HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	中川研究林におけるロープを使った林冠アクセス技術について
Author(s)	竹内, 史郎; 奥田, 篤志; 斉藤, 満; 小林, 真
Citation	北方森林保全技術, 第33号, 4-23
Issue Date	2016-03-15
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/73004
Type	bulletin (article)
File Information	2014-33_1-2.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Ⅰ－２　中川研究林におけるロープを使った林冠アクセス技術について

竹内史郎，奥田篤志，斉藤満，小林真

中川研究林

1. はじめに

中川研究林（以下当林）では 10 年以上前から、ロープアクセス技術を応用した手法を用いて樹木の林冠部にアクセスし、生態学的調査等を行っている。なお、具体的な調査研究事例は以下である。

1997 年～現在　大型猛禽類の営巣調査　奥田、斉藤ら
2002 年　樹木シュートの観測　鈴木牧
2003 年　樹木葉と植食性昆虫幼虫のサンプリング　原　拓史
2005 年　林冠気象観測　山ノ内、斉藤ら
2014 年　針葉樹の種子採取　奥田ら

当林で行っているロープアクセス技術は Single Rope Technique(以下、SRT)という技術に準じている。SRT とは一本のロープで垂直ないし、急傾斜の場所を登り降りする技術の総称である [1)2)]。元来、SRT はヨーロッパのケイビング技術として発展してきた。ケイビングとは洞窟探検であり、三次元的に入り組んだ洞窟には大きな竪穴も存在する。SRT は、そのような複雑な形状の竪穴に効果的に入り、安全に作業を行うための技術の一つである。林冠部を対象とした調査を行う上で SRT が好まれる理由には、梯子やジャングルジムを構築するよりもシステムとしてシンプルかつ必要とする機材が軽量であることが挙げられる。これは同時に予算や人員などが限られる大学等の研究組織において安価に林冠部を対象とした研究を実施する上で有効な手法であると言える。近年、SRT はケイビングに留まらず、足場を組むことのできない高所作業全般やアメリカのアーボリスト（庭師）に使われ、それぞれの業界で柔軟な運用がなされている [1)2)]。地上から林冠にアクセスするには、本来、鉛直方向にアクセスする SRT をそのまま利用することはできないため、当林では試行錯誤を経て、最適と考えられる形に応用して用いている。本稿では当林で行っているロープアクセス技術の具体的な装備、技術についての詳細をまとめるものである。

なお、林冠にアクセスする技術として広く知られている“ツリークライミング”“Tree Climbing”はツリークライミング団体であるツリークライミング®ジャパンが商標登録している名称である。その技術体系は同団体が管理しているため、ツリークライミングの技術を修得するにはツリークライミング®ジャパンの運営している講習会を受講する必要があり、当林ではこの講習を受講していない。本稿で紹介する技術はツリークライミングとは一切関係なく、あくまで独自体系のロープアクセス技術の紹介である。

本稿は中川研究林で実施しているロープアクセス技術について紹介するものであるが、著者らを含む作業者は高所作業の専門教育機関で訓練を受けたものではない。安全管理には十分に留意した上で業務を遂行しており、その経験や技術資料からの注意点を盛り込んだ内容になってはいるものの、このような作業の実施には、当然生命の危険があり、相応の訓練と経験を積む必要があることを強く念頭に置いて読んでいただきたい。なお、本稿は専門機関の監修を受けたものではない。もし作業を実施する場合には事前に専門養成機関（ロープテックジャパン SRT 講習会、アルテリア ロープアクセス・ロープレスキュー講習会）の講習を受講することを強く推奨する。

2. 技術

具体的な作業方法の流れについて、注意点やコツを交えながら説明する。この内容を周辺知識無しに理解するのは困難なので、後半の章にロープワークやクライミングギアの名称についてまとめた。必要に応じて参照していただきたい。

2.1 SRT

主に広葉樹など途中に枝がない木に登るときに用いる手法である。伸縮性が限られるセミスタティックロープを使用し、常に上からのテンションがある状態でロープ登高をする。予めロープを登る対象の木にかけておき、支点はアンカーしか作らない。ロープの伸縮性が限られ、数十 cm の墜落でも支点とクライマーに大きな衝撃力が発生するため、墜落は許されない。

2.1.1 ロープのかけ方

10.5mm のロープを樹高 20m の位置にいきなりかけるのは難しいため、テグス～細引き～ロープの順に太いラインを通していく。大抵の場合、この行程で多くの時間が消費される。

① まずスリングショット（パチンコ）を改造し、釣りのスピニングリールがついたもの（写真１）を用いて、テグスを打ち上げる。この時、登るラインを考え、そのライン上の出来るだけ上部にある頑健そうな枝を目標にする。またその際、できれば内側に傾斜した二股部分にかけることができると、荷重がかかってもロープが脱落しないので良い。（写真 2）

② テグスを打ち上げるときには 10 号程度の釣り用の重りをつける。この重りが軽すぎると枝に引っかかったテグスが地表まで引き下ろされずに宙づりになってしまう。テグスはフロロカーボン製で 5 号以上の引張強度が高く、硬い、釣り用のラインにすると、樹皮と擦れても滑りがよく、切れにくい。

③ テグスがうまく狙った枝にかかり、重りが地表付近まで下降してきたら、重りを外し、5mm の細引きを結束する。テグス側を引き、細引きを引き上げる。この時、結束部分の凹凸によって、枝を超えられないことが多々ある。そのため、結び目の段差部分にボールペンのキャップをつけ、ビニールテープで巻くと良い。（写真 3）

④ 細引きが手元まで戻ったら。メインロープを結束する。さらに結び目が大きくなるため、ビニールテープで入念にコーティングする。

⑤ ロープが枝を超えて、反対側の地表に到達したら、ロープかけは成功である。

写真１

写真３

写真２

2.1.2 登る準備

① 身に付ける装備を指さし確認する。

(ア) ハーネスを適切に装着しているかの確認。ベルトを折り返し、よじれがないか、など。

(イ) アッセンダー、ランヤード、フットテープの接続確認。カラビナのゲートロックは閉まっているか、ランヤード、フットテープはよじれていないか、など。

(ウ) ディッセンダーはメインと予備を持っているか。

(エ) 上部でアンカーを構築するのに十分なスリングとカラビナを持っているか。

(オ) ヘルメットをつけているか。

② 装備確認後、ロープの任意の末端でアンカーを作る。登る対象の木、もしくは近隣のしっかりした木の根元からテンションレスヒッチでアンカーを取る。(写真 4)

2.1.3 登り方

① 当林のロープ登高スタイルは Single Rope Techniques in Japan 2 で解説されているジャマー・システムの変形である [1]。両手のアッセンダーに非対称 Y 字ランヤードとフットテープをつけて、梯子を登るように登るのは同一であるが、チェストアッセンダーとローラーボックスを省略している。省略した場合の方が、ギアの総重量が減ってシンプルでありより速い速度で登れるが、多少体力と技術が要求される。写真 5 は必要な装備を全て所持した状態の最初に登る作業者の例である。最終的に 2～3 名が樹上作業をすることを想定した量のギアを持っている。(写真 5)

