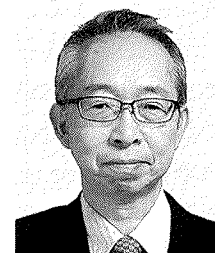


特集記事 Top Runner's Eye わたしはこう見る

「Swimmable」な水環境管理目標の改定と課題

田中 宏明

京都大学大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター



1. はじめに

水質環境基準設定から半世紀、わが国の水質環境は、環境基準設定、特定施設の排水規制、下水道や浄化槽による家庭排水対策などにより、大きく改善した。水域全体のBODやCODの環境基準達成率は、90%、特に河川においては、95.2%を満足しており、また人の健康の保護に係る基準は公共用水域の水質測定99.2%を満足している¹⁾。これは、過去の我が国の深刻な健康被害の反省に立って、人の健康にかかわる環境基準項目は、水道水質基準に有害物質が追加されると同じレベルで速やかに追加が行われ、また排水規制も10倍希釈ルールに基づき、規制強化が行われた成果である。また、特定施設への排水規制とともに、環境基準達成を目標とした下水道整備など膨大な投資が実行された成果でもある。

しかし、住民、特に大都市の市民の身近な水環境への満足度は、41%に過ぎなく、大きな乖離がでていることが報告されていることを受けて、環境省は、2011年、45年間にわたる水環境行政の成果と課題を報告書にまとめた²⁾。この中では、水質、水量、水生生物、水辺の4つの視点から多くの課題が残っていることが述べられている。現在、人の健康にかかわる環境基準項目はまさに「Drinkable」に近い環境ではあるが、米国のClean Water Actのいう「Fishable」で「Swimmable」³⁾な環境をめざす視点からは水質面でも課題が多く残っている。

本稿では、この提言に基づいて現在進められている環境基準での衛生学的指標の見直しについて解説し、下水道などの排水管理に及ぼす影響と課題を述べてみたい。

2. 我が国における設定当時の環境基準での水の衛生学的指標

水域に糞便汚染がある場合には、病原微生物が存在する可能性があるため、公衆衛生上の問題とな

る。衛生学的指標として、温血動物の腸管内に常在する通性嫌気性菌では大腸菌が最も多いが、環境基準設定当時（1970年）の培養技術では、大腸菌のみを検出する技術はなく、同定には高度な細菌学的知識と複雑な培養技術が要求されていた。そのため、大腸菌群が測定容易さから今日まで衛生学的指標として用いられている。

我が国の生活環境基準は、自然環境保全、水道、水浴、水産などの水利用の視点から基準が定められている。環境省⁴⁾の見直し作業資料によると、環境基準設定当時、糞便汚染がないよう水道水から大腸菌群数が検出されないことが定められたため、水道での浄水での大腸菌群数の除去率を考慮して、水道の原水である水質環境基準が定められたとされている。水道で行う塩素消毒により死滅させることのできる大腸菌群数の安全限界値を50 MPN/100 mLとし、浄水操作別に緩速ろ過で99%、急速ろ過で95%、高度浄水では98%できることを前提に、水道水中の大腸菌群数の基準「検出されないこと」を達成できるよう1級から3級に分類した水道利用水源に対する環境基準値が設定された。

また、環境基準設定当時、水浴の視点からは、厚生省の水浴場の基準が参考にされた。厚生省は、1956年にわが国の海水浴場の現状や海外の基準の例を参考にして、水浴場の基準として大腸菌群数1,000/100 mL以下が適当であるとした。この根拠は、環境省⁴⁾によると米国での1968年の水浴基準設定にさかのぼる。USEPA⁵⁾によると1950年代、米国Public Health Serviceが、水浴に関する疫学調査を実施し、Salmonellaと大腸菌群数の関係と水浴場での大腸菌群数と遊泳者が疾患にかかるリスクの関係を整理し、大腸菌群数2300/100 mLの水質を超える水質では、非遊泳者と比べ、遊泳者に高い発症率が見られると報告したことを受け、1968年、米国National Technical Advisory Committeeが、上記の数値を半分にした大腸菌群1000/100 mLを水浴の

