

海とつながる源流域からの栄養供給に関する考察

石巻専修大学理工学部 菅野邦昭

正会員 高崎みつる

1. はじめに

森に降った雨は沢から川を通じて海へと運ばれる。日本の各地では漁師が豊かな海を作るために、盛んに植林を通じた活動が盛んに行われている。現在、豊かな海を育む栄養に関するフミン質、フルボ酸鉄、SiO₂、鉄、などの影響に関して理解が深まっている。しかしながら源流域の水質が海の生産と結びついていくかを評価する為に適切なフィールドはほとんど見当たらない。森からの水の流れと海の生産といった2つの結びつきを考えるにあたって、森の恵みと海の受ける影響を定量的に評価していく事は、海の生産を見直すために重要な課題となっていくだろう。

2. 調査地点概要

調査対象の長面浦は、宮城県河北町の新北上川河口近くに位置し、集水面積約8 km²、浦海面積は1.4km²の汽水域である。太平洋（追波湾）とつながる約7kmの挟水路を持ち、周囲が標高378m~240mの低山に囲まれている。長面浦の集水面積の約99%は山で、田畑の影響はなく人為的負荷もない。長面浦を取り囲む集水域からは、数本の沢水流入がある。長面浦に近く樹林相の異なる河北町の上品山でも並行して調査を行った。上品山は標高466m、長面浦から直線距離にして約10km離れ、山頂北側斜面では春から秋にかけて牛の放牧が行われる町営牧場になっている。しかし、調査地点南側斜面に牛の放牧による影響はない。地質的には長面浦と同じで、クヌギ、コナラなど低灌木に覆われている。

3. 目的

本研究では沢水水質に樹木の種類による影響はあるのかを考察した。対象は共に人為的負荷がなく、地質的には同じで山容も似た山で、スギの多い山、照葉で覆われた山である。長面浦を取り囲む山から流入する栄養は、浦海内の水質形成にどう影響を及ぼしているかを検討した。ここでは、海に対する森の影響を検討する為、降雨を挟んで浦海水質が変化した時を対象に沢水水質、降雨量に基づく森（山）からの流入負荷の占める割合から考察した。

4. 調査期間、調査方法と調査項目

山地水質調査は上品山で2002年4月19日~2002年11月27日までの計16回と、長面浦での2002年5月31日~2003年12月25日の計34回行った。山の沢水調査では、沢水表層水を試料水としてサンプリングした。採水頻度は週間に1回程度である。長面浦海内の調査は箇所で行った。ポイント1（最大水深6.5m）と、ポイント2（最大水深10.5

m）を鉛直方向に1mピッチで採水した。採水頻度は週間に1回である。

上品山、長面浦流入沢水調査では現場で水温、pH、ORP、電気伝導度を測定した。表層水を採水し、その場で過後試料水とし実験室に持ち帰り、栄養塩分析を行った。長面浦海内では鉛直方向1m毎に採水し、その後試料水とし、実験室に持ち帰り栄養塩分析を行った。栄養塩分析はブランドレーベ社のTRAACS2000を用いた。

5. 結果と考察（源流水質の影響）

		SiO ₂	DTN	DTP
上品山	MAX	17.02	2.877	0.03
コナラ	MIN	7.009	0.305	0.007
16回	MEDIAN	12.636	0.9325	0.018
	AVERAGE	12.4744	1.02025	0.016297
	VARIANCE	3.28476	0.17973	2.51E-05
長面浦				
	沢	MAX	14.285	1.89225
スギ	MIN	3.427	0.36575	0.00425
34回	MEDIAN	10.8763	0.77625	0.01075
	AVERAGE	10.1629	0.84213	0.012797
	VARIANCE	11.5142	0.3423	2.38E-05

表1 上品山と長面浦流入沢水の栄養塩濃度比較

樹林層の違いによる沢水水質の比較を表1に示した。落葉灌木の多い上品山の沢水水質は、杉の多い長面浦周辺低山に比べケイ酸、DTN、DTP 平均値で2割程大きな値を示していた。しかし長面浦周辺低山には照葉樹林も残っていることからこの違いが、杉など針葉樹林帯と照葉樹林帯を流れる沢水水質の違いと言い切ることは難しいだろう。

（降雨の影響）長面浦集水面積の8 km²と長面浦面積1.43 km²に降った雨によってどの程度長面浦が希釈されるかを検討した。降雨のどの程度が沢水となって長面浦に入るか検討することは困難であった。そこで降雨から長面浦へと注ぐ沢水水量の推定は、100mmを超える降までが雨量のおよそ20%が流量に変換され、100mm以上で降雨量と出水量が対応するとした既往データに基づいて行った。

降雨の影響を考察する対象期間は、観測日前に降雨が無い状態が1週間以上続き、ある程度以上に雨が降った週を挟んでいる2週の観測とした。観測期間中8

月9日から8月15日は8/11~12にかけて8mm、8/14には7mmの降水量があった。9月28日から10月4日には、9/28に45mmの降雨が、10/1には66.5mmのまとまった雨が降った。この2回を降雨に伴う水質変化の検討対象とした。なお塩分濃度の変化の推定では、湖盆形態（50mピッチで測定した浅深測量から推定）を反映させた1m層厚毎容積をベースに、1m深さに区切った層厚中で起こる塩分絶対量の変化を推計した。希釈に必要な淡水量の推定は、降雨を挟んだ1週間の塩分濃度変化を生じさせるために必要な1m層厚毎の容積に対する希釈量として求めた。

