

「北陸トンネル」の列車火災発生時の避難行動に関する研究

久 宗 周 二 ・ 中 山 光 成

The study of evacuation of trains in case of fire from Hokuriku-Tunnel accidents

Hisamune Shuji Nakayama Kohsei

Summary

In 1969 and 1972, the fire happened on the night express train when it is in Hokuriku Tunnel. In 1969, when the sleeping express “Nihonkai” is in the tunnel, the fire happened. In this accident, driver didn't stop the train in the tunnel and conductors are lead passengers safety place in the train. After train come to outside of tunnel, driver stopped the train and firefighting came soon and put out. So, there was no killed or injured. But, in 1972, when the express “Kitaguni” is in the tunnel, the fire happened. Driver stopped the train when he knew the fire and conductors try to put out but it failed. In addition conductors begun to lead passengers an hour later and they didn't inform some passengers. In this accident some passengers evacuate independently but other passengers cannot evacuate. As a result 30 people are killed and 714 are injured.

If national railway has taken steps after the accident in 1969, when the “Kitaguni” accident happens, driver and conductors could have proper action; driver could stopped train outside of the tunnel and conductors lead passengers safe place car where it is far from fire. And then they inform passengers to evacuate out of car.

If the accident which has many people are killed or injured happens, firm or organization investigate and has measures, but if the accident which is no one killed happened, they have no measure.

From this report, to study form good example, which is no people are killed is efficient to protect passengers when the accident like fire happens.

1. 研究の目的

1.1 はじめに

2011年5月JR北海道の石勝線では走行中の特急列車のエンジンから出火してトンネル内に緊急停車、その後全焼する火災が発生した。この事故では、乗客が自主的に避難したために死者は発生しなかったが、乗務員が避難誘導を適切に行わなかったとして国土交通省はJR北海道に対して事業改善命令を出した。さらに、2015年4月に青函トンネル内を走行中の特急列車から発煙し、乗客ら120人がトンネル内から避難するトラブルも起きた。これまでも国内外で、列車から火災が発生する事故が起きている。2009年には韓国・大邱の地下鉄で火災が発生し196人が死亡、146人が負傷しており、1972年には福井県の北陸本線・北陸トンネルで急行列車の火災が発生し30人が死亡、700人以上が負傷した。トンネル内で火災が発生した場合、避難が困難なため乗客らが逃げ遅れて死者・負傷者が発生する。これまでの事故の経験を踏まえて、今日では消防設備の増加や車両の防燃化など設備面での改善が進んだ。しかし、現在でも列車から出火する事故が発生しており、ハード面での対策だけでは限界があり、避難誘導などのソフト面での対策を検討する必要がある。1972年に発生した北陸トンネルの死傷事故の3年前にも、同じ北陸トンネルで火災事故があった。その時には死傷者はいなかった。そこで、同じトンネルで発生した2つの事故を比較することにより、トンネル内を走行中の列車で火災が発生した場合、乗客を安全に避難させるにはどうすればよいかについて考察した。

1.2 これまでの研究実績

これまで、火災発生時の避難などに関して、多くの人が死亡する火災が発生すると、出火の原因や設備面、避難誘導などについて分析されてきた。

火災発生時の避難に関して関沢らは1980年に栃木県の川治プリンスホテルの火災事故についての避難行動について分析した¹⁾。その結果、建物内で複数の避難経路の確保されていないこと、非常階段・廊下等の幅の確保されておらず避難が難しくなったと述べ、複数の避難経路の確保や客に情報を速やかに伝えるシステムが必要だと指摘した。

また、韓国・大邱の地下鉄で火災について岸田ら²⁾は運転指令と運転士とで情報のやり取りが十分に行えず適切な情報が伝わらず、火災を起こした列車とは別の列車が現場に入り被害が拡大したと述べた。その上で、過去の事故をデータベース化するなどして迅速に避難誘導や列車の抑止をする必要があると指摘した。

これらの研究では、多数の死傷者が発生した「悪い事例」を分析し、事故の再発防止策について研究された。火災事故には避難や初期消火などの対応が適切に行われて、人的被害が起こらなかった「よい事例」もあるが、従来「よい事例」についてはほとんど研究されなかった。「よい事例」では、従業員らの対応が適切で被害拡大を防止することができ、これらの事例を分析することにより火災

