把握するため、卓上実験を行った。PBS に懸濁させた高濃度大腸菌液(*E.coli*K12 株)を、pH7.5 程度になるよう pH 調整した水に添加し実験原水を作成し、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を初期濃度 0.5mg/L となるよう添加し、攪拌接触させ 5、10、15 分ごとに採水し、残留塩素を消去した後 TSA 培地を用いて 37°C24 時間インキュベートし生残した大腸菌数を計数した。塩素接触時間による大腸菌数の減衰を Chick モデル ( $N=N_0e^{-kt}$ 、 $N$ :微生物数、 $N_0$ : $t=0$  時の微生物数、 $k$ :速度定数、 $t$ :時間)に当てはめて塩素接触から浄水池出口までを想定した接触 1 時間での塩素消毒による不活化率を推定した。

#### (3) その他

非加熱飲用水量は我が国で過去に行われたアンケート結果<sup>1)</sup>を用い、0.321L/日・人とした。感染確率は成人を対象とした指数モデルによる用量反応関係<sup>2)</sup>より  $5.09 \times 10^{-3}$  を用い、重篤度を表す DALY 係数については既往の研究結果<sup>3)</sup>より  $5.47 \times 10^2$  DALY/case を用いた。

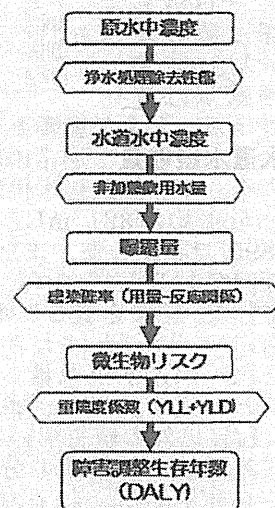


図 1 DALY 算定フロー

3 研究結果

(1) 原水河川中濃度

採水日時が異なる4つのサンプルについて存在状況を調査し、平均 48.75cells/ml という結果を得た。また、計数された全ての *E.coli*O157:H7 細胞で CTC による蛍光発光が観察できなかったため、今回得られた計測結果は呼吸活性が無い細菌数という結果となった。

(2) 浄水処理による除去性能評価

i) 凝集沈殿・砂ろ過による除去実験

凝集沈殿・砂ろ過による処理水濁度、大腸菌の除去率の結果は表1のようになった。大腸菌の除去率は 0.50~4.12log 除去という結果が得られ、原水濁度が高いほど大腸菌の除去率が高くなる傾向が見られた。

表1 凝集・沈殿砂ろ過処理による濁度および大腸菌除去率

原水濁度	PAC注入率 (mg/L)	処理水濁度		大腸菌除去率(log除去率)		
		沈殿後	砂ろ過後	沈殿後	砂ろ過後	全体
10度	10	7.15	0.22	0.16	0.34	0.50
	25	0.39	0.06	1.49	1.09	2.58
30度	25	0.47	0.19	1.29	0.78	2.07
	45	0.21	0.09	2.48	0.74	3.22
100度	45	0.27	0.16	2.82	0.29	3.11
	80	0.18	0.02	2.88	1.24	4.12

ii) 塩素消毒不活化実験

実験結果と Chick モデルに当てはめて推定した接触1時間の大腸菌濃度と大腸菌不活化率は図2の通りであり、不活化性能として 6.53log と推定された。

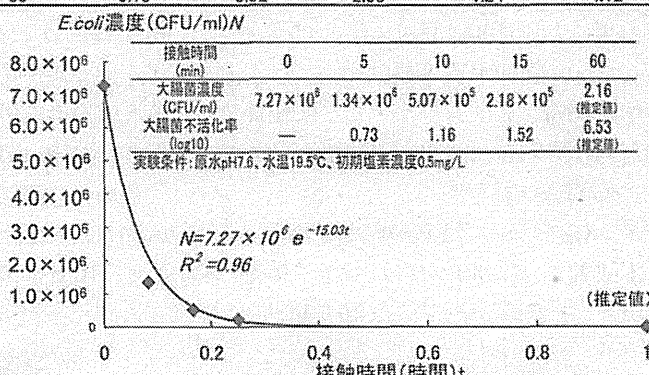


図2 塩素消毒による大腸菌の減衰と不活化率 (Chick モデルによる)

