

RI2021-2

鉄道重大インシデント調査報告書

I 西日本旅客鉄道株式会社 山口線
本俣賀駅構内
車両障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に係る鉄道重大インシデント）

令和3年12月16日

本報告書の調査は、本件鉄道重大インシデントに関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故等の防止に寄与することを目的として行われたものであり、本事案の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会
委員長 武田 展雄

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合
・・・「可能性が考えられる」
・・・「可能性があると考えられる」

I 西日本旅客鉄道株式会社 山口線

本俣賀駅構内

車両障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に係る鉄道重大インシデント）

鉄道重大インシデント調査報告書

鉄道事業者名：西日本旅客鉄道株式会社

インシデント種類：車両障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に係る鉄道重大インシデント）

発生日時：令和2年12月30日 19時01分ごろ

発生場所：島根県益田市
山口線 本俣賀駅構内（単線）

令和3年11月25日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長	武田展雄
委員	奥村文直（部会長）
委員	石田弘明
委員	柿嶋美子
委員	鈴木美緒
委員	新妻実保子

要旨

<概要>

西日本旅客鉄道株式会社山口線の益田駅発山口駅行き1両編成の上り第2556D列車の運転士は、令和2年12月30日、本俣賀駅のホームへ入線途中の停止ブレーキ操作中に戸閉表示灯等が滅灯していることを認めた。列車が同駅に停止した後、同運転士は車内点検を行い、ホームの反対側である右側の後方のドアが7割程度開扉していることを確認した。このため、同運転士は当該ドアの施錠を行い、輸送指令に報告した後、運転を継続した。

列車には乗客7名と乗務員1名（運転士）が乗車していたが、線路への転落等による負傷者はいなかった。

<原因>

本重大インシデントは、列車の走行中に開いたドアの戸閉機械の弁室体D弁において、座ぐりに圧入されていた弁座枠が座ぐりから外れたことによって、戸閉機械閉シリンダ内の圧縮空気が大気中に流出したため、引戸の押付力が低下し、ブレーキ操作によって生じた慣性力よりも小さくなったために発生したものと推定される。

座ぐりに圧入されていた弁座枠が座ぐりから外れたことについては、以下の状況が関与したものと考えられる。

1. 戸閉機械閉シリンダ内に圧縮空気がない状態では、ばねの復元力による上向きの力が切換弁Aに加わり、弁座枠にも間接的に上向きの力が加わった可能性があること、D弁の座ぐりの側面と弁座枠の側面は通常の圧入時より摩擦力が小さく、弁座枠はせり上がり易い状況だったこと。
2. 弁座枠下面と座ぐり底面との間には空間があったことから、車両の運用中でドアが閉扉している（戸閉機械閉シリンダ内に圧縮空気がある）間は、弁座枠下面には弁座枠を押し上げる想定外の力が加わっている状況であったこと。
3. 切換弁Aと弁座枠との接触部分に想定外の力が長期間加わっていたことから、切換弁Aと弁座枠は強く圧着した可能性があること。
4. 1～3の状況によって弁座枠が座ぐり内をせり上がる際に、弁座枠がばねの内側を通ることができ、かつねじ栓の下面と切換弁Bの上端の間に弁座枠下面が座ぐりの上端までせり上がる事が出来る空間があったこと。

以上、1～3の状況が長期間繰り返されて、座ぐり内を徐々にせり上がっていた弁座枠下面が本重大インシデント発生時に座ぐりの上端を越えた結果、戸閉機械閉シリンダ内の圧縮空気が漏気し、その際の気流の風圧によって弁座枠と切換弁Aの圧着が解けて弁座枠が落下し、弁座枠が側面を上に向けた状態で座ぐり内に収まった可能性があると考えられる。

また、列車の運転士が始発駅を出発する前にドアから漏気があったこと及び戸閉表示灯が点灯するまでの時間が通常より長いことを認識していたものの、ドアが閉扉したことから指令員又は駅長等関係箇所へ連絡せずに出発したため、本重大インシデントの発生を防ぐ機会を活かせなかったものと考えられる。

目 次

1	鉄道重大インシデント調査の経過	1
1.1	鉄道重大インシデントの概要	1
1.2	鉄道重大インシデント調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	調査の実施時期	1
1.2.3	原因関係者からの意見聴取	2
2	事実情報	2
2.1	運行の経過	2
2.1.1	乗務員等の口述	2
2.1.2	運転状況の記録等	4
2.1.3	列車無線等の交信記録	5
2.2	鉄道施設に関する情報	6
2.2.1	路線の概要	6
2.2.2	線形等	6
2.2.3	本件列車の停車駅におけるドアの開閉操作	6
2.3	車両に関する情報	6
2.3.1	車両の概要	6
2.3.2	ドアの構成及び構造	7
2.3.3	弁室体に関する情報	9
2.3.4	戸閉制御回路等	11
2.3.5	本件車両の車歴及び検査履歴	12
2.4	本重大インシデントの調査結果に関する情報	14
2.4.1	本重大インシデントの発生翌日に実施した車両調査の結果	14
2.4.2	下関総合車両所における戸閉機械等の調査結果	15
2.4.3	本件弁室体の調査結果	17
2.4.4	戸閉機械の製作状況	19
2.5	同社の異常発生時の対応に関する情報	20
2.5.1	運転士の執るべき措置	20
2.5.2	指令員の執るべき措置	20
2.5.3	列車乗務員及び運輸関係指令員の無線交信時における取り決め	21
2.5.4	教育及び訓練の実施状況	22
2.6	乗務員等に関する情報	22
2.7	気象に関する情報	23

2.8	その他の情報	23
2.8.1	ドア施錠時の引戸の遊びに関する情報	23
3	分析	24
3.1	本重大インシデント発生前後の状況に関する分析	24
3.2	本件ドアが走行中に開扉したことに関する分析	25
3.3	本件弁室体に関する分析	26
3.3.1	本件弁座枠が本件座穴から外れたことについて	26
3.3.2	本重大インシデント発生までの本件弁座枠の状態について	29
3.3.3	本件弁座枠下面と本件座穴底面との間に空間を生じたことについて	30
3.3.4	本液状ガスケットの使用について	30
3.4	ドアの検査に関する分析	31
3.4.1	全般検査時及び要部検査時	31
3.4.2	その他の検査時及び点検時等	31
3.5	弁室体の製作に関する分析	32
3.6	異常発生時の対応及び執られた措置に関する分析	33
3.6.1	本件運転士の講じた措置	33
3.6.2	本件運転士と指令員A及び指令員Bとのやりとり	34
4	結論	35
4.1	分析の要約	35
4.2	原因	36
5	再発防止策	37
5.1	必要と考えられる再発防止策	37
5.1.1	同社の再発防止策	37
5.1.2	A社の再発防止策	38
5.2	本重大インシデント発生後に講じられた措置	38
5.2.1	同社が講じた措置	38
5.2.2	A社が講じた措置	39

添付資料

付図1	山口線路線図	40
付図2	現場付近の地形図	40
付図3	弁室体内の各弁の状態（開状態→閉状態）	41

1 鉄道重大インシデント調査の経過

1.1 鉄道重大インシデントの概要

西日本旅客鉄道株式会社山口線の益田駅発山口駅行き1両編成の上り第2556D列車の運転士は、令和2年12月30日（水）、本俣賀駅のホームへ入線途中の停止ブレーキ操作中に戸閉表示灯等^{とじめ}*1が滅灯していることを認めた。列車が同駅に停止した後、同運転士は車内点検を行い、ホームの反対側である右側（以下、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）の後方のドアが7割程度開扉していることを確認した。このため、同運転士は当該ドアの施錠を行い、輸送指令に報告した後、運転を継続した。

列車には乗客7名と乗務員1名（運転士）が乗車していたが、線路への転落等による負傷者はいなかった。

1.2 鉄道重大インシデント調査の概要

1.2.1 調査組織

本重大インシデントは、列車の走行中に客室の旅客用乗降口の扉が開いた事態であり、鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」（車両障害）に該当し、かつ、運輸安全委員会設置法施行規則第3条第6号に定める「特に異例と認められるもの」であるため、調査対象とした。

運輸安全委員会は、令和2年12月30日、本重大インシデントの調査を担当する主管調査官ほか1名の鉄道事故調査官を指名した。

中国運輸局は、本重大インシデントの調査を支援するため、職員を現場等に派遣した。

本重大インシデントの調査に際し、地方独立行政法人東京都立産業技術研究センターに、戸閉機械の弁室体母材に加工された穴の寸法等の三次元測定を委託した。

1.2.2 調査の実施時期

令和2年12月31日～令和3年1月1日	口述聴取、車両調査
令和3年3月15日～3月16日	車両部品調査、口述聴取
令和3年6月23日	車両部品調査
令和3年6月25日～7月28日	委託調査

*1 ここで言う「戸閉表示灯等」とは、戸閉表示灯及び運転士知らせ灯をいう。

1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 運行の経過

2.1.1 乗務員等の口述

本重大インシデントに至るまでの経過は、西日本旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の上り第2556D列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「本件運転士」という。）、本重大インシデント発生後に本件運転士と列車無線等で交信を行った広島総合指令所の輸送指令員（以下「指令員A」という。）及び同運用指令員（以下「指令員B」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

(1) 本件運転士

本重大インシデント発生当日、益田駅（新山口駅起点93k922m、以下「新山口駅起点」は省略する。）構内において本件列車で運用される予定の車両（以下「本件車両」という。）の出区点検を行ったあと、本件車両を益田駅のホームに据え付け、運転台を交換してそのまま本件列車に乗務した。

出区点検でドアの開閉確認を行った際に異常はなかったが、本件列車をホームに据え付けた後、運転台を交換するために本件列車の右側後方のドア（以下「本件ドア」という。）からホームに出て、後部標識灯の点灯確認を行った後、車内に戻って本件ドアを閉扉したところ、本件ドアの上方でエア漏れの音がした。そこで本件ドアを記憶では2～3回開閉させると、漏気音はしたが閉扉したため、そのまま運転台交換作業を続けた。

その後、同駅を出発する際に運転士知らせ灯の点灯を確認したところ、点灯するまでの時間が通常よりも少し長いと感じたため、気になって本件ドアの所まで行ってみた。しかし、本件ドアは閉扉していたことから運転台に戻って列車を出発させた。そのため益田駅の出発は30～45秒程度遅れた。

益田駅を出発した後は車両に異状はなかったが、本俣賀駅（89k580m）の手前で停止ブレーキ操作を行っていた際、同駅の停止目標位置（89k551m）まで約20mの辺りで戸閉表示灯と運転士知らせ灯が滅灯した。

本件列車が本俣賀駅に到着した後、ホーム側（左側）のドアを開扉したが、乗客の乗降はなかった。本件車両には乗客が7名乗車しており、本件ドアから3～4m離れたロングシートの真ん中辺りに1名、ボックス席に6名が着席していた。車内を歩いて列車の後方に向かったところ、ホームと反対側後

方のドアが7割（70cm）程度開いていることに気付いたが、漏気音には気付かなかった。

乗客数は、益田駅出発時と変わらなかったため、転落者はいないと思ったが、一応、後方を確認して転落者がいないこと及びドアロック（以下「Dロック」という。）が扱われていないことを確認し、異常がなかったため本件ドアを手で閉めて施錠した。

施錠後、運転台に戻りホーム側のドアを閉扉してから、列車無線を使って輸送指令に「本俣賀駅入駅中に戸閉表示灯が消灯したため確認したところ、本件ドアが開いていたので施錠した」、「益田駅でドアの閉まりが悪かった」と報告した。指令員の指示に従い携帯電話でかけ直したところ、通話の途中で別の指令員に替わったため、改めて「益田駅でドアの閉まりが悪かった」、「本件ドアは施錠しており、締切状態です」と伝えた。指令員の指示は「以降の運転では乗降者に気を付けてください、後方のドアからは乗降できないので案内をきちんとして運転を再開して下さい」だったと思う。同駅の出発時刻は所定出発時刻から約9分遅れだった。

輸送指令には報告していないが、以降の運転において停止ブレーキ操作中に戸閉表示灯が滅灯することが何度かあり、本件ドアを施錠したが引戸に少し遊びがあるためだと思った。また、日原駅（72k760m）において本件ドアの引戸に、故障のため使用できないこと等が表記されたシールを貼った。

本件列車を山口駅（12k680m）まで運転したあと、本件車両にキハ40を1両増結し、新山口駅まで第692D列車として運転した。そして、本件車両を下関総合車両所新山口支所（以下「本件支所」という。）に入区させた。

なお、当日の夜間は雪が時々降っていた。

(2) 指令員A

本件運転士から列車無線で第一報があり、「ドアの閉まりが悪いので、施錠しました」とのことだった。そこで、車両の細かいことについて知っている指令員Bを呼んで本件運転士からの報告内容を引き継いだ。その後は本件ドアの対応から離れ、遅れに伴って生じる接続や運転整理の作業を行っていた。

