

カンボジア王国プノンペン市の水域における半揮発性有機化学物質の経時変化

長野高専 学生会員 ○三ツ井 梓紗
 長野高専 正会員 酒井 美月

1. 目的

私たちは多くの化学物質を利用することによってより利便性の高い生活を享受している。人口の増加や地域における経済の発展に伴い、使用される物質の種類や量が増大すればそれら物質の環境中への放出も多くなると考えられ、水域も例外ではない。途上国には十分な下水処理施設を持たない国も多く、重ねてそれら地域では、近年の急激な経済発展において、流域における居住人口の増加、化学物質使用の増加が起こっているため水域への環境負荷を増大していることが示唆される。本研究では、近年の急激な経済発展及び首都への人口集中が著しいカンボジア王国の首都プノンペンを対象として、水域を対象に河川水 2 地点、下水 2 地点の化学物質の網羅分析を 2011 年および 2018 年に行い、経時経過によりどのような影響が現れるのかを確認した。

2. 調査対象地域および研究方法

【調査対象地点および期間】 カンボジア国内には、ラオス国境から国内を縦断しベトナムに抜けるメコン川と、トンレサップ湖からベトナムに抜けるトンレサップ川の 2 つの大河川が流れている (図-1)。メコン川 (1)、トンレサップ川 (2) で河川水試料を、プノンペン市内で利用された下水を集める二か所のポンプ場 (A, B) にて、下水試料を採取した。市街地における居住エリアの拡大、人口の増加などの影響を検討するため、2011 年と 2018 年の採取試料について比較を行った。

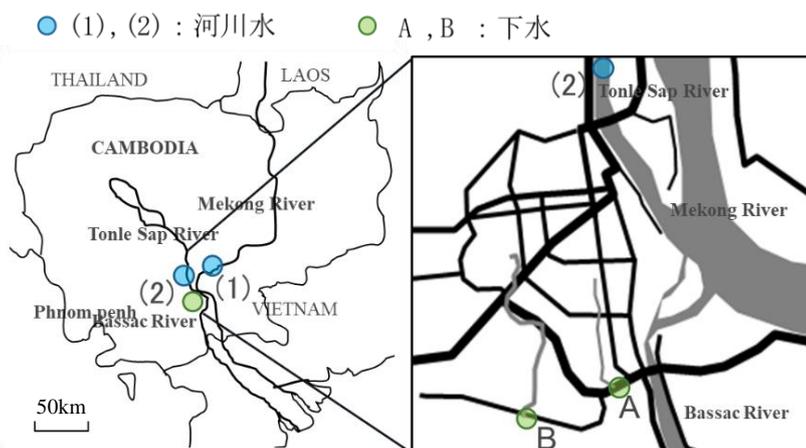


図-1 カンボジアの大河川の配置と採水地点

【一斉分析手法】 河川水 500-1000mL をジクロロメタンでの液々抽出あるいは固相により抽出し、ヘキサン転溶し濃縮後、内部標準液を加え測定用試料とした。測定は北九州市立大学門上研究室に委託した。GCMS 法にて最大 1077 種の半揮発性有機汚染物質を同時分析した。解析には 2011 年および 2018 年に共通して測定し、またブランク操作によりコンタミが考慮される物質を除いた 916 種を対象とした。

【検出物質および濃度変化の検討】 測定結果が膨大となるため、結果を物質の種別 (発生源別) に 15 分類し、さらにその用途起源により農業由来、工業由来、家庭・生活由来、およびその他物質と分類して検討を行った。さらに 2011 年から 2018 年の経時や、採取地点による検出物質の変化を検討した。

3. 結果および考察

【検出数と総濃度】 河川水および下水の調査結果を 15 種類に分類した結果を表 1 に示す。検出数およびすべての物質を加算した総濃度は 2011 年 (n=4) で 62-100 種および 10.5-414 $\mu\text{g/L}$ 、2018 年 (n=4) に 44-82 種、10.8-593 $\mu\text{g/L}$ となった。どちらの年度においても、下水中の物質総濃度が河川水の 20 倍以上と高濃度であったが、検出物質数は 1.5 倍程度であった。経時による検出数変化は下水、河川水ともにあまり観測されなかった。下水では 2 地点ともに経時により総濃度の上昇が確認された。河川水では特に (2) での濃度が上昇していることが分かった。

表-1 下水・河川水の総濃度と検出数(μg/L)

※太字は測定数, ()内は検出数の範囲

Sampling points	Waste water				River water				Source	
	A		B		(1)		(2)			
	2011	2018	2011	2018	2011	2018	2011	2018		
Detected number	100	82	99	80	63	45	62	44		
Category										
insecticides	156 (0-3)	0.464	0.939	0.184	0.855	0	0.029	0	0.112	Agriculture
herbicide	105 (0-1)	0	0.444	0	0.154	0.030	0	0.021	0.160	
fungicide	96 (0-2)	0	2.20	0	0.739	0	0	0	0.702	
other pesticides	87 (0-1)	0	0	0	0	0	0	0	0.056	
antioxidant	8 (0-3)	0.97	0.29	2.18	2.68	0	0.072	0	0.364	Business and household
plasticizer	11 (4-5)	29.1	19.8	18.8	13.3	3.32	1.97	5.34	5.59	
ppcps	18 (3-9)	37.5	52.5	26.9	36.1	0.948	0.446	1.54	0.568	
disinfectant	3 (1-3)	65.7	10.6	40.6	1.2	0.061	0.117	0.035	0.094	
leaching from tire	23 (1-8)	6.50	16.1	5.55	11.1	0.038	0.392	0.021	0.570	Industry
petroleum	25 (17-23)	46.4	14.5	81.3	77.0	0.452	4.597	1.799	8.037	
solvent	16 (0-3)	11.3	4.2	13.3	4.2	0.015	0	0.001	0	
PAH	46 (1-25)	6.10	1.21	3.59	1.56	0.027	0.008	0.029	0.021	
intermediates	96 (0-11)	15.59	27.8	7.74	35.9	0.066	0.004	0.042	0	Sterol
sterol	6 (1-8)	178	428	113	327	0.794	1.136	0.908	2.79	
others	220 (3-7)	15.6	12.2	10.1	11.9	4.77	2.05	2.33	3.18	
Total	916 (44-100)	414	591	323	523	10.5	10.8	12.1	22.2	

