

江頭及其魚類放射性之研究

STUDIES ON THE FALLOUT OF THE FISH AND WATER IN CHIANGTOU

施 河

SHIH HO

一、引 言

由於長崎、廣島兩枚原子彈爆炸後，即時死亡的恐怖，和以後對於該地人類、生物在生理生態上奇異的變化叢生，因此，引起了吾人研究放射性物質的注意與必要。

從西元 1945—1958 年，美、蘇之核子試驗，甚至是法國 1960 年的核爆以後，大氣中的輻射塵量漸次增加。西元 1962 年，蘇俄竟在短短三月中爆發三十次以上的核彈，十月三十一日一次（1961）五千萬噸級大氣層核爆後，使得北半球幾乎到處都有多量輻射塵的飄落。臺灣上空之多，空前罕有，因此引起作者對此問題的注意。

在動物方面：Ibaraki (Japan) 曾首先在骨頭及食物樣品中發現了 Ce^{144} 、 Sr^{90} 等放射性物質。從 Hinuma Marsh 的蛤 (Schizimi, Carbicura Sp.) 中，更找到了高單位的放射量物質^{*⑩}。臺灣雖然不是在 Ground Zeros^{*⑧}附近地區，但或由於多年輻射塵的降落，生物不無有所影響。作者想就自然生存的魚類中，檢查魚肉、魚骨中放射量有多少？其吸收率如何？它對生理生態上有何影響。有關這些問題就是本實驗的動機和目的。

本研究承蒙 繆端生教授之懇切指導與督促，特表示衷心的謝意。又承臺灣省氣象所研究課呂世宗先生、陳福來君以及生物系林玉鐘先生在實驗儀器及用品上極力的協助供應與鼓勵，特誌於此，藉表衷心的謝忱。

本文對於測定方法，尤其是儀器使用法，原無記述之必要，但在臺灣知者尙少，特詳細記述，備後人參考。

二、測定方法與結果

(一)材料來源：

1. 地點：江頭（關渡）水域位基隆河、新店溪、淡水河會流處，下通淡水河注入臺灣海峽。因此，一方面可捕到從淡水性生活環境中長大而來的魚類；另一方面又

可捉到純粹從海水中生長的魚類以及在海、淡均可適存的魚類作為研究的材料。
如此，便能從實驗中求到牠們之間的比率及其吸收異同的傾向。

2. 魚的種類*⑤：

- (1) 斑海鯰 *Arius maculatus* (Thunberg) 又名成仔魚，臺灣西海岸及仙頭均產。

[絲鰭目 Nematognathida 海鯰科 (Sea catfishes)]

- (2) 佛吉鯰 *Mugil vaigiensis* Quoy & Gaimard 產於臺灣淡水。

[金梭魚目 Sphyraenida 鯰科 Mugilidae]

- (3) 長身鰻 *Leiognathus elongatus* (Günther)

[鯖形亞目 Scombroidei 鰻科 Leiognathidae]

- (4) 鯽魚 *Carassius auratus* (L) 產於全島淡水河川裏。

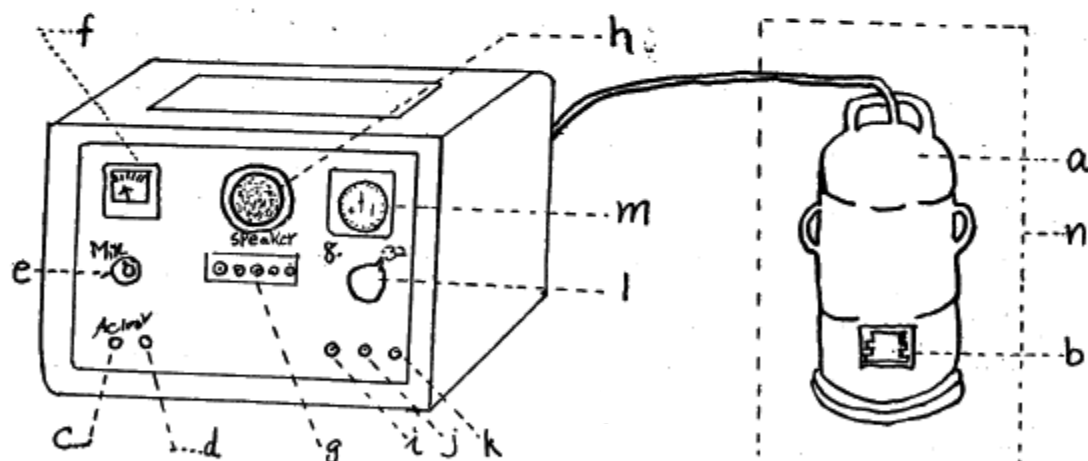
[內鰭目 Eveugnathida 鯉科 Carps]

二) 儀器使用法：

1. 儀器：採用日本科學研究所株式會社製造之蓋氏計算器。

Radiation Counter Model 32 No. 55026

Scientific Research Institute, Ltd. (Tokyo)



a 鉛測定台 e. GM管供給電壓調整

b 試料台 f 供給電壓指示器

c 電源開關 g 真空管

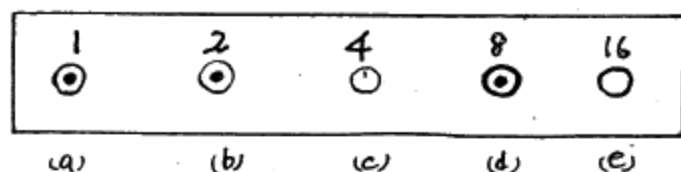
d 指示燈 h 喇叭

i 喇叭開關 m. 錄數器

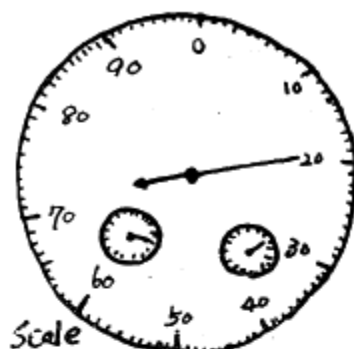
j. 結果喇叭 n. 鉛塊牆

k 記錄開關

l 單位置換開關



儀器模式圖 (≡) g. 及 m. 之擴大



2. 操作說明*③:

先以製備好之 U_3O_8 標準樣品置於 a 內 b 試料臺上，經多次以不同的高電壓（控制 e 使由低度電壓而漸次試到高電壓），測定儀器對電壓的穩定度，求其最適電壓區，以供使用。

- (1) 裝置好 a. b. 及 n 後，開電門 c 觀察 d 是否亮。
- (2) 待 d 亮後扭動 e 校正 f 上的指示針於最適電壓（因各儀器不同，故事先須做好最適電壓曲線）。
- (3) 將喇叭開關 (i) 開後調整 l 使至 32 處，再依次開 j. k 兩開關，並於開 k 之同時記錄開始測定的時間（分鐘）及 m 表上的起始數字。
- (4) 到達時間後（每次以 10 或 20 分鐘為單位）閉 k，求出 m 之格數和 g 處的亮燈號數。

(5) 計算式如次：

$$N = \frac{M \times 32 + M'}{T} \dots \dots \dots (3.1)$$

N 每分鐘的 Count

T 分鐘

M m 處之移動總格數

M' G 處亮燈上數字之總和

實例：如模式圖(≡)所示

$$T = 10$$

$$M = (20 - 0) = 20 \quad (\text{由 } 0 \text{ 開始記起})$$

$$M' = \textcircled{a} + \textcircled{b} + \textcircled{d} = 1 + 2 + 8 = 11$$

$$N = \frac{20 \times 32 + 11}{10} = 65.1 \text{ cpm} \dots \dots \dots (3.2)$$

[註] 最後必須將 cpm 換算為居里 (c) 單位。

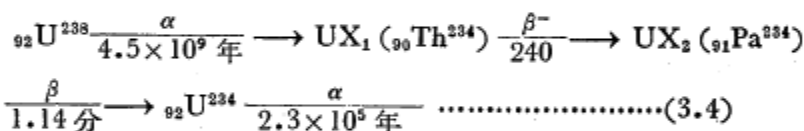
3. 自然計數及真正樣品計數

只測定一次樣品所得的計數 (如 3.2)，並不能就代表該樣品 (Sample) 中所含實有的放射量多少，因放射線源中，我們必須考慮到 back-ground 的存在。所謂自然計數就是指 back ground 測定量的計數。因此在測定 Sample 實有計數之前後，至少得測定兩次以上之 back ground 的計數 (N_1 和 N_2)，然後再從含有 Sample 測得的全計數 (N_t)，減去自然計數的平均值，其結果才是真正 Sample 實得之計數 (N_s)。以公式示之則：

$$N_s = N_t - \frac{N_1 + N_2}{2} \dots\dots\dots (3.3)$$

4. 從計數 cpm 求 dpm

(1) 原理：因儀器等數值的計數，並不就等於 dpm 數，是故，求取計數與 dpm 間的關係乃屬必要的事。一般的方法是採用 U_3O_8 做為標準試料，其原理如下*③：



今以 N_0 表放射性元素 1g 中的原子數， λ 表崩壞常數， M 為原子質量數， m 是以 1 質量單位所測的質量數，而 $T_{\frac{1}{2}}$ 為半減期 ($T_{\frac{1}{2}} = 0.693/\lambda$) 時得式為：

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 = -\lambda \frac{1}{M \cdot m} = \frac{-0.693}{T_{\frac{1}{2}} \times M \times m} \dots\dots\dots (3.5)$$

以 U^{238} 則， $T_{\frac{1}{2}} = 4.5 \times 10^9$ 年， $M = 238$ ， $m = 1,661 \times 10^{-24} \text{g}$

$$\frac{dN}{dt} = 1,236 \times 10^4 \text{ dps}$$

而 U_3O_8 則為：

$$\begin{aligned} 1,236 \times 10^4 \times M'' \times \frac{238 \times 3}{238 \times 3 + 16 \times 8} &= 1.048 \times 10^4 \times M'' \text{ dps} \\ &= 1.048 \times 10^4 \times M'' \times 60 \text{ dpm} \dots\dots\dots (3.6) \end{aligned}$$

例如 $M'' = 37.7 \text{mg}$ 時， UX_2 之崩壞數為 500 dps

2. 由 cpm 求 dpm 的方法

將 20.2mg 之 U_3O_8 置計算器中求得其真正計數為 Sc

$$\text{則 } 1\text{cpm} \div \frac{1.048 \times 10^4 \times 20.2 \times 60}{\text{Sc}} \text{dpm} \dots \dots \dots (3.7)$$

而由 (3.2) 便可求出試料 (Sample) 之放射量數 (dpm)

(三)有關放射能單位之說明 (參照 1958 年國際放射線單位會議報告及*①)

1. 居里 (c)——以每秒或每分鐘的蛻變數 (崩壞數) 評量放射性物質之大小。

(1) dps (disintegration per second) 每秒之蛻變數

(2) dpm (disintegration per minute) 每分鐘之蛻變數

(3) cpm (Count per minute) 每分鐘之計數率

(4) Curie 相當 1g 之釷 1 秒間之蛻變數

$$1\text{c} = 3.7 \times 10^{10} \text{dps} = 2.22 \times 10^{12} \text{dpm}$$

$$1\text{mc} = 3.7 \times 10^7 \text{dps} = 2.22 \times 10^9 \text{dpm}$$

$$1\mu\mu\text{c} = 3.7 \times 10^{-2} \text{dps} = 2.22 \text{dpm}$$

2. 倫琴 (r)——roentgen 表示放射線之照射線量 (dose) 的單位，為僅適用於 X 及 γ 線的單位。 $1\text{mr} = 10^{-3}\text{r}$

