

青葉山を流れる小河川の晴天時における水質の経年変化

1114214 木村浩大
1114207 井元 将

1. はじめに

面源負荷の一つである森林域からの流出特性を知るために、青葉山植物園を流れる小河川における水質調査を今年も引き続き行った。過去5年間のデータをもとにどのような経年変化があるのかを比較した。また、2010年～2014年までのデータをもとに重回帰分析を行い、それぞれの項目がどのように影響を与えているのかを調べた。

2. 調査対象地

調査対象地は仙台市青葉区川内にある、青葉山植物園（面積・約52万m²）である。

図1に示すように、下流をA地点とし、上流をE地点とする、計5箇所にて採水・測定を行った。流下距離と流下時間の測定を行ない表1にまとめた。その結果、流下距離が520.90mとなり、流下時間は、約2.74hであった。

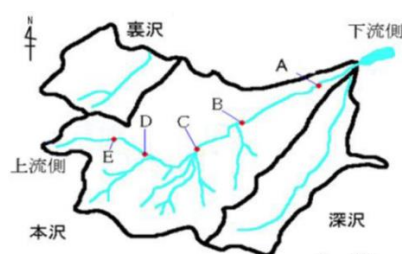


図1 青葉山植物園

表1 各地点間における流下距離・流下時間

測定地点	A~B	B~C		C~D		D~E	合計
距離(m)	136.00	32.00	69.60	67.70	100.00	46.70	68.90
流速(cm/s)	3.30	18.40	6.10	4.30	7.90	8.50	6.60
流下時間(h)	1.14	0.05	0.32	0.44	0.35	0.15	0.29
区間距離(m)	136.00	169.30		146.70		68.90	520.90
区間流下時間(h)	1.14	0.80		0.50		0.29	2.74

3. 分析項目および調査内容

(1) 測定項目

測定項目は、流量、気温、水温、濁度、水素イオン濃度(pH)、電気伝導度(EC)、塩化物イオン濃度(Cl⁻)、化学的酸素要求量(COD)、総リン(T-P)、総窒素(T-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、硝酸性窒素(NO₃-N)、アンモニア性窒素(NH₄-N)、TOCの全14種類である。

(2) 先行降雨係数 APF(Antecedent Precipitation Factor)

採水前日までに降った雨⁵⁾が、水質に与える影響を知る為に先行降雨係数を用いて検討を行った。下記の

(1)式を使用し、2010年～2014年までのデータについて計算した。

$$APF = \sum_{t=1}^k \left(\frac{Rt}{t} \right) \cdot \dots \cdot (1)$$

ここでRtは、対象とする採水日のt日前の日雨量(mm)を、tは、採水当日からの日数を表す。

(3) 重回帰分析

回帰分析は量的変数の予測を目的とした方法である。回帰分析をすると、目的変数を予測する説明変数の関係式が求まる。求めた関係式のことを回帰式と言う。目的変数は予測したい変数、説明変数は予測に使う変数である。回帰分析は、説明変数が1つの場合を単回帰分析、複数ある場合を重回帰分析、それぞれで求めた関係式のことを単回帰式、重回帰式と言う⁶⁾。

水温、pH、Cl⁻、NO₃-N、T-N、T-P、流量、APF(7)(先行降雨係数7日間)の8項目を、説明変数とし、また、CODを目的変数として重回帰分析によってそれぞれの項目がどのように影響を与えているのかを調べた。

キーワード：面源負荷、青葉山植物園、水質経年変化、先行降雨係数、多変量解析、重回帰分析
No.2-7(中山研究室)

4. 結果と考察

(1) 各項目の経年変化

比較検討は、水温・pH・EC・Cl・COD・TOC・T-N・NH₄-N・NO₂-N・NO₃-N・T-P・流量の12項目について行う。なお、測定は6月～12月の期間におよそ月1回のペースで行った。