本件運転士の話によるとドアの閉まりが悪いということであり、施錠すれば運転再開できるという認識だった。走行中に開扉したイメージはなかった。

(3) 指令員B

指令員Aから携帯電話を引き継ぐと、本件運転士から「運転士知らせ灯が消えてドアが開いたんです。それで止まりました。今はドアの鍵を掛けてい

ます」との報告があったため、車両の処置は終わっており、ドアを締め切っていればその後の運転に支障はないと思った。

本件運転士の話によると、本俣賀駅に入駅中にドアが開いたとのことなので、ホームに掛かっていたくらいというか、止まる直前に開いたというイメージであり、走行中にドアが開扉して乗客が転落したかもしれないという認識はなかった。また、ドアの閉まりが悪いということなので、ドアに異物があるのかと思った。本件ドアは施錠されており、検修区所に戻らない限りそれ以上の処置はできないと考え、本件列車に係員を添乗させず山口駅まで運転させ、さらに1両増結して新山口駅まで運転してから本件支所に入区させた。

2.1.2 運転状況の記録等

本件列車には、運転状況記録装置が設置されており、時刻、速度、距離、変速機制御、機関制御、ドア制御、ノッチ情報等が0.2秒ごとに記録されている。本件列車が益田駅を出発してから本俣賀駅でドアが開扉するまでの主な記録を表1に示す。

表1に示すとおり、ブレーキ操作中の19時01分07秒に戸閉連動は「1」から「0」に変化しており、運転士知らせ灯が滅灯している。そのときの本件列車の速度は44km/h、位置は本俣賀駅に停止した位置の113m益田駅寄りであった。

なお、本重大インシデント発生当日、本件車両は、本件列車で運用される前に第2534D列車（益田駅発山口駅行き）及び第2539D列車（山口駅発益田駅行き）として運用されていたが、これら列車の走行中に戸閉連動が「0」になった記録はなかった。また、同社がこれら列車を運転した2人の運転士に確認したところ、車両（ドア）に異状はなく、乗客から異状の申告もなかったとのことであった。

本件列車の出区点検の際にも戸閉連動の異常を示す記録は確認出来なかったが、本件車両を益田駅のホームに据え付けた後から出発時刻までの間に、戸閉連動が「0」になる状態が複数回発生していた。このときの状況は、閉扉操作後通常3～4秒で「1」になる戸閉連動が最短で約11秒間、最長で約20秒間「1」にならず、その後、運転士は処置を行っていないが「1」になったというものだった。

本件運転士は、出発時刻を過ぎた18時55分16秒ごろにも車掌スイッチを操作して右側のドアを閉扉させているが、戸閉連動は約26秒間「1」にならず、その後、再び「1」になっていた。

表1 運転状況記録装置の状況（抜粋）

時刻 (hh:mm:ss)	変速機制御		燃料制御			ドア制御				ノッチ情報		速度 (km/h)	距離 (m)	記事	
	直結段	変速段	(1)	(2)	(3)	戸閉連動	1,3位(左)側		2,4位(右)側		力行				ブレーキ
							開指令	閉指令	開指令	閉指令					
18:55:16.20	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	右側扉「閉」指令
18:55:16.40	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	戸閉連動減灯
⋮	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	
18:55:42.20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:55:42.40	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	戸閉連動点灯
⋮	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	
18:56:12.20	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	益田駅出発
⋮	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	
19:01:02.20	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	48	4115	常用ブレーキ
⋮	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	
19:01:07.00	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	44	4178	
19:01:07.20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	44	0	インシデント発生
⋮	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	
19:01:17.80	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18	93	停止位置の20m手前
⋮	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	
19:01:28.00	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	113	本俣賀駅到着
⋮	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	
19:01:30.00	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	113	左側扉「開」指令

※「時刻」欄には、GPSによって補正された時刻が記録されている。補正のタイミングは装置起動後1度（衛星受信後）だけ行う。標準時との誤差は1秒以内とのことである。

※「変速機制御」欄には、その時点に投入されている速度段に「1」が記録されている。

※「燃料制御(1)～(3)」欄には、(1)～(3)の各指令線が加圧状態のときに「1」が記録されている。機関に燃料を供給する燃料噴射装置は、(1)～(3)の各状態の組み合わせによって制御されている。

※「戸閉連動」欄には、列車内の全てのドアの戸閉スイッチが「閉」状態を検知した（運転士知らせ灯が点灯した）場合に「1」が記録される。

※ドア制御の「開指令」及び「閉指令」欄には、当該指令が出力されている側に「1」が記録される。

※「ノッチ情報（ブレーキ）」欄には、状態保持操作の場合に「1」が、常用ブレーキ操作の場合に「2」が、非常ブレーキ操作の場合に「3」が記録される。

※「距離」欄には、変速機出力軸の回転数から計算した走行距離が記録されている。走行距離のリセットは、運転状況記録装置の電源投入時、運転台切替時及び戸閉連動が「0」となった場合に行われる。

2.1.3 列車無線等の交信記録

指令員Aと本件運転士との無線交信記録によると、本件運転士は、「客室のドアの閉まりが悪いため施錠した」と報告し、また、携帯電話の通話によると「益田駅を出るときあまりきちんとした感じではなかったが、とりあえず閉扉したので発車した」、「戸閉（連動）が（本俣賀駅）停止前にちょっと開いた」と報告していた。

さらに、指令員Aから携帯電話を引き継いだ指令員Bと本件運転士との携帯通話記録によると、指令員Bの「今、本俣賀駅に止まっていてどういう状況ですか」、「戸閉は今どうですか」、「走行中も消えたりとかしないですか」という問いかけに対して、本件運転士は「停止中に戸閉表示灯が消えたんです」、「益田駅を出るとき、あまり良く閉まらなかった、閉まりが悪かったです」、「力行中は大丈夫だったんですが、本俣賀に停車するちょっと前に消えて、後ろ側が開いていました」と返答して

いた。

(付図1 山口線路線図、付図2 現場付近の地形図 参照)

2.2 鉄道施設に関する情報

2.2.1 路線の概要

同社の山口線は新山口駅から益田駅に至る93.9kmの全線単線の路線であり、動力は内燃、軌間は1,067mmである。なお、同社によると益田駅～本俣賀駅間にはB区間*2が2箇所(90k073m～90k080m及び91k755m～91k835m)存在するとのことである。

(付図1 山口線路線図 参照)

2.2.2 線形等

本重大インシデントの発生地点付近の線形は、上り列車の場合89k775m～89k600mが半径1,200mの左曲線区間となる。また、線路勾配は、上り列車の場合90k073m～89k500mが4.5%の上り勾配となる。なお、本重大インシデントの発生地点から本俣賀駅までの間にトンネル及び橋梁はない。

2.2.3 本件列車の停車駅におけるドアの開閉操作

本件列車が益田駅から山口駅まで運転される間に、本件列車のドアは14駅で右側(本件ドア側)が、7駅で左側(本件ドアの反対側)が操作された。なお、ドアの開閉に際し、2.3.4(1)に後述する半自動ドア切換スイッチは、益田駅では半自動扱いが、それ以外の駅では自動扱いが選択された。

2.3 車両に関する情報

2.3.1 車両の概要

本件列車の編成は図1のとおりであり、車両の主な諸元等は次のとおりである。

車種	内燃動車(ディーゼルカー)
編成両数	1両
記号番号	キハ40-2122号
車両定員	125名(うち、座席定員66名)
所属	下関総合車両所 新山口支所

*2 「B区間」とは、線路の改良工事等によってルートが変更となったために、新線が旧線より短くなった場合の距離が中断された区間(キロ程が空白となる区間)をいう。

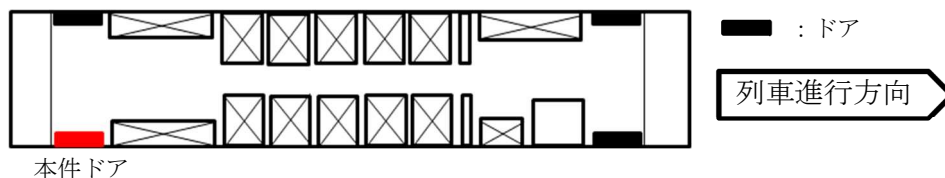


図1 本件列車の編成

また、図1に示すように、本件車両には片側2箇所ずつ計4箇所に旅客用乗降口が設けられており、各旅客用乗降口には片開きタイプ引戸構造のドアが設けられている。

2.3.2 ドアの構成及び構造

(1) ドアの構成

本件ドアの構成は、図2に示すとおり、引戸を開閉させる戸閉機械、二つの戸閉電磁弁（オン電磁弁、オフ電磁弁）、旅客用乗降口の上部に設けられている戸閉スイッチ*3、引戸等で構成されており、引戸は戸閉機械のピストン棒先端の二股金具に吊り金具を介して取り付けられている。

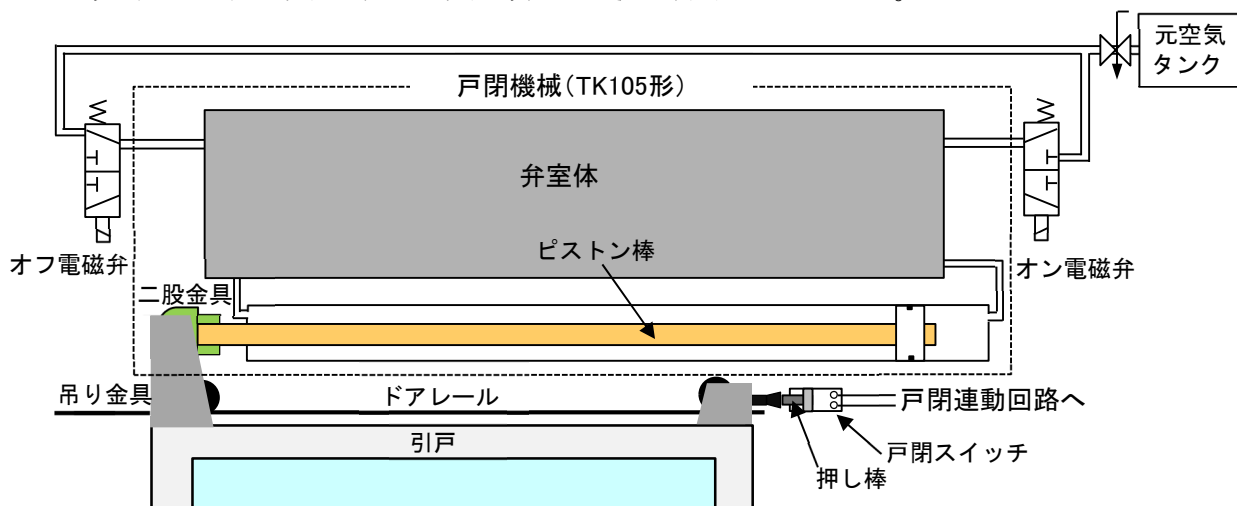


図2 本件ドアの構成

(2) 戸閉機械

同社によると、本件車両で使用している戸閉機械は、戸閉機械製作会社（以下「A社」という。）が製作している片開きタイプ引戸構造のTK105形戸閉機械である。TK105形戸閉機械が搭載されているキハ40は広島支社に32両配置されているとのことであった。

TK105形戸閉機械は、次の部品によって構成されている(図3 参照)。

- ・弁室体（シリンダ内の圧縮空気を給排気するため内部に複数の弁を有する部品であり、他の業者から購入した弁室体母材に、A社が切換弁、‘内側に

*3 「戸閉スイッチ」とは、戸閉表示灯や戸閉連動回路の機器を動作させるために、ドアの開閉状態を検知するスイッチをいう。戸挟み検知のための隙間が設定されており、本件車両の場合、隙間は25mmに調整されている。

合成ゴム製の弁座を接着させた側面下部が曲面加工されている黄銅製の枠（以下「弁座枠」という。）、ばね、鋼球等の部品を組み込んで製作する。

2.4.1(2)に後述するD弁内のばねの主な寸法は表2に示すとおりである。）

- ・ シリンダ（二つの戸閉電磁弁の動作によって圧縮空気が給排気される部品であり、内部には開扉時に圧縮空気が流入する開シリンダと閉扉時に圧縮空気が流入する閉シリンダの二つの空間を有する。）
- ・ ピストン及びピストン棒（開シリンダと閉シリンダの圧力差によってシリンダ内を動く部品である。）
- ・ 二股金具（ピストン棒と吊り金具を連結するために設けられ、ピストン棒の動きを吊り金具を介して引戸に伝達する部品である。）

