第3章5節

里沼における人の営みの変遷と生態系サービス

吉田 正彦 ^a・山口 和子 ^b・石﨑 晶子 ^b・小倉 久子 ^c・中村 俊彦 ^d a 千葉県県土整備部河川環境課 b パシフィックコンサルタンツ株式会社 c 千葉県環境研究センター d 千葉県生物多様性センター 併任 千葉県立中央博物館

1. はじめに

人と自然の共生する社会の姿として「里山」という概念が社会に浸透して久しいが、最近では、「里海」という概念も同様に広く用いられはじめている(柳,2006). こうした「里山」、「里海」の存在は、日本における多様な自然環境に適応し、その恵みを享受することにより人々のくらしが成立してきたことを意味する.

この里山や里海と同様に、千葉県では、沼に接する地域においても、土地本来の生物多様性を保全しつつ人々の持続的な生活・生業が営まれてきた。2008年3月に策定された「生物多様性ちば戦略」では、里山や里海という言葉に加えて、初めて「里沼」という言葉を用い、豊かな沼の自然とともに暮らす人々の生活・生業について言及した(千葉県、2008)。池沼、ため池は、里山の要素としての捉え方もあるが、印旛沼と手賀沼は生物多様性の観点からも、人の生活・生業や文化の面からも特筆すべき存在であり、沼周辺の人と自然のかかわりにおいては里沼の概念があてはまる。

かつての里沼では、沼と人々の生活がおりなす、里山や里海と同様に多様な土地環境のモザイク構造が形成されていた。このような過去の里沼の様相や人々の生活・生業は、高度経済成長や人口増加、都市化など社会経済の変化により、大きく変化してきた。

その変化に伴い, 里沼においても様々な課題が生じてきている. しかし, 里沼における人のくらしの姿や, 里沼からもたらされる恵みについての解析はなされておらず, 今後の持続可能な社会に向け, 里沼からの知見は重要である.

本稿では、過去の里沼における恵み(生態系 サービス)を明らかにするとともに、その後の 社会経済の変化による里沼の変化の把握とその 変化の要因を分析し、持続可能な社会に向けた 課題とその対応を考察した.

2. 調查地概要

本調査では、千葉県の典型的な里沼の姿として印旛沼を抽出し、沼及び沼に接する地域を調査対象とした.

かつて印旛沼は、鬼怒川下流に位置し、縄文時代には海水が浸入してできた古鬼怒湾(香取海)と呼ばれる内湾の一部で、台地の奥まで入り込んだ入江(印旛浦)であった。当時の人々のくらしは、主に台地を居住の拠点とし、狩猟採集を主とする生活が営まれていた。印旛沼はまだ内湾であり、人々はそこから内湾海産性の貝類を採取し、生活していた。その後、弥生時代になると、鬼怒川上流からの土砂の堆積と海面低下により淡水化、池沼化が進んだ。沼周辺では、谷津田を耕して暮らす小規模な集落が点在していた。その後さらに時を経て、周辺の入江と共に、鬼怒川本流から流出する土砂により入江部分がふさがれ、いわゆる「堰止湖」として印旛沼が成立した。

江戸時代になると、利根川東遷(東京湾に流れ出ていた利根川と、鬼怒川の支流にあたる常陸川とを結ぶ掘割工事)が行われ、印旛沼は利根川及び鬼怒川の双方の影響を受けるようになった。人々は、鎌倉・室町時代以前から江戸時代にかけて、湧水の豊富な谷津の奥に集落をつくり定住した。この当時から現在まで続く古

い集落は,「古村」と呼ばれている(千葉県・ 印旛沼流域水循環健全化会議.2008).

江戸時代以降,人口増加に伴い沼周辺に人々が進出し、それに伴い水害も頻発するようになった。何度かの治水工事を経て、1969年に竣工した印旛沼開発事業により、印旛放水路の開削と広大な干拓地の造成等が行われた。その結果、現在の印旛沼は面積は11.55km²、最大水深2.5mとなっている。

流域面積は541.1km²であり、千葉県面積の約10.5%にあたる。流域市町村は成田市、佐倉市をはじめとする15市町村からなり、流域人口(2009年)は千葉県人口の12%(2011年2月現在との比較)にあたる75.8万人に及ぶ(千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2010)。

3. 調査資料とその解析

本調査では、まずはじめに、持続可能な社会を形成していたと考えられるかつての里沼の姿を明らかにするため、明治から昭和初期にかけての印旛沼に接する村(沼つき村)(図1)約50村を対象とし、既存文献調査により、生態

系の基盤(構造・土地利用,生物相)や,生態系サービス(供給サービス:食料や水,木材など;調整サービス:水質浄化や洪水防止など;文化サービス:レクリエーションや信仰,伝統技術など)に関する状況について整理を行った。その結果については,既に吉田ほか(2010)で報告しており、本稿では概要のみ報告する。

次に、その里沼が人のくらしの変化と共に変化する過程に着目し、現在の里沼における自然環境や、生態系サービスの現状と傾向について、整理した. さらに、里沼の変化の要因となった人口や、産業構造、社会ニーズの変化などについて把握し、要因分析を行った.

明治時代以降の市町村合併等により過去の村の単位でのデータ・情報の収集が困難な場合には、図2に示すように流域や周辺市町村などを単位としたデータに基づき解析した.

明治から昭和初期にかけての里沼の調査においては、当時の陸軍がおこなった民情調査『偵察録』を解析することにより、当時の里沼の姿を明らかにした。『偵察録』は、陸軍参謀本部測量課が明治13(1880)年以降明治27年までの間に、軍用を目的として全国の縮尺2万分の1地形図を整備する過程で作成された、

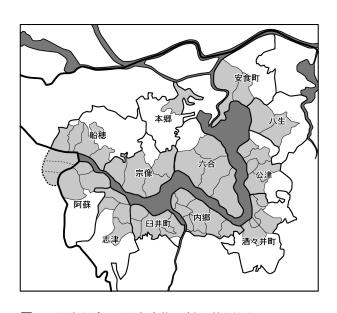


図1 調査対象の明治時代の村の位置図

注:灰色部分が調査対象とした明治初期の沼付きの村.名称が記載されている村町は,明治中期の村町名を示す

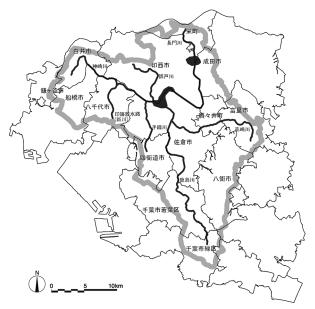


図2 調査対象地域

兵要地誌である.『偵察録』には、測量の過程において、現地視察や戸長からの聴取等により得られた地形図に盛り込めない各種の情報(戸数、農産物等)が、記録されている(佐藤、1986).

本調査では、その記録から、人口や戸数などの数値情報について図1に示した沼付村において整理し、解析を行った(結果は、吉田ほか(2010)で報告済み)。

さらに、かつての里沼での食料事情を推定す るため、まず偵察録に記載のあった主要な収穫 物である米、麦、サツマイモ(琉球薯)、魚に ついてそれぞれ食品成分表(文部科学省,2005) を用いて,収穫量から村ごとの総カロリーを算 出し、各村の人口で除することにより、各村 で供給可能な一人当たり日カロリーを算出し た. さらに、印旛村史(印旛村史編さん委員 会 1990) より、里沼における一日の食事を設 定し、食品成分表から同様に摂取カロリーを推 定した. また, 昭和40年代, 現在における里 沼地域の田の面積及び、千葉県の収量(千葉県 統計年鑑ホームページ)から、里沼地域におけ る米の推定収穫量を算出し、カロリー換算する ことにより、かつての里沼の供給サービスの状 況との比較を行った.

4. 里沼の成り立ちとかつての里沼における生態系サービスの状況

1) 里沼の生態系の基盤(構造・土地利用,生物相)

(1) 構造と土地利用の状況

明治 15 (1882) 年頃には、印旛沼に接する村「里沼」は約 50 あり、里沼(村)の人口は平均約 450 人、戸数は平均約 80 戸であった。 里沼(村)の陸域は、おおむね、田と畑、林がほぼ同程度の面積割合となっていたが、現在の北沼北部、南東部、西部南側は、土地利用に占める水田の割合が比較的高く、その他の地域では林の割合が比較的高い状況であった。

(2) かつての里沼の生物相の状況

明治から昭和初期までの生物多様性や生態系の詳細な情報は非常に少ない. 印旛沼の本格的な開発(干拓)が開始された昭和38年(1965年)以前の生物多様性・生態系の状況について整理した.

①水生植物

印旛沼はかつて水草の宝庫といわれ、印旛沼開発事業(干拓前)までは、西印旛沼で44種(うち沈水植物9種)、北印旛沼で45種(うち沈水植物19種)が確認されている(昭和39年[1964]).当時の印旛沼は、なだらかな湖岸の形状に対応して、多種の湿地植物、抽水植物、浮葉植物、沈水植物が繁茂し、豊かなエコトーンを形成していた。「モク採り」の対象となったコウガイモ、ホザキノフサモ、センニンモ、マツモといった、現在の印旛沼ではほとんどみられない沈水植物も豊富に生育していた(財団法人印旛沼環境基金、2006;白鳥、2006).

②魚介類

開発事業以前の印旛沼には、利根川から遡上してきたサケ、マルタ、ボラといった魚種や、シラウオ、モツゴ、ギンブナ、キンブナ、ナマズ、モクズガニ、マシジミ等の在来種等多種多様な魚介類が生息していた(財団法人印旛沼環境基金、2006).

③鳥類

印旛沼は鳥類の宝庫でもあり、かつてはガンカモ類の猟場として有名であった。ガン、カモ、ハジロ、サギ、ウなどの水鳥や、コガラ、ヨシキリ、ウグイス、ヒガラ、ヒバリ、キツツキ等の種も記録が残されている。こうした記録の中には、現在では千葉県レッドリストに掲載されているウズラ、フクロウ、ヤマガラ、ヤマドリ等の種も見られた(千葉県印旛郡役所、1985a).

④山林田畑の植物

印旛沼周辺の里沼では、山林田畑の植物を生活の中で多く利用してきた.かつての記録で

は、「重要な野外植物」として、クヌギ、ウルシ、クロマツ、カヤ、ヒノキ、シラカシ、サカキ等が記載され、また「重要な薬用植物」として、オモダカ、ケシ、カタバミ、リンドウ、センブリ等の記録が、「重要な有毒植物」として、ウラシマソウ、イチリンソウ、トリカブトといった記録がある。こうした記録の中には、現在では千葉県レッドリストに掲載されているイチリンソウ、ホシクサ等の種も見られる(千葉県印旛郡役所、1985a)。

2) かつての里沼の生態系サービス

(1)供給サービス(農業,漁業,林業,畜産業, 水利用,水運)

①農業と畜産業による食料や繊維の供給

里沼における代表的な供給サービスとして, 印旛沼周辺の自然資源をもとにした,農業等に よる食料や繊維の供給があげられる.

農業と地形の関係をみると、谷津と沼周辺の低湿地では稲作(農地拡大のための干拓もある)が、台地上では畑作が主に行われていた。偵察録によれば、明治15(1882)年頃の農作物は、穀物では米、麦、雑穀の順に収穫が多く、他にはサツマイモ(琉球薯)が多く収穫されていた。その他、酒や醤油、油の製造や、一部の村では、綿や茶などの物産の生産も行われていた。また、里沼では食用等の家畜(鶏、家鴨、馬)が飼育

されており、種類別では鶏が多く、村平均で約333羽飼育されていた(吉田ほか, 2010).

