

資料 39.2003 年 3 月 1 日『岳人』669 号「ナイロンザイル切断事件から半世紀」

—石岡繁雄・中川和道・久保利永子〔文献 17〕—





ナイロンザイル切断事件から半世紀

21世紀の登山者、社会が引き継ぐべき教訓を考える

ナイロンザイル事件から50年が経過する2005年1月2日を前に、登山者の世界のみならず社会的にもよく知られたこの事件を、現代の科学的視点から考察し、21世紀の登山者があるいは社会が引き継ぐべき教訓を考える。理系と文系との視点から考察するため、とくに自然科学と社会史の立場からのアプローチを行う。(文中敬称略)

石岡繁雄(岩稜会、石岡高所安全研究所)
中川和道(大阪労山OWCC、神戸大学教授)
久保利永子(大阪労山OWCC、京都大学大学院生)

1. 事故の概要と原因の究明

1955年1月2日、厳冬の期の前穂高岳東壁の頂上直下の岩場を登攀中にナイロンロープ(直径8mm)が切断しクライマー若山五朗(写真1)が墜落死した。ナイロンロープは鉄線よりも強い抗張力をもつがゆえに絶対的な安全を保障する革命的な新素材ロープとして高い期待のもとに1951年頃から市販され、従来の麻ザイルの欠点を克服した理想的なロープとして登山に導入された。事故当時トップを登る若山はロープを頭上の岩角にかけて万一のスリップのさいの墜落距離を小さくするという当時の常法のロープワークで難所に挑んだがスリップし、約50cm落ちた。ところが若山の下方でロープを握りしめて墜落をとめるべく熊勢をとった石原国利は何らの衝撃を感じず

ことなくロープは切れ、若山は数百m墜落して死亡した(2人の間のロープの長さは約5m)〔文献1〕。1954年12月29日から1955年1月3日までと同様のナイロンロープ切断事故が穂高岳山域で3件連続した。原因究明の焦点となったのは、ロープに欠陥があったのか、使用者に誤りがあったのかであった。岩角におけるロープ強度測定の実験は



写真1. 前穂高岳頂上の若山五朗

複数のロープメーカーおよび登山者の個人的実験(著者のひとり石岡)によってなされ〔文献2〕、ナイロンロープは抗張力では麻ロープにはるかに優るが岩角においては容易に切断することが分かっていた。しかしその切断機構はまだ不明であった。事故の真相解明をめざす公開実験は1955年4月29日愛知県蒲郡市において、大阪大学工学部教授で日本山岳会役員でもある篠田軍治教授の指導のもとに行われた。この実験(以下、蒲郡実験と称する)では8mmナイロンロープは3mの空中墜落でも切れず、麻ロープの3倍の岩角強さを示すとの結果が報告された〔文献3〕。

この実験結果に基づけばロープ切断事故の原因は使用者の不注意との結論が導かれる〔注〕。蒲郡実験の結果、石原は虚偽の報告をしたとして、いわば「犯罪者」



写真2. 遺体に結ばれたナイロンロープ

の扱いを受けた。前穂高岳東壁の事故で死亡した若山五朗の実兄で、若山および石原が所属する山岳会「岩稜会」の代表でありロープの切断疑惑公表を求める運

〔注〕石岡らは蒲郡実験(1955年4月29日)当時、この時点から「ナイロンザイル事件」が発生したとしている〔1、2〕が本稿ではもう少し広い解釈をして1月2日にナイロンロープが切れた時点からナイロンザイル事件は始まったとして考察を進める。

動の中心的役割を担っていた石岡には、父から勘当されるなどの社会的制裁が与えられた「文獻2」。

同年7月に発見された若山の遺体にはロープが結ばれたままであった(写真2)ので、石原の報告どおり事故発生時にロープの切断が起きたことが確認された。蒲郡実験においては切断しないといわれたロープが実際には切断していたという一見矛盾するこの状況を説明することが事故原因の追及を目指す石岡らにとって次の目標となった。

2. 切断のメカニズム

ロープの切断機構の解明は、若山五朗の遺体収容から具体的に始まった。岩登りの途中で墜落した登攀者をロープを用いて墜落停止させる技術を「確保技術」と呼ぶ。前穂高岳での事故のさい、確保者石原の手元に残ったロープはぶつくりと切れていたが、遺体についていたロープの切れ口は階段状をなし、2〜3 cmの繊維が多数発見された。長い考察と再現実験によって明らかにされた切断機構を図1、写真3に示す。

当該のロープは図1のように「撚りロープ」で、3本のストランドがよりあわせられていた。各ストランドは10本の繊維束(ヤーン)からなり、それぞれのヤーンは50ミクロン程度の太さのフィラメント約180本からなっていた。ヤーンに1〜10の番号を付すとロープ表面には図1中央の番号のヤーンが現れる。そこで図の2本の破線に挟まれた範囲を岩角で削り、ヤーン直径約0・5 mmの深さの縦傷をつけると、5番のヤーンは図のAとBの2カ所で切断される。A・Bの長さをピッチと呼び、事故のさいのロープではピッチは2・5 cmであった。墜落の

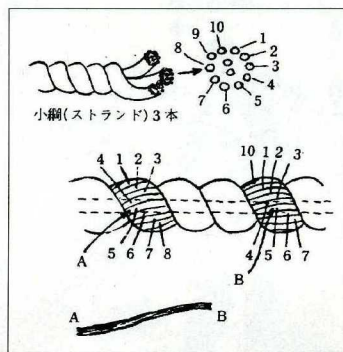


図1. 撚りロープの切断機構

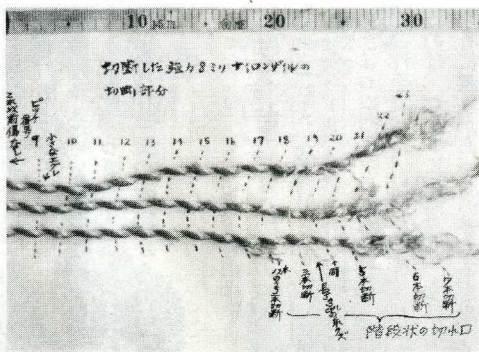


写真3. 若山五朗の体に結ばれていた8mmナイロン撚りロープの切断状況

さいナイロンロープは弾性によって伸長したのでロープの表面には13 cmにわたる縦傷が発生したので「全ての繊維束を場所を違えて5回切断した」状況になり、ついにロープ自体が切断する状況に至ったのであった。

3. 検証「蒲郡実験」

蒲郡市において公開された実験(蒲郡実験は岩角に面取りを施した(岩角を丸めた)ものであった。面取り後のエッジの曲率半径Rが切断時にロープにかかる張力がいかに影響するかの実験結果「文

献4」を図2に示す。

図2から9 mmロープでは、角度90度のテストエッジの曲率半径 $R=0$ 、 $R=0$ ・3、 $R=0$ ・5 mmに対し切断張力は27・63、78 kN(270、630、780 kgf)となり、エッジを少し丸めただけでロープの切断強度は急速に増すことが分かる。蒲郡実験において誇大に示されたナイロンロープの優れた性能は、実験に用いられた岩角に対して施された面取りによって可能となっていたのである。

蒲郡実験は前穂高岳東壁の事故原因の究明、具体的にはロープは岩角で切断するか否かを明らかにするため、ロープの製造業者東京製綱が登山関係者や報道関係者などを招いて行ったものである。蒲郡実験における東京製綱のように事故原因の究明に利害関係者が携わる場合、大きく分けて二つの立場に分かれるのではないだろうか。第一は自らの利害関係はさておき事実関係を厳しく追及する立場、第二は、自己防衛の立場、要するに自分たちには落ち度がなかったこと、あるいは、それ以上の惨事にならなかったことを立証するために全力を注ぐ立場である。1955年に東京製綱がとったのはこの第二の立場であった。

実は前穂高岳東壁事故後に社内で行われた実験により、東京製綱はナイロンロープが岩角にきわめて弱いこと、前穂高岳の事故発生時の条件で実際に切断することを既に確認していた「文獻5」が、このような実験結果はロープの販売に悪影響を及ぼすおそれがあるという利益優先的な判断の結果、公開されないままであった。また蒲郡実験の指導者として招かれた大阪大学工学部の篠田教授も、ナイロンロープの素材の製造者(東洋レーヨン)で行った実験によりその欠点をす

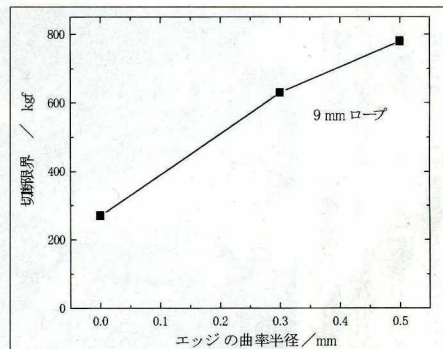


図2. 切断張力に対する面取りの効果(文獻4から抜粋して作図)

でに知っていた「文獻5」。この時点で東京製綱および篠田教授が行っていたのは実験データの隠蔽のみであったが、その「自己防衛」をさらに押し進めたのが蒲郡実験であった。つまり、篠田教授および東京製綱の関係者は確認済みのロープの欠点を隠すために、メーカー側に有利な結果が出るようにあらかじめ操作を行った実験装置で、公開実験を行ったのである。

このような蒲郡実験において篠田教授という一科学者が果たした役割は、一言でまとめるとナイロンロープの「安全神話」への権威づけであっただろうと考えられる。篠田教授は国立大学教授というアカデミックな世界での肩書きを持ち、同時に日本山岳会関西支部長という当時の日本の山岳界における指導的な立場にあり、1955年2月9日に朝日新聞本社において開かれたナイロンザイル切断事故検討会(日本山岳会関西支部主催)では、被害者の死因究明および今後の登山者の生命を守るために原因を早急に明らかにすべきであること、また自ら進んでその原因究明にあたることを表明した

人物であった「文献6」。このような立場の篠田教授によって「確認」されたナイロンロープの安全性という構図は、ロープに対する社会の、とりわけ登山者の信頼回復に大きな役割を担っていたといえるだろう。

