

# 道路機械設備の効率的なメンテナンスに向けて ～新たな維持管理手法の提案～

松尾久美子<sup>1</sup>・桜田明彦<sup>2</sup>

<sup>1</sup>名古屋国道事務所 工務課 (〒467-0833名古屋市瑞穂区鍵田町2-30)  
<sup>2</sup>沼津河川国道事務所 品質確保課 (〒410-8567静岡県沼津市下香貫外原3244-2)

名古屋国道事務所では、9種類、台数にしておよそ約1600台の多種多様な道路機械設備を維持管理しているが、老朽化が進行しており、より効率的な維持管理が必要となっている。そこで、道路機械設備のほとんどは「日々稼働している」という特徴に着目して信頼性解析を行った結果を報告し、道路機械設備の新しい維持管理手法を提案する、

キーワード：維持管理、道路機械設備、信頼性解析、設備保全、点検

## 1. はじめに

名古屋国道事務所は、愛知県内の直轄国道8路線436.8kmの道路を管理し、道路利用者へ安全で安心な道路を提供し円滑な道路交通を確保している。

道路には、橋梁やトンネルなど土木構造物だけでなく、立体交差における地下道路の排水設備やトンネルの消火設備、共同溝の排水設備や換気設備など、道路の機能を維持するための多種多様な機械設備（以下「道路機械設備」という）が設置されている。これらの道路機械設備は運転することでその目的が達せられることから、土木構造物とは異なる手法により点検及び維持管理するための「道路関係設備(機械設備)点検・整備・更新マニュアル(案)」及び「道路管理施設等点検整備標準要領(案)」(以下「点検基準等」)が定められておりこれに基づき維持管理し機能の確保を図っている。

しかし、点検と整備や修繕の実施にあたっては「点検基準等」と現場実態が乖離している事例があり、結果として道路機械設備としての機能が確保されているとは言い難い状況も発生している。

そこで、現場実態に即した道路機械設備の効率的・効果的なメンテナンスを目指して信頼性工学を用いた検討を行い、新たな維持管理手法をとりまとめた。

本稿ではその新たな維持管理手法について紹介する。

## 2. 現状と課題

### (1) 名古屋国道事務所における維持管理の現状

名古屋国道事務所が管理する国道は都市部から山間部まで様々で管理延長も長いことから、多種多様な道路機械設備を管理しており、その数は9種類1600台にも及ぶ(表-1、写真-1)。

これら設備は昭和の時代に設置されたものが多く存在し老朽化が進行している状況である(図-1)。また、「点検基準等」に基づき維持管理を実施しているが、老朽化により多くの不具合が発生しており、すべてに対応が出来ていない現状がある(図-2、写真-2)。

これまで、不具合発生に対して設備の設置環境や稼働状況等を経験的に判断し対応しており機能停止による

表-1 名古屋国道事務所が管理する道路機械設備

道路機械設備名	設備概要	箇所数	台数
トンネル非常用設備 (トンネル消火設備)	トンネル内の消火設備。	1	2
共同溝附帯設備 (換気設備)	共同溝内で発生する有害ガスの排除、除湿及び温度の上昇を防止する設備。	425	795
共同溝附帯設備 (排水設備)	共同溝内の滞水を排除する設備。	385	796
道路排水設備	道路の雨水、融雪水、地下水などを強制的に排出するための設備。	10	29
道路排水設備 (地下横断歩道)		19	37
車両重量計設備	一般的制限値を超える車両の総重量等を停止状態で計測する設備。	4	4
車両計測設備	一般的制限値を超える車両の総重量等を走行状態で計測する設備。	4	4
昇降設備 (エレベータ)	横断歩道橋や地下横断歩道等に設置される設備。	6	11
ホイストクレーン	凍結防止剤散布車に薬剤を積載するための設備。	4	4
植樹帯散水設備	植樹された土地に水を撒くことを目的として設置されている設備。	2	2

