

2. 用具と技術

新素材ロープの特徴と問題点 高強度ポリエチレン糸ダイニーマに関して

遠藤京子^{*1}, 秋山武士^{*2}

登山者にとって装備の「軽さ」、「強さ」、「使いよさ」及び「安全性」は常に追求される課題である。1989年の京都山岳会新青峰登山を準備している時に、軽くて強いダイニーマとの出会いがあった。高分子化学の研究に携わったことがある私にとって、登山に使える新素材にはとりわけ興味がある。大学のクラスメートに会うと、きまって「山で使える新しいもの」を尋ねることにしていた。そうして出会ったのが、東洋紡績がオランダのDSM（ダッチ・スタット・マイネン）と共同開発したスーパー繊維、超高強度弾性率ポリエチレン繊維、商品名「ダイニーマ」であった。

軽い（比重：0.97）、強い（引張強度は直径6mmのダイニーマ100%のロープで2,000kgもあり、ナイロンの4倍も強いという）、その上、伸度が小さく耐久性に優れていると聞いて、これはヒマラヤ登山の固定用ロープとして最適ではないかと喜んだ。

当初、ダイニーマ100%の八つの束を編んだハッ打ち、直径6mmロープを製造してもらい、中国崑崙山脈の新青峰の雪氷壁で固定して使用してみた。

ユマール等の登高器は6mm径でもしっかり噛んでストップしたが、登高器にしごかれて細い繊維が毛羽立つ事が気になった。それでも3週間程度の使用期間では帰国後測定された強度にほとんど変化はなかった。

次に、このハッ打ちロープをポリエステル編みの中に入れるダブルブレードという方法で6mmロープに仕上げてもらった。ヨット用等で既に使用されていたそうだ。ダイニーマは、規則性の高い分子構造ゆえに染色されないのだが、表皮のポリエステル糸を赤や黄に染めると雪の上でもよく目立つという利点がある。

1. 伸度が小さい

このロープは伸度が小さいので、ナイロンのように伸びて滑落時のショックを吸収する性質がないので、登攀用ロープとしてはまだ認定されていないから使用できないが、しなやかでキンクしにくく、使い心地は良好である。

2. 軽い

なによりも6mm径ロープ50m 1本の重さがわずかに900gという軽さがありがたい。すでにヒマラヤの高峰登山の固定用ロープとしてそのありがたさは仲間からも絶賛されていたが、さらに沢登りや冬のハイキング時の「ちょっとロープがほしいなあ」という場面で、「ハイ、どうぞ」とザックから出して人助けができる「お助けロープ」として、他人にも勧めたくなる。特に中高年登山者が増加してい

2. 用具と技術

る昨今、せめてリーダーだけでも持っていてほしいと思うと、このダイニーマロープの諸性質を調べてみる必要があった。

3. 強い

東洋紡績の繊維研究所とダイニーマ事業部から提供された資料のほかに、私自身も1990年1～2月に、三重県鈴鹿市の石岡高所安全研究所を訪ねて、ロープの強度試験をさせていただいて、その強さを確認した。

この研究所は石岡繁雄さん（日本山岳会東海支部会員）が、鈴鹿高専教授を退職されてから私費で建てられた研究所である。石岡さんは、小説「氷壁」のモデルとなった前穂高東壁でのナイロンザイル切断事故で弟を亡くした後、事故原因を徹底的に究明して、ナイロンザイルが鋭い岩角に弱いことを登山界に警告した人である。ナイロンロープに頼って登ってきたわれわれ登山者にとって、いわば生命の恩人と言ってよい人である。石岡さんの研究は本誌5号に記録されている。

通産省と石岡さんの共同研究で生まれたザイルの安全基準を定める実験方法に従って、直角のシャープなエッジを持つステンレス角棒にロープを掛け、80kgの荷重を高さ3m垂直に瞬時落下させる。ロープが切断する時の張力は、ロープの両端に接続した張力計で検出されグラフに描かれる。この時ロープをフューラー結びにしてカラビナを使って張力計に接続した。

上記の方法で測定したダイニーマ6mm径ダブルブレードロープ（表皮ポリエステル）の強度は1,600～1,800kgであった。

4.