篠田教授は蒲郡実験以後もナイロンロープの安全性を評価し、それを公的に表明しつづけた。その一例が1956年1月版の「山日記」「文献7」であろう。ここに収録された登山用具の記事において篠田教授は蒲郡実験の結果により「確認」されたナイロンロープの安全性を再び強調し、「……実際実験してみると90度の岩角にかけて12mmのマニラではH/L=0・3という小さな衝撃で切断するが、11mmのナイロンは1・3までもつことが分かった。ただしこれは55kgの錘を落とした時のことで、Hは錘を上げた高さ、Lはザイルの垂れ下がった長さであって、ザイルに及ぼす衝撃力はH/Lが大きいほど大きい。マニラでは10m垂れ下がったザイルの一端に人が結ばれているとして、3mの高さから落とせば切れる怖れがあるが、ナイロンでは13mまではもつということである。……」と述べたのである。

「山日記」は当時の日本において高い權威を持つ山岳技術指導書であり、当時のその他の山岳技術書が書かれるさい、その典拠として位置づけられていた。結果として、当時の登山者は「山日記」の内容に多大な信頼をおいており、さらにはその著者の社会的地位に対する信頼から、その内容が登山者にどのような印象を与えたかは想像に難くない。

これに対し、1955年1月に石岡らが名古屋工業大学において行ったザイルのエッジテスト「文献8」においては、

前穂高岳東壁の事故当時の条件でザイルは容易に切断することが再確認されていた。この実験結果は同年8月のやはりロープの弱点を立証する別の実験データとともに翌年山岳雑誌に発表された「文献8」が、事故被害者の直接の血縁関係者による実験という状況が災いして、その信憑性が疑われることになった。このことは、篠田教授の權威という保証つきの蒲郡実験の結果が社会的に無批判に受け入れられたことと対照的であった。

前穂高岳東壁の事故が起きた1955年は、奇しくも実質9%の経済成長を記録し、「戦後経済最良の年」として戦後経済の転換点とされる年でもあった。この年に始まる高度経済成長は1973年の第一次オイルショックまで持続し、この間大量生産・大量消費の波に乗り、日本は近代的な「繁栄」を謳歌した。この約20年間は、しかし、生産優先主義が先行し、均衡を欠いた開発が押し進められた結果、社会に大きなひずみが生じ、様々な公害問題、都市環境の悪化、自然環境の破壊などがもたらされた時代でもあった。

主なものをあげると、森永ヒ素ミルク事件、スモン事件（ともに1955年）、サリドマイド事件（1962年）、カネミ油症事件（1968年）等がある。また四大公害裁判のもととなったイタイイタイ病、水俣病、四日市ぜんそく、新潟水俣病のうち、前者3件が社会問題として注目を集め始めるのも、おしなべて1950年代のことであった。

これらの消費者被害多発の背景には製造過程へのさらなる科学技術の適用、被害の拡大を招く大量生産・大量販売、事業者に対する消費者の取引上の地位の低下などの構造的変化があり、産業優先政

策や倫理性を欠いた事業者の行動、新しい事態に対応する法体系の整理の遅れなどが、被害の救済を遅らせたと考えられている「文献9」。新しい技術により開発された新素材を用いたロープによる死亡事故とその事故原因究明過程における企業と学界の権力者の結びつきによる事実の隠蔽や改ざん、これに対する消費者（石岡および岩松玄の真相究明の活動という構造は、はるかに多くの被害者を持ち、社会的にもきわめて大きな問題となった同時代の多くの公害問題など）と共通するところが多いといえよう。

4. 蒲郡実験の影響

前穂高岳東壁事故発生直後、ナイロンロープの性能に疑問が投げかけられた1955年3月の時点では、全日本山岳連盟は機関誌において切断原因判明まではナイロンロープの使用の一時的な停止を呼びかけた。しかし、同年4月に行われた蒲郡実験において登山界の權威者篠田教授によりナイロンロープはきわめて安全性の高いものと「保証」された。このため、登山者によるこの種のロープの使用は止むことがなかった。石岡らは切断事故の再発防止と関係者の名誉回復をかけて、蒲郡実験後も新聞雑誌などのメディアを通じてナイロンロープには重大な欠陥があることを訴えていくが、その間、1958年3月に穂高岳で発生したナイロンロープの切断事故によって神戸大学山岳部員2名が死亡したのを皮切りに、その後もロープ切断事故が続くことになり（表）、東京製綱がロープの欠点を正式に認めた1973年時点での死者は、確認できただけでも19名を数え、1980年には21名に達した。未確認の犠牲者や原因不明とされた犠牲者がまだいると推

定される。

蒲郡実験によって「安全性」が保証される一方でザイル切断事故が続いていることや、前穂高岳東壁の事故をモチーフにした井上靖の小説「氷壁」の発表「文献10」による社会の関心の高まりなどの様々な要因を追い風とし、新聞などのメディアを通じて石岡らの事実究明活動が徐々に社会的な注目を集め、その正当性が徐々に評価されるようになった。

そのような動きの一つが、1970年のやはりロープの製造業者である東京トッパ社によるロープの強度に関する公開実験であろう。この公開実験は、前穂高岳東壁の事故から15年間改良されてきたナイロンロープですらエッジには弱く容易に切断されてしまうことを証明するものであり、蒲郡実験および「山日記」の篠田教授の記述に対して重大な疑問を直接投げかけるものであった。このような動きの中で同年12月と翌年1月に「岩と雪」や「山と仲間」といった山岳雑誌に真相を求める記事が相次いで掲載された。また石岡はこの年勤務先の鈴鹿工業専門学校に最新の電子装置を用いた実験装置を製作し、より精度の高いザイルの性能実験を可能とした「文献11」。この実験装置を用いた実験を見学した三重県山岳連盟理事会の動きかけにより1972年には三重県山岳連盟に「ナイロンザイル問題小委員会」が設置された。

この年はロープの安全性をめぐる問題の一つの大きな転換点となった。というのはこのような山岳界内での真相究明の動きを受け、1972年11月日本山岳協会が三重県山岳連盟の見解の支持を発表、ロープ製造業者に対し市販するロープにその弱点を表示することを要望し、メーカー側もこれを了承することとなったか

らである。翌年三重県山岳連盟はロープの製造業者や山岳関係者のみならず自衛隊関係者などを集め、前述の石岡の実験装置を用いてロープの性能に関する公開実験を行った。この実験結果は新聞、ラ

ジオ、テレビなどのメディアを通じて大きく報道され、社会の注目を集めた。これ以後、東京製綱や東京トップなどのロープの製造業者は、岩角で切れやすといったロープの欠点を表示して販売

することとなるが、残念ながらロープの安全性をめぐる記述の混乱が即座に終息したわけではなく、「岩角に弱い」という製造業者の説明と「岩角でも強い」とする「山日記」をはじめとする技術書とに矛盾が生じるなどロープの性能と使用目的に関して混乱が見られたため、必然的に統一したロープの安全基準の必要性が叫ばれることになったが、日本山岳協会は強制力を持たないため国の動きが待たれるところであった。

5. 安全基準の策定

1970年代は製品の安全と消費者の関係を見る上で大きな意味を持つ。というのは高度経済成長により社会に生じた矛盾を是正すべく、この時期の消費者運動は全国的に大きく広がりを見せたからである。このような社会情勢下において国（通産省）当時）は消費生活用製品安全法を1973年6月6日に制定し、その特定製品に登山ロープも加えられることとなった。こうして1973年には登山用ザイル安全基準調査委員会が発足し、石岡もこれに参加する。この委員会の審議を経て登山用ロープの安全基準が制定されたのは1975年6月5日であるが、このとき世界で初めてエッジでの切断テストを取り入れた登山用ロープのテスト方法と合格基準がもつけられたのである「文献12」。このテストに合格したロープには1本1本に対し、合格の証明である通称「Sマーク」（2000年度からはP Sマークに改訂）とともに「エッジでは切れやすいので注意すること」との警告が添付されることとなった。これは混乱していたロープの安全基準を統一する上でも登山者の安全意識を高める上でも、重要な意味をもった。

6. 事故当時と現在の登山用ロープの状況

「振りロープ」の欠点は、図1のようにロープに長い縦傷ができて細いフィラメントを数カ所にわたって切断さえすれば、ロープの太さには関係なく、ロープ自体が容易に切断することであった。ロープの太さの20%もの深さの縦傷なら誰でも危ないと思うであろう。しかし、ヤーンの直径（約0.5mm）の深さの縦傷はロープがやや毛羽立って見える程度だが、実は全てのフィラメントを場所を違えて切断しているのである（図1）。ナイロンザイル事件当時はメーカーも振りロープの構造に起因するこの弱点に対する認識を欠き、東洋レーヨンの1955年当時のパンフレットには「ナイロンは摩擦に強く耐久力は非凡に大きく裂けにくい」と記されていた。素材としてある特性には強くても別の弱点を克服できず、製品として仕上げるさいその弱点を増長するような構造上の欠陥が潜んでいたのである。事故当時、若山五朗は従来の麻ロープでなされていた通常のテクニクを用いて、岩角に積極的にロープをかけて冬の前穂高東壁の最終ピッチに挑んだ。新しい製品には構造上の新しい欠陥があったことを全く教えられないばかりでなく反対に絶対的な強さを信じ込まされていたのである。

ここで著者が読者の注意を特に喚起したいのは、我々が現在でも高所登山のフィックスロープとしてしばしば用いるポリプロピレンロープがまさに図1の構造をしたロープであり、長い縦傷によって容易に切断し得ることである。1978年のハチンタールキッシュの固定ロープ切断事故はナイロンザイル事件と同様

