

# 長期使用における安定稼働を目指した 除雪機械整備のマネジメント手法の検討

北海道開発局 事業振興部 機械課 ○佐々木 憲 弘  
工 藤 秀 一  
佐々木 智 章

北海道開発局は現在1,029台の除雪機械を保有し、冬期の除雪作業を行っている。しかし近年の機械関係予算の削減により除雪機械の使用年数が延伸してきており、老朽化による故障件数の増加や、部品調達が困難になることによる修理日数の長期化が問題となっている。

予算の制限がある中で、除雪機械を長期的に安定稼働させ、信頼性の高い冬期道路管理を実施するためには、的確かつ効率の良い予防整備を行うマネジメント手法の検討が必要である。

平成23年度は、除雪機械の予防整備の指標とするため、故障・稼働データ等の整理・分析を行ったので中間報告する。

キーワード：除雪機械、予防整備、アセットマネジメント

## 1. はじめに

我が国は国土面積の約60%が積雪寒冷地特別法（雪寒法）に属し、全人口の約20%に当たる2,800万人が暮らしている。その中でも北海道は、殆どの都市が年間100日以上積雪日数を記録しており、札幌市では年間の最深積雪は100cm、累計降雪は5mにも達する。降雪や積雪が道路交通に与える影響は大きく、北海道の国道における全通行止め件数の約半数は、吹雪、雪崩、積雪による影響である。

また北海道は広域分散型の地域構造であり、都市間の平均距離は140kmと全国平均の2倍以上となっている。そのため、北海道内の人と物の流れは自動車支えており、道路交通は北海道住民にとって生命線と言える状況になっている。

冬期間における道路交通は、除雪機械による除雪作業や凍結防止剤散布車による散布作業により確保されている。しかし、近年の公共投資の抑制などを背景とした、建設機械整備予算の削減により、大幅に除雪機械の更新（使用）年数が延伸しており、老朽化による故障件数の増加や、部品調達が困難になることによる修理日数の長期化が問題となっている。

予算の制約がある中で、除雪機械を長期に安定稼働させ、信頼性の高い冬期道路管理を実施するためには、的確かつ効率の良い予防整備を行うことが重要である。そのため、除雪機械の故障・稼働履歴や、除雪機械の使用環境による除雪負荷など、客観的なデータに基づいた除雪機械整備のマネジメント手法の検討に取り組んでいる。

## 2. 北海道開発局保有除雪機械の現状

前述のとおり除雪機械の計画的な更新が出来ないため、長期間の使用による故障の増大や、それに伴う不稼働日数（除雪作業が出来ない日数）が増大するなどの影響が懸念されている。

### (1) 購入台数の削減

除雪機械の購入台数が10年間で1/3までに低下している（図-1）。このままの購入台数で推移すると、1,029台（除雪機械台数）÷27台（年間更新台数）=38年となり、1台の除雪機械を約40年間使用せざるを得ない状況になることが予想される。

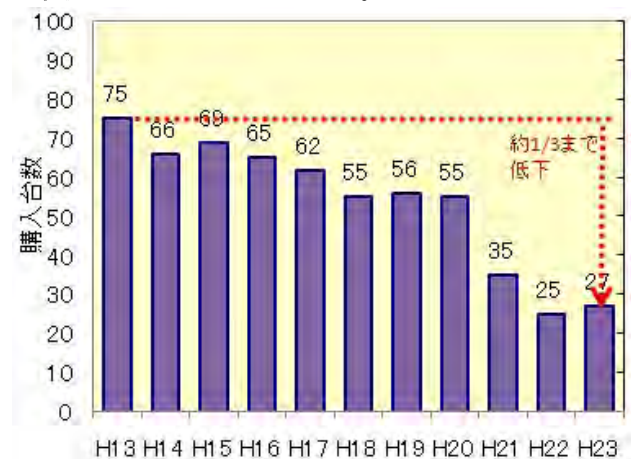


図-1 除雪機械購入台数の推移

### (2) 進行する機械の老朽化

上記購入台数の削減により、除雪機械の使用年数が急伸してきている。平成19年度は15年以上使用している除

雪機械が1台であったが、平成23年度においては、全体台数の約14%にあたる144台が使用年数15年を超えた（図-2）。一般的に部品の供給年限は生産中止後10年とされており、これらの機械は故障修理や整備時に、部品の供給が困難になる可能性が考えられる。

