

印旛沼、未来への可能性
～印旛沼流域における谷津の機能と役割～

印旛沼流域の谷津田の分布と特徴

～湿地環境がもたらす水質浄化～

千葉大学
堀江 政樹

谷津の水質浄化機能

台地から地下水へ窒素が浸透

谷頭部に地下水の流出
が集中

谷壁下部に地下水の流出
が集中

高い地下水位の
谷底低地



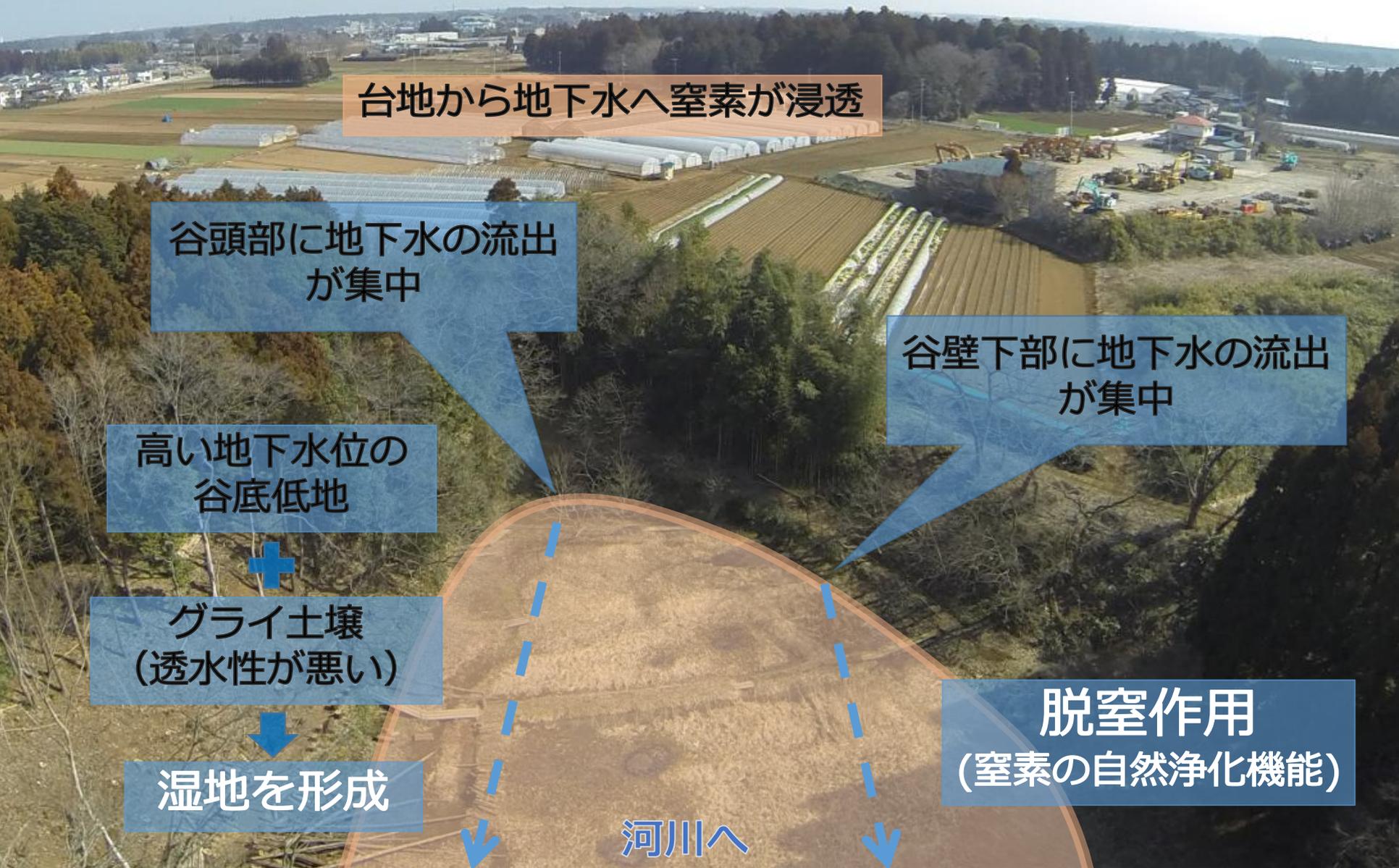
グライ土壌
(透水性が悪い)