水温：気温と連動して変動している。全地点で同様の傾向が見られる。

流量：毎年、A地点における変動が大きく、E地点における変動が小さかった。

pH：A地点～D地点までは、目立った変動は見られない。しかし、E地点では2012年～2013年にかけて大きく値が減少している。

2010年のA地点のみで、減少している。

EC：2010年においては、測定を行っていない。

2013年後半に急激に減少する。

2014年にはA地点で急な増加が見られた。

Cl：全地点で値が同様に変動している。A地点からE地点にかけて値が増加している

COD：水温の変化と同様に増加・減少を繰り返し、2011年後半から2012年後半にかけてA地点の値が著しく増加し、B地点～E地点は減少している。

TOC：2014年後半に値が急激に減少 A地点における増加・減少の変化がある。

2011年から2012年において、急な増加が見られ、B地点～E地点では減少傾向にあった。

T-N：全地点において同様な増加・減少の傾向が見られるが、2011年後半から2012年半ばにかけてE地点において値の増加現象が見られる。

NH₄-N：2010年から2013年にかけて増加・減少している。2014年には、値が0になっている。

2014年のE地点で微小な増加・減少が見られる。

NO₂-N：全地点で2011年度に著しく増加している現象が見られたが、2014年度においては値が0になっている。

NO₃-N：2010年～2011年にかけて著しい増加・減少が見られる。

T-P：2011年以降から減少している

2014年に値が著しく増加している。

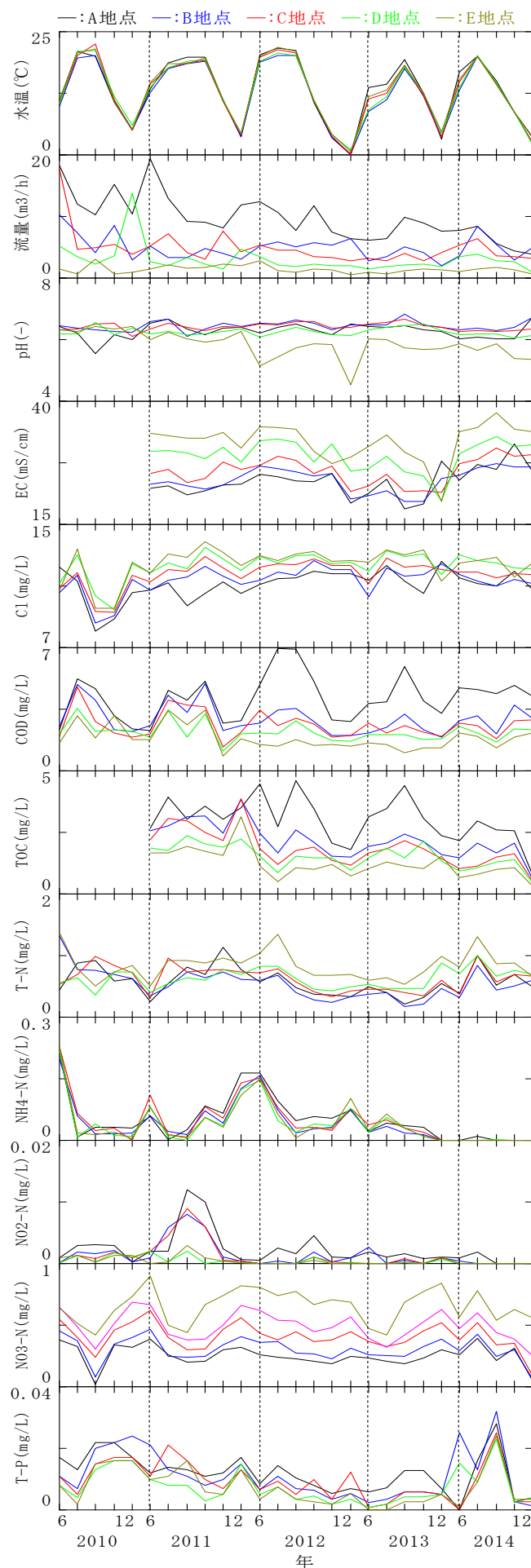


図2 各項目の経年変化

(2) 総窒素 T-N の構成による比較

図 3 に総窒素 T-N の構成を、積み上げグラフとして示す。

総窒素 T-N は、 $T-N = NH_4-N + NO_2-N + NO_3-N + \text{有機性-N}$ の関係がある。図 3 は、各採水地点における、年ごとの $NH_4-N \cdot NO_2-N \cdot NO_3-N \cdot \text{有機性-N}$ の値を積み上げたグラフを示している。全体の高さが T-N 濃度となる。

