

## 神奈川県高座丘陵における放棄された谷戸の水路の水質変動について

### Water quality fluctuation of an irrigation channel in abandoned rice paddy fields in Koza Hills, Kanagawa Prefecture

倉谷伸宏\*・板川暢\*\*・一ノ瀬友博\*\*\*

Nobuhiro Kuratani\*, Satoru Itagawa\*\*, Tomohiro Ichinose\*\*\*

Recently, many paddy fields in hilly areas have been abandoned in Japan. However, there are still small streams, which were irrigation channels, after abandoned. We focused on their water quality and fluctuation. An irrigation channel was selected in Koza Hills, Kanagawa Pref., which flows through abandoned rice paddy fields and is still maintained. Temperature, water temperature, velocity of flow, depth and width of channel, pH, electric conductivity (EC), T-N, T-P, NH<sub>4</sub>-N and chemical oxygen demand (COD) were investigated at five points from July to November 2009. There was an outfall of waste water at the top of channel. Then, EC, T-N and COD were declined from headwater to down stream.

**Keywords:** Yato, abandoned rice paddy field, total nitrogen, water quality fluctuation, Kanagawa Pref.

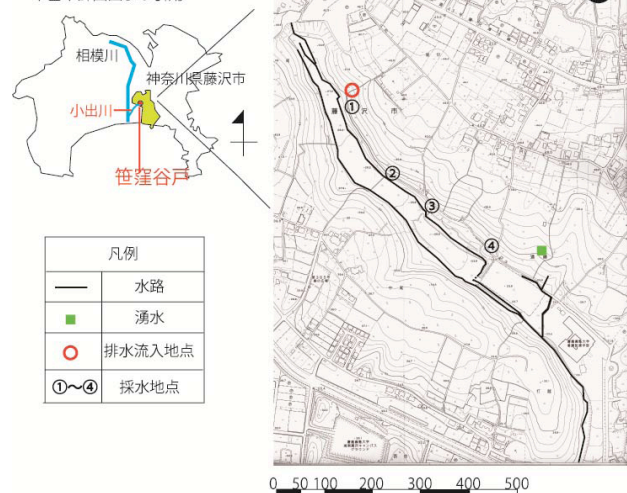
谷戸、耕作放棄地、全窒素、水質変動、神奈川県

#### 1. はじめに

谷戸とは、台地や丘陵が長い年月をかけて川による侵食で形成された小規模な谷底低地を持つ谷状の地形のことである。狭い面積に斜面林や水田、細流など多様な環境を有しているため豊かな生態系を形づくっており、非常に価値のある空間として評価されている。谷戸は農家のきめ細かい管理によって成り立ってきたが、米の生産調整が始まった 1970 年代から谷戸の水田（以後谷津田）は休耕・耕作放棄地が増えた。平野にある水田より手間がかかり、重機の搬入が難しいため生産効率が悪かったことが要因として挙げられている。谷戸は放棄され粗放化が進むと植生や生態系に影響が出るとされている<sup>1) 2)</sup>。そのため放棄状態にある谷戸の植生の状態を評価した研究<sup>3)</sup>や植生管理を提言する研究<sup>4)</sup>など、谷戸空間の保全を目的とした研究が多くなされている。しかしながら谷戸における土地利用と河川水質の関係を述べた既存研究<sup>5)</sup>はあるが、放棄された谷戸の水質に関する研究は少ない。集水域である谷戸において水質浄化機能を持つことが知られている。田淵ら<sup>6)</sup>は畑地を行っている台地から湧いた湧水が谷戸内を通過する際に窒素が除去された報告をしている。そのような貴重な機能を持つ谷戸であるが、今後も耕作放棄は多いと考えられ、対策を立てるためにも放棄後の谷戸の状況を詳しく知る必要がある。そこで本研究では耕作放棄された谷戸の水質にどのような傾向があるのか、流下に伴いどのような変化をするか明らかにすることを目的とした。

