

平成29年度

除雪機械体制と除雪機械の老朽化リスクの見える化の検討

北海道開発局 事業振興部 機械課 ○大上 哲也
木下 豪
中村 隆一

積雪寒冷地に住む人々にとって冬期の円滑な道路交通の確保は不可欠であり、その手段である除雪には非常に高いニーズがある。しかし、近年は除雪機械の使用年数が大幅に伸び、老朽化による故障件数の増加や、修理期間の長期化など、潜在していた除雪機械の老朽化リスクが表面化している。

本稿では、北海道開発局における除雪機械、除雪機械体制及び除雪機械の老朽化の影響について調査したほか、除雪機械老朽化リスクの評価及び除雪機械と道路ネットワークをリンクさせた除雪機械の老朽化リスクの見える化について検討した。

キーワード：除雪体制、除雪機械、老朽化、見える化

1. はじめに

積雪・寒冷地域に住む人々の生活にとって冬期の円滑な道路交通の確保は必要不可欠であり、冬期の維持管理に対しては非常に高いニーズがある。その冬期維持管理の主体である除雪は、主に除雪専用機械や建設機械（以下「除雪機械」という）によって施工しており、除雪機械には高い信頼性が求められている。

しかし、近年の除雪機械は使用年数が大幅に伸び、老朽化による故障件数の増加や、部品調達の遅延等による修理期間の長期化など、潜在していた老朽化リスク（除雪機械の老朽化に伴う除雪作業に影響する故障リスク）が表面化している。¹⁾

本稿では、今後の除雪機械体制の参考とするため、北海道開発局（以下「開発局」という）における、除雪機械、除雪機械体制及び除雪機械の老朽化の影響と除雪機械の老朽化リスクの見える化等の検討について報告する。

2. 管理区間延長及び除雪機械保有台数

開発局では、一般国道6,321km、高規格幹線道路408km（平成28年度）を管理しており、平成10年7月には北海道で初めて高規格幹線道路が供用するなど年々管理区間延長が伸びている。また、除雪に必要な除雪機械は、平成28年度末現在1,044台を保有しており、管理区間延長の延伸などに伴い、平成8年度より120台増えている。

今後においても、高速自動車国道の直轄方式区間や一般国道の自動車専用道路の供用が予定されており、この区間を開発局で管理する場合には、管理区間は300km以上伸びることから、除雪機械を50台程度増強する必要がある（表-1）。

表-1 管理区間延長及び除雪機械台数

	H28管理 区間延長	事業・整備 区間延長	想定管理 区間延長
一般国道	6,321km	—	6,321km
高規格幹線道路	408km	308km	716km
高速自動車国道	156km	118km	274km
一般国道の自動車専用道路	252km	190km	442km
計（除雪機械台数）	6,729km (1,044台)	308km (48台)	7,037km (1,092台)

*事業・整備区間のうち高速自動車国道分は直轄方式区間延長
*除雪機械台数の増分は延長比率による想定

3. 除雪機械購入単価

継続的に除雪体制を確保するためには、老朽化した除雪機械は更新（購入）する必要がある。しかし、除雪機械の購入単価は高騰しており、現状の購入予算では必要な更新台数を確保できていない。

具体的には、平成26年度4月から消費税率が上昇（5%→8%）したほか、大気環境の改善を目的とした自動車排出ガス規制が強化されたため、ベースとなる機械のモデルチェンジや規格の統合などにより、最近の10年間で

平均30%程度上昇している。また、今後においても、平成30年度からは平成29年9月以降の生産継続車に適用される平成28年規制対応機械が購入対象となることから、更なる価格上昇が想定される。

近年の主な動向として自動車排出ガス規制を表-2に、除雪機械の価格推移を表-3に示す。

表-2 近年の自動車排出ガス規制一覧

トラック系	建設機械系
平成16年規制(新短期規制)	平成18年規制(3次排対)
平成17年規制(新長期規制)	平成23年規制(4次排対_前期)
平成21年規制(ポスト新長期規制)	平成26年規制(4次排対_後期)
平成28年規制(ポストポスト新長期規制)	