E 地点:2012 年～2013 年に有機性-N の占める割合において減少が見られる。2012 年～2013 年に有機性-N の占める割合が少なくなっている。

D 地点:2010 年～2013 年にかけて、有機性-N の占める割合が比較的、小さくなっている。しかし、2014 年には、有機性-N の占める割合が大きくなっている。

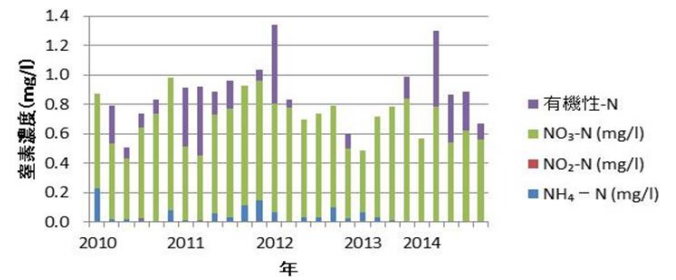
C 地点:2010 年～2011 年にかけては有機性-N の占める割合に変動が見られるが、2012 年～2013 年にかけては有機性-N の占める割合は小さくなっている。2014 年に有機性-N の占める割合が大きくなっている。

B 地点:2010 年～2011 年にかけて有機性-N の占める割合が大きくなっている。2012 年～2013 年には有機性-N の占める割合は少なくなっている。

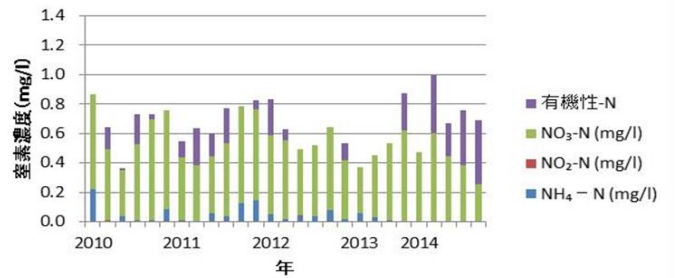
A 地点:他の測定地点に比べると、有機性-N の占める割合が大きくなっており、 NO_3-N の占める割合が小さくなっている。

全体として総窒素 T-N は、下流ほど小さくなっており、また、有機性-N の占める割合が増加しており NO_3-N の占める割合が減少している。2014 年には、 $NH_4-N \cdot NO_2-N$ の値が共にほとんど検出されず、有機性-N と NO_3-N のみとなっている。 NO_2-N においては、値が微小であるためグラフ内で見えにくくなっている。

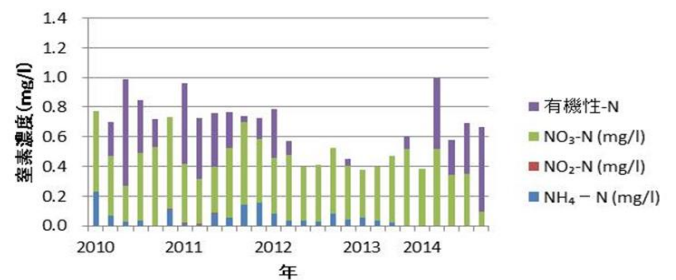
E 地点 (上流)



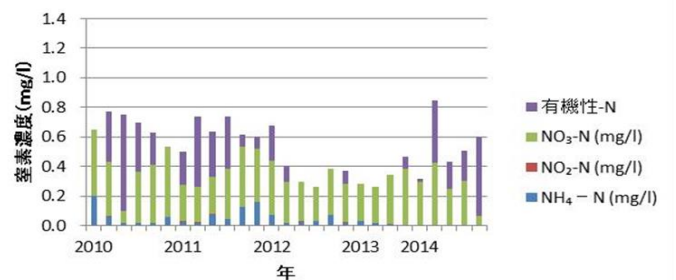
D 地点



C 地点



B 地点



A 地点 (下流)

