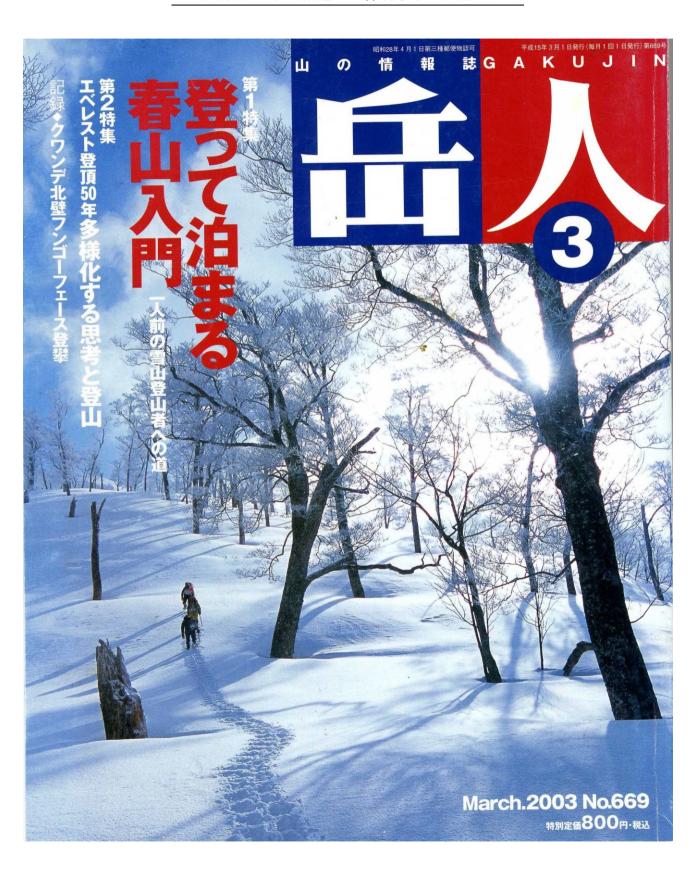
### 資料 39.2003 年 3 月 1 日『岳人』669 号「ナイロンザイル切断事件から半世紀」

- 石岡繁雄・中川和道・久保利永子〔文献 17〕〕



# を考える

現代の科学的視点から考察し、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サ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

理系と文系との視点から考察するため、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

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

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

# 1. 事故の概要と原因の究明

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

ことなくロープは切れ、若山は数百 m墜さは約5 m) [文献1]。1954年12月2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のナイロンロープリが事故が穂高岳山域のナイロンロープに欠陥があったのか、使たのは、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。



写真1. 前穂高岳頂上の若山五朗

偽の報告をしたとして、いわば「犯罪者」かれる[注]。蒲郡実験の結果、石原は虚故の原因は使用者の不注意との結論が導故の原因は使用者の不注意との結論が導



i真 2.遺体に結ばれたナイロンローフ

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

[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。

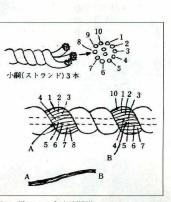
えられた[文献2]。 父から勘当されるなどの社会的制裁が与 動の中心的役割を担っていた石岡には、

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

# 切断のメカニズム

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

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



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

状況

# 3. 検証 「蒲郡実験

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

ではピッチは2・5㎝であった。

献4]を図2に示す。

りによって可能となっていたのである。 るか否かを明らかにするため、ロープの テストエッジの曲率半径R=0、R=0 製造業者東京製綱が登山関係者や報道関 たナイロンロープの優れた性能は、 分かる。蒲郡実験において誇大に示され でロープの切断強度は急速に増すことが gf)となり、エッジを少し丸めただけ に用いられた岩角に対して施された面取 蒲郡実験は前穂高岳東壁の事故原因の 図2から9 四ロープでは、 78 kN (270, 630, 780 k 具体的にはロープは岩角で切断す R=0・5 mに対し切断張力は27 角度90度の

