

豊田市北東部の人工林域から流出する平均溶存有機炭素濃度 および年間流出量の算出

Average Dissolved Organic Carbon Concentration and Annual Load Exported from Artificial Forest in Toyota City

松本嘉孝・江端一徳

Yoshitaka MATSUMOTO and Kazunori EBATA

1. はじめに

地球上の炭素循環を明らかにするためには、大気や海域、陸域における炭素蓄積量の把握と、それぞれの蓄積場所とをつなぐ移動量を明らかにする必要がある (Chapin et al., 2011). この移動経路のうち、河川を介して陸域から海域へ移動する炭素量は、 $0.4 - 0.9 \times 10^{15} \text{gC yr}^{-1}$ 程度 (Schlesinger and Melack, 1981 ; Hope et al., 1994 ; Chapin et al., 2011) とされており、大気中へ放出される炭素量である化石燃料の燃焼 ($5.3 \times 10^{15} \text{gC yr}^{-1}$) や大気から陸上植物への吸収量 ($60 \times 10^{15} \text{gC yr}^{-1}$) と比べ小さい。ただ、Schlesinger and Melack (1981) が示しているように、海洋炭素堆積物に至る 10% 移動量が陸域からの炭素であることや、陸域から水域および海域への唯一の炭素移動経路であることから、その移動量を詳細に測定することが求められる。

河川を流下する炭素の種類としては、粒状有機物である POM (Particle Organic Matter)、溶存有機物である DOM (Dissolved Organic Matter) および溶存無機炭素である DIC (Dissolved Inorganic Carbon) があげられる。このうち POM については、粒径が 1mm 以上である粗粒状有機物 CPOM (Coarse Particle Organic Matter) と 1mm 以下の微細粒状有機物 FPOM (Fine Particle Organic Matter) に分類される (吉村ら, 2006)。DOM は文献によって境界となる粒径は異なるが概ね 0.45 もしくは $0.2 \mu\text{m}$ 以下の有機物を示す。また、DOM の炭素量を示す指標として DOC (Dissolved Organic Carbon) が用いられており、水質調査などで用いられる全有機炭素 TOC (Total Organic Carbon) は、有機物のサイズ分画の観点から FPOM と DOM を合わせた炭素量を示す指標である。上記で示したそれぞれの炭素形態について、陸域から河川を経由して流出する炭

素量の把握が行われている (Tipping et al., 1997)。このうち DOC に着目した流出量の推定は、全陸地面積の約 31% を占める森林域に着目し、北アメリカやヨーロッパなどを中心に調査研究が行われている (例えば Hope et al., 1994 ; Hinton et al., 1997 ; Tranvik and Jansson, 2002 ; Evans et al., 2002 ; Dalzell et al., 2007)。

一方国内における森林域から流出する DOC 研究については、滋賀県琵琶湖南部の森林流域 (川崎ら, 2002a ; 川崎ら, 2002b ; 大手・川崎, 2004) や山梨県瑞牆山南麓の森林流域 (松本ら, 2006 ; 芳賀ら, 2007a ; 芳賀ら, 2007b ; 芳賀ら, 2009) において、森林河川の DOC 濃度変化および形成過程に水文過程が及ぼす影響について研究が行われている。ただ、年間 DOC 流出量の把握を行った研究は海外の試験地に比べ少なく、Sakamoto et al. (1999) が北海道の混交林 (流域面積 : 2.0ha) にて DOC 流出量を $33 \text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ 、長坂ら (2015) が北海道中央部の高齢級トドマツ人工林 (流域面積 : 7.05ha) と落葉広葉樹林 (流域面積 : 8.25ha) にて観測し、それぞれ $17.1 \text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ 、 $14.0 \text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ と報告している。DOC に POM を加えた TOC については、武田 (2002b) は島根県のスギが優占する針葉樹人工林 (流域面積 : 0.34ha) とヒノキが優占する人工樹林 (流域面積 : 1.26ha) で観測し TOC 流出量はそれぞれ $15.8 \text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ と $8.4 \text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ 、橋 (1993) は北海道の混交林で観測し $17.1 \text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ としている。ただ、TOC は DOC に POC を加えた値であり、Sakamoto et al. (1999) は TOC 年間流出量は DOC の 1.6 倍、および Tipping et al. (1997) は 11 流域の平均値として 1.5 倍としており、報告のあった TOC 値の 3 分の 2 程度を DOC が占めることとなり、有機物流出に占める DOC 流出は少なくはない。

以上のことを背景に我々の研究チームの最終目的を、

森林域から流出する年間溶存有機炭素量を推定することとし、その推定方法として物理数値モデルを用いることが有効であると考えている (Ebata et al., 2018). 溶存有機炭素量推定については、河川流量と炭素流出量の線形関係解析によるものが多く報告されていたが、各流域の地形、気候、植生、水文条件によりその近似式に用いるパラメータが異なるため、汎用性が低いことが指摘されている。そのため、DOC 生成および移動素過程をベースにした数値モデルが求められており、我々のチームでは、陸域から河川に DOC が運ばれる水文過程と陸域での DOC 溶出物理過程を組み込んだ数値モデルの開発を目的に研究を行なっている (Ebata et al., 2018). そのモデル開発には、人為的な影響のない森林流域での詳細かつ正確な水文データと水文変動に対応した高頻度の DOC 濃度の把握が求められるとともに、植生や地形条件などが異なる流域での実証データの蓄積を基にしたモデル検証が望まれる。

