

# 長崎県島原市における 窒素負荷指数による地下水汚染リスクの評価

天野 弘基<sup>1</sup>・中川 啓<sup>1\*</sup>・赤山 紗也果<sup>1</sup>・久原 憧子<sup>1</sup>・  
孔 月波<sup>1</sup>・陳 立九<sup>1</sup>・濱崎 宏則<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科 (〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14)

\* E-mail: kei-naka@nagasaki-u.ac.jp

本研究では、硝酸性窒素による地下水汚染が顕在化する長崎県島原市を対象として、農業集落ごとに施肥および家畜生産窒素負荷指数を算出した。窒素負荷指数は、施肥よりも家畜生産のものが大きい、つまり、家畜生産のほうが地下水汚染リスクが高いことがわかった。窒素負荷指数の高い農業集落は市の北部に集中しており、硝酸性窒素汚染が顕在化している水道水源井戸の分布と対応していた。

**Key Words :** groundwater pollution, nitrate, nitrate load index, agriculture

## 1. はじめに

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による地下水汚染は、全国に広がっており、わが国においては、地形地質的には、畑地が広がる台地、透水性のよい砂丘、石灰岩地域、扇状地、火山山麓で、作物としては、茶、野菜（ニンジン、キュウリ等）、果樹（メロン、ナシ等）の栽培、そして畜産が盛んな地域で報告されている<sup>1)</sup>。硝酸性窒素濃度の高い水は、人体に有害であり、酸素不足（メトヘモグロビン血症）を引き起こす。特に、生後3か月未満の乳児で発症しやすく、ブルーベビーシンドロームとも呼ばれ、欧米の農村部で死亡事故が多発した過去がある。こうした、地下水汚染の解決のためには、法制度の整備や汚染実態の把握、汚染原因の特定、窒素負荷量の空間分布の推計が必要不可欠である。

長崎県島原市は、水道水源の100 %を地下水で賄っている。しかし、近年、硝酸性窒素による地下水汚染が顕在化しており、20本の内5本（25 %）の水道水源井戸で水道水質基準10 mg L<sup>-1</sup>を超過した硝酸性窒素濃度が検出されている<sup>2)</sup>。中川らは、農林業センサスの農業集落カードを用いて、農業集落ごとに農地起源（水田および畑地の化学肥料由来）と家畜排せつ物起源の窒素負荷ポテンシャル（当該地域に潜在的に発生しうる最大の窒素負荷量、kg N/year）を算出し、家畜排せつ物起源のものが農地起源のものよりも大きいこと、窒素負荷ポテンシャルの高い集落の下流側で硝酸性窒素濃度が高い傾向があるこ

とを明らかにした<sup>3)</sup>。なお、窒素負荷ポテンシャルの算出には、作物種別の施肥基準値や畜種別の発生量原単位を利用し、発生しうる最大の窒素負荷量を算出しているため、実際に土壤中で余剰となっている窒素量より多く推計されている可能性がある。

そこで本研究では、作物種別の非吸収無機態窒素量に基づいて設定された施肥窒素負荷原単位や、家畜ふん尿が土壤中に還元される割合（原単位）、還元されたふん尿の無機化率、畜産農家での飼料作物の栽培に伴う窒素発生量等により、余剰となる窒素量を算出した。これを、各農業集落の面積で除することで、単位面積当たりの余剰な無機態窒素の総量（窒素負荷指数）を算出し、地下水汚染リスクを評価した。

## 2. 窒素負荷指数の計算方法<sup>4)</sup>

### (1) 作物生産で発生する余剰な窒素

農林業センサス<sup>5)</sup>に記載された作物種類別の作付け面積に、作物種に対応した施肥窒素負荷原単位を乗じた後、それらを総計することで島原市における作物生産で発生する余剰な窒素量を算出した。この値を、農業集落カード<sup>6)</sup>より調べた各農業集落における作物の栽培面積で按分した後、各農業集落の面積で除して、施肥窒素負荷指数 (kg N/ha) とした。

## (2) 畜産農家で発生する余剰な窒素

はじめに、農業集落カードのデータを用いて、各農業集落の家畜飼養頭羽数に家畜1頭羽あたりの窒素排出量を乗じた後、土壌に還元される窒素量の原単位を乗じた。この窒素の主体は有機態窒素であるため、還元された家畜ふん尿がすべて堆肥で10年間連用したと仮定して、牛ふん堆肥で49%，豚および鶏ふん堆肥で63%が無機化されるとし、この無機化率を乗じて、還元された家畜ふん尿から放出される無機化窒素量を算出した。

飼料作物には化学肥料窒素 37 kg N/haが施用されると推定されることと、牧草では125 kg N/haの窒素が生物的窒素固定により負荷されると仮定して、飼料作物栽培面積データに基づき、島原市の飼料作物生産で発生する窒素量を算出後、農業集落カードより調べた各農業集落における畜産経営体数で按分した。これらの窒素量を合計して、畜産農家の土壌で生ずる無機態窒素量とした。

