

**Effective factors of tori-poles in reducing incidental catch of albatross
in southern bluefin tuna longline fishery**

K. Yokota, H. Minami, and M. Kiyota

National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research Agency, Japan

Abstract

Effective factors of tori-poles in reducing incidental catch of albatross were examined with the data from Japanese observer program in southern bluefin tuna fishery. A total of 727 observations were used in the analysis. We do not use the data in night settings because observed numbers of albatross and other seabirds were not recorded correctly during night-setting. We categorized the tori-pole specifications as follows: i) bird line material (Type I: multifilament rope, Type II: nylon code, and Type III: nylon monofilament), ii) bird line streamer material (Type A: nylon code and urethane cube, Type B: polypropylene (PP) band, and Type C: combination of Type A and B), iii) bird line length (approx. 50 m, 100 m, 150 m, and 200 m), iv) pole height above sea surface (5 - 10 m, and 10 - 15 m).

We assumed a Catch model (generalized linear model) with a negative binomial error structure distribution, of which response variable was catch number of albatross, and assessed the potential factors affecting albatross catch, incorporated as explanatory variables into the model, by model selection with Akaike's Information Criterion (AIC). In the model, explanatory variable of bird line length was selected, but those of bird line material, bird line streamer material, and pole height were not. The model selected the number of albatross observed in line setting, and showed that the catch increased with the observed number, as might be expected. Results in the model analysis suggest that 1) the effectiveness of tori-pole in reducing incidental catch of albatross increased with longer streamer line, and 2) the effectiveness did not differ between Type I, II, and III in bird line material, and between Type A, B, and C in bird line streamer material, and 3) the effectiveness did not differ between 5 - 10 m and 10 - 15 m in pole height above the sea surface.

ミナミマグロ延縄漁業におけるトリポールの仕様と アホウドリ類回避効果の関係

横田耕介, 南 浩史, 清田雅史

独立行政法人 水産総合研究センター 遠洋水産研究所

摘要

ミナミマグロ漁船のオブザーバー・データを用いて、トリポールの仕様とアホウドリ類の混獲回避効果の関係を検討した。解析には、合計 727 個の観察データを使用した。解析において、投縄時のアホウドリ類、及びその他の海鳥の観察数を用いるために、夜間投縄におけるデータは、解析に使用しなかった。トリポールの仕様を次のようなカテゴリーに分類した：i) トリポールの主ラインの材質（Type I：マルチフィラメントロープ、Type II：ナイロンコード、Type III：ナイロンモノフィラメント）、ii) 鳥オドシの材質（Type A：ナイロンコードとウレタンチューブ、Type B：ポリプロピレン (PP) バンド、Type C：Type A と Type B を組み合わせたもの）、iii) 主ラインの長さ（約 50 m, 100 m, 150 m, 200 m）、iv) 水面からのポールの高さ（5 - 10 m, 10 - 15 m）。釣獲されるアホウドリ類の数を応答変数とし、誤差分布を負の二項分布と仮定した Catch モデルを作成し、説明変数として組み込んだ潜在的影響要因の効果を赤池の情報量基準 (AIC) を用いたモデル選択によって評価した。AIC を用いたモデル選択において、主ラインの長さの説明変数は選択されたが、主ラインの材質、鳥オドシの材質、ポールの高さの変数は選択されなかった。また、投縄時のアホウドリ類の観察数は、説明変数として選択された。当然考えられることではあるが、アホウドリ類の出現数が多いほど、その釣獲が増える傾向にあることがモデルにおいて示された。モデル解析の結果から、現在ミナミマグロ漁船が使用しているトリポールのバリエーションの中では、アホウドリ類の混獲回避効果は、1) 主ラインが長いほど高くなること、2) 主ラインの材質の違い (Type I, II, III 間) や鳥オドシの材質の違い (Type A, B, C 間) では大きく変わらないこと、3) 水面からのポールの高さが 5 - 10 m と 10 - 15 m の間では大きく変わらないことが示唆された。

