

RI2015-1

鉄道重大インシデント調査報告書

北海道旅客鉄道株式会社函館線山崎駅構内における鉄道重大インシデント
車両障害（「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）

平成27年4月23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 後藤 昇 弘

《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」

北海道旅客鉄道株式会社函館線山崎駅構内における
鉄道重大インシデント

車両障害（「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：北海道旅客鉄道株式会社

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：平成25年7月6日 15時41分03秒ごろ

発生場所：北海道^{ふたみ}二海郡八雲町
函館線 ^{やまさき}山崎駅構内

函館駅起点89k926m付近

平成27年4月13日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長	後藤昇弘
委員	松本陽（部会長）
委員	横山茂
委員	石川敏行
委員	富井規雄
委員	岡村美好

要旨

<概要>

平成25年7月6日、北海道旅客鉄道株式会社の札幌駅発函館駅行き8両編成の上り特急気第5014D列車（特急北斗14号）の運転士は、山崎駅構内を速度約130km/hで惰行運転中に機関表示灯が滅灯しているのを認め、列車を停止させた。

同運転士が車両の点検を行ったところ、4両目の床下から発煙し、エンジン（機関）の上部に火が出ていることを認めた。同エンジンは上部が損傷しており、損傷箇所から飛散したと思われる可燃性の液体が列車の側面等に付着し、車体の一部の塗装が焼損していた。

列車には、乗客約200名及び乗務員4名（運転士、車掌、客室乗務員2名）が乗車していたが、負傷者はいなかった。

<原因>

本重大インシデントは、

- (1) 特急気第5014D列車の4両目に搭載されていたディーゼルエンジン（DML 30HZ-10024番機）の调速機に使用されているスライジングブロックが、ピンのガイドアームへの圧入端部で疲労破断したことから、同エンジンが制御不能かつ過回転状態となり、エンジン内部のピストンや接続棒等を損傷した、
- (2) 破損した接続棒がシリンダーブロックを突き破った際に発生した火花が、開口部から噴出した燃料及び機関潤滑油並びに機関冷却水に含まれた不凍性防食剤に引火し、また、それらが、高温状態の排気マニホールド、過給器、排気管等の表面に付着して発火した、
- (3) その際、列車が高速で走行していたことから、上述した燃料及び機関潤滑油等が列車の後方車両に向かって飛散し、車体側面に付着したために、車体側面の表面塗装が焼損した

ことにより発生したものと推定される。

本スライジングブロックのピンが一斉取替後に短期間で折損したことについては、燃料制御装置内で発生した「徒動」、「しゃくり」のような好ましくない挙動に加え、停止ストッパーボルトが同エンジンには取り付けられておらず、ピンのガイドアームへの圧入端部にメーカーの想定最大荷重の約3倍の曲げ荷重が継続的に加わっていたためと考えられる。

また、同エンジンが過回転状態となって損傷したことについては、スライジングブロックのピンが折損した場合に、コントロールラックが燃料噴射量増方向に作用する構造となっていたこと、また、過回転状態となったエンジンを強制的に停止させる仕組みがなかったことが関与していると考えられる。

本重大インシデントが発生した背景としては、車両等に重大な影響が及ぶことが懸念されるスライジングブロック及び燃料制御に関連する部品の損傷がしばしば発生した際に、同社が全社的に検討を行わずに一部の関係者のみで対策を策定していた可能性があり、その対策は、十分な調査によって得られたデータを基に分析・検討されたものではなく、対症療法的なものとなっていた可能性があることなどが考えられる。

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	2
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	5
2.2	鉄道施設及び車両等に関する情報	6
2.2.1	鉄道施設	6
2.2.2	車両	7
2.3	鉄道施設及び車両等の損傷、痕跡に関する情報	14
2.3.1	鉄道施設の損傷及び痕跡の状態	14
2.3.2	車両の損傷及び痕跡の状態	14
2.4	エンジンの保守及び運用に関する情報	18
2.4.1	同形式エンジンの本重大インシデント発生以前の定期検査の種類と検査内容	18
2.4.2	徒動 ^{とどう} 及びしゃくりに対する認識と対策	19
2.4.3	同形式エンジンの過去の故障履歴と保守方法の変遷	19
2.4.4	同形式エンジンを搭載した車両の本重大インシデント発生前後の取扱い	20
2.5	乗務員等に関する情報	21
2.6	運転取扱いに関する情報	21
2.6.1	異常発生時の取扱い	21
2.6.2	火災発生時の基本的な取扱い（乗客の避難誘導を含む）	21
2.7	気象に関する情報	22
2.8	本件車両及び本件エンジンの調査結果に関する情報	22
2.8.1	燃料制御機構各部の調整状態及び動作状態	22
2.8.2	S Bの硬さ及び金属組織の状態	25
2.8.3	再現試験結果	25
2.9	その他の情報	25
2.9.1	本重大インシデントの直近に発生したS B折損に関する情報	25
2.9.2	本件エンジン及び変速機で使用されている可燃性液体に関する情報	26

2.9.3	エンジン周辺機器の表面温度に関する情報	26
2.9.4	車体の塗装に関する情報	26
2.9.5	本重大インシデント発生後の回送列車に関する情報	26
3	分析	27
3.1	本重大インシデントの発生状況に関する分析	27
3.1.1	発生場所	27
3.1.2	発生時刻	27
3.1.3	本件列車の停止位置	27
3.2	S Bの折損に関する分析	28
3.2.1	S Bの破断面	28
3.2.2	しゃくり及び徒動等が発生した際の稼働部分のストロークの影響	28
3.2.3	想定最大荷重と測定された荷重との比較	29
3.2.4	停止ボルトが取り付けられていなかったことによる影響	29
3.2.5	S Bのピンが折損した時期	29
3.2.6	本重大インシデントと直近2回のS B折損との比較	30
3.3	本件エンジンが損傷に至ったことに関する分析	30
3.4	本件エンジン等の運転状態に関する分析	31
3.5	車体の焼損に関する分析	32
3.6	異常検知回路に関する分析	33
3.6.1	機関油圧低下検知について	33
3.6.2	機関冷却水温度高検知について	33
3.6.3	機関火災検知について	33
3.7	乗務員の運転操作に関する分析	34
3.8	保守管理に関する分析	35
3.8.1	本件エンジンの調速機に停止ボルトがなかったことについて	35
3.8.2	過去に発生したエンジン異常時等の対策について	36
3.8.3	定期検査におけるS Bの異常発見の可能性について	37
3.9	火災発生時の乗務員の処置に関する分析	37
4	結論	37
4.1	分析の要約	37
4.2	原因	39
5	再発防止策	40
5.1	必要と考えられる再発防止策	40
5.2	本重大インシデント発生後に同社が講じた措置	41
5.2.1	スライジングブロックの破損防止対策	41

5.2.2 エンジンの過回転防止対策	41
5.2.3 その他対策	42

添付資料

付図1 函館線路線図	44
付図2 重大インシデント現場付近の地形図	44
付図3 重大インシデント現場略図	45
付図4 本件車両及び5両目車両の左側面の状況	46
付図5 本件エンジンの損傷状態	47
付図6 S Bの折損箇所及び力が作用した方向	47
付図7 S Bの破断面の写真	48
付図8 温度ヒューズ（T h S）の取付け位置と火災検知回路	49

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

平成25年7月6日（土）、北海道旅客鉄道株式会社の札幌駅発函館駅行き8両編成の上り特急気第5014D列車（特急北斗14号）の運転士は、山崎駅構内を速度約130km/hで惰行運転中に機関表示灯^{*1}が滅灯しているのを認め、列車を停止させた。

同運転士が車両の点検を行ったところ、4両目（車両は前から数え、前後左右は進行方向を基準とする。）の床下から発煙し、エンジン（機関）の上部に火が出ていることを認めた。同エンジンは上部が損傷しており、損傷箇所から飛散したと思われる可燃性の液体が列車の側面等に付着し、車体の一部の塗装が焼損していた。

列車には、乗客約200名及び乗務員4名（運転士、車掌、客室乗務員2名）が乗車していたが、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

本インシデントは、列車の走行中にエンジンが損傷して車体等が焼損した事態であり、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2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、重大インシデントとして調査対象とした。

運輸安全委員会は、平成25年7月7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。

平成25年7月25日及び同年10月15日、それぞれ1名の鉄道事故調査官を追加指名した。

北海道運輸局は、本重大インシデントの調査を支援するため、職員を本重大インシデント現場に派遣した。

平成25年10月18日、本重大インシデントの調査に従事する専門委員として、独立行政法人交通安全環境研究所リコール技術検証部リコール技術検証官川上剛を任命し、調査すべき対象として「ディーゼル機関の保守整備及び使用状態の妥当性」を指定した。

^{*1} 「機関表示灯」とは、列車内の全ての車両のエンジンが正常に稼働した場合に先頭車両など特定の車両の運転台において点灯する表示灯である。列車内のいずれかの車両の機関油圧が低下した場合等に滅灯することから、乗務員がエンジン異常を把握することができる。

1.2.2 調査の実施時期

平成25年7月8日及び9日	車両調査、口述聴取
平成25年7月10日	車両調査
平成25年10月3日及び4日	エンジン調査
平成25年11月25日	エンジン調査

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、北海道旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の特急気第5014D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。）及び車掌（以下「本件車掌」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当日は、朝、函館駅ひがしむろらんから東室蘭駅まで乗務し、休憩を取った後に、東室蘭駅から本件列車に乗り継いだ。乗り継ぎの際、乗務してきた運転士から、車両の異常に関する引継ぎはなかった。同駅を1分遅れ（14時37分）で出発してから、山崎駅まではふだんどおりに運転したが、異音や加速不良などの異常はなかった。また、オイルや燃料の臭いは分からなかった。

山崎駅の場内信号機*2付近で機関表示灯（以下「機」表示灯」という。）の滅灯を確認した。それで若干記憶が定かでないが、ブレーキを入れて止めるか止めないかぐらいの時に非常ブザーが鳴動したために、非常ブレーキを入れて緊急停止した。

列車の停止後、本件車掌と連絡を取ろうとしたが、当初は取れなかったため、列車無線を使って運行管理センターの輸送指令（以下「輸送指令」という。）に、非常ブザーで停車した旨の連絡をした。単線区間だったため、防護無線の発報は行っていない。その後、本件車掌から「4両目から火災というか火が

*2 「場内信号機」とは、停車場に進入する列車に対し、信号を現示するものをいう。

見える」という旨の連絡を受けたため、再度輸送指令に「火災が発生したようなので該当車両に行って確認する」と無線で連絡した。該当車両に確認しに行ったところ、白煙と床下をのぞいたら炎が見えた。輸送指令から初期消火とエンジン停止の指示を受けたので、全てのエンジンを停止してから初期消火を行った。

その後、本件車掌に乗客の移動の指示をし、車両の床下にある消火器を使って消火活動を行った。かなりの量の白煙が車両の横から上がっているような状態だった。また、エンジンの中の方（エンジンを車体側面側から見て奥の方）で10cmか15cmか分からないが炎が上がって、車体の真ん中辺りの床下に当たっているような感じであり、車体の横の方に火が移っているようには見受けられなかった。

消火液は列車の左側からかけた。列車の右側は消火した後に見た程度だった。消火器は2本使用したが、1本目を使い終わった段階で火は見えなくなった。しかし、エンジン周りや消音器の辺りから、くすぶっているような感じの煙が出ていた。隣の車両については確認していないが、自分が行って見た時には、車体側面の塗装は黒く剥がれ落ちていた。車内が煙っていたかどうかは確認していない。車両の部品が落下していたかどうかは分からない。

列車が停止してから初期消火を始めるまでは、はっきりとは憶えていないが5分間前後だったと思う。その後、本件車掌に初期消火が終了したことを伝え、輸送指令にも業務用携帯電話で報告した。その報告を行っているときに、消防車が到着し、消火活動を開始した。警察の方に状況説明していると、消防署員から乗客の降車及び誘導の支援を要請されたので、1両目に行って乗客の降車を手伝った。乗客から何かを聞かれることや体調不良を申告されることもなく、乗客は落ち着いていた。乗客全員が降車したあと、車内に入って、車内に乗客がいないことを確認した。乗客が代行バスに乗車するのを確認してから列車に戻り、指示があるまで列車監視を行った。現場を離れたのは19時50分前後だったと思う。現場の方に列車監視をお願いして現場を離れた。

(2) 本件車掌

本重大インシデント当日は、札幌駅で引継ぎを受けて本件列車に乗務した。乗車位置は、基本は3両目であるが、出発時点及び改札のために車内を廻った際に、異音や異臭はなく、異常は感じなかった。列車の加減速や挙動もふだんどおりだった。

長万部駅を出発後、3両目で待機していると、4両目の乗客が来て、煙が出ているとのことだったので、その乗客と一緒に向かったところ、4両目の

車内中程の通路の床から白い煙が上がっており、車内に煙が充満しているのを確認した。視界は車両の一番端まで見えるくらいであり、何人かの乗客が立って様子をうかがっている状態だった。乗客は皆落ち着いていた。車内のことにしか目が行き届かず、車外の火や煙については分からない。熱気を感じることはなかったが、何か燃えているような臭いだった。車内に火は見えなかった。

列車を止めなくてはいけないと考えたときに、非常ブザーが鳴って、その音と共に緊急停車した。列車が停止した後、4両目の乗客には3両目の方に、3両目の乗客には2両目の方に移動、避難するよう伝えながら、放送機器や無線機等がある3両目の車掌室に戻った。車内電話を使って本件運転士に連絡を取り、「4両目で火災が発生しているため、輸送指令に一報入れて下さい。私は乗客を避難誘導します」と伝えた。さらに「4両目で火災が発生しています。これから車掌が避難誘導しますので、そのままお待ち下さい」と車内放送を行った。その後、列車に搭載されている列車無線及び客室乗務員と連絡が取れる無線機を持って5両目に向かい、後方車両である6両目の方に乗客を避難誘導した。

4両目に戻りながら、輸送指令に列車無線で連絡を取ろうとしたが、なかなかつながらなかった。そこで、業務用携帯電話を使用して「火災が発生しており、乗客を1及び2両目と6～8両目に誘導した」旨、運行管理センターの旅客指令（以下「旅客指令」という。）に伝えた。旅客指令から「火災の状況を教えて下さい」との指示があったため、火災を外から見ようと考え、また、本件運転士にも話を聞いた方が良くと考えて、1両目に行ったが、（本件運転士は4両目の床下部分の消火作業中で、）運転台にいなかった。旅客指令に、現在、本件運転士が消火作業中であると報告している間に、本件運転士が1両目に戻って来たので、火災の状況を確認したところ、今のところ消えているが、まだくすぶっているようだとのことなので、旅客指令にその旨伝えた。

火災が発生している4両目から、乗客をできるだけ離れた方が良いと考え、6両目の車内に行って、乗客を7両目に避難させた。1及び2両目の方に向かって最中に旅客指令に電話したところ、消防がこちらに向かっているということだったので、その内容を1両目の運転台から車内放送でアナウンスした。そうこうしている間に、1両目の男性の乗客から、臭いで具合が悪くなりそうなので降車したいという申告があり、輸送指令に確認を取って降車の手配をした。降車の準備が整ったあと、車内放送を行い、1両目と8両目から乗客の降車を実施した。私は、車内を行ったり来たりしながら、乗客が

列車内に残っていないことを確認し、最後の乗客の後に降車した。避難の途中で列車内に本件運転士がいたので、避難完了を確認し合った。降車したときはエンジン周りから発煙もなく、消火作業が終了していた状況だった。1両目の男性の乗客以外に体調不良を申告した乗客はいなかった。

2.1.2 運転状況の記録

本件列車には運転状況記録装置が設置されており、時刻、列車の速度、前駅からの走行距離などの情報に加え、マスコン^{*3}、変速機ハンドル、ブレーキハンドル等の操作状態、各機器の動作状態などの情報が0.2秒ごとに記録されている。

運転状況記録装置の記録によると、本重大インシデント発生当時の本件列車の運転状況の概略は、表1のとおりであった。

表1において、「□」は点灯状態、「|」は滅灯状態を表しており、15時39分04秒ごろにマスコンから1N指令が出力（その後5Nまでノッチアップ）されているが、直結表示灯の点灯は15時40分00秒ごろであり、ほぼ同時に、「機」表示灯は滅灯している。また、本件列車は15時40分26秒ごろ惰行状態になり、15時41分41秒ごろ常用ブレーキが使用されている。非常ブレーキは15時41分58秒ごろ使用されているが、約1.2秒後に緩められ、さらに0.4秒後に常用ブレーキが再度使用されている。

なお、時刻情報は誤差を補正したデータであり、速度情報及び距離情報は、車輪径補正を行ったデータであるが、車輪の空転や滑走等により、実際の速度及び走行距離との誤差が内在している可能性がある。距離情報は長万部駅を出発後の走行距離である。

同社の調査によると、本件列車は函館駅起点87k993m（以下「函館駅起点」は省略する。）付近に停止していた。また、輸送指令は、事故発生後の15時53分に下り5013D列車を森駅にて、16時03分に上り2050列車を長万部駅にてそれぞれ抑止した。

^{*3} 「マスコン」とは、運転台にあり、力行ノッチ指令を出力する装置をいう。主幹制御器ともいう。出力は複数の引き通し線や伝送線によって、各車の制御器に直接又は間接的に与えられる。

