RIIS-TN-83-5

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1984

C.T.A. を用いた災害分析法について

鈴木芳美

労働省産業安全研究所

C.T.A. を用いた災害分析法について*

鈴 木 芳 美**

The Method of Analysis on Industrial Accidents by Causal Tree Analysis

Yoshimi SUZUKI**

It is commonly recognized that occupational accidents occur as the result of a concatenation of various factors. From this point of view, it is necessary to investigate the process of occurrence of the accident in order to establish the effective safety measures. As an important clue to these investigations, what is brought to attention is the systematic and quantitative analysis on the relationship between various factors of accident, and on the interaction of these factors.

This paper deals with the CTA (Causal Tree Analysis) method in the hope to apply its usefullness not only for the countermeasure of occupational accidents, but also for the method of analysis on the process of occurrence of the accident. Though the CTA is an a-posteriori method (Table 1), it can be considered to be one of the approaches to predicate clearly and facilely the relation between various incidents which will lead to an accident.

In this paper the principal of CTA and its necessary steps in operation are firstly presented in outline, i. e., the formation of a diagram of accident (causal tree), the notion of PFA (potential factor of accident) (Fig. 1～4, Table 2～3).

Secondly, as an example of usage of the CTA, some accidents which occurred in several sites of construction work are studied, thier diagram of accident being indicated (Fig. 5～9).

Then, some interactive types of PFA are arranged and classified, and these were presented as a matrix (Table 3).

Finally, 50 accidents caused by slope-failure and rock-fall in cutting work sites are studied by using the CTA method. Concerning these accidents, the frequency of factors of accident and the relationship between these factors are obtained (Table 4). With these results, it is noted that, although this type of accident is principally dependent upon the factors of physical environment, there is yet other factors occupying about 60 per cent of total number of all factors which took parts in the process of occurrence of accident. These results were discussed in detail, comparing with an independent study, as one of the simple applications of the CTA. It is clarified that the results obtained in this research would be the fundamental data for the further examination of the internal structure of occupational accident ; for example, examining the difference of the structure according to the industrial branches, the sort of work and the type of accident.

---

* 1983 年 9 月 土木学会第 38 回年次学術講演会で一部発表
** 土木建築研究部 (Civil Engineering & Architectural Research Division)

1. まえがき

労働災害の防止対策を検討してゆく場合，昨今では各方面で「災害」を「あるシステム内での人間の死傷あるいは資機材の損失・損傷をもたらす最終的な事象」と位置づけて考えるいわゆる「システム安全」の問題として捉える考え方が浸透しつつあるのは衆知のとおりである。このような考え方は，種々の要因が複雑に影響を及ぼし合って発生する労働災害に対してその発生状況や背景を適確に把握し理解する上で，単に各種産業活動の最前線である現場で行なわれるべき実務的な安全活動に対してのみならず，より一般的な視野に立った安全研究の分野にとっても必要かつ有効な考え方でもある。

また労働災害に対して，数量的に災害の予測や安全性の評価を行ない科学的に予防策を講じてゆく際にはこのような考え方が必要不可欠なアプローチであるとも言えよう。

しかしながら，労働災害の発生可能性について定量的評価を行なおうとする研究あるいは労働災害の発生過程に関して定量的な解析を行なおうとする研究は，未だ数多いとは言えない注1)。

その理由のひとつは，労働災害の発生に複雑な影響を及す要素の中には，例えば人的な要素・マネージメントに関する要素など不確定・未解明な要素が，純技術的・純工学的な要素以外にも多数存在しているからであると言える。したがって種々の不確定・未解明な要素とその作用メカニズムとが解明されぬうちは，あるいはそれらの取扱い方が解決されぬうちは，労働災害とその背景にある諸状況をあるモデルとして，すなわち労働災害をある限られたシステム内に生起する諸事象の最終結果として定義してゆくことに困難を生ずる場合が多い。結果として労働災害を現実の姿に近い形で定量的に解析・評価することはなかなか難しい問題として残されたままとなっているのが現状と言える。

特に建設工事における労働災害を取りあげた場合には，建設業が有している幾つかの特異性，すなわち基本的には労働力集約型で重層下請制度に支えられ生産場所が受注に応じて移動する産業である[4]ことを想起するとわかるように，他産業の生産活動に比較して，自然条件の影響の大きいこと，屋外作業の多いこと，構築物や使用機械・動力の多種多様なこと，未熟練・非技能工の就業の多いこと，作業状況・内容・条件等が終始変動すること，などの点で，発生する労働災害を考慮する際のシステムの想定を一層困難なものにしていると言える。

以上のように労働災害をシステム安全の問題として取扱う場合の困難性は枚挙に限りがないが，基本的には以下の4点に集約できるであろう。

i）どのようなシステムを定義するか

ii）システム内の状態・状況・条件の変化・変動をどのように捉えて定義するか

iii）災害発生に至るプロセスの推移はどのように捉えて定義してゆくか

iv）人的要因をどのように評価し定義してゆくか

一方，労働災害の分析研究を行なうにあたっては，上記の4つの問題点を念頭に置いた分析がなされねばぬことも当然であろう。ところで，従来各方面でなされて来た労働災害の分析研究の中には，個々の労働災害についてその災害発生に至るプロセスについてその詳細を前述のような視点に立って吟味したものは少ない注2)。

個々の具体的な労働災害には各々個有の背景・条件・要因等が存在するためその分析結果をそのまま一般化することは期待できないのは当然であるが，災害発生に至るプロセスの推移についての検討は労働災害をシステム安全の問題として考えてゆく際にも不可欠な事項であり，個々の災害分析結果を整備することがその後の災害防止の検討の際の基本となることを忘れてはならない。

本報では，以上のような点を考慮した上で，災害分析手法としてC.T.A.を取りあげた。C.T.A.自体は目新しい手法とは言えない面もあるが，個々の災害事例に対して適用することにより得られる分析結果は，その分析の過程を通して個々の災害が発生に至ったプロセスを詳細に吟味することも意味し，労働災害の分析研究のひとつの方向を示すものと言えよう。その意味で本報は，労働災害の発生プロセスの推移解析に関する研究の前段として行なったものである。プロセス推移の解析に関しては割愛し別報[7]に譲ることとし，本報ではC.T.A.の考え方及び実施方法の概略について幾つかの具体例を併せて紹介すること，及び「建設工事における労働災害」に対するCTAの適用を検討することのみに触れることとした。

注 1) 労働災害の定量的評価を目指した研究には，例えば全体的に災害発生の動向を俯瞰したものとして花安[1]，また具体的な工場等での事例を取扱ったものとして，近藤[2]，MERIC 等[3]などの報告を挙げることができるが，この種の研究は未だ数多いとは言えない。

注 2) 例えばD.MOYEN 等[5]，J.SAARI 等[6]など。

2. C. T. A. の概要

2.1 概　略

C. T. A. は Causal Tree Analysis (Analyses d'accident par arbre des causes) の略称で「原因樹法」「原因樹分析法」などと呼ばれている。1970 年代に I. N. R. S. 注3) を中心に開発・確立された災害分析手法で，現在ではフランス・ベルギーなどの EC 諸国や北欧諸国を中心に，製糖工場から兵器プラントに至るまで広汎な分野で採用されている。特に昨今は，製造工場等で発生する労働災害の原因調査及び調査結果の管理・活用などの面で現場と密着した実務的手法として適用されるようになっている。

本法は，災害が a) 人的要素，b) 作業内容に係わる要素，c) 物・機械・技術等の要素，及び d) 組織的・社会的な環境の要素の 4 つの要素が各々時間の経過と共に相互に関連して発生するものとして捉え，発生した個々の災害について，個別的にその発生状況の推移を検討することが中心となったアポステリオリな分析法のひとつである。

したがってその内容は，本来的には個別的・定性的な色彩が強く，実際にも調査結果を災害情報として管理しその活用をはかることに重点が置かれていることから，現場向・実務担当者向の手法として活用されるようになった。

