

豪雪及び豪雨の渓流水水質への影響について

化学部

金田 治彦¹、平野 真弘、大森 牧子²、小池 静司
(¹現大気環境部 ²現県西環境森林事務所)

1 はじめに

栃木県は、総面積の55%を森林が占めており、その45%が人工林である。森林内を流れる渓流水は、河川の上流に位置し、降水が森林内を経て形成されることから、森林環境が河川水の水質に影響を及ぼすものと考えられる。そこで当センターでは、栃木県鹿沼地域内において、間伐などの森林施業が渓流水の硝酸性窒素（以下、「 $\text{NO}_3\text{-N}$ 」という。）濃度に与える影響について調査してきた^{1)~4)}。ところが、平成26年2月14日から15日に発生した豪雪により、森林内で多数の木の幹や枝が折れ、倒木により林道も通行不可となった。さらに平成27年9月9日から10日に発生した豪雨により、土砂崩れなどの被害を受けた。そこで、これらの気象災害による渓流水への影響を確認するため、過去に調査した地域のうち、一部の集水域について補完調査を行った。

2 調査方法

2.1 調査地点

栃木県中西部に位置する鹿沼地域において、第3報³⁾で示した尾根を共有する2つの集水域A及びNo.17(図1)で調査を行った。なお、Aは間伐が不十分であり、No.17は間伐が十分に行われている。渓流水の採取は、集水域Aでは上流からA-2、A-1の2地点で、集水域No.17では、上流から17-3、17-2、17-1の3地点で行った。A-1、17-1は、それぞれの集水域の末端である。

2.2 調査期間

豪雪後、林道整備により通行可能となった平成27年3月、6月、8月及び豪雨後の11月に調査を行った。いずれの調査も平水時に行った。

2.3 調査項目

採取した渓流水は、pHをpH計(堀場製作所F-73)で、ECを導電率計(堀場製作所DS-51)で、イオン濃度をイオンクロマトグラフ分析装置(東ソーIC-2010)で、全有機炭素(以下「TOC」とする。)濃度及び全窒素(以下、「TN」とする。)濃度を全有機炭素測定装置(Analytik Jena社製multi N/C3100)で測定した。特に $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度については、平成23年11月から24年10月にかけて毎月調査した結果と比較した。



図1 調査対象集水域³⁾

3 結果

3.1 調査地点の状況

豪雪時の最深積雪は、直近の観測地点である宇都宮で32cm、日光市土呂部で129cmと、いずれも観測史上1位を更新した⁵⁾。豪雪後の調査地点では、多数の木の幹や枝が折れ、倒木も多く見られた。折れた枝は、林道付近をはじめ、林内至る所に堆積していた。

また、豪雨時の24時間降水量は、鹿沼で444mmと観測史上1位を更新した⁶⁾。豪雨後の調査地点は、集水域No.17では林道の基礎部分の土砂が流出しており、集水域Aでは、舗装された林道の数カ所が崩落しており、再び通行不能となっていた。

3.2 渓流水水質

調査結果は、表1のとおりであった。豪雪及び豪雨前の調査結果(平成23年11月)も併せて示す。11月を選定したのは、天候や植生が安定し、各集水域の渓流水質の特徴を簡便にとらえるのに適当な時期と考えられるためである。豪雪後及び豪雨後の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は、0.39~2.4 mgN/Lであり、すべての地点で6月が最も高かった。11月と比較すると、A-1、A-2では、平成23年より高くなり、17-3で逆に低くなっていた。なお、これらの値は、環境基準値(10 mgN/L)を下回っている。Cl濃度は、11月と比較すると、大きな変化は見られなかった。アンモニウム性窒素(以下、「 $\text{NH}_4\text{-N}$ 」という。)は、豪雪及び豪雨前後とも検出されなかった。

$\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度について、過去の毎月調査した結果と比較すると、図2のとおりとなった。過去の毎月調査によると、1月で $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低く、10月頃まで濃度が徐々に上がり、11月からは減少するといった季節変動が見られていた³⁾ことから、過去の調査結果とは同月で比較することとした。豪雪及び豪雨後の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は、17-3を除

表1 豪雪後及び豪雨後の渓流水中のNO₃⁻-N濃度等の調査結果

A-1	pH	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Na	Mg	Ca	K	NH ₄ ⁺ -N	TOC	TN
H27.3月	7.2	5.7	2.5	1.7	6.6	3.3	1.2	4.6	0.40	<0.7	0.46	1.7
H27.6月	6.7	5.9	2.3	2.4	5.9	3.2	1.4	5.2	0.76	<0.7	0.47	2.3
H27.8月	6.5	5.8	2.4	2.1	5.5	3.2	1.3	4.8	0.82	<0.7	0.60	2.1
H27.11月	7.1	—	2.4	1.8	5.6	3.6	1.2	4.5	0.53	<0.7	0.44	1.9
(参考)H23.11月	6.9	5.5	2.2	1.5	5.2	3.8	1.2	4.8	0.43	<0.7	0.40	1.8

