

有機塩素系化合物による地下水汚染と水循環

Pollution by Organic Chloride Compounds in Groundwater Circulation

長瀬 和雄[1]

Kazuo Nagase[1]

[1] 長瀬技術士事務所

[1] NAGASE Hydrogeologic Office

トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンなどの有機塩素化合物による地下水汚染は社会問題となって久しい。この汚染問題の対応について各自治体でかなり大きな差が生じている。遅れているところは表面的には地下水が直接目に見えないということで、実質的には対策に多額の費用がかかるという理由による。ここでは地下水汚染を水循環の過程で捕らえ、地下水の汚染機構について明らかにした上で(図)、汚染の放置の危険性についてデータで論じる。

有機塩素化合物は大変便利な溶剤として1960年代以降、自動車やIT関連の大工場から町のクリーニング店に至るまで広く、また大量に使用された。その後、これ等の化学物質に発ガン性が指摘され、米国カリフォルニア州シリコンバレーのトリクロロエチレンによる水道水の汚染を出発点として、環境への汚染が社会問題となった。

有機塩素化合物は例えばトリクロロエチレンを例にとると分子量は131.4、比重は1.5と重たく、蒸気圧は47.3で水の3倍の大きさを持ち、溶解度は1,100mg/lと溶けにくく、粘性係数は 0.56×10^{-3} Pa·sで水の約半分と小さく、表面張力は0.03N/mで水に比べると半分以下などの物理的性質を示す。地下においては浸透しやすく、不飽和帯では原液は樹枝状に浸透し、気化してガスになりやすい。水には溶けにくいので汚染源の近くの地下水では原液の塊として長い時間存在する。

テトラクロロエチレン C_2Cl_4 は嫌気性の条件下では塩素を一つずつ減らす脱ハロゲン化反応によって、トリクロロエチレン HC_2Cl_3 を経て、さらにジクロロエチレン $H_2C_2Cl_2$ など毒性の高い化合物に変わる。地下水中で分解される有機塩素化合物の量はわずかなため、地下においては10年、20年の時間のスケールでは原液がそのまま維持される場合が多い。

地下水の涵養地域(山地、丘陵、扇状地の扇頂部など)では降雨が地下に深く浸透して地下水となり、流出地域(平野、扇状地の扇端部など)では地下水は地表に湧出して、水循環の一部を担っている。生活用水が得られやすい湧出地域では前歴史時代から集落が開かれ、現在では市街地となっているところが多い。これに対し丘陵地等の地下水涵養地域は畑地として利用され、20世紀の後半に高度経済成長の波に乗ってここに多くの工場等の事業所が建設された。

有機塩素化合物は事業所の貯蔵タンクや洗浄槽から大量に漏れると土壌からさらにその下方のローム層、砂層、礫層などの地層に浸透し、やがて地下水面に達し地下水汚染を引き起こす。そこが湧出地域にあたると地下水の流れが地下から地表へ向かうため、地下水汚染は湧水の汚染として目立ちやすいが、涵養地の汚染に比べ、時間を経ても、さほど深刻な事態にいたらない。それに対し、涵養地域では地下水の流れが浅層から深層に向かうため、時間が経つに従って汚染は深く広く広がるが、地表では汚染が目立たず、放置されているところがおおい。

これまでの有機塩素化合物の大量な使用量に対し、例えばトリクロロエチレン30ppb、テトラクロロエチレン10ppbとい環境基準値が示すように、微量な濃度が問題にされる。1kgのテトラクロロエチレンは10万トンの環境基準値を超える汚染した地下水を作り出す計算になる。

これまでの調査を振り返ると、これらの化学物質が広範にわたり、いろいろな現場で使用されていたということもあって、大部分の汚染現場では周辺の地下水が環境基準値以上に汚染されていても、汚染の原因となっている汚染源の汚染物質の量は少ないところが多い。汚染物質の総量の把握は非常に難しいが、多くの地下水汚染現場の調査結果によると汚染物質を意図的に地下に投棄するなどしていないところが多いので、汚染物質の総量は少量の汚染現場が圧倒的におおい。地下水の流動が緩慢ということもあって、汚染源を取り除かない限り、自然に放置して溶出を待っているだけでは環境基準値以下にならないばかりか、さらに毒性の高い化合物が生まれる。