偵察録のデータを用い、明治 15 (1882) 年頃の里沼の主要な収穫物 (米、麦、サツマイモ、魚) の収穫量を里沼の人口で除して、1人1日あたりのカロリーとして算出すると、約3,100kcal/人・日となり、その半分以上を米が占めていた。一方で、里沼における一日の平均的な献立から一人当たりの摂取カロリーを推定すると、1,740kcalであった(吉田ほか、2010)。この結果からは、里沼では米を中心として、自家消費量以上の十分な食料が得られていたことがわかる。

明治前期は、江戸時代以来の年貢はあるものの基本的に自給自足的であった農業に、変化が現れ始めた時期である。米や麦、大豆、鶏卵が村外、特に東京に移出されており、里沼の一部地域での移出額を例に挙げると、米の移出額が非常に高く(図3;印旛村史編さん委員会、1990)、当時の米価(1 俵 60kg)1.7 円から2.8 円(新潟米情報センターホームページ)を考慮すると、多くの米が域外に移出されていたと推察される。このように、里沼が他地域、特に大都市である東京の食料の供給源となっていた。

農地の肥料として、印旛沼では水草をサッパ 舟と呼ばれる小船で採り、田畑にまいて使用し ていた.これは「モク採り」とよばれ、その水

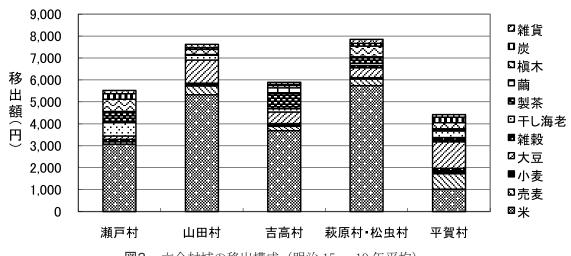


図3 六合村域の移出構成(明治15~19年平均) (資料: 印旛村史編さん委員会,1990より作成)

草(藻)の採取量は年間約2,000戸で約1万tにも上り(千葉県印旛郡役所,1985), 農業においても沼からの恵みを受けていたことがわかる.

②漁業による食料の供給

里沼では、漁業による食料の供給サービスが 特徴のひとつとなっている。多くの村で漁業を 行っており、漁獲物の多くは仲買業者に売り渡 されていた。漁獲の面でも里沼が他地域の食料 の供給源となっていたことがわかる。

偵察録を解析すると、特に利根川に近い安食村と酒直村では沼周辺の他の村と比べて漁獲量が非常に多く、また、明治20年代の漁業戸数の記録では、沼の南岸よりも北岸の方が漁業が盛んであったことがわかる。1戸あたりの田地面積が少ない村では漁業戸数が多く、少ない農業収入を漁業収入で補っていたと言われている(印旛村史編さん委員会,1990)。

漁獲の種類としては、明治後期においてコイ、ウナギ、ナマズ、ドジョウ、フナ、ボラ、エビ、ハゼ等の記録があり、明治 42 (1909) 年の記録では、魚の漁獲量では鮒がもっとも多く、価額では鰻が最も高いことがわかる(図 4). 当時の漁獲量の合計は、約 214 トン、価額の合計は約 37,600 円であった(明治 42 年の物価は、米価(1 俵 60kg)4 円(前掲:新潟米情報センターホームページ)).

③林業から得られる燃料や資材

里沼では、谷津の後背地である林で林業が営まれ、供給サービスとして燃料や資材を人々は得ていた。偵察録では、林が多い村は、物産として薪(350束~約3万束,約2万貫(約75 t))や木材の記録があり、また、里沼が含まれる地域で、建築資材となる木材や茅は地域内で充分供給可能であるとの記載もある。

燃料となる薪や炭は、図3にも示されているように、他の地域に移出されていた。山林原野の割合が多い宗像村(明治初期の沼付き村と沼付きでない台地の村が含まれる)では、明治25(1892)年、薪炭の産出高の半分以上が移出されているという記録がある(印旛村史編さん委員会、1990)。

このように、林からは薪炭等の燃料や、木材や茅などの建築資材が得られ、一部は他地域への燃料の供給源となっていたことがわかる.

④水の利用

印旛沼周辺の里沼では、主に印旛沼流域の湧水を利用していた。沼周辺の地域には、沼周辺の低地を利用した湿田と谷津田があり、谷津田では、台地から谷津に湧き出す湧水が用いられていた。また、旱ばつ対策として、谷津田の上手にため池がつくられていた。これらの水は谷津田で利用され、その後、印旛沼に流れ込んでいた(印旛村史編さん委員会、1990)。生活用

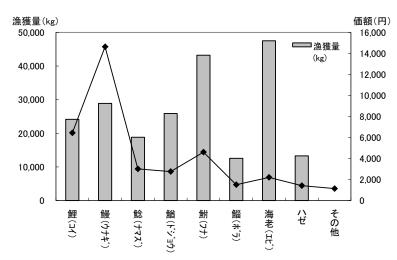


図4 印旛沼の漁獲量とその価額 (明治42年) (佐倉市史編さん委員会,1979より作成)

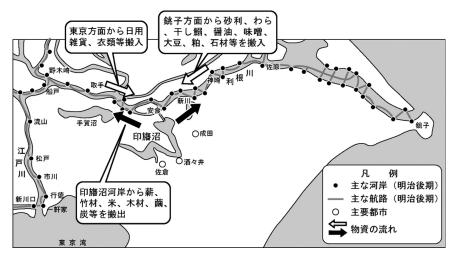


図5 高瀬舟を利用した物流の様子(千葉県関宿城博物館 展示物; 千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2008より作成)

水としても,湧水が広く利用され(白鳥,2006) ており、飲料水として井戸水も用いられていた (印旛村史編さん委員会,1990).

一方で、周囲の水田より低い位置にある印旛 沼の水は、揚水の技術が確立していなかった明 治期には、農業や生活用水としては利用されて いなかった(白鳥,2006).

そのほか、水の流れはエネルギーとしても利用されていた。 偵察録によれば二つの村で精米用の水車があると記録されている.

⑤水系がもたらす水運

里沼では、沼が生活に密接した場であり、かつ、沼を通じた水運が発達し、地域の人々の生活や街道の一部として、沼の対岸の里沼との行き来(渡し)や、東京や銚子などの遠方との物流・往来が行われていた。



写真 江戸川(市川市)をゆく帆船(大正期) (千葉県立大利根博物館,1994)

特に、印旛沼から利根川・江戸川を通じた江戸や銚子との物流は盛んに行われ、里沼で生産された米や薪炭などは、高瀬舟を用いて江戸等へ積み出されていた(図 5)(千葉県印旛沼流域水循環健全化会議,2008). 高瀬舟の接岸する河岸付近の町・村は、宿場町としても発達していた。明治時代には、蒸気船が登場し、高瀬舟と共に利根川水運の主要な役割を担った。こうした水運は、里沼で特徴的な供給サービスの1つと言える。

また、偵察録によれば、里沼では約3世帯に1つの割合で小船を所有しており、里沼の生活においても小船は主要な移動・運搬手段のひとつとして、漁業やモク採り、肥料運搬等に利用されていたと考えられる。また、船大工や船手等、沼に関わる職業を持つ人の数が比較的多く、沼が暮らしの糧となっていたと推測できる。

しかしながら、こうした水運は、明治後期以降、鉄道等の発達や流路の直線化による流水速度の増加、築堤などにより衰退していった.

(2) 調整サービス (洪水, 水質)

里沼における主な調整サービスは,流域の水源涵養機能による洪水の調整サービスと,自然による水の浄化機能による水質の調整サービスがあげられる.

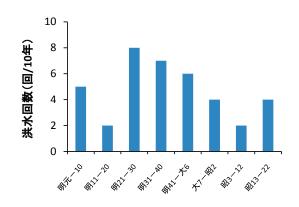


図6 明治以降における下利根地域の水害頻度 (資料:栗原,1980;白鳥,2006を改変)

①水の制御

里沼における主な調整サービスとして,流域の水源涵養機能による洪水の制御が挙げられるが,利根川東遷による印旛沼の遊水地化,広大な面積の上流域から運ばれる土砂の利根川の川底への堆積による印旛沼への逆流の増加,印旛沼への濁水流入による沼底への土砂堆積増加などにより,当時の里沼では洪水制御の調整サービスを十分に受けていたとは言いがたい.

図6に示すように、明治以降における利根川 下流域の水害は、長年にわたって2~3年に 1回の頻度で発生していた。

しかしながら、上流域の水源涵養機能により、 降雨後の河川のピーク流量は低減化され、流出 時間も長期化させるなどといった調整サービス は享受していた.

また「洪水の翌年は無肥料でも稲がよくできた」と言われたように(白鳥,2006),洪水により利根川から沼周辺湿地へ泥土とともに養分が供給され、肥沃な土地が形成された。その結果,肥沃な泥土で浅くなった印旛沼の縁では新田開発が行われた。古くからある集落は洪水のたびに浸水する沼周辺の低地を避け、谷津沿いに分布していたが、新田開発と共に印旛沼の縁への人々の営みの進出は、洪水の被害をさらに顕在化させた。

印旛沼周辺の水害としては、「外水(そとみず)」と「内水(うちみず)」と呼ばれる2タイプの被害があった。「外水」とは、沼の下流

にあたる利根川の水が沼に逆流し、堤防から溢れ、田地や人家へ被害が生じていた。この「外水」を防ぐため、大正11(1922)年に利根川と印旛沼の間の河川(長門川)に印旛水門が設置された。「内水」とは、流域内の降雨により沼が増水し、発生する洪水であり、印旛沼開発事業まで、水田の冠水などの被害をもたらしていた。

人々は水害に備えるため、様々な対策をとった. 印旛沼の北側の利根川沿いの集落には、浸水を備えた「水塚」(ミズカまたはミツカ)を持つ農家が多く分布している. また、集落や耕地を堤防(輪中堤)で囲み、水害に備えた.

このように、里沼では洪水制御という調整 サービスは十分に受けられなかった一方で、洪 水による養分の供給による肥沃な土地の形成と いったサービスを享受することができたため、 洪水に対する適応能力を高め、洪水を許容する ことにより里沼が成立していたといえる.

②水の浄化

当時の里沼では、良質な湧水が多く、飲料水として利用されていた。このことは、流域の水が域内の森林等から地下へ浸透する過程で浄化され、また土壌の貯留機能により人々に良質な湧水を恒常的に提供していたことを示している。

流域の最下流にあたる印旛沼の水質も、偵察 録の中に「印旛沼の水が澄んでいた」との記載 もあり、通常時はよかったと考えられる。当時 の印旛沼の水質については、流域の汚濁負荷量 が低いだけでなく、印旛沼の豊富な水生植物の 存在が水の浄化に大きな役割を果たしていたと 考えられている。また、昭和37(1962)年頃 の調査では、特に水生植物の最盛期である夏季 には、水生植物が植物プランクトンの大量発生 を抑制しているとの報告もあり、また9月に は水中の溶存塩類が水生植物体へ高濃度で蓄積 されることにより沼内の塩類濃度が最小となる との報告もなされている(千葉県水質保全研究 所、1979)。

こうした流域の水循環全体を通して, 自然の

自浄作用が働くとともに、印旛沼で人々が行っていたモク採りや漁業も沼の水生植物に蓄積された塩類を沼から排出するという役割を担っていた.

