

地下水砒素濃度分布図

平成12年3月

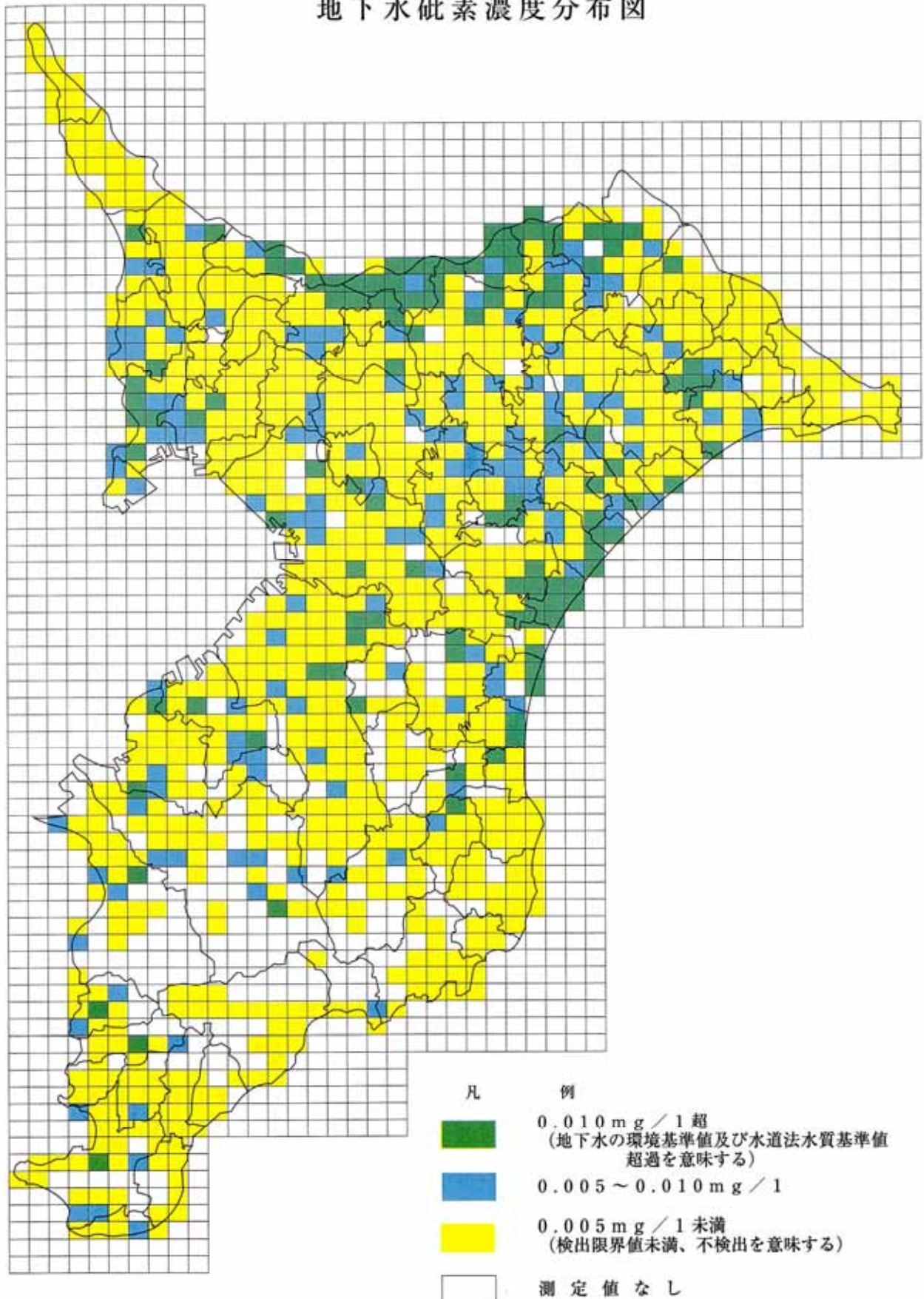
千葉県地下水汚染対策連絡会

砒素含有地下水に係る調査対策部会

目 次

地下水砒素濃度分布図-----	1
地下水砒素濃度分布図の見方-----	2
地下水砒素濃度分布図参考資料-----	3

地下水砒素濃度分布図



地下水砒素濃度分布図の見方

この分布図をみる場合には以下の点に注意してください。

- (1) この分布図は、平成元年度から平成10年度までに県および市町村で実施された地下水調査の結果から、各メッシュ（2 km×2 km）ごとに砒素濃度の最高値を濃度範囲別に表したものです。

また、調査井戸の井戸深度等を無視し、単に砒素の濃度レベルの分布状況を表したものです。したがって、個々のメッシュの濃度レベルを絶対視しないでください。

- (2) 各メッシュ毎のデータ数は一様ではなく、1メッシュ1件の場合もあります。調査井戸が1本でも砒素が検出されれば色付けされています。

- (3) 地下水は、さまざまな深度の地層に貯留し、その水質は地層の状況によって変わります。同じ地層内の地下水でも深さや時期等によって含む物質の濃度は変化します。

ここでは、各メッシュ内の井戸の地下水中の最高砒素濃度を表しておりますが、同じメッシュ内の他の井戸では深さや濃度は異なり一様ではありません。

- (4) なお、地下水から砒素が検出されることについては、これまでの県の調査研究等から、自然界の地層に存在する砒素に由来するものと推定されます。

- (5) 地下水については、人の健康を保護する上で維持することが望ましい基準として砒素等26項目について環境基準が定められており、この砒素の基準は水道水の水質基準やWHO（世界保健機構）の飲料水ガイドライン値と同一の値（0.01mg/l以下）です。この値は生涯にわたって飲用したとしても人の健康に影響を生じさせない濃度とされています。

地下水砒素濃度分布圖參考資料

目 次

1	分布図作成の経緯	5
2	砒素及びその毒性について	6
3	環境基準を超える砒素を含む地下水の事例	6
	(1) 人為的な汚染事例	6
	(2) 自然由来の事例	6
	ア 他県の事例	6
	イ 千葉県の実例	7
	(3) 地下水水質測定計画に基づく測定事例及び解説	7
4	対応策	9
5	参考資料1 他県の事例の紹介	13
	(1) 福岡県の実例	13
	(2) 大阪府の実例	13
6	参考資料2 千葉県の地下水	15
7	参考文献	19

