

Calibration 추정법 연구

- 2001년 어업기본통계조사에 적용 -

2002. 2

20.125

통 계 기 획 국
조 사 관 리 과

머 리 말

이 보고서는 모집단의 변화가 심하여 표본조사의 결과가 과대 추정 되어질 경우, 이를 보완하기 위하여 적용하는 Calibration 추정기법에 대한 연구결과물로서 수원대학교 박 진우 교수와 공동으로 수행한 것입니다.

이 보고서의 내용에는 Calibration 추정의 정의와 필요성이 설명되어 있으며, 특히 어업기본통계조사의 결과를 Calibration 추정기법을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우로 각각 나누어 서로 비교하였고 그 결과를 표로 수록하였습니다. 또한 추정결과를 얻기 위해 반드시 필요한 관련 전산프로그램을 SAS언어로 작성하였고, 이 프로그램을 보고서의 부록으로 수록하여 관심 있으신 분들에게 도움이 되도록 하였습니다.

이번의 연구결과를 시작으로 향후 Calibration 추정에 대한 연구뿐만 아니라 이를 활용한 더 많은 연구가 지속되길 바라며, 이 보고서의 내용과 관련하여 좋은 의견을 주시면 차후의 추정기법연구에 적극 수렴하여 반영해 나가도록 하겠습니다.

2002년 2월

조사관리과장 허 남 거

목 차

1. 서론	1
2. Calibration 추정법	2
3. 어업기본통계에서의 Calibration 추정	8
3.1 Calibration 추정의 필요성	8
3.2 기존방법에 따른 추정	11
3.3 Calibration 추정	14
3.4 추정결과	28
< 참고 문헌 >	43
< 부록 > 관련 SAS 프로그램	44

1. 서 론

어업기본통계조사는 어업가구, 어가인구, 어업형태 및 규모 등 어업 기본 구조를 파악하여 해양수산정책수립을 위한 기초자료 및 학술연구 분석 등에 필요한 통계자료를 생산하여 제공하기 위해 통계청에서 매년 실시하는 표본조사이다. 현재의 사용되고 있는 표본은 1995년 어업총조사 결과를 기초로 하여 1997년에 설계된 표본으로서 전국에서 405개의 어업조사구를 추출한 것이다.

2000년 어업총조사 결과 어가수가 81,571호였는데, 이는 전년도인 1999년 어업기본통계조사의 추계치인 97,754호와 16.6%(16,183호)나 감소된 것으로 나타났다. 이것은 1997년 표본이 개편된 이후 연 1~2% 감소율을 보이고 있는 어업기본통계조사의 추계치들과는 시계열상 많은 차이를 나타내고 있는 것이다.

우리나라의 어가수나 어업상황은 매년 변화를 보이고 있으므로 이러한 모집단의 변화는 표본에 반영되어야 바람직하지만, 모집단 변화를 그때그때 파악하여 조사하는 일은 많은 예산과 인력, 시간이 소요되는 일이므로 현재의 상황으로는 사실상 거의 불가능한 일이다. 또한 기존의 어업기본통계조사를 위한 표본은 매년 동일한 표본을 대상으로 반복하여 조사하는 일종의 패널조사 형식을 띠고 있기 때문에, 실제 모집단의 변화는 큰 편인데 비해 표본이 모집단의 변화를 그대로 반영하지 못함으로 인해 시간이 갈수록 과대추계가 이루어지게 되는 것이다.

한편, 2000 어업총조사를 기초로 한 새로운 표본설계는 2002년에 이루어질 예정이므로, 2001년 어업기본통계조사의 추계는 부득이하게 기존의 표본을 대상으로 조사한 자료를 가지고 해야하는 상황이다. 이

때 기존의 추계방법을 그대로 사용한다면 2001년 추계치는 2000년 총조사 결과에 비해 과대 추정되는 문제가 발생하게 된다. 이런 문제를 해결하기 위한 방법으로 Deville과 Sarndal(1992)이 고안한 Calibration 추정법이 있다. Calibration 추정법이란 기존의 표본 데이터를 사용하되 보조정보를 이용하여 일정한 제약식을 만족하도록 승수를 조정하는 추정법이다.

본 연구의 목적은 2001년 조사된 표본조사 데이터를 가지고 2000년 총조사 결과를 만족시킬 수 있도록 각 조사단위의 승수를 조정하는 Calibration 추정량을 구하는 것이다. Calibration 추정을 위해서는 각 조사구의 2001년 조사자료뿐 아니라 2000년 조사자료도 알아야 하는데 2000년 총조사와 1995년 총조사에서의 조사구 개념이 일치하지 않아 2000년 총조사 자료로는 표본 조사구의 2000년 자료를 구할 수가 없는 상황이다. 따라서 1997년, 1999년, 2001년 조사자료를 이용하여 보간법(interpolation method)으로 2000년 조사자료를 만든 후, 그 자료를 보조변수로 활용하여 Calibration 시킨다.

2장에서는 Calibration 추정법에 대해 설명하고, 3장에서는 어업기본통계조사의 추계에 Calibration 추정법을 적용한 절차와 그 결과를 설명하기로 한다.

2. Calibration 추정법

표본조사에서 추정의 효율을 높이기 위해서는 여러 모양으로 보조변수를 활용하게 된다. 예를 들어 모총계를 구하는 경우 일반화 회귀추정법을 사용하려면 센서스 등을 통해 이미 모총계가 알려진 보조변

수들의 벡터를 이용하게 된다. Calibration 추정법은 바로 이러한 보조 정보를 적절히 이용하는 추정법으로 Deville과 Sarndal(1992)에 의해 처음 소개되었다.

Calibration 추정법을 소개하기 위해 몇 가지 기호를 정리하자.

- $y_k, k = 1, \dots, N$: 모집단 각 조사단위의 관심변수
- $x_k = (x_{1k}, \dots, x_{pk})'$: 보조변수 벡터
- π_k : k -번째 조사단위의 포함확률(inclusion probability)

한편, 추정하고자 하는 모수는 관심변수의 총계인 $t_y = \sum_{k \in S} y_k$ 이고, 이 총계를 추정하는데는 Horvitz-Thomson 추정량이 가장 널리 사용되고 있으며 그 형태는 다음과 같다.

$$\hat{t}_{yx} = \hat{t}_\pi = \sum_{k \in s} d_k y_k, \quad d_k = \frac{1}{\pi_k} \quad (1)$$

위의 식 (1)에서 d_k 는 포함확률의 역수이며 k -번째 단위의 승수(weight)이다. 또한 s 는 표본을 나타낸다. 위 추정량은 보조정보를 사용하지 않는 추정량이다.

우리가 찾고자 하는 새로운 추정량을

$$\hat{t}_{yw} = \sum_{k \in s} w_k y_k$$

라고 표기하기로 하자. 여기서 w_k 는 새로운 승수를 나타낸다. Calibration 추정법이라는 것은 새로운 승수 w_k 를 찾아내기 위한 방법의 일종으로 다음의 조건식 (2)를 만족시키는 동시에 기존의 승수, $d_k (k \in s)$, 와 주어진 거리함수에 의한 거리를 최소로 하는 승수를 찾는 방법을 말한다.

$$t_x = \sum_{k \in s} w_k x_k \quad (2)$$

w_k 와 d_k 사이의 거리함수로 가장 쉽게 생각할 수 있는 형태로는 카이 제곱 거리함수인 $\frac{(w_k - d_k)^2}{d_k q_k}$ 가 있으며, 이 외에도 여러 가지 다른 거리함수들을 고려할 수 있다. 이러한 거리함수들은 몇 가지 기본적인 특징들을 가져야 한다. 즉, k -번째 단위의 거리함수를 $G_k(w, d)$ 라고 정의한다면 이 함수는

(i) 모든 고정된 $d > 0$ 값에 대해 w 에 대해 미분가능하여야 하며, d 를 포함하는 구간 $D_k(d)$ 안에서 strictly convex 이며, $G_k(d, d) = 0$ 를 만족시켜야 한다.

(ii) $g_k(w, d) = \frac{\partial G_k(w, d)}{\partial w}$ 가 연속이 되게 하는 함수이며, $D_k(d)$ 를 구간 $Im_k(d)$ 로 일대일 대응하게 보내는 함수이어야 한다.

함수 $g_k(w, d)$ 가 w 에 대해 단순증가함수라는 사실로부터 $g_k(d, d) = 0$ 라는 사실을 알 수 있다. 모든 가능한 표본에 대해 위의 식 (2)를 만족시키는 동시에 평균거리 $E_p\{\sum_s G_k(w_k, d_k)\}$ 를 최소화시키는 승수 w_k 를 구하는 일은 특정 표본 s 가 주어졌을 때 식 (2)의 조건하에서 $\sum_s G_k(w_k, d_k)$ 를 최소화시키는 w_k 를 구하는 것과 마찬가지이다. 이 경우 라그랑즈 승수법(method of Lagrange multipliers)을 사용한다면 결국 다음의 식 (3)을 푸는 문제로 귀결이 된다.

$$g_k(w_k, d_k) - x_k' \lambda = 0 \quad (3)$$

만약 식 (3)의 해가 존재한다면 w_k 는 다음과 같이 될 것이다.

$$w_k = d_k F_k(x_k' \lambda) \quad (4)$$

위에서 $d_k F_k(\cdot)$ 은 $g_k(\cdot, d_k)$ 의 역함수이다.