表1 現行の大腸菌群の環境基準値

	類型	利用目的の適応性	大腸菌群数
河川	AA 類型	水道1級, 自然環境保全	50 MPN/100 mL 以下
	A 類型	水道2級, 水浴	1000 MPN/100 mL 以下
	B 類型	水道3級	5000 MPN/100 mL 以下
湖沼	AA 類型	水道1級, 自然環境保全	50 MPN/100 mL 以下
	A 類型	水道2, 3級, 水浴	1000 MPN/100 mL 以下
海域	A 類型	水産1級, 水浴, 自然環境保全	1000 MPN/100 mL 以下
	備考1)	水産1級のうち, 生食用原料カキの養殖の利水点については, 大腸菌群数70 MPN/100 mL 以下とする。	

(注) 1 自然環境保全: 自然探勝等の環境保全

- 2 水道 1 級: ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの
 " 2 級: 沈殿ろ過等による通常の浄水操作を行うもの
 " 3 級: 前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの

推薦レベルとした。1976年, 米国環境保護庁 USEPA は, 糞便性大腸菌群に換算した200/100 mL を水浴基準に採用した。

3. 環境基準設定後の我が国における水浴判定基準や水道水基準の変遷⁴⁾

1956年に厚生省から水浴場の基準が, また1970年には海水浴場の水質基準の判定条件が示された。その後, 1972年から, 環境庁が水浴シーズンの水質調査を実施することとなったが, 糞便に由来しない大腸菌群の存在, 下水や環境水中での増殖, ウイルスや原虫類に関する指標性の問題などが指摘され, 大腸菌群に代わって, より糞便汚染を強く反映する「大腸菌」を衛生学的指標にすることが提案されたため, 1983年, 大腸菌の代替法として「糞便性大腸菌群」が採用され, 海水浴場の衛生学的指標が変更となった。1990年, 1997年には, 水浴場の判定基準の区分が見直され, 現在は, 「適」である2つのカテゴリー, AA では糞便性大腸菌が不検出, A が100/100 mL, 「可」である2つのカテゴリー, B では400/100 mL, C は1000/mL であり, 1000/mL を

超えた場合は, 「不適」と判定されている。

水道法水質基準では, 微生物学的な試験項目のうち衛生学的指標として大腸菌群が, 長年採用されてきたが, WHO 飲料水水質ガイドライン³⁾の全面改訂にともない, 我が国の水道水質基準も見直す必要性がでた。近年, 大腸菌を特異的に検出できる試験方法が開発されたため, 2003年, 水道基準は, 大腸菌群から大腸菌に衛生学的指標が変更された。

4. 公共用水域の基準達成と基準値の見直し作業状況

図1に示すように BOD, COD の環境基準の達成が年々改善しているのに比べ, 全国の河川, 湖沼, 海域で測定された大腸菌群数が環境基準に適合していない地点の割合は大きい。とくに河川の最上流域である AA 類型では, 達成率は10%程度である。

しかし, 我が国ではこれまで環境基準の達成性が問題視されることはなかった。この理由として, 大腸菌群数は人の糞便に由来する汚染だけでなく, 土壌に由来する細菌を多く含むことがあり, 清浄な河川においても, 土壌由来の大腸菌群数が環境基準値

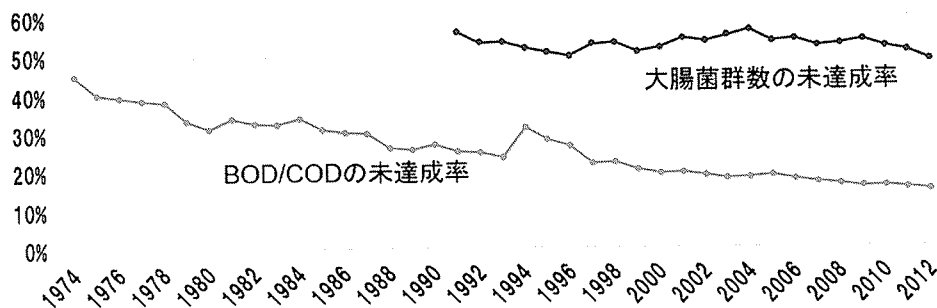


図1 全国公共用水域の環境基準未達成率 (環境省「公共用水域の測定結果」をもとに作成)

