

ミナミマグロ漁場で漁獲される主要な外洋性サメ類 3 種の CPUE の経年変化の
更新 (1992-2010)

Standardized CPUE for the main pelagic shark species caught in the SBT longline
fishery, 1992-2010

国際水産資源研究所 かつお・まぐろ資源部
松永浩昌・仙波靖子・余川浩太郎

Matsunaga H, Senba Y. and Yokawa K.

National Research Institute of Far Seas Fisheries, FRA, JAPAN

【要約】

RTMP オブザーバープログラムによって 1992 年から 2010 年の 19 年間に収集されたデータに基づいて、ミナミマグロ漁場において日本のまぐろはえ縄漁船によって漁獲される主要な外洋性サメ類であるヨシキリザメ、ニシネズミザメ、アオザメの 3 種について CPUE をそれぞれの種に適した 3 つのモデル (CPUE-lognormal モデル、Catch 型モデル、Delta 型 2 段階モデル) を用いて標準化し、その経年変化から資源状態の変動を再度検討した。何れの種においても CPUE は年変動が見られたが、顕著な増加・減少傾向は認められず、また体長組成にも特段の経年変化が見られなかったことから、この期間において資源状態に大きな変化は無かったもの考えられた。

【Abstract】

The standardized CPUE for blue shark, porbeagle and shortfin mako, which are the main pelagic species in the SBT longline fishery, are calculated using the RTMP observer data from 1992 to 2010 with three mathematical models (CPUE lognormal model, CATCH negative binominal model, Delta-lognormal model), respectively. While there were some fluctuations, remarkable increasing or decreasing trends of standardized CPUE for the three species were not observed. Moreover, distinct changes of body length composition are not recognized. Therefore, it is supposed that there were not significant changes of stock status for these species from 1992 to 2010.

【はじめに】

ミナミマグロ漁場では、日本のまぐろはえ縄漁船によってヨシキリザメ、ニシネズミザメ、アオザメの未成魚を中心とした外洋性サメ類が数多く漁獲されている (松永・松下 2001)。日本が 1992 年から実施している RTMP オブザーバープログラムで得られたデータの CPUE 解析から、これらの主要なサメ類 3 種の資源状態は安定的に推移していると推定さ

れてきた (Matsunaga et al. 2001、松永・中野 2004、Matsunaga 2006、松永・余川 2009)。今回は、前回 2009 年と同様にそれぞれの種に適した 3 モデルを用いて CPUE を標準化し、各種の資源変動傾向について更新した。

【Introduction】

Many pelagic sharks consisting of mainly juvenile blue shark, porbeagle and shortfin mako were caught by the tuna longline vessels in the SBT fishery (Matsunaga & Matsushita 2001). It was considered that the stock status of these three pelagic shark species had been stable in the SBT fishery ground by the trend of standardized CPUE gained from the data of RTMP observer program (Matsunaga et al. 2001, Matsunaga & Nakano 2004, Matsunaga 2006, Matsunaga & Yokawa 2009). In this document, the standardized CPUE for the three main shark species were updated as done in 2009 using the proper mathematical models with observer data obtained in the Japanese observer program since 1992.

【材料と方法】

RTMP オブザーバープログラムによって 1992 年から 2010 年の 19 年間に収集された漁獲データを使用した。海域は、ミナミマグロ資源解析に使われている区分に従ったが、操業数と漁獲尾数の少ない海区を除いて、4、8、9 の 3 海区を用いた (図 1)。

CPUE の標準化は現在国際会議等で良く使われている以下に示した 3 つのモデルを適用して行なった。これはゼロキャッチの操業を多く含む非漁獲対象種の漁獲データは正規分布を仮定した統計モデルに適合しないことが指摘されている (庄野 2005) ため、検討を行った結果、ゼロキャッチが少ないヨシキリザメは定数項を加えた CPUE-lognormal モデル、多いアオザメは Delta 型 2 段階モデル、両種の間であるニシネズミザメは Catch 型モデルを使って標準化を行なうのが適当であると判断された事により (松永・庄野 2007)、前回の解析から用いた方法である。

①CPUE-Lognormal モデル (全ての CPUE に一定量を加える ad-hoc な方法)
モデル式

$$E(\text{Log}(\text{CPUE}+C)) = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + \text{GE} + \text{INA} + \text{ERROR} \quad \text{ERROR} \sim N(0, \sigma^2)$$

変数の定義

CPUE: 漁獲尾数/ 1000 鈎 C: 定数項 INC: 切片項 AR: 海域の効果 (2)

