

2015年11月4日

サステナブル流域水研究会資料
東海地方の陸水の窒素汚染の現状

中部大学応用生物学部環境生物科学科 村上哲生

1. はじめに一窒素汚染とは何か?—

窒素循環への人為的な干渉は、既に地球の容量の限界を超えていると考えられている (Rockstroem *et al.*; 2008)。年間1億トン以上の生物的には不活性な窒素ガスが、人為的な窒素固定により、生物の利用可能な形の窒素化合物に代わっているらしい。しかし、自然界の窒素化合物は、特別の場合を除き、人体へ直接的な悪影響を及ぼすわけではないので、市民の興味を引く課題とはなっていない。また、窒素は水圏や陸域の一次生産者にとって不可欠な栄養塩でもあるため、重金属のような有害物とは異なり、窒素循環の規模を一概に減らすだけの施策は解決にはならない。

本講演では、東海地方の陸水域（河川、湖沼（貯水池）、湿原）での窒素汚染の現状と、それについての水・水面利用者や保全活動に携わる関係者の意識について紹介する。

2. 東海地方の陸水の窒素濃度を巡る話題

1) 長良川河口堰湛水域の藻類発生の背景

長良川河口堰湛水域での大量の藻類発生は、長良川の栄養塩濃度が著しく高いことによる (Murakami *et al.*; 1998)。発生源は、主として家庭排水の流入や農地への施肥による。流域面積の平地割合が多く、人の負荷が大きい長良川は、木曾三川（木曾川・長良川・揖斐川）で最も栄養塩濃度が高い。源流域では、スキー場でスノー・セメントとして使われる硫安の散布なども原因となる (村上他; 2003)。流域の郡上八幡町などでは、湧水の窒素濃度も意外に高い (村上他; 2005)。

2) 河川水の窒素/磷比 (N/P 比) の変化

1950年代の観測結果 (小林; 1960) と比較すると、近年、河川のN/P比が大きくなっている (井口他; 2010)。ダム等の河川構築物による磷の選択的な除去と磷規制の成功によるものらしい。一頃の人為的な富栄養化から貧栄養化 (cultural oligotrophication, Stockner *et al.*; 2000) も懸念される時代となった。内湾の漁業者などから栄養塩規制の緩和の声も挙げられていると聞く。

3) 貧栄養な環境である湿原への雨水由来の窒素負荷

福井県敦賀市のラムサール登録湿地・中池見湿原への窒素負荷を試算してみると、懸念されている施肥や人のし尿の負荷よりも、雨水由来の硝酸 (NO_3^-) のそれが遥かに大きい。近年の雨水の窒素濃度は (例えば、吉田他; 2009)、20世紀初頭の観測値 (足立; 1917) に比べ、6倍に達する場合もある。しかし、湿地保全の現場の関係者の汚染に対する危機感は意外に乏しい。

3. 窒素汚染をどう考えるか?

飲料水の窒素汚染による人への直接的な影響よりも、窒素負荷や栄養塩比の変化が引き起こす一次生産者の種類組成、現存量、生産速度の変化、またそれに依存する水生生物、水産資源への影響が、より深刻な問題であると考えられる。水域の極端な窒素過剰や不足は論外としても、適切な窒素濃度や負荷の基準はない。水域の管理、利用の目的により、個別の基準値が設定されなければならない。