表 1 運転状況記録装置の記録（抜粋）

時刻	速度(km/h)	距離(km)	機関表示灯	直結表示灯	マスコン指令	ブレーキ指令
15:38:44.8	98.2	18.097	□		切N	ユルメ
15:39:04.6	98.4	18.634	□		1N	ユルメ
15:39:11.6	92.1	18.819	□		2N	ユルメ
15:39:13.6	97.5	18.873	□		5N	ユルメ
15:40:00.6	131.1	20.332		□	5N	ユルメ
15:40:01.8	124.0	20.375		□	4N	ユルメ
15:40:02.4	129.8	20.395		□	1N	ユルメ
15:40:26.2	122.3	21.233		□	切N	ユルメ
15:40:26.4	123.9	21.240			切N	ユルメ
15:41:03.2	120.7	22.489			切N	ユルメ
15:41:19.6	112.4	23.026			切N	ユルメ
15:41:26.2	113.2	23.238			切N	ユルメ
15:41:41.2	109.2	23.711			切N	常用B
15:41:41.4	115.7	23.717			切N	常用B
15:41:51.6	94.4	24.015			切N	ユルメ
15:41:51.8	98.9	24.021			切N	常用B
15:41:54.6	88.6	24.093			切N	ユルメ
15:41:57.0	91.2	24.153			切N	常用B
15:41:58.6	87.1	24.192			切N	非常B
15:41:59.8	82.8	24.222			切N	ユルメ
15:42:00.2	82.2	24.231			切N	常用B
15:42:08.8	48.7	24.388			切N	常用B
15:42:09.0	48.6	24.390			切N	ユルメ
15:42:09.2	46.8	24.392			切N	常用B
15:42:09.4	46.3	24.395			切N	ユルメ
15:42:17.8	4.0	24.450			切N	常用B
15:42:20.0	0.0	24.450			切N	常用B

(付図 1 函館線路線図、付図 2 重大インシデント現場付近の地形図、
付図 3 重大インシデント現場略図 参照)

2.2 鉄道施設及び車両等に関する情報

2.2.1 鉄道施設

(1) 路線の概要

同社の函館線は、函館駅から旭川駅に至る延長423.1km及び大沼駅からおしまさわら渡島砂原駅を經由し森駅に至る延長35.3kmの計458.4km、単・複線の路線であり、現場付近は単線である。なお、本重大インシデントの現場及び本件列車が停止した山崎駅構内は、非電化区間である。

(2) 線形、勾配

本重大インシデント現場付近の線形は、山崎駅構内の89k129m～89k062mまでが曲線半径6000mの左カーブ、88k988m～88k888mまでが曲線半径2000mの左カーブ、及び88k440m～88k345mまでが曲線半径2000mの右カーブである。また、90k500m～90k000mまでが2‰の下り勾配で、90k000m～86k901mまでが0‰勾配（平坦）となっている。本件列車の停止位置は0‰勾配区間内である。

(3) 本重大インシデント現場付近に関する情報

表1において、本件運転士がマスコンのノッチオフ操作を行った91k183mから本件列車の停止位置である87k993mまでにトンネルはなく、

橋りょうは6か所あるものの、91k243m付近にある長さが約3mの橋りょう及び89k318m付近にある長さが約25mの橋りょう以外は、長さが1m～2mの橋りょうである。

2.2.2 車両

(1) 車両の概要

車種	183系(2500番代)	内燃動車(ディーゼルカー)
編成両数	8両	
車両長	21.3m	
編成定員	490名(座席定員490名)	

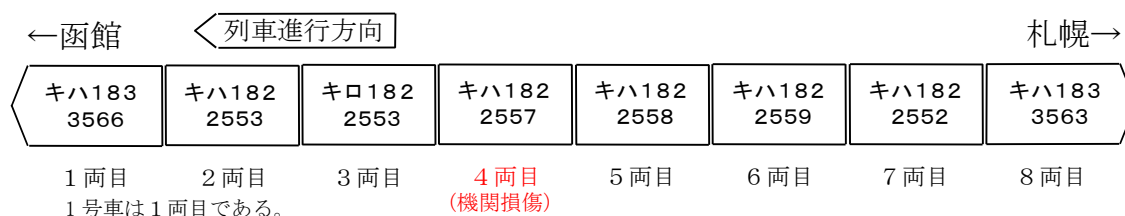


図1 本件列車の編成

同社によると、本件列車の非常ブレーキの平均減速度(計画値)は4.9km/h/sであり、空走時間(計画値)は1.8秒とのことである。

(2) 車歴及び検査履歴(数字は検査等後、事故発生時点までの走行距離を示す。)

本件列車の4両目であるキハ182-2557号(以下「本件車両」という。)の車歴及び検査履歴は以下のとおりである。

新製	: 昭和63年7月27日		5,300,615km
全般検査	: 平成22年5月25日	五稜郭車両所	572,913km
要部検査	: 平成24年5月30日	五稜郭車両所	250,809km
交番検査	: 平成25年5月1日	函館運輸所	37,284km
仕業検査	: 平成25年7月6日	函館運輸所	549km

(3) エンジンに関する情報(機関諸元 抜粋)

名称: DML30HZ

機関形式: 横型、対向、水冷、過給式^{*4}

シリンダー数: 12気筒

^{*4} 「過給式」とは、エンジンの排気量を変えずに出力を増大させるため、エンジンに供給される空気の圧力を大気圧以上に上げて空気密度を高める方式をいう。過給機の駆動方式の違いにより、歯車機構で駆動する機械駆動式とエンジンの排気ガスでタービンを回転させて駆動する排気タービン式があるが、本件の場合には後者である。

総排気量：29.6ℓ

最大出力：660PS／2000rpm（連続定格出力：660PS）

最大トルク：285kg・m^{*5}／1200rpm

圧縮比：14.3

燃焼室形状：直接噴射式^{*6}

調速機^{*7}型式：高低速型^{*8}（メカニカルガバナ）

本件車両に搭載されているエンジンであるDML30HZ-10024番機（以下「本件エンジン」という。）の平成6年9月27日から現在までの総走行距離は3,334,416kmであった。

なお、本件エンジンは本重大インシデント発生の前日には、正常に運転されており、運転所に入区後も正常に停止していた。

(4) 車両機器動作記録装置の記録情報

本件車両には、車両を駆動するために必要な制御機器に対する指令及びその動作状態、温度及び圧力を監視するセンサーの状態などを記録する車両機器動作記録装置（以下「MDA」という。）が設けられている。MDAは、時刻情報に加え、エンジン、変速機^{*9}及び逆転機^{*10}の制御状態と動作状態、機関火災や機関潤滑油等の温度及び機関油圧圧力などの異常検出情報を0.01秒ごとにサンプリングし、それらに関連する各リレーの動作状態に変化があった場合にその内容を記録する機能を有している。本重大インシデント発生当時の各機器の状態は、概略表2のとおりであった。

^{*5} 「同社から提出された機関諸元にkg・mと記載されているため、kg・mと表記した。（換算式：1kg・m→1kgf・m=9.80665N・m）

^{*6} 「直接噴射式」とは、単一燃焼室又は主燃焼室に直接燃料噴射を行う方式であり、最も単純な方式であるが、燃料を微粒化して噴射させ、燃料と空気を十分に接触させる必要がある。熱効率及び低温時の始動性は予燃焼室式に比べ優れており、近年の新型車両のディーゼルエンジンはほとんどが直接噴射式である。

^{*7} 「調速機」とは、目標回転数と実際の回転数の偏差などに基づいたラック位置の制御により、ディーゼルエンジンの回転数を調速する装置である。機能上からは、ローアイドルからハイアイドルまで全ての速度域で回転数を制御する全速調速機（オールスピードガバナ）とローアイドルとハイアイドルだけ回転数を制御する最高最低調速機（ミニマム・マキシマムスピードガバナ）がある。機構的にはメカニカルガバナや電子ガバナなどがある。

^{*8} ここでいう「高低速型」とは、最高最低調速機を指している。

^{*9} ここでいう「変速機」とは、液体変速機であり、流体トルクコンバータ、変速クラッチ、直結クラッチ、逆転機歯車などが内蔵された動力伝達装置である。変速機の入力軸にはエンジン出力軸が、出力軸には推進軸が接続されており、起動から低い速度域では流体トルクコンバータを介して動力伝達を行う変速段を、また高い速度域では機械的に動力伝達を行う直結段を使用して走行する、変直切換式である。

^{*10} ここでいう「逆転機」とは、車両の進行方向を切り換える装置であり、変速機に内蔵されている。正転クラッチ接続、逆転クラッチ接続、又は中立の3つの状態が選択できる。

表2 MDAの記録

時刻(時分秒)	10m秒単位	リレーの状態変化	関係リレー	内容	記事
15:38:45	44	↓	PAR10	機関制御指令リレー3(1,3,5ノッチ引通)10	マスコン切N指令
15:38:45	61	↓	MRPLpOR	直結表示灯指令リレー(MRPLpSSR)18a	変速機直結照査OFF
15:38:45	82	↓	SRHAR	速比大補助リレー(SRD)47	速比小
15:39:05	42	↑	PAR10	機関制御指令リレー3(1,3,5ノッチ引通)10	1N
15:39:05	43	↑	PAR6	変速機直結指令リレー(引通)6	変速機直結指令ON
15:39:12	40	↑	PAR8	機関制御指令リレー1(2,3,4,5ノッチ引通)8	
15:39:12	42	↓	PAR9	機関制御指令リレー2(切,1,4,5ノッチ引通)9	2N
15:39:12	43	↓	PAR10	機関制御指令リレー3(1,3,5ノッチ引通)10	
15:39:14	42	↑	PAR10	機関制御指令リレー3(1,3,5ノッチ引通)10	5N
15:40:01	39	↓	WThR1	9.8℃水温リレー(ThSS,WThCD)21g	水温99℃以上
15:40:01	39	↓	ESiLpR	機関車側表示灯リレー(ESiLp1,2)26h	機関車側灯点滅
15:40:01	39	↓	OPPLpOR	機関油圧表示灯指令リレー(OPPLpSSR)14b	機関表示灯滅灯
15:40:01	39	↑	MRPLpOR	直結表示灯指令リレー(MRPLpSSR)18a	変速機直結照査ON
15:40:01	39	↑	HRPLpOR	変速表示灯指令リレー(HRPLpSSR)20a	変速機変速照査ON
15:40:02	75	↓	PAR10	機関制御指令リレー3(1,3,5ノッチ引通)10	マスコン4N指令
15:40:03	31	↑	PAR10	機関制御指令リレー3(1,3,5ノッチ引通)10	
15:40:03	34	↑	PAR9	機関制御指令リレー2(切,1,4,5ノッチ引通)9	マスコン1N指令
15:40:03	36	↓	PAR8	機関制御指令リレー1(2,3,4,5ノッチ引通)8	
15:40:27	17	↓	PAR6	変速機直結指令リレー(引通)6	変速機直結指令OFF
15:40:27	17	↓	PAR10	機関制御指令リレー3(1,3,5ノッチ引通)10	マスコン切N指令
15:40:27	17	↓	MRPLpOR	直結表示灯指令リレー(MRPLpSSR)18a	変速機直結照査OFF
15:40:27	17	↓	HRPLpOR	変速表示灯指令リレー(HRPLpSSR)20a	変速機変速照査OFF
15:41:14	81	↑	SRHAR	速比大補助リレー(SRD)47	速比大
15:41:16	3	↓	SRHAR	速比大補助リレー(SRD)47	速比小
15:41:17	1	↑	SRHAR	速比大補助リレー(SRD)47	速比大
15:41:17	48	↓	SRHAR	速比大補助リレー(SRD)47	速比小
15:41:17	76	↓	SRHAR	速比大補助リレー(SRD)47	速比大
15:41:19	31	↓	OPR	機関油圧リレー(OPR)27	機関油圧低下
15:41:19	99	↓	RVFWIR	逆転機前進連動リレー(RvIS)39b	逆転機前進連動
15:42:18	34	↓	TDOAR	速度検出指令補助リレー(TD引通)409	列車速度5km/h以下
15:52:40	66	↓	WThR1	9.8℃水温リレー(ThSS,WThCD)21g	水温97℃以下
15:54:17	3	↓	PAR9	機関制御指令リレー2(切,1,4,5ノッチ引通)9	マスコン停止N指令
16:02:21	42	↓	WThR2	8.5℃水温リレー(WThCD)430a	水温84℃以下
16:08:14	39	↓	WThR3	7.5℃水温リレー(WThCD)430b	水温74℃以下
17:24:57	81	↓	PAR4	逆転機前進指令リレー(引通)4	逆転機前進指令OFF

なお、表2において「リレーの状態変化」項目中の↑は、関係リレーが消磁状態から励磁状態に変化したことを、↓は励磁状態から消磁状態に変化したことを示している。

表2によると、直結段で走行していた本件車両は、15時38分45秒ごろに惰行運転状態になったのとほぼ同時に、速比^{*11}大補助リレー（速比が大きくなると励磁する。）が消磁状態となった。さらに、15時39分05秒ごろにマスコン1Nが投入されて再力行状態となったが、15時40分01秒ごろまで、直結表示灯指令リレーは消磁したままであった。その間、マスコンの指令は2Nから5Nへとノッチアップされていた。15時40分01秒ごろになると、9.8℃の水温リレー及び機関油圧表示灯指令リレーが消磁状態となり、直結表示灯指令リレー等は励磁状態となった。15時40分27秒ごろに、マスコンはノッチオフされ、直結表示灯指令リレーは消磁状態になった。15時41分14秒から15時41分17秒ごろに速比大補助リレーは励磁状態と消磁状態を繰り返し、15時41分19秒ごろ、機関油圧リレーが消磁状態となった。さらに、15時42分18秒ごろ、本件列車の速度は5km/h以下となり、15時54分17秒ごろ、マスコンから機関停止Nが出力された。

*11 「速比」とは、(変速機出力軸回転数/変速機入力軸回転数)から求められる値である。

なお、時刻情報は誤差を補正したデータである。

(5) 機関制御等に関する情報

183系気動車の機関制御は、マスコンハンドルの位置により決定するノッチ指令情報を、3本のノッチ指令線を使用して列車内の各車両に送り出し、各車両ではこれらを燃料噴射量に関して重み付けした回路に変換して、燃料制御装置内の3つの電磁弁を制御するものである。その結果、‘燃料制御装置内の油圧サーボモータから燃料噴射ポンプのプランジャに至るテコやリンク、調速機等からなる伝達機構’（以下「燃料制御機構」という。）を動かして、エンジンに供給する燃料の噴射量を変化させ、エンジンの出力や回転数を調整する。

また、エンジンが正常に稼働している車両では、機関油圧表示灯指令リレーの動作を受けて、無接点リレー^{*12}の出力回路が導通し、当該車両に引き通されている機関照査回路^{*13}が構成される。さらに、列車内の全車両で機関照査回路が構成されると、先頭車両の「機」表示灯が点灯するので、運転士は列車内のエンジンが正常に稼働している状況を把握できる。

(6) 燃料制御機構の動作に関する情報（図2、図3 参照）

上述したように、3本のノッチ指令線の情報は、燃料噴射量に関して重み付けした回路によって変換された後に、燃料制御装置内に設けられた3つの電磁弁に伝えられ、これら電磁弁の動作により油圧サーボモータ内部の各室の機関潤滑油の圧力が変化してピストンをノッチ情報に相当する量だけ押し出す。

次に、同ピストンの先端に接続されているテコ（甲）は、ピストン接続位置より下部を支点として動作するため、上部は燃料噴射量増方向に変位する。テコ（甲）の上部はリンク装置のボールジョイントやターンバックルを介してスピードツナギレバーに接続されており、スピードツナギレバーは、調速機のコントロールレバー（以下「Cレバー」という。）とボルトによって接続されているため、テコ（甲）の上部が燃料噴射量増方向に変位すると調速機のCレバーも燃料噴射量増方向に変位する。（図2及び図3の矢印は燃料噴射量増の場合の変位の方向を示す）

Cレバーが燃料噴射量増方向に変位すると、Cレバーが取り付けられている

^{*12} ここでいう「無接点リレー」とは、半導体を使用した可動部がないソリッドステートリレー(SSR)であり、一般的な電磁リレーに比べて回路の開閉速度が速い、機械的な消耗がない、基板上に実装できるなどの長所がある。

^{*13} ここでいう「機関照査回路」とは、エンジンの稼働状態を確認する目的で設けられており、エンジンが正常に稼働している場合には、車両内引通し線の両端が短絡された状態となる。

シャフトが燃料噴射量増方向に回転するため、同シャフトに取り付けられているスライジングブロック（以下「SB」という。）も燃料噴射量増方向に変位する。SBが燃料噴射量増方向に変位すると、SBのスライダーを内部に納めているフローチングレバーも、燃料噴射量増方向に変位するため、リンク装置を介して接続されているA列のコントロールラック（以下「Cラック」という。）も燃料噴射量増方向に変位する。なお、Cラックにはスリットと呼ばれる穴が開けられており、スリットの内側にラックストッパーピン（以下「RSピン」という。）が設けられているため、Cラックが変位可能な範囲は、RSピンがCラックのスリットの両端に当たる範囲内である。

さらに、Cラックと燃料噴射ポンプのプランジヤは、接続されており、Cラックの直線運動をプランジヤのリード部の回転運動に変換し、プランジヤのリード部に設けられた切り欠きを通して、燃料を燃料噴射ノズルに送り込む。Cラックが押し込まれると、プランジヤのリード部の回転角度も増大し、エンジンに供給される燃料の噴射量が増加する。

調速機は、エンジンの回転数が安定するように、回転数が高い場合には、遠心力の増大によってフライウエイトが外側に開き、フローチングレバー及びCラックを燃料噴射量減方向に変位させるように、また、回転数が低い場合には、遠心力の減少によりフライウエイトが内側に閉じ、フローチングレバー及びCラックを燃料噴射量増方向に変位させるようになっている。さらに、燃料噴射量の過度な増減を防止するために、フルラックストッパーボルト（以下「全開ボルト」という。）や停止ストッパーボルト（以下「停止ボルト」という。）を設け、Cレバーはこの2つのボルト間で変位するように変位が可能な範囲を制限している。