(1g 之 air (S.T.P.) 1 r 之 γ ray 的吸收能量為 83.8 erg)

3. 羅德 (rad) roentgen absorbed dose —— 表示一單位質量任何物質吸收之放射線之能量。 1g 吸收 100 (erg) = 1 rad

4. rem (roentgen equivalent man)——以 1 rad 之吸收線量，對生物效果的線量單位 (組織線量)。

5. R.B.E. (relative biological effectiveness) 生物學的效果率：——表示放射線對生物學的效果之程度的值。

放射線之生物學的效果率比較表

放射線的種類	R. B. E.
x、 γ ray	1
β	1
α	10

$$\text{R.B.E.} = \frac{\text{rem}}{\text{rad}}$$

各種放射線對同一生物組織照射所激發的感應各異。故如以某種放射線之感應為標準，便可求得他類放射線之生物學的感應率 (效果率)，由此比例便可表示出某種放射線，對生物體之危害程度的高低。

(四)水及魚身放射量之測定與結果

本實驗從 1962 年 3 月 25 日起至 1962 年 5 月 21 日止。約每隔 15 日測定一次，共計五次（或因雨季無法如期，蓋因下大雨，則魚無法捕到。）

1. 江水的測定：

(1) 蒸發乾固法

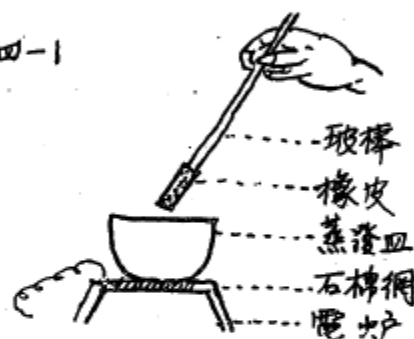
雨水或河水因鹽分含量不多，適用此法。

A. 濃 縮

(a) 將量好之 1 公升 (l) 江水置蒸發皿中，放於隔石棉網的電爐上徐徐蒸發，以防水生氣泡飛散。（參照圖四—1）

(b) 準備一根玻璃棒，一端套上橡皮，圖四—1
備隨時洗刷沾於蒸發邊緣的乾固物。

(c) 操作中注意外界塵埃的混入，直到試水濃縮至 10cc 以下為止。



B. 試料皿上的固定

(a) 將鋁製的圓形試料皿（直徑 2.5cm；高 0.8cm）洗滌乾淨並烘乾。

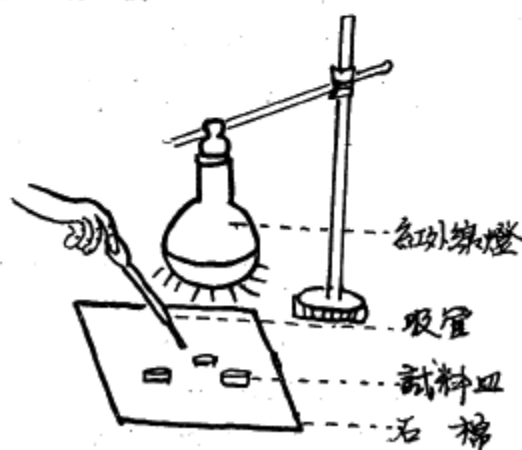
(b) 置此試料皿於紅外線燈下約 15cm 處，皿隔一層石棉，置於甄瓦上加燈照熱（如圖四—2）。

(c) 用滴管吸取濃縮的試水，一滴一滴的加於試料皿底上，使其平均，而不沾染到皿內側，每次快全乾時再加入第二滴。

(d) 勿急熱而使水滴跳出或沾污於皿器內側。

(e) 重複多次用蒸餾水和玻璃橡皮棒洗滌蒸發皿，將其水仍固定於試料皿底，如皿內側被沾，也須洗去使固着於皿底為宜。

(f) 將固定好之試皿置於 Radiation Counter 器中測定之。



試料皿裝置圖四—2

(2) 海水放射能測定法*③

適用於含鹽分多的試水。

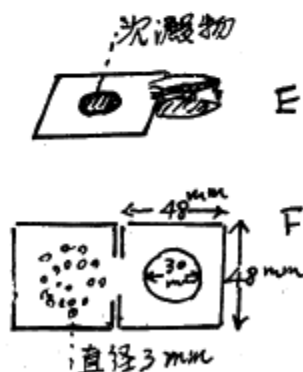
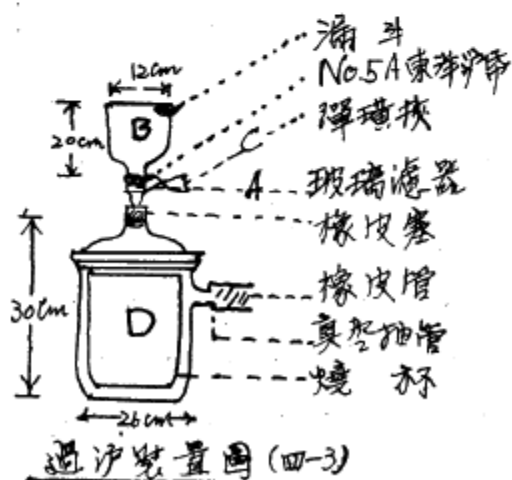
A. 試藥調製：

- (a) 鐵明礬水—鐵明礬 86.3g 溶於蒸餾水 1 l 中。
- (b) 氯化鋇水—17.8g 溶於 1 l 之蒸餾水中。
- (c) 氯化銨水—2g 之氯化銨溶於 100ml 的蒸餾水中。
- (d) 氨水—用 dist water 稀釋濃銨水 (28%) 至 2 倍為止。
- (e) Phenol-phthalein 水—取 1g 之 Phenol-phthalein 溶於 C_2H_5OH 100ml 中。