表 ロープの切断事故

No.	西暦（昭和）	月日	状況	場所	事故者の所属	使用ロープの素材	典拠
1	1954（S.29）	12月29日	重傷	穂高岳	東雲山溪会	ナイロン	JACでの報告
2	1955（S.30）	1月2日	死亡	穂高岳	岩稜会	ナイロン	報告書
3	1955（S.30）	1月3日	軽傷	穂高岳	大阪市大山岳部	ナイロン	JACでの報告
4	1958（S.33）	3月28日	死亡（2名）	穂高岳	神戸大学山岳部	ナイロン	報告書
5	1959（S.34）	7月21日	死亡	剣岳	名古屋大学山岳部	麻	報告書
6	1961（S.36）	10月3日	死亡	穂高岳	泉州山岳会	ナイロン	中日新聞
7	1962（S.37）	6月24日	重傷	鷹取山	東京北稜山岳会	***	会報 稜友No.50
8	1962（S.37）	8月	死亡	槍ヶ岳	D山岳会	***	通産省資料
9	1963（S.38）	7月15日	死亡	鈴鹿	名古屋山岳会	麻	毎日新聞
10	1963（S.38）	7月16日	死亡（2名）	剣岳	法政大学山岳部	ナイロン	朝日新聞
11	1966（S.41）	6月	死亡	奥多摩	某大学山岳部	テリレン	『岩と雪』29号
12	1966（S.41）	7月21日	死亡	谷川岳烏帽子岩	東京北稜山岳会	テトロン	報告書
13	1967（S.42）	10月9日	死亡	前穂高岳	信州大学山岳部	***	報告書
14	1968（S.43）	8月	死亡	穂高岳	****	***	通産省資料
15	1968（S.43）	9月21日	死亡（2名）	北岳	東京YCC	***	会報YCC No.96
16	1970（S.45）	6月14日	死亡	巻機山	東京電力山の会	ナイロン	毎日新聞
17	1970（S.45）	6月14日	死亡	奥多摩	雲表クラブ	ナイロン	毎日新聞
18	1970（S.45）	7月	死亡	奥多摩	****	***	通産省資料
19	1972（S.47）	11月1日	死亡	槍ヶ岳	***	ナイロン	朝日新聞
20	1978（S.53）	***	死亡	ハチンタールキッシュ	S登高会	ポリプロピレン	報告書
21	1980（S.55）	9月21日	死亡	北岳	愛知大学山岳部	ナイロン	報告書

の機構に起因すると筆者らは考えている。もしあなたが、撚りロープを持って高所登山に向かう友人を知っていたら、ぜひ忠告してほしい。ナイロンザイル事件はすでに終わった過去のものや小説の中の出来事ではない、あなたの身に、まさに起きようとしているのだ、対策が必要なのだ。

図1の構造のロープが縦傷に弱いことを如実に示した別の例として、1982年11月に起きた20万トンタンカーの係留ホーサーと呼ばれる直径120mmのナイロンロープ(抗張力210トン)切断事件について述べておくことは有益であろう。この事故の原因究明作業は8カ月にも及んだが暗礁に乗り上げ、1983年、石岡に調査依頼がきた。切断ロープの1000本ものヤーンの詳細な解析の結果、この事故もまた図1の構造をもつロープが取り付け角度を誤ったバナマホルの角によって激しくこすれ、その縦傷によって切断したことが明らかになった(写真4)。



写真4. 直径120mmのナイロンロープの切断原因の調査風景

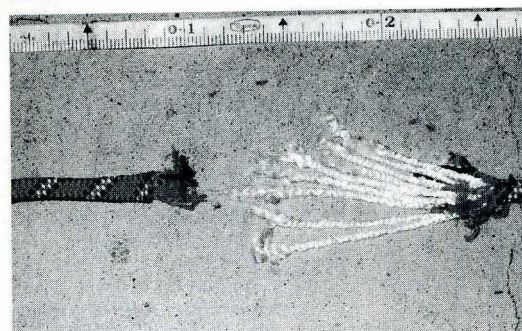


写真5. 現在の編みロープの衝撃せん断試験の結果。
端がばらばらの方が墜落者側。

一見頑丈そうに見えるロープは岩角や金属の角に対してかくも弱いのである。ナイロンザイル事件当時、素材のある面での強さのみを強調するのではなく、製品として仕上げるさい忍び込んだ構造上の欠陥を克服しておく、それができなかったせいで注意を喚起しておくことこそが新素材の製品を世に出していく最先端企業の責任であったのだ。

現在の登攀用ロープは、撚りロープの上記の欠陥への対策として、「撚り」構造をやめて「編み」構造になっている。撚りロープの切断がフィラメントを切る深さの縦傷によって起きるのに対し、編みロープはこの構造に起因する弱点がなく、その抗張力は大雑把には断面積に比例する。しかし、岩角での強度は依然として弱い。現在の編みロープの衝撃せん断試験の結果を写真5に示す。

1975年に国が定めた登山用ロープのせん断衝撃試験(約2・5mのロープの一端を固定し、80kgのおもりを5m落

下させ、ロープが接触するエッジは面取りを施さないステンレス鋼SU304とする)では、現在の全てのロープは切断するが、切断時に記録されたせん断衝撃値が150kgf以上ならば合格としている。

150kgfという値は、古典的な落下係数の式「文献13」によれば体重75kgのクライマーがスリップしただけ(すなわち墜落距離ゼロ)で発生してしまう。

岩角による切断という点にのみ着目すると、岩角のない人工クライミングウォールでのみクライマーは安全性が保証されることになり、岩角のある天然の岩場でのクライミングは禁止すべきであるという結論が導かれることになる。メーカーにはこの値を1200kgfに向けて向上させることが期待されるものの現在の技術の到達点では不可能である。そこで登山者に厳重な注意を呼びかけることが不可欠であり、抗張力試験1200kgf以上などの成績証明である通称「スマーク」(2000年に「PSマーク」に改訂)とともに「岩角で弱い」との警告書をロープ本体に1本1本つけるのはこのためである。

せん断衝撃試験は日本のみにある試験項目で、UIAA(世界山岳連盟)の規格にはせん断衝撃試験の項目がない。ヨーロッパにおけるせん断衝撃の規格の導入には、エッジに比較的強いロープを作っているエーデルワイス社を除いて他社は反対で、さっぱり議論がまとまらないと、UIAAのビット・シュベルト「文献14」は述べている。筆者らの実験では、近年、せん断衝撃強度が向上しているかと思えるデータが得られているが、通常の制動確保張力500kgfにははるかに及ばない。

著者のひとり中川は1980年の愛知大学山岳部の死亡事故(北岳バットレス第4尾根、表参照)の現場にたまたま居合わせた。リーダーが6m墜落したさい11mmのマノモス社のロープ(シングル)が岩角で切断したが、確保者は何のショックも感せず、他のパーティーに指摘されて初めてリーダーの墜落とロープの切断を知って驚愕したのであった。登山用ロープの安全基準を示すスマークとともにについている「エッジに弱い」という警告書の意味は、かくも重いのである。

岩角で切れないロープ、登山者にとって不可欠のこの要求を早期に達成すべくメーカーによる一層の性能向上を切に望みたい。

7. 自動制動確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA) の開発

以上に述べたロープそのものの安全性とその弱点に対する警告が国によって制定されると同時に並行的に、石岡ら個人レベルで積極的に推し進められたのが、自動制動確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA) の開発であった。

これまで述べてきたように、ナイロンロープには岩角に弱いという弱点がある。この弱点の克服を目指して現在とられている対策は、ロープを2本使用し岩場を登る途中の中間支点に互い違いにロープをセットすることによって墜落のさいたとえ1本のロープが切れようとも他の1本で持ちこたえて生還を果たそうとするものである。ところが現実にはロープが2本とも切断する事故があり、この方法が万能でないことを物語っている。

そもそも現代の確保技術(岩登りの途中で墜落した登攀者をロープを用いて墜落停止させる技術)を詳細に検討すると、

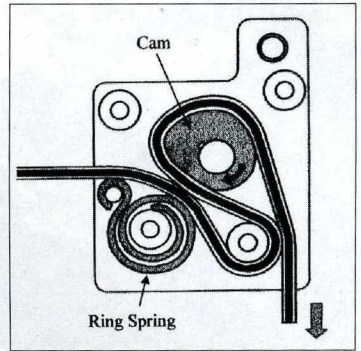


図3. 自動制動確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA) の概念図

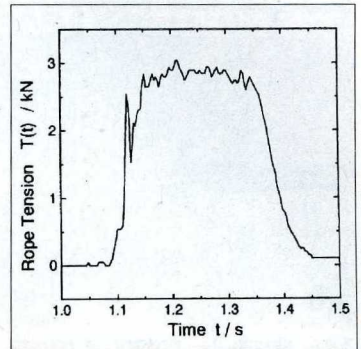


図4. MSAの動作結果を示す図(本文参照)

以下の点で未完成の技術であることが分かる。現在用いられている制動確保とは、墜落者のロープに制動力をかけたつづつ(ブレーキをかけつづつ)ロープを送り出し、制動力がなした仕事によって墜落のエネルギーを補償して墜落を停める方法である。具体的にはリーダー(先登者)がロープを確保の中間支点(ランナーともいう)にセットしつづつ登り、リーダーが墜落したさいには、登攀開始地点にいる確保者が上記のブレーキ動作を行う。

現代の多くのクライマーはこの方法によってほとんどの場合に墜落を停め得ると信じており、制動確保技術は中級以上のクライマーの必修技術とされている。

この方法が安全とされている根拠は、ブレーキの強さを変えることによって「流れていく」ロープの張力をコントロールできる点にある。ところが現実には、(1)岩のすき間などにロープがロックされること自体が不可能となり制動確保そのものが実現できなくなる、(2)ロープが岩角にかかってしまうとナイロンロープは岩角に弱いので大きな墜落に耐えられない、(3)リーダーは自分自身が登攀中に「このハーケンが弱いので、制動力はゆるくすべきだ」など、その場の確保

条件を判断できるが、確保者にその判断を伝えることが出来ない場合が多い。例えばひさし状の岩の下に確保者がいるとか、冬の吹雪の中で声が届かないなどの場合、制動確保の手続きにとつて解決不可能な障害が存在する。すなわち、制動確保は理論的には完全であるが実行手続以上にまだ問題があり、完成途上の、さらにはつきり言えば、未完成の技術である。

筆者のひとり石岡はこの障害を取り除く方策を検討し、(1)制動確保器具はリーダーの体にセットされるべきである、(2)リーダーは制動力の値を自分でプリセットできるべきである、とのコンセプトのもとにそれを実現できる装置として自動制動確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA) を提案した【文献15】。MSAのモデルは文字どおり多数の試行錯誤【文献16・19】を経て、図3のものに到達した。メインロープには6mmのケブラーロープ(抗張力約3000kgf、せん断強度約1000kgf)を用いる。図3に示すMSAの仕様を決定するには、石岡高所安全研究所のテストタワー(写真6)や神戸にある百丈やぐらを用いて度重なる実験がなされた【文献16・19】。電動ウィンチでおもりを引き上げては落

