

海外動向

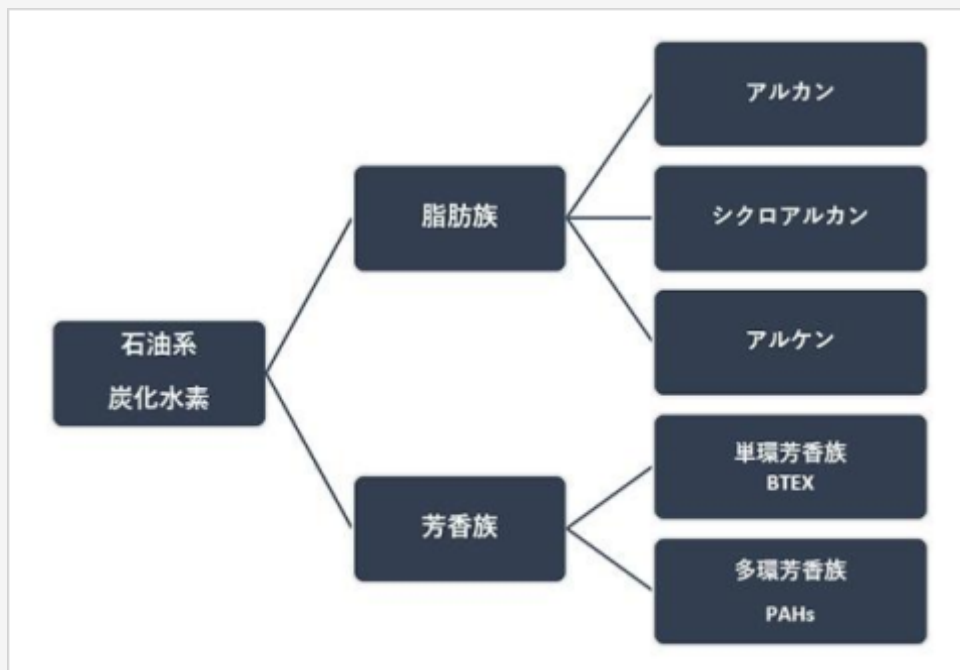
世界は石油系炭化水素を
どう扱っているのか？

BioRangers

1.はじめに一石油系炭化水素とは一

石油系炭化水素(PHs)による土壌や水域への汚染は、世界的に深刻な問題とされている。石油系炭化水素とは、炭素と水素から成る石油系の物質を指し、図-1のように分類できる。

図-1



諸外国では、石油系炭化水素が持つ毒性、変異原性、発がん性等により、石油系炭化水素を汚染物質として扱っているが、日本の環境に関連する法律では、石油系炭化水素の中で規制されているのはベンゼンのみである。日本国内では「油汚染」に関する研究、専門書籍は非常に少ない。今回は、海外の書籍、実際の案件等から得た知見等を紹介する。

2.石油系炭化水素による影響

石油系炭化水素は、植生や食物連鎖によって人体に蓄積され、潜在的な健康リスクを引き起こす可能性がある。原油の留分を起源とする軽油、ガソリン、潤滑油等、何百ものPHsから成る全石油系炭化水素(TPHs)には、毒性、変異原性、発がん性が高い物質が含まれており、その毒性は、分子量が大きくなるにつれて高くなる。⁽¹⁾

石油系炭化水素がヒトに与える影響⁽¹⁾

ヒトが石油製品や石油系炭化水素に暴露した場合、次のような健康被害が挙げられている。

- 造血、肝臓、腎臓、肺の異常
- 認知機能の変化
- 心理的問題
- 生殖系および呼吸器系の障害
- 癌

ベンゼンは、ヒトの白血病の原因物質として同定されている。また、米国EPA(環境保護庁)は、ベンゾ(a)アントラセン、ベンゾ(a)ピレン、ベンゾ(b)フルオランテン、ベンゾ(k)フルオランテン、クリセン、ジベンゾ(a,h)アントラセン、インデノ(1,2,3,-cd)ピレンの7つのPAHsについて、ヒトに対しておそらく発がん性がある物質として分類している。

石油系炭化水素が生態系に与える影響⁽¹⁾

汚染の原因となる成分には鉱物油、多環芳香族炭化水素(PAHs)、揮発性芳香族炭化水素(BTEX;ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン)があり、これらすべての化合物は生態系を破壊する結果をもたらす恐れがあるとされている。