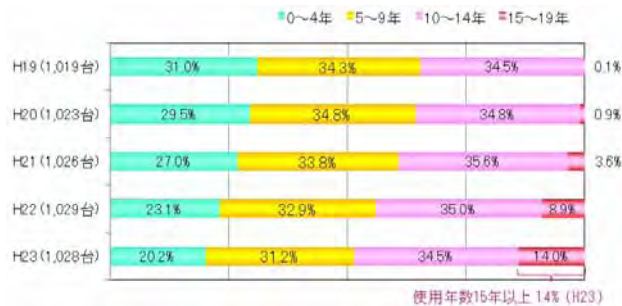


図-2 除雪機械使用年数の割合

### (3) 重故障の頻発による不稼働期間（修理期間）の増大

除雪機械の故障発生件数が平成16年度では23件であったが、平成22年度には400件を超えた（図-3）。また除雪機械の故障による不稼働日数（除雪機械全体の延べ日数）が平成16年度では50日程度であったが、平成22年度では900日を超えた。

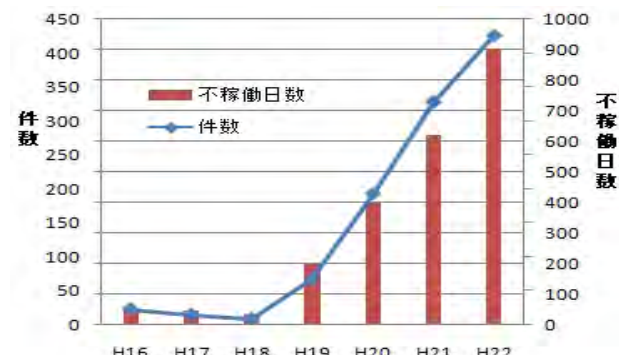


図-3 除雪機械故障発生件数と不稼働日数

以上のように、北海道開発局が保有する除雪機械は、長期使用による老朽化が進み、除雪事業に与える影響も懸念され始めている。

## 3. 除雪機械の使用年数と故障発生の傾向

機械の故障発生については、故障の分類と故障発生の時期により、一般的に「故障率曲線(Bath tub Curve)」で表わされる。そこで一般的な故障の傾向と、北海道開発局における除雪機械の使用年数と故障発生の傾向を整理した。

### (1) 故障率曲線

故障率曲線とは、機械や装置の時間経過に伴う故障率の変化を表示した曲線のことであり、その形からBath tub Curveと呼ばれている。一般的に機械や電気製品等の故障発生率はこのような傾向があるとされている

(図-7)。

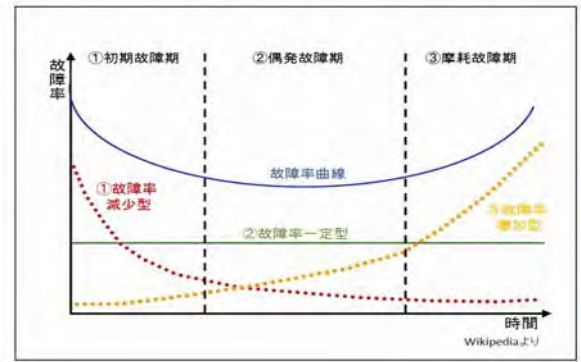


図-7 故障率曲線

#### 1) 故障発生率変化の分類

機械の使用時間の経過に伴う故障率の変化は、次の3種類に分類される。

##### ①故障率減少型

時間の経過とともに故障率が減少して行くものであり、製造上の欠陥（初期不良）が原因とされている。

##### ②故障率一定型

故障が時間の経過に関係のないものであり、突発的な事象による故障が原因とされている。

##### ③故障率増加型

故障が時間の経過とともに増加していくものであり、摩耗・損耗が原因とされている。

以上、3つの故障発生変化を合成したものが故障率曲線である。

#### 2) 故障率曲線の領域

故障率曲線は、次の3つの領域に分けられる。

##### ①初期故障期

この領域では故障率は時間の経過とともに低下し、やがて安定した状態になる。製造上の欠陥のために、使用開始とともに故障が発生する時期であるが、リコール制度やメーカーの製品管理が充実したため、現在ではほとんど無くなっている。

##### ②偶発故障期

この領域では故障率は時間の経過に関係なく、ほぼ一定である。初期不良が除外された後でごく稀にしか発生しない状況である。

##### ③摩耗故障期

この領域では故障率は時間の経過とともに急激に増加する。部品などに摩耗や劣化が蓄積された状態であり、一般的には寿命が尽きたとみなされる。この時期が早く来るか遅く来るかは、その機械の使用環境、負荷、維持管理方法によって変化する。そのため、的確な予防整備を行い、摩耗故障期をいかに遅らせるかが重要である。