写真 4

写真 5

② アッセンダーをロープにセットしたら、ロープにテンションがかかるまで下方向に引く。ロープに十分なテンションがかかり、枝の強度も問題なさそうなら、下のアッセンダーにつながったフットテープに乗り込み、上のアッセンダーをできるだけ高く上げる。次に高く上げた方のアッセンダーにつながっているフットテープに乗り込み、下のアッセンダーを引き上げる。これを上部のロープがかかっている高さまで続けて登っていく。(写真 6~9) また、この時アッセンダーを手前に引き上げるように動かすと容易にロープから脱落してしまうが、脱落防止のカラビナを一枚クリップする方法で防ぐことができる。(図 1)

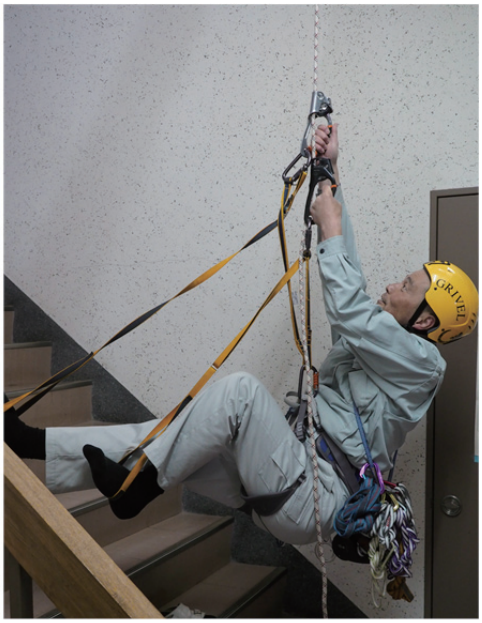


写真６

写真７

写真８

写真９

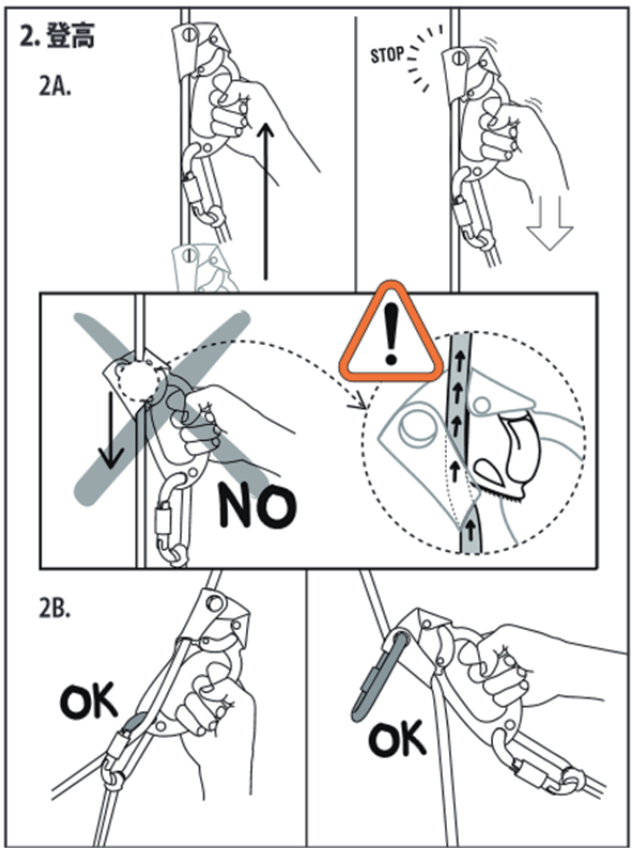
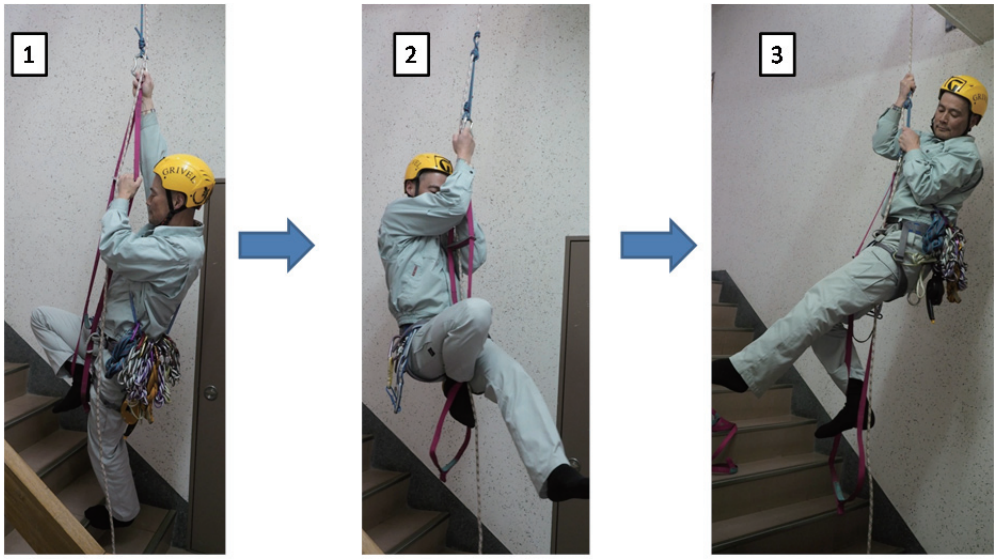


図１　アッセンダーの使い方
（アッセンション取扱説明書　一部改変）

③　林冠部まで到達し、容易に枝に乗り移れる場合には、枝に移って、すみやかにセルフビレイを取る。セルフビレイを取るまでアッセンダーを解除してはならない。また、枝に乗り移った際にアッセンダーに体重を預けられず、低い位置になってしまうことがある。この状態で墜落すると、ロープの外皮が裂け墜落する。

④　到達地点がロープのかかった枝の直下で、乗り移ることのできる枝もない場合、あぶみを使って、頭上にある枝の上に立たねばならない。あぶみはカラビナやスリングを使って固定する。次に足をかけて、体の重心直下に巻き込み、しゃがむような姿勢になる。そのまま微妙なバランスを維持したまま立ち上がり、枝の上に出る。このときにセルフビレイが無いまま反対側に回転してしまうと墜落する。すみやかにセルフビレイは取らねばならない。なお、あぶみの使用は事前の訓練無しには難しいので、可能であれば③の段階で枝に乗り移る方がよい。（写真 10）



1.あぶみに足をかける。
2.かけた足を体の重心直下に巻き込む。しゃがむような体勢になる。
3.巻き込んだ足に立ち上がる。

写真 10

2.1.4 支点構築

①　セルフビレイを取り、枝に移動したら、アッセンダーを解除し、アンカーの構築に入る。「支点について」の項のアンカー構築の注意点に留意するが、この場合のアンカーはセルフビレイに多重性をもたせたもので良く、複数箇所からのセルフビレイを取ることで行う。できるだけ落下係数が 0 になるようにする。（写真 11、作業中のセルフビレイ。この場合はロープで長さを変えられるようにしつつ、ダイニーマスリングも使っている。）

②　樹上で移動するときは、移動先にセルフビレイを取ってから、複数付いているセルフビレイの長さが足りなくなるものを外して移動していく。決してセルフビレイが全くない状態になってはならない。

