

群馬県内ウォーターシュート事故調査報告書

令和3年8月

社会資本整備審議会

本報告書の調査の目的は、本件遊戯施設の事故に関し、昇降機等事故調査部会により、再発防止の観点からの事故発生原因の解明、再発防止対策等に係る検討を行うことであり、事故の責任を問うことではない。

昇降機等事故調査部会

部会長 藤田 聡

群馬県内ウォーターシュート事故調査報告書

発生日時：令和2年8月13日（木）及び14日（金）

発生場所：群馬県伊勢崎市 華蔵寺公園遊園地

昇降機等事故調査部会長	藤田 聡
委員	深尾 精一
委員	野口 貴公美
委員	青木 義男
委員	鎌田 崇義
委員	河野 守子
委員	中川 聡子
委員	稲葉 博美
委員	釜池 宏
委員	杉山 美樹
委員	寺田 祐宏
委員	仲 綾子
委員	中川 俊明
委員	中里 眞朗
委員	二瓶 美里
委員	三浦 奈々子
委員	三根 俊介
委員	吉田 可保里

目次

1 事故の概要等	……	1
1.1 事故の概要		
1.2 調査の概要		
2 事実情報	……	1
2.1 遊園地に関する情報		
2.2 遊戯施設に関する情報		
2.2.1 遊戯施設の仕様等に関する情報		
2.2.2 遊戯施設の保守に関する情報		
2.3 事故発生時の状況に関する情報		
2.3.1 1回目の事故発生時の状況に関する情報		
2.3.2 2回目の事故発生時の状況に関する情報		
2.4 事故機の構成に関する情報		
2.5 ブレーキ部に関する情報		
2.5.1 水路の水位に関する情報		
2.5.2 事故当日の水路への給水に関する情報		
2.5.3 水路等に関する情報		
2.6 循環ポンプに関する情報		
2.6.1 循環ポンプの機器等（インバーター以外）に関する情報		
2.6.2 循環ポンプのインバーターに関する情報		
2.7 再現試験に関する情報		
2.7.1 水位と衝突に関する試験（2.3 関係）		
2.7.2 インバーターと循環ポンプの動作に関する試験（2.6.2 関係）		
3 分析	……	14
3.1 事故発生時の状況に関する分析		
3.2 ブレーキ部での減速に関する分析		
3.3 水路への給水に関する分析		
3.4 循環ポンプの動作の異常に関する分析		
3.5 インバーターの出力停止に関する分析		
3.6 インバーターのセーフティー回路における短絡の開放に関する分析		
3.7 インバーターの端子部又はコネクタ部の一時的な接触不良での危険水位の継続時間と衝突に関する分析		

4 原因	……	18
5 再発防止策	……	19
6 意見	……	19

《参 考》

本報告書本文中に用いる用語の取扱いについて

本報告書の本文中における記述に用いる用語の使い方は、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」

1 事故の概要等

1.1 事故の概要

発 生 日 時：令和2年8月13日（木）12時ごろ
及び14日（金）14時30分ごろ

発 生 場 所：群馬県伊勢崎市華蔵寺公園遊園地

被 害 者：軽傷2名（8月13日1名、8月14日1名）

概 要：ウォーターシュートの乗物が急降下部で加速した後、ブレーキ部で十分に減速していない状態でカーブ部に進入し、カーブ部の外側側壁に衝突した。

1.2 調査の概要

令和2年8月23日 昇降機等事故調査部会委員、国土交通省職員及び特定行政庁（伊勢崎市）職員による現地調査を実施

その他、昇降機等事故調査部会委員によるワーキングの開催、ワーキング委員及び国土交通省職員による資料調査を実施。

2 事実情報

2.1 遊園地に関する情報

名 称：伊勢崎市華蔵寺公園遊園地

所 在 地：群馬県伊勢崎市

所 有 者：伊勢崎市

管 理 者：公益財団法人伊勢崎市公共施設管理公社

2.2 遊戯施設に関する情報

2.2.1 遊戯施設の仕様等に関する情報

固有名称：スペースストリーム

一般名称：ウォーターシュート

設計者：泉陽機工株式会社（現泉陽興業株式会社）
（以下「泉陽興業」という）

施工者：泉陽興業

本遊戯施設は泉陽興業とは異なるメーカーが設計、製造、施工（横浜市に設置）したものを伊勢崎市が横浜市から移設したものである。移設にあたっては、泉陽興業が下部コンクリート構造部（基礎部）を設計、施工し、上部機械構造部は横浜市に設置されていたものを分解、元と同じ形で再組立し、設置した。

車両：最大稼働台数 13 台
（運用上、同時に水路上で稼働できる最大数）

定員：4 名/台

確認済証交付年月日：平成元年 12 月 27 日

検査済証交付年月日：平成 2 年 7 月 21 日

2.2.2 遊戯施設の保守に関する情報

保守点検業者：泉陽興業（4 回/年（内、定期検査 1 回））

なお、運行開始前の点検については管理者の職員が実施。

直近の定期検査実施日：令和 2 年 6 月 26 日及び 7 月 10 日（2 日間にかけて実施）

（第 2 コンベアベルト摩耗進行、
乗物底ゴム摩耗進行（※1））

直近の保守点検日：令和 2 年 3 月 13 日（同上の指摘あり）

※1 令和 2 年 7 月に底ゴム交換済み

2.3 事故発生時の状況に関する情報

事故発生時の状況について、管理者等から以下の情報が得られた（写真 1、2、図 1）。

2.3.1 1回目の事故発生時の状況に関する情報

- ・発生日時は、令和2年8月13日12時ごろであった。
- ・乗車人数は大人2名、幼児1名で、幼児は前部座席の前側、被害者（大人1名）は前部座席の後側、大人1名は後部座席に乗車していた。
- ・被害者から、急降下部を滑り降りブレーキ部を直進した先にあるカーブ部で乗物が側壁に衝突し、幼児を抱きかかえるようにして乗車していたため、乗物の手すりを掴むことができず、体を乗物内壁にぶつけたとの証言があった。
- ・被害者の1分程度後に乗車した親子から、運転時の衝撃は強くなかったとの証言があった。
- ・被害者から管理者への報告は2回目の事故の後であった。
- ・気温は14時時点で35℃であった。