C. T. A. の根幹は，前述のような各種要素を生起した事象として忠実に具体的に表現し，それらを論理的かつ時系列的に樹技状に結びつけた C. T. (原因樹；Arbres des Causes) を作成することによって，災害の発生状況を視覚的に捕えることにある。この点では，F. T. A. とよく類似しておりオリジナリティがあるとは言えない。また C. T. A. 自体は，現時点では数量的な処理を目的としたものではないこともあって定性的な手法にすぎないとも言える。

しかしながら本法には，時間経過の要因を捨象することなく災害発生のプロセスを追跡する側面を多大に残していると言う特徴があり，この点では後述するように，F. T. A. 等の分析手法を補完する位置にあるものと言える。特に災害発生に至るプロセスの推移を時系列的に検討する場合には基本的で有効な考え方を提供する分析手法と成り得るものと考えられる。

2.2 位置づけ

労働災害の分析をシステム安全分析の問題として取扱うにあたっては，前述のように

i) 種々の事象・要因の同定とその定義づけ

ii) 上記の事象・要因の相互の関係の明確化

と言う 2 つの側面からの考慮が成されねばならない。

このような考え方の下で，M. T. HO は災害の分析法を，その分析実施状況と分析実施方法とから表 1 に示すような 4 つのカテゴリーに分類して考えるべきであると提唱している[8]。

すなわち，対象となる望ましくない事象（災害とか事故；以後単に対象事象と呼ぶ）に関して，分析実施状況からのモードとしては対象事象の発生前にそれに至る様々なプロセスを予測検討する先験的分析（タイプ I），また対象事象の生起後に実施する後験的分析（タイプ II）の 2 種があり，さらに各々について分析実施方法からのモードとして，原因から結果へと順次解析を進めてゆく演繹的なもの（タイプ 1）と対象事象を前もって与えて先行する諸事象へ，すなわち結果から原因へと逆上りながら解析を実施する帰納的なもの（タイプ 2）とがあるとしている。

労働災害を事前に防止すると言う立場からは，タイプ I の分析が重視されるのは当然であるが，システムに対する知識が不完全な場合，システムが複雑な場合，システムの性質の変化が重大な意味を有する場合あるいはそれらを予見することが難しい場合などは，タイプ II の分析による充分な補完が成されなければタイプ I の分析結果を有効なものとすることが出来ないことも当然であろう。

本来，タイプ II の分析は対象事象が生起するに至った唯一のプロセスを再構成すると言う性格を有するものである。しかし例えばあるヒヤリハット事故などについてのタイプ II の分析結果がそのままより重大な災害・事故についてのタイプ I の分析とみなせ得ることからもわか

表 1　災害の分析法のタイプ分類

分析実施方法 ＼ 分析実施状況	タイプ 1 原因→結果	タイプ 2 結果→原因
タイプ I 先験的分析	タイプ I -1 (ex F.M.E.A.)	タイプ I -2 (ex F. T. A.)
タイプ II 後験的分析	タイプ II -1 (ex E. T. A.)	タイプ II -2 (ex C. T. A.)

注 3) フランス国立労働災害防止・職業病予防研究所：Institut National de Recherche et de Sécurité pour la Prévention des Accidents du travail et des Maladies Professionnelles の略称。

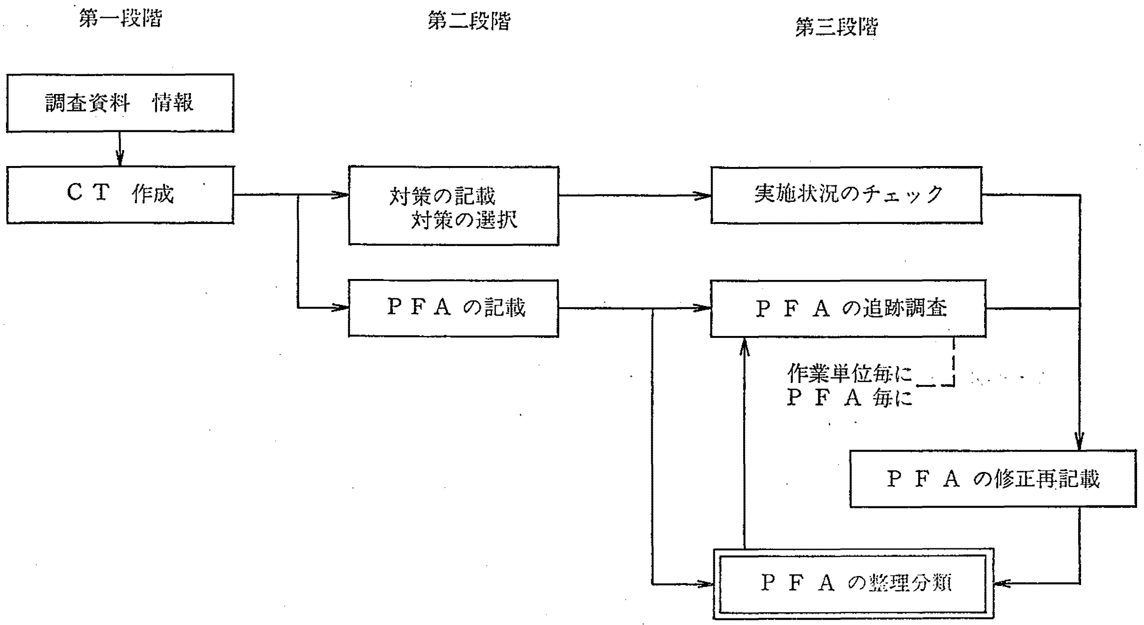


図 1 CTA の実施手順の概略

るように，類似事象に係わる種々のプロセスを吟味してゆくことによりタイプⅡの分析は自らタイプⅠの分析に移項し得るものであると言える。

このように災害分析は，前述の4つのカテゴリーの分析が充分に相補しながら実施されなければ完全なものとは言えない。これまでの各種の分析手法は多少なりともこの4種のカテゴリーに位置づけられる段階や手続きを含有している。したがってこれまで災害分析に適用されている信頼性分析手法等をこの4カテゴリーにむりやり位置付けるのは妥当とは言えないが，あえてそれらの主要部分のみを強調した場合には各々表中に示した手法を想定できるであろう[注4)]。

3. C.T.A. の実施手順

C.T.A. を実施する場合，その手順・内容には解析の目的・精粗等により差異はあるが原則的には，図-1 に示すような段階すなわち

ⅰ）災害データの整理・編成

ⅱ）対策の検討と P.F.A.[注5)] の記載・登録

ⅲ）対策実施のフォローアップと P.F.A. の整理

の3段階より成立つと言ってよい。

通常の現場等では概ねこの3段階までで必要な措置・改善の実施やそのための資料は十分得ることが可能と考えられる。一方，労働災害の分析研究の立場からは，次段階として，さらに上記の P.F.A. 等を用いた種々の分析を通して災害のモデル化やその解析を行なう段階が続くことになろう[注6)]。ここでは上記3段階の中で，現場等での実務上必要な手続等に関する点については省略し，C.T.A. の基本的な事項である C.T. 作成と P.F.A. に関する事柄を取りあげその概略のみを示すことにする。なお詳細な理解には参考文献[9]等が有用である。

3.1 災害データの整理・編成

3.1.1. 災害情報の収集

労働災害の分析は，災害に関係した事象についての情報を収集し整理することにより開始されるのは自明のことであり，あらためて述べるまでもないが，C.T.A. の場合はその性格から特に災害発生に先行した諸々の事象(以降「先行事象」あるいは「先行状態」と呼ぶ)を吟味することに重点が置かれる。したがってこの段階で留意すべき事項は常識的なことながら以下のとおりである。