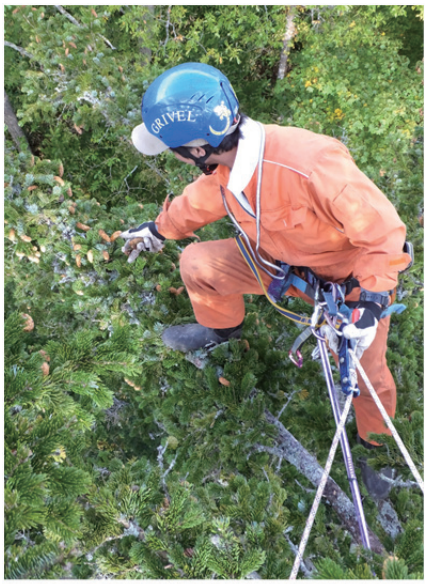


写真 11

③　また、ロープのかかっている枝に不安があるときには、ロープ専用のアンカーを作り、ロープを掛け替えるか、インクノットを作り脱落防止をする。

2.1.5 下降

①　ロープのかかっている枝が強固であれば、ロープ末端のアンカーが無い側のロープにディッセンダーをつけて懸垂下降すれば良い。この時、できるだけ低い位置に移動し、支点より下でディッセンダーにロープをセットしなければならない。支点より高い位置でロープを引き上げて、ディッセンダーのセット後に落ちると、ロープが破断する危険性が高い。(写真 12)

写真 12

②　アンカーを経由している場合、最終的にすべてのギアを回収するために、ロープをより安定した枝にかけ替えなければならない。まず、ロープをアンカー、もしくは自分にインクノットでつなぎ、ロープ落下防止の措置をとる。ここでロープを落としてしまうと下降に用いるロープが無くなってしまうため救助を待つ他ない。次に末端のアンカーがついていない方を引き上げ、安定した枝にかけて、ロープを落とす。落としたロープはたいてい下の枝に引っかかるが、下降しながら一時停止して落としていけば良い。下降は①と同じ要領である。

③　最後の作業者は全てのギアを回収し下降する。すべての作業者が全員下降したら、下部のアンカーを解除し、ロープをたぐる。ロープが折り返し地点を過ぎると自重で一気に落ちてくるが、ロープはそれなりの重量があるため、落とす前に「ロープダウン！」などと言って、周囲に注意を促さなければならない。ロープを回収したら作業終了である。

2.2 リードクライミング

地上付近から枝がついている針葉樹など、取り付きが楽な木を登るときに用いる手法である。ダイナミックロープ用いて、ランナーを取りながら登っていく。支点より高い位置に登るため、墜落の危険性は SRT より高い。しかし、枝が密についていれば、アッセンダーで登高するよりも比較的楽で、ランナーも取りやすいため、技術的には簡単だと言える。

2.2.1 登る準備と登り方

①　身に付ける装備を指さし確認する。

(ア) クライマー、ビレイヤー双方のハーネス装着の確認。ベルトを折り返し、よじれがないか、など。

(イ) クライマーのロープが確実にダブルエイトノットでハーネスに結束されているかの確認。(写真 13) しっかり締め上がっているか、末端処理は適切か、など。

(ウ) ビレイヤーがロープを適切にディッセンダーにセットしているかの確認。

(エ) クライマーはディッセンダーのメインと予備を持っているかの確認。

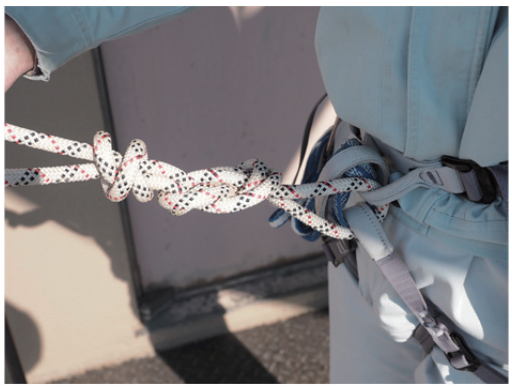


写真 13

(オ) 上部でアンカーを構築するのに十分なスリングとカラビナを持っているかの確認。
(カ) ヘルメットをつけているかの確認。

② 装備確認後、登り始める。枝や樹幹から最初のランナーを取るまでは、落ちると地面まで墜落してしまい危険なので慎重に登る。枝を伝う登り方はジャンクルジムを登る要領で登ればよく、適宜、ランナーを取っていく。気を付けなければならないのは登るラインとロープの流れであり、やたらに枝をまたいで蛇行するとロープ樹皮の摩擦が大きくなり、ロープが動かなくなってしまいそれ以上登る事ができなくなってしまう。臨機応変にセルフビレイを取り、ロープのかけかえを行うこともあり得る。

③ クライマーが目的高度まで登り終わり、セルフビレイとアンカーの構築が終わったら、次の作業者が登ることができる。この時にリードクライミングする必要は無く。一人目が張ったロープにアッセンダーをかけて、アッセンダーでセルフを取りながら登れば良い。なお、二人目のクライマーはランナーを回収しながら登る。さらに場合によってはロープの流れを修正しつつ登る必要があることもある。はじめからロープの流れが悪くなることが予想される場合には、リードで登る際にセミスタティックロープをバックロープでつけて行き、アンカー構築後に SRT で登るということもできる。

2.2.2 ビレイ

適切なビレイを行うには、ギアの取扱の習熟と相応の訓練を要する。当林で用いているディッセンダーは全てリードのビレイが可能であるが、エイト環のみオートロック機構が無いため、余りお勧めしない。

① ロープの繰り出し：ハーネスのビレイループにセットしたディッセンダーについて、クライマーにつながっている側をクライマー側、反対の何もない側をビレイヤー側と呼ぶ。クライマーの登る動きに合わせて、クライマー側のロープを引き出していく。この時ロープを出す量が少ないとクライマーが下から引っ張られてバランスを崩してしまい、多すぎると墜落時の落下距離が伸びてしまうため、適切な繰り出し量を維持する。

② 墜落停止：クライマーが墜落してしまった時は、ビレイヤー側のロープを手でしっかり握って止める。この際、手をお尻の後ろ側に引くようにして、ディッセンダーにかかるロープの摩擦力を活かして止めるよう心がける。決して握力にのみ頼ってはならない

③ 支点構築：クライマーが目標地点に着いたあと、後続のクライマーのためにアンカーを作る。トドマツなどの針葉樹は登り易く、簡単に上部まで行きがちになるが、万が一の落下によるリスクを軽減するためにも早い段階でアンカーを構築する。その際、「支点について」の項のアンカー構築の注意点に留意して構築する。アンカーの完成後、ロープに落下防止の措置を取ったあと、自身からロープを外し、アンカーにエイトノットでクリップする。実際の作業はアンカーから離れて、その周辺で行うことになる。その際の移動は、前項 SRT の樹上での移動方法と同じである。

2.2.3 下降

① 最後に降りる作業者以外はアンカーに直結されているロープで懸垂下降すれば良い。

② 最後の作業者が下降する際には、まず、ロープを引き上げ、SRT と同じように安定した枝にロープをかける。

③ ロープの両端が地上に着いたら、先に降りた者、または地上作業者にロープの末端で SRT の時と同じようにアンカーを作ってもらう。

④ 最後に登攀時に枝や幹に設置した全てのギアを回収しシングルロープでの懸垂下降で地上に戻る。

⑤ もし、何らかの理由で地上でアンカーが作れない、もしくは、地上までロープが届かな

い場合は、予備で持っているエイト環を用いてダブルロープシステムでの懸垂下降をすれば良い。この際、必ずロープ末端はダブルエイトノットで結束して懸垂下降しなければならない。折り返されているロープの長さが違っていたりすると、下降途中でロープが抜けて墜落してしまう。このような事故は多い。

