

学 位 論 文 題 名

IMPACT OF PETROLEUM HYDROCARBON
AND HEAVY METALS TO MARINE
ENVIRONMENT IN THE EASTERN COAST
OF THE GULF OF THAILAND

（タイ湾東部沿岸海域に及ぼす石油、重金属の影響）

学位論文内容の要旨

戦後、科学技術の進歩とともに近代産業が発達した。その結果私達の生活は便利で快適になったが、反面多くの公害をもたらした。ミナマタ病として水俣湾の水銀汚染は世界に知られている。多くの人命が失われ、現在なお後遺症に苦しんでいる。当時、海水中の水銀濃度のバックグラウンドも定かでなかった。この理由として、高感度で水銀を分析する分析機器がなかったことや海水中の水銀濃度が極めて低いことがあげられる。

分析器機の感度が悪いため、海水から水銀を濃縮するためには多量の試水と同時に多量の試薬も必要であった。しかし、水銀は常温で液体であり、蒸気圧が高いこともあり、実験室では常在元素の一つでもあり、濃縮時に室内からのコンタミネーションをうけること、試薬からの混入等があり、正確な水銀値の分析は困難であった。しかしながら、海水中の水銀がスズによって容易に還元されること、ならびに金粒子にアマルガムとして濃縮されることを利用する新しい分析法が確立された結果、海水、淡水、大気中の水銀濃度もしだいに明らかにされた。

水酸化ナトリウムは塩化ナトリウムの電気分解で製造されていたが、陰極に水銀を使用していた。水俣病を継起に水銀を使用しない隔膜法に切り変わったが、現在では世界でも隔膜法に切り変わり、工場から水銀の放出を出来る限りおさえる方向にある。

カドミウムによるイタイイタイ病も生じたが、鉱山排水に含まれていたカドミウムが河川、ひいては水田を汚染し、米にカドミウムが濃縮され、それを食することにより骨のカルシウムとカドミウムがおき変わり、骨がもろくなってしまう結果だといわれている。さらに、昭和30年代には海岸を埋め立て石油コンビナートが各地で建設されていたが、当時は石油に含有されている窒素、イオウを除去する技術がなかったこともあり、これらが

NO_x や SO_x として大気に放出されて結果、工業地帯では喘息患者が多発した。また、ヨーロッパやカナダでは酸性雨によって、森林が枯死してしまった。

日本では、脱硝、脱硫技術が進歩し、大気汚染も改善された。このように、日本では多くの人達が公害の犠牲となったが、これらを教訓にローカルな公害はなくなったと考えられている。一方、日本では石油タンクの破損により、瀬戸内海に石油が流入する大事故があったが、日本での石油汚染は主にタンカーの座礁による石油流出が主である。石油コンビナートからの石油流出事故は廃水処理が厳しく管理されているため、日本ではそれからの石油汚染は少ない。

タイでも工業化が進んでおり、タイ湾の東部地区には石油コンビナートが稼働し始めているが、タイ湾は漁場としての価値は高く、湾を漁場として保全することはタイ国家として極めて重要である。

石油には有害重金属が含有されているし、また化学製品製造過程においては、種々の重金属が触媒として使用されている。このため、工場排水処理が不十分な場合は、沿岸海域が石油や有害重金属によって汚染されることになる。

本研究はラヨンからカンボジアの国境に接するトラットに渡る沿岸海域において、1988—1996年にかけて40点において採水を行い、石油、有害重金属の分析を行なった。底泥ならびに二枚貝についてはラヨン湾で採取し、石油、重金属の分析をおこなった。有機スズについてはラヨンからトラットに渡る沿岸の底泥を採泥し、分析した。本研究では、工場の稼働に伴う人為的汚染が海にどのような影響を与え、許容範囲はどの程度までなのかを目的に究を行った。得られた知見は以下の通りである。

工場地帯において、岸から100mまでの海水中の石油は、 $5.0 \pm 3.9 \mu\text{g/l}$ 、漁港は $4.1 \pm 4.0 \mu\text{g/l}$ と汚染が認められるが、3km沖では $1 \mu\text{g/l}$ 以下となり、その影響は小さかった。但し、沿岸域の濃度は年ごとに増加をしめしており、1988年は($1 \mu\text{g/l}$ 以下)、排水処理が十分とはいえない状況にある。また、蛍光スペクトルから、汚染源は船に起因するジーゼルオイルが主であるが、時には流出した原油による汚染があることがわかった。しかしながらエビを用いたLC50(96h)は 1mg/l であり、現時点では、許容される範囲の汚染である。海底土について、脂肪族炭化水素は岸よりで $7.8 \pm 6.0 \mu\text{g/g}$ 、3km沖では $1 \mu\text{g/l}$ 以下であった。ナフタリン、ジベンゾフラン、アントラセン等が芳香種炭化水素は $0.1 \mu\text{g/g}$ 以下でほとんど検出されなかった。室内実験の結果、これらは揮電性が高いため、底泥まで影響を与えないことが明らかとなった。海底土のn-アールカンの炭素数はC17—C21がドミナントであることから、石油起源であることが明

らかになった。

水銀について、1994年の海水中の水銀値は沿岸から3 kmでも数10 ng/lと極めて高濃度であったが、1996年には、数 ng/l にまで減少しており、正常値になっていることを明らかにした。これは重金属の排水処理が十分に行われ始めたからである。タイではまだ越えてはいけない魚介類の水銀基準値はないが、水中濃度が数10 ng/l になると日本の魚介類の基準値0.4 ppm を越えることになる。1994年の状況が続くと、基準値を越える恐れがあった。そのため、水銀の廃水処理が行われ始めた。

