

デシジョンツリーと PERT —東電工程表に思う—

刀根 薫

今を去る 45 年前の PERT の体験と最近のデシジョンツリーや IT 技術を組合せて福島原発の安定化までの工程計画について考察した。

キーワード：工程表，メルトダウン，PERT，デシジョンツリー，クリティカルパス

1. はじめに

2011 年 4 月 18 日に発表された東電の福島原発復興工程表を見て「一体これは何だ！」と思われた人は多いようである。私にとってもまさに驚愕であった。その後 5 月に出た工程表でも改善は見られなかった。私は原発の専門家ではないので、工程の細部のことは分からないが、このような場合にどのような対処法があるかを方法論の立場で考えてみたいと思う。

2. PERT

日程計画には PERT がよく用いられる。私もさまざまな事例に使ってきた。今回のように先の見通しが困難な場合でも、工夫をすれば使えると思う。かれこれ 45 年前に「新清水隧道工事工程」を当時の国鉄審議室におられた矢部真さん（後に工学院大教授）達と協力して研究したことがある。国鉄信濃川工事局からの依頼であった。上越線の複線化に欠かせない工事である。上越線は表日本と裏日本を結ぶ重要幹線であるとともに、この沿線にはスキー場、温泉、登山等多くの観光地を有している。開業がひと冬遅れるかどうかで国鉄の収益に大きく影響する。新清水ずい道は 1963 年 9 月に着工したが、当初の予想より難工事である。工程に遅れを生じた。そのため 1967 年 10 月 1 日の開業予定が困難視されるにいたった。そこで国鉄では 1965 年に工程の見直しを始めた。審議室を中心にスタッフが集められ検討が開始された。私も審議室から

の依頼で検討会に参加した。すでに着工から 2 年近くが経過しており、残された 2 年間で開業にこぎつけるかどうか問題となっていた。トンネル工事は大別して「掘削作業」、「下水コンクリート」、「覆工コンクリート」、「路盤コンクリート」、「道床コンクリート」、「電化工事」、「試運転」からなる。この中で最も困難な工事は言うまでもなく掘削作業である。掘削作業はさらに細分化すると、「さく孔準備」、「さく孔」、「装薬」、「退避爆破」、「換気」、「ずり出し準備」、「ずり出し」、「支保工」、「当り取り」、「再発」、「パイプ延長」、「測量」、「交替休憩」、「その他」からなる。私は見学のためにダイナマイト爆破の最先端まで入ってみたが、想像を絶する環境であった。掘削作業は以上の作業のあるサイクルタイムでくり返す。このサイクルタイムは地質によって異なり、1 回の掘削作業で約 2.2 メートル進行するのに、地質がよければ 430 分、悪ければ 550 分程度かかる。1965 年 8 月 10 日現在に残された未開通区間は 1,993 メートルであり、その区間の地質は推定するに 4 種類あり我々は 2 つの場合、悲観的（地質の悪い区間が多いという仮定）、普通（経験値からの仮定）を想定した。すでに 2 年間の掘削作業の経験から作業時間の分布はかなり精密に分かっていた。PERT でいう 3 点見積りよりは正確な値である。8 月 10 日の時点で残りの作業の PERT を展開し、それぞれの工区の完了時点を予測してみた。その結果は 3 つの工区（湯檜曾口、土合口、土樽口）のうち最も困難な土樽口の掘削作業が 97.7%（平均 +2 σ ）で完了するのは 1967 年 8 月 16 日であり、それから後続の作業を行うとクリティカルパスが完了するのは 1967 年 12 月 13 日となる。当初の予定 10 月 1 日開業は到底実現不可能であることが判明した。各工区ともクリティカ

とね かおる
政策研究大学院大学
〒106-8677 港区六本木 7-22-1

ルパスは「掘削作業」、「覆工コンクリート」、「路盤コンクリート」、「道床コンクリート」を含み、余裕のある工事も判明した。そこでPERTの本領発揮である。シリーズになっていた「掘削作業」と「覆工コンクリート」、「路盤コンクリート」の一部を並行作業に組替えた。このような変更は現場サイドからは異論もあった。異業種の作業員が狭くて暗いトンネルの中で同時に勤務することは危険が伴うのである。しかしそれを押しきった。国鉄の土木技師野沢太三氏（後に本社施設局長、参議院議員、法務大臣、現在日韓トンネル研究会会長）からPERTの偉業といわれたが、むしろ当時の国鉄の実力と威光というべきであろうか。朝日新聞1966年8月21日号の第1面に「新清水トンネル貫通」と報じている。掘削作業が完了したのである。その後の工事は順調に進み、予定どおり1967年10月1日のダイヤ編成に間に合った。このような成果は優れた現場の指揮官野沢氏とORグループの卓越したオーガナイザー矢部氏の協力が生み出したものである。私がトンネル工事の現場に行ったのは後にも先にもこれだけであったが、貴重な体験とと思っている。ところで東電の工程表にはクリティカルパスもなければ確率の概念もない。そのような考え方はこの企業の企業文化にはないのである。ひたすら安全神話を唱えてきたのみである。今からでも遅くない。検証可能な科学的工程計画を提示されたい。