1 分布図作成の経緯

千葉県は、昭和 59 年に、地下水汚染対策に関し庁内関連部局間の連絡調整を図り、地下水汚染に関する総合的な対策を推進するために、地下水汚染対策連絡会を設置しました。

地下水質の評価については、国は平成元年に砒素をはじめ重金属類や有機塩素系物質を含む 11 物質による地下水質評価基準を定め、平成 5 年にはジクロロメタン等の項目追加や砒素等の基準の見直しを行いました。その後、平成 11 年には硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素等の項目追加を行い、現在では 26 物質による「地下水の水質汚濁に係る環境基準」によって評価されております。砒素に対する評価基準は、平成 5 年の基準の見直しにより 0.05mg/l から現在の 0.01mg/l となっております。

水質汚濁防止法で都道府県知事による地下水質の常時監視及びその測定計画の作成が平成元年に制度化されて以降、砒素については平成 2 年度から毎年調査を実施しています。その結果、県下の広い地域において地下水の水質環境基準を超過する砒素が確認されました。

県は、総合的な調査対策を進めるために、「地下水汚染対策連絡会」のなかに「砒素含有地下水に係る調査対策部会」を平成 6 年に設置しました。

部会は、地下水から砒素が検出されることや検出濃度が基準を超過することについて原因究明と対策を検討してきました（表 1 参照）。

地下水から砒素が検出されることについては、これまでの県の調査研究等から、自然界の地層に存在する砒素に由来するものと推定されます。そこで県内の地下水の砒素の濃度分布傾向について検討を重ね「地下水砒素濃度分布図」として作成しました。

表 1 砒素含有地下水に係る調査対策部会検討経緯

回	開催日	会議内容
1	07.01.27	○砒素含有地下水に係る調査対策部会の進め方について
2	07.03.14	○砒素含有地下水に係る調査・対策の進め方について
3	08.11.29	○千葉市実施の砒素による「地下水汚染原因究明調査」の結果について ○砒素の検出状況について ○砒素含有地下水原因究明調査中間報告について
4	10.02.17	○地下水汚染確認時の連絡体制について ○佐原市における井戸水の砒素検出に伴う今後の対応について
5	10.03.04	○飲用指導連絡体制マニュアルの改正について ○砒素検出井戸周辺の発生源現地調査結果について
6	10.06.18	○地下水砒素濃度分布マップの作成について
7	10.11.18	○地下水砒素濃度分布マップの作成について
8	11.03.10	○地下水砒素濃度分布マップの作成について
9	11.05.31	○地下水砒素濃度分布マップの作成について
10	11.08.03	○地下水砒素濃度分布マップの作成について
11	12.02.15	○地下水砒素濃度分布マップの作成について

2 砒素及びその毒性について

砒素は、20番目の存在量として地殻中に2～5mg/kg、土壌中には0.1～40mg/kgの濃度で存在します。また、砒素は+5、+3、0、-3価の原子価をとりますが、鉱石中では+3価の原子価をとった形で化合物をつくる場合が多く、土壌中では一般に酸素に触れて徐々に酸化されて+5価の化合物として存在しています。さらに、自然界でもメチル化反応が起って有機体の砒素化合物も存在しています。

砒素は、医薬品、ガラス製造、防腐剤、農薬（殺虫剤、除草剤）、塗料、半導体、レンズなどに利用されています。原子価の違いや化合物の違いによってその化学的性質を異にするとともに、毒性にも差が生じます。

砒素は、人体内では常成分として存在しており、人体内砒素量は14～21mgで生体内元素のうちでは12番目の存在量を占めるとされています。ただし、砒素が人体にとって必須元素であるかどうかについては不明です。

一方、砒素の人体への摂取経路としては、大気、水、食品がありますが、ほとんどは食品を通じたものです。海産の無脊椎動物あるいは海藻類は砒素含有量が高い傾向にあります。

砒素の毒性は、化学形態によって異なり、三酸化砒素（亜砒酸）の毒性がもっとも強く、単体の毒性はさらに低く、有機態砒素はほとんど毒性を示さないとされています。毒性には急性毒性と慢性毒性があり、前者では食物や飲料水に混入して亜砒酸を大量に経口的に摂取すると数時間後に、胃痙攣・ニンニク臭・嘔吐・コレラ様下痢・嚥下困難などの症状が出てきて、死にいたる場合もあります。慢性中毒は、亜砒酸を含む地下水の飲用や金属（銅・鉛・亜鉛などに砒素が含まれている）精錬の際に発生する砒素の粉塵を吸入することによって生じます。慢性中毒の症状は、脱力、食欲不振、嘔吐、上気道粘膜の刺激、鼻中隔穿孔、メラニン沈着、皮膚角化等があります。また、遅発症状として内臓癌・皮膚癌などを生ずる場合もみられます。

砒素に係る地下水の環境基準は0.01mg/lですが、これは、水道法の水質基準やWHO（世界保健機構）の飲料水水質ガイドライン値と同じ値です。ガイドライン値は、健康に影響を及ぼす可能性のある物質に対して設定されたものであり、生涯にわたって消費したとしても人の健康にいかなるリスクも生じさせない汚染物質の濃度です。

3 環境基準を超える砒素を含む地下水の事例

（1）人為的な汚染事例

人為的な要因に起因する砒素による地下水・土壌汚染の事例は、新潟県中条町（堀田，1995）や宮崎県土呂久鉱山（常俊，1987）の例があります。前者は、亜砒酸とイオウを混合して皮膚病薬・殺虫剤・防腐剤を製造する工程の廃液を地下浸透したことによって生じ、後者は鉱石の焼き殻を河川に投棄したり廃石を川岸に野積みしたことによって生じました。また、最近明らかになった事例として、大阪市淀川区の工場跡地で14mg/lの砒素汚染が確認され、この原因は塗料の成分であるそれが漏れたことによると推定されています（北井，1999）。

