



河川の温排水問題に関する研究

内 藤 和 夫*

1. 環境熱汚染とは

産業革命以後の産業活動をかえりみると、その幾何級数的な拡大は、人類から飢餓の恐怖をとり除き、高度な文化的生活を創造するにそれなりに大きな意義のあったことは事実である。同時に産業活動をささえる必要物資を自然界から採取し、かつ、不要となった物資を投棄する過程で必然的に生じる弊害の蓄積もまた著しいものがあり、近年に至り各種の公害として、また環境破壊の形でもって出現してきたことは多くの人々によって指摘されるところである。

大気汚染や水質汚濁などの物質拡散にともなう公害は経済性を重視するの余り欠陥システムを許容したために生じたことは明白である。したがって在来システムを根本的に変更することなしに、それ等を適正化するだけで、この種公害はある程度まで減少させることができる。

一方、人類の生活活動や産業活動に不可欠なエネルギーは、原理上からその原料の保有する全エネルギー量を、その発生過程および利用過程を通じて、熱エネルギーの形態でもって自然界へ廃棄せざるをえず、最も根元的な環境破壊の要素を持つと考えなければならない。

環境熱汚染とは、以上のように、人類の活動にともなって必然的に生じる廃熱による自然界の被爆を言い、しかもそれはエネルギー消費量自体を抑制しつつ、かつエネルギー変換システムの根元的転換なしには防ぎえないものである。

2. 温排水による熱汚染

現在、産業用プロセスの排熱は、大気系ならびに河川、湖沼、海洋からなる水系への拡散が同等の比重をもって利用されているが、その生態系に与える影響では後者の危険性ははるかに

大きいとみなされている。これは第一の理由として水生生物、ことに海洋生物の大多数が体温調整ができない冷血動物であって、周囲の温度変化に対して極めて鋭敏であること、また温度上昇にともなって代謝が促進するにもかかわらず呼吸に必要な溶存酸素が減少するところとなり、生息温度の上限が常温よりあまり高くない点にあること。第二の理由として、魚卵のふ化は水温に密接に関係し、過度の温度上昇は卵の正常な発生を著しく妨げること等が水産学上ですでに明らかになっているからである。問題なのは海洋に廃棄された温排水がどのような挙動をとるのか、またどのような運命をたどりながら母海域へ拡散していくのか、極めて長期間にわたる観測の結果からしか判断できない生態系および生活史への影響を的確に事前評価するにはどうすればよいのか、これらの点について目下のところ十分な解明がなされておらず、しかも温排水の管理、制御と言う対処技術が未開発であるにもかかわらず、多数の臨海発電所の建設計画が進められつつあることである。

3. 温排水の現状

温排水の主要な発生源としては、熱エネルギーを多量に消費するつぎの3業種があげられる。すなわちわが国の全冷却用水量の51%を消費する電力産業（火力発電のみ）、18.7%の化学工業、13.5%の鉄鋼業である。しかもこれ等の産業のいずれもが臨海地帯にその立地を求めてきており、将来も求め続けなければならないわが国独自の特殊な事情下にある。これはわが国の河川流量が量的に不十分で、かつ流量変動が大きいために大量の冷却水の安定した供給源となりえないためであるとも言われている。

現在運転中の気力発電所（火力および原子力発電所）の所要冷却水量は、おおよそ 1370～2050 ton/s であり計画 および 工事中のものを

* 内藤和夫 (KAZUO NAITO), 大阪大学工学部環境工学科, 教授, 環境工学

含めると 2500~3850 ton/s にも達する。さらに電力の長期需給見通しからは1985年度末の発電供給量は現在の約 2.6 倍となることが予測されており、しかもその電源構成のうち冷却水への排出熱量が火力発電よりも10%近く大きい原子力発電に全発電量の $\frac{1}{3}$ を依存する計画がなされている。そしてこれに要する使用冷却水量は約5000~8000 ton/s で、これは淀川の年平均流量（枚方観測値）323 ton/s の約15.5~18.5 倍にも達する莫大な量となる。これがすべて取水口と放流口間で 7°C ~ 12°C 昇温されて放出されることになるので、当然発電所設置付近の臨海域は相当広範囲にわたって熱被害を受ける計算となる。またその拡散冷却過程で当然ながら大気への熱および水分拡散がおこるので、温排水量がこのように大量となれば地域気象への影響がまた無視できず、すでに気象学上においては見逃すことのできない問題として指摘されている。

4. 温排水の研究状況

わが国における温排水問題の研究は、他の公害問題に関する研究と同様に、温排水による直接の被害者である漁業関係者の純粋な指摘によって始まったと言われている。したがって、初期の研究の中心的課題は「放出された温排水は母海域のどの範囲までどのような影響をもたらすか」と言うことを視点に、水産学上での調査研究に始まり、工学的研究課題としてその拡散メカニズムの解明、拡散領域の予測評価手法の開発へと展開しつつある。この間の工学的課題上での代表的な研究としてはつぎのものが、すなわち、淡水の海表面上での拡散に関する経験式を、密度差を媒介にして温排水の場合に変換し、温排水流量とその分布範囲について定量的関係を与えた新田氏の研究。また冷却水の取、排水口の位置の合理的決定を放流水の再循環防止の視点でとらえた研究から始まり、温排水の速度場と温度場は水平渦動混合によって支配されるとの仮定のもとに、地形の影響、海域の一般流、潮汐流の影響、大気との熱交換などをモデル内に組み入れ数値計算によって水温分布を求めた和田氏の研究、その他がある。

一方、諸外国ことにアメリカにおいては臨海

域と同等あるいはそれ以上に内陸部を流れる河川への温排水による熱汚染が問題となっており、想像を絶するきびしい排水規制が実施されている。したがってその研究も実態調査を始め、学問分野全般にわたって行われている。これに対してわが国では河川水の汚染対策はいまだ物質拡散による水質汚染の規制の域を出ず熱拡散に至っては実態調査すらいまだ十分に行われていないのが現状である。

河川流域での流入温排水の実態は、排出源が多種多様で、かつその单元当たりの容量も臨海のそれに比べて極めて小さく把握しがたいところがある。しかしエネルギー消費の面からみると、内陸部と臨海部のそれはほぼ量的に等しく、大気系への熱拡散を考慮に入れても各種冷却用水および生活排水を通じて河川へ放散される熱量は無視できないところへきている。

河川公害をかえりみると、熱汚染は潜在的要因としてかかわっていることは事実であってそれがまず生態系への破壊をもたらし、自浄作用を弱めて汚濁を促進し、生物の全く生息しない死の川へと発展する履歴をたどるようである。

5. 本研究室における研究の概要

本研究室では、わが国では研究例の少ない「矩形水路における温排水の熱拡散」の研究を行っている。

矩形水路はもっとも単純な河川モデルであり、実態とそぐわない点があるが、分、合流のある河川本流の熱拡散のメカニズムを実験的にまた理論的に究明する上で基本的に重要である。またその成果は、温排水放流に対する規制上での指針となるばかりでなく、温排水の積極的な有効利用法として注目されつつある養殖水産業での応用があげられる。

研究の詳細については省略するが、目下、温排水が流れと直角な方向から水平に流入する場合と、水路底のスリット状放水口から鉛直上方に放出される場合について実験観測を行っている。その結果、理論的に導出された矩形水路における温排水の定常熱拡散の現象支配因子の最高温度の減衰、温度分布および等温線内に含まれる体積などに及ぼす影響が定性的ではあるが明らかになっている。