以上に存在し、環境基準の達成性を大腸菌群数で議論することが意義を持たなかったためと考えられる。しかし、病原性大腸菌 O-157 や *Cryptosporidium* による水道での感染事故が我が国でも報告され、近年、大きな問題となった。このため、冒頭でのべた環境省の報告書²⁾ が出されて以降、環境省で環境基準にどのような衛生学的な指標を用いるべきなのかの議論が始まった。現行基準の課題点として、技術の進歩により現行基準項目である大腸菌群について、糞便汚染の指標性が低く、水道水や水浴場など他法令に基づく基準等と整合していないことが指摘された。

大腸菌群に代わる望ましい衛生学的指標の検討として、現状で現実的に地方公共団体が測定ができる、糞便性大腸菌群、大腸菌、腸球菌等が検討された。この結果、衛生学的指標としては、温血動物の腸管内に常在する通性嫌気性菌の中で最も数が多いこと、近年は測定技術が確立され普及していること、淡水域については、水道水質基準の項目が改正されたこと、諸外国でも水浴基準として、淡水域に採用されている事例が多いこと、諸外国において海域では腸球菌が水浴基準に採用されている事例があるが、国内の海域で実施した腸球菌の調査結果をみると、検出頻度、菌数は、大腸菌よりも少ないこと、また陸域から海域への汚染源の影響を把握することが重要であるため、衛生学的指標の統一が望ましいこと等を理由として、大腸菌がふさわしいと考えられた。

次に、現況の類型区分にどのような大腸菌数の値を割り振るのが、大きな議論となった。当初、河川などの大腸菌群と大腸菌の数値を地方公共団体に依頼して採水分析してもらい、両者に相関性がないかが議論された。しかし、指標変更の必要性で述べたように、両者は由来が異なるものがあり、結果的にも単純な相関関係から、大腸菌群から大腸菌に変更することは困難であるとの結論に至った。このため、改めて、水の利用用途、「自然環境保全」、「水道」、「水浴」に基づいた数値設定が検討された。

AA 類型は、「自然環境保全」の視点からは、最上流の人活動の影響が最も少ない地域を複数地点整理し、「人為的汚染のない河川源流」の大腸菌数の経月変動の調査結果を踏まえるとともに、AA 類型の流域に人の生活が実際にはあることも考慮し、大腸菌の実態をより多くの水域で考慮することとなった。また、基準値の判定にあたっては、大腸菌の数値が大きく変動すること、諸外国の基準の現状を考慮し、90%値で判断することが提案されている。な

お、流域からの排出源の水質管理を考える場合の参考として、幾何平均値も示されている。

USEPA⁵⁾ によると、USEPA は1976年に定めた水浴基準を見直すため、1970年代から1980年代に疫学調査を実施し、水浴による疾患のリスクと衛生学的指標濃度との関係を求めた結果、淡水域では大腸菌あるいは腸球菌が、海域では腸球菌が衛生学的指標として適切と報告した。これまでの基準値は、淡水域の場合、胃腸炎を発生する過剰リスクが1000人中8人、海域の場合は、1000人中19人、何らかの疑いのある症状を起こすリスクが32.3人のリスクのレベルに相当することを明らかとなった。2012年、USEPA⁶⁾ は、新たな疫学データを加えて再整理した結果から、このリスクレベルは、大腸菌では幾何平均値で100/mL、90%値では大腸菌320/100 mLに相当するとしており、この値を水浴基準として示している（この基準では腸球菌での基準値のほか、罹患率が1000人中36人の場合も示されている）。

