

上水はどこから来て, 下水はどこに行くのか —霞ヶ浦を例にして—

玉 生 志 郎¹⁾

1. はじめに

霞ヶ浦周辺の市町村では, 霞ヶ浦の水を上水道の水源として利用しています. 住民にとっては, その水質は切実な問題です. 多くの住民は水質を懸念して家庭の水道蛇口に浄水器を取り付けていると聞きます. 一方, 霞ヶ浦周辺からは一部で下水が処理されて霞ヶ浦に流れ込んでいます. つくば市の場合, 自分たちの使った下水が回りまわって霞ヶ浦に流れていくとも聞かされています. 実際はどのように流れて行って, 上水の水源地どのように混合しているのか気になるところです.

このような疑問を抱いている時に, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター主催の第18回霞ヶ浦入門講座 現地講座「水づくりの現場を訪ねる」(2007年7月27日)が実施されました. 幸いにも参加することができましたので, そこで見聞したことを, ここにまとめて報告する事とします. この講座を主催して下さいました茨城県霞ヶ浦環境科学センターと現地案内をして下さいました茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所と茨城県企業

局県南水道事務所の方々には, 深く感謝申し上げます.

2. 霞ヶ浦

霞ヶ浦は茨城県の南西部に位置し, 湖面積220 km²で, 琵琶湖に次いで全国第2位の広さを持つ湖です. ただし, その平均水深は4m (最大水深は約7m)と大変浅い湖です. もともとは海であったところが残ってできた海跡湖です. この霞ヶ浦は以前には湖底まで見えるほど透明だったそうですが, 昭和40年代半ばからは急激な富栄養化により水質汚濁がすすみ, COD, 窒素, リンの環境基準を達成できない状況が続いています.

現在の霞ヶ浦の様子を一部紹介します. 昔は湖岸に葦原が広がっていましたが, 現在は波浪による侵食などで少なくなっています. それでも, その一角で白鳥が雛を育てていました(写真1). 霞ヶ浦総合公園では, 昔はたくさん自生していたアサザを人工栽培しています(写真2). また, 国土交通省関東地方霞ヶ



写真1 湖岸の葦原と白鳥家族.



写真2 アサザの人工栽培池.

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: 霞ヶ浦, 上水, 下水, 水処理, 水質保全

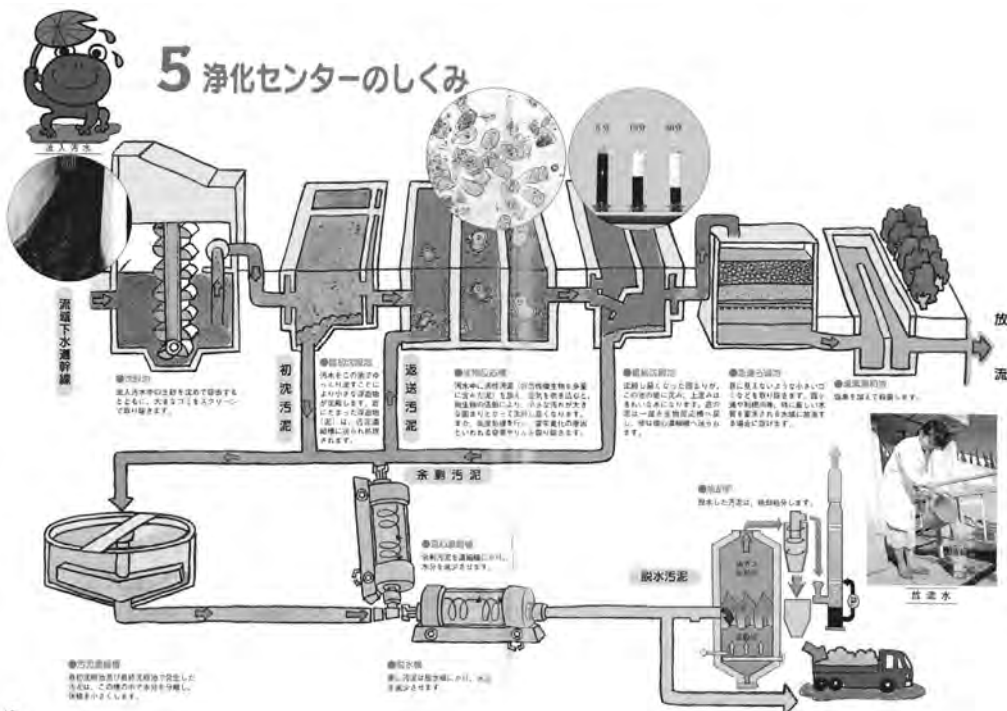
浦河川事務所では、環境保護市民運動の要請を受けて「植生の保全と回復」、「多様な水辺環境の創造」、「波浪対策」等を目的に、離岸堤(石積み又は粗朶消波工)、緩斜面堤防、人工前浜などの多自然型護岸の整備を進めています(写真3)。