生物に対する毒性は、「物質が持つ水への溶解度」と「生物学的利用率」に起因する。

親水性の石油系炭化水素は、疎水性の石油系炭化水素や、結合した石油系炭化水素よりも生物学的利用能が高く、生物と接触しやすい。生物に吸着／吸収され、生物内の特定の部位や受容体と相互作用することで、亜致死(死亡に至らない影響、病変の発生、発達障害、分子機能の変化、摂食・繁殖における行動の変化等)、致死を引き起こす。

一方、生物学的利用能がない石油系炭化水素や、疎水性の石油系炭化水素であっても、微粒子や堆積物に吸着されると、底生生物(無脊椎動物、魚、孵化した魚卵等)にとって生物学的利用能を持つようになる。

3.諸外国の石油系炭化水素に関する規制

諸外国において、石油製品に由来する物質は規制がなされており、TPH(全石油系炭化水素)は当然ながら、BTEX(ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン)やPAHs(多環芳香族炭化水素)にまで、基準値が設けられている。しかし、日本においては、「油汚染対策ガイドライン」が制定されているものの、主には油臭・油膜を問題とした、人の生活環境に対する内容であって、TPHやPAHsに関しての基準値は設けられていない。(ベンゼンについては「土壤汚染対策法」で規制されているが、トルエン、エチルベンゼン、キシレンは対象外。)

米国、カナダ、ニュージーランド、オランダ、オーストラリア等の国々では、石油系炭化水素による汚染サイトの適切な評価と管理を重要な問題とし、表-1のように規制がなされている。

表-1

規制物質		カナダ	ニュージーランド	オランダ	米国	オーストラリア	中国	台湾	日本
TPH	TPH	炭素数毎に規制	炭素数毎に規制	炭素数毎に規制	炭素数毎に規制	炭素数毎に規制	○	○	
	ベンゼン	○	○		○	○	○	○	○
	トルエン	○	○		○	○	○	○	
	エチルベンゼン	○	○		○	○	○	○	
	キシレン	○	○		○	○	○	○	
PAHs	アセナフテン	○							
	アセナフチレン	○							
	アントラセン	○							
	ベンゾ(a)アントラセン	○					○		
	ベンゾ(b)フルオランテン						○		
	ベンゾ(b+j)フルオランテン	○							
	ベンゾ(k)フルオランテン	○					○		
	ベンゾ(g,h,i)ピレン	○							
	ベンゾ(a)ピレン	○	○		各州毎に制定	○	○		
	クリセン	○					○		
	ジベンゾ(a,h)アントラセン	○					○		
	フルオランテン								
	フルオレン								
	インデノ(1,2,3-cd)ピレン	○					○		
	ナフタレン	○	○			○	○	○	
	フェナントレン	○							
	ピレン	○	○						
	トータルPAHs					○			

○：規制されている物質

Springer社発行『Total Petroleum Hydrocarbons: Environmental Fate, Toxicity, and Remediation』の中で、筆者らは、「米国、英国、ニュージーランド、オーストラリア、オランダの規制枠組みに基づき、中国、インド、日本、韓国などの発展途上国におけるTPHs汚染サイトに関する新しい政策や規制枠組みを作ることが可能である」(1)と述べている。しかし、中国は2019年1月に「土壤污染防治法」を施行しており、表-1の通り、欧米諸国に劣らないような規制枠組みを作っている。

4.中国、クウェートにおける事例

弊社はこれまでに、中国、台湾をはじめとした海外においても、石油系炭化水素による土壌・地下水、海洋汚染の浄化に現地企業と取り組んでおり、今回は中国、クウェートからの引き合いを事例として紹介する。

中国

吉林省農業科学院農業資源環境研究所との共同研究を検討していた頃の話である。

東北地域の黒土地帯は世界三大黒土地帯の一つで、有機物含有量が多く、肥沃な土壌に恵まれ、植物の生長に非常に適している。吉林省は黒土地帯の中心地域に位置し、中国における重要な食糧生産基地である。黒土地帯の食糧生産量は全国の約4分の1を占め、希少な自然資源である黒土を保護し、国の食糧の安全を保障するため、中国は「耕地の中のジャイアントパンダ」である中国東北部の黒土保護プロジェクトの実施と保護・修復の強化を、第14次五カ年計画と2035年ビジョンの概要で明確に打ち出している。