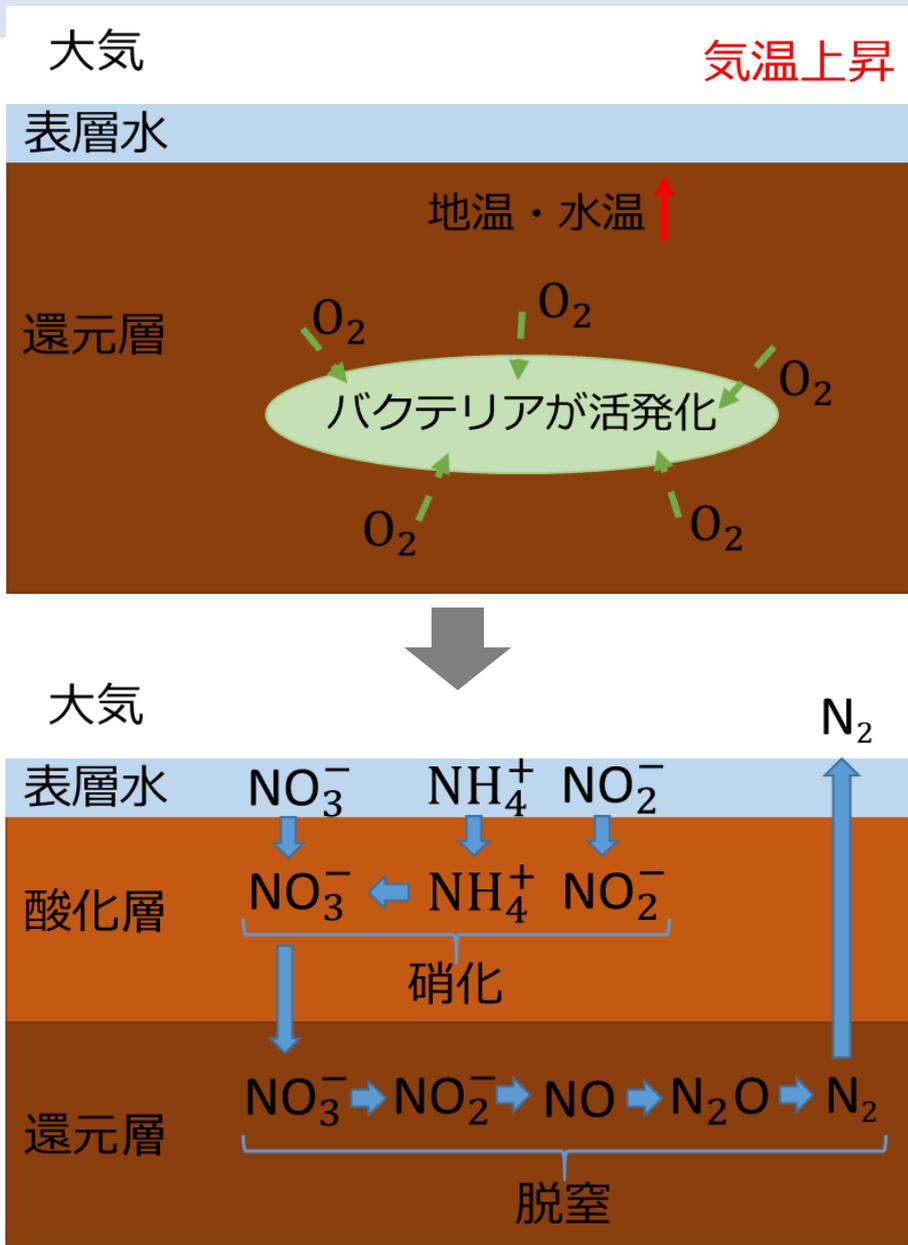
湿地を形成

脱窒作用
(窒素の自然浄化機能)

河川へ

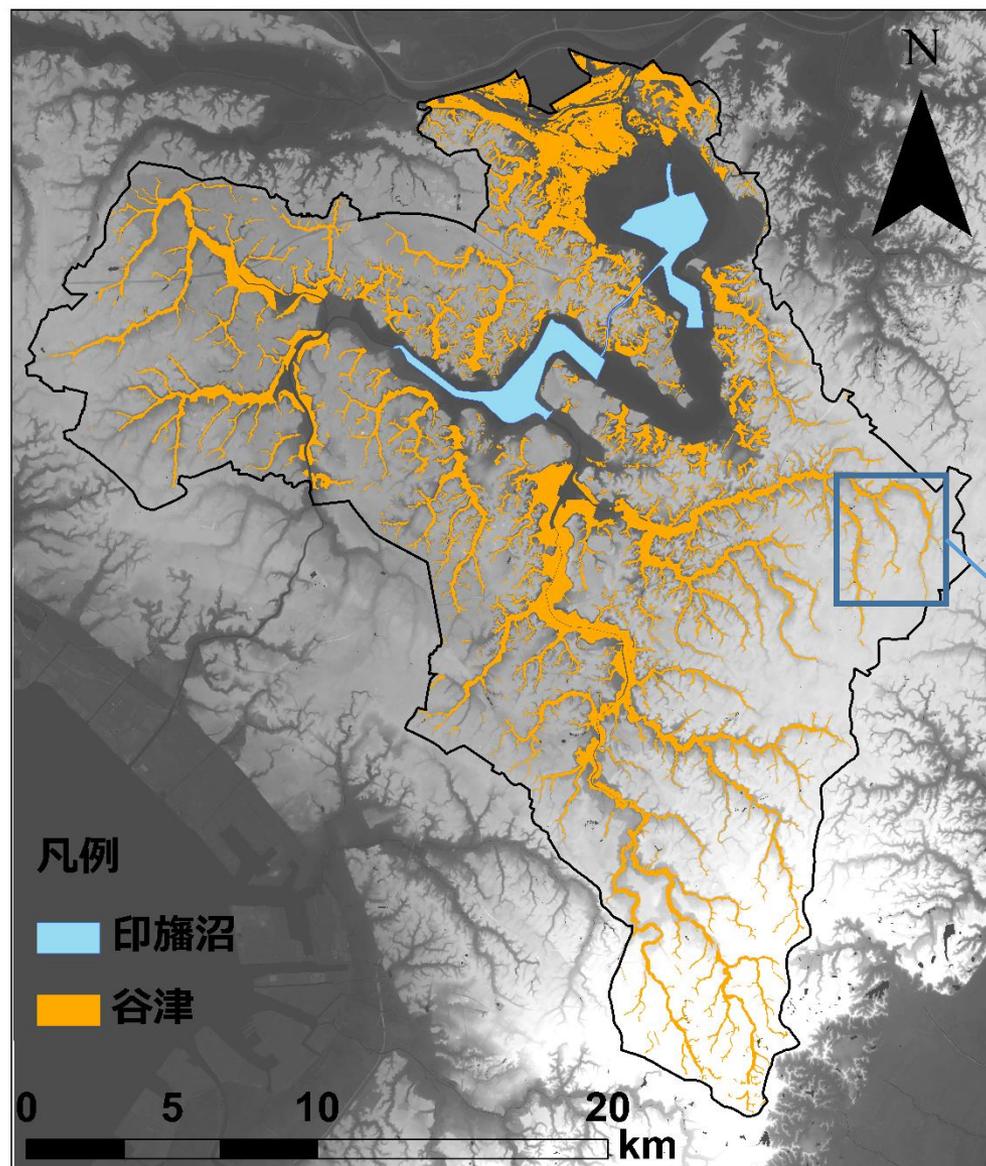


脱窒



脱窒菌が活性化する夏に多くの硝酸性窒素が除去される

印旛沼流域の谷津の分布

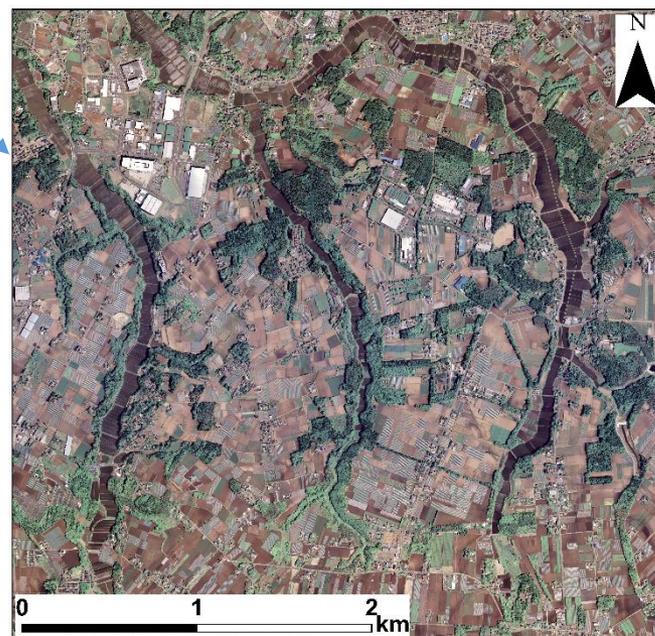


印旛沼流域の谷津の分布

(DEMは国土地理院)

