

宇連川における降雨時の水銀流出動態

豊橋技術科学大学 学生会員 ○大和 天

豊橋技術科学大学 正会員 井上 隆信

豊橋技術科学大学 正会員 横田 久里子

1. 序論

近年、経済発展が著しい東アジア諸国では、化石燃焼に伴う大気中への水銀放出量が多い地域となっている。日本は東アジアの東端に位置することから、アジア地域からの偏西風により、水銀が大気輸送され、降雨により沈着し、大陸由来の水銀沈着が懸念される。しかしながら、日本では水銀に関するモニタリングがほとんどされていない。東野(H26 年度)により、宇連川において降雨時に水銀流出負荷量が増加する傾向が確認されたが、降雨時の事例が少なく、原因が解明できていない。そこで本研究では、宇連川において降雨時に連続採水を行うことで、降雨時の水銀流出動態を明らかにし、年間水銀流出負荷量を算出することとした。

2. 調査概要

調査地は、愛知県北設楽郡設楽町を流れる豊川水系の宇連川であり(図-1)、流域面積は 2.1 km^2 、調査期間は 2015/4/1~11/20 である。

降雨時の連続採水には自動採水器(6712 型, ISCO 社)を用いて、降雨時に 1 時間毎に 24 回採水を行った。また、雨量計(6700 型, ISCO 社)、観測器(2150 型, ISCO 社)を用いて、10 分毎に降雨量、1 分毎に水位、水温を観測した。さらに、雨量計及び自動採水器の地点に簡易雨水採水器を設置し、林外雨、林内雨を採水した。試料及びデータの回収は 2 週間に 1 度行い、その際、渓流水の採水、流量の測定を行った。

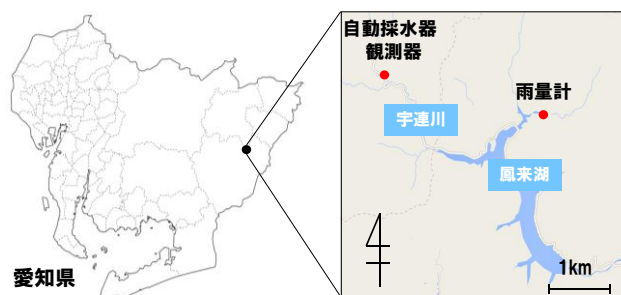


図-1 調査地点

3. 分析方法

本研究は、(株)日本インスツルメンツ製還元気化水銀測定装置マーキュリー/RA-3F を用いて、アルカリ還元-冷原子蛍光法により、総水銀(T-Hg)、溶存態水銀(D-Hg)の分析を行った。さらに、T-Hg と D-Hg の差より懸濁態水銀(P-Hg)を算出した。

4. 結果及び考察

4.1 降雨時の水銀流出動態

図-2 に降雨時採水を行った 7/16 3:47~7/17 2:47, 9/18 23:03~9/19 22:03 における T-Hg 中の D-Hg, P-Hg の割合と水銀濃度変化を示す。平水時の宇連川の T-Hg の平均値は $1.33 \pm 0.79 \text{ ng/L}$ 、D-Hg の平均値は $1.01 \pm 0.71 \text{ ng/L}$ であり、両期間共に T-Hg、D-Hg の平均値は、平水時の約 7 倍高い値を示した。また、両期間共に 24 時間通して T-Hg 中の D-Hg の割合が約 80 %程度と高く、宇連川での降雨時の T-Hg の多くは D-Hg が占める。両期間共に T-Hg 増加する時、P-Hg 増加し、P-Hg の割合が増加している。さらに、T-Hg と P-Hg が同時刻に最大値を示すのに対し、D-Hg は 1 時間遅れて最大値を示している。この結果より、降雨時の T-Hg の増加は、降雨直後は流路の侵食と掃流作用によって P-Hg が増加し、その後、降雨による影響で地下水、土壌水、土壌からの溶出等が影響し、D-Hg を増加させ、T-Hg を増加させていると言える。

図-3 に 10/2 3:33~10/3 2:33 に行った降雨時採水時の流量と水銀濃度変化を示す。10/2 10:33 に採水したボトルには水生昆虫が混入しており、T-Hg が 39.1 ng/L と、今回の調査期間内で最も高い値を示した。この結果から、宇連川での水銀は生物濃縮している可能性が高いと推測できる。

4.2 水銀流出負荷量

水銀流出負荷量($\mu\text{g/s}$)は T-Hg(ng/L)と流量(m^3/s)の積より算出し、日水銀流出負荷量($\mu\text{g/day}$)に換算した。

表-1 に降雨時調査時における日水銀流出負荷量と平水時日水銀流出負荷量相当日数(day)を示す。平水時の平均水銀流出負荷量は $0.02 \pm 0.02 \text{ } \mu\text{g/s}$ 、日水銀流出負荷量が $2.08 \times 10^3 \text{ } \mu\text{g/day}$ 、最も日水銀流出負荷量が高い値を示した 9/7 0:00~9/7 23:00 の降雨時調査では、日水銀流出負荷量が $4.77 \times 10^5 \text{ } \mu\text{g/day}$ であり、平水时日水銀流出負荷量相当日数が 229 day にも達することが明らかになった。9/7 0:00~9/7 23:00 の前日降雨量が 72.1 mm/day、期間内降雨量が 11.2 mm/day であり、台風等の豪雨時にはより降雨量が増加し、水銀流出負荷量も増加することが推測される。本研究では、台風等の豪雨時に降雨時調査を行っておらず、今後も降雨時調査を継続し、特に豪雨時の分析を行う必要がある。