1. はじめに

トリポールは、現実的な使用にも適した海鳥混獲回避手法のひとつである。ただし、様々な要因が海鳥類の混獲に、さらにはトリポールの混獲回避効果に影響することが考えられる。これまでも、ミナミマグロ延縄漁業において、海鳥の混獲と気象、海況、海域、季節等の検討が行われている（例えば、Klaer and Polacheck 1998; Brothers et al., 1999; Baird and Bradford 2000）。また、Shiode et al. (2001) は、トリポールの使用状態に関して検討し、アホウドリ類に対するトリポールの効果を最適にするためには、餌の着水地点の上に主ラインが位置していること、ポールの高さが投縄甲板から 5 m 以上であることが必要であると示している。

一方、CCSBT にはトリラインのガイドラインが設定されているが、その後漁業者も自主的な変更、改良を重ね、現在ではミナミマグロ漁業だけをみても、主ラインの材質、長さ、オドシの材質等が異なる様々な仕様のトリポールが使用されている。しかし、これまでトリポールの仕様と海鳥混獲回避効果の関係に関する検討はほとんど行われていない。本報告では、ミナミマグロ漁船のオブザーバーが収集した情報を用いて、トリポールの仕様とアホウドリ類の混獲回避効果の関係をモデル解析において検討した。

2. 材料と方法

解析には、2002 年から 2005 年のミナミマグロ漁船のオブザーバー・データを用いた。解析において、投縄時のアホウドリ類、及びその他の海鳥の観察数を用いるために、飛来数が正確に記録されていない夜間投縄におけるデータは使用しなかった。解析に使用したデータ数は、合計 727 個である。

主ラインの材質、鳥オドシの材質、主ラインの長さ、ポールの高さをトリポールの仕様の要因とし、次のようなカテゴリーに分類した。

i) 主ラインの材質

- Type I : マルチフィラメント ロープ（ポリエステル、ポリビニール・アルコール等のロープ材；代表的な商品名：クレモナ、テトロン等）
- Type II : ナイロンコード
- Type III : ナイロン モノフィラメント（テグス；ナイロン・マルチモノフィラメント（組テグス）を含む）

ii) 鳥オドシの材質

- Type A : ナイロンコードとウレタンチューブ（両方を使用、あるいは片方のみ使用を含む）

- Type B : ポリプロピレン バンド (PP バンド)
 Type C : Type A と Type B を組み合わせたもの

iii) 主ラインの長さ

約 50 m, 約 100 m, 約 150 m, 約 200 m

iii) 水面からのポールの高さ

5 - 10 m, 10 - 15 m

いずれのカテゴリーにも当てはまらないものは、解析に含めなかった（例えば、主ラインがビニールとのみ記述されており詳細が不明なもの）。なお、全データに対する各カテゴリーの割合を Appendix. 1 に示した。

これらの要因がアホウドリ類の釣獲に影響を与えていたかどうかを、モデルを用いて解析した。釣獲数 (C) を応答変数とし、その誤差構造分布を負の二項分布と仮定した一般化線形モデルを用いた (Venables and Ripley, 1999)。

釣獲数の期待値を $E(C)$ とした初期モデル式を以下に示す。

$$E(C) = (\text{Hook}) * \exp \{ (\text{Intercept}) + (\text{Bird Line Material}) + (\text{Bird Line Streamer Material}) \\ + (\text{Bird Line Length}) + (\text{Pole Height}) + (\text{Bird Line Number}) \\ + (\text{Bird Line Alignment Over Bait}) + (\text{No. of Observed Albatross}) \\ + (\text{No. of Observed Other Seabirds}) + (\text{Year}) + (\text{Season}) + (\text{Area}) \\ + (\text{Wind}) + (\text{Wave}) + (\text{Weather}) \},$$

$$C \sim \text{Negative Binomial} (\mu, \theta).$$

ここで、*Hook* : 観察釣針数 (offset 変数), *Intercept* : 切片項, *Bird Line Material* : 主ラインの材質, *Bird Line Streamer Material* : 鳥オドシの材質, *Bird Line Length* : 主ラインの長さ, *Pole Height* : ポールの高さ, *Bird Line Number* : 主ラインの本数, *Bird Line Alignment Over Bait* : 餌の着水地点上にラインがあるか否か, *No. of Observed Albatross* : 投縄時に観察されたアホウドリ類の数, *No. of Observed Other Seabirds* : 投縄時に観察されたその他の海鳥の数, *Year* : 年, *Season* : 季節, *Area* : 海域, *Wind* : 風速, *Wave* : 波高, *Weather* : 天候である。各説明変数のカテゴリーの詳細を Table 1 に示す。なお、主ラインを 2 本流している船に関しては、1 本は左舷側に、もう 1 本は船尾中央から補助的に流しているものであった。また、季節は、繁殖期 (10 - 3 月), 非繁殖期 (4 - 9 月) としてカテゴリー分けした。