DML30HZ形機関は12気筒であり、燃料噴射ポンプはエンジンのA列とB列に分けられて各6気筒ずつ燃料を供給しているが、上記調速機はA列にのみ設けられており、B列のCラックは、調速機が接続されているA列のCラックに1組のL字形リンク装置及び連結棒によって接続されているため、A列のCラックと同じように変位する。

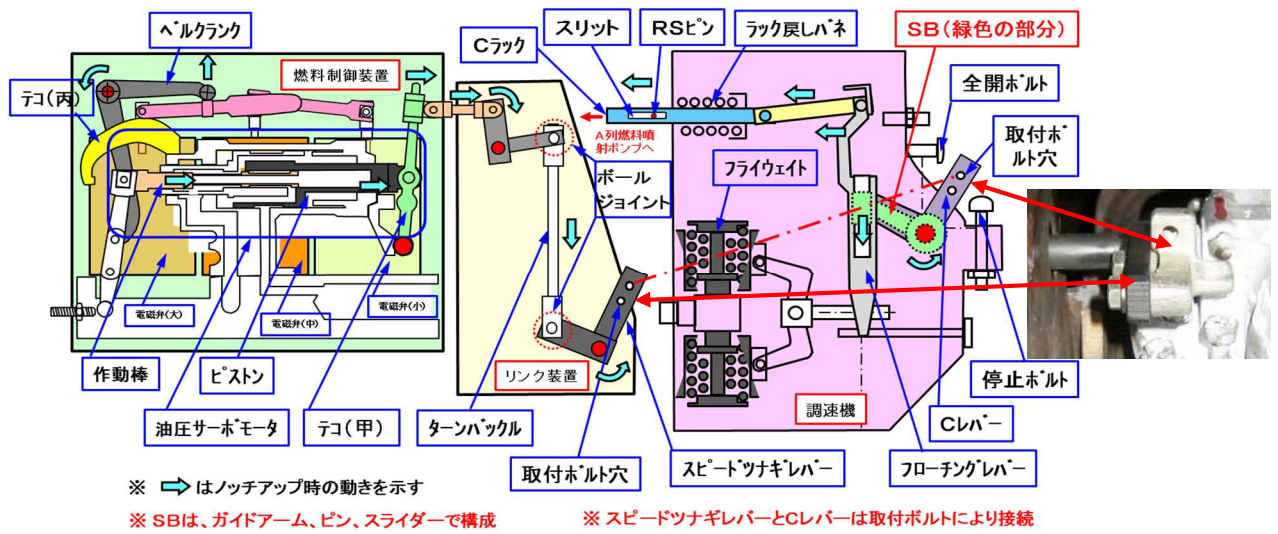


図2 燃料制御機構の概略図（油圧サーボモータ～Cラック）

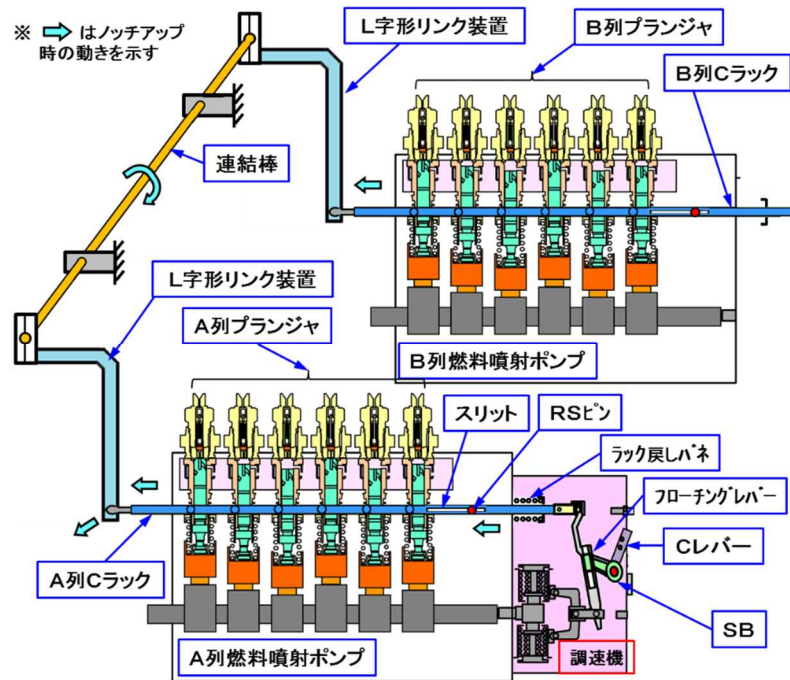


図3 燃料制御機構の概略図（Cラック～プランジャ）

(7) エンジンに異常が発生した際の表示灯の状態及び制御内容に関する情報

キハ183系気動車のエンジン及び変速機には、状態を監視する様々なセンサーや圧力スイッチが取り付けられており、それらセンサー等の出力によって動作するリレーの接点が、編成内を引き通した照査回路及び各装置の制御回路の中に間接的に組み込まれている。そこで、エンジン及び変速機の稼働状態に何らかの異常が発生した場合には、運転台の各表示灯に異常内容を表示することや、乗務員が操作することなく制御することが可能である。

エンジンに異常が発生した場合（機関油圧低下、機関冷却水温度高検知、機関火災検知）の表示灯用の各リレーの動作状態を表3に、エンジン及び変速機の制御内容を表4に示す。

表3において、車両の側面に設けられている機関車側表示灯リレー（ESiLpR）の接点は編成内に引き通されていないが、機関油圧表示灯指令リレー（OPPLpOR）、変速表示灯指令リレー（HRPLpOR）、直結表示灯指令リレー（MRPLpOR）の動作を受けて動作する各無接点リレーの出力は、編成内を引き通した各照査回路中に組み込まれている。機関油圧表示灯指令リレーの出力は、機関油圧の上昇と他の動作条件との論理積である。

また、表4において、変速電磁コイルリレー（HRMCR）及び直結電磁コイルリレー（MRMCR）は変速機制御回路中に、また、燃料制御電磁コイルリレー1（FMCR1）、燃料制御電磁コイルリレー2（FMCR2）、燃料制御電磁コイルリレー3（FMCR3）は燃料制御回路中に組み込まれており、変速機制御用電磁弁やエンジンの燃料制御用電磁弁を制御する。

なお、表3及び表4は、各機器が動作している状態又は指令がある状態の下で異常が発生した場合の各リレーの動作状態を示している。また、表3には示されていないが、逆転機前進連動リレーの油圧が低下した場合は、機関油圧表示灯指令リレー（OPPLpOR）が消磁するような回路となっている。

なお、火災の検知は温度ヒューズが切れることによって行っており、火災を検知すると火災検知ブザーが鳴動し、火災表示灯が緑色から赤色に変化するようになっている。また、何らかの原因でエンジンの燃料制御ができなくなった場合に、強制的にエンジンを停止させる仕組みは設けられていない。

表3 エンジン異常時の各表示灯の状態

	正常時	機関油圧低下時	水温98度以上時	火災検知時 (1系統断線時)	火災検知時 (2系統断線時)
ESiLpR	OFF	ON	ON-OFF	OFF	ON
OPPLpOR	ON	OFF	OFF	ON-OFF	ON-OFF
HRPLpOR	ON	ON	ON	ON-OFF	OFF-ON
MRPLpOR	ON	ON	ON	ON-OFF	OFF-ON

表4 エンジン異常時のエンジン及び変速機の制御内容

	正常時	機関油圧低下時	水温98度以上時	火災検知時 (1系統断線時)	火災検知時 (2系統断線時)
HRMCR	ON	OFF	OFF	ON	OFF
MRMCR	ON	OFF	OFF	ON	OFF
FMCR1	ON	OFF	ON	ON	OFF
FMCR2	ON	OFF	OFF	ON	OFF
FMCR3	ON	OFF	OFF	ON	OFF

2.3 鉄道施設及び車両等の損傷、痕跡に関する情報

2.3.1 鉄道施設の損傷及び痕跡の状態

同社によると、本重大インシデント発生後、列車を回送する前に実施した軌道上の痕跡確認作業において、本件エンジンの機関潤滑油等が飛散したものと考えられる痕跡を、89k998m付近から88k064m付近で確認したとのことである。

同社から提出された写真データにより漏油等の痕跡を確認したところ、89k998m付近～89k900m付近の区間では、痕跡は写真では確認が困難なほど少量であるが、89k900m付近から漏油の量は次第に増加し、89k464m付近～89k459m付近の区間では、軌間中心位置付近のバラスト上の漏油等の痕跡がその前後の区間に比べて顕著である。また、89k232m付近～88k163m付近には、漏油等の痕跡はほとんど確認できないほど少量であったが、痕跡が再度顕著になったのは88k085m付近～88k064m付近である。



図4 軌道上の漏油の痕跡

2.3.2 車両の損傷及び痕跡の状態

(1) 車体等の損傷

本件車両においては、床下の点検灯の溶損、車体右側の鋼板を含めA列過給機断熱材や様々なケーブル類が焼損した。また、本件エンジンの損傷部分から車体の両側面に飛散したと思われる‘燃料、機関潤滑油、不凍性防食剤を含んだ機関冷却水’（以下「黒色の可燃性液体」という。）によって、車体側面の表面塗装が焼損した。焼損は、車体の塗装の一部において1層目（表面塗装）で発生しており、2層目及び3層目の塗装までは及んでいない状態であった。黒色の可燃性液体は、本件エンジンの損傷部分付近から上向き約15度の角度で後方に向かって飛散しており、本件車両の両側面上に付着し、車体側面の窓枠の下部にはそれらが付着し垂れた痕跡が残されていた。

なお、本件エンジンのA列シリンダーブロックNo.4の直上に当たる車内位置は、座席番号11C及び11D付近であるが、この位置を含め、本件車両の車内には焼損や変形（開口などを含む）はなかった。

本件車両以外では、前方の1～3両目の車両の側面には、無色であること

からコンバータ油のものと考えられる油膜があったが、黒色の可燃性液体が飛散した痕跡は認められなかった。また、後方の4～8両目の車両の側面には、本件車両と同様に、黒色の可燃性液体が側面全体に付着していたが、付着していた量は本件車両から遠ざかるほど少なかった。5両目及び6両目では、本件車両と同様に窓枠の下部から黒色の可燃性液体が垂れた痕跡があった。

(付図4 本件車両及び5両目車両の左側面の状況 参照)

(2) エンジン本体の損傷

本件エンジンの外観上の異常として、A列シリンダーブロックNo. 4の上部点検蓋付近に約100mm×約95mmの開口と漏油が認められた。また、本件エンジンの主な損傷は表5のとおりである。

表5 本件エンジンの損傷状態

損傷部位	損傷状態
カム軸	屈曲 (B列抜けず)
ピストン	割損 (A列、B列の各No. 4) 弁スタンプ痕 (全ピストンの排気弁及び吸気弁)
ピストンピン	欠損 (B列のNo. 4) 焼き付き (A列のNo. 4)
連接棒	破損脱落 (A列、B列の各No. 4)
連接棒メタル	焼き付き破損 (A列、B列の各No. 4)、焼け (A列のNo. 2, 3, 5、B列のNo. 1, 2, 5)
クランクシャフト	曲がり大 No. 4ピン部破損、No. 2, 5ピン部焼け No. 4バランスウエイト打痕及び摩耗
シリンダーライナー	B列No. 4割損、A列No. 4下部欠損及打痕
吸排気弁	屈曲 (A, B列の排気用12本)
プッシュロッド	屈曲 (A, B列の吸排気用24本中4本)
弁隙間	隙間大 (A, B列の吸排気用24箇所中12箇所)
燃料噴射ノズル	A列No. 2噴射せず

(付図5 本件エンジンの損傷状態 参照)

(3) 燃料制御関係機器の損傷

調速機のSBが折損した。折損は、ガイドアームに圧入されているピン(材質はSCM435、直径約6mm)の付け根部分で発生し、その破断面の円周上の相対する2方向(X方向側及び-X方向側)の両側には、X方向側及び-X方向側を起点とするラチェットマーク^{*14}と呼ばれる亀裂が肉眼でも複数確認された。折損箇所及び力が作用した方向を付図6に、破断面の光学顕微鏡写真及び‘走査型電子顕微鏡’(以下「SEM」という。)写真を付図7に示す。

*14 「ラチェットマーク」とは、疲労破壊の破断面に生ずる特徴の一つであり、繰り返し荷重を受けることにより生ずる半月状の貝殻模様(ビーチマーク)などととも観察される。段差模様とも呼ばれる。

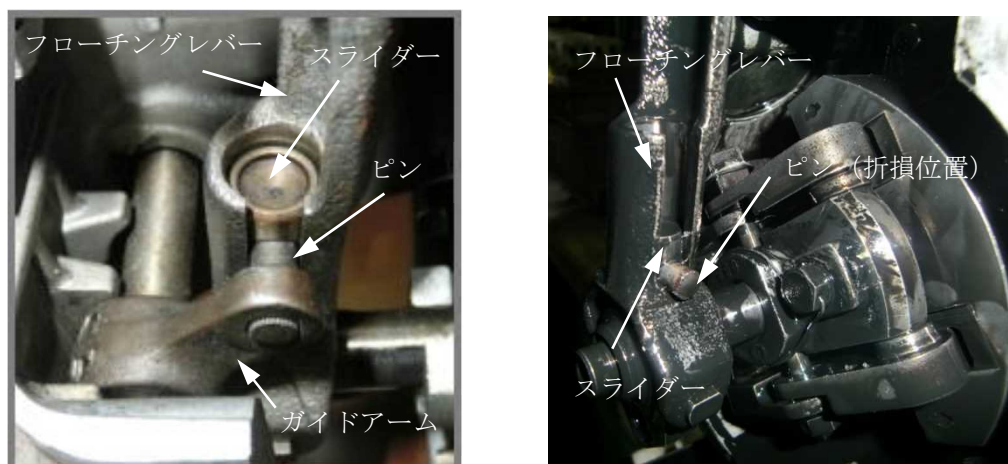


図5 SBのフローチングレバーへの取付け状態（左：正常時、右：折損後）
 （付図6 SBの折損箇所及び力が作用した方向、付図7 SBの破断面の写真参照）

(4) エンジン関連部品の消失

本重大インシデント発生後、本件エンジンの調査を行ったところ、調速機の停止ボルト及びナット、並びに機関潤滑油給油口の止め金具が、所定の位置に取り付けられていなかった。そのため同社は、平成25年7月10日に、函館線の線路上を捜索したが、これらの部品を発見するには至らなかった。また、本件エンジンのシリンダーブロックの破片の一部が軌道上で発見されたが、発見位置の正確なキロ程は不明とのことであった。

なお、本件エンジンの調速機の^{きょうたい}筐体には、停止ボルトが取り付けられていたと考えられる痕跡があったが、本重大インシデント後に行われた調査の際には、停止ボルトは取り付けられていなかった。また、調速機の筐体に開けられた長さ約16mmの停止ボルト用ネジ穴に、停止ボルトの切断片はなかった。同社によると、停止ボルトはネジの長さ（首下）が33mmであり、調速機の筐体を通してネジ穴の下部でナット止めしているとのことであった。



図6 停止ボルトの取付け状態

(5) 機関火災検知回路の損傷

本件エンジンの周辺（上部）に設けられた2系統の温度ヒューズ（Th S）及び配線の対地絶縁及び導通状態を、本重大インシデント発生後に調査した結果は表6のとおりである。表6によると、ヒューズホルダーが焼損した温度ヒューズ2（Th S 2-1、2）の導通状態は $\infty \Omega$ であり、温度ヒューズ2はそれぞれ溶断していた。対地絶縁に異常があった配線は、63b1線、63b7線、63b8線、63b14線の4本でいずれも0M Ω であり、対地絶縁に異常があった温度ヒューズはTh S 1-2のみで、絶縁抵抗値は0.1M Ω であった。なお、ヒューズホルダー間の配線は、鉄製の電線管（鋼管）内に収められており、電線の連続使用温度は110 $^{\circ}\text{C}$ である。また、ヒューズホルダーの材質は樹脂製であり不燃性である。

表6 機関火災検知回路の対地絶縁測定及び導通検査結果

	線番号、機器番号	対地絶縁 (M Ω)	配線導通 (Ω)
電源正極（共通）	63a	100	0.3
1系統回路	Th S 1-1	100	0.1
	63b1	0	0.2
	Th S 2-1	100	∞
	63b2	100	0.1
	Th S 3-1	100	0.2
	63b3	100	0.1
	Th S 4-1	100	0.2
	63b4	100	0.1
	Th S 5-1	100	0.1
	63b5	100	0.1
	Th S 6-1	100	0.1
	63b6	100	0.1
	Th S 7-1	100	0.1
	電源負極（1系統）	63b7	0
2系統回路	Th S 1-2	0.1	0.1
	63b8	0	0.2
	Th S 2-2	100	∞
	63b9	100	0.1
	Th S 3-2	100	0.2
	63b10	100	0.1
	Th S 4-2	100	0.2
	63b11	100	0.1
	Th S 5-2	100	0.1
	63b12	100	0.1
	Th S 6-2	100	0.1
	63b13	100	0.1
	Th S 7-2	100	0.1
電源負極（2系統）	63b14	0	0.4

(付図8 温度ヒューズ（Th S）の取付け位置と火災検知回路 参照)

(6) 本件エンジン及び本件車両の変速機で使用されている可燃性液体の残存状態
同社によると、燃料、機関冷却水、機関潤滑油、コンバータ油の状態は、以下のとおりであった。

