

## ナイロンテグスの静力学的特性について

山口 恭弘\*・西ノ首 英之・中 才 啓

## On the Static Mechanical Properties of a Nylon Gut

Yasuhiro YAMAGUCHI, Hideyuki NISHINOKUBI and Kei NAKASAI

The authors investigated the mechanical properties of nylon gut bound tightly to metal ring. Samples employed for the investigation were 3 types of nylon gut used for angling fishery. Both ends of the samples were bound tightly to a tension tester. Let the test piece length be the length of both ends of samples and the length of the knot part used for binding are distinguished from the total length of test piece. Seven kinds of ranging 5-60cm and two types (large and small) of knot part length were employed, and the breaking strength as well as the breaking elongation were measured.

The breaking strength (T:Kgw) is expressed as  $T=kn$ , where  $n$  is the line No. and  $k$  is the proportional constant. The value of  $k$  ranged 1.5-2.0. The breaking elongation for test piece length 5 cm was 70-110 % and when test piece length 60cm showed converging properties at more or less 30%.

Breaking elongation of test piece length was approximately 24 % and elongation at the knotted part was approximately 20%. The percentage of change of the gut diameter at breaking was approximately 10%. Thus, it became apparent the nylon gut maintains its elongation properties at the knot part when tightly bound.

Key words: テグス gut; 固縛 bind tightly; 破断張力 breaking strength;  
破断伸度 breaking elongation

今日、釣り漁業用テグスは従来の天然繊維に代わって、主として合成繊維であるポリアミド系ナイロン（以下はナイロンと略）が使用されている。

このナイロンはテグスに要求される種々の物理特性を備えている。すなわち、①単位断面積当りの張力が大きい。②適当な破断伸度を有する。③糸と糸、または金属とも容易に固縛連結できる柔軟性を有する。④強度の割に比重が軽い等といった特性である。

これらの特性性能試験のうち、漁具設計上最も重要とされているものの一つに、強度試験がある。この強度試験は引っ張り試験機を使用して材料の切断実験を行い、その破断張力および破断伸度についての知見を得るものである。

一般に、漁具材料等の引っ張り試験機への取り付

けはチャックにより試料の両端を挟んでそれを切断する方法である。この方法を用いた網糸（マルチフィラメント）に対する研究は従来から多く見られるが、テグス（モノフィラメント）に対する強度試験はこのチャック式により過去数例行われたに過ぎない<sup>1-3)</sup>。

また、釣り漁業において、テグスは金属と結節を用いて固縛連結して用いるのが普通である。従って、結節を有するテグスについての強度試験を行うことは実際の釣り漁業に即した漁具の設計を行う上で不可欠と考えられる。

そこで本研究では、試料の両端を試験機に巻き付けて取り付ける試験機（巻き付け式引っ張り試験機と呼ぶ）を使用して強度試験を行った。この試験機

を使用して、チャック式では得る事ができなかった、ナイロンテグス（以下テグスと略記する）の金属との結節部分における力学的特性を検討すると共に、巻き付け式引っ張り試験機による強度試験の有効性を併せて検討した。

### 試料および実験方法

**試料** 現在釣り漁業に用いられているテグスの材質はナイロンモノフィラメントが主として使用されている。

しかし、ナイロンも一定時間水分と接すると、吸湿および吸水によって材料特性が低下する<sup>4)</sup>ことから、最近ではナイロンに耐水加工を施し、吸湿および吸水による性能低下を防止するための加工品が普及してきた。そこで、供試糸としては耐水加工方法の有無および種類を考慮した。

耐水加工を施していないテグスのみの例として、ダクロン社製パートナー（以下はDと略す）、耐水樹脂加工を施されたサンライン社製パワード（以下はSと略す）およびSとは異なる耐水加工法を施されたクレハテグス社製シーガー（以下はKと略す）である。これら3社のテグスを、現在市販されている耐水加工の有無で分類したときの代表的供試糸として選定し用いた。

