

除雪機械の老朽化リスクと見える化について

大上 哲也¹・木下 豪²・中村 隆一¹

¹北海道開発局 事業振興部 機械課 (〒060-8511 北海道札幌市北区北8条西2丁目)

²北海道開発局 室蘭開発建設部 (〒051-8524 北海道室蘭市入江町1番地14) .

積雪・寒冷地域に住む人々にとって冬期の道路交通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、近年は除雪機械の老朽化に伴う故障件数の増加や、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、除雪機械の老朽化の影響を定量的に確認したほか、道路ネットワークとリンクした老朽化リスクの見える化について検討した。

キーワード 除雪機械，老朽化の影響，老朽化リスク，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、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、老朽化に伴う故障件数の増加や、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、除雪機械の老朽化リスクを共通認識とし、今後の除雪機械体制の参考とすることを目的に、除雪機械の老朽化の影響と、道路ネットワークとリンクした除雪機械老朽化リスクの見える化の検討について報告する。

2. 除雪機械を取り巻く状況

(1) 管理区間延長と除雪機械台数

北海道開発局（以下「開発局」という）では、一般国道約6,300km、高規格幹線道路約400km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29年度では約1,000台を保有しており、管理区間延長の延伸などに伴い、直近の20年間で約90台増えている。

今後も高規格幹線道路等の新規供用が予定されており、除雪機械の増強が想定される。

(2) 除雪機械の購入単価

平成26年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（表-1）が年々強化されており、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、除雪機械の購入単価は直近の20年間で平均50%程度上昇している。

今後も消費税率の上昇（8%→10%）などが予定されており、更なる単価上昇が想定される。

表-1 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)	

(3) 除雪機械の老朽化の進行

継続的な除雪体制を確保するためには、老朽化した除雪機械を更新（購入）する必要がある。しかし、前述した除雪機械の台数増や単価上昇により、現状の購入予算では老朽化防止に必要な更新台数が確保できていない。

具体的には、使用年数10年を超える除雪機械の保有台数は、平成9年度は全体の22%であったが、平成29年度は51%に増えている。さらに、使用年数15年を超える除雪機械も平成19年度から現れ、平成29年度には全体の21%を占めるなど、老朽化が著しく進行している（図-1）。

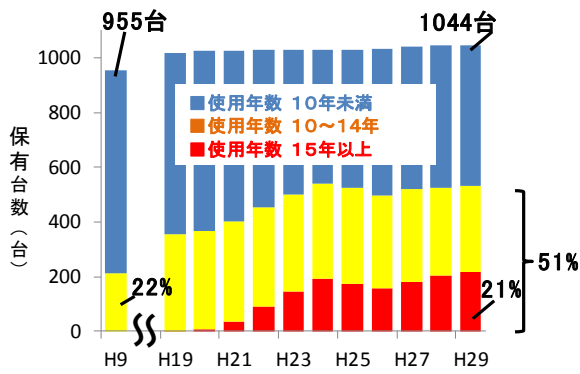


図-1 除雪機械台数と使用年数割合の推移

3. 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、過去5ヶ年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-2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に増加しており、決定係数も相関関係を示していることから、除雪機械の老朽化の影響を定量的に確認した(図-3, 4)。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、より高い決定係数を示した(図-5, 6, 7, 8, 9, 10)。なお、使用年数別の不稼働日数は、故障件数に比べて決定係数が低く、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機械のフレームの腐食、破断など大規模な故障も生じていた(写真-1)。

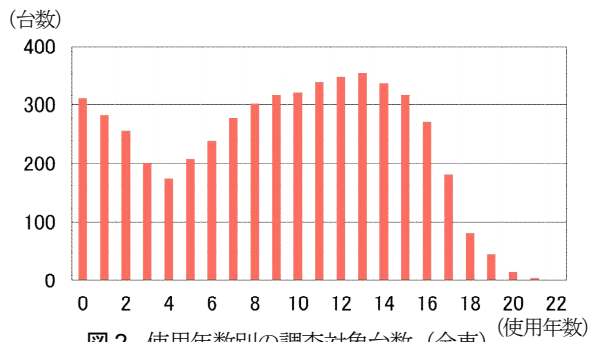


図-2 使用年数別の調査対象台数 (全車)