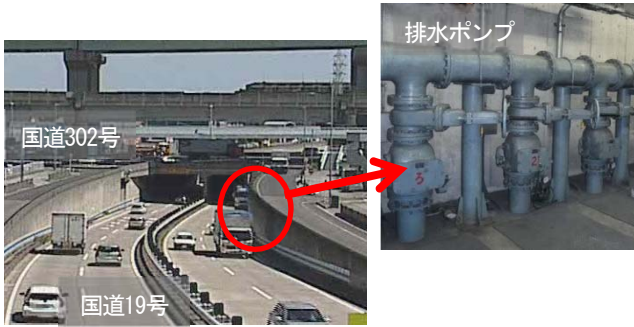


写真-1 道路排水設備 (国道19号と国道302号の交差点)

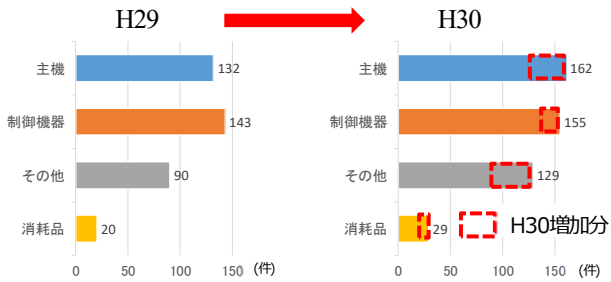


図-2 名古屋国道事務所道路機械設備の不具合発生状況

重大な事象は発生させていないが、今後さらに老朽化が進行し不具合に対しての修繕等がますます追いつかなくなるといって看過できない状況に陥ることが予想される。

## (2) 名古屋国道事務所における維持管理の課題

道路機械設備は「点検基準等」に基づき実施しており、その内容は、①定期的点検（月点検と年点検）による不具合箇所の把握と機能評価のための計測の実施、②計測結果による機能評価、③機能評価により使用不可と判断された機器の修繕・更新、という保全サイクルとなっている（図-3）。

しかし、名古屋国道事務所においては管理する設備数が多く仮に全設備の月点検を実施しようとすると年間645日が必要となり、またコストも多大となることから、年点検1回に加え年1～3回程度（設備で異なる）の月点検相当の点検を実施している現状にある。

このため、「点検基準等」に基づく傾向管理のための計測が不十分となりデータが不足するため、不具合箇所を発見しても修繕や機器更新に踏み切れず経過観察と判断し不具合傾向が解消されず存置されている設備が増加する状況（図-2）となっている。

さらに、設備数が多いため年間の点検データは膨大で資料の取り纏めにも多大な労力を要しており保全サイクルを妨げる要因となっている。

また、現行の「点検基準等」は河川の排水ポンプやダムの水門扉などと同様の点検や管理の手法が定められているが、稼働形態や設備規模等が異なる道路機械設備と河川・ダム等の機械設備で定期点検の頻度などが同じでなければならないのかという機械工学面からの疑問もある。

