

印 旛 沼

《第43号》



(甚兵衛沼から北印旛沼を望む)

- 印旛沼に係る湖沼水質保全計画（第8期）
..... 大島 史寛（p.2-3）
- 印旛沼流域の水文地形 近藤 昭彦（p.4-7）

千葉縣環境生活部水質保全課

第8期湖沼計画の目標値は、第7期湖沼計画の目標値と水質予測モデルを用いて計算した2025年度の水質予測値の平均値を比較して、より厳しい数値を採用しました。

表2 汚濁負荷量目標値 (単位: kg/日)

項目	目標値(2025) (現況値(2020))	内訳		
		生活系	産業系	面源系
COD	7,127 (7,278)	923 (1,003)	370 (373)	5,834 (5,902)
全窒素	3,110 (3,147)	644 (673)	261 (264)	2,205 (2,210)
全りん	278.2 (283.5)	90.1 (94.4)	69.6 (69.5)	118.5 (119.6)

3・2 第8期湖沼計画での水質保全施策の方向性

3・2・1 さらなる窒素及びりんの削減と内部生産の抑制策の検討

第7期湖沼計画で実施した調査研究の結果では、植物プランクトンの増殖による内部生産が、水質改善が停滞している原因の一つであると示唆されたため、栄養塩類の削減や内部生産の抑制策を検討していきます。

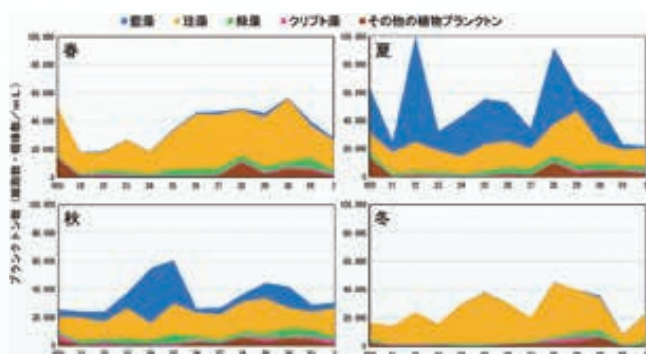


図3 植物プランクトンの発生状況

3・2・2 生物の生息環境の保全

外来水生植物のナガエツルノゲイトウが大量に繁茂すると、印旛沼とその流域河川で水の流れが妨げられることで底層溶存酸素量が低下し、水生生物の生息が困難になることが考えられます。

これらの課題に対処するためには、外来水生植物を計画的に駆除し、繁殖の拡大を防ぐとともに、生物生息環境の保全の観点から水質への影響を適切に評価するために、底層溶存酸素量をモニタリングするとともに、水質環境基準の類型あてはめについて検討します。

3・2・3 目指すべき沼の将来像の明確化

印旛沼は飲料水、農業用水及び工業用水の水源や内水面漁業のほか、親水利用の場として重要な役割を担っていますが、近年では散策や釣りなどに加え、サイクリングなど多様な野外レクリエーションの場として多面的に利用され

ており、既存の環境基準項目では沼の水環境のあるべき姿を十分評価できているとは言えない状況です。

そのため、地域住民など利用者自らが的確かつ容易に沼の水環境の様子を評価できる指標を設定します。

また、印旛沼の利用形態の変化を見据えた将来のあるべき姿を見出し、令和12年度までの長期ビジョンの見直しに向けた検討を行います。

3・3 水質保全に向けた取組

印旛沼の水質を保全するため、生活排水対策として、下水道整備を推進するほか、地域の実情に応じ合併処理浄化槽等各種生活排水処理施設の整備を促進するとともに、生活排水処理の高度化を進め、生活排水処理施設の使用率を向上させます。また、家畜排せつ物処理施設等による適正処理及び流入河川・湖沼等の浄化対策を実施します。