2.3.2 2回目の事故発生時の状況に関する情報

- ・発生日時は、令和2年8月14日14時30分ごろであった。
- ・乗車人数は大人1名、幼児1名で、幼児が前部座席の前側、被害者（大人1名）が前部座席の後側に乗車していた。
- ・被害者から、急降下部を滑り降りブレーキ部を直進した先にあるカーブ部で乗物が側壁に衝突し、その際幼児をかばったため、体を乗物内壁にぶつけたとの証言があった。
- ・事故発生時の映像では、急降下部を滑り降りた先にあるブレーキ部での乗物の減速が小さくカーブ部に進入する際の速度が通常時よりも速くなっていた。また、急降下部を滑り降りる際の速度は通常時と同程度であった。
- ・気温は14時時点で36℃であった。

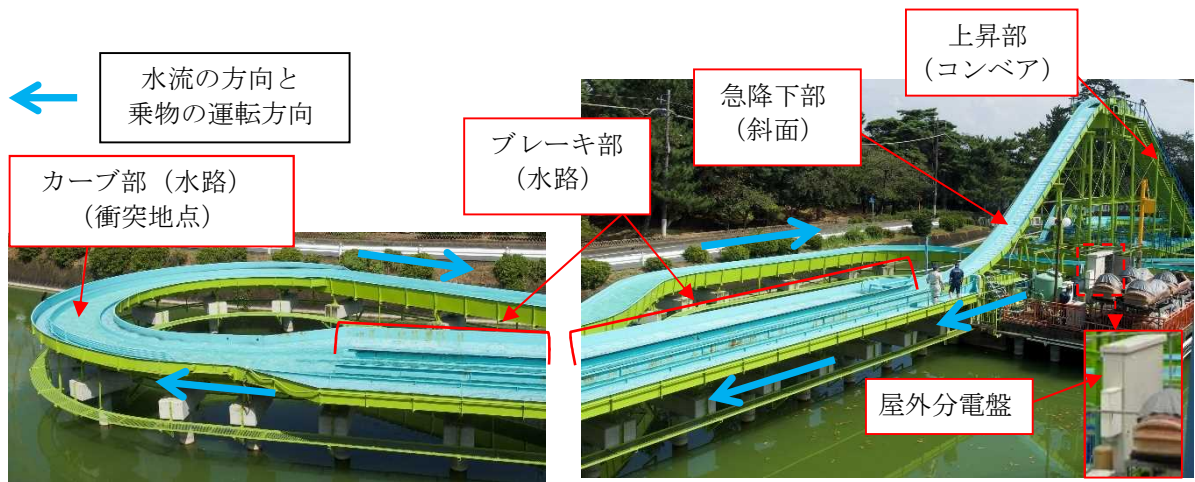


写真1 ウォーターシュートコース外観



写真2 乗物外観

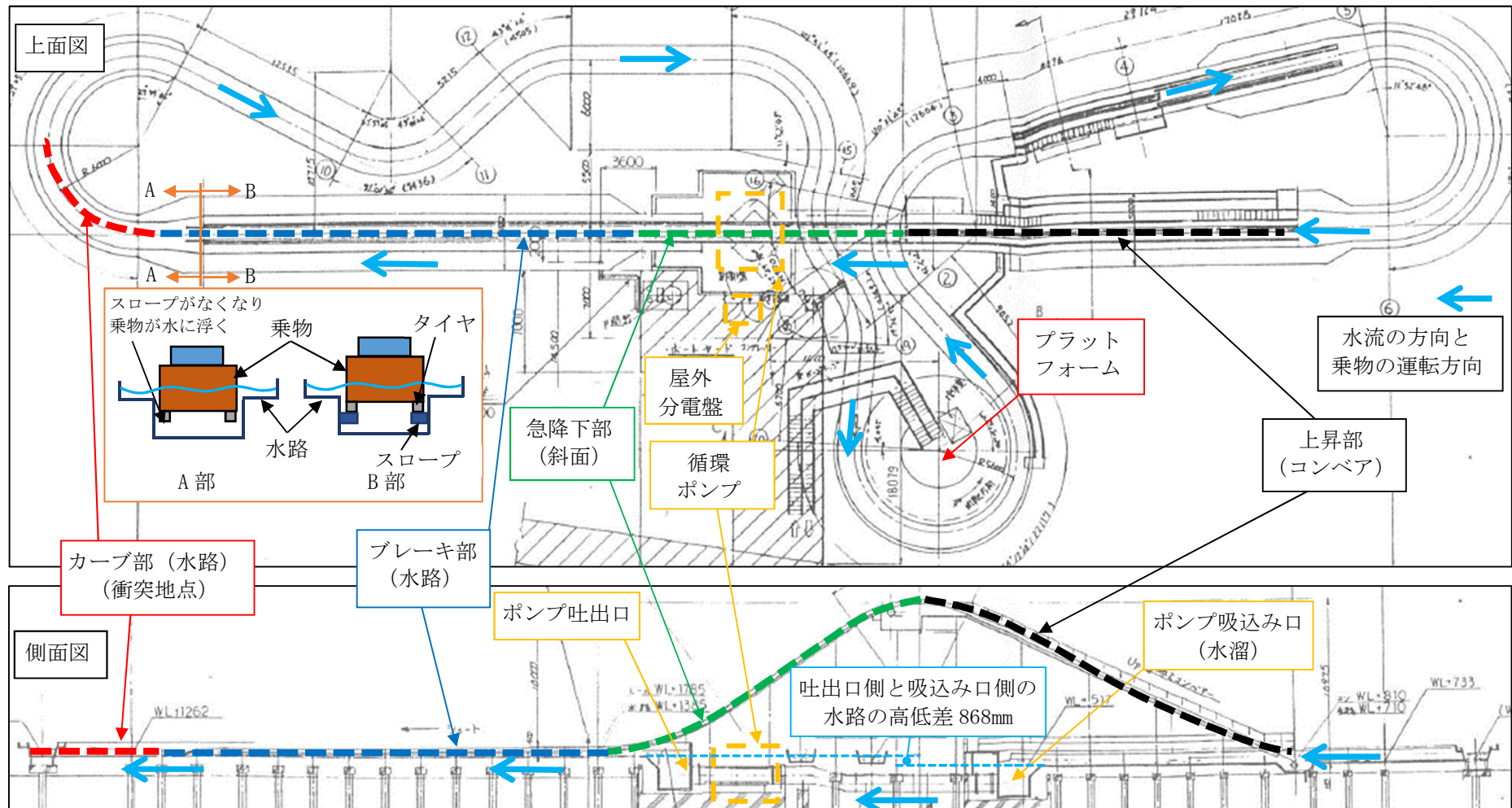


図1 ウォーターシュートコース (上面図・側面図)