カドミウムは全地点で50 ng/l程度で汚染は認められないが、鉛 $0.3 \pm 1.6 \mu\text{g/l}$ は極めて高い。工場廃水にもよるが、まだ使用されている四エチレン鉛によるものと思われ、さらに検討を加えている。

底土の有機スズは MBT(モノブチルスズ)、DBT(ジブチルスズ)、TBT(トリブチルスズ)の全有機スズの濃度は13-860 ng/gであることを明らかにした。古くから船底塗料として有機スズを使用してきた先進国と比べると、まだ低濃度ではあるが、有機スズは環境ホルモンの一つであることから今後有機スズを使用しない方向をさぐらないといけない。

1995年に湾内で漁獲されたおよそ300種の魚類の重金属を分析したが、水銀はND-0.25 $\mu\text{g/g}$ (平均0.26 $\mu\text{g/g}$)、カドミウムはND-3.5 $\mu\text{g/g}$ (平均0.30 $\mu\text{g/g}$)、亜鉛は12-120 $\mu\text{g/g}$ (平均40 $\mu\text{g/g}$) の範囲にあり、現在では自然界のレベルにあるものと思われる。二枚貝については現在のところ石油、重金属とも低濃度でこれを食しても影響はないと考えられる。

本研究によりタイを含む発展途上国が今後海を保全する指針となりえた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 米 田 義 昭

副 査 教 授 松 永 勝 彦

副 査 教 授 鈴 木 翼

副 査 教 授 角 皆 静 男

学 位 論 文 題 名

IMPACT OF PETROLEUM HYDROCARBON AND HEAVY METALS TO MARINE ENVIRONMENT IN THE EASTERN COAST OF THE GULF OF THAILAND

(タイ湾東部沿岸海域に及ぼす石油、重金属の影響)

戦後、科学技術の進歩とともに近代産業が発達した。その結果私達の生活は便利で快適になったが、反面多くの公害をもたらした。ミナマタ病として水俣湾の水銀汚染は世界に知られている。多くの人命が失われ、現在なお後遺症に苦しんでいる。

カドミウムによるイタイイタイ病も発生したが、鉱山排水に含まれていたカドミウムが河川、ひいては水田を汚染し、米にカドミウムが濃縮され、それを食することにより骨のカルシウムとカドミウムがおき変わり、骨がもろくなってしまう結果だといわれている。さらに、昭和30年代には海岸を埋め立て石油コンビナートが各地で建設されていたが、当時は石油に含有されている窒素、イオウを除去する技術がなかったこともあり、これらが NOx や SOx として大気に放出されて結果、工業地帯では喘息患者が多発した。また、ヨーロッパやカナダでは酸性雨によって、森林が枯死してしまった。

日本では、脱硝、脱硫技術が進歩し、大気汚染も改善された。このように、日本では多くの人達が公害の犠牲となったが、これらを教訓にローカルな公害はなくなったと考えられている。

一方、日本では石油タンクの破損により、瀬戸内海に石油が流入する大事故があったが、日本での石油汚染は主にタンカーの座礁による石油流出が主である。石油コンビナートからの石油流出事故は廃水処理が厳しく管理されているため、日本ではそれからの石油汚染

は少ない。

タイでも工業化が進んでおり、タイ湾の東部地区には石油コンビナートが稼働し初めている。タイ湾には漁場としての価値は高く、湾を漁場として保全することはタイ国家として極めて需要である。石油には有害重金属が含有されているし、また化学製品製造過程において、種々の重金属が触媒として使用されている。このため、工業排水処理が不十分な場合は、沿岸海域が石油や有害重金属によって汚染されることになる。

本研究はラヨンからカンボジアの国境に接するトラットに渡る沿岸海域において、1988—1996年にかけて40点において採水を行い、石油、有害重金属の分析を行なった。底泥ならびに二枚貝についてはラヨン湾で採取し、石油、重金属の分析を行なった。有機スズについてはラヨンからトラットに渡る沿岸の底泥を採泥し、分析した。本研究では、工場の稼働に伴う人為的汚染が海にどのような影響を与え、許容範囲はどの程度までなのかを目的に究を行った。得られた知見は以下の通りである。

工場地帯において、岸から100mまでの海水中の石油は、 $5.0 \pm 3.9 \mu\text{g/l}$ 、漁港は $4.1 \pm 4.0 \mu\text{g/l}$ と汚染が認められるが、3km沖では $1 \mu\text{g/l}$ 以下となり、その影響は小さかった。但し、沿岸域の濃度は年ごとに増加を示めしており、1988年は($1 \mu\text{g/l}$ 以下)、排水処理が十分とはいえない状況にある。また、蛍光スペクトルから、汚染源は船に起因するジーゼルオイルが主であるが、時には流出した原油による汚染があることがわかった。しかしながらエビを用いたLC50(96h)は 1mg/l であり、現時点では、許容される範囲の汚染である。水銀は1994年には数 10ng/l と高かったが、1996年には天然レベルにまで低下し、排水処理機能が高まった結果である。海底土について、石油は岸より幾分高い海域もみられるが、現在のところ生態系に影響はない。

本研究は今後発展途上国が海域を保全するための指針に貢献すると考えられる。よって、審査員一同は、本研究の申請者が博士(水産学)の学位を授与されるに十分な資格を有すると判定した。