B. 海水試料之調製：

- (a) 取海水 1 l 於大燒杯中，並加入 NH_4Cl 2g，鐵明礬水 1cc；氯化鋇水 1cc 然後充分攪拌。
- (b) 加溫至 $60^{\circ}C$ — $70^{\circ}C$ 後加入 Phenol-phthalein 水 2cc。
- (c) 將 NH_4OH 水慢慢滴注至 pink 色呈現，以使鐵等物質充分沈澱。
- (d) 爲使充分沈澱，加熱 2 分鐘後置於室溫 (room temp.) 數小時。
- (e) 沈澱後用 0.5A 濾紙過濾之。

(裝置如圖四—3；四—4)



(f) 過濾時仍須以氨水及橡皮玻璃棒洗滌漏斗 (B)，使塵粒完全沉留在濾紙上。

(g) 待水全濾完後約 2 分鐘，取下濾紙夾於烘乾夾 (E) 內烘乾之。(惟須注意不使沈澱物龜裂。)

(h) 若海水中放射能極弱而必須用多量海水時，其補救法如下：

① 先取 1 l 試水加入 0.5ml 之氯化鋇水溶液 (前法之半) 煮沸沈澱傾出上澄液後，以少量之 HCl (6N) 溶解殘餘之沈澱物。

② 再取 1 l 試水加入 0.5ml 之氯化鋇水溶液和前所溶解的剩餘沈澱物，仿上法操作。

③ 如此反覆數次，再用真空抽管法 (四—3；四—4) 製成測定樣品，以供測定。

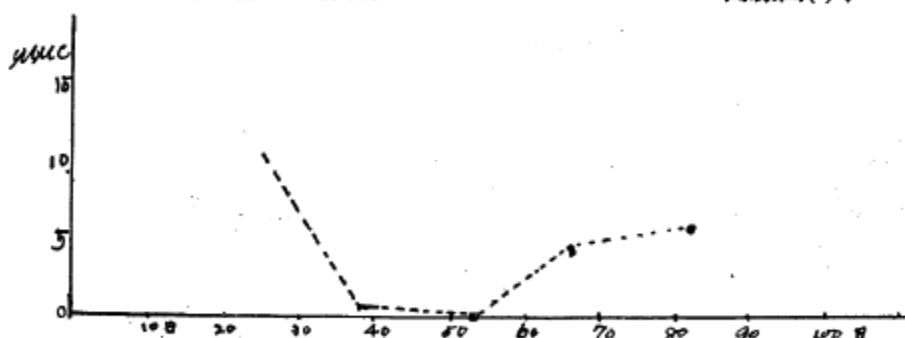
(3) 測定結果：

(表一)

日期	試品編號	每 l 中的放射量 ($\mu\mu\text{C/l}$)	備註
3.25	W ₀	11.3	號數中 W 示水樣品，數字示測定次序 (蒸發乾固法)
4.7	W ₁	0.5	海水放射能測定法
4.22	W ₂	0.0	海水放射能測定法
5.6	W ₃	4.6	海水放射能測定法
5.21	W ₄	5.9	海水放射能測定法

由上表結果可以得到以下的曲線

曲線圖(→)↓



第一次測定 (W₀) 剛在數日雨後，而水中放射能達最高點。W₂ (4 月 22 日) 久旱水中鹽度大且放射量顯著減少至零。由此可見江頭水中放射能乃受雨水 (間接來自空中原子塵) 影響最大，至其溶解度多少，尚須與空中原子塵量相對比，方能得知。

2. 魚體放射量測定：

(1) 方 法

- A. 將魚用蒸餾水洗淨後，秤每條魚濕時總重量。
- B. 加溫分離其骨及肉（包括鱗片）為兩份試料，分別秤得其重量後，裝於耐高溫之瓷乾鍋中。
- C. 將乾鍋加蓋編號，置於 1500v 電壓之加熱器內燒成灰（約 10 小時左右呈白色）。
- D. 將成灰研為粉末後，分別秤其灰重量。
- E. 各秤其 100mg 灰，均勻置於測定皿之皿底。
- F. 用標準 U_3O_8 測定儀器感應度——求 1 cpm 與 dpm 的相當數，並分別求其自然及樣品試料之計數 (Counts)。
- G. 代入公式，求所有該樣品 (100mg) 之全部骨、肉中的放射量。

(2) 結 果：

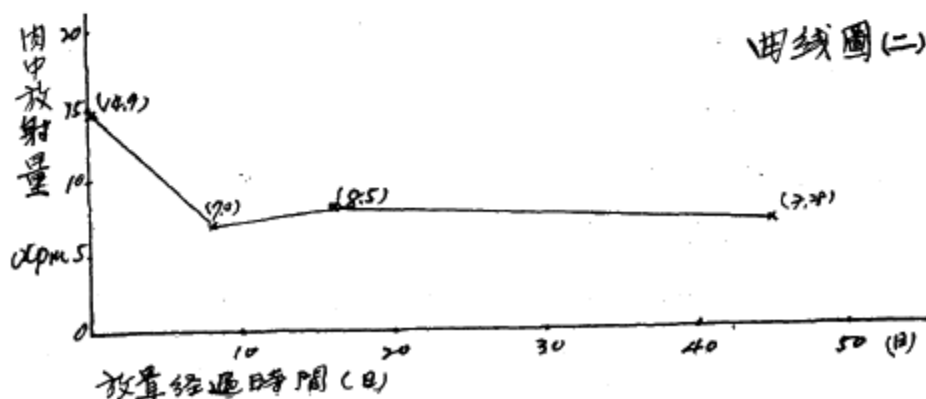
按上法共得五次之測定結果如次（第一、二兩次均僅測定其肉中放射量）。

A. 第一、二次測定結果如下：

(表二)