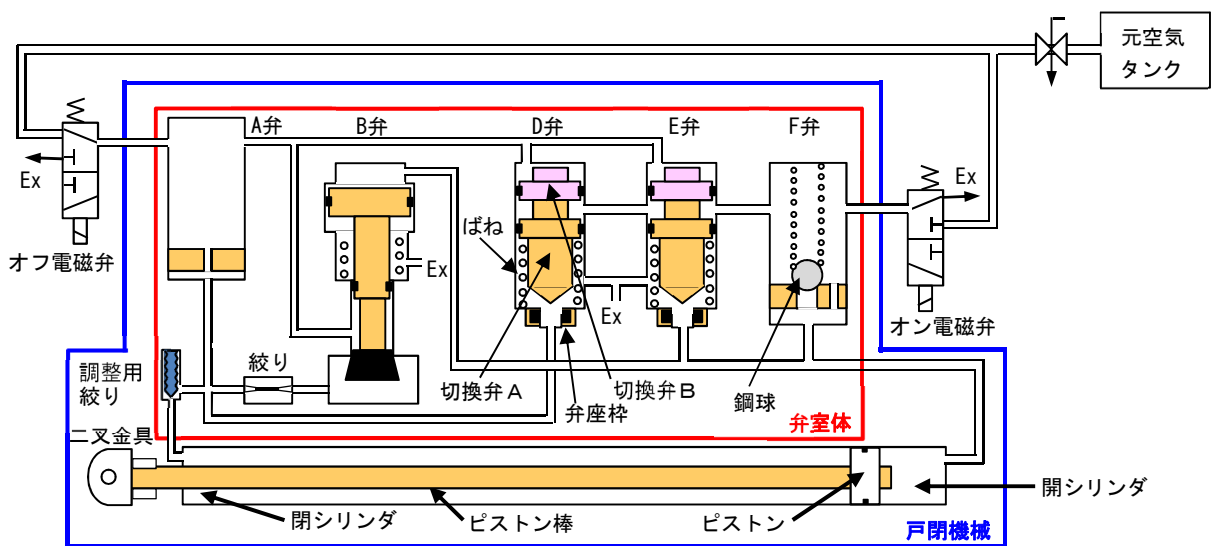


図3 戸閉機械の構成

表2 D弁内のばねの主な寸法

線径	コイル外径	自由高さ	取付時高さ	作用時高さ	密着長さ
1mm	14.5mm	27mm	12mm	10mm	7mm

(3) 戸閉電磁弁

ドアの開閉動作を制御するために、二つの戸閉電磁弁（オン電磁弁及びオフ電磁弁）が設けられている。戸閉電磁弁（オン電磁弁、オフ電磁弁）はどちらも戸閉制御回路関係継電器の接点を介して制御電源線に接続され、車掌スイッチ「開」ボタンが押下されて戸閉制御回路の開指令線に電圧が印加されると動作状態となるが、動作の結果、戸閉電磁弁に接続される外部の空気経路はオン電磁弁とオフ電磁弁では異なる経路となる。実際の電磁弁の動きについては、付図3に示したとおり、開指令線に電圧が印加されている場合（開状態）にはオン電磁弁とオフ電磁弁は上方に移動して空気経路を構成し、

開指令線に電圧が印加されていない場合（閉状態）には、オン電磁弁とオフ電磁弁は下方に移動して開指令線に電圧が印加されている場合とは別の空気経路を構成する。

(4) 戸閉スイッチ

本件車両の4箇所旅客用乗降口の上部には、戸閉スイッチが設けられている。戸閉スイッチがドアの閉扉を検出する仕組みは、図2に示すように、引戸が所定の閉扉位置まで閉じると、押し棒が戸閉スイッチ内の可動部を押して戸閉スイッチ内の接点を閉じ、戸閉連動回路中の当該ドア部分を導通するようになっている。

2.3.3 弁室体に関する情報

同社の下関総合車両所では、過去にTK105形戸閉機械において漏気による故障が増加したことがあり、弁室体の経年劣化進展が原因と判明したため、平成25年11月～平成29年度に弁室体を全品交換していた。

本件ドアで使用されていたTK105形戸閉機械（以下「本件戸閉機械」という。）の弁室体（以下「本件弁室体」という。）は、平成26年3月初旬の特修工事において本件車両に初めて取り付けられ、その後本重大インシデント発生前直近の全般検査（平成30年4月）において一旦取り外されたあと、再度取り付けられていた。

なお、本件弁室体は、平成26年3月に本件車両に取り付けられたものの、2.4.2に後述するようにB社製であった。

また、本件弁室体についてA社から次のような説明があった。

TK105形戸閉機械の弁室体は、国鉄時代に設計されたものであり、本件弁室体もその設計図面（以下「国鉄図面」という。）を基本として製作したものである。

TK105形戸閉機械は、昭和41年8月から販売を開始し、記録が残っている平成17年から現在までに512台（他に弁室体単体で473台）出荷しており、現在も製作を継続している。同社の広島支社には、記録が確認できる平成25年から令和3年3月までの間に318台納品している。

弁室体においてエア漏れが発生したことが過去にあったことから、平成25年11月に弁室体母材の供給メーカーを、弁室体母材の開口工程を手作業で行うB社から同工程をNC加工^{*4}で行うC社に変更し、同社に対しては平成25年11月分からC社製弁室体母材を使用した製品を納品している。その後異常は発生していない。

TK105形戸閉機械の動作空気圧は、標準で690kPa、範囲は590～

*4 「NC加工」とは、数値制御（Numerical Control）による機械加工である。

790 kPaであり、本件車両の空気圧縮機の調圧器設定値は590 kPa～690 kPaであることから、本件弁室体を本件車両において使用することに問題はない。

TK105形戸閉機械の弁室体は、内部にA弁、B弁、D弁、E弁、F弁を有し、D弁及びE弁の開口部内に弁座枠を圧入する工程は、図4に示すとおりであり、側面及び下面に液状ガスケット（以下「本液状ガスケット」という。）を塗布した弁座枠を、治具を使用して座ぐり（D弁及びE弁の開口部の底部に開けられた円柱状の穴、以下「座穴」という。）に圧入し、気吹き^{*5}を行ってから、ばね、切換弁A、切換弁Bを組み込んでいる（図3 参照）。組み上がった状態では切換弁Aは、ばねの復元力によって押し上げられ弁は開いた状態になる。

なお、圧入工程完了の判断は、作業者が打音の変化を聞き取ることによって行っている（図4 参照）。



図4 弁座枠の座穴への圧入工程

本液状ガスケットの諸特性は、製品カタログによると表3に示すとおりである。

表3 本液状ガスケットの諸特性（抜粋）

硬化形態	不乾性
特長	耐水、耐油性
耐圧性（室温）	9.5 MPa
取り外し性	困難
使用可能温度範囲	-40～150℃

A社の説明によると、座穴と弁座枠の接触部分における気密性低下を防止するために本液状ガスケットをシール剤として塗布しているとのことであった。

しかし、国鉄図面には本液状ガスケットの使用に関する記述がなく、他に使用を指示する文書等も見当たらず、本液状ガスケットの塗布が、いつどのように決定さ

*5 「気吹き」とは、エアガン等から圧縮空気を対象物に吹きかけて対象物の表面清掃を行う作業をいう。

れたのかについて記された資料や使用に際し本液状ガスケット製造会社に相談した資料も見当たらなかった。そのため本液状ガスケットの使用を開始した時期及び経緯は不明であるとのことであった。

なお、本液状ガスケット販売会社に確認したところ、本液状ガスケットについて次のような説明があった。

本液状ガスケットは、シール効果は期待できるものの接着力は期待できない。また、製品カタログに記載されている「取り外し性が困難」とは、接着性があるという意味ではない。シール効果は使用時の塗布面の汚損状態によって変化するため、使用時には塗布面の洗浄が大切である。

2.3.4 戸閉制御回路等

(1) ドアの開閉制御

ドアの開扉は、乗務員の半自動ドア切換スイッチ「自動」選択及び車掌スイッチ「開」ボタン押下によって車両編成内のドアを一括して開扉させる制御（以下「自動扱い」という。）、又は、乗務員の半自動ドア切換スイッチ「半自動」選択及び車掌スイッチ「開」ボタン押下後にドア近辺に設けられた開ボタンを旅客が押下したドアのみ開扉させる制御（以下「半自動扱い」という。）等を乗務員が選択して行う。

平成18年4月に実施された戸閉回路改造工事より前の半自動扱いによるドアの開扉は、乗務員が車掌スイッチ「開」ボタンを押下後に、乗客が手で引戸をあける方式であったが、上述した改造工事以降は乗客が各ドア周辺に設けられた開ボタンを押下することによって当該ドアの戸閉機械が圧縮空気を使用して引戸を開ける方式となった。この改造工事の結果、弁室体D弁はドアの開閉操作の際に弁が開くことはなくなり、D弁が開く時機は、圧縮空気の圧力が低下した際にばねの復元力によって切換弁A及び切換弁Bが押し上げられる場合のみとなった（図3、図5、図6、付図3 弁室体内の各弁の状態（開状態→閉状態）参照）。

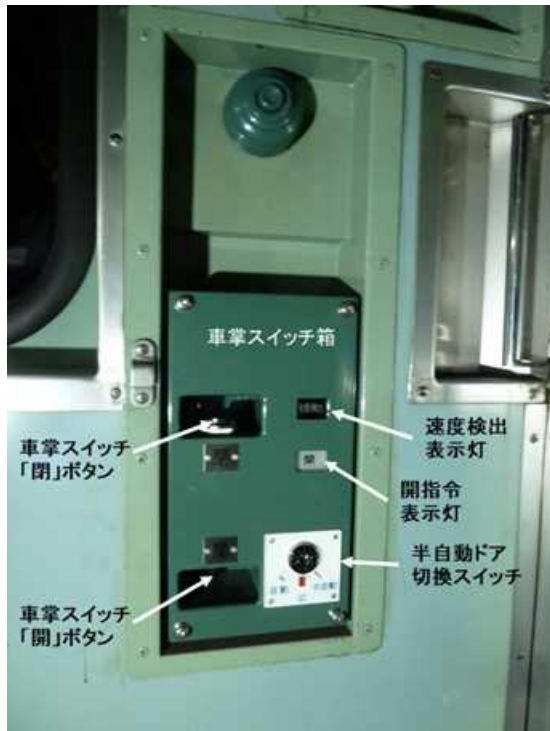


図5 車掌スイッチ箱



図6 客室内のドア開閉用ボタン

(2) 戸閉保安回路

本件車両には、走行中に車掌スイッチ「開」ボタンを誤って押下してしまった場合やドアの開指令線に電源混触が発生した場合でもドアが開扉しないように、列車の速度が設定速度に達すると電圧が印加される戸閉保安回路が設けられている。戸閉保安回路に電圧が印加された場合、戸閉保安継電器が動作して車掌スイッチ及び各ドア周辺に設けられた押しボタンの正極側回路が直流制御電源から遮断され、列車内の引通し線及び当該ドアの戸閉電磁弁に電圧が印加されることを防止する。

(3) 戸閉連動回路

編成車両内のドアに設けられている戸閉スイッチが全て「閉」状態になると、戸閉表示灯が点灯するとともに、戸閉連動継電器の接点が構成されることから、その状態で主幹制御器を1ノッチ以上に操作した場合に列車は力行状態となる。一方、編成車両内のドアに設けられている戸閉スイッチのうち一箇所でも「開」状態になると、戸閉表示灯は滅灯し、その状態で主幹制御器を1ノッチ以上に操作しても列車は力行しない仕組みになっている。

2.3.5 本件車両の車歴及び検査履歴

本件車両の車歴は表4に示すとおりであり、2.3.4(1)に記述した戸閉回路改造工事以外にもドア制御に関する改造工事が施工されている。

表4 本件車両の車歴

履歴種別	時期	施工箇所	工事内容
新製	昭和56年 6月 1日	新潟鉄工株式会社	
改造	平成 3年 8月 12日	同社 幡生車両所	ワンマン化
改造	平成18年 4月 12日	同社 下関車両センター	半自動のドアスイッチ化、ドアスイッチ個別化
改造	平成30年 4月 9日	同社 下関総合車両所	半自動開扉総括制御化
改造	平成30年 4月 9日	同社 下関総合車両所	ドア誤扱い防止装置取付

一方、同社の内燃動車車両の検査は、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」（平成13年国土交通省令第151号）に基づき、同社が中国運輸局長に届け出ている実施基準の一部である「内燃動車整備実施基準規程」に定められている。

本件車両の本重大インシデント発生前直近の各定期検査等は、表5に示すとおり実施されていた。

表5 本件車両の定期検査等の実績

検査種類	期日	期間（以下を越えないこと）
全般検査	平成30年 4月 9日	96箇月
要部検査	—	48箇月又は50万キロ
交番検査	令和 2年 1月 9日	90日
仕業検査	令和 2年 1月 25日	運行開始の翌日から10日

同社によると、全般検査の際には引戸及び戸閉機械は車両から取り外して検査を行っており、弁室体は分解して、気吹き、洗浄、消耗品交換、グリースの補充等を行い、組立後に試験装置による機能確認、漏気チェック、調整等を行っている。しかし、弁座枠については弁室体母材から取り外しが出来ない構造になっているため検査や調整はできず、洗浄後に目視確認を行うのみであるとのことだった。なお、検査の際に取り外した引戸及び戸閉機械は、検査の終了後に取り外した車両の元の部位に取り付けられるとのことであった。

本件車両の本重大インシデント発生前直近の全般検査において実施された車体及び車室の検査（戸閉保安装置を含む戸閉装置）の検査結果と総合検査（戸閉装置の機能）の検査結果は全て「良」及び「完（取替完了）」であり、異常は認められなかった。