한편, 위의 식 (4)의 값을 Calibration 조건식 (2)에 대입하면 다음과 같이 되고,

$$t_x = \sum_{k \in S} w_k x_k = \sum_{k \in S} d_k F_k(x_k' \lambda) x_k$$

$\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_j)'$ 값을 계산한 후 이 값을 다시 식 (4)에 대입하면 최종적으로 다음의 Calibration 추정량을 얻게 된다.

$$\hat{t}_{yw} = \sum_{k \in S} w_k y_k = \sum_{k \in S} d_k F_k(x_k' \lambda) y_k \quad (5)$$

일반적으로 이 방법을 적용할 때 $g_k(w, d) = \frac{g(w/d)}{q_k}$ 의 형태를 사용한다. Deville과 Samrdal(1992)은 다음의 <표 2. 1>에 나타난 바와 같은 7가지 유형의 거리함수를 제시하였다.

<표 2. 1> 거리함수의 유형

유형	$F_k(u) = F(q_k u)$
1	$1 + q_k u$
2	$\exp(q_k u)$
3	$(1 - q_k u/2)^{-2}$
4	$(1 - q_k u)^{-1}$
5	$(1 - 2q_k u)^{-1/2}$
6	$\frac{L(U-1) + U(1-L)\exp(Aq_k u)}{(U-1) + (1-L)\exp(Aq_k u)}$
7	$1 + q_k u$ if $(L-1)/q_k \leq u \leq (U-1)/q_k$ L if $u < (L-1)/q_k$ U if $u > (U-1)/q_k$

<표 2. 1>에 나타난 7가지 유형 중 가장 직관적이고 계산이 간단한 방법인 1번 유형(선형법)을 적용했을 때 얻어지는 Calibration 추정량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\hat{t}_{ycal} &= \sum_{k \in S} w_k y_k \\ &= \sum_{k \in S} d_k (1 + x_k' \lambda) y_k \\ &= \hat{t}_{yr} + (t_x - \hat{t}_{x\pi})' \hat{B}_s\end{aligned}$$

여기서 $\sum_{k \in S} d_k x_k x_k' \hat{B}_s = \sum_{k \in S} d_k x_k y_k$ 이다. 위의 식은 일반화된 회귀 추정량(generalized regression estimator)의 일종이라고 볼 수 있다.

위 추정량의 점근적 분산(Asymptotic Variance: AV)은 다음의 식으로 유도된다.

$$\begin{aligned}AV(\hat{T}_{ygreg}) &= \sum_{k \neq l} \Delta_{kl} (d_k E_k) (d_l E_l) \\ &= \sum_{k \neq l} (\pi_{kl} - \pi_k \pi_l) \left(\frac{y_k - x_k' B}{\pi_k} \right) \left(\frac{y_l - x_l' B}{\pi_l} \right)\end{aligned}$$

여기서 $\sum_{k \neq l} x_k x_k' B = \sum_{k \neq l} x_k y_k$ 이다. Deville과 Sarndal은 위 식의 추정량으로 다음의 추정량을 사용할 것을 제안하였다.

$$v(\hat{T}_{ygreg}) = \sum_{k \neq l \in S} \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}} (w_k e_k) (w_l e_l)$$

여기서 $e_l = y_k - x_k' \hat{B}_s$ 이다.

Singh과 Mohl(1996)은 위의 <표 2. 1>에 소개된 7가지 유형의 거리 함수를 사용한 승수계산을 위한 간편한 알고리즘을 소개하는 동시에, 수치실험을 통해 각 거리함수들의 특성을 비교한 결과를 소개하였다. 그들의 결론에 의하면 <표 2. 1>에 소개된 방법 중 1번 유형(선형법)은 수치해석적 반복계산에 의하지 않고 직접 계산이 가능한 방법이므로

가장 간편한 방법인데 반해 승수가 음수값으로 나올 수 있다는 치명적인 문제를 지니고 있으며, 따라서 여러 가지 점을 고려해 볼 때 7번 유형(로짓법)이 가장 효과적인 방법이 된다. 따라서 본 논문에서는 Singh과 Mohl이 구현한 1번 유형(선형법)과 7번 유형(로짓법)을 계산하기 위한 알고리즘을 소개하고, 다음 장에서는 어업기본통계조사의 추정에 여기서 소개하는 알고리즘을 통계 소프트웨어인 SAS로 구현하여 계산하여 보았다.

각 방법에서 새로운 승수인 $w_k^{(\nu)}$ 값을 계산하기 위해서는 다음 식 (6)의 n 차원의 벡터인 $f^{(\nu)}$, $\nu = 1, \dots$ 값의 계산이 필요하다.

$$f^{(\nu)} \equiv X(X' \Gamma_{(\nu-1)} X)^{-1} (t_x - \hat{t}_x^{(\nu-1)}) \quad (6)$$

위 식에서 ν 는 반복계산을 할 때 몇 번째 반복인가를 나타낸다. 초기값으로 $\Gamma_0 = \text{diag}(d_k)$, $\hat{t}_x^{(0)} = \sum_s d_k x_k$ 를 각각 사용한다.

< 방법 1 : 선형법 >

이 방법을 이용한 해는 수치해석적인 반복법을 사용하지 않고 단지 다음의 두 단계를 통해 계산할 수 있다.

- (i) 먼저 $\Gamma_{(\nu-1)} = \Gamma_0$ 로 놓고 식 (6)을 이용하여 $f_k^{(1)}$, $k=1, 2, \dots, n$ 값을 계산한다.
- (ii) $g_k = 1 + f_k^{(1)}$, $w_k = d_k \cdot g_k$ 를 계산한다.

< 방법 2 : 로짓법 >

아래와 같은 단계를 반복하는 반복계산법을 사용한다.

- (i) 승수의 최소와 최대 허용값인 L 과 U 를 각각 정한다.
- (ii) 반복법에서 허용차 δ 값을 정한다.

(iii) $\Gamma_{(\nu-1)} = \text{diag}(d_k h_k^{(\nu-1)})$ 로 놓고 식 (6)을 이용하여 $f_k^{(\nu)}$ 값을 계

산한다. 여기서 $h_k^{(1)} = \frac{(U - g_k^{(1)})(g_k^{(1)} - 1)}{(U - 1)(1 - L)}$,

$$g_k = \frac{[L(U - 1) + U(1 - L) \exp(Ax_k' \lambda)]}{[(U - 1) + (1 - L) \exp(Ax_k' \lambda)]},$$

$$A = \frac{(U - L)}{(1 - L)(U - 1)} \text{ 이다.}$$

(iv) $x_k' \lambda^{(\nu)} = x_k' \lambda^{(\nu-1)} + f_k^{(\nu)}$ 를 이용하여 $g_k^{(\nu)}$ 를 계산한 후,

$w_k^{(\nu)} = d_k \cdot g_k^{(\nu)}$ 로 계산한다.

(v) $w_k^{(\nu)}$ 와 $w_k^{(\nu-1)}$ 의 차이가 허용차 δ 보다 작아질 때까지 (iii)~(iv)단계를 반복하여 계산한다.

3. 어업기본통계에서의 Calibration 추정

3.1 Calibration 추정의 필요성

어업기본통계조사는 어업가구, 어가인구, 어업형태 및 규모 등 어업 기본 구조를 파악하여 해양수산정책수립을 위한 기초자료 및 학술연구 분석 등에 필요한 통계자료를 생산하여 제공하는 것을 목적으로 하는데 이를 위해 매년 11월 표본조사가 이루어지고 있다. 이 조사를 위한 표본설계는 1995년 어업총조사 결과자료를 기초로 하여 전국의 인구주택조사구 중 어업가구를 1가구 이상 포함하는 7,013개 인구주택조사구를 추출틀로 하여 전국에서 405개의 조사구를 추출하도록 이루어졌다. 이 조사는 성격상 동일한 표본을 대상으로 매년 조사가 이루어지는 패널조사의 일종이라고 볼 수 있다. 모집단의 어업 기본구조는 항상 변

할 것이지만 모집단의 변화를 파악하여 매년 새로운 표본설계를 하는 것은 예산, 인력, 시간 등의 면에서 불가능한 것이기에 부득이하게 5년간 동일 패널을 대상으로 조사하는 형식을 띠고 있다.

