

〈寄稿〉

## 関連情報の解析によるニホンウナギの シラスウナギ総採捕量に関する考察

神頭一郎<sup>1†</sup>

### Consideration about the Total Catch Amount of Glass Eels of Japanese Eel *Anguilla japonica* through the Analysis of Relevant Information

Ichiro KANTO<sup>1†</sup>

養殖に供したニホンウナギのシラスウナギについて、全体の採捕量に関する情報を入手することは、その資源管理のために重要である。そこで本研究では、同採捕量について、業界及び公式情報を含むニホンウナギの養殖に関連した情報の解析による推定を試み、その結果、シラスウナギ総採捕量について経年的な推定値を完成させた。

それによると、ニホンウナギのシラスウナギ総採捕量は年変動が大きく、最大値は1979年に記録した193–227 t、2009年以前の最小値は1998年に記録した44–48 tであった。このほか、同結果をもとに、ニホンウナギ資源全体の長期的変動について検討した。

It is important for the stock management of Japanese eel *Anguilla japonica* to obtain information about the whole catch amount of its glass eel used for farming. I accordingly tried to estimate the total catch by analyzing relevant information of Japanese eel farming in which the data of both industries and officials are included. As a result, I completed the estimation of the total amount of their historical change. According to the data, the total catch amount of glass eels of the Japanese eel has widely fluctuated year by year, and the maximum value was estimated at 193–227 t in 1979, and the minimum before 2009, at 44–48 t in 1998. In addition to the above, I used that data to consider the long-term change of the whole Japanese eel stock.

**Key words:** Japanese eel, *Anguilla japonica*, glass eel, catch amount

#### はじめに

ニホンウナギ *Anguilla japonica* は、2013年には環境省が、2014年にはIUCNが絶滅危惧種に指定したため、近年、その資源動向が注目されている。ニホンウナギを対象とする漁業は、天然の成魚と稚魚であるシラスウナギを対象とする2種類に大きく分類されるが、このうち、シラスウナギについては各国の採捕量に関する統計が十分に整備されていないため、正確な採捕量を把握することが難しい。その一方、ニホンウナギの場合、シラスウナギが養殖への利用のみを目的に採捕されることから (Ringuet et al., 2002)、養殖生産に関する各種指標からシラスウナギ採捕量の概数

相当値を間接的に推定することが可能である。具体的な指標としては、業界が経年ベースで国別に取りまとめた養殖場へのシラスウナギの池入れ量 (導入量)、FAOの漁業統計データベース (FishStatJ, <http://www.fao.org/fishery/topic/166235/en>, 2015年3月16日) によるニホンウナギの養殖生産量などがあげられる。このうち前者については、養殖生産開始時点の情報であり、シラスウナギが採捕された後、短期間で養殖場へ搬入された数量と考えられることから、その水準について定量的な妥当性が認められれば実際の採捕量と同等とみなすことができる。また、後者については、養殖により成魚まで成長した時点の情報であり、養殖生産量から生産に必要なシラスウナギ数量 (必要量) を推定する計算及び同必要量からシラスウナギ導入量を推定する計算を経て、前者と同じ養殖生産開始時点に相当する情報を得ることができる。

神頭 (2015) によると、東アジア全体のニホンウナギ養殖生産量から推定したシラスウナギ必要量の推移の傾向と

2015年6月4日受付、2015年10月5日受理

<sup>1</sup> 国立研究開発法人 水産総合研究センター経営企画部  
Fisheries Research Agency, General Planning and Coordination Department  
Queen's Tower B 15F, 2–3–3 Minato Mirai, Nishi-ku, Yokohama  
220–6115, Japan

† osakanar@affrc.go.jp

業界情報によるシラスウナギ導入量の推移の傾向は全体的に近似しているほか、双方の間に一定期間のタイムラグと増減の平均化が読み取れた。その一方、両者の推移は必ずしも終始並行しているわけではなく、その原因の一つとして、生産規模の大きい台湾に関し、業界情報によるシラスウナギ導入量が過少であった可能性が指摘できる。さらに、数量の規模は小さいものの、韓国及びマレーシアについては、養殖生産量とシラスウナギ導入量を同一次元において比較した場合、両者の水準は量的または時間的に乖離している。

以上を踏まえ、本稿では、実数を把握することが困難なニホンウナギのシラスウナギ採捕量について、同採捕量の推定に有効と考えられる業界情報によるシラスウナギ導入量の経年データに着目し、養殖生産国毎に公式統計と同一次元において比較することにより、同データの定量的妥当性等について検証するとともに、その結果をもとにニホンウナギのシラスウナギ総採捕量を経年ベースの概数相当値として推定し、得られた数値から読み取れる知見等について考察した。

## 材料と方法

### 養殖生産国における種苗導入量に関する検証

養殖生産国におけるニホンウナギのシラスウナギ導入量については、業界情報として日本養殖新聞社が取りまとめた数値 (Table 1) を引用した。なお、日本養殖新聞社は、養鰻から製品流通に至るウナギに関する専門情報を配信している民間企業であり、シラスウナギ導入量については関係者からの継続的な聞き取り調査によるとされる。同業界情報の定量的妥当性については、原則としてニホンウナギの養殖生産量に関する国別の公式統計と同一次元の数値に換算した上で比較検証した。

比較検証に用いた公式統計は、日本については農林水産統計年報 (農林水産省, 1959–2014)、台湾、韓国、マレーシアについてはFishStatJからおおのデータを引用した。なお、中国については検証のために利用可能な公式統計が存在しないため、神頭 (2015) がFAOの貿易統計ほかを用いて作成した同養殖生産量の推定値を引用した (Table 2)。

同一次元の数値として比較検証するため、シラスウナギ導入量から養殖生産量を推定する方法については、以下の計算式：

### 【ニホンウナギの養殖生産量】

$$= (\text{導入種苗の尾数}) \times (\text{1尾当たりの種苗重量}) \times (\text{増肉係数}) \times (\text{種苗の歩留まり率})$$

$$= \{ \text{導入種苗の重量} (= \text{導入種苗の尾数} \times \text{1尾当たりの種苗重量}) \} \times \{ \text{収穫倍率} (= \text{増肉係数} \times \text{種苗の歩留まり率}) \}$$