本件エンジンの燃料は、軽油であり、燃料タンクの容量は約900ℓであるが、本重大インシデント発生後の調査では、残量は約700ℓであった。同社によると、本重大インシデント当日、函館運輸所出区前に約500ℓの給油を行い、当日は約549km 走行したとのことである。なお、同社の工場で行われた分析では、燃料に水分の混入はなく、異常はなかった。

本件エンジンの機関冷却水は、循環経路中の全容量が330ℓであるが、本重大インシデント発生後の調査では、残量は約45ℓであった。ただし、機関冷却水には機関潤滑油が混入しており、その混入量は不明のため、機関冷却水の正確な残量は不明とのことである。

本件エンジンの潤滑油の給油量は、通常145ℓであり、本重大インシデント発生後の調査では、残量は約87ℓであった。機関潤滑油には機関冷却水が混入しており、その混入量は不明のため、機関潤滑油の正確な残量は不明とのことである。

コンバータ油は、循環経路中の全容量が約120ℓであり、本重大インシデント発生後の調査では、残量は約87ℓであった。同社によると、本重大インシデント発生後に苗穂駅まで回送した際に、推進軸が輪軸側から回されたことから、コンバータ油が攪拌^{かくはん}されて温度が上昇し、圧力が上昇したため、圧力を逃がすために設けられたブリーザから漏れたとのことであった。

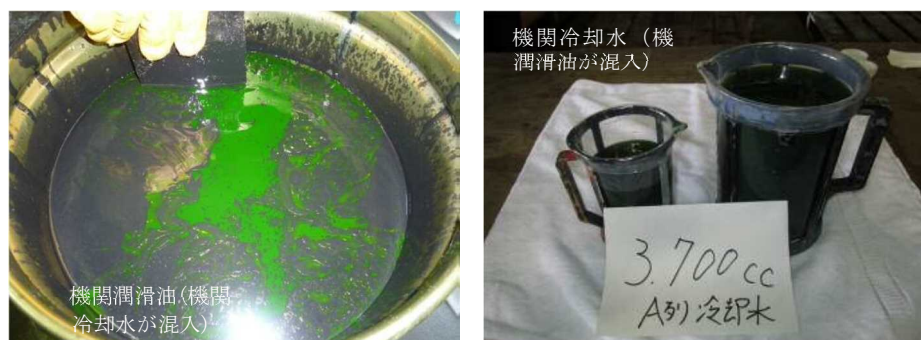


図7 本件エンジンの循環経路中に残留していた機関潤滑油及び機関冷却水

2.4 エンジンの保守及び運用に関する情報

2.4.1 同形式エンジンの本重大インシデント発生以前の定期検査の種類と検査内容

全般検査：動力発生装置の検査対象として、燃料制御装置、調速機は規定されているものの、検査内容はこれら機器の損傷の有無と漏油の状態及び機能の確認と定められている。

要部検査：全般検査と同様に、動力発生装置の検査対象として、燃料制御装置、調速機は規定されているものの、検査内容はこれら機器の損傷の有無と漏油の状態及び機能の確認と定められている。

交番検査：動力発生装置の検査対象として、燃料制御装置はあるものの、調速機は指定がなく、検査内容は、燃料制御装置の取付け状態及び漏油の状態の確認と定められている。

仕業検査：動力発生装置の検査対象として、燃料制御装置はなく、調速機について

具体的な検査内容は定められていない。

2.4.2 徒動^{とどう}及びしゃくりに対する認識と対策

同社によると、国鉄時代に工場では、過去に発生した183系特急気動車の車体異常振動が、搭載されている類似のエンジン（DML30HS1）のハンチング現象^{*15}によって引き起こされていることが判明したため、油圧回路に直径2mmの絞り^{*16}を入れる等の機関ハンチング防止対策を取っていた。しかし、本件エンジンと同形式のエンジン（DML30HZ）で発生している徒動^{*17}については、ベンチ試験で同様の現象が発生しないことから、本重大インシデントが発生するまで把握しておらず、保守上の対策を取っていなかったとのことである。また、しゃくり^{*18}については、183系（500番代）の新製時（昭和61年、国鉄時代）からエンジンを保守しているベテラン社員によると「昔から発生している」が、時期については不明とのことであった。一方、現場においても、徒動及びしゃくりが発生していたことは知っていたが、問題であるという認識はなく、発生時期は不明とのことであった。

本社車両部検修課及び同計画課には、本重大インシデントが発生するまで、徒動及びしゃくりを把握した時期の記録はなく、工場や運輸所からそれらに関する連絡があったか否かについても、本社車両部の社員には記憶がないとのことであった。

2.4.3 同形式エンジンの過去の故障履歴と保守方法の変遷

(2.9.1 本重大インシデントの直近に発生したSB折損に関する情報 参照)

同社によると、183系特急気動車に搭載されているエンジン（DML30HZ形）の燃料制御機構には、過去に様々な故障の履歴があり、その都度、部品の改良や検査周期の変更などを行ってきたとのことである。故障の履歴及び保守方法の変遷を表7に示す。表7によると、SBの折損は平成6年10月から発生していたが、その後、テコ（甲）やスピードツナギレバーボルトなど、SB以外の部品にも折損が発生していた。しかし、テコ（甲）やスピードツナギレバーボルトの折損が発生したあとに、それらの応力測定を行った実績及び記録はなく、担当者の記憶もなかった

*15 ここでいう「ハンチング現象」とは、エンジンがアイドル運転時などに、回転数が上がったたり下がったりする現象をいう。

*16 ここでいう「絞り」とは、流体の急激な圧力変動を避けるために流量を制限するものをいう。流体の機器への出入り口等に設けられる。

*17 ここでいう「徒動」とは、マスコンを操作する際に、特定のノッチ変化の場合に油圧サーボモータのピストンが振動し、その後所定のノッチ状態に移行する現象で、この振動現象を同社では徒動と呼んでいる。

*18 ここでいう「しゃくり」とは、マスコンを操作する際に、特定のノッチ変化の場合に油圧サーボモータのピストンが燃料噴射量を減ずる方向に瞬時変位し、その後所定のノッチ状態に移行する現象で、この瞬時変位を同社ではしゃくりと呼んでいる。

とのことであった。

同社は、上述した故障の対策として、従前は設定がなかったSBの取替周期（走行キロ）を50万キロに設定し、次に25万キロに短縮した。さらに平成25年4月には、SBの一斉取替を実施した。平成14年7月から平成24年9月までの間にSBの折損は発生していないが、テコ（甲）やスピードツナギレバーボルト折損が発生しており、対策として、テコ（甲）を強化タイプに変更し、スピードツナギレバーの取替周期も短縮している。同社によると、平成25年以前の保守方法の変更に関する文書及び資料は確認できなかったことから、変更に関する検討内容は不明であるが、当該部品を整備する作業者は専属の数人であり、それらの者が口頭だけの打合せによって実施していた可能性があるとのことである。

表7 DML30HZの燃料制御機構の故障履歴及び保守方法の変遷

年月	故障、不具合		対策、保守方法の変更等
	発生時の状況	原因、その他不良部品	
昭和63年3月		スピードツナギレバー	ターンバックルをダンパー式にする強化対策
平成元～5年			ターンバックルからダンパを撤去
平成6年10月	定期検査入場車両で発見	SB折損	SBの取替周期を50万キロに設定
平成9年10月	機関が過回転となり、機関メタル焼け	SB折損	
平成14年7月	機関が過回転となり、機関シリンダーブロック損傷	SB折損	
平成19年12月		テコ(甲)折損	テコ(甲)に強化対策
平成21年7月			スピードツナギレバーの取替周期を機関解体時に設定
平成24年9月	機関が過回転となり、機関シリンダーブロック損傷	SB折損	SBの取替周期を50万キロから25万キロに変更
平成25年4月	機関が過回転となり、機関シリンダーブロック損傷	SB折損	SB一斉取替
平成25年7月	機関が過回転となり、機関シリンダーブロック損傷	SB折損	

2.4.4 同形式エンジンを搭載した車両の本重大インシデント発生前後の取扱い

同社は、平成25年4月8日に発生したSB折損以降、以下のような検修対策及び車両運用に関する処置を講じた。

平成25年4月9日に、本社車両部検修課長から関連部署に対し指導文書を発出し、同4月8日以降、出区前までに183系気動車全車両のエンジン周りの緊急点検を実施し、結果を報告するよう要請した。点検の結果、異常は発見されなかった。

平成25年4月12日に、本社運輸部運用課長及び車両部検修課長連名で、関連部署に対し指導文書を発出し、同4月13日の始発以降、別途指示がある（対策が完了する）まで、183系車両で組成される特急「北斗」及び「サロベツ」において、暫定的な取扱い（運転士に対しては、「機」表示灯の消灯を認めた場合には直ちに安全な場所に停止して車側灯の点灯状態を確認し、指令に報告すること、検修社員に対しては、対象列車の出区前及び札幌駅・函館駅折り返し時に、エンジンの回転状態・異音の有無などを確認すること）を実施するよう要請した。

平成25年4月16日に、本社車両部検修課長から関連部署に対し指導文書を発出し、同4月16日から4月30日までの間に、183系気動車の機関燃料制御装置不具合暫定対策を実施するよう要請した。工場及び運転現場は、対象車両であ

る183系気動車36両のSBを一斉に取替え、取り外したSBの浸透探傷を実施したが、異常は発見されなかった。

平成25年5月10日に、本社運輸部運用課長及び車両部検修課長連名で、関連部署に対し、指導文書を発出し、同4月25日に運輸部運用課長及び車両部検修課長連名で関連部署に発出された指導文書において、183系気動車における暫定的な取扱いの終了を周知したが、同5月11日始発から別途指示があるまで継続するよう改めて要請した。

なお、同社によると本重大インシデント発生後、平成25年7月6日に、本社車両部検修課の担当者から183系車両で組成される特急を運用している関係職場に対し、183系気動車の運用停止措置の周知を行ったとのことである。

2.5 乗務員等に関する情報

(1) 本件運転士 男性 27歳

甲種内燃車運転免許

平成21年12月16日

(2) 本件車掌 男性 23歳

2.6 運転取扱いに関する情報

2.6.1 異常発生時の取扱い

同社の異常時運転取扱手順書（動力車乗務員編）によれば、異常時の心構えとして、「1. 列車の運行に危険を及ぼす恐れがあると判断したときは、直ちに列車を停止させる手配を取らなければならない。この場合、隣接線に支障の恐れのあるときは、すみやかに列車防護を行わなければならない。」と定められている。

また、2.4.4 に記述したように、平成25年5月10日に本社運輸部運用課長及び車両部検修課長連名で、関連部署に対し発出した指導文書において、運転士の取扱いとして、「(1) 運転中、「機」表示灯の消灯を認めた場合、直ちに安全な場所に停止する。」との暫定的な取扱いが示されていた。

2.6.2 火災発生時の基本的な取扱い（乗客の避難誘導を含む）

同社のトンネル内における列車火災時の処置手順の第1章「列車火災時の基本的な取扱い方」（抜粋）においては、以下のように定められている。

(1) 火災の判断

火災を認めた場合はもちろん、車内に煙が発生し危険と判断した場合も火災時の取扱いとし、行動すること。

(2) 火災を発見又は通報を受けた場合

運転士、車掌、客室乗務員が火災を発見、又はお客様からの通報を受けた

場合は、相互に連絡をとり、初期の段階で消火することが最も有効である。

(3) (略)

(4) 走行中の列車内での避難、誘導

ア 車掌は火災が発生した場合、お客様の安全を最優先し、火元からお客様を避難させる。

イ 火災車両から他の車両へお客様を避難させるときは、前位の車両に誘導するか、やむをえず、火災車両の後位に誘導するときは、2両目以降にするなど、可能な限り離れた車両に誘導すること。

(5) (略)

(6) 停車後の列車外への避難、誘導

ア 現地の乗務員がお客様の生命身体への危険性があると判断した場合は、列車外への避難誘導を実行する。この場合、連絡を受けた指令は乗務員の判断を優先し、避難誘導への支援を実施する。

イ 運転士は避難誘導に先立ち、列車防護及び転動防止手配を行う。

ウ 車掌は車内放送等でお客様に避難方法等を案内、周知する。

2.7 気象に関する情報

本重大インシデント発生当時の気象状況は、気象庁の記録によれば、天候は曇り、気温は23.3℃であった。

2.8 本件車両及び本件エンジンの調査結果に関する情報

2.8.1 燃料制御機構各部の調整状態及び動作状態

同社は、本件エンジンと同形式かつ同様の保守を行っているエンジンであるDML 30HZ-30022番機を使用したベンチ試験により、燃料制御装置の挙動、Cレバー及びCラックなど稼働部分のストローク、SBのピンに掛かる荷重等について調査を行った。結果は以下のとおりである。

(1) 燃料制御装置の挙動

- ① マスコンでノッチを変化させた場合、1Nと2N間のノッチ変化及び3Nと4N間のノッチ変化の際にしゃくりが発生し、しゃくりの程度は、1Nと2N間のノッチ変化の場合の方が3Nと4N間のノッチ変化の場合より大きかった。
- ② マスコンでノッチを変化させた場合、1Nと2N間のノッチ変化及び3Nと4N間のノッチ変化の際に徒動が発生した。
- ③ 同社によると、しゃくり及び徒動の程度は、エンジン始動直後や潤滑油が新しい場合には小さいとのことである。

- ④ しゃくり及び徒動が発生した場合も、油圧サーボモータのピストンストロークが燃料噴射量0位置以下にならないかぎり、Cレバーのストロークが燃料噴射量を減ずる方向に過剰に変位することはない。

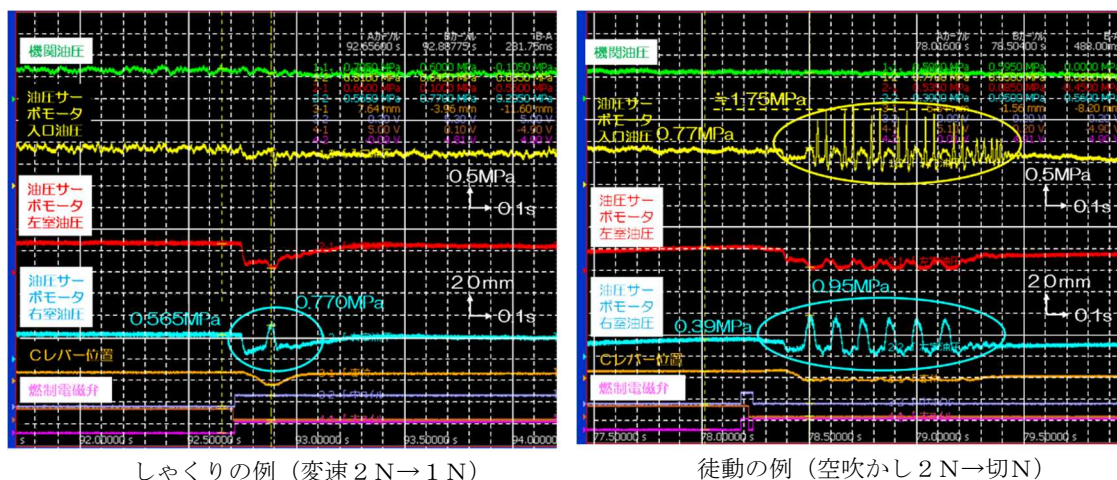
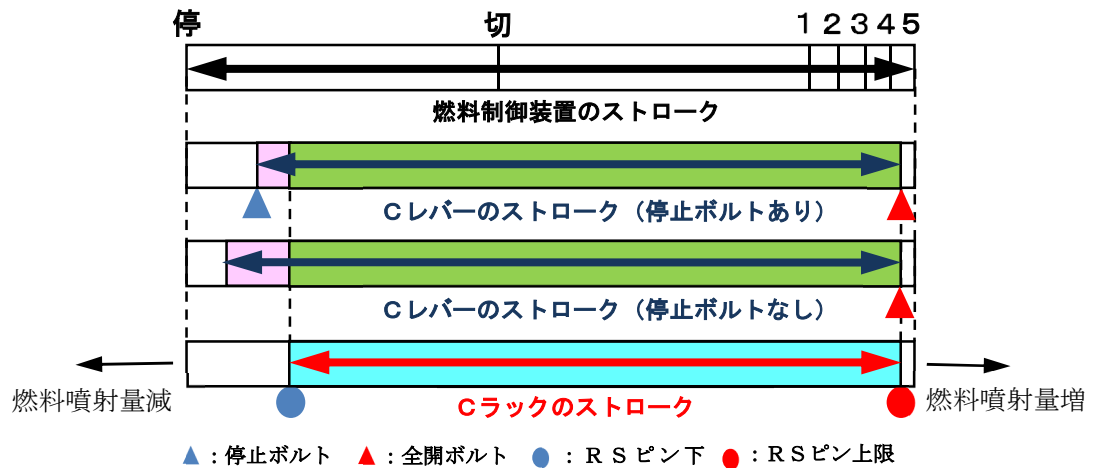


図8 徒動及びしゃくりが発生した際の油圧サーボモータ及びCレバーの状態
(2) Cレバー及びCラックのストローク

- ① 燃料制御装置のストロークは、Cレバーのストロークの上限位置（全開ボルトの位置）より燃料噴射量が多い位置から、Cレバーのストロークの下限位置（停止ボルトの位置）より燃料噴射量が少ない位置までであった。
- ② 停止ボルトがない場合、Cレバーのストロークの下限位置は①の場合よりも燃料噴射量が少ない位置であった。
- ③ Cラックのストロークは、Cラックに設けられたスリットの両端にRSピンが当たる範囲である。そして、その上限位置はCレバーのストロークの上限位置に等しく、また、その下限位置はCレバーが停止ボルトに当たる位置よりも燃料噴射量が多い位置であった。Cレバーのストロークの上限位置は①の場合と変わらない。
- ④ マスコンを、切Nから5Nまでノッチアップした場合、1N→2N間のノッチ変化の際に、また、5Nから停止Nまでノッチダウンした場合、2N→1N、1N→切N、まれに4N→3Nの各ノッチ変化の際に、Cレバーは、燃料噴射量を減らす方向に瞬時変位し、その後に所定のノッチ状態に移行した。そして、Cレバーが瞬時変位した際の下限位置は、停止ボルトがある場合には、ほぼ停止ボルト位置であり、停止ボルトがない場合には、停止ボルト位置よりも燃料噴射量が少ない位置であった。