これらの問題を解消し、名古屋国道事務所管理す

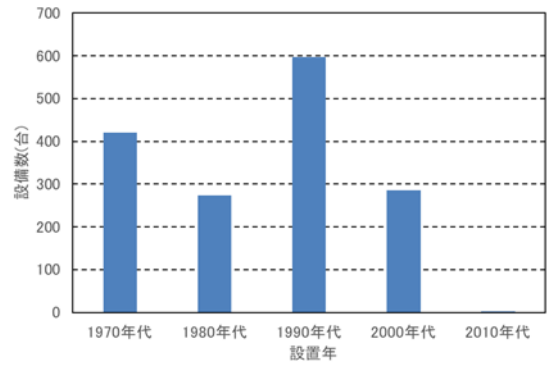


図-1 名古屋国道事務所の管理する設備の設置年度



写真-2 共同溝付帯設備の不具合状況

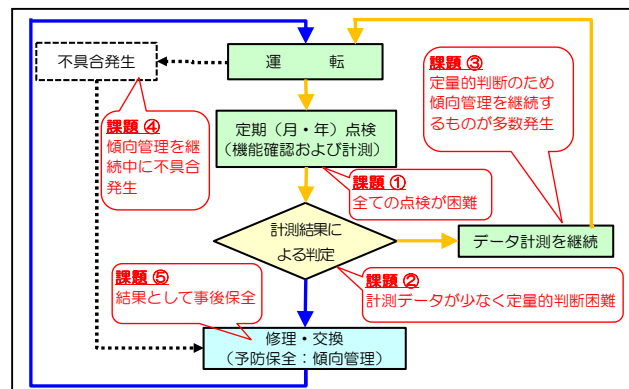


図-3 道路機械設備の保全サイクル図と課題

道路機械設備をより合理的に維持管理する方法を検討するため、第一の問題点である点検について再整理することとした。

## 3. 点検項目の検討

### (1) 道路機械設備の特徴

道路機械設備は河川・ダム用の機械設備と比べると、①規模が小さい、②常時動いている、という点が大きく異なっている。

たとえばポンプ設備の特徴を表-2に示すが、河川の内水被害を防止する内水排除用ポンプは洪水時以外運転しないことから、「管理運転」（毎月の点検で運転し動作と機能を確認すること）が定期点検の目的のひとつとなっている。また、点検対象のポンプは大口徑であり羽根車や軸など内部部品のレベルで点検する

基準となっている。

一方、道路排水ポンプは、常に運転しているため「管理運転」は不要であり、また、ポンプは小口径の汎用製品で、製造者による取扱説明書においても内部部品の点検までは求められていない。

こういった特徴をふまえ名古屋国道事務所管理するすべての道路機械設備について最適な点検項目を設定するための検討を行うこととした。

## (2) FMEA解析による機器の分析

点検項目の検討にあたっては客観的な分析を行う必要があることから信頼性解析に利用されるFMEA解析<sup>1)</sup>を実施した。

FMEA解析とは、重大故障の抽出を目的とする信頼性解析として一般的に広く活用されている手法で、設備の構成要素（機器・部品）ごとに、故障モードを抽出し、その故障が設備にあたえる影響度を相対的に定量評価し「設備に重大な影響を及ぼす部品（致命

部品）か否か」を判断する手法である（図-4）。

よって解析を行う構成要素は設備を構成する機械、機械を構成する部品、とできるだけ詳細に展開するのが基本となるが、道路機械設備を構成する小型汎用機械の内部部品の故障の復旧において①機能を失った機械を取外し→②機械を分解→③内部部品交換→④機械を組立て→⑤機械を取付け、という手順ではなく、①機能を失った機械を取外し→②新しい機械を取付け、という手順による復旧活動の方が、整備が短時間で済み早い時間で機能回復できる（信頼性が向上する）と考えられる。

このことから、道路機械設備のほとんどは常時運転しており点検や万一の故障時の復旧などの作業は短期間が望ましく、復旧手順や時間も含めた「設備に重大な影響を及ぼす部品（致命部品）」設定を重視することとし、各道路機械設備の稼働状態やこれまで経験している故障形態や修繕方法等も踏まえ、構成部品すべてを詳細に展開しないこととした。

解析結果のうちポンプの致命部品の一部事例を図-5に示すが、道路排水設備においては排水ポンプそのものを致命部品と評価することで、河川の内水排除用ポンプに比べ致命部品数（点検対象）が大きく変化することがわかる。

表-2 河川と道路におけるポンプ設備の比較

	河川分野 内水排除用ポンプ	道路分野 道路排水用ポンプ
運転	洪水時	常時
ポンプ口径	1000mm~2000mm	100mm~200mm
操作	操作員による操作	水位計による自動操作
動作確認	点検時のみ可能	常時可能