日 期	次 序	編 號	每 100mg 中的 dpm	每 1 g 肉灰中的 $\mu\text{uc/g}$
3.25	1	No. A-0	8.59	38.6
4.7	2	No. A-1	15.50	69.8

- B. 將 No. A-1 於相隔不同日期，分別再測定其量後，又可得到如下的曲線。由此推知該肉中所含之放射性物質，其半生期 (Half life) 相當長（至少半量以上是如此）。



C. 以骨及肉分別測定之結果：

C—(a) 第三次測定如下：

(表三)

次序	日期	種類	魚肉灰 ($\mu\text{mc/g}$)	魚骨灰 ($\mu\text{mc/g}$)	備註
第3次	4.22	混合	74.65	30.45	本日江水放射量測定結果為零
第3次	4.22	長身鰻	M-3 39.9	B-3 31.0	本日江水放射量測定結果為零

C—(b) 第四次測定如下：

(表四)

次序	日期	種類	魚肉灰 ($\mu\text{mc/g}$)	魚骨灰 ($\mu\text{mc/g}$)	備註
第4次	5.6	長身鰻	M-4 57.0	B-4 18.01	分別每條測定
第4次	5.6	長身鰻	M-5 80.5	B-5 41.6	B代表骨灰
第4次	5.6	長身鰻	M-6 52.9	B-6 18.01	B代表骨灰
第4次	5.6	佛吉鰻	M-7 83.7	B-7 32.6	B代表骨灰

C—(c) 第五次測定如表：

(表五)

次序	日期	種類	魚肉灰中含量 ($\mu\text{mc/g}$)	魚骨灰中含量 ($\mu\text{mc/g}$)	備註
第5次	5.21	長身鰻	M-8 78.4	B-8 56.8	分別每條測定結果
第5次	7.21	佛吉鰻	M-9 137.8	B-9 112.2	分別每條測定結果
第5次	5.21	鯽魚	M-10 108.1	B-10 102.7	分別每條測定結果
第5次	5.21	斑海鯰	M-11 108.1	B-11 59.5	分別每條測定結果

(a) 表五所示，佛吉鰻對放射性物質的吸收，不論骨中或肉裏，都似比長身鰻吸收的多。

(b) 由上表並見鯽魚肉及骨頭對吸收放射性物質，似乎有同等的能力；但斑海鯰骨與肉間的吸收率，則有差異了。

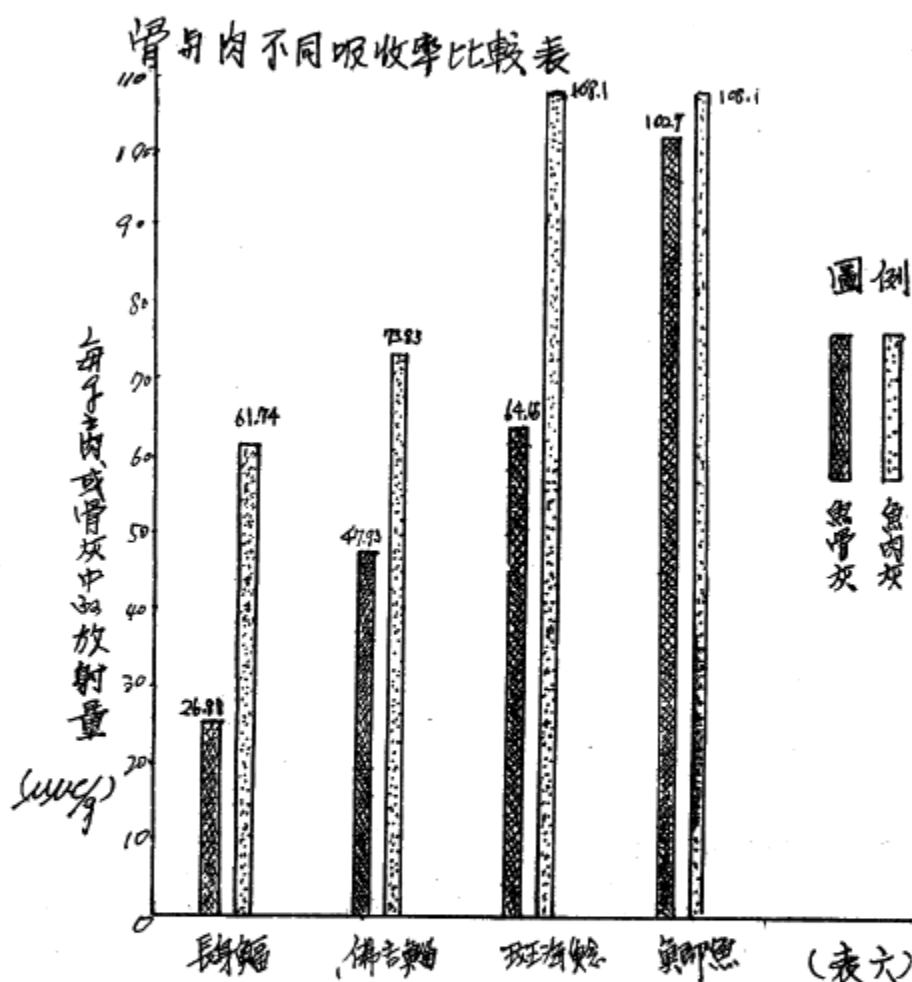
D. 今由表一至表五之各個統計中，得到各種魚類吸收量的平均值，並得比較圖如下：由下表可知下列諸事實

(a) 長身鰻骨的吸收率最低，而且骨與肉吸收的差度也最大(約 1 : 2.29)

