

地下鉄道の火災対策安全基準の改正についての分析

社会基盤学科 A コース 03-080010 佐藤卓夫

1. 火災対策基準改正の背景と本レポート課題の目的

今回のレポート課題では地下鉄道の火災対策安全基準の改正についての詳細分析を行い、それらを元にして新たな問題解決策を述べることにする。

この地下鉄道の火災対策基準の改正は、2003年2月18日に韓国のテグ(大邱)で発生した地下鉄放火事件を受けて、日本における地下鉄道における火災対策基準を改正したものである。実際のこの韓国での放火事件は、発生時刻が午前のラッシュの時間帯であったこともあり死者が196名、負傷者が147名にもものぼる大惨事となった。また、この事件の被害が大きくなった原因は、地下鉄を管理する鉄道会社による所が大きかった。この事件は地下鉄車内の男が車内に引火性の液体を撒いて放火した事から始まるのだが、その電車は駅に停車中であつた。そこで、対向列車に被害が拡大しないように、その駅に列車が進入しないように会社側が制限をすべきだったのであるが、それができなかつたためその列車にも被害が拡大した。さらに、その列車の車掌がドア開閉装置のマスターキーを抜いて一人で逃げ出していたため、仕様上、マスターキーを抜いた事でドアが手動では開かなくなり、車内に人が閉じ込められたことで2次災害が拡大した事が発覚している。

勿論、放火した人間が悪いのであるが、地下鉄を管理する鉄道会社側にも過失が大きく、その責任は大きい。では、こうした事件が発生した場合に被害を最小限に食い止めるためにはどのような対策が必要になるのだろうか。最初に地下鉄火災の原問題と、その対策である「地下鉄道の火災安全対策基準」の改正を既存の対策として、問題点と解決メカニズムの分析を行う。そして、これらを元に新たな解決策を提案することにする。

2. 問題の全体像の把握

(1) 地下鉄火災の問題(原問題、韓国の事例と合わせて)

まず、問題点を箇条書きにして列挙していくことにする。韓国での地下鉄放火事件以前から問題になっていた点は以下の通りである。

①：トンネル内などの密閉された空間での火災が非常に危険であり、火災が起こった際の死者の大部分の死因が一酸化炭素中毒である。これは密閉空間での火災に限ったことではないが、密閉空間ではより大きな問題となる。

さらに、前述の韓国での地下鉄放火事件で明るみになった問題点としては、以下の通りである。

②：乗務員の火災発生時における運転マニュアルや、避難誘導マニュアルが整っていない。

③：正常性バイアスや多数派同調バイアスによる非常呪縛によって乗客の避難行動が遅れ

る。(心理学的要因、正常性バイアスとは、多少の異常事態が発生したとしても、それを正常の範囲内だと考えて、心を正常に保とうとする行動のことで、これが大きく働くと、避難に大幅な遅れが生じる。韓国の事件ではこれが大きな問題となった。)

④：火災発生時には配電盤が焼け落ちるなどして、電源の供給がストップされ、照明が落ちる可能性が高い上に、火災に伴う煙によって視界が遮られるため、避難経路が分からなくなる。

また、地下鉄における火災対策は放火事件以前から行われていたが、この事件によってその対策が不十分であることが分かった。その問題点は以下の通りである。

⑤：車両の素材に難燃材を用いている場合、高温で融ける物質が含まれていると、延焼を防止する機能が働かない。

⑥：非常時には運転司令室が指令を出すことになっているが、火災発生に即座に気付くシステムが整備されていない。そのため、2次災害を起こす危険性もある。

⑦：非常時の車内の避難器具の配置や説明の不明瞭さ(いたずらや誤作動の防止を重視していたため)。

⑧：緊急時のマニュアルがあるが、車掌が判断ミスを犯す可能性が高い。

⑨：既存の火災対策基準では火災の想定をテロや放火などの大火源火災については考慮していない。

⑩：避難経路が一通りしか確保されていない地下駅が多い。全国の地下駅 684 駅中、268 駅が不適合である(2003 年 3 月現在)