実際の釣り漁業では、使用する糸の太さ（号数）は多岐にわたる。しかし、本研究では比較的使用頻度が高い3号を中心として1.5号と6号の3種類を選定し用いた。

**方法** 引っ張り試験装置のブロック図を Fig. 1

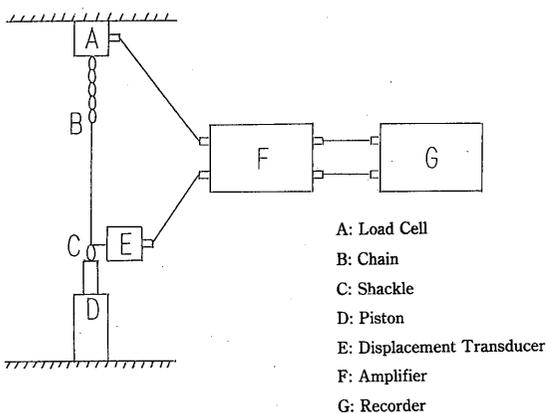


Fig. 1. Block diagram of experimental apparatus.

に示した。装置はロードセル（共和電業社製：LT50 KG）、ワイヤー式変位計（共和電業社製：DTP-05 MDS）、ストレインアンプ（共和電業社製：DPM-120A）およびレコーダー（グラフテック社製：SR-6511）から成っている。

試料は Fig. 1 に示すBのチェーン下部（試料長上部結節部）とCの空気圧ピストン上部（試料長下部結節部）との間に取り付けられた。なお、試料長は Fig. 1 のB～C間長とした。試料の取り付けは上下のチェーンまたはシャックルに二回巻き付けた後、余り糸をフィッシャーマンズバンドで結び止めた。

切断実験は各社、各号数のそれぞれについて試料長を5, 7.5, 10, 15, 20, 40および60cmの7段階に設定し、それぞれについて破断張力および破断に至るまでの伸びを測定した。また、これら7段階の試料長のそれぞれについて、Cのチェーン（ $\phi=0.71\text{cm}$ ）の場合およびチェーン下部にシャックル（ $\phi=1.12\text{cm}$ ）を取り付けた固縛金具の直径の大小2種の場合について、実験を行った。

なお、引っ張り速度は静的範囲（50cm/min）で実験を行った。

### 結果および考察

#### 1. 破断張力

試料Kの破断張力の結果を、Fig. 2. 1 に示した。同図より、破断張力は何れの号数も試料長や上部結節部直径に関係なくほぼ一定値を示し、本多<sup>5)</sup>の報告とは異なる結果となった。この本多の実験はマル

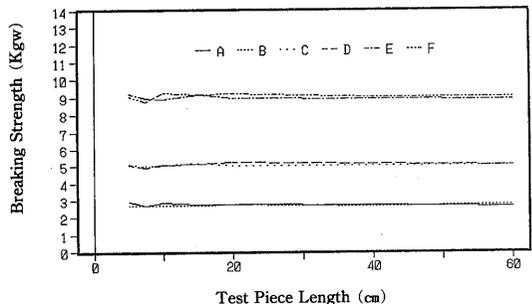


Fig. 2. 1. Relation between the breaking strength and the test piece length, in case of K.

A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

チフィラメントを使用しており本研究に使用したモノフィラメントとは物理的性質が異なるためと考えた。Fig. 2. 2 および Fig. 2. 3 に試料DとSの破断張力の結果をそれぞれ示した。いずれも試料長および上部結節直径に関係なく、試料Kと等しい結果であることが認められる。

一方、耐水加工の有無で分類した各K, D, Sの場合の1.5号の結果を例として Fig. 2. 4 に示した。この図から、破断張力は、耐水樹脂加工を施してあるSが最も大きく、次いで無加工のD、フロロカーボンのK、の順であった。この結果から、乾時のみの比較であるが、耐水加工は破断張力を増大させる効果を有していない事が考察される。

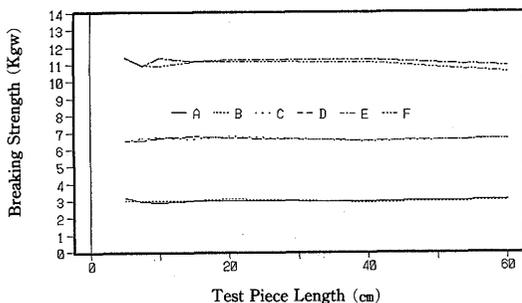


Fig. 2. 2. Relation between the breaking strength and the test piece length, in case of D.  
A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