ⅰ）あらゆる情報を可能な限り収集すること

ⅱ）推測・予断を排除すること

注 4) これまで各種信頼性手法を災害分析に適用した例の中には，それらの手法の主要部分のみを強調するあまり，必要な手続き等の欠落した全体としては不完全な分析例も多く散見される。表中の各手法例についても，各カテゴリーの手続きが省略されるものではないことを強調しておきたい。

注 5) Potential Factor of Accident の略，災害潜在要因，3章3項で詳述。

注 6) PFA を用いた解析例については，本報では触れないが，PFA の集計結果を用いて簡単な考察を行なった例について第4章で触れる。

iii）あらゆる階層・部門から情報収集すること

iv）具体的・客観的事象のみを採用すること

v）非通常的事象に注意すること

vi）変動・変更のあった先行事象に注意すること

vii）災害発生に寄与した通常的先行事象の吟味に留意すること

viii）災害発生近傍（時間的・空間的）の事象のみに留まらずなるべく逆上って検討すること　など

3.1.2.　災害情報の整理

収集された情報は，通常種々雑多で断片的なものであり，これらをある単位を基準として整理する必要がある。この段階では前述の留意事項にしたがって補足調査の必要性が生ずる場合も少なくない。

C.T.A. では上記の単位として「アクティビティ」と呼ぶものを考慮している。

これは「あるゆる産業活動もそれを細分化してゆくと最終的にはあるひとりの人間があるひとつの作業（目的）のためにある機械・道具・技術等を用いてある物理的あるいは社会的な環境の下であるひとつの活動を行なうことで構成されている」と言う考え方から由来したものでこの最終的に細分化された活動状況をアクティビティとして整理の基準とすることとしている。

このアクティビティを決定する観点は

i）人間・作業者に関する要素　（記号 I）

ii）作業・作業に伴なう行動に関する要素（記号 T）

iii）物・道具・機械・技術に関する要素　（記号 M）

iv）作業環境に関する要素　（記号 E）

の4点であり，整理の際には先行事象・対象事象の各々についてこれらの要素を把握し整理する必要がある。すなわち C.T.A. で扱う事象は上記の4つの構成要素についての変化・変更の状況を表示したものと考えることができる。

3.1.3.　CT 作成とその構成様式

CT 作成は C.T.A. の根幹を成すものでありその際の留意点は次のとおりである。

i）CT を構成する要素は災害情報に基づいたひとつの事象であること

ii）その事象は各々が他事象と分離・区別されたものであること

iii）当然のことながら推測・予断を含まぬ事象であること

iv）調査の精粗にもよるが十分な調査・吟味の裏付けの成されたものであること

このように整理された事象について定められた形式にしたがって論理的かつ時系列的に事象間の連結を進めて CT を作成する。

連結の形式は基本的には図-2 に示した「連鎖」「分離」「結合」の3タイプである。連結の際に対象となる事象について，それが非通常的な事象であったかあるいは災害発生の有無にかかわらず日常的・恒常的な事象であったかの区別を考慮する必要がある。この区別の必要性は「ある開口部に防護柵がない」と言う事象を例にとった場合，たまたまその時点に限って何らかの理由により防護柵が取外されていた場合と終始防護柵の設置が成さ

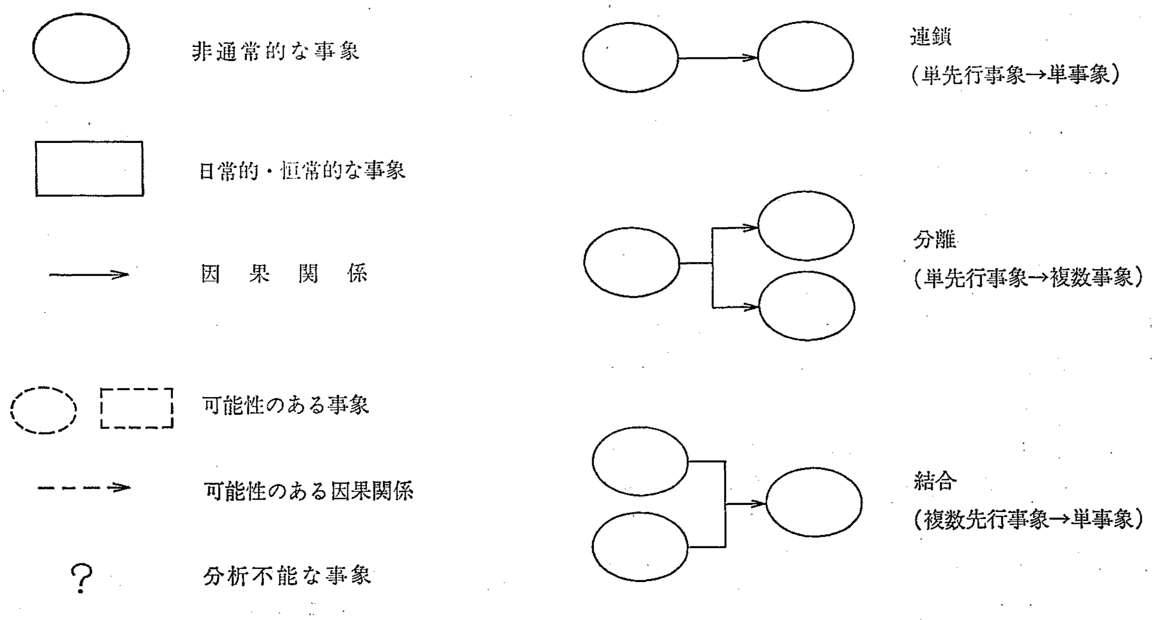


図 2　CT の記号と表示法

れていなかった場合とで大きく意味する所が異なってくることからも理解できよう。CT 樹中ではこの事象を，○と□で区別して図示する。また CT では通常「対象事象」を右端に，「先行事象」を順次その左端に記して図示を行なう。

CTA の CT 構成段階にあっては，事象の結合タイプの性格は FTA の場合の AND ゲートに相当する性格のもののみしか出現しない。FTA では条件ゲートで示されるような結合タイプも CTA では同一表示となる。これは CTA の性格を考慮すれば理解できよう。この時点で推測・予断を伴う事象をどうしても避け得ぬ場合には，？や---→などの記号を利用するのも一つの方法である。

3.2　災害防止策の記載と選択

この項は現場等で実務的に C.T.A. を実施する際の事項なので本報では基本的な考え方のみについて触れる。

これまでに災害分析に対して適用された F.T.A. を参照すると例えば災害発生確率を求めるなど定量的に F.T.A. を実施したものは少なく単に定性的な F.T. を作成しただけに留まったものも多い。しかしながらこれらの定性的 F.T. も災害の全容を把握したり災害の原因究明にかなりの効果をもたらしているものが少なくない。

C.T.A. の第2段階は，作成された C.T. を用いて災害防止策を検討することであるが，これは F.T.A. における F.T. の定性的利用に相当する段階と言えよう。

災害防止策としては，比較的応急措置的なものと根本的改善を目指すものとがある。現場によっては前者のみで事足りる場合も多い。

得られた C.T. を用いて災害防止対策を考慮すると言うことは，具体的には CT の中に表示された個々の事象を CT 中から消去するための手段を検討することである。この場合には如何なる対策，手段であっても考慮外とせずに事象のひとつひとつに対応させながら列記し記録（対策記録表）として残してゆくことが肝要であり，このような作業を系統的に積重ねることが C.T.A. の効果を上げることにもなる（図-3 参照）。

実際の現場では，ここであらためて述べるまでもなく災害防止策は，その効果・経費等を検討した上で適宜選択がなされていよう。しかしこれらの防止策は，次の第3段階でその実施状況や効果をチェックすることと同時に，後述する P.F.A. の検討を加えることにより真の災害防止策となり得る。応急措置的な防止策の中には，災害発生危険の移動[注7)]や防止効果の継続性等の点で十分な検討が必要なものも少なくない。