下させ、MSAの制動力の時間依存性を荷重-電圧変換器(ロードセル)で電気信号に変え、アンプを介してデジタルオシロスコープからコンピュータに読み込み、解析ソフトORIGINを用いて解析した。すなわち、制動力 $T(t)$ を積分して各時刻の速度、さらに位置を求め、エネルギーに変換してエネルギー保存則に基づいて最適仕様を決定した。この実験・研究では1999年当時神戸大学の学生であった中島史博の寄与が大きい【文献16・19】。実験風景(写真7)および国際学会で発表したさいの著者らの写真(写真8)を示す。1998年11月にはスポーツ工学国際学会の議長S・J・Haake博士が石岡高所安全研究所を訪問してMSA試験を見学し、2000年5月にはUIAAのビット・シューベルト氏が百丈やぐらでやはりMSAのデモンストレーションを観察し、MSAの研究は国際的にも知られるようになってきた。

最近の研究を通じて最適化されたMSAを用いて実際の確保実験を行って得られた衝撃波形の一例を図4に示す。図4は、制動力を約280kgfにプリセットしたMSAを用いて、2m自由落下した80kgの砂袋を停止させる実験によって得られた衝撃力の時間依存性を示す。

図の衝撃力の波形は理想的な矩形波をしており、制動初期に生じる衝撃力の「初期ピーク」が取り除かれている。初期ピークの時間は約0.05秒であり、人間にはコントロール不可能な時間である。図4の結果は、この瞬時の操作を機械にやらせていく時代に向けて、MSAが実用への最終段階にあることを物語るものである。MSAに関する技術開発については、今回の限られた誌面ではなく、別途詳細に報告したい。

8. 21世紀への教訓のために 社会の中のナイロンザイル事件

飛躍を恐れずにと要約すると「ナイロンザイル事件」とは、理系の学問が産み出した物質文明(この場合はナイロンロープ)が欠陥を内包しつつ、まず先行し、文系の学問はその対応に遅れつつ進んできた(安全基準の遅れ、PL法の遅れ)という20世紀中盤の社会状況を登山という舞台で具現した一例であり、他の公害事件と巨視的には軌を一にするものであったと言える。特定の個人や少数の団体がここまで自己犠牲を払わねば問題が解決できないという社会の有りようには大きな問題がある。以下、(1)消費者

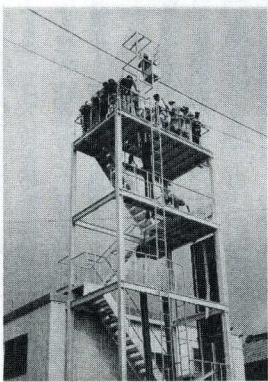


写真6. 石岡高所安全研究所のテストタワー。高さは15m。

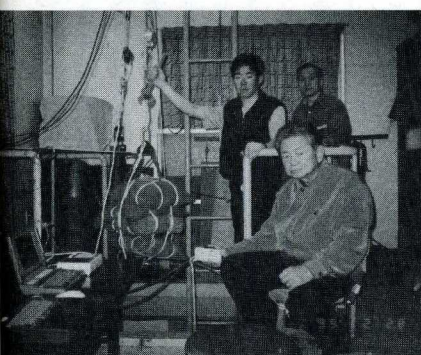


写真7. MSAの実験風景。石岡高所安全研究所にて

- [1] 岩棲会『ナイロンザイル事件』、1956年7月。
- [2] 岩棲会『ナイロンザイル事件報告書』、1977年7月。
- [3] 中日新聞、1955年5月1日。
- [4] 製品安全協会「登山用ロープ安全基準調査研究報告書(昭和62年度)」、1988年3月、p.20。同報告書は昭和55年度から6冊刊行されており、ロープの切断面の顕微鏡写真、長期曝露実験など、重要なデータが記録されている。歴代の委員には石岡繁雄、金坂一郎、坂下直枝、遠藤二郎などの名前がある。
- [5] 岩棲会(1977年)p.8。
- [6] 同書、p.5。
- [7] 日本山岳会編『山日記』1956年。
- [8] 日本勤労者山岳連盟『山と仲間』1971年1月号、『岩と雪』1972年12月号。
- [9] 国民生活センター編『戦後消費者運動史』1997年pp.66-7。
- [10] 井上靖の『氷壁』は朝日新聞に1956年11月24日から1957年8月22日まで連載され、初の映画化作品は1958年3月に公開された。
- [11] 朝日新聞 1971年11月23日
- [12] 『官報』 1975年6月5日 第14525号
- [13] 例えば、伊藤仁之「制動確保論」、(阿部和行「現代岩登り技術」、東京新聞出版局、1971)に収録。
- [14] ビット・シュベルト著、黒沢孝夫訳「生と死の分岐点」(改訂版)、山と溪谷社、1999年、p.65
- [15] 石岡繁雄「確保技術の研究」、『登山研修』2(1987)
- [16] 石岡繁雄、中川和道、スポーツ工学ヒューマンダイナミクスジョイントシンポジウム1998、1998年10月22~29日、つくば市科学技術交流センター、1B03。講演論文集pp.303-306、日本機械学会
- [17] 石岡繁雄、中島史博、中川和道、スポーツ工学ヒューマンダイナミクスジョイントシンポジウム1999、1999年10月27~24日、芦屋六甲ハウス、34H。講演論文集pp.59-62、日本機械学会
- [18] Shigeo Ishioka, Kazumichi Nakagawa and Fumihiro Nakajima, "Development of Belay Techniques and devices in Japan; 44 years from Goro Wakayama's Death", 1st International Conference on Science & Technology in Climbing & Mountaineering, On the CD-ROM, April 1999, Leeds University, UK.
- [19] Shigeo Ishioka, Fumihiro Nakajima and Kazumichi Nakagawa, "Performance of newly developed automatic belay device for mountain climbers", in The Engineering of Sport, ed. A. J. Subic and S. J. Haake, Black Well Science, Oxford, 2000, pp. 123-129.
- [20] 原子力資料情報室「検証東電原発トラブル隠し」、岩波ブックレット No. 582、岩波書店、2002年12月
- [21] 神戸新聞、2002年11月6日
- [22] 朝日新聞2000年4月29日
- [23] 朝日新聞2000年5月10日

保護に関する法体系の整備(2) 内部告発法の展望(3) 新技術開発の倫理と法(4) 21世紀への教訓、について順に考察する。

まず、(1) 消費者保護に関する法体系をみると、製造物責任法(PL法)は1995年制定であり、ナイロンザイル事件当時の消費者はこの法律なしに企業の不正義と戦わねばならなかった。唯一の法律は民法709条であったが、この法律では被害者には「加害者に過失があったことを自分で立証する義務」があった。ナイロンザイル事件について言えば、被



図8. 第2回スポーツ工学国際学会(英国シェフィールド大)に参加した石岡繁雄

害者は素材の製造過程・特性の試験、製品化の過程でのテストの検証、大規模な墜落試験装置による製品のテストなどすべての考察と立証が義務であった。

これではまるで企業の研究所をひとつ作るようなものであり、ナイロンザイル事件のようにハイテクに関わる争議で、被害者が民法709条で勝訴した例が本当にあったのか、この法律は本当に役に立ったのかがまことに疑わしい。

(2) 内部告発については、1950年4月の蒲郡実験の時点で東京製綱の技術者はナイロンロープが岩角に弱いことを知っていたという「文献1」から、不利益を考慮して内部告発できなかったと考えるのが妥当である。2002年8月に社会問題化した東京電力の原子力発電所ト

ラブル隠し問題では、内部告発者保護法が確立している米国のGEI社社員のから内部告発があったが、日本の官庁は告発者の氏名と告発内容を東京電力に伝え、批判が集中した「文献20」。また、雪印食品による偽装牛肉事件を2002年1月に内部告発した西宮冷蔵は国の行政処分を受け、さらに多くの荷主企業が

手を引きいたために倒産に追い込まれた「文献21」。このように内部告発者保護法がない現在の日本では内部告発は自殺を意味するものであり、一刻も早い制定が望まれる。

(3) 新技術開発の倫理と法という観点からみると、法律には規制と罰則によって最低限の義務を定めるといった側面があるが、倫理とは「人間としてやるべきでないことはやらない」というさらに高次の判断基準を与えるものである。したがって、法で規制されていない範囲なら何でもやるというのは、ハイテクや生命科学のように発明が先にあつて法規制が後手後手に回る場面では社会悪がはびこるのみである。

科学・技術に携わるものの倫理とは、個々の技術が社会にもたらす影響を科学者・技術者としてきちんと考慮することであり、法はこういう倫理に照らして行動する人々をサポートするものであろう。この点で時代を先取りした企業倫理のあり方を具現した例として、2000年4月頃、住友金属「文献22」が和歌山で神戸製鋼「文献23」が加古川でくず鉄に混

入した放射性物質を自力で発見して大規模な放射線汚染事故を未然に防いだ事例をあげたい。

くず鉄の放射線検査は法でまだ定められていないにもかかわらず、これらの企業は危険を見越してボランティアに時代を先取りしたのである。企業に現存するこのような先見性と倫理とを明らかな材料に、登山用具をはじめ社会に溢れる新素材製品の適正な導入が真に社会の進歩になっていく拠り所としたいものである。

(4) ナイロンザイル事件の21世紀への教訓を以下にまとめよう。

科学による発明を応用する者は、その社会的影響をあらかじめ予測する責任を負うべきであり、消費者保護の観点からはPL法に続く一層の法整備が、企業・法人・大学などの研究者にとつては内部告発者保護法の制定が課題である。しかし法規制は最低限の取り締まりであり、「人間として問題を起すまい」という倫理は、それよりは十分高いレベルで必要である。科学者・技術者の後継者養成にあつては、理系文系を問わず、企業・研究所・大学を問わず、後継者の科学のトレーニングとともに「倫理もきちんと伝えていく」ことが必要ではなからうか。昨今の厳しい競争社会にあつて、倫理をふみはずしたやり方では、企業は結局廃業に追い込まれることは必定であろう。

最後に、ナイロンザイル事件の教訓に、多くの人々の献身的な協力と支援とについて心からのお礼を申し上げつつ、その意義について言及しなければならぬ。ナイロンザイル事件は結局、不当さを放置するかぎり社会の前進はありえないことを教えている。不当さを克服するうえで多くの人々の協同、理系文系を超えた共同作業などが必要なのはなからうか。

ナイロンザイル事件からまもなく50年

石岡繁雄（岩稜会、石岡高所安全研究所）

中川和道（大阪労山 OWCC、神戸大学教授）

久保利永子（大阪労山 OWCC、京都大学大学院生）

ナイロンザイル事件から 50 年が経過する 2005 年 1 月 2 日を前に、登山者の世界のみならず社会的にもよく知られたこの事件を現代の科学的視点から考察し、21 世紀の登山者があるいは社会が引き継ぐべき教訓を考える。理系と文系との視点から考察するため、とくに自然科学と社会史の立場からのアプローチを行う。なお、敬称は省略させていただくことにしたい。