A-2	pH	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Na	Mg	Ca	K	NH ₄ ⁺ -N	TOC	TN
H27.3月	7.3	5.3	2.6	1.6	7.9	3.0	1.2	3.9	0.34	<0.7	0.46	1.5
H27.6月	6.7	5.3	2.3	2.1	6.5	2.5	1.3	4.4	0.65	<0.7	0.50	2.2
H27.8月	6.6	5.1	2.4	1.9	6.0	2.7	1.1	3.9	0.67	<0.7	0.59	1.9
H27.11月	7.0	—	2.6	1.8	7.3	3.0	1.1	3.8	0.43	<0.7	0.52	1.6
(参考)H23.11月	6.9	5.1	2.4	1.4	6.4	3.3	1.2	4.1	0.42	<0.7	0.54	1.8

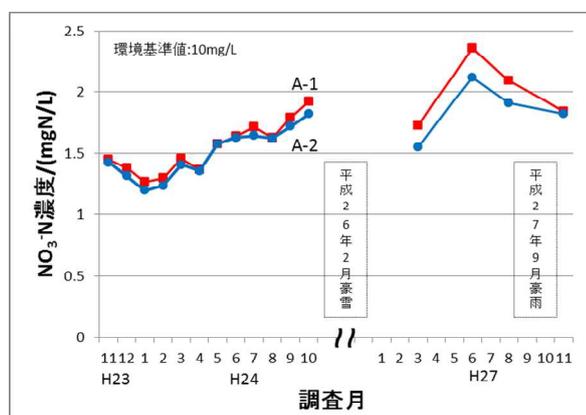
No.17-1	pH	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Na	Mg	Ca	K	NH ₄ ⁺ -N	TOC	TN
H27.3月	7.3	4.1	1.7	1.3	6.5	2.2	0.87	3.0	0.22	<0.7	0.53	1.3
H27.6月	7.0	4.1	1.7	1.7	5.3	2.0	0.90	3.3	0.41	<0.7	0.43	1.6
H27.8月	7.1	3.9	1.7	1.4	5.3	2.2	0.83	3.0	0.36	<0.7	0.62	1.3
H27.11月	7.1	—	1.7	1.1	6.1	2.2	0.82	3.0	0.26	<0.7	0.34	1.1
(参考)H23.11月	6.7	3.7	1.7	0.8	3.9	2.5	0.92	2.8	0.30	<0.7	0.23	0.97

No.17-2	pH	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Na	Mg	Ca	K	NH ₄ ⁺ -N	TOC	TN
H27.3月	7.3	4.3	1.7	1.4	7.2	2.1	0.82	3.3	0.20	<0.7	0.54	1.4
H27.6月	6.7	4.1	1.6	1.7	5.9	1.9	0.85	3.3	0.57	<0.7	0.47	1.6
H27.8月	6.9	3.9	1.7	1.4	5.9	2.1	0.79	3.0	0.43	<0.7	0.57	1.4
H27.11月	7.0	—	1.7	1.2	6.6	2.2	0.75	3.0	0.27	<0.7	0.47	1.2
(参考)H23.11月	6.6	4.0	1.5	1.1	6.2	2.5	0.80	3.3	0.28	<0.7	0.47	1.3

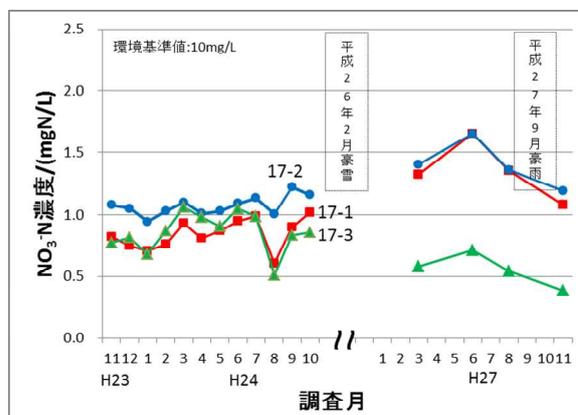
No.17-3	pH	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Na	Mg	Ca	K	NH ₄ ⁺ -N	TOC	TN
H27.3月	6.8	4.2	1.5	0.58	11.3	1.8	0.94	3.0	0.15	<0.7	0.39	0.62
H27.6月	6.0	3.7	1.4	0.71	8.7	2.1	0.74	2.4	0.35	<0.7	0.36	0.74
H27.8月	6.2	3.4	1.4	0.54	8.3	2.2	0.64	2.0	0.33	<0.7	0.39	0.60
H27.11月	6.5	—	1.4	0.39	9.5	2.1	0.73	2.3	0.20	<0.7	0.33	0.46
(参考)H23.11月	5.9	4.4	1.4	0.77	11	2.4	0.93	3.4	0.30	<0.7	0.40	0.99