そこで本研究では、これまで Ebata et al. (2018) が調査を行ってきた山梨県の調査地に加える DOC 流出量を計測する試験地として豊田市内の市有林を選定し、森林域の気温や降水量といった気象観測や河川流量などの水文観測を行い、DOC 濃度および年間 DOC 流出量の調査を行った。

2. 方法

2-1 調査地

調査は愛知県豊田市足助町の神越川の源流域で行った (図 1). 調査地は豊田市市有林内にあり、この調査地を

御内調査地と名付けた。御内調査地の流域面積は 2.04km^2 、標高は 657m から $1,126\text{m}$ である。植生はスギ *Chamaecyparis obtusa*、ヒノキ *Cryptomeria japonica* の人工林、基岩は河川右岸側は花崗岩、左岸側は泥質片岩、河川部は変成チャートである。

日本の人工林のうち 44% をスギ、25% をヒノキといった針葉樹が占めており (林野庁, 2019)、豊田市においては森林が市面積の 68% を占め、その 57% が人工林であり、このうちスギが 32%、ヒノキが 55% となる (愛知県, 2019; 豊田市, 2019)。そのため、スギ、ヒノキの人工林である今回の調査地は、日本および豊田市の一般的な人工林での調査地であるといえる。

2-2 現地観測

調査は 2013 年 10 月から気象および水文観測を開始し、2015 年 4 月から自動採水器による観測を開始した。調査地へは 2 から 3 週間に 1 度の頻度で赴いた。

河川内には水位計 (HM-500, Field Pro) を設置し、10 分ごとに観測を行った。降水量は、河川近傍の開放地に雨量計 (Rain Collector II, Davis Instruments) を設置し、こちらも 10 分ごとに観測を行った。雨量計を設置した場所と同じ地点に、気象観測装置 (WXT520, Vaisala) も設置し、10 分ごとに気温観測を行った。そして、水位計を設置した場所には、多項目水質計 (DS5, HYDROLAB) を設置し、10 分ごとに水温の計測を行った。これらの 10 分ごとの観測データから 1 日の平均値を算出し、解析に用いた。

河川流量は調査時に砂防堰堤断面で観測を行った。この全 64 回の観測によって求めた河川流量と同時刻に観

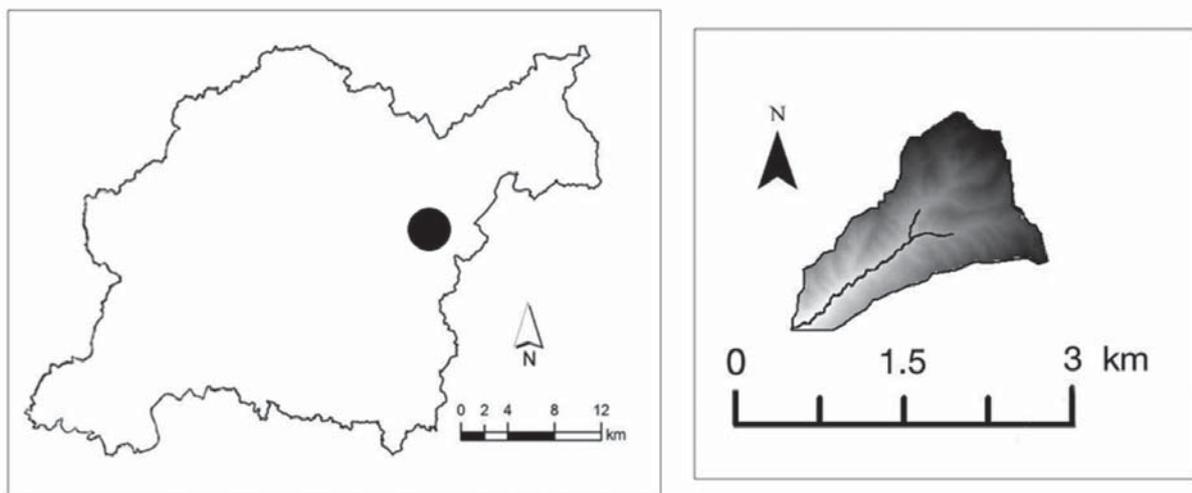


図 1 豊田市内における御内調査地の位置 (左) と御内調査地内の詳細 (右)。御内調査地内のグラデーションは標高を示し、白は最小標高値である 657m 、黒は最大標高値である $1,126\text{m}$ を示す。

測された河川水位とで H-Q 曲線を算定し、日河川流量を算出した。

河川水は河川左岸にて自動採水器 (6712 Portable Samplers, TELEDYNE ISCO) にて毎日採水を行った。1 回で採水する水量は 1L であり、採水時刻はほとんどの期間で午前 9 時から 11 時の間であった。毎年、気温が氷点下となる 1 月から 2 月にかけては、自動採水器の採水チューブが凍結するため、採水が不可能となる期間があった。