写真3 多自然型護岸。



第1図 茨城県霞ヶ浦流域下水道計画概要図(茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所, 2006)。



第2図 浄化センターの仕組み(茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所, 2006)。



写真4 下水管からの原水と沈砂池。



写真6 下水処理水の放流地点。



写真5 下水処理用の生物反応槽。



写真7 処理水をトイレに再利用。

3. 茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所

霞ヶ浦流域には、「霞ヶ浦常南」、「霞ヶ浦湖北」、「霞ヶ浦水郷」、「小貝川東部」の4つの流域下水道の事務所があります。今回訪れた霞ヶ浦湖北流域下水道事務所は、土浦市湖北にあります。ここでは土浦市、かすみがうら市、小美玉市、石岡市、阿見町の下水を処理しています(第1図)。しかしながら、その下水普及率は平成14年度時点で土浦市が85.7%と最高で、ほかの市町村では60%以下と整備が立ち遅れています。本下水道事務所の処理対象面積は6,383 haで、対象人口は22.2万人です。下水管の幹線部は57kmです。処理能力は89,000t/日で、平均76,759t/日を処理しています。

3.1 浄化センターのしくみ

浄化センターの仕組みは第2図に示す通りです。ま

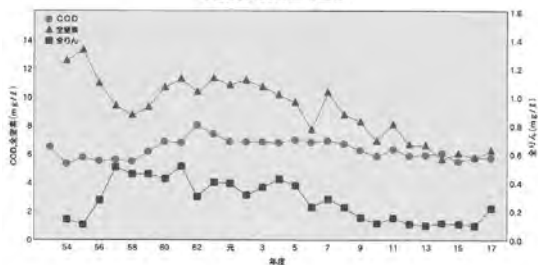
ず流域下水道幹線から入ってくる原水から、沈砂池において土砂と大きなゴミを除去します(写真4)。ここではあまり臭いはしませんでした。次いで最初沈殿池で、より小さな浮遊物(泥)を除去します。ここで除去された汚泥は汚泥濃縮槽、遠心分離機、脱水機、焼却炉で処理されて、従来はコンポストとして堆肥に、現在はセメント原料に再利用されています。一方、最初沈殿池を通過した水は、生物反応槽で活性汚泥(ツリガネムシなど好気性微生物を多量に含んだ泥)と混合し、空気が送り込まれます(曝気されます)。これによって小さな汚れが大きな固まりとなって沈殿しやすくなります。ここでは、臭いが近隣周辺にもれないように天井が張ってあり風も通らないため、蒸し

◆霞ヶ浦浄化センター放流水の水質（年間平均値）

項目	排水基準	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
BOD (mg/ℓ)	[10] *1	0.5未満	0.5未満	0.5未満	0.6	0.5
COD (mg/ℓ)	20 (15) *2	6.2	6.1	5.6	5.7	5.7
SS (mg/ℓ)	20 (15) *2	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満
全窒素 (mg/ℓ)	20 [15] *3	6.8	6.0	5.9	5.7	6.2
全りん (mg/ℓ)	1 [0.5] *3	0.11	0.12	0.12	0.10	0.21

*1 下水施設における汚濁上の標準、日最大値
 *2 標準は、日最大値、()内は日間平均値
 *3 標準は、日間平均値、[]内は、許容水質が100000ℓ/日以上の場合に適用される基準

◆放流水質の経年変化



第3図 放流水の水質（茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所，2006）.

第1表 霞ヶ浦浄化センター放流水の排水基準（茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所，2006から一部抜粋）.

