

平成26年度県立大学地域貢献研究の研究成果について（完了報告・中間報告）

研究テーマ	大気沈着窒素が嶺南流域圏の水環境に及ぼす影響の評価	
研究期間	平成 25 ～ 26 年度	
主たる研究者	【学部・学科】 海洋生物資源学部・海洋生物資源学科	【職・氏名】 助教・杉本 亮
<p>○研究目的</p> <p>近年、東アジアの急速な工業化と自動車の普及を背景に、大気中の窒素酸化物 (NO_x) の量が急増し、日本海側でその沈着量が増大している。生態系攪乱物質である NO_x はいったん森林に沈着すると、陸域生態系を攪乱するだけでなく、河川水や地下水を介して沿岸海域にも流出するため、海洋生態系にまでその影響は及ぶ。このような NO_x の大気放出量は、2030 年には現在の 2 倍に達するとも予測されており、大気由来の NO_x が水環境に及ぼす影響を評価することは喫緊の課題となっている。</p> <p>嶺南地方を流れる北川は、平成 23 年全国一級河川の水質現況 (国土交通省) において、最も水質が良好な河川とされている。しかしながら、1980 年代から現在まで継続的にモニタリングされている北川の硝酸イオン (NO₃⁻) 濃度は、この 30 年間で倍増している。また、小浜市の上水道水源にもなっている地下水もここ 10 年間で NO₃⁻ 濃度が急増し、pH の低下が認められている。これらは、越境大気汚染による NO_x の負荷が、県内の水環境の水質変化 (富栄養化や酸性化) を水面下で引き起こしていたことを示している。そこで本研究では、越境大気汚染によって大気から沈着する NO_x が、県内の水環境に及ぼしている影響を評価することを目的とし、2 年間の調査を実施した。</p> <p>○研究成果</p> <p>成果①： 嶺南流域圏の小浜や三方の渓流水は、県内でも最も NO₃⁻ 濃度が高い傾向にある【H26 年度実施, 資料 1】</p> <p>福井県全域を網羅するように計 116 サンプルの渓流水を採取したところ、NO₃⁻ イオン濃度の平均値は 0.4 mg L⁻¹ であり、嶺南と嶺北には有意な差は認められなかった。しかしながら、濃度の高いエリアは偏在しており、嶺北では越前海岸や福井平野の東部、嶺南では小浜や三方、高浜西部において高い傾向が認められ、越境汚染の影響が生じている可能性が示唆される。</p> <p>成果②： 小浜における大気からの窒素沈着量は季節的に大きく変化し、越境汚染の影響が強くなる冬季に沈着量が最大となる【H25-26 年度に実施, 資料 2】</p> <p>小浜において、大気降下物を継続的にサンプリングしたところ、大気から降下してくる窒素量は冬季に高く、夏季に低下するという明瞭な季節変化があり、冬季の窒素沈着量が流域に最も大きな影響を及ぼしていることが明らかになった。また、冬季に大量の窒素を運んでくる気団を降水の安定同位体 (d-excess 値) から推定したところ、大陸側 (中国など) から運ばれてくる気団</p>		

が高濃度の窒素化合物を越境輸送し、降水とともに北川・南川流域に沈着しているものと考えられる。

成果③： 河川水を介して海域へ排出される窒素量に匹敵する量の窒素が、現在の大气から負荷されている【H25年度に実施、資料3】

北川・南川流域における窒素沈着量は、 280 t year^{-1} 、 281 t year^{-1} 、河川からの窒素流出量は 296 t year^{-1} 、 230 t year^{-1} 、であった。これらのことは、河川流出に相当、もしくはそれ以上の窒素が現在の大气から負荷されていることを意味している。加えて、南川流域に比べ北川流域のほうが、窒素の保持能力が低く、窒素流出が過剰に生じているものと示唆される。

成果④： 流域面積の大きい山地河川群が大气沈着窒素の影響を強く受け、大量の窒素が流出している【H25年度に実施、資料4】

北川流域と南川流域の支流から本流への窒素負荷量は、北川流域の天増川や寒風川、遠敷川など、渓流水中の NO_3^- 濃度の高い支流群で多かった。つまり、標高が高く、集水域面積の大きな山地河川群が越境汚染の影響を強く受けることで、大量の窒素が森林から下流域へと流出しているものと考えられる。