調査の結果、大きく分けて以上の 10 個の原問題があることが分かった。

(2) 既存の問題解決策(地下鉄道の火災対策基準改正)

2003 年の韓国での地下鉄火災を受けて、日本ではすぐさま法体制が敷かれ、既存の地下鉄道の火災対策基準の改正がなされた。その中で述べられている解決策は、以下のように 13 個挙げることができる。

駅、トンネルなどにおける施設関係

①：売店の素材を不燃化し、照明、非常連絡用機器などの電気系統を保護するためにトンネル内のケーブルを耐燃化する。

②：2 段落とし防火シャッターを導入するなど、避難時の人間行動を考慮した設計の防災設備にする。

③：地下消防活動の支援用の無線設備や、非常用コンセントの設置。

④：各駅に避難通路を最低 2 通り設けることを義務化

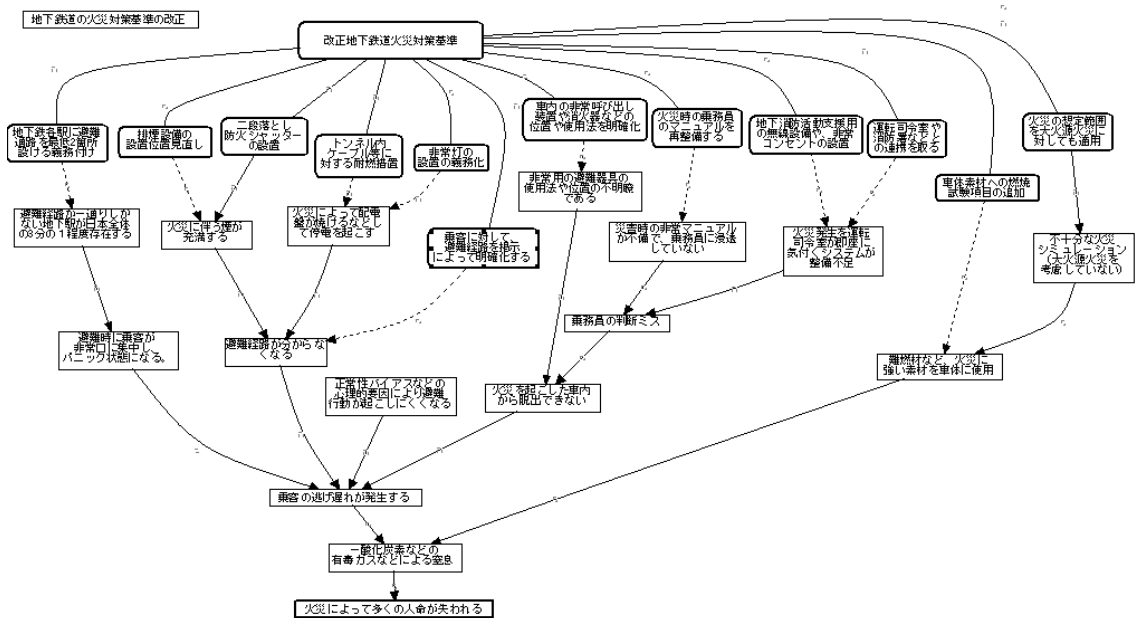
⑤：プラットホーム末端から避難階段までの距離が長い場合には売店の設置を禁止し、その間に非常等の設置を義務付ける。