（2）自然由来の事例

ア 他県の事例

これについては、大阪府高槻市の地下水（西川ほか，1997；殿界・三田村，1998）、福岡県南地域の地下水（山口・島田，1996）、熊本県南部の地下水（熊本県，1993）、福井県西部の地下水（加藤・持田，1992）などに砒素が含まれることが知られています。

イ 千葉県の事例

(ア) 佐原市の事例

(佐原市井戸水砒素汚染原因に関する調査研究報告書 昭和 46 年及び 58 年 佐原市)

昭和 45 年並びに昭和 58 年に、佐原市内保育園等の地下水から基準を超過する砒素が検出されました。これを契機として市が地下水の水質検査を行ったところ、水道法の水質基準 0.05mg/l を超える砒素が検出される井戸が多数みられたことから、住民等の健康診断のほか、学識経験者による原因究明の調査が行われました。調査は、工場排水、砒素系農薬、自然含有について検討が行われました。結果の概要としては以下のとおりです。

- ・ 砒素含有井戸周辺には砒素を排出する工場はないことから、工場排水による砒素の影響とは考えられない。
- ・ 砒素系農薬を使用した地区での井戸水調査では、砒素は検出されていないこと等から農薬の影響とは考えられない。

これらのことから、人工的な汚染ではなく自然的な汚染と推定されています。

なお、昭和 45 年の調査では、砒素を含む地下水と含まない地下水を比較したところ、次のような特徴を指摘しています。砒素を含む地下水は硬度が低く(少なく)、ややアルカリ性であり、鉄の含有量とは正の相関をもっている。また、過マンガン酸カリウム消費量の高い水であることから第一鉄塩のほか有機物質も含有されている可能性がある。

また、ある程度深い深度の地下水に砒素が含有されている。

(イ) 千葉市の事例

(地下水汚染機構解明調査報告書概要版(愛生・大井戸地区砒素汚染調査)平成 8 年 8 月 千葉市環境衛生局環境部水質保全課)

平成 5 年度及び 6 年度の地下水調査で、4 町において基準を超える砒素を含む地下水が検出されたことから、学識経験者で構成される「地下水汚染調査対策検討委員会」の指導のもと原因究明調査が実施されました。結果の概要は以下のとおりです。

原因究明調査では、超過地区のうち 2 地区を選定し、既存井戸調査、ポ - リング調査、水質・土壌調査、文献調査等が実施されています。

- ・ 地層中の砒素含有量は 1.0 ~ 28.5mg/kg で一般環境濃度と比べ特に高い値ではない。
- ・ 土壌の溶出試験からは砒素は検出されていない。また、農薬は一般的に土壌中でよく移動するものでも地表約 30cm 程度しか浸透しにくいとされることから農薬原因による汚染とは考えにくい。
- ・ 地下水中の砒素の検出深度等から、表層からの汚染とは考えにくい。
- ・ 工場排水については、土地利用や工場排水関連物質の調査等から、工場排水による汚染とは考えられない。
- ・ 砒素濃度が高い既存井戸は比較的 pH が高く、また深度が深いほど還元状態にあることから、砒素が地層から溶け出しやすい状況にある。

以上のことから、砒素汚染の原因は地層・地質に由来した自然要因によるものと推定される。

(3) 地下水水質測定計画に基づく測定事例及び解説

県では、水質汚濁防止法に基づき、地下水水質測定計画を定め概況調査等を実施していますが、砒素については平成 2 年度から測定を実施しています。

この概況調査において、過去東金市、栄町、干潟町、印旛村等で環境基準を超過する事例が多数みられます（表2参照）。

表2 概況調査での基準超過事例（単位 mg/l）

(平成5年度)		(平成8年度)	
栄町安食	0.031	九十九里町片貝	0.033
東金市中野	0.019	本埜村甚兵衛	0.030
干潟町万力	0.015	流山市小屋	0.026
千葉市美浜区新港	0.013	白子町古所	0.023
(平成6年度)		長生村一松丙	0.014
神崎町小松	0.034	船橋市夏見	0.013
大網白里町四天木乙	0.026	木更津市中野	0.011
茂原市法目	0.022	蓮沼村八	0.011
横芝町鳥喰新田	0.022	(平成9年度)	
野栄町野手	0.021	栄町曾根	0.031
夷隅町須賀谷	0.018	鋸南町中佐久間	0.022
市川市稲荷木	0.015	干潟町秋田	0.019
市川市湊新田	0.014	柏市布施下	0.014
成東町井之内	0.013	旭市新町	0.012
富山町平久里下	0.012	船橋市高根町	0.011
千葉市若葉区大井戸町	0.011	成田市南羽鳥	0.011
成田市北須賀	0.011	横芝町牛熊	0.011
九十九里町不動堂	0.011	(平成10年度)	
(平成7年度)		睦沢町下之郷	0.16
市川市市川南	0.035	松戸市新松戸	0.041
白子町牛込	0.023	東金市大沼	0.034
旭市中谷里	0.019	印旛村山田	0.012
九十九里町作田	0.015	佐原市佐原	0.011
蓮沼村平	0.014	東金市幸田	0.011
長柄町刑部	0.014		
千葉市緑区誉田町	0.012		
光町小川台	0.012		
東金市砂古瀬	0.011		
長生村一松字砂畑	0.011		

県は、環境基準超過の事例があるごとに基準超過井戸周辺の現地調査等を実施し、特定事業場やそれ以外の砒素を扱う事業場、廃棄物処分場、不法投棄の有無、砒素農薬の使用の有無等を調査していますが、調査の結果、人為的な発生源は認められておりません。

これまでにわかっていることは以下のとおりですが、地下水から砒素が検出されることについては、自然界の地層に存在する砒素に由来するものと推定されます。

ア 地下水中の砒素の分布

「地下水の水質測定結果」（環境部：1991～1995年）をもとに分布図（図1）が作成されています（佐藤ほか，1997）が、これによれば、地下水中の砒素濃度が基準値を超える井戸の大半が沖積低地（特に、九十九里平野、利根川流域、江戸川流域）に位置しており、台地上に位置する井戸では基準値を超えるものはほとんどみられません。