※ 本図は概念図であり、正確なノッチ位置等を記述したものではない。
 図9 燃料制御機構の各構成機器のストロークの状態

(3) SBのピンに負荷される荷重

マスコンを、切Nから5Nまでノッチアップした場合、1N→2Nのノッチ変化の際に、また、5Nから停止Nまでノッチダウンした場合、4N→3N、2N→1N、1N→切N、切N→停止Nの各ノッチ変化の際に、SBのピンのX方向及び-X方向に曲げ荷重が瞬時負荷され、その後曲げ荷重は消滅した。そして、図10に示すとおり瞬時負荷された曲げ荷重は、停止ボルトがある場合には、メーカーの想定最大荷重である12kgf^{*19}(約118N)とほぼ同等の値(13kgf(約127N))であったが、停止ボルトがない場合には、36kgf(約353N)と想定最大荷重の約3倍の値であった。

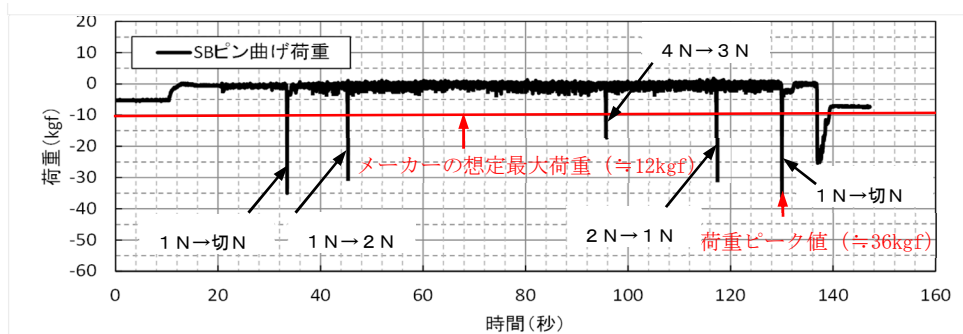
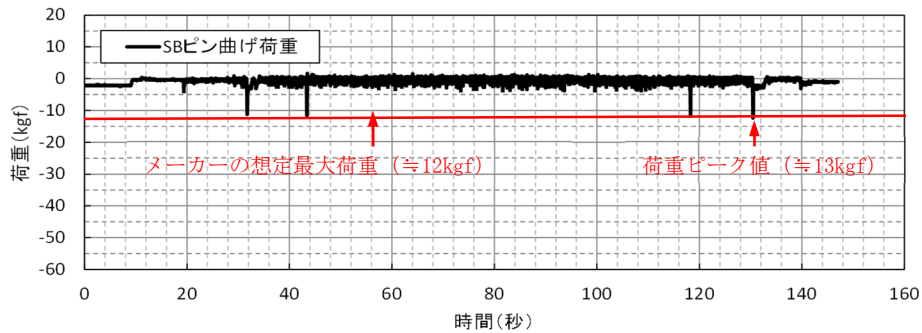


図10 SBのピンに負荷される荷重 (上: 停止ボルトあり、下: 停止ボルトなし)

^{*19} 最大想定荷重は仕様書に kgf と記載されているために kgf と表記した。以下同様。(換算式: 1kgf=9.80665N)

2.8.2 S Bの硬さ及び金属組織の状態

本重大インシデント発生後、同社は外部の学識経験者及び第三者機関を交えた対策会議を設置し、本件エンジンの調速機に取り付けられていたS B（以下「本件S B」という。）について、ピンの亀裂の起点部（2か所）及びピンの軸中心部のビッカース硬さ及び金属組織の状態を調査したとのことであり、調査の結果、亀裂の起点部（2か所）において硬さが低下していたが、金属組織は一様であり、製造時の熱影響に伴う組織の異常は認められないことが明らかになったとのことであった。

2.8.3 再現試験結果

同社は、本件エンジンが損傷した時と類似の状態（停止ボルトなし）をキハ182-2562号に設定し、試験パターンをP L C^{*20}に組み込み、変速機は中立の状態です B折損の再現試験を実施した。再現試験においても、徒動及びしゃくりは発生していた。試験の結果、換算走行距離が約4.8万 km に達した時に、S Bのピン折損が発生した。その際のピンの破断面の状態は図11に示すとおりであり、本件S Bのピンの状態と、起点の位置及び亀裂の進展方向が同様であった。



図11 破断面の状態

2.9 その他の情報

2.9.1 本重大インシデントの直近に発生したS B折損に関する情報

本重大インシデントを含めた直近のS B折損に関する情報を表8に示す。表8に示した3件は、破断箇所や破面の様相等がほぼ同様な内容である。ただし、S Bの交換から折損が発生するまでの走行キロは、直近2回の場合は20万キロ以上であったが、本件の場合には平成25年4月16日に実施した一斉取替えの後、51,564 km

*20 「P L C」とは、Programmable Logic Controller の略で、予め決められた制御手順をマイクロコンピュータ等を使用して実現するものであり、従来のリレー回路を代替することが可能である。ソフトウェアは、一般的にラダーチャートによって記述され、リレー回路と比較して制御内容の変更が容易などの利点がある。

であり、約1/4であった。

表8 本件エンジン同形式のエンジンで過去（直近）に発生したS B折損

発生年月日	車 両	火災・発煙の発生	機関の損傷状態	S Bの交換から折損までの走行	S B破断の状態		
					破断箇所	破面の様相	荷重の負荷方向
平成24年9月18日	キハ182-2559号	床下から発煙	過速によるシリンダーブロック破損	213,979km	ガイドアームとピンのはめ合い部で折損	ストライエーションの存在（疲労破断）	燃料増減時に荷重が負荷される方向
平成25年4月8日	キハ182-2560号	床下から発煙	過速によるシリンダーブロック破損	209,589km	ガイドアームとピンのはめ合い部で折損	ストライエーションの存在（疲労破断）	燃料増減時に荷重が負荷される方向
平成25年7月6日	キハ182-2557号	床下から発煙し、機関上部から出火	過速によるシリンダーブロック破損	51,564km	ガイドアームとピンのはめ合い部で折損	ストライエーションの存在（疲労破断）	燃料増減時に荷重が負荷される方向

2.9.2 本件エンジン及び変速機で使用されている可燃性液体に関する情報

同社によると、本件エンジン及び変速機で使用されている可燃性液体の引火点及び発火点温度は表9のとおりである。

表9 本件エンジン等で使用されている可燃性液体の引火点及び発火点

名 称	引火点	発火点	記 事
不凍性防食剤	122℃	—	エチレングリコール（含有量：約90%）
機関潤滑油	232℃	375℃	メーカーの試験又は確認結果による
コンバータ油	175℃	360℃	メーカーの試験又は確認結果による
燃料（軽油）	50℃	250℃	メーカーの試験又は確認結果による

2.9.3 エンジン周辺機器の表面温度に関する情報

同社によると、本件エンジンの性能試験において、エンジンの全負荷試験（800rpm～2000rpm）を行った際の排気温度は、約410℃～495℃であった。また、類似のエンジンであるDMF15HSA（6気筒、連続定格出力220PS）の全負荷試験を行った際のエンジン周辺機器の温度測定によると、排気マニホールド*21の表面温度は、約373℃であったとのことである。

2.9.4 車体の塗装に関する情報

同社によると、本件列車の車両の車体の塗装は3層塗りであり、焼損が発生したのは表面塗装のみであった。使用されている塗料は、鉄道車両用材料燃焼試験によって、不燃性と判定されているものである。

2.9.5 本重大インシデント発生後の回送列車に関する情報

同社によると、本件列車は八雲駅まで運転されたあと、札幌駅まで運転されて、最終的に苗穂駅（苗穂工場）に入場したとのことである。また、八雲駅から札幌駅

*21 「排気マニホールド」とは、エンジンの各シリンダーから排出される高温の排気ガスを一つにまとめて排気管に送る機器をいう。

までの約238kmは、進行方向が本件列車と逆であり、回送行路中の最高速度は120km/h程度とのことであったが、列車回送時に通常実施する油抜きなどの処置を行わずに回送したため、コンバータ油がブリーザから漏れたとのことであった。

3 分析

本重大インシデントは、本件S Bが折損して本件エンジンが過回転状態になったために発生したと考えられることから、S Bのピンに過大な荷重が負荷されることが要因であると考えられる、徒動及びしゃくりの影響及び油圧サーボモータピストンの過大なストロークの影響並びに停止ボルトがなかった影響等について以下に分析する。また、本件S Bの折損によって本件エンジンが過回転状態となり、エンジンの損傷を経て車体の焼損に至るまでの状況の推移についても分析する。(図10、図12 参照)

3.1 本重大インシデントの発生状況に関する分析

3.1.1 発生場所

本重大インシデントの発生を、本件エンジンのシリンダーブロックに穴が開いた時点と仮定した場合、2.3.1に記述したように、軌道上の89k998m付近から漏油等の痕跡が確認されていることから、本重大インシデントの発生場所は、列車の先頭位置が89k926m付近（そのときの本件エンジンの位置が89k998m付近であり、列車の先頭位置は、その約72m前方である。）であったものと考えられる。

3.1.2 発生時刻

本重大インシデントの発生時刻は、3.1.1に記述したように、軌道上に潤滑油等の痕跡が始まった89k998m付近（長万部駅から22k490m走行した位置で、本件エンジンは、本件列車先頭部から約72m後方に位置する。）を本件エンジンが通過した時刻であると考えられる。表1に示したように、15時41分03秒ごろ本件列車の長万部駅からの走行距離は22k489mであることから、発生時刻は15時41分03秒ごろであったと推定される。

3.1.3 本件列車の停止位置

2.1.2に記述したように、本件列車先頭部の停止位置は同社の調査によると、87k993m付近とのことである。また、2.3.1に記述したように、軌道上の

88k065m付近には機関潤滑油等が大量に飛散した痕跡があり、その位置は、本件列車が停車中に本件エンジンのシリンダーブロックNo.4があった位置付近であることから、本件列車先頭部の停止位置は、87k993mであったと推定される。

3.2 SBの折損に関する分析

3.2.1 SBの破断面

2.3.2(3)に記述したように、調速機のSBの破断面にはピンのX方向側及び-X方向側を起点とするラチェットマークと呼ばれる段差模様が複数あり、ラチェットマークは、瞬間的な過大な応力によって生じる亀裂であることから、SBのピンはX方向及び-X方向から、瞬間的に過大な荷重を受けていたものと考えられる。

また、付図7に示したように、繰り返し荷重による疲労破壊の特徴であるストライエーションと呼ばれる縞状模様が、ピンのX方向側（赤色枠内）及び-X方向側（青色枠内）の内部に、延性破壊の最終破断部の特徴であるディンプルと呼ばれるえくぼ状模様が（黄色枠内に）認められることから、ピンの破断はX方向及び-X方向から進展し、ディンプルが認められる部分で最終的に破断したものと考えられる。

ここでX方向及び-X方向は、燃料噴射量を増減する際にSBのガイドアームが動作する方向と同一であることから、燃料噴射量を制御する過程において、SBのピン破断部に曲げ荷重が繰り返し負荷されていたものと考えられる。

3.2.2 しゃくり及び徒動等が発生した際の稼働部分のストロークの影響

2.8.1(1)に記述したように、本件エンジンの形式であるDML30HZ形の燃料制御装置油圧サーボモータにおいて、特定のノッチ変化の際に発生する、燃料噴射量を一瞬大きく減少させるしゃくりや、燃料噴射量を大きく増減振動させる徒動が発生している。また、エンジンを停止する際にも燃料噴射量を大きく減少させている。

2.8.1(2)に記述したように、燃料制御装置は、しゃくりや徒動が発生した場合は瞬時、停止ノッチを扱った場合は継続して、燃料噴射量を大きく減少させることから、燃料制御装置とリンク装置を介して接続されているCレバーは停止ボルト位置方向に、また、CラックはRSピン下限位置方向にそれぞれ瞬時移動する。しかし、停止ボルトの位置は、RSピン下限位置よりも燃料噴射量が相対的に少ない位置になっていることから、CラックがRSピン下限位置に到達し、それ以上移動できない状態であるにもかかわらず、Cレバーには同レバーを停止ボルト位置方向に更に移動させる力が加わるため、CレバーとCラックの間にあるSBのガイドアームとそこにはめ込まれているピンの間に曲げ荷重が負荷されるようになっていると考えられる。

3.2.3 想定最大荷重と測定された荷重との比較

2.8.1(3)に記述したように、S Bのピンの想定最大荷重が12kgf(約118N)であるのに対し、調査時の測定値は、停止ボルトがある場合に13kgf(約127N)、停止ボルトがない場合に36kgf(約353N)であった。したがって、停止ボルトがない場合に負荷される過大な曲げ荷重に対してはS Bのピンの強度は著しく不十分であり、そのような曲げ荷重が繰り返し加わったために、S Bのピンが短期間で疲労破壊に至ったものと考えられる。

3.2.4 停止ボルトが取り付けられていなかったことによる影響

3.2.2に記述したように、しゃくりや徒動が発生した場合やエンジンを停止する場合には、燃料制御装置は燃料噴射量が極めて少ない位置まで瞬時動作し、Cレバー及びCラックも燃料噴射量を減らす方向に瞬時変位することから、S Bのガイドアームとそこにはめ込まれているピンの間に曲げ荷重が瞬時負荷される。そして、2.8.1(2)④に記述したように、停止ボルトがない場合には、Cレバーのストロークの下限位置は停止ボルトがある場合よりも更に燃料噴射量が少ない位置となるが、Cラックの位置はRSピン下限位置のままであるため、S Bのガイドアームにはめ込まれているピンに負荷される曲げ荷重は増大する(2.8.1(3)に記述したように、この時に想定最大荷重の約3倍の曲げ荷重が負荷されていた。)ものと考えられる。

2.4.4に記述したように、平成25年4月16日に発出された指導文書に従って実施されたS Bの浸透探傷では、折損以前に本件エンジンで使用されていたS Bには異常が発見されていないこと、また、2.8.3に記述したように、本件エンジンを使用していないものの、本件エンジンが損傷した時と類似の条件(停止ボルトが取り付けられていない状態)で行われた再現試験において、本重大インシデント発生の際とほぼ同程度の約4.8万kmでS Bのピンは折損し、その破断面の状態も本件S Bの破断面の状態と起点の位置及び亀裂の進展方向が同様であったことから、停止ボルトが取り付けられていなかったことがS Bのピンの折損に与えた影響は大きかったものと考えられる。

その結果、表8に示したように、交換したS Bが折損に至るまでの走行キロが、本重大インシデント以前に発生した場合の20万キロ以上から、本重大インシデントの場合の約5万キロまで短縮された可能性があると考えられる。

3.2.5 S Bのピンが折損した時期

S Bのピンが折損した時期については、表2に示したように15時38分45秒ごろ、ノッチオフ時に通常は消磁しない速比大補助リレーが消磁していることから、この直前にS Bのピンが折損したものと考えられる。

3.2.6 本重大インシデントと直近2回のSB折損との比較

2.9.1 に記述したように、SBの折損状態及び破断面の状態は、本重大インシデントの場合と直近2回の場合にはほぼ同様であった。したがって、本件SBのピンの折損原因についても、直近2回の場合といくつかの共通点があるか、又は同一である可能性が考えられる。

3.3 本件エンジンが損傷に至ったことに関する分析

- (1) SBのピンが折損すると、マスコンのノッチ操作によって動作するCレバーとA列の燃料噴射ポンプのCラックを動作させるフローチングレバーとの間の接続が断たれることから、A列の燃料噴射ポンプのCラックは燃料制御装置から解放された状態となってノッチ指令による燃料制御が不可能になったと推定されること。
- (2) 2.2.2(7)に記述したように、何らかの原因でエンジンの燃料制御ができなくなった場合に、強制的にエンジンを停止させる仕組みが本件エンジンには設けられていないことから、この時点で本件エンジンを停止させることができなかつたものと考えられること。
- (3) Cレバーとフローチングレバーとの間の接続が断たれると、A列及びB列の燃料噴射ポンプのCラックには、同Cラックの先端に取り付けられたL字形のリンク装置が重力によって垂下する際に生ずる連結棒の回転によって、同Cラックを引き出してしまふ力が作用すると考えられる。ただし、本件エンジンと同形式のエンジンには、A列の燃料噴射ポンプのみにラック戻しばねが用いられていたが、上述したL字形のリンク装置が垂下する際に生ずるA列及びB列の燃料噴射ポンプのCラックを引き出す力に打ち勝つことができず同Cラックが引き出されて、エンジンに過大な燃料を供給した結果、エンジン回転数が急激に上昇した可能性があると考えられること。
- (4) SBのピンの折損は、3.2.5 に記述したように15時38分45秒ごろ発生したと考えられ、表2に示したように15時40分01秒ごろに機関冷却水温度が98℃を超えて98℃水温リレーが消磁して、同時に運転台の「機」表示灯が消灯し、機関車側表示灯が点滅を始めていることから、SBのピンが折損したと考えられる15時38分45秒以降、本件エンジンは過回転状態となった可能性があると考えられること。
- (5) 表5に示したように、損傷したエンジンの全てのピストンの上部には、吸気弁及び排気弁による弁スタンプ^{*22}痕が残されていること。