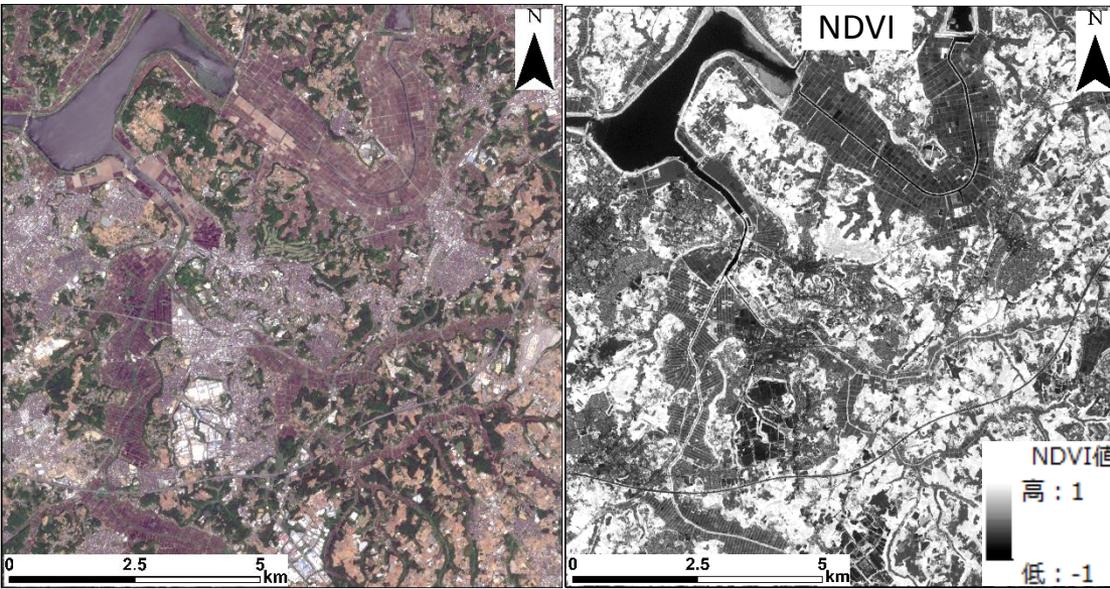
国土地理院の「土地条件図」から抽出した印旛沼流域の谷津の分布。

谷津の多くが水田として利用されているが、耕作放棄された水田は荒地や湿地、造成地として存在している。

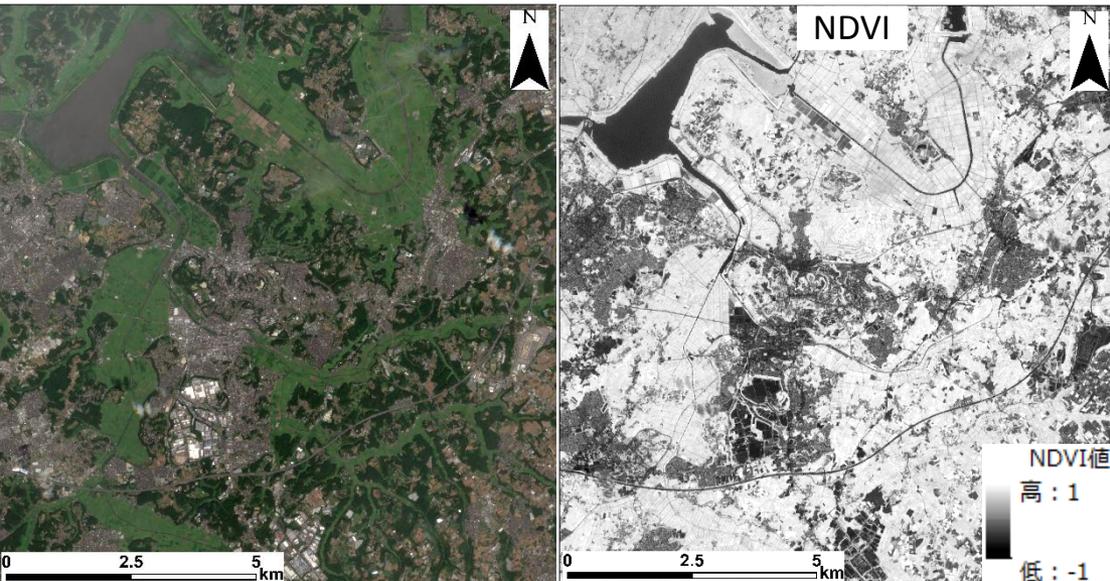


谷津田の空中写真 (国土地理院)

谷津の土地利用分類



春（5月上旬）衛星画像（Sentinel-2）



夏（8月上旬）衛星画像（Sentinel-2）

衛星リモートセンシングを用いて、谷津を水田と耕作放棄水田に分類することができる。

植生は、赤色の光を吸収して、赤外線を反射する特徴を持つ。

衛星データを使って、植物の量や活力を把握することができる。

正規化植生指数

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R}$$

(-1~+1の値)

R:可視域赤の反射率

IR:近赤外の反射率

NDVIの値が大きいと、植生が多い。

水田

春(田植え時期)
水面

夏
植生(稲)



NDVI 小

差が大



NDVI 大

耕作放棄水田
(造成地・山林も同様)

春
植生(雑草)

夏
植生(雑草)