- ⑥：乗客に対し、駅の避難通路などを掲示によって予め明確化する。
- ⑦：駅構内の排煙設備の設置位置の見直し

地下鉄車両・運行関係

- ⑧：車内における非常呼び出し装置や消火器などの位置を明確にし、非常時に乗客が使いやすくなるようにする。
- ⑨：列車間の連結部分に扉を設けることによって、列車を防火区画化し、車両間での延焼を防止する。
- ⑩：火災時の乗務員の運転、避難誘導に関するマニュアルを整備し、徹底させる。
- ⑪：列車の運行を管理する運転司令室と消防署などとの外部の組織との連携が素早くとれるようにする。
- ⑫：火災の想定範囲をテロや放火などの大火源火災に対しても適用し、それに伴い地下鉄の車体素材への燃焼試験項目を追加する。
- ⑬：従来は車体素材には難燃性の素材が用いられてきたが、不燃性の素材を使用するように義務付ける。

これら13個の対策がそれぞれ、(1)で述べたような10個の原問題に対してどのようにアプローチをしているのかについては、因果分析を行った。その結果は以下の図の通りである。



(3) 既存の問題解決策の問題点と課題

(2)で述べたように、様々な対策が施されたが、実際には依然として問題が多いと考えられる。それを以下に大きく分けて5つ述べることにする。

・車体素材以外に着目した火災対策の必要性

車体素材の不燃性を義務付けてはいるものの、実際には人間の衣服などの車両以外の要素も燃える可能性があるため、それを考慮した実験や対策を行う必要がある。

・避難時の心理的要素の考慮不足

正常性バイアス、多数派同調バイアスなどによる心理的判断ミスによって、火災からの逃げ遅れが発生し、大規模災害に繋がる可能性もある。したがって、それらの心理的要素を考慮した対策を講じる必要がある。

・有毒物質等の考慮不足

韓国の地下鉄火災では、火災に伴う一酸化炭素中毒だけでなく、車体に使用される高分子素材から熱せられた際に発生する有毒ガスによる中毒死も見受けられ、延焼だけでなく有毒物質の対策も車体素材の面から考慮する必要がある。

・大深度地下鉄への考慮不足

近年、首都圏の土地利用の関係から、特に東京に新しく建設された地下鉄(副都心線、大江戸線等)は大深度に駅があることが多く、同時にその駅構内が非常に複雑化しているのが現状である(大手町、渋谷、永田町などの中心駅がその例)。従って、そうした駅における避難可能性についても考慮すべきである。

・2通りの避難経路の設置は非常に困難

対策基準の改正では、避難経路が最低でも2通り必要になるが、それを満たしていない地下駅において基準を満たすようにするためには、用地買収や大規模工事などを行う必要があるため、事実上非常に困難な対策である。

3. 本質的問題点の抽出

(1) 既存の問題解決策の解決メカニズムの分析

2.で述べたような、地下鉄道の火災対策基準の改正という問題解決策は、どのような問題特性に対して、どのような解決メカニズムを適用しているのか、それを普遍的な形で解釈を行うことにする。以下に、地下鉄火災の問題特性とその解決メカニズムを箇条書きで列挙していく。

問題特性 1 :

火災避難時に乗客が一つの入り口に殺到する危険性がある。

→災害時のパニック状態により、リスクが増加する危険性。

解決のメカニズム 1 :

避難経路を2つ以上作ることを義務付ける。

→分散させることによるリスクの軽減。

問題特性 2 :

火災発生時に停電や煙によって避難経路が分からなくなる可能性が高い。
→災害時に対処行動が出来ず、手遅れになる可能性が高い。

解決のメカニズム 2.1 :

排煙設備の見直しと、二段落としシャッターの設置
→人間行動を考慮した対策を講じる。

解決のメカニズム 2.2 :

トンネル内ケーブルの耐燃化と、非常灯の設置義務
→災害時の対処の手段を分かりやすくさせ、災害のリスクを軽減する。

問題特性 3 :

地下鉄火災発生時はドアが開かないなど、地下鉄車内から出ることが難しい
→災害時に対処行動が出来ず、手遅れになる可能性が高い。

解決のメカニズム 3 :

非常用の避難器具の位置や使用法を明確化する。
→災害時の対処の手段を分かりやすくさせ、災害のリスクを軽減する。

問題特性 4 :