モク採りによる水質浄化機能の試算結果として、大正2年(1913年)発行の千葉県印旛郡 誌に記載された、大正初期のモク採りによる量から、沼から陸揚げされる窒素、リンを算出し、平成20年度時点の排出負荷量と比較すると、窒素の約10%の除去、リンの約15%の除去に該当するとの報告もある(表1)

さらに、生活においても、台所排水を台所の外にある溜池に一旦溜めて上澄み水を流し、沈殿物を肥料として用いるなど、排水を浄化する暮らし方があった(白鳥,2006).

こうしたことから、流域の最下流にあたる印旛沼の水質が良好な状態で保たれていたのは、流域の地下水涵養や沼の生態系による自然の浄化作用だけでなく、人々の生業・暮らし方も大きく寄与していたことが推察できる.

(3) 文化サービス(神社・文化財・伝説,船,漁法,モク採り)

印旛沼周辺では、古くから人々が生活していたことから神社が数多く分布しており、現在でも数多くの文化財などが残されている。また、水害の被害が大きかったことから、水難除・防水の神として水神信仰が盛んな地域でもある。印旛沼の形が龍の姿に似ていることに由来した龍神伝説など、印旛沼に因む伝説や遺跡も存在している。

また、里沼における水運の発達により、多様な船が利用されていた.小船や高瀬舟、蒸気船といった多様な舟は、行き先や目的により使い分けられていた.渡船には、牛や馬を乗せる馬船と、人や自転車を乗せるヨマブネがあり、主に里沼間の交通に利用されていた.利根川の水運を利用し大量の物資を運搬する際は、高瀬舟や蒸気船が用いられた.

そのほか、里沼において営まれていた漁業も、 様々な魚種を対象としていたため、漁具や漁法 の多様性をもたらした. 対象魚介類の特性に

表 1 モク採りによる水質浄化機能の試算結果

	窒素	リン
モク採りで除去される量(トン/年)*1	120	16
印旛沼流域排出負荷量(トン/日)*2	3.3	0.3
印旛沼流域排出負荷量(トン/年)*2	1204.5	109.5
モク採り/排出負荷量(%)	10	14.6

*1:大正初期, *2:平成20年度 表は,白鳥,2006;いんばぬま情報広場ホームページより作成 (資料:小倉,2010)

あわせて使い分けられ、漁具・漁法は約25種類も存在していた(財団法人印旛沼環境基金、2006)。

さらに、「モク採り」も里沼の文化サービスのひとつといえる。「モク採り」作業はきわめて重労働であったが、同時に「モク採り」の現場は村の若者の社交場にもなり、また技能を競う場でもあったと言われている(白鳥,2006)以上より、水との関わりが多い地域、里沼ならではの文化が存在していたことがわかる。

5. 現在の里沼の自然環境と生態系 サービスの現状と傾向

1)生物相の現状と傾向

流域の自然環境・生態系は、開発事業を要因とする変化のほか、農業をとりまく環境の変化、流域の市街地化、自然の水辺の減少などの要因による変化が加わり、水生植物の減少、外来種の増加、周辺の谷津の荒廃、湧水の減少などが生じている。その結果、谷津・里山や湖沼の生態系は劣化してきた。

①水生植物

印旛沼では、開発事業以降水生植物種数は大きく減少し、昭和 40 (1965) 年頃には 50 種近く確認されていたが、平成 17 (2005) 年には 11 種まで減少している (図 11). 開発工事が水生植物に与えた影響は大きく、大規模な堤防工事等による沿岸のエコトーン消失のための、抽水植物の減少、水深増加による浮葉植物や沈水植物の減少等によって、水生植物は量的にも大幅な減少をもたらした。ただし、開発事



写真 大和田排水機場付近でのナガエツルノゲイトウの駆除作業(印旛沼流域水循環健全化会議資料)

業期間中は、種類数には大きな変化はみられず、開発事業以降の減少が顕著となっている.これは、明らかに周辺地域からの汚水の流入に起因すると考えられ、水質汚濁も水生植物に大きな影響を与えたことがわかる.

その後、印旛沼の水生植物種数は、平成2(1990)年以降は減少が止まっている(図11). 一方で、近年はホテイアオイやナガエツルノゲイトウ、オオカナダモなどの外来生物が、沼内・沼外(流入河川河口域、周辺排水路など)に生育している. 特に、ナガエツルノゲイトウは、「特定外来生物」に指定されるなど、沼内外の生態系をかく乱する脅威となっている. 現

在は、印旛沼だけでなく、周辺河川にも群落が拡大しており、排水機場施設などの維持管理上にも支障が生じる事態となり、駆除事業が進められている。また、ナガエツルノゲイトウは非常に繁殖力が強く、印旛沼から農業用水路経由で手賀沼流域まで分布が拡大していることが明らかになっており(林ほか、2009)、沼の洪水時などには逆流により大和田排水機場を介して花見川への侵入が確認されている。

一方で、印旛沼再生に向けて、印旛沼の底泥に含まれる埋土種子を再生させる植生再生実験や、湖岸の生態系を再生するため、エコトーン(植生帯)の整備も進められており、ササバモやアサザなどを中心として、一部の水草については再生に成功している。

②魚介類 · 水生生物

無種は、開発事業以前と比べて減少し、魚類相は変化している。印旛沼の総漁獲量に占めるコイ、ウナギ、フナの割合をみると、開発工事以前の主要漁獲はフナ、ウナギであったが、工事後はウナギの漁獲量が減少した(図7)。このように数種の魚類の極端な量的増加は富栄養化現象の結果とみられている。また、印旛沼と利根川を結ぶ長門川に水門を設置したことにより、沼は利根川と遮断され、利根川から遡上し

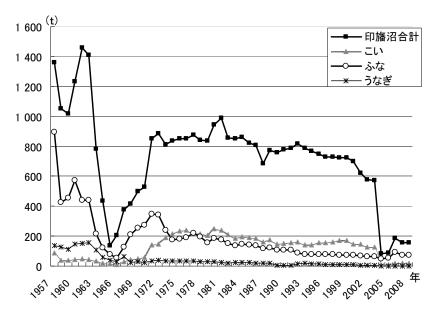


図7 印旛沼における漁獲量の推移(資料:関東農政局千葉農政事務所統計部,1959-2007;財団法人印旛沼環境基金,2010より作成)

ていた魚類は分断により遡上ができなくなった.

現在の印旛沼で確認された魚類は36種となり比較的豊富であるが、うちオオクチバス(ブラックバス)(1983年より定着)、ブルーギル(1984年より定着)といった外来種(日本国内他水域からの移入種も含む)が12種となっており、種構成の約3割を占めている(梶山、2008)。

また、特定外来生物のカミツキガメも増加しており、平成19年度から鹿島川、高崎川を中心に防除事業が実施されている.

③鳥類

水鳥の生息環境は、印旛沼の開発事業により 大きく変化した。沼の水域面積や水生植物の減 少、水田の乾田化により、水鳥の生息環境が狭 められた。その結果、水鳥の渡来数はかなり減 少した。また、水質悪化や餌生物の減少により、 特に潜水採餌するカモ類は減少傾向にある。

しかし, 1980年代より近年 20年間において印旛沼周辺で確認された鳥類は全体で約190種であり, 2008~2009年度に印旛沼周辺で確認された鳥類は, 118種であった(財団法人印旛沼環境基金, 2010).

こうした状況をみても、印旛沼の自然環境は 県下の他地域と比べ、比較的自然が残っており、 鳥獣保護区として猟銃の使用も禁止されている ことから、カモ類の冬鳥やシギ、チドリなどの 旅鳥等、水鳥にとっては現在も比較的すみやす い場となっている。一方で、外来生物の侵入、 生育・生息地拡大により、本来の印旛沼生態系 がかく乱されるなど新たな脅威も生じている。

2) 生態系サービスの現状と傾向

印旛沼開発事業が開発された昭和中期以降, 高度経済成長を経て現在に至るまで,印旛沼流域における生態系の基盤の変化により,生態系サービスも大きな変化をみせている.ここではその生態系サービスの現状と変化の傾向を述べるとともに,減少した生態系サービスの変化に対応した外部資源への依存状況及び,生態系サービスを人為補完する技術の導入状況についても整理した.

(1)供給サービス(農業,漁業,林業,水利用,水運)の現状と変化の傾向

① 農林畜産漁業

農業における供給サービスの指標として、農地の面積をみると、印旛沼開発事業により、約934haの農地が造成され、当時の収穫量も増加したと推測される。昭和40年頃(1960年代)~現在(2008年頃)にかけての里沼地域全体の土地利用の変化からみると、田は36.4%か

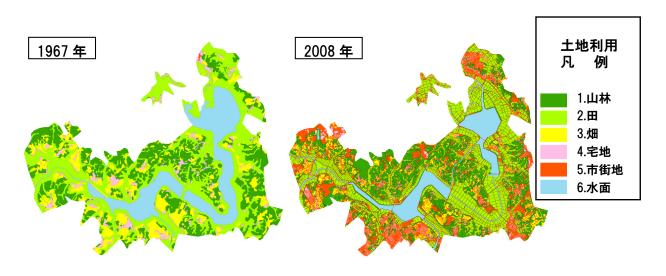


図8 里沼地域の土地利用変化の状況(左:1965年頃,右2008年) (千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2010より作成)

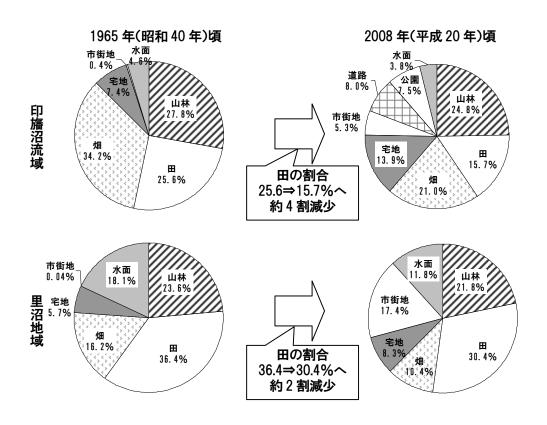


図9 印旛沼流域及び里沼地域の土地利用割合の変化(左:1965年頃,右2008年頃) (千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2010より作成)

ら30.4%への減少(約16%減),畑は16.2%から10.4%への減少となっており,市街地化に伴い,農地の減少は進行しているものの,流域全体に比べ減少率も少なく,また農地割合も高くなっている(図8,9)ことが,特徴的である.

また、表2に、里沼地域における、明治期・昭和40年代頃・現在の3時期における、米の供給サービス量の試算結果を示した。

それによると、里沼地域全体の米の収穫量は、明治期から現在にかけて、約5倍と大きく増加している。これは、印旛沼干拓事業における水田面積の増加のほかに、農業技術の向上による米の収量の増加が大きく寄与していることが推察できる。その結果、里沼地域の総人口も約4倍に増加という試算結果となったが、一人一日あたりの供給可能カロリーは、約35%の増加となっている。したがって、里沼地域において米という観点からみた供給サービスは、増加傾向といえる。しかしながら、日本の稲作生産におけるエネルギー収支は、1960年以降、投

入エネルギー量(農業機械の普及による燃料消費の増大、化学肥料・農薬の増大など)が、収穫エネルギー量を上回るとの報告を行っており(北澤、2011)、実際には、里沼の米の供給サービスにおいても、外部資源に依存しているといえる.