降雨に伴う山地から浦海への淡水流入は、どの程度の期間内に降雨が沢水となるかといった時間的な問題が大きく影響する。調査対象で行ってきたこれまでの調査から、短い期間の降雨では、降雨後2日程度で流入水量が激減し、大きな降雨でも3日程度で出水が収まるといった判断をして考察に反映した。

降雨を挟んだ週の塩分濃度の変化を1m層の容積毎に計算した。直接集水域に降った雨由来による塩分濃度の希釈寄与率を全水深対象で考えた場合、表層2mだけを対象に考えた場合のそれぞれに対して試算した。その結果、降雨量が少ない時に、集水域に降った雨が1m層に混ざると考えると降雨の長面浦塩分希釈寄与率は概ね2.3~2.4%、2m層までに降雨の影響が及ぶとすればその寄与率は1.3~1.4%と見積もれた。

降雨量が大きかった（9/28~10/5）で雨が1m層に混ざると考えたとき降雨の影響は12%程度、2m層までが降雨の影響で希釈されたと仮定すると、その寄与はおおよそ7.5%となった。このように集水域の降雨が長面浦塩分低下に果たす影響は100mmを越すようなまとまった降雨時でさえ長面浦の中に認められた塩分濃度変化の12%に過ぎず、15mmの雨では1~2%台が降雨を通した山水の影響という結果となった。

降雨に伴う山からの栄養塩類負荷は、沢水栄養塩濃度と流出水量を考慮し推定した。8月降雨による山から長面浦への SiO_2 供給量はおよそ2448kg~2616kg、DTNは20.1kg~18.4kg、DTPは、0.29kg~0.24kgとなった。長面浦内の1m層で見られた降雨前後の SiO_2 、DTN、DTPの変化量は、それぞれ7831kg、1220kg、17.7kgとなっていた。従って、降雨+山からの栄養が長面浦の栄養変化に及ぼす影響は、0~1m層間に降雨に伴う山に降った水が沢を通して長面浦に入ったと考えた場合、各栄養塩の変化への降雨=山水の影響は SiO_2 :31~33%、DTN:1.6~1.5%、DTP:1.6~1.3%となった。

同様に、降雨に伴う山に降った水が長面浦の0~2m層に流入したと仮定すると、各栄養塩変化に及ぼす降雨=山水の影響は SiO_2 :17~18%、DTN:1.0~0.8%、DTP:0.9~0.7%と試算できた。

この試算結果と長面浦内の塩分希釈に占める降雨の寄与を比較すると、0~1m層で塩分変動への降雨=山水寄与が2.3~2.4%、2m層までを考えたときの寄与率では1.3~1.4%から、DTN、DTPは概ね似た範囲に収まっているとみなせるだろう。しかし、ケイ酸の変化には山からの降雨の影響がほとんど見受けられないといった傾向がみられた。

9月下旬から10月初めにかけて降った総雨量100mmを越す雨の前後の水質におよぼす降雨=山水の影響を同様に考えた場合、0~1m層間に、山に降った水が沢を通して長面浦に入ったときに降雨=山水の水質変化への寄与は SiO_2 :19~11%、DTN:5.7~3.5%、DTP:0.2~0.1%とみなせた。また0~2層に山水が流入したと考えたときの降雨=山水の水質変化への寄与は、 SiO_2 :15.5~9%、DTN:4.4~2.7%、DTP:0.1~0.08%となった。

9/28~10/5の雨が長面浦の0~1m層に混ざると考えたとき降雨の影響は12%程度となっていた。8月と異なり、ケイ酸は降雨の影響範囲に入っていたことが試算できたが、窒素、リンに関して塩分希釈の要因が山からの沢水と考えることが出来ないといった結果を示した。仮に2m層までが降雨の影響で希釈されたと仮定した場合にも、塩分の降雨に伴う沢水希釈の影響（7.5%）からリンは大きく外れたところに値を示した。

集水域の降雨が長面浦塩分低下に果たす影響および長面浦内の栄養塩変化に及ぼす影響には塩分濃度の変化とリニアな関係を見出せなかった。降雨や山からの沢水の影響は栄養塩全体の変化の中で大きなものではなかった。

5. おわりに

森が海の幸を育むことは広く認知されている。長面浦を対象に周辺の山に降った雨の影響がどのように浦海内水質変化に寄与するかを考察した。調査は15mmの降雨と100mmを越す降雨時を対象としたが、降雨の影響が長面浦の塩分濃度変化に及ぼす範囲はせいぜい2%台と低いことが予想された。またケイ酸や溶存態総窒素、溶存態総リン濃度の変化に及ぼす降雨=山水の影響は、栄養塩の種類によって異なっていたが総じて大きなウエイトを占めるといえるものではなかった。