

# 標識率法에 의한 연어 産卵尾數의 推定에 대하여

金 完 洙  
서울대학교 文理科大学 海洋學科

## STUDIES ON THE ENUMERATION OF POPULATION OF SPAWNING SALMON

Wan Soo Kim

Department of Oceanography, College of Liberal Arts and Sciences, Seoul National University

### ABSTRACT

In enumerating salmon spawning population by the tag-recovery method, the error caused by the emigration of the tagged fish into the non-statistical area and the misjudgement of the tagged fish as untagged, which is caused by bear predation, appear to give a bias to the estimate of population size. Efforts were made in the present study to remove such bias by estimating population size under certain assumption and by introducing a correction equation for the sample tag-ratios.

### 序 論

標識率法을 利用하여 魚族의 資源量을 推定하는 方法에 대하여는 많은 研究報告가 있다(Ricker, 1948; Schaefer, 1951; Delury, 1958; Nose, 1961). 그런데 標識率法으로 資源尾數를 推定할 境遇 다음과 같은 몇가지 條件이 隨伴되어야 偏倚性이 없는 推定值를 얻을 수 있다. 즉 標識의 脫落이 없으며, 標識魚는 脆弱性과 自然死亡에 있어서 非標識魚와 差異가 없으며, 加入과 逸出이 없는 母集團에서 任意標本이 抽出되어야 하며, 標本中の 標識魚의 判明이 完全하여야 한다.

本稿에서는 연어의 産卵親魚尾數를 標識率法으로 推定함에 있어서 當面하는 問題點 특히 逸出이 있을 境遇와 天敵으로 인한 標識魚의 誤判이 있을 境遇에 대하여 檢討한 結果를 報告한다.

### 材 料

本 研究에 使用된 資料는 1961年 7月 6일부터 7月 23日까지 아라스카州의 Little-Togiak 湖에서 行한 標識放流實驗에서 얻은 結果에 依據하고 있다. 그런데 이 資料의 一部는 이미 分析되어 흥

연어의 産卵親魚尾數를 單純한 Petersen 法으로 推定하여 觀測塔에서 觀測한 總回歸尾數와 比較하는데 使用된바 있다 (Kim, 1962).

地引網으로 漁獲된 標本을 MS 222로 麻醉시킨 후 直徑 1.9cm의 Petersen disc tag를 使用하여 등지느러미 基部에 附着시켜 麻醉가 完全히 慳

Table 1. Recovery of tagged fish among dead fish samples segregated by the date of recovery.

Date of Recovery	Number of Tagged Fish Recovered	Number of Fish Sampled
Aug. 10	5	60
Aug. 13	3	11
Aug. 16	5	17
Aug. 24	1	2
Aug. 29	13	176
Aug. 31	28	222
Sep. 6	8	93
Sep. 7	28	153
Sep. 9	11	147
Sep. 13	17	153
Sep. 17	18	123
Total	137 <sup>(1)</sup>	1,157

(1) 16 tagged fish recovered outside the lake were not included.

후에 放流하였으며 총 1,336尾를 標識放流하였다. 標識魚의 再捕作業은 8月 10日부터 9月 17日까지 湖水內에 散在하고 있는 여러 産卵場에서 産卵後 死亡한 標識中에서 이루어졌으며 총標本數 1,157尾 가운데 標識魚의 再捕尾數는 137尾였다 (表 1).

또한 湖水 바깥의 河川에서 再捕되어 報告된 標識魚도 있었으며 潛水夫를 動員하여 河川을 살살이 뒤진 結果 16尾의 標識魚를 確認하였다. 한편 産卵場에는 곰에 捕食되어 頭部와 脊椎骨만 남아 있는 産卵親魚가 더러 있었으며, C creek의 境遇 이와같은 鰻魚가 25尾나 되었으며 또한 分離된 標識도 2個나 發見되었다.

**結果 및 考察**

1. 産卵親魚總數의 推定

産卵親魚尾數의 推定은 1次的으로 다음 式을 使用하였다.

$$\hat{N} = \frac{\sum n \cdot \sum t}{\sum s} \quad (1)$$

但  $n$ 는 總再捕尾數 즉 標本の 크기,  $t$ 는 標識放流尾數,  $S$ 는 標識魚의 再捕尾數이다. 計算結果는

$$\hat{N} = \frac{1,157 \times 1,336}{137} = 11,283$$

이며 觀測塔에서 觀測한 總回歸尾數 (10,497尾)보다 786尾나 過大推定되고 있다. 그래서 前述한 前提條件에 관해서 檢討하여 보았다.

가. 總 回歸尾數의 正確性

여기서 總回歸尾數라 함은 回歸期間中 觀測塔에서 觀測者 2名이 24時間동안 觀測한 結果 얻어진 産卵親魚尾數이므로 아주 正確한 數值이다.

나. 標識의 脫落과 標識魚의 死亡

實驗期間中 標識의 脫落이나 確認된 標識魚의 死亡은 全無하였으며 實驗終了後에 있어서도 標識魚가 非標識魚보다 自然死亡率이 높다거나 곰에 더 잘 잡혀 먹힌다는 證據는 없었다.

다. 標識率의 等質性

産卵場에 있어서의 標識率의 等質性을 標識放流時期, 再捕時期, 再捕場所 등에 따라 分析해 본 結果 모두 等質性이 認定되었으며, 標識率의 非等質性에 起因한 過大推定이라고는 볼 수 없다.