今回の環境基準改定での「水浴」水利用目的が定められている A 類型では、わが国の「人為的汚染があまりない比較的清浄な水浴場」の大腸菌のデータを踏まえつつ、この USEPA の定めている水浴基準値を下まわる、90%値で200/100 mL とすることが提案されている。

なお、B 類型については、「人為的汚染のない河川源流」の実態を踏まえつつ、現状での A 類型と B 類型の数値の比率10倍を用いることが提案されている。

「水道」の視点からは、AA、A、B の類型の数値は、それぞれ1~3級の浄水過程で、十分に水道水質を満足できるであろうと判断された。ただし、水道の原水として近年問題視されている原虫やウイルスなどについては、指標の限界性から、考慮されていない。

以上の議論を踏まえて、2017年度時点で、表2に示す大腸菌の基準値が原案として提案されている。今後、この原案をもとに中央環境審議会水環境部会生活環境項目環境基準専門委員会で議論が進められると思われる。

5. 定量的微生物評価 QMRA の水質管理への利用

近年、水道原水で問題となっているのは、浄水処理過程で制御が容易な大腸菌ではなく、消毒耐性が高い *Cryptosporidium* や *Giardia* あるいは腸管ウイルスなどであるとする意見も出された。また、水浴の視点からは、米国などの海外の疫学調査に頼るの

表2 環境省の提案する大腸菌数の環境基準値と考え方⁶⁾

類型	環境基準値案	基準値安設定の考え方	参考値
河川・湖沼 AA 類型 (水道1級, 自然環境保全)	50 CFU/100 mL (90%値)	人為的なふん便汚染が極めて少ない地点のデータを踏まえつつ, 検出の可能性(汚染実態)及び現在の大腸菌群数の環境基準を考慮	20 CFU/100 mL (幾何平均値)
河川・湖沼 A 類型 (水道2級, 水浴等)	200 CFU/100 mL (90%値)	海外の基準も考慮しつつ, 日本の水浴場の実態を反映するとともに, 水浴場以外の利用を含む A 類型全体としての実態を考慮	100 CFU/100 mL (幾何平均値)
海域 A 類型 (水浴等)			
河川 B 類型 (水道3級)	2000 CFU/100 mL (90%値)	人為的なふん便汚染が極めて少ない地点のデータを踏まえた値 (20 CFU/100 mL) をもとに, 1:10 (A 類型※):100 (B 類型) の比率を適用	1000 CFU/100 mL (幾何平均値)

ではなく, わが国での疫学情報を収集すべき点や水系感染で問題となるのは, ウイルス等であるが, 大腸菌ではその汚染実態が分からないため, すでに欧州などで検討が始まっている大腸菌フェージも考慮すべきとする指摘もあった。

また, USEPA の水浴基準は, 1950年代の水浴の実態を踏まえた安全性をそのまま踏襲したものであり, このリスクレベルが概ね3%強となる。一方, 世界保健機構, WHO が定めた水浴水質ガイドライン⁷⁾でも, 腸球菌と水浴者の胃腸疾患 (GI) リスクや急性熱性呼吸器疾患 (AFRI) リスクが議論されている。A ランク (GI 疾患リスク < 1%, AFRI リスク < 0.3%), B ランク (GI 疾患リスクが 1~5%, AFRI リスクが 0.3~1.9%), C ランク (健康障害が実質的に上昇する GI 疾患リスク 5~10%, AFRI リスク 1.9~3.9%) での疾患リスクを定め, 水浴が不適に相当する D ランク (高い感染レベルで発生する GI 疾患リスク > 10%, AFRI リスク > 3.9%) に分けており, 日本人の感覚よりもかなり高いリスクが追認されている。