火災の発生を運転司令室などが即座に気付くシステムの整備が不足している。それに伴って乗務員の判断ミスが起り、2次災害が発生する可能性もある。
→災害時にその認知が出来ず、対処不足によって2次災害のリスクも高まる。

解決のメカニズム 4 :

非常用の無線を設置し、運転司令室と消防署との連携を取る。
→災害をすぐに認知させ、第3者機関とも連携を取った対策を行う。

問題特性 5 :

火災シミュレーションには大火源火災を考慮されていなかった。
→シミュレーションを行う際に、想定されていないケースがあった。

解決のメカニズム 5 :

テロや放火などの大火源火災を考慮するシミュレーションも行う。
→シミュレーションの想定するケースを増やし、徹底した対策を練ることで万全の体制にする。

(2) 地下鉄火災の本質的問題点

次に、既存の問題解決策である「地下鉄道の火災対策基準」の改正以前の状態の地下鉄火災の本質的な問題点を抽出する。3.(1)より、地下鉄道の火災における本質的な問題点は、災害時に避難行動が適切に行えないこと、また、災害自体のリスク認知の不足があると考

えられ、その対策として「地下鉄道の火災対策基準」の改正が行われたのだと考えられる。

4. 新たな問題解決策の提案

(1) 活用可能な問題解決メカニズムと参考事例

次に、既存の対策に対しての分析を基にして新たな問題解決策を提案する。そこで、3.で分析したような問題特性と解決特性を持つ対策の事例を、「地下鉄道の火災対策基準」改正について問題解決カタログと問題解決マトリックスの項目によって分類し、Excelの310個の問題解決策の中のデータからマトリックスの位置に近いような事例を参考として選んだ。また、問題特性に対しては別のアプローチも考えられるので、解決策特性の項については今回取り上げる事例でありうるものを参考にするものとする。

3.より、今回の「地下鉄道の火災対策基準」改正の問題特性は、3「関係主体間の連携/知の専門分化」、4「被害の外部波及性が大きい」、9「被害者側の対処可能性の低さ」、12「リスク認知の低さ」、14「財・サービス・システムの更新頻度の低さ」が当てはまり、該当する解決策特性は、1「潜在的被害者にとっての必要不可欠かつ最小限の情報の選別」、10「分野横断的な人的/組織ネットワークの構築」、23「潜在的被害者側の手続きの簡素化」、24「潜在的被害者側の対処能力の向上」、30「リスク認知の適正化」、33「既にハザードにさらされている対象の耐力向上」、34「緊急時の被害回避/最小化」、35「公的主体による強権的な対策実施」が当てはまる。より、解決特性の同じものだけではなく、問題特性が同じ物でも参照することにした。参考となった事例は、以下の通りである。

- ・178：全国瞬時警報システム(J-ALERT)
- ・149：自動車に関する安全情報検索システム・自動車総合安全情報
- ・89：全球気候観測システム

方針としては、何か総合的な対策を考え、それをシステム化することによって、統一的に問題が解決できるようにすることを考えることにする。

(2) 新たな問題解決策の提案

そして、(1)を基にして、地下鉄火災の問題特性に含まれていて、解決策の特性として含まれていなかった特性の対策や、2.(3)で述べたような既存の対策の問題点について盛り込んで新たな問題解決策を提案すると、以下のように列挙できる。

・問題解決マトリックスから考えられる対策

①：駅員と地下鉄乗務員、警備員との連携による駅での避難誘導（解決策特性 22：「知識や情報を持つ主体による潜在的被害者の行動支援」）

乗客の避難誘導が効率的に進むように、駅の情報を知る駅員や警備員と地下鉄の乗務員が通信手段や、後述する防災システムを利用する事によって連携し、避難行動の支援を行う。

②：駅全体を信頼できる総合的地下鉄防災システム化する（解決策特性 10：「分野横断的な人的/組織ネットワークの構築」、11「統一的な窓口の設置」、29「技術によるヒューマンエラー防止」、25「対処主体の増加」）