項目		基準値
pH		5.8～8.6
COD		20 (15) *1 mg/l
全窒素	100,000m ³ /日未満	20 *2 mg/l
	100,000m ³ /日以上	15 *2 mg/l
全りん	100,000m ³ /日未満	1 *2 mg/l
	100,000m ³ /日以上	0.5 *2 mg/l

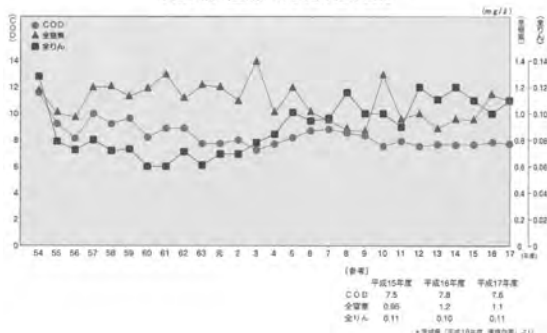
備考 *1 ()内は日間平均値 *2 基準値は日間平均値

風呂のような状況でした。この生物反応槽では高度処理を行い、富栄養化の原因と言われている窒素やリンを取り除いています(写真5)。ここで言う高度処理とは、凝集剤添加活性汚泥法、凝集剤併用型循環式硝化脱窒法、嫌気-無酸素-好気法、担体投入型修正パーデンフォ法です。次いで最終沈殿池では、沈殿し易くなった固まりが底に沈み、上澄みの部分が急速ろ過池に移され、目に見えないような小さなゴミなどが取り除かれます。最後に塩素混和池にて、塩素で殺菌して、霞ヶ浦に放流されます(写真6)。この処理水の一部は本下水道事務所のトイレ用水として再利用されています(写真7)。下水処理水の再利

◆霞ヶ浦の水質環境基準

水域名	水域類型					
	A 類型(湖沼)				B 類	
霞ヶ浦	pH	DO	COD	SS	大腸菌群数	全窒素
		6.5以上 8.5以下	7.3mg/ℓ 以上	3mg/ℓ 以下	5mg/ℓ 以下	1000MPN/ 100ml以下
						0.03mg/ℓ 以下

◆霞ヶ浦（西浦）の水質の経年変化

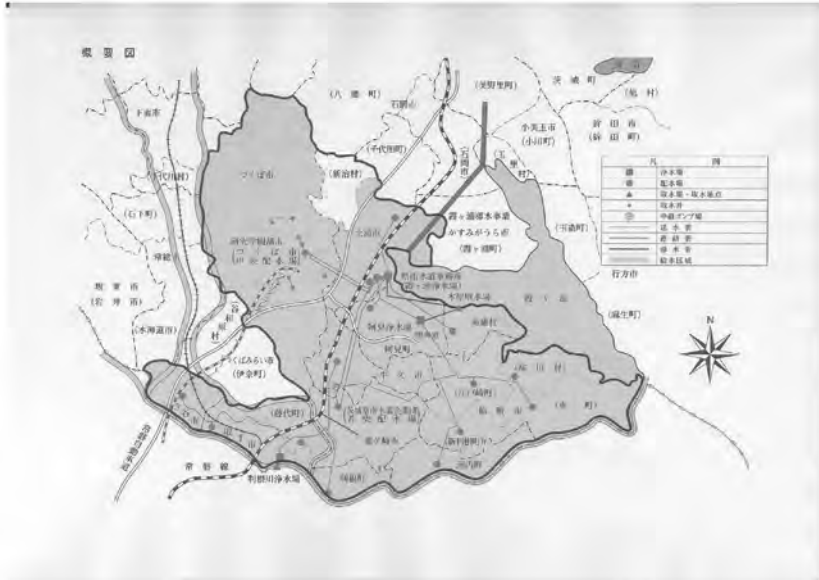


第4図 霞ヶ浦の水質（茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所，2006）.

用基準は、水洗用水、散水用水、修景用水、親水用水に区分されていて、それぞれ大腸菌、濁度、pH、外観、色度、臭気、残留塩素の限界値が規定されています(国土交通省のホームページ)。

3.2 放流水の水質と排出基準

本下水道事務所浄化センターの放流水については、基本的には「水質汚濁防止法」の排出基準が適用されますが、COD(化学的酸素要求量)とSS(浮遊物質)等は「茨城県水質汚濁防止法に基づき排水基準を定める条例」により、また全窒素と全リンについては、「茨城県霞ヶ浦富栄養化の防止に関する条例」により、規制されています。そのうち環境基準値として重要なCOD、全窒素、全リンの経年変化を第3図に示します。また、それらの排出基準を第1表に示します。この両者の比較から、いずれの項目も排出基準を大幅に下回っていることがわかります。しかしながら、環境基本法の環境基準(第4図)と比較すると、まだまだ水質が悪いこともわかります。この環境基準とは人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準として、どの程度に保つことを目標に施策を実施していくのかという観点から定めたものです。従って、下水処理されない生活排水や家畜・農業排水などの下水普及率を高めることや、下



