

## 4) 熊本県内廃棄物不法投棄事例における湧水・表流水の 長期モニタリング

永田 武史\* 木庭 亮一

### 要 旨

熊本県内において、1995年7月に下水処理汚泥を中心とする廃棄物の不法投棄が発覚した。原野周辺における環境基準を大幅に超過する硝酸性窒素が検出されたため、1996年から2016年までの20年にわたり湧水3地点、表流水3地点の水質調査を実施した。調査開始後、湧水中の硝酸性窒素濃度は徐々に低下し、問題発覚から19年を経過して、全ての調査地点で硝酸性窒素濃度が地下水の水質汚濁に係る環境基準を下回ったことが確認された。

キーワード：不法投棄，湧水，硝酸性窒素，長期モニタリング

#### はじめに

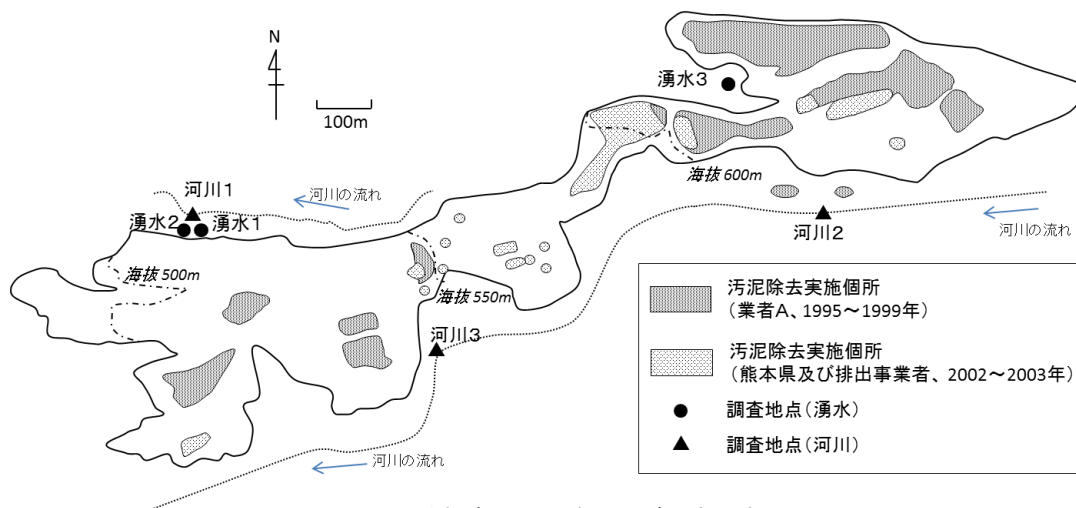
熊本県内において、1995年7月に産業廃棄物処理業者（以下業者Aという。）による下水処理汚泥を中心とする廃棄物の不法投棄が発覚した。最終的には、熊本県と汚泥の排出事業者（10者）が実施主体となり2003年1月までに約10,000 m<sup>3</sup>の汚泥を除去し、業者Aが除去したものをあわせて約15,000 m<sup>3</sup>の汚泥を撤去した。

原野周辺の湧水で地下水の水質汚濁に係る環境基準を超過する硝酸性窒素が検出されたため、1996年1月から2016年2月に至るまで、湧水3地点及び表流水3地点の水質の定期的な調査を実施した。今回、硝酸性

窒素濃度の推移と他成分との相関を中心とした調査結果について報告する。

#### 不法投棄問題の概要及び経緯

図1に不法投棄の現場となった原野の略図を示す。原野は、阿蘇外輪山西側の海拔470 m～650 mに位置した丘陵の尾根に草地在広がっている部分で、東西約1600 m、南北約850 mの範囲にわたっている。原野は西に向かって海拔が低くなっている。草地の北側と南側は沢になっており、西に向かって谷川が流れている。草地周辺の地質は、後述の投棄汚泥量調査時の地質調査により、全体的に溶結凝灰岩層（Aso-2）あるいは凝



\* 現環境生活部環境局循環社会推進課

灰角礫岩層の上に黒ボク、赤ボク土からなるローム層が数 m~10m の厚さで堆積していると推定された。

業者Aは草地の70カ所以上で最大5mの深さの穴を掘り、汚泥を投棄していた。汚泥の大半は下水処理施設から排出されたものであり、動植物性残さなども含まれていた。1995年の不法投棄発覚後、熊本県は業者Aに対して汚泥の除去を求め、業者Aも一部汚泥を撤去したが、1997年に新たな汚泥埋設が発覚したうえ、資金難などのため汚泥の除去は進まなかった。1999年末までに業者Aによって除去された汚泥は約5,000m<sup>3</sup>であった。