2.4 事故機の構成に関する情報

- 事故機の全体の構成は次のとおりである（写真1～3、図1）。
 - ① 水路部には勾配があり、その勾配と循環ポンプにより、水を流して水流を作っている。プラットフォームから出発した乗物が水に浮かんで低速で進む。
 - ② 上昇部で乗物がコンベアにより引き上げられる。
 - ③ 急降下部で、乗物が乗物底部のタイヤで走路を自走して落下する。
 - ④ 乗物がブレーキ部（水路）の走路に入り込み、水路の水の抵抗により、制動力が作用し減速する。走路はスロープとなっており、途中で乗物のタイヤが走路から離れ、乗物が水に浮かぶ。
 - ⑤ 減速した乗物が水路の水流により低速で進み、プラットフォームに戻る。
- ポンプ吐出口から水路に流れ出た水は、水路を一周しポンプ吸込み口（水溜）に溜まる。それを2台の循環ポンプにより再び吐出口から水路に戻すことで水を循環し、ブレーキ部の水路の水位を維持している（図1）。
- 各々の循環ポンプのモーターはインバーター（※2）で制御し駆動している。循環ポンプを駆動するインバーターに重故障（過電流、回路異常等）が発生した場合、インバーターにエラー履歴が記録され、上昇部のコンベアが自動的に止まる。

※2 インバーターは、入力電流から指定した周波数の交流を出力させる電源回路又はその回路を持つ装置である。インバーターにより、モーターの電源の周波数を変化させることで、モーターの回転数を制御する。

2.5 ブレーキ部に関する情報

2.5.1 水路の水位に関する情報

- ブレーキ部の水路の水位が低下すると乗物筐体部が受ける水の抵抗が減少するため、制動力が減少する（写真3）。
- 乗物のブレーキ部の水路の通過時間は4秒程度である。また、乗物がブレーキ部の水路を通過した後、次の乗物が通過するまでの時間は短い場合で70秒程度である。



写真3 ブレーキ部での乗物の減速状態

- ・運転中のブレーキ部の水路の水位は、循環ポンプが正常であっても、蒸発や乗物の着水による水あふれにより低下する。過去の運行実績から、2時間の運転での水位の低下量は最大で1cm程度とのことである。
- ・ブレーキ部の水路の水位は乗物に制動力が適切に働く39cmで運用することとなっている。管理者の職員が運行開始前（9時ごろ）から15時ごろまでおおむね2時間ごとに水位を確認し、39cmから低下していた場合は水位が39cmとなるよう給水を行うこととなっている（運行終了17時）。

2.5.2 事故当日の水路への給水に関する情報

- ・管理者によると、1回目の事故当日については、運行開始前（9時ごろ）にブレーキ部の水路の水位が39cmとなるまで給水を実施しており、11時20分から事故発生（12時ごろ）までの間に水位が39cmとなるまで給水を実施している。
- ・管理者によると、2回目の事故当日については、運行開始前（9時ごろ）にブレーキ部の水路の水位が39cmとなるまで給水を実施し、9時46分に水位が39cmであることを確認したが、それ以降事故発生（14時30分ごろ）まで水位確認と給水は行っていなかった。

2.5.3 水路等に関する情報

- ・管理者及び保守点検業者による事故後の検査において、水路全体に水漏れはなく、また、乗物に破損、浸水等の異常は確認されなかった。

2.6 循環ポンプに関する情報

2.6.1 循環ポンプの機器等（インバーター以外）に関する情報

- ・保守点検業者による事故後の検査において、循環ポンプのプロペラ部に異物の噛み込みはなく、また、軸受け部に損傷等の異常は確認されなかった。循環ポンプとモーターの心出し精度にも異常は確認されなかった。
- ・モーターの製造業者の検査により、モーターの高温下での使用により、軸受け交換周期が約2年と通常より早いこと等が確認されたが、モーターのコイル抵抗値、絶縁抵抗値は正常であり、モーターの動作に異常は確認されなかった。

2.6.2 循環ポンプのインバーターに関する情報

(1) インバーターの仕様に関する情報

- ・事故機については、保守点検業者が平成30年7月にセーフティー回路の機能（(3)参照）が追加されたインバーターに交換している。
- ・インバーターの使用環境の条件は、塵埃のない屋内、周囲温度は50℃以下とすることとされている。

(2) 事故機のインバーターの設置環境等に関する情報

- ・インバーターは分電盤内に2台設置されている。分電盤自体は屋外に設置されている（写真1）。
- ・インバーターの製造業者の検査にて、インバーターが設置されている分電盤内及びインバーター本体表面、端子部、コネクタ部等に塵埃の付着が確認された（写真4）。
- ・事故後の令和2年8月17日に保守点検業者が温度測定を実施した結果、インバーター表面は60.9℃、インバーター排気口は69.8℃、屋外分電盤表面は56℃、屋外分電盤内（※3）は50℃となっていた（9時から15時45分間の最大値）（写真4）。

※3 屋外分電盤内の温度は、分電盤内の右側面中央に設置した温度計で測定しており、温度計の値の確認は15分から30分ごとに屋外分電盤の扉を開けて行っている。また、インバーター表面及び排気口の温度は同様に分電盤の扉を開け、非接触の温度計で測定している（写真4）。