表-3 除雪機械購入価格の推移

機種	規格	単位:千円/台				上昇率 (H8/H28)
		H8	H18	H28		
除雪グレーダ	4.0m級	20,200	23,300	33,000	163%	
ロータリ除雪車	2.2m級	23,300	26,700	31,600	136%	

*建設機械等損料算定表の基礎価格による

4. 除雪機械体制

除雪工事に使用する除雪機械は、除雪工事の発注者である道路管理者(開発局)と受注者である各地域の建設会社等が用意しており、受注者は自社で保有する機械のほか、リースにより機械を用意することがある。

除雪機械体制の現状と推移を把握するため、開発局

が平成22年度と平成28年度に発注した全ての除雪工事を対象に、使用した除雪機械の台数、保有形態、使用年数、稼働状況及びその推移を調査した。

調査結果を表-4に示す。

(1) 発注者機械

平成28年度に開発局が保有し除雪工事に使用した機械(以下「発注者機械」という)は1,044台であり、平成22年度に比べ15台増えている。また、平均使用年数は0.5年(9.5年→10.0年)伸びており、老朽化が進んでいる。

なお、除雪グレーダの平均使用年数が大幅に伸びている(9.5年→14.3年)が、これは除雪グレーダの世界的な規格統一によるモデルチェンジのため、除雪グレーダの更新が3年間滞ったことによる。

(2) 受注者機械

平成28年度に受注者が用意し除雪工事に使用した機械(以下「受注者機械」という)は322台であり、除雪機械全体に占める割合は23.6%であった。受注者機械の内訳は、除雪以外の稼働が見込める汎用機械である除雪ドーザ(ホイールショベル)が248台(77.0%)を占めており、新雪除雪(除雪トラック、除雪グレーダ)や排雪(ロータリ除雪車)などに使用する除雪専用車の保有台数は少ない。また、除雪ドーザは他の機種に比べて自社保有機械以外(リース機械)の割合が高い。

平成22年度との比較では、受注者機械は34台増えているが、除雪ドーザを除いた除雪専用車に限定した場合は17台(91台→74台)減少している。平均使用年数は受注者機械全体で1.0年短くなっている(11.3年→10.3年)が、除雪専用車に限定した場合は0.5年(17.1年→17.6年)伸びており、老朽化が進んでいる。

表-4 除雪機械体制の調査(開発局発注工事)

機械名	規格	発注者機械						受注者機械								
		H22		H28		稼働時間	H22		H28		H22		H28		稼働時間	割合
		台数	平均使用年数	台数	平均使用年数		台数(うち自社)	割合	平均使用年数(うち自社)	台数(うち自社)	割合	平均使用年数(うち自社)				
除雪トラック		500	9.4	513	9.3	133,044	12(12)	2.3%	23.5	(23.5)	8(7)	1.5%	22.3	(22.7)	582	0.4%
除雪グレーダ		99	9.5	94	14.3	15,749	8(7)	7.5%	21.0	(21.0)	4(4)	4.1%	30.3	(30.3)	175	1.1%
ロータリ除雪車		145	8.5	146	10.7	18,973	5(5)	3.3%	19.2	(19.2)	3(2)	2.0%	29.0	(34.0)	105	0.6%
除雪ドーザ	15t以上	-	-	-	-	-	13(6)	-	8.5	(11.8)	22(14)	-	13.2	(12.6)	1,626	-
除雪ドーザ	11~13t	85	11.9	88	10.6	20,493	21(14)	69.9%	9.8	(10.9)	41(27)	73.8%	9.4	(9.2)	8,610	65.2%
除雪ドーザ	8~9t	-	-	-	-	-	66(40)	-	8.3	(10.8)	69(39)	-	8.2	(10.4)	13,938	-
除雪ドーザ	5~7t	-	-	-	-	-	29(16)	-	8.1	(10.4)	32(17)	-	6.4	(6.2)	4,510	-
除雪ドーザ	4t以下	-	-	-	-	-	68(32)	-	8.4	(10.8)	84(25)	-	6.8	(9.8)	9,735	-
小形除雪車		119	9.2	118	10.3	25,018	53(46)	30.8%	14.4	(14.3)	51(48)	30.2%	15.3	(15.3)	8,276	24.9%
凍結防止剤散布車		81	9.4	85	7.1	33,477	13(10)	13.8%	19.0	(19.5)	8(6)	8.6%	17.4	(16.5)	3,020	8.3%
計		1,029	9.5	1,044	10.0	246,754	288(188)	21.9%	11.3	(13.5)	322(189)	23.6%	10.3	(12.5)	50,577	17.0%
除雪ドーザ除き計		944	9.2	956	10.0	226,261	91(80)	8.8%	17.1	(17.2)	74(67)	7.2%	17.6	(17.6)	12,158	5.1%

