

## 工学的基準の体系化と計算機処理 (I)

— 工学的基準の基本的構造について —

Systematic Analysis and Logical Computer

Treatment of Engineering Regulatory Statements (I)

— Fundamental Structure of Engineering Regulatory Statements —

堤 泰治郎\*

Taijiro TSUTSUMI

## 1. ま え が き

近年の産業の発展により、化学プラント、原子力発電所等の産業施設はますます巨大化、複雑化の一途をたどり、これらの産業施設内で生ずる災害が周辺の住民や財産、環境に多大な損害を与える可能性も増大してきた。そのため、各種産業施設の防災対策をいかに行うかが重要な問題となってきた。一般に防災対策には、検査・保守、防災訓練等のソフトの面と施設の設計等に関するハードの面とがあり、これらを効果的に行うために各種の工学的基準が役立てられている。これらの例としては、建築基準法、高圧ガス取締法、消防法、コンビナート保安防災技術指針、および原子力発電所耐震設計技術指針等がある。

このような工学的基準には、施設関係者の安全に対する認識、知識の不足を補い、かつ産業施設を一つのシステムとしてみたとき、システム全体として均衡のとれた安全対策を行わせることを目的として、個々の設備について、材料、設計、施工、検査・保守の名項目にわたり安全を確保するための事柄が定められている。

ところで、化学プラント等の産業施設の個々の設備は、その機能、用途、材料、構造等が非常に多種多様であることもあって、特にわが国では関連する各行政機関がそれぞれ独自に安全のための基準を定めている。すなわち、同一の施設に対して通産省は産業・商業の立場から、労働省は従業員の安全・衛生の立場から、また消防庁は施設等の防火・防爆の立場から、それぞれほとんど独立に基準を作成し施行しているといった具合である。さらに、地方自治体によるものや関連企業団体内での自主基準の規制をも同時に受けることがあり、それぞれの基準の根底にある安全理念が異なることもあって、均衡のとれた効果的な安全対策がなされているとは思えないのが現状である。

そこで、これらの現行の各種関連基準間の相互比較を行い、各基準間に整合性を与え、合理的な基準として体系化することが必要となってきた。またこれに関連

して、産業の発展、技術の進歩、さらに保安・防災に対する社会的理念の変化に伴って、新しく基準を作成する場合や現行の基準を一部改正する場合に、ほかの関連基準との整合性をいかに保つかということも重要な問題となっている。この場合、工学的基準の体系が理工学面の複雑・大規模化に引張られて、あまりにも複雑化、大規模化してしまっているために、これらの体系化に関する総合的な処理を行うには人間の処理能力に限りがあり、電子計算機の助けをかりて、効果的に、かつ十分なる信頼性のもとに行うことが必要と考えられるようになってきた。

本報では、これらの問題を解決するために、まず、各種関連基準の相互評価を行ったり、また新しい基準をシステムティックに作成したりする場合に、規制木なるものを利用することを提案し、その基本的意味、作成方法、および利用方法等について述べる。<sup>1)</sup>

## 2. 工学的基準の体系化と規制木

化学プラント、原子力発電所等の産業施設の保安・防災に関する工学的基準においては、その目的は「ある好ましくない事象を生ぜしめない。」ことであるといえる。そして実際には、産業施設に関する材料、設計、施工、検査、保守、運転、さらに周辺の環境等多くの事柄に関連する各種の事象およびこれらの間の理工学的因果関係等は、このある好ましくない事象の生起に関係している。この場合、その工学的基準の目的さえ明確であれば、その目的を達成するために少なくとも現時点において必要となる規制項目は列挙しようと考えられる。

目的の否定、すなわち「ある好ましくない事象が生ずる。」ということを経上事象とするいわゆるフォールト・ツリーを作成し、このツリーの双対形、すなわち AND ゲートは OR ゲートに、OR ゲートは AND ゲートに変えて、さらに各ノードの命題を否定表現にしたツリーを考えると、その各ノードの命題はそれぞれ目的を達成するために必要となる規制項目を表わすことになる。けっきょく、このツリーはその目的を達成するための完全な基準を表しているといえる。ここでは、この完全な基