2.3 応用

2.3.1 マルチピッチクライミング

大きなアカエゾマツを登る場合など、枝下高が 10m 近くある針葉樹の林冠部に到達するためには、SRT とリードクライミングを併用してマルチピッチクライミングを行う。まず、SRT である程度の高さまで 2 名登り、樹上でビレイしつつのリードクライミングに切り替える。この場合、セミスタティックロープとダイナミックロープが両方必要であり、下降は 2 回以上の懸垂下降に分けることになる。

2.3.2 登高と下降の切り替え

何らかの理由で登高を中止して下降する場合や逆に登り返さなければならない場合、アッセンダーとディッセンダーをロープにぶら下がったまま切り替えなければならない。アッセンダーからディッセンダーへの切り替えを例に説明する。(写真 14)

① アッセンダーにぶら下がったまま、アッセンダーより下のロープにディッセンダーをかける。

② アッセンダーにかかったフットテープに立ち込み、ディッセンダーのロープを引き上げ、ディッセンダーに体重を移す。

③ 体重の抜けたアッセンダーをロープから解除し、下降する。

写真 14

2.4 ロープワーク

次に作業の前に習得しておくべきロープワークをまとめる [7]。

2.4.1 ロープワークの種類

① ダブルエイトノット：アンカーの構築、ロープをクライマーに結ぶとき、懸垂下降でロープを結束する場合に用いる。ただの固結びよりも 1 回多くひねっているため、大きな荷重がかかっても、比較的締まりにくく、解けやすい。必ず、末端処理で止め結びをして、末端を 15cm 以上残す。(写真 15)

② テンションレスヒッチ：ロープの末端でアンカーを作る際に用いる。ロープの強度を最大限に活かした支点を作ることができる。（写真 16）

③ インクノット（クローブヒッチ）：巻結びのことである。極めて多用途であり、様々な場面で使う。アンカーからのセルフビレイ、ロープの仮固定、カラビナの回転防止など。特徴は自然には緩みにくいが解くのは簡単で、片手でカラビナに結ぶことができることである。またインクノットの少し崩したものにムンターヒッチ（半マストノット）があり、ロープ自体の摩擦を利用して懸垂下降やビレイができる。（写真 17）

④ ガースヒッチ：ひばり結びのこと。主に木の枝にタイオフしてランナーを取る際に使用する。また、結び目の折り返し位置で強度が変わる。（写真 18）

⑤ フリクションヒッチ：これは総称であり様々なフリクションヒッチがある。フリクションヒッチはロープに対して、主にスリング結束する結び方であり、無荷重状態では自由に動くが、荷重がかかることで、締め上がり、摩擦力（フリクション）が高まり動かなくなる結び方である。この性質により、アッセンダーの代わりとして用いる事ができる。有名なのは片手で作成できるプルージックだが、締まりすぎる傾向がある。そのため、作成が容易でフリクションの調節もし易いマッシャー結びを多用する。（写真 19）

主な用途はエイト環による懸垂下降時のバックアップ（写真 20）とアッセンダーを失った時の緊急脱出である。なお、基本的にプルージックコード以外のスリングを使用するのは望ましくない。

写真 15

写真 16

写真 17

写真 18

写真 19

写真 20

2.4.2 結束と強度の低下

ロープやスリングは結び目の部分で大きく強度が低下する。概ね半分程度の強度になってしまうと考えれば良いが、素材やコンディションによって強度の低下具合は変化する。強度低下が最も少ないのはテンションレスヒッチだが汎用性は低い、汎用性が高く強度低下も低いのはインクノットである。また、ガースヒッチは使用頻度がとても高いが、屈曲部が 120 度程度の角度では 50%程度の強度になり、さらに結び目を折り返して、180 度近くになると 30%程度まで低下すると言われている。これがナイロンスリングを使用して、濡れていると、さらに最大 25%の強度が失われる。この点を留意した上で支点を構築しなければならない。

また、図 2 はマムート社の技術資料より引用 [3]したものであるが、代表的な結び方について、端的にまとまっている。

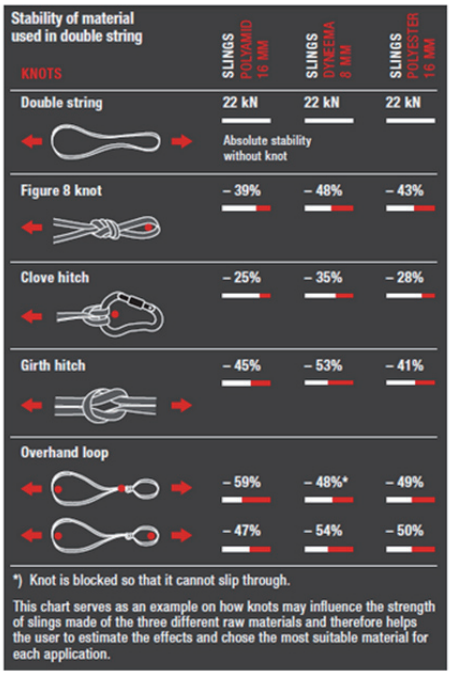


図 2　マムートの技術資料図

また DMM 社がダイニーマスリングとナイロンスリングについて、墜落テストを行っており、結び目の有無、スリングの長さの違いについて評価を行っている [4]（図 3）。これによるとダイニーマスリングは衝撃吸収力が少ないだけではなく、結び目にとても弱く、オーバーハンドノットがひとつあるだけで、60cm の墜落にも耐えられずに破断している。この実験からわかるように、スリングやロープに不必要に結び目を作ることは避けるべきである。また、伸縮性のあるダイナミックロープなどを介さずにダイニーマスリングを直結している場合、僅かな距離でも墜落は許されない。

Mean Results								
			Open Slings				Cowstail Rope 'Slings'	
			Dyneema		Nylon		Semi Static	Dynamic
Fall Factor: 1 or 2	Length of Sling	Length of Fall	8mm	11mm	16mm	26mm	11mm	10mm
FF1	120cm	120cm	-	22.4	12.8	-	-	-
FF1+ Overhand knot	120cm	120cm	-	11.1	11.0	-	-	-
FF2	120cm	240cm	-	21.2	17.6	-	-	-
FF2 + Overhand knot	120cm	240cm	-	11.7	14.3	-	-	-
FF1	60cm	60cm	17.8	16.7	11.6	11.8	7.3	5.7
FF1 + Overhand knot	60cm	60cm	-	10.2	-	-	-	-
FF2	60cm	120cm	22.5	25.1	15.4	16.3	10.3	7.4
FF1	30cm	30cm	14.8	16.4	10.6	11.0	-	-
FF2	30cm	60cm	22.6	18.7	14.0	-	-	-

Sling failure

図 3　DMM 社の実験結果

2.5 支点について

支点には大別してアンカー（最終支点）とランナー（中間支点）がある。

① ランナー：リードクライミングで登る際に、地面までの墜落を防ぐために途中で適当な間隔で取っていく支点。枝や樹幹に直接、スリングをタイオフするだけである。このスリングにカラビナをかけて、自分についているロープをクリップする。この際にできるだけカラビナのゲートが上を向かないように注意する。ゲートが上を向いていた場合、墜落時