YR: 年の効果 19 (1992 - 2010) QT: 季節の効果 3 (4-6、7-9、10-12 月)

GE: 漁具の効果 2 (枝縄数 : 5-8、9-13) INA: 交互作用

②Catch 型モデル (漁獲の分布にポアソンや負の 2 項分布を仮定する)

$$E(\text{CATCH}) = (\text{Effort}) * \text{EXP}(\text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + \text{GE} + \text{INA}) \quad \text{CATCH} \sim \text{NB}(\alpha, \beta)$$

CATCH: 漁獲尾数

③Delta 型 2 段階モデル (第 1 段階でゼロキャッチ率を logit モデル等で推定し、第 2 段階で非ゼロの CPUE の推定を行なう)

$$E(\text{Log}(R/(1-R))) = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + \text{GE} + \text{INC} + (\text{Log}(\text{Effort})) \quad R \sim \text{Bin}(p)$$

R: ゼロキャッチ率

$$E(\text{Log}(\text{CPUE})) = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + \text{GE} + \text{INA}$$

$$\text{CPUE} \sim N(\mu, \sigma^2) \quad \text{CPUE: ゼロキャッチを除いた漁獲率}$$

なお変数の選択はステップワイズ F 検定で行なった。また、Delta 型 2 段階モデルでの信頼区間は Shono (2008)の方法に従って求めた。

【Material and Methods】

Catch data collected in the RTMP observer program from 1992 to 2010 were used for the analysis.

In order to standardize CPUE of sharks, generalized linear model was used in this analysis. We used the CPUE model with log-normal error for blue shark, CATCH model with negative binominal error for porbeagle and Delta-lognormal model for shortfin mako as done in the previous analysis. The calculation was performed through GLM and GEM procedure of SAS/STAT package (Version 9.2). The following forms were assumed as full models respectively.

CPUE model

$$E(\text{Log}(\text{CPUE} + C)) = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + \text{GE} + \text{INA} + \text{ERROR}, \text{ERROR} \sim N(0, \sigma^2)$$

CATCH model

$$E(\text{CATCH}) = (\text{Effort}) * \text{EXP}(\text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + \text{GE} + \text{INA}) \sim \text{NB}(\alpha, \beta)$$

Delta-lognormal model

$$E(\text{Log}(R/(1-R))) = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + \text{GE} + \text{INC} + (\text{Log}(\text{Effort})) \quad R \sim \text{Bin}(p)$$

$$E(\text{Log}(\text{CPUE})) = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + \text{GE} + \text{INA}$$

R: zero-catch ratio in the total operations, CPUE: nominal CPUE except zero-catch

where log: natural logarithm, CPUE: nominal CPUE (catch of sharks in number per 1000 hooks), INC: intercept, YR: effect of year (1992-2010), QT: effect of season (2-4), AR: effect of area (4, 8, 9), GE: effect of gear type (number of hooks between floats; 5-8, 9-13), INA: two way interactions, CATCH: nominal catch of sharks in number. YR, QT, AR and GE were incorporated as the main effect. The area strata used for the analysis were 4, 8 and 9 (Fig. 1). In order to overcome the problem of zero catch, 1.0 was uniformly added to each value of nominal CPUE as the constant term.

We made the model selection using the stepwise F-test and Chi-square-test (Dobson 1990). Significant level was set to be one percentage.

【結果と考察】

最終的に選択されたモデルは以下の通りである。

ヨシキリザメ：

$$\text{Log}(\text{CPUE} + 1) = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + \text{GE} + (\text{AR} * \text{GE}) + (\text{QT} * \text{GE}) + \text{ERROR}$$

ニシネズミザメ：

$$\text{CATCH} = (\text{Effort}) * \text{EXP}(\text{INC} + \text{YR} + \text{AR} + \text{QT} + (\text{QT} * \text{GE}) + \text{ERROR})$$

アオザメ：

$$\text{Log}(\text{R}/(1-\text{R})) = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + (\text{AR} * \text{GE}) + \text{ERROR} + (\text{Log}(\text{Effort}))$$

$$\text{Log}(\text{CPUE}) = \text{INC} + \text{YR} + \text{AR} + (\text{AR} * \text{QT}) + \text{ERROR}$$