このことから、沖積低地の地下に分布する沖積層が地下水中の砒素の由来に関わっていると考えられます。

イ 地層の砒素含有量

房総半島の東京湾岸地域におけるボーリング試料の化学分析結果（東関東圏有害地質調査チーム，1998）によれば、地層中の砒素含有量は、上総層群で4～16mg/kg、下総層群下部で6～14mg/kg、下総層群上部で1～54mg/kgであることが報告されています。いずれの地層においても、分析値の大半は5～10mg/kgの範囲に入っていますが、下総層群上部では30mg/kgを超えるものがあります。また、利根川低地における沖積層の一部のボーリング試料（図2）では、3～16mg/kgの砒素が分析されています。

図2に利根川低地における地層中の砒素濃度の一例を示します。

ウ 砒素の由来に関する推論

房総半島北部地域では、台地上に位置する井戸のほとんどが下総層群上部の地下水を利用しています。また、沖積低地に位置する井戸は、沖積層あるいは下総層群の地下水を利用しています。ところが、沖積層の砒素濃度は、下総層群に比べてとくに高いわけではありません。このことから、地層中に砒素が含有されていることと、地下水中の砒素濃度が高いことは、ただちに結びつくものではないと考えられます。

地下水中の砒素は、3価（亜砒酸）あるいは5価（砒酸）の形態で存在しており、還元的な雰囲気では3価が優勢になります。3価の砒素は5価のものより地層中を移動しやすいことが知られています（McLeanほか，1993）。

沖積層には有機物を含み還元的な状態のものが多くみられることから、地下水中の高濃度砒素の原因の1つとして、上記のような物理化学的作用が関与している可能性が考えられます。

4 対応策

（1）上水道への転換

（2）浄水器の設置

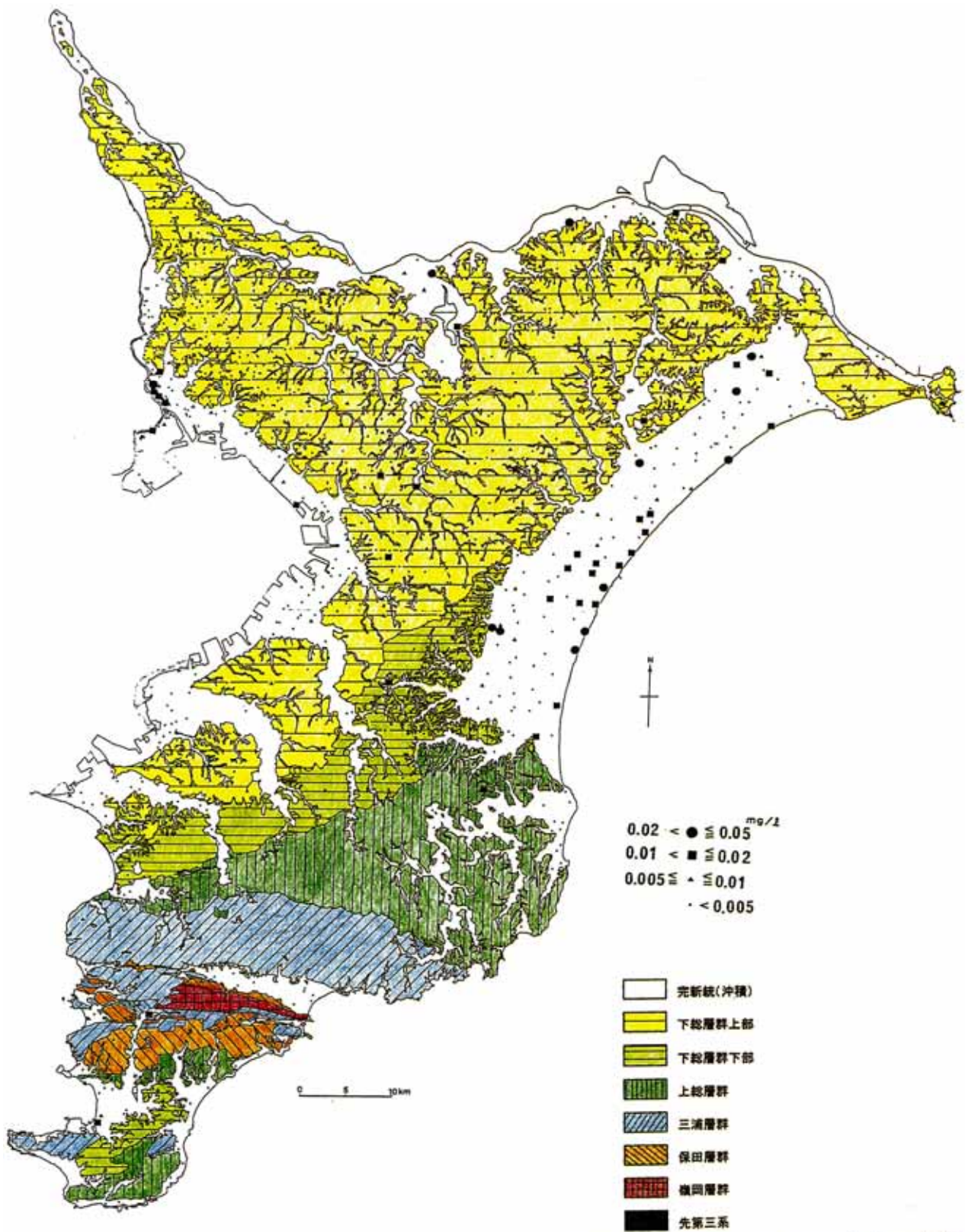
逆浸透膜方式による浄水器により、砒素を除去することができます。

（参考）

造水量	約150l/日
浄水器価格	約22万円
ランニング価格	3万円前後/年

（3）井戸の掘り直し

地域によっては、砒素を含まない地下水を持つ帯水層も存在するものと考えられるので、井戸の掘り直しによって解決できる場合もあります。



「千葉県自然誌 本編2 千葉県の大地」

図 1 地下水中の砒素濃度分布

地層中の砒素濃度 (mg/kg)