다음의 <표 3. 1>은 1997년부터 2001년까지의 어가수와 어가인구수 추정값의 변화추이를 나타내고 있다. 아래 표에서 먼저 어가수를 보면 1997년 99,912호에서 2001년 91,853호로 4년간 약 8,059호 감소된 것으로 나타나 연평균 약 2.0% 감소되는 추세이다. 한편 어가인구수에서는 1997년 323,383명에서 2001년 278,843명으로 약 44,540명이 줄어들어 연평균 약 3.4% 감소된 것으로 나타났다. 이 표에 나타난 모든 추정값은 기존의 추정방식을 그대로 사용하여 구한 것이다.

<표 3. 1> 연도별 어가 및 어가인구 추계값

연도	1997	1998	1999	2000	2001
어가(호)	99,912	98,972	97,754	<u>81,571</u>	91,853
어가인구(명)	323,383	322,229	315,198	<u>251,349</u>	278,843

참고로 <표 3. 1>에서 2000년의 추정값은 다른 연도와는 다르게 표시되어 있음에 주목할 필요가 있다. 2000년에는 총조사가 이루어져 기존의 표본조사가 실시되지 않았기 때문에 2000년도 추정값은 따로 계산되지 않았다. 한편 2000년 총조사에서는 1995년 총조사 때와 조사구의 구성에 변동이 생겼기 때문에 2000년 조사구와 기존의 표본조사구를 일대일로 대응시킬 수가 없었다. 따라서 위 표나 그림에 나타난 2000년 추정값은 단지 1999년 표본조사값과 2001년 조사값의 중간값을 사용하여 대체하여 구한 값이다.

다음의 <표 3. 2>는 1995년과 2000년 어업총조사 결과 나타난 어가수와 어가인구수를 나타낸 것이다. 어업총조사 결과 1995년 어가수는 104,480호, 어가인구수는 347,210명인 반면, 2000년에는 어가수 81,571호, 어가인구수 251,349명으로 각각 나타났다. 따라서 어가수는 22,909호 감소되어 연평균 약 4.4%, 어가인구수는 95,861명 감소되어 연평균 약 5.5% 감소된 것을 알 수 있다.

<표 3. 2> 총조사의 어가수 및 어가인구수

연도	어가수(호)	어가인구수(명)
1995년	104,480	347,210
2000년	81,571	251,349

<표 3. 2>의 결과를 관찰하면 적지 않은 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 표본조사를 통한 추정값에 나타나는 어가수나 어가인구수의 감소율에 비해 총조사 결과 나타나는 감소율이 상당히 크게 나타난다. 총조사는 전수조사이므로 모집단 상황을 그대로 반영한다고 본다면 표본조사에 의해 얻어진 추정값들은 전체적으로 과대추정된 것으로 나타난다. 가령, 2001년 표본조사 자료에 근거하여 구한 어가수 추정값은 91,853호이다. 이는 전년도인 2000년 총조사의 어가수 81,571호에 비해 10,282호(12.6%) 증가한 값이다. 우리나라의 어가수 현황을 살펴보면 해마다 꾸준히 감소하는 추세를 보이는 것을 생각한다면 이러한 결과는 받아들이기 어려운 결과이다.

왜 표본조사 결과 얻어지는 추정값은 총조사 결과에 비해 과대추정 되었을까? 2000 어업총조사 분석보고서(2001, 통계청)에 의하면 1995년

총조사 당시에 비해 2000년 총조사 시점에서는 간척지 및 공단건설이 많았던 전남, 충남, 인천 및 부산 등지에서 어가수가 크게 감소한 것으로 설명되었다. 패널조사인 경우 모집단의 변화가 특정지역에서 집중적으로 발생하게 될 때에는 그 지역에 대해 부분적으로나마 새롭게 표본설계를 하여 반영해줄 수 있다면 표본과 모집단의 차이에서 생기는 편향(bias)의 문제를 어느 정도 해결할 수 있다. 그러나 어업기본통계조사에서는 총조사가 이루어지는 5년 주기의 연도 이외에는 별도로 표본설계 변경을 고려하지 않았기 때문에 표본이 모집단의 변화의 폭을 제대로 반영하지 못한 것이다. 2002년 조사부터는 모집단과 표본의 괴리 현상을 해결하기 위해 2000년 총조사 결과를 추출틀로 이용하는 새로운 표본설계에 의해 이루어질 것이다.

2001년 어업기본통계를 위한 표본조사는 이미 시행되었기 때문에 어쨌든 이 자료를 이용하여 2001년 통계를 작성하여야 하는 입장이다. 앞서도 언급했듯이 기존의 추출확률에 근거한 승수를 사용하여 추정하게 되면 2000 어업총조사 결과에 비해 상당량 과대추정이 되어 상식적으로 납득하기 어려운 통계를 생산하게 된다. 따라서 새로운 추정법을 개발하는 것이 절실하게 요구되는 상황이며, 이 경우 앞 절에서 설명했던 Calibration 추정법을 이용함으로써 2000년 총조사 결과에 부합되는 2001년 추정값을 구할 수 있게 된다.

3.2 기존 방법에 따른 추정

기존 방법에 따른 시도별 추정량 및 전국 추정량의 공식은 각각 다음의 식 (7)와 (8)이 된다. 여기서의 기호는 앞 절에서 사용한 기호와 약간 차이가 있는데 기존의 통계청에서 사용하는 기호를 그대로 사용하였다.

$$Y_h = \sum_{i=1}^3 Y_{hi} = \sum_{i=1}^3 \frac{N_{hi}}{n_{hi}} \sum_{j=1}^{n_{hi}} Y_{hij} \quad (7)$$

$$Y = \sum_h Y_h \quad (8)$$

위의 공식에서 각 첨자의 의미는 다음과 같다.

- h : 시·도
- i : 층 구분 ($i = 1, 2, 3$)
- j : 각 층내 표본조사구 ($j = 1, 2, \dots, n_{hi}$)
- N_{hi} : i 층내 모집단조사구의 수
- n_{hi} : i 층내 표본조사구의 수
- Y_{hij} : 각 표본조사구내에서의 관찰값

위 추정량들의 분산의 추정식은 각각 다음과 같이 얻어진다.

$$\hat{V}(Y_h) = \sum_{i=1}^3 N_{hi}(N_{hi} - n_{hi}) \frac{S_{hi}^2}{n_{hi}}$$

$$\hat{V}(Y) = \sum_h \hat{V}(Y_h)$$

여기서 $S_{hi}^2 = \frac{1}{n_{hi} - 1} \sum_{j=1}^{n_{hi}} (y_{hij} - \bar{y}_{hi})^2$ 이다.

각 시·도별 층별 승수를 나타낸 결과가 <표 3. 3>에 주어져 있다. 아울러 이 승수를 이용하여 계산한 2001년 시도별 어가수 및 어가인구수 추정값들은 <표 3. 5>에 수록하였다.

<표 3. 3> 시·도별, 층별 기준의 승수

지역별	층별	총조사구수	표본조사구수	승수
전 국		7,013	405	
부 산	1	643	23	27.957
	2	100	11	9.091
	3	31	7	4.429
인 천	1	291	10	29.100
	2	77	8	9.625
	3	56	10	5.600
울 산	1	63	4	15.750
	2	47	9	5.222
	3	14	4	3.500
경 기	1	32	2	16.000
	2	19	3	6.333
	3	40	12	3.333
강 원	1	298	10	29.800
	2	211	18	11.722
	3	32	2	16.000
충 남	1	94	3	31.333
	2	142	10	14.200
	3	200	26	7.692
전 북	1	147	6	24.500
	2	82	8	10.250
	3	71	12	5.917
전 남	1	704	12	58.667
	2	632	30	21.067
	3	510	41	12.439
경 북	1	202	8	25.250
	2	244	26	9.385
	3	35	6	5.833
경 남	1	649	15	43.267
	2	424	24	17.667
	3	141	12	11.750
제 주	1	473	13	36.385
	2	276	17	16.235
	3	33	3	11.000

3.3 Calibration 추정

2001년 11월에 조사된 어업기본통계 표본조사 자료를 관심변수값 (y)으로 두고 2000년 총조사 결과를 보조변수로 생각하는 Calibration 추정값을 구하고자 한다. 2장에 소개된 Calibration 조건식 (2)에서 t_x 에 해당되는 값은 바로 2000년 총조사 결과들이다. 또한 $x_k(k=1,2,\dots,n)$ 는 벡터값으로서 k 번째 조사구의 2000년도 조사값을 의미한다. 예를 들면, $x_1 = (\text{1번째 조사구의 어가수, 1번째 조사구의 어가인구수})'$ 가 된다. 그런데 현실적으로는 각 조사구의 2000년 조사자료인 $x_k(k=1,2,\dots,n)$ 값을 구할 수가 없는 실정이다. 그 이유는 앞서도 지적한 바와 같이 2000년도 총조사 때의 조사구와 표본조사구가 서로 일치되지 않기 때문이다. 하지만 2000년 표본조사구의 조사값은 같은 조사구의 1999년, 2001년 조사값과 크게 차이가 나지 않고 유사할 것이므로, 두 해 조사값의 평균을 취해 $x_k(k=1,2,\dots,n)$ 값으로 놓고 Calibration 추정을 하였다.

