

地熱與廢熱之農業利用

施 河

國立臺灣師範大學生物系

一、概 說

能源已是許多國家共同亮起的紅燈，然史尼普斯及派爾（Snipes and Pile, 1978），則在報告中指出：對火力及核能發電的能源利用而言，估計僅33—40%的「熱能」轉變為「電能」，其餘六成以上的能量，皆以廢熱型式散失於人類生活環境中。哥斯（Goss, 1978）則認為情形更為嚴重：他估計，熱能在電廠僅12%被完全利用。上述情形，不徒熱能浪費，一旦廢熱散播在環境中，便嚴重形成威脅生物之熱污染（thermal pollution）。每個國家蘊藏的能源有限，使用時若真發揮不到一半效用，那該是多麼不經濟？多麼可惜？

美國聖地牙哥（San Diego）之瓦斯及電氣公司及南加州愛迪生公司之雷頓多（Redondo）發電廠的措施，就是一例，他們將電廠廢熱（Waste heat）有計畫地利用於養殖蝦類（Ford and van Olst, 1975），結果不但捕捉到一部份浪費的熱能，也減少了當地河川及海洋的污染，如此直接又生產一些人體需求的高級能量——動物蛋白。因此，如何利用廢熱，是值得今後我們研究發展的。

美日各國對廢熱利用早已重視，甚至已有專門機構，負責籌劃利用的工作（參閱附表一、二）。現簡介如下，提供參考：

1. 在農業方面：

(1) 使用廢熱，對抗寒冷氣候，以產生溫室

效應（greenhouse effect），可促進較高級之農產品及花卉等高價作物的生產，如各種蘭花、熱帶特有花種等。

(2) 可利用廢熱乾燥大量稻麥、豆類等穀物和其他菇類。

(3) 可利用廢熱發展微生物工業和使用於大量之發酵工廠

(4) 利用地熱製造沼氣，提供家庭、工廠使用。

2. 在水產養殖方面：

(1) 海水養殖：調節水溫，大量養殖經濟性高之水族，如蚵（oysters）、貽貝（mussels）、干貝（scallops）、龍蝦及高價之鮭（salmon）、鱒（trout）等。

(2) 淡水養殖：有鯰（catfish）、吳郭魚（Tilapia）、鰻、草蝦及其他水族等。

日本是一個自稱「食魚的國家」，但由於工業廢水污染河川、淺海，養殖業日趨供求不平衡，利用發電廠廢熱、溫泉熱養殖以提高魚類生長速率，改善魚類品質，都在努力實驗與利用中（日本原子力文化振興財團, 1975）（參見表二）。

二、臺灣熱能資源及其潛力

臺灣溫泉，熱泉很多，北有金山、陽明山、北投；中部有廬山、谷關；東部的知本，宜蘭的礁溪清水多處山區都有熱泉的分佈。整個來講，

臺灣地熱資源豐富，極具發展潛力。如大屯山地熱可達 293°C ，20 大氣壓，一旦腐蝕問題解決，估計可供 50—100 萬瓩的發電，又如最近宜蘭之清水地熱發電廠區，其蘊藏地熱能量之豐，就是明顯一例。此外，北部的核能發電廠已運轉生產，冷卻用之「溫排水」早已流入河海中；第二、三核能廠的相繼建立與使用，熱污染之害的防治如何規劃暫且不提，但對如何利用才經濟，廢熱之工農業利用的設計，該是值得立即進行的，否則讓豐富的能量，白白地流失於海洋與河川，實在可惜。

三、地熱可資利用於養殖業之幾種趨勢

溫泉區通常都是遊覽勝地，陽明山、北投、廬山；日本的熱海、箱根；西德的巴登巴登（Baden-Baden）；法國的維琪，就是以礦泉、溫泉而成為世界名都市。今後，我國有地熱、有核能電廠新興區，在可以規劃、發展為大都市大眾化的遊憩去處。如此不獨迎合人類欣賞自然或以療疾引入，也可在規劃設計下，成為夏季外之冬季的觀光市鎮；成為一個週末渡假及綜合性社教特區。