3.3　P.F.A. の概念とその利用

P.F.A. は Potential Facter of Accident (Facteur potential d'accident) の略称であり「災害の潜在要因」と言う意味あいのものであるが，C.T.A. の特徴を示すもののひとつである。これは CT 中に出現した個々の具体的事象の各々について，それらの事象が有する様々な共通性を検討して分類・表現したものである。すなわちアクティビティ要素あるいはその相互関連状況等から事象あるいは事象の繋りの中で共通的なものとして括れるものを一般的な表現で示したものである。

したがって P.F.A. には，i）災害発生前に存在する要因である，ii）アクティビティ要素の相互作用の形態のものが多い，iii）通常はそれだけでは特に危険であるとはみなされないものが多い，等の特徴があるのが普通である。

表-2 には実際に作成された CT の中から幾つかの事象の繋りと流れの例を示したものであり，これらはすべて「作業内容に合致しない物・機械等の使用」が「物・機械等の使用に伴なう作業の乱れ」を生じさせ災害を発生させる上で大きく作用した例である。このように災害が生じるうえで，幾つかの事象あるいは事象の繋りで共通的な性格を有するものをまとめたものが P.F.A. である。

これらの P.F.A. は，アクティビティの4つの要素

表 2　PFA（作業内容に合致しない物・機械等の使用による作業の乱れ）の具体的事例

その 1*	その 2**	その 3**	その 4**
電気配線応急修理	土止め用H鋼の取扱・運搬	安全帯用メーンロープを他目的に使用	抜木根作業
↓	↓	↓	↓
旧配線図を参照	スクレーパのバケットを使用	安全帯使用不可能	バックホーを使用
⇓	⇓	⇓	⇓
配線エラー	荷(H鋼)不安定な運搬	安全帯非携帯	コントロール・応答性の不十分な牽引
↓	↓	↓	↓
短絡	荷崩れ，倒壊	墜落	木根の急激な抜け

* MERIC[9] より，** 筆者分析例より

注 7) 対策を講じることにより対象外の全く別個の災害発生の可能性を生じること，例えば「騒音対策としてのイヤーマフ着用の結果，連絡合図等に不徹底が生じる」など。

対策記録表

災害事例番号	発生部門場所	発生事象	対策	P F A 潜在要因

対策記録表の記載例

採択対策	P F A
掘削場所が岩盤であっても土止め支保工を設ける。	不適切な土止め支保工
掘削面の点検を強化する。	不十分な掘削面の点検
ヒューム管敷設を終えた箇所は直ちに埋戻しをする。	不適切な作業計画 (不適切な工程)
掘削面に露出する水道管の損壊をつり防護・受け防護を行い防止する。	市街地工事での作業計画が不十分
市道通行車を徐行運転させる。	同　上
⋮	⋮

PFA　の整理

I	作業者に係わる要因	被災者　災害に係わる事象に関連する活動を行う作業者 ex 高齢　疲労　他
T	作業内容に係わる要因	上記の作業者により機能していた作業 ex 高所作業　準備不足不適確作業　他
M	機械用具物質に係わる要因	上記の作業遂行上用いられるすべての物 ex 老朽化機械　危険有害物質　他
E_p	作業環境，作業場所に係わる要因	物理的作業環境 ex 危険有害環境　非衛生環境　他
E_s	社会環境，作業組織に係わる要因	社会的作業環境 ex 企業内管理体制　施工計画の不適　他

対策実施状況のチェック

採択対策	新規	部門場所	実施予定期日	責任担当	実施期日	実施未実施	評価

PFA　の検討

図 3　災害防止策の記載とその後の流れ

表 3　PFA のクロス表による整理

		他要素により影響を受け変更を来すアクティビティ要素				
		I	*T*	*M*	*E*	
					E_p	E_s
他要素に影響を及ぼし，変更を生起させるアクティビティ要素 *I*		作業者相互の連絡に関する障害 ・作業者間相互の連絡合図の欠陥 etc.	作業の乱れを生ずるような作業者の行動存在 ・非通常作業 ・未熟練工の就業 ・緊急作業 etc.	作業者の行動取扱いに伴なう物機械等の損傷機能退化 ・複数作業者による使用操作　整備等の不良 ・作業者の不適切な行動取扱による機械用具等の損傷 etc.	作業環境へ影響を及ぼす作業者の行動存在 ・人員過剰 (作業半径内へのたち入り) etc.	・部外者の存在による混乱 etc.
T		作業者に対して有害危険な作業 ・作業者に対する有害作業 (ex 作業負荷の過不足) ・作業者に対する不適切な作業手順　作業準備不足 etc.	複数作業相互の関連に伴なう作業への影響 ・並行作業による能率悪化　復旧作業　上下作業 ・複数作業の調整不備 ・作業の強制拘束段取不備 etc.	物機械等に対する不適切使用 ・非通常使用 ・能力以上の使用 ・不均一作業による機械用具等の損傷 etc.	作業環境に影響を及ぼす不適切作業 ・作業法の不適合 (ex 圧気-酸欠空気の漏出) (ex 不適切なこう配での切取) (ex 開口部柵の除去)	・非定常作業による混乱適応性喪失 etc.
M		作業者に対して有害危険な物機械等 ・作業者に対する防護保護の不適・欠落 ・人間工学的欠陥機械，制御装置等の不適 etc.	作業内容に合致しない物・機械等の使用に伴なう作業の乱れ ・作業に不適切な機械用具等の使用 ・機械用具等の欠落不適確使用 ・保護具等の装着による作業能率の低下 etc.	物機械等相互の競合非両立 ・防護不適 ・非両立な物機械相互の干渉 etc.	作業環境に影響を及ぼす物機械等 ・機械用具等の使用による騒音震動有害物質等 ・防護不適 (ex 土止支保工の不適)	・新規機械用具等の導入 etc.
E	E_p	作業者に対して有害危険な作業環境 ・作業者に対する作業場の所欠陥 ・騒音　震動　熱　ほこり　落下物　有害物質 etc	作業に影響を及ぼす作業環境 ・特殊環境下での作業 (ex 夜間工事) etc.	物機械等に損傷をもたらす作業環境 ・特殊環境下での機械用具等の損傷 etc.	作業環境相互の競合非両立 ・環境相互の非両立性 (ex 湧水-圧気圧-漏気)	・第三者公害 etc.
	E_s	・作業グループ内での作業者の不適合 ・組織命令系統不備 etc.	・危険有害作業の採択 (ex 命綱・安全帯使用の拒否) etc.	・点検整備部門，体制の欠落 etc.	・作業環境の放置不整備 ・作業場所の制限 (ex 市街地工事など) etc.	作業グループ間の競合衝突 etc.

で分類・整理を行なうが，実際の P.F.A. は前述のとおり相互作用形態のものが多く表-3 に示すようなクロス表で整理すると効果的である。

建設工事特に土木工事における労働災害を扱う場合は物理的な作業環境の要素が大きく作用しているのはまえがきで述べたとおりであり，このため筆者は，4番目の要素Eをさらに物理的環境（記号 Ep）と社会的環境（記号 Es）と二分して検討する方法が適当と考えている。

これらの P.F.A. の分類・整理により，例えばある災害発生現場個有の，あるいはある特種な災害タイプに対する個有の安全衛生に関する問題点の抽出が容易となる。これらは一方で，さらに C.T.A. を進める際の基

礎資料ともなる。

これらの P. F. A. については，現場にあっては前段階で採択された防止策実施状況のチェックと併せて再検討される。この際，個々の現場では出現した全 P. F. A. についてその消長を，また得られた P. F. A. 毎に他の部門に対してもその有無をチェックする2つの手続きを兼用する（図-1 参照）ことが望ましい。特に建設工事現場のように，一般製造工場等と比較して同一条件の下での長期的・継続的な P. F. A. のチェックが不可能な場合が多い場所では，複数現場の P. F. A. を比較・適用することが必要かつ有効となろう。