を立証するために全力を注ぐ立場である。 第二は、自己防衛の立場、要するに自分 さておき事実関係を厳しく追及する立場 ないだろうか。第一は自らの利害関係は 因の究明に利害関係者が携わる場合、大 郡実験における東京製綱のように事故原 は、それ以上の惨事にならなかったこと たちには落ち度がなかったこと、あるい きく分けて二つの立場に分かれるのでは 係者などを招いて行ったものである。蒲 1955年に東京製綱がとったのはこの 一の立場であった。 た実験装置で、公開実験を行ったのであ 東京製綱の関係者は確認済みのロープの 京製綱および篠田教授が行っていたのは 欠点を隠すために、メーカー側に有利な 実験であった。つまり、篠田教授および 実験データの隠蔽のみであったが、その でに知っていた[文献5]。この時点で東 結果が出るようにあらかじめ操作を行っ 自己防衛」をさらに押し進めたのが蒲郡 800

ヨン)で行った実験によりその欠点をす 影響を及ぼすおそれがあるという利益優 岳の事故発生時の条件で実際に切断する イロンロープの素材の製造者(東洋レー かれた大阪大学工学部の篠田教授も、 あった。また蒲郡実験の指導者として招 先的な判断の結果、公開されないままで れた実験により、東京製綱はナイロンロ このような実験結果はロープの販売に悪 ことを既に確認していた [文献5] がん ープが岩角にきわめて弱いこと、前穂高 実は前穂高岳東壁事故後に社内で行わ 話」への権威づけであっただろうと考え でその原因究明にあたることを表明した らかにすべきであること、また自ら進ん 山者の生命を守るために原因を早急に明 では、被害者の死因究明および今後の登 事故検討会(日本山岳会関西支部主催) 社において開かれたナイロンザイル切断 の日本の山岳界における指導的な立場に 同時に日本山岳会関西支部長という当時 られる。篠田教授は国立大学教授という でまとめるとナイロンロープの「安全神 という一科学者が果たした役割は、一言 アカデミックな世界での肩書きを持ち、 このような蒲郡実験において篠田教授 1955年2月9日に朝日新聞本

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)

の篠田教授によって「確認」されたナイ るだろう。 頼回復に大きな役割を担っていたといえ 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 人物であった[文献6]。このような立場

明しつづけた。その一例が1956年1 分かった。ただしこれは55㎏の錘を落と 岩角にかけて12㎜のマニラではH/L= 調し、「……実際実験してみると9度の されたナイロンロープの安全性を再び強 篠田教授は蒲郡実験の結果により「確認 こに収録された登山用具の記事において 月版の「山日記」[文献7] であろう。こ ープの安全性を評価し、それを公的に表 ほど大きい。マニラでは10m垂れ下がっ ザイルに及ぼす衝撃力はH/Lが大きい した時のことで、Hは錘を上げた高さ、 ということである。……」と述べたので があるが、ナイロンでは13 mまではもつ て、3mの高さから落とせば切れる怖れ たザイルの一端に人が結ばれているとし Lはザイルの垂れ下がった長さであって 篠田教授は蒲郡実験以後もナイロンロ 皿のナイロンは1・3までもつことが ・3という小さな衝撃で切断するが、

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

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

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

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

サリドマイド事件(1962年)、カネミ 事件、スモン事件(ともに1955年)、 四大公害裁判のもととなったイタイイタ 50年代のことであった。 俣病のうち、前者3件が社会問題として イ病、水俣病、四日市ぜんそく、新潟水 油症事件(1968年)等がある。また 注目を集め始めるのも、おしなべて19 主なものをあげると、森永ヒ素ミルク