地元自治体(町)が、2000年11月~2001年8月にかけて投棄汚泥量の調査を行った結果、撤去が必要な汚泥の量が約10,000m<sup>3</sup>と推定され、熊本県(業者Aの資金難のため行政代執行)及び排出事業者が実施主体になり2002年11月から2003年1月にかけて、除去を実施した。図1の網かけの部分が、業者A、熊本県、排出事業者が汚泥の除去を実施した部分である

### 調査の概要

調査地点は図1に示すとおりである。不法投棄が発覚した後の1996年1月から2016年2月まで、不法投棄現場に隣接する湧水3地点、表流水(河川水)3地点で調査を実施した。調査項目は、水素イオン濃度(pH)、生物化学的酸素消費量(BOD)、全窒素、硝酸性及び亜硝酸性窒素、塩化物イオン、シアン化合物、有害重金属類(カドミウム、鉛、ヒ素、六価クロム、水銀)、有機リン、揮発性有機化合物類(1,1,1-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン)である。

表1 硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)の検出状況

調査地点	濃度範囲 (mg/L)	最大値を示した調査年月
湧水1	6.4 ~ 45	1997年10月
湧水2	4.5 ~ 43	1997年10月
湧水3	1.4 ~ 29	1997年7月
河川1	0.51 ~ 17	2004年10月
河川2	0.08 ~ 0.55	1996年1月
河川3	0.09 ~ 2.4	2005年11月

### 調査結果

調査期間中、すべての地点で、硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)、塩化物イオン以外の項目は不検出または環境基準を大幅に下回る状況が続いた。

硝酸性窒素の検出状況を表1に示す。特に湧水3地点では、地下水の水質汚濁に係る環境基準(10mg/L)を大幅に上回る硝酸性窒素が検出された。

#### 1 湧水における硝酸性窒素濃度の推移

硝酸性窒素が検出された湧水1、湧水2及び湧水3における硝酸性窒素濃度及び塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)濃度の推移を図2、図3及び図4にそれぞれ示す。

湧水1と湧水2における硝酸性窒素の濃度変化は、かなり類似していた。硝酸性窒素濃度は不法投棄発覚(1995年7月)後、しばらくの間上昇し、1997年から1999年にかけて高い値が維持された後、徐々に低下するという経過をたどった。前述のとおり2002年11月から2003年1月にかけて、行政代執行等により汚泥の除去を実施した。その結果、汚泥除去完了後は湧水1、湧水2のいずれも硝酸性窒素濃度が30mg/Lを下回るようになり、湧水1は2014年7月、湧水2は2012年2月に初めて環境基準(10mg/L)を下回った。

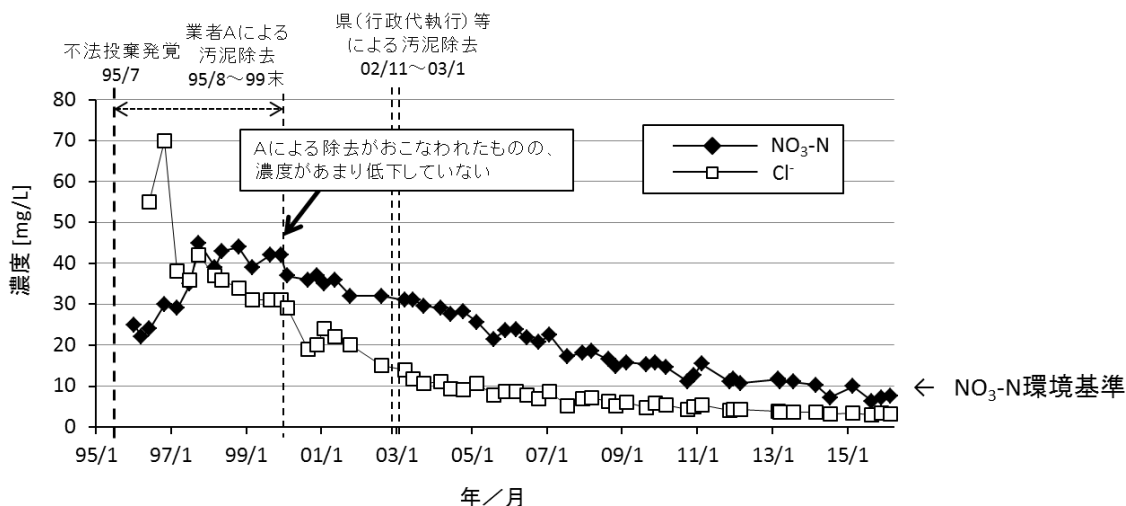


図2 硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)及び塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)の濃度推移(湧水1)