今後ユビキタス社会となってゆく事を考えて、地下駅各所の温度センサー、自動改札機、相互リンクするコンピュータを埋め込み、総合的な管理をするメインのコンピュータと繋ぎ、最適な避難行動経路、危険区域などを駅や車内のコンピュータの端末画面で地図を表示するようにする。駅員などはそれに従って乗客の誘導等を行う。さらに、駅に出入りするのには自動改札機と電車しかない事を利用して、電車に乗るときのホームドアや自動改札機に PASMO 等を自動で読み取り、その人が現在駅にいるかどうかをモニタリングできる装置を付ける。それを用いれば、火災が発生した際に駅に取り残された人がどれ位いるのかが分かり、救助活動にも効果を発揮すると考えられる。このシステムは火災だけでなく、地震や水害の時にも効果を発揮できるように、加速度センサーや変位センサー、水センサー、スプリンクラー等とも総合コンピュータはリンクができるようにする。

・既存の対策の分析から考えられる対策

③：駅員および地下鉄乗務員の精神面などでの訓練、教育の強化

今回の改正によって、連絡のための装置や、警報装置、照明設備は耐火設計となる事からライフラインに関しての避難リスクは軽減されると考えられるので、そういった機械の情報を元にしてすぐさま対処行動に移ることができるように、「正常性バイアス」などを振り切るような訓練、教育を強化すべきである。

④：車体素材等の基準の更なる改正

火災対策シミュレーション等では、車体以外の要素のシミュレーションを実施し、今後新製される車両については有毒物質が発生しにくい素材を使用するか、燃えても有毒物質が出ないような工夫をする事を義務づけるべきである。

⑤：大深度地下駅における駅員、警備員の配置の義務付け

前述の対策①に対応しているのだが、大深度地下駅においては常時、要所ごとに治安の維持を兼ねて警備員を配置し、火災等の非常事態においては駅員、地下鉄乗務員などと連携をとりながら利用客を誘導できるようにする。大深度地下鉄は比較的最近つくられた駅が多いので、2方向の出口の確保はできていると考えられる。

⑥：2方向出口の確保できていない駅に補助金

2方向出口の確保は現実では資金的な面からでも難しいと考えられるので、該当する駅を保有する鉄道会社に補助金を出す。これによって駅へのアクセスも向上するなど、工事を行うメリットは他にも存在する。

特に今回提案する新しい対策は、総合的地下鉄防災システムと駅員との連携であり、以降の(3)では主にこの対策について考えていくことにする。

(3) 新たな問題解決策の影響分析と評価

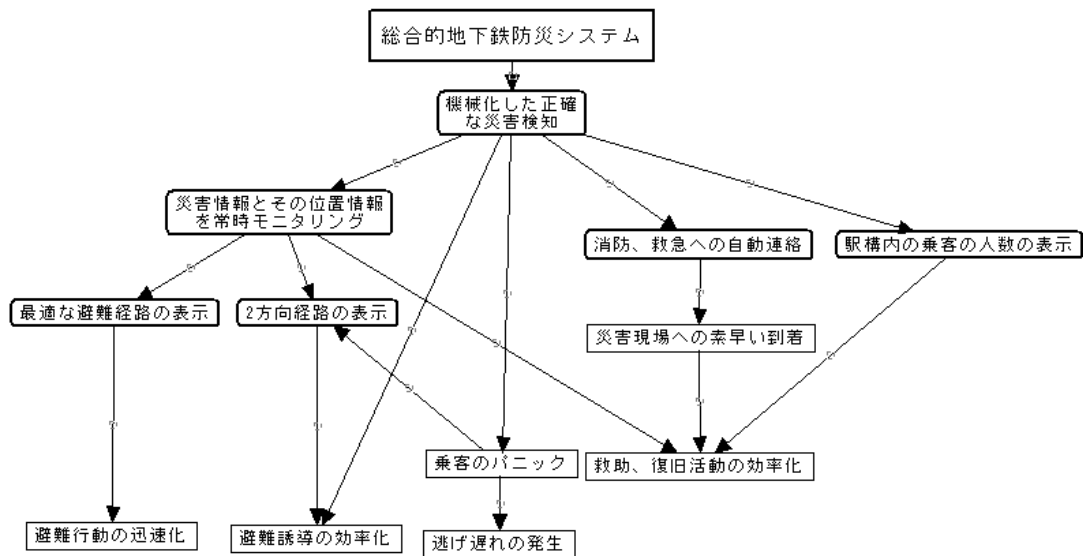
(2) で述べたような新しい対策が実社会に実装されるものと想定して、社会変化シナリオを書き、それによって因果ネットワーク図を作成することで、問題解決策の影響分析を行う。その後のインタビュー調査は時間の関係上できないので、シナリオについては現時点で思ったままを書き、その後の因果ネットワークの評価、修正については自らが新しく調べた範囲で評価を行う事によって因果ネットワーク図を修正する事にする。