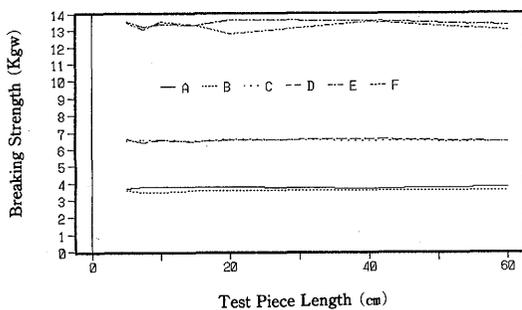


Fig. 2. 3. Relation between the breaking strength and the test piece length, in case of S.  
A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

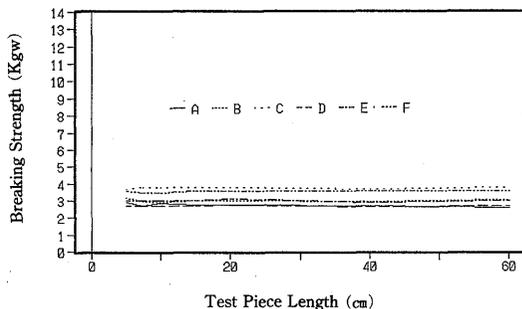


Fig. 2. 4. Relation between the breaking strength and the test piece length, in case of the Line No. 1.5.  
A: K ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: K ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
C: D ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: D ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
E: S ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: S ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

破断張力の結果から、単位断面積当り破断張力を算出しその結果を Fig. 3. 1 に示した。鋼の単位断面積当り破断張力が $40\text{Kgw}/\text{m}^2$ である<sup>6)</sup>から、テグスは何れも鋼の1.8~2.8倍の強度があり、金属と比較して単位断面積当り強度が大きいことが認められる。また、破断張力と号数の関係を Fig. 3. 2 に示した。この図から破断張力はTおよびnをそれぞれ破断張力および号数とすれば、本多<sup>7)</sup>によると $T=1.2n$ であるが本研究ではKで $T=1.5n$ 、Dで $T=1.9n$ 、Sで $T=2.2n$ で表され、何れも高い値を示した。これは漁具材料としての糸は時と共に新しいものが生産され、その性能も向上している結果であると推察される。

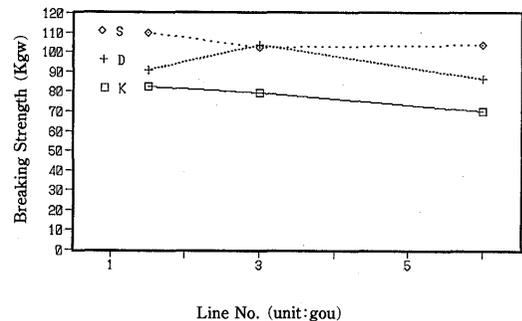


Fig. 3. 1. Relation between the breaking strength per cross sectional area and the diameter shown in line No.

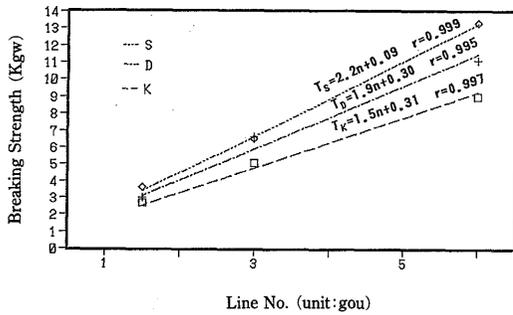


Fig. 3. 2. Relation between the breaking strength and the diameter shown in Line No.