にロープがゲートにかかって、容易にロープがはずれてしまう（写真 21）。また、Z クリップにも気をつける。

写真 21

② アンカー：登り始めと登り終わりに構築する。登り始めにアンカーを作るのはアッセンダーでロープ登高するときだけであり、登る木、もしくは近隣の木にメインロープを使って、テンションレスヒッチで構築する。登り終わりのアンカー（最終アンカー）を構築するには確実な技術と経験を要する。以下、注意する点を列挙していくが、アンカーで使うカラビナは、必ず安環かカラビナ 2 枚のゲートを逆にした状態で使用する。カラビナ単体での使用は容易に外れてしまうため避けなければならない[6]。また、図 4 ではボルトにクリップしているが、樹上にボルトは無いため、アンカーの末端は枝や樹幹に直接タイオフする。

(ア) 強固さ：スリングのタイオフ対象、カラビナなどアンカーを構成する要素全てに十分な強度がある必要がある。例えば、枝は枯れていないか、使える枝の中でできるだけ丈夫そうな枝か、荷重方向に対してガースヒッチの結束角度は適切かなどに留意する。

(イ) 多重性：アンカーは通常、二点以上の支点を用いて構築する。何らかの原因で一つの支点が破壊されても全体が崩壊しないように気をつける。つまり、同じ枝から二点取るのは論外であり、ある支点が根本から破壊されても、もう一方には影響しないように、それぞれ独立したものであることを意識すべきである。

(ウ) 均等荷重：複数の支点それぞれに均等に荷重が分散されるように連結しなければならない。流動分散（図 4）や、手持ちのスリングを複数用いて調節すれば良い。この時、複数の支点間の角度に気をつける必要がある。図 4 のように分散させる角度が 60 度以下にならなければ、荷重の分散はできない。また、カラビナにもマイナーアクシス荷重がかかり、破断の危険性が増してしまう。

(エ) 固定：流動分散で支点を連結した場合、図 4 のようにインクノットで結束する。これを固定分散というが、これによって支点が一つ破壊されても支点からの距離は変化せず、より安全である。もし流動分散状態で支点が一つ破壊されると、スリングが流れて、支点からの距離分を墜落してしまう。

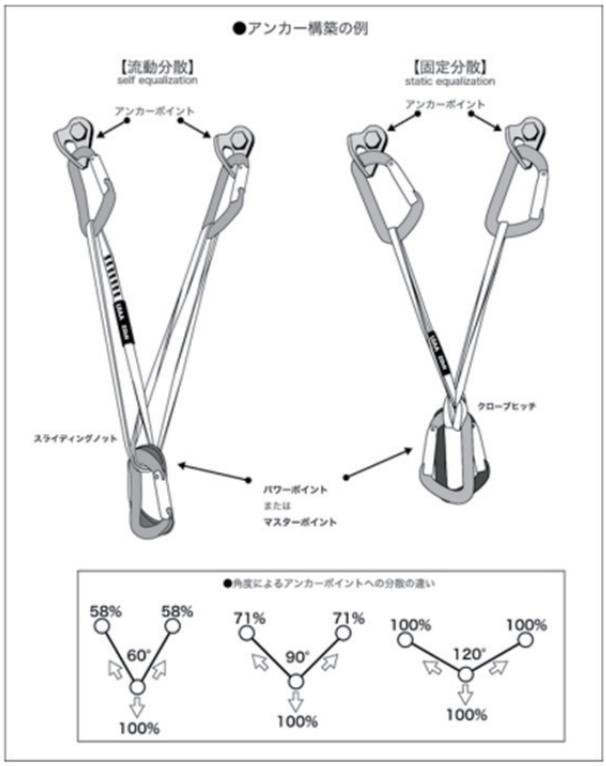


図 4 アンカー構築

国立登山研修所：確保理論テキスト一部改変

3. 装備

ロープアクセスで用いる装備類をクライミングギア、もしくはギアと呼ぶ。ホームセンターなどで市販しているスポーツ・レクリエーション用の製品とレスキュー・高所作業などプロフェッショナル用のものが混在している。必ず UIAA 等公的機関の安全認証を得たプロフェッショナル用のものを使用する。持続的に安全にギア類を利用していくための日常のチェック事項は Petzl 個人保護用具点検マニュアルに詳しい[8)]。

3.1 カラビナ

スリングと並んで最も使用頻度が高く、重要なギアの一つであり、機能、特性、弱点について熟知する必要がある。カラビナは図のようにゲートとスパインで構成されている。そして、荷重のかかる状態とその時の強度について、メジャーアクシス、マイナーアクシス、オープンゲートと区別して表現され、スパインに表示されている。使用に耐える強度はメジャーアクシスのみ得られるため、それ以外の軸に荷重がかかる使用をしてはならない。さらに、ロック機構の有無によって安全環付きカラビナ（以下、安環）とカラビナに大別でき、現場ではそれぞれ、「安環」、「ビナ」と略される。カラビナは目的の機能に合わせて複数のゲートデザインがある[6)]。

3.1.1 形状による分類（図 5）

① オーバル：最も原始的。スパインとゲートの両方に荷重がかかるため強度が弱いが、プーリーなど特定のギアとの組み合わせで使用する。

② スタンダード D：アルファベットの D 型。荷重がかかったときに強度のあるスパインのみで支えるようにデザインされている。オーバルよりも強度が高い。ディッセンダー使用やアンカー構築の際に用いる安環の主力。

③ オフセット D：変形 D 型とも呼ばれる。スタンダード D よりもゲートのクリアランスを広げ、片側を縮小することで軽量化もしている。普通のカラビナはほとんどこの形状。

④ HMS：洋梨（ベア）型とも呼ばれる。ムンターヒッチを使用しやすいようにデザインされている。各種確保器やプーリーの使用、インクノットの複数結索など、荷重がかかる力点を均等に広く取りたいときに適している。

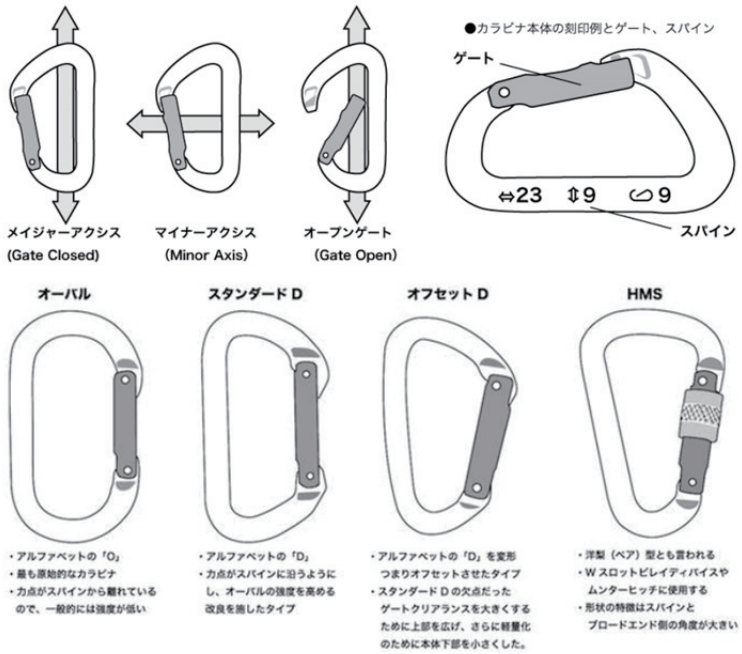


図 5 カラビナの形状による分類　国立登山研修所：確保理論テキスト一部改変

3.1.2 ゲートの種類（写真 22）

① ストレートゲート：最も普通のゲート。名前の通りまっすぐな棒状。ウィップラッシュ現象（後述）が起きる。

② ベントゲート：ストレートゲートを若干湾曲させることで、ロープをクリップしやすくしたデザイン。スポーツクライミング向けのデザインであり、ロープアクセス技術では特に利点はない。むしろ、ロープをかけやすいということは外れやすいということでもあり、注意しなければならない点がある。ウィップラッシュ現象が起きる。