1. 事故の概要と原因の究明

1955 年 1 月 2 日、厳冬期の前穂高岳東壁の頂上直下の岩場で岩登り中にナイロンロープ（直径 8 mm）が切断しクライマー若山五朗（写真 1）が墜落死した。ナイロンロープは鉄線よりも強い抗張力をもつがゆえに絶対的な安全を保障する革命的な新素材ロープとして高い期待のもとに 1951 年頃から市販され、従来の麻ザイルの欠点を克服した理想的なロープとして登山に導入された。事故当時トップに登る若山はロープを頭上の岩角にかけて万一のスリップのさいの墜落距離を小さくするという当時の常法のロープワークで難所に挑んだがスリップし、約 50cm 落ちた。ところが若山の下方でロープを握りしめて墜落をとめるべく態勢をとった石原国利は何らの衝撃を感じることなくロープは切れ、若山は数百 m 墜落して死亡した（2 人の間のロープの長さは約 5 m）[1]。1954 年 12 月 29 日から 1955 年 1 月 3 日までに同様のナイロンロープ切断事故が穂高岳山域で 3 件連続した。原因究明の焦点となったのは、ロープに欠陥があったのか、使用者に誤りがあったのかであった。



墜死した若山五朗（20.4、前穂高岳頂上にて撮影）

写真 1. 前穂高岳頂上の若山五朗



遺体に結ばれていたナイロンザイル（30.8.8.）

写真 2. 遺体に結ばれたナイロンロープ

岩角におけるロープ強度測定の実験は複数のロープメーカーおよび登山者の個人的実験（著者のひとり石岡）によってなされ[2]、ナイロンロープは抗張力では麻ロープにはるかに優るが岩角においては容易に切断することが分かってきた。しかしその切断機構はまだ不明であった。事故の真相解明をめざす公開実験は 1955 年 4 月 29 日愛知県蒲郡市において、大阪大学工学部教授で日本山岳会役員でもある篠田軍治教授の指導のも

とに行なわれた。この実験（以下、蒲郡実験と称する）では8 mm ナイロンロープは3 mの空中墜落でも切れず、麻ロープの3倍の岩角強さを示すとの結果が報告された[3]。この実験結果に基づけばロープ切断事故の原因は使用者の不注意との結論が導かれる[注 1]。蒲郡実験の結果、石原は虚偽の報告をしたとして、いわば「犯罪者」の扱いを受けた。前穂高岳東壁の事故で死亡した若山五朗の実兄で、若山および石原が所属する山岳会「岩稜会」の代表でありロープの切断疑惑公表を求める運動の中心的役割を担っていた石岡には、父から勘当されるなどの社会的制裁が与えられた[2]。

同年7月に発見された若山の遺体にはロープが結ばれたままであった（写真2参照）ので、石原の報告どおり事故発生時にロープの切断が起きたことが確認された。蒲郡実験においては切断しないとされたロープが実際には切断していたという一見矛盾するこの状況を説明することが事故原因の追求を目指す石岡らにとって次の目標となった。

2. 切断のメカニズム

ロープの切断機構の解明は、若山五郎の遺体収容から具体的に始まった。岩登りの途中で墜落した登攀者をロープを用いて墜落停止させる技術を「確保技術」と呼ぶ。前穂高岳での事故のさい、確保者石原の手元に残ったロープはぷつぷつと切れていたが、遺体についていたロープの切れ口は階段状をなし、2～3 cm の繊維が多数発見された。長い考察と再現実験によって明らかにされた切断機構を図1に示す。

当該のロープは図1のように「撚りロープ」で、3本のストランドがよりあわせられていた。各ストランドは10本の繊維束（ヤーン）からなり、それぞれのヤーンは50 ミクロン程度の太さのフィラメント約180本からなっていた。ヤーンに1～10の番号を付すとロープ表面には図1中央の番号のヤーンが現れる。そこで図の2本の破線に挟まれた範囲を岩角で削り、ヤーン直径約0.5mmの深さの縦傷をつけると、5番のヤーンは図

図1. 撚りロープの切断機構

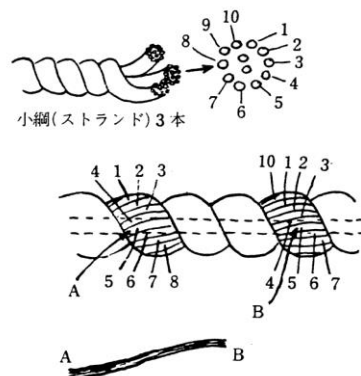


図1. 撚りロープの切断機構

のAとBの2ヶ所で切断される。A－Bの長さをピッチと呼び、事故のさいのロープではピッチは2.5 cmであった。墜落のさいナイロンロープは弾性によって伸長したのでロープの表面には13 cmにわたるたて傷が発生したので、「全ての繊維束を場所を違えて5回切断した」状況になり、ついにはロープ自体が切断する状況に至ったのであった。

3. 検証「蒲郡実験」

蒲郡市において公開された実験(蒲郡実験)は岩角に面取りを施した(岩角を丸めた)ものであった。面取り後のエッジの曲率半径 R が切断時にロープにかかる張力にいかに関与するかの実験結果[4]を図2に示す。

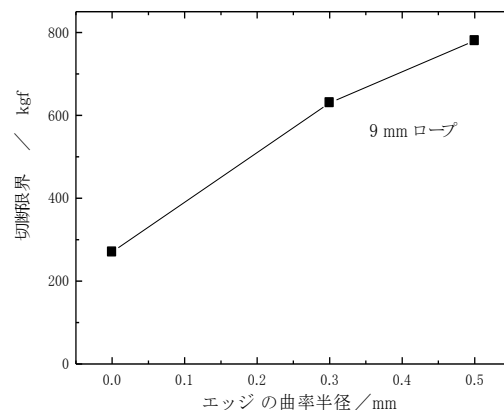


図2. 切断張力に対する面取りの効果
(文献4から抜粋して作図)

図2から9 mm ロープでは、角度 90° のテストエッジの曲率半径 $R=0$ 、 $R=0.3$ 、 $R=0.5$ mm に対し切断張力は27、63、78 kN (270、630、780 kgf) となり、エッジを少し丸めただけでロープの切断強度は急速に増すことが分かる。蒲郡実験において誇大に示されたナイロンロープの優れた性能は、実験に用いられた岩角に対して施された面取りによって可能となっていたのである。

蒲郡実験は前穂高岳東壁の事故原因の究明、具体的にはロープは岩角で切断するか否かを明らかにするため、ロープの製造業者東京製綱が登山関係者や報道関係者などを招いて行ったものである。蒲郡実験における東京製綱のように事故原因の究明に利害関係者が携わる場合、大きく分けて二つの立場に分かれるのではないだろうか。第一は自らの利害関係はさておき事実関係を厳しく追及する立場、第二は、自己防衛の立場、要するに自分たちには落ち度がなかったこと、あるいは、それ以上の惨事にならなかったことを立証するために全力を注ぐ立場である。1955年に東京製綱がとったのはこの第二の立場であった。

実は前穂高岳東壁事故後に社内で行われた実験により、東京製綱はナイロンロープが岩角にきわめて弱いこと、前穂高岳の事故発生時の条件で実際に切断することを既に確認していた[5]が、このような実験結果はロープの販売に悪影響を及ぼすおそれがあるという利益優先的な判断の結果、公開されないままであった。また蒲郡実験の指導者として招かれた大阪大学工学部の篠田教授も、ナイロンロープの素材の製造者(東洋レーヨン)で行った実験によりその欠点をすでに知っていた[5]。この時点で東京製綱および篠田教授が行っていたのは実験データの隠蔽のみであったが、その「自己防衛」をさらに押し進めたのが蒲郡実験であった。つまり、篠田教授および東京製綱の関係者は確認済みのロープの欠点を隠すために、メーカー側に有利な結果が出るようにあらかじめ操作を行った実験装置で、公開実験を行ったのである。

このような蒲郡実験において篠田教授という一科学者が果たした役割は、一言でまとめるとナイロンロープの「安全神話」への権威づけであっただろうと考えられる。篠田教授は国立大学教授というアカデミックな世界での肩書きを持ち、同時に日本山岳会関西支部長という当時の日本の山岳界における指導的な立場にあり、1955年2月9日に朝日新聞本社において開かれたナイロンザイル切断事故検討会(日本山岳会関西支部主催)では、被害者の死因究明および今後の登山者の生命を守るために原因を早急に明らかにすべきであること、また自ら進んでその原因究明にあたることを表明した人物であった[6]。このような立場の篠田教授によって「確認」されたナイロンロープの安全性という構図は、ロープに対する社会の、とりわけ登山者の信頼回復に大きな役割を担っていたといえるだろう。

篠田教授は蒲郡実験以後もナイロンロープの安全性を評価し、それを公的に表明しつづけた。その一例が1956年1月版の『山日記』[7]であろう。ここに収録された登山用具の記事において篠田教授は蒲郡実験の結果により「確認」されたナイロンロープの安全性を再び強調し、「・・・実際実験してみると90度の岩角にかけて12mmのマニラでは $H/L=0.3$ という小さな衝撃で切断するが、11mmのナイロンは1.3までもつことが分かった。但しこれは55kgの錘を落とした時のことで、Hは錘を上げた高さ、Lはザイルの垂れ下がった長さであって、ザイルに及ぼす衝撃力は H/L が大きいほど大きい。マニラでは10m垂れ下がったザイルの一端に人が結ばれているとして、3mの高さから落とせば切れる怖れがあるが、ナイロンでは13mまではもつということである。・・・」と述べたのである。『山日記』は当時の日本において高い権威を持つ山岳技術指導書であり、当時のその他の山岳技術書が書かれるさい、その典拠として位置づけられていた。結果として、当時の登山者は『山日記』の内容に多大な信頼を置いており、さらにはその著者の社会的地位に対する信頼から、その内容が登山者にどのような印象を与えたかは想像に難くない。

これに対し、1955年1月に石岡らが名古屋工業大学において行ったザイルのエッジテスト[8]においては、前穂高岳東壁の事故当時の条件でザイルは容易に切断することが再確認されていた。この実験結果は同年8月のやはりロープの弱点を立証する別の実験データとともに翌年山岳雑誌に発表された[8]が、事故被害者の直接の血縁関係者による実験という状況が災いして、その信憑性が疑われることになった。このことは、篠田教授の権威という保証付きの蒲郡実験の結果が社会的に無批判に受け入れられたことと対照的であった。