より安全性の高いレベルの基準を設定するには, これまでの衛生学的指標による方法には限界があるように思える。これは, 疫学調査による限界, 検出方法とバックグラウンドによる汚染の限界などが理由であろう。実際1980年代から, 水道, 再生水利用の分野では, 衛生学的指標による管理に加えて, 異なるアプローチである定量的微生物リスク評価 (QMRA) を適用する研究が広がり, 1989年, USEPA の水道での原虫や腸管ウイルス管理へと実用化が始まり⁸⁾, この浄水でのリスク評価の考え方は, 2005年 WHO の飲料水ガイドライン⁵⁾にも取り入れられ, 原虫, 細菌, ウイルスの水質基準と浄水処理目標の設定方法が示されている。

一方, 水の再利用でも QMRA は1980年代から研究されてきたが, Asano et al.⁹⁾ や Tanaka et al.¹⁰⁾ の研究は, カリフォルニア州の再生水基準改定にも利用された。また, わが国でも1999年建設省¹¹⁾ は, Cryptosporidium の感染事故時, 水道水源の安全性を確保するために必要な下水処理での対策や再生水利用での対策を QMRA で評価した。WHO¹²⁾ やオーストラリア連邦政府¹³⁾ は, 再生水利用ガイドラインで, QMRA での再生水施設を計画するように求めている。また, カリフォルニア州^{14,15)}, WHO¹⁶⁾ や USEPA¹⁷⁾ の飲料水目的の再生水ガイドラインでは, 腸管ウイルス原虫などの削減を QMRA で求めている。

2010年, 再生水のマネジメント手法を, 日中韓が連携して, 北東アジア標準規格協力フォーラムにおける再生水利用の国際規格を制定することで合意し¹⁸⁾, QMRA をもとにした安全な再生水質の規格をまとめた。さらに, 現在, 日本は, イスラエル, 中国と連携して, 水の再利用に関する ISO 専門委員会 (ISO/TC282) における「水の再利用の規格」制定作業を行っている¹⁹⁾。特に, 日本が幹事国である SC3 (リスクと性能評価) では, 再生水の病原微生物リスクの評価と膜処理技術などの機能評価方法の規格作成が行われている。

なお, このような QMRA が適用されているリスクレベルの目標は, 10^{-4} /年/人, あるいは 10^{-6} DALYs/年/人であり, 前述した水浴基準での 10^{-2} /回と比べ, 桁違いに大きな差があることが分かる。水浴は, 自発的な行動に伴うリスクであり, 水道水による押し付けられるリスクとの違いはあるものの, 設定すべきリスクの議論と設定方法は, 今後さらに議論を続けるべきである。

6. 下水道など排水管理への病原微生物管理の波及

我が国では、水質汚濁防止法に基づく衛生学的な排出基準は、大腸菌群数で1 mL中 3,000が定められている。この排出基準は、1938年当時、散水ろ床型が使われていた下水処理場で塩素消毒を行わない放流水質の大腸菌群数の平均値をもとに定められた下水処理場の放流水質を根拠にしている。

現在、国土交通省では、環境基準が大腸菌群から大腸菌に変更になることを踏まえて、下水処理場における対応を検討している。この中では、①大腸菌群数と大腸菌数の関係から、現行基準相当での設定する案、②下水処理場の放流水実態を基に大部分の処理場が達成できる大腸菌数で設定する案、③放流水の環境基準を達成できる大腸菌数で設定する案などが検討されている。しかし、現在使われていない中核処理を根拠とした①案は、現時点で一般市民の理解を得られず、また大腸菌と大腸菌群との明確な関係をj得て単純に換算することも難しいと思われる。一方、③案は、流総計画での取り組みは考えられるものの、全国一律な放流水質とすることは困難であり、消毒効果を上げる必要があるが、現状の塩素消毒では放流先への残留塩素の生態影響という問題を引き起こすことも懸念される。このため、現実的には、②案で現状の下水処理場の放流水質を踏まえることが最も妥当と思われる。しかし、膜分離活性汚泥法など各種の下水処理方式での処理水質や塩素・オゾン・UVなどの消毒方式や操作条件による不活化されるレベルは異なることから、衛生学的指標の情報蓄積と整理を踏まえた、下水の放流水質レベルの決定が必要である。