## 2. 破断伸度

### 1) 破断に至る迄の伸び

各試料長および上部結節部直径の大小各々について、試料Kの破断に至る迄の試料の伸び結果をFig. 4. 1に示した。この図から、破断に至る迄の試料の伸びと試料長との間には一次の相関が認められた。また、上部結節部直径の違いが若干ではあるが認められ、上部結節部直径が大きい方が破断に至るまでの試料の伸びも大きい傾向が認められる。しかし、試料長が最大の60cmの時には両者はほぼ等しい値に収束する傾向が認められた。同様に、Fig. 4. 2にD、およびFig. 4. 3にSの結果をそれぞれ示したがKの結果と同じ傾向を示した。またFig. 4. 4に試料K、DおよびSの1.5号の結果を示した。この図から、試料の相違、すなわち耐水加工方法の相違および耐水加工の有無は伸びに関しては影響が顕著ではないことが認められる。

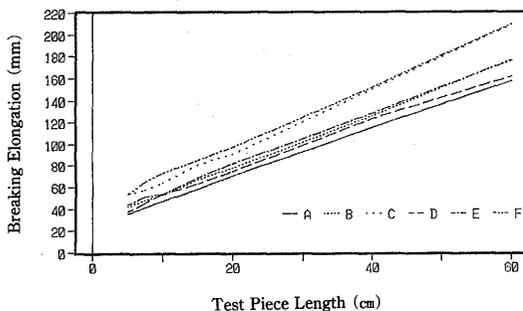


Fig. 4. 1. Relation between the breaking elongation and the test piece length, in case of K.

A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

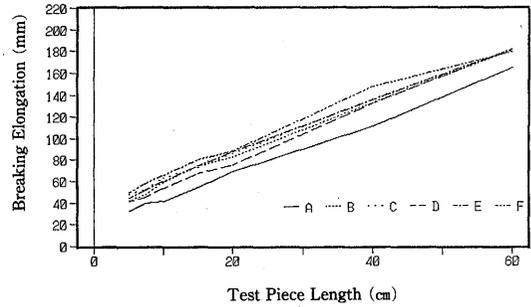


Fig. 4. 2. Relation between the breaking elongation and the test piece length, in case of D.

A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

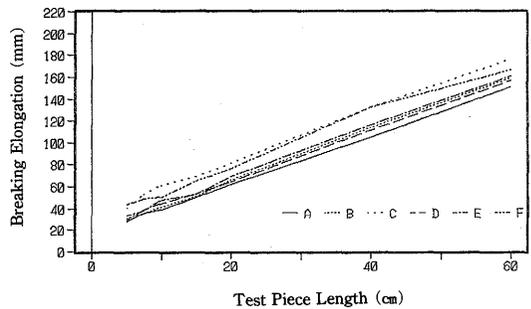


Fig. 4. 3. Relation between the breaking elongation and the test piece length, in case of S.

A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

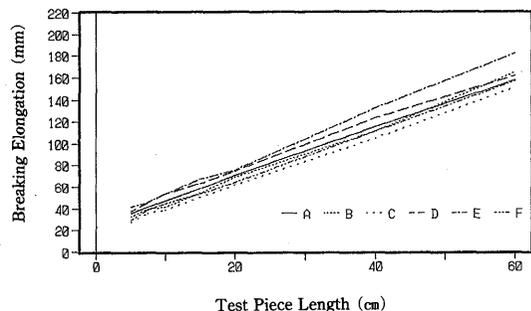


Fig. 4. 4. Relation between the breaking elongation and the test piece length, in case of the Line No. 1.5.

A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

2) 見かけの破断伸度

見かけの破断伸度とは本研究の場合、実験から得た破断に至るまでの試料の伸びを試料長に対して百分率表示した値と定義する。従って、試料長部分と結節部長の破断に至るまでの伸びの合計を試料長部分で割った値を言う。また、破断に至るまでの試料長部分だけの伸度を試料長伸度、固縛結節部長だけの伸度を結節部伸度とそれぞれ定義する。Fig. 5. 1 に各号数のKの見かけの破断伸度の結果を示した。この図から試料長最小の5cmから試料長最大の60cmに至る間に1.5号では約70~26%と大きく変化しており3号および6号ではさらにその差が大きい結果を示した。試料長5cmの時に70~110%と号数の大小で大きな差が認められたが試料長60cmでは約30%前後とその差は小さくなる傾向が認められた。上部結節部直径の違いによる変化を比較してみると、試料長が短いときはその差が若干認められるが、試料長が40cm以上になると同じ号数のものはほぼ同一の値を示した。