発生時の人的被害の軽減のために有効であると考えられる。本研究では、北陸トンネルで発生した2件の列車火災事故について、「よい事例」と「悪い事例」を比較し、乗務員や乗客の行動について分析した。その上で、走行中の列車から出火した場合の乗務員の判断や避難方法などについて考察した。

2. 研究の方法





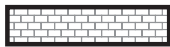

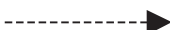
本研究では、当時の新聞などを用いて事実関係を調査し、「人的事故の調査・分析マニュアル」と「4M分析」を用いて事故の状況を分析した。北陸トンネルでは、1969年と1972年に走行中の夜行列車から出火する事故が起きている。1969年12月には寝台特急「日本海」の電源車から出火した。この事故では、列車はトンネルを出た後に緊急停止し、駆けつけた消防などにより火は消し止められ死者・負傷者はいなかった。しかし、そのおよそ3年後の1972年11月には急行「きたぐに」の食堂車から出火した。このときは、トンネル内で列車を停止したため、消火や乗客の避難が難航し、乗客ら30人が死亡、714人が負傷した。

本論文ではトンネル内の列車火災事故について、北陸トンネルで発生した「日本海」「きたぐに」の列車火災についてとりあげ、人の行動に着目して分析する。そして、トンネル内での火災発生時における初期消火や列車の停止などの初動対応や乗客の避難誘導について、どのような対策をとれば被害を軽減できるかについて考察する。

2.1 人的事故の調査・分析マニュアル

「人的事故の調査・分析マニュアル」は昭和45年に日本人間工学会、旧安全人間工学研究会の橋本ら³⁾によって作成されたもので、事故の前後の乗客や乗務員の行動や意思判断などを時系列、部署別に整理してチャート図に整理するものである。チャート図で使う記号の意味などについては表1で示した。この手法は、鉄道事故や原発事故など組織事故の分析で広く使われている^{4) 5)}。

表1 チャート図で示す記号とその意味

記号	内容
	問題のない事件・行動
	当該事故において重大な事件・行動
	問題のない認知・判断
	当該事故において重大な認知・判断
	当該事象において特によい事象
	情報の伝達
	情報の伝達の不備、不伝達

2.2 4M分析

4M分析はアメリカ航空宇宙局（NASA）で採用されている事故の分析の手法で、ある事故について、人的（Man）、機械・設備（Machine）、環境（Media）、管理（Management）の4つのMに分けて整理、分析をするものである。事故は単一の要因でなく、複数の要因が重なり合っているため4つの“M”に分けて分析する必要がある。この手法は、事故を分析した様々な研究で用いられているほか、アメリカの国家運輸安全委員会（NTSB）で事故の調査に用いられている。本論文では4M分析の各項目のうち、被害を軽減させたと思われるよい事象は○、被害を拡大させたと思われる悪い事象は×で示している。

3. 事故事例に基づく避難行動の分析

3.1 寝台特急「日本海」火災事故（よい事例）

3.1.1 事故の概要

1969（昭和44）年12月6日午前6時20分ごろ北陸本線・北陸トンネルで青森発大阪行きの寝台特急「日本海」の電源車から出火し、出火した電源車内にある配電盤等の機器類の大半や床などが焼

表2 寝台特急「日本海」火災発生から消火までの経過

時間	事象
12月6日	
6:18	車掌が電源車で火災を発見
6:20頃	車掌が運転士に連絡し、他の乗務員が初期消火をするが火の勢いが強くて消火できなかった。乗務員らは消火器を使い延焼を防ぐ措置をとる
	運転士が煙や異音を確認
	補助機関士が指令に連絡し、国鉄から消防に通報。他の列車に対して抑止を行う。運転士はトンネル出口まで運転を継続。
6:20～6:25	3両目の客車内に煙が入り込んでいるのを確認
	乗務員が火元に近い3両目、4両目の乗客を後方車両に避難させる
6:25頃	トンネルを出て300mのところに緊急停止
～6:40頃	電源車と客車を切り離す
6:40～7:00頃	消防車が到着し消火活動を開始。火は消し止められる