*受注者機械 台数割合 = 受注者機械台数 / (発注者機械台数 + 受注者機械台数)

*受注者機械 稼働割合 = 受注者稼働時間 / (発注者稼働時間 + 受注者稼働時間)

5. 除雪機械の老朽化の影響

除雪機械の老朽化の影響を確認するため、発注者機械の全車を対象に、過去5カ年（平成24年度～平成28年度）の除雪シーズン中に発生した故障件数と不稼働日数を使用年数別に調査した。なお、除雪機械台数は使用年数毎に大きく異なるため、1台当たりの故障件数及び不稼働日数として整理した。使用年数別の調査対象台数を図-1に示す。

この結果、故障件数及び不稼働日数は、使用年数に伴い右肩上がりが増加している（図-2、3）。さらに、機械構造が近似している機種毎に再整理した結果、より高い相関関係を確認した（図-4、5、6、7、8、9）。なお、使用年数別の不稼働日数は、故障件数に比べて相関係数が低く、使用年数10年を超えてからのバラツキが大きいたことが散布図から読み取れる。

また、今回調査した故障内容には、過去には無かった除雪車のフレームの腐食、亀裂など大規模な故障も生じていた。

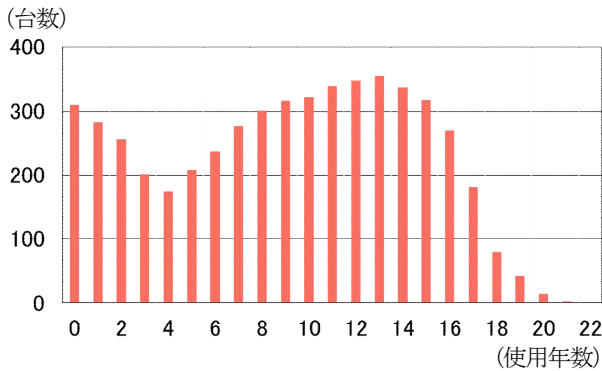


図-1 使用年数別の調査対象台数（全車）

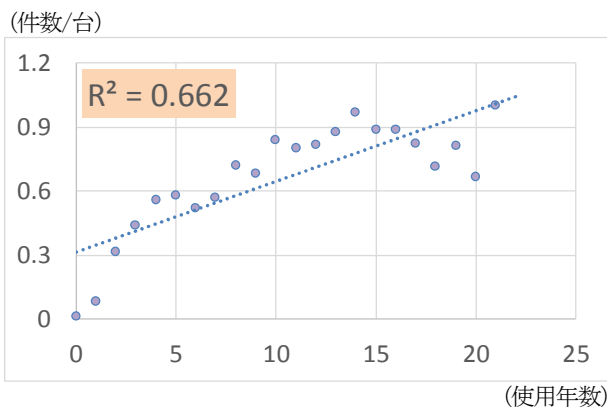


図-2 使用年数別の1台あたり故障件数（全車）

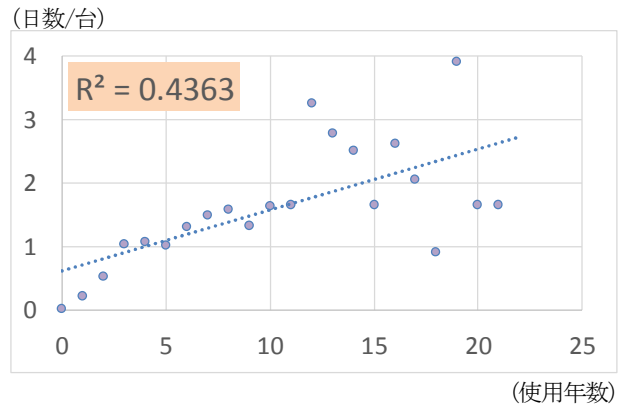


図-3 使用年数別の1台あたり不稼働日数（全車）

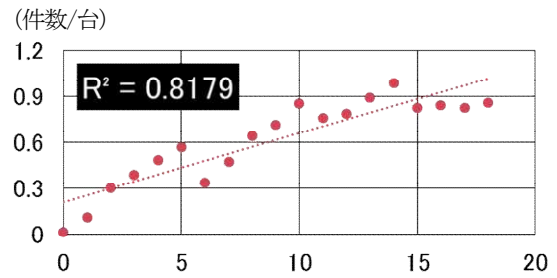


図-4 故障件数（除雪トラック）

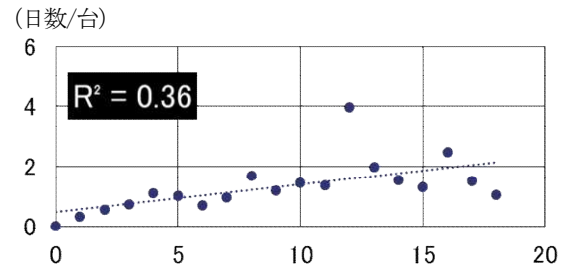


図-5 不稼働日数（除雪トラック）

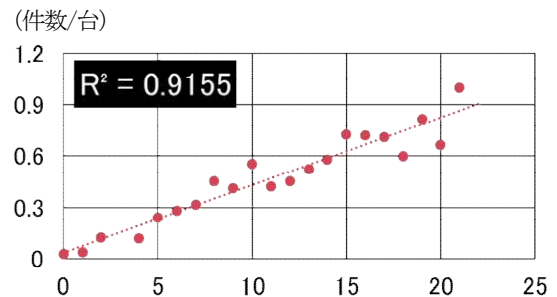