*22 「弁スタンプ」とは、ピストンの上部に吸気弁や排気弁が当たる状態をいう。

上記(1)～(5)より、本件エンジンはS Bのピンの折損以降、燃料制御が不可能な状態となり、過回転状態になっていたものと推定される。その結果、本件エンジンの内部では、弁スタンプが発生して吸気弁及び排気弁並びに接続棒に圧縮荷重が負荷され、軌道上への機関潤滑油等の痕跡が始まった89k998m付近を本件エンジンが通過したと考えられる15時41分03秒の直前に、接続棒の破損及びピストンの割損などが発生し、破損した接続棒がシリンダーブロック上部の点検蓋付近に当たってシリンダーブロックを突き破ったものと推定される。

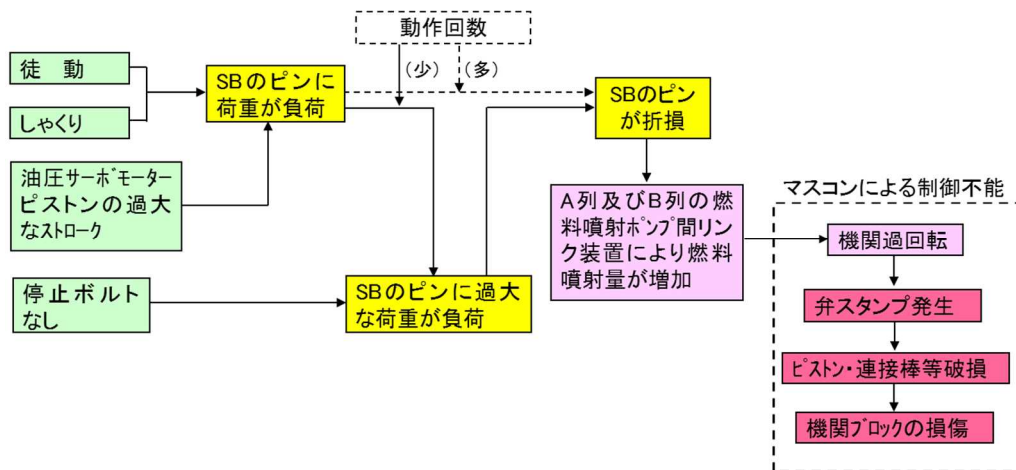


図12 本件S Bが折損してから本件エンジンが損傷に至るまでの分析（概要図）

3.4 本件エンジン等の運転状態に関する分析

表2によると、本件運転士が15時39分05秒ごろにマスコン1N投入（再力行）を行ったにもかかわらず、変速機が投入できなかったことについては、エンジンが過回転状態となっていたことから速比大補助リレーが励磁しなかったためと考えられる。また、15時40分01秒ごろから15時40分27秒ごろまで、直結表示灯指令リレー（MRPLpOR）及び変速表示灯指令リレー（HRPLpOR）が励磁していることについては、直結段の投入に失敗し、かつ機関冷却水温度が15時40分01秒ごろ98℃以上になったために発生したと考えられ、実際には変速段及び直結段のいずれも投入されていない状態であったと考えられる。したがって、エンジンは無負荷状態かつ過回転状態で稼働していたものと考えられる。

本件エンジンの内部において弁スタンプが発生し、吸気弁及び排気弁の屈損及び接続棒の破損等が発生したため、15時41分03秒ごろ破損した接続棒がシリンダーブロックに衝突して穴が開いたものと推定されるが、その後、本件エンジンの内部では、破損した接続棒やピストン及びその他の部品の破片等がクランクシャフトの回転を妨げたため、本件エンジンの回転数は急激に低下した可能性があると考えられる。表2に示すように、速比大補助リレーが15時41分14秒ごろから15時41分17秒

ごろにかけて励磁と消磁を繰り返していることは、本件エンジンの回転数が不安定な状態であり、機関油圧リレーが15時41分19秒ごろに消磁したことは、本件エンジンが停止したことを示唆しているものと考えられる。

3.5 車体の焼損に関する分析

2.1.1(1)に記述したように、本件運転士は、床下で初期消火作業を行っている際に、「エンジンの中の方で10cmか15cmか分からないが炎が上がって、床下に当たっているような感じだった」と口述していることから、本件エンジンの上部付近で黒色の可燃性液体が引火又は発火していた可能性があると考えられる。

本件エンジンで使用されている可燃性液体は、表9に示したような引火点及び発火点等の特性を有し、かつ、12気筒で連続定格出力が660PSである本件エンジンは、2.9.3に記述した排気マニホールドの表面温度が373℃になるDMF15HSA（6気筒、連続定格出力220PS）よりも出力が大きく、本件エンジンの排気マニホールドの表面温度は373℃より高温になっていた可能性が考えられることから、

- (1) 破損した接続棒が、シリンダーブロックに衝突してシリンダーブロックを突き破る際に、衝突によって発生した火花が、開口部から噴出したと考えられる高温状態の黒色の可燃性液体に引火した可能性が考えられる。
- (2) 開口部から噴出した黒色の可燃性液体が、高温状態の排気マニホールド、過給器、排気管等の表面に付着して発火した可能性が考えられる。

なお、4両目以降の車両の車体に焼損が発生したことについては、本件エンジンのシリンダーブロック上部に約100mm×約95mmの穴が開いたと考えられる15時41分03秒ごろ、本件列車は表1に示したとおり約121km/hで走行しており、燃焼して高温状態になっている黒色の可燃性液体が、本件エンジン付近から本件列車の後方まで散布されたためと考えられる。

さらに、本重大インシデントが車両火災等の深刻な事態に至らなかったことについては、2.3.2(1)に記述したように、焼損が車体の表面塗装部分程度にとどまったためであり、それは2.9.4に記述したように使用されている塗料が不燃性であったこと、黒色の可燃性液体が細かく散布されたうえに、列車は表1に示したように高速で走行していたことから走行風があったことが影響した可能性があると考えられる。

燃焼物については、2.3.2(6)に記述したように、燃料タンクには、燃料が約700ℓ残されていたこと、分析の結果、燃料には不純物混入などの異常がなかったことから、大量の燃料が引火又は発火した可能性は低いと考えられるものの、ピストンが割損していることから、ある程度の量の燃料が黒色の可燃性液体に混入して燃焼した可能性は考えられる。機関冷却水に含まれる不凍性防食剤及び機関潤滑油は、2.3.2(6)に記述したように相互に混入しており、その混入量が不明であることから、それぞれの正確

な燃焼量を明らかにすることはできなかった。

また、2.9.5に記述したように、本重大インシデント発生後の回送運転の際、回送列車の進行方向は本件列車とは逆向きになり、約238km走行している（最高速度120km/h程度）こと、2.3.2(1)に記述したように、コンバータ油は1～3両目の車体側面に被膜があったことから、コンバータ油は回送時に漏れた可能性があると考えられる。ただし、回送時には本件エンジンの火災は鎮火されており、コンバータ油に引火又はコンバータ油が発火しなかったものと考えられる。

3.6 異常検知回路に関する分析

3.6.1 機関油圧低下検知について

表2に示したように、15時41分19秒ごろ機関油圧リレーは消磁しており、機関油圧低下検知に異常はなかったものと考えられる。ただし、機関冷却水温度が15時40分01秒ごろ98℃に達したため、15時41分19秒ごろには「機」表示灯は既に滅灯していたものと考えられる。

3.6.2 機関冷却水温度高検知について

表2に示したように、機関冷却水の水温が15時40分01秒ごろ98℃に達した際、機関油圧表示灯指令リレーが消磁し、機関車側表示灯リレーが励磁していることから、機関冷却水温度高検知に異常はなかったものと考えられる。

3.6.3 機関火災検知について

エンジンの周辺上部に設けられた2系統の温度ヒューズのいずれか一方又は双方が切れると、表3に示したように、機関油圧表示灯及び直結表示灯が点滅するように設計されているが、表6に示したように、ヒューズホルダーが焼損した温度ヒューズ2は1系統（ThS2-1）、2系統（ThS2-2）とも溶断（配線導通が $\infty\Omega$ ）していたにもかかわらず、火災を検知していなかった。

このことについては、表6に示したように、温度ヒューズ2の正極側配線である63b1線（1系統側）及び63b8線（2系統側）の対地絶縁が0M Ω であり、かつ温度ヒューズ7の負極側配線である63b7線（1系統側）及び63b14線（2系統側）の対地絶縁が0M Ω であることから、63b1線と63b7線及び63b8線と63b14線は車体を介して短絡状態になったためと推定される。その結果、その後に発生したと考えられる温度ヒューズ2の断線を検知できなかった（火災ブザーは鳴動せず、機関油圧表示灯及び直結表示灯は点滅しなかったものと考えられる。）ことから、本件運転士は本件車掌から連絡があるまで、機関火災の発生を認識できなかったものと考えられる。

本重大インシデントでは、火災検知回路の正極側に近い配線と負極側配線が双方とも焼損し、火災検知回路の火災検出部分である温度ヒューズが車体を介して短絡されたことにより火災検知機能を失った事態である。したがって、本件列車と同様な火災検知回路を有する車両については、火災検知回路で使用している電線及びヒューズホルダー双方の耐熱性能の向上とともに、車両を新製する際には、火災発生時に正極側電線と負極側電線との間の絶縁が低下し難い部品の使用や配線の引回し方法を検討することが望ましい。

3.7 乗務員の運転操作に関する分析

2.1.1(1)に記述したように、本件運転士は、(89k180m)に建植されている山崎駅の場内信号機付近でノッチオフしたときに「機」表示灯の滅灯を確認し、それで若干記憶が定かでないが、ブレーキを入れて止めるか止めないかぐらいの時に非常ブザーが鳴動したために、非常ブレーキを入れて緊急停止したと口述している。しかし、運転状況記録装置の記録(表1)によれば、本件運転士がノッチオフしたのは、15時40分26秒ごろで91k183m付近であり、ブレーキを操作したのは、15時41分41秒ごろで88k705m付近である。したがって、山崎駅の場内信号機付近よりも約2km札幌駅寄りでのノッチオフし、山崎駅の場内信号機付近から475m函館駅寄りでのブレーキを操作していたことになり、「機」表示灯の滅灯を認識してから約1分15秒間、距離にして2km以上ブレーキを操作していなかったことになり、本件運転士の口述は表1の内容とは大きく異なっている。さらに、非常ブレーキも一度扱われているが、その1.2秒後には緩められ、本件列車は常用ブレーキによって停止している。

これらのことから、本件運転士の口述内容には記憶違いがあった可能性があると考えられるが、本件エンジンが損傷した15時41分03秒以前に非常ブザーが鳴動したとは考え難く、2.1.1(1)において本件運転士が口述しているように、ノッチオフした15時40分26秒ごろに「機」表示灯の滅灯を確認してブレーキを操作したとは考えにくい。非常ブザーが鳴動した時期は、記録がないために正確な時刻が不明であるものの、本件エンジンが損傷した時期と噴出した黒色の可燃性液体から発生した白煙が車両内に流入して非常ブザーが扱われた時期には若干の時間差があると考えられることから、非常ブザーの鳴動又は山崎駅の場内信号機付近を通過したタイミングで、本件運転士が「機」表示灯の滅灯に気付き、ブレーキを操作した可能性があると考えられる。

2.6.1に記述したように、平成25年5月10日に発出された文書「183系気動車における暫定的な取扱いについて」において、運転中に「機」表示灯の消灯を認めた場合には直ちに安全な場所に停車する旨指示されていたが、「機」表示灯の滅灯を

認められた時期が非常ブザーの鳴動又は山崎駅の場内信号機付近を通過した頃であったとすれば、ブレーキ操作の開始時期が著しく遅かったわけではないと考えられる。

ただし、本件列車の停止時期が本件エンジンの損傷に与えた影響については、3.3に記述したように、SBのピンが折損した場合、燃料噴射ポンプA列のCラックは解放状態となり、本件エンジンの燃料噴射量をノッチ操作によって制御することができなくなることから、本件列車を早期に停止させても本件エンジンの損傷を阻止することはできなかったと考えられる。

3.8 保守管理に関する分析

3.8.1 本件エンジンの調速機に停止ボルトがなかったことについて

本件エンジンの調速機に停止ボルトがなかったことについては、走行中に停止ボルトが折損した可能性、抜け落ちてしまった可能性、保守作業を行った際に取り付けることを失念した可能性が考えられる。

停止ボルトが走行中に何らかの原因で折損した場合、ボルトの頭部は車両から落下しても、ボルトのネジ部分は落下せずにネジ穴に残っているものと考えられるが、2.3.2(4)に記述したように、事故後の調査において、調速機の筐体に開けられた停止ボルト用ネジ穴に停止ボルトの切断片は残されていなかったことから、停止ボルトが折損した可能性は低いと考えられる。

また、2.3.2(4)に記述したように、停止ボルトは長さ（首下）が約33mmであり、調速機の筐体に開けられた停止ボルト用ネジ穴は長さが約16mmであることから、本件エンジンの調速機の停止ボルトは、ネジ穴の下部から約17mm出た状態でナットにより止められているのが通常であると考えられる。したがって、ナットが停止ボルトから外れ、更に停止ボルトが回転して約33mm抜け上がらない限り停止ボルトは抜けないことになる。また、停止ボルトが所定の位置から抜け上がり始めると、Cレバーは停止ボルトの所定の位置まで動作することができなくなり、ある位置を超えるとエンジンを停止することができなくなるが、本重大インシデントの前日に本件エンジンは問題なく停止している。さらに、前日にエンジンを停止させたときから、本重大インシデントが発生するまでの短時間に、停止ボルトがエンジン停止可能な位置から抜け上がって抜け落ちなければならない。これらのことから、停止ボルトが本重大インシデントの当日に抜け上がって車両から落下した可能性は低いと考えられる。

2.3.2(4)に記述したように、調速機の筐体には、停止ボルトが取り付けられていた痕跡があることから、過去に停止ボルトが取り付けられていた可能性はあると考えられるが、本重大インシデントが発生するまでの間になくなっていったこと、また、2.8.3に記述したように、再現試験において換算走行距離が約4.8万kmでSB

折損が発生しており、2.9.1 に記述したように平成25年4月のSB一斉取替えから本重大インシデント発生までの走行距離である51,564kmに近い値であることから、表7に示した平成25年4月のSB一斉取替の際に停止ボルトの取付けを失念した可能性があると考えられる。

3.8.2 過去に発生したエンジン異常時等の対策について

2.4.3 に記述したように、同形式のエンジンには様々な不具合が過去に発生していたことから、同社は、表7に示したとおりターンバックルやテコ（甲）などの部品の強化や、スピードツナギレバーやSBの取替周期を変更（短縮）するなどの対策を実施してきた。しかし、同社によると183系特急気動車に搭載されているエンジン（DML30HZ）の開発時期が国鉄時代であったことから、設計に関する十分な資料がなく、設計思想や数値の根拠が不明であるとのことであり、対策の策定に際しても、それら部品の応力測定等の調査を行った実績及び記録がなく、担当者の記憶もないとのことから、原因究明のための調査が十分に行われていなかった可能性が考えられる。その結果、的確な対策を講ずるまでには至らず、対策実施後に新たな不具合が他の部品に発生していた可能性が考えられる。

また、平成24年9月にSB折損が発生した後、対策としてSBの取替周期を走行距離50万キロから25万キロに変更しているが、対策の技術的な根拠や安全率の見積りが不明確であり、結果的に本重大インシデントを含む直近3件のSB折損は全て走行距離25万キロ以下で発生していることから、対策として十分ではなかったと考えられる。

さらに、エンジン異常の発生には至っていないものの、2.4.2 に記述したように、同社の本社車両部は、工場及び運転現場から徒動及びしゃくりについて連絡を受けた記録がなく、車両部の社員にも記憶がないとのことであり、本重大インシデントが発生するまでこれらを把握していなかった。また、工場においては、しゃくりは把握されていたが、ベンチ試験では徒動が発生しないことから徒動について把握されておらず、運転現場においては、徒動及びしゃくりの発生情報はあったが、発生時期については不明であるとのことであった。このように、徒動及びしゃくりに関する情報は一部の関係者間のみで共有され、全社的に共有されなかったために、異常の発生状況に対する認識が十分ではなかったと考えられる。

上述したような、過去に発生したエンジンの異常及び異常の兆候に対する不十分な処置が、本重大インシデント発生の背景にあった可能性があると考えられ、その要因として情報共有が不十分なことによるエンジンの異常内容の重大性に関する認識不足が、本社及び工場並びに運転現場にあったことが考えられる。したがって、同社はこれらを改善する仕組みを速やかに策定して実施し、エンジン異常や異常の

兆候が発生した場合には、十分な調査及び分析を行って対策を実施することが、同種の重大インシデントの再発防止にとって重要である。

3.8.3 定期検査におけるSBの異常発見の可能性について

2.4.1 に記述したように、調速機は、本重大インシデントの発生当時の仕業検査及び交番検査において明示的な検査内容になっていなかったうえ、SBのピンの折損位置も在姿状態では確認が難しい位置であり、浸透探傷等による調査が必要であることから、これらの検査の際に異常を発見することは困難であると考えられる。

以上のことから、これらの定期検査に依存するよりも、想定される最大荷重に対し十分余裕を持った設計を行い、改造等が必要になった場合にも、検証を十分にってから実施することが、再発防止にとって重要であると考えられる。

3.9 火災発生時の乗務員の処置に関する分析

2.6.2 に記述したように、同社は、列車火災時の処置手順の第1章「列車火災時の基本的な取扱い方」において、車内に煙が発生し危険と判断した場合には火災時の取扱いとし、具体的な処理手順を定めている。2.1.1(2)に記述したように、乗客から通報を受けた本件車掌は、運転士への連絡、乗客への車内放送、乗客の避難誘導等を行ったと口述している。乗客の避難誘導については、当初、本件車両より前方車両の乗客を1、2両目に、本件車両より後方車両の乗客を6～8両目に誘導しているが、安全のため6両目の乗客を7両目に避難させたと口述しており、前述した列車火災時の基本的な取扱い方に定められた手順に沿った処置であった。