(注1) 単位：ECはmS/m、イオン成分、TOC、TNはmg/L。ただしNO₃⁻-NとNH₄⁺-Nは窒素換算によりmgN/Lである。

(注2) H27.11月のECは欠測。参考として、過去(H23)の調査結果を併せて示す。



[集水域A]



[集水域No.17]

図2 渓流水中NO₃⁻-N濃度の推移

くすべての地点で過去同月に比べて高かったが、17-3では、過去同月に比べて同程度が低かった。なお、集水域AがNo.17に比べてNO₃⁻-N濃度が比較的高い濃度で推移しているが、これは、間伐など森林施業の違いによるものと推察している⁴⁾。

4 考察

4.1 NO₃⁻-N濃度

雪害後及び豪雨後は、17-3を除くすべての地点で、

NO₃⁻-N濃度が過去同月に比べて高く推移していることが分かった。徳地らは、森林伐採後に、伐採された樹木による窒素吸収が停止し、伐採された枝条から窒素が供給され、土壤中の微生物による硝化作用により、渓流水中の硝酸態窒素濃度が急激に上昇した事例を示している⁷⁾。このことから、豪雨及び豪雪により、多数の木の幹や枝が折れ、樹木が倒れたため、一部、徳地らが示した事例に似たような状況となった可能性が考えられた。また、土壤中の微生物による硝化作用は、温度、水分といった

環境条件による変化を受けやすいとされる⁸⁾ため、落下した枝葉により地表が覆われることで、地表の温度や水分等の条件が土壌微生物による窒素の可溶化、無機化、硝化に適した状態になった可能性も考えられる。

なお、生物影響を受けにくいとされる塩素イオン濃度に変化がみられないことから、好天による水分の蒸発による濃縮で NO_3^- -N濃度が高くなったとは考えにくい。

また、 NH_4^+ -Nは検出されなかった。これは、 NH_4^+ -Nが負に帯電する土壌中の粘土粒子に吸着されやすいためと推察された。

4.2 森林施業が NO_3^- -N濃度の回復に与える影響

徳地らが示した事例では、森林伐採により、一時的に NO_3^- -N濃度上昇がみられたが、その後、植生の回復に伴って、季節により変動しながらも NO_3^- -N濃度が5年程度で伐採前の水質に回復している⁷⁾。このことから、本調査地点でも、植生を回復させるなど森林の回復を図ることで、再び NO_3^- -N濃度が低くなる可能性が示唆された。ただし、植栽する樹木の種類などにより、 NO_3^- -N濃度が回復するまでの期間がより長くなる事例⁹⁾もあることから、本調査地域の NO_3^- -N濃度が回復するまでに、相当の期間がかかる可能性も考えられた。

5 謝辞

この調査を実施するにあたり多大な御協力を頂いた鹿沼市森林組合の皆様に対し、ここに記して感謝の意を表します。

6 文献

- 1) 森林の水質保全機能に関する調査研究(第1報)、栃木県保健環境センター年報、第16号、pp. 44-49 (2011)
- 2) 森林の水質保全機能に関する調査研究(第2報) 栃木県保健環境センター年報、第17号、pp. 57-65 (2012)
- 3) 森林の水質保全機能に関する調査研究(第3報)、栃木県保健環境センター年報、第18号、pp. 44-49 (2013)
- 4) 森林の水質保全機能に関する調査研究(第4報)、栃木県保健環境センター年報、第19号、pp. 51-56 (2014)
- 5) 災害時気象速報 発達した低気圧による2月13日から2月19日の大雪、暴風雪等、気象庁
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201402.pdf
- 6) 災害時気象報告 平成27年9月関東・東北豪雨及び平成27年台風第18号による大雨等、気象庁
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_2015/saigaiji_201501.pdf
- 7) 徳地直子他：森林施業に伴う河川水質への影響の緩和に関する検討、水利科学、Vol.46、No.321、pp.23-36(2011)
- 8) 柴田英昭他：森林源流域における窒素の生物地球化学

課程と渓流水質の形成、地球環境、Vol.15、No.2、pp.133-143 (2010)

- 9) 福島慶太郎他：皆伐・再造林施業が渓流水質に与える影響—集水域単位で林齢の異なるスギ人工林を用いて—、日本森林学会誌、第90巻、第1号、pp.6-16 (2008)