**Table 1.** The amount of glass eel supplied to Japanese eel farms. by countries (ton).

| Year | Japan | Taiwan | Korea | China | Malaysia |
|------|-------|--------|-------|-------|----------|
| 1972 | 72    |        | 3.8   |       |          |
| 1973 | 73    |        | 9.8   |       |          |
| 1974 | 74    |        | 11    |       |          |
| 1975 | 82    |        | 11.9  |       |          |
| 1976 | 65    |        | 8.7   |       |          |
| 1977 | 61    |        | 11    |       |          |
| 1978 | 72    |        | 7     |       |          |
| 1979 | 126   |        | 18    |       |          |
| 1980 | 63    | 28     | 9     |       |          |
| 1981 | 105   | 48     | 8.5   |       |          |
| 1982 | 60    | 30     | 5     |       |          |
| 1983 | 49    | 33     | 5     |       |          |
| 1984 | 65    | 50     | 4     |       |          |
| 1985 | 50    | 30     | 4     |       |          |
| 1986 | 38    | 19     | 5     |       |          |
| 1987 | 61    | 63     | 7     |       |          |
| 1988 | 45    | 26     | 0     |       |          |
| 1989 | 50    | 40     | 2.5   |       |          |
| 1990 | 57.8  | 55     | 5     | 15–20 |          |
| 1991 | 46.7  | 41     | 5     | 15    | 5        |
| 1992 | 44.5  | 25     | 5     | 23    | 10       |
| 1993 | 43    | 10     | 6     | 35    | 0        |
| 1994 | 28.2  | 15.8   | 5–6   | 48    | 1–2      |
| 1995 | 34.8  | 7      | 8     | 55    | 1–2      |
| 1996 | 31    | 10     | 7     | 29    | 1–2      |
| 1997 | 22    | 17     | 4     | 10    | 2        |
| 1998 | 20.2  | 5      | 1.6   | 2     |          |
| 1999 | 37.9  | 60     | 6     | 40    |          |
| 2000 | 24    | 15     | 7     | 45    |          |
| 2001 | 24.1  | 35     | 8     | 50    |          |
| 2002 | 20.1  | 25     | 12    | 40    |          |
| 2003 | 26.2  | 40     | 13    | 50    |          |
| 2004 | 27.6  | 18     | 11    | 42    |          |
| 2005 | 19.8  | 5.3    | 7.2   | 28    |          |
| 2006 | 29    | 31.5   | 22.1  | 77.5  |          |
| 2007 | 25.1  | 6      | 13.5  | 26    |          |
| 2008 | 22.5  | 7      | 11    | 10    |          |
| 2009 | 29.5  | 19     | 14.3  | 28    |          |
| 2010 | 20.2  | 1      | 10    | 10.5  |          |
| 2011 | 20.9  | 0.7    | 6.8   | 8     |          |
| 2012 | 16.1  | 0.8    | 1.8   | 7     |          |
| 2013 | 12.9  | 0.4    | 2.5   | 4     |          |
| 2014 | 25    | 8      | 13    | 45    |          |

Source: the website of “THE NIHON YOSHOKU SHIN-BUN”, 1972–2009: “<http://www.seaworld.co.jp/~nys/chigyō.html>, 31 July 2012”, 2010–2014: “<http://unaginews.blog.sonet.ne.jp/>, 29 January 2015”. \*The median is used for calculation, in case of “xx–yy”.

## シラスウナギ総採捕量

Table 2. Annual change of the farmed production of Japanese eels by countries.

(Unit: ton)

| Year | Japan<br>MAFF <sup>1</sup> | China<br>estimation <sup>2</sup> | Taiwan<br>FAO <sup>3</sup> | Korea<br>FAO <sup>3</sup> | Malaysia<br>FAO <sup>3</sup> |
|------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1972 | 13,355                     | 3                                | 6,895                      | 6                         |                              |
| 1973 | 15,247                     | 33                               | 11,654                     | 36                        |                              |
| 1974 | 17,077                     | 18                               | 11,827                     | 85                        |                              |
| 1975 | 20,749                     | 19                               | 13,575                     | 150                       | 7                            |
| 1976 | 26,251                     | 16                               | 18,738                     | 100                       | 10                           |
| 1977 | 27,630                     | 12                               | 22,001                     | 100                       | 14                           |
| 1978 | 32,106                     | 15                               | 21,285                     | 150                       | 19                           |
| 1979 | 36,781                     | 11                               | 26,429                     | 303                       | 25                           |
| 1980 | 36,618                     | 92                               | 33,074                     | 200                       | 34                           |
| 1981 | 33,984                     | 297                              | 27,595                     | 211                       | 50                           |
| 1982 | 36,642                     | 418                              | 28,857                     | 233                       | 63                           |
| 1983 | 34,489                     | 730                              | 30,383                     | 347                       | 85                           |
| 1984 | 38,030                     | 797                              | 36,621                     | 448                       | 115                          |
| 1985 | 39,568                     | 1,204                            | 36,845                     | 732                       | 156                          |
| 1986 | 36,520                     | 1,526                            | 35,975                     | 557                       | 211                          |
| 1987 | 36,994                     | 3,424                            | 42,489                     | 2,441                     | 286                          |
| 1988 | 39,558                     | 7,938                            | 51,577                     | 602                       | 388                          |
| 1989 | 39,704                     | 7,458                            | 48,008                     | 1,046                     | 526                          |
| 1990 | 38,855                     | 9,619                            | 55,816                     | 1,146                     | 613                          |
| 1991 | 39,013                     | 13,692                           | 55,641                     | 2,386                     | 443                          |
| 1992 | 36,299                     | 16,473                           | 51,023                     | 3,148                     | 1,572                        |
| 1993 | 33,860                     | 24,817                           | 39,959                     | 2,451                     | 2,824                        |
| 1994 | 29,431                     | 34,445                           | 33,364                     | 2,586                     | 3,354                        |
| 1995 | 29,131                     | 42,745                           | 25,546                     | 2,345                     | 2,969                        |
| 1996 | 28,595                     | 34,860                           | 25,063                     | 1,599                     | 3,635                        |
| 1997 | 24,171                     | 16,185                           | 22,337                     | 2,287                     | 6,620                        |
| 1998 | 21,971                     | 4,980                            | 17,241                     | 2,213                     | 2,250                        |
| 1999 | 23,211                     | 17,430                           | 16,543                     | 2,037                     | 1,500                        |
| 2000 | 24,118                     | 35,275                           | 30,480                     | 2,725                     | 1,980                        |
| 2001 | 23,123                     | 42,133                           | 34,160                     | 2,644                     | 2,359                        |
| 2002 | 21,112                     | 39,915                           | 34,862                     | 2,968                     | 69                           |
| 2003 | 21,526                     | 39,915                           | 35,116                     | 4,312                     |                              |
| 2004 | 21,540                     | 40,802                           | 33,480                     | 5,205                     |                              |
| 2005 | 19,495                     | 31,045                           | 28,481                     | 5,575                     |                              |
| 2006 | 20,583                     | 46,789                           | 23,838                     | 7,966                     |                              |
| 2007 | 22,241                     | 45,902                           | 24,822                     | 10,557                    |                              |
| 2008 | 20,952                     | 15,966                           | 21,038                     | 6,480                     |                              |
| 2009 | 22,406                     | 16,853                           | 19,044                     | 6,621                     |                              |
| 2010 | 20,543                     | 17,075                           | 19,361                     | 7,902                     |                              |
| 2011 | 22,006                     | 8,205                            | 10,535                     | 7,185                     |                              |
| 2012 | 17,377                     | 6,653                            | 2,244                      | 4,259                     |                              |

<sup>1</sup> The data of "Statistical Yearbook of Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan", <sup>2</sup> estimated by Kanto (2015), <sup>3</sup> the data of "FishStatJ".