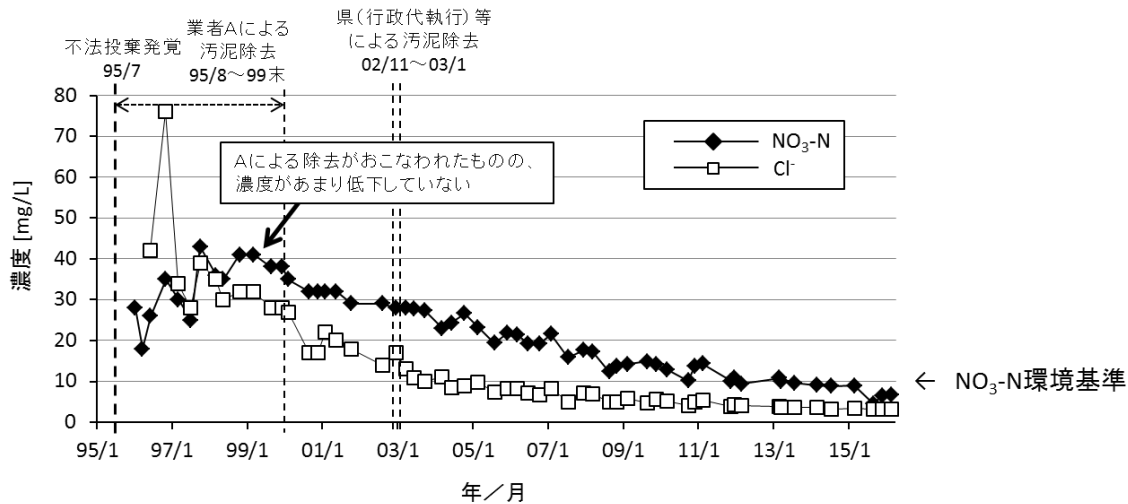


図3 硝酸性窒素 (NO<sub>3</sub>-N) 及び塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>) の濃度推移 (湧水 2)

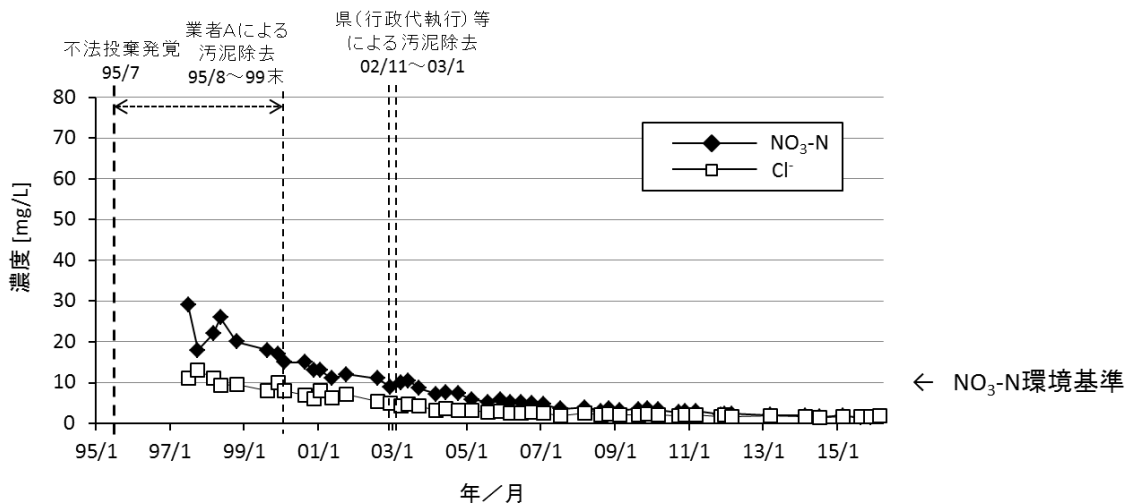


図4 硝酸性窒素 (NO<sub>3</sub>-N) 及び塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>) の濃度推移 (湧水 3)

湧水 1 と湧水 2 の塩化物イオン濃度は、硝酸性窒素濃度と同様に不法投棄発覚後にいったん上昇し、その後低下するという経過をたどった。しかし、塩化物イオンは硝酸性窒素と比較して早く最高濃度に達し (1996 年)、低下に転じた。