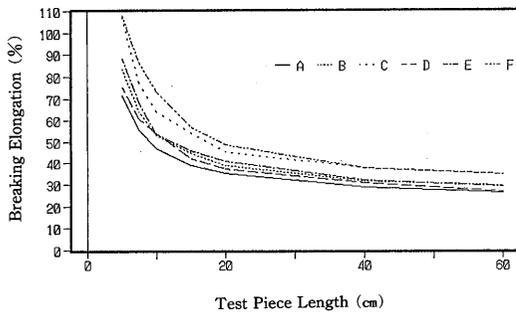


Fig. 5. 1 . Relation between the breaking elongation in percent and the test piece length, in case of K.

A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

同様に、Fig. 5. 2 および Fig. 5. 3 にそれぞれ D および S の見かけの破断伸度の結果を示した。傾向としては K と同様の結果である。しかし、試料長 60cm の時の見かけの破断伸度は上部結節部の違いによる差はほとんどなく D で 27.4~30.3%、S では 25.2~29.3% と K における差よりさらに小さい値となっている。これらのことは他の号数についても同様な結果である。

このような見かけの破断伸度の大きな違いの要因としては結節部伸度が試料長伸度に影響を与えてい

るためと考えられる。

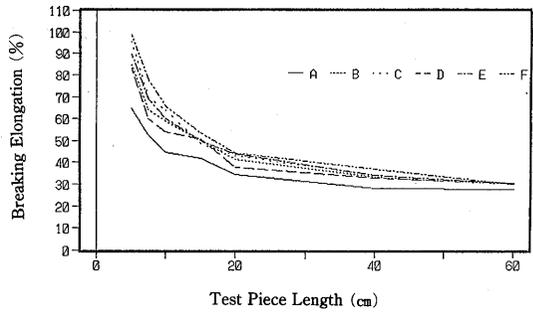


Fig. 5. 2 . Relation between the breaking elongation in percent and the test piece length, in case of D.

A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

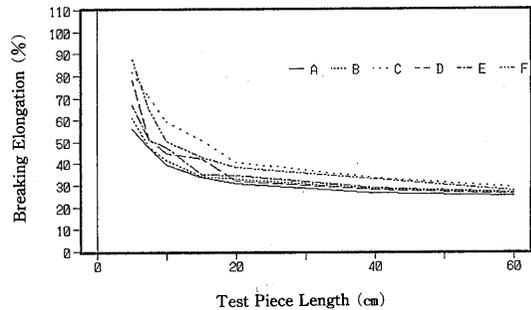


Fig. 5. 3 . Relation between the breaking elongation in percent and the test piece length, in case of S.

A: Line No. 1.5 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: Line No. 1.5 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 C: Line No. 3 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: Line No. 3 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 E: Line No. 6 ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: Line No. 6 ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

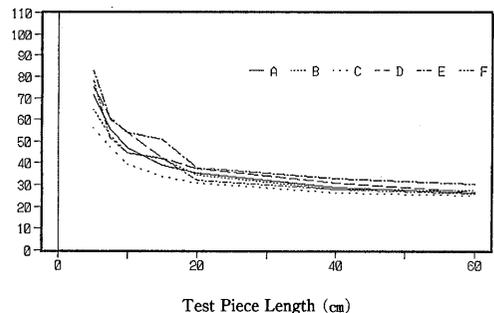


Fig. 5. 4 . Relation between the breaking elongation in percent and the test piece length, in case of the Line No. 1. 5 .

A: K ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), B: K ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 C: D ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), D: D ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 E: S ( $\phi=0.71\text{cm}$ ), F: S ( $\phi=1.12\text{cm}$ ),  
 $\phi$ : The diameter of chain or shackle of upper knot part

## 3) 試料長伸度および結節部伸度の算出

見かけの破断伸度は試料長部分のみの伸びの測定ではなく、結節部分の伸びも加わっていたため試料長の違いで結果が大きく異なっていた。従って、見かけの破断伸度は試料長伸度と結節部伸度を同時に測定したものであるから、次の方法により試料長伸度および結節部伸度を求めた。