1. 利用地熱養鱷配合觀光：這是今後可資發展的一個方向（李，1979）。泰國北攏鱷魚湖的興建，造成了泰人老少皆宜又是國際遊客勝地（楊，1978）。單以鱷魚本身價值而言：

(1) 鱷皮可製皮鞋、皮帶、上流仕女皮包，更可帶動此類特殊皮革手工業之興盛；

(2) 整條爬蟲，可供作教育用標本、可當裝飾及紀念品；

(3) 鱷肉，民間認為是上好補品，實含高蛋白質；

(4) 鱷魚動物園可供生物科學研究及觀賞。

2. 利用地熱以培養觀賞用熱帶魚及推廣養殖：臺灣沿海熱帶魚盛產、種類也多。蘭嶼、綠

島、小琉球、恒春一帶常是日本商雇人攔捕之地。民間養的少數淡水種類——如紅劍、孔雀魚及神仙，賣地遍及美加歐非，唯商場上常與香港抗衡。實際上臺灣條件勝過港日，但全國竟無一規模相當完善、可資貯備純種以供觀賞和研究生產的地方。倘能在北部建立一個展示並繁殖本國產熱帶魚，同時也收羅世界各品種的中心，則除供國民怡情，也兼具生產與學術研究。這種多元目標利用地熱廢熱，是可供民間，善用廢熱能，使魚種過多並提早孵化魚苗的一個可行模式，作者在另一報告中設計的展覽室及孵化、研究室，就兼具此種多項功能。

3. 利用地熱生產魚蝦苗，實際參與農業生產

(1) 吳郭魚（*Tilapia* ; mouth breeder）：

Tilapia，這類世界性之「奇蹟魚種」，雜食性，生長快速，繁殖力極強，肉美而刺少，從經濟市場而言，將是我國淡水養殖魚類的主流，推想將由年產量 28,000 公噸，急速提高以為大眾化實惠之國民重要蛋白來源。基於這種需要，故今後除提高品質外，應重視如何以最少的飼料位能和消耗，來換取人類所需之最高級的營養料，因此，縮短魚孵化至可以市售之成體的生長時限，將是養殖上重要的課題，而地熱及廢熱能的利用應是解決的佳徑。

關於品種改良，由引進（1966）之尼羅吳郭魚（*T. nilotica*）與莫三鼻克種（*T. mossambica*）交配成體型較大，生長快的福壽魚（游，1974；郭，1975），及民國 62 年又由引進之奧利亞種（*T. aurea*）與 *T. nilotica* 雜交產生 *NA* 雜交改良種，使得養殖之產量至 1976 年均直線上升，幾為 1966 年之兩倍。然而在養殖成效上，因它們的繁殖力強：①無法克服魚群之過密（over crowding）；②營養供應不均；③無法控制成魚採收期；④雌魚因生殖生熟之能量浪費，致養殖成本偏高。所以單性養殖（monosex

culture) 應在我國急速推廣。應用類固醇 hormones 誘導吳郭魚「性轉」法,已有95%以上轉變效果 (Guerrero, 1975; Shih, 1979), 而利用魚種染色體特性以產生雜交產生雄性後代,更是可行而該努力的方向 (Fisherson, 1962; Pruginin et al., 1975; 李, 1979)。

目前本省除上述之 NA 雜交種養殖極具發展潛力外,紅吳郭魚 (*Tilapia sp.*, 又名:紅尼羅魚; Chi-Ka-Tai: 日語) (余, 1979), 這種廣鹽性之吳郭魚突變為紅色者,色味均近紅鯛,不論內外銷均具發展潛力,也勢必將會推廣至世界各國。