を適用した。式中の「導入種苗の重量」については、ニホンウナギの養成期間が半年から1年半程度であることから、ある年に池入れされたシラスウナギが当該年及び翌年の2年間にかけて収穫されると考え、ある年(x)のニホ

ンウナギの養殖生産に関わったシラスウナギの重量として、当該年(x)とその前年(x-1)のシラスウナギ導入量の各々1/2を合算した重量とした。また、「収穫倍率」については、神頭(2015)が飼育技術の進歩やサイズに関する

る市場ニーズの変化などにより変動することを考慮し、一定期間ごとに日本の養殖生産量と同養殖生産に関わったシラスウナギ導入量との関係から算出した数値を適用した。

なお、生産規模の大きい台湾については、日本の財務省貿易統計 (<http://www.customs.go.jp/toukei/info/>, 2015年3月16日) による台湾からの活鰻及びウナギ調整品(カバ焼き)に関する輸入数量(原魚換算)を引用し、FishStatJによるニホンウナギ養殖生産量に関する数量水準の妥当性についても検証した。また、その際、ウナギ調整品を原魚換算するための比率として65%を適用した(神頭, 2015)。

#### ニホンウナギのシラスウナギ総採捕量に関する考察

上記の検証結果を踏まえ、原則として、業界情報から推定した養殖生産量と公式統計による養殖生産量の (a) 両者の間に量的・時間的整合性が認められる国については業界情報によるシラスウナギ導入量を、(b) 両者の間に量的・時間的整合性が認められない一方で、いずれか一方のデータに別途妥当性が認められた国については同データを、それぞれシラスウナギ総採捕量を推定するための国別基礎データとして採用した。また、(c) 両者の量的・時間的整合性が認められず、かつ、いずれのデータが妥当であるかを評価するのが困難な国については、両方のデータを総採捕量推定のための国別基礎データとして採用した。

なお、両者の整合性については、定量的指標として、必

要に応じて両者の間の平均乖離率 (E-Ave. =  $1/n \times \sum (|B_n - A_n| / A_n \times 100)$  [%]: データが対応する  $n$  年間について、基準値  $A_n$  及び  $B_n$  の差の絶対値を基準値  $A_n$  で除した値の平均値に対する百分率) の計算及び“Paired  $t$ -test” (対応するデータの差の平均値について、0との差を有意水準:  $p=0.05$  により検定) を実施し、その結果を考慮しつつ判断することとした。

養殖生産量からシラスウナギ導入量を推定する方法については、まずは、養殖生産量を上記において使用した収穫倍率で除することにより、その生産に使用されたシラスウナギ必要量を計算する。次に、ニホンウナギの養成期間が半年から1年半程度で複数年にまたがること、ある年の養殖生産量に対応したシラスウナギ必要量を当該年 ( $x$ ) 及び前年 ( $x-1$ ) のシラスウナギ導入量に分割することが困難なことを考慮し、ある年のシラスウナギ必要量が全て当該年 ( $x$ ) のシラスウナギ導入量に属するとみなす場合 (収穫年 = 種苗導入年) 及び全て前年 ( $x-1$ ) のシラスウナギ導入量に属するとみなす場合 (収穫年 = 種苗導入年の翌年) という収穫年に関する偏差を想定した2通りの推定値を作成した。

この結果、上記 (a) の国についてはシラスウナギ導入量として1通りの推定値を、(b) の国については同1または2通りの推定値を、(c) の国については同3通りの推定

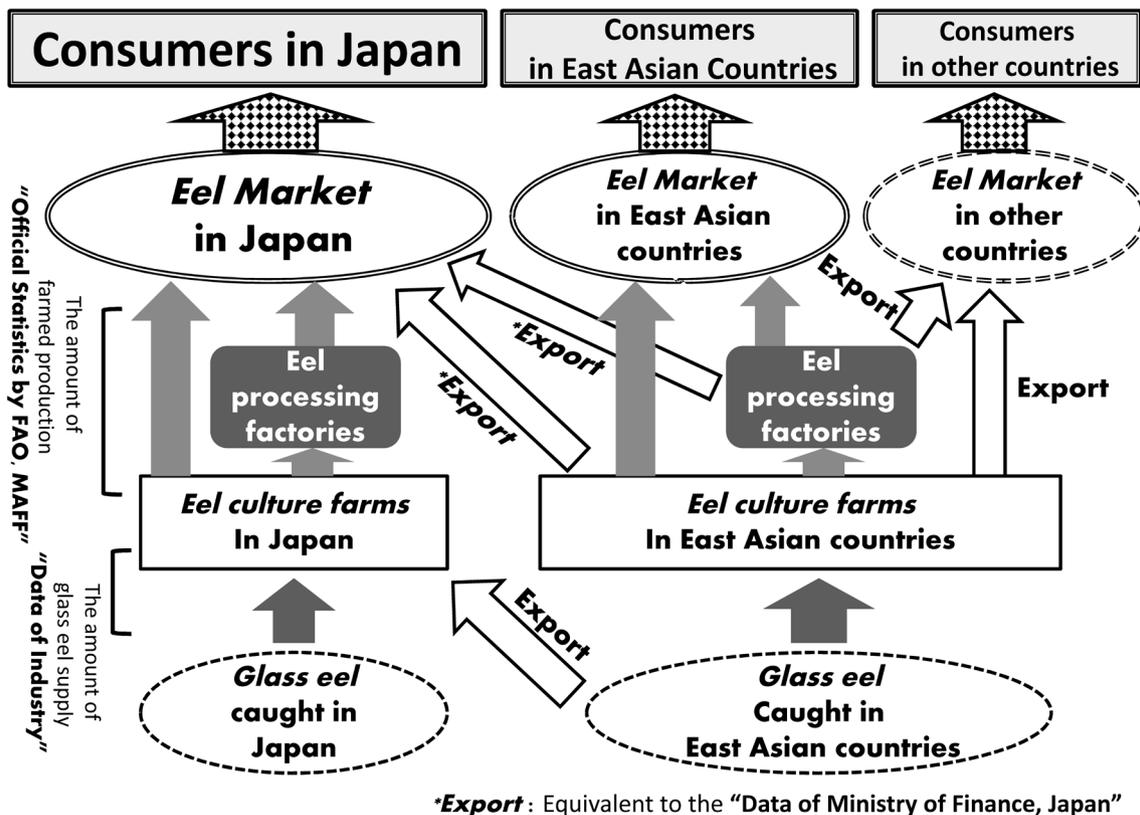


Figure 1. General flows of Japanese eel products through eel farming and marketing in Japan, East Asian countries, and other countries.