また、今回の大腸菌の環境基準設定とそのモニタリングの実施は、低水時の下水処理場からの放流水質の妥当性ととも、合流式下水道の越流水対策事業の効果が、受水域の基準からどの程度効果を上げているのか、見直す良い機会にもなるであろう。これまで、分流式下水道並みのBOD負荷への削減、合流式越流吐口からの越流回数の半減、放流時の夾雑物の除去といった技術ベースの対策であった。合流式下水道の越流水の影響レベルが、特に大きいと予想される水道水源、水浴場や閉鎖性水域は、「重要影響水域」と考えられるが、国から出された合流式下水道改善対策は、これらを対象として定められてはいない。東京オリンピックでのトライアスロン会場での競技者への安全性の確保が議論されている中、技術ベースの取り組みから、水質ベースの取り

組みを考える段階に来ていると思われる。また、徐々に明らかになって来た、分流式下水下水道での雨天時雨水侵入による溢水や簡易処理放流問題も、今後の管渠の老朽化や気候変動に伴う降雨強度の変化を考えると取り組む必要があるであろう。

下水処理場の放流水や合流式越流水対策が、一層真剣に取り組まれる際に注意が必要な点は、ここで紹介した環境基準改定作業での衛生学的指標は、大腸菌であり、主たる病原微生物ではないことである。指標微生物は、下水処理、消毒、環境での動態それぞれで、どの程度、病原微生物を代表できるのかを同時に考えておく必要がある。例えば、塩素消毒では、大腸菌の不活化には十分な接触濃度(C)と接触時間(t)であっても、原虫やウイルスの不活化には、Ct値が全く不十分であるということが起こりうる。特に、処理が不十分な場合や硝化抑制運転が行われている下水処理では、アンモニアが放流水に高濃度に残留し、塩素消毒後、結合塩素になっている。この形態では、大腸菌への消毒効果はあっても、原虫やウイルスには全く、消毒効果をもっていないということが起こる。

下水道法で、公共用水域の環境基準を達成するため、流域単位で下水道整備計画を定めることとなっている。そのための計画である流域別下水道整備総合計画においても、現在対象はBOD、COD、窒素、リンにとどまっていて、大腸菌群数で代表される衛生学的指標が水質環境基準を達成するための放流水質の検討は行われていない。今回、環境基準の項目見直しにより、大腸菌の公共用水域の測定とその達成の評価が行われると思われるので、まずは大腸菌を対象とした、下水処理場放流水の水質レベル、浄化槽を含めた排水体系の見直しを流総計画あるいはそれに類似した実行計画を立てることが必要である。