(b) 鯽魚為淡水魚類，但其吸收率，則肉與骨相仿，又是四種魚中吸收率

最高的。

(c) 一般而言，肉中的放射量較之魚中為多。

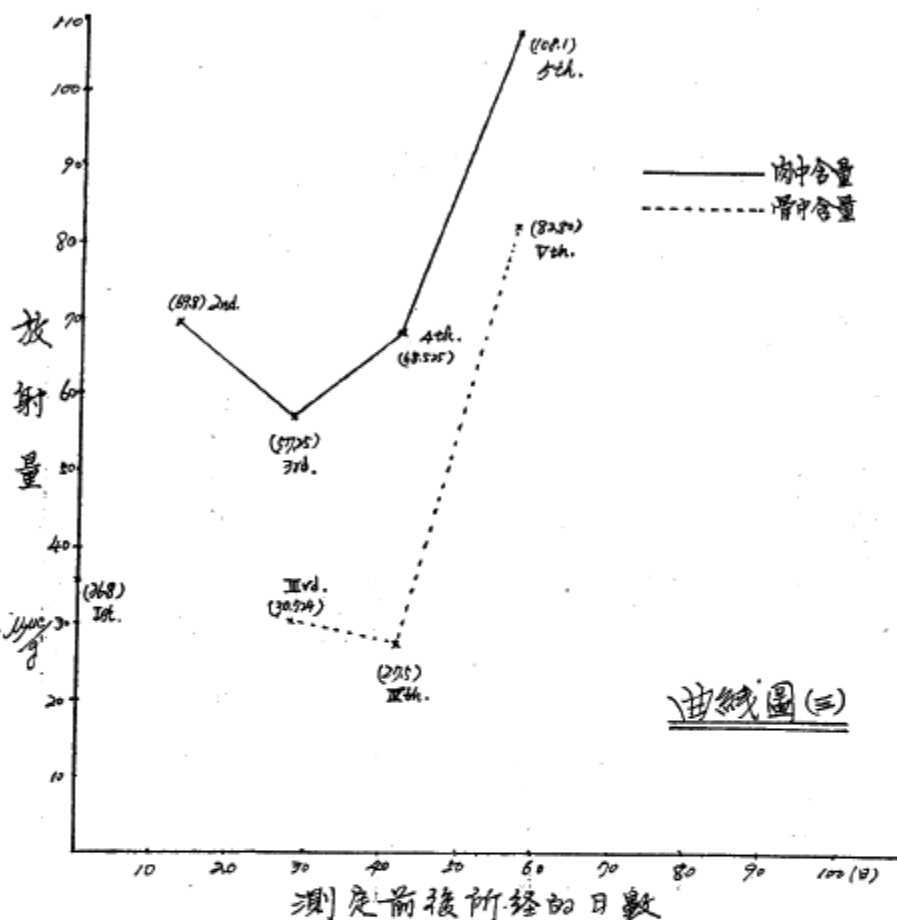


E. 就各種魚骨和魚肉放射性含量的不同，若以肉內含量為標準單位，可得到簡單比率為：

(表七)

魚的種類	長身鰻	佛吉鰻	斑海鯨	鰻魚
吸收比率	0.435	0.649	0.598	0.950

F. 各次測定之魚骨及肉中含量的變化情形（參見表一）。



(五)其他生態因子之測定及結果：

爲明瞭此水域中，同時存在之各生態因子間是否有其相互的關係，又做了下列數種測定。

1. 測定項目：

- (1) 氣溫及水温。
- (2) PH 值：PH 紙比色法。
- (3) 水中 CO_2 含量測定：本研究室，向用重量法，現改用滴定法，其手續如次：
 - A. 試水 5cc 加 phenolphthalein 作 Indicator
 - B. 用 $\frac{2}{100}\text{N}$ 之 NaOH 滴定至呈現 pink 色之前一滴，得此 NaOH 消耗量(cc)
 - C. $\text{CO}_2 = \text{NaOHcc} \times 176 \text{ ppm}$

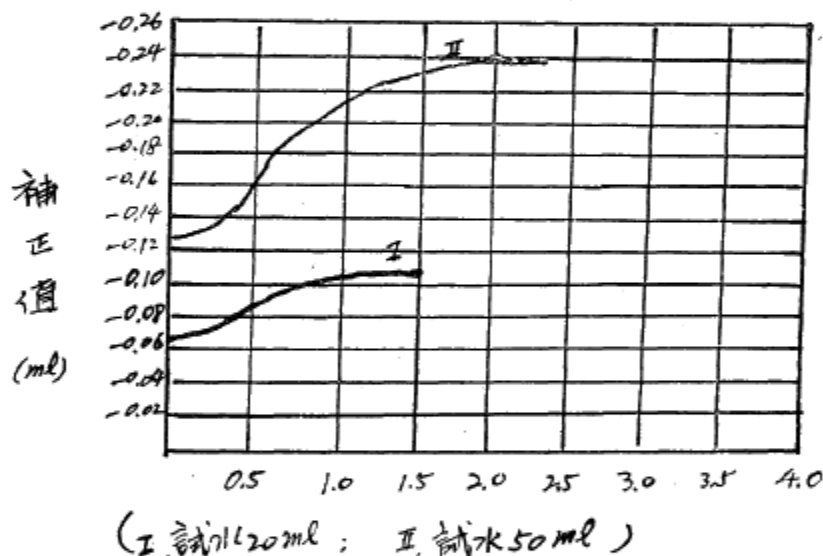
(4) 水中 Salinity 之測定*②：參照三宅法及 L. W. Winkler 法

2. 一般環境生態因子測定結果

(表八)

次 序	日 期	溫 度 °C		PH	CO ₂ (ppm)	Salinity (%)	水中放射量 ($\mu\text{C/L}$)
		氣溫	水溫				
1	25/3	19	14	5.8	8.800	0.532	11.25
2	7/4	29	20	6.0	7.480	13.175	0.51
3	22/4	27	21	6.2	5.369	7.750	0.00
4	6/5	25	22	6.0	7.920	11.100	4.61
5	21/5	32	26	6.4	10.340	2.500	5.94

*根據三宅法求 Salinity 所用的滴定補正曲線



三、討 論

(一)除自然放射性物質外，生物體積有的放射性物質大都來自原子塵，故空中、水裏放射塵的多寡影響到生物體吸收量的多少。因此，空中含量的增減當與核爆區、核彈類型、氣流等等都是密切相關的，茲將各核爆區放射塵到達臺灣上空的期間錄於后

*③：

聖誕島： 4—5 週 (U.S.A)

內華達： 2—3 週 (U.S.A)

新地島：3—7日 (England)

貝加爾湖：2—3日 (U.S.S.R.)