値をおのおの作成するとともに、すべての国のシラスウナギ導入量を合計した数量を総採捕量とみなした合計4通りの推定値を作成し、これらの推移の傾向、量的水準及び数値偏差などを精査しつつ、推定結果の妥当性や推定値から得られた知見等について考察した。

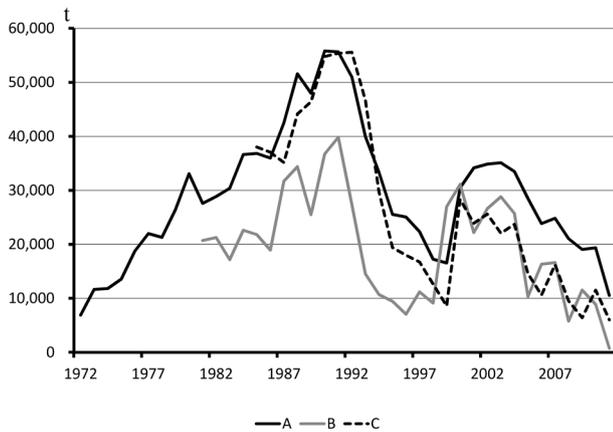
なお、参考として、ニホンウナギの養殖生産に関連し、シラスウナギ採捕から消費者に至るまでの間の製品の一般的な流れと各種統計等が対象とする部位についてFig. 1に図示した。

## 結果と考察

### 台湾におけるシラスウナギ導入量

Fig. 2に台湾におけるFishStatJによるニホンウナギ養殖生産量 (A)、業界情報によるニホンウナギのシラスウナギ導入量から推定した台湾における養殖生産量の推移 (B) 及び日本の財務省貿易統計による台湾からのウナギ輸入 (原魚換算) 数量 (C) を示した。なお、台湾では養殖対象となる *Anguilla* 属のほぼ全量がニホンウナギと考えられている (出村, 2012; 陳ほか, 2012)。

養殖生産量である数値A及び輸入数量である数値Cが対応する全期間 (1985–2011年) について、数値Aを基準値にした平均乖離率及び“Paired *t*-test”による計算・検定を実施したところ、おのおのE-Ave.=26.1%,  $p=5.84 \times 10^{-6} < 0.05$  (有意差あり) となり、両者の間に一定の乖離が認められた一方、同様の計算・検定を1985年から1994年の間についてのみ実施したところ、E-Ave.=8.0%,  $p=0.55 > 0.05$  となり、この期間に関する両者の間の乖離は小さく、有意差も認められないとの結果を得た。これらの結果は、Fig. 2に



**Figure 2.** The amount of farmed production of Japanese eel in Taiwan, by FishStatJ (A), estimated by the data of Industry (B), and estimated by the Trade Statistics of Ministry of Finance of Japan (C); Harvest Index of 887 (after 2001), 830 (1991–2000), 773 (1986–1990), 545 (1981–1985), 402 (1976–1980), and 375 (1966–1975) are used for estimations in this paper (obtained from Kanto (2015)).

において、数値Aによる台湾の養殖生産量が1995年以降、日本への輸出数量に相当する数値Cとの間に一定の乖離が見られる一方、1994年以前については、両者の量的水準がおおむね一致していることを裏づける。

一方、Fig. 2の数値Bによる養殖生産量は、1999年以前において、本来その一部であるはずの数値Cの水準を大きく下回るほか、公式統計である数値Aの水準とも大きく乖離する。数値Bを基準値として、数値A及び数値Cとの間の平均乖離率を計算すると、おのおのE-Ave. (B-A)=126.2%, E-Ave. (B-C)=83.9%となり、おのおのの乖離幅が総じて大きい事実が裏づけられたほか、“Paired *t*-test”の結果は、おのおの、 $p(B-A)=3.26 \times 10^{-10} < 0.05$ ,  $p(B-C)=0.01 < 0.05$  となり、いずれも数値Bとの間に有意差ありとの結果を得た。

台湾におけるニホンウナギの養殖は、日本への輸出を目的に発展し、当初、養殖生産量のほとんどが日本向けに輸出されていたものの、その後、養殖生産量に占める台湾国内におけるウナギ消費量及び日本以外の国々に対するウナギ輸出数量の増加したため、日本向けの輸出シェアが低下するに至った歴史的経緯がある (大塚, 2000; 増井, 2013; 陳ほか, 2012)。また、台湾における国内消費量については、2003年から2011年の間において数千–1万数千tの水準にあったほか、日本以外の国々への輸出についても、2011年にはウナギ調整品 (カバ焼き) の輸出量に関し、その半分以上を米国、韓国等、日本以外の国々が占めた (陳ほか, 2012)。数値A及び数値Cは公式統計の数値であるため、基本的に数値に対する信頼性が高いほか、養殖生産量である数値Aの水準が輸入数量である数値Cとおおむね同等または上回る関係にあることから、数値Aの量的水準に論理的矛盾は見出せない。さらに、1995年頃を境にした両者の推移に関する時系列的变化が、台湾における養殖を巡る歴史的経緯と整合することから、数値Aの量的水準及び推移については、台湾における養殖生産に関する実態と整合性が認められると考えた。

その一方、数値Bによる養殖生産量は、数値Cの輸入数量を大幅に下回るといふ論理的矛盾が認められたほか、公式統計である数値Aの養殖生産量と大きく乖離し、その量的水準については、数値Aと比較して全体的に少量で推移した。このことは、数値Bによる養殖生産量が実態よりも過少であり、その算出に使用された業界情報によるシラスウナギ導入量も過少であった可能性を示唆していると考えられる。

以上のことから、台湾におけるニホンウナギのシラスウナギ導入量については、数値AのFishStatJによる養殖生産量をもとに推定することが妥当と判断し、シラスウナギ総採捕量推定のための基礎データとして「材料と方法」に従いニホンウナギの養成期間を考慮した2通りの推定値を作成した (Table 3)。