表 1-3 に ANOVA の結果、図 2、4、7 に各種の標準化された CPUE の経年変化、図 3、5、8 に標準化された残差を示した。

ヨシキリザメは 1992 年から 95 年まで低いレベルで、1996 年から 2000 年の間は高い値を示したが、その後は再び低くなり、2001 年からは同じレベルを推移し、再び 2009 年に高くなった。19 年という期間において変動を繰り返したが、連続的な減少傾向は見られなかった。日本の漁獲成績報告書データから得られたミナミマグロ漁場の多くを含むインド洋、南大西洋におけるヨシキリザメの CPUE も、1970 年から 2010 年にかけての約 40 年間で安定的に変動し、特段の顕著な増減は認められていない（平岡他 2012）。従って、ヨシキリザメ資源は南半球の広い範囲で安定的に推移しており、ミナミマグロ漁場も例外では無いものと推測される。

ニシネズミザメの CPUE も一時的な増減傾向が見られるものの全体として安定しており、資源状態の変化は小さいものと思われる。

アオザメは 1993 年から 95 年の間は他の年に比べて少し低かったが、それ以降は一時的な変動が見られたものの、一定の増減傾向は認められなかった。長期的な変動に関しては不明であるが、この 19 年間に資源状態に大きな変化は無く、日本の漁獲成績報告書データを解析した南大西洋の結果（Kimoto & Yokawa 2011）と同様に比較的安定していたものと考えられる。

図 5～7 に各種の平均体長（尾鰭前長）の経年変化と調査期間を 3 期に分けた 6 年間毎の組成を示した。小型魚が比較的多く漁獲されて平均や組成が少し低い方の移動する場合も見られるが、調査期間を通して何れの種でも顕著な体長の変化は認められなかった。またヨシキリザメ♂とアオザメのみで成熟体長以上の個体が漁獲されるが、それ以外は殆どが未成魚で占められている状況も期間によって変わらなかった。

以上の結果から、何れの種も当該期間において未成魚を中心とした資源状態に大きな変化は無かったものと考えられた。

【Results and Discussion】

As a result of all test about the path that can be considered, the following models with many explanatory variables were finally selected respectively.

Blue shark:

$$\text{Log (CPUE + 1)} = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + (\text{AR} * \text{GE}) + \text{ERROR}$$

Porbeagle:

$$\text{CATCH} = (\text{Effort}) * \text{EXP} (\text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + (\text{AR} * \text{GE}) + \text{ERROR})$$

Shortfin mako:

$$\text{Log (R/(1-R))} = \text{INC} + \text{YR} + \text{QT} + \text{AR} + (\text{AR} * \text{GE}) + \text{ERROR} + (\text{Log (Effort)})$$

$$\text{Log (CPUE)} = \text{INC} + \text{YR} + \text{AR} + (\text{AR} * \text{QT}) + \text{ERROR}$$

Table 1-3 are the results of ANOVA. Figure 2-8 show the standardized CPUE and residuals for the three species.

The standardized CPUE for blue shark was low in the initial period (1992-1995) but increased after then until 2000, decreased in the period of 2001-2002, become stable until 2008, was high in 2009 and dropped again in 2010. Though some fluctuations existed during this 19 years, continuous trends of increase or decrease were not observed. Long-term trend of standardized CPUE for blue shark in Indian Ocean and south Atlantic obtained from the Japanese logbook data were stable for about 40 years from 1970 to 2010 and drastic changes were not observed (Hiraoka et al. 2012). So the stock status of blue shark is estimated to be stable in the wide range of southern hemisphere including SBT fishery ground.

The CPUE for porbeagle was stable as a whole, though temporal fluctuation existed. It is supposed that the stock status of porbeagle has not changed drastically during the 19 years.

Though some fluctuations were observed, the CPUE for shortfin mako seems stable during the research period. So the stock status of shortfin mako is not supposed to have changed much during this period as the result in the south Atlantic obtained from the analysis of Japanese logbook data (Kimoto & Yokawa 2011).

Figure 5-7 indicate the yearly changes and composition of body length (PCL) for the three species by every six years and sex. Though the average and composition of body length shifted to lower in some cases because many small individuals were caught, clear changes were not observed throughout the research period in the three species. The situation most of catches were occupied by immature sharks did not change during the period.

【結論】

ミナミマグロ漁場に出現する主要な外洋性サメ類であるヨシキリザメ、ニシネズミザメ、アオザメの1992年から2010年における標準化したCPUEと体長の年変動から判断して、何れの種も当該期間において若令魚を主体とした資源状態に大きな変化は無かったものと考えられた。

【Conclusion】

While there are some fluctuations, remarkable increasing or decreasing trends of standardized CPUE for the three species are not observed. Moreover, distinct changes of body length composition are not recognized. Therefore, it is supposed that there are not significant changes of stock status for these species from 1992 to 2010.