シナリオは以下の通りである。

ある地下鉄の車内で駅に停車中に火災が発生した。一部の車両で火災が発生しているので、その他の車両にいる人は災害の発生状況が分からないが、駅に取り付けた火災センサーによってすぐさま火災発生を検知し、乗務員、駅員などは総合的地下鉄防災システムにより駅から地上への最適な脱出ルートを把握し、被害が拡大する前に乗客を車内放送や構内放送で呼びかけて避難行動を開始させる。燃え広がったとしても、電気系統は耐火加工がされているので殆ど問題が無く、最新の車体素材の基準によって、有毒ガスは一酸化炭素以外は発生しなかった。放送によって正常性バイアスなどの心理的障害を取り払い、乗客はすぐさま避難行動を開始するが、我先にと乗客は避難ルートへ殺到し始める。次第に乗客の整理に收拾が付かなくなるが、各地点に配置された駅員は、常に所持している端末に、徐々に広がる火災の様子と、それに伴って何度も更新される最適避難ルートが映し出されるのを見て、避難ルートを何通りか設定して避難させる。若干の逃げ遅れが発生しながらも客を落ち着かせながら避難を完了させた。実は、火災を検知した防災システムは自動的に消防と救急に連絡をとるようになっており、出口付近では消防と救急が既に待機している。防災システムには、現在何人が駅構内に残っているかがモニタリングされており、消防隊が「乗客 0 人」になったことを確認すると、防災システム上に表示されている火災発生現場に向けて本格的な消火活動に入る。待機していた救急隊員は、一酸化炭素中毒となった患者を救護し、病院への搬送を行う。