**Table 3.** Estimated amount of glass eel supply for Japanese eel farming by countries.

(Unit: ton)

| Year | Japan <sup>1</sup> | Taiwan<br><i>d-0</i> <sup>2,3</sup> | Taiwan<br><i>d-1</i> <sup>2,4</sup> | China<br><i>d-0</i> <sup>3,5</sup> | China<br><i>d-1</i> <sup>4,5</sup> | Korea <sup>1</sup> | Korea<br><i>d-0</i> <sup>2,3</sup> | Korea<br><i>d-1</i> <sup>2,4</sup> | Malaysia <sup>1</sup> | Malaysia<br><i>d-0</i> <sup>2,3</sup> | Malaysia<br><i>d-1</i> <sup>2,4</sup> |
|------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1972 | 72                 | 18.4                                | 31.1                                | 0                                  | 0.1                                | 3.8                | 0                                  | 0.1                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 1973 | 73                 | 31.1                                | 31.5                                | 0.1                                | 0                                  | 9.8                | 0.1                                | 0.2                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 1974 | 74                 | 31.5                                | 36.2                                | 0                                  | 0.1                                | 11                 | 0.2                                | 0.4                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 1975 | 82                 | 36.2                                | 46.6                                | 0.1                                | 0                                  | 11.9               | 0.4                                | 0.2                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 1976 | 65                 | 46.6                                | 54.7                                | 0                                  | 0                                  | 8.7                | 0.2                                | 0.2                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 1977 | 61                 | 54.7                                | 52.9                                | 0                                  | 0                                  | 11                 | 0.2                                | 0.4                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 1978 | 72                 | 52.9                                | 65.7                                | 0                                  | 0                                  | 7                  | 0.4                                | 0.8                                | 0                     | 0                                     | 0.1                                   |
| 1979 | 126                | 65.7                                | 82.3                                | 0                                  | 0.2                                | 18                 | 0.8                                | 0.5                                | 0                     | 0.1                                   | 0.1                                   |
| 1980 | 63                 | 82.3                                | 50.6                                | 0.2                                | 0.7                                | 9                  | 0.5                                | 0.4                                | 0                     | 0.1                                   | 0.1                                   |
| 1981 | 105                | 50.6                                | 52.9                                | 0.5                                | 0.8                                | 8.5                | 0.4                                | 0.4                                | 0                     | 0.1                                   | 0.1                                   |
| 1982 | 60                 | 52.9                                | 55.7                                | 0.8                                | 1.3                                | 5                  | 0.4                                | 0.6                                | 0                     | 0.1                                   | 0.2                                   |
| 1983 | 49                 | 55.7                                | 67.2                                | 1.3                                | 1.5                                | 5                  | 0.6                                | 0.8                                | 0                     | 0.2                                   | 0.2                                   |
| 1984 | 65                 | 67.2                                | 67.6                                | 1.5                                | 2.2                                | 4                  | 0.8                                | 1.3                                | 0                     | 0.2                                   | 0.3                                   |
| 1985 | 50                 | 67.6                                | 46.5                                | 2.2                                | 2.8                                | 4                  | 1.3                                | 0.7                                | 0                     | 0.3                                   | 0.3                                   |
| 1986 | 38                 | 46.5                                | 55                                  | 2                                  | 4.4                                | 5                  | 0.7                                | 3.2                                | 0                     | 0.3                                   | 0.4                                   |
| 1987 | 61                 | 55                                  | 66.7                                | 4.4                                | 10.3                               | 7                  | 3.2                                | 0.8                                | 0                     | 0.4                                   | 0.5                                   |
| 1988 | 45                 | 66.7                                | 62.1                                | 10.3                               | 9.6                                | 0                  | 0.8                                | 1.4                                | 0                     | 0.5                                   | 0.7                                   |
| 1989 | 50                 | 62.1                                | 72.2                                | 9.6                                | 12.4                               | 2.5                | 1.4                                | 1.5                                | 0                     | 0.7                                   | 0.8                                   |
| 1990 | 57.8               | 72.2                                | 67                                  | 17.5                               | 17.5                               | 5                  | 1.5                                | 2.9                                | 0                     | 0.8                                   | 0.5                                   |
| 1991 | 46.7               | 67                                  | 61.5                                | 15                                 | 15                                 | 5                  | 2.9                                | 3.8                                | 5                     | 0.5                                   | 1.9                                   |
| 1992 | 44.5               | 61.5                                | 48.1                                | 23                                 | 23                                 | 5                  | 3.8                                | 3                                  | 10                    | 1.9                                   | 3.4                                   |
| 1993 | 43                 | 48.1                                | 40.2                                | 35                                 | 35                                 | 6                  | 3                                  | 3.1                                | 0                     | 3.4                                   | 4                                     |
| 1994 | 28.2               | 40.2                                | 30.8                                | 48                                 | 48                                 | 5.5                | 3.1                                | 2.8                                | 1.5                   | 4                                     | 3.6                                   |
| 1995 | 34.8               | 30.8                                | 30.2                                | 55                                 | 55                                 | 8                  | 2.8                                | 1.9                                | 1.5                   | 3.6                                   | 4.4                                   |
| 1996 | 31                 | 30.2                                | 26.9                                | 29                                 | 29                                 | 7                  | 1.9                                | 2.8                                | 1.5                   | 4.4                                   | 8                                     |
| 1997 | 22                 | 26.9                                | 20.8                                | 10                                 | 10                                 | 4                  | 2.8                                | 2.7                                | 2                     | 8                                     | 2.7                                   |
| 1998 | 20.2               | 20.8                                | 19.9                                | 2                                  | 2                                  | 1.6                | 2.7                                | 2.5                                | 0                     | 2.7                                   | 1.8                                   |
| 1999 | 37.9               | 19.9                                | 36.7                                | 40                                 | 40                                 | 6                  | 2.5                                | 3.3                                | 0                     | 1.8                                   | 2.4                                   |
| 2000 | 24                 | 36.7                                | 38.5                                | 45                                 | 45                                 | 7                  | 3.3                                | 3                                  | 0                     | 2.4                                   | 2.7                                   |
| 2001 | 24.1               | 38.5                                | 39.3                                | 50                                 | 50                                 | 8                  | 3                                  | 3.3                                | 0                     | 2.7                                   | 0.1                                   |
| 2002 | 20.1               | 39.3                                | 39.6                                | 40                                 | 40                                 | 12                 | 3.3                                | 4.9                                | 0                     | 0.1                                   | 0                                     |
| 2003 | 26.2               | 39.6                                | 37.7                                | 50                                 | 50                                 | 13                 | 4.9                                | 5.9                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 2004 | 27.6               | 37.7                                | 32.1                                | 42                                 | 42                                 | 11                 | 5.9                                | 6.3                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 2005 | 19.8               | 32.1                                | 26.9                                | 28                                 | 28                                 | 7.2                | 6.3                                | 9                                  | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 2006 | 29                 | 26.9                                | 28                                  | 77.5                               | 77.5                               | 22.1               | 9                                  | 11.9                               | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 2007 | 25.1               | 28                                  | 23.7                                | 26                                 | 26                                 | 13.5               | 11.9                               | 7.3                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 2008 | 22.5               | 23.7                                | 21.5                                | 10                                 | 10                                 | 11                 | 7.3                                | 7.5                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 2009 | 29.5               | 21.5                                | 21.8                                | 28                                 | 28                                 | 14.3               | 7.5                                | 8.9                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 2010 | 20.2               | 21.8                                | 11.9                                | 10.5                               | 10.5                               | 10                 | 8.9                                | 8.1                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |
| 2011 | 20.9               | 11.9                                | 2.5                                 | 8                                  | 8                                  | 6.8                | 8.1                                | 4.8                                | 0                     | 0                                     | 0                                     |

<sup>1</sup> The data of Industry are used, <sup>2</sup> the data of FishStatJ are used, <sup>3</sup> “*d-0*” means that the harvest year is same as the catch year, <sup>4</sup> “*d-1*” means that the harvest year is the year after the catch year, <sup>5</sup> the data of Kanto (2015) are used.