NDVI 大

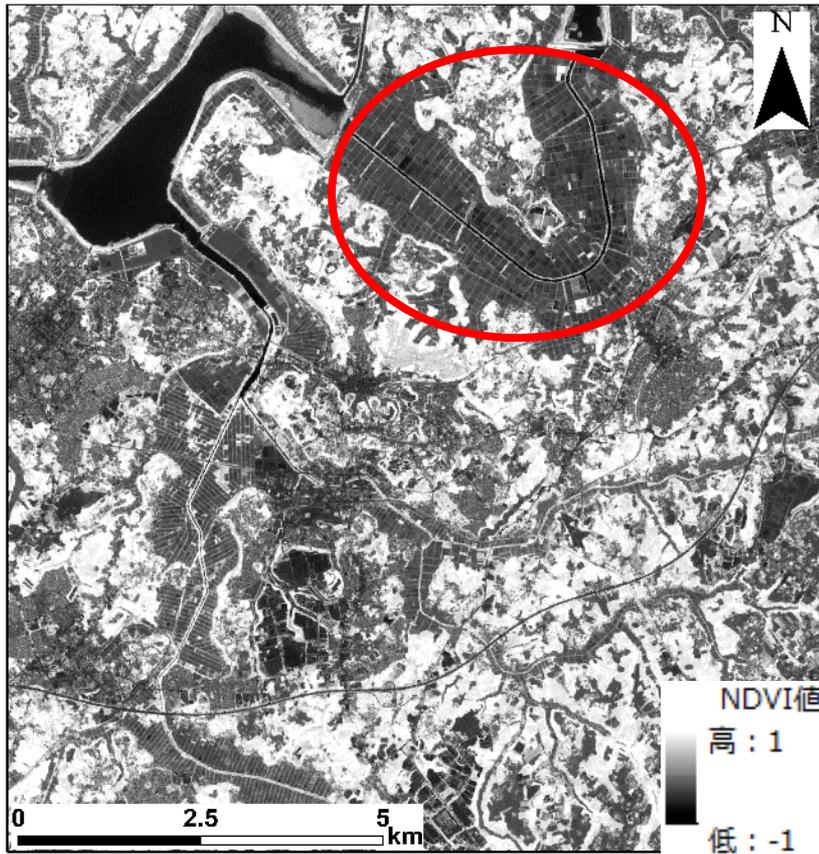
差が小



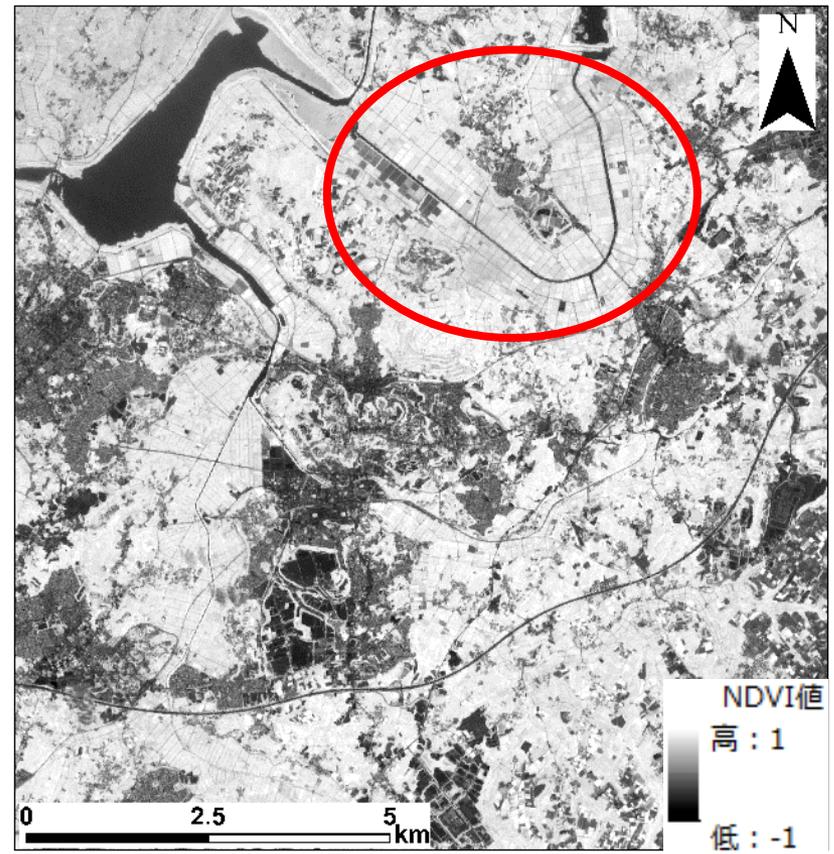
NDVI 大

谷津の土地利用分類

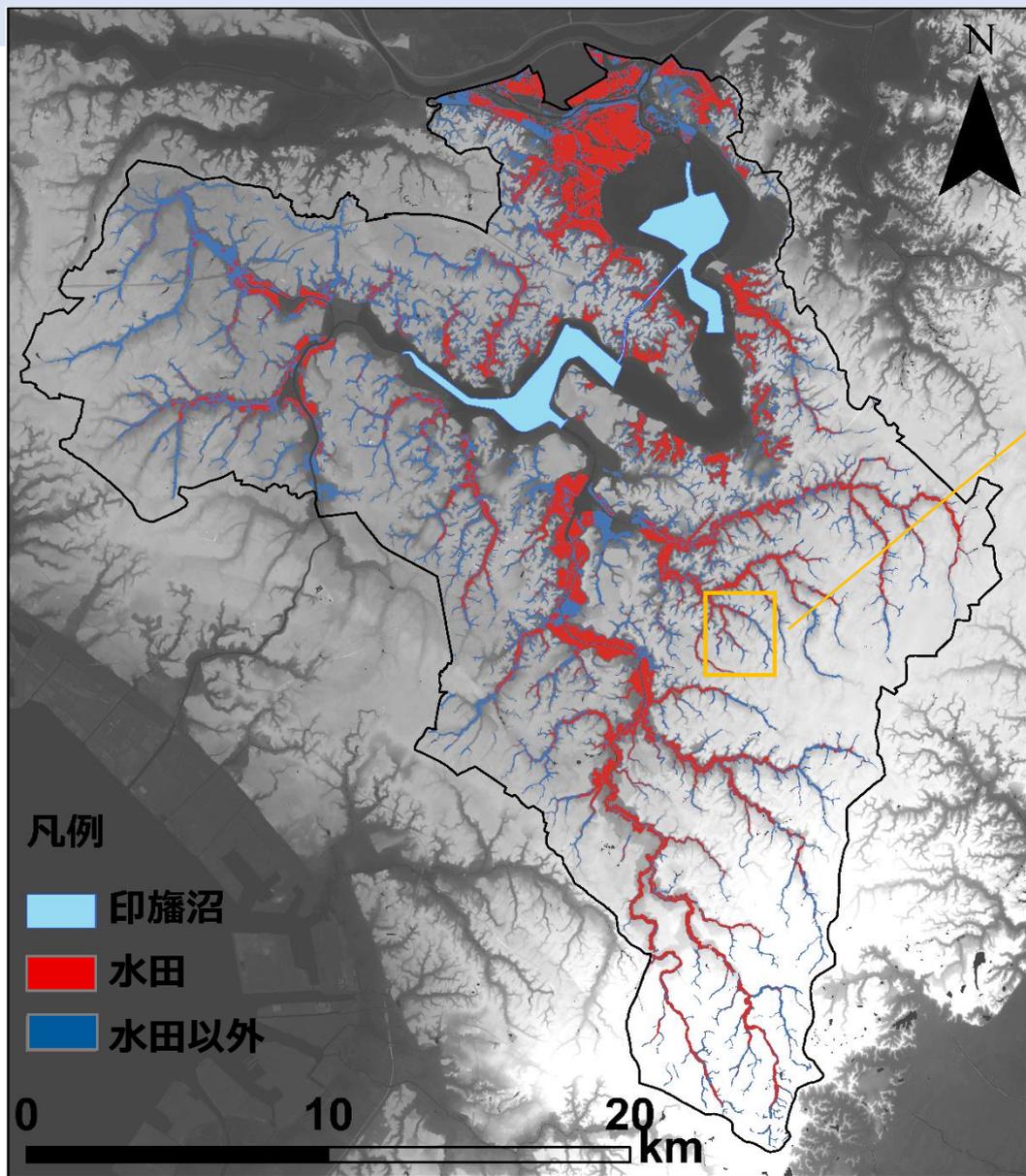
春と夏のNDVIの差が大きい土地が水田である。



春(5月上旬)の衛星画像(Sentinel-2)のNDVI



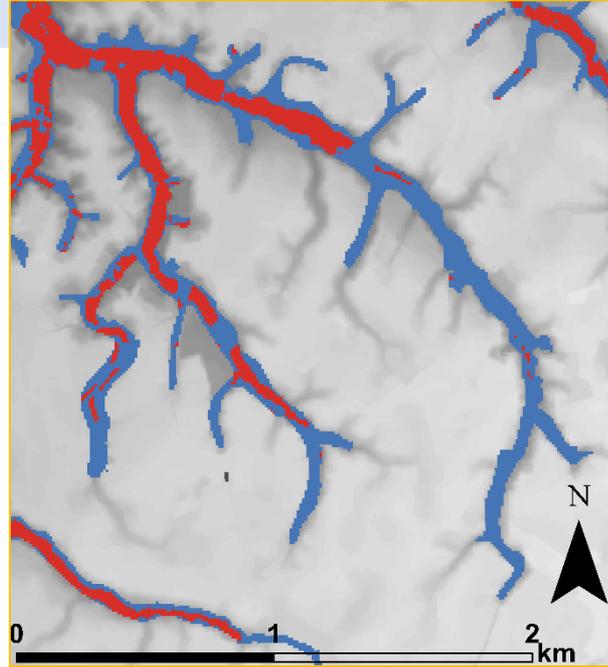
夏(8月上旬)の衛星画像(Sentinel-2)のNDVI



耕作水田の分布図 (DEMは国土地理院)

「水田以外」から樹木と造成地を除外した土地が耕作放棄水田である。

(例)



拡大



空中写真 (国土地理院)

谷津の土地利用と脱窒