4.3 年間流出負荷量

一部データの欠測があるため 2014 年 9 月~2015 年 11 月の期間を 1 年間とした。年間流出負荷量 ($\mu\text{g/m}^2/\text{year}$)、林外雨・林内雨の水銀濃度と降雨量の積より算出した年間沈着量($\mu\text{g/m}^2/\text{year}$)、年間降雨量 (mm/year)、年間比流量($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$)を表-2 に示す。年間流出負荷量と年間沈着量(林外雨・林内雨)を比較すると、林外雨は $1.9 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{year}$ 高く、林内雨は $23.8 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{year}$ 高い。林内では林外に比べ約 12 倍も高い値を示したことから、林内の水銀は土壤に吸着され森林域内に保持している。

5. 結論

宇連川における降雨時の T-Hg、D-Hg の平均値は、平水時の約7倍高い値を示した。また、降雨時の T-Hg の多くは D-Hg が占める。降雨時の T-Hg の増加は、降雨直後は流路の侵食と掃流作用によって P-Hg が増加し、その後に、降雨による影響で地下水、土壌水、土壌からの溶出等が影響し、D-Hg を増加させ、T-Hg を増加させている。宇連川での水銀は生物濃縮している可能性が高いと推測できる。年間流出負荷量と年間沈着量より、水銀は土壤に吸着され森林域内に保持している。

宇連川は降雨時に土壤に保持した水銀を流出し、閉鎖性水域である鳳来湖へ流入するため、流出した水銀が鳳来湖に蓄積していることが推測できる。今後は鳳来湖の水銀モニタリングも行う必要がある。

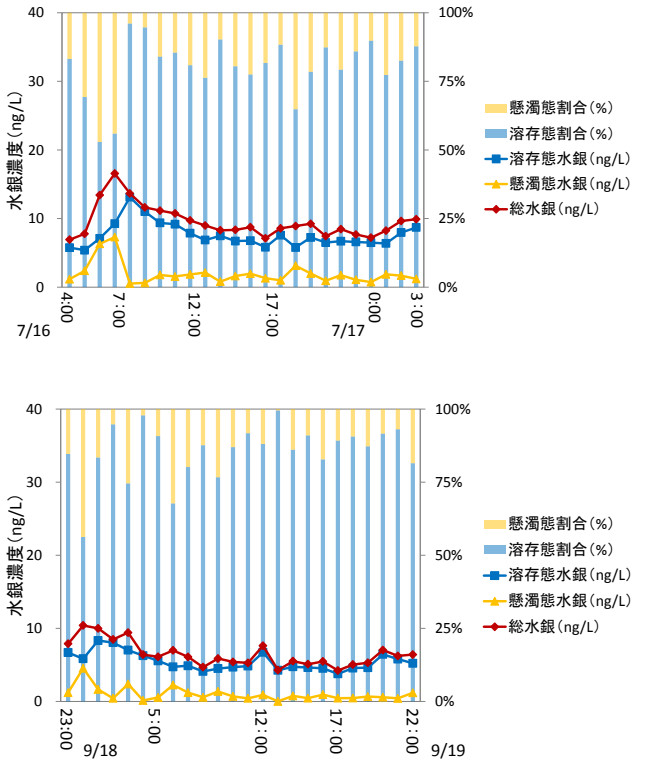


図-2 T-Hg 中の D-Hg、P-Hg の割合と水銀濃度変化

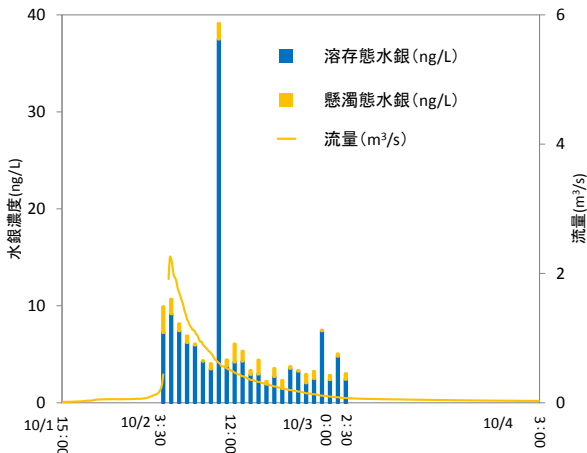


図-3 流量と水銀濃度変化

表-1 降雨時調査時の日水銀流出負荷量

調査期間	期間内降雨量 mm	前日降雨量 mm	期間内流量 m^3/day	日水銀流出負荷量 $\mu\text{g}/\text{day}$	平水時
					日水銀流出負荷量 相当日数
平水時	0	0	1.89×10^3	2.08×10^3	1
8/21 9:00 ~ 8/22 8:00	2.4	50.9	2.06×10^3	1.76×10^4	8.48
9/7 0:00 ~ 9/7 23:00	11.2	72.1	4.84×10^4	4.77×10^5	229
9/17 23:03 ~ 9/18 22:03	9.5	39.3	4.12×10^4	2.95×10^5	142
10/2 3:33 ~ 10/3 2:33	26.6	29.8	4.43×10^4	3.00×10^5	144

表-2 年間流出負荷量と年間沈着量

2014/9~ 2015/11	年間流出負荷量		年間沈着量		年間降雨量 mm/year	年間比流量 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$
			林外雨	林内雨		
	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$		$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$		
	10.6		12.5	34.4	2606	1.59