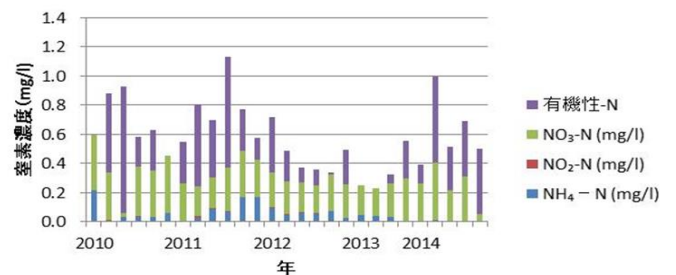


図 3 総窒素 T-N 構成の積み上げグラフ

(3)重回帰分析の結果

COD を目的変数として標準回帰係数を求めた。その値が大きい説明変数ほどその変化によって目的変数の値が大きく変化する。図 4 に示す、重回帰分析結果から、COD の変化に大きく影響を与えるものは、水温である。また、次に影響を与えるものとして、T-N と Cl である。pH と NO₃-N の値が大きくなると、COD は減少する傾向にある。また、先行降雨係数 APF (7) は大きな影響を与えていることはないとする。

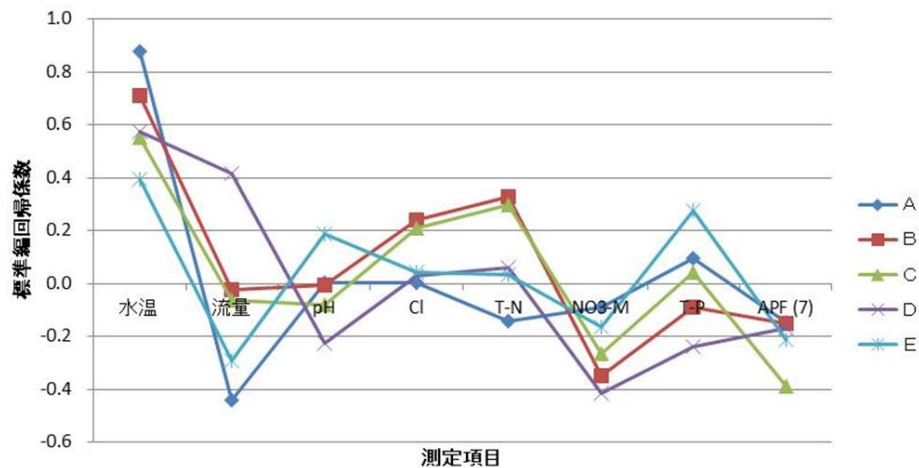


図 4 重回帰分析結果

5. まとめ

青葉山小河川の水質変化では、経年的に亜硝酸性窒素 (NO₂-N) とアンモニア性窒素 (NH₄-N) の値が減少していることが見られた。

総窒素 T-N における積み上げグラフによる比較においても、亜硝酸性窒素 (NO₂-N) とアンモニア性窒素 (NH₄-N) の値が減少している。上流の E 地点において、NO₃-N の占める割合が大きくなっている。しかし、下流の A 地点においては、有機性-N の占める割合が大きくなっている。

重回帰分析の結果から、水温が最も影響を与えている。また、COD と NO₃-N の関係性があり、それは、NO₃-N の値が大きくなると、COD は減少する傾向にある。経年変化のグラフにおいても同様の傾向が見られた。

参考文献

- 1) 千葉 康成、若生 翼：森林域を流れる小河川の水質形成と先行降雨係数の関係
：東北工業大学建設システム工学科卒業論文：平成 25 年度
- 2) 永野 知明：森林域を流れる小河川における晴天時の水質形成に関する研究
：東北工業大学建設システム工学科卒業論文：平成 24 年度
- 3) 菅原 光平、工藤 洋旗：東北大学植物園内小河川における晴天時の流下に伴う水質変動
：東北工業大学建設システム工学科卒業論文：平成 23 年度
- 4) 熊井 淳仁、高橋 恵：東北大学植物園内小河川における季節ごとの水質変化について
：東北工業大学建設システム工学科卒業論文：平成 22 年度
- 5) 気象庁：

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_sl.php?prec_no=34&block_no=47590&year=2014&month=12&day=01&view=pl (閲覧日：2014/12/15)

- 6) 内田 治、福島 隆司：例解多変量解析ガイド：東京図書：P24～P25：平成 24 年 3 月 10 日