ダイニーマは摩擦係数がきわめて小さいので滑りやすい。ロープの結び目が解けるのではないかと心配だったので、二本のロープを結び方をいろいろに変えて結び、下端に80kgの荷重をつけて3mの距離を瞬時に落下させた。テープを結ぶときに使うリングベント結びは簡単に解けた。ダブルフィッシュマン結びでさえ二回に一回は解けた。安全な結び方はエイト結びだけだった。

強度試験の方法はいろいろあるが、'92年秋秋テザックで測定してもらった時は、ロープの両端に誘導ロープを編み込んでアムスラー式引張試験機に接続する方法では、ダイニーマは滑りぬけてしまうことが多かった。40cmも編み込んだ時だけに滑りぬけずに強度が測定でき、1,550kgという結果が出た。

この滑りやすさのために、制動確保の時には摩擦面を増やす工夫が必要である。また懸垂下降時にはエイト環などの制動器にロープをダブルにかけてスピードを落とす工夫をした方がよい。

5. 熱に弱い

ダイニーマはポリエチレンの高分子鎖を一行に規則正しく配列させて、驚くほどの強度を引き出したが、残念ながら融点は150℃止まりであることに注意しなければいけない。懸垂下降の時スピードを出しすぎるとロープの芯のダイニーマ表面が少し融けて光っているのを私自身観察している。

2. 用具と技術

熱に強いという点では500℃まで耐え、同じくらい強いケブラー（ポリアミド繊維）があるが、この比重は1.45である。6mm径のロープを使ってみたが、重いのが登山者には難点である。

6. 耐光性が良い

耐光性もケブラーやナイロンより優れている。これは紫外線の強い山岳で使用する登山者にとって安心できる。約一ヶ月ヒマラヤで使用した後の強度試験に変化はなかった。一年放置後のテストもしてみたいがまだである。

話は違うが、安価なためP・P（ポリプロピレン）の8mm径然りロープを固定用ロープとして使用する遠征隊が多い。1992年ヌン峰登山の時、カニのはさみと呼ばれる岩場で前年固定したP・Pロープを持ち帰って、綱テザックで強度測定してもらったところ、なんと、その強度は1,000kgから100kgへと1/10に低下していたのでびっくりした。本来P・Pは耐光性、耐候性共に悪いと定評のある繊維だが、それを高める為の添加物が使用されているのに。ある人は、光だけでなく、糸と糸の間の水分が凍結と解凍を繰り返しているヒマラヤ山中で、膨張と収縮が劣化を加速しているのではないかと言う。

研究室内の試験データだけでなく、ヒマラヤの厳しい環境の中でテストを行うことの重要性を感じる実例として登山者に注意しておきたい。決して古い固定ロープに頼ってはいけないと。

7. 吸水性はない

吸水性はダイニーマもP・Pもゼロに近い。しかし、沢登りの時水につかると重くなるのは残念だ。糸と糸の間に浸入する水は防げない。

8. 染色性、樹脂接着性が悪い

分子構造上、染料との結合性が極めて悪いので染まらない。前述したが、雪上での使用時に不便なため、赤や黄のポリエステルでダイニーマの芯を被服している。

また、防水加工樹脂の塗布もコンシポンド社で試みたが接着性が極めて悪い。東洋紡績で織物にしてザックを試作してもらった時、樹脂と顔料を厚く塗布したので、軽い繊維が重くなってしまった。しかも使用回数を重ねるうち禿げ落ちた。

9. 摩耗、屈曲に強い

ケブラーの10倍以上強い。ナイロンやポリエステルと同じレベルにある。

10. 耐衝撃性に優れる

成形品の衝撃吸収性のデータはケブラーより優れている。防暴シートや車輛の衝撃吸収材として用途が開発されているそうだが、登山者にとって知りたいのは、落石による固定ロープの切断に耐えられる力である。理論上は強い筈である。また私が使用してきたこの5年間のヒマラヤ登山では切断や損傷はなかったが、より多くの使用者からの報告がほしい。