前穂高岳東壁の事故が起きた1955年は、奇しくも実質9%の経済成長を記録し、「戦後経済最良の年」として戦後経済の転換点とされる年でもあった。この年に始まる高度経済成長は1973年の第一次オイルショックまで持続し、この間大量生産・大量消費の波に乗り、日本は近代的な「繁栄」を謳歌した。この約20年間は、しかし、生産優先主義が先行し、均衡を欠いた開発が押し進められた結果、社会に大きなひずみが生じ、様々な公害問題、都市環境の悪化、自然環境の破壊などがもたらされた時代でもあった。主なものをあげると、森永ヒ素ミルク事件、スモン事件(ともに1955年)、サリドマイド事件(1962年)、カネミ油症事件(1968年)等がある。また四大公害裁判のもととなったイタイイタイ病、水俣病、四日市ぜんそく、新潟水俣病のうち、前者3件が社会問題として注目を集め始めるのも、おしなべて1950年代のことであった。

これらの消費者被害多発の背景には製造過程へのさらなる科学技術の適用、被害の拡大を招く大量生産・大量販売、事業者に対する消費者の取引上の地位の低下などの構造的変化があり、産業優先政策や倫理性を書いた事業者の行動、新しい事態に対応する法体系の整理の遅れなどが、被害の救済を遅らせたと考えられている[9]。新しい技術により開発された新素材を用いたロープによる死亡事故とその事故原因究明過程における企業と学界の権力者の結びつきによる事実の隠蔽や改ざん、これに対する消費者(石岡および岩稜会)の真相究明の活動という構造は、はるかに多くの被害者を持ち、社会的にもきわめて大きな問題となった同時代の多くの公害問題などと共通するところが多いといえよう。

4. 蒲郡実験の影響

前穂高岳東壁事故発生直後、ナイロンロープの性能に疑問が投げかけられた1955年3月の時点では、全日本山岳連盟は機関誌において切断原因判明まではナイロンロープの使用の一時的な停止を呼びかけた。しかし、同年4月に行なわれた蒲郡実験において登山界の権威者篠田教授によりナイロンロープはきわめて安全性の高いものと「保証」された。このため、登山者によるこの種のロープの使用は止むことがなかった。石岡らは切断事故の再発防止と関係者の名誉回復をかけて、蒲郡実験後も新聞雑誌などのメディアを通じてナイロンロープには重大な欠陥があることを訴えていくが、その間、1958年3月に穂高岳で発生したナイロンロープの切断事故によって神戸大学山岳部員2名が死亡したのを皮切りに、その後もロープ切断事故が続くことになり(表1)、東京製綱がロープの欠点を正式に認めた1973年時点での死者は、確認できただけでも19名を数え、1980年には21名に達した。未確認の犠牲者や原因不明とされた犠牲者がまだいると推定される。

蒲郡実験によって「安全性」が保証される一方でザイル切断事故が続いていることや、前穂高岳東壁の事故をモチーフにした井上靖の小説『氷壁』の発表[10]による社会の関心の高まりなどの様々な要因を追い風と

し、新聞などのメディアを通じて石岡らの事実究明活動が徐々に社会的な注目を集め、その正当性が徐々に評価されるようになった。そのような動きの一つが、1970年のやはりロープの製造業者である東京トップ社によるロープの強度に関する公開実験であろう。この公開実験は、前穂高岳東壁の事故から15年間改良されてきたナイロンロープですらエッジには弱く容易に切断されてしまうことを証明するものであり、蒲郡実験および『山日記』の篠田教授の記述に対して重大な疑問を直接投げかけるものであった。このような動きの中で同年12月と翌年1月に『岩と雪』や『山と仲間』といった山岳雑誌に真相を求める記事が相次いで掲載された。また石岡はこの年勤務先の鈴鹿工業専門学校に最新の電子装置を用いた実験装置を制作し、より精度の高いザイルの性能実験を可能とした[11]。この実験装置を用いた実験を見学した三重県山岳連盟理事会の働きかけによ

表1 ロープ切断事故リスト（落石による切断は除く）

No.	西暦（昭和）	月日	状況	場所	事故者の所属	使用ロープの素材	典拠
1	1954（S. 29）	12月29日	重傷	穂高岳	東雲山溪会	ナイロン	JACでの報告
2	1955（S. 30）	1月2日	死亡	穂高岳	岩稜会	ナイロン	報告書
3	1955（S. 30）	1月3日	軽傷	穂高岳	大阪市大山岳部	ナイロン	JACでの報告
4	1958（S. 33）	3月28日	死亡（2名）	穂高岳	神戸大学山岳部	ナイロン	報告書
5	1959（S. 34）	7月21日	死亡	剣岳	名古屋大学山岳部	麻	報告書
6	1961（S. 36）	10月3日	死亡	穂高岳	泉州山岳会	ナイロン	中日新聞
7	1962（S. 37）	6月24日	重症	鷹取山	東京北稜山岳会	***	会報 稜友No. 50
8	1962（S. 37）	8月	死亡	槍ヶ岳	D山岳会	***	通産省資料
9	1963（S. 38）	7月15日	死亡	鈴鹿	名古屋山岳会	麻	毎日新聞
10	1963（S. 38）	7月16日	死亡（2名）	剣岳	法政大学山岳部	ナイロン	朝日新聞
11	1966（S. 41）	6月	死亡	奥多摩	某大学山岳部	テリレン	『岩と雪』 29号
12	1966（S. 41）	7月21日	死亡	谷川岳烏帽子岩	東京北稜山岳会	テトロン	報告書
13	1967（S. 42）	10月9日	死亡	前穂高岳	信州大学山岳部	***	報告書
14	1968（S. 43）	8月	死亡	穂高岳	***	***	通産省資料
15	1968（S. 43）	9月21日	死亡（2名）	北岳	東京YCC	***	会報YCC No. 96
16	1970（S. 45）	6月14日	死亡	巻機山	東京電力山の会	ナイロン	毎日新聞
17	1970（S. 45）	6月14日	死亡	奥多摩	雲表クラブ	ナイロン	毎日新聞
18	1970（S. 45）	7月	死亡	奥多摩	***	***	通産省資料
19	1972（S. 47）	11月1日	死亡	槍ヶ岳	***	ナイロン	朝日新聞
20	1978（S. 53）	***	死亡	ハチダールギッシュ	S登高会	ポリプロピレン	報告書
21	1980（S. 55）	9月21日	死亡	北岳	愛知大学山岳部	ナイロン	報告書

り1972年には三重県山岳連盟に「ナイロンザイル問題小委員会」が設置された。この年はロープの安全性をめぐる問題の一つの大きな転換点となった。というのはこのような山岳界内での真相究明の動きを受け、1972年11月日本山岳協会が三重県山岳連盟の見解の支持を発表、ロープ製造業者に対し市販するロープにその弱点を表示することを要望し、メーカー側もこれを了承することとなったからである。翌年三重県山岳連盟はロープの製造業者や山岳関係者のみならず自衛隊関係者などを集め、前述の石岡の実験装置を用いてロープの性能に関する公開実験を行った。この実験結果は新聞、ラジオ、テレビなどのメディアを通じて大きく報道され、社会の注目を集めた。

これ以後、東京製綱や東京トップなどのロープの製造業者は、岩角で切れやすいといったロープの欠点を表示して販売することとなるが、残念ながらロープの安全性をめぐる記述の混乱が即座に終息したわけではなく、「岩角に弱い」という製造業者の説明と「岩角でも強い」とする『山日記』をはじめとする技術書とに矛盾が生じるなどロープの性能と使用目的に関して混乱が見られたため、必然的に統一的なロープの安全基準の必要性が叫ばれることになったが、日本山岳協会は強制力を持たないため国の動きが待たれるところであった。

5. 安全基準の策定

1970年代は製品の安全と消費者の関係を見る上で大きな意味を持つ。というのは高度経済成長により社会に生じた矛盾を是正すべく、この時期の消費者運動は全国的に大きく広がりを見せたからである。このような

社会情勢下において国（通産省）は消費生活用製品安全法を 1973 年 6 月 6 日に制定し、その特定製品に登山ロープも加えられることとなった。こうして 1973 年には登山用ザイル安全基準調査委員会が発足し、石岡もこれに参加する。この委員会の審議を経て登山用ロープの安全基準が制定されたのは 1975 年 6 月 5 日であるが、このとき世界で初めてエッジでの切断テストを取り入れた登山用ロープのテスト方法と合格規準がもうけられたのである[12]。このテストに合格したロープには 1 本 1 本に対し、合格の証明である通称「S マーク」（2000 年度からは PS マークに改訂）とともに「エッジでは切れやすいので注意すること」との警告が添付されることとなった。これは混乱していたロープの安全基準を統一する上でも登山者の安全意識を高める上でも、重要な意味をもった。

6. 事故当時と現在の登山用ロープの状況

「撚りロープ」の欠点は、図 1 のようにロープに長い縦傷ができて細いフィラメントを数箇所になわって切断されさえすれば、ロープの太さには関係なく、ロープ自体が容易に切断することであった。ロープの太さの 20%もの深さの縦傷なら誰でも危ないと思うであろう。しかし、ヤーンの直径（約 0.5mm）の深さの縦傷はロープがやや毛羽立って見える程度だが、実は全てのフィラメントを場所を違えて切断しているのである（図 1）。ナイロンザイル事件当時はメーカーも撚りロープの構造に起因するこの弱点に対する認識を欠き、東洋レーヨンの 1955 年当時のパンフレットには「ナイロンは摩擦に強く耐久力は非凡に大きく裂けにくい」と記されていた。素材としてある特性には強くても別の弱点を克服できず、製品として仕上げるさいその弱点を増長するような構造上の欠陥が潜んでいたのである。事故当時、若山五朗は従来の麻ロープでなされていた通常のテクニックを用いて、岩角に積極的にロープをかけて冬の前穂高東壁の最終ピッチに挑んだ。新しい製品には構造上の新しい欠陥があったことを全く教えられないばかりでなく反対に絶対的な強さを信じ込まされていたのである。