첫 번째로는 앞 절에서 소개한 선형법을 적용시켜 보았는데, 얻어지는 추정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \hat{t}_{ycal} &= \sum_{k \in S} w_k y_k \\ &= \sum_{k \in S} d_k (1 + x_k' \lambda) y_k \\ &= \hat{t}_{yx} + (t_x - \hat{t}_{x\pi})' \hat{B}_s \end{aligned}$$

그런데 이 방법을 적용시켰을 때 몇 개의 조사구에서 새롭게 얻어지는 승수값, w_k 가 음수로 계산되었다. 이론적으로 승수가 음수가 되는 것은 모순되므로 어업기본통계 조사자료에 방법 1을 적용하는 것은 무리인 것이 입증되었다고 볼 수 있다. 참고로 방법 1에서 음수인 승수가

나오는 것을 최대한 방지하기 위해 시도별로 따로 Calibration 조건식을 만들어 시도하였지만 여전히 몇 개의 조사구에서 음수인 승수가 나오는 것을 피할 수가 없었다.

두번째로는 로짓법을 적용하였다. 이 방법에서는 승수가 음수가 나오는 것을 방지하기 위해 승수의 하한과 상한값인 L 과 U 를 미리 정해 놓고 시작하였다. 본 연구에서는 <표 3. 3>의 기존 승수를 참고하여 $(L, U) = (0.5, 60)$ 으로 두고 계산하였다.

다음의 <표 3. 4>에 나오는 승수값들이 이 연구의 가장 중요한 결과물이라고 할 수 있다. 기존의 승수는 지역별, 층별에 따라 달라지며 같은 층내의 조사구들은 모두 같은 값을 지닌다. 그러나 새로 Calibration시켜 구한 승수에서는 같은 지역, 같은 층내의 조사구라 해도 모두 서로 다른 승수를 갖게 된다. 또한 대체적으로 승수값이 기존의 승수에 비해 감소된 경향을 발견할 수 있는데 이는 2000년 총조사 결과인 t_x 값이 상당히 감소되었기 때문이다.

<표 3. 4> 부산 지역의 승수

조사구	층별	기존승수	새 승수	조사구	층별	기존승수	새 승수
21001	1	27.957	27.37411	21022	1	27.957	24.99396
21002	1	27.957	26.98290	21023	1	27.957	23.55042
21003	1	27.957	26.98290	21024	2	9.091	5.75443
21004	1	27.957	26.46699	21025	2	9.091	6.04949
21005	1	27.957	25.32571	21026	2	9.091	7.22064
21006	1	27.957	27.37411	21027	2	9.091	8.10299
21007	1	27.957	27.17705	21028	2	9.091	6.80651
21008	1	27.957	26.98290	21029	2	9.091	7.47340
21009	1	27.957	26.98290	21030	2	9.091	5.53349
21010	1	27.957	27.57402	21031	2	9.091	5.15671
21011	1	27.957	26.98290	21032	2	9.091	8.03665
21012	1	27.957	24.67182	21033	2	9.091	6.24468
21013	1	27.957	25.88947	21034	2	9.091	5.95275
21014	1	27.957	26.79158	21035	3	4.429	3.28682
21015	1	27.957	26.98290	21036	3	4.429	2.87614
21016	1	27.957	24.10706	21037	3	4.429	2.54485
21017	1	27.957	25.79486	21038	3	4.429	2.48551
21018	1	27.957	26.46699	21039	3	4.429	2.44159
21019	1	27.957	22.14888	21040	3	4.429	2.72045
21020	1	27.957	25.15862	21041	3	4.429	2.95228
21021	1	27.957	26.98290				

<표 3. 4> 인천 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수
23001	1	29.100	15.78373
23002	1	29.100	16.01988
23003	1	29.100	21.66046
23004	1	29.100	20.01580
23005	1	29.100	24.65043
23006	1	29.100	22.31735
23007	1	29.100	21.07334
23008	1	29.100	18.40321
23009	1	29.100	23.79729
23010	1	29.100	16.63626
23011	2	9.625	5.05700
23012	2	9.625	5.63454
23013	2	9.625	4.81906
23014	2	9.625	5.05376
23015	2	9.625	4.83700
23016	2	9.625	4.95545
23017	2	9.625	5.34612
23018	2	9.625	11.0673
23019	3	5.600	2.81207
23020	3	5.600	3.87065
23021	3	5.600	3.29228
23022	3	5.600	2.80020
23023	3	5.600	3.27934
23024	3	5.600	2.86560
23025	3	5.600	7.56447
23026	3	5.600	8.49868
23027	3	5.600	4.82258
23028	3	5.600	3.09050

<표 3. 4> 울산 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수
26001	1	15.750	14.79530
26002	1	15.750	15.51819
26003	1	15.750	12.09589
26004	1	15.750	15.26664
26005	2	5.222	4.84923
26006	2	5.222	4.90302
26007	2	5.222	3.85997
26008	2	5.222	4.54533
26009	2	5.222	4.52247
26010	2	5.222	3.93965
26011	2	5.222	3.29869
26012	2	5.222	3.81870
26013	2	5.222	3.42124
26014	3	3.500	2.17351
26015	3	3.500	2.57278
26016	3	3.500	2.19470
26017	3	3.500	2.20398

<표 3. 4> 경기 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수
31001	1	16.000	15.74582
31002	1	16.000	15.34415
31003	2	6.333	5.50253
31004	2	6.333	5.32968
31005	2	6.333	4.79182
31006	3	3.333	2.16467
31007	3	3.333	2.11808
31008	3	3.333	2.48549
31009	3	3.333	2.33222
31010	3	3.333	2.52081
31011	3	3.333	2.25231
31012	3	3.333	2.19388
31013	3	3.333	2.59706
31014	3	3.333	2.68413
31015	3	3.333	2.50319
31016	3	3.333	2.15864
31017	3	3.333	3.05018

<표 3. 4> 강원 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수
32001	1	29.800	27.67389
32002	1	29.800	28.03134
32003	1	29.800	28.89581
32004	1	29.800	29.31188
32005	1	29.800	29.31188
32006	1	29.800	29.31188
32007	1	29.800	29.31188
32008	1	29.800	29.31188
32009	1	29.800	28.49169
32010	1	29.800	28.69229
32011	2	11.722	10.27603
32012	2	11.722	10.03866
32013	2	11.722	10.15173
32014	2	11.722	10.66946
32015	2	11.722	10.01389
32016	2	11.722	9.67327
32017	2	11.722	9.76670
32018	2	11.722	10.95988
32019	2	11.722	11.25842
32020	2	11.722	11.07080
32021	2	11.722	10.56702
32022	2	11.722	9.49593
32023	2	11.722	9.68944
32024	2	11.722	10.92499
32025	2	11.722	9.49929
32026	2	11.722	11.02151
32027	2	11.722	10.11503
32028	2	11.722	10.71926
32029	3	16.000	13.35369
32030	3	16.000	12.88595

<표 3. 4> 충남 지역 (계속)

조사구	총별	기존승수	새 승수	조사구	총별	기존승수	새 승수
34001	1	31.333	23.93598	34021	3	7.692	4.83962
34002	1	31.333	30.65931	34022	3	7.692	5.35710
34003	1	31.333	30.39199	34023	3	7.692	4.82480
34004	2	14.200	10.32381	34024	3	7.692	5.53025
34005	2	14.200	10.35314	34025	3	7.692	4.91750
34006	2	14.200	9.32526	34026	3	7.692	4.77307
34007	2	14.200	10.90449	34027	3	7.692	5.66744
34008	2	14.200	15.13605	34028	3	7.692	6.83768
34009	2	14.200	10.06301	34029	3	7.692	7.74167
34010	2	14.200	9.39333	34030	3	7.692	5.46069
34011	2	14.200	11.05610	34031	3	7.692	4.90787
34012	2	14.200	9.24619	34032	3	7.692	8.45339
34013	2	14.200	12.75797	34033	3	7.692	8.26447
34014	3	7.692	5.20997	34034	3	7.692	6.59640
34015	3	7.692	6.89220	34035	3	7.692	9.83878
34016	3	7.692	9.18056	34036	3	7.692	7.07088
34017	3	7.692	7.42806	34037	3	7.692	7.24986
34018	3	7.692	4.72940	34038	3	7.692	4.59204
34019	3	7.692	5.60280	34039	3	7.692	6.18430
34020	3	7.692	4.40602				

