

NORMES DE GESTION HIVERNALE DU RESEAU ROUTIER DU BUREAU REGIONAL DU DEVELOPPEMENT DU HOKKAIDO

Shuji Miyamoto*, Motoki Asano* et Norihide Minobe**

*Civil Engineering Research Institute of Hokkaido
1-34, 3-chome, 1-jo, Hiragishi, Toyohira-ku, Sapporo
Tél: +81-11-841-1738 Fax: +81-11-841-9747
E-mail: s-miyamoto@ceri.go.jp E-mail: m-asano@ceri.go.jp

**Road Maintenance Division, Construction Department of Hokkaido Development Bureau,
Ministry of Land, Transport and Infrastructure
No. 1 Godo-chosha, Nishi 2-chome, Kita 8-jo, Kita-ku, Sapporo
Tél: +81-11-709-2311 Fax: +81-11-709-8956 E-mail: nr-minob@had.go.jp

Introduction

Le transport routier est fortement pénalisé en hiver dans les zones froides et enneigées pour plusieurs raisons, entre autres les chutes de neige, la couverture neigeuse et le verglas sur les chaussées. Les services routiers, pour maintenir la circulation hivernale à des niveaux satisfaisants, doivent veiller à déneiger, mettre des produits antigels et autres opérations du même genre. Hokkaido, la préfecture la plus septentrionale du Japon, connaît les conditions les plus difficiles du pays en matière de gestion et maintenance hivernale du réseau routier, en raison de températures très basses et de fortes chutes de neige. Le Bureau du développement de Hokkaido est chargé de la gestion des autoroutes nationales de la préfecture, les grands axes de circulation routière de Hokkaido. La présente communication traite de la gestion du Bureau aujourd'hui et de son évolution future en matière de gestion des routes en hiver.

1. Hokkaido: conditions climatiques

Le Japon est constitué d'un archipel long et étroit qui s'étire dans le sens nord-sud. Il n'est pas étonnant que Hokkaido, son île la plus septentrionale, soit aussi la région la plus froide du pays. La température moyenne en janvier, pour l'ensemble de la préfecture, se situe en dessous de zéro¹⁾. Son climat, caractérisé par de fortes chutes de neige et du froid (figure 1), fait de cette île celle qui connaît les conditions les plus difficiles de gestion et de maintenance du réseau routier. Selon les indications du système d'acquisition de données météorologiques automatisé (AMeDAS), les températures quotidiennes moyennes en janvier varient fortement d'une zone à l'autre, la plus élevée étant relevée à Kumaishi avec -0.5° et la plus basse, -8.1° , à Rikubetsu. Seules les zones de la côte du Pacifique n'enregistrent que peu de chutes de neige.

2. Opérations de déneigement par le Bureau du développement d'Hokkaido²⁾

Les opérations de déneigement du Bureau couvrent pratiquement la totalité (99.6% des 6,243 km) du réseau d'autoroutes nationales géré par le Bureau (pour l'exercice 2000)⁷⁾. Il existe dix départements régionaux du développement et de la construction, les Development and Construction Departments, chacun responsable de sa zone, et les opérations de déneigement sont effectuées par les 49 dépôts répartis dans le Hokkaido. Les normes actuelles définissent trois niveaux cibles, chaque itinéraire était classé selon son degré d'importance et le volume de la circulation.