2-3 DOC 分析および算出方法

採水した試料は実験室に持ち帰り、冷暗所にて保管した。分析の前処理としては、0.45 μm のガラス繊維ろ紙にて河川水をろ過し、その試料を TOC 計 (TOC and TN analyser, Analytik Jena multi N/C 3100) で分析を行った。この TOC 計の検出限界は 0.2mg L⁻¹ である。

分析によって求めた DOC 濃度と、日河川流量とを乗じて、DOC 流出量を算出した。このうち、DOC 濃度が観測できなかった日については、日ごとに求めた河川流量と DOC 流出量との関係式を算定し、その式から DOC 流出量を算出した。

3. 結果および考察

3-1 御内調査地の気象および水文観測結果

表 1 は御内調査地にて観測された、年平均気温、年間降水量および年間河川流量、流出率を示している。合わせて、気象庁 AMeDAS の豊田市によって観測された、年平均気温と年間降水量も示している。御内の年平均気温は 11 $^{\circ}\text{C}$ 前後であり、豊田市中心部に比べ約 5 $^{\circ}\text{C}$ 低いことがわかる。年間降水量については、年によって変動はあるものの平均して 2,300mm 程度であり、豊田市中心部に比べ 500 から 800mm 程度多いことがわかる。河川

流量は降水量により変動しており、流域面積あたりの河川流量を降水量で除した値である流出率は、降水量は年による変動があるものの、その変動は小さく 48% 程度であった。

図 2 は、2015 年から 2018 年における、御内調査地で観測された平均気温、水温と年間降水量、河川流量を示しており、それぞれのエラーバーは各月で平均化された値の最大値と最小値を示している。御内の月最低気温を記録する月は 1 月でありその平均気温は氷点下となっている。4 月から 5 月にかけて 6.5 $^{\circ}\text{C}$ の急激な気温上昇があることも特徴である。一方、月最高気温は 8 月に観測し、22.7 $^{\circ}\text{C}$ となった。水温変動も気温変動と同様であり、その最低水温は 2.9 $^{\circ}\text{C}$ 、最高水温は 18.2 $^{\circ}\text{C}$ となった。

降水量の月別分布より、7 月から 9 月にかけて月平均で 300mm を超えた。ただし、この 3 ヶ月の降水量の最大値と最小値の差は 470mm 以上となり、そのばらつきが大きくなることも特徴である。1 月と 2 月、11 月と 12 月までの降水量平均値は 100mm を下回り、年間の中でも降水量が少ない時期となった。河川流量については、9 月が最も大きな値となったが、降水量が大きくなった 7 月と 8 月については、他の月に比べて目立って大きくならなかった。そのため、3 月から 10 月までの間、河川流量は比較的高い傾向にあり、降水量が少なくなった 1 月と 2 月、11 月と 12 月については、他の月に比べ河川流量は小さくなる傾向であった。

図 3 は 2015 年から 2018 年の日降水量と河川流量を示している。これによると、日降水量が 100mm を超える日が 7 月から 10 月に分布しており、特に 8 月後半から 10 月前半には 200mm を超える日降水量を観測している。これは、台風によってもたらされた降雨であり、月別の降水量変動をもたらし原因が台風の影響であるといえる。日河川流量からは、大きな日降水量を観測した時に上昇することが確認される。ただ、日降水量が

表 1 御内調査地の 2015 年から 2018 年における年平均気温、年間降水量、年間河川流量と流出率および AMeDAS 豊田市にて観測された年平均気温と年間降水量。

2015 年の御内調査地の降水量については、一部観測されていない期間があったため値を示していない。
2016 年の年平均気温については、観測機器の故障により欠損データが多かったため値を示していない。

	Miuchi				Toyota	
	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Precipitation (mm)	Discharge ($\times 10^5 \text{m}^3 \text{yr}^{-1}$)	Runoff Rate (%)	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Precipitation (mm)
2015	11.6		19	47	15.9	1,590
2016		2,244	22	49	16.1	1,423
2017	10.1	2,115	21	49	14.9	1,504
2018	11.0	2,942	28	49	16.0	1,600
Average	10.9	2,434	23	48	15.7	1,529