FMEA解析シート

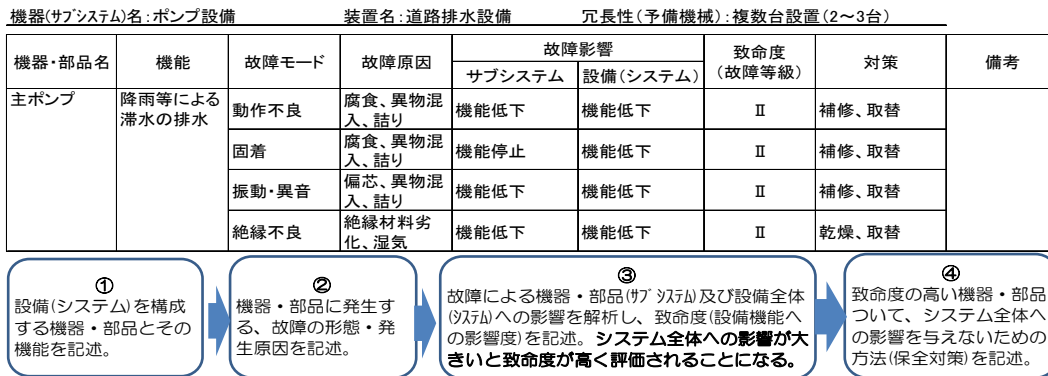


図-4 FMEA解析シートと解析手順

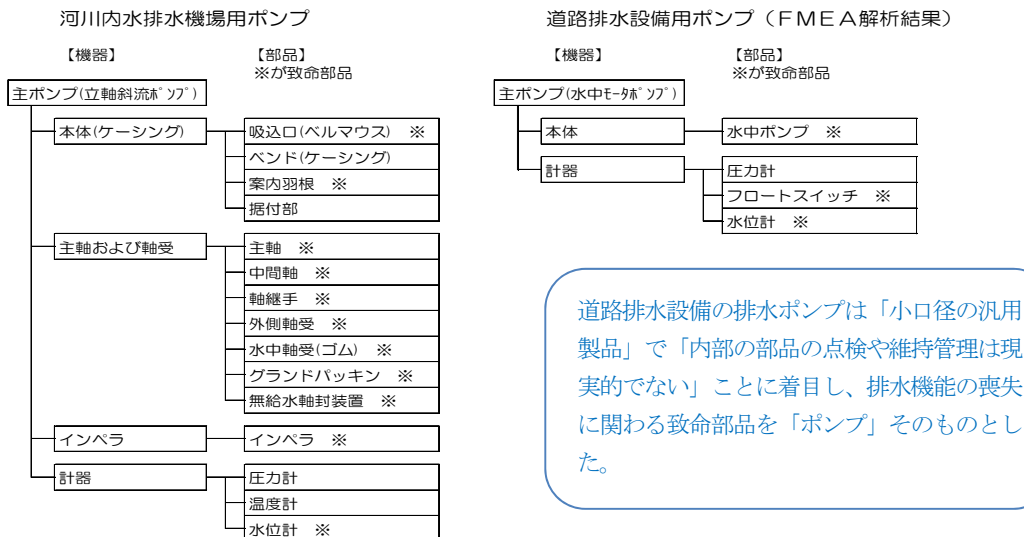


図-5 河川用設備と道路用設備の致命部品比較

## 4. 保全方法の検討

### (1) RCM解析による保全項目の検討

FMEA解析により道路機械設備の維持管理対象とした致命部品の維持管理手法を検討するために、RCM解析<sup>2)</sup>を実施した。

RCM解析とは信頼性向上保全性作業計画手法とも呼ばれ、FMEA解析を用いて抽出した致命部品について、信頼性の確保に着目しながらその致命部品に対しての保全方式と保全周期を検討する手法で、航空、発電をはじめとする多くの産業分野で活用されている。

今回は、道路機械設備の特性を考慮した図-6に示すRCMロジックツリーといわれる検討フローにより、点検区分と保全区分を整理することとした。以下に解析のポイントを示す。