次に、これを元に因果ネットワーク図を描くと以下のようなになる。

因果ネットワーク図：総合的地下鉄防災システム

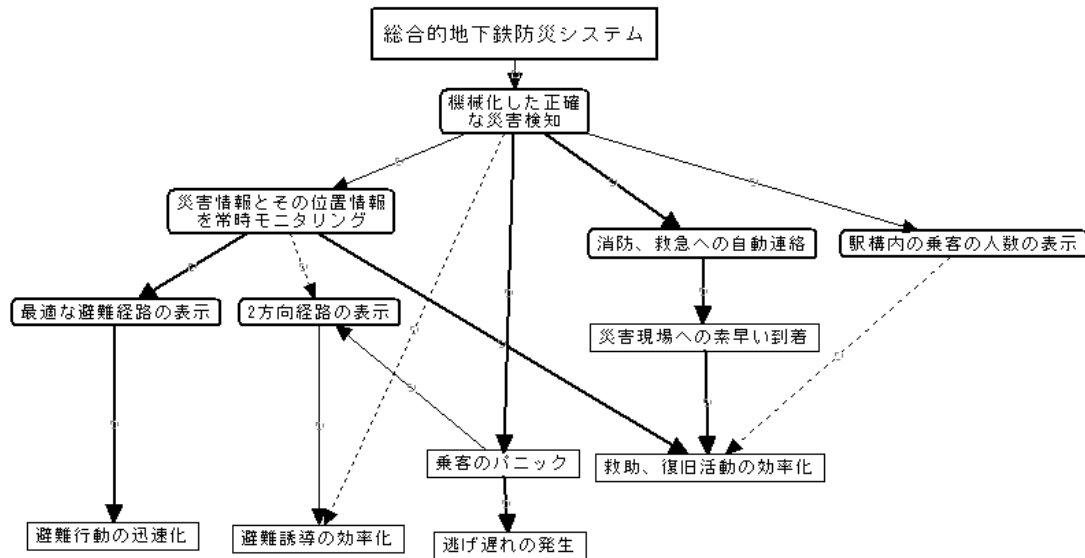


シナリオでは、客がパニックに陥ると書いてあるが、それは災害があっても行動を開始しない正常性バイアスを克服した後に現れる段階の行動であると考えられ、今回提案するこの「総合的地下鉄防災システム」は、その行動に移すまでの時間を如何に短くするかと言うことに焦点を当てている。これは、人の生死は如何に早く避難行動に移れるかどうか、であると考えられるからである。乗客のパニックでは、逃げ遅れの方が発生確率が大いと思われ、さらに「駅構内の乗客の人数の表示」では、数え漏れが発生し、救助が逆に難航する可能性も否定できない。

位置情報によって常時火災発生の位置などが端末上の地図に表示されていれば、避難行動や救助活動が効率化するの正しいと思われるが、実際には災害が深刻化すれば、一部で装置の破損などによるエラーが生じる可能性もあるため、実際は常時モニタリングは、災害が進むにつれて難しくなる可能性がある。また、「2方向経路の表示」とあるが、東京の地下駅のように入り乱れた地下空間とは異なり、実際には経路が殆ど限定されてしまう可能性があるため、そういった表示が出来ない可能性もある。

以上の考察を踏まえて、因果ネットワーク図の矢印を、因果関係が比較的強いと思われるものを太く、逆に弱いと思われるものを点線で、その中間はそのまま、というルールに従って修正していくと、以下のような図が得られる。

因果ネットワーク図：総合的地下鉄防災システム



5. まとめ

以上のように、今回のレポート課題では、地下鉄火災の問題について扱ってきた。普通の鉄道路線と対策を変える必要があるのは、地下空間が密閉された空間である、という特性があるからである。そのため、停電を起こせば避難経路は全く分からなくなる上に、火災が発生すると有害物質が密閉空間内に充満する可能性があり、リスクがかなり大きい。だからこそ、ヒューマンエラーなどがあることを考えて、地下鉄特有の防災システムを整備する必要があると考えられるのである。

今回この問題を選んだのは、自分が鉄道会社のインターンで地下駅の避難用の2方向出口を作る工事現場を見学したことからである。実際に問題を分析してみると、対策が十分にされていない項目なども因果関係図を描くことによって判明したりと、この分析法は非常に有用なツールであったと思われる。地下鉄通学を毎日行っている身としては、地下鉄火災の問題は、日々隣り合わせになっているといっても過言ではないため、今回分析した結果を少しでも災害時に役立てることが出来れば、と思う。

6. 参考文献・ウェブサイト

- <http://www.minamitohoku.or.jp/up/news/newword/normalcybias.htm>
- <http://www.city.sapporo.jp/st/kasaitaisaku/kasaitaisaku.htm>
- http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/08/081227_.html
- <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/08/081227/01.pdf>
- Wikipedia「大邱地下鉄放火事件」の項など
- <http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h15/html/15186k10.html>
- http://news-sv.aij.or.jp/bouka/aij_bk/ver2.htm
- <http://shippai.jst.go.jp/fkd/Detail?fn=2&id=CD0000145>