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

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

# 蒲郡実験の影響

するところが多いといえよう。

そのような動きの一つが、1970年

ロープの性能に疑問が投げかけられた1 前穂高岳東壁事故発生直後、ナイロン

盟は機関誌において切断原因判明までは 955年3月の時点では、全日本山岳連 事故の再発防止と関係者の名誉回復をか 全性の高いものと「保証」された。この 教授によりナイロンロープはきわめて安 た蒲郡実験において登山界の権威者篠田 呼びかけた。しかし、同年4月に行われ ナイロンロープの使用の一時的な停止を り(表)、東京製綱がロープの欠点を正式 その後もロープ切断事故が続くことにな ロンロープの切断事故によって神戸大学 欠陥があることを訴えていくが、その間 ィアを通じてナイロンロープには重大な けて、蒲郡実験後も新聞雑誌などのメデ 用は止むことがなかった。石岡らは切断 ため、登山者によるこの種のロープの使 年には21名に達した。未確認の犠牲者や 山岳部員2名が死亡したのを皮切りに、 1958年3月に穂高岳で発生したナイ 原因不明とされた犠牲者がまだいると推 認できただけでも19名を数え、1980 に認めた1973年時点での死者は、確

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

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

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 ロープ製造業者に対し市販するロープに 会が三重県山岳連盟の見解の支持を発表 動きを受け、1972年11月日本山岳協 のはこのような山岳界内での真相究明の の一つの大きな転換点となった。という この年はロープの安全性をめぐる問題 西暦 (昭和)

1954 (S.29)

1955 (S.30)

1955 (S.30)

1958 (S.33)

1959 (S.34)

1961 (S.36)

1962 (S.37)

1962 (S.37)

1963 (S.38)

1963 (S.38)

1966 (S.41)

1966 (S.41)

1967 (S.42)

1968 (S.43)

1968 (S.43)

1970 (S.45)

1970 (S.45)

1970 (S.45)

1972 (S.47)

1978 (S.53)

1980 (S.55)

月日

12月29日

1月2日

1月3日

3月28日

7月21日

10月3日

6月24日

8月

7月15日

7月16日

6月

7月21日

10月9日

8月

9月21日

6月14日

6月14日

7月

11月1日

\* \* \*

9月21日

状況

重傷

死亡

軽傷

死亡 (2名)

死亡

死亡

重傷

死亡

死亡(2名)

死亡(2名)

場所

穂高岳

穂高岳

穂高岳

穂高岳

剣岳

穂高岳

鷹取山

槍ヶ岳

鈴鹿

剣岳

奥多摩

前穂高岳

穂高岳

巻機山

奥多摩

奥多摩

槍ヶ岳

北岳

ハチンダールキッシュ

北岳

谷川岳烏帽子岩

事故者の所属

大阪市大山岳部

神戸大学山岳部

東京北稜山岳会

名古屋山岳会

某大学山岳部

法政大学山岳部

東京北稜山岳会

信州大学山岳部

東京電力山の会

\*\*\*\*

東京YCC

雲表クラブ

\* \* \*

S登高会

愛知大学山岳部

泉州山岳会

D山岳会

名古屋大学山岳部

東雲山渓会

岩稜会

使用ロープの素材

ナイロン

ナイロン

ナイロン

ナイロン

ナイロン

\* \* \*

\* \* \*

ナイロン

テリレン

テトロン

\* \* \*

\* \* \*

\* \* \*

ナイロン

ナイロン

ナイロン

ナイロン

ポリプロピレン

麻

麻

典拠

報告書

報告書

報告書

中日新聞

通産省資料

毎日新聞

朝日新聞

報告書

報告書

通産省資料

会報YCC

毎日新聞

毎日新聞

朝日新聞

報告書

報告書

通産省資料

No.96

『岩と雪』29号

JACでの報告

JACでの報告

会報 稜友No.50

No.