4. CT による災害発生状況の表示とその活用

本章では前述の CTA 実施手順の理解のため幾つかの CT 作成例とその結果を用いての簡単な考察の例を示すことにする。

4.1 単純な事例での CT 作成例

本項ではまず CT 理解のために，我々もよく遭遇する極めて単純な事例を引用することにする。これは原材料等を取扱い運搬する際に作業者が腰部を痛めた製造工場での事例[9]で全く同様の事例は建設工事に限らず様々な産業活動の中でも数多く見られるものである。図-4 は本事例の状況及び CT であるがここでは併せて当該事例の対策記録表についてもその一部を示した。

4.2 建設工事における CT 作成

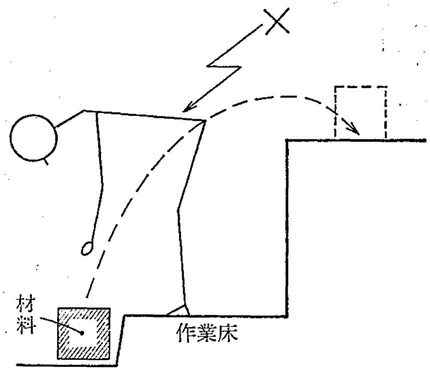
CTA はこれまで主に製造工場等に適用され，例えば比較的単純な生産工程に於ける災害でこれまでは単に作業者の不適切な行動とかミスなどとして片付けられてきた事象の背景にも様々なアクティビティ要素が介在していることを指摘するなどの，有用な手段となってきた[10]。

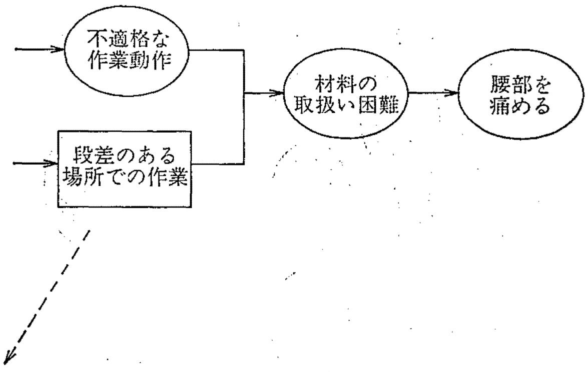
筆者はこれを建設工事で発生した労働災害に対して適用を試みている。

建設工事現場のように各現場で個有の条件・制限が多く，加えてそれらが工事の進行と共に変化してゆく場合は，安全管理も通り一遍のものではなく現場特有の工事進捗に見合ったものが要求されねばならない。その意味では，CTA のような帰納的な手法が建設工事等では有効な場合も多いと考えられる。

ここに示す CT は，幾つかの災害事例について死傷病報告書・災害調査報告書等を中心として得られた災害情報に基づいて作成したものである。したがって CTA を実施する立場からは，災害情報の内容やその精粗等の点で事象間の因果関係・アクティビティ要素の詳細などについて再検討を要する点が少なくなく，作成された CT も比較的粗いものに成らざるを得ないことを付記しておく。

しかし作成された CT の中には，現場の特殊な条件を示す事象が災害発生に大きく寄与していることを示す例も多く，内容的には極めて多様なアクティビティを包含





対策記録表

事象	対策	PFA
不適格な作業動作	取扱訓練	取扱方法の不適
段差のある場所での作業	台車の配備	作業計画の不適
	作業床の改善	作業環境の不適

図 4　単純な事例での CT（MERIC 他[9] より）

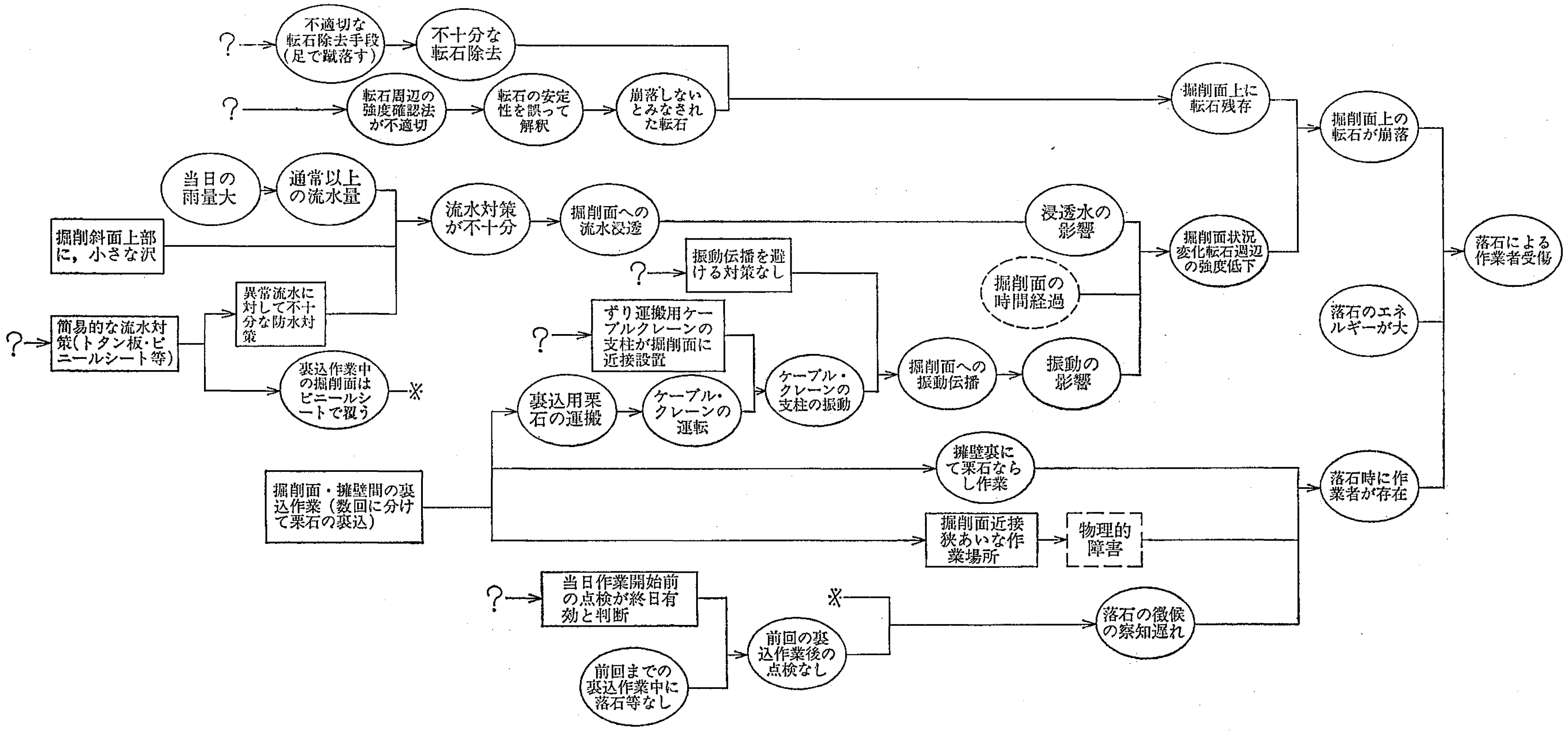
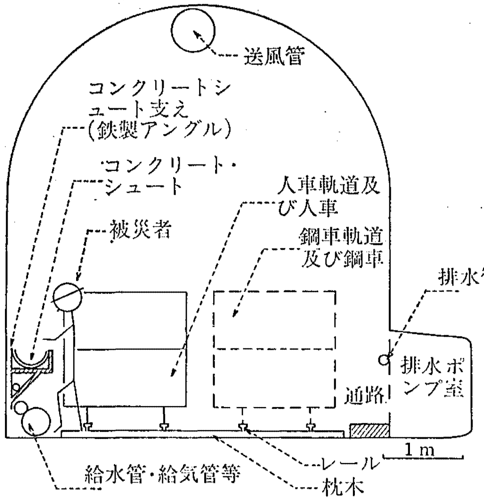