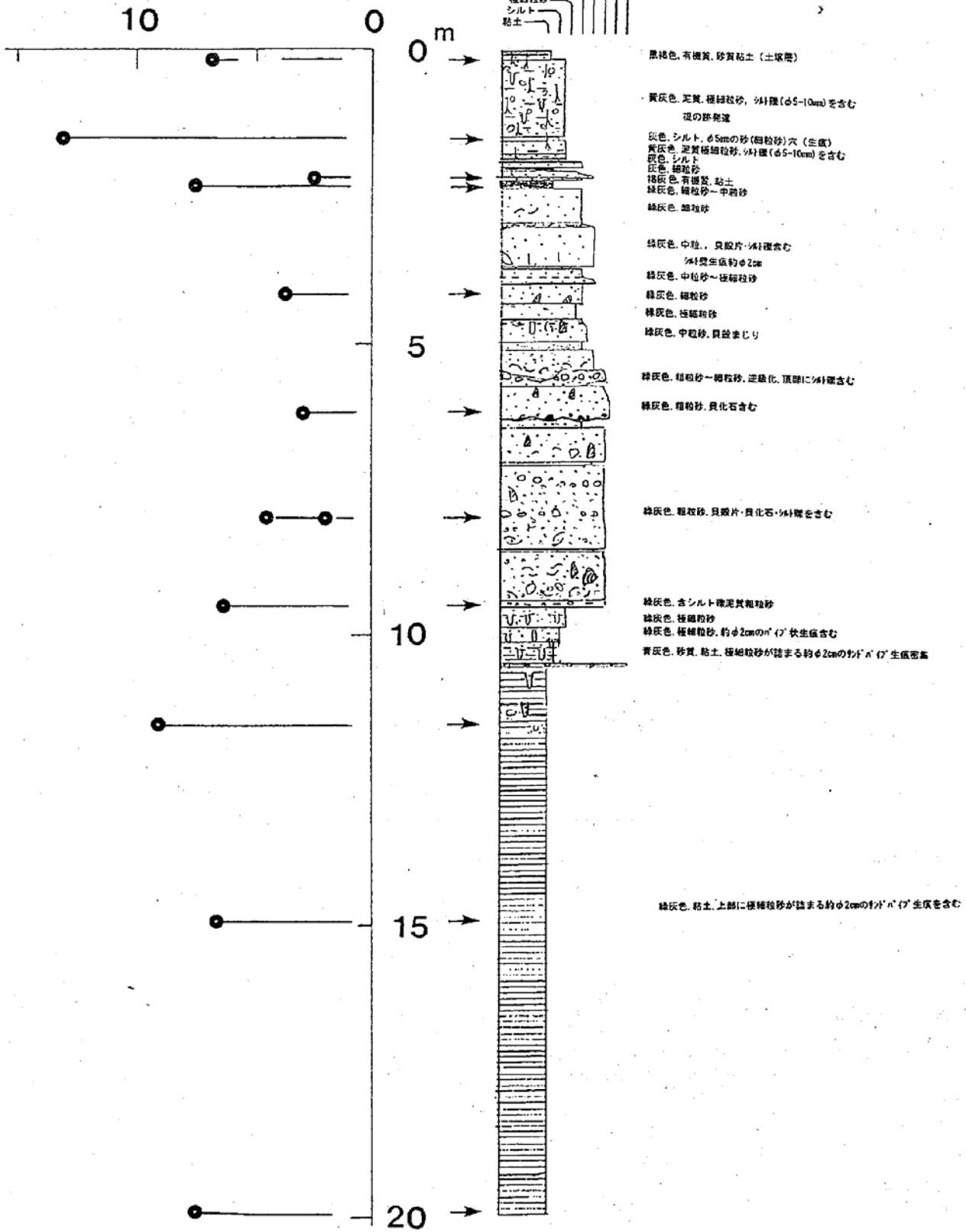


図 2 利根川低地における地層中の砒素濃度の一例

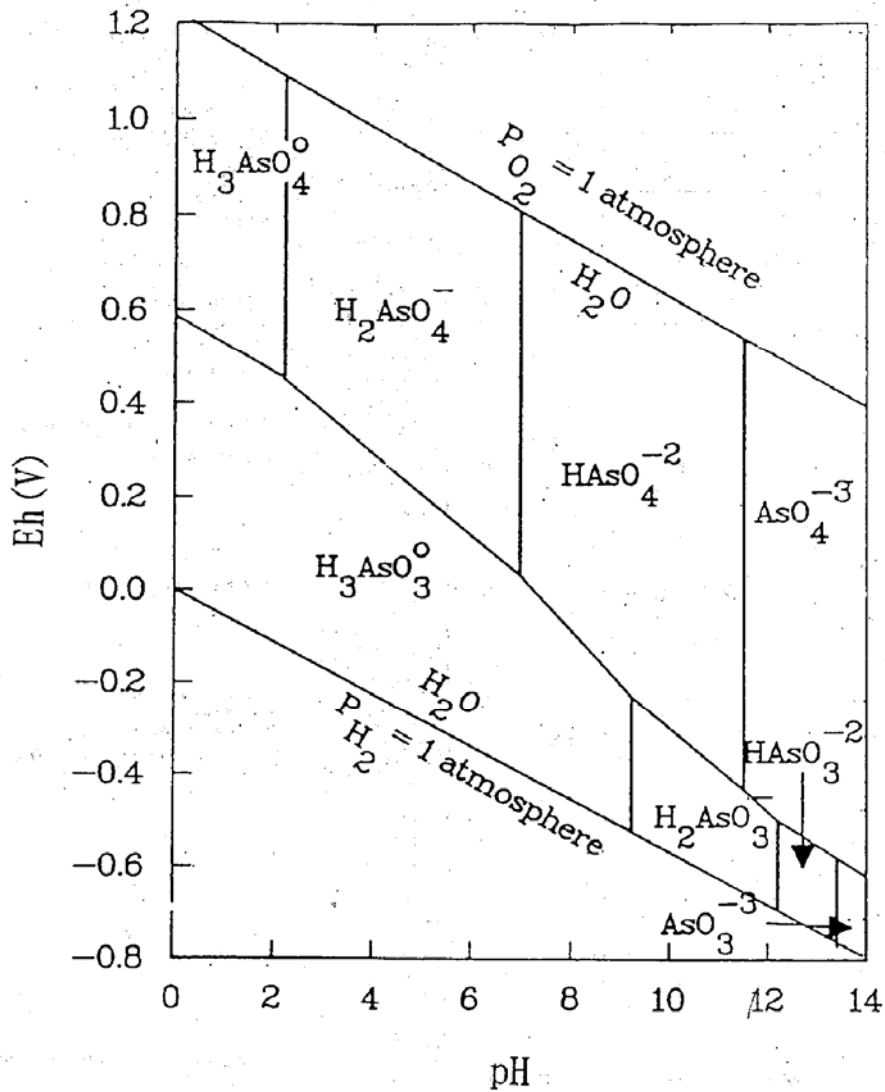


図3 砒素の形態と pH および酸化還元電位 (Eh) の関係 (アレンほか,1988)

水中の砒素の存在形態を示す図です。この図では、上方ほど酸化的(下方ほど還元的)であり、また右側ほどアルカリ性(左側ほど酸性)が強くなります。

砒素は、酸化的な状態では砒酸、還元的な状態では亜砒酸として存在していることがわかります。ただし、pH の違いによりイオン形態が異なっています。

たとえば砒酸の場合、pH が高くなるに従い、砒酸 (H_3AsO_4) \rightarrow 砒酸 2 水素イオン \rightarrow (H_2AsO_4^-) \rightarrow 砒酸水素イオン (HAsO_4^{2-}) \rightarrow 砒酸イオン (AsO_4^{3-}) が優勢となります。

5 参考資料1 他県の事例の紹介

(1) 福岡県の事例

(地下水汚染の対応 - 福岡県県南地域地下水汚染原因調査から - 資源処理技術 Vol.43, No1)

福岡県県南地域では、地下水中の砒素に係る基準が0.01mg/l となってから、平成6年に砒素による地下水汚染が初めて判明しました。その後井戸水の水質検査の実施に伴い汚染地域は県南の7市9町にまで及び、総数11,673の井戸中2,635の井戸(23%)から基準を超える砒素が検出されました。

行政は、次の措置を実施しました。

飲用禁止措置、臨時給水、水道新設の指導

地下水の化学特性調査

県南地域地下水汚染対策連絡会議の新設(県、関係市町)

福岡県南地域地下水汚染原因等検討委員会の設置(専門家)

健康相談窓口の設置

井戸水の水質検査の斡旋

また、県は次の調査を行い地下水汚染原因等検討委員会で検討し、その都度結果を公表しました。

ア 井戸水摂取状況、健康影響調査

対象者の中には砒素暴露に関係した異常所見は、皮膚科的にも、神経学的にも、内科学的にも何等認められなかった。また、これまでに風土的に砒素中毒が発生したという報告はないことが確認されています。

イ 工場等排水調査

すべて検出限界値以下であった。

ウ 砒素農薬の使用状況調査

問題となる使用例はなかった。

エ 温泉中の水質調査

砒素は極めて低濃度もしくは検出限界であった。

オ 地下水中の化学特性、ボ-リング調査等