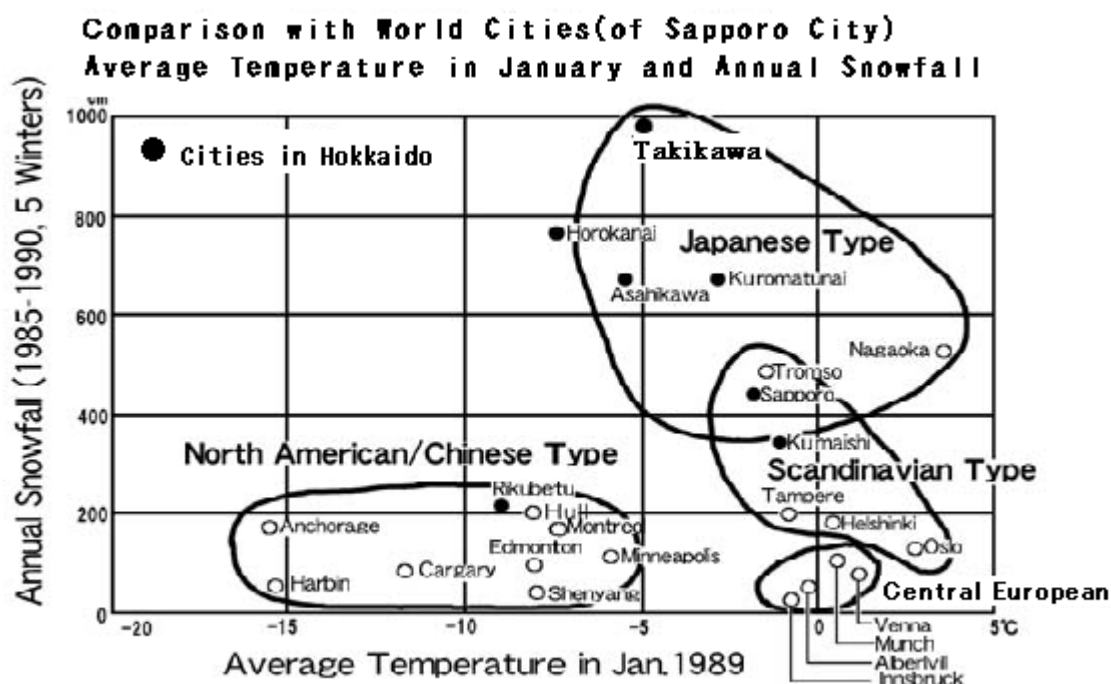


Figure 1 Températures moyenne de janvier et chutes de neige annuelles sur les villes du Japon et du monde¹⁾

Les opérations de déneigement sont soit rapides, soit lentes, suivant la vitesse du chasse neige. Les opérations varient ensuite selon le moment et l'objet: évacuation de la neige fraîche, aplanissement, transport de neige, opérations annexes, prévention du verglas et évacuation de la neige sur les accotements afin d'élargir la surface de chaussée utilisable.

Le déneigement est effectué principalement à l'aide des chasse-neige mais l'élimination de la neige fait aussi appel à des structures routières auxiliaires telles que des chenaux de drainage, des systèmes de chauffage de chaussée et des répartiteurs automatiques d'antigel chimiques. La rigueur de l'hiver dans le Hokkaido interdit l'utilisation de vaporisateurs d'eau pour provoquer la fonte de la neige.

L'entretien des chaussées en hiver nécessite des agents antigel et des produits abrasifs. Le principal antigel est un mélange à base de chlorure de sodium. Le sel de mer, le chlorure de sodium de production locale, a tendance à l'agglomération à basse température, ce qui le rend difficile à manipuler. Le mélange de ce sel de mer avec du chlorure de calcium et du chlorure de magnésium le rend plus facile à travailler. L'abrasif primaire est du sable de granulométrie assez fine, déshydraté par chauffage.

3. Occurrence de Conditions Routière Hivernales Typiques et Leurs Causes

Matsuzawa, et al. ont étudié les taux d'occurrence des conditions routières hivernales⁴⁾. Dans cette étude, l'occurrence de conditions routières typiques neige/verglas sur les autoroutes nationales a été étudiée autour des stations d'observation AMeDAS dans l'ensemble du Hokkaido afin d'identifier les conditions météo précises contribuant à l'occurrence de routes enneigées et verglacées.

Pour cette étude, Hokkaido a été divisé en dix régions (figure 2) selon les taux d'occurrences sur six ans de conditions routières typiques de l'hiver (décembre à mars). Sur toute l'île d'Hokkaido, le taux d'occurrence de conditions typiques des routes enneigées et verglacées, y compris la neige fondante, la neige compacte et la couche de glace sur une route enneigée/verglacée, est d'environ 60%.