図-6 故障件数（除雪グレーダ・除雪ドーザ）

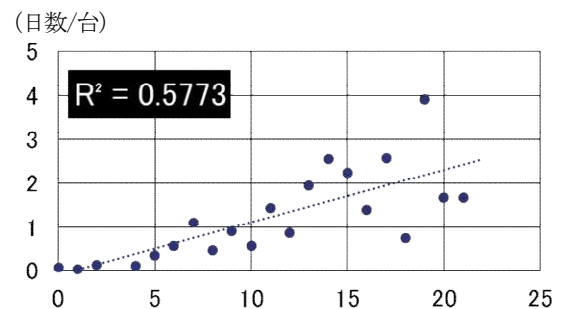


図-7 不稼働日数（除雪グレーダ・除雪ドーザ）

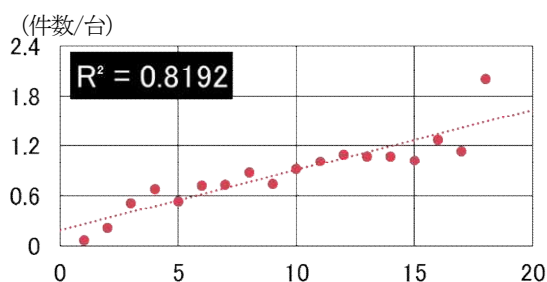


図-8 故障件数（ロータリ除雪車・小形除雪車）

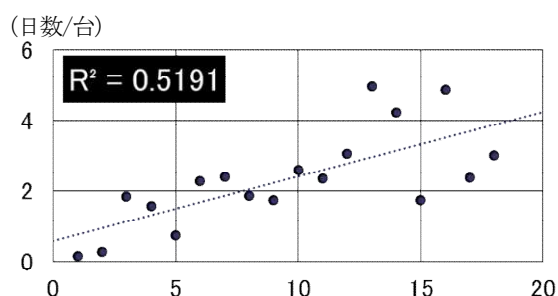


図-9 不稼働日数（ロータリ除雪車・小形除雪車）

6. 除雪機械老朽化リスクの評価

除雪機械の老朽化度合いの評価について、平成28年度より検討している。²⁾

(1) 除雪機械の老朽化リスク

除雪機械に故障が生じた場合、修理に必要な部品を確保する必要がある。この部品の供給年限はガイドライン³⁾に示されており、除雪機械と本体構造が同じであるモータグレーダなどの建設機械は10年とされ、それ以降の納期等については個別相談とされている。また、除雪機械メーカーに部品の安定供給について聞き取りした結果は10～15年程度であった。このことから、使用年数が長くなった除雪機械は、部品調達に時間を要するため、修理期間が長期化することが想定される。

除雪機械の故障は、即日の修理が可能であれば、除雪作業への影響を最小限に抑えることができる。しかし、修理期間が2日以上の場合、その間に除雪が必要であっても作業できないことから、除雪機械不足による作業の遅延など人々の生活への影響が懸念される。

本稿では、このような除雪機械の老朽化に伴う除雪作業に影響する故障リスクを「除雪機械の老朽化リスク」と定義する。

(2) 除雪機械老朽化リスク評価の概要

平成28年度に検討した概略を以下に記載する。

除雪機械1台毎の老朽化の評価は、修理に必要な部品の供給年限を参考に、部品供給が確実な使用年数10年未満（1点）、部品供給の遅れが想定される15年未満