**日本及び中国におけるシラスウナギ導入量**

Fig. 3に日本の農林水産統計年報によるニホンウナギ養殖生産量及び業界情報によるニホンウナギのシラスウナギ導入量から推定したニホンウナギ養殖生産量の推移を示した。2つのグラフの数値については、農林水産統計年報による養殖生産量を基準値として、平均乖離率の計算及び

“Paired *t*-test”を行ったところ、それぞれ、E-Ave.=13.3%, *p* =0.25>0.05 (両者の間に有意差なし)を示したことから、両者の間の乖離は小さく、量的水準及び推移の傾向についてもおおむね一致していると判断した。このことから、日本における業界情報によるニホンウナギのシラスウナギ導入量と農林水産統計年報による養殖生産量との間には整合

性が認められると判断し、業界情報によるシラスウナギ導入量をシラスウナギ総採捕量推定のための基礎データとして適用することにした。

中国については、1990年以降についてのみ、業界情報によるニホンウナギのシラスウナギ導入量に関するデータが存在するが、それ以前の期間については同シラスウナギ導入量に関するデータが存在しない (Table 1)。一方、神頭 (2015) によると1972年から1989年の期間についてもFAOの貿易統計をもとに最大約8千tの養殖生産量が推定された (Table 2)。このことから、当該期間については、神頭 (2015) が推定した同養殖生産量及び収穫倍率を用いて計算される同シラスウナギ導入量をシラスウナギ総採捕量推定のための基礎データとして適用することが適切と判断し、「材料と方法」に従い、ニホンウナギの養成期間を考慮した2通りの推定値を作成した (Table 3)。

1990年から1993年の間については、業界情報による同シラスウナギ導入量 (15–35 t) と、その収穫年について神頭 (2015) がFAOの貿易統計などから推定した養殖生産量に基づくシラスウナギ必要量 (1990–1994年：12.4–41.5 t) がおおむね同水準であることから、業界情報による同シラスウナギ導入量の数値が妥当であると判断し、それらを当該期間におけるシラスウナギ総採捕量推定のための基礎データとして適用した (Table 3)。

1994年以降については、業界情報を検証するための養殖生産量に関する適切な公式統計が存在しない一方、神頭 (2015) が業界情報によるシラスウナギ導入量をもとに中国におけるニホンウナギ養殖生産量を推定した際、ヨーロッパウナギ *Anguilla anguilla* ほかの養殖生産量に関する検証結果から、業界情報によるニホンウナギのシラスウナギ導入量が実際の導入量をおおむね反映した水準にあることを間接的に裏づけると考えた。このことから、本稿では、

当該期間における業界情報によるシラスウナギ導入量の水準について一定の妥当性が認められると判断し、同シラスウナギ導入量をシラスウナギ総採捕量推定のための基礎データとして適用することにした (Table 3)。

#### 韓国及びマレーシアにおけるシラスウナギ導入量

Fig. 4に韓国におけるFishStatJによるニホンウナギ養殖生産量と業界情報によるニホンウナギのシラスウナギ導入量から推定した同養殖生産量の推移を、Fig. 5にマレーシアにおけるFishStatJによるニホンウナギ養殖生産量と業界情報によるニホンウナギのシラスウナギ導入量から推定した同養殖生産量の推移をそれぞれ示した。

このうちFig. 4については、2つのグラフの形状は類似しているものの、両者の量的水準については、FishStatJによる養殖生産量が業界情報から推定した養殖生産量を全体的に大きく下回っている。また、FishStatJによる養殖生産

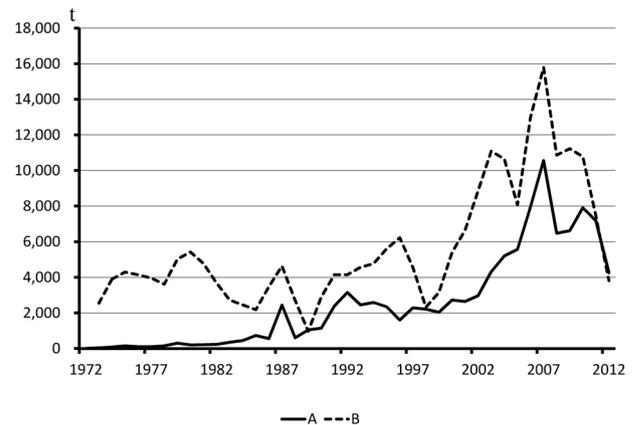


Figure 4. The amount of farmed production of Japanese eel in Korea, by FishStatJ (A), estimated by the data of Industry (B).

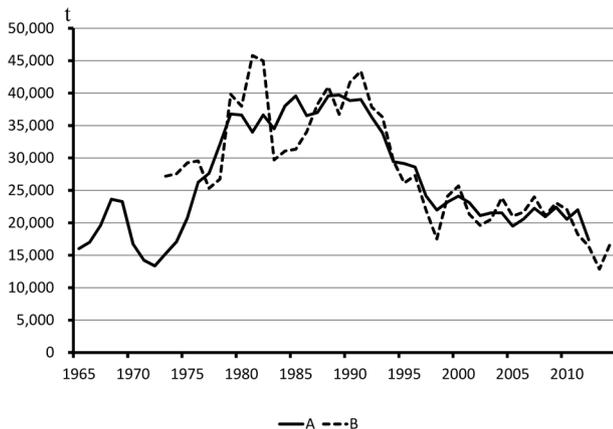


Figure 3. The amount of farmed production of Japanese eel in Japan, by the Statistical Yearbook of Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (A), and estimated by the data of Industry (B).

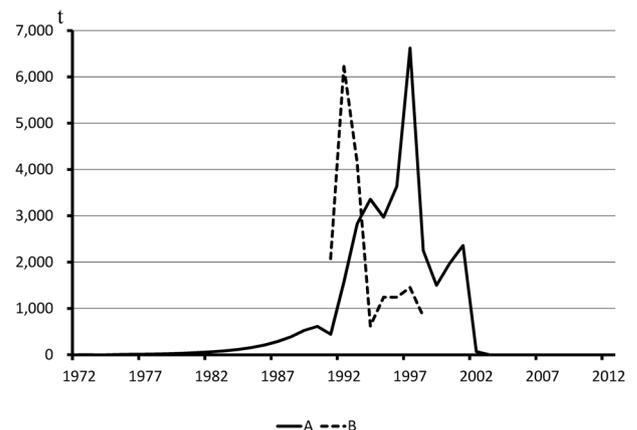


Figure 5. The amount of farmed production of Japanese eel in Malaysia, by FishStatJ (A), estimated by the data of Industry (B).

