

# 海洋環境問題に関する経験とこれからの展開

顧問 和田 明

## 1. 温排水問題

**水温規制問題の背景：**我が国の火力、原子力発電所は近年その殆ど全てが海岸に立地し、大量の冷却水を海水に依存している。従来の火力発電所は需要地に近接して建設されてきたが、このような地点にあつては沿岸海域は港湾として漁業権の既に消滅している例が多く、また設備ユニットも比較的小型であったため、温排水による海域での水温上昇が問題として取り上げられたことは少なかった。しかし、その後急激な電力需要に対処するため、発電所の規模は大容量化し、立地地点も都市におけるコンビナートを除いては、需要地からかなり遠隔な地点に求められるようになってきている。

湾や外洋に面して立地する発電所の場合は、温排水が養殖場や漁場に及ぼす影響の推定とその対策という重要な課題が提起されていた。当時、水温の上昇が水棲生物に与える影響については、まだ十分な調査研究がなされていないため、この関心は主として水産業界関係者からの漁業への懸念として表明されているのが実情である。

アメリカは発電所からの温排水が環境問題の一つとして社会的に注目を集め、発電所立地計画に支障をきたした最初の国である。この国の発電所は従来内陸に立地し、五大湖やミシシッピ川などの河川・湖沼に冷却水を求めるために、水温上昇が水棲生物に影響を与えるものとして問題を生じたケースが多く、州ごとの排出水温規制などの法的措置に対処して冷却池、冷却塔の使用等必要な対策を施してきている。このような内外の情勢を反映して、我が国においても水温の人為的上昇について社会的管理を加える必要があるとの指摘がなされ、1970年12月の国会において成立した水質汚濁防止法において、水温上昇が水質汚濁の一つとして明確に位置づけられた。規制の対象となる水温とは法の規定によれば、「熱による水の汚染状態であつて、

生活環境にかかわる被害を生ずる恐れがある程度のものである。しかしこの水温は、人の健康にかかわる被害を生ずる恐れのある物質、あるいは水質汚濁を示す項目とは本質的に異なっており、水域の水が有するエネルギーのポテンシャルを示す数値と解すべきである。しかも、水域の水温それ自体、季節、日時更に気象・海象などの自然条件の変化に伴って変動するものである。この場合、人間自体が被害を受ける程度の人為的水温の変動が対象となるべきであろう。

水質汚濁防止法による排水基準の設定については、基礎的調査研究資料が十分でないため設定されていなかったが、排水基準を設定することを目的として調査研究が進められた。中央公害対策審議会の下部機構として水質部門特殊問題専門委員会の中に温排水分科会を設け、規制に関する基本的方針の策定のための調査研究計画及び調査研究結果に助言をあたえることとしていた。温排水の排出基準の設定にあつては、基準設定の根拠となる調査研究資料の整備が必要であるが、そのほか基準の設定方法に関して次のような問題があつた。

- (1) 全国一律基準の作成にあつて、地域別、時期別の温度差をどう考えるか。
- (2) どの地点の温度で基準を設定するか。(温度の絶対値をとるか、温度差で決めるか。)
- (3) 排水量の規模別、業種別に区別するか。

このように、温排水に関する排水基準の設定にあつては、水温が他の規制項目とは異質であることもあつて、多くの検討すべき問題点が残された。

温排水分科会は国が実施する温排水の実態調査の結果を分析・評価し、その知見を基礎として排出基準案を策定する作業を進めたが、昭和50年(1975年)12月、中央公害対策審議会の「温排水問題に関する中間報告」を発表するに留まり、温排水の環境生態系については漁業への影響に関する科学的知見が未解明であるとして、

法に基づく排出基準を設定するに至っていない。

現在、大多数の発電所立地点で復水器通過時の上昇温度( $\Delta t$ )は7℃とされている。 $\Delta t$ を7℃とした根拠は明確ではない。温排水の規制にあたっては、発電所の排出源の立地条件(緯度、気象、地形、潮流、漁場の位置、水棲生物の種類、温排水量、取排水方法等)により必ずしも一様ではなく、これらを一律的に規制することにはかなり困難が伴う。

**沿岸環境保全：**温排水拡散だけでなく冷却水取水による魚卵・稚魚類の取り込みについても問題視されてきた。温排水と取水、すなわち冷却水取放水の問題は今後とも電源の臨海立地が続く限り、地元、とりわけ漁業者の合意を得るにあたっての大きな問題として残るであろう。