- ・事故後の令和2年8月19日に管理者及び保守点検業者が温度測定を実施した結果、インバーター表面及び屋外分電盤表面は58℃となっていた（9時から17時の間の最大値）（写真4）。
- ・気象庁のデータより、温度測定当日の群馬県伊勢崎市の最高気温は、令和2年8月17日で38℃、令和2年8月19日で36.6℃あった。また、令和2年8月の最高気温は11日の40.5℃であった。
- ・インバーターの製造業者の検査でインバーターの動作及び短絡線を含め配線の異常は確認されなかった。また、過去、同型のインバーターに生じたコネクタ部の接触不良の事例において、インバーターを手で繰り返し軽く叩いて、振動を加えると接触不良が改善、発生したことがあるため、同様にインバーターを手で繰り返し軽く叩いて振動を加える試験を行ったが、端子部及びコネクタ部に接触不良は生じなかった。

- ・インバーターに結露は発生していなかった。

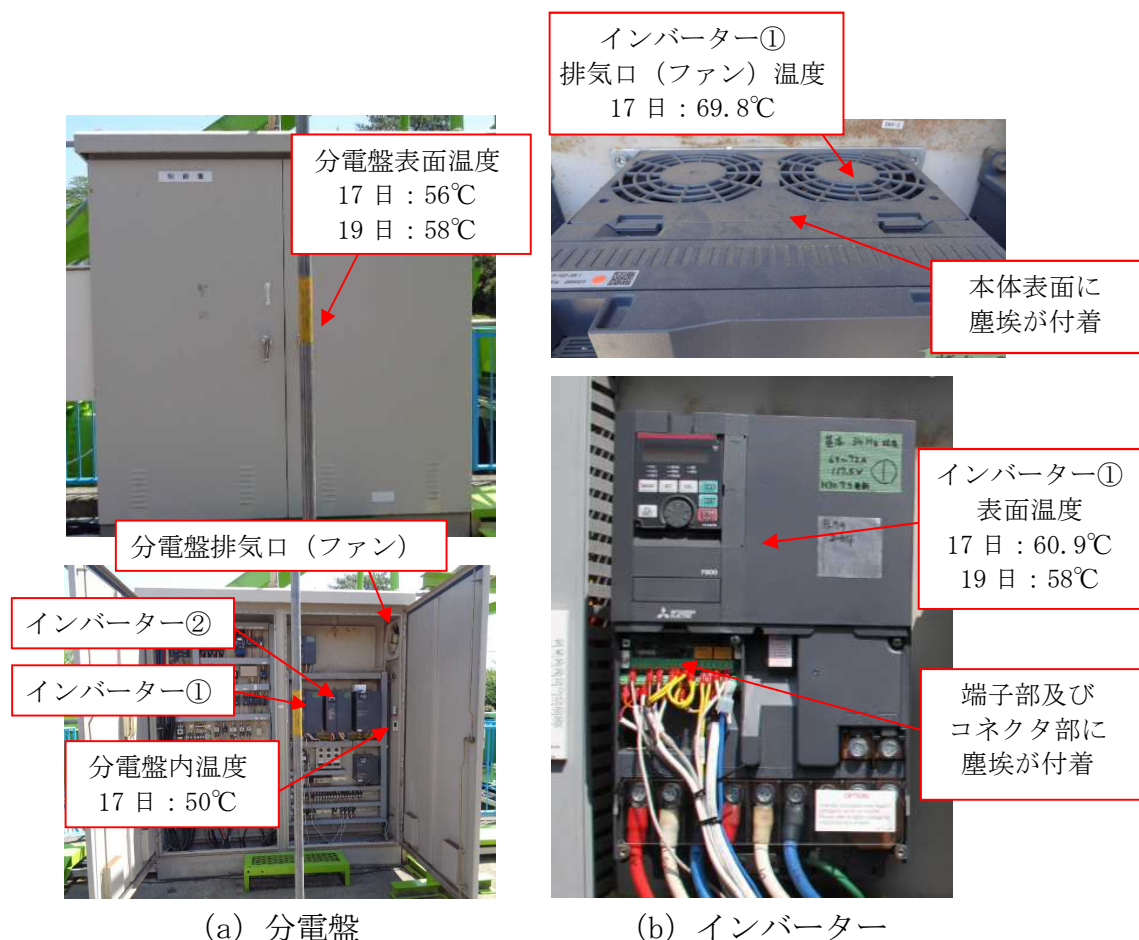


写真4 屋外分電盤及びインバーターの温度と塵埃の状況

(3) 事故機のインバーターのセーフティー回路の機能に関する情報

- ・インバーターのセーフティー回路の機能は、インバーターに非常停止ボタン等を有する安全リレーユニット等を設置した場合に、非常停止ボタン等が動作して回路の電流が一定時間以上遮断された場合にインバーターの出力を停止するものである。また、セーフティー回路の機能が動作すると、エラー履歴（E. SAF エラー（セーフティー回路異常））が記録される。

- 端子台基盤は、コネクタを介してインバーター制御基盤に接続されており、安全リレーユニット等は端子台にある S1、S2、SIC 端子等に接続される。
- インバーターの製造業者によると、セーフティー回路の機能は、非常停止ボタン等の動作による S1 端子又は S2 端子いずれかの電流の遮断時間が 0.2 秒超の時に動作する。この場合、インバーターは出力を停止し、E. SAF エラーの履歴が記録される。
- セーフティー回路の機能が動作する電流の遮断時間については、インバーターの仕様書やマニュアルに記載されていない。
- 事故機ではインバーターのセーフティー回路を使用しないこととしていた。このため、インバーターのマニュアルに則り、S1、S2 端子と PC 端子間、SD 端子と SIC 端子間を短絡した状態（インバーター出荷時のままの状態）で使用していた（写真 5、図 2）。