#### (2) 北海道開発局における除雪機械の傾向

北海道開発局保有除雪機械について、使用年数毎の故

障発生傾向を整理した。図-8は使用年数毎の故障率を整理したグラフである。使用年数の経過とともに故障率が増加している。特に9年目以降は高くなる傾向にあり、劣化や摩耗が急激に増加する摩耗故障期に入ったものと想定される。そのため、7～8年目に適切な予防整備を実施することにより、摩耗故障期を先に延ばし、長寿命化することができると考えられる。



図-8 除雪機械故障率

図-9は故障が発生した機械における使用年数毎の平均修理日数を整理したグラフである。平均修理日数は2日前後で推移しているが、16年目以降は修理に要する期間が長期化する傾向がある。これは長期間使用したことによる大規模故障の増加と、部品調達に時間がかかることが原因と推定される。そのため、この時期が来る前に適切な予防整備をしなければ、故障発生時の除雪事業に与える影響が大きくなる。

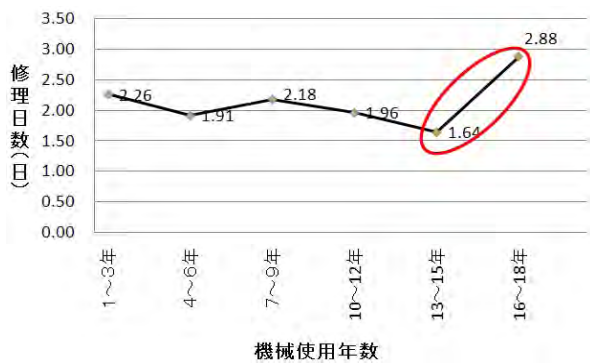


図-9 除雪機械平均修理日数

#### 4. 除雪機械の整備支援手法の検討

除雪機械を長期的に安定稼働させ、信頼性の高い冬期道路管理を実施するためには、的確かつ効率の良い予防整備を行うことが重要である。そのため、除雪機械の故障・稼働履歴や、除雪機械の使用環境による除雪負荷など、客観的なデータに基づいた除雪機械の整備支援手法の検討を行った。

##### (1) 除雪機械故障状況の例

平成14～22年度に発生した除雪トラックの個所別故障件数は図-10のとおりである。このうち、G装置（路面

修正装置）、S装置（サイドウィング）、エンジン、クラッチ等の故障原因は、経年変化と作業負荷、エキゾーストパイプやオルタネータ等の故障原因は腐食等による経年劣化と推定される。参考に除雪トラックの各部名称を図-11に示す。

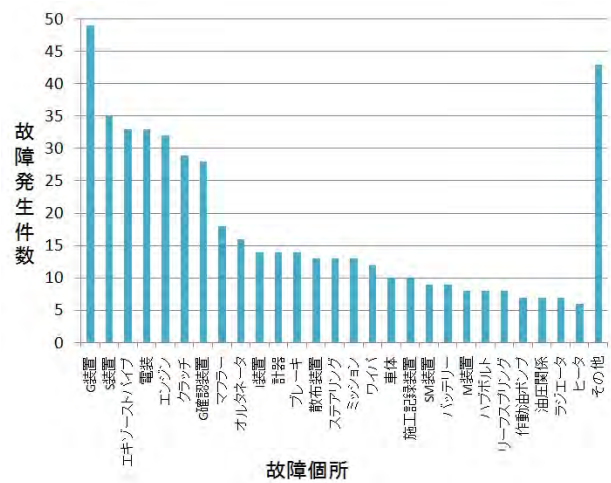


図-10 除雪トラック個所別故障件数



図-11 除雪トラック (10tIGS) の各部名称

##### (2) 故障原因別の分析手法の検討

それぞれの故障内容や原因別に、必要な予防整備を行うための分析手法について検討した。

###### ① 経年劣化による故障

経年劣化による故障を予防するためには、的確な時期に必要な箇所の分解整備や消耗部品の交換が必要である。そこで、各装置別の稼働時間と、過去の故障・整備履歴を分析し、的確な整備周期・整備パターンを検討する。

###### ② 作業負荷による故障

稼働時間が同程度の除雪機械でも、故障が発生している機械と未発生機械がある。それは除雪機械に対する負荷の違いによるものであり、要因としては除雪工区の特性等、以下が考えられる。

- ・路線特性（勾配、車線数、交通量、沿道状況）
- ・気象特性（降雪量、気温）
- ・その他（除雪水準、オペレータの技量、等）

上記2要因が、故障の発生に対してどの程度影響しているかを分析し、故障診断モデルの構築を実施する予定である。故障診断モデルのイメージを式-11に示す。

$$Y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + \dots + d \quad \dots \text{式-1}$$