ここで著者らが読者の注意を特に喚起したいのは、我々が現在でも高所登山のフィックスロープとしてしばしば用いるポリプロピレンロープがまさに図 1 の構造をしたロープであり、長い縦傷によって容易に切断し得ることである。1978 年のハチンダールキッシュの固定ロープ切断事故はナイロンザイル事件と同様の機構に起因すると筆者らは考えている。もしあなたが、撚りロープを持って高所登山に向かう友人を知っていたら、ぜひ忠告してほしい。ナイロンザイル事件はすでに終わった過去のものや小説の中の出来事ではない、あなたの身に、まさに起きようとしているのだ、対策が必要なのだ。

図 1 の構造のロープが縦傷に弱いことを如実に示した別の例として、1982 年 11 月に起きた 20 万トンタンカーの係留ホーサーと呼ばれる直径 120mm のナイロンロープ（抗張力 210 トン）切断事件について述べて



写真 3. 直径 120mm のナイロンロープの切断原因の調査風景

おくことは有益であろう。この事故の原因究明作業は8ヶ月にも及んだが暗礁に乗り上げ、1983年、石岡に調査依頼がきた。切断ロープの1000本ものヤーンの詳細な解析の結果、この事故もまた図1の構造をもつロープが、取り付け角度を誤ったパナマホルの角によって激しくこすれ、その縦傷によって切断したことが明らかになった（写真3）。

一見頑丈そうに見えるロープは岩角や金属の角に対してかくも弱いのである。ナイロンザイル事件当時、素材のある面での強さのみを強調するのではなく、製品として仕上げるさい忍び込んだ構造上の欠陥を克服しておく、それができなければせめて注意を喚起しておくことこそが新素材の製品を世に出していく最先端企業の責任であったのだ。

現在の登攀用ロープは、撚りロープの上記の欠陥への対策として、「撚り」構造をやめて「編み」構造になっている。撚りロープの切断がフィラメントを切る深さの縦傷によって起きるのに対し、編みロープはこの構造に起因する弱点がなく、その抗張力は大雑把には断面積に比例する。しかし、岩角での強度は依然として弱い。現在の編みロープの衝撃せん断試験の結果を写真4に示す。



写真4. 現在の編みロープの衝撃せん断試験の結果。端がばらばらの方が墜落者側。

1975年に国が定めた登山用ロープのせん断衝撃試験（約2.5mのロープの一端を固定し、80kgのおもりを5m落下させ、ロープが接触するエッジは面取りを施さないステンレス鋼SUS304とする）では、現在の全てのロープは切断するが、切断時に記録されたせん断衝撃値が150kgf以上ならば合格としている。150kgfという値は、古典的な落下係数の式[13]によれば体重75kgのクライマーがスリップしただけ（すなわち墜落距離ゼロ）で発生してしまう。岩角による切断という点にのみ着目すると、岩角のない人工クライミングウォールでのみクライマーは安全性が保証されることになり、岩角のある天然の岩場でのクライミングは禁止すべきであるという結論が導かれることになる。メーカーにはこの値を1200kgfに向けて向上させることが期待されるものの現在の技術の到達点では不可能である。そこで登山者に厳重な注意を呼びかけることが不可欠であり、抗張力試験1200kgf以上などの成績証明である通称「Sマーク」（2000年に「PSマーク」に改訂）とともに「岩角で弱い」との警告書をロープ本体に1本1本つけるのはこのためである。せん断衝撃試験は日本のある試験項目で、UIAAの規格にはせん断衝撃試験の項目がない。ヨーロッパにおけるせん断衝撃の規格の導入には、エッジに比較的強いロープを作っているエーデルワイス社を除いて他社は反対で、さっぱり議論がま

とまらないと、UIAA のピット・シューベルト[14]は述べている。筆者らの実験では、近年、せん断衝撃強度が向上しているかに思えるデータが得られているが、通常の制動確保張力 500kgf にははるかに及ばない。

著者のひとり中川は 1980 年の愛知大学山岳部の死亡事故（北岳バットレス第 4 尾根、表 1 参照）の現場にたまたま居合わせた。リーダーが 6m 墜落したさい 11mm のマンモス社のロープ（シングル）が岩角で切断したが、確保者は何のショックも感じず、他のパーティーに指摘されて初めてリーダーの墜落とロープの切断を知って驚愕したのであった。登山用ロープの安全基準を示す S マークとともに付いている「エッジに弱い」という警告書の意味は、かくも重いのである。岩角で切れないロープ、登山者にとって不可欠のこの要求を早期に達成すべく、メーカーによる一層の性能向上を切に望みたい。

7. 自動制動確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA)の開発

上に述べたロープそのものの安全性とその弱点に対する警告が国によって制定されるのと同時並行的に、石岡ら個人レベルで積極的に推し進められたのが、自動制動確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA)の開発であった。これまで述べてきたように、ナイロンロープには岩角に弱いという弱点がある。この弱点の克服を目指して現在とられている対策は、ロープを 2 本使用し岩場を登る途中の中間支点に互い違いにロープをセットすることによって墜落のさいたとえ 1 本のロープが切れようとも他の 1 本で持ちこたえて生還を果たそうとするものである。ところが現実にはロープが 2 本とも切断する事故があり、この方法が万能でないことを物語っている。

そもそも現代の確保技術（岩登りの途中で墜落した登攀者をロープを用いて墜落停止させる技術）を詳細に検討すると、以下の点で未完成の技術であることが分かる。現在用いられている制動確保とは、墜落者のロープに制動力をかけつつ（ブレーキをかけつつ）ロープを送り出し、制動力がなした仕事によって墜落のエネルギーを補償して墜落を停める方法である。具体的にはリーダー（先登者）がロープを確保の中間支点（ランナーともいう）にセットしつつ登り、リーダーが墜落したさいには、登攀開始地点にいる確保者が上記のブレーキング動作を行なう。現代の多くのクライマーはこの方法によって殆どの場合に墜落を停め得ると信じており、制動確保技術は中級以上のクライマーの必修技術とされている。この方法が安全とされている根拠は、ブレーキの強さを変えることによって「流れていく」ロープの張力をコントロールできる点にある。ところが現実には、(1)岩のすき間などにロープがロックされると「ブレーキをかけつつロープを流す」こと自体が不可能となり制動確保そのものが実現できなくなる、(2)ロープが岩角にかかってしまうとナイロンロープは岩角に弱いので大きな墜落に耐えられない、(3)リーダーは自分自身が登攀中に「このハーケンは弱いので、制動力はゆるくすべきだ」など、その場の確保条件を判断できるが、確保者にその判断を伝えることが出来ない場合が多い。例えばひさし状の岩の下に確保者がいるとか、冬期の吹雪の中で声が届かないなどの場合、制動確保の手続きによって解決不可能な障害が存在する。すなわち、制動確保は理論的には完全であるが実行手続き上にまだ問題があり、完成途上の、さらにはっきり言えば、未完成の技術である。

筆者のひとり石岡はこの障害を取り除く方策を検討し、(1)制動確保器具はリーダーの体にセットされるべきである、(2)リーダーは制動力の値を自分でプリセットできるべきである、とのコンセプトのもとにそれを実現できる装置として自動制動確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA)を提案した[15]。MSA のモデルは文字どおり多数の試行錯誤[16-19]を経て、図 3 のものに到達した。メインロープには 6mm のケブラーロープ（抗張力約 3000kgf、せん断強度約 1000kgf）を用いる。

図3に示すMSAの仕様を決定するには、石岡高所安全研究所のテストタワー（写真5）や神戸にある百



写真5. 石岡高所安全研究所のテストタワー。高さは15m。

丈やぐらを用いて度重なる実験がなされた[16-19]。電動ウィンチでおもりを引き上げては落下させ、MSAの制動力の時間依存性を荷重-電圧変換器（ロードセル）で電気信号に変え、アンプを介してデジタルオシロスコープからコンピュータに読み込み、解析ソフトORIGINを用いて解析した。すなわち、制動力 $T(t)$ を積分して各時刻の速度、さらに位置を求め、エネルギーに変換してエネルギー保存則に基づいて最適仕様を決定した。この実験・研究では1999年当時神戸大の学生であった中島史博の寄与が大きい[16-19]。実験風景（写真

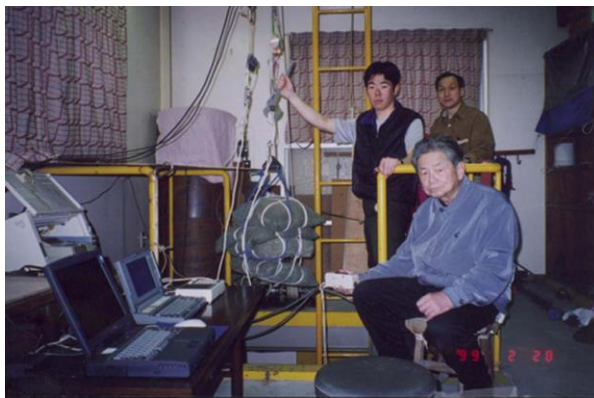


写真6. MSAの実験風景。石岡高所安全研究所にて。 写真7. 第2回スポーツ工学国際学会（英国シェフィールド大）にて S. J. Haake 博士と。

6) および国際学会で発表したさいの著者らの写真（写真7）を示す。1998年11月にはスポーツ工学国際学会の議長 S. J. Haake 博士が石岡高所安全研究所を訪問して MSA 試験を見学し、2000年5月には UIAA のピット・シュエベルト氏が百丈やぐらでやはり MSA のデモンストレーションを視察し、MSA の研究は国際的にも知られるようになってきた。

最近の研究を通じて最適化された MSA を用いて実際の確保実験を行って得られた衝撃波形の一例を図4に示す。図4は、制動力を約 280kgf にプリセットした MSA を用いて、2m 自由落下した 80kg の砂袋を停止させる実験によって得られた衝撃力の時間依存性を示す。図の衝撃力の波形は理想的な矩形波をしており、制動初期に生じる衝撃力の「初期ピーク」が取り除かれている。初期ピークの時間は約 0.05 秒であり、人間にはコントロール不可能な時間である。図4の結果は、この瞬時の操作を機械にやらせていく時代に向けて、MSA が実用への最終段階にあることを物語るものである。MSA に関する技術開発については、今回の限られた紙面ではなく、別途詳細に報告したい。