③ ワイヤーゲート：軽量化のため、ゲートがワイヤーでできている。ゲートが軽量になったのでウィップラッシュ現象が起きない。さらにメンテナンス性が良く、汚れ、ゴミ、凍結に強い。

① ストレートゲート　② ベントゲート　③ ワイヤーゲート

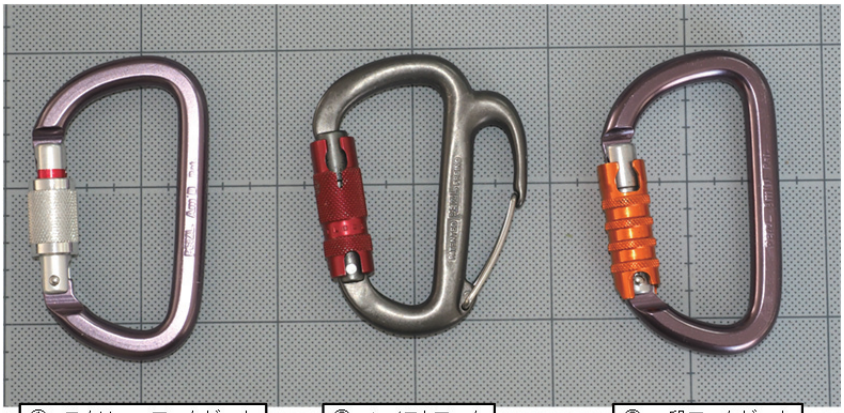
写真 22

3.1.3 ロック機構の種類（写真 23）

① スクリューロックゲート：最も普通のロック機構。ネジが切ってあるスリーブでゲートをロックする。締め忘れに注意しなければならない。シンプルな構造のため、メンテナンス性が良い。ロープアクセスでは確保器などの個人保護具以外のロープワークに関して、ゲートの開閉が頻繁に行われる部分で使用する。

② ツイストロック（オートロック）ゲート：ゲート部のスリーブがバネで可動し、締め忘れはないがロープの干渉で勝手に開くことがある。Petzl 社のフレイノを除き、ロープアクセスでは使用しない。

③ ２段ロックゲート：ツイストロックの改良型。ゲート開放までに 2 ステップ以上の動作を要するロック。トライアクトロックやボールロックがある。ロープワーク以外で用いるギア類のセットに積極的に使用する。



① スクリューロックゲート　② ツイストロック　③ 2段ロックゲート

写真 23

3.1.4 カラビナの保守

可動部に腐食性の無い潤滑油を差す。土などの異物はアルミ合金を摩耗させるので、汚れたら、すぐ洗浄する。また、2m 以上の高さから落下させるなど、強い衝撃が加わった器具は、目に見えない微細な亀裂が生じているため使用しない[8)]。

3.1.5 ウィップラッシュ現象

カラビナのゲートを上にして手などに叩きつけるとカチッと音がする。これがウィップラッシュ現象であり、ゲートが自重の慣性によって、カラビナの動きに追従できずに、一瞬、ゲートが開いてしまう現象である。これは墜落時のロープの振動でゲートが開き、オープンゲート荷重が生じて、カラビナが破断する主要な原因となる。（図 6）

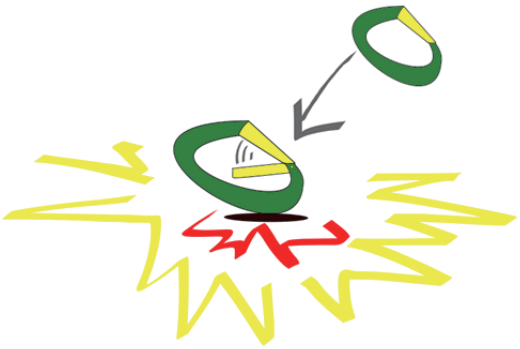


図 6　ウィップラッシュ現象

3.1.6 新規にカラビナを購入する場合

① カラビナ：ワイヤーゲートでゲートクリアランスが大きい物が良い。BlackDiamond 社のニュートリノなど。

② 安環：スクリューゲートならば、Petzl 社の Am.D か William がよい。ゲートに赤いラインが入っていて、ロックの状態がすぐわかる。２段ロック機構のものは同じく Petzl 社のトライアクトロックの物が良い。

3.2 スリング

ただの布で出来た輪であるが、多用途で使用する頻度も高く、とても重要なギアである。大きく 2 つに分けられ、ロープスリングは 7～8mm の細引きを結束し、任意の長さで作るもの、ソウンスリングは平紐状か、チューブ状の紐を縫い合わせて一つの輪にしたものである。ロープスリングは強度が低く、使用法が限定されるため、基本的にソウンスリングを主として使う。なお、スリングも、その機能や弱点を熟知し、適切な使用を心がけなければならない[3)4)5)]。

3.2.1 スリングの種類（写真 24）

① ロープスリング：任意の長さの 7～8mm の細引きをダブルフィッシャーマンズノット等で結束して作るが、ロープは結び目で強度が低下し強度が半減する。しかし、単位価格が安いため、損傷することが予想される状況や残置する懸垂下降の支点としての利用価値がある。また、フリクションヒッチを行うとき、適度な摩擦と耐熱性があることから、ソウンスリングよりも適している。特にフリクションヒッチのために作られたプルージックコードという細引きがあり、同径の普通の細引きよりも、しなやかでフリクションヒッチに適している。

② ソウンスリング：60cm や 120cm など、様々な長さで販売されている。テープ状のものとチューブ状のものとがある。ソウンスリングは UIAA の基準で 22kN 以上の強度が確保されているため、支点構築に積極的に用いる。

3.2.2 スリングの素材

① ナイロン（ポリアミド）：安価で、一般的に普及しているスリングの素材。若干の伸縮性があり衝撃荷重に多少耐えられる。また、結び目に依る強度低下が少なく、融点が約 220℃程度で摩擦熱に強い。しかし、水分を吸収し、最大 25%も強度が低下する。紫外線にも弱

く、直射日光下に放置するとどんどん脱色され、劣化していく。

② ダイニーマ（スペクトラ）：東洋紡が生産している超高分子量ポリエチレン繊維。ナイロンの約 5 倍の強度を誇り、水に浮くほど軽量でありながら、高い耐摩耗性がある。また、繊維も細いため、極めてしなやかで細く、軽量なスリングになる。さらに紫外線や吸水による強度低下はほぼ無い。しかし、伸縮性が無いため衝撃吸収能力は皆無であり、作業者に直結した状態では、短距離の墜落でも巨大な衝撃力が作業者と支点にかかってしまう。また、結び目による強度低下が著しく、結び目がある状態で衝撃荷重がかかると破断することがある。さらに融点が約 140℃程度しかなく、フリクションヒッチを行うと溶断する恐れがある。