Y : 整備の必要度合い  
 $x_1 \sim x_3$  : 故障要因 (稼働時間、沿道状況、気象等)  
 a ~ c : 補正係数  
 d : 切片

また、上記モデル式の信頼性を検証するため、除雪機械にセンサーを取り付け、各種負荷データの取得を行うことを計画している。なお、取得する負荷データは、エンジン回転数、作業油圧等を想定している。

## 5. 除雪機械の故障・稼働データの整理・分析

除雪機械の整備支援手法の検討結果に基づき、北海道開発局で保有している除雪機械の故障・稼働データの整理・分析を行った。

### (1) 北海道開発局の除雪機械保有状況

北海道開発局で保有している除雪機械は、1,029台である (平成22年度末現在)。都市間距離が長い北海道では高速除雪性能が必要であり、そのため除雪トラックが約半数を占めている (図-12)。

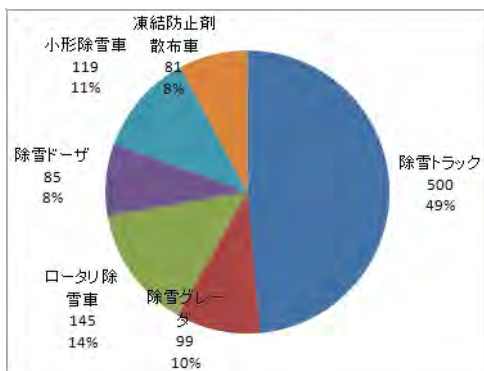


図-12 北海道開発局の除雪機械保有台数 (H22年度末現在)

### (2) 機械毎の故障発生状況

機械毎の故障発生件数の推移を図-13に示す。平成20年頃から急激に故障発生件数が急増している。中でも除雪トラックの増加傾向が顕著である。

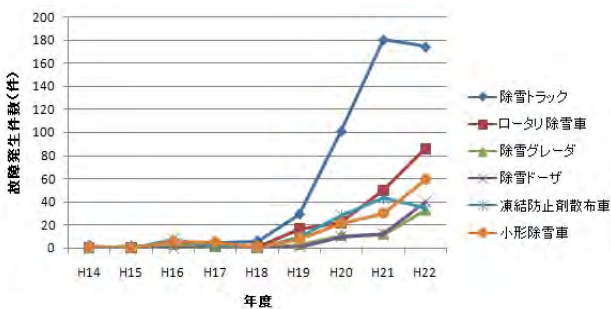


図-13 機種別故障発生件数の推移

除雪機械使用年数毎の故障発生件数を図-14に示す。除雪トラックは使用年数4年目で降から増加しており、

12年目でピークとなる。

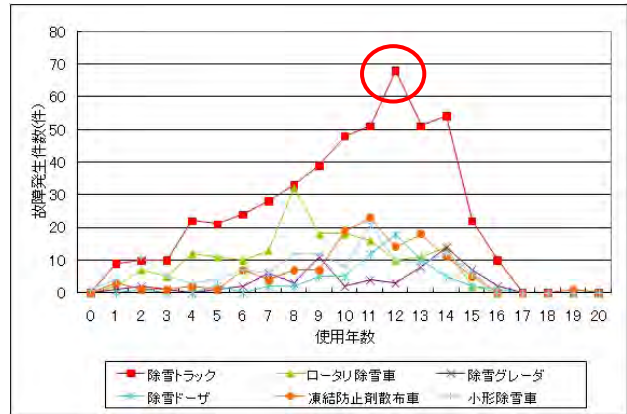


図-14 使用年数毎の故障発生件数

除雪機械稼働時間毎の故障発生件数を図-15に示す。除雪トラックは1,000~6,000時間で故障が発生し、4,000~5,000時間でピークとなる。また、ロータリ除雪車は除雪トラックに比べ、短い時間 (3,000~4,000時間) でピークとなる。