また、戸閉機械を取り外さずに行う交番検査や仕業検査については、本重大インシデント発生前直近の交番検査において実施された車体及び車室の検査（戸閉保安装置を含む戸閉装置）の検査結果と総合検査（戸閉装置）の検査結果は全て「良」であり、本重大インシデント発生前直近の仕業検査（総合試験）における戸閉装置の開閉作用及び開閉状態の検査結果に異常の記録はなかった。

2.4 本重大インシデントの調査結果に関する情報

本重大インシデントの調査として、事故直後の車両全般の調査結果を2.4.1に、主たる原因と考えられる戸閉機械等の調査結果を2.4.2に、原因分析に必要な詳細データを取得するための調査結果を2.4.3に、戸閉機械製作会社の組立状況の調査結果を2.4.4に示す。

2.4.1 本重大インシデントの発生翌日に実施した車両調査の結果

(1) 本件ドアの動作状況

- ・車掌スイッチ「開」ボタンを押下したとき、右側のドアは開扉した。
- ・車掌スイッチ「閉」ボタンを押下したとき、前方右側のドアは閉扉したが本件ドアは閉扉しなかった。
- ・車掌スイッチ「閉」ボタンを押下した際に、本件弁室体の排気ポートから圧縮空気の流出が認められた（図7 参照）。
- ・本件ドアの引戸は、抵抗はあるものの、手で開閉が可能な状態であった。
- ・上述した現象は一時的なものではなく、再現可能な状態であった。

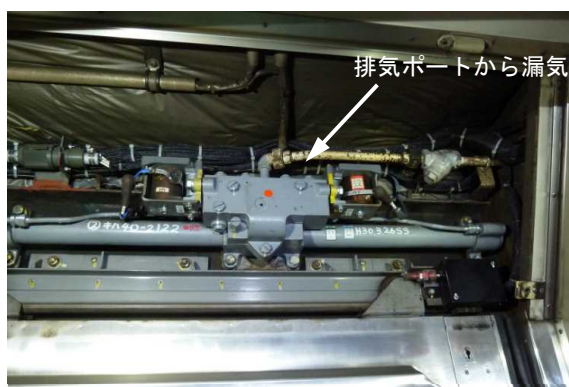


図7 本件ドアの戸閉機械（弁室体）からの漏気

(2) 本件弁室体内部の状況

- ・本件弁室体のA弁、B弁、E弁、F弁について、それぞれ上部のねじ栓を開けて内部を確認したが、目視では微量のグリース以外に水等の異物の混入は認められなかった。
- ・本件弁室体D弁の上部のねじ栓（以下「本件ねじ栓」という。）を開け、切換弁A（以下「本件切換弁A」という。）、切換弁B（以下「本件切換弁B」という。）、ばね（以下「本件ばね」という。）を取り出して内部を確認したところ、通常、座穴（以下「本件座穴」という。）に圧入されている弁座枠（以下「本件弁座枠」という。）が本件座穴から外れて、本件弁座枠の側面が上を向いた状態になっていた（図8、図9 参照）。

同社及び同社の外注会社によると、本事象は過去に見たことがない事象であるとのことだった。

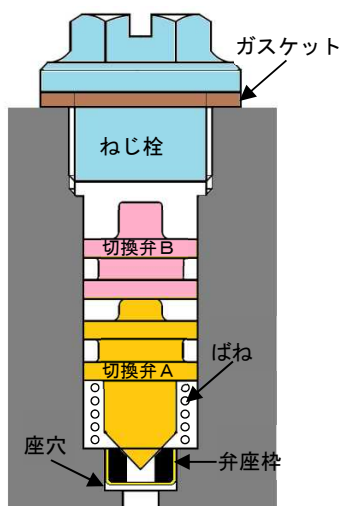


図8 D弁内部の状態



図9 本件弁座枠の状態

(3) 戸閉制御回路の絶縁抵抗

戸閉制御回路に絶縁不良は認められなかった。

(4) 車輪径設定装置の設定状況

車輪径による速度の誤差を補正するための車輪径設定装置は、本件車両の第2軸の左右の車輪径832mmに対して適正に設定されていた。

(5) 戸閉保安回路の動作状況

本件車両の速度情報は、変速機出力軸に設けられた回転センサーの出力パルスが速度検出装置でカウントし演算することによって取得しているが、車上から模擬パルスが速度検出装置に入力したときに運転台の速度計表示に異常は認められず、車掌スイッチ箱に設けられている速度検出表示灯は、概ね設定速度（5 km/h）で点灯した。

(6) 空気圧縮機の動作状況

空気圧縮機は、元空気の圧力が590kPaになったときに動作を開始し、690kPaになったときに動作を停止しており、異常は認められなかった。

(7) 戸閉スイッチの状態

戸閉スイッチは正常に機能しており、動作に異常は認められなかった。

(8) 予備品の戸閉機械を車両に取り付けた後の本件ドアの開閉状態

本件戸閉機械を取り外して予備品の戸閉機械と交換した上で、ドアの開閉操作を行ったところ、本件ドアの開閉は正常に行われ、弁室体からの漏気は認められなかった。

2.4.2 下関総合車両所における戸閉機械等の調査結果

令和3年3月15日に、A社の立会いの下で、本件弁室体D弁の開口部から本件弁座枠を取り出して目視で確認したところ、本事象はA社も過去に見たことがない

事象であるとのことであり、本件弁座枠の弁座の穴の中心位置は若干偏心し、切換弁Aが当たっていたとみられる痕跡が弁座の外周付近にあった。(図10 参照)



図10 本件弁座枠を上から見た状態

また、D弁開口部内上部には、グリースと見られる残留物が汚損されていない状態で付いていたが、本件座穴内に存在した残留物は、若干黒みを帯びていた。切換弁A及び切換弁Bに取り付けられているOリングには、傷及び異物を噛み込んだ痕跡はなかった。

A社によると、本件弁室体の母材は、2.3.3に記述したB社が製造したものであるとのことであった。

全般検査における弁室体の分解・組立作業の流れと組立完了後の確認作業を確認したところ、分解された各弁の部品は組立時に異なる弁に取り付けられないように弁ごとに分けて保管していた。機能の確認は、試験装置の設定圧力を最低動作圧力である390kPaに設定して行われていた。なお、エア漏れの確認は機能確認とは別に690kPaの圧縮空気を用いて実施しているとのことであった。

また、戸閉電磁弁（オン電磁弁及びオフ電磁弁）に漏気はなく、動作状態に異常はなかった。

同社によると、全般検査時の戸閉機械の取扱いについては、解艀装、検査（機能確認を含む）及び部品取替、調整は外注化しており、弁室体については、気吹き、分解、洗浄、消耗品交換、組立、試験装置による漏気確認、調整が行われているとのことであった。

さらに、同社の外注会社によると、作業の確認は作業日と別の日になるが、チェックシートを使用して確認していることから確認漏れは発生しないとのことであった。教育については3ヶ月間の密着指導によって作業担当者を養成し、同社から提供された資料を基に作成した手順書を使用して行っている。特に高い技術力が必要な作業ではなく、基本的にOJT（On the Job Training）によって教育しているとのことであった。

2.4.3 本件弁室体の調査結果

(1) 母材のD弁開口部内部の状態について

令和3年6月25日～同7月28日に、本件弁室体母材について非破壊で三次元測定を実施した。

測定結果は表6に示すとおりであり、D弁開口部上部及びD弁座穴部の双方とも直径は公差の上限値を超過し、超過の程度は座穴部の方が大きかった。また、座穴の深さは設計値5.00mmに対し、測定値は0.29mm深い5.29mmであった。

なお、表6に示した、真円度は直径の最大値と最小値の差を示すものであり、同軸度はD弁開口部上部の中心軸とD弁座穴部の中心軸とのずれを示すものである。

表6 D弁の開口部内部の測定結果

部品(部位)		測定項目等		母材表面からの位置 (mm)	測定値等[公差] (mm)
弁室体母材	(D弁開口上部)	直径	設計値	—	16.00 [±0.03]
			重大インシデント発生後	上：15.0	16.19
				中：29.0	16.19
		深さ	設計値	—	46.00
			重大インシデント発生後	—	45.98
				真円度	上：15.0
	(D弁座穴部)	直径	重大インシデント発生後	下：43.0	0.15
				設計値	—
			重大インシデント発生後	上：47.0	10.25
		下：49.2		10.20	
		深さ	設計値	—	5.00
			重大インシデント発生後	—	5.29
真円度	47.0			0.27	
同軸度	重大インシデント発生後	49.2	0.24		
		—	0.33		

(2) D弁開口部内外の各部品の状態について (図8 参照)

令和3年6月23日に、本件弁座枠、本件切換弁A、本件切換弁B、本件ばね、本件ねじ栓、ガスケット (以下「本件ガスケット」という。) の測定を実施した (3.3.1.4 図14 参照)。各部品の測定結果を表7に示す。

本件切換弁Bの高さについては公差が設定されていないものの、測定値は設計値よりも1mm以上低かった。また、本件弁座枠の側面には上下方向に直線的な細かい擦過痕が認められた。

同社によると、切換弁Aの先端から弁座枠下面までの距離は2.06mmとのことであった。

なお、各部品の予備品については、20個抽出し、測定した値の平均を示

すが、納品時期の違いによる差異は特に認められず、測定値は概ね公差内に収まっていた。

表7 D弁開口部内外の各部品の測定結果

部品	測定項目等		測定値等[公差](mm)
弁座枠	外径	設計値	10.2[+0.1, -0.1]
		本件弁座枠	10.14
		予備品	10.17
	高さ	設計値	5 [0, -0.2]
		本件弁座枠	4.86
		予備品	4.95
真円度	本件弁座枠	0.29	
	予備品	0.10	
切換弁 A	外径	設計値	16.00[-0.032, -.0075]
		本件切換弁 A	15.92
		予備品	15.96
	高さ	設計値	23.00[+0.5]
本件切換弁 A		22.92	
切換弁 B	高さ	予備品	23.76
		設計値	13.00
		本件切換弁 B	11.96
ばね	自由高さ	予備品	13.03
		設計値	27.00
		本件ばね	27.25
ねじ栓	母材表面～底面	予備品	27.72
		設計値	12.00
		本件ねじ栓	11.79
ガスケット	高さ	予備品	11.98
		設計値	2.00
		本件ガスケット	2.08

(3) 弁座枠の圧入状態確認

A社が所持していた弁室体のD弁の座穴から弁座枠の取り外しを試みたが、弁座枠は座穴内にしっかりと固定されており、弁座枠の形状を保ったまま取り外すことは出来なかった。

(4) 弁座枠と切換弁 Aの圧着状態確認

A社において、弁座枠と切換弁 Aを密着させ、両者間に車両に取り付けられていたときと同様の力(179N)を加えて96時間保持した後の状態変化を確認した(図11 参照)。

図11(左)に示すように、圧力を加えた際の切換弁 Aは、外周が弁座枠の金属部分の近くまで押し込まれており、図面上は先端部分が弁座枠下面付近に届くほど弁座枠に食い込んでいた。また、図11(右)に示すように、試験装置から弁座枠と切換弁 Aを外しても、切換弁 Aの食い込み量は減少したが両者間の圧着が解かれることはなかった。



図 1.1 切換弁 A と弁座枠の圧着試験（左：加圧状態、右：取り外し後）

(5) 圧入用治具の確認

弁座枠を座穴に圧入する際に使用する治具に寸法上の問題は認められなかった。

2.4.4 戸閉機械の製作状況

A社によると、戸閉機械の製作は30代の社員3名によって行われており、他社から購入した部品を組み立てている。組立作業に高度な技術は必要ないと考え、教育はOJTで行っており、本件弁室体の製作当時に作業マニュアルはなかったとのことである。弁室体製作の流れは概略次のとおりである。

(1) 部品納品時のチェック

弁室体母材については納品時に全数確認しているが、その他の部品については抜き取り検査によって確認を行っている。弁室体母材のチェック項目は70箇所あり、各部の位置、直径、深さ、角度等を測定しているが、その他の部品については計測装置等を使用して測定している。ただし、弁室体母材を一意に識別するものがないことから、どの戸閉機械にどの弁室体母材及びどの部品が組み込まれているかは不明である。

(2) 組立前の部品調整

購入部品は基本的に納品時の状態のまま使用するが、寸法誤差が公差内であっても組立が困難な場合があることから、そのような場合には調整を行っている。

(3) 組立作業

組立作業には圧入工程後に上部からはみ出した液状ガスケットを取り除くための拭き取り及び気吹きも含まれている。組立作業に関する作業マニユア

ルはなかったが、作業途中で作業を中断することを禁止する取り決めがある。

(4) 組立後の製品チェック

製品チェックは全数実施しており、完成したTK105形戸閉機械を試験装置に取り付け、所定圧力を加えた状態で漏気の確認及び絞りの調整を行っている。不良が発生した場合、不良部品は全て廃棄処分とし、部品の再利用は行わない。