上記の説明変数の主効果を全て含むモデルを初期のフルモデルとして、赤池の情報量基準 (AIC; Akaike 1973) を基準としたモデル (変数) 選択を行い、最適モデルを求めた。パラメーターの推定とモデル選択には、R version 2.4.1 (R Development Core Team, 2004) を用いた。

3. 結果と考察

AIC によって選択された最適モデルに含まれる説明変数は、主ラインの長さ (*Bird Line Length*), 投縄時に観察されたアホウドリ類の数 (*No. of Observed Albatross*), 年 (*Year*), エリア (*Area*) であった。最適モデルの AIC 値 (AIC = 771.63) は、初期のフルモデルの AIC 値 (AIC = 796.08) に比べて改善された。モデルの推定結果, 説明変数の各係数を Table 2, 3 に, 観測値に対するモデルの推定値の頻度分布を Fig. 1 に示す。

主ライン長

主ライン長の各カテゴリに対するモデルの係数をみると (Table 3), 主ラインが長いほど, アホウドリの混獲回避効果が高くなる傾向を示している。本解析に用いた主ライン長のデータは, 正確に測定されたものではなく, カテゴリ変数として扱ったが, 十分な長さのラインを用いる必要性を示唆している。ただし, 主ライン長による効果をさらに検討するためには, 詳細なライン長のデータが必要である。一方で, 船体の大きさ, 操業の安全面等を考慮した最適な長さも検討しなくてはならない。

主ラインの材質, 鳥オドシの材質

主ラインの材質 (*Bird Line Material*), 鳥オドシの材質 (*Bird Line Streamer Material*) は, モデルにおいて選択されなかった。このことは, アホウドリ類の混獲回避効果は, 主ラインの材質の違い (あくまで Type I, II, III 間) や, 鳥オドシの材質の違い (あくまで Type A, B, C 間) では, 大きく変わらないことを示唆している。

ポールの高さ, 主ラインの本数, 餌の着水地点

海面からのポールの高さは, モデルにおいて選択されなかった。5–10 m と 10–15 m の間では, 大きな差は無いと考えられる。主ラインの本数と餌の着水地点に関しては, それぞれ, データ内にライン数が 2 本のもの, 餌の着水地点上にラインが来ていないものの割合が少なかったために (Appendix 1 参照), モデルで選択されなかった可能性がある。ポールの高さや餌の着水地点等は, 重要な要因であることが過去の研究では示されているが (例えば Shiode et al., 2001), 今回の解析に用いたデータセットの範囲内では, ポールの高さや主ラインの本数, 餌の着水地点の違いによる顕著な効果の差は認められなかった。

その他

当然考えられることではあるが, アホウドリ類の出現数が多いほど, その釣獲が増える傾向がモデルにおいて示された (Table 3)。一方, 季節や環境要因に関する説明変数は, 選択されなかった。Klaer and Polacheck (1998) では, 季節は海鳥の釣獲率に有意な影響が認められたが, 風速, 波高, 天候には有意な影響は認められなかったとしている。一方, Brothers et al. (1999) は, 季節, 風速, 波高は, 海鳥の釣獲に影響が大きいとしている。本解析のモ

デルでは、説明変数に投縄時に観察されたアホウドリ類の数が入っており、この要因による釣獲数への影響は大きいものである。これに比べて、説明変数としての季節や環境要因の影響は小さいために、これらの説明変数が選択されなかった可能性がある。

なお、今回解析に用いたデータセットは小さいために、要因間の交互作用の検討は行えなかった。

本報告は、実験的に様々な仕様のトリポールを試験したものではなく、実際に商業船で用いられている仕様の中で影響が考えられる要因を検討したものである。トリポールの仕様に関して詳細な検討を行う場合には、実験的研究を行うことが必要である。