（3点）、部品供給の長期化が想定される15年以上（5点）として、使用年数により老朽化度合いを指標化する。さらに、同じ工区内の除雪機械の点数を平均することで、除雪工区毎の評価点数を算出した。

また、除雪機械の老朽化を視覚的に表現するため、評価点数に応じた色を定め、着色することで視覚的にも老朽化リスクを表現する（表-5）。

【除雪工区毎の評価点数の範囲と色】

評価点数：1.0～1.7（青色）

評価点数：1.8～2.5（緑色）

評価点数：2.6～3.4（黄色）

評価点数：3.5～4.2（橙色）

評価点数：4.3～5.0（赤色）

『ローリスク』



『ハイリスク』

表-5 除雪機械老朽化リスクの評価（例）

除雪機械				除雪工区(梯団)	
1番車		2番車		合計点	評価点(平均)
使用年数	基本点	使用年数	基本点		
1	1(青)	11	3(黄)	4	2.0(緑)
2	1(青)	12	3(黄)	4	2.0(緑)
3	1(青)	13	3(黄)	4	2.0(緑)
4	1(青)	14	3(黄)	4	2.0(緑)
5	1(青)	15	5(赤)	6	3.0(黄)
6	1(青)	16	5(赤)	6	3.0(黄)
7	1(青)	17	5(赤)	6	3.0(黄)
8	1(青)	18	5(赤)	6	3.0(黄)
9	1(青)	19	5(赤)	6	3.0(黄)
10	3(黄)	20	5(赤)	8	4.0(橙)

(3) 除雪機械老朽化リスク評価の結果

開発局が保有する一次除雪機械を対象として、平成28年度時点の除雪工区毎のリスクアセスメント評価を行った。

この結果、開発局の除雪工区のうち黄色評価（2.6～3.4）以上に老朽化している除雪工区は41%であり、約半数に迫る。また、開発建設部毎に老朽化評価の結果はバラツキがあり、札幌開発建設部は黄色評価（2.6～3.4）以上の工区が65%を占めるなど最も老朽化が進んでいるが、これは除雪グレーダが多く配置されているためであり、前述のとおり近年は除雪グレーダの更新が滞ったことが要因となっている（表-6、図-10）。