成果⑤： 森林から流出する窒素の多くは微生物由来である【H26年度に実施、資料5】

北川の最上流域（天増川流域）において、森林から流出する NO_3^- の起源を同位体比から推定したところ、大气由来の NO_3^- が直接流出する割合は5-20%程度で、そのほとんどは森林土壌内の微生物によって生成される NO_3^- であった。そこで、流域内の微生物による NO_3^- 生成速度を概算したところ、 $816\text{--}3285 \text{ kg month}^{-1}$ であり、天増川流域への窒素沈着量のおよそ1.8~9.8倍に相当していた。また、窒素沈着量が多いほど、微生物由来の窒素流出量が多く、大气からの窒素負荷は、森林土壌の富栄養化を招くのではなく、微生物活性を活発化し、森林土壌に蓄積されている窒素の流出を招いているものと推察される。

成果⑥： 森林から直接流出する大气沈着窒素の割合は、経年的に増加している【H26年度に実施、資料6】

地下水試料を用いて、大气沈着窒素の寄与割合と涵養年代を同時に解析したところ、この10年間で大气沈着窒素の割合は有意に増加しており、大气沈着窒素が北川流域の窒素循環に及ぼしている影響が年々増加していることが明らかになった。今後も増え続けるとされる窒素化合物の大气への排出は、森林生態系の機能をさらに劣化させ、大量の窒素が沿岸域に流出することが懸念される。