文献

- Akaike, H., 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principal. In Petrov, B. N., Csáki, F. (Eds.), Second International Symposium on Information Theory. Akademia Kaidö, Budapest, pp. 267-281.
- Baird, S. J., and Bradford, E., 2000. Factors that may have influenced seabird bycatch on tuna longlines in New Zealand Waters, 1986-87 to 1997-98. NIWA Technical Report 93. pp. 61.
- Brothers, N., Gales, R., and Reid, T., 1999. The influence of environmental variables and mitigation measures on seabird catch rates in the Japanese tuna longline fishery within the Australian Fishing Zone, 1991-1995. *Biological Conservation* 88, 85-101.
- Klaer, N., and Polacheck, T., 1998. The influence of environmental factors and mitigation measures on by-catch rates of seabirds by Japanese longline fishing vessels in the Australian region. *EMU* 98, 305-316.
- R Development Core Team, 2004. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Shiode, D., Kiyota, M., and Takeuchi, Y., 2001. Evaluation of efficiency of Tori-pole on incidental takes of albatross from observer data of Japanese southern bluefin tuna longline fishery. *CCSBT-ERS/0111/60*. pp.8.
- Venables, W.N., Ripley, B.D., 1999. *Modern Applied Statistics with S-plus*, 3rd Edn. Springer, New York, 501pp.

Table 1. Explanatory variables in the generalized linear model (GLM) with a negative binomial error structure distribution.

Explanatory variables	Category
<i>Bird Line Material</i>	Type I, II, III ¹
<i>Bird Line Streamer Material</i>	Type A, B, C ²
<i>Bird Line Length</i>	Approx. 50m, 100m, 150m, 200 m
<i>Pole Height</i>	5-10m, 10-15m
<i>Bird Line Number</i>	1, 2 ³
<i>Bird Line Alignment Over Bait</i> ⁴	Yes, No
<i>No. of Observed Albatross</i>	0, 1-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-30, 30<
<i>No. of Observed Other Seabirds</i>	0, 1-5, 6-10, 11-20, 21-50, 51-100
<i>Year</i>	2002, 2003, 2004, 2005
<i>Season</i>	Oct. - Mar., Apr. - Sep. ⁵
<i>Area</i>	Cape, Tasman, South Indian
<i>Wind</i>	<i>as continuous</i>
<i>Wave</i>	<i>as continuous</i>
<i>Weather</i>	Fine, Cloudy, Foggy, Rainy
<i>Hook</i>	Hook number ⁶

¹ Type I: multifilament ropes (e.g., polyester, polyvinyl alcohol), Type II: nylon code, Type III: nylon-monofilament (including multi-monofilament).

² Type A: nylon code, urethane cube, or nylon code and urethane cube (according as a type of bird curtain developed by Japan Tuna.), Type B: polypropylene (PP) band, Type C: combination of Type A and B in a streamer line.

³ Two bird lines; One was towed from the portside and the other one was secondary from the center of stern.

⁴ Was the bird line located over the thrown baited hooks on the sea surface? (Most of the answers were “Yes”. See “Appendix 1”.)

⁵ October to March was assumed as breeding season.

⁶ Hook number was treated as offset variable in the GLM.

Table 2. Likelihood ratio statistics in the GLM with a negative binomial error structure distribution.

Factor	LR Chisq	d.f.	<i>P</i>
<i>Bird Line Length</i>	9.8604	3	0.0198
<i>No. of Observed Albatross</i>	24.0355	6	0.0005
<i>Year</i>	6.9317	3	0.0741
<i>Area</i>	5.2700	2	0.0717

Table 3. The coefficient estimates and standard errors in the GLM with a negative binomial error structure distribution, selected by AIC.