(4) 将来的な除雪機械老朽化リスクの推定

今後の除雪体制の参考とするため、平成38年度時点における除雪機械老朽化リスク評価を推定した。

具体的には、平成28年度時点の除雪機械老朽化リスク評価の結果を基に、平成28年度と同額の機械購入予算が平成38年度まで同額で推移し、使用年数が長い除雪機械の順に更新した場合の推定であり、平成28年度排出ガス規制対応に必要な購入単価上昇以外の将来的な機械単価

の増額（消費税率の上昇、新たな自動車排出ガス規制）や、高規格幹線道路の供用に伴う必要な除雪機械の増強などは考慮していない。

この推定の結果、開発局の除雪工区のうち黄色評価（2.6～3.4）以上に老朽化している除雪工区は46%となり、老朽化がより進むことが判明した（表-7、図-11）。

なお、老朽化が著しい橙色（3.5～4.2）以上に除雪工区は57工区→47工区に減少しているが、除雪機械の状態や稼働時間などを考慮していない使用年数による機械更新により推定していることが要因である。また、平成25年度及び平成26年度の補正予算により大量に更新した除雪機械の使用年数が15年を超える平成41年度以降には老朽化リスクが著しく上昇することが想定される（図-12）。

表-6 除雪機械老朽化リスク評価の結果（平成28年度時点）

建設部	除雪工区	除雪機械老朽化評価					一次除雪機械台数 (内:除雪グレーダ)
		青	緑	黄	橙	赤	
札幌	52	9 (17%)	9 (17%)	12 (23%)	15 (29%)	7 (13%)	128 (57)
函館	30	9 (30%)	8 (27%)	6 (20%)	3 (10%)	4 (13%)	52 (4)
小樽	27	8 (30%)	9 (33%)	7 (26%)	1 (4%)	2 (7%)	55 (4)
旭川	37	9 (24%)	13 (35%)	7 (19%)	5 (14%)	3 (8%)	77 (11)
室蘭	27	9 (33%)	6 (22%)	8 (30%)	3 (11%)	1 (4%)	49 (4)
釧路	31	9 (29%)	11 (35%)	6 (19%)	2 (6%)	3 (10%)	62 (4)
帯広	28	14 (50%)	8 (29%)	6 (21%)	0 (0%)	0 (0%)	50 (4)
網走	34	13 (38%)	9 (26%)	8 (24%)	3 (9%)	1 (3%)	71 (4)
留萌	15	5 (33%)	5 (33%)	2 (13%)	3 (20%)	0 (0%)	32 (1)
稚内	14	6 (43%)	4 (29%)	3 (21%)	1 (7%)	0 (0%)	29 (1)
計	295	91 (31%)	82 (28%)	65 (22%)	36 (12%)	21 (7%)	605 (94)