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

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

らである。翌年三重県山岳連盟はロープ

いといったロープの欠点を表示して販売 のロープの製造業者は、岩角で切れやす 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

ジオ、テレビなどのメディアを通じて大

は強制力を持たないため国の動きが待た 叫ばれることになったが、日本山岳協会 に統一的なロープの安全基準の必要性が 的に関して混乱が見られたため、必然的 る「山日記」をはじめとする技術書とに 製造業者の説明と「岩角でも強い」とす 安全性をめぐる記述の混乱が即座に終息 することとなるが、残念ながらロープの れるところであった。 矛盾が生じるなどロープの性能と使用目 したわけではなく、一岩角に弱い」という

# 5. 安全基準の策定

ととなった。こうして1973年には登 うのは高度経済成長により社会に生じた Sマークに改訂)とともに「エッジでは 通称「Sマーク」(2000年度からはP には1本1本に対し、合格の証明である ストを取り入れた登山用ロープのテスト このとき世界で初めてエッジでの切断テ されたのは1975年6月5日であるが、 議を経て登山用ロープの安全基準が制定 山用ザイル安全基準調査委員会が発足し、 の特定製品に登山ロープも加えられるこ 全法を1973年6月6日に制定し、そ 国(通産省=当時)は消費生活用製品安 である。このような社会情勢下において 動は全国的に大きく広がりを見せたから 矛盾を是正すべく、この時期の消費者運 関係を見る上で大きな意味を持つ。とい [文献12]。このテストに合格したロープ 方法と合格規準がもうけられたのである 石岡もこれに参加する。この委員会の審 1970年代は製品の安全と消費者の

> ロープの太さには関係なく、ロープ自体 ントを数カ所にわたって切断さえすれば、 ロープに長い縦傷ができて細いフィラメ 一撚りロープ」の欠点は、図1のように

が容易に切断することであった。ロープ として仕上げるさいその弱点を増長する と記されていた。素材としてある特性に 強く耐久力は非凡に大きく裂けにくい のパンフレットには「ナイロンは摩擦に を欠き、東洋レーヨンの1955年当時 の構造に起因するこの弱点に対する認識 ザイル事件当時はメーカーも撚りロープ 切断しているのである(図1)。ナイロン 実は全てのフィラメントを場所を違えて ープがやや毛羽立って見える程度だが、 の直径(約0・5㎜)の深さの縦傷は口 危ないと思うであろう。 の太さの2%もの深さの縦傷なら誰でも たことを全く教えられないばかりでなく しい製品には構造上の新しい欠陥があっ の前穂高東壁の最終ピッチに挑んだ。新 る。事故当時、若山五朗は従来の麻ロー ような構造上の欠陥が潜んでいたのであ は強くても別の弱点を克服できず、製品 反対に絶対的な強さを信じ込まされてい いて、岩角に積極的にロープをかけて冬 プでなされていた通常のテクニックを用 しかし、ヤーン

8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 て容易に切断し得ることである。197 造をしたロープであり、長い縦傷によっ ポリプロピレンロープがまさに図1の構 フィックスロープとしてしばしば用いる

# 重要な意味をもった。 でも登山者の安全意識を高める上でも、 切れやすいので注意すること」との警告 していたロープの安全基準を統一する上 が添付されることとなった。これは混乱

したいのは、我々が現在でも高所登山の

ここで著者らが読者の注意を特に喚起

たのである。

### 78

6

0

登山用ロープの状況 事故当時と現在

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

を如実に示した別の例として、1982 この事故の原因究明作業は8カ月にも及 について述べておくことは有益であろう。 年11月に起きた20万トンタンカーの係留 0本ものヤーンの詳細な解析の結果、こ ロンロープ(抗張力210トン)切断事件 ホーサーと呼ばれる直径120㎜のナイ によって激しくこすれ、その縦傷によっ 取り付け角度を誤ったパナマホールの角 の事故もまた図1の構造をもつロープが、 に調査依頼がきた。切断ロープの100 んだが暗礁に乗り上げ、1983年、石岡 て切断したことが明らかになった(写真 図1の構造のロープが縦傷に弱いこと