以上介紹之發展潛力種類,若要大量推廣,估計以達年產四萬公噸為目標,則至少需四千萬尾/年以上的魚苗。據報鹿港水試分所,每年四月可供百萬尾/年,為使:①充分供應需求,②配合南北各地時令;③控制好「魚種品質」與防病,有計畫地培養魚苗,提供業者所需並協助推廣魚業生產,利用地熱或廢熱能源,確實是一舉數得的事。

(2) 淡水蝦及苗生產:氣候條件限制非竹北以南地區養草蝦很慢。然,利用溫排水養蝦,且本之福井、茨城及山口縣已推展有年(參表二)。我國具有自然熱源之各地,如果利用以溫水養殖,將是養蝦界一大福音,並可以帶來今後冷凍食品之大宗出口機會。

(3) 寒(冷)水性高貴魚類種苗及其養殖:利用日光能以冷却水源或利用熱水蒸散及冷媒轉換熱能原理,製造冷水源,均將有可能在本省地熱蘊藏區實施,如此,符合養鱒之生長條件(水溫 13—18°C)許可時,將可推展生產鱒。

(4) 從事其他海水養殖之研究:不論以直接加熱(日本所用)或管道間接熱法(美國養蚶所採用),對下列高價水族的養殖都有利用前途。例如鮑魚、龍蝦、海水蟹蝦、牡蠣、比目魚等。

四、結 語

綜合所述,我國今後應有週詳的計畫實施與相當規模之園地的設立,則多元化熱能之工農業利用,將不僅是熱能的不浪費,而且熱污染也自然減少。其次,農業方面配合觀光,將有助於人性的陶冶及增強經濟的發展。

在利用地熱以生產種苗與養殖方面,目標可朝解除動物(魚)成熟與生長的季節性限制,並提供冬季生產、孵化及一段放養前之“加護飼養”的進行。在魚種方面,鱸、鯉、鱖、鯢等外,應大規模企業化進行吳郭魚養殖(特別應包括紅尼羅魚)。在養鱸方面,經作者分析結果,經濟效益極佳,故應在同一中心園地,規劃生產與觀光兩部份,利用間接加熱法(heat exchangers, 參 Goss et al., 1978),並於冬季開放提供民間之代養措施。

我國廢熱能的利用,特別是地熱的利用,應是多元性的,除用於發電機外,應聯合專家,設計乾燥工業、蒸餾工業及微生物工業和養殖業,做一系列的配合,才能期望做到一本萬利。作者寫這篇簡介,更盼望有興趣、有關人士共同注意與努力。

五、參考文獻

1. 郭河(1975)·福壽魚(改良種吳郭魚)之養殖。自「本省吳郭魚的種類與養殖方法」。(漁牧科學雜誌社編),29—36,台北。
2. 郭河(1978)·吳郭魚品種改良試驗。自「從莫三鼻克到紅尼羅魚」(養魚世界雜誌社),12—22,台北。
3. 李健全(1979)·吳郭魚的雜交育種。中華民國農學團體68年度聯合年會特刊。20—25。
4. 李鴻猶(1979)·地熱泉水之養鱸效應實

驗 (未發表資料)

5. 楊海泉 (1978) . 北欖養鱷魚湖, 文興印務局, 泰國。
6. 余廷基 (1979) . 嘉雲林區的吳郭魚單性養殖。自「從莫三鼻克到紅尼羅魚」。(養魚雜誌社編), 87 - 99。
7. Ford, R. F. and van Olst, J. C. (1975) . Use of thermal effluent in aquaculture. In "University of California Sea Grant Collage Program Annual Report 1973 - 1974". Sea Grant Pub, No. 41, 46.
8. Goss, L. B. and Madwell, C. E. (1978) . Power plant criteria for interface. In "Factors Affecting Power Plant Waste Heat Utilization" (L. B. Goss &

- L. Scott, eds.), pp. 91 - 97. Pergamon Press, N.Y.
9. Guerrero, R. D. (1975) . Use of synthetic androgens for the production of monosex male *Tilapia aurea*. Diss. Abstr. Int. 35 B: 1138 B, abser. order no. 74 - 19, 380.
10. Shih, S. H. (unpublished data).
11. Snipes, R. L. & Pile, R. S. (1978) . Interfacing between power plants and waste heat utilization system. In "Waste Heat Utilization for Agriculture and Aquaculture" (L. L. Behrends, et al.,) Vol. 2 pp. 1 - 21. Tennessee Valley Authority & Ele. Pow. Res. Inst. U. S. A.