比基尼：1—2週 (U.S.A.)

巴爾克斯湖：3—7日 (U.S.S.R.)

約翰斯敦島：4週左右 (U.S.A.)

沙哈拉：5—10天 (France)

(二)放射塵降落於地中土壤後，放射塵中主要之 Sr^{90} 在 5cm 厚即被吸收 70% 以上。而 Sr 與 Ca 性質相同，不管直接、間接被吃後，即易沈澱於含有鈣質之石灰組織與存積於骨骼中。惟土壤中的 10%—30% Sr^{90} 被固定的有 70%—90%，可被植物置換吸收。因此 Ibaraki (Japan) 及 Hinuma Marsh 得到之軟體動物及動物骨中，放射性的存在是有道理的。附表參考*⑩：

1. Result of Ce^{144} & Sr^{90} analysis of different environmental samples.

(表九)

樣品	日期	Wet Wt. Ce^{144} ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Sr^{90}		Cj^{144} ($\mu\text{g}/\text{g of ash}$) Sr^{90}	
土壤深度 (0—10cm)	1960.1	(2670±59)*	(130±20)*	(2.76±0.06)*	(0.13±0.02)
菠菜	1960.3	49.1±3.4	21.2±2.1	2.50±0.17	1.1±0.1
蘿蔔根	1960.3	9.9±5.0	12.4±1.0	1.5±0.8	1.98±0.16
烏賊 (全身)	1960.2	77±9.0	1.6±0.6	4.67±0.56	0.10±0.038
鯉骨 (Crucian carp bone)	1960.4	31±10	705.8±8.1	0.30±0.10	6.937±0.08
混合動物骨 (牛、馬)	1960.1	932±24	920.3±60	3.10±0.80	30.98±0.20
蛤肉	1960.6	680±3.6	2.8±0.8	15.4±0.80	0.65±0.19

* 表示乾的樣品

2. L. A. Krumholz 1957 對海產物總九十含量的報告。

(表十)

海產物的種類	藻類	無脊椎動物		脊椎動物	
	全部	軟組織	硬化組織	軟組織	骨部
濃縮系數	20	10	1000	1	200

(三)1. 動物對 Cs^{137} 之新陳代謝較 Sr^{90} 為快。動物體肌肉對 Cs^{137} 之吸收率頗大，惟排泄率亦高。

如：牛奶每天約可排出 13%。

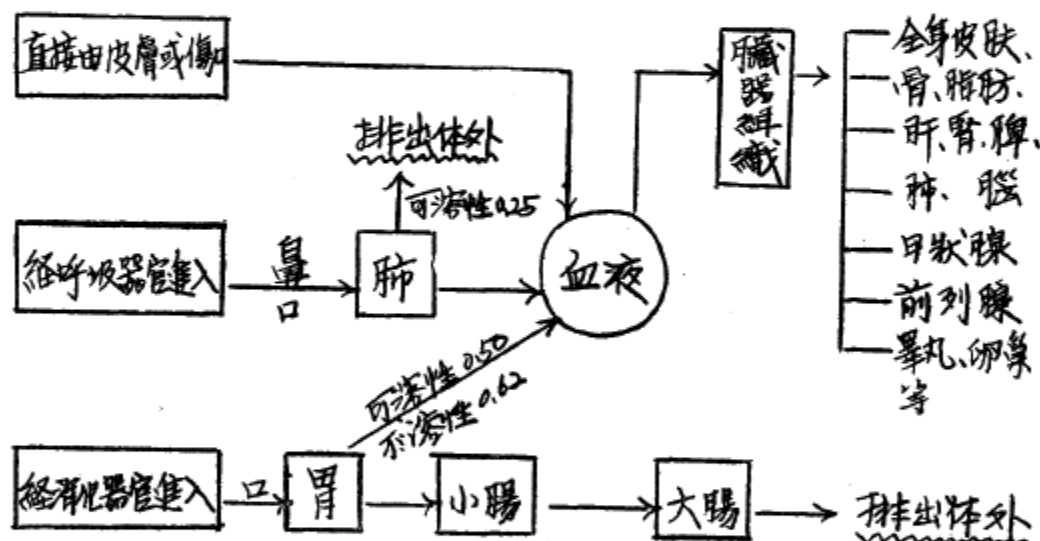
2. 其他 I^{131} (半生期甚短) 及 Ce^{144} 對水域生物之濃縮度較高, 對海產生物影響較大。而 Ni^{65} , Nb^{95} , Ru^{106} , Rb^{108} , Y^{91} 等則有直接污染海產動物的性質。

3. 中子線誘發之放射線如: 鈷、鐵、錳、鋅、銻等放射同位素, 不易被植物所吸收, 但對海產生物污染却高。

(四)一般生物及魚體中放射性物質的轉移情形, 可以下表示之:

魚類不行空中呼吸, 故大都吸收了可溶性放射性物質。然因其有鱗片, 難直接由皮膚途徑進入血液中, 因此由消化道進入之泥土、有機物或他種生物, 方真正是屬它主要來源。

(表十一)