砒素濃度が高い地下水は、約40m以深の井戸深度が大きい帯水層に分布し、第1~第4帯水層では0.001~0.064mg/lの範囲内であるが、第5、第6帯水層では0.22~0.28mg/lと極めて高い値を示した。同時にその水はやや低い酸化還元電位をもち、中性から弱アルカリ性を示した。また、砒素の形態は無機態が大部分であった。ボ-リング試料では0.8~33mg/kgで砂質土や火山灰土は低い値しかとらないが粘性土は相対的に高い値であった。

今回の調査において、地下水中の砒素は地層自体に極微量含まれている砒素が、停滯性の深層地下水中に自然に溶出してきたものと考えられています。

(2) 大阪府の事例

(大阪府域における地下水の砒素汚染について 第8回砒素汚染シンポジウム講演集)

平成元年度~7年度の地下水質常時監視において、環境基準を超過する砒素がみられたことから、府域の砒素汚染原因究明を図るため「大阪府砒素含有地下水調査検討委員会」を設置し原因等検討されました。このうち北摂地区での調査結果についてまとめられている。

ア 人為的な原因による砒素汚染実態調査

事業場調査に対しするアンケート調査・立入調査、農薬使用調査及び農用地土壌調査並びに鉱山採石跡の坑口排水調査が実施されていますが、特にこれらが原因と考えられるものはなかった。

イ 自然的な原因による砒素汚染実態調査

対象地域の井戸調査、河川調査、土質調査、温泉冷鉱泉の水質調査が実施されています。

井戸調査では、砒素の最高濃度は0.068 mg/l であり、砒素濃度の高い地下水には pH の高いものが多く、pH7.5 付近で 砒素濃度は最大になった。また、砒素濃度と鉄濃度には相関がみられない結果となっている。

河川調査では、不検出～0.003mg/l で問題はない。

土質調査では、土壌含有砒素は2.5～13.4mg/kg で他地域と比べ特に高い値ではないが、溶出試験では0.005～0.033mg/l で環境基準を超過しているものもあった。砒素は土壌より粘土から溶出しやすく、土壌中に含まれる鉄等より溶出しやすいこと、砒素は粒子に吸着し易いためろ過をすると砒素濃度は低下することから、砒素溶出条件が大きく砒素濃度に影響を与えていることがわかった。

温泉冷鉱泉の水質調査では、砒素を検出したものもあったため、砒素検出の原因に鉱泉の存在を無視できない。

ウ 天然における砒素の存在と地下水への溶出メカニズムについて

砒素溶出は帯水層の母岩中にある硫化鉱物が硝酸や溶存酸素により酸化分解され砒酸が生成することによって起こる。砒酸が溶出した後の挙動は地下水の化学的性質によって異なる。pH の領域により異なった溶出メカニズムから地下水中の砒素は大阪層群（洪積世）や丹波層群（中古生代）等の地層の堆積岩を湧出母岩として母岩中の硫化鉱物あるいは砒素含有二次鉱物より帯水層へ溶出したものと考えられる。