#### a) 故障形態

維持管理手法は、図-7に示すように予防保全と事後保全に分類され、河川・ダム用機械、道路機械設備とも「点検基準等」により状態監視保全による予防保全が実施されている。

しかし、そもそも突発的に故障する機器や部品は故障したら交換する事後保全とすることで点検を省略できるため、FMEAで抽出した致命部品の故障モードに基づき、予防・事後の保全区分を分類することとした。

#### b) 稼働形態の反映

機械の稼働とは機能を発揮している運転状態（主たる機械が運転している状態）と考えるのが一般的でこれまで河川・ダムや道路に設置される機械設備のほとんどは「非」常用として考え、常時は機械が休止状態にあるという前提で維持管理がなされている。しかし、道路機

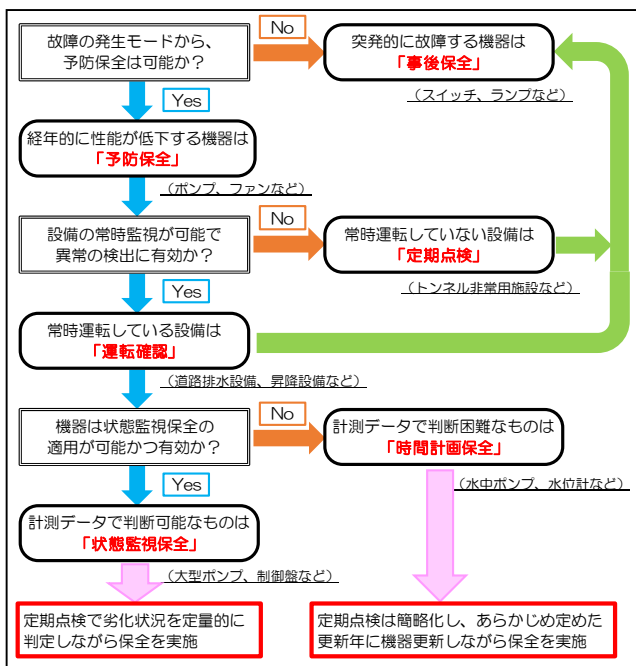


図-6 RCMロジックツリー

械設備は、常時無人で規定の水位や温度、時間になった場合ただちに運転を開始しなければならないため、FMEA解析において致命部品と評価した水位計やタイマーなど監視・制御装置は常に稼働している。

したがって、主機械は停止していても運転のための条件を常時監視している時間を「ホットスタンバイ」と定義し、設備の稼働中として各道路機械設備の稼働形態を評価し点検区分を分類することとした。

道路機械設備の稼働状況の整理結果を表-3に示す。

#### c) 点検区分の整理

「点検基準等」では定期点検は「月点検」「年点検」が設定されているが、月点検は洪水時のみに稼働する河川・ダム用機械設備の試運転と点検を行うために設定されているもので、常時稼働状態にある道路機械設備で試運転を目的に月点検を実施する必要性は薄いと考えられる。

道路機械設備は、出張所における道路の巡視やCCTVによる監視で異常の発見がしやすく、また従来から名古屋国道事務所においては10カ所の道路排水設備の遠方監視システムを導入し、機械係において日常の監視を行っている（写真-3）。そこでこれら日常の確認行為を新たな点検区分「運転確認」として設定し、従来からの定期点検と区分しRCM解析で有効性を判断することとした。

#### d) 保全手法の整理

FMEA解析により致命部品は小型水中ポンプなどの機器単位で抽出されることがわかった。これらは汎用



図-7 保全方式の分類 (JIS-Z8115)

表-3 稼働形態区分

区分	待機系設備	常用系設備
定義	日常の大半は待機状態で稼働しておらず、必要な時に稼働する機械設備	常にホットスタンバイの状態を維持し、日常的に稼働している機械設備
該当設備	トンネル非常用施設	道路排水設備 共同溝付帯設備 車両計測設備 駐車場設備 車両重量計設備 道路用昇降設備 植樹帯散水設備 雪寒基地荷役設備