【文献】

- Kimoto I. and Yokawa K. (2011): Standardized CPUE of shortfin mako caught by Japanese longliners in the Atlantic in the period between 1994 and 2009. ICCAT/SCRS/2011/90.
- 平岡優子・松永浩昌・中野秀樹 (2012) : ヨシキリザメ. 国際漁業資源の現況、37. 水産庁・水産総合研究センター.
- Matsunaga, H (2006): Update of standardized CPUE for the main pelagic shark species dominated in the SBT fishery, 1992-2004. CCSBT-ERS 提出文書。
- 松永浩昌・中野秀樹 (2004) : ミナミマグロ漁場で漁獲される主要サメ類の CPUE の経年変化. CCSBT-ERS 提出文書。
- Matsunaga, H, H. Nakano and H. Minami (2001): Standardized CPUE and catch for the main pelagic shark species dominated in the SBT fishery. CCSBT-ERS 提出文書。
- 松永浩昌・松下由紀子 (2001) : ミナミマグロ漁場におけるマグロ・カジキ類を除く混獲魚種の時空間的分布. CCSBT-ERS 提出文書。
- 松永浩昌・庄野宏 (2007) : ミナミマグロ漁場で漁獲される主要サメ類の CPUE 標準化手法の比較. CCSBT-ERS 提出文書。
- 松永浩昌・余川浩太郎 (2009) : ミナミマグロ漁場で漁獲される主要な外洋性サメ類 3 種の CPUE の経年変化の更新 (1992-2007). CCSBT-ERS 提出文書。
- 庄野宏 (2004) : CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究、68(2); 106-120.
- 庄野宏 (2004) : CPUE 解析等に関する研究の概要. 遠洋、116、8-13.
- Shono, H. (2008): Confidence interval estimation of CPUE year trend in delta-type two-step mode. Fish. Sci. 74, 712-717.

Table 1 Results of ANOVA for the finally selected model in the analysis of blue shark.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	27	701.1	26.0	46.7	<.0001
Error	9126	5075.1	0.6		
Corrected Total	9153	5776.3			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	logCPUE Mean
0.121	91.855	0.746	0.812

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
YR	18	404.2	22.5	40.4	<.0001
AR	2	150.7	75.4	135.5	<.0001
QT	2	9.7	4.9	8.7	0.0002
GE	1	14.6	14.6	26.3	<.0001
AR*GE	2	13.1	6.5	11.7	<.0001
QT*GE	2	13.3	6.6	11.9	<.0001

Table 2 Results of ANOVA for the finally selected model in the analysis of bigeye thresher

Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
YR	18	441.5	<.0001
AR	2	860.8	<.0001
QT	2	29.3	<.0001
QT*GE	3	80.3	<.0001

Table 3 Results of ANOVA for the finally selected model in the analysis of shortfin mako

Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
YR	18	182.9	<.0001
AR	2	309.8	<.0001
QT	2	105.0	<.0001
AR*GE	3	70.0	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
YR	18	15.8	0.9	3.8	<.0001
AR	2	1.6	0.8	3.5	0.0293
AR*QT	6	13.8	2.3	10.1	<.0001

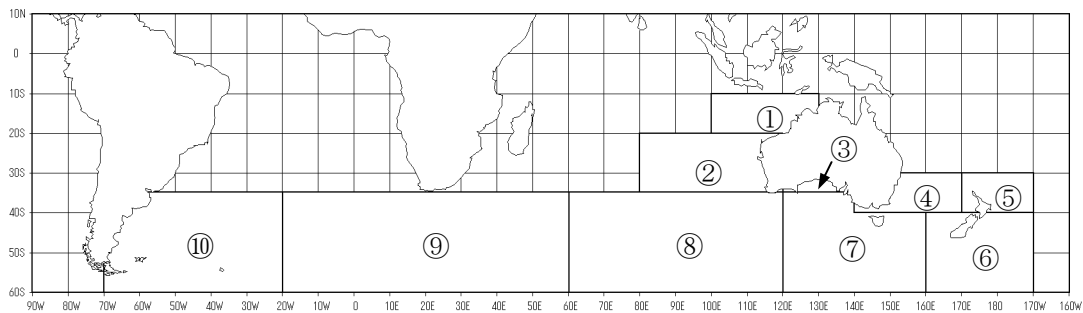


Fig.1 Area classification used for the analysis.