火元↓

客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	電源車	機関車
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

← 今庄

→ 敦賀（進行方向）

図1 「日本海」の編成（2両目の電源車から出火）

失した。列車は図1で示すように機関車1両、電源車1両、客車12両の14両編成で、出火した電源車は前から2両目に連結されていた。列車には乗客と乗務員500人が乗っていたが、乗客は後方車両に避難し、火も駆けつけた消防によりすぐに消し止められ死者・負傷者は発生しなかった。火災を発見した際、列車はトンネルの中央部付近、敦賀側の入り口から4～5km地点を走行していたが、運転士はトンネルを出てから列車を停車させた^{6) 7)}。

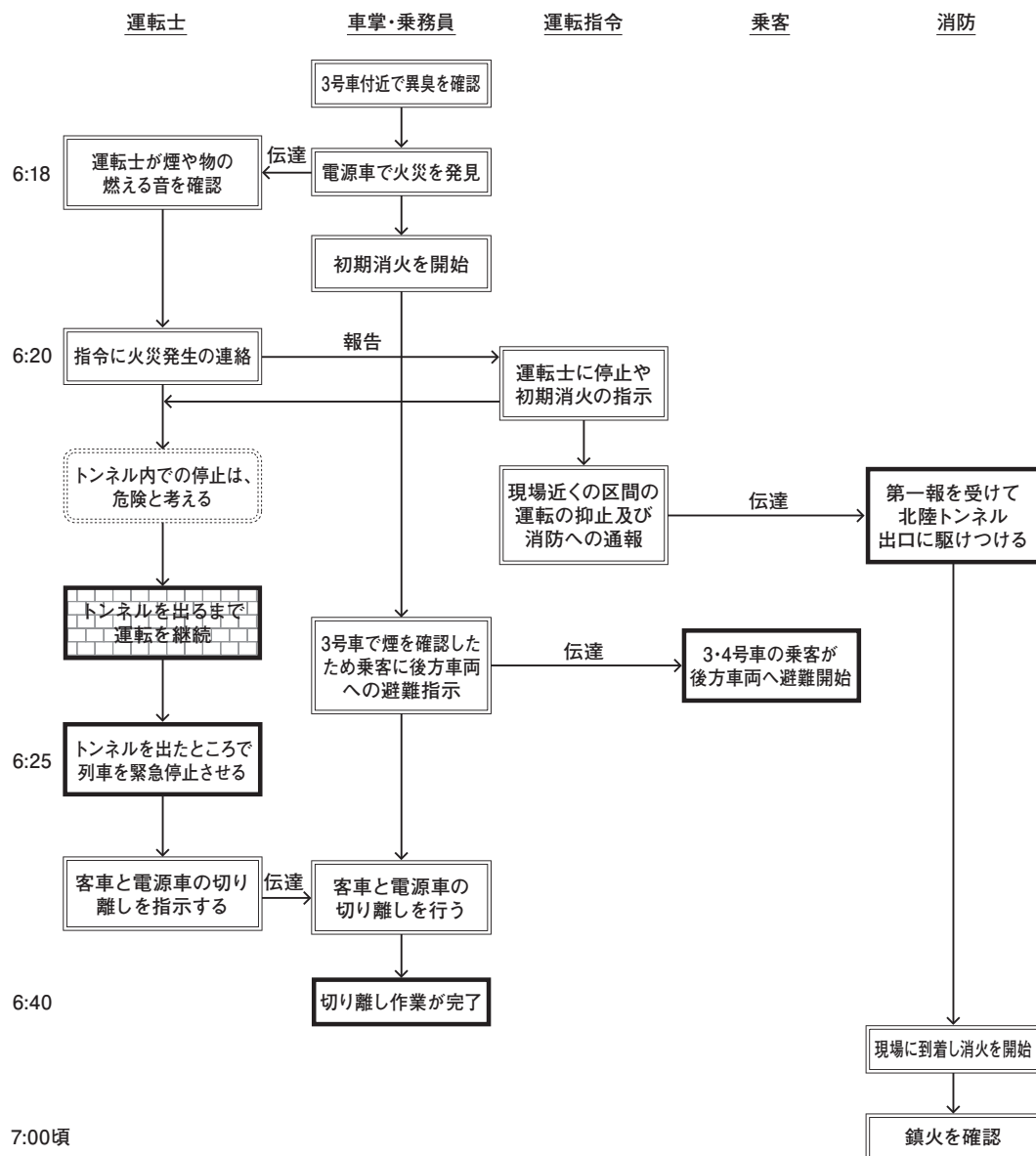


図2 「日本海」火災事故におけるチャート図

3.1.2 結果

「人的事故の調査・分析マニュアル」による分析は図4で示した。また、4M分析の結果は以下のとおりである

◆4M分析

Man

- 運転士がトンネルを出るまで列車を停止させないと決めた
- 乗務員がすぐに初期消火をはじめた
- 火元に近い車両の乗客をすぐに後方車両に避難させた

Machine

- ×車両の床が油で汚れており、引火しやすかった
- ×電源車のヒーターのボルトが緩み火花が飛び散った

Media

- トンネルの外で停止したため、車両の切り離しや消火がしやすかった

Management

- 運転士と乗務員で連絡、情報交換ができた
- ×火災発生時の避難誘導等に関するマニュアルに不備があった

北陸トンネルを走行中、乗務員が電源車で異臭と煙の充満に気づき、運転士に連絡した。マニュアルでは、火災発見時はその場で停止することになっていたが⁸⁾、運転士はトンネル内で停車した場合、乗客の避難や消火に支障をきたすと考え、列車をトンネル出口まで走らせた。その間、車掌ら他の乗務員は、初期消火を行うと同時に火災車両に近い3・4両目の乗客を後ろの車両に避難させた。トンネルを抜けた後、列車は停止し、乗務員が指令と乗客の避難について相談していたが、すぐに消防が到着し火は消し止められた。その結果、この事故では死者、負傷者は発生しなかった。しかし、火災発生時はすぐに列車を止めるという当時のマニュアルに違反したとして運転士が処分された。

3.2 急行「きたぐに」火災事故（悪い事例）

3.2.1 事故の概要