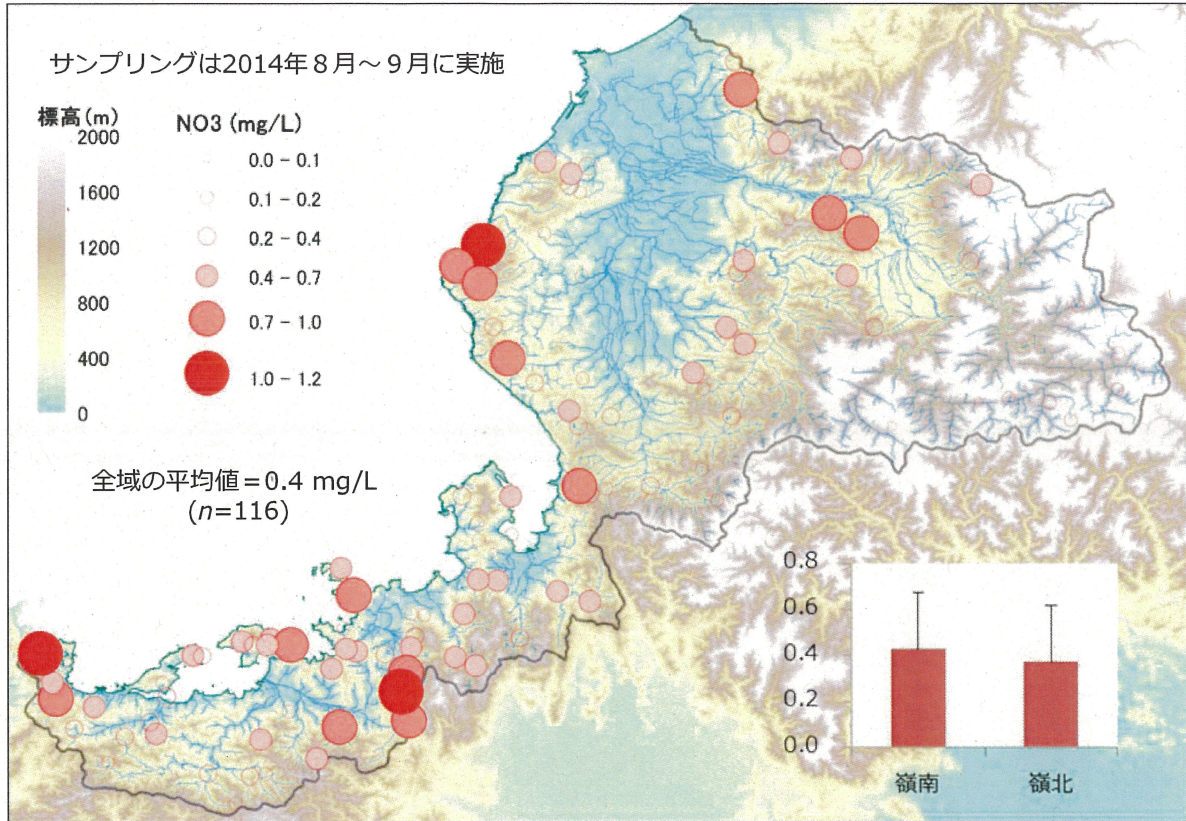
○研究成果の社会への還元

慢性的に進行する環境問題は、その問題が重篤になるまで認知され難い。本研究で示したように、小浜では越境汚染の影響は顕著であり、すでに森林生態系の機能は失われつつある。それゆえ、あらゆる発表の場を利用して地域社会に成果を還元すると共に、グローバルレベルでの窒素排出規制にも成果を還元できるよう、国際学会・国際誌を通じて積極的に成果を公表してく。