11. はさみやナイフで切り難い

ロープを切断したい時には、板の上にロープを置いてカッターナイフで切るか、ニッパーで切る。

2. 用具と技術

熱に強いという点では500℃まで耐え、同じくらい強いケブラー（ポリアミド繊維）があるが、この比重は1.45である。6mm径のロープを使ってみたが、重いのが登山者には難点である。

6. 耐光性が良い

耐光性もケブラーやナイロンより優れている。これは紫外線の強い山岳で使用する登山者にとって安心できる。約一ヶ月ヒマラヤで使用した後の強度試験に変化はなかった。一年放置後のテストもしてみたいがまだである。

話は違うが、安価なためP・P（ポリプロピレン）の8mm径然りロープを固定用ロープとして使用する遠征隊が多い。1992年ヌン峰登山の時、カニのはさみと呼ばれる岩場で前年固定したP・Pロープを持ち帰って、綯テザックで強度測定してもらったところ、なんと、その強度は1,000kgから100kgへと1/10に低下していたのでびっくりした。本来P・Pは耐光性、耐候性共に悪いと定評のある繊維だが、それを高める為の添加物が使用されているのに。ある人は、光だけでなく、糸と糸間の水分が凍結と解凍を繰り返しているヒマラヤ山中で、膨張と収縮が劣化を加速しているのではないかと言う。

研究室内の試験データだけでなく、ヒマラヤの厳しい環境の中でテストを行うことの重要性を感じる実例として登山者に注意しておきたい。決して古い固定ロープに頼ってはいけないと。

7. 吸水性はない

吸水性はダイニーマもP・Pもゼロに近い。しかし、沢登りの時水につかると重くなるのは残念だ。糸と糸の間に浸入する水は防げない。

8. 染色性、樹脂接着性が悪い

分子構造上、染料との結合性が極めて悪いので染まらない。前述したが、雪上での使用時に不便なため、赤や黄のポリエステルでダイニーマの芯を被服している。

また、防水加工樹脂の塗布もコニシボンド社で試みたが接着性が極めて悪い。東洋紡績で織物にしてザックを試作してもらった時、樹脂と顔料を厚く塗布したので、軽い繊維が重くなってしまった。しかも使用回数を重ねるうち禿げ落ちた。

9. 摩耗、屈曲に強い

ケブラーの10倍以上強い。ナイロンやポリエステルと同じレベルにある。

10. 耐衝撃性に優れる

成形品の衝撃吸収性のデータはケブラーより優れている。防暴シートや車輛の衝撃吸収材として用途が開発されているそうだが、登山者にとって知りたいのは、落石による固定ロープの切断に耐えられる力である。理論上は強い筈である。また私が使用してきたこの5年間のヒマラヤ登山では切断や損傷はなかったが、より多くの使用者からの報告がほしい。

11. はさみやナイフで切り難い

ロープを切断したい時には、板の上にロープを置いてカッターナイフで切るか、ニッパーで切る。

2. 用具と技術

又は火で融かす。

ダイニーマの織物をミシンで縫製する場合滑るので、たいへん作業がしにくいと縫製メーカーに嫌われる。

超高強度ポリエチレン繊維とそのロープ

ダイニーマ：東洋紡績とオランダのDSM（ダッチ・スタット・マイネン）社との合弁会社製造。ロープ製造は日本ではTBR社など数社。

ドイツのエーデルワイス社製6mm径ダイニーマロープが東京の輸入代理店から販売されている。このロープの強度が1,200kgと表示されていたので、私が東洋紡績とTBR社に試作してもらった同類同径のロープの強度1,600～1,700kgより小さい事を不思議に思い調査してもらった結果輸入品は表皮のポリエステル比率が高いためと分った。ただし、固定用ロープとしては1,200kgあれば強度は十分である。