\* 日本アイビー・エム

研究速報

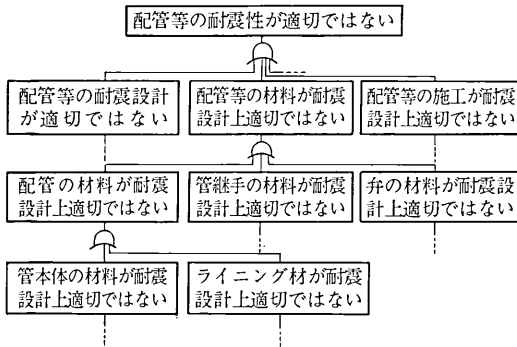


図1 フォールト・ツリー

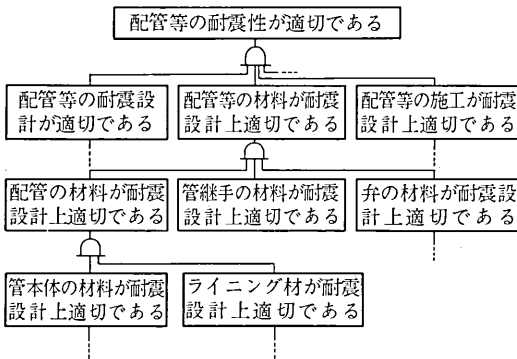


図2 規制木

準のことをその各ノードの命題が規制項目に相当するということから規制木と呼ぶことにしている。

図1に、「配管等の耐震性が適切ではない」という命題を頂上事象とするかんたんなフォールト・ツリーの例を示す。そして、このツリーの双対形、すなわち「配管等の耐震性が適切である」ことを目的とする規制木は図2に示すようになる。

3. 規制木の作成

規制の目的を表現している命題が与えられたとき、規制木がこの命題の否定表現を頂上事象とするフォールト・ツリーの双対形であることを考慮しながら、この命題を AND ゲートまたは OR ゲートによって、より具体的にすなわち分かりやすい表現で言い換えていって、この規制木に関連する工学的基準を理解すべき人々、すなわち基準の実施者等にとってもはやそれ以上は具体的には表現できないというところまでこれを行い規制木を作成する。

次に、規制項目を表す命題の具体化が可能になる場合についてその一部を示す。ただし、ここでは規制を受ける工作物を規制対象、また、ほかの工作物との関係や属

性についての属性値等に関する規制の内容を規制事項と呼ぶことにしている。

(1) 規制対象についての具体化

図3に、「配管等とは配管、管継手、弁である。」という名詞に関する包含関係による具体化の例を示す。

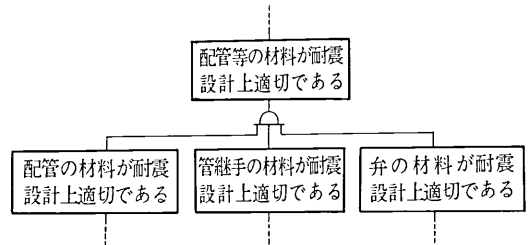


図3 名詞の包含関係による具体化

(2) 規制事項についての具体化

(a) 属性値についての具体化

(i) 「(1次元属性名詞, 形容(動)詞) → (1次元属性名詞, 連体修飾句)」の形式の具体化

図4に、「1次元属性名詞と形容動詞の組・吹出し圧力は適切」が「1次元属性名詞と連体修飾句の組・吹出し圧力はボイラーの最高使用圧力の1.03倍以下」で具体化された例を示す。

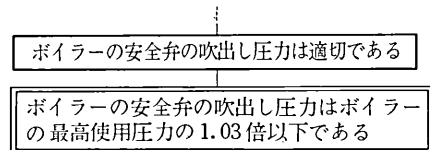


図4 「(1次元属性名詞, 形容(動)詞) → (1次元属性名詞, 連体修飾句)」の形式の具体化

(ii) 「(1次元属性名詞, 形容(動)詞) → (1次元属性名詞, 名詞)」の形式の具体化

図5に、「1次元属性名詞と形容動詞の組・材料は適切」が「1次元属性名詞と名詞の組・材料は JIS G 3454 圧力配管用炭素鋼鋼管」などにより具体化された例を示す。

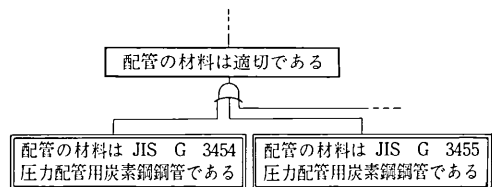


図5 「(1次元属性名詞, 形容(動)詞) → (1次元属性名詞, 名詞)」の形式の具体化

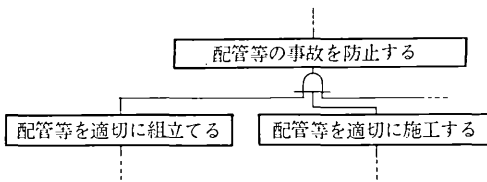


図6・動詞による表現→動詞による表現の形式の具体化

(b) 理工学的な因果関係による具体化

図6に、動詞による表現、事故を防止するが動詞による表現、適切に組み立てるなどにより具体化された例を示す。

以上述べたような命題の具体化の内容について、常識的に可能と考えられるフローをまとめたものを図7に示す。図7において、1次元属性名詞とは、'重量'、'応力'のように1次元属性値をとる名詞をいい、多次元属性名詞とは、'構造'、'機能'のように属性値