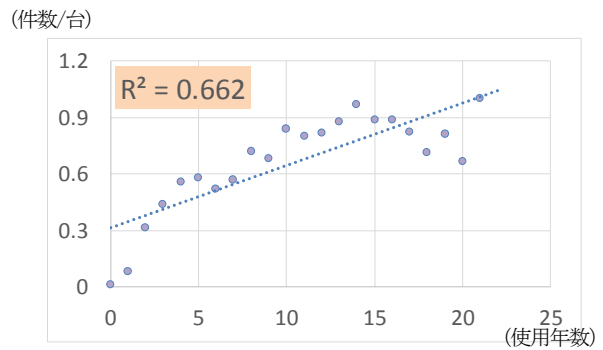


図-3 使用年数別の1台当たり故障件数 (全車)

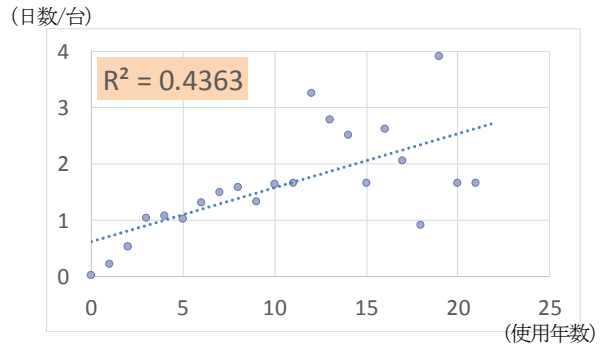


図-4 使用年数別の1台当たり不稼働日数 (全車)

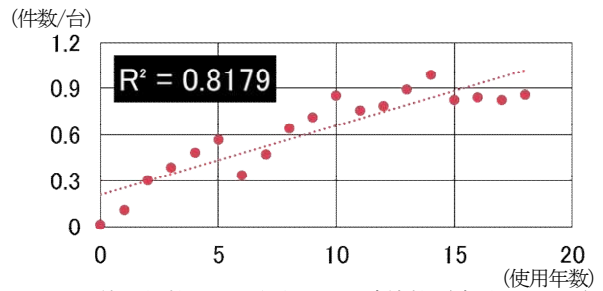


図-5 使用年数別の1台当たり故障件数 (除雪トラック)

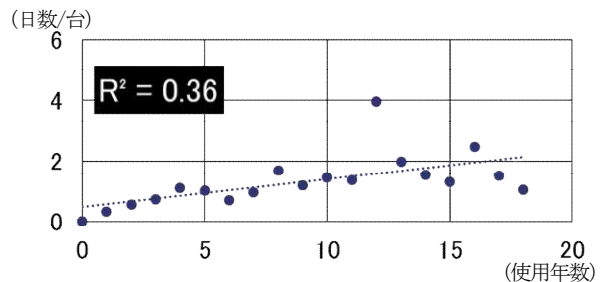


図-6 使用年数別の1台当たり不稼働日数 (除雪トラック)

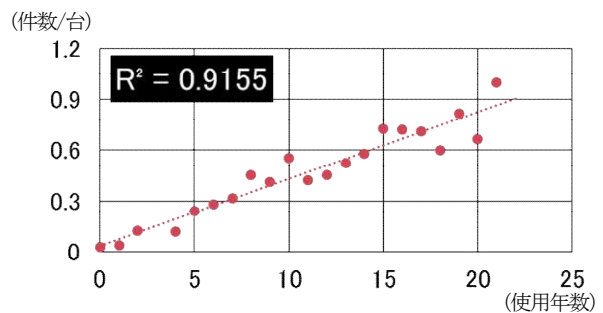


図-7 使用年数別の1台当たり故障件数 (除雪グレーダ・除雪ドーザ)

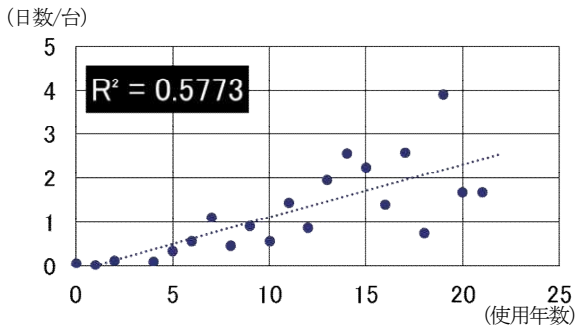


図-8 使用年数別の1台当たり不稼働日数
(除雪グレーダ・除雪ドーザ)