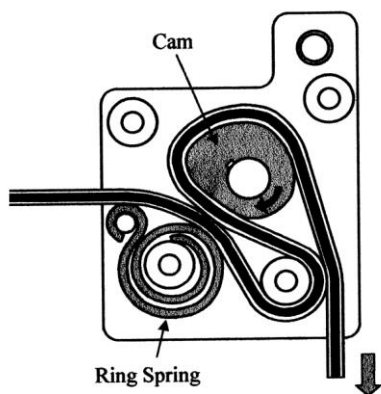


図3. 自動制動確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA)の概念図

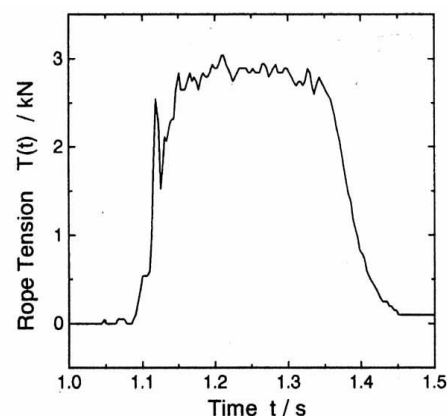


図4. MSAの動作結果を示す図（本文参照）。

8. 21世紀への教訓のために： 社会の中のナイロンザイル事件

飛躍を恐れずに要約すると「ナイロンザイル事件」とは、理系の学問が産みだした物質文明（この場合はナイロンロープ）が欠陥を内包しつつまず先行し、文系の学問はその対応に遅れつつ進んできた（安全基準の遅れ、PL法の遅れ）という20世紀中盤の社会状況を登山という舞台で具現した一例であり、他の公害事件と巨視的には軌を一にするものであったと言えよう。特定の個人や少数の団体がここまでに自己犠牲を払わねば問題が解決できないという社会の有りようには大きな問題がある。以下、(1)消費者保護に関する法体系の整備、(2)内部告発法の展望、(3)新技術開発の倫理と法、(4)21世紀への教訓、について順に考察する。

まず、(1)消費者保護に関する法体系をみると、製造物責任法(PL法)は1995年制定であり、ナイロンザイル事件当時の消費者はこの法律なしに企業の不正義と戦わねばならなかった。唯一の法律は民法709条であったが、この法律では被害者には「加害者に過失があったことを自分で立証する義務」があった。ナイロンザイル事件について言えば、被害者は素材の製造過程・特性の試験、製品化の過程でのテストの検証、大規模な墜落試験装置による製品のテストなどすべての考察と立証が義務であった。これではまるで企業の研究所をひとつ作るようなものであり、ナイロンザイル事件のようにハイテクに関わる争議で、被害者が民法709条で勝訴した例が本当にあったのか、この法律は本当に役に立ったのかがまことに疑わしい。

(2)内部告発については、1950年4月の蒲郡実験の時点で東京製綱の技術者はナイロンロープが岩角に弱いことを知っていたという[1]から、不利益を考慮して内部告発できなかったと考えるのが妥当である。2002年8月に社会問題化した東京電力の原子力発電所トラブル隠し問題では、内部告発者保護法が確立している米国のGEII社の社員から内部告発があったが、日本の官庁は告発者の氏名と告発内容を東京電力に伝え、批判が集中した[20]。また、雪印食品による偽装牛肉事件を2002年1月に内部告発した西宮冷蔵は国の行政処分を受け、さらに多くに荷主企業が手を引いたために倒産に追い込まれた[21]。このように内部告発者保護法がない現在の日本では内部告発は自殺を意味するものであり、一刻も早い制定が望まれる。

(3)新技術開発の倫理と法という観点からみると、法律には規制や罰則によって最低限の義務を定めるという側面があるが、倫理とは「人間としてやるべきでないことはやらない」というさらに高次の判断基準を与えるものである。したがって、法で規制されていない範囲なら何でもやるというのでは、ハイテクや生命科学のように発明が先にある法規制が後手後手に回る場面では社会悪がはびこるのみである。科学・技術に携わるものの倫理とは、個々の技術が社会にもたらす影響を科学者・技術者としてきちんと考慮することであり、法はこういう倫理に照らして行動する人々をサポートするものであろう。この点で時代を先取りした企業倫理のあり方を具現した例として、2000年4月頃、住友金属[22]が和歌山で神戸製鋼[23]が加古川でくず鉄に混入した放射性物質を自力で発見して大規模な放射線汚染事故を未然に防いだ事例をあげたい。くず鉄の放射線検査は法でまだ定められていないにも拘らず、これらの企業は危険を見越してボランティアに時代を先取りしたのである。企業に現存するこのような先見性と倫理とを明るい材料に、登山用具をはじめ社会にあふれる新素材製品の適正な導入が真に社会の進歩になっていくよりどころとしたいものである。

結局、(4) ナイロンザイル事件の21世紀への教訓を以下にまとめよう。科学による発明を応用する者は、その社会的影響をあらかじめ予測する責任を負うべきであり、消費者保護の観点からはPL法につづくいっそうの法整備が、企業・法人・大学などの研究者にとっては内部告発者保護法の制定が課題である。しかし法規制は最低限の取締りであり、「人間として問題を起こすまい」という倫理は、それよりは十分高いレベルで必要である。科学者・技術者の後継者養成にあたっては、理系文系を問わず、企業・研究所・大学を問わず、後継者の科学のトレーニングとともに「倫理もきちんと伝えていく」ことが必要ではなかろうか。昨今のきびしい競争社会にあって、倫理をふみはずしたやり方では、企業は結局廃業に追い込まれていくことは必定であろう。

最後に、ナイロンザイル事件の教訓に、多くの人々の献身的な協力と支援とについて心からのお礼を申し上げつつ、その意義について言及しなければならない。ナイロンザイル事件は結局、不当さを放置するかぎり社会の前進はありえないことを教えている。不当さを克服するうえで、多くの人々の協同、理系文系を超えた共同作業などが必要なのではなかろうか。

注釈

[注1] 石岡らは蒲郡実験(1950年4月29日)当時、この時点から「ナイロンザイル事件」が発生したとしている[1,2]が本稿ではもう少し広い解釈をして1月2日にナイロンロープが切れた時点からナイロンザイル事件は始まったとして考察を進める。

文献

[1]岩稜会『ナイロンザイル事件』、1956年7月。

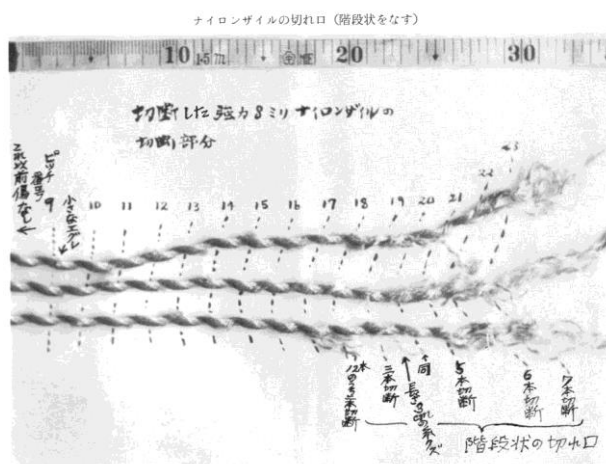
- [2]岩稜会『ナイロンザイル事件報告書』、1977年7月。
- [3]中日新聞、1955年5月1日。
- [4]製品安全協会『登山用ロープ安全基準調査研究報告書（昭和62年度）』、1988年3月、p.20。同報告書は昭和55年度から6冊刊行されており、ロープの切断面の顕微鏡写真、長期曝露実験など、重要なデータが記録されている。歴代の委員には石岡繁雄、金坂一郎、坂下直枝、遠藤二郎などの名前がある。
- [5] 岩稜会(1977年)p.8。
- [6] 同書、p.5。
- [7]日本山岳会編『山日記』1956年。
- [8] 日本勤労者山岳連盟『山と仲間』1971年1月号、『岩と雪』1972年12月号。
- [9] 国民生活センター編『戦後消費者運動史』1997年 pp.66-7.
- [10] 井上靖の『氷壁』は朝日新聞に1956年11月24日から1957年8月22日まで連載され、初の映画化作品は1958年3月に公開された。
- [11] 朝日新聞 1971年11月23日
- [12] 『官報』1975年6月5日 第14525号
- [13] 例えば、伊藤仁之「制動確保論」、(阿部和行「現代岩登り技術」、東京新聞出版局、1971)に収録。
- [14] ピット・シューベルト著、黒沢孝夫訳「生と死の分岐点」(改訂版)、山と溪谷社、1999年、p.65.
- [15] 石岡繁雄「確保技術の研究」、『登山研修』2(1987)1.
- [16] 石岡繁雄、中川和道、スポーツ工学ヒューマンダイナミクスジョイントシンポジウム1998、1998年10月22～29日、つくば市科学技術交流センター、1B03。講演論文集 pp.303-306、日本機械学会。
- [17] 石岡繁雄、中島史博、中川和道、スポーツ工学ヒューマンダイナミクスジョイントシンポジウム1999、1999年10月27～24日、芦屋六甲ハウス、34H。講演論文集 pp.59-62、日本機械学会。
- [18] Shigeo Ishioka, Kazumichi Nakagawa and Fumihiko Nakajima, “Development of Belay Techniques and devices in Japan: 44 years from Goro Wakayama’s Death”, 1st International Conference on Science & Technology in Climbing & Mountaineering, On the CD-ROM, April 1999, Leeds University, UK..
- [19] Shigeo Ishioka, Fumihiko Nakajima and Kazumichi Nakagawa, “Performance of newly developed automatic belay device for mountain climbers”, in *The Engineering of Sport*, ed. A. J. Subic and S. J. Haake, Black Well Science, Oxford, 2000, pp. 123-129.
- [20] 原子力試料情報室「検証東電原発トラブル隠し」、岩波ブックレット No. 582、岩波書店、2002年12月。
- [21] 神戸新聞、2002年11月6日。
- [22] 朝日新聞2000年4月29日
- [23] 朝日新聞2000年5月10日



写真8. 著者 近影 (2003 年 1 月 6 日)。手にしているのは前穂高東壁で切断したロープの半分。

+++++++ 以上で、本文おわり ++++++

以下の写真は予備です。永田さんのご判断にゆだねます。



Yobi_1_YoriRopeEdgeBreak.jpg

若山五朗の体に結ばれていた 8mm ナイロン撚りロープの切断状況



Yobi_2_At_SheffieldUniv.jpg

第2回スポーツ工学国際会議（1998年英国シェフィールド大学にて）に参加した石岡繁雄



Yobi3_Chosha2.jpg

本論文の著者。2003年1月6日、石岡繁雄 宅にて。