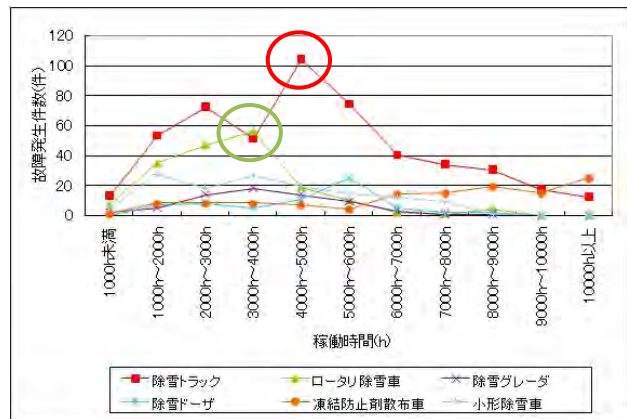


図-15 稼働時間毎の故障発生件数

### (3) 除雪トラックの故障発生状況

機械保有台数及び故障発生件数が一番多く、故障の発生が除雪事業に与える影響が大きいと考えられる除雪トラックについて、故障の分析を行った。

前述 (図-10) のとおり、平成14~22年度に発生した、除雪トラックの故障発生件数498件のうち、G装置 (路面正整装置) の故障が48件と10%を占めている。除雪トラックは主に降雪後の一次除雪を行う機械であり、I装置 (Iプラウ)、G装置 (路面正整装置)、S装置 (サイドウィング) の各装置が装着されている。中でもG装置は使用頻度が高く、また路面正整が最も負荷のかかる作業であるため、このような結果になったと予想される。

### (4) G装置の故障発生状況

除雪トラックの故障発生件数の最も多いG装置について、故障の分析を行った。

図-16はG装置故障発生件数の使用年数毎の推移を表したグラフである。使用年数の経過に伴い、故障発生件数が増加している。特に8~13年目でピークをむかえ、

それ以降は機械の更新により、減少している。

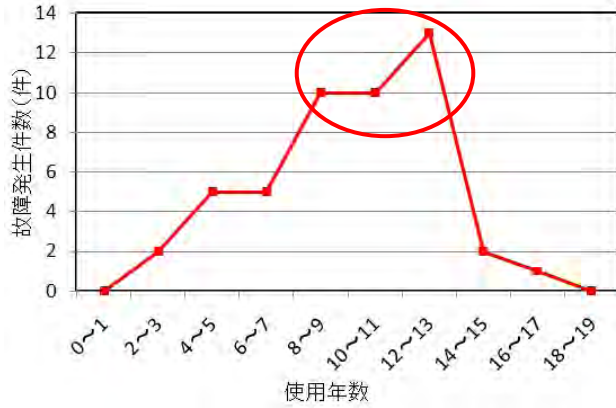


図-16 使用年数毎のG装置故障発生件数

図-17はG装置稼働時間毎の故障発生件数を表したグラフである。2,000時間を超えると急激に発生件数が増加している。このため、稼働時間のみで判断した場合、2,000時間程度を目安にG装置の予防整備を実施することが必要と判断される。

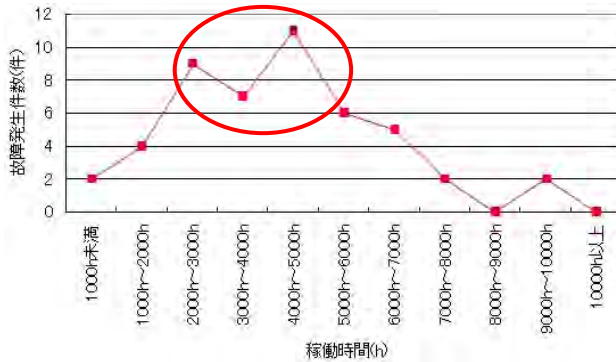


図-17 稼働時間毎のG装置故障発生件数

## 6. 除雪機械使用環境による故障要因の分析

除雪トラックのG装置の故障を抽出し、稼働時間の経過に伴って発生する故障傾向を分析したが、同じ稼働時間でも故障の発生している機械と発生していない機械がある。それは、除雪工区の路線特性（勾配、車線数、交通量、沿道状況等）や気象特性（降雪量、気温）などの作業負荷の違いに起因すると考えられる。

今後は「4. 除雪機械の整備支援手法の検討 (2) 故障原因別の分析手法の検討」のモデル式イメージを基に、上記の作業負荷要因を数値化し、稼働時間と作業負荷要因を考慮した、故障診断モデルの構築を行うことを予定している。

さらに、除雪機械に実際にかかる負荷を計測し、故障診断モデルの信頼性の検証を行うことを予定している。

## 7. まとめ

北海道開発局では、安全で円滑な冬期道路交通の確保を図るため、必要な除雪機械をいかに確保・維持していくかという課題に対し、その解決策を検討し、実践して

いくため、「除雪機械の最適化プロジェクト」を立ち上げ、取り組んでいる。その中のワーキンググループの一つである、「整備管理最適化WG」では、費用対効果の高い最適な整備、管理方法を検討しており、本検討もその一環として取り組んでいるところである。

今年度は、除雪機械の故障データの分析に取り組み始めたばかりだが、今後は、道路環境データや除雪機械整備履歴データ等の整理も行いながら、除雪機械整備の最適化に向け、取り組んでいきたい。