【下水および河川水の物質種別比率の変化】 A, B 地点において同年で差異が小さく, 都市下水としての地点差は大きくないことが確認された。一方, 2011年から2018年にかけて年度による差は確認された。河川水では両年とも地点による違いがあり, 下水より更に物質種別の組成変化が大きい結果となった。

【下水および河川水の経時変化】 2011年に対する2018年の割合により検討した。結果を図-2(上図):

下水, 下図: 河川水) に示す。河川水では, 増減傾向が一致している物質も多いが, (1)では減少傾向の物質も多い。増加の一因となっているのは石油に由来する成分, タイヤからの溶出, 農薬およびステロイド類であった。下水では A, B の両地点で, 増減に類似の傾向が確認されたが, 家庭由来の物質でもっとも変化が大きかった。組成の変化すなわち, 地点間の差異が小さいことから, 下水濃度の上昇はステロイド類濃度の上昇により説明された。

【河川水の地点による変化と都市化の影響】 河川水の水質は集水域の土地利用など周辺環境の影響を受ける。このことから, 集水域の状況が異なる(2)/(1)の比率により, 影響とその経時変化を検討した。メコン川(1)は流量が多く周辺の集水域の影響を受けにくい地点であるのに対し, トンレサップ川(2)ではプノンペン市近傍で都市下水の影響を受けやすい。経時により2018年は殆どの物質で>1となり, 都市の下流にあたる(2)での汚染が進んでいた。

4. まとめ

経済発展, 人口増加の著しい地域における下水と河川水中の化学物質種の網羅調査では, 7年間の経時に伴い, 検出数は変化せずとも濃度が上昇している物質が確認された。下水においてはステロイド類, 河川水においては家庭由来の物質が上昇傾向にあることが総濃度の上昇に起因していた。これによって, どちらも人口増加やそれに伴う市街地の拡大により人間が利用する物質の使用量が増えているということが示唆された。今後, 各項目に分類した物質ごとに詳細な検討により, 上記の変化によって, 人々の生活や河川環境にどのような影響があるかを明らかにする必要がある。

【謝辞】 本研究の一部は JSPS 科研費 JP 18K11684 の助成を受けたものです。

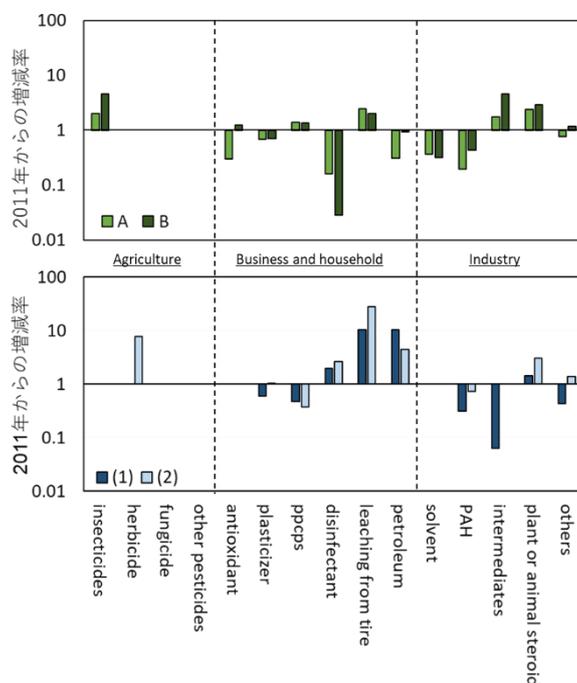


図-2 下水(上図)・河川水(下図)の経時変化による検出濃度の増減率

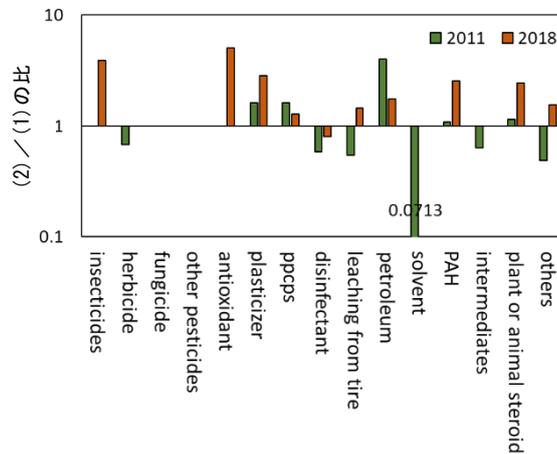


図-3 河川水の流下に伴う物質別濃度の変化