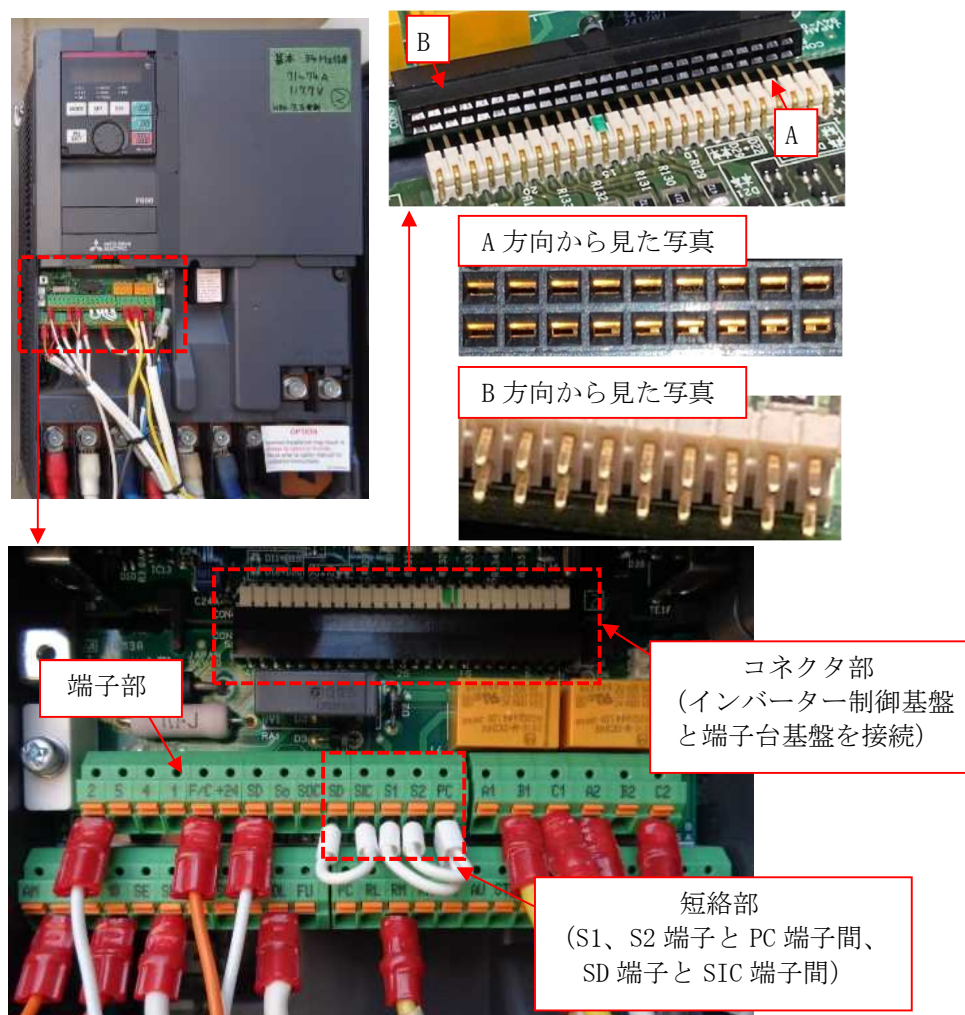


写真 5 インバーター外観と短絡部

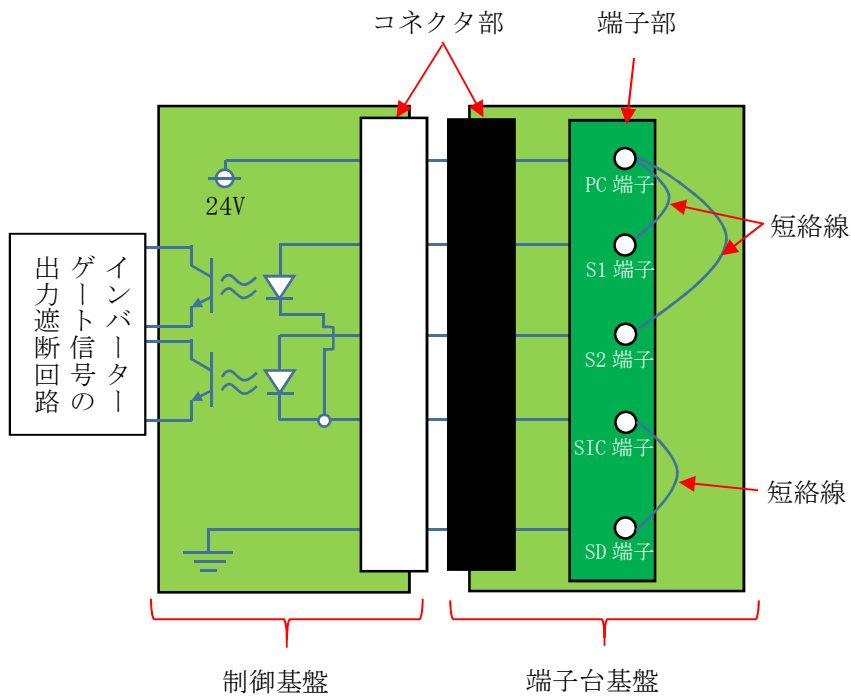


図2 事故機におけるインバーターのセーフティ回路における短絡

(4) 事故以前のインバーターの出力停止事象に関する情報

- ・事故以前の令和2年7月26日、31日、令和2年8月1日に循環ポンプが1台停止する不具合が発生しコンベアが停止した。いずれにおいてもインバーターのセーフティ回路が動作し、出力を停止したことを示すE. SAFエラー履歴が、1台のインバーター（写真4内のインバーター①）に記録されていた。
- ・循環ポンプが停止したのは、短絡部の接触不良によるものと保守点検業者において判断し、短絡線を 0.5mm^2 から 1.25mm^2 に変更した。