漁業における供給サービスは,漁獲量を指標とすると図7に示したように印旛沼開発事業により大きく減少したが,その後やや回復基調となった.これは漁業者の漁業権管理(印旛沼漁業組合によるコイ,フナ,ウナギの稚魚の放流)によるところが大きい.しかし,近年になり再度生態系サービスの低下が見られ始めている.平成15(2003)年ごろから漁獲量が急激に減少しており,その減少要因としては,淡水魚に対する消費者離れや,漁業人口の減少,食料資源としての社会的価値の低下などがあげられている(財団法人印旛沼環境基金,2008).

林業における供給サービスは、木炭・薪の生産量を指標とすると低下しているが、利用低減

表2 里沼での収穫量と供給可能な一人当たり日カロリーの比較

	明治期	S40年代	現在	単位
	1890年頃	1965年頃	2008年頃	中世
①田の面積(里沼)	_	4,814	4,022	ha
②米の収量	(150前後)	455	522	kg/10a
③米の収穫量(里沼)	3,963,254	21,901,688	20,994,111	kg
④里沼総人口	22,126	_	93,223	人
⑤一人・一日あたり	1710			
米の供給可能カロリー	(2986.9)	_	2317	kcal/人•日

【算出条件】

①田の面積:千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2010より算出

②米の収量: S40 年代及び現在は、千葉県全体の収量(千葉県統計年鑑ホームページ); 明治期は、偵察録より村単位での試算結果を参考値として掲載

③米の収穫量(里沼):明治期収穫量は、偵察録より; S40年代・現在の収穫量は、面積×収量により算出

④里沼総人口:明治期は, 偵察録より; 現在は, 印旛沼流域人口× (里沼地域宅地・商業地域面積/印旛沼流域宅地・市街地面積)として, 算出. 流域人口及び, 面積は千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議, 2010より

⑤一人・一日あたり米の供給可能カロリー:明治期は、吉田ほか(2010)より;現在は、収穫量(カロリー換算)/365

×④里沼総人口 (現在) として, 算出. 米 1kg あたり 3500kcal として仮定 (文部科学省,2005 より)

明治期の括弧内は、「米、麦、サツマイモ」の供給可能カロリー値(吉田ほか,2010より)

によるものと考えられる. 千葉県全域のデータでは, 木炭や薪の生産量は木炭生産量は 1955年の 16,492tから 1970年の 1,668t, 2005年の 54tへと激減, 薪生産量は 1955年の 759万束から 1970年には 46万束, 2005年には 0.5万束へと同じく激減している(北澤・西野, 2011). これは, 印旛沼周辺においても同様の傾向であると考えられる.

畜産業における供給サービスは、豚や採卵鶏数を指標とすると、印旛沼周辺においては高度経済成長期をピークとし、1990年代ごろからは減少傾向にあり、衰退傾向を見せている。しかしながら畜産業は、1990年代においても量的にみるといずれも千葉県全体の5%以下にしかすぎず、供給サービスとしては大きくない(千葉県、1975-2005).

② 水利用·水運

水利用による供給サービスをみると、昭和初期ごろまでは印旛沼周辺では湧水や井戸水など流域内の水を利用していたが、高度経済成長期以降、市街地化が進み、難透水面の増加等により湧水は減り、河川の平常時流量は低下し地域内における水の供給サービスは低下したと考えられる。こうした湧水量の減少と水道の普及により、地域外の水への依存が高まり、沼周辺の生活用水は利根川水系から供給され、他地域の

水の供給サービスを享受するようになっていった.一方で、印旛沼開発事業により、印旛沼からの揚水が可能となり、印旛沼の水は農業用水として広く沼周辺の農地に供給されるようになった.また工業用水として東京湾沿岸など地域外へも供給、生活用水としても地域外へ広く供給しており、千葉県全域で見ると印旛沼を由来とした水供給サービスが広く享受されている状況となっている.

その後、環境保全に対する社会的ニーズの高まりを背景に、湧水・平常時流量の復活を目指し貯留・浸透対策が進められており、その結果、近年では湧水・平常時流量は増加傾向にある。印旛沼流域の佐倉市加賀清水公園では、枯渇傾向にある湧水を復活させるため、住宅への雨水浸透マス設置が進められ、その結果湧水量の増加と湧水枯渇日数の減少、降雨時の降雨表面流出抑制効果を確認するなど一定の効果が現れ始めている(いんばぬま情報広場ホームページ).

また、印旛沼開発事業により地域外へ広く供給されるようになった沼からの取水についても、取水量は1970年代までは増加傾向にあったものが、その後減少傾向に転じ、1990年代から横ばい傾向となっている(図10)。この要因として、工業用水では企業による水の再利用が安定、農業用水では国の農業政策に基づく減反、そして上水については企業及び家庭での節

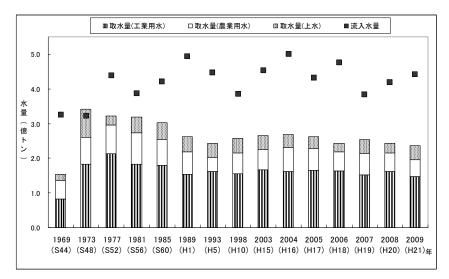


図10 印旛沼における流入水量と取水量(工業・農業・上水) ※ここでの流入水量は河川や流域から直接・間接流入する量であり、 利根川からの取水量も含まれる.

(資料:財団法人印旛沼環境基金,2010より作成)

水努力が影響しているといわれている(財団法 人印旛沼環境基金,2008).

水運による供給サービスは、明治後期から昭和初期にかけて減少した。明治30年代に総武線、成田線などの鉄道が開通し、貨物輸送は船便から鉄道に移り、船運は次第に衰退していった。その後印旛沼開発事業による干拓に伴い、8つの橋が架けられ、渡船の役割も失われた。

(2) 調整サービス(洪水,水質)の現状と 変化の傾向

① 洪水

洪水の調整サービスについては、里沼では以前から十分なサービスが提供されていたとは言いがたかった。また、洪水がおきやすい地域への人々の生活の進出もあった。こうした状況の中、人為的な治水対策により、調整サービスが補われ、内水の被害は低下した。昭和35(1960)年、印旛排水機場が設置され、印旛沼の内水をポンプで強制的に利根川に排水することが可能となり、里沼は内水による水害から開放された。さらに、昭和38(1963)年から始まった印旛沼開発事業により本格的な治水工事(築堤、東京湾側への排水)が行われ、昭和44(1969)年に竣工した。その結果、現在に至るまで、印旛沼は堤防を溢水するような洪水は一度も起こ

していない. すなわち, 高度経済成長期以降, 人為的な治水対策が調整サービスを補っている 状況が継続している.

一方で, 印旛沼流域全体をみると, 都市化に よる土地利用形態の転換が進んだことにより、 地表面の改変に伴って雨水浸透性が低下し, 洪 水時のピーク流量が増大して、調整サービスが 低下している. 沼への流入河川(鹿島川)にお ける現在の降雨後の実績流量と印旛沼開発時の 計画流量との比較では、ピーク流量は増加し、 その到達時間は短縮しており、洪水流出特性が 変化していることがわかる(吉田ほか ,2010). こうした流出特性の変化は、河川改修に伴う河 道の直線化、農地排水・下水道網・道路排水の 整備等が直接的な要因となっていると考えられ ている. 近年は印旛沼の流入河川(鹿島川,高 崎川) 流域において、印旛沼の周辺及び佐倉市 を中心として、頻繁に浸水被害等が発生してい る (千葉県,2005).

② 水質

印旛沼における水質の調整サービスをみると、高度経済成長期以降の河川改修等により、自浄機能は低下している。一方で、印旛沼開発事業以降、急激な人口の増加や生活様式の高度化により、沼への汚濁負荷量が増加し、印旛沼

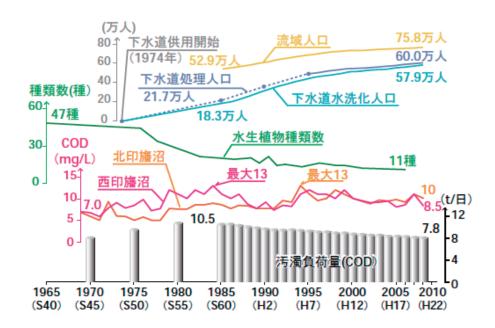


図11 印旛沼の水環境の状況(千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2010) *水洗化人口とは、下水道が整備された地域で実際に下水道に接続し、使用 している人口のこと

流域における自浄機能を上回る負荷が加わり、 それに伴い水質も急激に悪化したと考えられる (図 11).

その後、生活環境の改善や、生態系保全へのニーズが高まり、こうしたニーズに対応し、湖沼水質保全特別措置法の制定(1984年)や河川法の改正(1997年)等、国全体での環境保全に対する法的整備が進んだ。こうした法的対応とともに、1986年以降「印旛沼に係わる湖沼水質保全計画」が策定され、水質目標値等を定め、総合的な水質保全対策が推進されている。

印旛沼周辺の市町村においても,下水道整備が進み,流域内の下水道普及率は2009年時点で,79.2%となり,水質の浄化に寄与している(図11;千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2010).

その結果,下水道の整備や,汚濁負荷量規制等により,印旛沼に流入する汚濁負荷量は昭和60(1985)年ごろと比較すると約7割程度に減少する傾向にある(千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2010).しかしながら,印旛沼そのものの水質は,著しい改善傾向はみられず,現在も沼の水質(COD)は,10mg/l前後で推移しており(図11),度々アオコの発生するよ

うな状況となっている.

このような状況に対して、水質の改善には 汚濁負荷量の低減だけでなく、流域全体の水 循環の健全化が必要になることから、平成 16 (2004)年、印旛沼流域水循環健全化会議が「緊 急行動計画」を策定し、流域全体の健全化を目 指した取組を進めており、目標年次である平成 22(2010)年には平成 42 (2030)年を目標年 次とした「印旛沼流域水循環健全化計画」を策 定したところである。今後はこうした計画に基 づき実施される多自然川づくりやエコトーンの 整備といった、生態系の再生への取組により、 水質の自浄機能が改善し、調整サービスが増加 する可能性がある。

(3) 文化サービス(船, モク採り, 漁具・漁法, レジャー) の現状と変化の傾向

水運に伴う多様な船の発達は、里沼における 文化サービスのひとつと言えるが、鉄道や道路 交通網の発達による水運の衰退、印旛沼開発事 業での干拓の進行や橋の建設による渡船の廃止 などで船が使われなくなった.

印旛沼のモク採りも、昭和20年代中頃まで 続いたが、現在は行われておらず、農業用の肥 料は地域外から調達している.

漁具・漁法についても、印旛沼開発事業前に は約25種類もあったが、現在では魚種の減少 等により、張網、船曳網、柴漬、竹筒のほかに、 刺網、置針等が利用されているに過ぎない(財 団法人印旛沼環境基金,2008).