高座丘陵が小出川による浸食作用によって作られた地形である。谷戸は北西方向から南東方向に伸びており、中央は谷となり両側には斜面林が広がる。森林と湿地からなる面積約 33ha、奥行き約 1 km、高低差約 20m の二次的自然である。過去に谷戸では谷底部で稲作が行われ、斜面林は人工的に植栽されている典型的な里山空間といえた。しかし、1950 年代から管理が放棄され、1990 年には藤沢市健康の森計画により谷戸底の約半分が埋め立てられた<sup>7)</sup>。本谷戸の谷頭から相模川水系の一級河川、小出川の源流が発生しており、谷戸頭から 2 本水路が流れている。谷戸底は藤沢市の所有する土地であるが、定期的に管理されている様子はな

平成 17 年度藤沢市都市基本計画図より引用



【図-1】対象地域・採水地点概要

く谷戸底を流れる水路にはヨシなどが茂った状態にある。今回の調査では日射量が多く植物や微生物の活性が高いと考えられる。

#### 2. 調査方法

##### 2-1. 対象地概要

調査対象地は神奈川県藤沢市遠藤に位置する笹窪谷戸とした。

\* 非会員・慶應義塾大学環境情報学部 Keio University, Faculty of Environment and Information Studies

\*\* 正会員・慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 Keio University, Graduate School of Media and Governance

\*\*\* 正会員・慶應義塾大学環境情報学部 Keio University, Faculty of Environment and Information Studies

【表-1】水質項目調査結果 (平均値)

地点番号	水温 度	気温 度	PH	誘電率 us/m	T-N mg/L	T-P mg/L	COD mg/L	NH4-N mg/L	流量 m <sup>3</sup> /min	流速 M/s
排水	16.18	15.96	7.74	40.26	15.40	2.54	11.13	10.00		
1	15.34	15.98	7.28	37.40	6.19	0.05	3.64	0.26	0.15	0.28
2	15.00	16.06	7.20	37.54	6.26	0.05	3.92	0.20	0.29	0.24
3	14.88	15.96	7.24	34.00	5.73	0.05	4.32	0.20	0.38	0.18
4	14.70	15.96	7.21	32.00	5.29	0.06	4.63	0.20	0.46	0.17
湧水	12.37	11.30	7.12	27.90	14.13	0.06	4.68	0.20		

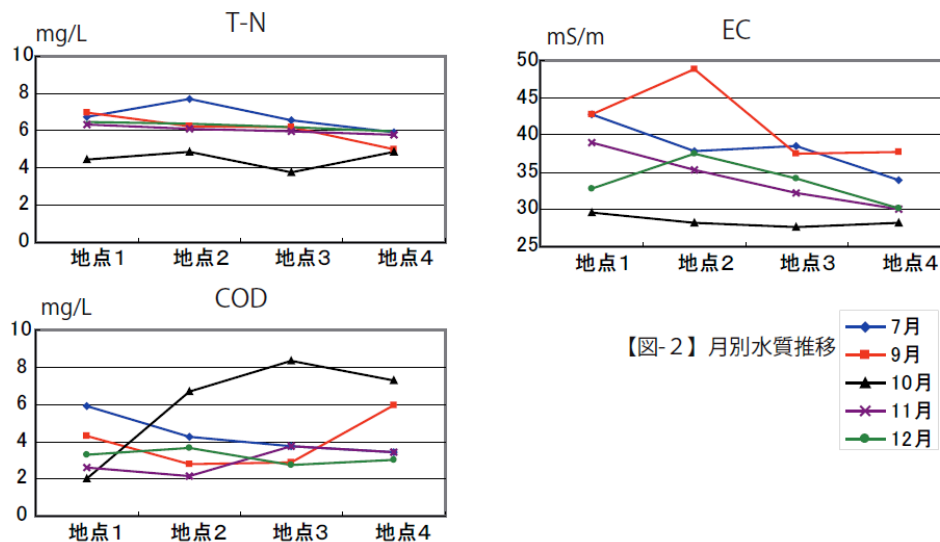
北側に位置する水路を対象として選んだ。谷戸には多くの湧水が存在し、1997 年の調査<sup>8)</sup> によって判明しただけでも 5 地点、現地を見る限りはそれより多くの箇所に湧水が存在していると考えられる。またこの谷戸の水路の特異な点として、パイプをつたい生活排水と思われる汚水が混入している事が挙げられる。排水がどこから流れてきたものかは不明であり、排水の量は一定ではなく不定期に流入している。河川の水質を測定する際に、水路の水質を検討するひとつの要素として 2009 年 6 月に目視で谷戸内の水路の生物調査を行った。その結果ヤマサナエ *Asiagomphus melaenops* Selys、オニヤンマ *Anotogaster sieboldii*、ミルヤンマ *Planaeschna milnei*、カワゲラ目 *Plecoptera sp.*、ヨコエビ目 *Gammaridea sp.*、ギンヤンマ *Anax parthenope*、シマアメンボ *Metrocoris histrio*、ホトケドジョウ *Lefua echigonia*、アメリカザリガニ *Procambarus clarkii*、サワガニ *Geothelphusa dehaani*、ヒキガエル *Bufo japonicu*、などが確認できた。このうちホトケドジョウはレッドデータブック絶滅危惧IB類(EN)に記載されており<sup>9)</sup>、希少価値の高い種といえる。