2.1.1(1)に記述したように、本件運転士は、本件車掌から火災の連絡を受け、輸送指令に連絡を行い、列車が停止してから初期消火を開始するまでは5分前後だったと思うと口述している。消火活動についても消火器を2本使用しており、初期消火活動として不足はなかったものと考えられる。列車が停止した時刻は15時42分ごろであり、初期消火及び消防による消火活動で16時06分に火災が鎮火していることから、消火作業に特に問題はなかったと考えられる。

4 結 論

4.1 分析の要約

(1) 調速機のスライジングブロックのピンの折損について

スライジングブロックのピンの折損は、その破断面の状態から、ピンのガイドアームへの圧入端部に燃料噴射量減方向の過大な曲げ荷重が繰り返し負荷

された結果、疲労破壊が生じて発生したものと推定される。

ピンに曲げ荷重が負荷された原因は、燃料制御装置内における「徒動」及び「しゃくり」など好ましくない挙動の発生及び油圧サーボモータピストンのストロークが不適切であったことによるものであると考えられる。特に当該車両のディーゼルエンジンには、コントロールレバーの変位可能な範囲の下限を決定する停止ストッパーボルトが取り付けられていなかったため、メーカーの想定最大荷重の約3倍の過大な曲げ荷重が、スライジングブロックの折損部分に負荷されていたものと考えられる。

スライジングブロックの交換後、比較的短期間でピンの折損に至ったことには、これらのことが大きく関与していたものと推定される。(3.2.1~3.2.4)

(2) エンジン本体の損傷について

スライジングブロックのピンの折損が発生した場合、エンジンA列及びB列の燃料噴射ポンプのコントロールラックはフリーな状態になることから、L字形のリンク装置が重力によって垂下し、同コントロールラックを引き出す(燃料噴射量増方向の)力が作用するが、A列のコントロールラックのラック戻しばねの力のみでは、それを阻止できない構造になっていた(フェールセーフな構造に結果としてなっていなかった)。また、エンジンが過回転状態になった場合に、強制的にエンジンを停止させる仕組みがなかった。

以上のことから、スライジングブロックのピンの折損が発生したあと、エンジンは制御不能な過回転状態となり、エンジン内部で弁スタンプが発生した結果、接続棒及びピストン等は損傷(破損、割損)し、クランクシャフトの回転によって接続棒がシリンダーブロックに衝突して、シリンダーブロックを突き破ったものと推定される。(3.3)

(3) 車体の焼損について

破損した接続棒がシリンダーブロックを突き破った際に、衝突によって発生した火花が、開口部から噴出したと考えられる高温状態の黒色の可燃性液体に引火した可能性が考えられる。また、エンジンのシリンダーブロック上部に約100mm×約95mmの穴が開いたことから、黒色の可燃性液体が開口部から噴出し、高温状態となっている排気マニホールド、過給器、排気管等の表面に付着して発火した可能性も考えられる。

さらに、列車は高速で走行していたことから、列車の後方に向かってそれら(燃焼している黒色の可燃性液体)が飛散し、後方車両の車体側面に付着したため、表面塗装が焼損したものと考えられる。(3.5)

(4) エンジンの保守管理及び異常発生時の処置について

本形式のDML30HZ形エンジンにおいて徒動及びしゃくりが発生している

という情報を、北海道旅客鉄道株式会社の運転現場は認識していたが、認識した時期は不明であった。また同社の工場では、同形式のエンジンにおける徒動の発生は把握していなかったが、しゃくりの発生は把握していたものの、把握した時期は不明であった。結局、運転現場、工場の双方において対策が講じられなかったうえ、本社への連絡も行われていなかった可能性があることから、全社的に異常の発生状況と異常内容の重大性に対する認識及び措置が不十分であったと考えられる。

また、過去にスライジングブロックのピンの折損が発生した際に、原因究明に関する十分な調査及び分析が行われていなかった可能性があり、問題が発生する度に対症療法的な対策となつて、的確な対策が取られなかったことが、複数回のトラブルや本重大インシデントの発生につながった可能性があると考えられる。(3.8.2)

(5) 機関火災検知回路について

本重大インシデントが発生した際に、機関火災検知回路が火災を検知することができなかった原因は、同回路の正極側に近い配線と負極側配線の間の絶縁に問題が生じたためと考えられる。機関火災の発生を運転士に知らせるために必要な同回路は、安全上非常に重要であり、肝心の時にその機能を失うことがないように、電線及び温度ヒューズ関連部品の耐熱性や配線の引き回し等について十分に検討することが望ましい。(3.6.3)

(6) 運転士の運転操作について

スライジングブロックのピンが折損したことにより、運転士のノッチ操作による機関制御が不可能となったため、エンジンの損傷は列車の停止時期とは無関係であり、不可避であったと推定される。

4.2 原因

本重大インシデントは、

- (1) 特急気第5014D列車の4両目に搭載されていたディーゼルエンジン（DML30HZ-10024番機）の調速機に使用されているスライジングブロックが、ピンのガイドアームへの圧入端部で疲労破断したことから、同エンジンが制御不能かつ過回転状態となり、エンジン内部のピストンや連接棒等を損傷した、
- (2) 破損した連接棒がシリンダーブロックを突き破った際に発生した火花が、開口部から噴出した燃料及び機関潤滑油並びに機関冷却水に含まれた不凍性防食剤に引火し、また、それらが、高温状態の排気マニホールド、過給器、排気管等の表面に付着して発火した、

(3) その際、列車が高速で走行していたことから、上述した燃料及び機関潤滑油等が列車の後方車両に向かって飛散し、車体側面に付着したために、車体側面の表面塗装が焼損した

ことにより発生したものと推定される。

本スライジングブロックのピンが一斉取替後に短期間で折損したことについては、燃料制御装置内で発生した「徒動」、「しゃくり」のような好ましくない挙動に加え、停止ストッパーボルトが同エンジンには取り付けられておらず、ピンのガイドアームへの圧入端部にメーカーの想定最大荷重の約3倍の曲げ荷重が継続的に加わっていたためと考えられる。

また、同エンジンが過回転状態となって損傷したことについては、スライジングブロックのピンが折損した場合に、コントロールラックが燃料噴射量増方向に作用する構造となっていたこと、また、過回転状態となったエンジンを強制的に停止させる仕組みがなかったことが関与していると考えられる。

本重大インシデントが発生した背景としては、車両等に重大な影響が及ぶことが懸念されるスライジングブロック及び燃料制御に関連する部品の損傷がしばしば発生した際に、同社が全社的に検討を行わずに一部の関係者のみで対策を策定していた可能性があり、その対策は、十分な調査によって得られたデータを基に分析・検討されたものではなく、対症療法的なものとなっていた可能性があることなどが考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

本重大インシデントは、エンジンの燃料噴射量を制御するスライジングブロックのピンが、過大な曲げ荷重を繰り返し受けた結果、疲労破壊により折損したことから、エンジンの燃料噴射量が制御不能な状態となり、過回転状態となったエンジン本体の損傷、燃料及び機関潤滑油並びに冷却水に含まれた不凍性防食剤の流出とそれらの引火及び発火、車体側面塗装の焼損と連鎖したものである。

スライジングブロックのピンの折損は、過大な曲げ荷重がピンに繰り返し負荷されたために発生したと推定されることから、このような過大な曲げ荷重がピンに負荷されないように、コントロールラックがラックストッパーピンの下限に当たっている状態では、コントロールレバーが燃料噴射量を更に減ずる方向に変位しないように、燃料制御装置の油圧サーボモータのピストンストロークを調整する必要がある。

また、スライジングブロックのピンの折損が発生し、通常のノッチ操作による燃料

噴射量の制御が不能となった場合でも、本重大インシデントのようにエンジンが過回転状態となってエンジン本体が損傷することがないように、様々な対策を多層的に設けることが再発防止にとって重要である。

また、スライジングブロックに限らず、車両等に重大な影響が及ぶことが懸念される事態が発生した場合には、正確な情報を本社と現場が共有し、原因究明のための十分な調査を行い、的確な対策を講ずることが再発防止には必要である。

5.2 本重大インシデント発生後に同社が講じた措置

本重大インシデントの発生後、北海道旅客鉄道株式会社は、DML30HZ形エンジンを搭載している183系気動車36両の運用を停止した。その後、原因究明のための対策会議を立ち上げ、以下の5.2.1～5.2.2に示す対策を策定し、長期試験によって対策の効果及び関連機器に問題が生じないことを確認した後、施行した。さらに、5.2.3に示す対策も実施した。

5.2.1 スライジングブロックの破損防止対策

- (1) 機関制御装置（油圧サーボモータ）のピストンストローク調整機構の導入
コントロールラックがラックストッパーピン下限位置になっている状態（燃料噴射量ゼロ位置）から、油圧サーボモータのピストンが、燃料噴射量を更に減ずる方向に動作しないように、（ゼロ位置調整ストッパー用）調整ネジを設け、合いマークを付けた。
- (2) 機関制御装置（油圧サーボモータ）の油圧回路に絞りを挿入
徒動及びしゃくりは、油圧サーボモータ内の油圧の急激な変化によって引き起こされるものと考えられることから、油圧サーボモータに接続されている油圧経路のパイプ中に2mmの絞りを挿入した。
- (3) 停止ストッパーボルトの状態確認
交番検査及び仕業検査において、停止ストッパーボルトの取付け状態を、合いマークによって確認するように検査内容を変更した。

5.2.2 エンジンの過回転防止対策

- (1) エンジンB列の燃料噴射ポンプにラック戻しばねを追加
スライジングブロックのピンが折損した場合でも、エンジンA列のコントロールラック及びエンジンB列のコントロールラックが燃料噴射量増方向に変位することを阻止し、エンジンが過回転状態にならないようにエンジンB列の燃料噴射ポンプのコントロールラックにラック戻しばねを追加した。
- (2) 機関停止装置の導入
5.2.1(1)～(3)及び5.2.2(1)の対策によってもエンジンの過回転状態が阻

止できない事態となった場合を想定し、強制的にエンジンを停止させることができる機関停止装置を導入した。同装置は、エンジン回転数が一定値以上になった場合にエンジンを強制的に停止させる機能を有する。

5.2.3 その他対策

(1) 定期検査における検査内容の追加及び車両保守管理システムの改修

平成26年6月17日に本社車両部検修課長から、関連部署に対し、指導文書を発出し、本件エンジンと同形式のエンジン及び類似のエンジンを搭載している車両の定期検査時における検査内容を追加すること、車両保守管理システムの仕業検査及び交番検査の入力項目を改修することを要請した。

(2) 火災検知回路の耐熱電線化

183系気動車(41両)の火災検知回路の配線を耐熱電線に取り替えることを決定し、対象車両においてエンジン関係の改造等が発生する場合に確実に施工するように、平成26年6月5日に本社車両部検修課長及び計画課長連名で、関連部署に対し、指導文書を発出し、耐熱電線化の周知を要請した。

(3) 原因究明体制等の見直し

北海道旅客鉄道株式会社は、国土交通大臣からの事業改善命令及び監督命令(平成26年1月24日)に対して、安全管理体制の再構築、安全確保を最優先とする事業運営の実現などを内容とする「事業改善命令・監督命令による措置を講ずるための計画」(平成26年7月23日)を策定し実施している。また、その実施状況等を四半期ごとに公表している。平成26年9月30日に国土交通大臣宛てに報告した平成26年度第2四半期実施状況において示された具体的な取組内容(抜粋)は以下のとおりである。

○安全推進部における原因究明等の見直し

- ・事故報告に関する社内規程を見直し、鉄道運転事故、鉄道運転事故に至る恐れがあった事象等安全に関するリスクが高い事象について徹底して原因究明を行う。(平成26年8月から継続実施)
- ・安全推進部は独自に調査を行い、主管部が究明した原因、検討した対策について、安全推進部の視点から確認し、必要な事項については安全推進委員会の場で議論を行う。(平成26年8月から継続実施)

○車両部における原因究明等の見直し

- ・車両部車両検修グループに調査分析担当として2名増員し、原因究明できる体制とする。また、車種別の担当者を本・支社別の担当者として、各現場と

のつながりを重視した体制とする。(平成26年3月から継続実施)

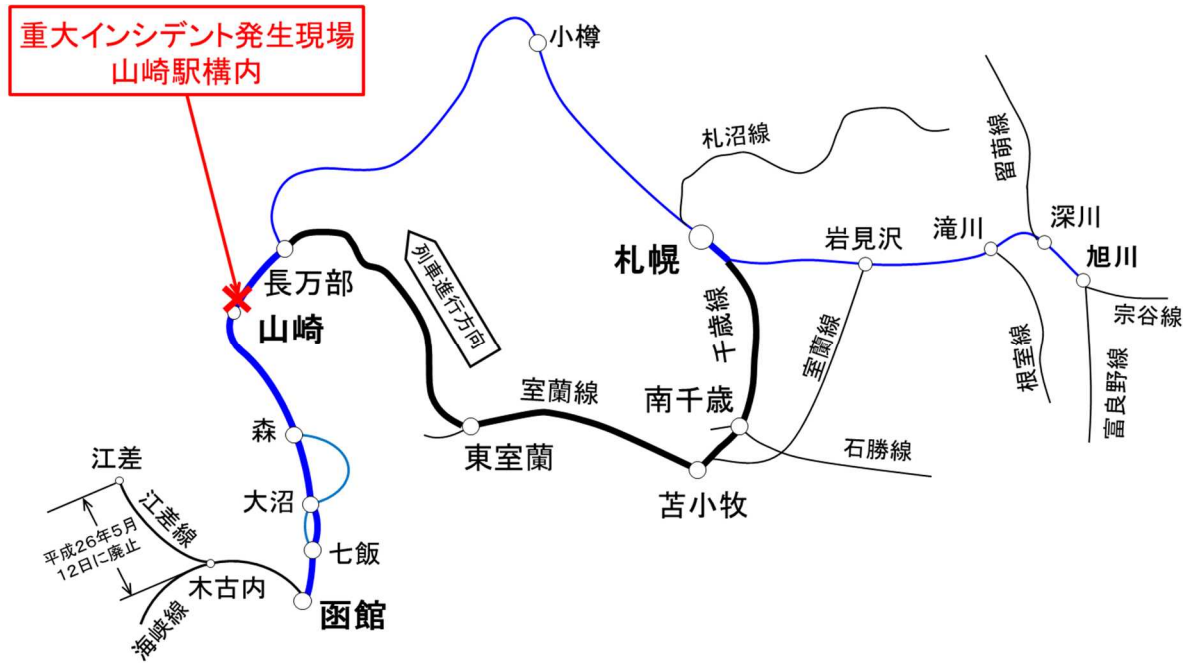
- ・「車両部安全推進会議」を設立し、安全に関わる事項について、部長、課長、GL等により、毎月、徹底的に原因の究明、対策の策定、トレースを行う体制とし、「安全推進委員会」や「車両故障防止検討会」への車両部としての方向性を示す。(平成26年4月から継続実施)
- ・「車両部安全推進会議」と「車両故障防止検討会」での検討内容と方針決定内容を的確に行うことを目的に、現場の故障調査報告書に基づく実態把握とトレースする体制として、「車両故障防止検討分科会」を本・支社毎に設立する。(平成26年4月から継続実施)

○車両部における実態把握の取組み

- ・車両の品質管理の一環として、現場における構造変更内容などを本社で確実に把握し必要な確認と指導を行うため、また、原因究明や再発防止対策に向けて新たな「事前照会制度」を実施する。(平成26年4月から継続実施)