Factor	Coefficient	S.E.	Z value	<i>P</i>
<i>Intercept</i>	-10.1328	1.1126	-9.107	$<2 \times 10^{-16}$
<i>Bird Line Length</i> (Approx. 100m)	-0.3619	0.3573	-1.013	0.3111
<i>Bird Line Length</i> (Approx. 150m)	-0.9397	0.4036	-2.328	0.0199
<i>Bird Line Length</i> (Approx. 200m)	-1.4108	0.599	-2.355	0.0185
<i>No. of Observed Albatross</i> (1-5)	1.2387	1.0481	1.182	0.2373
<i>No. of Observed Albatross</i> (6-10)	2.0159	1.0298	1.958	0.0503
<i>No. of Observed Albatross</i> (11-15)	1.8294	1.0516	1.74	0.0819
<i>No. of Observed Albatross</i> (16-20)	2.6443	1.0713	2.468	0.0136
<i>No. of Observed Albatross</i> (21-30)	2.847	1.0921	2.607	0.0091
<i>No. of Observed Albatross</i> (30<)	2.2818	1.1323	2.015	0.0439
<i>Year</i> (2003)	-0.4739	0.3604	-1.315	0.1886
<i>Year</i> (2004)	-0.5466	0.3052	-1.791	0.0733
<i>Year</i> (2005)	-1.0931	0.4277	-2.555	0.0106
<i>Area</i> (Tasman)	-0.4453	0.2791	-1.595	0.1107
<i>Area</i> (South Indian)	-0.5768	0.2978	-1.937	0.0528

Bird Line Length (Approx. 50m), *No. of Observed Albatross* (0), *Year* (2002), and *Area* (Cape) were the reference categories.

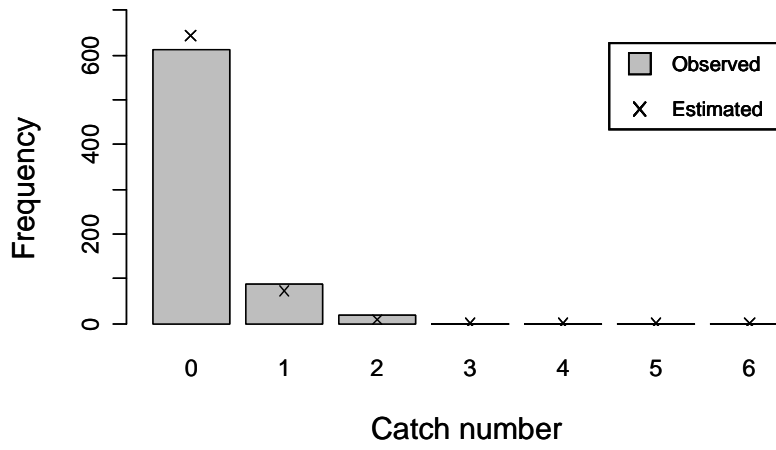
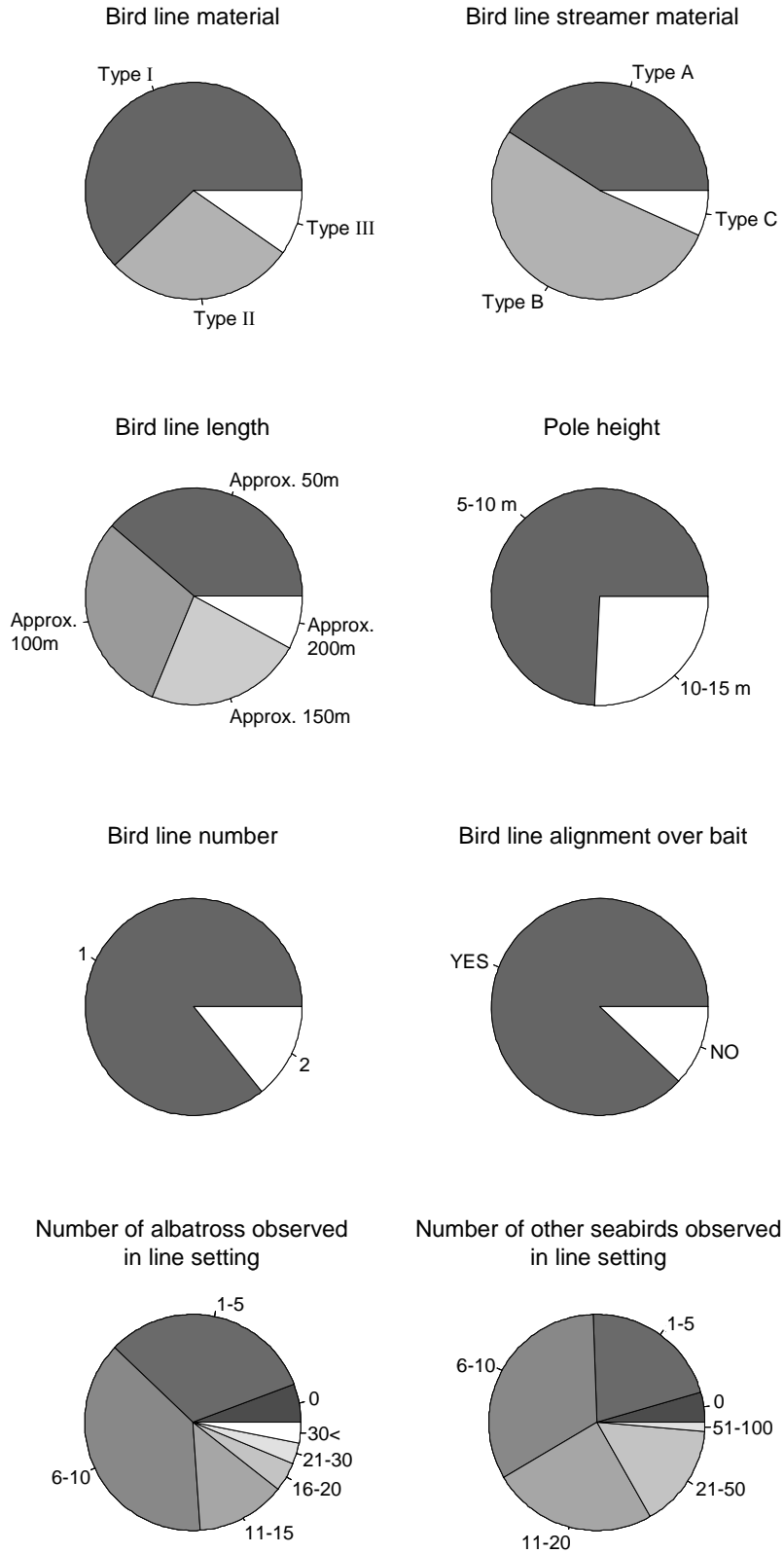