一方で、現在の印旛沼周辺は、スポーツ・レジャーの場を提供している。沼は、釣りや散策、サイクリング、水上花火大会の場等となると共に観光船(屋形船)なども運航されている。また、投網体験やグレ(すだて)見学など、かつての生業を題材とした観光サービスも提供されている。

こうした変化と現状をみると、里沼における 文化サービスは、里沼の住民を対象とする生業 を基盤とした文化サービスから、域外からの観 光客を対象とするレジャー中心の文化サービス へと変化していることがわかる.

6. 里沼の人々のくらしと生態系の 変化の要因

1) 間接要因

(1) 人口增加

印旛沼流域の人口は、昭和30年代後半頃から急激に増加している。昭和35(1960)年以降40年間ほどの間に、流域全体で約3倍に増加している。東京に近い西部地域は昭和30年

代から増加し、その後、東部地域は、昭和 40 年代後半から増加しており、ここでも都市のスプロール化が顕著であった(吉田ほか、2010).

里沼においても、一部の地区で人口が大きく増加している。図 12 は里沼における地域ごとの人口増加の状況を示している。西印旛沼周辺の臼井町村域、志津村域が最も人口増加が著しい地域であるが、北印旛沼周辺でも人口の増加が大きい地区(安食村域)が見られる。1990年代に入ると、印旛沼周辺の村(現在の町丁字)人口は、増加のスピードが緩和され、一部では減少傾向に転じている。

(2)産業構造の変化

印旛沼周辺8市町村の産業構造は,第1次産業の従事者割合は減少し,第3次産業従事者が多数を占めている。また、県内他市町村や他県での就業者が大きく増加している(吉田ほか,2010)。こうしたことから、里沼周辺は首都圏のベッドタウン化が進み、地域での生業が衰退していったことが推測できる。

(3) 都市化の進行

人口増加に伴い、都市化が進展し、北澤(2010)において、里沼地域も「都市化進行地域」と位置づけられ、宅地面積や高齢化率のゆるやかな増加と、水田面積の減少などが特徴として挙げられている。

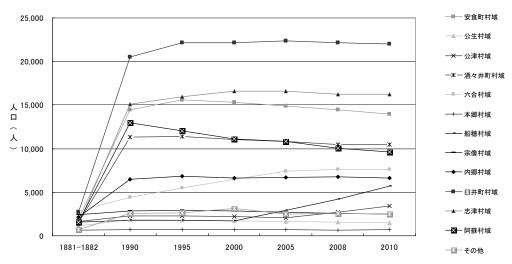


図12 里沼の人口の変化 注)人口は図1に示した村域のうち沼付き村のみ集計 (資料:「偵察録」及び千葉県ホームページ統計情報の広場より作成)

直接要因:里沼の生態系の基盤の変化 (土地利用)

(1)土地利用転換(周辺部)

上記で述べた社会環境の変化により、流域の 土地利用も大きく変化し、また印旛沼そのもの も大きな改変が行われた.

土地利用を流域全体でみると、畑地や田、山林の面積が減少し、宅地面積等が増加している(図9). 印旛沼周辺の里沼に相当する地域では、特に西印旛沼周辺で宅地化・市街地化が進み、全体的に畑地が減少している一方で、干拓により水田は比較的確保されていることがわかる(吉田ほか、2010).

(2) 印旛沼開発事業

印旛沼においても、「印旛沼開発事業」により、沼そのものの姿が大きく変貌した。印旛沼周辺の洪水対策(治水)、食糧難への対処(水田開発)、利水の確保のため、昭和21(1946)年、緊急の印旛沼干拓事業が閣議決定され、その後何度かの計画変更を経て、昭和38(1963)年より「印旛沼開発事業」が開始された。

昭和38(1963)年から昭和44(1969)年に行われた印旛沼開発事業では、印旛沼の大部分が干拓された。印旛沼開発事業の目的として挙げられた利水の確保は、千葉県が東京湾沿岸の京葉臨海工業地帯の造成を決め、工業用水の確保が緊急の課題となっていたことが背景となっている。

印旛沼開発事業では、かつての印旛沼を捷水路で結ぶ北部調整池と西部調整池に二分し(図13)、周辺域を干拓して農地が造成された。また、治水・利水対策として排水機場を建設したことにより、印旛沼の水を揚水しての農地や工場等への供給や、利根川や東京湾への強制排水が可能となった。一連の開発事業によって、沼の形状は図13のように変化し、面積は約26km²から12km²へ約46%減少した。

(3) 汚濁負荷量の増加

昭和40年代から、印旛沼の汚濁負荷量の推

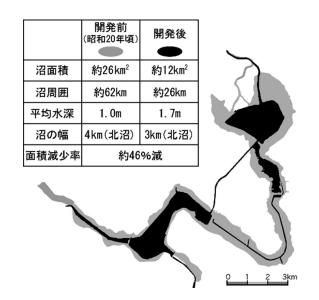


図13 印旛沼開発事業前・後の印旛沼の姿 (千葉県・印旛沼流域水循環健全化会 議,2008より作成)

移をみると、昭和60年代頃までは増加傾向 にあり、その後は減少傾向に転じている(図 11).

7. 里沼の生態系サービスと変化の要因の変遷分析

1) 人間社会と「里沼」生態系・生態系 サービスの変遷から見る変遷分析

調査結果から、人間社会と里沼生態系は、時系列的に大きく三段階に分けることができる。 一段階目は、明治から昭和初期の、かつての里沼が機能していた時代、二段階目は、印旛沼開発事業の開始された昭和中期から昭和後期までの、高度経済成長により社会環境や里沼が大きく変貌を遂げた時代、三段階目は、高度経済成長後の昭和後期から現在にかけての時代である。

ここでは、上記の3つの時代において、それぞれ人間社会と「里沼」生態系の変遷を明らかにするとともに、それに伴い変化する生態系サービスについて整理した。図14では、これら3時代の「人間社会」、人間社会から受ける「影響・負荷」、影響・負荷による「自然環境」、自然環境から人間社会にもたらされる「生態系サービス」について、その量や質の変化・変遷

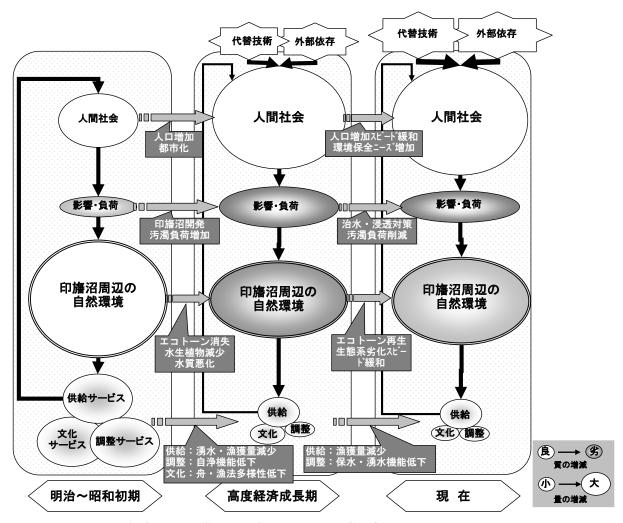


図14 人間社会と里沼生態系・生態系サービスの時代変遷

を模式化した.

(1) 明治~昭和初期の里沼生態系

(図 14 左列「明治~昭和初期」)

明治から昭和初期,かつての里沼の恵みをうけていた時代は、印旛沼水門の設置により利根川の外水の脅威から開放され、ゆるやかな社会経済の発展が始まった時期である.

食料の供給は、米を中心として生活に必要な 以上に恵みをうけており、経済発展に対応して 発達した舟運を利用し、東京等へ移出していた。 米が十分にとれない村では、漁業が盛んであり、 沼からの恵みで補われていた。水の供給の面で は、流域の水循環は健全な状態が保たれ、湧水 が人々の生活・農業用水として利用されていた。 そのほか、エネルギーとして、木材や薪の生産 が盛んであり、これらも舟運を通じて域外に移 出されていた.

一方で、調整サービスの面では、自然による水の自浄作用はあったものの、洪水被害が多かった。しかし、その洪水により泥土や養分が供給され、稲作に適した肥沃な土地を作り上げていた。こうした沼からの恵みや洪水といった里沼の特性に応じて、里沼独自の文化も形成された。沼周辺には多くの神社や文化財が現在でも残されており、水神信仰や竜神伝説といった「水」にまつわる文化が形成されている。また、沼を利用した舟運や漁業の発達は、それに伴う多様な船文化や漁具・漁法の多様化をもたらした。

自然環境をみると、沼は多様な水草が繁茂する「水草の宝庫」であり、人・自然・文化の調和共存した里沼生態系が成立していた.

(2) 昭和中期~昭和後期の里沼生態系

(図 14 中央列「高度経済成長期」)

印旛沼開発事業以降,高度経済成長期にかけて社会経済が発展し、印旛沼流域の人口が急激に増加した。里沼でも一部の村で人口が大幅に増加しており、市街地が拡大、整備が進められた結果,難透水面も増加した。このことにより、流域内の雨水浸透機能が低下し、湧水の減少、河川の平常時流量の低下が起こった。

日本全体での人口増加に伴い食料の増産ニーズは高まり、印旛沼開発事業が行われたことにより、干拓等が進められた。その結果、農地の拡大をもたらした。

農地の増加や工業の発展,人口増加のために水の需要は増加し,利根水のくみ上げや沼の貯水池化が進んだ.こうした対応により、水の供給の面では、必要としていた生活用水、農業・工業用水が確保された.沼での漁業をみると、漁獲は印旛沼開発事業により一時的に減少したが漁業権管理により大部分の魚種について一定程度回復している.エネルギーの供給の面では、薪や木炭の生産量はライフスタイルの変化等に伴う利用低減により大幅に減少した.

調整サービスをみると、水質の面では、流域 人口の増加や生活様式の高度化、河川改修等に より、汚濁負荷量が増加し、自浄機能が低下し、 水質が悪化した、洪水の面では、築堤など人為 による対応が進められた結果、内水の被害は低 減したが、市街地化による地下浸透機能の低下 が洪水時のピーク流量を変化させている。

文化サービスの面では、自動車や鉄道の発達、 沼への架橋により、舟運が急速に衰退した.多様な漁法・漁具は、魚種の減少等によりその多様性を失いつつある.

自然環境では、印旛沼開発事業によりエコトーンが消失、水質の悪化ともあいまって、水生植物の減少が起こった。そのほか、開発事業や水質悪化等により、魚類相が変化しており、外来生物の進入も起こっている。鳥類も、水面面積の減少に伴う生息環境の減少が生じるなど(白鳥,2006)、里沼生態系の劣化が起こっている。

(3) 昭和後期~現在の里沼生態系

(図 14 右列「現在」)

高度経済成長以降は、新たな里沼と生態系サービスの形が現れつつある。社会経済環境の変化(人口増加・市街地化スピードの緩和)や、環境への意識・ニーズの高まりにより、環境に配慮した対策(下水道整備、汚濁負荷削減対策等)が進み、生態系サービスも低下のスピードは緩まり、一部向上しつつある。

供給サービスの面からは、沼の漁業は減少傾向にあるが、水利用の面では、水がめ化した沼からの流域外への水の供給があり、広く人々に恵みを与えている。 貯留・浸透対策も、一定の効果が現れており、その結果湧水・平常時流量の増加をもたらしている。 こうした対応は、供給サービスへの負荷を低減させている.