さらに、水質汚濁防止法及び湖沼水質保全特別措置法、浄化槽法等による規制・指導、また、補助等による事業の推進や啓発を実施します。

このほか、印旛沼の水質改善に向けた今後の効果的な対策や、気候変動に適応した水質浄化対策について検討するため、総合的な調査研究を推進します。

3・4 鹿島川流域における流出水対策推進計画

印旛沼への汚濁負荷の割合が大きい鹿島川流域を湖沼水質保全特別措置法に基づく「流出水対策地区」として指定し、第7期湖沼計画では、雨水浸透施設の設置促進や透水性舗装の整備、環境にやさしい農業の推進、関係者の理解を深めるための啓発等を行ってきました。しかしながら、依然として鹿島川流域の汚濁負荷が大きいことから、第8期湖沼計画においても、引き続き、流出水対策を推進していきます。

4 おわりに

印旛沼の水質を改善するためには、住民・行政・事業者等の関係者が一体となって取り組んでいく必要があります。本稿が恵み豊かな印旛沼の実現に向け、何をしたらよいか考えるきっかけとなれば幸いです。

【参考文献】

千葉県：印旛沼に係る湖沼水質保全計画（第8期）（2022）

印旛沼流域の水文地形

近藤 昭彦

千葉大学環境リモートセンシング研究センター

1 はじめに

筆者は小金牧南端の台地で生まれ育った。そこは大和田機場ができるまでは印旛沼流域であった土地である。子供の頃の遊び場には高度経済成長下で開発が進みつつある谷津田や谷壁の赤土の斜面があった。その体験が原風景としての台地や谷津に対する懐かしさに繋がっているのではないかと思う。台地の平坦面や谷津はどのようにして形成されたのか。形あるものには理由があるはずである。大学・大学院では地下水の研究をすることになったが、地下水の流れと谷津の記憶が徐々につながり、水文地形としての台地の地形の認識につながっていった。

世の中はデジタル時代に移行しつつある。WEB上では国土地理院の「地理院地図」をはじめとする様々な主題図表示アプリが利用できる。本稿では地図を掲載する代わりにWEBを活用することにした。パソコンのブラウザで使うことができるが、一部のアプリはスマホに無料のアプリをインストールして使うこともできる。土地の性質に関する様々な情報を地図上に表示することができるので暮らしの基礎知識として活用して頂きたい。



図1 地理院地図の表示画面
(地形分類、陰影起伏図を表示中)

2 水文地形とは何か

下総台地の平坦面はもともと現在の関東平野の範囲に広がっていた古東京湾の海底が離水したものであるが、そこに谷が刻まれるプロセスには水循環が大きく関わっている。台地が平坦面を広く残しているということは、降水を台地面が受け取って地下水として排水するため、地表水の排水機構としての密な谷が必要なかったということでもある。台地の侵食過程には地下水循環が大きく関わり、台地の地形変化は水循環との相互作用として捉えることができるのである。この様に水循環と地形変化が総合作用する過程で形成された地形を水文地形と呼んでいる。

3 下総台地の地史

3・1 氷期・間氷期サイクルと地形変化

地球は約100万年の間に氷期と間氷期をほぼ10万年のサイクルで繰り返していることが明らかになっている。約12万年前が前間氷期の時代であったが、その後徐々に寒冷化が進み、約2万年前に最も寒冷な時期を迎えた。氷期に向かう寒冷化の過程で、水が陸上に氷河や氷床として蓄積されたために、最寒冷期の海水準は現在よりも100m以上も低下していた。チーバ君は今より太っていて、お母さんの本州島の懷に抱かれていた。

約1万年前に氷期が終わると急速に温暖化が進み、現在の間氷期が始まる。この温暖化は地球の営みとしての気温の上昇である。温暖化とともに海水準も上昇を始めるが、その過程で土砂の供給量や侵食基準面が変わり、かつての古東京湾の海底だった陸地に水文地形の形成が始まった。気候最適期と呼ばれる約6,000年前が現間氷期で最も温暖な時期で、日本では縄文時代前期に相当する。その後、気温は低下しつつあったが現在は人為による地球温暖化が人間や生態系に脅威を与えている。