付図1 函館線路線図

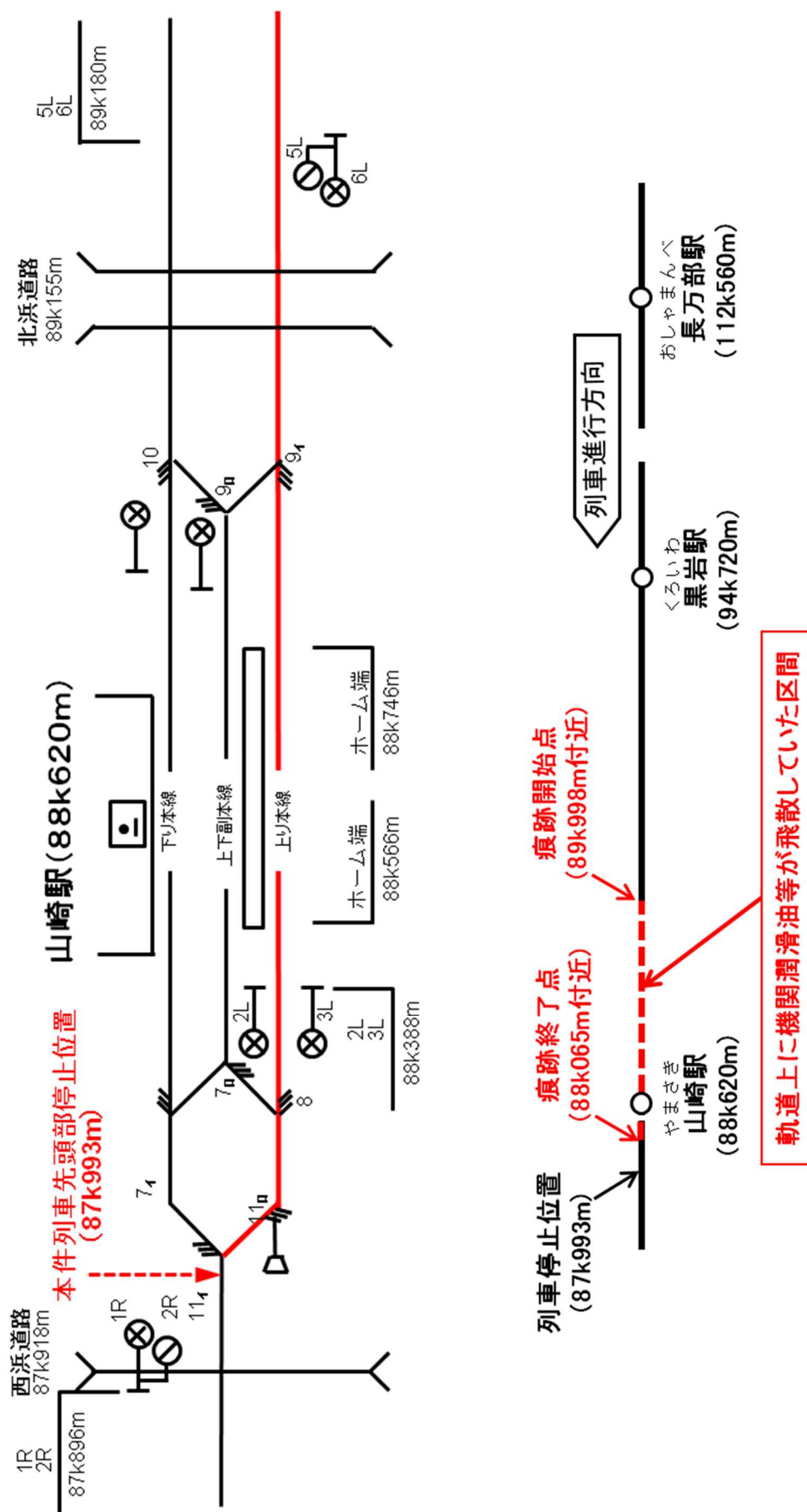
函館線 函館駅～旭川駅間 423.1km
 大沼駅～森駅間（渡島砂原駅経由） 35.3km
 計 458.4km（単・複線）



付図2 重大インシデント現場付近の地形図



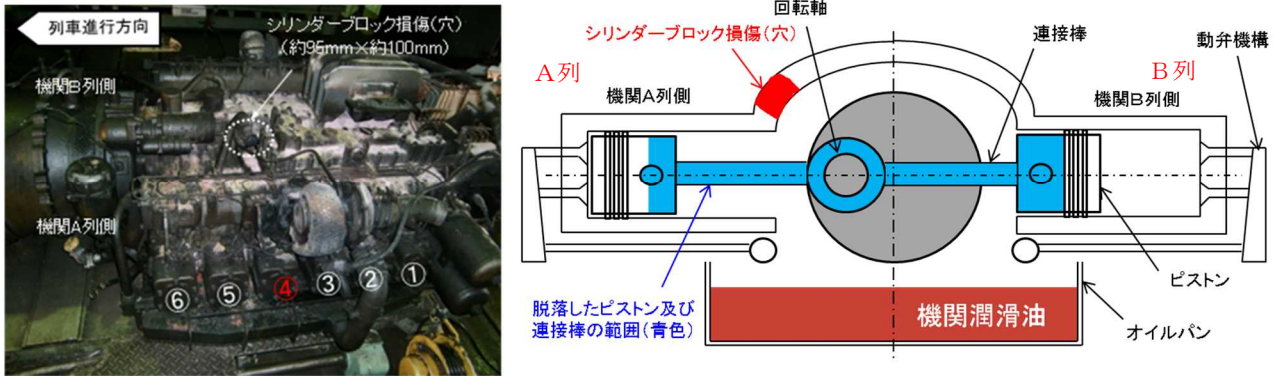
付図3 重大インシデント現場略図



付図4 本件車両及び5両目車両の左側面の状況



付図5 本件エンジンの損傷状態

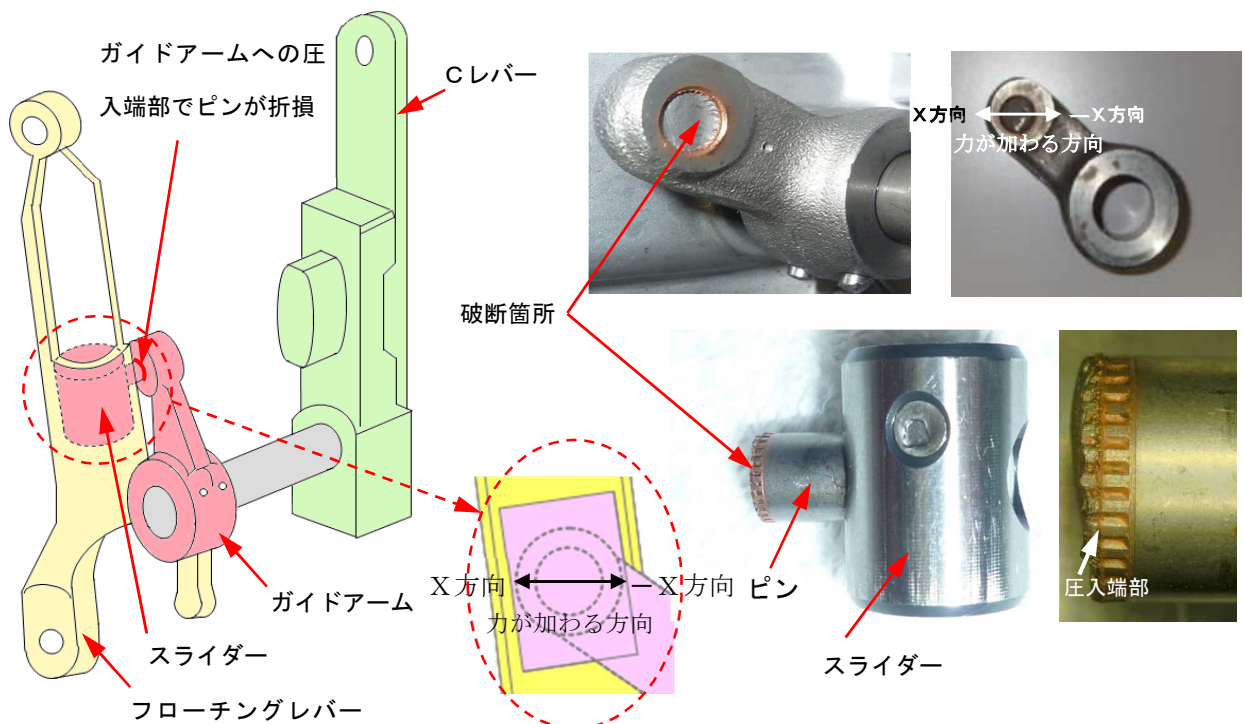


ピストン頭部の弁スタンプ痕

変形した吸気バルブ及び排気バルブ

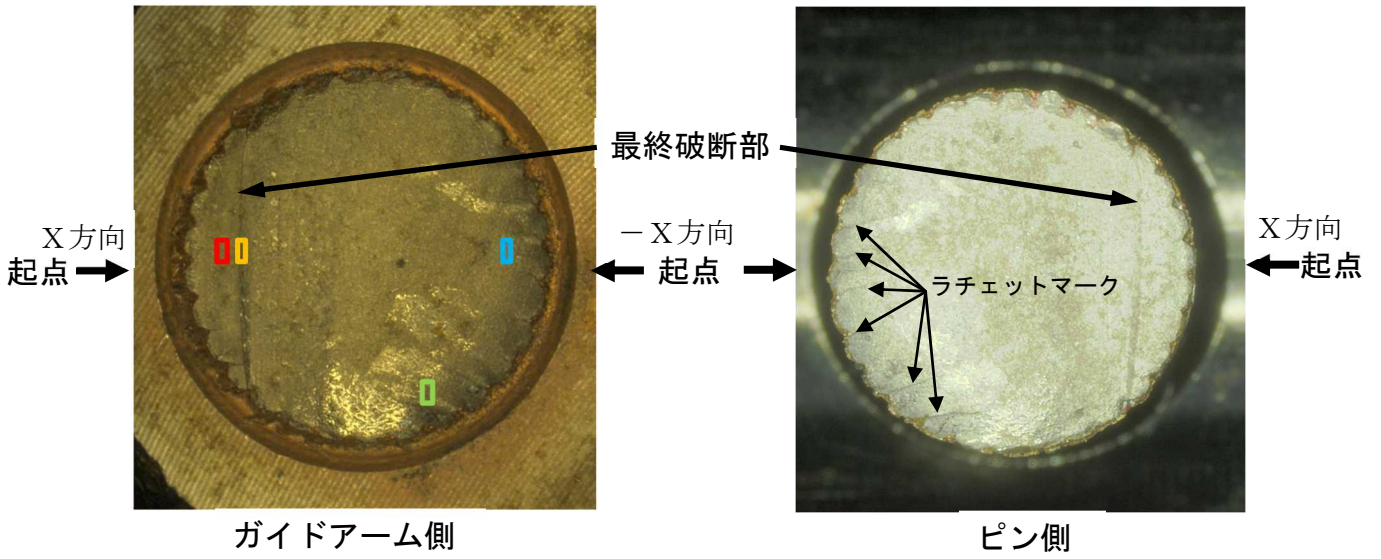
破損した接続棒 (A列 No. 4)

付図6 S Bの折損箇所及び力が作用した方向

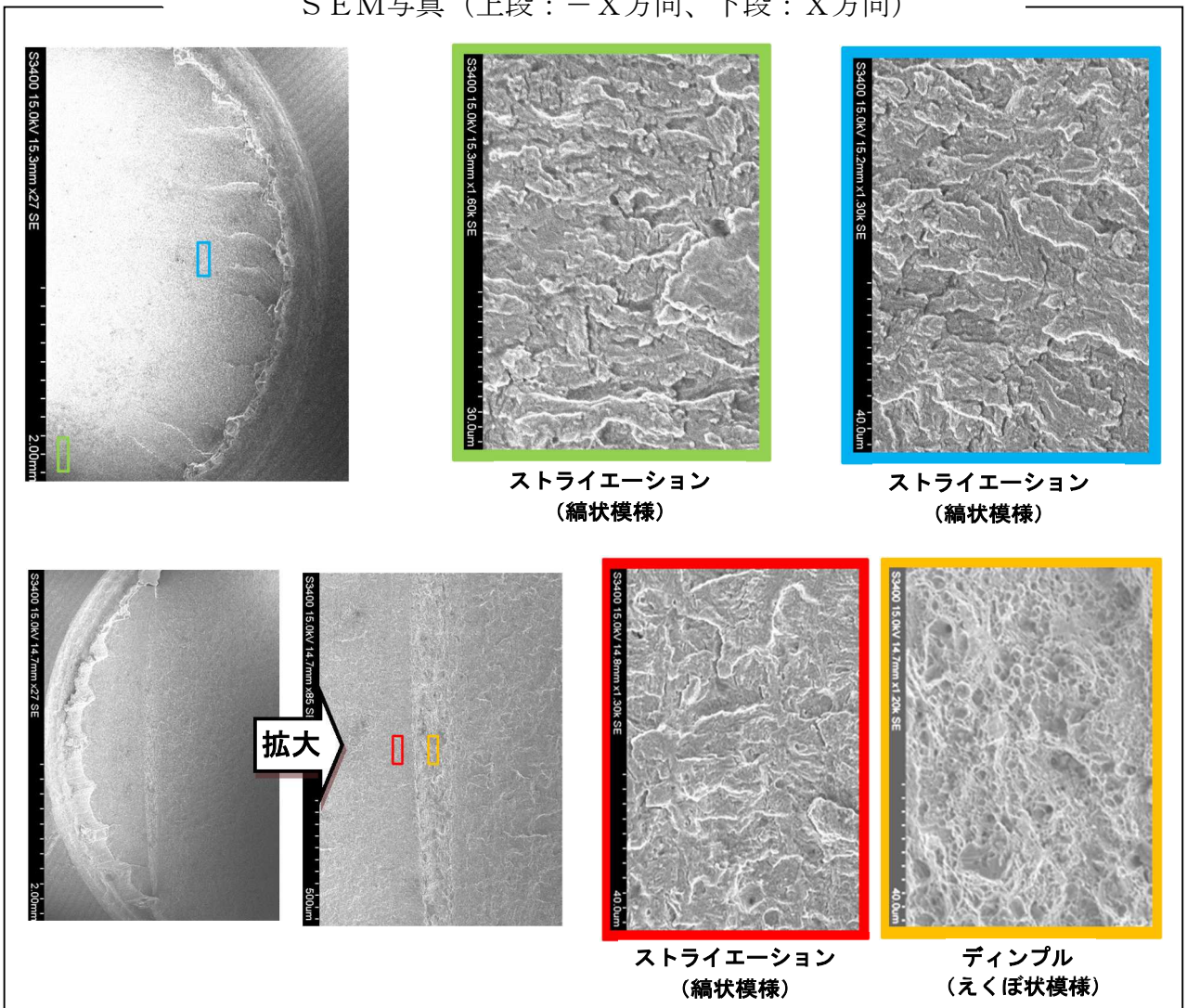


S Bはピンク色の部分であり、ガイドアーム、ピン、スライダーで構成される部品である

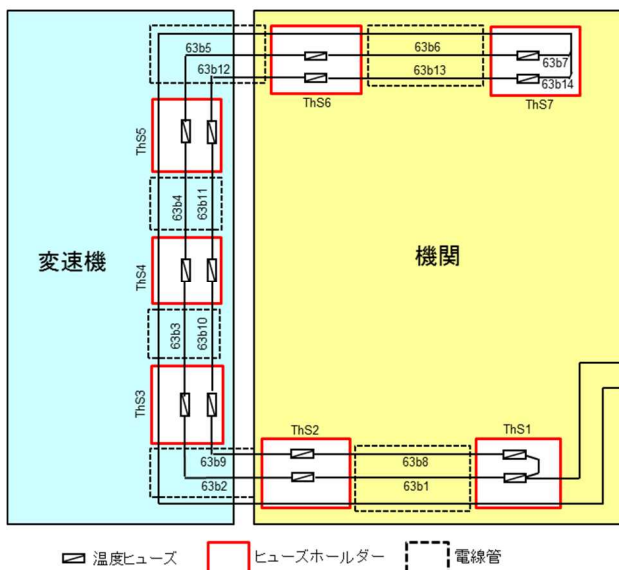
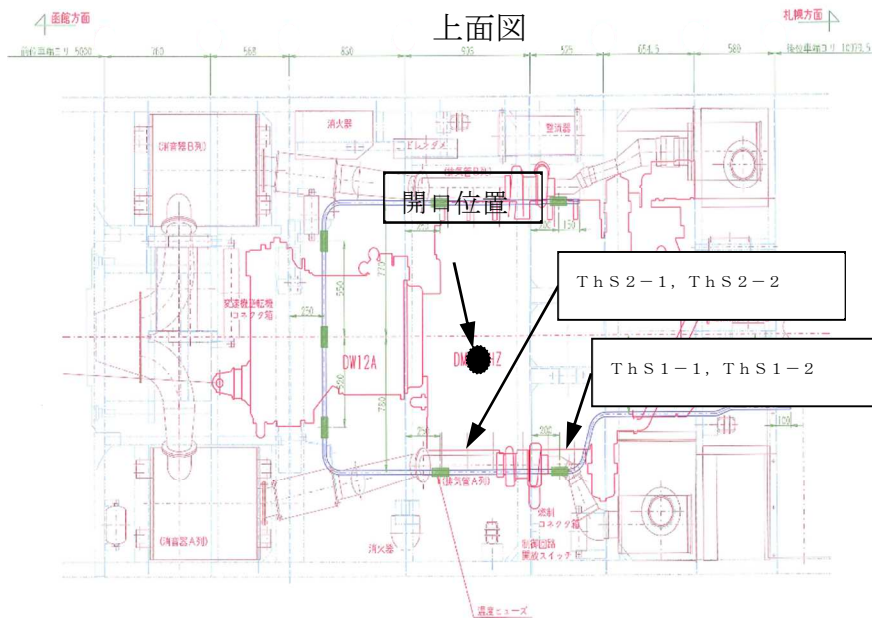
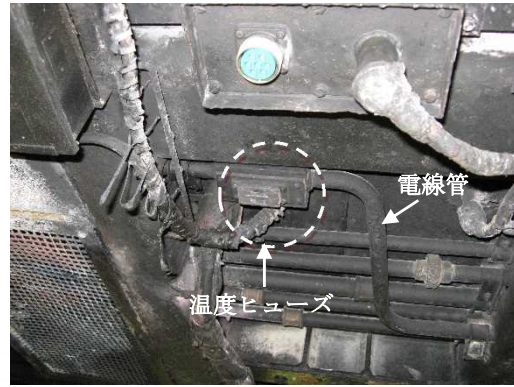
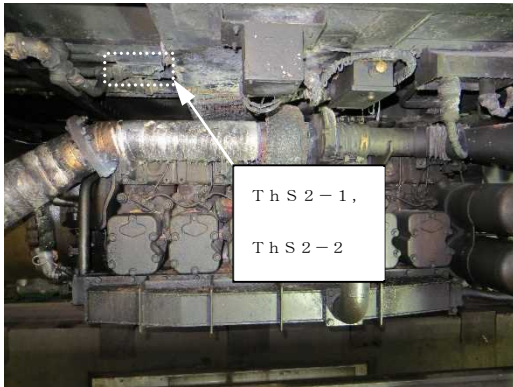
付図7 SBの破断面の写真



SEM写真 (上段: -X方向、下段: X方向)



付図8 温度ヒューズ (ThS) の取付け位置と火災検知回路



温度ヒューズ ヒューズホルダー 電線管