量を基準値として、平均乖離率の計算及び“Paired t-test”を行ったところ、それぞれ、 $E-Ave.=915.8\%$ ,  $p=9.27 \times 10^{-14} < 0.05$  (両者の間に有意差あり)を示したことから両者の乖離は大きく、量的整合性は認められないと判断した。

一方、FishStatJの貿易統計によると、1976-87年の間、韓国による1.3-6.9千tの生きたウナギの輸出が記録されており、同輸出の水準は、業界情報から推定した同時期の養殖生産量(2.1-5.4千t)に対応している可能性が指摘できる。同輸出は1988年以降、数tから数百tの水準に減少し、1997年以降は輸入超過となって最大5.4千tの輸入量を記録するに至った。これら輸出入に関する記録は、韓国における国内消費の存在等を考慮すれば、当初、輸出を目的に営まれた養鰻業が、その後の国内消費、経済的理由などによって製品需給が逼迫し、その結果、輸入によって需要をまかなう事態に至ったとのシナリオを想起させる。その一方、国内消費の具体的な数量が不明であること等から、これら輸出入に関する記録をもとに、Fig. 4に示されたグラフの数値について妥当性を判断には情報が不十分と考える。

このほか、2つの同グラフ値について妥当性を判断するための更なる情報を欠いているため、韓国におけるニホンウナギのシラスウナギ導入量については、業界情報によるシラスウナギ導入量及びFishStatJによる養殖生産量から推定したシラスウナギ導入量の両方をシラスウナギ総採捕量推定のための基礎データに使用するとともに、後者についてはニホンウナギの養成期間を考慮した2通りの推定値を作成した(Table 3)。

マレーシアの養殖生産量を示したFig. 5については、2つのグラフの形状が部分的には類似している一方、ピークのタイミングについて約5年間の時間差が読み取れる。ニホンウナギの場合、通常の養成期間が半年から1年半程度であることを考慮すると、おのおののグラフの増減が同一のシラスウナギ導入によって形成されたとは考えにくい。このため、マレーシアについては、業界情報によるシラスウナギ導入量から推定した養殖生産量とFishStatJによる養殖生産量との間に整合性が認められないと判断した。さらに、FishStatJの貿易統計において、マレーシアのウナギ製品に関する有意な輸出数量が記録されていないほか、おのおののグラフ値の妥当性を判断するために必要な情報を欠いていることから、マレーシアについては、業界情報によるシラスウナギ導入量及びFishStatJによる養殖生産量をもとに計算したシラスウナギ導入量の両方をシラスウナギ総採捕量推定のための基礎データに使用するとともに、後者についてはニホンウナギの養成期間を考慮した2通りの推定値を作成した(Table 3)。

#### ニホンウナギのシラスウナギ総採捕量について

Fig. 6に神頭(2015)が推定した東アジア全体におけるニホンウナギのシラスウナギ養殖必要量と、上記国別の検証結果をもとに作成した同シラスウナギ総採捕量に関する4

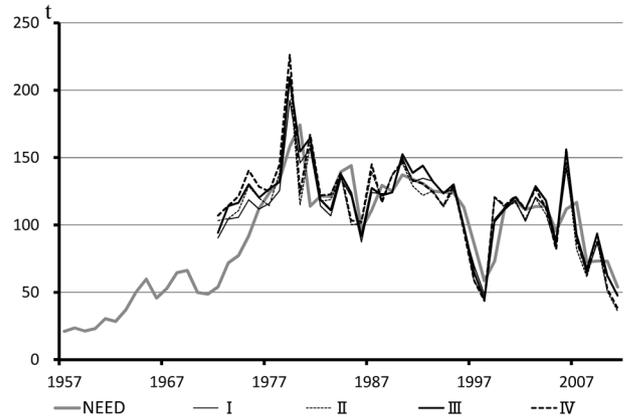


Figure 6. Estimated total amount of glass eels needed for Japanese eel farming (NEED), and estimated total catch amount of glass eels of Japanese eel (I-IV).

通りの推定値 (I-IV) を示した。

4通りの推定値とは、国別の検証結果を踏まえ、日本の数量については、いずれも業界情報による同シラスウナギ導入量を適用するとともに、

I: 台湾、韓国及びマレーシアの数量としてFishStatJの養殖生産量を収穫倍率で除した値(収穫年=種苗導入年)、中国の数量として1989年以前について神頭(2015)による養殖生産量推定値を収穫倍率で除した数値(収穫年=種苗導入年)、1990年以降について業界情報による同シラスウナギ導入量、

II: 台湾、韓国及びマレーシアの数量としてFishStatJの養殖生産量を収穫倍率で除した値(収穫年=種苗導入年の翌年)、中国の数量として1989年以前について神頭(2015)による養殖生産量推定値を収穫倍率で除した数値(収穫年=種苗導入年の翌年)、1990年以降について業界情報による同シラスウナギ導入量、

III: 台湾の数量としてFishStatJの養殖生産量を収穫倍率で除した値(収穫年=種苗導入年)、韓国及びマレーシアの数量として業界情報による同シラスウナギ導入量、中国の数量として1989年以前について神頭(2015)による養殖生産量推定値を収穫倍率で除した数値(収穫年=種苗導入年)、1990年以降について業界情報による同シラスウナギ導入量、

IV: 台湾の数量としてFishStatJの養殖生産量を収穫倍率で除した値(収穫年=種苗導入年の翌年)、韓国及びマレーシアの数量として業界情報による同シラスウナギ導入量、中国の数量として1989年以前について神頭(2015)による養殖生産量推定値を収穫倍率で除した数値(収穫年=種苗導入年の翌年)、1990年以降について業界情報による同シラスウナギ導入量、を適用したものである。

これによると、I-IVのグラフ及び養殖必要量のグラフは

共に年変動が大きいものの、両者の量的水準及び推移の傾向は一定期間のタイムラグをもっておおむね一致している。また、養殖必要量のグラフにおいては、I-IVのグラフにおける変動幅が平均化された形跡が読み取れる。さらに、I-IVのグラフ相互間の数値の偏差は小さく、このことはシラスウナギ総採捕量が生産規模の大きい日本、台湾及び中国によるシラスウナギ導入量におおむね支配され、生産規模の小さい韓国及びマレーシアの影響及び種苗導入年と収穫年の偏差による影響が小さいことを示唆している。