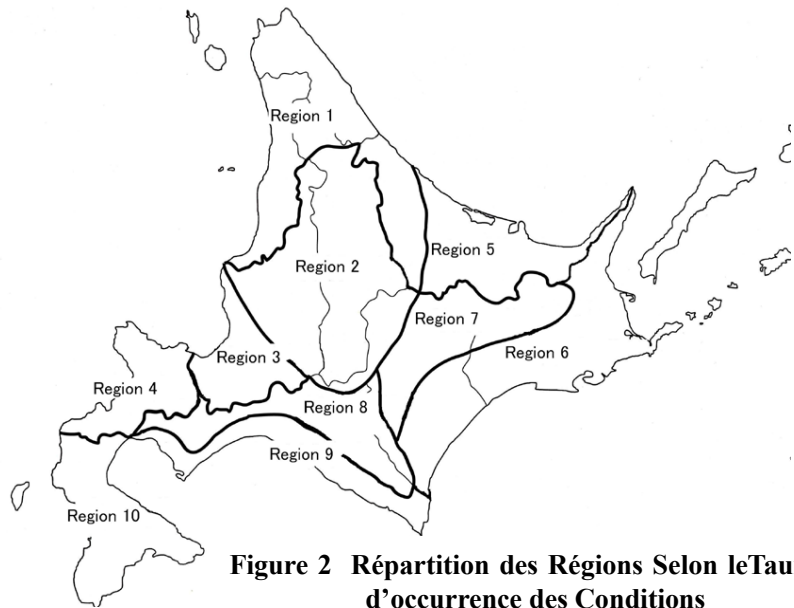


Figure 2 Répartition des Régions Selon le Taux d'occurrence des Conditions

Dans la région 6, le taux d'occurrence de conditions routière sèches/mouillées était de 80%, alors que, par contre, les régions 1, 2, 4, connaissent un taux d'occurrence d'environ 80% de chaussées enneigées et verglacées. Ce contraste confirme que la stratégie ne peut pas être uniforme sur tout le territoire d'Hokkaido mais qu'elle doit prendre en compte les caractéristiques régionales. Ensuite, à l'aide d'une analyse à régressions multiples, on a identifié les conditions météorologiques favorables à l'occurrence des conditions routières hivernales (tableau 1).

Parmi les différentes données météorologiques de l'AMeDAS, cinq facteurs qui, selon les tests-t se sont avérés mutuellement indépendants, ont été choisis comme variables indépendantes. L'analyse a montré qu'il existait une étroite corrélation entre les taux d'occurrence des conditions routières enneigées/verglacées et sèches/mouillées et la durée d'ensoleillement, suivie par la température moyenne. Les autres facteurs météo se sont avérés ne présenter que des corrélations extrêmement faibles, ce qui signifie que les conditions routières sèches/mouillées et enneigées/verglacées dépendent pratiquement entièrement de la durée d'ensoleillement (insolation) et de la température de l'air.

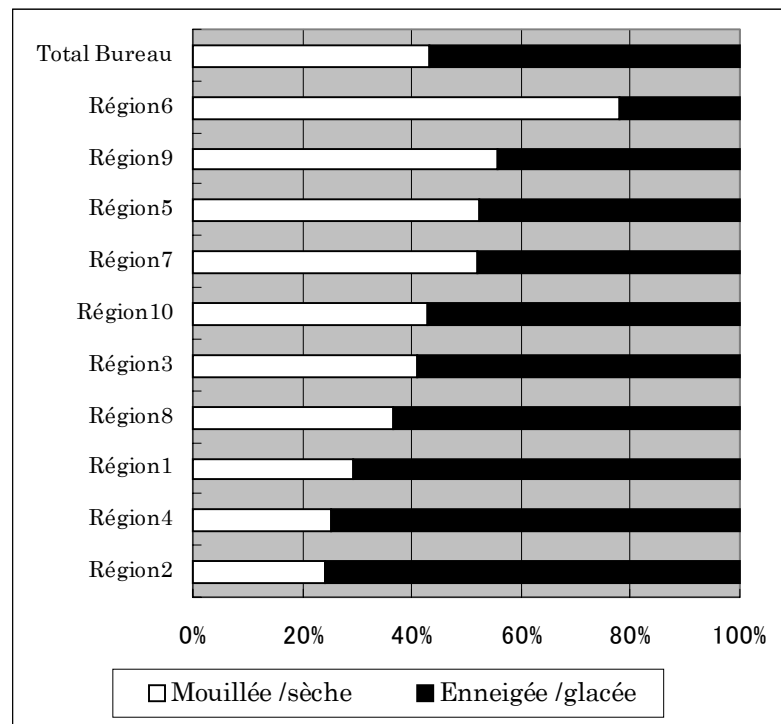


Figure 3 Taux D'occurrence des Conditions Routières Hivernales par Région

Tableau n° 1 Analyse Multi-Régression des Conditions Météo et Émergence de Conditions Routières Hivernales Typiques