図 5　切取工事における岩石崩落による災害例の CT



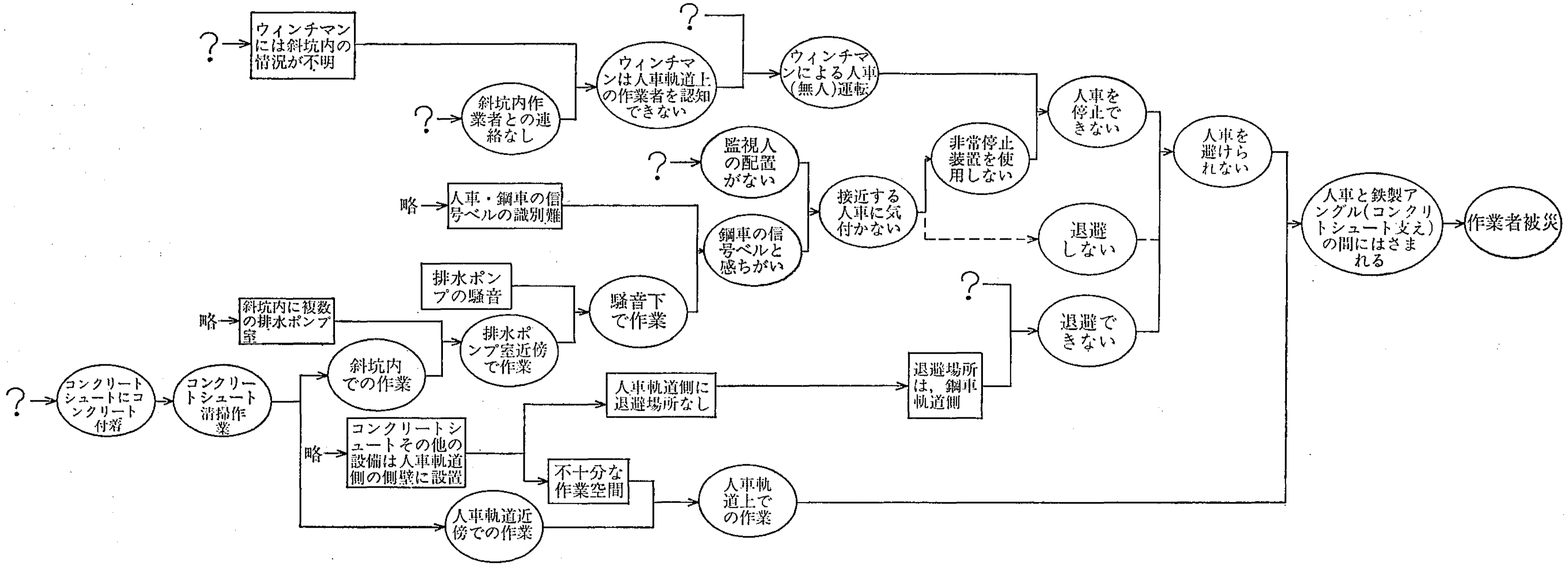


図 6 トンネル工事における軌道災害例の CT

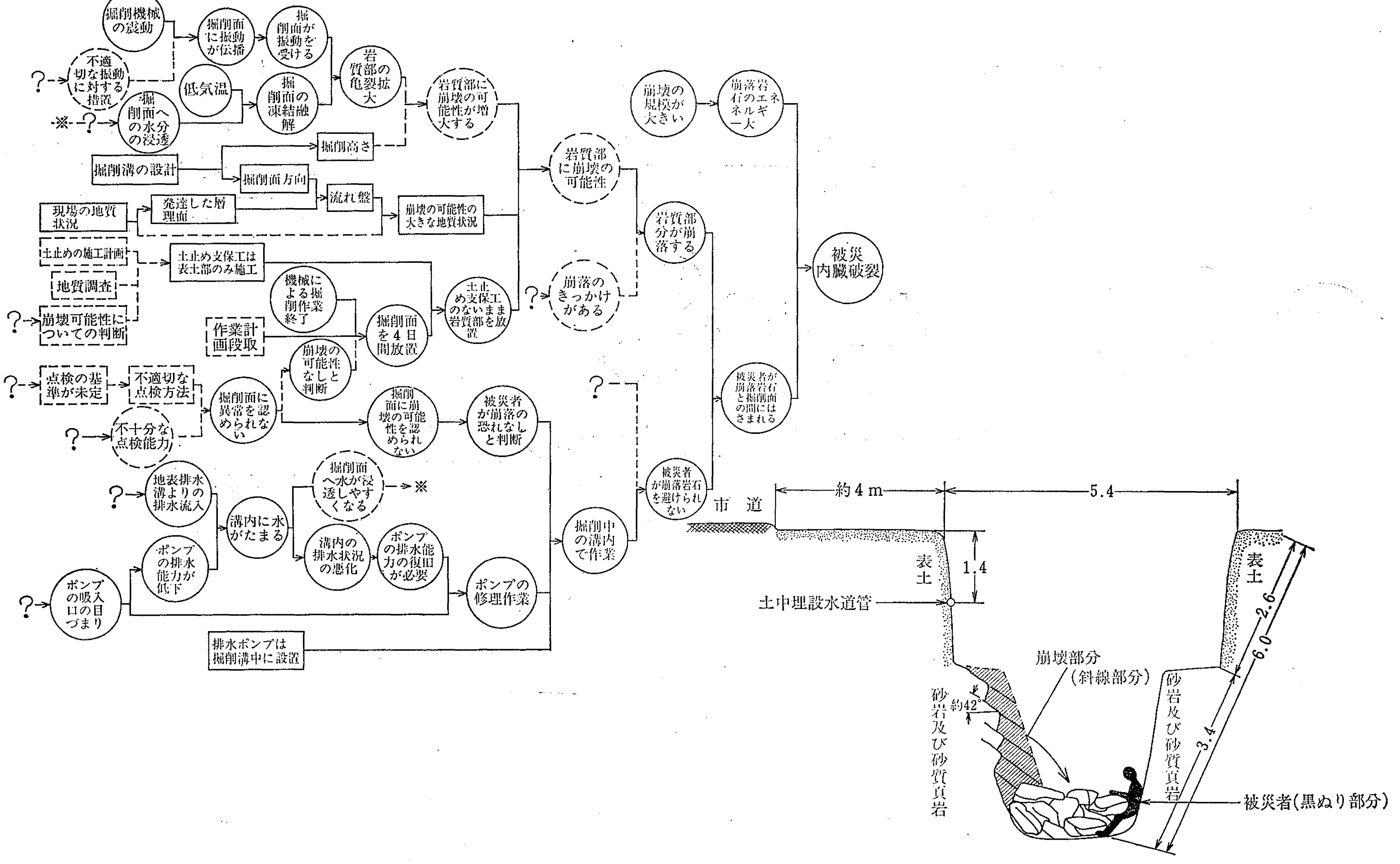
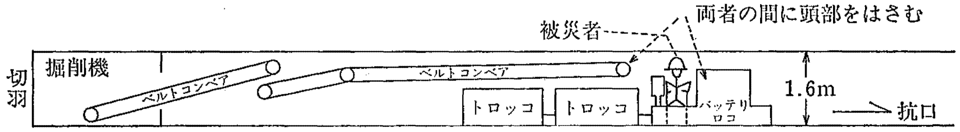


図7　溝掘削工事における崩壊災害例の CT[11]