スペクトラ：米国のアライド社製。固定用6mmロープとテープは米国のブルーウォーター社から製造販売され、大阪の輸入代理店が扱っている。

テクミロン：三井石油化学工業製造

登山用ロープの製造はしていない。

価 額：ダブルブレード、6mm径 ダイニーマロープ

小売価額500～600円（輸入品）/m

販売量が伸びれば価額は下がる見込。

12. ダイニーマの使用レポート

秋山武士さんの千葉工業大学の今年のナンガバルバット遠征を通じてのダイニーマの使用レポートを掲載するので参考にしてもらいたい。

利 点

●非常に軽量である

今回の遠征準備中にダイニーマのを知り、予算の許す限り積極的に使用した。この理由が従来のFixロープに比較して、ダイニーマの強度がほぼ同等であるにも関わらず、軽いことが挙げられる。我々の登はん用具の大幅軽量化に一役買っている。従来の遠征隊は、ダイニーマやケブラーのロープを部分的に利用したり、アタック隊のみが使用する例がほとんどである。

●耐水性に優れている

日本の冬山でよく経験するのが、ロープが棒状に凍り付き、確保する時やユマーリングの際に非常に苦勞することがある。カラコラムの気象条件が日本と異なることもあるだろうが、今回の遠征では、日本で経験するような状態には全くならなかった。下山時にはドカ雪に閉じこめられて、3日停滞したが、その際、雪の中に深く埋没した固定ロープがまったく凍ることがなく、正直言って私は驚

2. 用具と技術

いた。

欠点

●ロープの外皮がずれやすいこと

ロープの末端処理に他のロープの場合と同様、外皮を火で焼き、末端を処理したのであるが、ユマーリングで登はん中に、末端がほどけて、外皮が一方の端によってしまうことを経験した。よく見ると一方の末端が外皮がずれて、白い繊維が見えている。万一、この状態で墜落すると、最悪の場合一方の末端からすっぽり抜けてしまうのではないかと感じた。現実には、下記の方法で対策を取った。

●外皮がずれやすいことの対策

登はんしている時に、末端の外皮のずれに気がついたため、登りながら末端をヒューラーヒッチにして、外皮がずれないようにした。この結果、外皮とのずれが極端にずれることがなくなり、非常にユマーリングし易くなった。前もって末端をこのような形に結んでおけばよかったと思う。ただし、我々は応急処置的にヒューラーヒッチをしたのであり、この方法が最善だとは言い切れない。いずれにしる、ただ単に末端を火で焼くだけでは、海外の長期遠征では耐えきれないことは、事実である。

その他、気づいた点

●状況に応じてダイニーマを使用すべきである

今回、ナンガバルバットでは、C1・C2間の岩壁帯を除く、各雪稜部分やクレバス地帯に積極的に使用した。岩壁帯などは、ロープが岩角に触れることが多くなり、エッジに擦れて、ロープの強度が落ちるのでないかと考えたからである。そして、垂壁をアップザイレンすると、6mmという細いロープのため摩擦力が低下し、下降のスピードがつきすぎるのも危険と思えた。（摩擦を増すよう、ニイトリングに二重にロープをセットするなどの方法もある）また、我々はアタックの際にダイニーマ60m 2本を持参して登頂している。下降時に、何回かアップザイレンをしたが何よりの理由は荷物の軽量化をしたかったことである。

また、ヒドンクレパスのある場所で、コンティニアスでアンザイレンするのにダイニーマが現在もっとも適している。ダイニーマは軽いため、メインロープで長時間コンティニアス確保しながら登る時よりも、体力的にも精神的にも楽で登はんスピードが上がる。潜在的にヒドンクレパスのある場所があるかなければならないときにも、ダイニーマでコンティニアスで行動すれば非常に効果的である。

以上のようにダイニーマを使用する際、ルート状況を考えて活用すべきである。