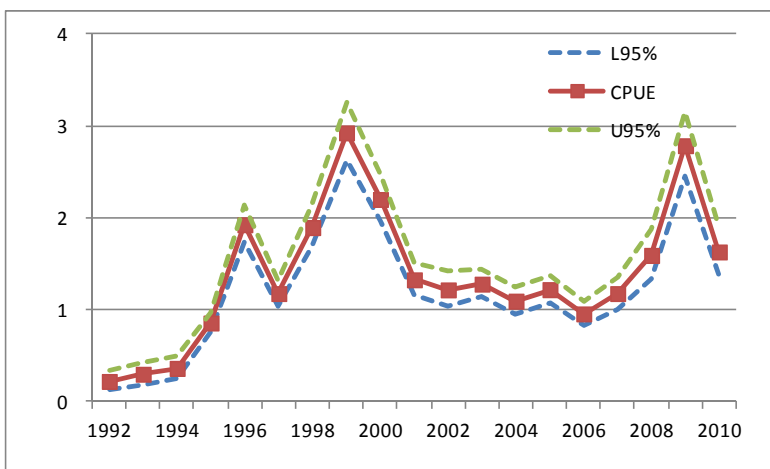


Fig.2 Standardized CPUE for blue shark.

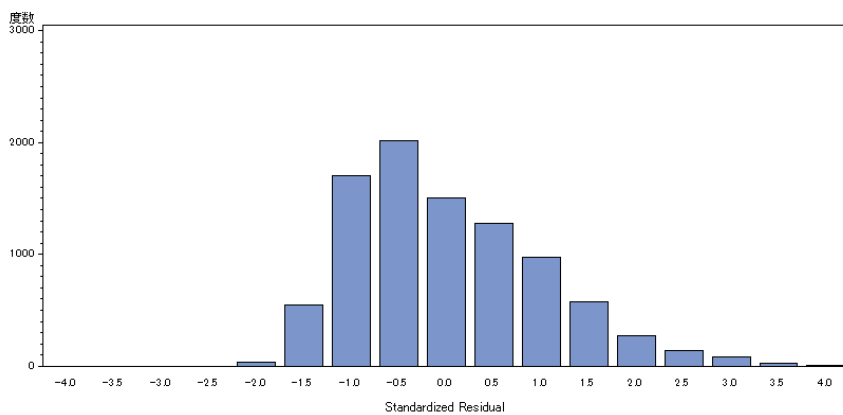


Fig.3 Standardized residuals for blue shark analysis.

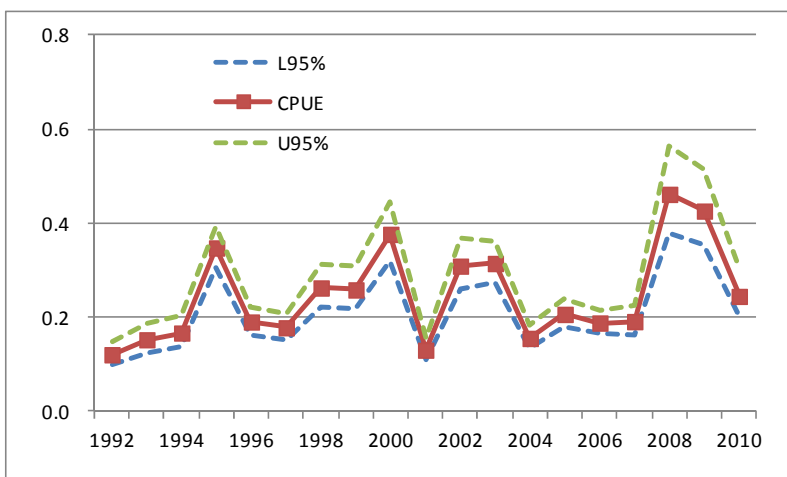


Fig.4 Standardized CPUE for porbeagle.

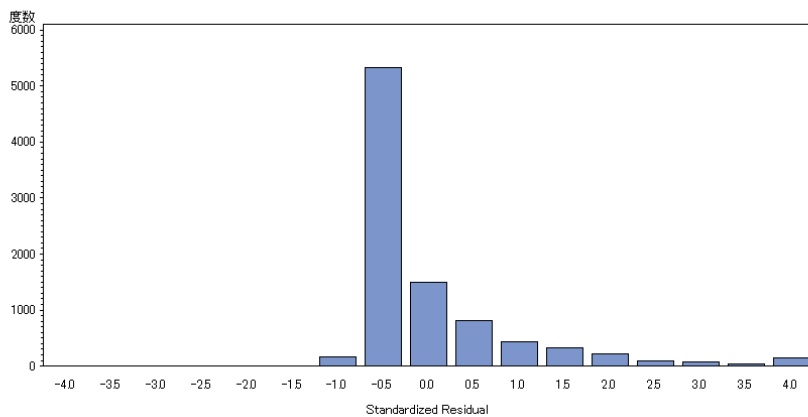


Fig.5 Standardized residuals for porbeagle analysis.

