

人類生態班

大腸菌群試験紙に見るメコンの水質の変化

翠川 裕 (鈴鹿医療科学大学) 中村 哲 (国立国際医療センター研究所) 他

メコン川はチベット高原に源を発し、雲南省を経て、ミャンマー、タイ、ラオスの国境を流れ、カンボジア、ベトナムを経て南海（南シナ海）に注ぐ全長約 4,200 キロの大河である。執筆者らは、東北タイの水質と細菌の調査を行いはじめた 1983 年以来 20 年以上東北タイやラオスなどメコン地域の水質と関わってきた。メコン川は、他のアジア諸国に存在する多数の河川と比べると、その流域諸国の多さに特徴がある。すなわち、メコンは上記の 6 カ国を流れる国際河川である。過去 20 年の間、とりわけインドシナ紛争終了後におけるメコン周辺諸国の経済発展は目を見張るものがあり、メコン流域の自然環境も影響を受けてきたことに疑う余地は無い。具体的な開発例として、中国で本流に建設されたダムをはじめ、1994 年タイ王国ノンカイとラオス人民民主共和国首都ヴィエンチャンを結ぶ友好橋の建設、さらに 2003 年から始まり、2004 年に完成したホテル建設のためにラオスのヴィエンチャンに位置するメコン川中洲島のドンチャンアイランド埋め立て工事などを例としてあげることができる。これらの開発が、メコン川の水質に影響を及ぼす可能性は十分に考えられる。執筆者は、1983 年 10 月に、東北タイの都市ウボンラチャタニを皮切りに、1994 年 3 月に同じく東北タイのノンカイで、1999 年にはラオスの首都ヴィエンチャンのドンチャンアイランド、ランサンホテル周辺流域に始まり、以後、毎年メコン川の水質に関してラオスを調査場所として調べ続けてきた。

大腸菌群は、水の汚染、特に人畜の排泄物による汚れを知る尺度として用いられる。水質調査で大腸菌群数が多いと各種の消化器系病原菌によって汚染されている可能性が高いことを示している*。メコンの水質を調べてきた結果、大腸菌群数のデータで見ると、近年のメコンの水質悪化は著しいといえる。すなわち、1983 年 10 月ウボンラチャタニにて執筆者が初めてメコン川の大腸菌群試験紙を用いて調べたとき、メコンの河川から大腸菌群は検出されなかった。この時点では、あくまで公衆衛生という観点から、メコン川水質は、調査の価値が乏しいと判断していたほどであった。しかしながら、2000 年 3 月にヴィエンチャンにおいて大腸菌群試験紙上での陰性を最後に、2000 年の 9 月に大腸菌群を検出して以来、メコン河川水は、常に大腸菌群陽性を示している。本論では、過去 20 年余り、さかのぼりメコン川の大腸菌群の移り変わりを論じたい。

材料及び方法

現地調査の実施に当たっては、飲料水源について、2004 年まで日本の水道法「大腸菌群は検出されないこと」の規定に従い大腸菌群を主として調べた。大腸菌群の正式な検出は、乳糖ブイヨンやデソキシコレート培地を用いるべきであるが、調査現場での準備が困難で適切でないことから、大腸菌群試験紙(柴田科学製)を用いた。1999 年からは、同様の製品でサンコリ製のものも併用した。ただし、現地調査に先立って大腸菌群試験紙法の感度を乳糖ブイヨンおよびデソキシコレート培地を用いた場合とで比較した。

1 大腸菌群試験紙と乳糖ブイヨン

環境水における乳糖発酵菌の汚染の有無を確認するため、10 ml を検体とし、試験管に入れ、1/2 濃度ずつ希釈して 10 本希釈系列の検体を作った。

大腸菌群試験紙(柴田科学)を無菌的に取り出し、それぞれ 1 ml の検水を吸収させ、ビニル保存袋にもどした。一方、ダーラム管の入った 5 ml 乳糖ブイヨン試験管(栄研化学)に 1 ml ずつ検水を加えた。

それぞれ 18 ~ 22 時間 35 - 37°C で培養の後、ダーラム管のガス産生の有無と試験紙の赤色スポットの数を比べた。

2 大腸菌群試験紙とデソキシコレート培地

鈴鹿川 4 箇所からサンプリングした 4 種類の水を供試した。シャーレに検査水 1 ml を入れ、20 ml の 50°C で保温されたデソキシコレート培地を分注し、均等にかき混ぜた。18 ~ 22 時間 35 - 37°C で培養後、デソキシコレート培地に形成された大腸菌群コロニー数を計測した。1 と同様に操作した大腸菌群試験紙に形成され

た赤色スポット数とデソキシコレート培地上に形成されたコロニー数を比較した。

3 大腸菌群試験紙による現地調査。

以上の予備的な実験で、試験紙の特性と敏感度などの限界を見極めた上で、メコン川の大腸菌群による汚染を調べた。調査した場所は、以下のとおりである。本研究を開始した1980年代は、ラオスが外国人研究者の入国制限を厳しくしていたため、タイ側からのみ調査が可能であったので、1994年まではタイ側からのみ採水を行った。1999年以降はラオスへの入国とビザ取得が簡単になったので、以後は主としてラオス側を調査場所とした。調査地点一箇所につき試験紙5枚を用いてそれぞれに河川水を1m¹吸収させ、チャック式ポリ袋にしまいこみ、35-37℃の温度を保つために、体に密着させ、24時間後に形成された大腸菌群集落赤色スポット数を計測した。