<표 3. 4> 전북 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수
35001	1	24.500	23.63602
35002	1	24.500	24.21336
35003	1	24.500	24.21336
35004	1	24.500	24.48598
35005	1	24.500	23.62179
35006	1	24.500	24.12382
35007	2	10.250	10.20583
35008	2	10.250	9.37657
35009	2	10.250	9.97511
35010	2	10.250	9.60143
35011	2	10.250	9.78017
35012	2	10.250	9.55887
35013	2	10.250	9.67781
35014	2	10.250	9.22284
35015	3	5.917	5.04127
35016	3	5.917	5.18307
35017	3	5.917	5.06195
35018	3	5.917	4.83049
35019	3	5.917	5.32110
35020	3	5.917	5.29788
35021	3	5.917	5.38945
35022	3	5.917	4.96904
35023	3	5.917	5.42012
35024	3	5.917	4.85682
35025	3	5.917	5.65929
35026	3	5.917	5.85866

<표 3. 4> 전남 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수	조사구	층별	기존승수	새 승수
36001	1	58.667	57.95965	36022	2	21.067	19.81834
36002	1	58.667	56.57410	36023	2	21.067	18.77577
36003	1	58.667	56.30621	36024	2	21.067	18.33915
36004	1	58.667	57.81858	36025	2	21.067	18.77665
36005	1	58.667	57.74682	36026	2	21.067	17.19046
36006	1	58.667	58.24376	36027	2	21.067	15.55822
36007	1	58.667	56.37436	36028	2	21.067	15.88157
36008	1	58.667	55.64237	36029	2	21.067	18.77404
36009	1	58.667	55.32337	36030	2	21.067	17.85035
36010	1	58.667	56.30055	36031	2	21.067	20.68092
36011	1	58.667	56.77821	36032	2	21.067	18.67575
36012	1	58.667	56.77821	36033	2	21.067	19.70477
36013	2	21.067	19.81737	36034	2	21.067	19.70477
36014	2	21.067	20.12198	36035	2	21.067	17.75843
36015	2	21.067	19.08686	36036	2	21.067	18.39522
36016	2	21.067	19.13018	36037	2	21.067	19.47896
36017	2	21.067	19.10938	36038	2	21.067	18.71614
36018	2	21.067	19.88891	36039	2	21.067	20.53696
36019	2	21.067	19.02587	36040	2	21.067	20.81299
36020	2	21.067	17.12622	36041	2	21.067	18.96176
36021	2	21.067	18.91929	36042	2	21.067	20.21210

<표 3. 4> 전남 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수	조사구	층별	기존승수	새 승수
36043	3	12.439	11.05906	36064	3	12.439	9.85511
36044	3	12.439	9.17883	36065	3	12.439	11.46260
36045	3	12.439	10.66763	36066	3	12.439	10.68077
36046	3	12.439	10.10192	36067	3	12.439	9.43407
36047	3	12.439	10.20894	36068	3	12.439	11.89532
36048	3	12.439	9.84020	36069	3	12.439	9.69981
36049	3	12.439	10.78101	36070	3	12.439	10.71473
36050	3	12.439	9.97829	36071	3	12.439	10.39079
36051	3	12.439	10.16878	36072	3	12.439	10.20013
36052	3	12.439	10.45456	36073	3	12.439	9.97869
36053	3	12.439	9.93103	36074	3	12.439	9.75866
36054	3	12.439	10.59330	36075	3	12.439	10.80413
36055	3	12.439	9.51372	36076	3	12.439	10.20683
36056	3	12.439	9.85857	36077	3	12.439	9.76838
36057	3	12.439	9.43374	36078	3	12.439	10.70149
36058	3	12.439	10.56118	36079	3	12.439	9.93025
36059	3	12.439	10.21482	36080	3	12.439	11.89591
36060	3	12.439	8.57360	36081	3	12.439	10.36189
36061	3	12.439	10.47423	36082	3	12.439	10.33968
36062	3	12.439	9.87588	36083	3	12.439	9.08721
36063	3	12.439	9.06490				

<표 3. 4> 경북 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수	조사구	층별	기존승수	새 승수
37001	1	25.250	25.64658	37021	2	9.385	7.79604
37002	1	25.250	24.90214	37022	2	9.385	8.42333
37003	1	25.250	24.90214	37023	2	9.385	10.29850
37004	1	25.250	24.11861	37024	2	9.385	8.49134
37005	1	25.250	26.13354	37025	2	9.385	8.40864
37006	1	25.250	25.64443	37026	2	9.385	8.13246
37007	1	25.250	23.38292	37027	2	9.385	7.65149
37008	1	25.250	24.99311	37028	2	9.385	8.28794
37009	2	9.385	9.14117	37029	2	9.385	8.66226
37010	2	9.385	8.64794	37030	2	9.385	7.98367
37011	2	9.385	11.25484	37031	2	9.385	8.23516
37012	2	9.385	7.98421	37032	2	9.385	8.03273
37013	2	9.385	10.05607	37033	2	9.385	8.63303
37014	2	9.385	7.62967	37034	2	9.385	7.98367
37015	2	9.385	7.52292	37035	3	5.833	5.33090
37016	2	9.385	8.07083	37036	3	5.833	4.97791
37017	2	9.385	8.69169	37037	3	5.833	4.80370
37018	2	9.385	8.60467	37038	3	5.833	5.49519
37019	2	9.385	6.88003	37039	3	5.833	4.97047
37020	2	9.385	8.39462	37040	3	5.833	5.11040

<표 3. 4> 경남 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수	조사구	층별	기존승수	새 승수
38001	1	43.267	36.69070	38027	2	17.667	18.22467
38002	1	43.267	41.25596	38028	2	17.667	14.61078
38003	1	43.267	40.11405	38029	2	17.667	15.22671
38004	1	43.267	39.84885	38030	2	17.667	14.66964
38005	1	43.267	37.23026	38031	2	17.667	15.72110
38006	1	43.267	39.84885	38032	2	17.667	17.18254
38007	1	43.267	40.93273	38033	2	17.667	17.44370
38008	1	43.267	40.07406	38034	2	17.667	17.16448
38009	1	43.267	39.77016	38035	2	17.667	14.39740
38010	1	43.267	43.52635	38036	2	17.667	14.35193
38011	1	43.267	42.16921	38037	2	17.667	18.96811
38012	1	43.267	41.21351	38038	2	17.667	16.10133
38013	1	43.267	42.72515	38039	2	17.667	15.85012
38014	1	43.267	42.68453	38040	3	11.750	7.84018
38015	1	43.267	37.58779	38041	3	11.750	7.87372
38016	2	17.667	15.20054	38042	3	11.750	11.44925
38017	2	17.667	14.86717	38043	3	11.750	11.35746
38018	2	17.667	16.25520	38044	3	11.750	10.63932
38019	2	17.667	14.81788	38045	3	11.750	10.09945
38020	2	17.667	15.03236	38046	3	11.750	10.66813
38021	2	17.667	13.87191	38047	3	11.750	9.53726
38022	2	17.667	15.12272	38048	3	11.750	7.79181
38023	2	17.667	14.44591	38049	3	11.750	11.49373
38024	2	17.667	16.79399	38050	3	11.750	11.51676
38025	2	17.667	19.13747	38051	3	11.750	9.29544
38026	2	17.667	17.42712				

<표 3. 4> 제주 지역 (계속)

조사구	층별	기존승수	새 승수	조사구	층별	기존승수	새 승수
39001	1	36.385	33.11388	39018	2	16.235	23.41149
39002	1	36.385	31.81978	39019	2	16.235	13.87682
39003	1	36.385	39.25178	39020	2	16.235	12.83543
39004	1	36.385	31.91958	39021	2	16.235	13.71104
39005	1	36.385	38.64791	39022	2	16.235	10.89984
39006	1	36.385	28.64577	39023	2	16.235	17.12144
39007	1	36.385	33.89535	39024	2	16.235	18.55362
39008	1	36.385	27.46229	39025	2	16.235	20.48834
39009	1	36.385	36.47434	39026	2	16.235	18.22272
39010	1	36.385	33.00544	39027	2	16.235	13.41544
39011	1	36.385	31.91958	39028	2	16.235	10.09305
39012	1	36.385	36.60795	39029	2	16.235	11.33555
39013	1	36.385	36.47434	39030	2	16.235	18.22272
39014	2	16.235	17.44607	39031	3	11.000	8.72007
39015	2	16.235	16.01562	39032	3	11.000	9.51237
39016	2	16.235	10.54840	39033	3	11.000	9.29352
39017	2	16.235	23.19200				

3. 4 추정결과

기존의 승수를 이용하여 2001년 자료에 대한 추정 결과가 <표 3. 5>에서부터 <표 3. 7>까지 나타나 있다. 특히 <표 3. 5>를 보면 2001년 어가수는 91,853호, 어가인구수는 278,843명으로 추정되었다. 이 결과는 2000년 총조사 결과 어가수 81,571호, 어가인구수 251,349명에 비해 오히려 증가한 것처럼 보인다. 그런데 이러한 결과가 나타나게 된 이유는 지난 1년 동안에 갑작스럽게 어가가 늘어난 것이 아니라 앞의 장들에서 여러 번 언급한 바처럼 모집단의 변동상황을 현재의 표본이 제대로 반영하지 못한 까닭이었다. 따라서 기존승수를 사용한 추정은 합리적인 방법이라고 볼 수 없다.