災害発生状況断面略図

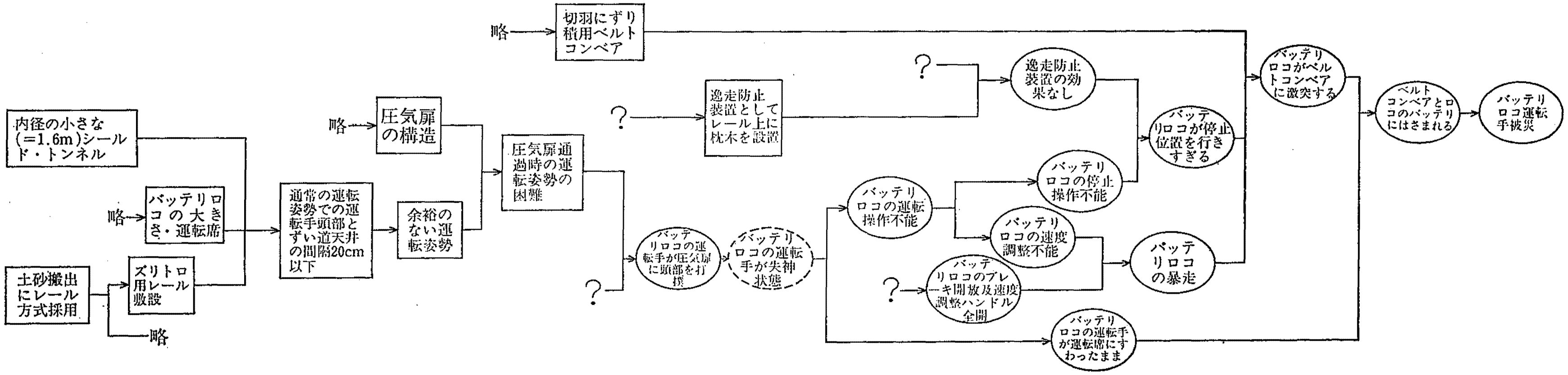


図 8　シールド工事における建設機械による災害例の CT

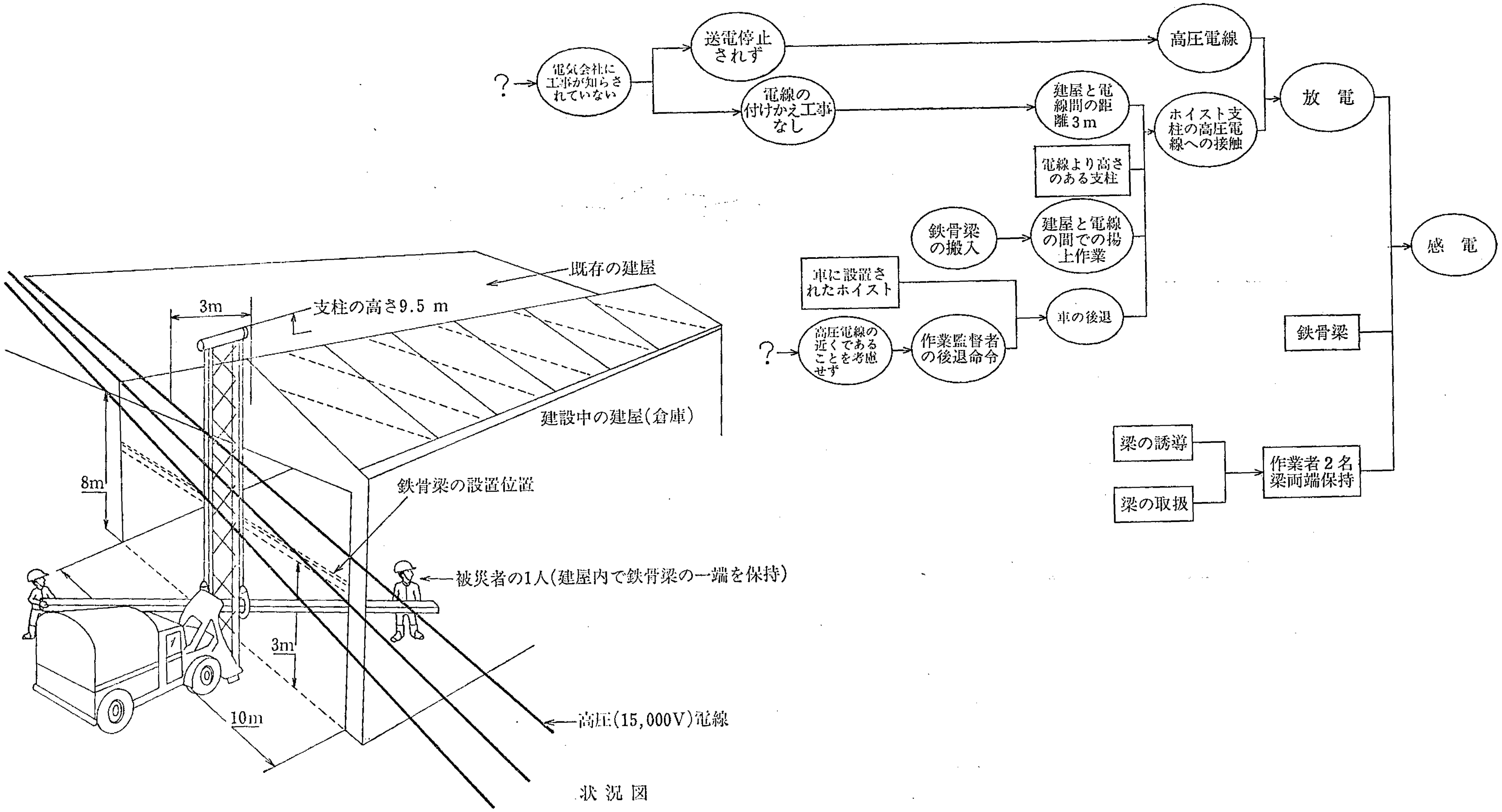


図 9　建築工事における感電災害例の CT (MERIC[12] より)

する建設工事に対して CTA の有用性は十分存在すると考えられる。

図-5～9 の5件の災害事例は，特殊な事例ではなく，筆者の手許にある分析例の中から，切取工事・トンネル工事・溝掘削工事・シールド工事・建築工事の各々よりランダムに1件づつ取り出したものである。なお紙面の都合上，災害発生状況図や CT 中の幾つかの事例を省略したもの・各事象間の時間的位置関係にずれのあるものもある。

4.3 建設工事における PFA の整理

現在切取工事を中心に建設工事に於ける労働災害に対して前項までに示したような CTA を実施し，その結果から建設工事に於ける PFA の整理を行なっている。

PFA には産業別あるいは工事内容別には，その具体的な現われ方を考慮すると一律には論じられぬ側面もありこの点は検討事項として残されているが，基本的には産業別，工事内容別に大きな差異はないものとして整理を進めている。それらをアクティビティの要素のクロス表としたものの一部を示したものが前掲の表-3 である。本表には，建設工事での PFA として現われた具体例を幾つかカッコ内に示した。

4.4 切取工事における土砂崩壊災害の性質

前述 4.2. 項の中で切取工事における災害事例の CT 例を示したが，同様の分析を昭和 52 年中に発生した切取工事における土砂岩石崩壊による災害事例 50 件について実施した。その結果をアクティビティ要素で分類し，さらにその繋り具合をクロス表として百分率で示したものが表-4 である。

各事例の災害情報に基づく分析の精粗の差があり一律には論じられぬ点があるが，災害に関連したアクティビティ要素数は延べ 504 個，災害1件あたりの平均は 10.1 個であった。

切取工事は対象物が自然そのものの地盤であることから特に土砂岩石の崩壊に伴なった労働災害には，他の建設工事に較べて自然環境の要因が大きなウェートを占めるのは当然であり，本結果でも災害発生に関連した要因の 41% を占めている。しかしこれは逆に言えば土砂岩石崩壊災害と言えども災害発生に関して6割ほどの他の要因が存在していることを示している。

その中では作業内容に関する要因が圧倒的に多く（43 %），このことはこの種の工事に付随する多種多様な作業に問題が残されていることを示している。これらの数値の各構成要素間の連続状況を見ると災害発生状況の性質をより一層理解することができる。