3・2 下総台地の地形面

下総台地を走ると時々坂に出会う。それは谷津と台地面の境であることもあるが、台地上の連続性のある斜面は異なる地形面の境界である場合がある。その境界は過去の海食崖あるいは段丘崖であったかもしれない。坂道では遙か昔の光景を思い浮かべることによって太古の下総台地に還ることができるが、坂道マニアの醍醐味でもある。

下総台地には形成年代を異にする複数の地形面が存在し、下総上位面、下総下位面、千葉段丘と名付けられている。杉原（1970）¹⁾の第1図に下総台地西部の地形面の分布が示されているが、J-STAGEでダウンロードすることができるので参照してほしい^{注)}。

下総上位面は約12万年前の間氷期に現在の関東平野の範囲に広がっていた古東京湾の海底で、寒冷化が進行つつある9万年前頃に海水準の停滞にともない海岸段丘あるいは河岸段丘として形成されたのが下総下位面である。その頃までに離水はほぼ完了し陸地が現れたが、まだ水域であったところに堆積した火山灰は粘土化し（常総粘土）、地域の水循環に大きな影響を及ぼすことになった。千葉段丘は台地を刻む谷に沿って河岸段丘として形成された地形面である。

地形の傾斜は現場では実感しにくい、地理院地図で[地図の種類：トップ]⇒[標高・土地の凹凸]⇒[陰影起伏図]と進むと、地形がよくわかるようになる。ツールの[断面図]を使うと地形がよくわかるようになるが、杉原(1970)の第1図と合わせて坂道探索はいかがだろうか。

4 台地を刻む種々の地形

4・1 氷期・間氷期サイクル型の谷

印旛沼が横たわる広大な低地はどのようにして形成されたのだろうか。海水準が現在より100mほど低下していた約2万年前の最終氷期の最寒冷期には、下総台地の大きな支流沿いには深い谷が刻まれていたと考えられる。それらの谷は後氷期の海水準の上昇に伴い埋積され（沖積層の形成）、広い谷低平野を持つ低地が形成された。2万年前の谷は地下の埋積谷としてその姿を地下に留めている。沖積層の厚さは新川低地では10数m³⁾、北印旛沼で20～30m⁴⁾で、当時の地表面である沖積層基底は下流に向かって深くなっている。千葉県には旧石器時代の遺跡が多数あるが、この谷を石器時代の人々も歩いていたに違いない。その人々の子孫はどこにいるのだろうか。

下総台地の谷津では現河床に成田層由来のきれいな砂を見ることができる。氷期・間氷期サイクル型の谷の厚い沖積層の堆積途上の地表面を流れていた川の河床の砂も帯状に残されているはずである。沖積層の主な構成物質は有機質のシルトであり、透水係数は小さいが、旧河道の砂を通

じて成田層と沖積層の地下水の交流があるかも知れない。このことは硝酸性窒素の脱窒の可能性も示唆する。地下の堆積物の詳細な構造を知ることは難しいが、その概略は形成過程を考えると想像できるのである。

4・2 浅い谷

八街や富里の広大な畑作地帯に行くと台地の上に皿状の浅い谷を見つけることができる。浅い谷では時間雨量数10mmを超える強雨が降ると地表面をシート状に水が流れる光景を目にすることがある。浅い谷の地下に常総粘土が分布している場所では湿潤な環境を利用したサトイモ栽培が盛んであったという。約12万年前に始まった寒冷化に伴い海岸線は後退して行くが、まだ海水準がそれほど低下していない時期に海岸平野の平らな地表面が流水で侵食されて浅い谷が形成されたと考えられる。

下総台地上の浅い谷の分布は地理院地図の[地図の種類：トップ]⇒[土地の成り立ち・土地利用]⇒[地形分類（ベクトルタイル提供実験）]⇒[地形分類（自然地形）]と進むと、[凹地・浅い谷]の凡例によって知ることができる。浅い谷の下流は谷津と遷急線でつながることが多いので、谷津より古い地形と考えることができる。