涵養地域においては、地下水の流れ、汚染状況を明らかにした上で、一刻も早い浄化対策が必要とされる。

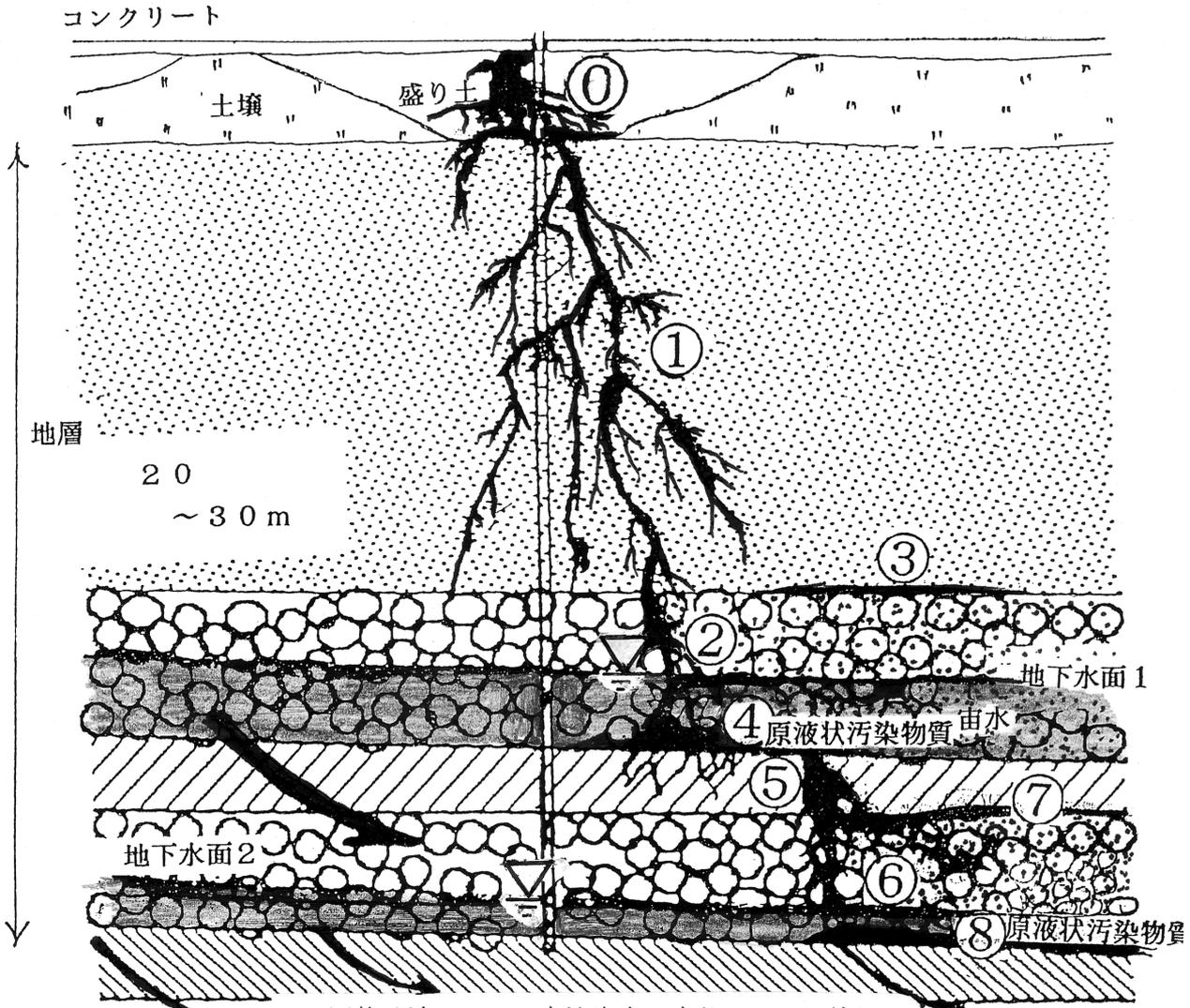


図 涵養地域における有機塩素化合物による汚染機構

(長瀬ほか1995に加筆)

①～⑧：土壌、地層、地下水の汚染濃度が高くなっているところ