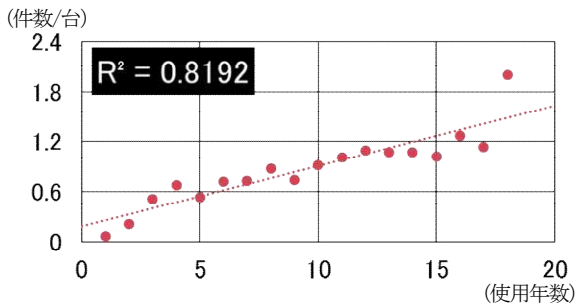


図-9 使用年数別の1台当たり故障件数
(ロータリ除雪車・小形除雪車)

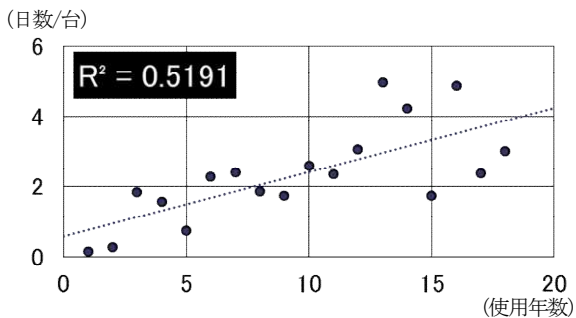


図-10 使用年数別の1台当たり不稼働日数
(ロータリ除雪車・小形除雪車)



写真-1 大規模故障事例 (フレーム破断)

4. 除雪機械老朽化リスクの評価

(1) 除雪機械老朽化リスク

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²⁾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ー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可能性が高く、修理（不稼働）期間の長期化の要因だと想定される。

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、除雪機械の修理（不稼働）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ができないことから、除雪機械の不足による作業遅延など人々の生活への影響が懸念される。

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「除雪機械老朽化リスク」と定義することとした。

(2) 除雪機械老朽化リスクの評価方法

除雪機械の老朽化リスクは、使用年数を指標とし、除雪機械1台毎に評価した（以下、「基本点」という）。具体的には、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、部品供給の遅れが想定される15年未満、部品供給の長期化が想定される15年以上に大別している。さらに、除雪工区（新雪除雪における除雪機械の梯団）毎の老朽化リスクを評価するため、梯団の除雪機械の基本点を平均し、除雪工区としての評価点数を算出した。

また、基本点と評価点数には点数に応じた色を定め、視覚的にも老朽化リスクを表現することとした（表-2）。

【除雪機械毎の基本点及び色】

使用年数10年未満	: 1点 (青色)
使用年数10年以上15年未満	: 3点 (黄色)
使用年数15年以上	: 5点 (赤色)

【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)



表-2 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の評価結果

開発局が保有する新雪除雪機械を対象として、平成29年度時点の除雪工区毎の老朽化リスクを評価した。

この結果、開発局の除雪工区のうち黄色評価以上(評価点数2.6~5.0)の老朽化リスクを有している除雪工区は42%であり、約半数に迫る。また、評価結果は開発建設部毎にバラツキがあり、札幌開発建設部は黄色評価以上(評価点数2.6~5.0)の工区が57%を占めるなど最も老朽化リスクが高い(表-3)。これは除雪グレードが多く配置されているためであり、除雪グレードは世界的な規格統一によるモデルチェンジのため、更新が3年間滞ったことが要因となっている。

表-3 除雪機械老朽化リスク評価の結果 (平成29年度)

建設部	除雪工区	除雪機械老朽化評価					新雪除雪機械台数 (内: 除雪グレード)
		青	緑	黄	橙	赤	
札幌	52	10 (19%)	12 (23%)	10 (19%)	10 (19%)	10 (19%)	128 (57)
函館	30	9 (30%)	7 (23%)	8 (27%)	3 (10%)	3 (10%)	52 (4)
小樽	27	12 (44%)	6 (22%)	5 (19%)	2 (7%)	2 (7%)	55 (4)
旭川	37	8 (22%)	10 (27%)	12 (32%)	5 (14%)	2 (5%)	77 (11)
室蘭	27	9 (33%)	4 (15%)	8 (30%)	4 (15%)	2 (7%)	49 (4)
釧路	31	9 (29%)	10 (32%)	9 (29%)	2 (6%)	1 (3%)	62 (3)
帯広	28	17 (61%)	7 (25%)	2 (7%)	1 (4%)	1 (4%)	50 (4)
網走	34	11 (32%)	11 (32%)	8 (24%)	3 (9%)	1 (3%)	71 (4)
留萌	15	4 (27%)	5 (33%)	3 (20%)	3 (20%)	0 (0%)	32 (1)
稚内	14	4 (29%)	5 (36%)	5 (36%)	0 (0%)	0 (0%)	29 (1)
計	295	93 (32%)	77 (26%)	70 (24%)	33 (11%)	22 (7%)	605 (93)