2-2. 調査方法

水路の上流から下流にかけての水質変動を把握するため、図 1 に示すように上流から下流までの約 400m の区間を対象として

【表-2】区間別の水路状況

	区間①-②	区間②-③	区間③-④
護岸形状	一部直立護岸 他直立護岸	自然護岸	自然護岸
水生植物	無	有	有(多)
水路幅	40~70cm	50~100cm	70~100cm
水深	0~15cm	0~30cm	0~30cm
平均流速	0.26m/s	0.16m/s	0.15m/s
底質	砂、泥	泥	泥



【図-2】月別水質推移

設定した。等間隔に採水ポイントを設け、それぞれの区間の水路の環境が異なるよう設置した(表2)。また水路の水質に影響を及ぼすと考えらえる排水、湧水からも参考のためそれぞれ1箇所ずつ採水し

た。2009 年 7 月から 2009 年 11 月まで、台風のため調査できなかった 8 月を除き毎月 1 回ずつ、前日 2 日間以上降雨の無かった日を選び採水を行った。採水時間を午前 7 時から午前 9 時までとし、現地において「気温」、「水温」、「水深」、「水路幅」、「流速」、「護岸状況」、「水生植物の有無」を測定した後、「PH」、「電気導電率 (EC)」、「化学的酸素消費量 (COD)」、「全窒素 (T-N)」、「全リン (T-P)」、「アンモニア態窒素 (NH4-N)」について測定を行った。水温は調査区間の中心で水温計を用いて求め、水路幅は採水地点と地点の 20cm 前後の 3 箇所て流下方向と垂直を引き測定し、平均水路幅を求めた。水深は流下方向と平行に等間隔に 3 本の直線を引き平均水深を求めた。流速は 1cm 四方の発砲スチロールを浮かせて 1m 流し、ストップウォッチでその時間を 5 回測定しその平均値から求めた。pH は pH メーターを、EC は EC メーターを利用し、NH4-N は共立理化学研究所のパックテストを用いて測定を行った。COD は過マンガン酸カリウム酸性法を用い、全窒素はアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム分解—紫外線光度法、全リンはペルオキシ二硫酸カリウム分解法により測定した。

3. 結果

3-1. 調査結果

7 月~12 月の調査結果の平均値を表 1 に、水質項目の中でも変化が見られた T-N、COD、誘電率の地点毎の月別変化を図 2 に示した。流量は排水と湧水は不定期に流れるため測定することができなかった。上流から下流にかけて流量は増加傾向にあり、流速は反比例して減少傾向にある。これは流下するにつれて川幅が広がるためである。全リンはペルオキシ二硫酸カリウムの測定