1972（昭和47）年11月6日午前1時10分ごろ、福井県敦賀市の北陸本線・北陸トンネル（全長約13.8km）で大阪発青森行きの急行「きたぐに」が走行中に車内で火災が発生、トンネル内で緊急停車、その後全焼した。列車は図3で示すように電気機関車1両と客車13両、貨物車2両の16両編成で前から12両目にある食堂車から出火した¹⁾。列車には乗客と乗務員の761人が乗っていたが30人が死亡、

1 本論文では食堂車（火元）より前の車両を前方車両、後ろの車両を後方車両とする。

714人が重軽傷を負った。死者は全員、煙を吸ったことによる一酸化炭素中毒だった。列車が停車した場所は敦賀駅側から約5kmの地点だった^{9) 10)}。

3.2.2 結果

「人的事故の調査・分析マニュアル」による分析は図4で示した。また、4M分析の結果は以下のとおりである。

表3 急行「きたぐに」火災発生から車両搬出までの経過

時間	事象
11月6日	
1:04	敦賀駅を2分遅れで発車
1:10頃	乗客が食堂車から出火を確認して、車掌に報告
1:11頃	車掌が運転士に火災発生を報告
1:13頃	運転士はマニュアル通りにトンネル内で緊急停車（敦賀側から5.3km地点） 乗客に対して、状況の説明や避難指示はなかった
1:13～	乗務員が消火器で初期消火するが消火できない
1:15頃～	車両周辺に黒煙が広がり、乗客が自主的に火元から離れた車両に避難し始める
1:15	大阪行きの上り急行「立山」が赤信号によりトンネル内で緊急停止
～1:30	運転指令に火災発生を報告
1:28頃	食堂車と後方車両の切り離し作業に取り掛かる 乗務員の大半が食堂車より後ろ側に集まる
1:30	運転指令に火災発生を報告
1:34頃	食堂車と後方車両との切り離し完了。前方車両の切り離しに取り掛かる
1:45頃	食堂車と前方車両の切り離しを断念。列車を出口まで走らせることを検討する
1:52頃	停電で運行できなくなる 後方車両の乗客に対して、車外避難の指示
2:00頃	後方車両の乗客が避難開始（徒歩で敦賀方面に避難）
2:10頃～	前方車両の乗客も自主的に車外に出て避難を始める。煙が多いため、車内に残った乗客もいた
2:10頃	運転士が国鉄に送電してほしいと非常電話で要請するが、指令は送電すると感電など被害拡大の恐れがあると返答し、拒否した
2:20	「立山」側の信号が青に変わったため、低速で運転再開（上り線は送電していた）
2:40頃	「立山」がトンネル内で乗客を発見し緊急停止。ドアを開放して乗客を乗せる
～3:30頃	「立山」が今庄方面に逆走してトンネルから出る
6:43頃	救援列車2次隊が敦賀を出発、現場に残っていた乗客らの救助
13:00	生存した乗客の救助を完了