現在、電源立地に伴う環境影響調査書の作成のために、経済産業省の調査要綱に基づく物理、海洋生物の事前調査が行われている。また発電所の運開後であっても、その前面海域において温排水の拡散状況や海生生物の実態調査が長期継続的に実施されており、膨大な資料が収集されている。今後はこれらのデータを活用して温排水影響を総合的に分析・評価していくことが漁業者たちの納得と信頼を得る上で肝要な方法であると考えている。

また、発電所と漁業との共存を基本に、沿岸域の生産性を高めるような技術の開発が課題となる。例えば、自然海岸を保存するための環境調和型港湾建設技術の検討、埋め立て造成による藻場の消失対策としての代替造成技術の開発、人工魚礁による漁場形成技術の開発などが考えられる。従来の沿岸立地にあっても、港湾施設設置に対する物理的影響を可能な精度で予測し、生物的環境に対する影響を含めて評価し対策を施してきている。今後は周辺の生態系との調和や親水機能に対する社会的要請を踏まえた臨海施設を設計する必要が出てくると考えられる。

このような状況を反映して、発電所の冷却水が海域環境や生物に及ぼす影響を解明する調査研究機関として、財団法人海洋生物環境研究所が昭和50年12月に設立された。海生研の研究成果は、生物影響、漁業影

響などの基礎資料として利用されている。

一方、環境保全の立場ならびにコストダウンの面から、冷却水使用水量の減少化(復水器通過後の温度上昇値の増大)の可能性が検討される必要がある。現在、冷却水の復水器通過後の温度上昇値は、7℃が一般とされている。もし温度上昇値を7℃から更に上昇させ、冷却水使用量を減少させることが可能であれば、卵・稚仔取り込みもそれに応じて減少する。更に冷却水使用量の減少は発電所内消費電力量の低減、取放水施設規模の縮小にもつながり、コストダウンの面においても利点を有している。特に、水中から高速で放水する場合、周囲の海水と速やかに混合することから、より $\Delta t$ を大きくし、水量を小さくした方が効率的ではないか。一旦、合議で決まったことを変えるには説得性のある議論をしていかないと変えられない。

## 2. 地球温暖化問題

**深刻な地球温暖化：**人間は現在、1年間にCO<sub>2</sub>を化石燃料の燃焼によって約300億トン大気に放出している。原子力発電所の事故の危険性について盛んに論議されているが、同時に、化石燃料の危険性も考慮すべきである。CO<sub>2</sub>による地球温暖化は既にサイクロンの熱帯性低気圧の発生回数を増やしている。大気中へ放出されたCO<sub>2</sub>は200年間大気にとどまるといわれている。CO<sub>2</sub>は今後の地球環境の行く末を左右しかねない問題と考える。

温暖化対策については、本年末にパリで開催される国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)で京都議定書に続く新しい枠組みで合意できるかが焦点である。

日本政府は2030年度に2013年度比で26%削減するという削減目標を発表している。

発電所のガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収するコストに関する検討によると、既存の分離・回収技術を適用すれば発電コストが5割増加するといわれている(IEA 1993)。その理由は主として、化学溶媒によるCO<sub>2</sub>の分離・回収が大量のエネルギーを使用するからである。将来、回収技術の改良と処理規模の拡大により、

コストが低減することを期待したい。

1990年代においては、この事情を勘案して、CO<sub>2</sub>の抑制策と隔離技術について研究が進められていた。CO<sub>2</sub>隔離技術とは、発生したCO<sub>2</sub>を回収し、海中に放出(隔離)する技術であるが、現在は海洋へCO<sub>2</sub>を直接放出することは認められていない(海底下地中へのCO<sub>2</sub>貯留のみロンドン条約で認められている)。当時、海洋隔離への期待が高まっていた中、人為起源の廃棄物を海洋に投棄する考え方には異論がないわけではなかった。このような技術の意思決定には多くの政治的な判断も必要である。その判断の根拠に資するためにも、一層の海洋隔離の可能性に関する研究を進める必要があった。以下に、当時の検討の一部を紹介する。

**日本近海におけるCO<sub>2</sub>海洋隔離の検討：**地球温暖化の影響が将来的なものとなされ、また、対策を行った場合の経済的な影響が大きいと考えられていたために、具体的な対策は遅れていた。社会システムを変化させずに多量のCO<sub>2</sub>の放出を削減させることは難しく、エネルギー利用効率の向上をはかることは無論であるが、CO<sub>2</sub>の発生抑制策や固定・隔離技術についても研究開発を進める必要があった。