法において定量限界値が 0.05mg/L であるため、排水地点で採取したもの以外に有効な値を得ることができなかった。アンモニア態窒素においても排水以外に有効な値を得ることができなかった。1970 年度農林省公害研究会策定<sup>10)</sup>によると、環境保全(国民の日常生活において不快感を得ない程度)は全窒素が 1 mg/L 以下、全リンが 0.1mg/L 以下であるから、排水において PH、全窒素、全リン、COD、導電率、アンモニア態窒素にお

いて高い値を示したといえる。全リン、アンモニアは生活排水の混入の可能性が高い。

図2の月別変化のT-N グラフから、10月以外の地点2から地点4の間は全窒素が減少していることがわかる。平均値から見ても全窒素濃度は低下するにつれてわずかながら減少傾向が見られる。また EC についても低下するに従い減少傾向が見られ、COD についても10月を除いて減少する傾向にある。このように全体的に水質は低下するに従い減少する傾向にあることが分かる。表1から排水や湧水は水路内の値に比べ約2倍全窒素濃度が高い数値を示しており、水路にこれらが流入しているが、低下に伴い全窒素の濃度は減少傾向にあることが分かった。このことから全窒素濃度が希釈あるいは吸収されている可能性があるため全窒素の値に注目して分析を行った。

### 3-2. 水質変動率の算出

全窒素に注目し低下による水質変動率を求めた。水質変動率は三瓶ら<sup>11)</sup>に倣い、以下の式を用いて算出した。

$X_{n+1} : S_{n+1}$  の栄養塩濃度

$R_n : S_{tn}$  から  $S_{tn+1}$  への水質変動率

$X_n : S_{tn}$  の栄養塩濃度

$X_{n+1} : S_{n+1}$  の栄養塩濃度

水質変動率の結果を表3に示す。全窒素は調査区間地点1から地点4を流下することにより平均で約1%窒素濃度が減少していることが分かった。月別に見ても10月を除き全ての月で濃度が減少しており、特に9月において濃度の減少が28%と多く見られた。表4は2009年7月から12月の降水量<sup>12)</sup>であるが、10月の降水量は他の月に比べ多かった。

### 3-3 流出負荷量の算出

次に地点毎の全窒素の負荷量を求める。田淵ら<sup>6)</sup>に倣い地点毎の全窒素濃度と流量から算出し窒素流出量の結果を表5に、地点毎の流出分の差分を算出した結果を表6に示す。表6から、区間2-3では全窒素の負荷量の減少が確認されたが、上流から下流の収支にあたる区間1-4の負荷量を見ると全ての月において流下することで全窒素は増加していることがわかる。特に11月と12月の全窒素の値は他の月と比較して負荷量の増加が高い。

【表-5】 窒素流出負荷量

	7月	9月	10月	11月	12月	average
st1	1.01	0.97	0.94	0.76	0.97	2.65
st2	2.32	1.75	1.70	1.71	2.17	5.39
st3	2.30	2.35	1.57	2.08	3.48	6.56
st4	2.66	2.50	2.42	3.17	3.93	7.81

g/min

【表-6】 流下による窒素流出負荷量の差

	7月	9月	10月	11月	12月	average
diff st1-st2	1.31	0.77	0.76	0.95	1.21	2.74
diff st2-3	-0.02	0.61	-0.12	0.38	1.31	1.17
diff st3-4	0.36	0.14	0.85	1.08	0.46	1.25
diff st1-4	1.64	1.52	1.49	2.41	2.97	5.16

g/min

【表-3】 水質変動率

	地点1-2	地点2-3	地点3-4	地点1-4
7月	-14.52	14.91	10.22	12.51
9月	10.34	0.77	19.38	28.28
10月	-8.60	22.77	-29.49	-8.60
11月	3.79	2.36	3.23	9.09
12月	0.93	2.82	4.03	7.60
平均値	-1.11	8.40	4.22	11.29