※老朽化評価の構成比第1位部分を網掛けにした

(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39年度時点における老朽化リスクをシミュレーションした。

具体的には、平成29年度の機械購入予算が平成39年度まで同額で推移し、使用年数が高い除雪機械の順に更新した場合の推定であり、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等)や、高規格幹線道路等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、老朽化リスクが黄色評価以上(評価点数2.6~5.0)の工区は46%となり、平成29年度時点の評価結果42%と比較すると、老朽化リスクがより高くなる(表4、図-11)。

なお、老朽化リスクが著しい橙色以上(評価点数 3.5~5.0)以上の除雪工区は 55→40 工区に減少しているが、一方で、青色が構成比1位である建設部は 5→2 建設部となり、黄色が構成比1位である建設部は 2→6 建設部となっている。実際の更新機械選定の際には、使用年数のみでなく、個別機械の状態や稼働時間も考慮するため、橙色や赤色の工区数が今回の推定より減らない要因となり得る。

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-4 除雪機械老朽化リスク評価の推定 (平成39年度)

建設部	除雪工区	除雪機械老朽化評価					新雪除雪機械台数 (内: 除雪グレード)
		青	緑	黄	橙	赤	
札幌	52	19 (37%)	15 (29%)	13 (25%)	4 (8%)	1 (2%)	128 (57)
函館	30	9 (30%)	8 (27%)	10 (33%)	0 (0%)	3 (10%)	52 (4)
小樽	27	5 (19%)	8 (30%)	12 (44%)	1 (4%)	1 (4%)	55 (4)
旭川	37	12 (32%)	13 (35%)	8 (22%)	4 (11%)	0 (0%)	77 (11)
室蘭	27	11 (41%)	4 (15%)	7 (26%)	4 (15%)	1 (4%)	49 (4)
釧路	31	6 (19%)	10 (32%)	10 (32%)	4 (13%)	1 (3%)	62 (3)
帯広	28	8 (29%)	2 (7%)	13 (46%)	3 (11%)	2 (7%)	50 (4)
網走	34	8 (24%)	7 (21%)	11 (32%)	2 (6%)	6 (18%)	71 (4)
留萌	15	3 (20%)	6 (40%)	5 (33%)	1 (7%)	0 (0%)	32 (1)
稚内	14	2 (14%)	5 (36%)	5 (36%)	0 (0%)	2 (14%)	29 (1)
計	295	83 (28%)	78 (26%)	94 (32%)	23 (8%)	17 (6%)	605 (93)

※老朽化評価の構成比第1位部分を網掛けにした

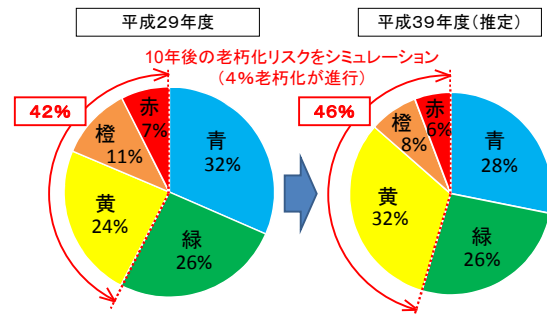


図-11 老朽化リスク推移のシミュレーション

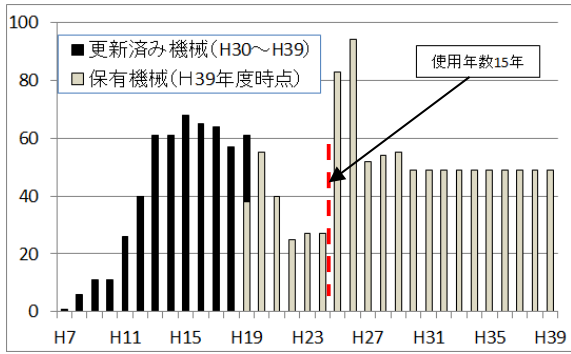


図-12 使用年数別の除雪機械台数 (平成39年度)