CO<sub>2</sub>の海洋隔離によって海中に放出されたCO<sub>2</sub>は海水中での化学反応や生物による取り込み、ハイドレイド膜生成による溶解抑制などの影響を受けると考えられるが、深層でのCO<sub>2</sub>海洋隔離を考える場合、水温と圧力が支配的な水深では隔離されたCO<sub>2</sub>と周辺海水の密度差は小さく、CO<sub>2</sub>の挙動は周辺海域の流れに大きく依存し典型的な拡散解析でも十分その挙動把握ができる。

太平洋におけるCO<sub>2</sub>交換量を海洋のCO<sub>2</sub>分圧から算出してみた(和田ら、未発表)。仮想CO<sub>2</sub>投入海域は、CO<sub>2</sub>吸収の強い海域と考えられている日本南方海域(東経134度・北緯24度周辺)とした(図1)。また、船舶による中層希釈を想定し、No.5点(東経134度・北緯24度周辺)に50年連続投入する方法(ケースA)と、No.1~9の計9点を1年おきに番号順に移動しながら投入する方法(ケースB)の2つのケースについて検討を行った。CO<sub>2</sub>は水深1,500m層に投入する仮定とした。

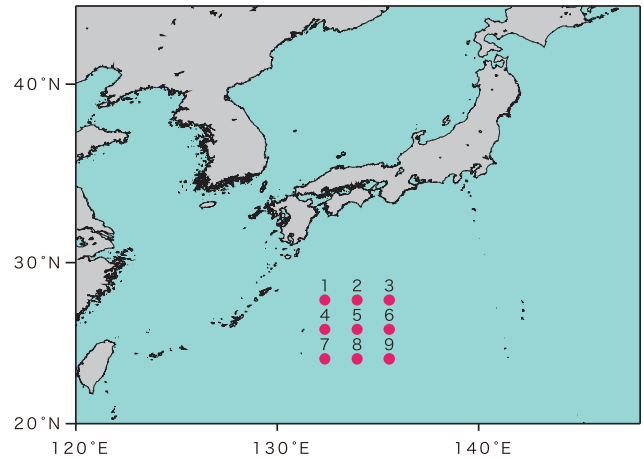


図1 太平洋での仮想CO<sub>2</sub>投入海域

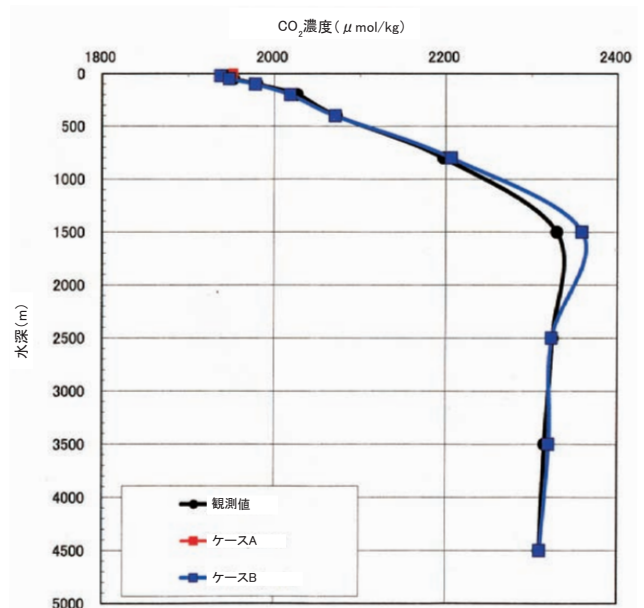


図2 CO<sub>2</sub>を水深1500m層へ投入した時の濃度計算結果  
3ケースの計算結果は投入層近傍を除きほぼ等しく、  
その場合、各記号が重なり合い見難くなっている。

その結果、CO<sub>2</sub>の影響範囲は投入層近傍にとどまり50年間連続投入後でも表層の濃度上昇はわずかであることが確認された(図2)。また、太平洋におけるCO<sub>2</sub>交換量を海洋のCO<sub>2</sub>分圧から算出した結果、太平洋全体のCO<sub>2</sub>の収支で見ると、太平洋はCO<sub>2</sub>の吸収に寄与していることが分かった。

このように、CO<sub>2</sub>増加による気候変動リスクを可能な限り低減化させるためには、今後、環境中へのCO<sub>2</sub>排出量を抑制することはもとより、CO<sub>2</sub>分離・回収技術や、排出されるCO<sub>2</sub>の固定・隔離技術などの開発を更に推進する必要があると考えられる。