漁網の模型相似則について*1

胡 夫 祥*2

東京水産大学

網漁具の研究には、模型相似則に基づく水槽実験がよく行われている。周知のように、流体中を動く物体について、実物と模型で生ずる物理現象を相似させるためには、厳密にはレイノルズ則とフルード則の両方を同時に満たす必要がある。しかし、模型と実物の実験流体が同じとすれば、縮尺比が1となるので、模型実験の持つ意味がなくなってしまう。一方、レイノルズ則に従って模型実験をする場合には、速度比を縮尺比の逆数にしなくてはならず、水槽での模型実験は実施困難となる。そのために、実際の模型実験には種々の緩和策が取られ、地域ごとにいくつかの模型相似則が提案され使われてきた。¹⁻⁵⁾

田内¹⁾は網の抵抗が速度の自乗に比例する、つまりレイノルズ則が満たされる前提のもとで、実物と模型の対応する部分に働くそれぞれの力の比を等しくさせることにより相似則を導いた。Dickson²⁾も同じ条件で船舶試験に用いられているフルード則を漁網の模型実験に導入した。実物と模型の d/l (d : 網糸直径, l : 脚長) および縮結角を等しくすれば幾何学的な相似が成立し、目合または網糸直径の比 (M) は縮尺比 (λ) と等しくする必要がないこともこの二つの相似則の特徴である。しかし、規模の大きいトロール網や定置網などの模型実験を行う場合、縮尺比はかなり小さくなり、模型網に使う網糸も非常に細いものを選ばざるを得ない。また、実際には実物や模型網そのものの抵抗係数がレイノルズ数に対して変化するだけでなく、現実的にその両方を含むレイノルズ数範囲内において網の抵抗係数が一定とはならない。Fridman⁴⁾はこれらの相似則が適用できるレイノルズ数の範囲を $R_d > 600$ ($R_d = Vd/v$, d : 網糸直径) としている。一方、網地の水中重量は網の形状や水中における網の空間位置に大きな影響を及ぼす。しかし、Dicksonが提案したフルード則では、模型と実物との網地の水中重量の比 (W) と力の比 (F) が一致しないために、その両者の比が $W/F = M/\lambda$ となる。仮に模型網を実物網と同じ材料で製作し、流体の密度も同じとすれば、製作された模型網の水中重量は M/λ 倍重くなって

しまう。Fridman⁴⁾は慣性力と網地の水中重量の比 Π_{γ} , [$=\rho V^2/(d(\rho_m - \rho)g)$] を導入し、流れによる網地の吹かれ角 θ と Π_{γ} の関係を調べた。 Π_{γ} の小さい領域では、吹かれ角 θ に大きな変化が認められ、模型実験では Π_{γ} の値を 130 以上にすべきであるとした。次に、Christensen⁵⁾は模型網にできるだけ太い網糸を使うのが望ましいとし、網糸材料の応力 (σ) とひずみ (ϵ) の関係 ($\sigma = A\epsilon^b$) を相似則に取り入れ、模型網の目合又は網糸直径を決めるときにはそれに従う必要があることとした。しかし、縮尺比の小さい模型では製作しにくくなることと、網地材料を選ぶときにも困難が予想される。これらに対して、O'Neill⁶⁾は小型トロール網を例として、網を通る流れにはその周りを流れるものと網目を通り抜けるものがあることに着目して、鉛直拡散レイノルズ数 $R_v (= Vd^2/\nu L$, d : 網糸直径, L : 網の長さ) を導入し、フルード則に鉛直拡散レイノルズ数 R_v を考慮した模型相似則を提案している。

表1に田内則、フルード則およびO'Neillの提案した相似則における目合比、速度比、力の比の関係を示す。ここでは、これらの相似則に従い、全長61mの中層トロール網の1/12, 1/20, 1/50の模型網を製作し、実物および模型実験で網の抵抗と網口高さを計測した。その結果、田内則に従って製作した1/12, 1/20, 1/50の模型から得られた網抵抗の推定値は実測値に比べてそれぞれ46, 49, 55%とかなり大きく、また、フルード則およびO'Neillの相似則に従って行われた1/50の模型網による実験で得られた網抵抗の推定値も実測に比べてそれぞれ70, 58%大きいことが分かった。

漁網の模型実験は、模型網が比較的容易に製作できることと、実験から得られたデータより実物現象を如何に精度よく再現できる相似則に従うことが重要である。本文では、田内則、フルード則およびO'Neillの提案した相似則の妥当性について検討したが、これらの相似則に含まれている問題点を明らかにし、その改良策も含めて、今後漁網の模型実験がどのようにすべきかについて、あらためて報告する。

*1 Similarity Laws for Fishing Nets.

*2 Hu Fuxiang (Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan).

表1. 漁網の模型相似則の詳細

		田内則	フルード則	O'Neill's law
縮尺比	λ	$\frac{L'}{L}$	$\frac{L'}{L}$	$\frac{L'}{L}$
目合(網糸直径)比 M		$\frac{d'}{d} \left(\frac{l'}{l} \right)$	$\frac{d'}{d} \left(\frac{l'}{l} \right)$	$\lambda^{2/5}$
速度の比	V	$\left[M \frac{(\rho'_m - \rho')}{(\rho_m - \rho)} \frac{\rho'}{\rho} \right]^{1/2}$	$\lambda^{1/2}$	$\lambda^{1/5}$
力の比	F	$\frac{(\rho'_m - \rho')}{(\rho_m - \rho)} M \lambda^2$	$\left(\frac{\rho'}{\rho} \right) \lambda^3$	$\left(\frac{\rho'}{\rho} \right) \lambda^{12/5}$

d : 網糸直径, l : 脚長, ρ_m : 網糸材料の密度, ρ : 水の密度

文 献

- 1) M. Tauti: A relation between experiments on model and on full scale of fishing net. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **3**, 171-177 (1934).
- 2) W. Dickson: A study relating models to commercial trawls. *DAFS Marine Research.*, **1**, 1-48 (1961).
- 3) T. Kawakami: The theory of designing and testing fishing nets in model, in "Modern Fishing Gear of the World 2", Fishing News (Books), London, 1964, pp. 471-482.
- 4) A. L. Fridman: Theory and Design of Commercial Fishing Gear. IPST, Jerusalem, 1973, pp. 122-191.
- 5) B. A. Christensen: Hydrodynamic modeling of fishing nets. *IEEE OCEAN '75*, 1975, pp. 484-490.
- 6) F. G. O'Neill: Small-scale modelling rules of trawl nets. *Fish. Res.*, **18**, 173-185 (1993).