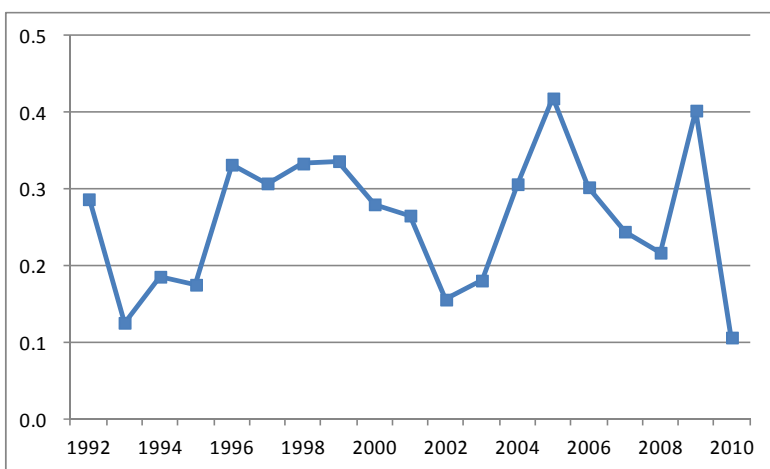


Fig.6 Ratio of positive set for shortfin mako.

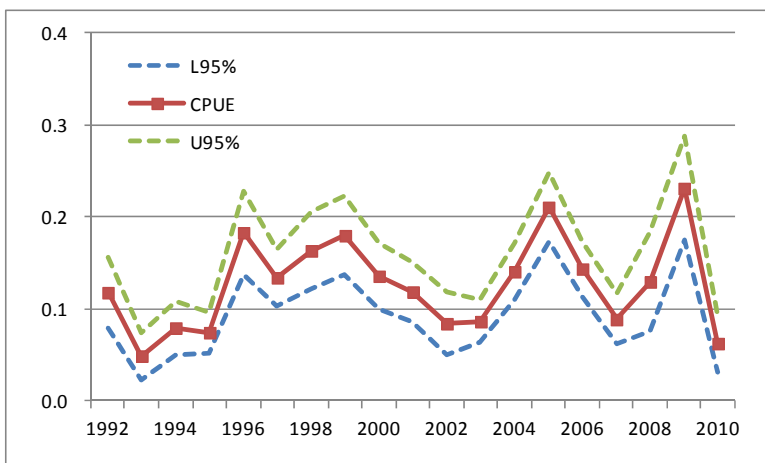


Fig.7 Standardized CPUE for shortfin mako.

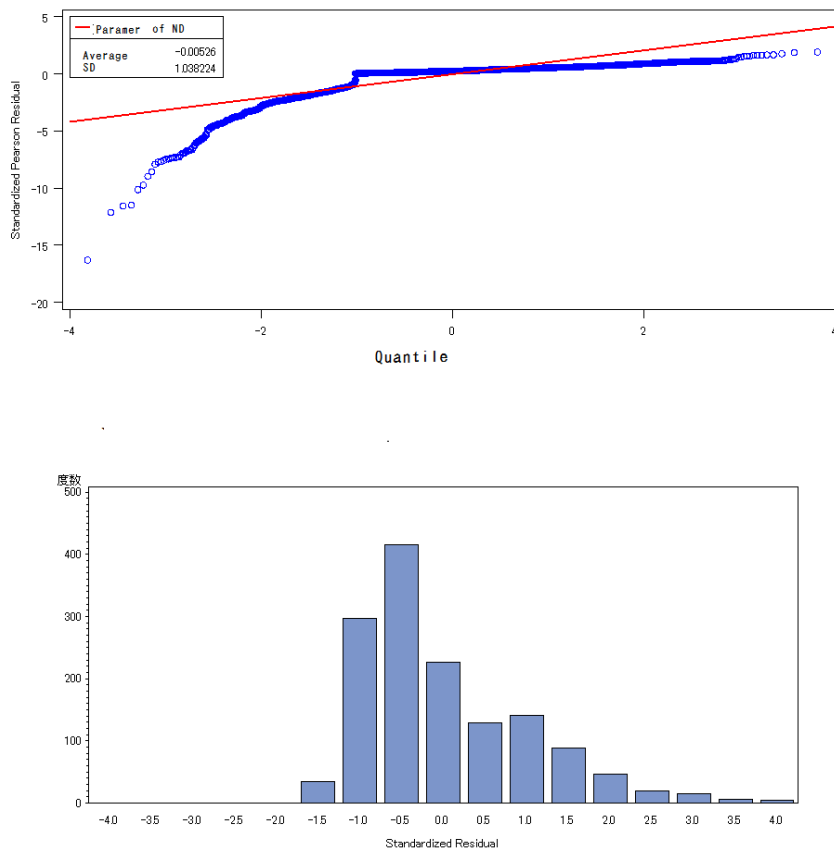


Fig.8 Qq-plots (upper) and standardized residuals (lower) for shortfin mako analysis.