(5) 事故時のインバーターのE. SAFエラー履歴に関する情報

- ・令和2年8月13日及び令和2年8月14日の事故のいずれにおいてもインバーターにE. SAFエラー履歴は残っていなかった。

- (6) 事故後の試験運転におけるインバーターの出力停止事象に関する情報
- ・事故後の令和2年9月4日に行った試験運転において、1台のインバーター（写真4内のインバーター①）の出力が短時間停止し、それに伴い循環ポンプの回転数が減少し、すぐに元に戻る事象が確認された。この際の、ブレーキ部の水路の水位は約40cmから31cmまで低下し、約80秒かけて回復した。また、インバーターにE.SAFエラー履歴は残されていない。
- (7) 事故機のインバーターの保守に関する情報
- ・インバーターの保守点検項目は、電気測定（絶縁抵抗、電圧、電流等）及び動作確認としており、2年毎にねじ類の増し締めを実施する他、インバーター交換の際には、屋外分電盤内の清掃を実施していた。
- (8) インバーターの接触不良に関する情報
- ・インバーターの製造業者によると、事故機以外の同型のインバーターにおいて、過去に塵埃、温度、振動等による端子部の接触不良は発生していないが、コネクタ部においては、接触不良が複数件発生しているとのことである。
 - ・温度が高いと端子部やコネクタ部の樹脂製の筐体に熱膨張の影響による微小な変形が生じることに伴い接点（金属部）の位置が変動して接点間に微小な隙間が生じることや塵埃が端子部やコネクタ部の接点に付着することで接触不良が生じる可能性があるとのことである。

2.7 再現試験に関する情報

事故発生後に、2.3及び2.6.2に関する再現試験を行った。

2.7.1 水位と衝突に関する試験（2.3関係）

- ・ブレーキ部の水路の水位を40cm、38cm、37cm、35cmに設定し、それぞれ大人4名、大人2名、大人1名と子供1名相当の重量を乗せた乗物を滑走させる再現試験を実施したところ、水位約35cm（以下「危険水位」という。）で乗物が十分に減速せず、カーブ部の外側側壁に衝突する現象が確認された。水位37cm以上では、衝突する現象は確認されなかった。
- ・ブレーキ部の水路の水位を33cmに設定し、大人1名と子供1名相当の重量を乗せた乗物を滑走させる再現試験を実施した。その際の映像と令和2年8月14日の事故時の映像を比較したところ、カーブ部への進入速度等が同程度となることが確認された。

2.7.2 インバーターと循環ポンプの動作に関する試験 (2.6.2 関係)

- 2 台の循環ポンプとインバーターが正常に動作している状態で、片方のインバーターの S1、S2 端子について、それぞれ 1 箇所ずつ模擬的に 0.2 秒以下の短絡の開放を生じさせたところ、それぞれの場合でインバーターの出力が停止した後、短絡の開放が解消されると徐々に出力が回復した。また、E. SAF エラー履歴は残らなかった。
- 循環ポンプのモーター電流は、インバーターの出力停止により 0A (ゼロアンペア) 付近まで低下した後、インバーターの出力回復とともに徐々に回復し、約 80 秒後に元のモーター電流となった (図 3)。
- この際のブレーキ部の水路の水位変化 (初期水位 41cm) は図 4 のとおりであり、危険水位 (35cm 以下) の継続時間は約 32 秒であった。
- S1、S2 端子の両方について、模擬的に同時に短絡の開放を生じさせたところ、短絡の開放の時間によらず、インバーターの出力が停止した後、短絡の開放が解消されると、徐々に出力が回復した。この際のブレーキ部の水路の水位は危険水位に達し、E. SAF エラー履歴は残らなかった。

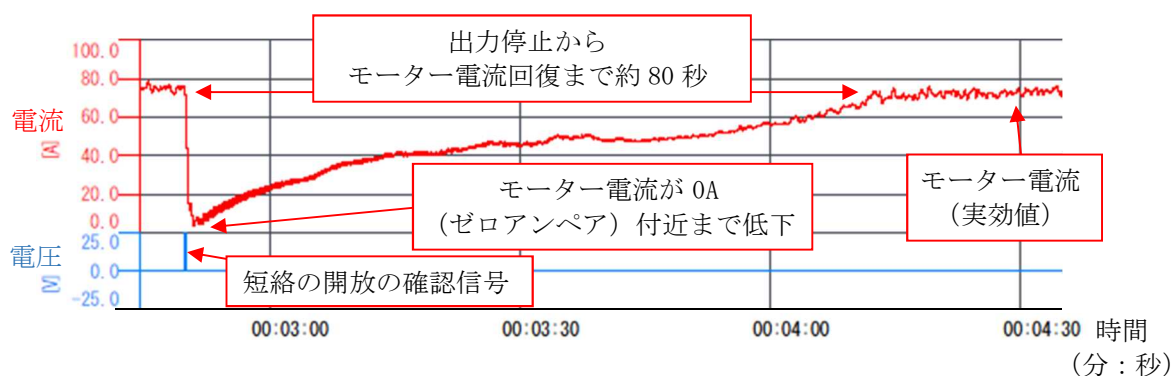




図4 0.2秒以下の短絡の開放でのブレーキ部の水路の水位変化

3 分析

3.1 事故発生時の状況に関する分析

2.3 事故発生時の状況、2.5.1 ブレーキ部の水路の水位、2.7.1 再現試験（水位と衝突）に関する情報より、急降下部を滑り降りた先にあるブレーキ部での乗物の減速が小さくカーブ部に進入する際の速度が通常時よりも速かったため、乗物がカーブ部の外側側壁に衝突し、その際の衝撃により被害者の体が乗物内壁に衝突したものと推定される。

3.2 ブレーキ部での減速に関する分析

2.5.1 ブレーキ部の水路の水位、2.7.1 再現試験（水位と衝突）に関する情報より、ブレーキ部の水路の水位が低下していたことにより、制動力が不足し、乗物が十分に減速しなかったと認められる。

3.3 水路への給水に関する分析

2.5.1、2.5.2 ブレーキ部の水路の水位と給水に関する情報より、1回目の事故においては、事故の約1時間前に給水の基準水位である39cmまでブレーキ部の水路への給水を行っていたと推定される。また、2.5.1、2.5.2 ブレーキ部の水路の水位と給水に関する情報より、2回目の事故においては、9時46分のブレーキ部の水路の水位確認から14時30分ごろの事故発生までの約5時間、水路への給水は行っていなかったものの、2時間の運転での水位の低下量は最大で1cmであることから、循環ポンプの動作が正常であった場合、事故発生時のブレーキ部の水路の水位は、給水の基準水位39cmに対し、約36.5cm以上となると推定される。また、2.7.1再現試験（水位と衝突）に関する情報より、2回目の事故時の水位は給水の基準水位39cmに対し、33cm程度であったと推定される。このため、危険水位となったのは、どちらの事故においても給水の不足が主要因ではなく、循環ポンプの動作の異常が主要因と考えられる。