表 4　切取工事における土砂岩石崩壊災害の分析結果（要素間の関連）

先行事象のアクティビティ要素		数値%	連続事象のアクティビティ要素 I	T	M	E: E_p	E: E_s	total
I		切取工事	0.8	1.2	0.2	—	—	2.2
		印刷業*	0	1.0	0.5	0		1.5
		鉱業*	0.9	1.7	0.2	0		2.7
T		切取工事	10.7	14.1	2.6	14.7	0.6	42.7
		印刷業*	25.6	42.4	2.0	1.5		71.4
		鉱業*	21.9	18.0	6.8	7.4		54.1
M		切取工事	1.0	1.8	0.4	1.8	—	5.0
		印刷業*	1.0	11.3	2.5	0.5		15.3
		鉱業*	3.8	9.9	3.2	1.7		18.5
E	E_p	切取工事	8.3	3.0	1.2	28.3	—	40.8
	E_s	切取工事	0.6	7.7	0.2	0.6	0.2	9.3
		印刷業*	1.0	8.9	1.0	1.0		11.8
		鉱業*	7.8	9.6	2.0	5.4		24.8
TOTAL		切取工事	21.4	27.8	4.6	45.5	0.8	100.0
		印刷業*	27.6	63.5	5.9	3.0		100.0
		鉱業*	34.4	39.2	2.0	14.4		100.0

* SAARI et al[6] より

表-4 には参考のため，印刷業・鉱業における労働災害について同様の分析を行なった SAARI 等[6] の報告にある数値を付記した。これらは，国情・社会情況の全く異なる地域での結果であり直接比較対象とはできない点もあり，あくまで参考としてのものであるが，異なる産業間での災害発生状況の性質の差を示す手段として興味がある。なおこれらの点については，我国の産業別の差異ばかりでなく同じ建設業の中での工事種類による差異の検討などの幾つかの詳細な考察を行なう必要があり，今後の研究課題のひとつでもある。

SAARI 等は印刷業・鉱業の両者を比較して，両産業間には T, E で構成比が異なること，またこの点は印刷業における災害の大多数が通常作業外で発生していることによると指摘している。また一方で各要素の連続状況を比較して，印刷業での T→T の比率が大きいことの他，E→I，E→E，T→M，T→E などで両者に差異が見られるもののこれらは両者の生産法・作業環境・設備等

の多様性の差異に基づくものであり全体としては類似した災害発生構造を有しているとしている。

切取工事の集計結果をこれらの数値と比較してみると，相対的には Ep の比率がかなり高くなっていること，Mが小さくなっている点が挙げられる。また組合せでは，T→Ep，Ep→Ep が高く，M→T が小さくなっている傾向が示されている。

これはこの分析例が，切取工事の中でも特に土砂岩石崩壊による言わば特殊な災害のみを取りあげたものであることによると考えられる。特に Ep→Ep，T→Ep の比率の高いことは作業そのものが作業環境に大きな影響を与えるようなこの種の工事における災害の性質を示すものと言える。

このように CTA の結果を産業別あるいは工事内容別に吟味することにより，各々の災害の傾向・内容・災害発生の構造等を知る手掛りあるいは災害種類等の分類の手掛りとすることも可能と考えられる。

5. あとがき

以上本報では，災害発生のプロセスを詳細に吟味する分析法として CTA を取りあげ，その考え方と実施法の概略を紹介（表 1～3，図 1～4）するとともに，建設工事における労働災害事例に適用した例を幾つか（図5～9）示した。

各々の建設工事現場では，その現場特有の条件や制限が存在することが多く安全管理もその見地からなされる必要があるが，CTA の適用によってそれらの条件や制限が災害発生に結びつく状況などを比較的わかり易い形で示すこともでき，生産活動としてはかなり複雑で多様性が潜在すると考えられる建設工事に対しても，災害分析の面では CTA が帰納的手法（表-1）ながら十分活用し得ることが判明した。

また土木工事等に CTA を適用した際のアクティビティ要素 E（作業環境要素）を二分し，Ep（物理的作業環境）及び Es（作業組織的・社会的作業環境）として PFA を整理する方法を示した（表-3）。

さらに CTA の結果を災害分析研究へ応用する一例として，切取工事における土砂岩石崩壊災害の PFA の出現頻度を集計し，同様の分析を行なった他産業での例と比較した（表-4）。これらは分析結果相互の比較可能性等について検討を要する点が残されているが，災害発生プロセスの解析や災害発生の構造解析等の災害分析研究の有効な手掛りのひとつとなると考えられる。今後産業別・工事内容別・災害種類別等についての検討を加えて，災害分析研究の手段として有効なものとなるよう CTA の改良・活用を計ってゆきたい。

謝　辞

本研究は筆者が I. N. R. S. に滞在する機会に恵まれた際当研究所で行なわれていた災害分析研究にヒントを得たことが端緒となっている。I. N. R. S. 滞在中に災害分析の基本的な考え方等について，同所の M. T. HO, M. MERIC 両氏をはじめとする多くの方々より頂いた御教示が本研究を行なう上でも大いに有用となっていることを明記して感謝の意を表する次第である。

（昭和 59 年3月 28 日受付）

参考文献

1) 花安；産業安全研究所研究報告 RR-26-3 (1976)
2) 近藤；安全 No. 1, pp. 22～27, (1972)
3) M. Meric, J. Szekely ; Diagnostic de sécurité prealable à la definition d'action de prevention, I. N. R. S. n° 399/RE (1980)
4) 前，花安，鈴木；産業安全研究所技術資料 TN-75-4 (1975)
5) D. Moyen, E. Quinot, M. Heimfert ; Exploitation d'analyses d'accidents du travail à des fins de prevention, I. N. R. S. n° ISSN 0397-4529 (1980)
6) J. Latela, J. saari, P. Piispanen ; Comparisons of two samples of accidents, Journ. Occupational Accidents, Vol. 5, No. 3, pp 177-184 (1983)
7) 鈴木，未発表
8) M. T. HO ; Réflexions sur l'analyses de la sécurité des systémes ; I. N. R. S. n° 1037-85-76 (1976)
9) M. Meric, M. Monteau, J. Szekely ; Techniques de gestion de la sécurité, I. N. R. S. n° 243/RE (1976)
10) M. Darmon, M. Monteau, E. Quinot, D. Rohr, J. Szekely ; Les Facteurs potentials d'accidents, I. N. R. S. n° 200/RE (1975)
11) 鈴木，堀井；第 38 回土木学会講演概要集 IV-164 (1983)
12) M. Meric 氏提供資料（未発表）

産業安全研究所研究報告　RIIS-TN-83-5

昭和 59 年 9 月 17 日　発行

発行所　労働省産業安全研究所

〒 108　東京都港区芝５丁目35番１号

電 話 (03) 453—8441(代)

印刷所　新日本印刷株式会社

UDC 614.8.06

C.T.A を用いた災害分析法について

鈴木芳美

産業安全研究技術資料
RIIS-TN-83-5, pp. 1～16 (1984)

労働災害の分析手法としての CTA (Causal Tree Analysis) の考え方と実施法の概略を紹介すると共に，建設工事における労働災害に対して CTA を適用した例を示した。

また CTA の結果の活用例として切取工事における土砂岩石崩壊による労働災害 50 事例についての分析結果から災害発生要因の出現頻度を示し，他の産業での事例との比較結果を示した。 (表 4，図 9，参 12)

UDC 614.8-06

THE METHOD OF ANALYSIS ON OCCUPATIONAL ACCIDENTS BY CAUSAL TREE ANALYSIS

by Yoshimi SUZUKI

Technical Note of Research Institute of Industrial Safety
RIIS-TN-83-5 (1984)

As one of the methods of analysis on occupational accidents, the CTA (Causal Tree Analysis) is presented in outline, with a few diagrams of accidents which occurred in various sites of construction work.

50 accidents caused by slope-failure and rock-fall on cutting work sites were studied by using the CTA method. Concerning these accidents, the frequency of factors of accident and the relationship between these factors were obtained. Comparing with an independent study, these results are discussed as one of the simple applications of the CTA. (4 tables, 9 figures, 12 references)