第5図 茨城県県南広域水道水供給事業の地域と水道幹線(茨城県企業局のホームページ)。

水放流水の水質改善ももっと推し進める必要があります。また、湖底に堆積している泥を浚渫することで、有機物や窒素・リンの溶出を抑えようとする試みも実施されています。しかし、その効果のほどは議論が分かれているところです。

4. 茨城県企業局県南水道事務所

県南広域水道用水供給事業は、「茨城県水道整備基本構想」(昭和53年度策定)に基づいて、県南地域に水道用水を安定供給するために実施している事業です。県南水道事務所は霞ヶ浦総合公園水郷プールの東隣に位置しています。給水対象地域は霞ヶ浦、筑波山、利根川に囲まれた範囲で、4市3町1村1企業団です(第5図)。その1日の最大給水量は約30万 m^3 です。計画給水人口は661,500人です。

4.1 浄化施設

原水は当初この施設の湖岸近くから汲み上げられていましたが、昭和47-53年頃、アオコなどの発生により水質が悪化したため、ここから東方約10kmの木原湖岸沖の600m、深さ3mの取水塔から取水されるようになりました(写真8)。ここまで圧送されてきた原水は、まず生物処理槽で処理され(写真9)、次いで高速凝集沈殿池と急速ろ過池で濁りを取り除きます

(写真10)。次いで粒状活性炭ろ過池でろ過して、塩素処理を行って、上水を作ります。この工程の中で、活性炭(椰子の実を粉碎して焼成させたもの)の再生処理(1-3ヶ月に1回程度)に最も費用がかかることです。また、生物処理槽については、従来の浄水処理工程への負荷を低減する方法として、1985年から導入されました。この施設はハニコムチューブ(蜂の巣状のチューブ)と呼ばれ、新鮮な空気を大量に送り込みながら、水道原水を何回も循環させます。そうすることで、ハニコムチューブに膜状に着生した微生物が、汚れや臭いのもとを食べたり分解して、水をきれいにしてくれます(写真9)。一方、底に沈殿した汚泥は、脱水処理後、浄水発生土資源化プラント(写真11)で粉碎・加熱殺菌、乾燥、ふるい分けされて、改良土が作られます。土丸くんと命名されて、芝の目土や床土として市販されています。

4.2 水質に関するQ&A

茨城県企業局のホームページ(http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/kigyuu/qanda/qanda_01.htm)には、水質に関するQ&Aが掲載されています。残留塩素、クリプトスポリジウム(耐塩素性病原微生物)、トリハロメタン、O-157、環境ホルモン、コイヘルペス、ダイオキシンなどの対策が判りやすく解説されています。それを要約して以下に示します。



写真8 中央遠方の白い建物の左手に取水塔がある。



写真10 水道水の沈殿槽。



写真9 上水道処理用の生物処理施設。

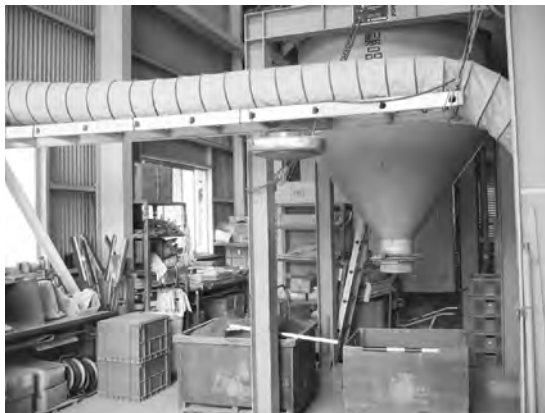


写真11 土丸くん製作プラント。

(残留塩素)

水道法では蛇口からの水が0.1mg/l以上の濃度(遊離残留塩素)を保持することが定められている。残留塩素は時間の経過とともに減少するので、茨城県企業局は各家庭に水が届く時間を計算して塩素を加えている。

(クリプトスポリジウム(耐塩素性病原微生物))