湧水 3 は、湧水 1、湧水 2 と比較して硝酸性窒素の最高濃度が低く、早い時期 (2002 年) に環境基準を下回った。また、塩化物イオン濃度の変動も湧水 1、湧水 2 と比較して小さかった。これは湧水 3 の海拔が約 620m であり、不法投棄汚泥が埋設された多くの地点よりも高い位置にあること、湧水 3 周辺の原野北部では不法投棄の際、穴を深く掘らず散布していたため地

下水への影響が小さかったこと、及び湧水 3 の周辺の汚泥は業者 A により比較的早い時期に除去されたことが関係しているものと考えられる。

## 2 硝酸性窒素と他成分との相関について

イオンクロマトグラフの詳細なチャート等が確認可能な、2004 年 6 月以降の調査において、同時に測定した水素イオン濃度 (pH)、電気伝導度 (EC)、硝酸性窒素以外の主要イオン成分 (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) について、硝酸性窒素との相関を調べた。湧水 3 地点における相関係数を表 2 に示す。

3 地点とも、硝酸性窒素は電気伝導度 (EC) との間

表 2 硝酸性窒素と他の主要イオン成分との相関係数 (2004 年 6 月以降)

※ 斜字は 0.8 以上を示す。

	pH	EC	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
湧水1	-0.246	<b>0.974</b>	<b>0.912</b>	0.519	<b>0.934</b>	<b>0.945</b>	<b>0.970</b>	-0.036	0.086
湧水2	-0.246	<b>0.962</b>	<b>0.939</b>	0.559	<b>0.950</b>	<b>0.941</b>	<b>0.963</b>	0.004	-0.055
湧水3	-0.152	<b>0.912</b>	<b>0.893</b>	0.441	0.727	<b>0.808</b>	<b>0.932</b>	-0.437	-0.570

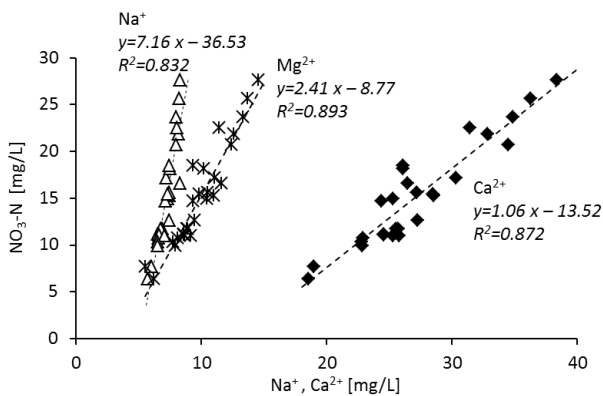


図5 硝酸性窒素 (NO<sub>3</sub>-N) と Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>及び Mg<sup>2+</sup>との関係 (湧水1)

に高い相関があった。陽イオンについては Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>との相関係数が比較的高く、pH, K<sup>+</sup>との相関係数は高くなかった。一方、陰イオンについては Cl<sup>-</sup>との間の相関係数が高かったが、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>との相関係数は低かった。相関係数が高かったイオン成分については、不法投棄された汚泥に含有されていたものに由来するものと考えられる。

例として、湧水1における硝酸性窒素と Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>及び Mg<sup>2+</sup>との関係を図5に示す。

### ま と め

本事例では、下水汚泥を主成分とした産業廃棄物の不法投棄地点周辺の湧水において、硝酸性窒素濃度の上昇が見られ、最も高い時期で環境基準の4倍を超える濃度の硝酸性窒素が検出された。不法投棄を行った業者、県、排出事業者が汚泥除去を行った結果、湧水中の硝酸性窒素濃度が徐々に低下し、問題発覚から19年、汚泥除去の完了から11年を経過して、全ての調査地点で硝酸性窒素濃度が地下水の水質汚濁に係る環境基準を下回ったことが確認された。

湧水中の硝酸性窒素濃度は Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, 及び Cl<sup>-</sup>との相関係数が高く、これらのイオン成分は汚泥に由来する可能性が示唆された。このうち、Cl<sup>-</sup>は硝酸性窒素と比較して速く濃度が低下した。

なお、この調査は全ての地点で硝酸性窒素の濃度が環境基準を満たす状態が2年間継続し、今後も低減傾向が続くと判断されることから、2016年2月の調査をもって長期モニタリングを終了した。