- 灌漑された水田は人口湿地(ラムサール条約湿地分類)として、優れた脱窒作用を持つ。

(印旛沼流域水田の硝酸性窒素浄化機能や冬期湛水の効果に関して、地域の方々の調査によって多くのことがわかってきた。)



- 水田が耕作放棄された土地では、灌漑されずに計画的な湛水状態が保たれないため、脱窒作用の効果が低減する。



富里, 十倉谷津入り口



富里, 地蔵谷津

水質浄化に向けた耕作放棄水田の有効活用

(例) 耕作放棄水田を湛水した場合



耕作放棄水田の地表面に地下水(湧水)を溜め、湿地環境を整備する。

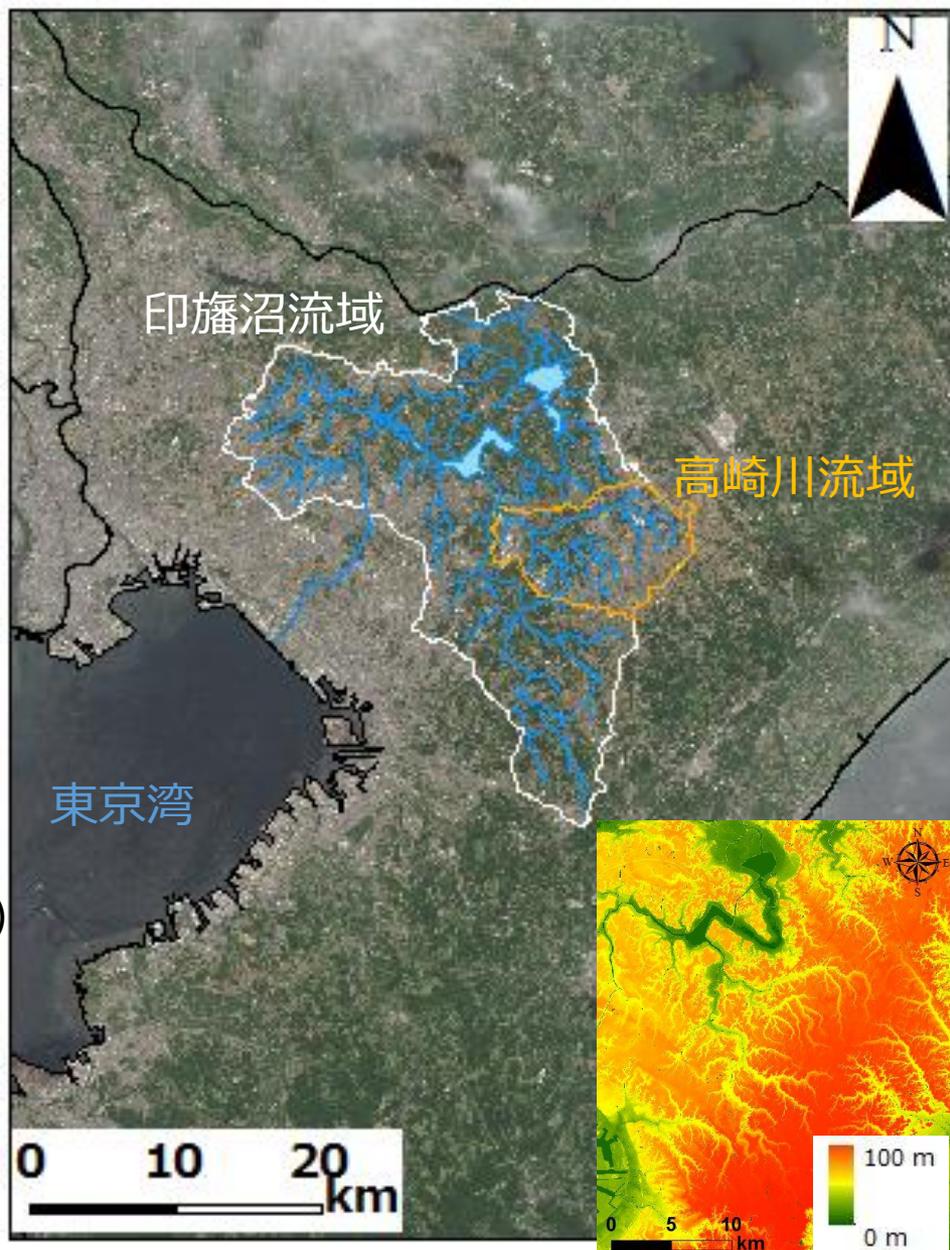


脱窒作用が機能し、水中の硝酸性窒素が除去されると期待される。

研究の目的：モデルを使用して、流域に存在する耕作放棄水田を脱窒作用が起こりやすい湿地環境として整備した場合に、河川の硝酸性窒素濃度の低下にどの程度影響するのかを検証する。