クリプトスポリジウムとは、人やその他の哺乳動物の小腸に寄生して、下痢症の原因となる原虫である。茨城県企業局では、その汚染の判断や浄水の安全確認のための検査体制の強化及び砂ろ過水の濁度管理の強化などの対策を行っている。

(トリハロメタン)

水道では細菌汚染を防止するため塩素を注入している。しかし、この塩素が有機物と反応して有機塩素化

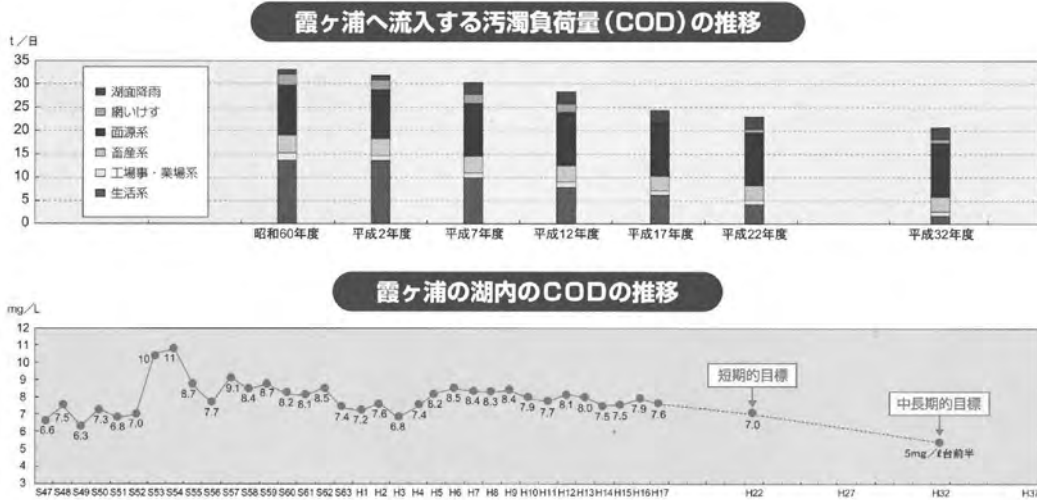
合物、すなわちトリハロメタンを生成してしまう。茨城県企業局では、高度浄水処理等により水質基準値(0.1mg/l)の7割以下を目標にトリハロメタンの低減化を図っている。

(O-157)

腸管出血性大腸菌O-157は、血便と腹痛を主な症状とする出血性腸炎を引き起こす。しかし、O-157は塩素抵抗性が弱く、水道水は塩素により確実に消毒されているので問題ない。

(環境ホルモン)

環境ホルモンは、水源での状況や人体への影響等について不明な点が多く、国の機関等で調査研究が行われている段階にある。茨城県企業局では、これらの調査研究結果を待って、的確な対応をとっていく。



第6図 霞ヶ浦のCODの推移 (茨城県生活環境部環境対策課)



第7図 利根流域下水道事務所の管内図 (茨城県利根流域下水道事務所のホームページ)

過→活性炭処理の水処理を行っており、また塩素管理に細心の注意をはらい水道水を供給しているので、問題ない。

(ダイオキシン)

ダイオキシン類は、一般的に水にはほとんど溶けず、水中では泥質に付着した状態で存在するため、通常の浄水処理により除去可能である。しかしながら、水質基準を補完する項目として設定されているので、茨城県企業局では継続的な調査を行っていく。

5. 茨城県の第5期霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画

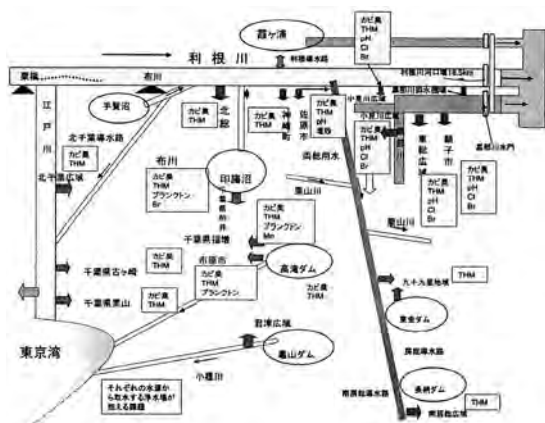
茨城県は、「泳げる霞ヶ浦」、「遊べる河川」を標語にして、第5期霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画を策定しました。その内容は、平成32年度までに、霞ヶ浦の湖水浴場が賑わっていた昭和40年代前半当時のレベル(COD 5mg/L台前半)を目指す、とするものです。そのためには、現況からCODで約2割、全窒素、全りんで各々約3割の負荷削減が必要です。これらの経年変化の様子を第6図に図示します。