検査水：メコン河川水

以下を調査場所とした

| | | | | |
|------------|-----|----------|------------|------------|
| 1983年： 10月 | タイ国 | ウボンラチャタニ | ムーン川河口 | |
| 1994年： 3月 | タイ国 | ノンカイ | 友好橋下 | |
| 1999年： 8月 | ラオス | ヴィエンチャン | ドンチャンアイランド | |
| 2000年： 3月 | ラオス | ヴィエンチャン | ランサンホテル付近 | |
| 2000年： 9月 | ラオス | ヴィエンチャン | ランサンホテル付近 | |
| | | ラオス | ヴィエンチャン | ドンチャンアイランド |
| | | | シンクアン | エスニックパーク |
| | | | | チナイモ浄水場 |
| | | | タイ | ノンカイ |
| 2001年： 9月 | ラオス | ヴィエンチャン | ランサンホテル付近 | ドンチャンアイランド |
| | | | シンクアン | エスニックパーク |
| | | | | ナムグムダム湖 |
| | | | | ナムソン川 |
| 2002年： 9月 | ラオス | ヴィエンチャン | ランサンホテル付近 | ドンチャンアイランド |
| | | | シンクアン | エスニックパーク |
| | | | | チナイモ浄水場 |
| 2003年： 9月 | ラオス | ヴィエンチャン | ランサンホテル付近 | |
| | | | ドンチャンアイランド | |
| | | | シンクアン | エスニックパーク |
| | | | | チナイモ浄水場 |
| 2003年： 12月 | ラオス | ヴィエンチャン | ランサンホテル付近 | |
| | | | ドンチャンアイランド | チナイモ浄水場 |
| | | | | セコン川 |
| 2004年： 3月 | ラオス | ヴィエンチャン | ランサンホテル付近 | |
| | | | ドンチャンアイランド | |
| | | 9月 | ラオス | ヴィエンチャン |
| | | | | ランサンホテル付近 |
| | | | | ドンチャンアイランド |
| | | | | チナイモ浄水場 |
| 2004年： 12月 | ラオス | ヴィエンチャン | ランサンホテル付近 | サヴァナケット |
| | | | セコン川 | タケク |

結果と考察

大腸菌群試験紙で陽性を示した検水は、乳糖ブイヨン発酵管でもれなくガス産生を認めた。希釈の結果大腸菌群試験紙で陰性であった検体の中には、乳糖ブイヨン培地でガス産生したものもあった。デソキシコレート培地と大腸菌群試験紙を比較した場合は、コロニーカウント数はデソキシコレート培地による数値より大腸菌群試験紙による数値が2倍以上多かった。したがって、大腸菌群試験紙法は乳糖ブイヨンと比べて感度は低いが、デソキシコレート培地よりは鋭敏であることが判明した。この結果を受け、大腸菌群試験紙は、水の屎尿汚染の指標となりうることを確認し、現地調査に採用することを決定した。以下に結果の概要を述べる。

1) 1983年10月 - 2000年3月：大腸菌群陰性のメコン

1983年10月に行ったタイ国ウボンラチャタニ近郊ムーン川河口付近のメコン川本流で大腸菌群試験紙法に

て陰性を確認し、1994年3月ではタイ国ノンカイとラオスとの国境友好橋下でも大腸菌群汚染を認めなかった。さらに1999年8月ラオス国ヴィエンチャン市 ドンチャンアイランドおよび、2000年3月の同ヴィエンチャン市ランサンホテル付近のメコン本流調査でも、大腸菌群試験紙の結果が陰性であった。したがって、乳糖ブイヨン法などでは大腸菌群を検出できた可能性を全否定はできないにせよ、執筆者達は、この時までには、メコン川は水質が良好で、尿尿混入などの人間活動による汚染が少なく、河川の自然浄化作用も活発であると結論していた。公衆衛生という観点からは、病原微生物も検出される可能性が低く、水系感染症の研究対象として、メコン川の水質は調査する価値が低いとみなしていた。

2) 2000年9月：初めて大腸菌群陽性となったメコン

しかしながら、2000年9月ラオスで調査をした際に、ヴィエンチャンにてランサンホテル付近でサンプリングをした際に初めて大腸菌群陽性を確認した。たまたま汚染があったものと判断して、さらに、観光地ブッダパーク（シンクワン）エスニックパークに赴いてサンプリングをしたところ、同様に、大腸菌群陽性を確認した。さらに、友好橋を渡って対岸のタイ国ノンカイに出て、サンプリングをしたが、やはり大腸菌群は陽性であった。ドンチャンアイランドは、洪水の影響で水没していたため、水のサンプリングは不可能であった。しかし、この時は、大腸菌群による汚染が一時的なもので、この年はメコン川自体が大洪水を引き起こしていたので、次の年には再び大腸菌群は陰性になるものと予想していた。