3. デシジョンツリーとPERTの結合

デシジョンツリーは文字どおり決定の木が次々に展開されていくような状況に用いられる。1本の根（幹）から複数の枝が出て、それがまた枝分かれしていく有向木である。時には森になることもある。このモデルはダイナミックである。一度消えた枝がまた生えたりする。シュワルツネッガーの映画のターミネーターのように、毎日あるいは毎時新しい決定の木が発生し、ある枝や木は除去されて消滅する。それとともに枝の実現する確率やリターンは変化する。しかも霧のなかのように50センチ先は見えるが、その先はおぼろげにしか見えない。しかし時間の経過とともに見えてくる。それだけに手ごわいがチャレンジングなテーマである。現場に熟達した者がランドデザインをする必要がある。東電には過去数カ月の貴重な苦闘がある。そこから学ぶことは多いはずである。サイモンのいうlearning by doingが生かされてしかるべきである。今回の福島原発事故ではデシジョンツリー

の連鎖が見られる。しかも各枝には固有のPERTがついている。デシジョンツリーとPERTの結合は私の知る限り新しい展開である。未開拓の分野であるだけに興味深い。枝の長さはクリティカルパスによって決まるが、確率変数である。3点見積りを用いることになるであろう。同時に人員計画が必要になる。熟練した技術者の数は限られているからである。この要件がクリティカルパスの長さに関係してくる。ここでもPERTで開発された山積み山崩しの手法が適用できる。素人なりに考えたデシジョンツリーは以下になる。まずメルトダウンが起きたか否かで別れる（図1）。その枝の確率は1と0である。

メルトダウンが起きないという枝はそこでとまるが、メルトダウンが起きた枝はさらにその程度に応じて枝分かれしていこう（図2）。

このような枝分かれが最後の葉っぱ（安定化）に至るまでなされる。したがって葉っぱの数は相当なものになるだろう。先端の葉っぱから逆にたどっていくとメルトダウンの枝に達する。ここに一本のパスができる。葉っぱの数だけのパスができる。パス上の枝にはその確率と工程計画がついている。後者はPERTで表されクリティカルパスによってその長さが決まる。したがって一本のパスの生起確率は枝の確率の積となり、長さは各枝のクリティカルパスの長さの和となる。各葉について平均完了期間と確率を計算して、期間を横軸、確率を縦軸にして表示すれば、図3のような完了時点の分布が得られるだろう。下方2.5%点、上方2.5%点を見つければ、95%で完了する期間の下限と上限が求められる。しかも分布付きで、これを仮に「確率付き完了時点表」と呼ぶ。ここでは安定化の葉っぱのみを対象としたが、不安定のまま終わる葉



図1 メルトダウン

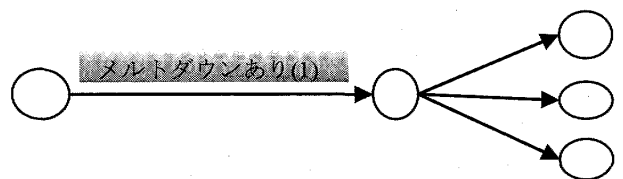


図2 枝分かれ

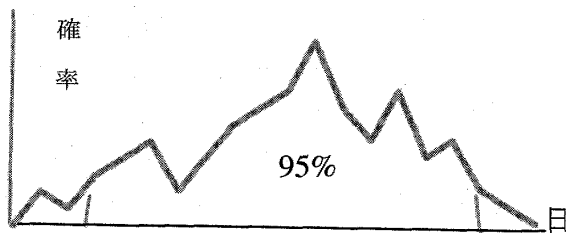


図3 確率付き完了時点

ばもあり、それについても同様の分析ができることを追記したい。

4. システム化と運用

デシジョンツリーとPERTを結合したリスクマネジメントはITを駆使してシステム化して運用することが望まれる。設計段階で必要なことは、(1)全体を見通したデシジョンツリーの構成、(2)基本的な部分のPERT作成、(3)両者を結合する手法の開発であり、特に要員配置計画にはORの手法が有効である。運用にあたっては毎日あるいは毎時の更新が要求される。デシジョンツリーの改訂やPERTの改訂が常時なされるからである。そして全体をみてクリティカルパスがどこにあるかを検出しそれを短縮するための方策を講じる。短縮に成功した場合の確率付き完了時点表を

公表する。逆に新たな困難が発生して、新しいツリーが生えてきて工期が遅れる場合にも公表する。最近東電は日々の電力使用量をリアルタイムで公開しているが、この完了時点表もそのような形で公開することが望まれる。

5. おわりに

福島原発の放射能漏れ事故の影響は甚大である。これを契機として、世界的な原発政策の見直しが始まった。わが国でも将来のエネルギー政策をめぐって議論百出である。そのような目的にはORはリスク管理、ポートフォリオ選択、サプライチェーンマネジメント、パニックモデル、カントリーリスクの各分野で役立つと思う。しかし当面の課題は事故原発の安定化である。そのため本稿ではPERTとデシジョンツリーを併用する方法を提案した。安定化までの将来像を一定の科学的根拠をもとに確率的に示すこと。そしてその日々の変化を公開することは国の内外に向けての重要な説明責任である。今回のような未曾有のリスクに対処するためには想像力と創造力をもった有能な人材を集めて、対処しなければならない。そもそも原発計画の最初の段階から想像力が欠けていたといわざるをえない。想定外などありえない。人災である。