そのうえで、飼料作物1 tあたりの窒素吸収量と収穫量を乗じた後、畜産経営体数で按分して、畜産農家の土壌で生ずる無機態窒素量から差し引くことで、余剰な無機態窒素量を算出した。これを各農業集落の面積で除することで、家畜生産窒素負荷指数 (kg N/ha)とした。なお、計算の結果がマイナスとなった農業集落は、ゼロとして図示した。

## 3. 計算結果

2005年の施肥窒素負荷指数および家畜生産窒素負荷指数(各農業集落の負荷指数の合計)は、それぞれ3909.1 kg N/ha, 9804.7 kg N/haであり、家畜生産窒素負荷指数が施肥窒素負荷指数より高い値(約2.5倍)となった。各農業集落でみると、それぞれ0～158.2 kg N/ha, 0～1559.5 kg N/ha

の範囲を示しており、施肥と家畜生産が複合する農業集落のほとんどで、家畜生産窒素負荷指数のほうが高い値を示した。このことから、本地域では、地下水汚染リスクは、施肥よりも家畜生産のほうが高いと推察される。

本研究で算出した島原市全体の施肥窒素負荷量(ポテンシャル)は、先行研究<sup>3)</sup>の約7割、家畜生産窒素負荷量は約3割であったが、施肥よりも家畜生産のほうが値が高いことには変わりはなかった。

図-1に、施肥窒素負荷指数および家畜生産窒素負荷指数の分布を示す。いずれの分布においても、窒素負荷指数の高い農業集落は農業活動が盛んで、硝酸性窒素汚染が顕在化している水道水源井戸が分布する市の北部で認められた。

## 参考文献

- 1) 田瀬則雄：硝酸・亜硝酸性窒素による地下水汚染の現状と動向，環境管理，Vol. 40，No. 3，2004。
- 2) Nakagawa K., Amano H., Asakura H. and Berndtsson R. : Spatial trends of nitrate pollution and groundwater chemistry in Shimabara, Nagasaki, Japan, *Environmental Earth Sciences*, Vol. 73, No. 3, Article 239, 2016.
- 3) 中川 啓，渡辺貴史，天野弘基：長崎県島原市を対象とした地下水に対する農業由来の窒素負荷ポテンシャルマップの妥当性について，地下水学会誌，Vol. 57，No. 4，pp. 483-493，2015。
- 4) 西尾道徳：農業と環境汚染—日本と世界の土壌環境政策と技術，439p，農山漁村文化協会，2005。
- 5) 政府統計の総合窓口(e-Stat)：2005 年農林業センサス，<http://www.e-stat.go.jp/> (2018.6.25 閲覧)
- 6) 農林統計協会：農業集落カード 2005 年農林業センサス，DVD-ROM，2010。

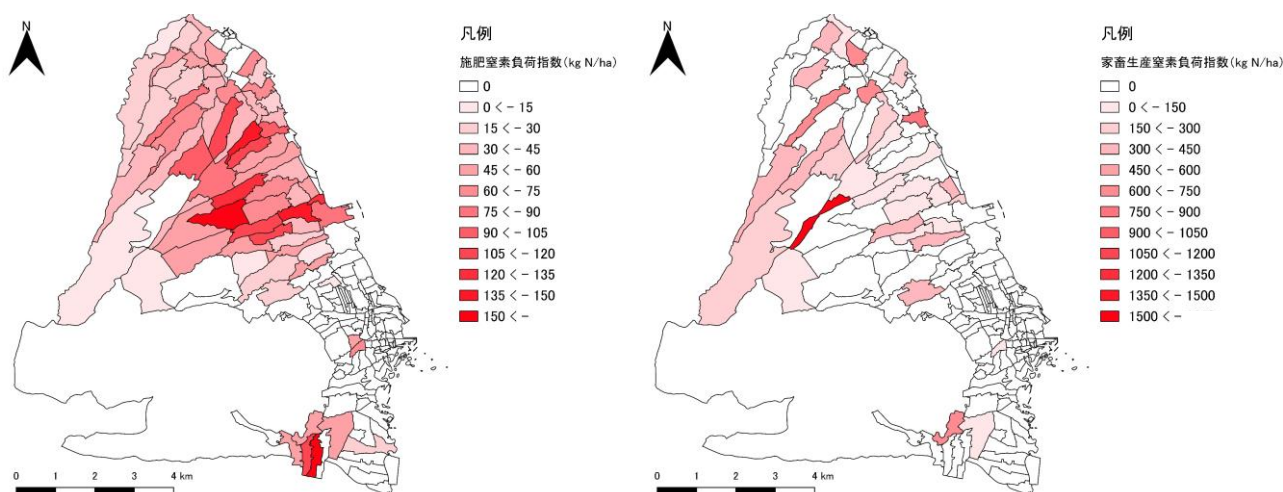


図-1 施肥窒素負荷指数および家畜生産窒素負荷指数の分布