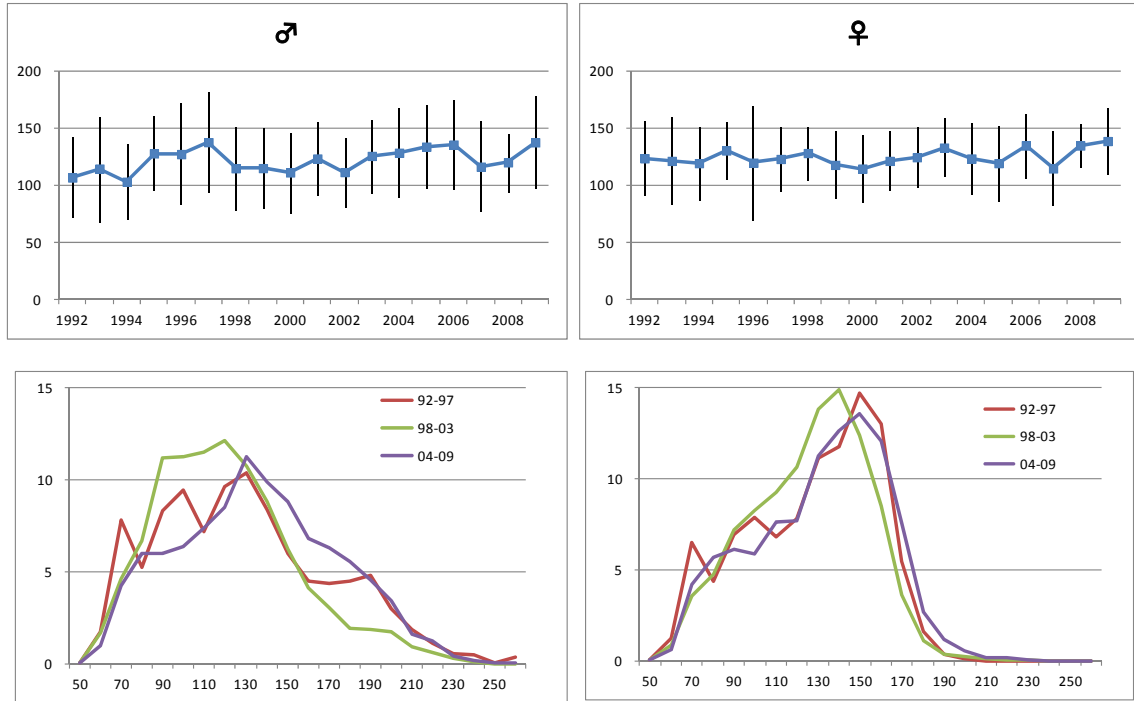


Fig.9 Yearly change (upper: average+SD) and composition (lower) of pre-caudal length of blue shark (left: male right: female).