これらのことから、砒素の検出は人為的な原因によるものとは考え難く、地質から溶出した自然的な原因によるものと考えられています。

6 参考資料 2 千葉県の地下水

参照資料

図1 千葉県層序表 (日曜の地学 19「千葉県の自然をたずねて」より)

図2 千葉県地質図 (日曜の地学 19「千葉県の自然をたずねて」より)
「大地のやさしい使い方」パンフレット

図1は、層序表で、大地の中はどのような地層がどのような順番で積み重なっているのかを示しています。この表で下に位置するものほど古い地層で地下深くに分布しています。

図2は、図1の層序表に書いてあるそれぞれの地層ないし層群が千葉県の大地の地表のどこに現れているのかを示した分布図です。例えば柏付近の下総台地では、下総層群が分布していることがわかります。また、大多喜の付近では地表付近には上総層群が分布していることがわかります。

次に、「大地のやさしい使い方」パンフレットのなかにある、千葉県の大地を東西(千葉付近～大多喜～九十九里付近を想定)に切ってその中を横から見たおおまかな断面図をみてみます。

千葉県の大地は様々な時代の砂層や泥層がいく重にも重なってできていることがわかります。ここでは、砂層や礫層のところに3種類の色の付いた矢印が書いてあります。これは、地層中を流れている地下水とその水質・流れの速さを示しています。泥層中にも地下水は含まれていますが、泥層を構成する粒子は小さく隙間が極小さいので地下水は極ゆっくりとしか動いていません。地下水が流れているのは、基本的には構成する粒子が大きいため隙間が比較的大きい砂層や礫層です。

地表に降った雨は地層中に染み込み、雨水は地下水となって土壌層や砂層・礫層の隙間を流れつつこされたり地層粒子である鉱物や地層中のバクテリアとの化学反応を通して良質なおいしい地下水へと変わっていきます。

千葉県の大地に含まれる地下水は、大きく3種類に分けられます。一つは青の矢印の真水地下水、一つは紫の矢印のかん水で、これは上総層群が堆積した当時の化石海水と言われている塩水、そしてもう一つが、緑の矢印のちゃ水で、かん水と真水地下水がまじったフミン質なやや塩分を含む地下水です。

真水地下水は、飲料(水道水源も含む。県内では県環境保全条例指定地域内で約70万m³/日を揚水している)、食品製造(醤油・酒・味醂・とうふなどの伝統的食品やビール・ジュース・ミネラルウォーターなどの各種飲料)、農業用水・工業用水などに広く利用されています。

また、ちゃ水やかん水の一部は温泉として利用されています。さらにかん水は、メタンガスや沃素を多く含んでいる世界的にも珍しい地下水で、これらを取り出すために汲み揚げられています。特に沃素は金属資源に乏しい日本において、世界生産の約半分を千葉県が担っています。

一般に真水地下水が含まれている地層は、平野を構成している沖積層と下総台地を構成している下総層群です。下総層群は泥層と厚い砂層とが何回も繰り返し重なってできています。

地下水は、水を通しやすい砂層中を流れています。そしてこのように水を通しやすい層を透水層と呼びます。逆に泥層のように水の通しにくい層を難透水層と呼びます。

地下水の流れ方や水質はこの透水層によって大きく規制されます。すなわち、難透水層の泥層を挟んで一つ上位や一つ下位の透水層は水質も変われば地下水の流れる向きも一般的には異なります。ですから、現在使っている透水層が何らかの原因で汚染されていても

他の透水層はまだ汚染されていないことはしばしばあります。人為的な汚染の場合は、その透水層の汚染を除去している間、他の透水層の地下水を利用することもあります。

一方、上総丘陵では上総層群が広がっています。上総層群中には一般にかん水が地下水として含まれているのですが、上総堀発祥の地の一つといわれている久留里市場などの養老川沿いには、上総層群分布域にもかかわらず多数の真水地下水の井戸が存在します。これは、上総層群が隆起し房総半島を構成する丘陵として地表に露出した時点から、地下水流動が活発化し、加えて雨水が砂層中に染み込んでいきそれまでの化石海水の地下水を洗い流してしまった結果なのです。

こうして、いまでは断面図に書いてあるように、同じ透水層中でも、地表に近いところでは真水地下水が、深部ではかん水がその中間にはちや水が存在しているのです。かん水を利用する側からみれば真水の進入は鉱床破壊となりますが、真水地下水を使う多くの人から見ればこれは自然の地下水の浄化作用といえます。