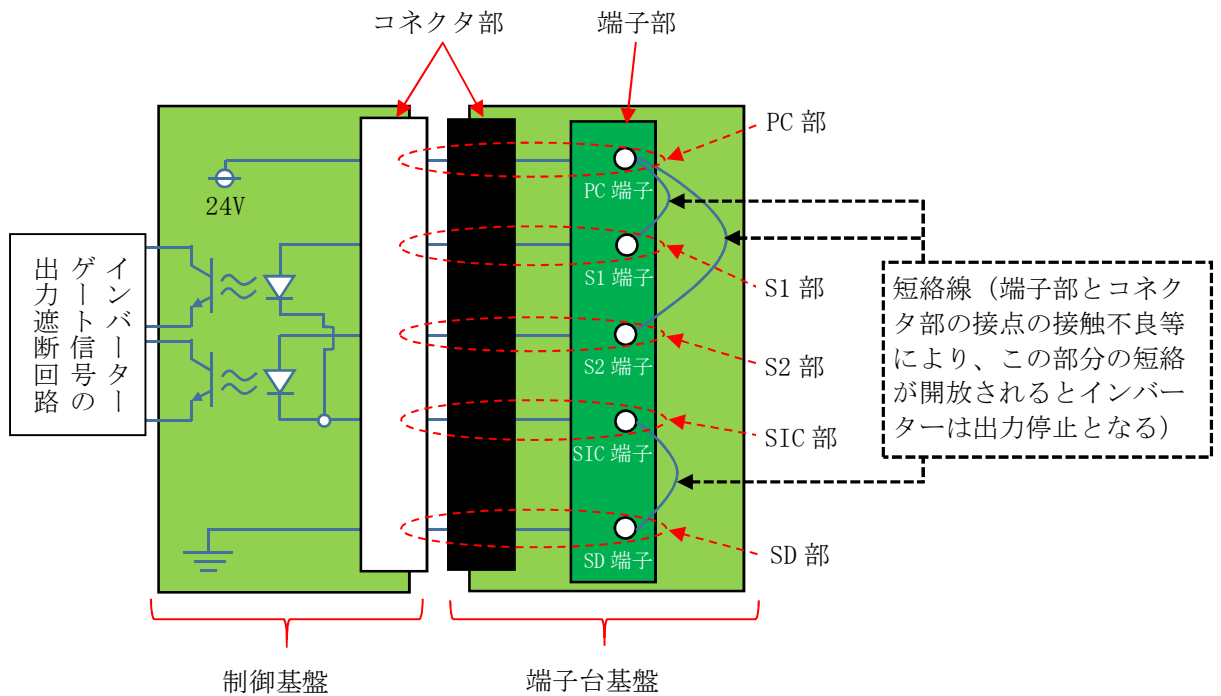
なお、2回目の事故においては、給水の不足により、循環ポンプの異常のみの場合に比べ、水位がより低下していたと考えられる。

3.4 循環ポンプの動作の異常に関する分析

2.6.1より、循環ポンプのプロペラ部、モーターに異常は確認されなかったこと、2.6.2(4)より、事故以前に循環ポンプが停止する不具合が生じた際に、インバーターにE.SAFエラー履歴が記録されていたこと、2.5.3(6)より、事故後の試験運転においてインバーターの出力の短時間停止により、循環ポンプの回転数が減少する事象が確認されたことから、事故時に循環ポンプの動作が異常となったのは、インバーターの出力が停止したことによるものと考えられる。

3.5 インバーターの出力停止に関する分析

2.6.2(3)より、事故機においては、S1、S2端子とPC端子間及びSD端子とSIC端子間を短絡線により短絡している。2.7.2再現試験（インバーターと循環ポンプの動作）に関する情報より、端子部やコネクタ部の接点の接触不良等により、短絡が開放されるとインバーターの出力停止となる。端子部又はそれに繋がるコネクタ部の接点の接触不良が生じた場合の短絡の開放とインバーターの動作は、図5のとおり、S1部又はS2部のいずれかにおいて0.2秒超の短絡の開放が生じた場合は、セーフティー回路の機能が動作し、出力を停止し、E.SAFエラー履歴が残る（図5のパターン1）が、それ以外の場合は、短絡の開放時のみ出力を停止し、その後は出力が徐々に回復し、E.SAFエラー履歴は残らない（図5のパターン2）。



	短絡の開放の状況	インバーターの動作
パターン 1	S1 部又は S2 部のいずれかにおいて、0.2 秒超の短絡の開放。	インバーターは出力を停止し、E. SAF エラー履歴が残る。
パターン 2	上記以外の短絡の開放 (S1 部又は S2 部の 0.2 秒以下の短絡の開放、PC、SD 部又は SIC 部の短絡の開放等)。	インバーターはいったん出力を停止するが、短絡の開放が解消すると徐々に出力が回復する。E. SAF エラー履歴は残らない。

(注) S1、S2、PC、SD、SIC 部は端子部の接点及びそれに繋がるコネクタ部の接点を表す。

図 5 S1、S2、PC、SD、SIC 部の短絡の開放時のインバーター動作

事故機のインバーターの出力が停止したのは、

- ・2.6.2 (5) より、令和 2 年 8 月 13 日及び令和 2 年 8 月 14 日の事故のいずれにおいてもインバーターに E. SAF エラー履歴は残っていなかったこと
- ・2.7.2 より、インバーターの S1 部又は S2 部いずれかの 0.2 秒以下の短絡の開放及び S1、S2 部両方同時の短絡の開放 (PC、SD 部又は SIC 部の短絡の開放に相当する) の再現実験でインバーターの出力が一時的に停止することで、ブレーキ部の水路の水位が危険水位に達し、インバーターの出力回復により、徐々に水位が回復することが確認されたこと