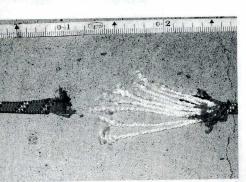


写真5. 現在の編みロープの衝撃せん断試験の結果 端がばらばらの方が墜落者側

での強さのみを強調するのではなく、製 ナイロンザイル事件当時、素材のある面 金属の角に対してかくも弱いのである。 ればせめて注意を喚起しておくことこそ の欠陥を克服しておく、それができなけ 品として仕上げるさい忍び込んだ構造上 その抗張力は大雑把には断面積に比例す ロープはこの構造に起因する弱点がなく さの縦傷によって起きるのに対し、編み りロープの切断がフィラメントを切る深 をやめて「編み」構造になっている。撚 企業の責任であったのだ。 が新素材の製品を世に出していく最先端 上記の欠陥への対策として、「撚り」構造 現在の登攀用ロープは、撚りロープの 一見頑丈そうに見えるロープは岩角や

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

弱い。現在の編みロープの衝撃せん断試

Shock Absorber (MSA) の開発

る。しかし、岩角での強度は依然として

と、岩角のない人工クライミングウォー 岩角による切断という点にのみ着目する 下係数の式 [文献13] によれば体重75㎏ 上させることが期待されるものの現在の にはこの値を1200kgfに向けて向 う結論が導かれることになる。メーカー のクライミングは禁止すべきであるとい ることになり、岩角のある天然の岩場で ルでのみクライマーは安全性が保証され わち墜落距離ゼロ)で発生してしまう。 のクライマーがスリップしただけ(すな 登山者に厳重な注意を呼びかけることが 技術の到達点では不可能である。そこで 150kgfという値は、古典的な落

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

する)では、現在の全てのロープは切断 りを施さないステンレス鋼SU304と 値が150kgf以上ならば合格として するが、切断時に記録されたせん断衝撃 下させ、ロープが接触するエッジは面取 第4尾根、表参照)の現場にたまたま居 大学山岳部の死亡事故(北岳バットレス が岩角で切断したが、確保者は何のショ 11 ㎜のマンモス社のロープ (シングル) 合わせた。リーダーが6m墜落したさい ックも感じず、他のパーティーに指摘さ 著者のひとり中川は1980年の愛知

れて初めてリーダーの墜落とロープの切 みたい。 告書の意味は、かくも重いのである。 ロープの安全基準を示すSマークととも 断を知って驚愕したのであった。登山用 メーカーによる一層の性能向上を切に望 についている「エッジに弱い」という警 て不可欠のこの要求を早期に達成すべく、 岩角で切れないロープ、登山者にとっ 自動制動確保装置 Mountain

f以上などの成績証明である通称「Sマ 不可欠であり、抗張力試験1200kg をロープ本体に1本1本つけるのはこの 訂)とともに「岩角で弱い」との警告書 ーク」(2000年に「PSマーク」に改

とその弱点に対する警告が国によって制 自動制動確保装置 Mountain Shock レベルで積極的に推し進められたのが、 定されるのと同時並行的に、石岡ら個人 以上に述べたロープそのものの安全性

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

Cam **Ring Spring** 

図3. 自動焦腫が確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA) の概念図

1.2

MSAの動作結果を示す図(本文参照)

1.3

Time t/s

1.4

クライマーの必修技術とされている。 現代の多くのクライマーはこの方法によ 保者が上記のブレーキング動作を行う。 う)にセットしつつ登り、リーダーが墜 ルギーを補償して墜落を停める方法であ 制動力がなした仕事によって墜落のエネ レーキをかけつつ)ロープを送り出し、 墜落者のロープに制動力をかけつつ(ブ 以下の点で未完成の技術であることが分 ブレーキの強さを変えることによって「流 信じており、制動確保技術は中級以上の ってほとんどの場合に墜落を停め得ると 落したさいには、登攀開始地点にいる確 ープを確保の中間支点(ランナーともい る。具体的にはリーダー(先登者)がロ かる。現在用いられている制動確保とは、 この方法が安全とされている根拠は、

