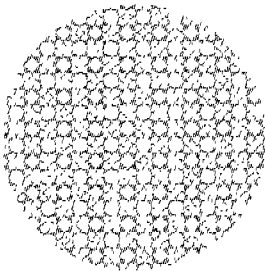


發電所의 温排水 利用

Utilization of Warm Discharge Water from Power Plant



申 圭 植

韓電技術研究院 化學, 環境研究室 室長

I. 개 요

화력이나 原子力 發電所의 냉각수로 利用되는 海水는 다량의 未利用 熱Energy를 함유한 채로 自然系에 放出되고 있는 것이 現實이다.

發電所 温排水의 水温은 一般의으로 自然海水와 比較하여 약 7°C 정도 높고, 그 放出水量은 火力發電所의 경우를 예를 들면 出力 10만 KW당 3 ~ 5 m³/sec이며 같은 出力의 原子力 發電所의 경우는 6 m³/sec이다. 따라서 100만KW 出力인 원자력 발전소의 경우는 약 60m³/sec의 温排水가 排出되며, 하루에는 5,076천톤 이상이 방류되게 된다.

이를 熱量으로 환산하면 3,553억 2천만 Kcal 만큼의 막대한 熱量이 海日 부근바다에 버려지는 셈이다.

이를 다시 석탄(무연탄 4급 2호 - 5100Kcal/kg기준)으로 환산했을 경우 약 7만톤이나 되는 엄청난 量이 된다.

따라서 이런 막대한 量의 廢熱은 가능한한 生産의인 面에서 再利用되어야 함은 再言할 必要가 없는 것이다.

실제로 發電所에서 放出되는 温排水의 利用 문제는 美國, 日本등 先進各國에서는 60年代 부터 활발히 研究되어 왔으며, 이중에서는 이미 경제성이 입증되어 企業化 단계에 이른 것도 있다.

發電所 温排水의 一般의인 利用方法은

첫째 水産生物 養殖

둘째 温室用

셋째 灌溉用水

네째 暖房用을 들 수 있다.

따라서 이들의 利用法에 대해 論하고자 한다.

II. 温排水의 利用方法

가. 水産生物 養殖

1) 日本의 경우

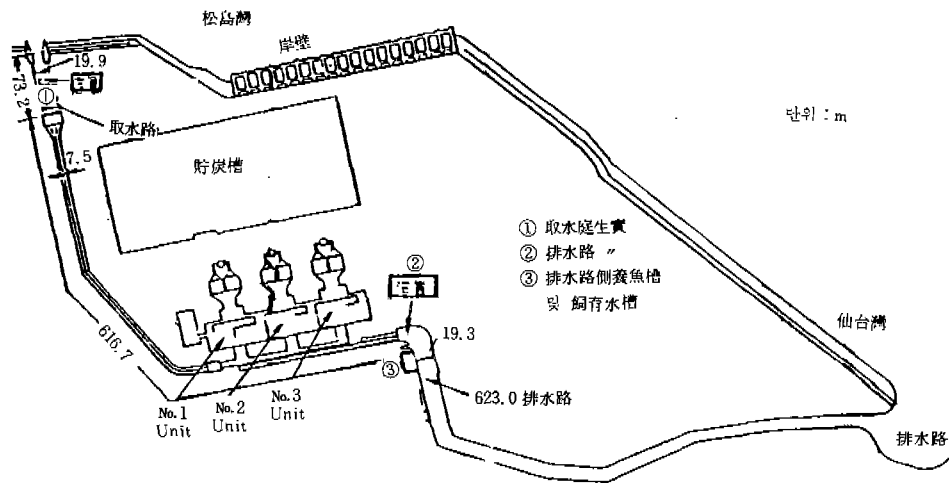
발전소 温排水를 利用한 水産生物 養殖은 日本에서 가장 활발하게 추진 되었으며, 1963年 4月10日 부터 日本 東北電力株式會社 仙台火力發電所에서 전복 稚貝를 사육 시험한 것이 최초였다. 仙台 火力發電所은 175MW가 3Unit의 設備를 갖추고 있으며 3 ~ 6 만톤/hr의 海水를 冷却水로 使用하여 5~8°C

정도의 상승된 冷却水を 放出하는 發電所이며, 당시의 實驗場所 도면은 <그림 1>과 같다.