【表-4】 2009年7月~12月降水量

	7月	9月	10月	11月	12月
降水量	144.5	53	243.5	158.5	79.5
日最大	19.5	11	24	19	6.5

## 4. 考察

放棄された谷戸の水質変動のパターンとして、全窒素、EC、COD に関しては低下に伴い減少傾向が見られた (図2)。

結果から全窒素濃度に着目して変化率を算出したところ低下するに従い全窒素濃度が減少する傾向がみられた。三瓶ら<sup>11)</sup>の研究では、マコモによる土壌浸透水の窒素吸収を確認したが、表流水の全窒素濃度の減少傾向は見られないとしており、本研究と既往の知見は違った結果となった。全窒素濃度が減少した理由の一因として、降雨等による希釈が考えられる。田淵ら<sup>6)</sup>の報告によると降雨が多く流量が増大した場合でも、濃度は低下する事はあるが、窒素負荷量は流量に比例して増大するとしている。これは流量が増大したときに、湧水の負荷量も増大するからである。本研究でも、降水量、流量が一番多かった10月は、全窒素濃度が他に比べ約2割少なかった (図2)。しかし負荷量に関しては他の月と大きな差は見られなかったため、濃度が減少した原因は降雨による希釈の可能性が高いと考えられる。

全窒素の流出負荷量は9月の地点2-3区間で0.12g/minで一番減少を示した。岡井ら<sup>14)</sup>によると自然環境下の湖におけるヨシの栄養塩除去速度は被覆面積あたり  $0.14g \cdot m^2 \cdot day^{-1}$  である。また田淵ら<sup>6)</sup>によると谷津田の灌漑期における窒素除去速度は  $0.81kg \cdot ha^{-1} \cdot day^{-1}$  であるため、単位換算すると  $0.08g \cdot m^2 \cdot day^{-1}$  となる。仮に調査区間地点2-3の流域区間を150m、幅の平均を0.75mと、ヨシの被覆面積を全体の3分の1とし、9月の地点2-3間負荷量減少速度を換算すると  $0.45g \cdot m^2 \cdot day^{-1}$  となる。ヨシや水田の除去速度よりも上回っている。

しかし流域全体を見ると負荷量は増大の傾向にあり、半年平均で5.16g/min増大が見られた。これの主たる原因は湧水、排水の窒素濃度の高い水が流入するためだと考えられる。田淵ら<sup>6)</sup>、安部<sup>13)</sup>など多くの研究において除去速度を検討する際は窒素流入と収支を明確にしたうえで窒素除去速度を出す手法を取っている。一方本研究では湧水、排水の流量は今回の研究では満足に測定することができなかった。また湧水や排水以外にも地下水、降雨など様々な要素が考



えられる。

放棄された本谷戸において全窒素が吸収される可能性としては、ヨシなどによる水生植物による吸収と脱窒細菌による吸収が考えられる。前者の場合が考えられるとすると、水路内の状況から夏季においてヨシが茂っていた区間2-4が区間1-2よりも窒素を除去する値が多くなり、逆に冬季になればヨシが枯れて窒素が流出するため全窒素の負荷量は増大すると考えられる。また、後者の脱窒細菌による脱窒の場合も細菌が嫌気性状況を好むため、流速が遅く低質が泥のような止水環境が必要となる。その場合も区間1-2よりも区間2-4の方が脱窒細菌にとって優位な条件であると考えられたが、負荷量の結果からみるとそのような傾向をみることはできなかった。以上により、谷戸において一部窒素濃度の減少傾向や負荷量の減少が見られる箇所があったが、調査範囲全体としてみると窒素負荷量は減少していなかった。