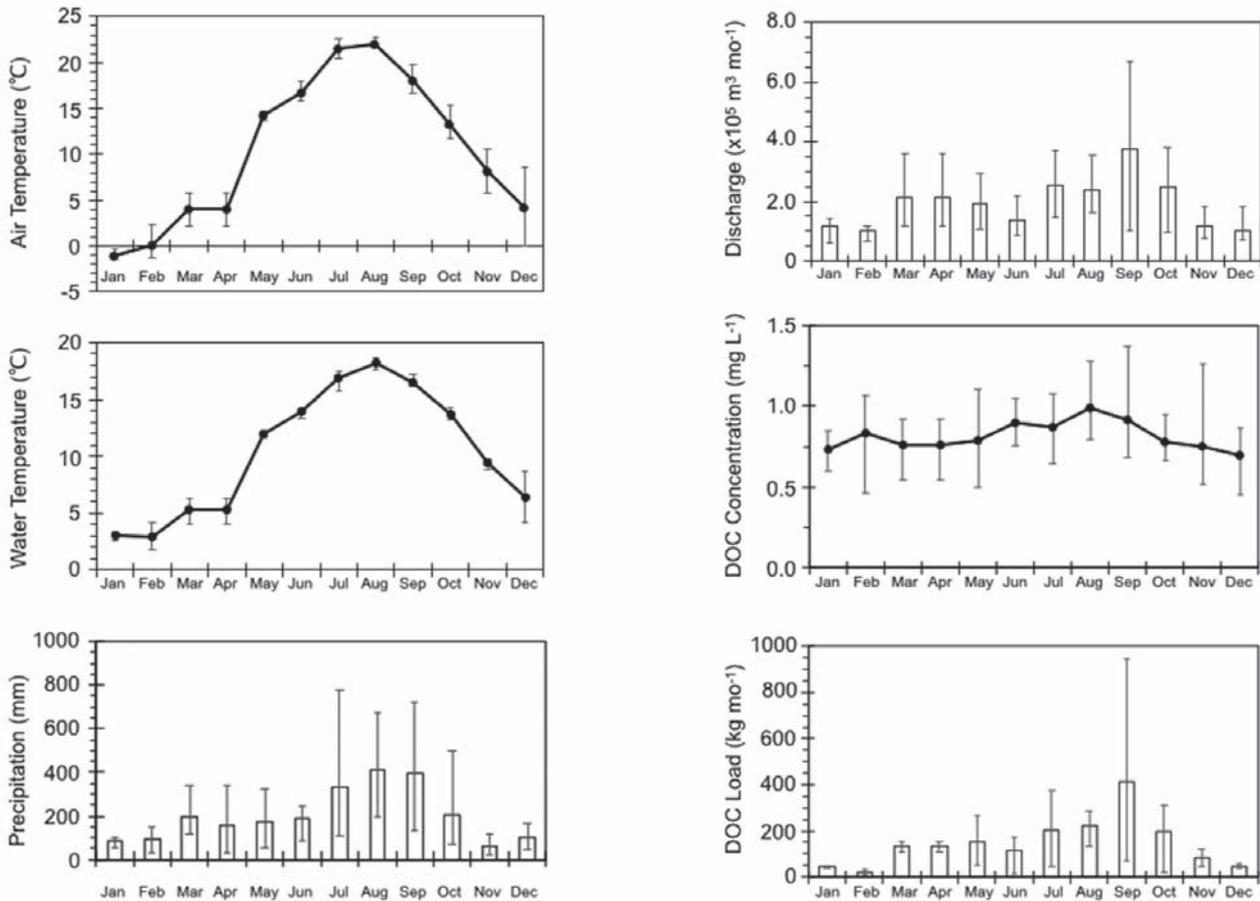


図2 2015年から2018年の御内調査地における月別平均気温（左上）、平均水温（左中）、降水量（左下）、河川流量（右上）、平均DOC濃度（右中）、DOC流出量（右下）。
図中のエラーバーは観測年内の各月最大値と最小値を示す。

100mmを下回る際にも、流量が増加し、数日間高い流量を保つ傾向にある。これは、数日間にわたり降雨が降り続く春や秋、梅雨時期にみられる現象であり、このことが月別河川流量が降雨と異なり、3月から10月の間に流量が高い傾向だったと考えられる。

3-2 御内調査地のDOC濃度およびDOC流出量調査結果

年間の平均、最大、最小DOC濃度および年間DOC流出量を表2に示す。平均DOC濃度は 0.9mg L^{-1} となった。本調査地と同様に国内の針葉樹人工林でおこなった武田（2002a）の研究では、平均TOC濃度はスギが優占する人工林で $2\text{--}4\text{mg L}^{-1}$ 、ヒノキが優占する人工林で 1mg L^{-1} 程度であった。DOC流出量はTOC流出量の3分の2程度（Tipping et al., 1997）であるため、濃度も同割合と考えられることから、スギ人工林の最大値を除くと本調査地のDOC濃度と同程度であるといえる。また、近畿地方の52森林渓流水のDOC濃度を調査した金子（1998）によると、 0.5mg L^{-1} としており、ほぼ同程度であることがわかった。ただし、本研究における

DOC濃度の最大値は 3.7mg L^{-1} を記録しており、平均値の4倍近い値となった。一方、最小値は 0.2mg L^{-1} となり、こちらは平均値の1/4程度になった。DOC流出量は、約 $2,000\text{kg yr}^{-1}$ となり、2018年には $2,500\text{kg yr}^{-1}$ を超える量を観測した。この値を単位面積あたりに換算すると、約 $9.9\text{kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ となった。前述したSakamoto et al. (1999)の $33\text{kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ 、長坂ら（2015）の $17.1\text{kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ 、 $14.0\text{kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ に比べ小さくなると共に、Ebata et al. (2018)が山梨県の混合林の2流域で観測した結果である、 $21.2\text{--}25.1\text{kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ および $10.8\text{--}11.4\text{kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ よりも小さくなった。TOC流出量を算出した武田（2002b）と橘（1993）の値を3分の2とした値と比較すると、武田（2002b）のヒノキが優占する人工樹林以外は本調査地の方が小さくなった。