- ・2.6.2 (6)より、同様の事象と考えられる事象 (E. SAF エラー履歴なくポンプ回転数低下) が事故後の試験運転中に確認されたこと

から、S1 部又は S2 部における 0.2 秒以下の短絡の開放又は PC、SD 部又は SIC 部における短絡の開放 (図 5 のパターン 2) のいずれかが生じたことによるものと考えられる。

3.6 インバーターセーフティー回路における短絡の開放に関する分析

2.6.2 (1)、(2) より、インバーターの使用場所は塵埃ない室内とされているのに対し、事故機のインバーターの設置された屋外分電盤内、インバーターの端子部及びコネクタ部に塵埃が付着していたことが認められる。

2.6.2 (1) より、インバーターの使用環境の条件は、周囲温度 50℃以下とされているのに対し、以下より屋外分電盤内の温度は日や時間帯によって 50℃を超える場合があると考えられ、事故前からインバーターの周囲温度が 50℃を超えた状態でインバーターを使用していたと考えられる。

- ・2.6.2 (2) より、屋外分電盤内の温度は分電盤内の右側面中央に設置した温度計にて測定しており、温度計の値の確認は 15 分から 30 分ごとに分電盤の扉を開けて行っているため、分電盤内の温度は扉を開けた際に流入した外気の影響を受けていると考えられる。通常の使用では屋外分電盤の扉は閉めたままであり、実際の分電盤内の温度は、事故後に測定された 50℃よりも高くなっていたと考えられること。
- ・2.6.2 (2) より、屋外分電盤内の温度 50℃が測定された日の伊勢崎市の最高気温が 38℃であるのに対し、令和 2 年 8 月の最高気温は 11 日 (事故前) の 40.5℃であること。

2.6.2 (8) より、インバーターは塵埃、温度、振動等の影響によりコネクタ部で接触不良が生じる可能性があり、過去にも接触不良が発生したものが複数件あったと認められる。

以上から、事故機のインバーターにおいて、3.5 の短絡の開放が生じたのは、端子部又はコネクタ部の接点への塵埃の付着、端子部又はコネクタ部の樹脂製の筐体が高温により熱膨張し微小な変形が生じたことによる接点間の微小な隙間の発生により、一時的な接触不良が生じたことによるものと考えられる。

3.7 インバーターの端子部又はコネクタ部の一時的な接触不良での危険水位の継続時間と衝突に関する分析

2.7.2 再現試験（インバーターと循環ポンプの動作）に関する情報より、ブレーキ部の水路の水位が41cmの状態から端子部又はコネクタ部の接触不良による0.2秒以下の短時間の短絡の開放を実施した場合でも、危険水位（35cm以下）の継続時間は約32秒であり、基準水位39cmの状態から同様の短絡の開放となった場合の危険水位（35cm以下）の継続時間は約45秒と推定される。2.5より、乗物のブレーキ部の水路の通過時間は、4秒程度であることから、危険水位の間に乗物がブレーキ部の水路を通ったため、十分に減速できず、カーブ部の外側側壁に衝突したと考えられる。

2.7.2 再現試験（インバーターと循環ポンプの動作）に関する情報、3.3水路への給水に関する分析より、2回目の事故時においては、水路への給水が運用どおりに行われなかったことにより、インバーターの出力停止が発生する前のブレーキ部の水路の水位は最低で約36.5cmであり、その場合、危険水位（35cm以下）の継続時間は約60秒に増加していたと考えられる。2.5.1水路の水位に関する情報より、乗物がブレーキ部の水路を通過した後、次の乗物が通過するまでの時間は短い場合で70秒程度であることから、事故発生の可能性が高くなっていったと考えられる。

4 原因

本事故は、ウォーターシュートの乗物が急降下部で加速した後、ブレーキ部で十分に減速していない状態でカーブ部に進入し、カーブ部の外側側壁に衝突したものである。

乗物がブレーキ部で十分に減速していない状態となったのは、ブレーキ部の水路の水位が危険水位まで低下し、水の抵抗による制動力が不足したためと考えられる。

ブレーキ部の水路の水位が危険水位まで低下したのは、インバーターの端子部又はコネクタ部の接点が一時的に接触不良となり、インバーターの出力が停止したことで、循環ポンプが一時停止したためと考えられる。

インバーターの端子部又はコネクタ部の接点が一時的に接触不良となったのは、インバーターの使用環境（周囲温度と塵埃）が仕様の条件を満たさず適切な環境でなかったためと考えられる。

5 再発防止策

事故機については、現時点では運転休止となっている。所有者及び管理者が提案した再開時に実施する再発防止策は以下のとおりである。

- (1) インバーターの使用環境（周囲温度や塵埃有無等）の条件を満たすように使用環境を見直した上で、新しいインバーターに交換する。
- (2) ブレーキ部への水位センサーの設置及びインバーターの出力停止を検知する機能を追加し、異常時に上昇部（コンベア）の運転を停止するよう制御回路の変更を行う。
- (3) ブレーキ部の水路の水位確認と給水の規定を事故機の取扱説明書に明記する。
- (4) 維持保全計画書に使用環境（周囲温度や塵埃有無等）に応じたインバーターの使用及び水位センサーの設置等の適切な水位管理に必要な措置を行うことを明記する。

6 意見

国土交通省は、ウォーターシュートのうち、ブレーキ部の水路の水位維持にポンプを使用しているものの所有者及び管理者に対し、適切な水位管理の措置として、以下を指導すること。

- (1) ポンプのインバーターの使用環境（周囲温度や塵埃有無等）の条件と使用環境を確認し、適切な使用環境を確保するか使用環境に応じたインバーターを使用すること。
- (2) 水位センサーの設置等により、異常時に上昇部（コンベア）の運転を停止する安全対策を講じること。
- (3) これらの事項を維持保全計画書等に位置付けることにより、維持保全の体制に変更が生じた場合も引き継がれ、継続的に実施されるようにすること。