2000년 총조사 자료를 보조변수로 하여 Calibration 추정법을 적용시킨 새 승수값이 앞 절의 <표 3. 4>에 나와 있고, 이 승수를 적용시켜 계산한 추정값이 <표 3. 8>에서부터 <표 3. 10>까지 수록되어 있다. <표 3. 8>을 살펴보면 어가수는 77,718호, 어가인구수는 234,434명으로 추정되어 있는데 이는 2000년 총조사 결과와 비교해서 어가수는 약 5.0%, 어가인구수는 6.8% 감소한 결과이다. 이러한 결과는 2000년과 1995년 사이의 평균적인 감소율과 비교할 때 합리적인 결과라고 판단되어진다.

< 표 3. 5> 기존 승수를 적용한 2001년 어가수 및 어가인구수

	어가	어가 인구
전 국	91,853.4	278,843.0
부 산	4,386.1	15,689.3
인 천	4,073.6	11,949.0
울 산	1,530.6	5,093.0
경 기	2,400.1	7,638.0
강 원	5,202.1	16,707.9
충 남	11,429.1	33,482.2
전 북	4,661.8	14,119.5
전 남	30,570.4	88,726.4
경 북	6,081.3	17,724.1
경 남	14,982.2	46,969.3
제 주	6,536.2	20,744.3

< 표 3. 6 > 기존 승수를 적용한 2001년 어업형태별 어가수

	어가수	어업형태별		
		전업	1종겸업	2종겸업
전 국	91,853.4	23,811.5	39,540.2	28,501.7
부 산	4,386.1	1,780.6	1,780.6	825.0
인 천	4,073.6	1,138.8	1,323.8	1,611.0
울 산	1,530.6	495.9	563.5	471.2
경 기	2,400.1	351.0	1,237.6	811.6
강 원	5,202.1	2,878.2	1,725.0	598.8
충 남	11,429.1	2,439.2	5,375.5	3,614.4
전 북	4,661.8	1,712.0	1,862.9	1,087.0
전 남	30,570.4	6,302.0	13,996.6	10,271.9
경 북	6,081.3	2,360.0	2,627.3	1,094.0
경 남	14,982.2	3,496.9	7,489.9	3,995.5
세 주	6,536.2	857.0	1,557.7	4,121.4

< 표 3. 7 > 기존 승수를 적용한 2001년 연령별 어가 인구수

	전체 합계			15세 미만		
	계	남자	여자	계	남자	여자
전 국	278,843.0	139,136.7	139,706.3	36,121.7	19,220.7	16,901.0
부 산	15,689.3	7,998.6	7,690.7	1,828.9	1,081.2	747.7
인 천	11,949.0	5,910.8	6,038.2	1,479.8	793.3	686.5
울 산	5,093.0	2,415.6	2,677.3	541.3	296.9	244.4
경 기	7,638.0	3,680.4	3,957.7	1,276.6	726.6	541.0
강 원	16,707.9	8,927.1	7,780.8	1,853.0	964.3	888.6
충 남	33,482.2	16,671.6	16,810.7	4,299.9	2,444.0	1,855.9
전 북	14,119.5	7,052.2	7,067.2	2,065.2	1,050.8	1,014.5
전 남	88,726.4	44,254.3	44,472.1	12,134.5	6,218.6	5,915.9
경 북	17,724.1	8,791.7	8,932.4	1,915.2	959.3	955.9
경 남	46,969.3	23,619.4	23,349.9	5,630.2	3,191.2	2,439.0
제 주	20,744.3	9,815.1	10,929.3	3,097.1	1,494.6	1,602.6

< 표 3. 7 > (계속)

	15세 ~ 19세			20세 ~ 29세		
	계	남자	여자	계	남자	여자
전 국	20,000.3	10,367.4	9,632.9	23,978.5	14,345.5	9,632.9
부 산	1,606.4	843.8	762.6	2,324.3	1,132.5	1,191.8
인 천	645.9	360.5	285.5	1,136.7	726.1	410.6
울 산	324.5	181.4	143.2	888.2	427.6	460.6
경 기	381.0	162.3	218.7	690.9	335.6	355.3
강 원	1,658.1	1,002.7	655.4	1,938.1	1,266.7	671.4
충 남	2,336.4	1,219.4	1,117.0	2,249.6	1,371.5	878.0
전 북	863.0	395.2	467.8	919.5	577.9	341.7
전 남	5,783.3	3,063.2	2,720.1	5,049.6	3,355.8	1,693.8
경 북	1,284.5	668.4	616.0	1,485.7	948.1	537.6
경 남	3,543.2	1,768.6	1,774.7	4,441.1	2,404.8	2,036.4
세 주	1,574.0	702.0	872.1	2,854.7	1,799.0	1,055.7

< 표 3. 7 > (계속)

	30세 ~ 39세			40세 ~ 49세		
	계	남자	여자	계	남자	여자
전 국	25,736.9	13,227.3	12,509.7	49,129.6	23,367.1	25,762.5
부 산	1,596.3	895.7	700.6	2,512.9	1,203.6	1,309.4
인 천	1,469.8	709.0	760.8	1,687.3	898.5	788.8
울 산	492.6	298.7	193.9	689.2	340.3	348.9
경 기	870.9	463.3	407.6	1,218.9	578.0	640.9
강 원	1,460.8	721.4	739.4	4,079.0	1,968.1	2,110.9
충 남	2,960.6	1,454.3	1,506.3	6,098.6	2,979.4	3,119.2
전 북	1,665.5	911.7	753.8	2,675.9	1,438.1	1,237.8
전 남	7,823.4	3,742.3	4,081.1	15,980.2	7,542.2	8,437.9
경 북	1,441.5	748.7	692.7	3,558.2	1,577.4	1,980.8
경 남	4,180.2	2,208.0	1,972.3	7,605.7	3,428.7	4,176.9
제 주	1,775.5	1,074.3	701.2	3,023.8	1,412.8	1,611.0

< 표 3. 7 > (계속)

	50세 ~ 59세			60세 ~ 69세		
	계	남자	여자	계	남자	여자
전 국	54,037.8	26,346.3	27,691.5	47,790.4	24,718.5	23,071.9
부 산	2,837.4	1,370.5	1,466.8	2,217.5	1,170.2	1,047.3
인 천	2,086.9	952.7	1,134.1	2,056.1	974.1	1,082.1
울 산	853.2	343.7	509.5	883.1	366.5	516.7
경 기	1,172.9	547.0	626.0	1,314.2	579.0	735.3
강 원	2,910.1	1,519.5	1,390.6	2,021.4	1,338.4	683.0
충 남	5,690.7	2,772.0	2,918.7	6,311.3	3,097.4	3,213.9
전 북	2,399.4	1,170.0	1,229.5	2,367.8	1,118.8	1,249.0
전 남	19,017.6	9,172.2	9,845.4	15,993.7	8,815.0	7,178.7
경 북	3,761.1	1,898.8	1,862.2	2,974.9	1,617.5	1,357.5
경 남	9,529.4	4,872.2	4,657.2	8,242.8	4,343.2	3,899.6
제 주	3,779.3	1,727.8	2,051.5	3,407.7	1,298.8	2,108.9

< 표 3. 7 > (계속)

	70세 이상		
	계	남자	여자
전 국	22,047.8	7,543.8	14,504.0
부 산	765.6	301.1	464.5
인 천	1,386.6	496.7	889.9
울 산	420.9	160.8	260.1
경 기	712.6	288.6	424.0
강 원	787.5	146.1	641.5
충 남	3,535.3	1,333.6	2,201.6
전 북	1,163.0	389.8	773.2
전 남	6,944.2	2,345.0	4,599.2
경 북	1,303.2	373.5	929.7
경 남	3,796.7	1,402.8	2,394.0
제 주	1,232.2	305.8	926.4

< 표 3. 8 > 새 승수를 적용한 2001년 어가수 및 어가인구수

	어가	어가 인구
전 국	77,717.3	234,433.6
부 산	3,223.7	11,546.4
인 천	2,890.7	8,110.7
울 산	1,140.3	3,732.1
경 기	1,795.6	5,799.5
강 원	4,510.5	14,499.2
충 남	9,129.8	25,927.3
전 북	4,224.4	12,853.3
전 남	25,605.9	74,951.5
경 북	5,561.1	16,372.5
경 남	13,279.7	41,154.4
제 주	6,355.8	19,486.7