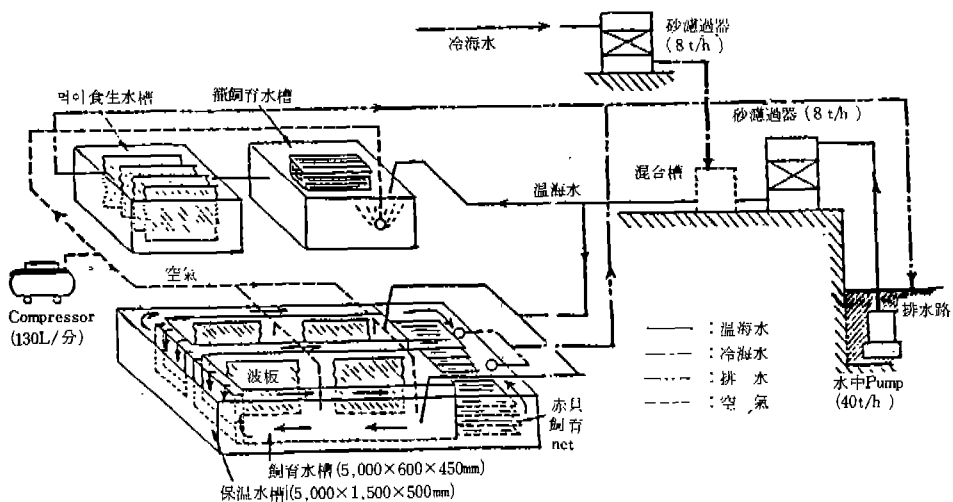
1963年 4月 10日 「전북」의 籠飼育을 採水口①과 排水口②와의 온도차를 5~6°C에서 27日間 시험한 結果, 溫度가 높은 排水路側의 전북이 약 3倍의 飼料를 더 많이 소비하였고, 좋은 성장 結果를 얻었으므로, 이에 다시 「은어」등의 魚類를 飼育하였으나 水温이 높았고 水質의 影響으로 좋은 結果를 얻지 못하여 排水路 ③에 1.5×4.2×1.05m의 Concrete 養魚槽를 63年 10월에 完成하여 그후 3年間 魚類의 飼育實驗을 實施하였으며, 그 結果는 「은어」와 「방어」의 育成 可能性을 알았으나, 試驗

規模, 設備의 不完全 取扱의 未熟등에 의해 만족한 結果를 얻지는 못했다. 그후 1966년 「전북」의 實驗을 契機로 松島灣의 하절기에 濁度가 높은 것에 주목하여 高榮養塩은 通過시키고 濁度を 低下시킬 目的으로 濾過器를 使用하였으며, 水温의 變化에 對應하기 위해서 飼育水槽를 고무물 입힌 Canvas 로 하고, 保温水槽內에 飼育水槽를 설치하여 二重水槽로 하였으며, 夏季의 高温時에는 冷海水에 의해 混合調節할 수 있는 混合槽를 설치하여 <그림-2>와 같은 飼育施設을 설계하였다.

이 裝置는 排水路에 설치된 40톤/Hr의 水中 Pump 2대에 의해 温排水를 揚水하여 8톤/h 砂濾過器를



<그림-1> 實驗場所



<그림-2> 飼育施設의 系統

통과하여 混合槽를 거쳐 飼育水槽로 給水되며 給溫排水量은 飼育水槽 容量의 10倍를 하루의 量으로 했으며, 約 30ℓ/min의 給水を 하였다. 水槽內에는 33cm×40cm 塩化 Vinyl製波板을 설치 하였으며, 여기에 小形 전복 稚具(1~2mm)를 附着시키고, 殼長이 10mm 以上으로 成長한 稚具는 籠育水槽로 옮겨 파래, 미역, 다시마등의 海藻를 1籠당 25g/day 정로 投與하였고, 水槽內에는 容量 130ℓ/min의 Compressor로 Aeration 시켰다.

이 飼育試驗시에 「전복」과 同時에 赤貝(새고막) 稚具를 飼育하였으며, 그 試驗 結果는 다음 표 1 과

같으며 당시의 水質은 표 2 와 같다.

표 1에서 볼 수 있듯이 「전복」의 成長이 天然海水보다 5~8 倍를 나타냈으며 赤貝(새고막)는 4~10 倍가 成長하는 좋은 結果를 나타냈다.