研究対象地：高崎川流域

- ❑ 千葉県北部に位置する利根川水系の支流印旛沼に流れ着く。
- ❑ 流域面積は約87km²
- ❑ 年降水量は1409.6mm、年平均気温は14.4℃ (統計期間：1981～2010)
- ❑ 高崎川は印旛沼の流入河川の中で硝酸性窒素濃度が最も高い。
- ❑ 流域上流部を下総台地(畑地)、その台地を樹枝状に走る侵食谷(谷津)
- ❑ 土壌は台地で黒ボク土(透水性、保水性が良い)、谷津でグライ土(透水性が悪い)
- ❑ 下総層群の砂層と粘土層の互層、上層部は火山灰層

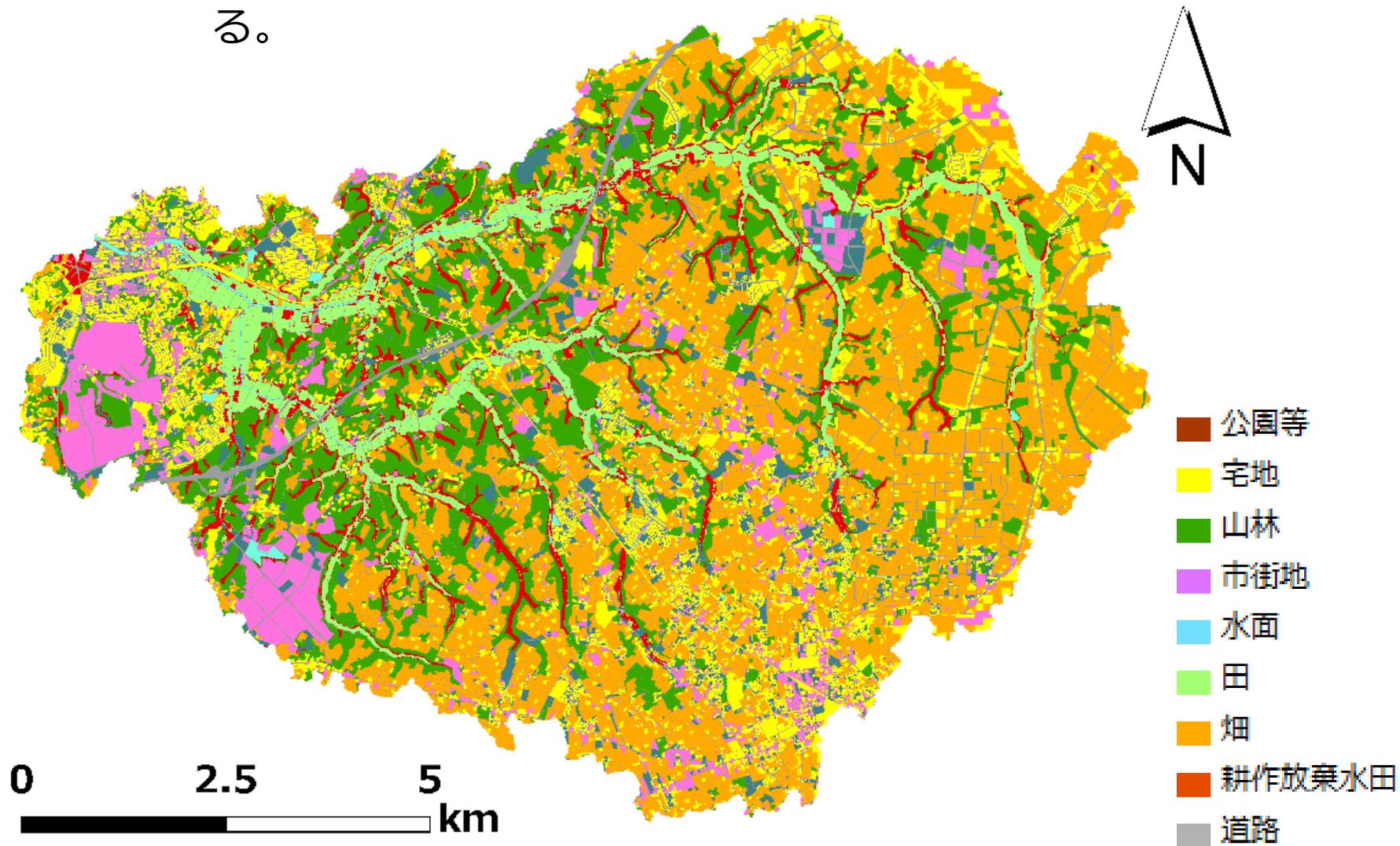


Landsat-8 2016/7/7

DEM

高崎川流域

谷頭や小規模の谷津に耕作放棄水田が存在する。



土地利用図 (印旛沼流域水循環健全化会議の2007年度土地利用図に加筆)