体感することが難しい窒素汚染についての、専門家以外の市民的な理解は極めて薄いように思われる。市民への実態の周知と対策は、各水域においてこれからの課題となろう。

引用文献

- 足立弥八 (1917): 降水中所含窒素化合物の測定成績. 鹿児島高等農林学校学術報告, **2**: 57-60.
- 井口明他 (2010): 天竜川下流 (静岡県) の透視度と栄養塩の変動. 陸の水, **43**: 1-6.
- 小林純 (1960): 日本の河川の平均水質とその特徴に関する研究. 農学研究, **48**: 63-106.
- Murakami, T. *et al.* (1998): Effects of rivermouth barrage on planktonic algal development in the Lower Nagara River, Central Japan. *Jpn. J. Limnol.*, **59**: 251-262.
- 村上哲生他 (2003): スキー場を集水域に持つ溪流に見られる窒素汚染. 応用生態工学, **6**: 45-50.
- 村上哲生他 (2005): 郡上八幡市の湧水一類型化と汚染の現状一. 名古屋女子大学紀要 家政・自然編, **(51)**: 153-158.
- Rockstroem, J. *et al.* (2009): A safe operating space for humanity. *Nature*, **461**: 472-475.
- Stockner, J. G. *et al.* (2000): Cultural oligotrophication: Causes and consequences for fisheries resource. *Fisheries*, **25 (5)**: 7-14.
- 吉田正則他 (2009): 四万十川の一流域における窒素、燐、無機イオンの濃度変動および負荷流出特性. 近畿中国四国農業研究センター研究報告, **(8)**: 75-89.

第1回サステナブル流域水研究会
東海地方の陸水の窒素汚染の現状

2015年11月4日: 中部大学 (春日井)

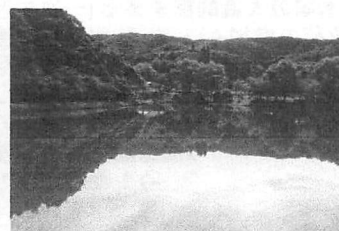
中部大学応用生物学部環境生物科学科 村上哲生



流水



湿地



止水

どのくらいの濃度、負荷なのか？
保全や利用の現場では、どう考えているのか？

窒素汚染は既に限界 (planetary boundaries) を越えている

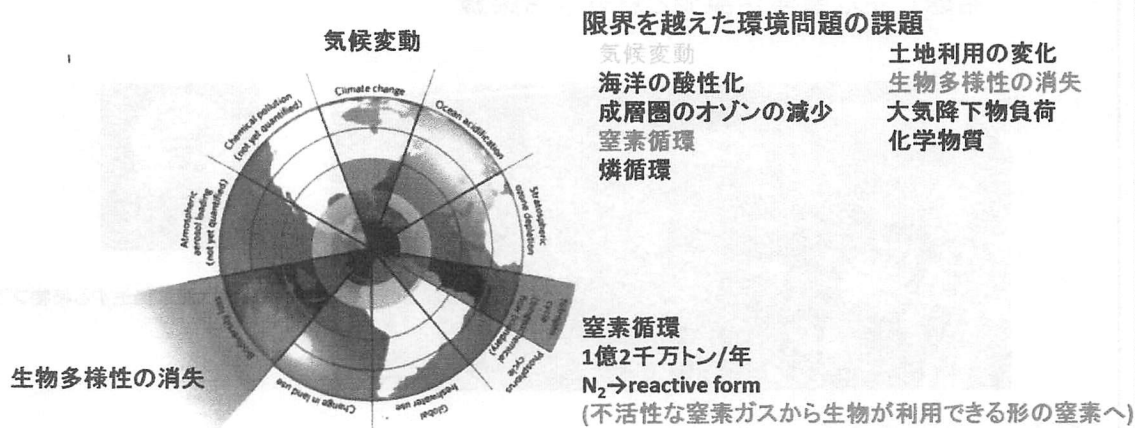


Figure 1 | Beyond the boundary. The inner green shading represents the proposed safe operating space for nine planetary systems. The red wedges represent an estimate of the current position for each variable. The boundaries in three systems (rate of biodiversity loss, climate change and human interference with the nitrogen cycle), have already been exceeded.

Rockstroem, J. et. al. (2009)
A safe operating space for humanity.
Nature, 461: 472-475.

地域的な問題

△水道水源のNO₃汚染による健康障害 (例; 岐阜県各務ヶ原市水道問題)

◎水域の人為的富栄養化 (一次生産の不都合な増加)
 N負荷の増加→川・湖; 貯水池での植物プランクトンの増加
 →上水道濾過地の閉塞、浄水の着臭問題
 →浄水コストの上昇→税負担増
 →湿原; 本来、N不足の環境への負荷増
 →湿原固有種の絶滅
 →生物多様性の減少

窒素循環の変化と水域の生物多様性の2つの限界を越えた課題は互い無関係なものではない。

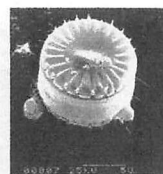


窒素不足の環境下で生育するコモウセンゴケ

話題1. 主な窒素汚染源と意外な汚染源



長良川河口堰



河口堰湛水域に発生する植物プランクトン(珪藻類)