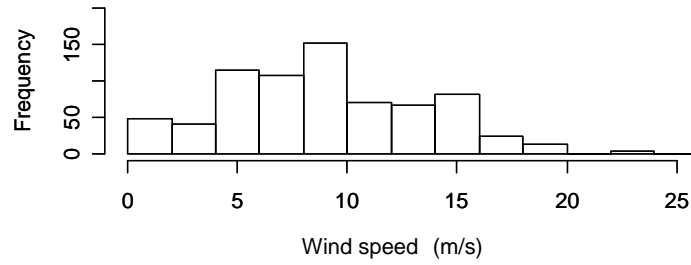
Fig. 1. Frequency distribution of albatross catch observed and one estimated in the GLM with a negative binomial error structure distribution.

Appendix 1. Proportions of each category (pie charts), frequency distributions (*Wind* and *Wave*), and boxplot (*Hook*) in the explanatory variables used in the present analysis (727 observations).

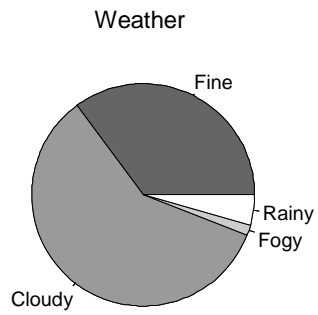
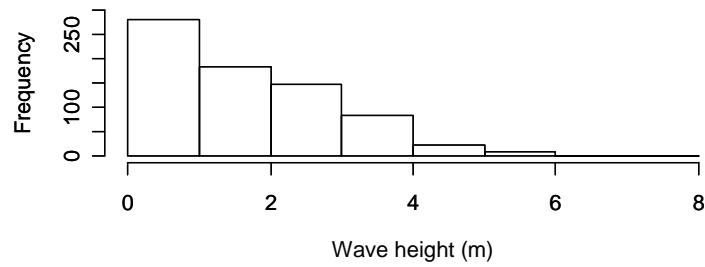


Appendix 1. (continued)

Histogram of WIND



Histogram of WAVE



Number of hooks observed