が多次元的になるものをいう。

図7における各ノードは一つの命題を表している、例えば、'(名詞句/動詞表現)'では、規制対象が名詞句、規制事項が動詞表現で構成されていることを示している。また、'(名詞句/1次元属性名詞, 形容(動)詞)'では、規制対象が名詞句から、規制事項が1次元属性名詞と形容(動)詞から構成されていることを示している。'(名詞句/1次元属性名詞, 連体修飾句(決定))'は、「この名詞句が示す工作物の1次元属性の属性値をこの連体修飾句で言い表されているようなものに決定する。」というような工作物の設計上の判断を表わす命題である。'(名詞句/1次元属性名詞, 連体修飾句(決定式))'は、「この名詞句が示す工作物の1次元属性の属性値をこの連体修飾句で説明しているような決定式に従って決定する」という命題を表している。'(名詞句/1次元属性名詞, 数式(決定))'は、「この名詞句が示す工作物の1次元属性の属性値を数式によって決定する。」という命題を表している。また、'(名詞句/算定方法(1次元算定属性名詞, 連体修飾句(算定))'は、「この名詞句が示す工作物の1次元属性の属性値を算定方法によって決定する。」という命題を表している。

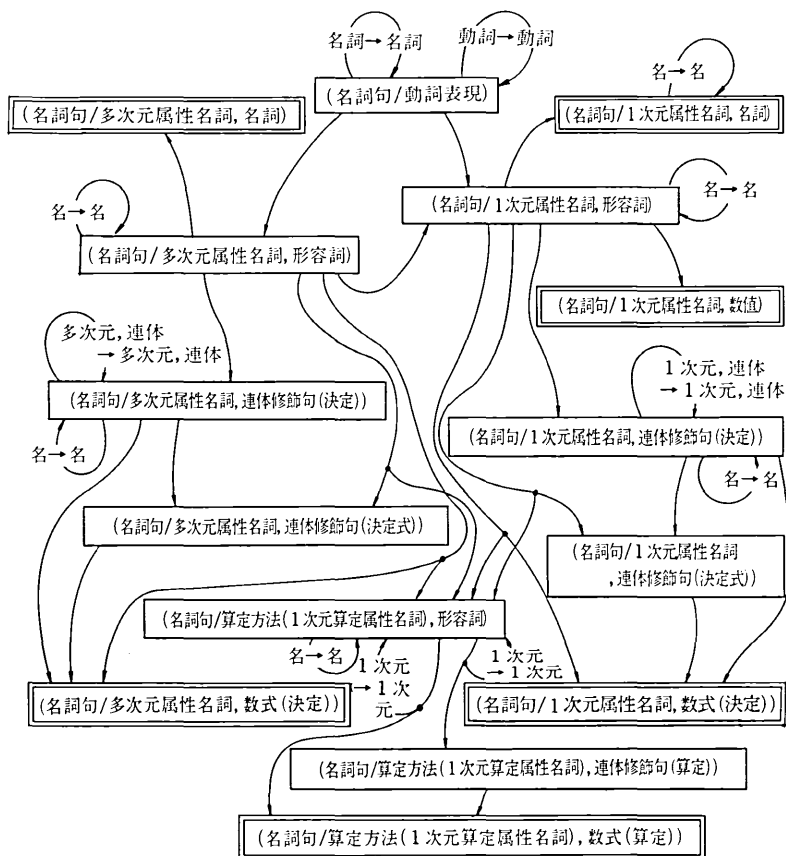


図7 具体化のフローチャート

研究速報

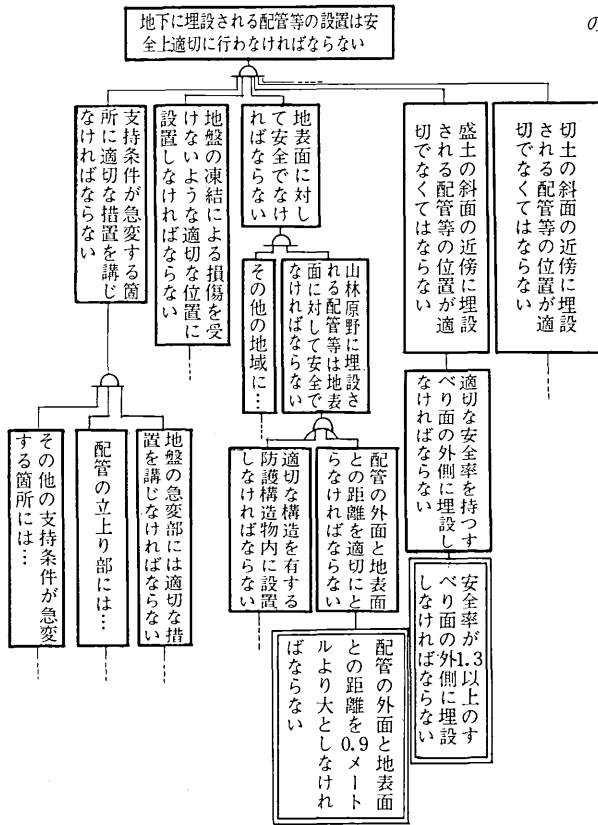


図8 埋設配管の保全に関する規制木の例

詞), 連体修飾句(算定) \* は、「この名詞句が示す工作物についての1次元的属性の属性値をこの連体修飾句で説明するような方法で算定する」というような工作物に作用する外力やそれに生ずる応力等の算定または測定についての命題である。なお、その他のノードについては容易に類推できると考えられるのでそれらの説明は省略する。

一般には、工学的基準類における目的は、図7での、(名詞句/動詞表現) \* で表され、矢印のフローに従ってANDゲート、ORゲートを用いて徐々に具体化され、規制木が作成されることになる。この場合、最終的には、図7に示すように、□ \* で表されるノードで具体化が終了する。

図8に、埋設配管の保全に関する規制木の例を示す。ただし、この場合、各ノードの命題は、「...ねばならない。」という条文の表現に変換されている。

4. 規制木についての考察とその利用