荷物	荷物	客車	客車	食堂	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	客車	機関車
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

← 敦賀

↑ 火元

→ 今庄（進行方向）

図3 「きたぐに」の編成（前から12両目の食堂車から出火）

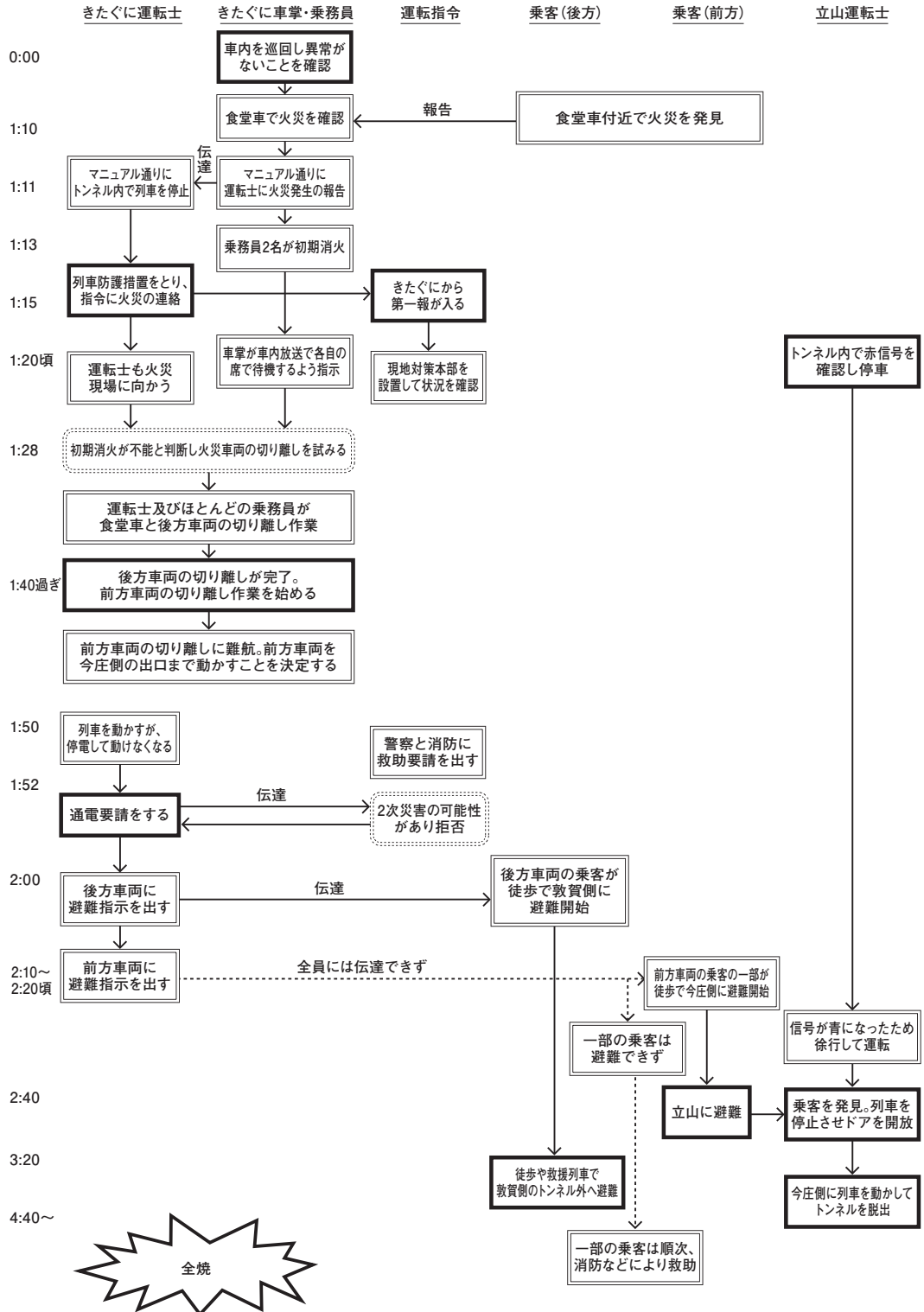


図4 「きたぐに」火災事故におけるチャート図

◆4M分析

Man

- ×火災を認識しながらトンネル内で列車を止めた
- ×火災発生を確認した後、火元の車両の近くに居た乗客を先頭や最後尾など車内の安全な場所に避難させなかった
- ×火災発生後、大半の乗務員が火災車両より後方にいた
- 反対列車「立山」の運転士が、青信号を確認後、低速で列車を動かした
- 「立山」の乗務員が「きたぐに」の乗客を「立山」の車内に誘導し、反対方向に列車を走らせて今庄側に避難させた

Machine

- ×火災発生後の20分後に送電が停止し車両を動かせなかった
- ×トンネル内に排煙装置等の防火設備がなかった

Media

- ×トンネル内で煙が充満しやすかった
- ×トンネル内で消火作業が困難だった
- ×トンネル内で避難ができなかった

Management

- ×「日本海」事故でトンネル外まで列車を走らせた運転士が処分されていたために規定を守った
- ×火災発生から1時間近く指示や状況説明がなかった
- ×前方車両の乗客には避難指示と車内待機の指示が出て混乱した
- ×マニュアルではトンネル内で火災が発生した場合でもその場に停止するよう規定されていた
- ×トンネル内での火災発生時の避難誘導等のマニュアルが不十分だった¹¹⁾