## 試料長伸度(%)の算出

未知数である試料長伸度を  $x$  (%), 結節部伸度を  $b$  (%) とし、既知の値である試料長を  $l$  (mm), 金具への巻き付け供試糸全長を  $L$  (mm) およびみかけの破断伸度を  $a$  (%) とすると

$$Lb = (a - x)l \quad \text{--- ①}$$

が成り立つ。ここで①式の試料長  $l$  を2種類用いることで連立方程式が成立する。

例えば、K の1.5号 (330d) の試料長50mmおよび600mmの組合せで計算すると、

$$130b = 50 (71.40 - x) \quad \text{--- ②}$$

$$130b = 600 (26.26 - x) \quad \text{--- ③}$$

となり、②および③式から  $x$  を求めると  $x = 22.16$  となる。

同様に、他の試料長での組合せについて、試料Kの上部結節部直径に小を用いた場合の試料長伸度の計算結果を Table 1. 1 のマトリックス右半分に示した。ここで、試料長伸度は二つの試料長の組合せで、試料長どうしの差が小さいときは測定誤差が

Table 1. 1. Various calculated values in case of K

| Test piece length (cm) | Line No. (gou) | Elongation(%)          |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                        |                | Test piece length (cm) |      |      |      |      |      |      |
|                        |                |                        |      |      | x(%) |      |      |      |
|                        |                | 5                      | 7.5  | 10   | 15   | 20   | 40   | 60   |
| 5                      | 1.5            |                        | 24.0 | 22.6 | 22.9 | 23.2 | 22.8 | 22.2 |
|                        | 3              |                        | 25.5 | 23.1 | 25.5 | 24.0 | 24.2 | 24.6 |
|                        | 6              |                        | 17.8 | 21.9 | 27.5 | 25.1 | 27.8 | 28.3 |
| 7.5                    | 1.5            | 18.2                   |      | 21.2 | 22.6 | 23.1 | 22.8 | 22.1 |
|                        | 3              | 21.6                   |      | 20.6 | 25.5 | 23.7 | 24.1 | 24.6 |
|                        | 6              | 31.8                   |      | 26.1 | 30.8 | 26.5 | 28.6 | 28.8 |
| 10                     | 1.5            | 18.8                   | 19.9 |      | 23.4 | 23.6 | 22.9 | 22.1 |
|                        | 3              | 22.6                   | 24.4 |      | 27.9 | 24.5 | 24.4 | 24.7 |
|                        | 6              | 30.5                   | 27.0 |      | 33.1 | 26.6 | 28.8 | 28.9 |
| 15                     | 1.5            | 18.6                   | 19.0 | 18.2 |      | 23.8 | 22.8 | 22.0 |
|                        | 3              | 21.7                   | 21.7 | 18.9 |      | 21.0 | 23.7 | 24.4 |
|                        | 6              | 28.4                   | 24.9 | 22.4 |      | 20.2 | 27.9 | 28.4 |
| 20                     | 1.5            | 18.5                   | 18.8 | 18.0 | 17.7 |      | 22.5 | 21.8 |
|                        | 3              | 22.3                   | 22.7 | 21.5 | 26.8 |      | 24.3 | 24.8 |
|                        | 6              | 29.3                   | 27.2 | 27.1 | 36.4 |      | 29.8 | 29.5 |
| 40                     | 1.5            | 18.7                   | 18.7 | 18.6 | 18.9 | 19.6 |      | 21.0 |
|                        | 3              | 22.2                   | 22.5 | 21.6 | 23.7 | 21.7 |      | 25.3 |
|                        | 6              | 28.4                   | 26.1 | 25.5 | 28.0 | 22.5 |      | 29.1 |
| 60                     | 1.5            | 18.9                   | 19.3 | 19.2 | 19.8 | 20.8 | 24.5 |      |
|                        | 3              | 22.0                   | 22.2 | 21.3 | 22.9 | 21.0 | 18.9 |      |
|                        | 6              | 28.2                   | 26.0 | 25.4 | 27.5 | 22.8 | 24.4 |      |
|                        |                |                        |      | b(%) |      |      |      |      |

x : Right part of matrix shows elongation of the test piece in percent.

b : Left part of matrix shows elongation of the knot part in percent.