また、調整サービスの面からは、下水道整備や、汚濁負荷量削減対策は、水質の改善・維持をもたらし、その結果、自然環境へもプラスの影響を与えており、水生植物種数の減少は止まった。さらに、治水対策が進み一定程度整備が進んだことにより内水被害も大幅に低減されている。しかしながら、沼への流入河川における降雨時のピーク流量をみると、現在も流量増加・到達時間の短縮が起こっており、流域での浸水被害は発生している。

印旛沼では、湖岸の生態系再生のため、植生帯の復元によりエコトーンを再生する等、生物の生育・生息空間確保・再生のための取組が始まりつつある.

また、ここでは、特に変化の大きい時代であった高度経済成長期における、変化の要因と生態系サービスの関連を、図 15 にまとめた.

さらに、明治期の印旛沼がもたらす利害を、金額換算した資料では(表 3)、利益として水運、漁業、採藻(モク取り)が挙げられており、一方で損害としては水害が大きな被害をもたらし、差し引きとして損害が大きいという結果が示されている。このような背景をみても、水害を防ぐための整備が進む一方で、社会的な構造変化より、水運の衰退、漁業の衰退が生じ、ま

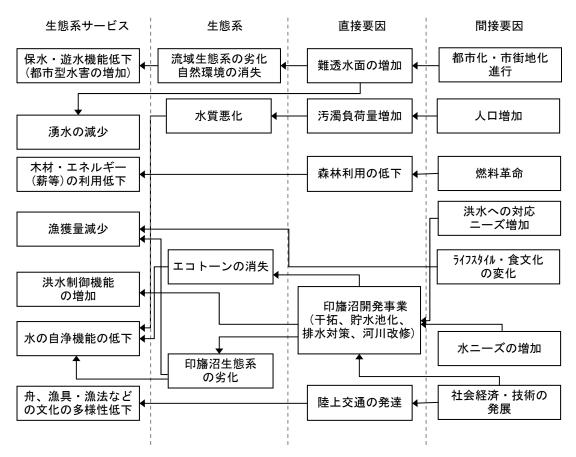


図15 里沼周辺の生態系・生態系サービスと要因との関連(高度経済成長期)

た農業形態の変化から採藻(モク取り)文化が 消失して、現在に至っていると考えられる. す なわち、印旛沼の生態系サービスの変化は、社 会的ニーズに応じて、必然的に変化した結果で あったといえる.

2) 里沼社会の変化と水にまつわる生態系 サービス変化の関係分析

ここでは、里沼の特徴である「水」に着目し、明治から現在までの里沼生態系における水循環の変遷と、里沼社会の変化に応じた水とのかかわり方、水の生態系サービスの変化について関係分析を行った.

まずはじめに、里沼のくらしに大きく関わる 水について、図 16 で流域全体の水循環の変化 の様子を示し、更に図 17 で里沼における水の 使い方の変化を示すことにより、水の視点から 里沼の変化を概観した.

昭和 40 (1965) 年頃, 印旛沼の開発事業直 後は, 流域内で降水・地下浸透した水を湧水や

表3 明治期の印旛沼がもたらす利害 (千葉県印旛郡役所,1985a)

利益(円/年)		損害(円/年)	
水運	28,080	水害	242,096
漁業	37,561	衛生	100
採藻	6,872		
計	72,514	計	242,196
差し引き -169,622 円/年			

揚水により生活・農業用水として利用していた。沼は人々のくらしで使われた水も含め、最終到達地点であり、ほとんどの水が流域内で循環しており、沼からは工業用水としてわずかに流域外へ利用されるのみであった。しかし、現在では都市化の進展により地下浸透の減少、湧水の減少が起こり、流域の水は人々の暮らしの中での利用度を下げている。その代替として、流域外である利根川の水を利用し、使い終わった水は下水道によって東京湾へと排出しており、人々のくらしと印旛沼流域の水とのかかわ

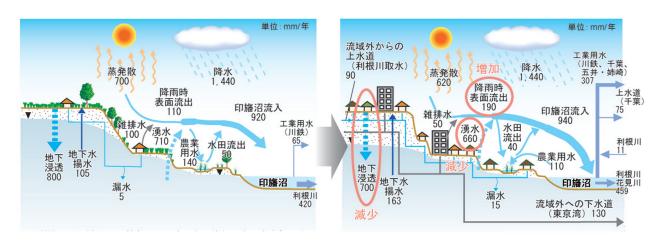


図16 水循環の変化の様子(左:昭和40年(1965年),右:平成11年(1999年)データを使用) (千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2010)

りが薄れている。一方で、現在の印旛沼は、流域の農業用水、周辺地域の水がめとしての役割を高めており、千葉県全体にとって重要な水源となっている。

こうした流域における水循環の変化は、人々のライフスタイルの変化と一体のものである。図 17 に示したように、かつて里沼では、湧水が重要な水源であった。谷津の崖下に小さなため池を掘り、そこに湧水をためて生活用水として利用していた。こうした水源として大切な湧水地点は、弁天様や水神様が祀られ、湧水を守

る仕組みができていた.個々の家において,水の使い方をみると,台所排水も,台所の外にある「タメ」と呼ばれる小さなため池に一度ためた後,上澄水を流し,沈殿物は肥料として使っていた.また風呂の水も堆肥にかけ,河川に排水される水や有機物も,川掃除により再度川底の泥を水田に戻すなど(白鳥,2006),徹底した排水の浄化と汚泥の利用の仕組みが構築されていた.しかし,現在ではこのような排水の浄化や汚泥の処理は,人々のくらしからなくなっている.

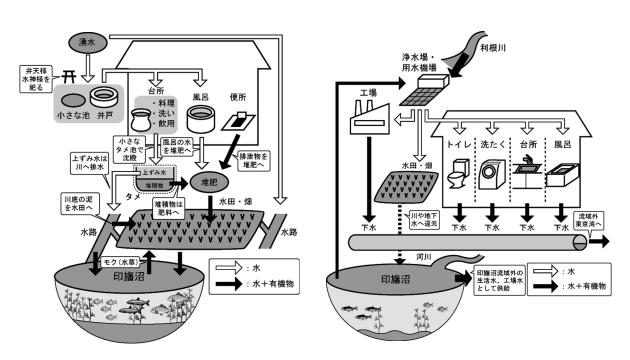


図17 里沼における水の使い方 昔と今(昔:左,今:右) (白鳥,2006;千葉県総合企画部水政課,2008より作成)

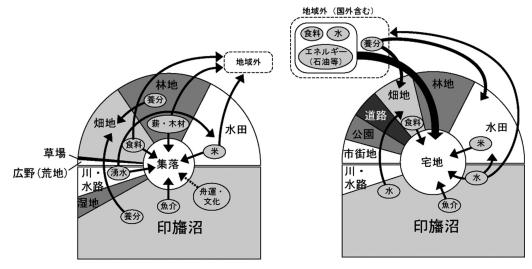


図18 里沼の構造・機能と人とのかかわり 昔と今(昔:左,今:右)

上記のような水の視点からの里沼の自然環境 と里沼における人々のくらし(構造と機能)の 変化を総括する(図 18).

かつての里沼では、主に地域の中で物質が循環されており、人々が里沼から様々な恵みを受けていた。とりわけ食料や燃料の供給サービスについては十分なサービスがあり、里沼内をまかなうだけでなく、他地域への食料・燃料等の供給源となっていた。また、沼は水運や漁業、養分の供給源、船大工や船手を通じての暮らしの糧、文化の源として人々のくらしと密接なつながりをもっていた。しかし、高度経済成長を経て、里沼の構造と機能は変化した。里沼の中での物質循環、流域内での水循環の健全性が失われつつある。また、水運等の衰退により、里沼にちなんだ文化も薄れ、人々のくらしから「沼」の存在が希薄化し、「里沼」ではなく、単なる「沼周辺の地域」となりつつある。

8. 持続可能な社会に向けて「里沼」の課題と求められる対応

1) 生態系サービスの変化から見る里沼の課題

これまでの章で示したように,高度経済成長期以前の里沼では,地域内の生態系サービスを十分にいかした生業や暮らしが営まれてきたが,高度経済成長期に経済が発展し,社会が大きく変化し,人口が増加したこと等に伴い,人々

の生業・暮らしは大きく変化した. 印旛沼の開発事業や市街地化など様々な人為の活動により,生物多様性の減少や生態系の変化が生じた. これらにより,地域内の生態系サービスにも変化がみられた. ここではこうした変化に伴う「里沼」の課題について述べる.

現在では、供給サービスにより提供される食料やエネルギーなど、属地性が低い生態系サービスは、地域外の資源に大きく依存している.

食料に関する供給サービスは、かつて里沼で は、域外に移出するほど十分な食料が得られて いた. 現在は、農地の減少やライフスタイルの 変化により、域外からの食料の調達が増加して おり、里沼の人々の一人あたりでみると、地域 からの供給サービスは相対的に低下していると 考えられる. また, 水稲などは農業技術の向上 に伴う収量の増加により、収穫量そのものは明 治期より大幅に増加しているが、そのエネル ギー収支をみると、投入エネルギー量が収穫エ ネルギー量を上回っており、投入エネルギー 量の大半が外部資源であることを考慮すると, バーチャルウォーターと同様に間接的な外部依 存が高まっていることが伺える. こうした状況 は、持続可能な利用という観点から課題となる だけでなく、食料の安全保障の観点からも今後 の社会情勢変化に対する脆弱性が高いことを示 しており、課題といえる.

エネルギー・木材に関する供給サービスにつ

いては、地域内の供給ポテンシャルは高まっているものの(北澤・西野,2011)、全国的な傾向と同様に、外部依存が高まり、一方で地域内では利用低減が生じている。こうした状況は、食料と同様に、安全保障の観点からも課題となる。

一方で、属地性の高い水の供給サービスや調整サービスなどは、地域内において科学技術による対応を行い、利用可能量の増加や、低下した生態系サービスを人為的に補っている状況となっている。

水に関する供給サービスは、湧水利用という 観点からは減少しているが、印旛沼が開発事業 により水がめ化したことにより、人工技術によ る生態系サービスの補完がなされ、利用可能量 は増大した。また、利用可能量は増大し、供給 サービスは大きく増加したと言える。しかし、 利用可能量の増大に伴い、沼の生態系の劣化や、 揚水等に伴うエネルギー使用量の増加などが生 じており、生態系サービスのトレードオフが生 じている。

里沼における調整サービスは、主に水に係る「洪水調整」と「水質浄化」であるが、これらの属地性が高い調整サービスは大幅に低下した。そのため、下水道整備や治水対策といった科学技術により、低下した生態系サービスを人為的に補完・補強する状態が続いている。しかし、現在も科学技術による対応能力以上の汚濁負荷の発生に伴い、依然として水質汚濁は継続し、また、都市化に伴う表面流出増大による都市型水害の発生といった新たな課題が生じている。しかしながら、水質については、環境改善に対する社会的ニーズが高まり、汚濁負荷削減対策や自然再生など様々な取組が行われ、若干の改善が見られる。

文化サービスでは,里沼の生業を基盤とした 文化の消失が見られると同時に,域外の人々を 対象としたレジャー等のサービスが増加してい る.

また、基盤サービスでもある里沼の生態系も、 生態系サービスの変化とともに、劣化が進んで いる. エコトーンの消失など、本来の生態系の 減少だけでなく、外来生物による生態系のかく 乱なども深刻化しており、新たな課題となって いる.

2) 里沼における対応

上記で述べたように、里沼においても、高度 経済成長期の大きな変化を経て、現状の生態系 サービスや生態系に課題が生じている.