※ホームページ掲載用として使用するため、A4 2枚程度で簡潔にまとめてください。

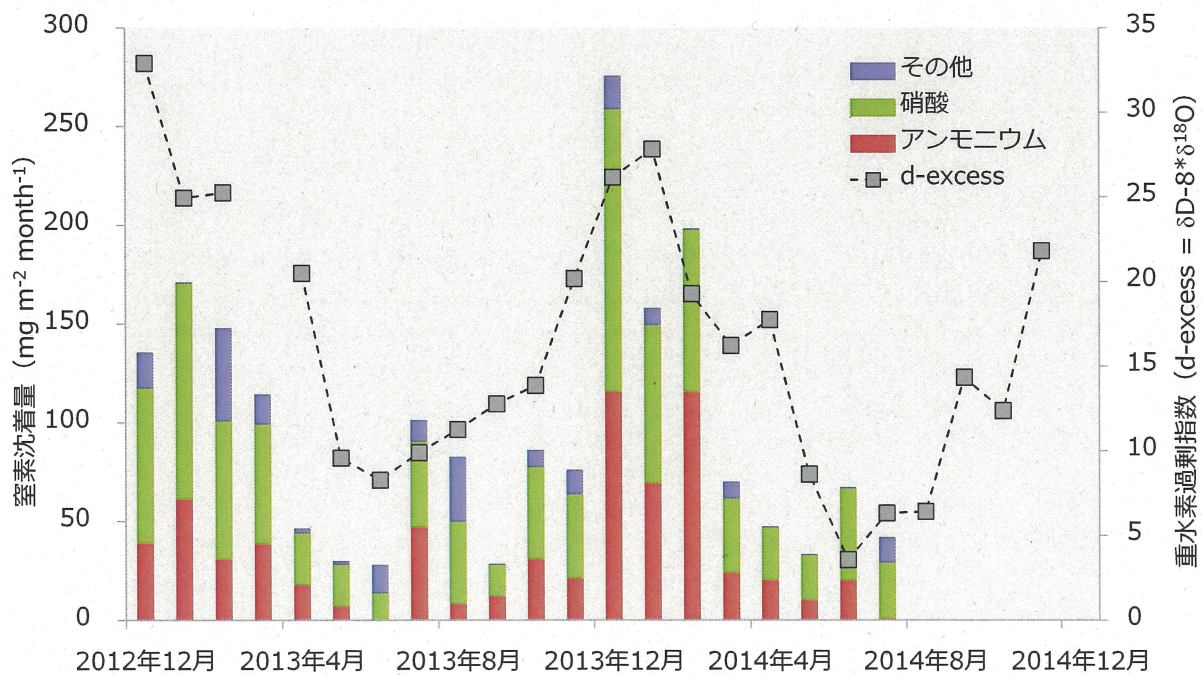
参考資料（図、写真等）があれば添付してください。

資料1. 福井県溪流水中のNO₃⁻濃度



資料2. 小浜における窒素沈着量の経月変化

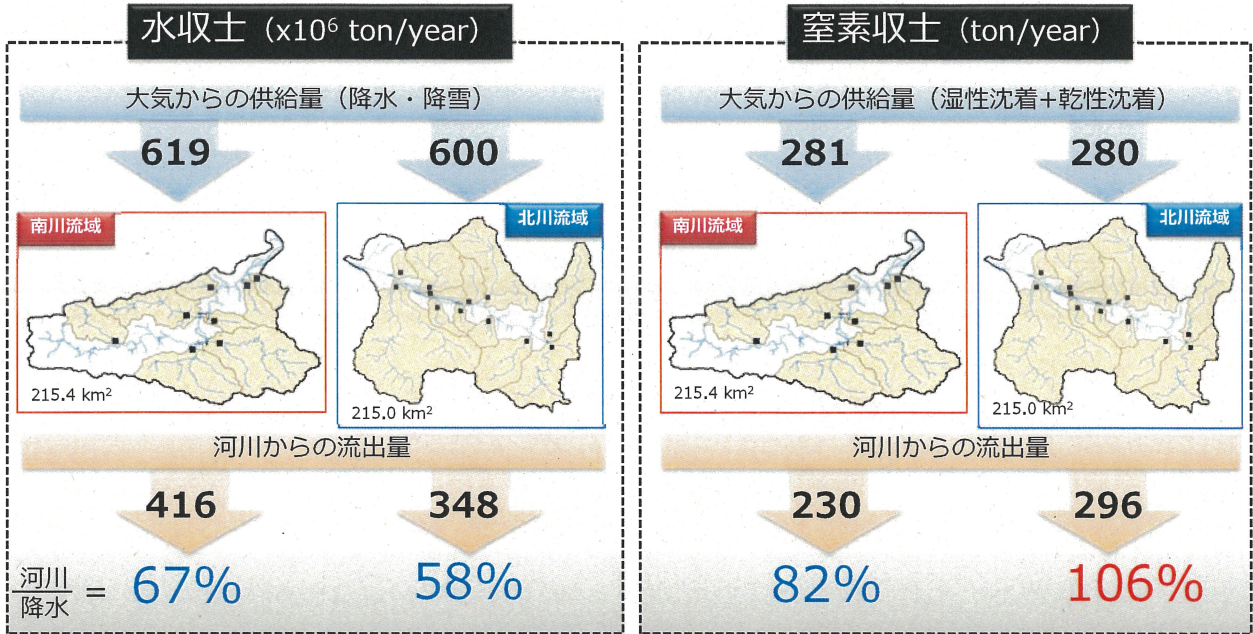
冬季から初春にかけて窒素負荷が多い → 中国等からの越境輸送



※補足：d-excessは降水の由来を示す指標、日本海からd>20の水が、太平洋からd<10の水が運ばれてくる。

資料3. 北川・南川流域の水と窒素の収支

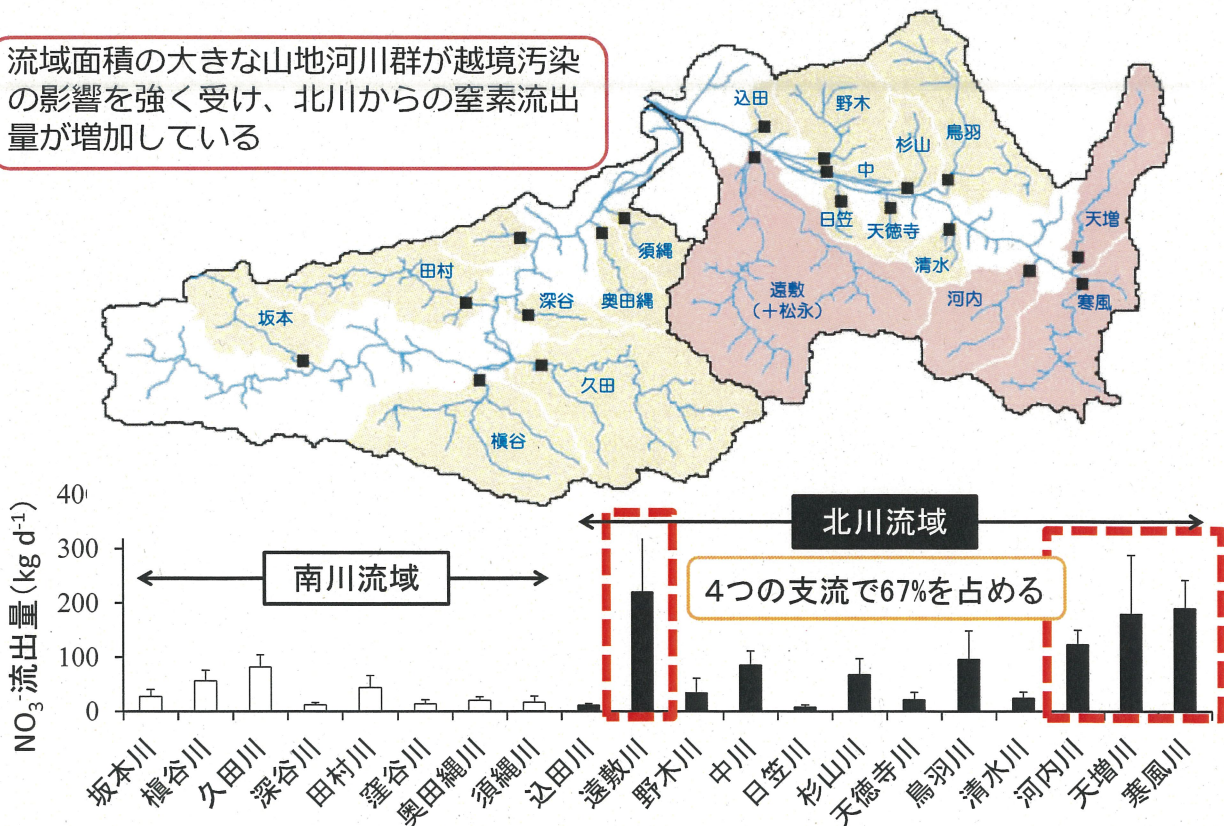
- 現在の大气から河川流出に相当、もしくはそれ以上の窒素が流域へ負荷
- 窒素の保持能力は北川流域より南川流域の方が高い