千葉県地層と化石

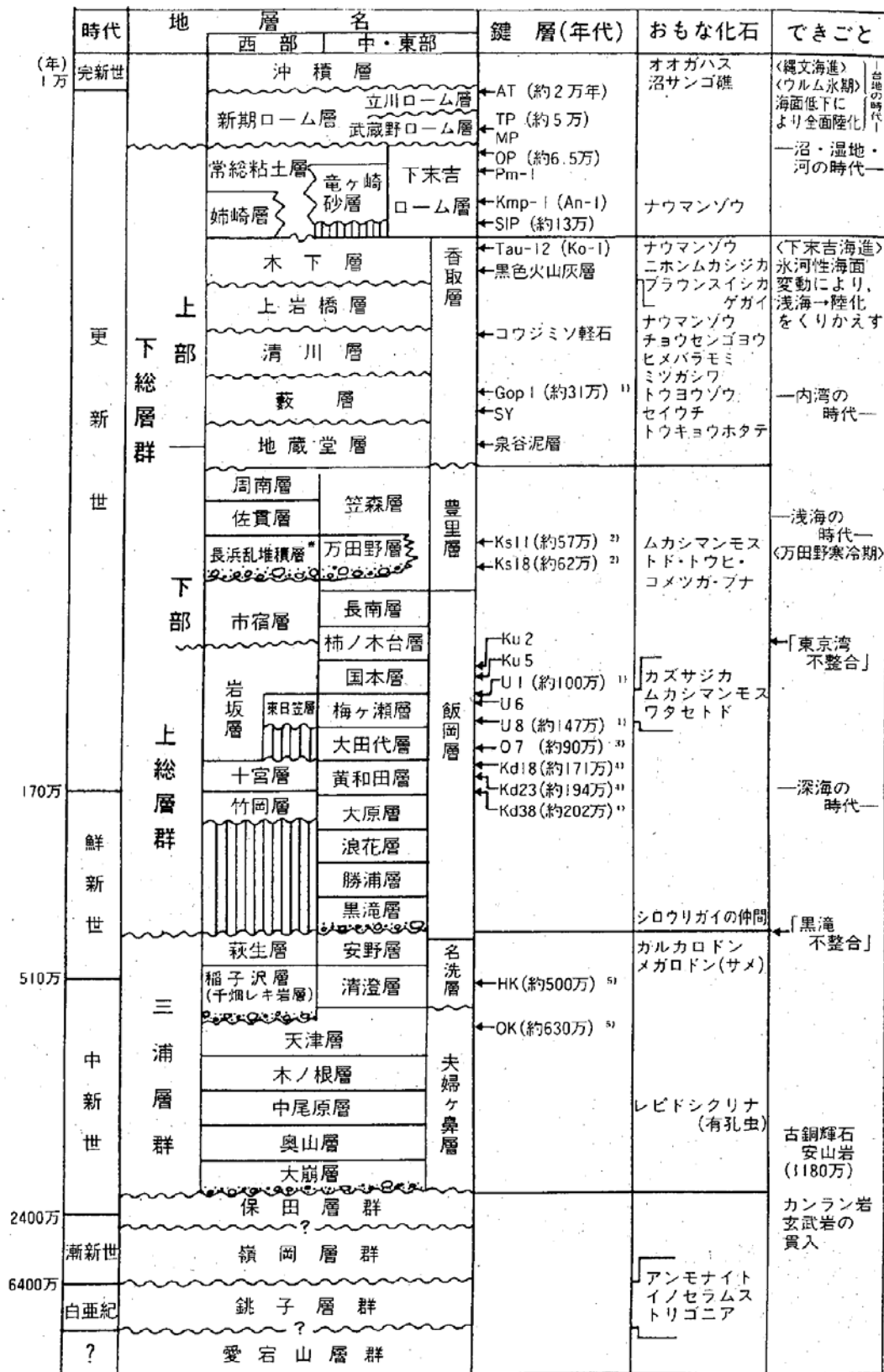


図1 千葉県の地質層序 (地層の積み重なり方)

(築地書館「日曜の地学 19 千葉の自然をたずねて」の層序図を楡井(1981)の層序区分に従い一部改変)

- 1) 鈴木正男・杉原重夫, 1983. 日本第四紀学会講演要旨, 13, 69-70.
- 2) 徳橋秀一・檀原徹・遠藤秀典・磯田邦俊・西村進, 1983. 地調月報, 34, 241-269.
- 3) 原 雄・楡井久, 1991. 日本地質学会講演要旨, 215.
- 4) ———, 1990. 地質学雑誌, 96, 397-400.
- 5) Kasuya, M., 1987. Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd Ser., (Geol), 58, 93-106.
- 6) 巽好幸・石坂恭一, 1979. 地質学雑誌, 85, 538-585.

7 参考文献

- 堀田宣之, 1995: 東アジアの砒素汚染. 環境と公害, 25, 58-62.
- 常俊義三, 1987: ヒ素による健康影響とその後. 公衆衛生, 15, 530-537.
- 北井 弘, 1999: 大阪市企業からの「任意提供情報」を公開し、土壌汚染に迅速対応, 農, 18(15), 50-51,
- 殿界和夫・三田村宗樹, 1998: 湧水・地下水中のヒ素と地質影響 - 大阪府北部の湧水・地下水中のヒ素とその起源 - . 砒素をめぐる環境問題. (湊秀雄監修・日本地質学会環境地質研究委員会編), 東海大学出版会, 63-94.
- 島田允堯, 1998: 砒素含有地下水の地質環境. 砒素をめぐる環境問題. (湊秀雄監修・日本地質学会環境地質研究委員会編), 東海大学出版会, 95-116.
- 熊本県, 1993: 熊本県環境白書. 513-522.
- 加藤賢二・持田壮一, 1992: 地下水からのヒ素検出事例について. 福井県環境センター年報, 21, 101-103.
- 山口哲司・島田允堯, 1996: 地下水汚染の対応 - 福岡県県南地域地下水汚染原因調査から - . 資源処理技術, 43, 17-22.
- 佐原市, : 佐原市井戸水砒素汚染原因に関する調査研究報告書昭和 46 年、58 年.
- 西川 都・鶴巻道二・益田晴恵・殿界和夫・井上誠一, 1997: 大阪府域における地下水の砒素汚染について. 第 8 回ヒ素シンポジウム講演集, 32-33
- 千葉市環境衛生局環境部水質保全課, 1996: 地下水汚染機構解明調査報告書(概要版) 愛生・大井戸地区砒素汚染調査 8 年 8 月.
- 東関東圏有害地質調査チーム, 1998: 古関東海盆における砒素の分布. 砒素をめぐる環境問題, 湊秀雄監修, 東海大学出版会, 171-195.
- McLean, J.E. and Bledsoe, B.E., 1993: Behavior of metals in soils. EPA Ground Water Issue, EPA/540/S-92/018.
- 佐藤賢司・熱田みどり・風岡 修・森崎正昭・楠田 隆・古野邦雄・酒井 豊・香村一夫・香川 淳・楡井 久, 1997: 房総半島における地下水中のヒ素の分布. 第 7 回環境地質学シンポジウム論文集, 219 - 222.
- Welch, A.H., Lico, M.S. and Hughes, J.L., 1988: Arsenic in groundwater of the western United States. Ground Water, Vol. 26, No. 3, p. 333-347.

地下水砒素濃度分布図

発行 平成12年3月

千葉県地下水汚染対策連絡会

砒素含有地下水に係る調査対策部会

照会先 〒260-8667 千葉市中央区市場町1番1号

千葉県環境部水質保全課地下水汚染対策室

電話 043-223-3826