計算結果に影響を与え易かったため、試料長60cmと他の試料長との組合せの計算結果を平均し、各々の供試糸の代表値とした。上部結節部直径に大を用いたものおよび他のメーカーについての計算結果も同様の傾向であったので、3種類のメーカーの代表値の平均と標準偏差をTable 1.2 に示した。

Table 1.2 より、テグスの試料長伸度は各メーカーの試料長伸度の平均値より、 $24.1 \pm 3.5\%$  (標準偏差は1.9) であることが認められた。ところで、本研究では試料長の違いに関係なく一定の試料長伸度としたが、本多<sup>5)</sup>によれば天然繊維糸では短い試料長の時は若干大きいと報告している。

Table 1.2 Representative values of elongation of each sample by calculation

| Line No. (gou) | Upper chain diameter | Elongation (%) |      |      |
|----------------|----------------------|----------------|------|------|
|                |                      | K              | D    | S    |
| 1.5            | small                | 22.2           | 24.0 | 22.4 |
|                | large                | 21.8           | 25.5 | 21.4 |
| 3              | small                | 24.6           | 25.2 | 23.4 |
|                | large                | 24.6           | 24.9 | 23.1 |
| 6              | small                | 28.3           | 24.3 | 24.6 |
|                | large                | 28.2           | 23.7 | 22.4 |

AVE.: 24.1%, S. D.: 1.9

Table 1.3. Representative values of elongation of the knot part by calculation

| Line No. (gou) | Upper chain diameter | Elongation (%) |      |      |
|----------------|----------------------|----------------|------|------|
|                |                      | K              | D    | S    |
| 1.5            | small                | 18.9           | 15.6 | 12.9 |
|                | large                | 17.4           | 18.8 | 18.5 |
| 3              | small                | 22.0           | 22.2 | 14.1 |
|                | large                | 20.2           | 20.6 | 14.0 |
| 6              | small                | 28.2           | 25.6 | 20.4 |
|                | large                | 24.7           | 23.2 | 20.2 |

AVE.: 19.9, S.D.: 4.0

一方、試料Kの結節部伸度の代表値を Table 1. 1 のマトリックス左半分に示した。他のメーカーでも同様の傾向であったため、各メーカーの計算値の平均および標準偏差はそれぞれの代表値の平均と標準偏差とし Table 1. 3 に示した。Table 1. 3 より結節部伸度は、20%前後存在することが認められる。

また、Table 1. 3 の値は号数が大きい程、メーカー別では S, D, K の順で大きい結果となっている。このことは試料を引っ張り試験機に取り付ける際、固縛するのに要した力で既に伸びが生じ、さらに伸び挙動に号数およびメーカーで若干の差異があったためと考えられる。

以上の結果から、見かけの破断伸度と試料長伸度の不一致の原因は結節部伸度が試料長伸度と比較して大きかったためであると考ええる。

### 3. 破断時の糸の直径変化の試算

供試糸は切断直前までに、無負荷の状態から、直径が  $d$  から  $d'$  へ、試料長が  $l$  から  $l'$  へと変化が定積的に起こると仮定して、直径の変化率を試算した。厳密にはポアソン比 (Poisson's ratio) がテグスの場合、明確ではないので体積無変化とすることはできない<sup>8)</sup> が、ここでは体積の変化は無視できるとして試算した。

すなわち、試料長伸度を  $x$  (%) とすると、試料長  $l$

から  $l'$  に至る間で供試糸の体積は等しいから次式が成り立つ。

$$\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 l = \pi \left(\frac{d'}{2}\right)^2 l'$$

$$l' = l + \frac{lx}{100}$$

これより、 $d' = \sqrt{\frac{100}{100+x}} d$  となる。

これらの計算結果を、Table 2 に示した。Table 2 より破断に至る迄の試料の直径の減少率はほぼ  $10.5 \pm 1.2\%$  である。したがって、テグスは無負荷の状態から破断に至るまでに、その直径が約10%減少して切断したことが明かとなった。