写真-3 名古屋国道事務所工務課の監視システム

表-4 今回設定した道路機械設備の更新年数

設備	項目	標準年数	考え方
道路排水設備	水中ポンプ	18	名古屋国道事務所管内の水中ポンプ（共同溝附帯設備（排水）含む）の取替実績
	逆止弁	28	汎用品であり、河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル（案）における「逆流防止弁」；弁体「更新年数を参照
	配管	40	汎用品であり、機械設備管理指針における「排水ポンプ設備：主配管」更新年数を参照
	取付ボルトナット	-	小修繕対応により定期的な整備は計画しない。
	操作盤	19	名古屋国道事務所管内の操作制御設備（共同溝附帯設備含む）の取替実績
	PLC	10	汎用品であり、機械設備管理指針における「排水ポンプ設備：PLC本体」取替年数を参照
	盤内配線	-	小修繕対応により定期的な整備は計画しない。
	フロッツスイッチ	14	名古屋国道事務所管内のフロッツスイッチ（共同溝附帯設備含む）の取替実績
	投込み式スイッチ	14	名古屋国道事務所管内のフロッツスイッチ（共同溝附帯設備含む）の取替実績
	伝送盤	19	名古屋国道事務所管内の操作制御設備（共同溝附帯設備含む）の取替実績
	分電盤	19	名古屋国道事務所管内の操作制御設備（共同溝附帯設備含む）の取替実績
	配線用遮断器	10	汎用品であり、機械設備管理指針における「排水ポンプ設備：電磁接触器」取替年数を参照

機械であり経過年数により寿命が定まるものがほとんどで故障時には機器を一体で交換するため、傾向管理ではなく時間管理による予防保全（経時保全）も取り入れRCM解析で有効性を判断することとした。

なお、経時保全の前提となる道路機械設備の機器寿命は定められたものが無いため、今回名古屋国道事務所におけるこれまでの更新実施年数により定めることとし、汎用品については河川・ダム用機械の基準に準じて設定した（表-4）。

また、時間管理による予防保全を基本とするものの日常的に「運転確認」による突発の異常発見がされた際は、緊急事後保全を実施することで機能を確保することとした。

(2) RCM解析結果

上記(a)から(d)のポイントに着目しRCM解析を実施した結果のうち、道路排水設備のポンプの事例を表-5に示す。

表-5 RCM解析結果（道路排水設備）

稼働形態	設備形式	機器名	機能	故障モード	致命度(故障等)	劣化モード	保全タイプ	予防保全作業の内容					
								ヒコク保全	メンテナンス	経時保全			
常用系設備	道路排水設備	ポンプ設備	主ポンプ	降雨等による滞水の排水	動作不良	II	総化	予防保全	運転確認	保全作業(定期点検)	作業の周期	作業の周期	
									監視・巡回	排水状況確認 電流値測定 電圧値測定	1年	取替	18年
									排水状況確認 電流値測定 電圧値測定	1年			
									運転時点検	1年			
									絶縁抵抗測定	1年			

道路機械設備の特性を踏まえて設定した検討項目のほとんどが適用でき点検をはじめとする維持管理方法の見直しに効果が期待できることがわかった。

5. 新たな維持管理手法

(1) 新たな点検方法

FMEA解析及びRCM解析の結果、道路機械設備の点検方法と内容を大きく見直しできることがわかった。

そこで、常時稼働している設備については、月点検は実施せず日々の「運転確認」で異常の有無を点検することとし、点検項目（箇所）も機器単位を基本とするなど大幅な合理化を図ることとした。道路排水設備（ポンプ）の点検項目表の対比を図-8に示す。