I-IVのグラフのピークは、いずれも養殖必要量のピークより1年早い1979年に記録され、その水準は193-227tであった。同年にピークを記録した主な要因として、Table 1に示された日本のシラスウナギ導入量が同年に126tという歴史的極大値を記録したことがあげられる。これについては、同年における韓国の同導入量も前後の年と比較して相対的に多かったこと、同年の導入量に関係する1979年及び1980年の日本における養殖生産量が前後の年より多い過去最高水準にあったこと、1980年の台湾における同生産量も極大値を記録したことなどから、1979年がシラスウナギの採捕量が全体的に多い豊漁年に該当し、その結果、日本においてもシラスウナギ導入量の歴史的極大値を記録するに至ったと考えられる。さらに、1960年代後半の日本における養殖生産量1.6-2.4万tに対し、当時の日本におけるシラスウナギ採捕量の平年値が80tであったこと、1979年の前後の年の日本における同導入量60-70t (Table 1) に対し、1979年及び1980年の同養殖生産量が約3.7万tであったこと (農林水産省, 1959-2014; 大塚, 2000) から、126tという導入量の水準についても、合理的範囲を逸脱しているとは考えにくい。

一方、近年の著しい不漁が始まる前の2006年以前における同採捕量の極小値については、I-IVの推定値及び養殖必要量ともに1998年に記録され、その水準はおのおの44-48t及び59tであった。また、業界情報による東アジア全体における同年の同導入量においても、2006年以前の極小値として28.8tが記録された。これらのことは、1998年における東アジア全体の採捕量が、前後の年と比較して極端に少ない不漁年であったことを示唆している。

I-IVの推定に適用した各国のシラスウナギ導入量は、原則としてFishStatJなどの公式統計値による検証を経た業界情報、若しくは同公式統計値を基礎として間接的に推定した数値である。また、比較のために示した養殖必要量についても、同様に公式統計値をもとに推定・検証した数値である。Fig. 5のとおり、これら公式統計値に裏づけられたI-IV及び養殖必要量のグラフがおおむね狭い偏差の範囲内で規則的な推移を示したことは、同偏差の周辺に同総採捕量が存在する可能性を示唆する一つの根拠になると考えられる。

## ニホンウナギ資源全体の長期的変動について

二平 (2006) によるとニホンウナギの場合、雄の大半は4-5歳で降河するが、雌の場合、6歳から成熟を開始する。このため、雄の成熟年齢を基準に考えた場合、ニホンウナギの資源は総体的に4-5の年級が一つの単位となって構成され、シラスウナギ総採捕量に関する5ヵ年移動平均値がニホンウナギの総体的な資源水準を表現する一つの指標になり得ると考えた。そこで、Fig. 7にI-IVの推定値の平均値 (A) 及びTable 1の数値を用いて計算した同移動平均値 (B) の推移を示した。それによると1976年から2014年までの約40年間に於いて、同移動平均値の最も大きい極大値と最も小さい極小値の比率は3.2倍であるが、3つの極大値の中の最大値と最小値の比率は1.3倍、同極小値の中の最大値と最小値の比率は2.5倍であった。また、同40年間に於いて同移動平均値は12-13年周期の規則的な3つの大きな波を形成しつつ、全体的に緩やかな減少傾向を示した。同移動平均値が12-13年周期の規則的な変動を示したことは、ニホンウナギの総体的な資源水準が、ある程度規則的な周期を持ったエルニーニョを含む海洋環境などの要因により、影響される可能性を示唆していると考えられる。

また、Fig. 7の数値Cは、雄の成熟年齢を基準に考え、再生産に伴う資源水準の増減を年級毎に評価するため、数値Aの年級毎の採捕量 (資源水準) から同年級の5年前の採捕量 (資源水準) を差し引いた数値を示したものである。それによると同資源水準の増減は、数値Bで示された12-13年周期の規則的な変動とおおむね同様の周期的な増減を示した一方、おのおのの周期において増加の期間は減少の期間よりも総じて短く、また、総体的な増減についても減少量が増加量を上回る。このような傾向が観察された

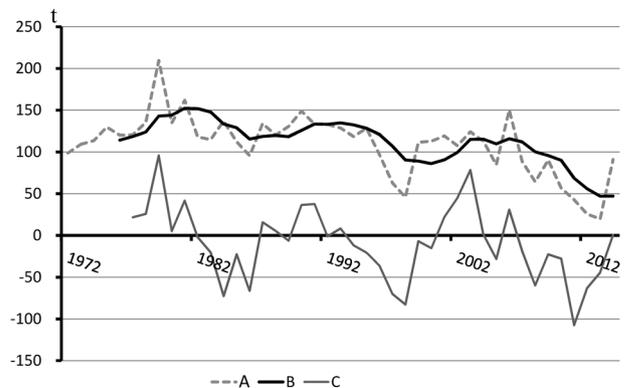


Figure 7. Estimated total catch amount of glass eels of Japanese eel (A), their 5-year moving average (B), and their difference from the amount of 5 years ago (C); the average of I-IV (Figure 6) are used for estimated yearly total catch amount of 1972-2011 and the data of Table 1 (2012-2014) are used for that of 2012-2014.

1980年代以降の時期は、東アジア全体におけるニホンウナギの養殖生産量が急激に増加した後、約20年間の頭打ち状態を経て、急激な減少に転じる激しい推移の経過を辿った時期と重なるものであり（神頭，2015），この時期の漁獲圧力が持続的再生産を可能とするレベルを逸脱したものであった可能性を示唆していると考える。また，近年，東アジア全体におけるニホンウナギのシラスウナギ漁は著しい不漁となっているが，その傾向は数値Aから2006年以降，顕著になったと考えられる。これら著しい不漁に至った要因として，基本的には資源の縮小再生産化による資源水準の緩やかな減少傾向が考えられるが，不漁の時期が12-13年周期の規則的な変動による下降局面と重なることから，同不漁が両者の相乗効果により増幅された可能性があることを示唆していると考える。

#### 引用文献

- 陳 佩君・蔡 旨雯・陳 慶尹・葉 俊賢・洪 嫻嬪・傅 敏容・丘 梅蓉（2012）台湾のうなぎと日本の関係. 101学年度專題研究報告, Kao Yuan University, 62 pp.
- 出村雅晴（2012）ウナギをめぐる最近の情勢. 農林金融, 2012年8月号, 58-63.
- 神頭一郎（2015）中国におけるニホンウナギの養殖生産量に関する代替データを用いた間接的推定. 水産海洋研究, 79, 61-66.
- 増井好男（2013）「ウナギ養殖業の歴史」. 筑波書房, 62 pp.
- 二平 章（2006）利根川および霞ヶ浦におけるウナギ漁獲量の変動. 茨城内水試研報, 40, 55-68.
- 農林水産省（1959-2014）昭和32年-平成24年漁業養殖業生産統計年報. 農林水産省大臣官房統計部.
- 大塚 茂（2000）ウナギ輸入ビジネス小史（1）. 島根女子短期大学紀要, 38, 39-49.
- Ringuet, S., F. Muto and C. Raymakers（2002）Eels: Their harvest and trade in Europe and Asia. TRAFFIC Bulletin, 19（2002）, 27 pp.