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

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

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

T(t) / kN

Rope Tension

1.0

得られた衝撃力の時間依存性を示す。 れた衝撃波形の一例を図4に示す。図4 た8㎏の砂袋を停止させる実験によって トしたMSAを用いて、2m自由落下し Aを用いて実際の確保実験を行って得ら 最近の研究を通じて最適化されたMS 制動力を約280kgfにプリセッ



中に「このハーケンは弱いので、制動力 れない、(3)リーダーは自分自身が登禁 プは岩角に弱いので大きな墜落に耐えら が岩角にかかってしまうとナイロンロー のものが実現できなくなる、(2) ロープ

はゆるくすべきだ」など、その場の確保

電動ウィンチでおもりを引き上げては落 度重なる実験がなされた [文献16-19]。

15 写 m。 <u>6</u>.

石岡高所安全研究所のテストタワー。

高さは

す」こと自体が不可能となり制動確保そ

れると「ブレーキをかけつつロープを流 (1)岩のすき間などにロープがロックさ できる点にある。ところが現実には、 れていく」ロープの張力をコントロール

> 途詳細に報告したい。 である。MSAに関する技術開発につ やらせていく時代に向けて、MSAが実 図4の結果は、この瞬時の操作を機械に 期ピーク」が取り除かれている。初期ピ ては、今回の限られた誌面ではなく、 用への最終段階にあることを物語るもの にはコントロール不可能な時間である。 ークの時間は約0・05秒であり、人間 しており、制動初期に生じる衝撃力の「初 図の衝撃力の波形は理想的な矩形波を

# 8. 社会の中のナイロンザイル事件 21世紀への教訓のために

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

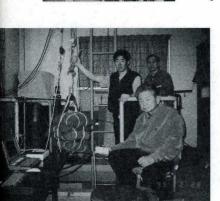


写真7. MSAの実験風景。石岡高所安全研究所にて

### 【域文】

[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) 1、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。

ナイロンザイル事件について言えば、

たことを自分で立証する義務」があった。

律では被害者には

一加害者に過失があっ

法律は民法709条であったが、この法 不正義と戦わねばならなかった。

唯一の

件当時の消費者はこの法律なしに企業の

995年制定であり、 をみると、製造物責任法

ナイロンザイル事

(PL法)

は1

[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 ト靖の『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)、山と渓谷社、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 Nakaiima, "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、  $\frac{1}{2}$ )内部告 ド大) に参加した石岡繁雄

告発者の氏名と告発内容を東京電力に伝 はナイロンロープが岩角に弱いことを知 が確立している米国のGEII社の社員 ラブル隠し問題では、内部告発者保護法 会問題化した東京電力の原子力発電所ト るのが妥当である。2002年8月に社 を考慮して内部告発できなかったと考え 月の蒲郡実験の時点で東京製綱の技術者 政処分を受け、 年1月に内部告発した西宮冷蔵は国の行 雪印食品による偽装牛肉事件を2002 え、批判が集中した [文献20]。 から内部告発があったが、日本の官庁は っていたという [文献1] (2)内部告発については、1950年4 さらに多くの荷主企業が から、不利益

する。

まず、(1)消費者保護に関する法体系

(4)21世紀への教訓、

について順に考察

(3)新技術開発の倫理と法

当にあったのか、この法律は本当に役に 被害者が民法709条で勝訴した例が本 事件のようにハイテクに関わる争議で、 べての考察と立証が義務であった。 墜落試験装置による製品のテストなどす 害者は素材の製造過程・特性の試験、 立ったのかがまことに疑わしい。 作るようなものであり、 品化の過程でのテストの検証、大規模な これではまるで企業の研究所をひとつ ナイロンザイル