(2) 新たな修繕、機器更新方法

従来の部品レベルの傾向管理に基づく機能評価結果による修繕や更新（状態監視保全）では時期の見極めが困難で最適な時期に対応できていなかったことから、機器単位で経過年数により更新する時間計画保全を取り入れることとした。なお、故障による早期更新や逆に故障がなく更新年数が伸びる可能性があるため、更新データを蓄積し、更新年を定期的に見直すことで適切な保全を実施することとする。

現行の点検項目表

区分	点検整備		点検・整備周期と点検方法				点検条件	良否の判定方法および判定基準
	点検項目	点検内容	トレンド管理	定期点検		臨時点検		
				月点検	年点検			
道路排水設備	全般	清掃状態	E	E			休	汚れが付着していないこと。
		外観	E	E			休	汚損、塗装の剥離、劣化がないこと。
	ボルト	緩み・腐食・脱落	-	E, H			休	緩み・腐食・脱落のないこと。
	羽根車	状態	-	E, H			休	損傷・磨耗がないこと。
	軸受	状態	-	E, H, S			休	異常のないこと。
	潤滑油	油量	-	E			休	規定量であること。
		油質	-	E, H			休	変質していないこと。
	水中ケーブル	絶縁抵抗	-	M			休	規定値以上であること。
	モーター	絶縁抵抗	-	M			休	規定値以上であること。
	浸水検知器	絶縁抵抗	-	M			休	規定値以上であること。
	運転	振動・騒音	E, H	E, H			運	異常のないこと。
	電流値	正常確認	E	E			運	規定値であること。
	電圧値	正常確認	E	E			運	規定値であること。
	吐出圧	正常確認	E	E			運	規定値であること。
	吐出量	正常確認	E	E			運	規定値であること。
ガイドパイプ	状態	-	E			休	緩みがないこと。	

検討の結果合理化された点検項目表

区分	点検整備		点検方法				点検条件	良否の判定方法および判定基準		
	点検項目	点検内容	トレンド管理	定期点検		臨時点検				
				月点検	年点検					
道路排水設備	全般	清掃状態			-	E		休	ひどい汚れ、油等の付着がないこと。	
		外観			-	E		休	変形、損傷がないこと。	
	水中ポンプ	水中ポンプ	振動・騒音			-	E, H, S		運	異常のないこと。
			電流値			-	M		運	規定値であること。
			電圧値			-	E		運	規定値であること。
			吐出圧			-	E		運	規定値であること。
			絶縁抵抗			-	M		休	基準値以上であること。
			吐出状況			-	E		運	正常に排水していること。

図-8 RCM解析結果に基づく点検項目表の改善

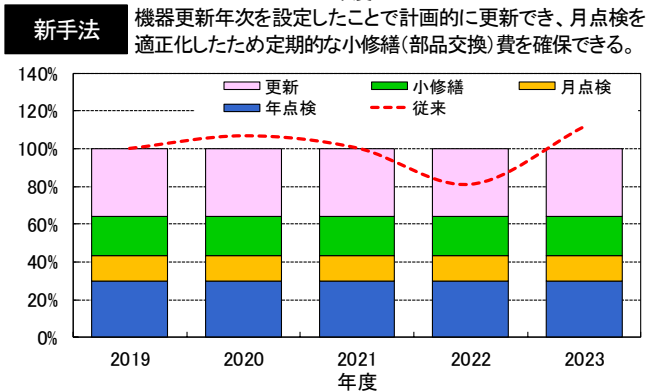
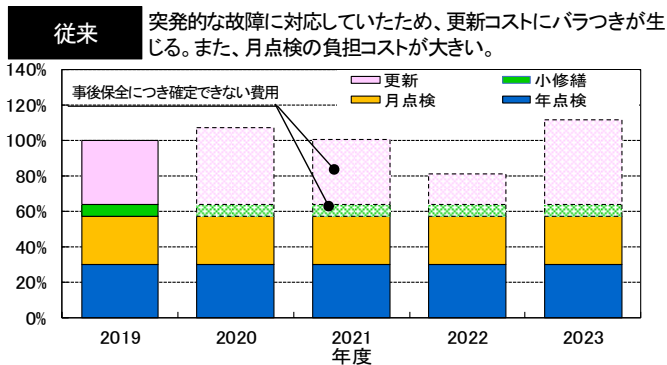