モデルの概要

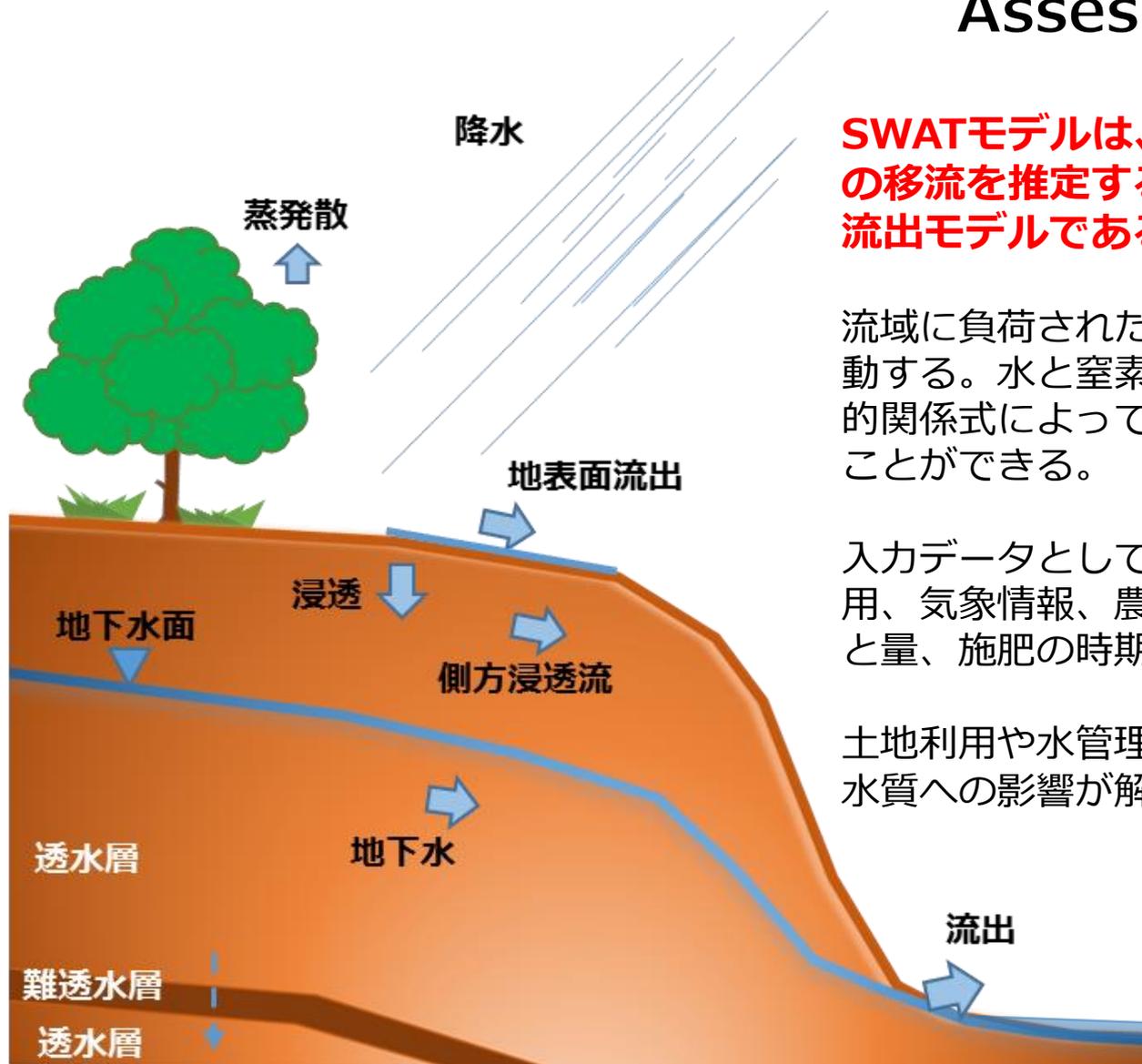
SWAT(Soil Water Assessment Tool)モデル

SWATモデルは、農業流域の水、土砂、栄養塩の移流を推定することに特化した準分布型水文流出モデルである。

流域に負荷された窒素は水循環に伴って河川まで移動する。水と窒素の移動や窒素の形態変化は半経験的関係式によって推定され、脱窒の計算も組み込むことができる。

入力データとして、地形勾配、土壌情報、土地利用、気象情報、農地における作物栽培、肥料の成分と量、施肥の時期、水管理方法を設定する。

土地利用や水管理方法、施肥量を変化させたときの水質への影響が解析可能である。**(シナリオ分析)**



SWATモデルで表現される水循環

SWATモデルの脱窒の計算過程

$$N_{denit,ly} = NO3_{ly} \cdot (1 - \exp[-\beta_{denit} \cdot \gamma_{tmp,ly} \cdot orgC_{ly}])$$

$N_{denit,ly}$: 脱窒による硝酸性窒素の除去量 (kg N/ha)

$NO3_{ly}$: 土壌層に存在する硝酸性窒素 (kg N/ha)