6. 利根流域下水道事務所

今回は訪れていませんが、つくば市の下水を処理している利根流域下水道事務所について、その概要

(コイヘルペス)

平成15年11月、霞ヶ浦でコイヘルペスウイルスの鯉への感染が確認された。霞ヶ浦・北浦・鱒川を水源とする企業局のすべての浄水場では、凝集沈殿→砂ろ



第8図 利根川下流域利水関係模式図 (浅見, 2005).

を紹介し、この施設は北相馬郡利根町にあります。本水道事務所が管轄する霞ヶ浦常南流域下水道は、筑波研究学園都市があるつくば市から、牛久市、龍ヶ崎市を経て利根町に至る地域及び河内町、稲敷市(旧新利根町)の4市2町を対象地区としています(第7図)。幹線管渠(研究学園都市利根町間幹線・研究学園西幹線・筑波幹線及び河内幹線)の総延長は63kmです。平成18年3月末現在、当該流域下水道の普及状況は普及率72.8%で、全国平均及び県平均を上回っています。

処理された水は利根町の利根川に放流されています。従って、つくば市に住む住民は、上水は霞ヶ浦から取水し、下水は利根川に流していることとなります。霞ヶ浦と利根川は常陸利根川を通して繋がっています。霞ヶ浦以上に直接的な影響を受けるのは、下水処理水の放流口の下流にあたる利根川下流部です。ここでは、千葉県北総、神崎町、佐原市、小見川広域、東総広域、銚子市の上水用原水が取水されています。これらの地域ではカビ臭、トリハロメタン生成能の上昇などの上水処理障害が生じています(第8図)。霞ヶ浦でも周辺部からの下水の流入などで同様の問題が生じています。

7. 結び

今回の見学で学習し、また自分で考えたことを、以下に列記します。

- ・ 水道水は品質管理されているので安心です。家庭で浄水器をつける必要はないと思われます。もし

浄水器をつける場合は、きちんと定期的に取り替えることと、浄水器を取り付けた蛇口の汚れを、歯ブラシなどできちんと掃除することが重要です。

- ・ 下水処理した水をトイレや散水などに再利用するには、別途、中水道の配管を設置しなければなりません。その初期投資が大きいので、現状では再利用はあまり進んでいません。
- ・ 下水は上水道の使用量に応じて一律に課金されていますが、各家庭に下水の汚れ度を測定する装置を設置して、その汚れの度合いに応じて課金すべきと考えます。
- ・ 味が良いといっている井戸水や湧水に関しては、水質検査をきちんと行われているかどうか確かめることが重要です。
- ・ 水質保全に関しては、国、県、市町村がそれぞれ責任を持って対応していますが、地元の環境保護団体も多大な貢献をしています。
- ・ 水質改善のために葦原、アサザなどの水生植物の復元が図られていますが、エストロゲンをはじめとする微量汚染対策や熱汚染への対応も必要かと思われます。
- ・ 水道水の製造や下水処理には多くのお金と時間を費やしています。より安全な水をより安く入手するためには、地域住民の水質浄化への取り組みが前提となります。

文 献

浅見真理 (2005) : 都市の水道と衛生管理. 第14回日本水環境学会市民セミナー「都市生活と水 -快適さの舞台裏-」講演資料集, (社)日本水環境学会, 1-22.

茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所 (2006) : 霞ヶ浦 湖北流域下水道の概況. 25P.

茨城県企業局ホームページ:
<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/kigyou/>

茨城県企業局県南水道事務所: 霞ヶ浦の水工場へようこそ. リーフレット.

茨城県生活環境部環境対策課: 泳げる霞ヶ浦を目指して. リーフレット.

茨城県利根流域下水道事務所のホームページ:
<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/doboku/01class/class35/gaiyou/gaiyou.htm>

国土交通省のホームページ:
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040422_.html

TAMANYU Shirou (2008) : How does a water supply been performed, and a sewerage managed? - example of Kasumigaura -.

<受付: 2007年8月2日>