(1) 交通量とのリンクによる見える化

道路ネットワークにおける路線重要度の指標を交通量と仮定し、除雪機械の老朽化リスクの評価指標と同様に数値化及び階層別に配色した。

さらに、除雪機械の老朽化リスクの評価結果と同じ図に重ね合わせることで、同じ工区における除雪機械の老朽化リスクと道路ネットワークの重要度の対比を視覚的にも確認できるよう作図した。

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-13に示す。

5. 除雪機械の老朽化リスクの見える化

除雪機械の老朽化リスクを共通認識とするため、除雪機械が担保している道路ネットワークとリンクさせた見える化について検討した。

【除雪工区毎の交通量範囲と路線重要度の色】

- 日交通量：7,000～13,000 台/日 (青色)
- 日交通量：13,001～19,000 台/日 (緑色)
- 日交通量：19,001～25,000 台/日 (黄色)
- 日交通量：25,001～31,000 台/日 (橙色)
- 日交通量：31,001～37,000 台/日 (赤色)

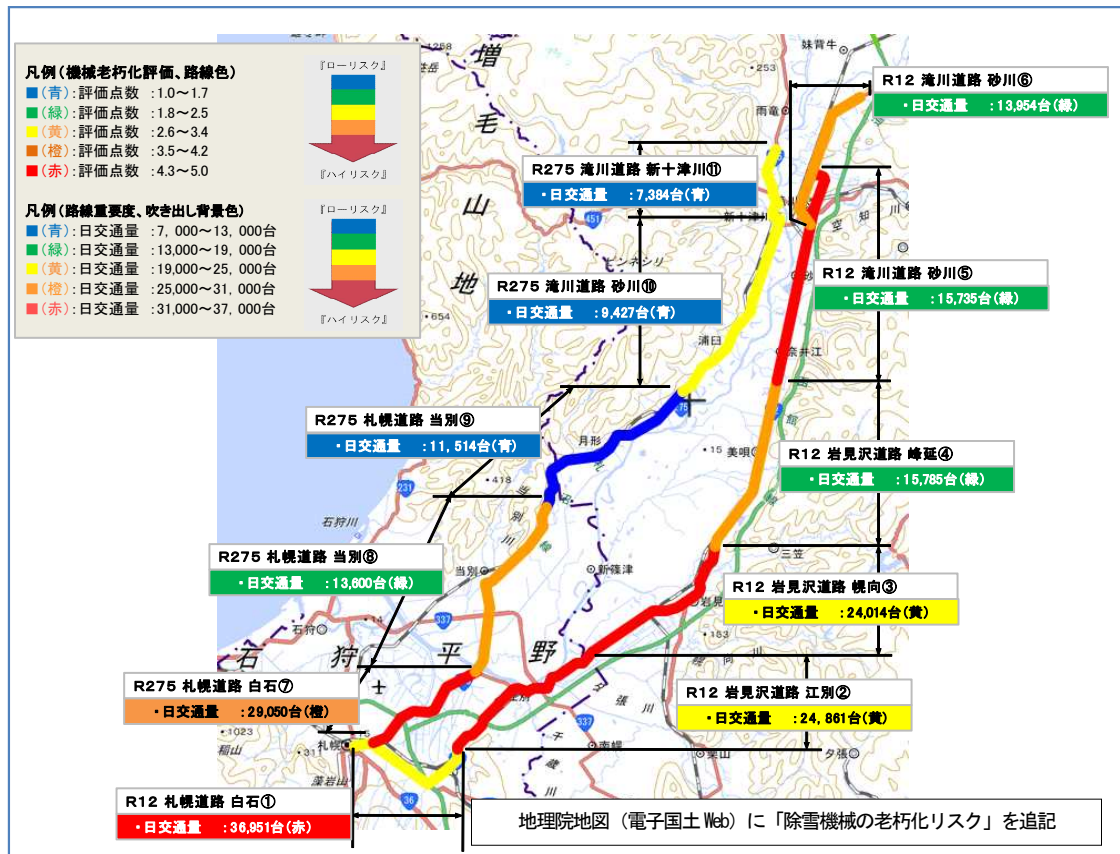


図-13 道路ネットワークとリンクした除雪機械の老朽化リスクの見える化(例)