- ×「日本海」事故の原因や避難誘導についての調査分析が不十分だった（3.1節参照）

北陸トンネル走行中に乗客が食堂車付近で煙が充満しているのを見つけて、車掌に連絡した。車掌が異常を確認して運転士に伝えた。運転士はマニュアル通りにその場（トンネル内）で列車を緊急停止させた。その後、乗務員30人のほとんどが火災の発生した食堂車に行き初期消火を行ったが火の勢いが強くて消火できなかった。そのため、火災の発生した食堂車と前後の車両の切り離しをすることにして、最初に食堂車と後方車両の切り離し作業にあたった。大半の乗務員は食堂車より後ろ側に集まり切り離し作業をしており、乗客に対して状況説明や避難指示はなかった。後方車両との切り離し完了後、前方車両との切り離しを始めたが火や煙の影響で切り離しができなかった。その後、列車をトンネルの外まで動かすことを試みたが、送電が停止し列車を動かせなくなった。運転士が指令に対して送電を再開してほしいと伝えたが、感電や火の勢いが強くなるなど2次災害の危険があるとして送電しなかった。事故直後から敦賀に国鉄の事故対策本部が設置され、事故発

生から約50分後に後方車両の乗客に車外避難の指示が出て、避難を始め、全員が敦賀側の出口まで避難できた。しかし、前方車両の乗客には乗務員からの指示が伝わらなかった。対策本部では敦賀駅、今庄駅から救援列車を出して乗客を避難させることにしたが、手配に時間がかかり、救援列車が出たのは事故発生から2時間半経過してからだ。前方車両の乗客は自主的に列車から降りて徒歩で避難をはじめた。約250人余りは現場近くを低速で走行していた大阪行きの急行「立山」に発見された。「立山」は乗客の救助後、反対方向に列車を走らせて今庄側に避難した。しかし、「きたぐに」の運転士らは煙が充満しているため乗客に車内待機の指示を出しており、数十人程度が車内に残っていたとみられる¹²⁾。