β_{denit} : 脱窒の速度係数

$\gamma_{tmp,ly}$: 温度の環境因子

$orgC_{ly}$: 有機炭素量 (%) ← 有機炭素は電子供与体として脱窒に必要な電子を供給する存在である。

温度が高い・有機炭素が多い



脱窒による硝酸性窒素の除去量が多くなる

上式で表される脱窒作用は、土壌の圃場容水量に対する含水量が閾値より高い（土壌が十分な水で満たされている）場合に限り発生する。



現場では嫌氣的（還元的）な環境において脱窒が発生しやすいという点で整合している。

シナリオ設定

シナリオ1



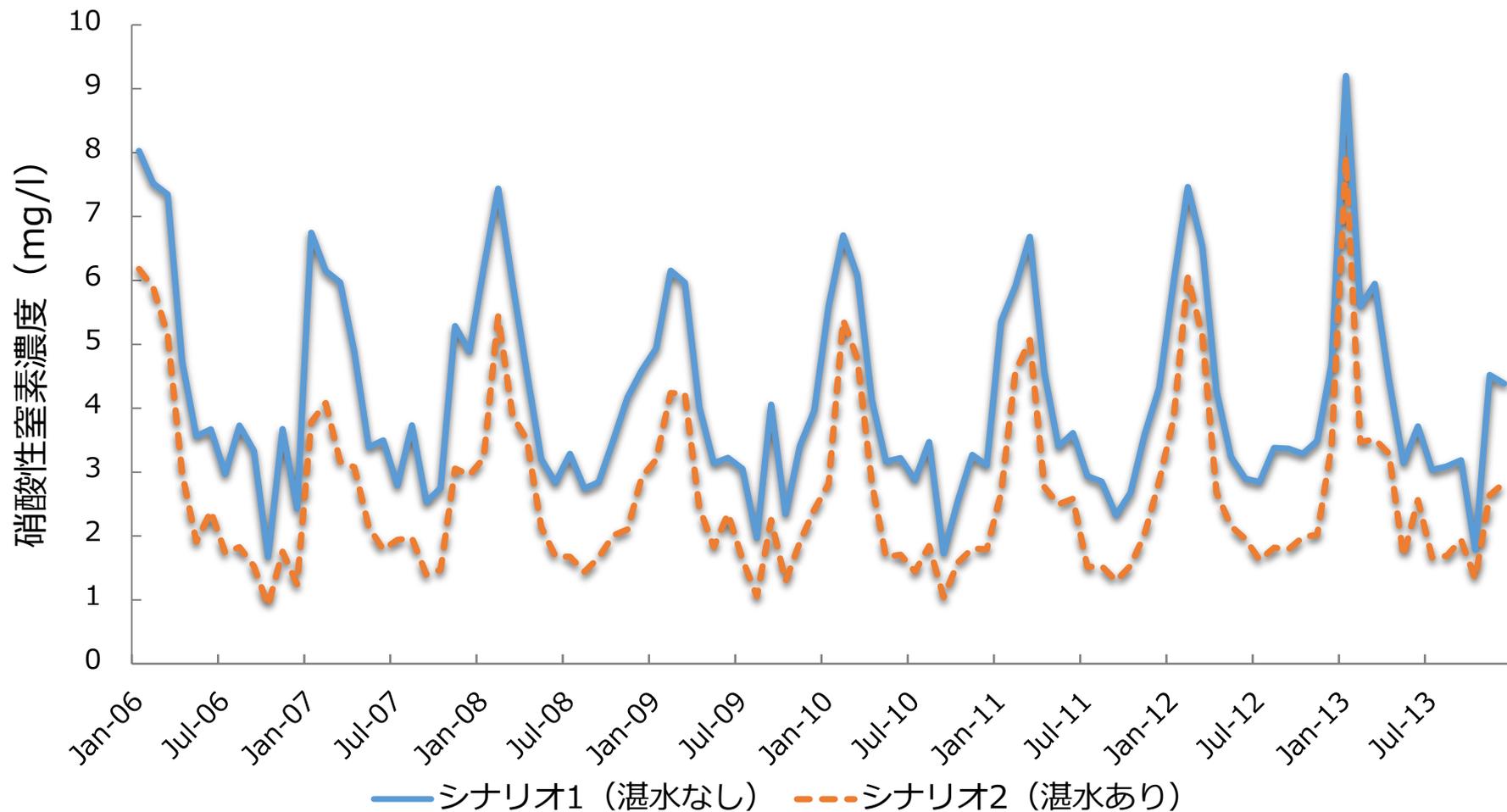
耕作放棄水田に特別な水管理をしないで放置したままの場合

シナリオ2



耕作放棄水田が通年湛水するように計画的に水管理をする場合

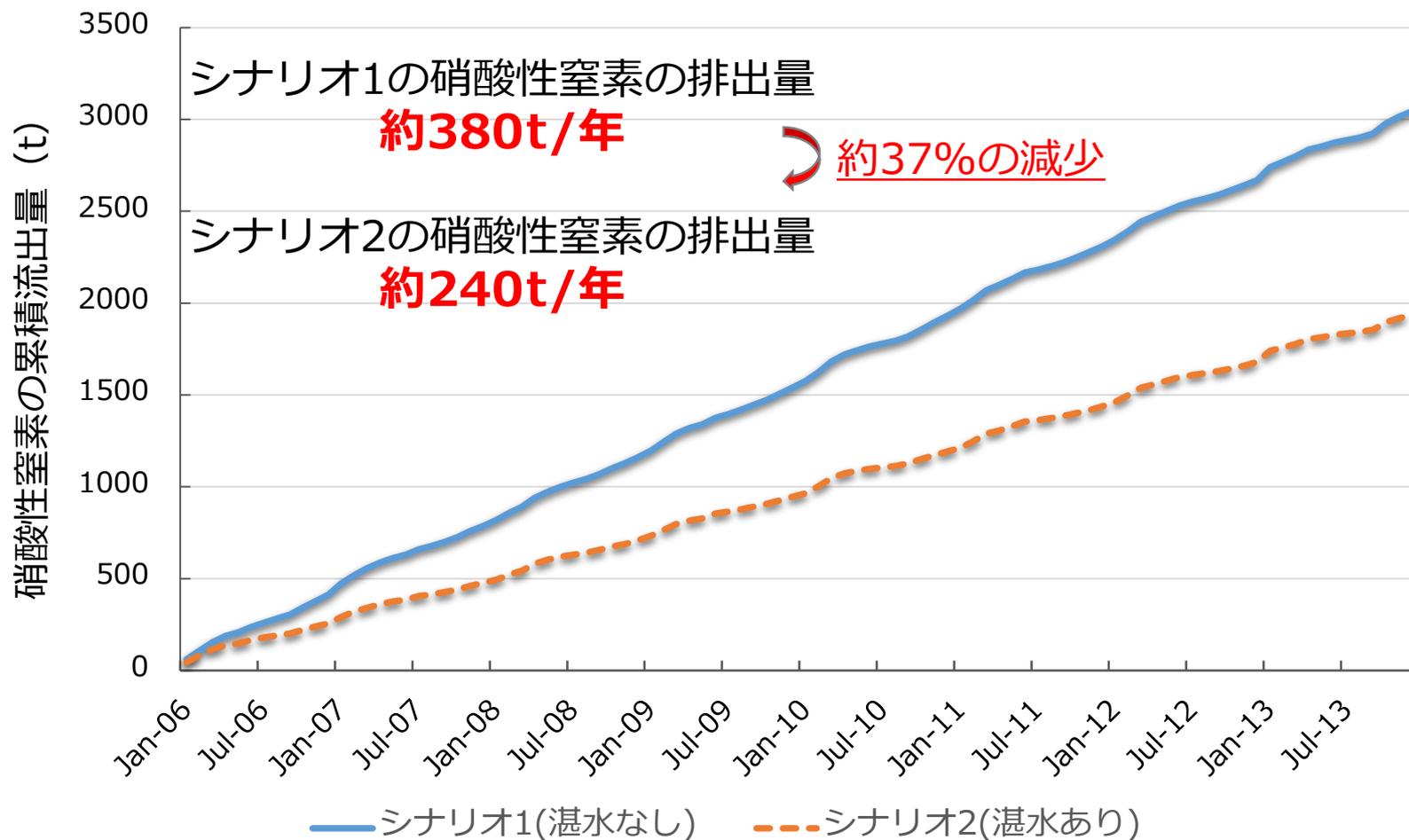
硝酸性窒素濃度



Graph1 高崎川流域（計算範囲）の最下流における硝酸性窒素濃度

耕作放棄水田を全年湛水することによって、硝酸性窒素の濃度が平均1.5mg/l 低下すると見込まれる。

硝酸性窒素の累積排出量



Graph2 高崎川流域（計算範囲）の最下流における硝酸性窒素の累積排出量

耕作放棄水田を通年湛水することによって、河川を通過して流域から排出される硝酸性窒素の量は、8年間で約1100t 減少すると期待される。これは、約3年分の硝酸性窒素の排出量に当たる。

谷津の湿地

- 谷津の谷底は高い地下水位をもっており、現状において湿地を形成している谷津は多く存在している（例：畔田谷津）。したがって、印旛沼流域は高い自然の浄化機能（脱窒）のポテンシャルを持ち、既に多くの硝酸性窒素が除去されていると示唆される。
- 脱窒のポテンシャルをさらに向上させるために、耕作放棄水田を湿地として計画的に管理すると、4割近い硝酸性窒素が除去できると期待される。

畔田谷津

まとめ

- 印旛沼流域に降った雨は、谷津を流れて印旛沼へと辿り着くため、谷津の環境は河川の水質に大きく影響していると考えられる。
- 谷津に存在する耕作放棄水田を湛水させて、湿地として計画的に管理することで、硝酸性窒素濃度は約1.5mg/l、排出量は約37%低下することに繋がると期待できる。
- 印旛沼流域は谷津という優れた自然の水質浄化機能を持っており、そのポテンシャルを引き出すことで、自然と調和した水質改善が見込めると考えられる。

ご清聴ありがとうございました。