이와같은 溫排水 利用 可能性이 확인된 현재, 日本에서는 20여개의 발전소에서 溫排水 養殖시설을 갖추고 도미, 가자미, 뱀장어, 새우, 잉어, 전복 등을 사육하고 있으며 시즈오카현(靜岡縣)의 溫水 利用센터에서는 전복 및 새우를 養殖하고 있으며 東北發電所에서는 180만개의 전복 稚具를 生産하고 있는데 그 현황은 다음 표 3 과 같다.

〈표-1〉 成長과 生存率

項目	貝 時間	전 복			赤 貝		
		67/12-68/3	68/12-69/4	天然海水	67/12-68/3	68/12-69/4	天然海水
殼 長 { 開始 (mm) 終了	· 2.3	2.9	5.0	7.0	4.3	8.0	
	16.5	17.3	8.0	17.4	20.7	11.5	
成長 (mm/日)	0.16	0.10	0.02	0.22	0.098	0.026	
生存率 (%)	95.1	83.0	-	100.0	74.0	-	
飼育密度 (cm ² /1個)	130~220	80~100	-	-	-	-	
飼育日數(日)	87	142	142	48	168	134	

〈표-2〉 飼育海水의 水質(1967. 12~1968. 3 測定)

項目 試料	pH	濁 度 (ppm)	C. O. D (ppm)	溶存酸素 (ppm)	Ammonia性 N (ppm)	硝 酸 性 N (ppm)	磷 酸 性 P (ppm)
飼育用海水	7.8~8.3	0.2~9.5	0.6~2.3	4.6~9.6	0.05~0.31	0.05~1.77	0.13~0.26
松島灣海水	7.6~8.3	3.7~27.1	0.9~2.9	4.6~9.6	0.05~0.77	0.06~0.67	0.10~0.24

2) 美國의 경우

주로 火力發電所에서 溫水養殖을 하고 있으며 Texas 전력회사에서 메기(Catfish) 養殖으로 年間 약 7 億원의 수익을 얻고 있으며, New York 州의 Northport 火力發電所에서는 굴을 養殖하여 전 New York 州의 소비량의 약 90%를 공급하고 있다. 또 더운 지방인 플로리다州의 플로리다전력회사에서도 1200 명의 養殖場에서 平均 成長率이 自然産의 4 倍 이상으로 年間 12 톤의 새우를 養殖하고 있다.

나. 溫室用

溫排水를 利用한 溫室의 保温에는 여러가지 方法이 研究되고 있으나, 通常의 열교환기능에 의해 溫室內의 氣溫을 維持하는 方式에서는 溫排水의 溫度

가 낮기때문에 巨大한 熱교환기를 필요로하므로 實用的이지 못하다. 또 溫排水 散水管의 가운데를 通氣하여 직접 열교환시키는 方法도 고려되나, 그 경우에는 室內온도가 포화상태로 되기 때문에 植物의 성장에 장애를 주므로 不適當하다. 따라서 溫室의 外面을 溫排水 膜으로 덮어 썩우는 방법을 採擇하여 1967 년부터 3 年間 日本의 江別 發電所에서 다음 그림 3 과 같은 實驗設備을 설계하였다.

溫排水는 時間당 12~19 톤을 溫室 지붕 頂上部 散水管으로 부터 지붕 및 벽으로 流下시켜 각종의 야채를 栽培했으며, 外氣溫度 영하 20°C 풍속 2m/sec 의 嚴寒期의 夜間에도 室溫을 6°C 로 유지할수가 있었고, 野菜의 成育상태도 좋아 이 方法으로 栽培 可能하다는 結論을 얻었다.