4・3 凹地（閉じた浅い谷）

台地の上には閉じた浅い谷地形がたくさん存在する。地理院地図では谷津につながらない[凹地・浅い谷]を各所で発見することができる。この凹地を民俗学者の柳田國男は「ダイグラ坊の足跡」と名付けているが、下総台地だけではなく武蔵野台地や相模原台地にも多数存在している。どうやって凹地が形成されたのだろうか。カルスト地域のドリーネのような溶食地形、地下侵食による陥没、等いくつかの仮説があるがまだ解明されていない。分布は谷津の上流に連続するように見えることもあるが、形成メカニズムと関係があるのかもしれない。

印旛沼流域ではないが、現在発掘調査中の加曽利貝塚の南貝塚（縄文後期）は凹地の縁に貝類が積まれている。この凹地が自然にできたものか、縄文人が掘ったのか、現在千葉市埋蔵文化財調査センターで発掘調査中である。このような凹地が台地上に広く分布しているということは何を意味しているのか、その解明はもう少し先送りしておこう。

4・4 地下水侵食型の谷

いわゆる谷津であり、特徴的な舟底型の断面形を呈する。地理院地図では谷底は氾濫平野、斜面は山地と表記されているが、大河川の氾濫平野よりは小規模で、谷底平野、谷壁斜面とした方が良いかもしれない。日本全国を対象とする主題図の判例の限界でもある。

地形の起伏が大きくなると、谷は地下水を集水するようになる。地下水流出が最も集中する谷頭部では大雨時に間隙水圧が高まり、崩壊等が発生しやすくなる。その結果、谷津は上流に向かって伸長するようになる(谷頭侵食)。4・2の浅い谷の下流に位置することが多いので、数万年前に浅い谷が形成された後に、下流から谷津が地下水の作用で伸長したと考えることができる。

平らな谷津の谷底面は地下水面とほぼ一致するため、側壁斜面の基部に台地からの地下水流出が集中し、崩壊等による侵食が起こるために側方侵食によって平らな谷底と、急な谷壁斜面が形成される。このような側方侵食によって形成された谷底の沖積層の厚さは薄く谷津の上流では数m程度である。

浅い谷に水流がある場合、下流の谷津との間には早瀬がある場所を確認することができる。例えば、高崎川上流の十倉神社の近くでは、少し傾斜のついた河床を経て、下流の谷津に連続しているが、その辺りから谷壁(地理院地図では山地と表示されている)が存在する舟底型の谷津に形状が変わる。明瞭な谷壁斜面は地下水の作用によって侵食され、谷が形成されていることを意味する。

谷津の側壁が崩壊を起こして窪みができると、そこに地下水が集中しやすくなる。すると降雨時にさらに崩壊が起こりやすくなり、支谷の形成が始まる。崩壊地は空中写真で確認することができるが、米軍写真のような古い空中写真では圃場整備前の水田のパターンが乱れていることでも判読できる。空中写真は国土地理院の「地図・空中写真閲覧サービス」⁵⁾で閲覧できる。また、「今昔マップ」では明治以降の地形図の比較ができる⁶⁾。古い空中写真や地形図に記録された過去の地形や土地利用は水循環と地形変化の相互作用を語りかけてくれる。



図2 地下水侵食型の谷(富里市天神谷津)

4・5 化石谷

谷津の機能は台地上から涵養された地下水を排水することである。近接する二つの谷津は台地から地下水を集水するが、一方の谷津がより広い地下水流域を獲得すると、隣接する谷津は地下水を集水できず、谷底の地下水面が低下して谷の発達が停止し、化石谷となることがある。埋積谷を化石谷という場合もあるが、ここでは谷底の地下水面低下により谷の成長が停止した谷という意味で使う。化石谷では下刻が進む本流との合流点に小崖あるいは傾斜変換点を認めることがある。河川争奪と同じ現象と考えられるが、河川争奪においても地下水流域の争奪が先立って起きていると考えることができる。

最終氷期には海水準は100mも変動したが、海水準がしばらく停滞したときには段丘が形成される。3・2で説明した千葉段丘は上面を下流方向に追跡すると現沖積層下に没するものがある。それは現在より海水準が低かった時代、すなわち氷期に形成されたことを意味するが、上流側に追跡すると化石谷化した谷津につながる可能性がある。このような谷は下総上位面の標高が100mを超す下総台地南部において良く認められる⁷⁾。地形には過去の気候変動も記録されている。

