

鉄道車両火災の設計火源に関する考察

辻本研究室 5105075 前川 結宇理

1. 目的

鉄道輸送は省エネルギーの観点から見て重要な交通手段だと考えられる。一方で移動に高密度のエネルギー(エンジン、モーター等)を用いるために常に出火の危険をはらんでいる。この出火の機構を過去の事故事例から明らかにすることは、鉄道火災の安全設計の一助になると考えられる。本論ではこの車両火災(車両に影響しなかった駅舎および沿線での火災、自爆テロなどの人為的爆発火災、脱線・衝突火災は除く)を整理し、それぞれの火災事例における発熱量を推定することで今後の車両の火災安全設計に利用できるように資料化した。

2. 分析対象

事例として、最近の事故としては運輸安全委員会のホームページ(<http://www.mlit.go.jp/jtsb/index.html>)に 2001 年以降の鉄道事故の報告書が掲載されており、全件で 139 件ある。このうち火災事例は 8 件あり、さらに上記の車両火災に該当する 5 件のうち詳細資料のある報告書 4 件を用いて、出火場所・原因、燃焼物、燃焼状態を推定する。(表-1) また、これらの火災例は小規模であり、燃焼が進んだ事例として 1950 年以降の車両火災で全面火災となった 3 件を例に、これらを加えて、各火災の経緯と発熱量を推定した。(表-2)

3. 分析方法

火災の発熱量については、以下のように推定した。

基本的には小規模で焼損面積の記述があるかもしくは推定できるレベルの火災と、大規模で車両全体が燃えてしまったものに大別できる。

小規模火災は燃料支配型火災と考えられ、開口部が大きい場合(酸素供給が十分な場合)と燃焼が小規模の場合、燃焼性状は空気の供給量ではなく可燃物固有の燃えやすさに支配される。ここでは文献 6)の値を用いて $m_b = 0.007 \cdot A_{fuel}$ (kg/s), A_{fuel} (m²):焼損面積とし、発熱量 Q_s は木材換算で $Q_s = 16.7 \times 10^3 m_b$ (kW)とする。

車両全体が燃えてしまった大規模火災(車両の骨組みは燃えずに残る場合)は換気支配型火災と考えられ、燃焼速度は空気の供給量により制約される。この結果、室内での発熱速度は、

$$Q_o = 3000m_a = 3000 \times 0.52A\sqrt{H} \approx 1500A\sqrt{H} \text{ (kW)}$$

となる。この値は室内で燃焼可能な発熱速度の上限を与える理論値である。

以上の手法で表-1、表-2 の燃焼量を推定した。ただし、表-2 の 2-①の場合、車両は木造のため燃料支配型として

表-1 研究対象事例一覧(小規模火災)

番号	1-①	1-②	1-③	1-④
年月日	2001.10.12	2002.5.16	2003.8.26	2003.8.30
名称	野田線	山陰線 出雲市駅	土讃線 阿波川口駅	中央線
発火源	パンタグラフ	屋根上の ブレーキ 抵抗器	電気配線の 被覆	衣服
出火原因	避雷器の 内部で短 絡が起こり、アーク が発生	ブレーキ抵 抗器カバ ー内に残 っていた飛 散物が絶 縁破壊を 誘発し、ア ーク放電 が発生	発電エン ジンの調 速器内部 のピンが 緩み抜け 出、燃料 が過剰に 供給され 異常燃焼 により、消 音機の温 度が上昇	乗客が自 身に灯油 とみられ る液体を 振りまき 点火
燃焼物	パンタグラ フ、屋根 板、避雷器	抵抗体、碍 管及び支 持棒、支持 碍子、防熱 板、ブレー キ抵抗器 カバーの 蓋、天井板	床および 床内部の電 気配線被覆 等	床、 座席、 内張板
出火場所	野外走行 中	停車中	停車中	トンネル (全長 4km の約 2km 地 点)内走 行中
停車	野外 線路上	駅	駅	トンネル 内
乗客	約 100 名	0 名	約 30 名	約 35 名
乗客の 行動	停止後、 ドアを開 け、降車		ホームへ 避難	各自事故 車両から 隣接車両 へ避難。
燃焼 面積(m ²)	0.60	2.00	0.64	5.61
推定 発熱量 (kW)	70.1	233.8	74.8	665.8
負傷者・ 死亡者	0・0	0・0	0・0	0・1
文献	1)、2)	1)、2)	1)、2)	1)、2)