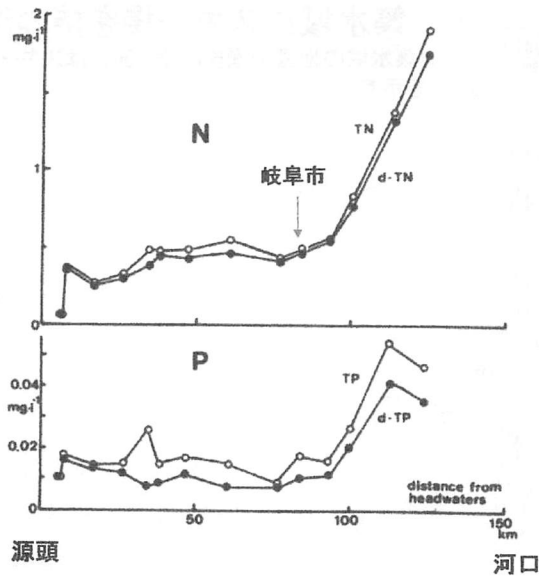
長良川河口堰の環境影響→植物プランクトンの増殖による水質・底質障害

原因; 河口堰の構築による河川の止水化、緩流化

背景; 長良川の窒素、磷濃度は、木曾三川中最も高い。

流域のどこから、どれだけ窒素が排出されるか?

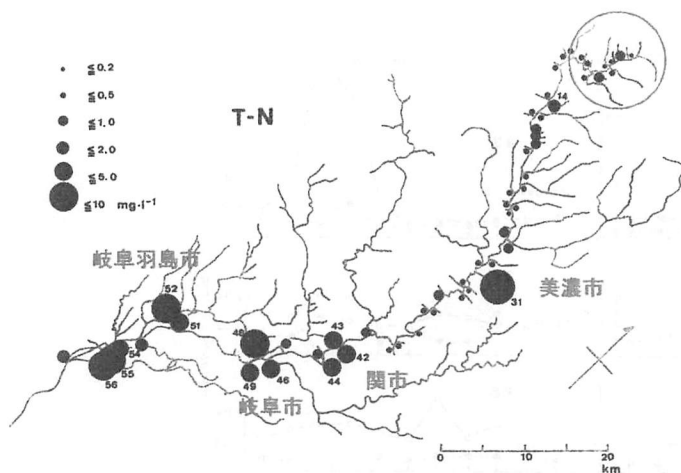
長良川の源頭から河口までの栄養塩 (N, P) 濃度の変化



河川の窒素濃度は、人の生活圏に入るとたちまち増加する。

原単位
約8 g/日・人 (下橋・寺田; 1995)

村上・黒田 (1999)