戦後の圃場整備事業は稲作を飛躍的に効率化した。しかし河川を直線化し、河床を掘り下げたことで谷底の地下水面が低下し、水循環と地形の相互作用は失われた。これは現在の化石谷ともいえる。谷底は本来は地下水流出域であったが、農事暦に応じて地下水位は季節的にコントロールされるようになった。

4・6 地形の改変

もともと水文地形として形成された台地の地形も人間活

動によって改変され、その水文学的機能が損なわれることがある。下総台地では谷津の上流にある平坦面から先に開発が始まることが多い。谷津の谷底が後から開発された場所では大雨時に台地上の都市域からの排水により低地が浸水被害を被ることがある。1958年の狩野川台風では武蔵野台地の谷津（東京では谷戸と呼ぶ）の住宅地が浸水被害を受け、都市型洪水の先駆けとなった。その背景には都市近郊農業の発展に伴い、苦勞の多い谷津の稲作が最初に放棄されたことがある。

台地上の都市化が進むと谷津にも開発が及び、谷頭部の盛土・埋立による平坦化が進む。都市化により雨水排水機能が整備されると、台地が持つ水循環機能は損なわれ、湧水量や河川の基底流量が減少し、自然の浄化機能も損なうことになる。

開発年代が古い盛土地が地盤災害を引き起こすこともある。2018年の北海道胆振東部地震では谷埋めの古い造成地で液状化が発生した。盛土地や切土地の分布は国土交通省が提供するハザードマップポータルサイト⁸⁾の「重ねるハザードマップ」で概略を知ることができる。メニューの「すべての情報から選択」⇒「土地の特徴・成り立ち」⇒「地形分類(人工地形)」に進むと切土と盛土の概略の分布、すなわち地形改変の履歴を知ることができる。土地の履歴を理解し、備えて暮らすという習慣が安心を生み出す。地形を変化させる営力で最も大きな力を持つのは人間かも知れない。

5 おわりに

下総台地の地形は地球が約12万年前の間氷期から氷期に向い、再び間氷期を迎えた悠久の歴史の中で水循環と地形変化の相互作用によって形成されたものである。気温や降水量変化に伴う植生の変遷とも関わり、解明すべき謎はまだ残されている。本稿で記述した地形変化の過程は現地形の観察と地史から演繹的に考察した仮説でもあり、現場における実証的研究も必要なのだが、体力を要する作業は辛いものもある。若い頃は体力を情熱で補うことができたが、歳と共に身体は動かなくなる。生業としての学術の世界では論文による評価システムが確立し、時間のかかる研究は敬遠されがちである。汗にまみれる水文地形研究はアカデミアでは実施が困難になったようである。

現在の日本は高度成長期を過ぎ、低成長あるいは縮退の段階にあるが、それは新しい時代への契機でもある。日本の高度成長を支えた専門家は定年を迎え市井にいる。卓越した技術、知識、経験と情熱を持つシニアに市民科学の可能性を感じるのである。市民科学には様々なタイプがあるが、市民による市民のための科学が可能な時代になったといえる。その対象は地域にあるので、様々な専門性を持つ市民が現場に集まり、総合的、俯瞰的な観点から調査、研究を行い、理解を深めることができる。台地の水文地形の理解は市民科学に与えられた課題ではないかとの思いを強くしている。

【参考文献】

- 1) 杉原重夫：下総台地における地形の発達、地理学評論、43-12、703~718（1970）
- 2) 「地理院地図」<https://maps.gsi.go.jp/>
- 3) 八千代市水辺の自然環境調査報告書2002年3月
- 4) 白鳥孝治：「生きている印旛沼－民俗と自然－」、58（2006）
- 5) 「地図・空中写真閲覧サービス」
<https://mapps.gsi.go.jp/>
- 6) 今昔マップ <https://ktgis.net/kjmapw/>
- 7) 近藤昭彦：下総台地南縁部の小流域における渇水期の流量と地形との関係について、ハイドロロジー、15、114-121（1985）
- 8) ハザードマップポータルサイト
<https://disaportal.gsi.go.jp/>