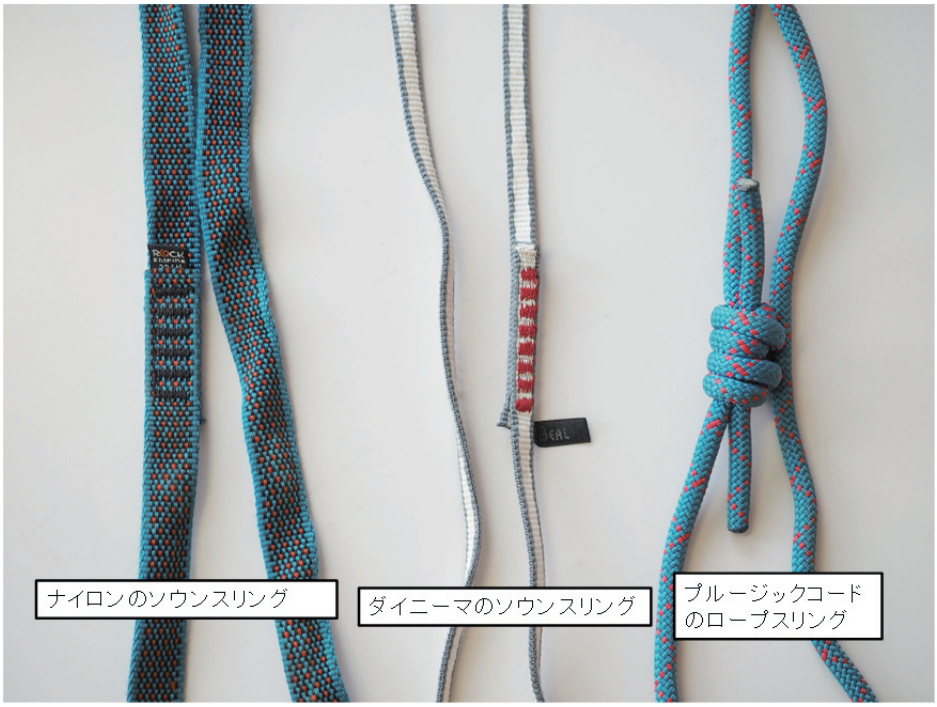


写真 24

3.2.3 スリングの保守

日光、湿気を避け、冷暗所保管。薬品やバッテリー液、グリスなどの付着に気をつけ、最長 10 年で廃棄しなければならない [8]。

3.3 ロープ

作業中、直接的に作業者の生命を保護するギアである。大きく分けて、ダイナミックロープとセミスタティックロープがある。前者はリードクライミングで使用し、後者はほとんど伸縮性がないため、予め登るルートに固定し、アッセンダーなどを使用してロープを直接登る場合、もしくは長時間ぶら下がって作業する場合に使用する [6]。

3.3.1 ロープの種類

① セミスタティックロープ：伸縮性がほとんどないロープ。SRT を用いた高所作業や救助活動で主に用いる。図 7 のようにセミスタティックロープに関するヨーロッパ規格：EN1891 で性能が定められている。救助活動等で用いない限りタイプ B でも問題はない。下記表の通り、伸び率がとても小さく、80~100kg の重りを落下係数 0.3 で墜落させても、約 600kg の衝撃力が生じてしまう。そのため、リードクライミングで木を登る際には使用できない。

購入にあたって選定する際には、出来る限り耐久性が高く、吸水によるナイロンの劣化を抑えるためドライコーティングされており、表皮と内芯が接着されているユニコアタイプを選ぶと良い。当林では径 10.5mm、長さ 50m のロープを使用している。

② ダイナミックロープ：ダイナミックロープは図 8 のように 3 種類に分けられる。各ロープとも性質、使用方法が異なるが、基本的にクライマーが支点より高い位置に登り、落下係数が 1 を超えることのあるリードクライミングで使用するために、高い伸縮率を持ち、大きい落下係数でも少ない衝撃力になるように作られている。SRT ではシングルロープのみを使用する。ロープを選定する際のポイントは、メートル当たりの重量がより軽く、耐墜落回数がより多いもの。また水分による劣化や重量増加を抑えるために、ドライコーティングされているユニコアタイプのものを選ぶと良い。当林では径 10.5mm、長さ 50m のロープを使用している。

	タイプA	タイプB
素材	＞195℃	
直径	8.5～16mm	
結索性	＜1.2	
伸び率	≦5%	
インパクトフォース	≦6kN	
	W=100kg 落下係数=0.3	W=80kg 落下係数=0.3
耐墜落回数	≧5回	
	W=100kg 落下係数=1	W=80kg 落下係数=1
破断強度	≧22kN	≧18kN
	ノットなし	
	≧15kN	≧12kN
	エイトノット	

図７ セミスタティックロープに関する
ヨーロッパ規格：EN1891

	シングル	ハーフ	ツイン
錘	80kg	55kg	80kg
落下係数	1.79	1.79	1.79
ストランド	1	1	2
インパクトフォース	12kN以下	8kN以下	12kN以下
墜落回数	5回以上	5回以上	12回以上
伸び率（静荷重）	10%以下	12%以下	12%以下
伸び率（初回墜落時）	40%以下	40%以下	40%以下

*UIAAスタンダードフォールテストの主な検査項目と基準値

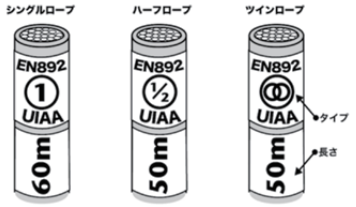


図８ ダイナミックロープの種類と基準値

国立登山研修所：確保理論テキスト一部改変

3.3.2 ロープの保守管理

ロープは様々なギアの中でも特に繊細な取扱が求められる。文字通り命綱であり、作業者の生命に直結した使用方法がされるためである。各ロープメーカーも保守管理について詳細に説明しているが、特に重要な点を簡単に述べる [8)]。

① 保管・運搬：ロープの保管は暗所で、風通しがよく、乾燥したところに平置きするのが基本である。これは紫外線、水分、屈曲による劣化を防ぐことが重要であるからである。なお、現場に運搬する場合には専用のロープバッグに収納し、保護しつつ運搬するべきである。また、ロープは塗料、バッテリー液、ガソリン、有機溶媒、漂白剤の付着で劣化し、破断する危険性が増すため、汚染されたロープは即時廃棄する [8)]。

② 洗浄：ロープを屋外で使用すると、土の微粒子が繊維の間に入り込み、使用するたびに外皮や内芯を傷つけて劣化していく。そのため使用後、著しく汚れている場合には中性洗剤で手洗いするがドラム式の洗濯機を使って洗浄するのが望ましい。しかし、洗いすぎも逆効果である [8)]。

③ 寿命：未使用でも経年劣化するため 10 年程度であり、定期的に損傷の有無を確認する必要がある。激しい使用で大きく消耗したロープは著しく寿命が短くなる。また大きな墜落を受けたロープは廃棄しなければならない [8)]。

3.4 ディセンダー（確保器）

ロープとの摩擦によって制動力を得て、動体の移動を制限する器具の総称である。下降やビレイに用いる。様々なデザインの器具があり、特性や機能が異なるが、当林ではストップ、I'D S（どちらも Petzl 社）、エイト環の 3 つの器具を使用している。なお、エイト環以外はシングルロープでの使用しかできない[7)8)]。