図-9 コスト配分の改善効果

### (3) 新しい維持管理手法の効果 (維持管理計画)

新しい維持管理手法による維持管理を行う維持管理計画を策定しコスト効果を検証した結果を図-9に示す。

特に、月点検を日々の運転確認に変更することで、月点検のコストをこれまで後回しとなっていた小修繕(部品交換)に安定して活用できることから、緊急事後保全の確実な実施の担保となることがわかった。

また、機器更新の年数を定めたことで計画的に機器更新できるようになり、結果として毎年の維持管理コストを平準化できる。

このように、機能の確保の確実性の向上が経済的に実現できる。

### (4) 業務の効率化を進めるための取り組み

今回の検討により、維持管理(特に点検)の合理化が図られるが、名古屋国道事務所において維持管理する設備数そのものは変わらないため、点検結果の整理や維持管理計画の立案と見直しなどには多大な労力を要することは変わらないといえる。

このため、今回すべての設備の信頼性解析を実施し新しい点検項目を整理したのに合わせ、点検結果を電子化して保存することで、設備や機器の履歴の管理や、機器更新年の定期的な見直しなどを行うデータベースシステムも整理した。

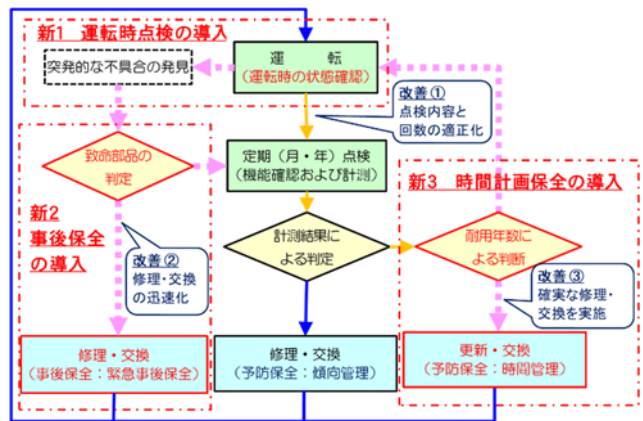


図-10 新たな手法による道路機械設備の保全サイクル図

これによりこれまで時間を要していた点検結果がペーパーレスで即時に点検者から事務所担当課へ送付されるため点検作業そのものも効率化できる。

また、このデータベースも含む今回の検討成果を用いて既存の「点検基準等」を補足する「名古屋国道事務所道路関係設備(機械設備)点検・整備・更新マニュアル(案)」を策定して、事務所担当者または保守点検や維持修繕受注者が変わっても同一思想で維持管理を続けていけるような体制作りも行った。

図-10に今回の検討結果に基づく維持管理手法による保全サイクルを示す。

## 6. おわりに

今回名古屋国道事務所の道路機械設備をより効率的に維持管理していくための検討を行った結果に基づき新しい維持管理手法をとりまとめることができた。

すでに新しい手法による点検や維持管理を始めており、効果の確認や新たな問題点の有無等を確認しながら、維持管理の合理化を進めていきたい。

名古屋国道事務所は多数の設備を管理していることから新たな取り組みによる改善の効果は大きいものと考えられるが、道路機械設備がもつ特徴は共通していることから、本報告が他事務所における維持管理業務の改善の参考になれば幸いである。

**謝辞:** 本検討にあたり現場調査の実施には名古屋国道事務所各維持出張所の皆様及び維持管理工事・業務等受注者の皆様のご協力があったことを記し謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 小野寺勝重: 実践FMEA手法, 1999
- 2) 小野寺勝重: 保全性設計技術, 1990