注）論文はタイトル等で検索するとJ-STAGE（科学技術情報発信・流通総合システム）で閲覧、ダウンロードすることができる。

編集後記

「白鳥は 悲しからずや 空の青海の青にも 染まず漂う」若山牧水の短歌にもあるように、秋になると日本には白鳥を始め多くの渡り鳥がシベリアなどからやってきます。印旛沼や周辺の水田でも、渡り鳥を見かけることもあると思いますが、鳥たちは実は困ったもの（鳥インフルエンザウイルスなど）も持ってきます。



印西市本埜の「白鳥の郷」

近年、国内の養鶏場で鳥インフルエンザが多発しており、特に昨年は千葉県では大被害を受けました。このウイルスは現時点では、よほどの濃厚接触をしない限り鳥から人へは感染しませんが、変異によっては強毒化し、人類への新たな脅威になりかねません。温暖化等により、今まで氷河で封鎖されていたウイルス等が、氷河の溶解等で地球規模で拡散される恐れがある現状です。

とはいえ歴史を振り返ると、渡り鳥は、実は恵みの使者でもありました。豊後（今の大分県）風土記に次のような朝日長者伝説というものがあります。「朝日長者と呼ばれる長者が使用人に美田を耕作させ贅沢に暮らしていた。ある時、祝いの余興で、長者は鏡餅を的に弓で自ら矢を放った。すると鏡餅は白い鳥に変わり、南の彼方へ飛び去った。これを期にこの地では米が取れなくなり、長者も没落してしまった。」これを土壌肥料学的に解釈すると、糞が作物の養分になるため、野鳥の乱獲を戒めたものと考えられます。

- ①水田で米がよくとれた⇔渡り鳥の飛来が多く、糞としてリン酸などの養分を供給した。
- ②鏡餅の的に矢を射ると白鳥となって逃げた⇔食用と

して野鳥を乱獲するようになった。

- ③急に米が取れなくなった。⇔野鳥の飛来が激減して水田のリン酸が欠乏した。

印旛沼周辺にも多い火山灰が風化してできた黒ボク土は、文字どおり黒っぽく腐食も多く水はけもよく農作物の栽培に適した土ですが、リン酸固定能力が強く、リン酸肥料がなければ、ススキのようなリン酸欠乏に強い植物しか育たないような土です。

化学肥料のない時代に、黒ボク土の水田に渡り鳥が養分を含む糞を残していけば米の収穫が増大したはずで。また、海外では、海鳥やこうもりの糞が堆積・化石化したチリ硝石やグアノを肥料として使用していました。



黒ボク土の畑

さて、黒い土といえば、チェルノーゼムが有名です。ウクライナやロシア南部、カザフスタン等に広がっている土壌で豊かな穀倉地帯です。プーチン大統領がロシアの源流と主張するキエフ公国の成立もこの豊かな大地の生産力があったからといえます。

このせっきくの自然の恵みを、旧ソ連のチェルノブイリ原発事故による放射能汚染やロシアによる戦争で破壊しているというのが現状です。「レジ袋を削減しましょう」の一方で、戦争でどれだけの環境破壊や資源の浪費が行われているか計り知れません。何よりも貴重な人の命が失われています。コロナ禍や地球温暖化の脅威が現実化している時代に、対立や戦争をしている場合ではないはずです。世界の軍事費を全て医療・農業・環境・福祉に使えたらどれだけの命が救えるか？理想は遠いですが、人類に英知があるというのなら、少しでも良い方向に歩んでいきたいものです。

これからも基金の活動にご理解とご協力をお願いいたします。

編集：公益財団法人 印 旛 沼 環 境 基 金

発行：令和4年8月

〒285-8533 千葉県佐倉市宮小路町12番地

TEL：043-485-0397 E-mail：imbanuma@i-kouiki.jp

<https://www.i-kouiki.jp/imbanuma/>