3.4.1 ディセンダーの種類（写真 25）

① ストップ：多くの高所作業の現場やケイビング用として使用されている。用途はシングルロープでの下降。シンプルな構造で軽量、かつ、ブレーキアシスト機能がついておりロープの途中で容易に停止できるのが特徴。しかし、ロープを独特の S 字型にかけるため、逆回りにかけてしまい制動力を得られないことや制動力の調節レバーには安全装置が無く、スリングやロープが絡まることで不意に落下するといった事故がある。対策としては使用方法の十分な習熟と事故事例のケーススタディ、下降やビレイ開始時に動作テストをすることが重要である。

② I'D S：Petzl 社の高所作業、レスキュー用ディッセンダーの中で、最近開発された機種。シングルロープでの下降、ビレイ、救助に使うことができる。ストップと違い、ロープのかけ方はシンプルになり、逆にかけると安全装置が働く。制動力調節レバーは多重の安全装置がついており、下降速度が早すぎても、パニックを起こしても停止する。欠点はストップより大きく、重く、高価なことである。廉価版にリグという製品もある。

③ エイト環：大きい穴と小さい穴があいた、8 の字型をした金属の輪である。ロープのかけ方に様々なバリエーションがあり、使用するロープの種類やロープのコンディションに合わせて、とても柔軟な使用が可能である。さらに機械的な作動部分が無いため故障と無縁であり、とても軽量である。その反面、他の器具に比べて使用に習熟が必要であり、単体での使用も可能であるが、フリクションヒッチによるバックアップ（写真 20）を取ることが強く推奨される。当林では他のディッセンダーの予備として携行する。

① ストップ

② I'D S

③ エイト環

写真 25

3.4.2 ディセンダーの保守

ディッセンダーは構造上、摩擦力で制動力を得るため、ロープとの接触面が摩耗する。すり減りきると制動力が得られなくなるので、日常のチェックが欠かせない[8)]。

3.5 アッセンダー（写真 26）

爪のついたカムでロープの動く方向を一方方向に制限し、垂直方向にロープを登高することができる器具である。通常の手で持つアッセンダーの他、チェストアッセンダーやフットアッセンダーなど、いくつか種類がある。当林では主に Petzl 社のアッセンションを使っている[8)]。

アッセンダーの使い方で気をつけなければならないのは、垂直以外の方向にロープが張られている場合に、ひねるとロープが外れてしまうことである。そのためにロープ脱落防止の穴にカラビナをクリップしておくと良い。また、カムの歯は消耗するため、磨り減ったら寿命である。

写真 26

3.6 その他

① ハーネス：一般的なクライミング用シットハーネスで問題ない。しかし、上半身がひっくり返ってしまうようなときには、チェストハーネスを併用すると安全である（写真 27）。

② ヘルメット：一般的なクライミング用ヘルメットで問題ない（写真 28）。

③ あぶみ：枝の少ない広葉樹を登るときに、SRT でロープがかかった枝より上まで到達するのに使用する。使用にはある程度の習熟が必要である（写真 29）。

④ ランヤードとフットテープ：アッセンダーとハーネスの接続に用いる。当林ではスリングやメトリウス社の PAS、Petzl 社のスペルジカを使っている（写真 30）。短距離墜落でも巨大な衝撃力が作業者と支点、ギアにかかることが問題視されており、最近はランヤードもダイナミックロープを使うことが主流になりつつある。9~11mm のダイナミックロープで自作することもできるが、Petzl 社からプログレスやジェーンといった製品が販売されている。もしくはショックアブソーバーを追加することで、システムの安全性は著しく向上する。フットテープはアッセンダーに接続し、ロープ登高時に足をかけて使う。スリングでも何らかのベルトでも構わない。

なお、これらのメインロープに直結し、生命がかかっているギア類には２段ロックゲートの安環を使うべきである[7)8)]。

写真 27

写真 28

写真 30

写真 29

4. 用語集

① 衝撃力：主にロープの性能表記で使用される。墜落などの衝撃荷重がかかったとき、ロープは伸長することで衝撃を吸収する。その際に吸収されずに支点や作業者にかかる力のことである。ロープが耐えられる荷重(耐衝撃荷重)のことではない。なお、技術書等にはインパクトフォースという表記も見られる。また、人体が耐えられる衝撃力の限界は 12kN 程度と言われている[6)]。

② 落下係数：墜落した高さ(H)を、衝撃を受けたロープの長さ(L)で割ったものである。例えば、1m のロープの一方を腰に、反対側を支点に結びつけ、支点と腰が隣り合う高さから墜落した場合、ロープの長さ分である 1m の距離を落下する。これは H／L＝1 となり、落下係数 1 となる。なお、落下係数は最大で 2 である[6)]。

③ ビレイ：確保のこと。登行者、つまりクライマーが地面まで墜落することを防ぐこと。またはクライマー自身が墜落してしまうことを防ぐこと。後者をセルフビレイ（略称はセルフ）と呼ぶ。なお、ビレイを行う者をビレイヤーと呼ぶ[6)7)]。

④ 支点：墜落時や登行時に荷重を支える点。特に起点と終点の支点をアンカーといい、登るルートの途中に設置する中間支点をランナーという[6)]。

⑤ N（ニュートン）：重量キログラムのことであり、重さ及び力の単位である。クライミングギアには kN の表記がよく見られるが、1 kN=約 100kg である[6)]。

⑥ UIAA：国際山岳連盟。使用するすべてのクライミングギアは UIAA の定める基準を満たしている必要がある。

⑦ クリップ：カラビナに何かをかけること。もしくはカラビナを何かにかけること。

⑧ タイオフ:何らかの目的で自然物や器具等にスリングを結びつけること。ほとんどの場合、ガースヒッチを使って結束する。

⑨ Z クリップ：リードクライミング時に、自分に一番近いところのロープではなく、一つ前の支点の更に下からクリップしてしまうこと。ロープが大きく屈曲し、Z 字型になってしまうことからこう呼ばれる。ロープの流れがとても悪くなり、登ることも、降りることもできなくなってしまう。

⑩ 懸垂下降：上から下がったロープに体重を完全に預け、ディッセンダーを用いて速度を制御しつつ、垂直、もしくはそれに近い角度を下降する技術である。この時、ロープとディッセンダーの間で摩擦熱が発生するため、秒速 2m 以上の速さで下降してはならない。

5. 参考文献等

1) Japan SRT Project 1995 Single Rope Techniques in Japan2 初版 10-11, 43-78 双文社

2) 株式会社　きぃすとん　ロープアクセス技術
http://www.rope-access.co.jp/only_one/rope_technique/rope_access_technic/#rope_access
2015/03/12

3) マムート　アルパイン マルチピッチ ツアー中のビレイにおけるスリングの使用
http://www.mammut.ch/ja/slingswebbings_faq_belay.html
2015/03/12

4) DMM How to Break Nylon & Dyneema® Slings
http://dmmclimbing.com/knowledge/how-to-break-nylon-dyneema-slings/
2015/03/12

5) 好日山荘ガイドコラム　ナイロン製とダイニーマ製、素材の特性を理解しよう
http://column.kojitusanso.jp/ksguide/2014/06/post-486.html
2015/03/12

6) 国立登山研修所　確保理論テキスト

http://www.jpnsport.go.jp/tozanken/Portals/0/kougisiryou/H24kakuhoriron.pdf
2015/03/12
7) 株式会社　きぃすとん　ロープアクセス技術マニュアル対応動画集
http://www.rope-access.co.jp/only_one/rope_technique/movie/manual_movie.html
8) ALTERIA　ペツル個人保護用具点検マニュアル
http://www.alteria.co.jp/sport/support/info/ppe-checking.html
2015/03/12