(2) 冬期通行規制とのリンクによる見える化

道路ネットワークにおける路線重要度の指標を暴風雪災害による冬期通行規制と仮定し、過去10年間の実績を調査し、除雪機械の老朽化リスクの評価指標と同様に階層別に配色した。なお、冬期通行規制は事務所間の除雪応援態勢が想定されるため事務所毎に整理している。

さらに、各工区の除雪機械老朽化リスクの評価を事務所毎に再整理し、冬期通行規制の実績と併せて作表することで、事務所毎の老朽化リスクと道路ネットワークの重要度を対比した(表-5)。

【事務所毎の通行規制回数範囲と路線重要度の色】	
規制回数：	0～ 43 回/10年 (青色)
規制回数：	44～ 87 回/10年 (緑色)
規制回数：	88～ 131 回/10年 (黄色)
規制回数：	132～ 175 回/10年 (橙色)
規制回数：	176～ 219 回/10年 (赤色)

【事務所毎の通行規制時間範囲と路線重要度の色】	
規制時間：	0～ 1,176 H/10年 (青色)
規制時間：	1,177～ 2,353 H/10年 (緑色)
規制時間：	2,354～ 3,530 H/10年 (黄色)
規制時間：	3,531～ 4,707 H/10年 (橙色)
規制時間：	4,708～ 5,884 H/10年 (赤色)

【事務所毎の老朽化評価点数の範囲と色】 『ローリスク』	
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)

『ハイリスク』

(3) 見える化についての考察

図表の作成により、除雪機械の老朽化リスクを実際的に表現することができた。また、路線重要度(交通量、冬期通行規制)が高い工区(事務所)の一部に、老朽化リスクが高い除雪機械が配置されており、優先して安定した除雪機械力を担保すべき道路ネットワークに対して、実際の機械配置が必ずしも除雪機械老朽化リスクを考慮していない現状を確認した。

今後は、除雪機械老朽化リスクを共通認識とし、老朽化リスクを考慮した除雪機械の再配置や、除雪に関する路線重要度の指標について更なる検討が必要である。

6. まとめ

今後の除雪体制の参考とすることを目的に、除雪機械

の老朽化の影響と、老朽化リスクの見える化について検討した。

この結果、除雪機械の老朽化の影響を定量的に整理した。また、部品供給年限を参考に除雪機械老朽化リスクの評価を行い、将来的な老朽化リスクも推定した。さらに、道路ネットワークとリンクさせた見える化について検討を進めた。

今後も除雪機械の老朽化リスクを共通認識とするため、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。

表-5 事務所毎の冬期通行規制状況及び老朽化評価

建設部	事務所	通行規制		老朽化評価 (点数)	
		回数(回)	時間(H)		
札幌	札幌	28	268	3.07	黄
	岩見沢	8	309	3.24	黄
	千歳	17	156	3.00	黄
	滝川	5	298	2.83	黄
	深川	53	703	2.38	緑
函館	函館	19	111	2.79	黄
	八雲	2	58	2.40	緑
	江差	4	27	2.08	緑
小樽	小樽	17	219	2.80	黄
	倶知安	24	168	2.24	緑
	岩内	0	0	1.71	青
旭川	旭川	116	2,052	2.64	黄
	士別	24	366	2.52	緑
	富良野	3	50	2.09	緑
室蘭	苫小牧	21	140	2.60	黄
	室蘭	5	72	3.00	黄
	有珠	8	65	1.00	青
	浦河	27	447	3.29	黄
	日高	29	456	2.60	黄
釧路	釧路	9	117	2.08	緑
	弟子屈	144	2,940	2.76	黄
	中標津	163	4,822	1.86	緑
	根室	15	216	2.71	黄
帯広	帯広	58	923	1.89	緑
	広尾	31	612	1.89	緑
	足寄	12	227	1.71	青
網走	北見	82	1,488	2.50	緑
	網走	218	5,882	2.55	緑
	遠軽	37	742	1.92	緑
	興部	20	288	1.50	青
留萌	留萌	9	82	2.23	緑
	羽幌	44	479	2.58	緑
稚内	稚内	29	471	2.41	緑
	浜頓別	31	418	1.50	青
計		1,312	25,670	-	-

※通行規制は平成20年～平成29年、老朽化評価は平成29年時点
 ※冬期通行規制ハイリスク箇所を太枠とした

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、20162
- 2) (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