4. 考察

「日本海」、「きたぐに」とも北陸トンネル内を走行中に車両から出火したが、火災を確認した後の現場の乗務員の判断と行動の違いで被害の差が出た。表4で「きたぐに」と「日本海」の被害程度や乗務員の行動のとり方についてまとめた。その結果、「日本海」では乗務員が火災発生を確認した後、運転士に連絡した。マニュアルではその場で列車を止めて消火活動をするようになっていたが、車掌と運転士が相談してトンネル内で列車を止めた場合、危険と判断してトンネルを出てから列車を停止することにした。その際、車掌ら客車内の乗務員は火災現場に近い車両に居た乗客を、後方の車両に避難させると同時に初期消火や消防への通報等を行った。トンネルを出た直後に列車を緊急停止させ、乗客には後方車両の車内で待機するよう指示を出した。その後、指令と車外避難の打ち合わせなどをしていたが、指令からの通報を受けて駆け付けた消防などにより火は消し止め

表4 「きたぐに」「日本海」の事故の被害と乗務員の行動のとり方の違い

	きたぐに	日本海
発生日時	1972年11月6日午前1時頃	1969年12月6日午前6時頃
両数(出火場所)	15両(前から11両目)	14両(前から2両目)
乗客数	約760人	約500人
死者数	30人	0人
負傷者数	714人	0人
生存率	96%	100%
消火時間	約4～5時間	約40～60分
火災発生後の乗務員の対応	トンネル内で緊急停止→初期消火→車両切り離し	初期消火、乗客の1次避難誘導 ²⁾ →トンネルを出て緊急停止
事故後の国鉄の対応	原因や避難誘導等について検証→マニュアルの変更	避難誘導等について検証せずに運転士を処分

2 本論文では車内の安全な場所への避難を指す。なお、車外避難を「2次避難」とする。

られ、死傷者は出なかった。

他方、「きたぐに」では、運転士が乗務員から火災発生の連絡を受けた後、トンネル内で列車を停止させた。その後、機関車にいた運転士らを除き大半の乗務員が火災現場となった食堂車に行き、初期消火や車両の切り離しを行った。さらに、火災を確認した後、乗務員は指令とのやり取りや火災車両の切り離しを優先し、乗客に対して避難指示を出さなかった。前方車両の乗客には自主的に避難をはじめた人もいたが、乗務員による誘導はなかった。乗客に対して避難指示が出たのは緊急停止から1時間後だった。しかし、大半の乗務員が火災現場より後方車両に居たため、前方車両の乗客には避難指示が伝わらず避難できない人もいた。死者は全員、前方車両の乗客で、死因は一酸化炭素中毒によるものだった。

「日本海」火災では、乗務員の的確な判断と迅速な対応により死傷者を発生させなかった。しかし、消防からは、火災発生時に死傷者が増えるなど被害が拡大する危険があるとして北陸トンネル内での火災発生時の乗客の避難誘導等を見直すように国鉄に指示していた¹³⁾。しかし、国鉄はトンネル内での火災に対する十分な対策はとらず¹⁴⁾、さらに、トンネル内で列車を停止させなかった「日本海」の運転士を規定違反として処分した。そのため、「きたぐに」の事故では運転士や乗務員は火災発生後、マニュアルに従ってその場（トンネル内）で列車を停止させた。しかし、トンネル内は狭く、煙が充満しており外に出るの消火作業は困難なうえ、酸欠になり乗客の避難が難航して死傷者が増えた。「きたぐに」事故の後、国鉄は火災発生後の車両の停止や避難誘導等について調査分析を行い³⁾「いかなる場合でもその場に停止」から「運転可能な場合はトンネルを出てから停止する」にマニュアルを改めた⁸⁾。「日本海」の事故について避難誘導等をさらに検証していれば、「きたぐに」の事故が起きる前に列車の停止や避難誘導などのマニュアルを見直すことができ、「きたぐに」の運転士はトンネルを出てから列車を停止させ消火活動や乗客の避難ができた。北陸トンネルは通常約10分で通過することができる。そのため、火災発生後もそのまま走行していれば5～10分程度でトンネルを出ることができた。また、トンネルから出るまでに車掌など客車内の乗務員は役割を分担していれば初期消火をすると同時に、乗客の安全を第一に考え火災現場近くの車両に乗っていた乗客を火元から離れた車両に避難させることができた。「日本海」の例を見れば、運転士はトンネルを出て緊急停止した後に指令と相談し、他の列車を停止させるなどの安全対策をとった後、車外避難を行えた。トンネル外であれば30分程度で乗客全員を車外の安全な場所に避難させることができ、死傷者数が大きく減ったと考えられる。