## 5. おわりに

今回の調査では放棄された谷戸について流下に伴い過剰な値を示していた水質が減少していく傾向が見られた。しかし、水量の測定が簡易的な手法を取ったため精度が低いと、水質を考えるにあたり大きな影響を及ぼしていると考えられる排水と湧水について正確な流量の測定を行うことができなかった。そのため、濃度は減少しているが単純に希釈という可能性も考えられる。また、谷戸という複合的な環境である河川の水質に影響を及ぼすとされる要素が多いことも問題である。今後の調査としては水質に影響を及ぼす項目を全て調査し、谷戸の水質に大きな影響を与えているか要因を分析する必要がある。その上で耕作放棄された谷戸をどう管理するべきか提言することがこの先必要となるであろう。

## 謝辞

本研究をすすめるにあたり、笹窪谷戸の水路の状況や水路の植生、水生生物などの現地調査を茅ヶ崎市野外自然史博物館の岸しげみ氏にご協力頂いた。神奈川県環境科学センターには、水質の測定方法についてご指導頂いたのみならず、測定機器の使用も許可して頂き、多大なご支援を賜った。また、慶應義塾大学一ノ瀬友博研究室のメンバーには現地調査の補助をはじめ、様々な支援を頂いた。

以上の方々のご支援・ご指導がなければ本論文を執筆することができなかった。この場を借りて深く感謝の意を示す次第である。

## 参考文献

- 1) 宇田川武俊 (編) 農林水産技術情報協会 (監修) (2000), 「農山漁村と生物多様性」, 家の光協会, pp.34-35, 172-173.
- 2) 武内和彦・鷲谷いずみ・恒川篤志 (2001) 「里山の環境学」, 東京大学出版会, pp.4-5, 112-114.
- 3) 大塚広夫・小林鈴枝・榊田信爾・根元正之 (2004), 「千葉県谷戸地形における水稲耕作とその放棄が植生に及ぼす影響」, 雑草研究, VOL.49(1), pp.21-24.

- 4) 浅見佳代・中尾昌弘・赤松弘治・田村和也 (2001), 「水生生物の保全を目的とした放棄水田の植生管理方法手法に関する事例研究」, ランドスケープ研究 64(5), pp.571-578.
- 5) 金子是久・大野啓一・森内栄一・西岡孝雄 (2004), 「千葉県船橋市近郊における谷津の土地利用と河川水質の関係、応用生態工学」, 7(1), pp.81-92.
- 6) 田淵俊雄・黒田久雄(1991), 「台地と谷津田の農業集水域の窒素流出構造」, 農土論集 154, pp.65-72
- 7) 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス SFC 環境白書をつくる会 (1996), 「SFC 環境白書」, 慶應義塾大学湘南藤沢学会
- 8) 藤沢市計画建築部西北部地域計画担当アジア航測株式会社 (1998), 「平成9年度「健康の森」自然環境調査業務委託報告書」.
- 9) 環境省 (2008) 汽水・淡水魚類レッドリスト, pp.2.  
([http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=9944&hou\\_id=8648](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=9944&hou_id=8648)) 2010年2月25日閲覧
- 10) 日本水産資源保護協会 (2005), 水産用水基準  
([http://ay.fish-jfrc.a/jkiban/kankyou/hourei/yousui/suisan\\_kijyun.htm](http://ay.fish-jfrc.a/jkiban/kankyou/hourei/yousui/suisan_kijyun.htm)) 2010年2月25日閲覧
- 11) 三瓶由紀・藤咲雅明・池口仁・武内和彦 (2003), 「近自然小河川における抽水植物の浄化機能に関する研究」, ランドスケープ研究 66 (4), pp.320-326
- 12) 気象庁, 気象統計情報  
(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>) 2010年2月25日閲覧
- 13) 安部薫 (1999), 「台地畑—谷津田連鎖系における水田・湿地の窒素浄化能力」, 総合農業の新技术, 12号, pp.164-169.
- 14) 岡井隆・笹田康子・石原暁 (2004), 「水生植物を活用した水質浄化実験 (第2報) —豊稔池の水質浄化の試み—」, 香川県環境保健研究センター所報第3号, pp.58-63.