(五)若為更進而研究主要放射性物質種類對海產生物之食物鏈 (Food chain) 轉移方向, 則可求得其濃縮率 (C.F.) 示之*④⑤。

$$C F = \text{生物體安定元素濃度} / \text{海水中安定元素濃度}$$

$$\text{或者 } C F = \text{生物體中放射性核種濃度} / \text{海水中放射性核種濃度}$$

(六)表六, 骨與肉吸收率之比較中, 看出鯽魚骨、肉中放射性含量都高於任何海生的其他三種魚類, 推知淡水魚似較易從河床、土壤食物或河水中感染到放射性物質。

(七)人類對各部位感染同位元素之放射侵害, 曾有研究及規定* (表十二) 並限制; 然魚類在什麼情況時, 會被傷害到何種程度? 即其生理生態會怎樣變化和如何適應? 當

有待我們詳加研究。

* 國際規定：人在水及空氣中之最大許可濃度

(表十二) *①

放 射 性 物 質	侵 害 器 官	最 大 容 許 量	
		水 中 ($\mu\text{c/cc}$)	空 氣 中 ($\mu\text{c/cc}$)
H ³	全 身	0.2	10 ⁻⁵
Be ⁷	骨 髓	2 × 10 ⁻²	3 × 10 ⁻⁶
C ¹⁴	脂 肪	3 × 10 ⁻³	10 ⁻⁵
Ca ⁴⁵	骨 髓	10 ⁻⁴	8 × 10 ⁻⁹
Sr ⁸⁹	骨 髓	7 × 10 ⁻⁵	2 × 10 ⁻⁸
Sr ⁹⁰ + Y ⁹⁰	骨 髓	8 × 10 ⁻⁷	2 × 10 ⁻¹⁰
I ¹³¹	甲 狀 腺	6 × 10 ⁻⁵	6 × 10 ⁻⁹
Cs ¹³⁷ + Ba ¹³⁷	肌 肉	2 × 10 ⁻³	2 × 10 ⁻⁷
Ra ²²⁶ + 50%dr	骨 髓	4 × 10 ⁻⁸	8 × 10 ⁻¹²
U ²³³ (sol)	骨 髓	3 × 10 ⁻⁶	3 × 10 ⁻¹¹
(insol)	肺 臟	3 × 10 ⁻⁶	3 × 10 ⁻¹¹
Any fission mixture($\beta \cdot \gamma$)		10 ⁻⁷	10 ⁻⁹
Any mixture of alpha emitters		10 ⁻⁷	5 × 10 ⁻¹²

(八)放射線對細胞照射，非但具生理、生化、形態學上的影響，同時對分裂細胞組織更是敏感*①。

由 H. J. Müller (1927) 研究 X ray 照射生成基因突然變異 (Gene mutation or point mutation) 成功而得之「一 hit 一切斷」的 Hit theory (Target theory)，藉知：「電離放射線的粒子，若直接命中染色體或遺傳基因時，染色體則被切斷而基因飛散」。所謂生殖細胞經放射線足夠強度 (51.1 r/min) 後，即會產生遺傳變異，其原因即在於此。

故累積於生物體各部細胞中的放射性物質，不但可造成個體生理異常，如癌症 (Cancer)、死亡，更也影響到其後代子孫。

分裂細胞受到放射照射可呈現兩種異常：

1. 第一次影響 (生理學的)：細胞中 RNA → DNA 之交替被阻，RNA 蓄積起來，重疊的核酸壓迫染色體表面，增加粘性，而影響染色體原有獨立性。
2. 第二次影響 (生態學、構造上的)：為分裂中，染色體構造上的異常變化。

(九)普通體細胞受放射線之傷害時，能以醫學的或自然的能力治療；然生殖細胞則一度

變異後，完全無法回復。

- (十)江頭河床及兩岸是否有自然的放射線源，至今未曾有人報告過，因此論此魚體中放射性物質來源時，未予記入，有待以後證實。

四、結 論

- (一)江頭之水，三個月內放射性物質含量之變化不大，常隨天候而變更。
(二)魚骨及肉對原子塵中放射性物質的吸收，都屬於吸收可溶性者。
(三)魚肉中含有的放射性物質，其半生期 (half life) 頗長。
(四)各種魚類 (指本研究之四種) 中，肉裏放射性含量都大於骨中的含量。
(五)魚骨與魚肉中，放射量的增減約成正比例。
(六)長身鰻、佛吉鰻、斑海鯨、鯽魚四類中，以鯽魚骨及肉中放射量最大，即淡水魚較之海產魚含量高。
(七)本實驗每 g 灰中的試品裏，以 $137.8\mu\text{c/g}$ 為最高；以骨中 $18.01\mu\text{c/g}$ 為最低。
(八)斑海鯨在鹽度高時 (第二次) 最多出現，低時捕不到，斷定其習性為純海生魚類。
(九)魚體放射性物質含量之消長，大體與江水一致。

五、文 獻

- (1) 森脇大五郎、玉木英彥等：放射線生物學(1959)
(2) 三宅泰雄、北野康：水質化學分析法(1960)
(3) 日本氣象廳：大氣放射能觀測指引(1959)
(4) 市川龍資：日本放射線醫學總合研究所年報(1960)
(5) 陳兼善：臺灣脊椎動物誌
(6) 呂世宗、陳福來：Meteorological Bulletin Vol. 7 (Dec. 1961)
(7) 市川龍資：On the Concentration Factors of some important in the Marine Food Organisms Bull, Jap. Sec, Sci, Fish., Vol. 27. No. 1 (1961)
(8) P. K. Kuroda, H. L. Hodges, H. E. Moore : Fall-out from Nuclear Detonations of February and April 1960

(246) 師大學報第八期

Science Vol. 133, No. 3459 (1961)

(9) L. M. Shields and P. V. Wells : Effects of Nuclear Testing on Desert Vegetation.

Science Vol. 135, January 1962

(10) N. Nezu, M. Asano, S. Ouchi : Cerium-144 in Food.

Science Vol. 135, 12 January 1962

(11) International atomic energy agency : Safe Handling of Radio-isotopes. (1958)