同時に、世界第6位の産油国である中国は、大慶油田、勝利油田、遼河油田などの油田を抱え、油田周辺には多くの農地があり、石油汚染土壌が多く存在する。規模は小さいものの吉林油田も同様で、石油資源の開発に伴い、土壌汚染の問題がクローズアップされている。油田採掘の際に発生する陸揚げ原油、オイルスラッジ、採油廃棄物が堆積し、周辺の黒土に深刻な脅威を与え、持続可能な農業の発展に深刻な影響が及んでいる。

設定したTPHの浄化基準値は800(826)mg/kg、これは「建設用地土壌汚染リスクコントロール標準」からの数値であるが、農用地の基準値は500mg/kgであった。浄化基準値の設定は、ヒトの健康と生態系等のリスク評価によって決定される。

そして、日本の土壌汚染対象物質が26項目に対して、中国は85項目、分析方法も、日本が主に溶出量であるのに対して、中国は含有量である。

クウェート

1990～1991の湾岸危機で油井が破壊され、114km²に及ぶ甚大な被害を受けた。被災した油井から原油が噴出し、巨大な油湖が形成されたのである。

2005年国連補償委員会(UNCC)は環境修復工事の技術的、財政的進捗を監視するためのフォローアッププログラム策定のガイドラインとして資金を供与した。そして、クウェート環境修復プログラム(KERP)のもと、推定2,600万m³の油汚染土壌の修復がUNCCによって承認された。

湾岸戦争から30年経った2021年、世界最大規模の浄化プロジェクトがようやく発注された。南北クウェートの5プロジェクトで1,300万m³の油汚染土壌の浄化プロジェクトである。さらに今後は南クウェートの3プロジェクトで835万m³の油汚染土壌の浄化プロジェクトが発注される予定である。

特筆すべきは以下の3点である。

1. ヘキサン抽出物質による全石油系炭化水素(TPH)濃度によって浄化技術を選択する

1%～≤5%: バイオレメディエーション

5%～≤7%: バイオレメディエーション+その他の技術(土壌洗浄、化学、溶剤抽出等)

7%～≤10%: その他の技術(土壌洗浄、化学、溶剤抽出等)

10%<: 未処理(安定化、回収、再利用、埋立)

2. 緑化と生態系の環境修復プロジェクトと抱き合わせである

南北クウェートの油田に低木、草、木の在来種を移植し、湾岸戦争前の状態に戻すことを目的としている。選ばれた種は、生態学的に最も重要であり、クウェートの自然生態系を支配するものである。植栽期間は毎年9月～3月で、3年間で860万本以上の植栽が行われる予定である。

3. 浄化基準値を5%からTPH1.0%へ

環境規制当局であるクウェート環境公社(KEPA)は当初、油汚染土壌の浄化基準値(RTC)を予防的にTPH0.5%に設定したが、砂漠の中の油田地帯であること、それでも、ヒトの健康や生態系への影響を考慮し

たリスク評価を実施、油田に存在する生態系(動植物)へのリスク評価も追加で実施した結果、TPH1.0%という浄化基準値を導き出した。浄化基準値をTPH1.0%に改定することにより、対象土壌量は約145万m³減、浄化期間の短縮とコストの削減をもたらし、より効率的に浄化目標を達成するための追加技術を採用する余地を提供した。

5.最後に

土壌は土地の所有者だけのものではない。地球全体の共有資源である。土壌は生物に水を与え、食糧を与える。スプーン一杯の土壌約1gには約10～100億個の微生物が存在すると言われており、この微生物たちは主要な元素である炭素、窒素、リン等の循環を担って地球上の生物を支える。

諸外国では、ヒトの健康と生態系を同じように保護することを目的とした法整備を行っている。日本でも、石油系炭化水素がヒトの健康、生態系に与える影響を真剣に考え、生態系、土壌を保全することに取り組まなければいけないのではないだろうか。

参考文献

Saranya Kuppusamy, Naga Raju Maddela, Mallavarapu Megharaj, Kadiyala Venkateswarlu(2020) Total Petroleum Hydrocarbons :Environmental Fate, Toxicity, and Remediation. Springer