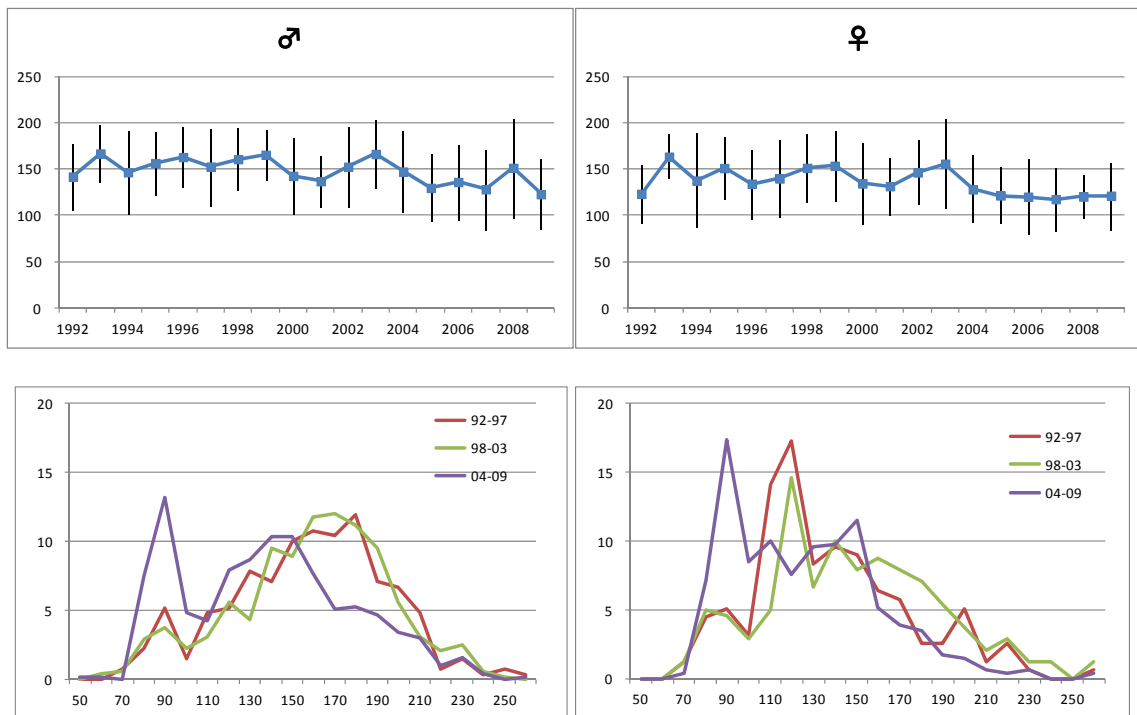


Fig.10 Yearly change (upper: average+SD) and composition (lower) of pre-caudal length of shortfin mako (left: male right: female).

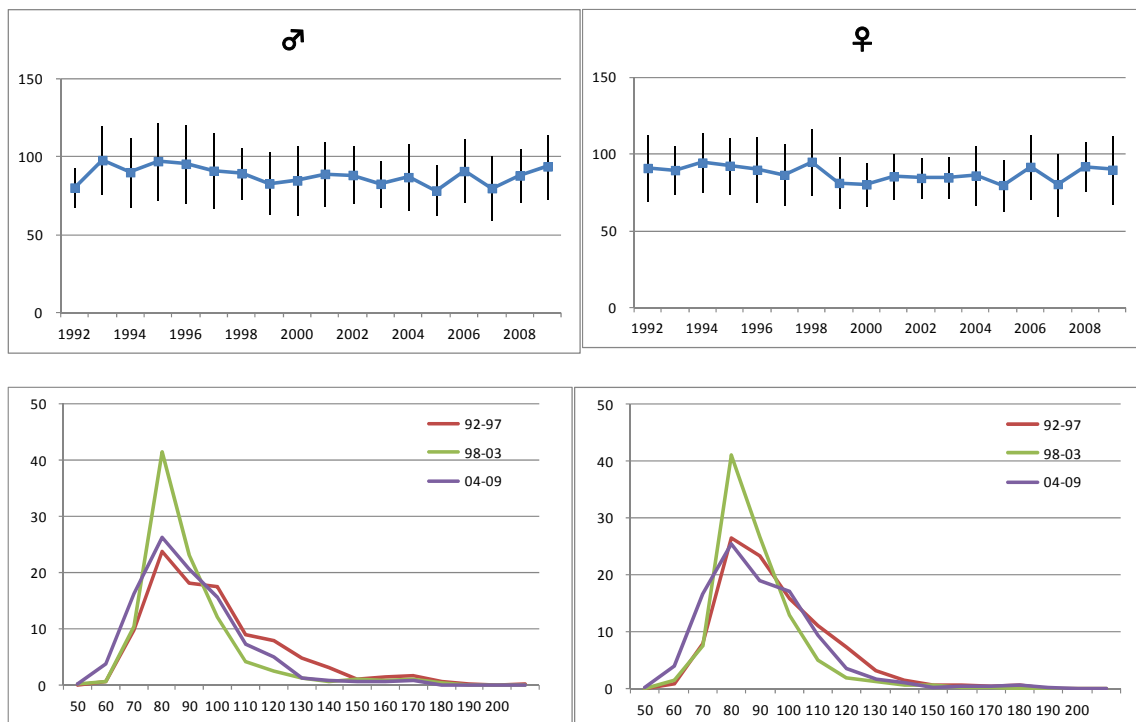


Fig.11 Yearly change (upper: average+SD) and composition (lower) of pre-caudal length of porbeagle (left: male right: female).