学のように発明が先にあって法規制が後 のみである。 手後手に回る場面では社会悪がはびこる もやるというのでは、 判断基準を与えるものである。 いことはやらない」というさらに高次の 倫理とは「人間としてやるべきでな 法で規制されていない範囲なら何で ハイテクや生命科 したがっ

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

望まれる 意味するものであり、 がない現在の日本では内部告発は自殺を [文献21]。このように内部告発者保護法 一刻も早い制定が

最低限の義務を定めるという側面がある らみると、法律には規制や罰則によって (3)新技術開発の倫理と法という観点か

手を引いたために倒産に追い込まれた

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

材製品の適正な導入が真に社会の進歩に に、登山用具をはじめ社会に溢れる新素 このような先見性と倫理とを明るい材料 を先取りしたのである。企業に現存する

れていないにもかかわらず、これらの企 模な放射線汚染事故を未然に防いだ事例 業は危険を見越してボランタリーに時代 人した放射性物質を自力で発見して大規 くず鉄の放射線検査は法でまだ定めら

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

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

### 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。







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っつりと切れていたが、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  $1\sim10$  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

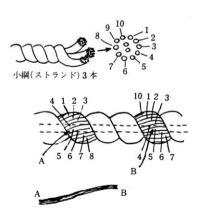


図1. 撚りロープの切断機構

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影響するかの実験結果[4]を図2に示す。

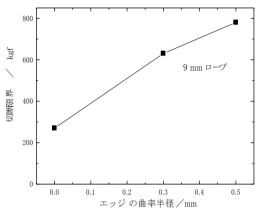


図2. 切断張力に対する面取りの効果 (文献4から抜粋して作図)

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[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

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	東雲山渓会	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

表1 ロープ切断事故リスト (落石による切断は除く)

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わたって 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、対策が必要なのだと。

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  $\tau$ 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ー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、岩角のない人エ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みにある試験項目で、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

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と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一電圧変換器(ロードセル)で電気信号に変え、アンプを介してディ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  $\frac{7}{1}$ )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。

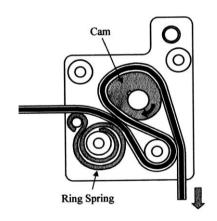


図3. 自動制動確保装置 Mountain Shock Absorber (MSA)の概念図

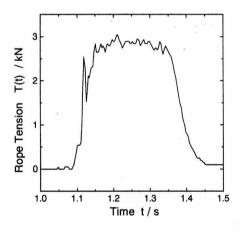


図4. MSA の動作結果を示す図(本文参照)。

### 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っ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[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タリー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。

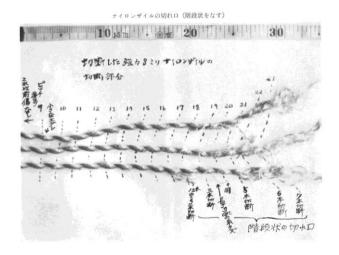
- [2]岩稜会『ナイロンザイル事件報告書』、1977年7月。
- [3]中日新聞、1955年5月1日。
- [4]製品安全協会『登山用ロープ安全基準調査研究報告書(昭和62年度)』、1988年3月、p.20。同報告書は昭和55年度から6冊刊行されており、ロープの切断面の顕微鏡写真、長期曝露実験など、重要なデータが記録されている。歴代の委員には石岡繁雄、金坂一郎、坂下直枝、遠藤二郎などの名前がある。
- [5] 岩稜会(1977年) p.8。
- [6] 同書、p.5。
- [7]日本山岳会編『山日記』1956年。
- [8] 日本勤労者山岳連盟『山と仲間』1971年1月号、『岩と雪』1972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)、山と渓谷社、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 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\_SchefieldUniv.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。