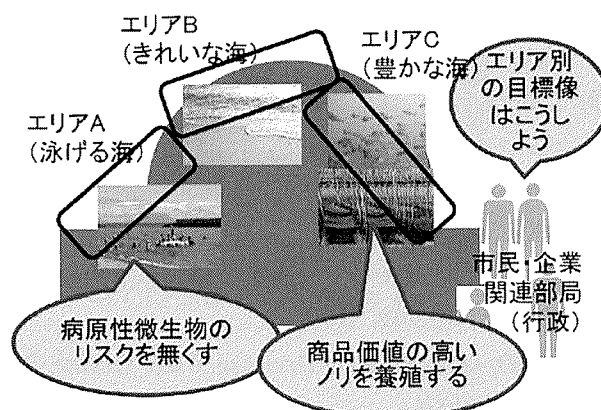


図2 地域のニーズに応じた流総計画²⁰⁾

7. おわりに

環境基準での大腸菌群の見直しは、環境基準設定から、半世紀かかってようやくわが国がたどりついたものである。これまで述べてきたように、改定案は、完璧なものではなく、科学的にもっと詰める課題が残されている。初めに述べたように、米国では、1970年代に「Fishable, Swimmable」な水環境を目指し、まだそれを押し進めようとしている。これを踏まえると、わが国が「泳げる」〇〇川やXX湖を目指そうと言ってきたことが、この半世紀の間、どの程度、科学的知見や技術の進歩を積極的に取り入れた中での議論であったのか疑問が残るところである。ようやく、世界の先進国が課題とするテーマに、わが国も議論を始める段階になったように思える。このことを考えると、まずは、環境基準の改定を急ぎ、環境基準の達成性の判定を行い、次に見えてきた課題に取り組むべきであろう。環境省⁴⁾によると、環境省の原案では、河川ではAAタイプの4割、Aタイプの6割の地点しか、基準値を達成できないと予想されている。その原因がどこにあるのか、地域ごとに初めて議論されることになるであろう。

途上国はもちろん、先進国においても病原微生物による水系感染症が依然問題となっており、飲料水、レクリエーション用水、下水処理水、再利用水、魚介類の安全性に注意が高まっている。わが国では、Cryptosporidiumによる水道感染事故を契機に関心が高まってきたが、環境水での水系感染問題への関心が、行政的に比較的低く、ようやく水質環境基準や水浴場の基準が本格的に見直されている状況である。指標性の検討や疫学的研究を含めて、病原微生物の研究の推進と管理技術の導入が求められている。

参考文献

- 1) 環境省, 平成28年度公共用水域の測定結果 (2017)
- 2) 環境省, 今後の水環境保全の在り方 (2011)
- 3) USEPA Watershed Academy Web, "Introduction to the Clean Water Act", https://cfpub.epa.gov/watertrain/moduleFrame.cfm?parent_object_id=1996 2018/5/8 アクセス
- 4) 環境省, 平成28年度大腸菌の環境基準化に係る検討調査報告書 (2017)
- 5) WHO, Guidelines for Drinking-Water Quality, 3rd edition (2004)
- 6) USEPA, Recreational Water Quality Criteria, EPA-820-F-12-058, (2012)
- 7) WHO, Guidelines for safe recreational water environments Vol 1: Coastal and fresh waters (2003)
- 8) USEPA, "National drinking water regulations: Filtration disinfection, turbidity, Giardia lamblia, viruses, Legionella, and heterotrophic bacteria, Final rule", 40 CFR parts 141 & 142. Federal Register, 5427486-27541, June 29, 1989.
- 9) Asano T, et al., "Evaluation of the California Wastewater Reclamation Criteria Using Enteric Virus Monitoring Data", Water Science Technology, 26, 7-8, 1513-1524 (1992)
- 10) Tanaka H, et al., "Estimating the safety of wastewater reclamation and reuse using enteric virus monitoring data", Water Environment Research 70(1), 39-51 (1998)
- 11) 建設省, 下水道におけるクリプトスポリジウム対策検討委員会最終報告 (1999)
- 12) WHO, The safe use of wastewater, excreta and grey-water, Vol. 2, Wastewater use in agriculture (2006)
- 13) Australian Government, Australian Guidelines for water recycling managing health and environmental risk (2008)
- 14) California Department of Public Health, Regulations Related to Recycled Water, Title22 Code of Regulation (2014)
- 15) California State Water Resources Control Board, Expert Panel Final Report: Evaluation of the feasibility of developing uniform water recycling criteria for direct potable reuse, (2016)
- 16) WHO, Guidance for Producing Safe Drinking-Water (2017)
- 17) USEPA, 2017 Potable Reuse Compendium (2017)
- 18) 国土交通省, "都市における再生水利用に関する北東アジア協力会議 (RWUUA 会議) について", (2010) http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/mizukokudo_sewage_tk_000261.html 2018/5/8 アクセス
- 19) 国土交通省, "「水の再利用」に関する ISO 専門委員会の設置と水分野で初となる幹事国の獲得について", (2014) http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000201.html 2018/5/8 アクセス
- 20) 国土交通省, 新下水道ビジョン (2014)