< 표 3. 9> 새 승수를 적용한 2001년 어업형태별 어가수

	어가수	어업형태별		
		전업	1종겸업	2종겸업
전 국	77,717.3	19,925.5	33,299.3	24,492.4
부 산	3,223.7	1,295.9	1,291.0	636.8
인 천	2,890.7	847.0	889.9	1,153.8
울 산	1,140.3	370.3	405.1	365.0
경 기	1,795.6	264.7	934.2	596.7
강 원	4,510.5	2,494.1	1,504.9	511.5
충 남	9,129.8	1,766.6	4,365.4	2,997.8
전 북	4,224.4	1,532.0	1,699.4	993.1
전 남	25,605.9	5,372.4	11,726.6	8,506.9
경 북	5,561.1	2,160.2	2,377.3	1,023.6
경 남	13,279.7	3,012.5	6,615.8	3,651.3
제 주	6,355.8	809.9	1,489.8	4,056.1

< 표 3. 10 > 새 승수를 적용한 2001년 연령별 어가 인구수

	전체 합계			15세 미만		
	계	남자	여자	계	남자	여자
전 국	234,433.6	117,024.9	117,408.7	30,026.8	15,942.8	14,084.0
부 산	11,546.4	5,876.9	5,669.5	1,304.7	775.2	529.5
인 천	8,110.7	4,001.9	4,108.9	976.4	537.6	438.8
울 산	3,732.1	1,759.8	1,972.3	384.4	203.7	180.7
경 기	5,799.5	2,810.5	2,989.1	991.1	571.6	419.4
강 원	14,499.2	7,755.6	6,743.6	1,609.2	836.3	773.0
충 남	25,927.3	12,822.4	13,104.8	3,187.5	1,805.7	1,381.8
전 북	12,853.3	6,422.8	6,430.6	1,885.6	957.6	928.0
전 남	74,951.5	37,523.2	37,428.3	10,343.7	5,263.4	5,080.3
경 북	16,372.5	8,130.3	8,242.2	1,806.4	896.0	910.4
경 남	41,154.4	20,711.4	20,443.0	4,768.9	2,724.4	2,044.5
체 주	19,486.7	9,210.1	10,276.6	2,769.0	1,371.4	1,397.6

< 표 3. 10 > (계속)

	15세 ~ 19세			20세 ~ 29세		
	계	남자	여자	계	남자	여자
전 국	16,520.4	8,540.5	7,979.9	20,113.1	12,126.1	7,987.1
부 산	1,193.5	643.4	550.2	1,724.3	816.0	908.3
인 천	368.8	196.6	172.3	714.5	459.2	255.4
울 산	232.5	128.4	104.1	646.2	309.5	336.7
경 기	281.3	120.3	161.0	536.8	265.2	271.6
강 원	1,432.7	866.3	566.4	1,696.7	1,116.6	580.1
충 남	1,679.3	868.4	810.9	1,642.2	1,000.7	641.5
전 북	802.6	365.5	437.1	848.1	529.8	318.2
전 남	4,885.0	2,580.4	2,304.6	4,393.1	2,938.9	1,454.2
경 북	1,188.9	622.7	566.3	1,405.5	902.8	502.8
경 남	3,007.2	1,500.0	1,507.3	3,905.2	2,116.2	1,788.9
제 주	1,448.6	648.7	799.9	2,600.6	1,671.2	929.4

< 표 3. 10 > (계속)

	30세 ~ 39세			40세 ~ 49세		
	계	남자	여자	계	남자	여자
전 국	21,441.1	11,102.3	10,338.7	41,054.2	19,512.1	21,542.1
부 산	1,172.8	663.1	509.7	1,773.5	841.3	932.2
인 천	982.5	493.1	489.4	1,080.7	571.1	509.6
울 산	363.9	222.7	141.2	499.1	247.4	251.8
경 기	660.5	350.4	310.0	917.5	436.8	480.4
강 원	1,267.6	625.7	641.9	3,550.5	1,716.5	1,834.0
충 남	2,199.0	1,066.9	1,132.0	4,597.7	2,260.0	2,337.6
전 북	1,502.9	825.5	677.4	2,437.3	1,312.4	1,124.9
전 남	6,729.1	3,253.6	3,475.5	13,569.7	6,426.7	7,143.0
경 북	1,347.8	706.5	641.4	3,286.7	1,444.7	1,842.0
경 남	3,558.3	1,898.6	1,659.8	6,568.2	2,944.9	3,623.3
제 주	1,656.6	996.3	660.4	2,773.8	1,310.5	1,463.2

< 표 3. 10 > (계속)

	50세 ~ 59세			60세 ~ 69세		
	계	남자	여자	계	남자	여자
전 국	46,013.5	22,482.6	23,530.9	40,796.4	21,032.8	19,763.6
부 산	2,148.6	1,038.4	1,110.1	1,668.8	877.3	791.5
인 천	1,479.7	671.3	808.4	1,503.6	698.6	805.0
울 산	630.4	250.9	379.5	668.1	274.2	393.9
경 기	887.5	415.3	472.2	987.5	434.3	553.2
강 원	2,503.5	1,311.8	1,191.7	1,759.6	1,158.3	601.3
충 남	4,470.1	2,158.5	2,311.6	5,290.8	2,572.8	2,718.1
전 북	2,167.1	1,058.2	1,108.9	2,154.6	1,017.4	1,137.2
전 남	16,017.9	7,748.9	8,269.0	13,297.6	7,399.6	5,898.0
경 북	3,437.2	1,757.2	1,680.0	2,692.7	1,460.0	1,232.7
경 남	8,541.9	4,352.9	4,189.0	7,439.0	3,930.2	3,508.8
제 주	3,729.6	1,719.3	2,010.3	3,334.0	1,210.1	2,123.9

< 표 3. 10 > (계속)

	70세 이상		
	계	남자	여자
전 국	18,468.2	6,285.7	12,182.5
부 산	560.1	222.3	337.9
인 천	1,004.5	374.5	629.9
울 산	307.5	123.1	184.4
경 기	537.8	216.6	321.3
강 원	679.4	124.1	555.2
충 남	2,860.8	1,089.5	1,771.3
전 북	1,055.1	356.3	698.8
전 남	5,715.5	1,911.7	3,803.8
경 북	1,207.2	340.5	866.7
경 남	3,365.8	1,244.4	2,121.4
제 주	1,174.5	282.7	891.8

< 참고 문헌 >

- (1) 박 진우 (2001), "계수조정 추정법", 「무응답오차」, 자유아카데미, p 39-58.
- (2) 통계청 (2000), 「어업기본통계조사보고서」.
- (3) 통계청 (2001), 「2000 어업총조사 분석보고서」.
- (4) Deville, J. and Sarndal, C. (1992), "Calibration Estimators in Survey Sampling", Journal of the American Statistical Association, Vol. 87, p376-382.
- (5) Singh, A. C. and Mohl, C. A. (1996), "Understanding Calibration Estimators in Survey Sampling", Survey Methodology, Vol. 22, p 107-115.

< 부록 > 관련 SAS프로그램

1. 기존의 승수로 2000년 총계를 추정한 프로그램

```
data a;  
infile 'g:\my documents\어업\data-00e.txt';  
input sido 1-2 class 3-5 c w a1-a34;  
array a{34} a1-a34;  
array b{34} b1-b34;
```

```
do i=1 to 34;  
  b{i}=a{i}*w;  
end;  
output;  
keep sido class w b1-b34;  
run;
```

```
proc means data=a sum;  
var b1;  
class sido;  
output out=a1 sum=sum1;  
run;
```

```
proc means data=a sum;  
var b2;  
class sido;  
output out=a2 sum=sum2;  
run;
```

```
data a3;
merge a1 a2;
by sido;
keep sido sum1 sum2;
run;
```

```
proc print noobs;
run;
```

(2) 각 시도별로 자료를 구분하기 위한 프로그램

```
option ps=500;
data a;
infile 'g:\my documents\어업\data-00e.txt';
input sido 1-2 class 3-5 c w a1-a34;
keep sido class w a1 a2;
run;
```

```
proc sort;
by sido;
run;
```

```
proc print;
by sido;
run;
```


(3) 각 시도별 승수를 구하기 위한 프로그램

1) a34-1.sas

```
data a;  
input a1 a2;  
cards;  
9444 27575  
;  
run;
```

```
data b;  
input b1 b2;  
cards;  
11805.39 35543.74  
;  
run;
```

```
data c;  
infile '00-34.txt';  
input w;  
run;
```

```
data d;  
infile '00-34.txt';  
input n .11-12 p;  
run;
```

```
proc iml;  
use a;  
read all into a;
```

```
use b;
read all into b;
use c;
read all var {w};
use d;
read all into x;
e=diag(w);
f1=t(x)*e*x;
f2=t(a)-t(b);
lamda=inv(f1)*f2;
f=x*lamda;
print f;
run;
```