図2には月別のDOC濃度とDOC流出量も示している。DOC濃度変動については、8月に 1.0mg L^{-1} と最大値を記録するが、最小値は1月、11月、12月に 0.7mg L^{-1} を記録しており、その差はほとんどない。その年間DOC濃度変動に比べ、各月内における最大値と最小値

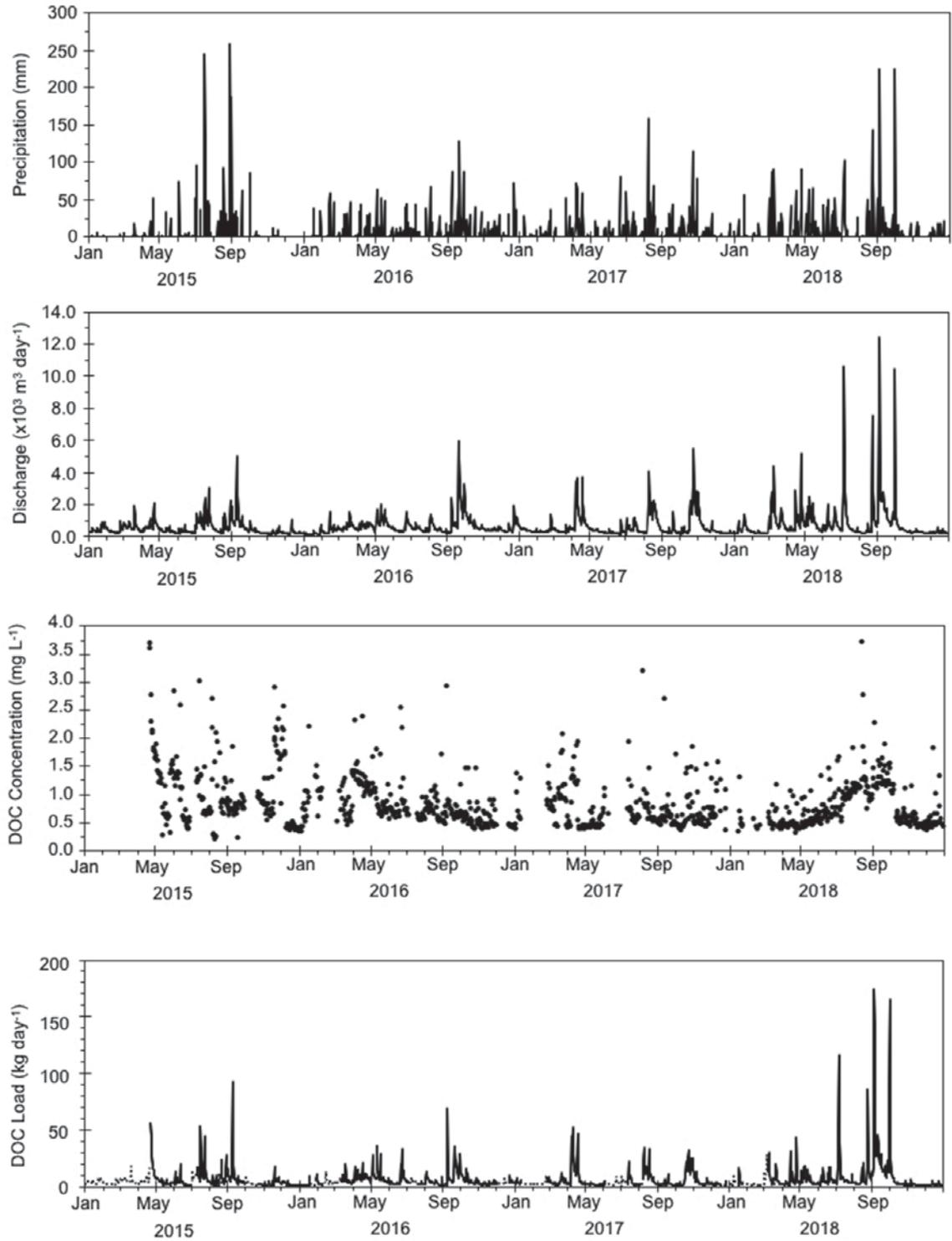


図3 2015年1月1日から2018年12月31日の御内調査地における日別降水量（1段目）、河川流量（2段目）、DOC濃度（3段目）、DOC流出量（4段目）。DOC流出量の点線は実測したDOC流出量と河川流量の関係式から求めた推定DOC流出量を示す。

の幅の方が大きくなったことが特徴としてあげられる。特に9月の最大値と最小値の幅は 0.7mg L^{-1} となった。月別DOC流出量については、9月の値が他の月に比べて大きくなるとともに、その最大値も平均の2倍以上になる程、年によって大きく異なることがわかる。河川流量が小さくなる、1月と2月、11月と12月には、DOC

流出量も小さくなる。

図3には、河川水の日別DOC濃度を示している。その濃度分布をみると、年平均値の 0.9mg L^{-1} 付近で多くの点が見られるものの、ところどころで濃度が急激に高くなっている点もみられる。このような点は、季節や月に依存しておらず、流量が増加した時に多く発生してい