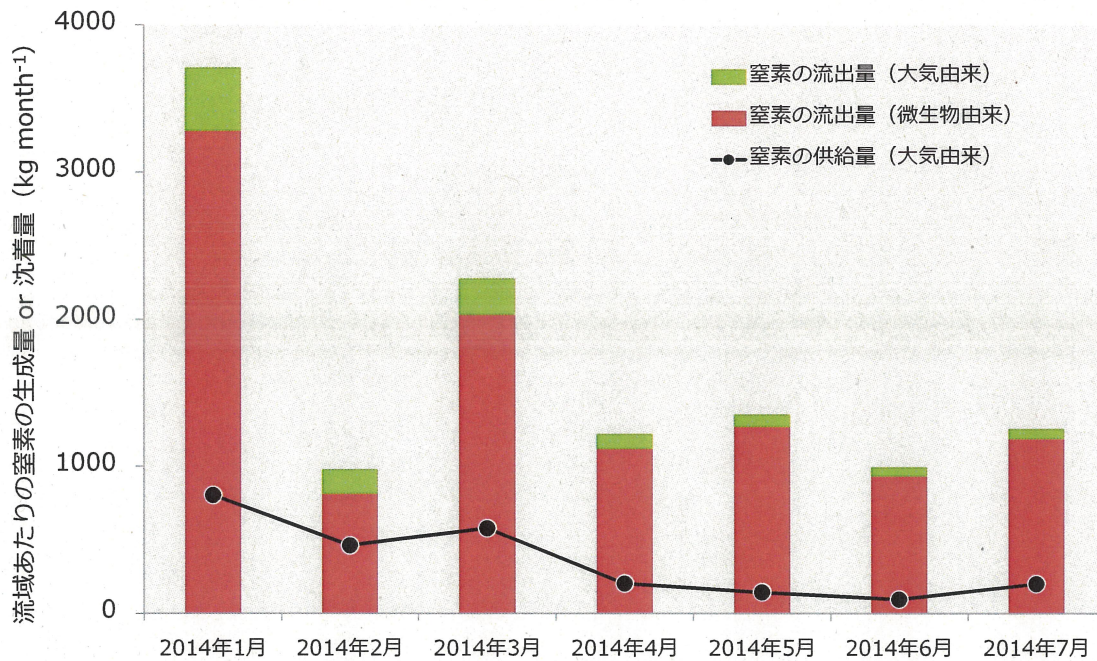
※計算期間は2012年12月から2013年12月の1年間。台風18号が含まれているため、流入・流出量は平年より多い点に注意が必要。

資料4. 支流から本流への窒素流出量

流域面積の大きな山地河川群が越境汚染の影響を強く受け、北川からの窒素流出量が増加している



資料5. 森林から流出する窒素の起源と量



資料6. 北川流域における大気沈着窒素の履歴の評価