2.5 同社の異常発生時の対応に関する情報

走行中にドアが開扉した場合の措置については、同社の内規である「動力車乗務員作業標準（在来線）異常時編」（以下「乗務員異常時内規」という。）及び「運輸関係指令業務標準（在来線）異常時編」（以下「指令業務異常時内規」という。）において次のように定められている。

2.5.1 運転士の執るべき措置

本重大インシデントに係る^{原文ママ}運転士の執るべき措置は、乗務員異常時内規6-6‘^{原文ママ}運転士知らせ灯（又は戸ジメ表示灯）が点灯しないときの取り扱い’及び乗務員異常時内規12-12‘^{原文ママ}運転中に運転士知らせ灯（又は、戸ジメ表示灯）が消灯したときの取扱い（回送列車等を含む）’に記載されている。乗務員異常時内規12-12には、次のようなフローが記載されている。

- ①^{原文ママ}運転中に運転士知らせ灯（又は、戸ジメ表示灯）の消灯発見
- ②直ちに停止手配
- ③隣接線がある場合は防護無線発報
- ④車掌と協力して車側表示灯及びお客様の転落が無いか確認
- ⑤指令員に状況及び停止地点を連絡
- ⑥車掌と協力して、全車両のドアが開扉していることを確認
- ⑦全車両のドアが開扉している場合、^{原文ママ}運転士知らせ灯（又は、戸ジメ表示灯）が点灯しないときは非連動運転の取扱い
- ⑧一部のドアが開扉している場合、お客様の転落がなければ、ドア閉扉、指令員に状況連絡後に出発合図により運転再開。また、お客様の転落あり又は不明であれば、お客様の捜索・保護（車内への収容）、開扉されたドアを閉扉して、以後の運転は、指令員に連絡、指示による

2.5.2 指令員の執るべき措置

指令業務異常時内規317（1）‘^{原文ママ}走行中「ドアが開扉」、「運転士知らせ灯」または「戸ジメ表示灯」が消灯・点滅した旨の連絡を受領した場合’には、次のようなフローが記載されている。

- ①乗務員より、ドアスイッチ（車掌スイッチ）を扱っていないにも関わらず「ドアが開扉」、「運転士知らせ灯」または「戸ジメ表示灯」が消灯・点滅し、停止した旨の連絡を受領した場合には、停止地点の確認
- ②関係列車の抑止手配（明らかに隣接線を支障する場合は防護無線発報を指示）
- ③関係指令に連絡
- ④抑止完了後、防護無線復位を指示
- ⑤車掌と協力して、「お客様の転落有無」と「ドアスイッチ、全車両各ドアの開閉状態」、「Dコック操作の有無」の確認を指示
- ⑥全車両のドアが閉まっている場合は当該列車は運転再開するが、一部車両のドアが開いている場合はお客様転落の有無を確認
- ⑦転落者がある場合はお客様の保護（車内への収容）とドア閉扉を指示し、「鉄道人身事故対処要領・同標準」の取扱いを実施するが、転落者がなし又は不明の場合はドア閉扉を指示、ドアスイッチ・Dコックが扱われていなければ車両故障時の取扱いを行って、当該列車の運転を再開し、対向ならびに後続列車の乗務員に25km/h以下の速度にて現場確認走行して転落者の搜索を指示
- ⑧転落者がいない場合は関係列車の運転を再開するが、転落者がある場合は「鉄道人身事故対処要領・同標準」の取扱いを実施

2.5.3 列車乗務員及び運輸関係指令員の無線交信時における取り決め

列車乗務員及び運輸関係指令員の無線交信時における取り決めは次のとおりである。

同社の内規である「動力車乗務員作業標準（在来線）基本編」（以下「乗務員基本内規」という。）7-51の1 通告・指示に対する取扱い（記録・復唱の徹底）には「指令員または駅長等から通告・指示（指令員からの情報連絡は除く）を受領する場合は、内容の確認を行い、記録・復唱を確実に行うこと。記録は指定された用紙（運転通告受領券等）を使用し、指定された用紙がない場合は、動力車乗務員乗務表等を使用すること。なお、内容が理解できない場合や不審に思った場合は、臆測で行動せず、再度確認すること。」と定められている。

また、運輸関係指令業務標準（基本編）（以下「指令業務基本内規」という。）1-2-2（3）運輸関係指令員の遵守事項には「運輸関係指令員は、伝達行為や報告受領行為については、たとえ軽微な事柄であると思われても決して軽く扱わず、必ず内容を記録するとともに相互に復唱し、適確に処理しなければならない。また現地にいる社員等とやりとりを行う際は、列車の運行継続が前提であるような誘導的な言い回しを用いた問いかけ方は行わないこと。以下省略」と定められている。

しかしながら、本重大インシデント発生直後の無線交信において、指令員A及び

指令員Bは、指令業務基本内規に定められているとおり交信内容を記録していたが、いずれの記録にも本件ドアが走行中に開扉したとの記述はなく、復唱については一部徹底されていない部分があった。

2.5.4 教育及び訓練の実施状況

本件運転士によると、走行中にドアが開扉した場合の訓練については、訓練項目にはあるかも知れないが受けた記憶がなく、実車を使用した訓練や車両シミュレータ等を使用した訓練は受けていないとのことであった。

同社によると、運転士に対する年間訓練は年に24時間（毎月概ね2時間）以上実施しているとのことであり、本件運転士が所属する運転区所において「運転中に戸ジメ表示灯の消灯を発見したときの取扱い」の訓練を実施したのは本重大インシデント発生前直近では令和2年8月とのことであったが、運転士の理解度については、運転取扱いに関する規定、その他作業に際して遵守すべき事項等に対して確認を行っていたものの、2.5.1に記述した乗務員異常時内規12-12についての確認は含まれておらず、施錠後に異状があった場合の措置については、年間訓練において指導は行っていないとのことだった。

一方、本重大インシデント発生前直前に輸送指令員及び運用指令員に対し訓練が実施されたのは令和2年12月であり、輸送指令員には「地震発生時の取扱い」に関するシミュレーション訓練を、また、運用指令員には「貨物列車故障時の取扱い」に関するシミュレーション訓練がそれぞれ行われていた。異常時に関わる教育については、運輸関係指令員指導標準により定められた年間訓練に沿って実施し、具体的な取扱いは、運輸関係指令業務標準（異常時編）のフローに従って対応するよう教育しているが、走行中のドア開扉の措置に関わる直接的な訓練は実施していないとのことであった。

また、無線交信時の復唱及び記録など基本的な事柄については、運輸関係指令指導標準により定められた年間訓練において、「指令行為の基本」として教育を実施し、日々のOJTの中で指導を行っているとのことであった。

2.6 乗務員等に関する情報

本件運転士	61歳	
甲種電気車運転免許		平成12年2月22日
甲種内燃車運転免許		平成18年4月24日
指令員A	34歳	
指令員B	39歳	

2.7 気象に関する情報

気象庁アメダス益田観測所の記録によると、令和2年12月30日19時00分時点の益田市の気温は1.4度、風向風速は西の風3.6mであった。また、本件列車の映像記録装置の映像によると、本重大インシデントの発生現場付近は小雪が降っている状況であった。

2.8 その他の情報

2.8.1 ドア施錠時の引戸の遊びに関する情報

同社によると、本件ドアの施錠は、解錠時に引戸の上部に収まっている止金が、鍵穴に差し込んだ忍び錠を回すことによって引戸の上部から突出し、錠受穴の中に収まることによって実現しているとのことであり、錠受穴のドア開閉方向の開口寸法は18.5mm、止金の直径は12mmであるとのことであった。(図12 参照)。

また、引戸が開扉する際の戸閉スイッチの状態については、施錠時に戸閉スイッチの箱の左端から3.5mmの位置であった引戸に固定されている調整ねじの位置が、引戸の開方向への移動に伴って同13.5mmの位置まで移動すると戸閉スイッチ内の接点が開放されるとのことであった。

ただし、戸閉スイッチ及び錠受穴には、戸閉スイッチの取付誤差、戸閉スイッチ内の接点が遮断する戻し寸法の誤差、錠受穴の寸法誤差等があった可能性があり、これらが施錠後に複数回発生した運転士知らせ灯の滅灯に関与した可能性があるとのことであった。

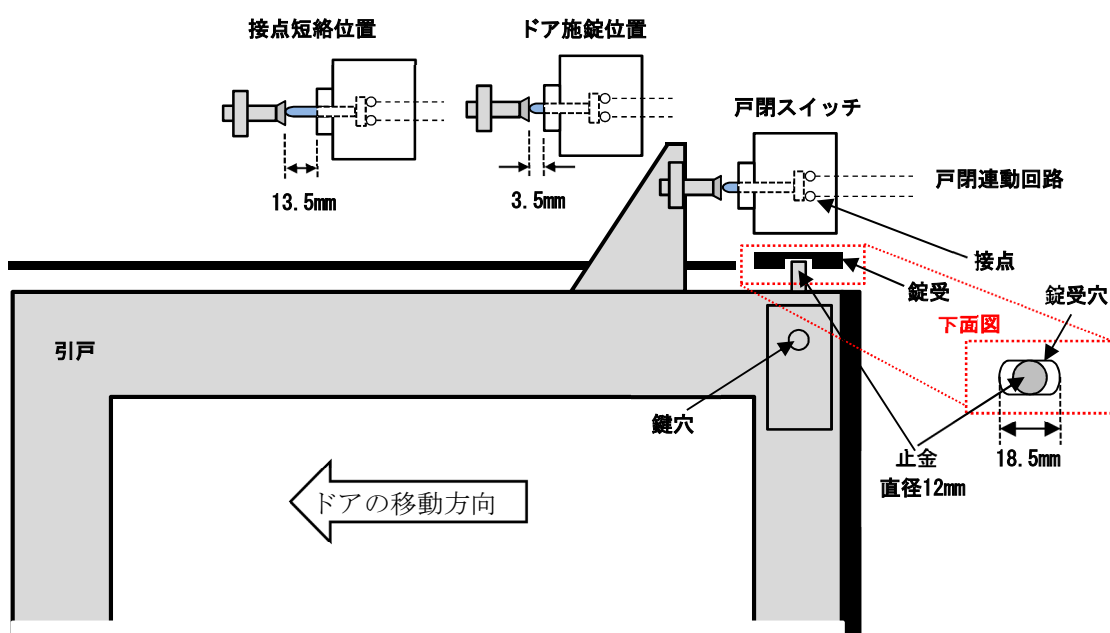


図12 戸閉スイッチの状態の概要

3 分析

3.1 本重大インシデント発生前後の状況に関する分析

2.1.2に記述したように、本重大インシデント発生当日、本件車両は本件列車で運用される前に第2534D列車及び第2539D列車として運用されていたが、運転状況記録装置にはこれら列車の走行中に戸閉連動が「0」になった記録がなかったことから、本件車両が第2534D列車及び第2539D列車として運転されている間に運転士が確認可能な異状はなかったものと考えられる。

しかし、2.1.1(1)に記述したように、本件運転士は益田駅ホームにおいて運転台交換を行っている際に本件ドアの上方でエア漏れの音がしたと口述していること、2.1.2に記述したように、本件運転士は本件列車の出発時刻を過ぎた18時55分16秒ごろ車掌スイッチを操作して右側のドアを閉扉させているが、正常時には閉扉操作後3～4秒で「1」になっていた戸閉連動は、このとき約26秒間「1」にならず、その後「1」になったこと等から、益田駅ホームにおいて運転台交換を行った時点で何らかの異状が既に生じていたと考えられる。

本重大インシデントが発生した時期については、2.1.2に記述したように、ブレーキ操作中の19時01分07秒に戸閉連動は「1」から「0」に変化しており、運転士知らせ灯が滅灯していることから、ブレーキ操作が行われた19時01分02秒の約5秒後である19時01分07秒に発生したものと推定される。

また、本重大インシデントが発生した地点については、表1に示したように本件列車が益田駅停止目標位置(93k927m)から本俣賀駅方に約4,178m走行した地点で発生しているが、この距離は本件列車が実際に走行した距離である一方、2.2.1に記述したようにその走行区間内にB区間が2箇所(90k073m～90k080m及び91k755m～91k835m)存在していることから、キロ程は益田駅停止目標位置から実際に走行した距離とB区間2箇所分の距離を減じた89k662m付近であったと考えられる。

さらに、本件ドアを施錠した後の運転において、停止ブレーキ操作中に戸閉表示灯の滅灯が何度か発生したことについては、

- (1) 2.4.1(1)に示したように本件車両の他のドアには異常がなかったこと、
- (2) 2.4.1(7)に記述したように戸閉スイッチの動作に異常が認められなかったこと、
- (3) 2.8.1に記述したように、戸閉スイッチ及び錠受穴には、戸閉スイッチの取付誤差、戸閉スイッチ内の接点が遮断する戻し寸法の誤差、錠受穴の寸法誤差等があること、
- (4) 2.1.1(1)に記述したように、同事象は停止ブレーキ操作中に生じていることから、本件ドアの開扉はなかったにもかかわらず、本重大インシデント発生時と同