表一 美國廢熱養殖利用計畫

機 構	培養系統	動物的種類
• Long Island Oyster Farms	種苗孵化場	牡蠣、蚌及干貝
• International Shellfish Enterprises	種苗孵化場	牡蠣、貝殼
• University of Maine	筏式 (浮筏式)	牡蠣、貽貝類
• University of California	筏式 (浮筏式)	牡蠣
• Northeast Utilities	種苗孵化室及筏式生產	牡蠣、干貝
• Texas A&M University Department of Wildlife and Fisheries Science	池養式, 水槽式, 籠檻式, 及孵化室	牡蠣、蝦及海 水魚
• University of Connecticut	籠檻式	牡蠣
• Marine Department of Marine Resources	筏式 (浮筏式)	牡蠣及貽貝類
• San Diego State University	水槽式, 孵化場及 飼養池	龍蝦、星點鱷
• Ralston Purina Company	池養式	蝦類
• Texas A&M University Agriculture Extension Service	池養式	蝦類
• University of Miami	池及湖沼	蝦類、北美鯉
• Maine Salmon Farm	渠道式	鮭、鱒類
• Weyerhaeuser Company	孵化場	鮭類
• Alaska Department of Fish and Game	孵化場	鮭類

• University of New Hampshire	水槽式	比目魚
• Public Service Electric and Gas Co., Trenton	水槽式、水溝式及	淡水蝦、鱒、
State College Rutgers University	池養式	鰻、鯰、呈點鱸
• Tampa Electric Company	水槽式	海魚
• Farm Fresh Shrimp Company	水槽式	淡水蝦
• Texas Electric Company	水槽式	淡水蝦、鯰、吳郭魚
• University of Nevada Reno	池養式	海水與淡水蝦
• Tennessee Valley Authority Cal-Maine, Inc.	水溝式	鯰
• Kansas Gas and Electric Company	池養式	鯰
• Kansas Power and Light Company, Kansas	池養式	鯰
State University		
• Aquarium Farms Incorporated	水槽式	鯰、吳郭魚
• Kraft Incorporated. Franklin Institute Laboratories	水槽式	
• Cultured Catfish Incorporated	籠檻式及水槽式並用	鯰
• Texas A&M University, Department of Wildlife	籠檻式	鯰
and Fisheries Science		
• Mississippi Power and Light Company	籠檻式	鯰
• Clemson University	籠檻式	鯰

表二 日本溫排水利用於水產養殖簡介

名稱及地點	試驗面積 (m ²)	重要養殖	溫水供應源
1. 茨城縣溫水養魚開發協會	2,300	鯛、鰻及蝦類	日本核能東海發電所
2. 福井縣水產試驗場	870	鯛類、比目魚及蝦類	日本原子力發電 (株) 敦賀發電所
3. 靜岡縣溫水利用中心	270	鯛、比目魚、鰻及蝦類	浜岡原子力發電所
4. 東北電力、東北發電工業、 蚶研究所 (聯合)	520	鯛及鰻之魚苗培養	仙台火力發電所
5. 尾鷲三田火力發電所	180	鯛及蝦類	中國電火
6. 山口縣火力發電所	70,800	鰻、蝦	下松火力發電所
7. 九州林產 (株)	7,000	鰻、蝦	九州大村發電
8. 四國電力 (株) 松山火力發電所	9,000	蝦類	松山發電所