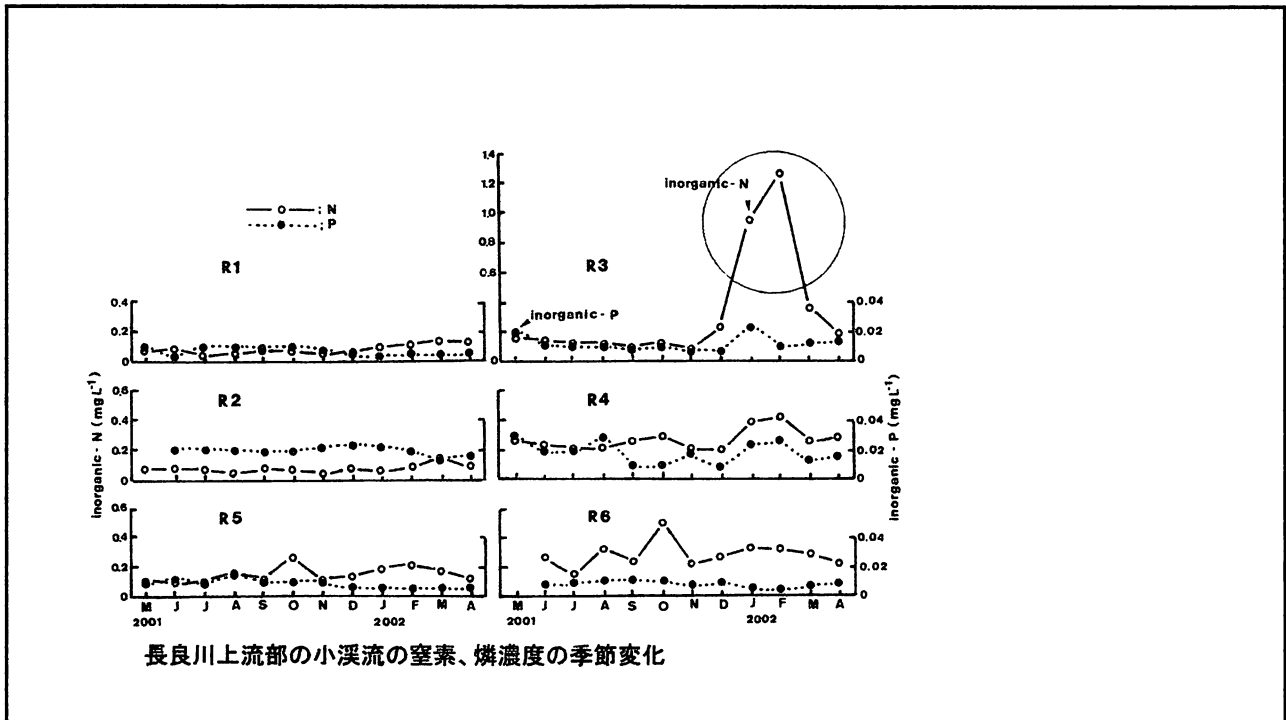
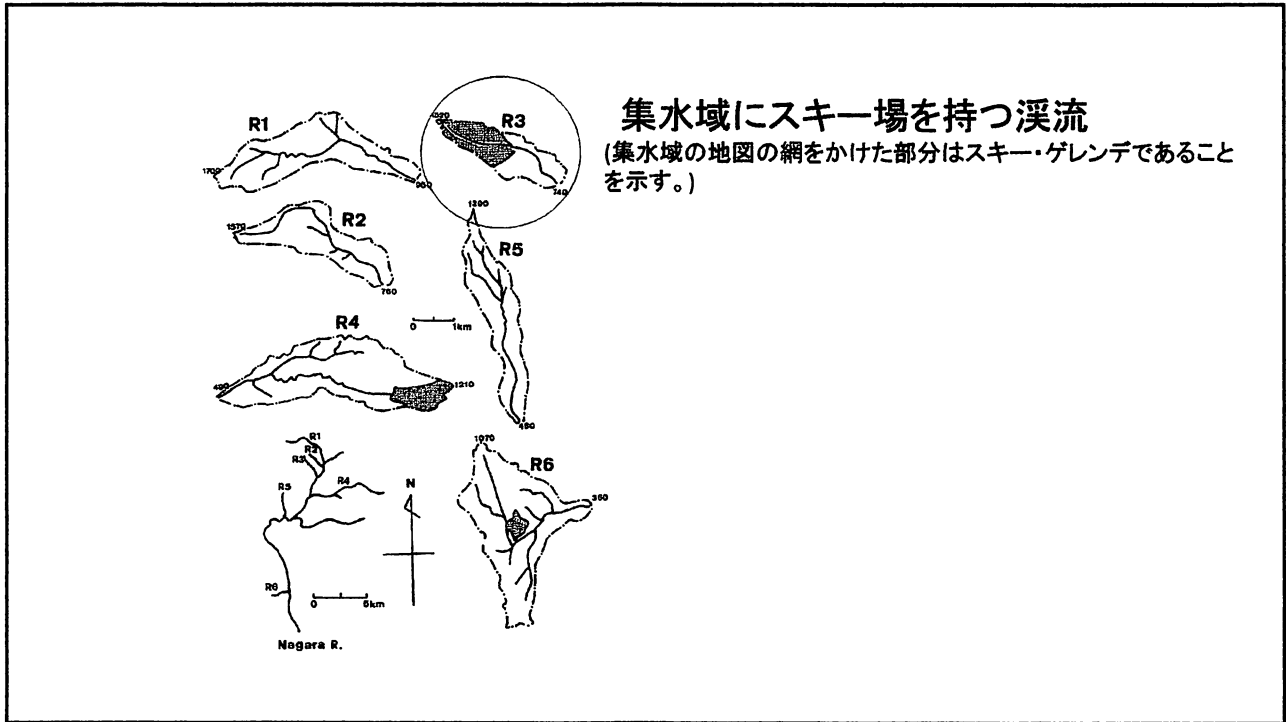
人負荷の上流部でも、冬季に窒素濃度が高くなることもある。