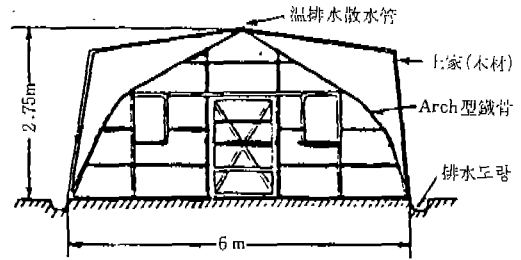
〈丑-3〉 日本의 溫水養殖設置一覽表

事業機關	養魚地面積(m ²)	主要魚種
A. 原子力發電所		
溫水養魚開發協會 (東海發電所)	2,300	도미, 뱀장어, 은어, 망상어, 틸라피아, 가자미 보리새우, 전복, 진주, 바지락
靜岡縣溫水利用研究센터 (浜岡發電所)	250	도미, 은어, 넙치, 전복, 보리새우 미역, 김-종묘
福井縣水産試驗場, 敦賀 市漁協(敦賀發電所)	975	도미, 뱀장어, 전복, 대하-천어
關西電力(株)高浜發電所	720	가두리
佐賀縣(計劃中) (玄海發電所)	210	보리새우, 전복 진주, 선복, 성게, 가두리
B. 火力發電所		
北海道電力(株)江別發電所	58	잉어, 뱀장어, 미꾸라지
秋田縣東北電力(株)共同	670	전복, 도미
東北發電工業(株) (仙台火力發電所)	476	전복
中部電力(株)總台技術 (研究所(武藏發電所))	150	김종묘
關西電力(株)多奈川 發電所	270	방어, 도미, 새우
關西電力(株)姫路第二 發電所	4	보리새우
中部電力(株)尾鷲三田 火力發電所	480	도미, 가자미-種묘 도미, 전갱이, 틸라피아, 보리새우, 성게, 새우-親魚 넙치, 보리새우
北陸電力(株)富山共同 火力發電所		
中國電力(株)下松 火力發電所	7,330	은어, (종묘), 보리새우
九州林産(株) (大材火力發電所)	7,300	보리새우, 은어
玄海漁連 (唐津火力發電所)	2,800	보리새우
西國電力(株) (松山火力發電所)	9,180	보리새우
大阪府水産試驗場 (多奈川水力發電所)	250	새우

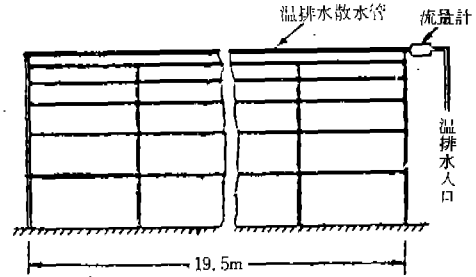
특히 美國에서는 溫排水를 利用하여 특수 農作物을 재배하여 상당한 효과를 거두고 있다. 콜로라도 전력회사에서는 60톤의 토마토를 생산하고 있다.

다. 灌溉用水로 利用

日本의 북해도 農土는 近年 農作 면적의 증가 재배기술의 向上, 耐寒品種의 개발등에 의해 그 收穫量이 增加하여 全國 第1位의 生産을 기록하는 해도 있다. 쌀의 과잉生産이 문제로 되고 있는 現在에도 농림성은 道内 100萬톤 生産을 유지하려고 하고 있다. 반면에 北海道의 기후조건은 혹독하고 과거의



(a) 正面圖



(b) 側面圖

〈그림-3〉 溫室外形圖

수확량이 平年작의 70%를 下廻하는 凶作인 해가 5년에 한번 정도가 되고 있다. 이 主要原因은 쌀의 作況에 重要한 7月과 8月の 기후가 영향이 되며, 흉작의 해는 논의 平均 水温이 平年과 比較하여 1~2°C 低下 하는 것에 크게 起因한다는 사실이 밝혀졌다. 따라서 日本 北海道電力株式會社 에서는 道内 쌀 生産 中心지대로 되어 있는 石狩川 石狩野를 立地로 하여 溫排水의 灌溉用水로서의 有效性을 確認하기 위해서 1966年, 1967년에 滝川 發電所에 近接한 農家와 滝川 農業개량 보급소의 協력을 얻어 溫排水를 灌溉用水로 利用하는 시험을 실시 하였다.

시험논은 378m²의 논을 3枚로 하고 이것을 2등분 하여 한 方向으로는 溫排水를 또한 方向으로는 보통 사용하던 揚水를 비교 시험하였다. 溫排水는 66年에는 6月 25日부터 8月 13日까지, 67年에는 6月 3日부터 8月 7日까지 每時 18톤의 溫排水를 連續 通水 하였다. 67年은 全道的으로 冷害를 받았던 해 였고 道内 平均 수확량은 平年작의 72.6% 이었으나 試驗田의 結果는 平年작의 83% (玄米 324kg/10a)인데 반해, 溫排水를 이용했던 田은 平年작을 大幅 上廻하는 108% (422kg/10a)의 수확을 얻었다. 즉 溫排水를 利用했던 논의 平均水温을 2~3°C 높

있던 것이 약 30%나 되는 수확량의 증가를 보였다. 또한 67년은 보기 드물게 高温多濕한 해였고, 道内農土의 平均水温이 農作이 될 수 있는 水温 範圍에 들었기 때문에 수확량은 前年과 별 차는 없었고, 溫排水를 利用한 논은 약 6%의 增收에 머물렀다. 따라서 쌀의 수확에 큰 影響을 미치는 夏期에 水温이 낮을時 發電所 溫排水의 利用은 큰 效果를 거둘 것으로 사료된다.