様な状況が生じ、本件ドアの戸閉スイッチ内の接点において戸閉連動回路が遮断したためと考えられる。

3.2 本件ドアが走行中に開扉したことに関する分析

(1) 電氣的要因の関与について

- ・走行中に開扉したドアは本件ドアのみであること、2.4.1(3)に記述したように戸閉制御回路の絶縁抵抗測定値に問題がなかったこと、2.4.2に記述したように戸閉電磁弁（オン電磁弁及びオフ電磁弁）に漏気はなく、動作状態に異常はなかったことから、戸閉制御回路に異常はなく、戸閉電磁弁は正常に動作可能な状態だったと考えられること、
- ・2.4.1(4)に記述したように、本件車両において車輪径設定装置は適正に設定されていたことから変速機出力軸に設けられた回転センサーの出力パルスは正確に速度変換されていたと考えられること、2.4.1(5)に記述したように、車掌スイッチ箱に設けられている速度検出表示灯が概ね設定速度で点灯したことから戸閉保安回路に問題はなかったと考えられること、表1に示したように本重大インシデント発生時の本件列車の速度は44km/hであったことから、戸閉制御回路に混触が発生してもドアが開扉しない状態であったと考えられること、
- ・2.4.1(6)に記述したように、空気圧縮機は元空気の圧力が590kPaになったときに動作を開始し、690kPaになったときに動作を停止していることから、気圧スイッチの動作及び空気圧縮機の制御回路は正常であったと考えられ、戸閉機械に590kPa以上の元空気圧力が加わっていたと考えられることから、本件ドアが走行中に開扉したことについて、電氣的要因の関与はなかったと推定される。

(2) 機械的な要因の関与について

- ・2.4.1(1)に記述したように、本重大インシデント発生翌日の調査において、本件弁室体の排気ポートから圧縮空気の流出が認められたこと、また、2.4.1(2)に記述したように、通常、本件座穴に圧入されている本件弁座枠が本件座穴から外れて、本件弁座枠の側面が上を向いた状態になっており、この状態は閉シリンダ内の圧縮空気が排気ポートから流出する状態であること（図13 参照）、
- ・表1に示したように、本件ドアが開扉した時期は停止ブレーキ操作中であること、
- ・2.4.2に記述したように、戸閉電磁弁（オン電磁弁及びオフ電磁弁）に漏気はなく、動作状態に異常はなかったこと

から、閉シリンダ内の圧縮空気の漏気という機械的要因が関与して、引戸の押付力が低下していたと推定される。

(3) 運転操作の関与について

2.1.2に記述したとおり、ブレーキ操作中の19時01分07秒に戸閉連動は「1」から「0」に変化していることから、列車の減速によって生じた慣性力が引戸に加わっていたと推定される。

以上のことから、本件ドアが走行中に開扉したことについては、元空気圧力が閉シリンダに加わっていたものの、本件弁座枠が本件座穴から外れたことによって閉シリンダの圧縮空気が本件座穴及び排気ポートを經由して大気中に流出したために、本件列車の進行方向と逆方向に加わっていた引戸の押付力が、ブレーキ操作によって本件列車の進行方向に生じた引戸の慣性力よりも小さくなったことによるものと考えられる。

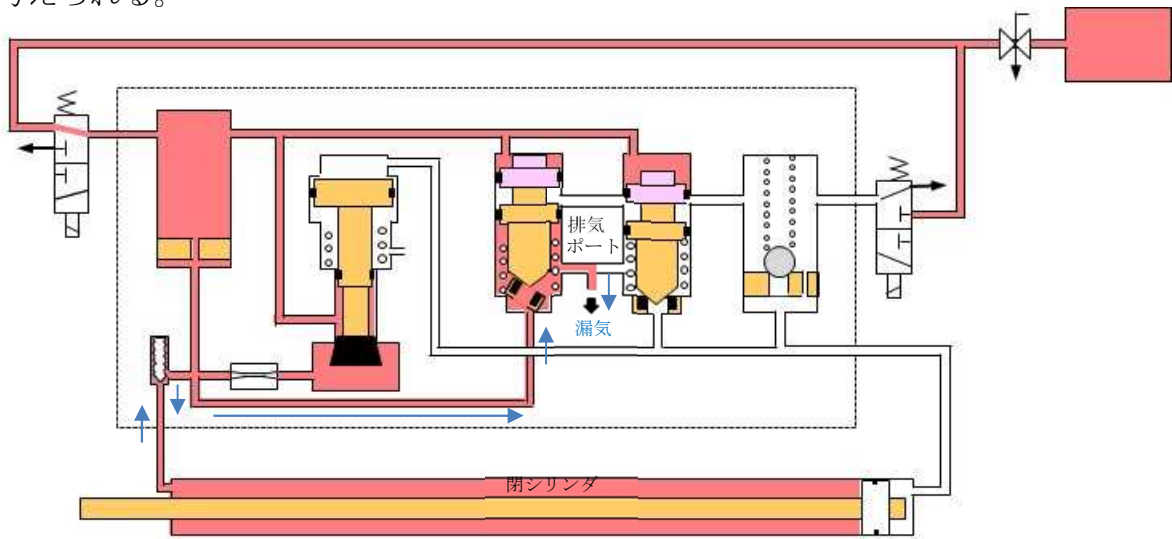


図13 本件弁座枠が外れたことによる閉シリンダ内圧縮空気の流出

3.3 本件弁室体に関する分析

3.3.1 本件弁座枠が本件座穴から外れたことについて

本件座穴に圧入されていた本件弁座枠が本件座穴から外れたことについては、

3.3.1.1～3.3.1.4 の4点が関与していたものと考えられる。

3.3.1.1 適正な圧入状態でなかった可能性

a. 本件弁座枠の外径

表7に示したように本重大インシデント発生後に測定した本件弁座枠の外径は、10.14mmであり公差内であったが、この値は平均値であり最小値は9.99mmであったこと、本弁座枠の真円度は予備品の弁座枠の平均値である0.10mmに対し約3倍弱の0.29mmと大きかったことから、本件弁座枠の外径は全周に渡って均一になっておらず一部で小さくなっていたため、本件弁座

枠の側面と本件座穴の側面との間の摩擦力も一部小さくなっていた可能性がある。しかし、本件弁座枠を本件弁室体母材に圧入した時点において外径及び真円度に問題があったか否かについては、部品納品時のデータが不明なことから、明らかにすることは出来なかった。

2.4.2に記述したように、D弁開口部内上部にはグリースと見られる残留物は汚損されていない状態で付いていたが、本件座穴内に存在した残留物は、若干黒みを帯びていたこと及び本件座穴内には外部から異物が入らない構造のため黒みを帯びた残留物は摩耗粉以外考え難いことから、本件弁座枠がせり上がる過程において本件弁座枠の側面が摩耗した可能性があると考えられる。

b. 本件座穴の直径

表6に示したように本件座穴の直径は上部で10.25mm、下部で10.20mmであり、いずれも公差の上限よりも大きかった。本件座穴の直径は圧入完了時から変化していないと考えられることから、公差の上限値超過は開口工程を手作業で行っていたことが関与している可能性が考えられる。

前述したa及びbから、本件座穴の直径は一部で本件弁座枠の外径よりも大きくなっており、本件弁座枠の圧入は適正でなく本件座穴の側面と本件弁座枠の側面との間には適正な摩擦力が得られていない状態だったと考えられ、本件弁座枠下面に上向きの力が加わった場合、本件弁座枠はせり上がり易い状態であったと考えられる。

3.3.1.2 本件弁座枠下面に上向きの力が加わった可能性

c. 本件弁座枠の高さ

表7に示したように、本重大インシデント発生後に測定した本件弁座枠の高さは4.86mmであり、公差内であったが設計値の5mmよりも低かった。

d. 本件座穴の深さ

表6に示したように、本件座穴の深さは、5.29mmであり、設計値の5mmよりも深かった。

前述したc及びdから、本件弁座枠下面は本件座穴底面に達しておらず、本件弁座枠下面と本件座穴底面の間には0.43mmの空間があったと考えられることから、本件車両が運用中でドアが閉扉時には、ばねの復元力に加えて、本件弁座枠下面に圧縮空気による上向きの力が加わっていたと考えられる。

なお、本件弁座枠の高さ及び本件座穴の深さが圧入後に変化するとは考え難いことから、本件座穴底面と本件弁座枠下面の間には圧入当初から空間があったと考えられる。

3.3.1.3 本件弁座枠と本件切換弁Aが強く圧着していた可能性

本件弁座枠は、車両の運用中はドアの開扉時及び閉扉時のいずれの場合も弁座が開くことはなく、本件車両が運用中でドアが閉扉しているときには、本件弁座枠と本件切換弁Aの接触部分に切換弁Bに加わる通常の圧力と本件弁座枠下面に加わる想定外の圧力の合力が加わると考えられる。

2.4.3(4)に記述したように、A社において、実際に弁座枠と切換弁Aを密着させて両者間に179Nの力を加え96時間保持したところ、切換弁Aは先端部分が弁座枠下面付近に届くほど弁座枠に食い込んでいたことから、本件弁座枠と本件切換弁Aは強い圧着状態になっていた可能性があると考えられる。

なお、図10に示した切換弁Aが当たっていた痕跡の位置と図11に示した切換弁Aと本件弁座枠の位置関係はほぼ同じであり、弁座の合成ゴムが図9に示したような状態になるためには、このような状態が長期間継続していたものと考えられる。

また、車両が運用されていない状況下では、圧縮空気の圧力が低下してばねの復元力が切換弁Aに加わる場合には切換弁Aは上昇するが、その際に本件弁座枠と本件切換弁Aの圧着が解かれたか否かについては、本件弁座枠の側面と本件座穴の側面との間の摩擦力が不明であるため明らかにすることが出来なかった。しかし、3.3.1.1に記述したように本件弁座枠の側面と本件座穴の側面との間には適正な摩擦力が得られていなかったと考えられることから、圧縮空気の圧力が低下してばねの復元力が切換弁Aに加わった際に圧着が解かれなかった可能性があると考えられる。

さらに、表4に示したように本件車両の半自動扱いに関するドアスイッチ化改造工事が平成18年4月に施工されたことによって、ドアの開閉は手動から空気圧駆動となり、また、2.3.3に記述したように本件弁室体を本件車両に初めて取り付けした時機は平成26年3月初旬の特修工事においてであるため、検査時を除いて、本件弁室体は手で引戸を開閉する半自動扱いで一度も使用されていないものと推定されることから、切換弁Aと弁座枠の圧着が進展しやすい状況だったと考えられる。

これらのことから、本重大インシデントの発生前には本件弁座枠と切換弁Aが強い圧着状態となっていた可能性があると考えられる。

3.3.1.4 本件弁座枠のせり上がりを妨げる要因の確認

3.3.1.1及び3.3.1.2に記述したように、本重大インシデント発生時において本件弁座枠の側面と本件座穴の側面には適正な摩擦力が得られておらず、かつ本件弁座枠下面に上向きの力が加わっていることから、本件弁座枠は本件座穴内をせり上がったものと考えられる。しかし、本件弁座枠が本件座穴から外れるためには、本件弁座枠下面が本件座穴の上端よりも上になる必要があり、3.3.1.1及び3.3.1.2の

結果に加え、せり上がりの途中に障害物がないこと及び本件弁座枠がせり上がることができる最低限の上部空間があることが必要条件として挙げられる。

前者については、表2から本件ばねの（コイル）内径は12.5mmであり、表7に示したとおり本件弁座枠の外径は10.14mmであることから、本件弁座枠が本件ばねの内側を上昇することは可能であると考えられる。

また、後者については、本件弁座枠下面が本件座穴の上端よりも上になる前に、本件切換弁Bの上端が本件ねじ栓の下面に当たらないだけの上部空間が必要になる。

図14は、表6、表7に示した本件弁室体D弁開口部及び各 부품の測定値（車両運用中かつ閉扉時の状態）を図示したものであるが、弁室体表面から座穴の上端までは45.98mmであり、弁室体表面からねじ栓の下面までは9.71mm（11.79－2.08）であることから、座穴の上端からねじ栓の下面までには36.27mm（45.98－9.71）の上部空間がある。

一方、切換弁Aと切換弁Bを重ね合わせた高さは34.88mmであり、切換弁Aの先端から圧着した弁座枠下面までは2.43(2)に記載したとおり2.06mmであることから、切換弁Bの上端から弁座枠下面までは図面上は36.94mmとなり、前述した上部空間よりも大きいため、この状態のままでは弁座枠下面が座穴の上端よりも上になることはない。

しかし、3.3.1.3に記載するように切換弁Aと弁座枠の圧着が強い場合には、切換弁Aの先端は弁座枠下面付近になるまで食い込むことから、そのような状況下においては、切換弁Bの上端から弁座枠下面までは約34.88mmとなり、上部空間の36.27mmを下回る可能性があると考えられる。

これらのことから、圧縮空気がない状態で切換弁Aに弁座枠が強く圧着している場合には、弁座枠下面が座穴の上端よりも上になるまで弁座枠がせり上がることができる上部空間があった可能性がある。