一般の規制木においては、ANDゲートがORゲートよりかなり多くなる傾向にある。この理由としては、規制対象についての具体化の場合には、常にANDゲート

が使われるということと、ある目的を達成するためにどのような処置が必要かということが、従来からの理工学、技術の経験によって大略的にはかなりの部分について確定しているということなどが挙げられる。また、図7の具体化のフローチャート、あるいは図8の例をみて判るように、工学的基準類についての規制木では、数値および数式表現で具体化が終了することが多いのが特徴であるといえる。

規制木は、実際の個々の工学的基準類の背景にある基本構造といえるものであり、規制木の各ノードの命題の表現をそのまま条文におけるような規制の表現に書き換えれば、2.で述べた完全な基準を作成することができる。ただし、この場合には、これは細部にわたって規定された教科書的な基準となる。<sup>2)</sup> 一般には、各々の状況に応じて、適当な個所で枝を切り捨てた規制木をもとにして基準を作成することになる。

このように規制木を利用すれば、整合性を有する適切な工学的基準を作成することが可能となる。また、これを用いると各種の関連基準の相互評価を効果的に行うことができるようになり、工学的基準の体系化に役立てることができる。<sup>3)</sup> 例えば、工学的基準における矛盾、重複を検出する場合には、規制木を基準の背景にある理工学的な因果関係の知識として利用できる。また、規制木の最小切断集合を求めて、それと基準とを比較することにより、規制の脱落・冗長を調べることができる。さらに、規制木の各ノードの命題に対して表現の具体性を考えれば、これにより基準の具体性とそのバランスが評価でき、また、規制木の各ノードの命題に対して、それを実現するために必要となるコストを考えれば、基準のコスト面からの厳しさについても評価が行える。

5. まとめ

本報では、工学的基準の背景にある基本構造として、フォールト・ツリーの双対形に相当する規制木なるものを考えた。これを用いることにより、適切な基準の作成、および各種関連基準の効果的な相互評価が可能になると考えられる。なお、これらの作業における計算機の利用については改めて報告する予定である。

(1978年3月3日受理)

参考文献 1) 堤：機械学会講演論文集, No..770 - 12 (昭52 - 10) 99  
 2) 柴田：生産研究 28巻5号(昭51 - 5) 25  
 3) 柴田，堤：生産研究 29巻3号(昭52 - 3) 95