3) 2001年9月以降：メコンで常に大腸菌群を検出、支流でも大腸菌群が陽性となる

ところが2001年9月にヴィエンチャン市内のみならず、周辺郊外のナムグンダム湖やメコン川と合流する支流のヴァンヴィエンにおけるナムソン川も調べたが、すべてが大腸菌群陽性を示した。翌2002年にランサンホテル近辺およびドンチャンアイランド南岸、シンクアン・エスニックパーク、チナイモ浄水場原水を調べたものの、すべての箇所で大腸菌群を検出した。2003年は中国のゼネコンによってドンチャンアイランドの北岸を埋め立てて、ホテルを建設し始めたため、ドンチャンアイランドがもはや中州の島というよりは、半島の状態となっていた。この年も、調査したすべての地点で大腸菌群による汚染が認められた。同年気温が冷涼とされる乾季12月にヴィエンチャンを訪れ、4年ぶりに乾季のメコン川を調べたが、やはり、大腸菌群の検出を認めた。さらにパクセおよびカンボジアにてメコンと合流する支流のセコン川のアタプーを流れている地点で大腸菌群試験紙を用いて調べたが、いずれも大腸菌群は陽性であった。2004年には3度乾季・雨季に同様の地点で調べたが、すべての地点でメコン川は大腸菌群陽性であった。

20年にわたるメコン川の水質を大腸菌群についてのみここであげたが、明らかに、2000年を境に、以後執筆者らの調査では、メコン川からは大腸菌群試験紙法で大腸菌群が検出されるようになった。2000年3月までは、あくまで大腸菌群試験紙では、陰性を示したことで、大腸菌群がいなかったとはいえないが、少なくとも、2000年9月以後メコン川の水質は以前のような状態でなくなったといえる。使用した大腸菌群試験紙が、1999年と2000年の間に感度が大幅に向上した可能性を疑ったが、そのような事実は確認できなかった。

4) メコンの水質の変化は開発の結果

メコン川から大腸菌群が検出されるようになった原因として考えられるのは、20世紀末を境にメコン周辺諸国において急速に急激に開発が進んできたことである。大腸菌群は尿尿の混入で陽性となることから、メコンに流入する尿尿の量が増大し、汚染が進んできたものと考えられる。すなわち、流域の人間活動が活発化したことで、その結果自然浄化能力を超えるほどの尿尿などの下水をメコンに流入させる状態となってきたことと問題があるのではないかと考えられる。重要なことは、メコン川が長江やチャオプラヤ川などとは異なり、6カ国を流れる国際河川であることであって、河川の水質汚濁は、国際問題に発展する可能性を秘めていることである。現実にはメコン河上流で行なわれている水力発電用ダム建設や航路拡充のための浚渫工事が下流国に「大きな不安」を与えている。

また流域各国が無計画に開発を行う事態を放置しておけば、下流に位置する国が上流に位置する国の作り出した汚染によって影響を受けることは避けがたい。メコン流域諸国を中心にASEAN各国、韓国、日本を中心とする本格的な水質および環境保全と地域発展のための国際協調と協力が今こそ必要である。



図1. メコン流域

表1 大腸菌群試験紙の菌数と乳糖ブイヨンの感度比較

| 希釈倍率 | 大腸菌群試験紙 | 乳糖ブイヨン |
|------|---------|--------|
| 1 | 54 | 陽性 |
| 2 | 32 | 陽性 |
| 4 | 16 | 陽性 |
| 8 | 8 | 陽性 |
| 16 | 8 | 陽性 |
| 32 | 3 | 陽性 |
| 64 | 0 | 陽性 |
| 128 | 0 | 陰性 |
| 256 | 0 | 陰性 |
| 512 | 0 | 陰性 |

表2 大腸菌群試験紙とデソキシコレート培地上の菌数比較

| 大腸菌群菌試験紙 | デソキシコレート培地 |
|-----------|------------|
| 63 | 38 |
| 98 | 31 |
| 79 | 30 |
| 96 | 38 |
| 平均 | 34 |

表3 メコン川から検出された大腸菌群試験紙上の菌数

| | | | | |
|--------|-----|-----|----------|----|
| 1983年: | 10月 | タイ | ウボンラチャタニ | 0 |
| 1994年: | 3月 | タイ | ノンカイ | 0 |
| 1999年: | 8月 | ラオス | ヴィエンチャン | 0 |
| 2000年: | 3月 | ラオス | ヴィエンチャン | 0 |
| 2000年: | 9月 | ラオス | ヴィエンチャン | 12 |
| 2001年: | 9月 | ラオス | ヴィエンチャン | 31 |
| 2002年: | 9月 | ラオス | ヴィエンチャン | 16 |
| 2003年: | 9月 | ラオス | ヴィエンチャン | 38 |
| 2003年: | 12月 | ラオス | ヴィエンチャン | 23 |
| 2004年: | 3月 | ラオス | ヴィエンチャン | 25 |
| 2004年: | 9月 | ラオス | ヴィエンチャン | 27 |
| 2004年: | 12月 | ラオス | ヴィエンチャン | 21 |