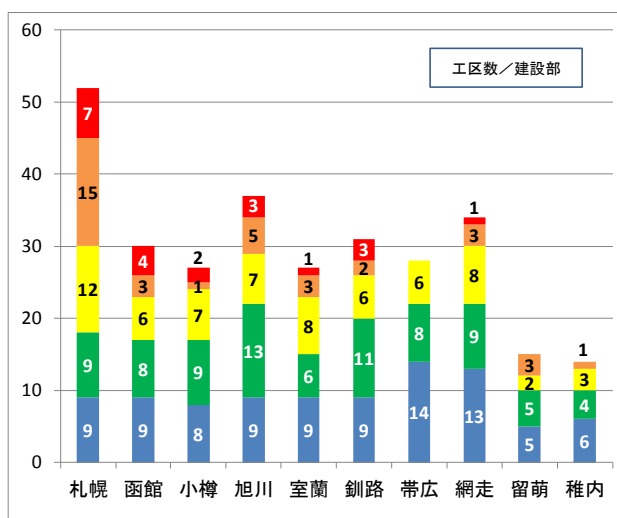


図-10 除雪機械老朽化リスク評価の結果（平成28年度）

表-7 除雪機械老朽化リスク評価の推定（平成38年度時点）

建設部	除雪工区	除雪機械老朽化評価					一次除雪機械台数 (内:除雪グレーダ)
		青	緑	黄	橙	赤	
札幌	52	20 (38%)	16 (31%)	10 (19%)	5 (10%)	1 (2%)	128 (57)
函館	30	11 (37%)	7 (23%)	8 (27%)	0 (0%)	4 (13%)	52 (4)
小樽	27	7 (26%)	10 (37%)	8 (30%)	0 (0%)	2 (7%)	55 (4)
旭川	37	13 (35%)	10 (27%)	9 (24%)	4 (11%)	1 (3%)	77 (11)
室蘭	27	9 (33%)	3 (11%)	8 (30%)	5 (19%)	2 (7%)	49 (4)
釧路	31	8 (26%)	7 (23%)	11 (35%)	3 (10%)	2 (6%)	62 (3)
帯広	28	7 (25%)	7 (25%)	9 (32%)	3 (11%)	2 (7%)	50 (4)
網走	34	7 (21%)	4 (12%)	14 (41%)	4 (12%)	5 (15%)	71 (4)
留萌	15	2 (13%)	6 (40%)	6 (40%)	1 (7%)	0 (0%)	32 (1)
稚内	14	2 (14%)	3 (21%)	6 (43%)	2 (14%)	1 (7%)	29 (1)
計	295	86 (29%)	73 (25%)	89 (30%)	27 (9%)	20 (7%)	605 (93)

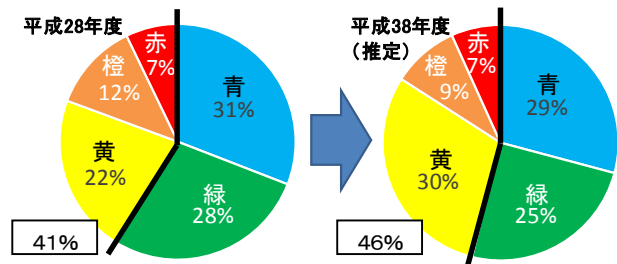


図-11 老朽化の推移（平成28年度→平成38年度）

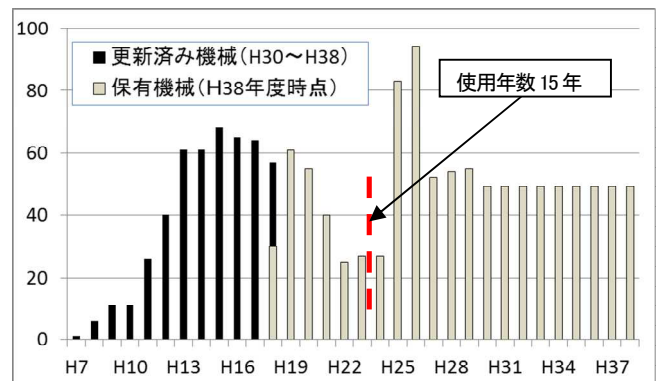


図-12 使用年数別の除雪機械台数（平成38年度）

7. 除雪機械の老朽化リスクの見える化

老朽化リスクを実際的に表現するため、平成28年度より除雪機械老朽化リスク評価と、除雪機械が担保している道路ネットワークなどをリンクさせた見える化について検討している。²⁾

(1) 交通量とリンクした除雪機械老朽化リスク

道路ネットワークにおける路線重要度を交通量⁴⁾と仮定し、各工区の平均交通量から路線重要度を示す色を定め、除雪工区図の工区毎に吹き出しを追加し、平均交通量を記載するほか、路線重要度に応じて着色する。

次に、除雪機械老朽化リスク評価での結果に応じて、除雪工区図の路線を着色する。

札幌開発建設部管内の一般国道 12 号及び 275 号を対象とした実施例を図-12に示す。

【除雪工区毎の交通量の範囲と路線重要度の色】

- 日交通量：7,000～13,000 台/日未満（青色）
- 日交通量：13,000～19,000 台/日未満（緑色）
- 日交通量：19,000～25,000 台/日未満（黄色）
- 日交通量：25,000～31,000 台/日未満（橙色）
- 日交通量：31,000～37,000 台/日未満（赤色）