따라서 다음에 湖水 바깥에서의 再捕尾數에 관한 問題를 檢討해 보았다.

2. 推定值의 修正

前述한 바와 같이 再捕作業期間중 湖水 바깥의 河川에서 16尾의 標識魚가 再捕되었으므로 어느 정도의 逸出이 있었던 것이 認定된다. 그러나 潛水夫를 動員해서 河川을 살살이 探索하였으므로 湖水를 떠난 標識魚는 거의 다 再捕된 것으로 看做된다. 따라서 지금 湖水 바깥에서 標識魚를 再捕하는 確率,  $P_{(o)}$ 가 1 ( $P_{(o)}=1$ )이라고 假定하면

$$t_{(o)} = s_{(o)}$$

$$t_{(i)} = t - s_{(o)}$$

이므로 産卵親魚總數의 推定式은 다음과 같이 된다.

$$\hat{N} = \frac{\sum n_{(i)} \cdot \sum t_{(i)}}{\sum s_{(i)}} \quad (2)$$

但  $t_{(i)}$ 는 湖水內에 머무는 産卵親魚에 대한 標識放流尾數,  $t_{(o)}$ 는 湖水에서 逸出하는 産卵親魚에 대한 標識放流尾數,  $s_{(i)}$ 는 湖水內에 있어서의 標識魚의 再捕尾數,  $s_{(o)}$ 는 湖水 바깥에 있어서의 標識魚의 再捕尾數,  $n_{(i)}$ 는 湖水內에 있어서의 總再捕尾數이다. 計算結果는

$$\hat{N} = \frac{1,157 \times 1,320}{137} = 11,148$$

이며 單純한 推定式 (1)보다는 實際尾數에 若干가까운 推定值를 얻었으나 651尾가 過大推定되고 있다.

3. 標識魚의 誤判率

前述한 바와 같이 産卵場에는 天敵의 하나인 곰에 의해서 捕食되어 頭部와 脊椎骨만 異常하게 남아 있는 魚體가 더러 發見되어 標識魚인지 非標識魚인지 區別할 수 없었으며, 그러한 경우는 非標識魚라고 分類하였었다. 그러나 어떤 境遇는 分離된 標識만 發見되는 例도 있었으며 C creek의 境遇는 곰에 捕食되어 標識魚인지 非標識魚인지 分別할 수 없는 魚體가 25尾 發見되었으며 또한 分離된 標識 2個도 回收되었었다. 즉 25尾中 적어도 2尾는 標識魚였음이 確實한데 全部 非標識魚로 誤判되었던 것이며 이 境遇 誤判率은 8%에 이르렀다.

지금 標識魚를 非標識魚라고 誤判하는 率을  $m$

라고 하면 標本에 나타나는 試料上的 標識率  $R'$  는

$$R' = R(1-m) \quad (3)$$

이다. 但  $R$  는 誤判率이 없을 때의 진짜 標識率이다. 따라서  $R$  는

$$R = \frac{R'}{1-m}$$

그리고 그 推定値는

$$\hat{R} = \frac{\hat{R}'}{1-m} \quad (4)$$

로 表示할 수 있다.

따라서 標本의 一部에서 얻은 誤判率이 8%였고 다른 情報가 없으므로 이것을 平均誤判率이라 假定하여  $m=0.08$ 를 (4)式에 넣어서  $\hat{R}$ 을 計算하면

$$\hat{R} = \frac{137}{1157(1-0.08)} = 0.1287$$

이며 따라서

$$\hat{N} = \frac{1320}{0.1287} = 10,256$$

이 되어 實際回歸尾數보다 241尾 過小推定되고 있으나 이번에는 精度가 相當히 나아진 것을 알 수 있다.

### 要 約

1. 標識魚의 再捕尾數를 使用하여 연어의 產卵親魚尾數를 推定한 結果 實際回歸尾數 보다 過大推定되었다.

2. 偏倚性이 있는 推定値는 주로 標識魚의 標本抽出區域外로의 逸出과 天敵의 捕食으로 因해

標識魚를 非標識魚로 誤判하는데 基因하는 것으로 推測된다.

3. 標本抽出區域外에 있어서의 標識魚를 再捕하는 確率을 1로 잡았을 境遇와 誤判率을 알고 있을 경우 推定値를 修正하는 方法을 各各 檢討하였으며, 修正式을 使用하여 計算한 結果 推定値의 精度는 相當히 向上되었다.

### 參 考 文 獻

- Chapman, D. G. 1948. A mathematical study of confidence limits of salmon populations calculated by sample tag-ratios. Int. Pacific Salmon Fish. Comm., Bull., 2, 67-85.
- Delury, D. B. 1958. The estimation of population size by a marking and recapture procedure. J. Fish. Res. Bd. Canada, 15, 19-25.
- Kim, W. S. 1962. Estimation of red salmon spawning population in Little Togiak Lake, Alaska by means of tagging. Fish. Res. Inst., Univ. Wash., Cir. 156, 1-16.
- Nose, Y. 1961. An analysis of the Petersen-type fish population estimate. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 27, 763-773.
- Ricker, W. E. 1948. Methods of estimating vital statistics of fish populations. Indiana Univ. Publ., Sci. Ser., 15, 39-59.
- Schaefer, M. B. 1951. Estimation of the size of animal populations by marking experiments. U.S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., 52, 189-203.