表2 御内調査地における2015年から2018年における年平均DOC濃度、最大DOC濃度、最小DOC濃度と採水回数および年間DOC流出量。

年平均DOC濃度は単純平均値を示す。年間DOC流出量算出において、採水していない日のDOC流出量は実測したDOC流出量と河川流量からえられた関係式より算出した。

	DOC			Sample Num.	DOC Load (kg yr ⁻¹)
	Average (mg L ⁻¹)	Maximum (mg L ⁻¹)	Minimum (mg L ⁻¹)		
2015	1.1	3.7	0.2	218	2,024
2016	0.8	2.9	0.3	286	1,944
2017	0.8	3.2	0.4	263	1,720
2018	0.8	3.7	0.3	303	2,523
Average	0.9	3.4	0.3		2,053

と思われる。そのため、月別の平均濃度には大差が見られないものの、月内で最大値と最小値に大きな差が生まれたと考えられる。

DOC流出量については、2015年1月から5月における流量から推定した計算値が大きな値を示している例はこの図からは見られない。河川流量の少ない1月と2月、11月と12月付近はDOC流出量が小さく、その他の時期には比較的大きな値であることが見て取れる。また、季節にかかわらず、時折パルスピークが発生しているのは、降雨による流量増加が影響していると思われる。この流量の増加によるDOC濃度の上昇は他の流域でも確認されており、その原因としては、地下水位の上昇に伴う土壌中のDOCの流出 (Hinton et al., 1998) や河道周辺の河畔林内などにあるホットスポットからの流出 (Vidon et al., 2010) などが考えられており、今回調査を行った森林でも水文過程の変化による陸域から河川域へのDOC輸送が発生したと思われる。

4. 結論

本研究では、愛知県豊田市北東部に位置する豊田市市有林から流出する年間溶存有機炭素量の把握を目的として調査を行った。その結果、調査を行った森林の気温は市中心部に比べ5℃ほど年間平均気温は低く、降水量は500mm程度大きくなった。降雨は7月から9月にかけて300mmを超えることがあり、台風に伴う大雨によりその降水量が年により大きく変動することがわかった。これに対し、月別河川流量は、1月と2月、11月と12月は低下傾向にあるものの、その他の月については、同程度の流量であることがわかった。河川の年間平均DOC濃度は0.9mg L⁻¹となり、他の国内の森林で観測された値に比べ小さくなった。そのこともあり、年間DOC流出量も他の流域に比べ小さくなった。ただ、

DOC濃度は降雨による流量の増加とともに上昇する傾向も見られた。

謝 辞

本研究は、日本学術振興会科学研究補助金若手研究B (No. 25820254, 採択年度平成25年度から平成29年度) の補助を受けて行われた。

Abstract

Dissolved Organic Carbon, DOC, plays the key role as the primary energy for micro-organisms in the river ecosystem and the transporter of heavy metals in the terrestrial system. And estimating the annual DOC load exported from forest provides one of the information in the carbon cycle in the forest ecosystem. The purpose of our investigation is to obtain the basic data of meteorology and hydrology and estimate the average DOC concentration and the annual DOC load in the artificial needle forest in Toyota city. The investigation site locates at the northeast in Toyota city, and the catchment area is 2.04 km². We started to collect data and waters from 2015. The average annual precipitation was around 2,300 mm, and average runoff rate was 48%. The average DOC concentration was 0.9mg L⁻¹, but the maximum DOC concentration reached 3.7mg L⁻¹. The most of higher DOC concentration recorded in the high discharge period. The average annual DOC load was almost 2,000kg yr⁻¹ and 9.9kg ha⁻¹ yr⁻¹, which is the smallest export in the published investigation in Japan. The monthly DOC export would depend on the

precipitation volume that especially typhoon takes a significant contribution.