(3) リスク試算結果

上記実験結果と既往研究結果から試算した障害調整生存年数 DALY の試算結果は表2のとおりである。

表2 各処理条件における年間健康影響度 DALY の試算結果

	10度		30度		100度	
	10	25	25	45	45	80
原水中濃度(cells/L)	48750					
浄水除去率(log10)	0.5	2.58	2.07	3.22	3.11	4.12
塩素不活化率(log10)	6.53					
水道水中濃度(cells/L)	4.54 × 10 <sup>-3</sup>	3.78 × 10 <sup>-5</sup>	1.22 × 10 <sup>-4</sup>	8.67 × 10 <sup>-6</sup>	1.12 × 10 <sup>-5</sup>	1.09 × 10 <sup>-6</sup>
曝露量/日	1.46 × 10 <sup>-3</sup>	1.21 × 10 <sup>-5</sup>	3.93 × 10 <sup>-5</sup>	2.78 × 10 <sup>-6</sup>	3.58 × 10 <sup>-6</sup>	3.50 × 10 <sup>-7</sup>
感染確率	5.09 × 10 <sup>-3</sup>					
感染確率(1日)	7.43 × 10 <sup>-6</sup>	6.18 × 10 <sup>-8</sup>	2.00 × 10 <sup>-7</sup>	1.42 × 10 <sup>-8</sup>	1.82 × 10 <sup>-8</sup>	1.78 × 10 <sup>-9</sup>
感染確率(1年)	2.71 × 10 <sup>-3</sup>	2.26 × 10 <sup>-5</sup>	7.30 × 10 <sup>-5</sup>	5.17 × 10 <sup>-6</sup>	6.66 × 10 <sup>-6</sup>	6.51 × 10 <sup>-7</sup>
1感染当りのDALY	5.47 × 10 <sup>-2</sup>					
1人当たり年間健康影響度	1.48 × 10 <sup>-4</sup>	1.23 × 10 <sup>-6</sup>	3.99 × 10 <sup>-6</sup>	2.83 × 10 <sup>-7</sup>	3.64 × 10 <sup>-7</sup>	3.56 × 10 <sup>-8</sup>

原水濁度が高いほど DALY の値が低くなる傾向が見られたが、低濁原水に高濃度の病原微生物汚染などが発生した場合、微生物リスクに対する注意が必要となる。また水道水中濃度では、どの条件でも通常の大腸菌検出試験では陰性となる結果であるが、DALY を指標に見てみると WHO の飲料水水質ガイドラインで示されている目標値 1.0 × 10<sup>-6</sup> DALY/人・年を上回るケースが見られた。

4 まとめ

本研究の *E.coli*O157:H7 を指標とした微生物リスク試算結果では、原水濁度が高くなるほど DALY の値が低くなる傾向が見られ、適切な浄水処理を行う上では WHO が定める目標値を概ね達成する結果であった。今後の課題として河川中に確認された *E.coli*O157:H7 の感染能力評価や、多条件での浄水処理実験データの蓄積による、より信頼性の高いリスク評価を行うことが挙げられる。

【参考文献】

- 1) 大瀧雅寛 生活工学研究第4巻第2号(2002), p222-227 お茶の水女子大学生活科学部生活工学研究会
- 2) Risk assessment of Shiga-toxin producing *Escherichia coli* O157 in steak tartare in the Netherlands RIVM report 257851003/2001 p81
- 3) Quantifying public health risk in the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality RIVM report 734301022/2003 p30-32