5. 結論

「きたぐに」の火災の後、国鉄はこの事故を教訓にトンネル火災発生時における対応の見直しをして、火災発生時のマニュアルの整備などを行った。しかし、「日本海」の火災の後に同様の対策

3 「きたぐに」の事故の調査後、「日本海」の運転士への処分は撤回された。

を講じていれば、「きたぐに」の事故で死傷者が出なかった可能性がある。したがって、「悪い事例」だけでなく、死傷者を発生させなかった「よい事例」を分析して、そこから教訓を得ることは事故発生時に人命を守るために必要である。事故が発生した直後は再発防止策を講じて、マニュアル等の見直しや乗務員らへの周知徹底が図られるが、時間が経過すると乗務員は配置転換などにより事故を知らない乗務員と入れ替わる。「きたぐに」のように多数の死傷者を発生させた「悪い事例」はその原因等について検証され、後世に伝えられ、様々な改善が行われている。しかし、本研究で分析した「日本海」事故のように最小限の被害で済んだ「よい事例」についても分析を行う必要がある。「よい事例」ではどのような点がよかったのかなど、事故発生時の人の行動や事故の原因を分析して、対策を講じることが事故の未然防止や被害の軽減のために必要である。本研究の事例は今から40年前の研究であるが、JR北海道の青函トンネルの事例のように、現在でも列車火災が発生しており避難行動を研究することは必要であり、「よい事例」から得られた知見を教育、訓練に活用することで、万一事故が発生した際に、現場の乗務員がより安全な方法で乗客の避難誘導等ができる。

(ひさむね しゅうじ・本学経済学部教授/
なかやま こうせい・本学経済・経営研究科)

参考文献

- 1) 関沢愛, 神忠久, 渡部勇市: 川治プリンスホテル宿泊時の宿泊客の避難行動について, 日本建築学会大会学術講演集, pp2361-2362 (1981)
- 2) 岸田孝弥, 池上徹, 久宗周二: 緊急時の人間行動 (XIV) 大邱市の地下鉄「中央路」駅車両火災を例にして, 人間工学 特別号 pp376-377 (2004)
- 3) 橋本邦衛: 「安全人間工学」, 中央労働災害防止協会, pp3-79 (1984)
- 4) 岸田孝弥, 久宗周二, 大島登志彦, 武井昭: 京福電鉄における事故の組織人間工学的研究, 高崎経済大学論集, 第48巻, 第4号, pp21-36 (2006)
- 5) 久宗周二, 松田文字, 池上徹, 岸田孝弥: 美浜原発高温蒸気噴出死傷事故の組織人間工学的研究, 日本経営工学会平成16年度秋季研究大会予稿集, pp290-293, (2004)
- 6) 読売新聞 1969年12月6日付 夕刊11面
- 7) 福井新聞 1969年12月6日付 夕刊1面, 12月7日付 朝刊13面
- 8) 中尾政之: 失敗百選, 森北出版, pp199-200 (2005)
- 9) 福井新聞 1972年11月6日付 夕刊1-3面, 11月7日付朝刊1, 4, 5面, 11月8日付朝刊1-3面
- 10) 佐々木富泰, 網谷りょういち: 続・事故の鉄道史, 日本経済評論社, pp233-264 (1995)
- 11) 福井新聞 1972年11月8日付 朝刊13面
- 12) 福井新聞 1972年11月7日付 朝刊12面
- 13) 福井新聞 1969年12月13日付 朝刊14面
- 14) 中尾政之: 失敗知識データベース-失敗百選 2005年3月
<http://www.sozogaku.com/fkd/hf/HA0000605.pdf> (2015年5月13日閲覧)