Keywords: Dissolved Organic Carbon, Forest, Stream, Annual DOC load

引用文献

- 愛知県 (2019) 平成 29 年度 愛知県林業統計書 第 1 地域の概要, https://www.pref.aichi.jp/uploaded/life/222481_662025_misc.pdf (2019 年 8 月 17 日 閲覧)
- Chapin, F. S., P. A. Matson and P. Vitousek (2002) Principles of terrestrial ecosystem ecology. Chapter 15 Global Biogeochemical Cycles. Springer - Verlag New York: 335-355.
- Dalzell B. J., T. R. Filley and J. M. Harbor (2007) The role of hydrology in annual organic carbon loads and terrestrial organic matter export from a midwestern agricultural watershed. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71: 1448-1462.
- Ebata, K., Y. Ichikawa, H. Ishidaira, Y. Matsumoto and K. Nishida (2018) Runoff load estimation model for dissolved organic carbon that considers soil and hydrologic processes in forested watersheds. *J. of Water & Environment Technology*, 16: 199-210.
- Evans, D. C., C. Freeman, T. D. Monteith, B. Reynolds and N. Fenner (2002) Terrestrial export of organic carbon. *Nature*, 415: 861-862.
- 芳賀弘和・西田継・坂本康 (2007a) 出水時における森林河川の溶存有機炭素濃度と斜面の水文過程. *水環境学会誌*, 30: 657-660.
- 芳賀弘和・西田継・坂本康 (2007b) 水の流出経路が森林河川の溶存有機炭素濃度に及ぼす影響. *水環境学会誌*, 30: 573-578.
- 芳賀弘和・西田継・坂本康 (2009) 斜面での雨水流出経路が源流域河川の溶存有機炭素濃度—流量関係に与える影響. *土木学会論文集 G (環境)*, 65: 37-43.
- Hinton, M. J., S. L. Schiff and M. C. English. (1997) The significance of storms for the concentration and export of dissolved organic carbon from two Precambrian Shield catchments. *Biogeochemistry*, 36: 67-88.
- Hinton, J. M., S. L. Schiff and M. C. English (1998) Sources and flowpaths of dissolved organic carbon during storms in two forested watersheds of the Precambrian Shield. *Biogeochemistry*, 41: 175-197.
- Hope, D., M. F. Billet and M. S. Cresser (1994) A review of the export of carbon in river water: fluxes and processes. *Environmental Pollution*, 84: 301-324.
- 金子真司 (1998) 近畿地方における渓流水の広域調査—渓流水質の形成にかかわる要因について—. *水利科学*, 41(6): 35-55.
- 川崎雅俊・大手信人・南部桂・保原達・岡崎亮太・勝山正則・金秀珍 (2002a) 森林流域の水文過程における溶存有機炭素の動態. *陸水学雑誌*, 63: 31-45.
- 川崎雅俊・大手信人・浅野友子・内田太郎 (2002b) 森林小流域の降水浸透過程における溶存有機炭素の動態. *日本生態学会誌*, 52: 119-123.
- 松本嘉孝・西田継・芳賀弘和・坂本康 (2006) 出水時における森林源頭部の湧水中有機炭素濃度変動に影響を及ぼす流出経路と出水前の湧水溶存有機炭素量の検討. *水工学論文集*, 50: 1519-1524.
- 長坂晶子・長坂有・石川靖 (2015) 北海道中央部の小流域における溶存有機炭素・無機炭素の流出特性. *北海道林業試験場研究報告*, 52: 11-22.
- 大手信人・川崎雅俊 (2004) 森林流域からの炭素流出のメカニズムと水文過程. *地球環境*, 9: 101-111.
- 林野庁 (2019) 平成 30 年度 森林・林業白書 第 II 章 森林の整備・保全, 第 1 節 森林の適切な整備・保全の推進, <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/30hakusyo/attach/pdf/zenbun-3.pdf> (2019 年 8 月 17 日 閲覧)
- Sakamoto, T., M. Takahashi, T. Terajima, Y. Nakai and Y. Matsuura (1999) Comparison of the effects of rainfall and snowmelt on the carbon discharge of a small, steep, forested watershed in Hokkaido, northern Japan. *Hydrological Processes*, 13: 2301-2314.
- Schlesinger, W. H. and J. M. Melack (1981) Transport of organic carbon in the world's river. *Tellus*, 33: 172-187.
- 橋治国 (1993) 懸濁物質の流出・流下と水環境への影響. *水環境学会誌*, 16: 450-456.
- 武田育郎 (2002a) 針葉樹人工林の間伐遅れが面源からの汚濁負荷量に与える影響 (II). *水利科学*, 46(3): 47-71.
- 武田育郎 (2002b) 針葉樹人工林の間伐遅れが面源からの汚濁負荷量に与える影響 (III). *水利科学*, 46(4): 63-84.
- Tipping, E., A. F. H. Marker, C. Butterwick, G. D. Collett, P. A. Cranwell, J. K. G. Ingram, D. V. Leach, J. P. Lishman, A. C. Pinder, E. Rigg and B. M. Simon (1997) Organic carbon in the Humber rivers, *The Science of the Total Environment*, 194/195: 345-355.
- 豊田市 (2019) 平成 29 年度版 森づくり白書 第 1 章 豊田市の森林を取り巻く環境, https://www.city.toyota.aichi.jp/_res/projects/default_project/_page/_001/003/876/h29_01.pdf (2019 年 8 月 17 日 閲覧)
- Tranvik, L. J. and M. Jansson (2002) Terrestrial export of organic carbon. *Nature*, 415: 861-862.
- Vidon, P., C. Allan, D. Burns, T. P. Duval, N. Gurwic, S. Inamdar, R. Lowrance, J. Okay, D. Scott and S. Sebestyen (2010) Hot spots and hot moments in riparian zones: potential for improved water quality management. *Jour. of Ame. Water Resour. Asso.*, 46: 278-298.
- 吉村千洋・谷田一三・古米弘明・中島典之 (2006) 河川生態系を支える多様な粒状有機物. *応用生態工学*, 9(1): 85-101.