*湧水の窒素濃度
浅い崖下泉; 1mg/L以下
比較的深い湧水; 1-3 mg/L
(村上他; 2005)



長良川水系の支川の窒素濃度(1994年四季調査の平均値)
村上・黒田 (1999)

宗祇水 (郡上八幡町)



話題2. 河川の窒素/磷比の近年の変化

事例; 天竜川・佐久間ダム下流の窒素/磷比の変化

	溶存態N	総N	溶存態P	総P	
小林 (1960)	0.28	-	0.01	-	(mg/L)
		佐久間ダム完成 (1956)			
井口他 (2010)	0.80	0.95	0.013	0.026	(mg/L)

dN; 0.28 mg/L→0.80 mg/L

dN/dP; 28→62

どう解釈するか?

Nの負荷が以前に比べて大きくなっている。

発生源のN/P比は変わらないが、ダム運用後、懸濁態で流れるPの沈殿除去の割合が増えた。

海へのPの供給量を増やす、N/P比率の変化を以前に戻す。

P規制の見直し

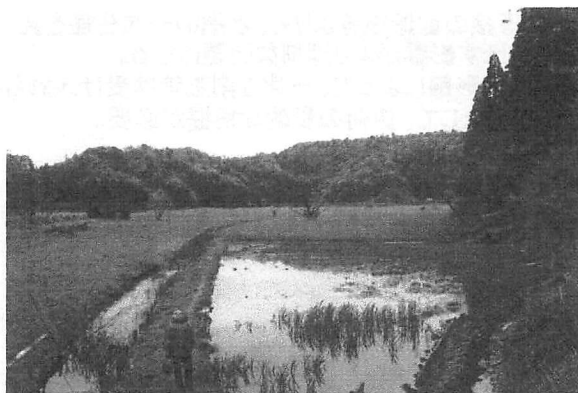
話題3. 中池見湿地(福井県・敦賀市)の保全を巡って

湿地の窒素汚染は、元々窒素に乏しい湿地に生育する特有な植物に大きな影響を及ぼす。

最も対策が必要な汚染源は何か?

- 1) 水田耕作に使用される肥料
- 2) 入山者の尿尿による汚染
- 3) 雨水による窒素供給

1), 2) の課題は、しばしば議論になるが?



中池見湿地(福井県・敦賀市)
2012年ラムサール登録湿地となった。

窒素汚染の犯人 —ざっとの試算から—

- 1) 水田の施肥; 20 kgの肥料をまいたら 窒素として1 kg/年
- 2) 人の排泄; 年間3万人が訪れ、3時間滞在したとしたら; 37.5 kg/年
- 3) 雨水; 870 kg/年!

近年の、雨水の中の窒素の量は、明治時代に測定された濃度の6倍ほどにもなっている。

- 2.9 kg/ha・y; 鹿児島, 足立 (1917)
- 9.0 kg/ha・y; 高知, 牧坂 (1954)
- 6.4 kg/ha・y; 豊川流域, 佐野・神谷 (1986)
- 10.6 kg/ha・y; つくば, 伊藤・加藤 (2003)
- 18.7 kg/ha・y; 四万十川流域, 吉田他 (2009)

田圃のための僅かな施肥や、トイレの問題よりも、酸性雨対策が大事では?

窒素汚染をどう考えるか?

- 1) ヒトへの直接の健康被害よりも、水圏の一次生産を変え、それに依存する動物や生物資源に及ぼす影響がより深刻な問題になる。
- 2) 水域の利用形態によって、一律な削減策は受け入れられない。
- 3) 対策の前提として、負荷の量的な把握が必要。
- 4) 自然の保存・保護の現場では、水の専門家以外にはほとんど重視されていない。