扱った。

4. 想定火災の提案

最終的な目標性能は乗客の生命安全である。これに対し火源は車両外及び車両内に大別できる(一定の時間、火元による火熱に耐えられる隔壁のことを以下防火壁とし、車両内外とはその防火壁によって分離されているものとする)。以下、両者について目標性能がどのように確保されるべきかを整理する。

目標性能：出火後、乗客が避難するのに十分な時間を確保できるよう車両内に火及び煙の影響が及ばないこと。

4-1. 火源が車両外の場合

表-1 の 1-①、1-③のように燃焼量が最大で 100kW 程度であれば、隣接の車両へ当該車両の乗客が移動するのに要する数分の間に生命安全が脅かされることはないので、車両外出火に対しては、車両内への影響が防火壁を介して一定の発熱量以下にするような防火設計が求められることになる。ただし、車両が一両だけの運行で、隣接車両への避難ができない場合など、例外的な条件にも配慮すべきである。また、当然ではあるが、外部火源から乗客への熱伝達、煙の流入などは大きく制限されるべきである。具体例として表-1 の 1-③での車両構造を図示すると図 1 のようになり、断熱材直下の過熱した消音器に対し断熱材の断熱性能が不十分であれば、プレートに接した床構成材が容易に燃焼することは自明であり、防火壁に求められる性能が明らかにされるべきだろう。

4-2. 火源が車両内の場合

基本的に車内側での出火は、人為的な原因(放火、タバコの不始末など)と考えてよい。この場合、想定火源は構造設計における地震力のように、経験的に定められた値によることになる。鉄道に関する技術基準でこれを示している地下駅等の火災対策基準・同解説に従えば、ガソリン 4 リットルの客席への散布が初期条件となるため、防火設計としては、出火車両での乗客の避難を合理的に考えることは不可能である。よって、確保されるべきことは、当該車両以外の乗客の避難安全であり、結果として、

- 1) 車両の燃焼量がどの程度になるかの予測
- 2) その燃焼量での避難計画が必要とされる。

対策としては表-2 のような場合には 20-30Mw の火源に対し、

- 1) 隣接車両へ容易に燃焼しないこと
 - 2) トンネル内停止を考慮して乗客の避難安全が確保されること
- が求められる。

5. 今後の課題

想定火源に対する防火壁の性能評価、利用される材料の防火特性の把握に加えて、放火等の行為への対策も重要な課題である。

表-2 研究対象事例一覧(大規模火災)

番号	2-①	2-②	2-③
年月日	1951.4.24	1968.1.27	1977.6.30
名称	京浜東北線 桜木町駅	日比谷線 神谷町駅	田沢湖線
出火したときの燃焼物	屋根(木製)	床下抵抗器上部の樹脂性電線管	床下エンジン(推定)
出火原因	架線がパンタグラフ(集電装置)と絡まり、電流の地絡により炎上	過電流による過熱	エンジンの異常過熱(推定)
燃焼物	一両焼失、一両小火	一両焼失、一両半焼、一両小火	一両全焼
出火場所	駅	駅	野外走行中
停車	駅	駅	野外線路上
主な開口部(mm)	窓	(650×650)×30	(1000×800)×16
	ドア	(720×720)×8	(330×470)×16
推定発熱量(MW)	21(木造車両のため表面積で計算)	20	30
負傷者・死亡者	92・106	11・0	0・0
文献	1)、4)	3)、5)	1)

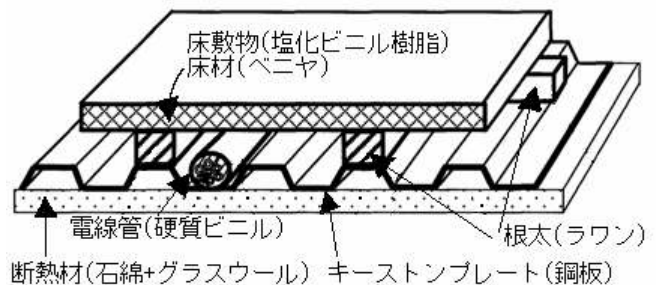


図 1 車両構造(1-③)

参考文献

- 1) 国鉄運輸局保安課資料及び災害情報センター資料 第3回中央リニア調査有識者委員会(案), 2008
- 2) 運輸安全委員会 HP <http://www.mlit.go.jp/jtsb/index.html>
- 3) 地下空間における事故・災害事例集 社団法人日本損害保険協会・安全技術委員会地下空間分科会, 1991
- 4) wikipedia <http://ja.wikipedia.org/>
- 5) 昭和 52 年度地下鉄道最適排煙方式研究報告書 日本火災報知器工業会, 1978
- 6) 建築火災のメカニズムと火災安全設計 原田和典著 財団法人日本建築センター, 2007