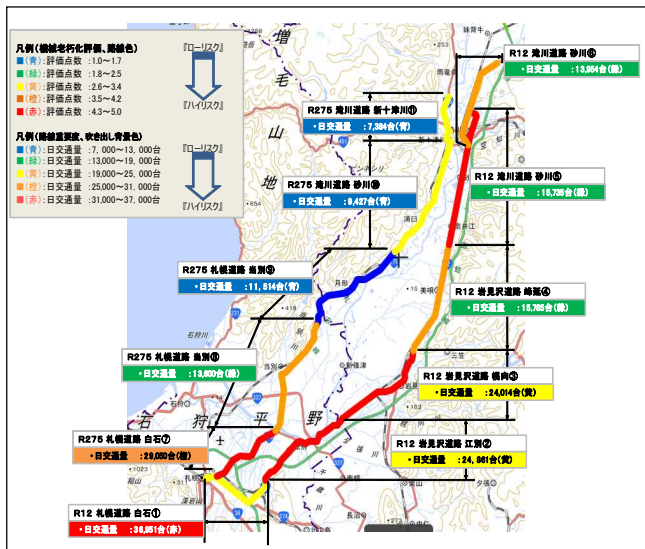


図-12 除雪機械の老朽化リスクの見える化 (例)

(2) 冬期通行規制とリンクした除雪機械老朽化リスク

道路ネットワークにおける路線重要度を冬期通行規制と仮定し、過去10年間の実績（回数、時間）を調査した（表-8）。なお、暴風雪災害による冬期通行規制を想定した場合、開発建設部もしくは事務所単位での除雪応援態勢が想定されることから開発建設部毎に整理している。

次に、各工区の除雪機械老朽化リスク評価を開発建設部毎に再整理した（表-8）。

今後は、整理した冬期通行規制実績を路線重要度としてレベル分けをするための階層のほか、除雪機械老朽化リスク評価や交通量など他の路線重要度の指標とのリンクについて検討を進める。

表-8 開発建設部毎の冬期通行規制状況及び老朽化評価

	札幌	函館	小樽	旭川	室蘭	釧路	帯広	網走	留萌	稚内	
通行規制	回数	107 (9%)	25 (2%)	32 (3%)	132 (11%)	88 (7%)	303 (25%)	98 (8%)	327 (27%)	45 (4%)	57 (5%)
	時間 (H)	1,305 (6%)	207 (1%)	254 (1%)	2,279 (10%)	1,186 (5%)	7,316 (32%)	1,751 (8%)	7,524 (33%)	442 (2%)	860 (4%)
老朽化評価	点数	3.05	2.54	2.35	2.43	2.31	2.42	1.84	2.18	2.31	1.97

※通行規制は平成18年度～平成27年度実績
※老朽化評価は平成28年度時点

8. まとめ

本稿では、冬期道路交通の確保に必要な除雪機械を対象に、開発局における除雪機械、除雪機械体制及び除雪機械の老朽化の影響について調査したほか、除雪機械老朽化リスクの評価及び除雪機械と道路ネットワークをリンクさせた除雪機械の老朽化リスクの見える化について検討した。

この結果、除雪機械が老朽化した要因、発注者及び受注者機械の現状と老朽化の推移、除雪機械の老朽化の影響について整理した。また、将来的な除雪機械老朽化リスクを推定したほか、老朽化リスクの見える化について、二つの指標により検討を行い実施例を作成するなど、除雪機械の老朽化リスクについてより实际的に表現するよう検討を進めた。

今後も除雪体制の参考とするべく除雪機械の老朽化の影響、老朽化リスクの見える化について検討を重ねる所存である。

参考文献

- 1) 北海道開発局事業振興部機械課ほか：北海道開発局が保有する除雪車の老朽化対策に関する取組について，第59回北海道開発技術研究発表会，2016.2
- 2) 大上哲也ほか：除雪機械の老朽化の現状と見える化の検討，第60回北海道開発技術研究発表会，2017.2
- 3) (一社) 日本建設機械工業会：補修部品の供給に関するガイドライン
- 4) (一社) 交通工学研究会：全国道路・街路交通情勢調査（道路交通センサス），2012.12