なお、ここで算出した直径の変化率は上下の結節部分を除去した場合についての計算であるが、結節を有する場合でも同様の直径変化率であると推定した。その理由は結節を有していたにもかかわらず、試料の切断は試料長のほぼ中央であったためである。仮に、結節部分を除去した場合と結節を有する場合に、テグスの線索方向と、それに垂直な方向の挙動が異なっているとすれば、結節を有する場合は上下の何れかの結節において切断すると考えねばならない。従って、結節において切断しない限り、試料の直径変化は結節の有無に影響を受けないと考えられる。

Table 2. Calculated values of the change rate of diameter of test piece

| Line No.<br>(gou) | Upper chain diameter | Change rate of diameter (%) |      |      |
|-------------------|----------------------|-----------------------------|------|------|
|                   |                      | K                           | D    | S    |
| 1.5               | small                | 90.2                        | 89.8 | 90.2 |
|                   | large                | 90.7                        | 89.3 | 90.7 |
| 3                 | small                | 89.5                        | 89.5 | 90.2 |
|                   | large                | 89.5                        | 89.5 | 90.2 |
| 6                 | small                | 88.4                        | 89.6 | 89.6 |
|                   | large                | 88.4                        | 89.9 | 90.4 |

以上の事から、テグスの線索方向への伸びは結節の有無に大きく影響を受けるが、線索垂直方向の挙動は結節の有無に影響されないという特性を有すると推察される。

ただし、テグスの切断瞬間の形状は遅れ降伏現象により、負荷中に突然試験片の一部がくびれて切断に至る<sup>9)</sup>ことが知られているため、ここでの計算値は試料長部分における切断直前の直径変化をモデル的に定量化したものである。また、ここでの直径の変化率は試料長部分のみの変化率を検討したものであり、結節部分における試料の直径変化は切断が試料長のほぼ中央で起こったものをデータとしたため考慮しなかった。

### ま と め

釣り漁業用漁具材料の内、テグスに関する新たな知見として以下の事が明かとなった。

- 1) 糸の号数からその材料の最大強度を知るには号数にそれぞれ次の定数すなわち試料Kでは1.5、Dでは1.9およびSでは2.2を剰じることのできる。
- 2) 単位断面積当りの強度は鋼の約1.8~2.8倍の強度を有する。
- 3) 結節部分のテグスの最大伸度は試料切断時において、12~28%とばらつきはあったが、結節および金属との摩擦による拘束された試料が予想以上に伸長する特性を有する。
- 4) 巻き付け式試験機により測定される破断伸度は試料長部分のみの破断伸度と比較して大きい値を示したが、これは測定誤差とするよりむしろ結節部分における伸びを含んだ実用的な破断伸度と考えられる。
- 5) 結節の有無に関係なくテグスの直径の変化率は無負荷の状態から破断直前迄に約10%減少すると試算された。

以上のことから、テグスは固縛結節部分においても伸び特性が保持されることが明らかとなった。

従って、強度試験は実際の釣漁業に即したものととして、巻き付け式の切断による試験方法が、結節部分の伸び特性を加味したものとして適していると考えられる。

### 文 献

- 1) Yamamoto, K. (1977) : Tensile Properties of Nylon Mono-filament Hung Around a Cylinder-I On the Decrease of Tensile Strength, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **43**, 359-365.
- 2) Yamamoto, K. (1977) : Tensile Properties of Nylon Mono-filament Hung Around a Cylinder-II On the Frictional Force, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **43**, 1379-1385.
- 3) Yamamoto, K. (1982) : The Effect of the Difference between the Tensile and Compressive Properties on the Bending Behaviour of Nylon Monofilaments, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **48**, 887-893.
- 4) 鈴木津馬治 (1960) : 化学繊維, p.161, ダイヤモンド社, 東京。
- 5) 本多勝司 (1956) : 試料の長さが綱糸の破断強度及び伸びに及ぼす影響, *日水誌*, **22**, 325-327.
- 6) 栗原福次, 大石不二夫 (1969) : 活用ガイド高分子材料, p.31, オーム社, 東京。
- 7) 本多勝司 (1981) : 漁具材料学, p.77, 恒星社厚生閣, 東京
- 8) 小野木重治 (1963) : 高分子材料学, p.107, 誠文堂新光社, 東京。
- 9) 成沢郁夫 (1982) : 高分子材料強度学, pp.287-288, オーム社, 東京。