〔豊田工業高等専門学校 環境都市工学科
〒471-8525 愛知県豊田市栄生町 2-1〕

付表 2015年から2018年の各月における平均気温、降水量、日平均流量、平均・最大・最小DOC濃度と標準偏差、採水回数および日平均DOC流出量と標準偏差。

日平均DOC濃度は単純平均値を示す。日DOC流出量算出において、採水していない日のDOC流出量は実測したDOC流出量と河川流量からえられた関係式より算出した。

※は未観測収集データが存在したため不掲載。

		Air Temp.	Precipitation	Discharge	DOC concentration				DOC Load		
		Average		Average	Average	S.D.	Maximum	Minimum	Sample Num.	Average	S.D.
		(°C)	(mm)	($\times 10^3 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$)	(mg L^{-1})		(mg L^{-1})	(mg L^{-1})		(g day^{-1})	
2015	Jan.	-0.3	※	4.6							
	Feb.	-0.4	※	3.6							
	Mar.	3.9	※	6.3							
	Apr.	3.9	※	6.3							
	May	14.7	57.0	3.5	1.1	0.5	1.9	0.3	31	3.9	2.0
	Jun.	16.5	87.0	3.0	1.0	0.6	2.9	0.4	29	3.6	3.8
	Jul.	20.5	778.0	11.0	1.1	0.5	3.0	0.6	22	13.5	13.2
	Aug.	21.7	672.0	6.5	1.1	0.6	2.7	0.2	27	7.1	6.9
	Sep.	17.1	203.0	9.9	0.8	0.3	1.8	0.2	30	9.6	16.2
	Oct.	11.7	93.0	3.2	1.0	0.1	1.0	0.9	10	1.9	0.3
	Nov.	10.6	23.0	2.5	1.3	0.6	2.9	0.6	30	3.5	3.3
	Dec.		※	2.6	0.8	0.7	2.6	0.4	30	1.9	1.3
2016	Jan.		95.0	2.0	0.8	0.5	2.2	0.3	21	2.2	2.7
	Feb.	2.3	151.5	4.0	1.0	0.2	1.1	0.6	7	2.4	0.7
	Mar.	4.4	136.5	6.1	0.8	0.3	1.4	0.5	22	5.7	3.8
	Apr.	4.4	136.5	6.1	0.8	0.3	1.4	0.5	22	5.7	3.8
	May	14.6	242.0	8.6	1.0	0.3	1.8	0.6	30	9.0	7.7
	Jun.	16.9	193.0	5.3	0.9	0.5	2.6	0.6	28	5.7	6.5
	Jul.	20.8	108.0	4.7	0.6	0.1	0.9	0.5	17	2.8	1.0
	Aug.	21.7	199.0	5.2	0.8	0.2	1.7	0.5	31	4.2	2.8
	Sep.	19.7	515.0	14.5	0.8	0.4	2.9	0.5	30	12.0	14.1
	Oct.	15.3	144.0	8.3	0.7	0.3	1.5	0.4	31	5.6	3.4
	Nov.	8.5	116.0	4.3	0.6	0.2	0.9	0.4	29	2.5	1.1
	Dec.		163.0	5.8	0.5	0.0	0.5	0.4	10	4.4	1.8
2017	Jan.	-1.5	50.5	4.0	0.8	0.4	1.4	0.4	10	3.8	1.6
	Feb.	-0.4	93.5	4.0	1.1	0.3	1.5	0.8	5	6.4	1.5
	Mar.	2.2	113.0	3.7	0.9	0.4	2.1	0.4	31	3.6	2.3
	Apr.	2.2	113.0	3.7	0.9	0.4	2.1	0.4	31	3.6	2.3
	May	14.0	56.5	3.4	0.5	0.1	0.8	0.4	31	1.7	0.5
	Jun.	15.8	212.0	2.9	0.9	0.2	1.1	0.7	4	2.8	1.4
	Jul.	21.9	130.5	5.0	0.8	0.3	1.9	0.5	20	4.3	4.6
	Aug.		400.5	11.4	0.8	0.5	3.2	0.5	25	10.9	8.6
	Sep.	16.7	136.0	3.4	0.7	0.4	2.7	0.5	30	2.3	1.9
	Oct.	13.3	499.0	12.3	0.7	0.4	1.9	0.4	31	10.1	10.1
	Nov.	5.8	74.5	6.1	0.7	0.3	1.6	0.4	30	4.0	3.0
	Dec.	0.1	41.0	2.3	0.9	0.3	1.6	0.4	16	2.3	1.0
2018	Jan.	-1.5	98.5	4.5	0.6	0.3	1.3	0.3	8	5.1	4.8
	Feb.	-1.4	30.5	2.4	0.5	0.1	0.6	0.4	5	1.2	0.4
	Mar.	5.7	342.5	11.7	0.5	0.2	1.2	0.4	23	6.8	6.6
	Apr.	5.7	342.5	11.7	0.5	0.2	1.2	0.4	23	6.8	6.6
	May	13.7	320.5	9.4	0.6	0.2	1.1	0.4	31	5.8	4.5
	Jun.	18.0	247.5	7.3	0.8	0.2	1.5	0.5	30	5.8	4.1
	Jul.	22.5	296.0	12.0	1.0	0.3	1.8	0.5	31	12.0	21.7
	Aug.	22.7	386.5	8.0	1.3	0.6	3.7	0.7	30	9.4	15.6
	Sep.	18.4	723.0	22.3	1.4	0.3	2.3	1.1	30	31.5	37.7
	Oct.	12.7	70.0	8.2	0.8	0.3	1.6	0.5	28	10.0	30.6
	Nov.	7.8	42.5	2.8	0.5	0.1	1.2	0.4	30	1.5	0.8
	Dec.	8.5	92.0	2.6	0.6	0.3	1.8	0.4	27	1.6	1.0