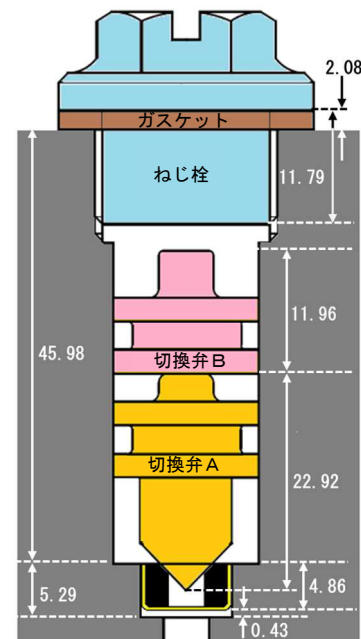


図14 D弁開口部内部品の測定値
(単位：mm)

3.3.2 本重大インシデント発生までの本件弁座枠の状態について

2.1.1(1)に記載したように、益田駅において運転士知らせ灯が点灯するまでの時間が通常よりも少し長いと感じたこと及び本件ドアの上方でエア漏れの音がしたことを本件運転士が口述しており、2.1.2に記載したように、運転状況記録装置には本

件車両を益田駅のホームに据え付けた後から出発時刻までの間に、戸閉連動が「0」となる状況が複数回発生していた記録が残されていることから、益田駅を出発する以前に戸閉機械閉シリンダ内の圧縮空気の漏気は既に始まっていたと考えられる。

また、2.3.2(2)に記述したように本件弁座枠の側面下部は曲面加工されていることから、益田駅出発直前には本件弁座枠下面は本件座穴の上端を越えてはいないものの上端付近までせり上がっており、閉シリンダ内の圧縮空気は本件弁座枠の側面下部の曲面加工された部分から流出した可能性があると考えられる。

この状態で本件列車は益田駅を出発したが、上述した漏気によって、D弁内の切換弁の受圧面積は上下で等しくなり、ばねの復元力分だけ本件弁座枠がせり上がり、本重大インシデント発生時に本件弁座枠下面は本件座穴の上端を越え、瞬間的に本件切換弁Aを更に上昇させた可能性があると考えられる。ただし、閉シリンダ内の圧縮空気は排気ポートから大気中に流出するためにこの状態が長く継続することはないと考えられる。この一連の流れの中で、流出する気流の風圧によって本件切換弁Aと本件弁座枠との圧着が解け、本件弁座枠が本件座穴に向かって落下し、側面を上側に向けた状態で本件座穴内に収まった可能性があると考えられる。

3.3.3 本件弁座枠下面と本件座穴底面との間に空間を生じたことについて

3.3.1.2に記述したように、本件座穴底面と本件弁座枠下面の間には圧入当初から空間があったものと考えられるが、通常であればこの状態では圧入完了の判断となる打音の変化は生じないと考えられる。したがって、この状態で作業者が圧入工程を完了していたことについては、以下に記述する二つの可能性が考えられる。

一つ目は作業者が打音の変化を正確に聞き取れず正しく判定できなかった可能性であり、二つ目は不完全な圧入状態にもかかわらず打音が変化して作業者が圧入工程完了と判断した可能性である。

二つ目については、表6に示したように、D弁開口部上部の軸に対する本件座穴の軸の同軸度は0.33mmであったことから、この軸のずれによって本件弁座枠が本件座穴に完全には正対せず、本件弁座枠の側面下部の一部が座穴の側面に当たった状態で圧入されたために生じた可能性があり、この場合の要因としては、弁室体母材の開口工程が手作業によるものであったために加工精度が低かったことが関与していた可能性が考えられる。

なお、2.4.2に記述したように本件弁座枠の弁座の穴の中心位置が若干偏心していたことについても、同様に軸のずれが関与していた可能性が考えられる。

3.3.4 本液状ガスケットの使用について

本液状ガスケットについては、2.3.3に記述したように使用に関する関連情報が残

されていないため、どのような経緯で使用が決定されたのかを明らかにすることができなかった。

本液状ガスケットは使用開始から既に50年以上の使用実績があるが、本事象は初めての事象であるとのことから、使用を直ちに見直す必要性は低いと考えられる。

3.4 ドアの検査に関する分析

2.3.5に記述したように、弁室体D弁の座穴に圧入された弁座枠は弁室体母材から取り外せない構造になっており、弁室体を車体から取り外して分解検査を行う全般検査（検査周期は96箇月）において目視確認を行うのみであるため、本件弁室体の異常を検査によって事前に発見することは困難であったと考えられる。

また、2.3.3に記述したように、TK105形戸閉機械は昭和41年から販売されており50年以上の使用実績があるが、2.4.1(2)に記述したように本事象は同社及び同社の外注会社並びにA社が過去に見たことがない事象であり、弁室体の設計に本質的な問題がある可能性は低いと考えられる。

これらのことから、何らかの措置を緊急に講じる必要性は低いと考えられ、かつ、現状の目視確認に変わる確認方法は弁室体の構造上難しいと考えられることから、同社は、定期検査等の際の確認及び処置を次のように実施する必要がある。

3.4.1 全般検査時及び要部検査時

弁室体を分解して行う全般検査においては、車体及び車室の検査（戸閉保安装置を含む戸閉装置）及び総合検査で、弁室体内部の目視確認、漏気及び機能の確認を引き続き実施し、弁座枠については特に注目して確認する。確認の結果、弁室体内部に今回発生したと考えられる事象又はその兆候等が見られた場合及び漏気や機能異常が認められた場合には、戸閉機械又は弁室体を取り替える。なお、弁室体内部の目視確認を行う際には、弁座枠のせり上がりが発生していないか弁座枠を押すなどによって確認することが望ましい。

弁室体を分解しない要部検査においては、上述した全般検査時の確認内容から弁室体内部の目視確認を除いた確認を引き続き実施し、確認において漏気や機能異常が認められたときには、戸閉機械又は弁室体を取り替える。

3.4.2 その他の検査時及び点検時等

交番検査及び仕業検査においては、漏気や機能確認を引き続き実施し、漏気や機能異常が認められたときは、必要性や緊急性の判断も含め、内規等に沿った措置を講じた上で関係箇所に連絡する。

さらに、出区点検等において漏気や機能異常が認められたときは、運転士は速や

かに関係箇所へ連絡し、指示を受ける。

なお、本重大インシデントにおいて本件運転士は、益田駅出発前に戸閉表示灯の点灯時間が通常より長いことを認識していたが、とりあえずドアが閉扉したため指令員又は駅長等関係箇所へ連絡していなかった。同社の乗務員異常時内規6-6には、戸閉表示灯が点灯しない場合の措置として指令員又は駅長等関係箇所へ連絡することが規定されていたが、戸閉表示灯が点灯するまでの時間が長い場合の措置については規定されていなかったことから、本件運転士は連絡する必要があることに思い至らなかったと考えられる。したがって、戸閉表示灯が点灯するまでの時間が明らかに長い場合についても、点灯しないときと同じように指令員又は駅長等関係箇所へ連絡するよう、指導を徹底するとともに、乗務員異常時内規等へ記載することが望ましい。

3.5 弁室体の製作に関する分析

表6に示したように、本件弁室体母材D弁の直径は開口部上部及び座穴部とも公差の上限値を若干超過していたが、表7に示したように、本件弁室体の他の各部品及び予備品の測定値は概ね公差内に収まっていたことから、本件弁室体の各部品の加工精度については、本重大インシデントに直結するような状況ではなかったと考えられる。また、2.4.1(2)及び2.4.2に記述したように、本事象は同社及び同社の外注会社並びにA社が過去に見たことがない事象であり、設備の稼働時間に対し発生頻度は極めて低いと考えられる。

これらのことから、今回の事象は、設計上の問題ではなく一部母材の加工精度及び製作上の問題によって本件弁座枠の本件座穴への圧入が不完全になったことにより生じたものと考えられる。

TK105形戸閉機械の製作は現在も継続しているが、2.3.3に記述したように、A社によると、弁室体母材の開口工程がNC加工化されて以来漏気はなくなったとのことであり、弁室体母材の加工精度は本件弁室体の加工精度より改善されているものと考えられる。しかし、現在も行われている納品時のチェックを徹底することが望ましい。

また、抜き取り検査を行っていたその他の部品については、表7に示したように予備品の測定値が概ね公差を満たしていたため特に大きな問題はなかったと考えられることから、現在も行われている納品時の抜き取りチェックの数量を増やすなどして不良品の納品率を下げることを望ましい。

弁座枠の圧入工程については、出荷後に調整できない部分であること及び不確実な作業をもたらす長期的な悪影響に留意し、確実な作業を徹底する必要がある。

また、TK105形戸閉機械の弁室体については、既に長期間の使用実績はある

ものの、半自動扱いについて従来のドア制御方式からの変化も見られることから、乗客等が引戸を手で開扉させる従来の半自動扱いを廃止している鉄道事業者(路線)の車両に対しては、簡易な構造で信頼性の高い弁室体を提供することについて検討を進めることが望ましい。

3.6 異常発生時の対応及び執られた措置に関する分析

3.6.1 本件運転士の講じた措置

2.1.1(1)に記述したように、本件運転士は、本件列車を益田駅のホームに据え付けた後、本件ドアの上方でエア漏れの音がし、また、同駅を出発する際に運転士知らせ灯を確認したところ点灯するまでの時間が通常よりも少し長いと感じたことから気になって本件ドアの所まで行って見たが、閉扉していたことから運転台に戻って列車を出発させたと口述しており、指令員又は駅長等関係箇所に状況の連絡を行っていなかった。

結果的に異常状態が自然に消滅したものの閉扉不良の真の原因は明らかになっておらず、運転中に異常が再発する可能性も否定できないことから、異常を認識した後、速やかに指令員又は駅長等関係箇所へ連絡しておくべきであったと考えられる。それによって益田駅において何らかの措置が講じられた可能性があると考えられる。

また、2.1.3に記述したように、本件運転士は、指令員Aに対しドアの閉まりが悪いため施錠したと報告し、指令員A及び指令員Bに対し本俣賀駅に停止する前に運転士知らせ灯が滅灯したと報告しているものの、益田駅で本件ドアが閉扉しにくかったことについて繰り返し話していること、指令員Bに対し「力行中は大丈夫だったんですが、本俣賀に停車するちょっと前に消えて」のように、報告の内容が曖昧さを含み、かつ矛盾したものであったことが、指令員A及び指令員Bの状況把握に影響を与えた可能性があると考えられる。

本重大インシデント発生後の本俣賀駅において、指令員からの指示はなかったが、乗務員異常時内規に定められた乗客の転落確認と本件ドアの施錠を迅速に実施したことは適切であったと考えられる。

本俣賀駅出発後の対応については、2.1.1(1)に記述したように停止ブレーキ操作中に戸閉表示灯が何度か滅灯していたが、本件運転士は、同事象の発生を本件ドアの引戸の遊びによるものと考え、本件ドアは既に施錠していたことから状況確認を行わず、同事象の発生を指令に報告していなかった。しかしながら、戸閉連動回路は本件列車内の他の3箇所のドアの状態も反映するものであり、本件ドア以外でも異常が発生していた可能性もあったことから、ひとまず列車を停止させ、状況を確認して輸送指令に状況を報告する等、慎重に対処すべきであったと考えられる。

3.6.2 本件運転士と指令員A及び指令員Bとのやりとり

2.1.1(2)に記述したように、指令員Aは本件運転士から「ドアの閉まりが悪いので、施錠しました」という第一報を受けており、走行中にドアが開扉したというイメージはなかったと口述していることから、そのイメージによって「本俣賀駅の停止前に戸閉がちょっと開いた」という本件運転士からの報告に対して特に問題があると感じず、状況を再度確認しなかった可能性があると考えられる。その結果、状況を正確に把握できていないまま、指令員Bに交信を引き継いでいたと考えられる。

一方、引継ぎを受けた指令員Bは、2.1.1(3)に記述したように、本件運転士から「運転士知らせ灯が消えてドアが開いたんです。それで止まりました。今はドアの鍵を掛けています」との報告を受け、施錠によって車両の処置は終わっており、当該ドアを締め切っていればその後の運転に支障はないと思ったと口述していることから、運用指令員としてその他の措置を講ずる必要性を感じていなかった可能性がある。また、2.1.3に記述したように、「今、本俣賀駅に止まっていますか」という本件運転士への問いかけに対し、「停止中に戸閉表示灯が消えたんです」、「益田駅を出るとき、あまり良く閉まらなかった、閉まりが悪かったです」、「力行中は大丈夫だったんですが、本俣賀に停車するちょっと前に消えて、後ろ側が開いてました」という適確でない本件運転士の返答に対し、指令員Bは事実を改めて確認していないことから、指令員Aと同様に返答の矛盾及び再確認の必要性を感じていなかったものと考えられる。

3.6.1及び3.6.2に記述したように、指令員が走行中にドアが開扉したイメージはなかったと事実と異なる状況認識を持っていたことについては、本件運転士と指令員とのコミュニケーションにおいて、問いかけに対し適確な情報を返答していない本件運転士に指令員が再確認を行わなかった結果、指令員が正確な情報を取得できず事実と異なるイメージを持ったことによるものであると考えられる。