라. 暖冷房用

溫排水가 가지고 있는 熱量은 대단히 크나, 溫度가 낮기 때문에 實用에 곤란 하였는데, 低温의 열원으로 부터의 熱을 흡수할 수 있는 Heat Pump의 作動原理를 利用하여 溫排水가 가지고 있는 熱에너지를 회수하여 有效하게 이용하는 Heat Pump의 등장으로 溫排水의 暖冷房用의 利用을 가능하게 하였다. 이의 作動原理는 一般 냉동기의 原理와 같으며 低温의 熱을 잠열 형태로 利用할 수 있는 冷媒를 利用하는 것이다. 실제로 獨逸의 電力會社 Bayer Arzberg 發電所에서는 溫排水를 利用하여 Heat-Pump 에 의해 發電所로부터 1km 떨어진 水泳 Pool

과 400m 떨어진 學校에 暖房用으로 1980년부터 供給하고 있다. 또한 최근에는 이 Heat-Pump를 利用하여 앞에서 설명했던 각종 方法에 이용하려는 研究가 활발히 進行되고 있다.

III. 結 言

물론 溫排水의 利用에는 상당히 많은 기술적 및 경제적인 側面에서 어려움을 내포하고 있으나 未利用 열에너지의 有效活用이라는 側面에서 그 實用化는 큰 意義를 가지며, 또 發電所가 위치하는 自然環境의 特殊性과 地域社會의 要請들을 충분히 考慮하여 溫排水 利用을 積極的으로 推進하여야 될 것으로 사료된다. 따라서 當公社 三千浦火力발전소에서 84年 가을부터 溫排水活用을 위한 積極的인 方案으로 水槽를 18톤 규모로 3個를 설치하여 방어, 진주조개 및 전복을 飼育하는 實驗에 착수하였으며 또한 排水口에는 그물을 설치하여 은연어 및 참돔의 養殖實驗에 착수 하였으므로 이의 實驗 結果에 따라 전국 各 發電所에 溫排水의 利用을 적극 추진코자 한다. *

(27페이지에서 계속)

뿐만 아니라 公益企業으로서의 電力事業者는 3面의 責任이 있다. 즉 國家에 대한 責任, 國民에 대한 責任, 그리고 從業員에 대한 責任이 바로 그것이다. 이와같은 課題와 責任은 觀點을 달리한 同意語로서 電力事業의 영원한 經營目標이며 위에서 說明한 바와 같이 國家經濟發展의 基本이 되며 基礎가 된다. 이를 과거의 우리나라의 經濟發展 狀況과 電力事業成長을 比較하면 잘 알 수 있다. 즉 電力設備는 1984年末 現在는 1961年末에 비하여 38.6배,

販賣量은 39.6배 증가하였으며, GNP는 1983年度 現在의 總額(經常)으로는 1961년에 비하여 35.8배 증가하였다.

이러한 關係는 向後에도 지속될 것이 틀림없으며 電力事業의 內實을 겸한 外形上의 成長이 곧 國家經濟成長의 基本임을 깊이 인식하여 過去 우리나라가 經濟成長의 모델이 된 것과 같이 向後에는 電力事業者가 세계에서 가장 훌륭한 電力事業經營의 모델이 되도록 노력하여야 할 것이다.

참고자료

1. Management of the Electric Energy Business 1979. p 91~92 McGraw Hill Book Company, Edwin Vennard.
2. Ibid p. 91
3. Document of World Bank Nov. 16. 1984p. 63
4. 우리나라 에너지 需給의 國際比較分析 1982. p5~9 한국산업연구원 徐光晁

5. Management of the Electric Energy Business 1979. p 102
6. -Ibid p. 108
-Background Report on the Electric Future of China (Taipei) Japan and Korea 1983. RSI East West Center.

*