これらの課題に対し、印旛沼では印旛沼流域 水循環健全化会議を中心として、対応を進めて いる.健全化会議では、「恵みの沼」を取り戻 すため5つの目標を掲げている.これらは主に、 水の供給サービス、水質・洪水の調整サービス の向上を目指すものであり、また沼にかかわる 文化サービスを向上させるものである.目標達 成のための取り組みとしては、雨水を地下に浸 透させるための各戸貯留・浸透施設の整備や循環かんがい施設の整備など、"自然化"による 水の供給サービスや水質の調整サービス向上を 目指した対策が検討されると共に、高度処理型 合併浄化槽の導入や印旛沼の築堤など、現在の 技術力によって"人工化"し水質・洪水の調整 サービスを補完・強化する対策も検討されてい る.

上述した生態系サービスの変化と課題,現在 実施・検討されている対応について,表4に まとめた.

また、特に、過去の恵み豊かであった里沼の 姿に学び、地域の生態系サービスを向上させる ために行われている対応を以下に紹介する.

① ふゆみずたんぼ (冬季湛水・不耕起栽培)

印旛沼流域では、水田の冬季たん水(冬水たんぼ)が行われており、雑草の抑制や、生物多様性の保護の役割が期待されている。印旛沼流域健全化会議が、平成17~21年度までの5カ年にわたって、佐倉市在住の農家の協力の下に調査を行った結果、冬水たんぼでは窒素の浄化能力が確認され、鳥類や小型のプランクトンの種数の増加が見られた。プランクトンの増加は、それを餌とする小型魚類やオタマジャクシの増加が期待され、さらにそれらを餌とする鳥

表4 里沼の生態系サービス・生態系の基盤の変化と課題、対応

	系サービス・ の変化の増減 示す	里沼及び流域の変化	課題	実施・検討されている対応
供給 サービス	食料	かつて :地域のサービスを自地域 と周辺都市で利用 ⇒現在:人為的な強化も行い,地 域のサービスは利用しているもの の,流域外・国外のサービスの利 用が増加	スの利用低下 ・食料の安全保障	
	ж →	<u>かつて</u> :地域のサービスを自地域で利用 ⇒現在:利用量増加.他流域の サービスの利用も増加.一部国外 からも	スである湧水減少, 利用 低下	●雨水浸透施設の整備 ◆新規開発宅地の浸透化 ◆各戸貯留・浸透施設の整備 ◆透水性舗装の整備 ◆浸透機能を持った貯留施設の整備 ●緑地・自然地の保全 ●地下水の適正利用
		かつて:地域のサービスを自地域と周辺都市で利用 ⇒現在:地域の利用可能量は増加したが、利用低減が起こり、代替物や流域外(国外)のサービスが大きく増加	スの利用低下	
サービス	洪水	かつて :地域と流域のサービスは 十分ではないが適応した生活 ⇒現在:人為的にサービスを補完	・表面流出の増加	●雨水浸透・貯留施設の整備・維持管 ●透水性舗装の整備 ●印旛沼の治水容量の確保 ●利根川への放流量の増加 ●放流先河川河道整備 ●河道整備 ●流域対策の推進 ●排水機場整備
	水質	<u>かつて</u> :地域のサービスが対応できる負荷 ⇒現在:負荷の増大とサービスの 低下を人為により補完を図る	・負荷の増大	●水田を利用した水質浄化 ●下水道整備 ●下水道以外の生活系負荷対策 ◆農業集落排水施設の整備 ◆合併処理浄化槽への転換 ◆高度処理型合併処理浄化槽の導入 ◆浄化槽の適正管理 ◆家庭における生活雑排水負荷の削 ●産業系負荷対策 ●河川・水路等における植生による浄 ●多自然型川づくり ●河川等における直接浄化 ●河川内堆積負荷の削減 ●河川清掃等 ●市街地降雨流出負荷の削減 ●選の流動化 ●沼からの負荷削減 ●沼内における植生復元による浄化 ●沼からの負荷削減 ●沼内における植生復元による浄化
文化サート	×	かつて : 地域に特有の文化が発達 ⇒ 現在 : 文化の一部が消失, レ ジャー等新たなサービスが増加.	・文化の一部の消失・沼との関わりの減少	●自然水辺の復元 ●河川愛護意識の醸成
生態系の基 (生物相)		⇒ 現在: 里沼生態系の劣化	・在来生物の減少 ・外来生物の侵入, 拡大	●緑地・自然地の保全●水生植物の保全・復元●水系連続性の確保●外来種の駆除・在来種の保全

類が集まることにつながる. 水稲収穫量におい ② オニビシ船によるオニビシの除去 ても, 冬季たん水を行った水田と通常の水田と では大差がないとの結果が出ており、冬季たん 水水田の方が多く収穫できた年もあったとの報 告がなされている.

元来の多様な水草が消えた印旛沼には 1980 年代半ばから、浮揚植物の一種のオニビシが異 常に繁殖した. オニビシの群落化は、①水中に 凋落した葉茎が溶解し窒素・リンを増加させ, 水質悪化,底泥ヘドロ化を助長する,②水面を

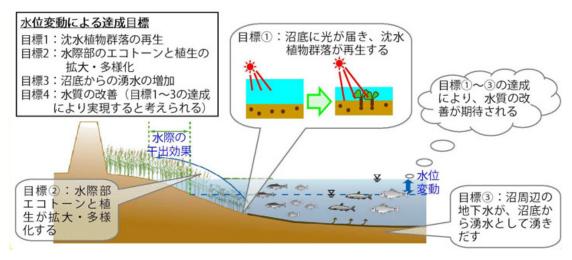


図19 水位変動による達成目標 (いんばぬま情報広場ホームページ)

覆う葉が大気との接触を遮断することによる溶 存酸素の減少,日射不足による水温の低下を招 く, ③沼水の流動が阻害される, ④船舶航行が 不能となり、漁業や遊船の妨げとなるなどの問 題を起こした. そこで、昭和61(1986)年か ら9年間刈り取り事業を行った. 野積みした ヒシは里芋畑の日よけやいちごハウス栽培の堆 肥に活用した。ただし、ヒシの消滅により光透 過量の増加、取り込まれない栄養塩が増加する ことによる水質悪化の懸念, 魚類の産卵, 成育 などの場の喪失などが問題点として指摘されて いる. (国土交通省河川局河川環境課, 2010) また、平成22年度(2010年度)にも、再び 北印旛沼において刈り取り事業が実施されてい る. その結果、面積約 43ha、510 トンのオニ ビシが刈り取られた.刈り取られたオニビシは. 今後肥料として周辺農家に配布される予定であ



写真 オニビシ船による刈り取り作業 (第 18 回印旛 沼流域水循環健全化会議委員会資料)

る.

③ 環境に配慮した水位の変動

かつて印旛沼は自然の水位変動がみられたが、昭和43年竣工の印旛沼開発事業により貯水池化が進み、現在の水位は0.6~0.7mほど上昇し、水位は一定に管理されている。沼水位の上昇と水位変動の減少は、水生植物群落の衰退を招き、水質悪化の一因となったと考えられている。そこで、印旛沼流域水循環健全化会議では、かつての水位変動へ近づけるため、水位低下の試験的実施を行い、その効果・影響を調査している(図19)。その結果、掃流効果により水際(エコトーン)の低泥が除去され、元来あった砂地が露出したため、植生環境の改善につながる事が期待される。

④ 埋土種子の活用による水草再生

多様な水生植物群は、水質浄化や生物のすみかの提供などの役割を果たしていると考えられており、健全化会議では水草の再生を試みている。水生植物群の再生では、他の地域から水草を移植するのではなく、印旛沼由来の水草の遺伝子を持つ、印旛沼底泥の埋土種子を使い、水位の低下により沼底への光量を増加させ、再生させる方法を採用している。

⑤ 家庭での生活排水対策

印旛沼の水質悪化の大きな原因として, 家庭

からの生活排水が挙げられる. この生活排水からの水質悪化を防ぐために, 健全化会議では佐倉市内の小規模団地(全34戸)をみためし地域とし,家庭でできる生活排水対策グッズやみためし行動実行日記(環境家計簿)を配布し,団地内住民の協力を得て生活排水対策(米のとぎ汁を流さない,食器汚れのふきとり等)を実践している.

⑥ 環境保全型農業の実施による湧水水質改善

印旛沼流域では、窒素負荷量のうち、畑起源の占める割合が多く、印旛沼の水質保全対策として農地からの負荷量減少は重要な取り組みであると考えられている。そのため健全化会議では、適正施肥への削減試験と土壌、湧水のモニタリングなどを平成17年から実施した。その結果、畑の直下の湧水に含まれる硝酸態窒素濃度も、取り組みを開始した時期以降、減少傾向を示している(図20)。また、生育量をみると、「施肥量を減らして適正な施肥量にした地区」は未実施区に比べて収量が大きく減少することはなく、また農地によっては収量が多くなるといった結果も得られている。

⑦市街地における雨水浸透対策

市街地化に伴い、雨水浸透能の低下が生じ、 印旛沼流域の湧水は減少傾向にある。そのため 健全化会議では加賀清水湧水の涵養域に浸透対 策(雨水浸透マスの設置や透水性舗装)を実施 し、浸透対策により加賀清水湧水の湧水量、湧 水水質がどのように変化をするのかを調査して いる。結果として、浸透マス設置基数の増加に 伴い、枯渇日数が減少し、同じ降雨量時の湧水 量が増加した(図 21)。この雨水浸透マスは、 市民と協働した加賀清水湧水の保全活動の一環 として位置づけられており、地域の方々と専門 家や行政が話し合う「加賀清水座談会」にて今 後のあり方が活発に話し合われている。

⑧ 流域全体への取組の拡大

健全化会議で実施している「みためし行動」は、流域市町村にも拡大しており(図22)、流

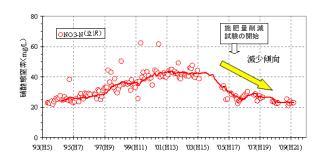


図20 湧水の硝酸体窒素濃度の推移 (いんばぬま情報広場ホームページ)

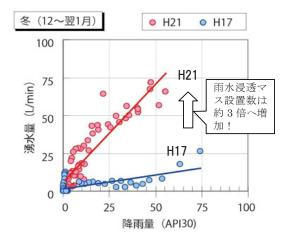


図21 浸透対策による効果 湧水量の増加 (いんばぬま情報ホームページ)

生活排水対策 湧水・河川調査 佐倉市 千葉市 高度処理型合併浄 鎌ヶ谷市 印旛村 化槽の普及・適正 維持管理の促進 清掃活動 四街道市 成田市 八街市 印西市 印西市 白井市 四街道市 酒々井市 富里市 八街市 栄町 八千代市 本埜村 自然観察会・ 浸水拠点整備 EM活性液の配布 成田市 八千代市 印旛村 本埜村 各戸貯留浸透施設の 廃食油 普及促進 白井市 鎌ヶ谷市 船橋市 佐倉市

図22 平成 17 ~ 20 年の各市町村の取り組み (いんばぬま情報広場ホームページより作成)

域全体での面的な対応となりつつある.