2) a34-2.sas

```
data a;
input a1 a2;
cards;
9444 27575
;
run;
```

```
data b;
input b1 b2;
cards;
10061.97 29665.48;
run;
```

```
data c;  
infile 'c.txt';  
input w;  
run;
```

```
data d;  
infile '00-34.txt';  
input n 11-12 p;  
run;
```

```
data f;  
infile 'f.txt';  
input xl;  
run;
```

```
proc iml;  
use a;  
read all into a;  
use b;  
read all into b;  
use c;  
read all var {w};  
use d;  
read all into x;  
use f;  
read all into xl;  
e=diag(w);  
f1=t(x)*e*x;  
f2=t(a)-t(b);  
lamda=inv(f1)*f2;  
f=xl+x*lamda;
```

```
print f;  
run;
```

3) a34-3.sas

```
data a;  
input a1 a2;  
cards;  
9444 27575;  
run;
```

```
data b;  
input b1 b2;  
cards;  
9548.7 27918.71;  
run;
```

```
data c;  
infile 'c.txt';  
input w;  
run;
```

```
data d;  
infile '00-34.txt';  
input n 11-12 p;  
run;
```

```
data f;  
infile 'f.txt';  
input xl;  
run;
```

```
proc iml;  
use a;  
read all into a;  
use b;  
read all into b;  
use c;  
read all var {w};  
use d;  
read all into x;  
use f;  
read all into xl;  
e=diag(w);  
f1=t(x)*e*x;  
f2=t(a)-t(b);  
lamda=inv(f1)*f2;  
f=xl+x*lamda;  
print f;  
run;
```

4) a34-4.sas

```
data a;  
input a1 a2;  
cards;  
9444 27575;  
run;
```

```
data b;  
input b1 b2;  
cards;  
9447.70 27587.04;  
run;
```

```
data c;  
infile 'c.txt';  
input w;  
run;
```

```
data d;  
infile '00-34.txt';  
input n 11-12 p;  
run;
```

```
data f;  
infile 'f.txt';  
input xl;  
run;
```

```
proc iml;  
use a;  
read all into a;  
use b;  
read all into b;  
use c;  
read all var {w};  
use d;  
read all into x;  
use f;  
read all into xl;  
e=diag(w);  
f1=t(x)*e*x;  
f2=t(a)-t(b);  
lamda=inv(f1)*f2;  
f=xl+x*lamda;
```

```
print f;  
run;
```

(4) 새로운 승수를 구하기 위한 과정에서 구해낸 승수로 총계를 추정할 프로그램

```
data a;  
infile 'g:\my documents\실패\00-34.txt';  
input w a1 a2 w1-w4;  
b11=a1*w1;  
b21=a2*w1;  
  
b12=a1*w2;  
b22=a2*w2;  
  
b13=a1*w3;  
b23=a2*w3;  
  
b14=a1*w4;  
b24=a2*w4;  
run;  
  
proc means sum;  
var b11 b21;  
run;  
  
proc means sum;  
var b12 b22;  
run;
```

```
proc means sum;
var b13 b23;
run;
```

```
proc means sum;
var b14 b24;
run;
```

(5) 시도별 및 전국의 2001년 총계를 새로운 승수와 기존의 승수로
계산한 프로그램

```
data a;
infile 'g:\my documents\어업\01.txt';
input sido 1-2 class 3-5 ch h w a1-a36;
array a{36} a1-a36;
array b{36} b1-b36;
array c{36} c1-c36;

do i=1 to 36;
  b{i}=a{i}*h;
end;

do i=1 to 36;
  c{i}=a{i}*w;
end;
output;
keep sido class h w b1-b36 c1-c36;
run;
```



```
proc means data=a sum noprint;  
var b1;  
class sido;  
output out=d1 sum=sum1;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b2;  
class sido;  
output out=d2 sum=sum2;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b3;  
class sido;  
output out=d3 sum=sum3;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b4;  
class sido;  
output out=d4 sum=sum4;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b5;  
class sido;  
output out=d5 sum=sum5;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b6;  
class sido;  
output out=d6 sum=sum6;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b7;  
class sido;  
output out=d7 sum=sum7;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b8;  
class sido;  
output out=d8 sum=sum8;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b9;  
class sido;  
output out=d9 sum=sum9;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b10;  
class sido;  
output out=d10 sum=sum10;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b11;  
class sido;  
output out=d11 sum=sum11;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b12;  
class sido;  
output out=d12 sum=sum12;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b13;  
class sido;  
output out=d13 sum=sum13;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b14;  
class sido;  
output out=d14 sum=sum14;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b15;  
class sido;  
output out=d15 sum=sum15;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b16;  
class sido;  
output out=d16 sum=sum16;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b17;  
class sido;  
output out=d17 sum=sum17;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b18;  
class sido;  
output out=d18 sum=sum18;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b19;  
class sido;  
output out=d19 sum=sum19;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b20;  
class sido;  
output out=d20 sum=sum20;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b21;  
class sido;  
output out=d21 sum=sum21;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b22;  
class sido;  
output out=d22 sum=sum22;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b23;  
class sido;  
output out=d23 sum=sum23;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b24;  
class sido;  
output out=d24 sum=sum24;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b25;  
class sido;  
output out=d25 sum=sum25;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b26;  
class sido;  
output out=d26 sum=sum26;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b27;  
class sido;  
output out=d27 sum=sum27;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b28;  
class sido;  
output out=d28 sum=sum28;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b29;  
class sido;  
output out=d29 sum=sum29;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b30;  
class sido;  
output out=d30 sum=sum30;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b31;  
class sido;  
output out=d31 sum=sum31;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b32;  
class sido;  
output out=d32 sum=sum32;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b33;  
class sido;  
output out=d33 sum=sum33;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b34;  
class sido;  
output out=d34 sum=sum34;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b35;  
class sido;  
output out=d35 sum=sum35;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var b36;  
class sido;  
output out=d36 sum=sum36;  
run;
```

```
data b;  
merge d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7 d8 d9 d10 d11 d12  
      d13 d14 d15 d16 d17 d18 d19 d20 d21 d22 d23 d24  
      d25 d26 d27 d28 d29 d30 d31 d32 d33 d34 d35 d36;  
by sido;  
keep sido sum1-sum36;  
run;
```

```
proc print noobs;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c1;  
class sido;  
output out=a1 sum=sum1;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c2;  
class sido;  
output out=a2 sum=sum2;  
run;
```



```
proc means data=a sum noprint;  
var c3;  
class sido;  
output out=a3 sum=sum3;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c4;  
class sido;  
output out=a4 sum=sum4;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c5;  
class sido;  
output out=a5 sum=sum5;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c6;  
class sido;  
output out=a6 sum=sum6;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c7;  
class sido;  
output out=a7 sum=sum7;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c8;  
class sido;  
output out=a8 sum=sum8;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c9;  
class sido;  
output out=a9 sum=sum9;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c10;  
class sido;  
output out=a10 sum=sum10;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c11;  
class sido;  
output out=a11 sum=sum11;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c12;  
class sido;  
output out=a12 sum=sum12;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c13;  
class sido;  
output out=a13 sum=sum13;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c14;  
class sido;  
output out=a14 sum=sum14;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c15;  
class sido;  
output out=a15 sum=sum15;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c16;  
class sido;  
output out=a16 sum=sum16;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c17;  
class sido;  
output out=a17 sum=sum17;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c18;  
class sido;  
output out=a18 sum=sum18;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c19;  
class sido;  
output out=a19 sum=sum19;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c20;  
class sido;  
output out=a20 sum=sum20;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c21;  
class sido;  
output out=a21 sum=sum21;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c22;  
class sido;  
output out=a22 sum=sum22;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c23;  
class sido;  
output out=a23 sum=sum23;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c24;  
class sido;  
output out=a24 sum=sum24;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c25;  
class sido;  
output out=a25 sum=sum25;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c26;  
class sido;  
output out=a26 sum=sum26;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c27;  
class sido;  
output out=a27 sum=sum27;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c28;  
class sido;  
output out=a28 sum=sum28;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c29;  
class sido;  
output out=a29 sum=sum29;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c30;  
class sido;  
output out=a30 sum=sum30;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c31;  
class sido;  
output out=a31 sum=sum31;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c32;  
class sido;  
output out=a32 sum=sum32;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c33;  
class sido;  
output out=a33 sum=sum33;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c34;  
class sido;  
output out=a34 sum=sum34;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c35;  
class sido;  
output out=a35 sum=sum35;  
run;
```

```
proc means data=a sum noprint;  
var c36;  
class sido;  
output out=a36 sum=sum36;  
run;
```

```
data b;  
merge a1 a2 a3 a4 a5 a6 a7 a8 a9 a10 a11 a12 a13 a14 a15 a16  
      a17 a18 a19 a20 a21 a22 a23 a24 a25 a26 a27 a28 a29 a30  
      a31 a32 a33 a34 a35 a36;  
by sido;  
keep sido sum1-sum36;  
run;  
proc print noobs;  
run;
```