本重大インシデントにおいて、指令員からの問いかけに対する本件運転士の返答は、状況を詳しく報告しようとした結果であると考えられ、それ自体は否定されるものではない。しかしながら、走行中にドアが開扉した事実は指令員に正確に伝わっておらず、走行中にドアが開扉した際に執るべき措置である乗客の転落の確認、走行中にドアが開扉した場合に必要な関係列車の抑止手配、運転再開後の対向列車及び後続列車の現場確認走行（速度25km/h）による転落者の捜索の各指示に結果的に結びつかなかった。

これらのことから、列車無線等を使用して運転士と交信する指令員は正確な情報を取得するために、運転士の話を注意深く聴き取ること及び復唱することといった指令員の基本に加え、問いかけ方によって曖昧さを排除すること及び返答に矛盾や

疑問がある場合は躊躇せず再確認することを徹底する必要がある。

2.5.4に記述したように、運転士及び指令員は定期的に教育・訓練を受けているが、本重大インシデントにおける対応状況を踏まえ、異常発生時に状況を正確に把握して適確に判断し、速やかに措置が講じられるような訓練の充実が望まれる。

4 結 論

4. 1 分析の要約

本重大インシデントの分析結果の概要は次のとおりである。

- (1) 本件ドアが走行中に開扉したのは、本件弁座枠が本件座穴から外れたこと
によって閉シリンダの圧縮空気が大気中に流出したことから、本件列車の進
行方向と逆方向に加わっていた引戸の押付力が、ブレーキ操作によって本件
列車の進行方向に生じた引戸の慣性力より小さくなったためと考えられる。
(3.2)
- (2) 本件弁座枠が本件座穴から外れたのは、本件弁座枠の側面と本件座穴の側
面との間に適正な摩擦力が得られていなかったために、ばねの復元力による
上向きの力に加えて圧縮空気が本件弁座枠下面に加わると本件弁座枠のせり
上がりが発生し、かつ、本件弁座枠と本件切換弁Aが強く圧着していたこと
によって、本件弁座枠が本件座穴から外れるだけの空間があったためと考え
られる。(3.3.1)
- (3) 戸閉機械閉シリンダ内の圧縮空気の漏気は、本件列車が益田駅を出発する
以前に既に始まっていたと考えられ、本件座穴内を徐々にせり上がっていた
本件弁座枠の下面が本重大インシデント発生時に本件座穴の上端を越えた結
果、戸閉機械閉シリンダ内の圧縮空気が漏気し、その際の気流の風圧によっ
て本件弁座枠と本件切換弁Aの圧着が解けて本件弁座枠が落下し、本件弁座
枠が側面を上に向けた状態で本件座穴内に収まった可能性があると考えられ
る。(3.3.2)
- (4) 本件座穴底面と本件弁座枠下面の間には圧入当初から空間があったと考え
られるが、その状態で作業者が圧入工程を完了していたことについては、作
業者が打音の変化を正確に聞き取れず正しく判定できなかった可能性、又は
本件弁室体母材の加工精度が低かったために生じた軸のずれによって不完全
な状態にも関わらず打音が変化した可能性が考えられる。(3.3.3)
- (5) ドアの検査については、弁室体D弁の弁座枠は弁室体母材から取り外せな
い構造になっており、全般検査でも目視確認を行うのみであるため、本件弁

室体の異常を定期検査で発見することは困難であると考えられるが、全般検査において今回のような事象又はその兆候等が見られた場合等には、戸閉機械又は弁室体を取り替える必要がある。また、交番検査及び仕業検査において漏気等の異常が認められた場合には取替又は何らかの処置を行った上で関係箇所へ連絡する必要がある。戸閉表示灯が点灯するまでの時間が明らかに長い場合についても、点灯しないときと同じように指令員又は駅長等関係箇所へ連絡するよう指導を徹底するとともに、乗務員異常時内規等へ記載することが望ましい。(3.4)

(6) A社は、現在も行われている弁室体母材の納品時のチェックを徹底することが望ましい。また、その他の部品については現在も行われている抜き取り検査の数量を増やすなどして不良品の納品率を下げることを望ましい。また、弁座枠の圧入工程については、出荷後に調整できない部分であること及び不確実な作業がもたらす長期的な悪影響に留意し、確実な作業を徹底する必要がある。(3.5)

(7) 本重大インシデント発生直後に行われた本件運転士と指令員との無線交信の際に、指令員が事実と異なる状況認識を持っていたことについては、本件運転士と指令員とのコミュニケーションにおいて、問いかけに対し適確な情報を返答していない本件運転士に指令員が再確認を行わなかった結果、指令員が正確な情報を取得できず事実と異なるイメージを持ったことによるものと考えられる。したがって、走行中にドアが開扉した場合に、運転士及び指令員が適切な措置を講じるためには、運転士と指令員との間の無線交信等において、指令員が状況を正確に認識する必要があることから、指令員は運転士の話を注意深く聴き取ること及び復唱することといった指令員の基本に加え、問いかけ方によって曖昧さを排除すること及び返答に矛盾や疑問がある場合は躊躇せず再確認することを徹底する必要がある(3.6)

4. 2 原因

本重大インシデントは、列車の走行中に開いたドアの戸閉機械の弁室体D弁において、座ぐりに圧入されていた弁座枠が座ぐりから外れたことによって、戸閉機械閉シリンダ内の圧縮空気が大気中に流出したため、引戸の押付力が低下し、ブレーキ操作によって生じた慣性力よりも小さくなったために発生したものと推定される。

座ぐりに圧入されていた弁座枠が座ぐりから外れたことについては、以下の状況が関与したものと考えられる。

1. 戸閉機械閉シリンダ内に圧縮空気がない状態では、ばねの復元力による上向きの力が切換弁Aに加わり、弁座枠にも間接的に上向きの力が加わった可能性が

あること、D弁の座ぐりの側面と弁座枠の側面は通常の圧入時より摩擦力が小さく、弁座枠はせり上がり易い状況だったこと。

2. 弁座枠下面と座ぐり底面との間には空間があったことから、車両の運用中でドアが閉扉している（戸閉機械閉シリンダ内に圧縮空気がある）間は、弁座枠下面には弁座枠を押し上げる想定外の力が加わっている状況であったこと。
3. 切換弁Aと弁座枠との接触部分に想定外の力が長期間加わっていたことから、切換弁Aと弁座枠は強く圧着した可能性があること。
4. 1～3の状況によって弁座枠が座ぐり内をせり上がる際に、弁座枠がばねの内側を通ることができ、かつねじ栓の下面と切換弁Bの上端の間に弁座枠下面が座ぐりの上端までせり上がる事が出来る空間があったこと。

以上、1～3の状況が長期間繰り返されて、座ぐり内を徐々にせり上がっていた弁座枠下面が本重大インシデント発生時に座ぐりの上端を越えた結果、戸閉機械閉シリンダ内の圧縮空気が漏気し、その際の気流の風圧によって弁座枠と切換弁Aの圧着が解けて弁座枠が落下し、弁座枠が側面を上に向けた状態で座ぐり内に収まった可能性があると考えられる。

また、列車の運転士が始発駅を出発する前にドアから漏気があったこと及び戸閉表示灯が点灯するまでの時間が通常より長いことを認識していたものの、ドアが閉扉したことから指令員又は駅長等関係箇所へ連絡せずに出発したため、本重大インシデントの発生を防ぐ機会を活かせなかったものと考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

5.1.1 同社の再発防止策

TK105形戸閉機械の弁室体は50年以上の使用実績があり設計上の問題があるとは考えづらい。このため、定期検査時において現在実施している弁室体の目視確認は、弁座枠に特に注目し、弁座枠のせり上がりが発生していないか弁座枠を押すなどして行い、今回発生した事象又はその兆候等が見られた場合には、速やかに取替等を実施する必要がある。

さらに、仕業検査や出区点検等においては、引き続き戸閉機械からの漏気の有無を確認し、漏気がある場合には速やかに関係箇所に連絡する必要がある。また、戸閉表示灯が点灯するまでの時間が明らかに長い場合についても、点灯しないときと同じように指令員又は駅長等関係箇所へ連絡するよう指導を徹底するとともに、乗務員異常時内規等へ記載することが望ましい。

5.1.2 A社の再発防止策

TK105形戸閉機械の製作は現在も継続していることから、今後、部品が納品される際に、弁室体母材についてはチェックを徹底すること、その他部品については抜き取りチェックの数量を増やすなどして不良品の納品率を下げることを望ましい。

また、弁座枠の圧入作業については、出荷後に調整できない部分であること及び不確実な作業がもたらす長期的な悪影響に留意し、確実な作業を徹底する必要がある。

5.2 本重大インシデント発生後に講じられた措置

5.2.1 同社が講じた措置

本重大インシデント発生後、同社は以下に示す緊急点検及び指導を実施した。

(1) 車両区所

1月1日の運用開始までに、ドア「閉」状態において戸閉機械からエア漏れがないことを確認し、関係者に今回の事象概況と次の内容を周知した。

(検修社員)

- ・ 検査時に戸閉装置の状態に特段の注意を払い、戸閉装置からのエア漏れがないか、より入念な検査を行うこと。
- ・ エア漏れを認めた場合は、速やかに関係社員に報告するとともに、処置のうえ運用に充当すること。

(構内運転士)

- ・ 出区点検や入換作業等で車内を通る際に、戸閉装置からのエア漏れがないか注意をすること。
- ・ エア漏れ音を認めた場合は、現行通り検修手配を行うこと。

(2) 乗務員区所

今回の事象概況と後述する内容を乗務員に周知した。なお、書面による通知は令和3年1月3日に行ったが、速報レベルでの注意喚起及び指導は、令和2年12月31日から実施した。

(運転士)

- ・ 出区点検における各車ドアの状態確認時には、ドア付近からエア漏れ音がないか注意を払い確認を行うこと。エア漏れを認めた場合は、その旨を指令員、駅長又は検修当直に連絡すること、運転開始前に認めた場合は、指令員又は駅長に連絡を行うこと。
- ・ 運転の途中にエア漏れを発見又は申告を受けた場合は直ちに停止手配をとること。

- ・運転士知らせ灯（又は、戸ジメ表示灯）の消灯を認めたときは、直ちに非常ブレーキを扱い、隣接線がある場合は、防護無線を発報すること。

（車掌）

- ・ドア付近からのエア漏れを発見したときは、列車の停止手配をとること。
- ・客車列車で走行中「全閉扉灯」の消灯を認めたときは、非常停止手配をとること。

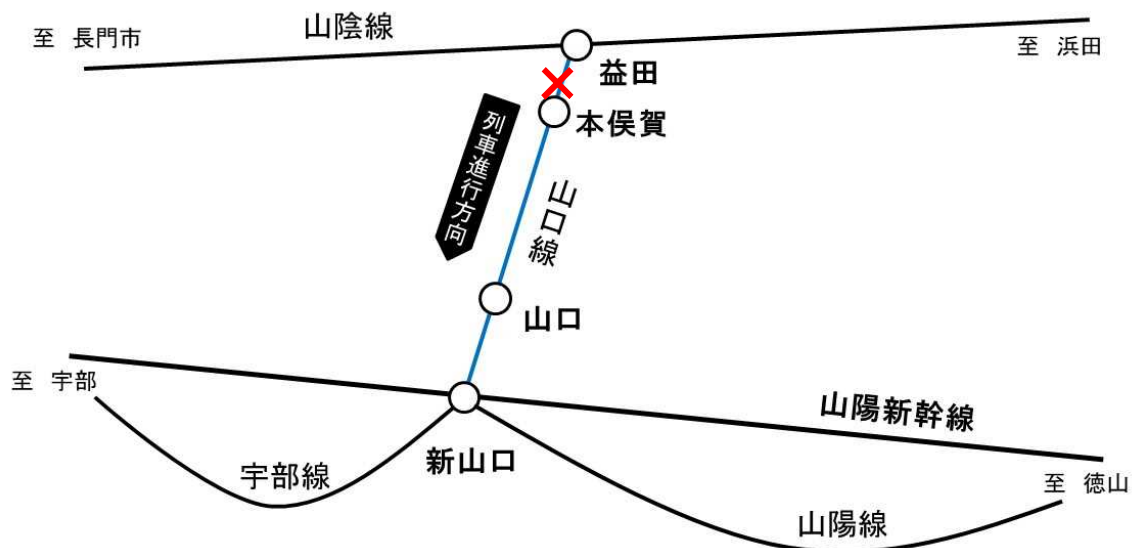
5.2.2 A社が講じた措置

A社によると、弁室体については既にNC化を行いその後エア漏れも発生していないことから緊急対策は特に必要ないと考えているが、再発防止対策として、‘TK105弁室体組立作業標準書’を作成し、令和3年5月11日に制定した。

なお、同標準書には、同一の圧入工程であるD弁とE弁について、統一された作業注意点が記載されている。

付図1 山口線路線図

新山口駅～益田駅間 93.9 km (単線)



付図2 現場付近の地形図



※この図は、国土地理院の地理院地図(電子国土Web)を使用して作成

付図3 弁室体内の各弁の状態（開状態→閉状態）