3) 持続可能な里沼に向けた展望

今後は、これまでの里沼の変化と課題を踏まえつつ、国内での人口減少・少子高齢化や世界の人口増加など、将来の社会・経済の見通しを見据えて、持続可能な社会のあり方を考えていくことが必要である。2010年に発表された千葉県の将来人口推計結果(千葉県総合企画部政策企画課政策推進室ホームページ)では、印旛沼周辺のかつての里沼地域においても、2020(平成32)年にはピークを迎え、その後人口減少社会に突入するとされている。

ここでは、印旛沼・流域再生を目指す「印旛 沼流域水循環健全化会議」が示している基本理 念「恵みの沼をふたたび」や目標を踏まえ、持 続可能な里沼に向けた展望について考察する.

持続可能な里沼社会にむけた方向性として、 現段階ではいくつかの視点が考えられる.一つ は、増加した人口に対応するため、生態系サー ビス(特に食料等の供給サービス)を地球規 模で調達する"グローバル化"が進むのか、ま たは他の地域への依存が弱まり地域内の生態系サービスが最大限に利用される"ローカル化"が進むのかといった視点である。もうひとつは、生態系サービス(特に洪水等の調整サービス)を科学技術により人為的に補完・強化を行う"人工化"を進めるのか、または地域の生態系の収容力に見合った人口や生活を営むことにより生態系サービスを持続的に享受する"自然化"を進めるのかといった視点である。

食料やエネルギー等の供給サービスに関しての取り組みは、今後対応が求められる事項である。かつての里沼では、食料やエネルギー・素材などは十分な供給があり、沼や沼周辺から多くの恵みを享受してきた。しかし、これらの恵みはライフスタイル等の変化により、供給ポテンシャルがあるにも関わらずニーズの低減による減少が生じ、外部依存が進行している。食料の供給サービスについては、一部では耕作放棄地解消にむけた取り組みや環境保全型農業の実施などが行われているが、世界的な人口増加と食の安全保障の観点からも、一定程度の外部依存の低減を進め、"ローカル化"することが求

≪生態系のピラミッド≫

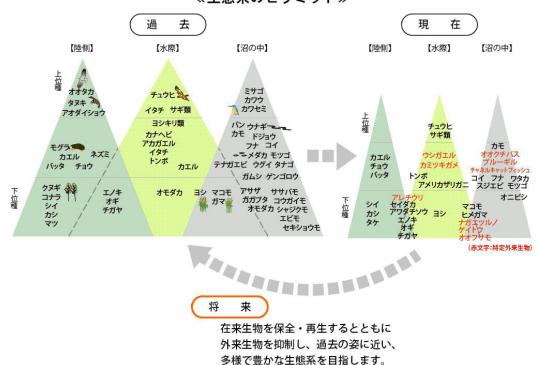


図23 印旛沼の生態系ピラミッドの将来の姿 (生態系ピラミッドはイメージ図です) (千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議,2010)

められる. またエネルギーや素材等に関しても 同様である.

水に関する調整サービスについては、これまで印旛沼流域水循環健全化会議において、水質浄化や治水対策など、活発に取り組まれてきた.しかしながら、調整サービスは流域全体の健全化が鍵であり、そのためには健全化会議以外の幅広い主体の取組への参加が求められる.

また、印旛沼流域全体で、持続可能な里沼社会を目指すためには、このような対応や取組自体も持続可能なものとしていく視点が重要と考えられる。例えば、中長期的にみて低コストな対応方法や、対応に必要な資金や人材を継続的に確保する方法、現時点では一部での対応となっている取組を広く社会に広げ、協働により取り組む方法などを検討・実施することが重要であろう。このような検討の際には、沼周辺で生産される米や、印旛沼の水など、地域の生態系サービスが地域外でも享受されていることに着目し、そのような地域外と連携して生態系の保全と持続可能な利用に取り組むことも考えられる。

将来の社会・経済全体の動向を見据えて、持続可能な社会のあり方を考え、それに向けて進む必要があるが、こうした生態系サービスを向上させるためには、里沼生態系そのものが健全化することがまず第一である。そのためには、過去の恵み豊かであった里沼の姿に学び、かつての里沼生態系を将来の姿として捉え、再生を目指すことが必要である。健全化会議においても、図23のような過去の生態系の姿から将来目指すべき生態系の姿を明らかにし、かつての恵みの豊かな印旛沼を目指し、取り組みを進めているところである。

9. 謝辞

本稿をまとめるにあたり、千葉県生物多様性 センターの北澤哲弥研究員には、適切なご助言 ・ご指導を頂いた.ここに深謝する.また,校閲・ データ提供等のご協力をいただいたパシフィッ クコンサルタンツ株式会社の湯浅岳史氏、上原 浩氏に感謝する.

10. 引用文献

- 千葉県. 1975-2005. 千葉県特用林産物統計. 千葉県農林部林務課.
- 千葉県. 2005. 千葉県の河川-県土の保全と整備-. 千葉県県土整備部河川計画課, 千葉県県土整備部河川環境課.
- 千葉県. 2008. 生物多様性ちば県戦略.
- 千葉県. 2010. 千葉県将来人口の推計結果. 千葉県総合企画部政策企画課政策推進室. < http://www.pref.chiba.lg.jp/syozoku/b_ soukei/seisaku/newplan/newplan.html > (最 終アクセス 2010 年 3 月 14 日)
- 千葉県ホームページ. 統計情報の広場 千葉県年齢別・町丁字別人口. < http://www.pref.chiba.lg.jp/syozoku/b_toukei/nennreityouaza/index.html > (最終アクセス 2010年2月23日)
- 千葉県印旛郡役所. 1985. 千葉県印旛郡誌前篇. 臨川書店,京都.
- 千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議. 2008. 印旛沼流域情報マップ 歴史・文化編. 印旛 地域整備センター成田整備事務所.
- 千葉県・印旛沼流域水循環健全化会議. 2010. 印旛沼・流域再生 恵みの沼を再び 印旛沼 流域水循環健全化計画.
- 千葉県立大利根博物館. 1994. 写真集 利根川高瀬舟. 大利根博物館友の会.
- 千葉県総合企画部水政課. 2008. 水のはなし 2008.
- 千葉県総合企画部統計課. 千葉県統計年鑑. 千葉県統計協会. < http://www.pref.chiba. lg.jp/syozoku/b_toukei/nenkan/index.html > (最終アクセス 2010 年 2 月 23 日)
- 千葉県水質保全研究所. 1979. 印旛沼の生態系の変遷. 千葉県水質保全研究所.
- 千葉県統計年鑑ホームページ. < http://www.pref.chiba.lg.jp/toukei/toukeidata/nenkan/index.html > (最終アクセス 2011 年 3 月 1 日)

林紀男・横林庸介・竹中真里子. 2009. 手賀 沼流域におけるナガエツルノゲイトウの繁茂 域の変遷. 水草研会誌 91:6-10.

第 18 回印旛沼水循環健全化会議委員会資料. 印旛村史編さん委員会. 1990. 印旛村史・通 史 2. pp. 103-136, pp. 281-326. 印旛村.

いんばぬま情報広場ホームページ. < http://inba-numa.com/ > < http://inba-numa.com/ what/syoukai/suishitsuodakuyouin/ > (最終アクセス 2010 年 2 月 23 日)

印旛沼流域水循環健全化会議委員会資料.

梶山誠. 2008. いんば沼第29号. 財団法人 印旛沼環境基金.

関東農政局千葉農政事務所統計部. 1959-2007. 内水面漁業生産統計調查. 千葉農林水産統計年報. 関東農政局千葉農政事務所統計部.

北澤哲弥. 2011. 里山における農地利用と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告4:70-88.

北澤哲弥・西野文智. 2011. 里山における森林利用と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告4:89-104.

国土交通省河川局河川環境課. 2010. 自然の 浄化力を活用した新たな水質改善手法に関す る資料集(案). 国土交通省. < http://www. mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/ suishitukaizen/shiryousyuu.pdf >

国土交通省利根川下流工事事務所資料.

栗原東洋. 1980. 印旛沼開発史第3部.

文部科学省. 2005. 5 訂增補日本食品標準成分表. 文部科学省科学技術・学術審議

会・資源調査分科会報告書. < http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802/002.htm > (最終アクセス 2010年3月9日)

新潟米情報センターホームページ< http://www.niigatamai.info/userimg/10377/kakaku.html > (最終アクセス 2010 年 3 月 9 日)

小倉久子. 2010. 第8回千葉県環境研究センター公開講座 発表資料.

陸軍参謀本部作成 佐藤侊解題. 1986. 明治 前期民情調查報告 偵察録. 柏書房. 東京.

佐倉市史編さん委員会. 1979. 佐倉市史・巻3. pp. 289-446, pp. 1139-1163. 佐倉市.

白鳥孝治. 2006. 生きている印旛沼-民俗と 自然-. 崙書房出版,千葉.

柳哲雄. 2006. 里海論. 恒星社厚生閣. 102p.

吉田正彦・宇野晃一・山口和子・石﨑晶子・小 倉久子・中村俊彦. 2010. 千葉県の里沼の 恵みと人々の営み. 千葉県生物多様性セン ター研究報告第2号ーちばの里山里海サブグ ローバル評価中間報告書ー. 千葉県環境生活 部自然保護課.

財団法人印旛沼環境基金. 2006. 印旛沼のはなし. 財団法人印旛沼環境基金.

財団法人印旛沼環境基金. 2008. いんば沼白書 平成19・20年版. 印旛沼環境基金.

財団法人印旛沼環境基金ホームページ. < http://www.i-kouiki.com/imbanuma.htm > (最終アクセス 2010 年 2 月 23 日)

著 者:吉田正彦 〒 260-8667 千葉市中央区市場町 1-1 千葉県県土整備部河川環境課 m.yshd7@pref.chiba.lg.jp; 山口和子 〒 206-8550 多摩市関戸 1-7-5 パシフィックコンサルタンツ株式会社環境・エネルギー事業本部環境部 kazuko. yamaguchi@tk.pacific.co.jp; 石﨑晶子 〒 206-8550 多摩市関戸 1-7-5 パシフィックコンサルタンツ株式会社環境・エネルギー事業本部環境部 akiko.ishizaki@tk.pacific.co.jp: 小倉久子 〒 261-0005 千葉市美浜区稲毛海岸 3-5-1 千葉県環境研究センター水質地質部 h.ogr3@pref.chiba.lg.jp; 中村俊彦 〒 260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2 千葉県立中央博物館 nakamura@chiba-muse.or.jp

[&]quot;The transition of community and ecosystem services in Satonuma." Masahiko Yoshida; River Environment Division, Land Development Department, Chiba Prefecture, 1-1Ichibacho, Chuo-ku, Chiba, 260-8667, Japan. E-mail: m.yshd7@pref.chiba. lg.jp; Kazuko Yamaguchi: Pacific Consultants Co. Ltd. 1-7-5 Sekito, Tama-shi, Tokyo 206-8550, Japan. E-mail: kazuko. yamaguchi@tk.pacific.co.jp; Akiko Ishizaki; Pacific Consultants Co. Ltd. 1-7-5 Sekito, Tama-shi, Tokyo 206-8550, Japan. E-mail: akiko.ishizaki@tk.pacific.co.jp; Hisako Ogura; Chiba Prefectural Environmental Research Center, 3-5-1 Inagekaigan, Mihana-ku, Chiba 261-0005, Japan. E-mail: h.ogr3@pref.chiba.lg.jp; Toshihiko Nakamura, Natural History Museum and Institute, Chiba, 955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan. E-mail: nakamura@chiba-muse.or.jp