Variables	Mouillée/sèche			Enneigée/glacée		
	Coefficient de régression partielle	Coefficient de régression partielle standard	Corrélation partielle	Coefficient de régression partielle	Coefficient de régression partielle standard	Corrélation partielle
Temp. moyenne	0.0456	0.3766	0.5915	-0.0456	-0.3766	-0.5915
Vitesse moyenne du vent	-0.0321	-0.1374	-0.2852	0.0321	0.1374	0.2852
Durée d'ensoleillement	0.0012	0.7613	0.7576	-0.0012	-0.7613	-0.7576
Précipitations	-0.0002	-0.1106	-0.1996	0.0002	0.1106	0.1196
Nombre de jours de neige	-0.0035	-0.1385	-0.2535	0.0035	0.1385	0.2535
Équation de régression multiple						
Route sèche /mouillée	$Y1=0.0456X1-0.0321X2+0.0012X3-0.0002X4-0.0035X5+0.7004$					
Route enneigée /verglacée	$Y2=-0.0456X1+0.0321X2-0.0012X3+0.0002X4+0.0035X5+0.2996$					

Y1: taux d'occurrence de routes sèches/mouillée Y2: taux d'occurrence de routes enneigées/verglacées

X1: température moyenne X2: vitesse moyenne du vent X3: durée d'ensoleillement

X4: précipitations X5: nombre de jours de neige

Coefficient de détermination modifié 0.839 Coefficient de régression multiple modifié 0.916

L'analyse n'a pas pris en compte les différences de normes de déneigement, de la diffusion des agents antigel ou autres facteurs clé. Elle a cependant montré que la façon dont la neige résiduelle est fondue (par radiation solaire ou par chauffage) exerce une influence importante sur les conditions des routes traitées par des procédés de déneigement mécaniques.

4. Gestion Routière Hivernale par le Bureau du Développement du Hokkaido

L'importance des chutes de neige sur la plus grande partie d'Hokkaido rend le déneigement indispensable. Depuis l'entrée en vigueur, en juin 1990, de la loi sur la Prévention de Génération de Particules émanant de pneus à clous, les mesures de

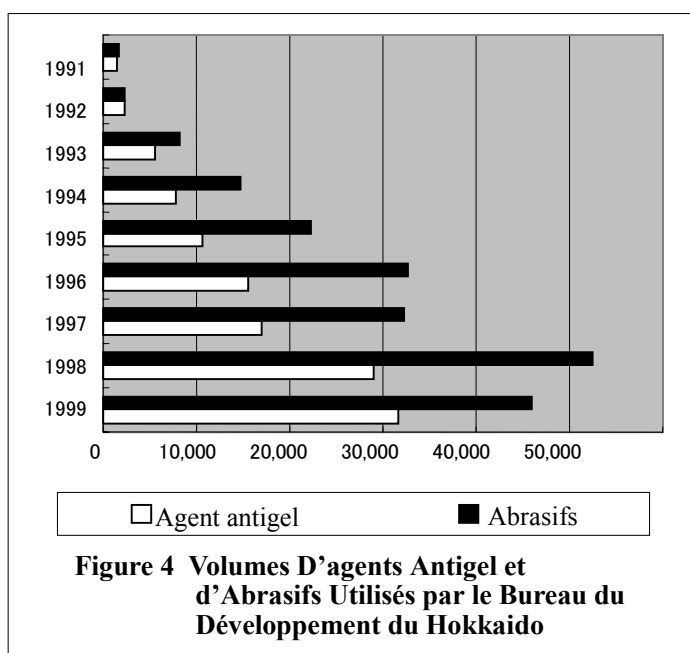


Figure 4 Volumes D'agents Antigel et d'Abrasifs Utilisés par le Bureau du Développement du Hokkaido

traitement des chaussées enneigées et verglacées sont devenues aussi importante que le déneigement. Avant les restrictions applicables à l'utilisation de clous en métal sur les pneus, on n'utilisait qu'une faible quantité d'antigel et d'abrasifs à Hokkaido. Ces quantités ont augmenté de manière substantielle depuis l'interdiction en 1992 des pneus à clous (figure 4).

La figure 5 donne le volume total des agents antigel et des abrasifs utilisés en 1999 dans chacune des dix régions du Hokkaido, classé selon les conditions routières hivernales.

Sur l'ensemble du Hokkaido, le volume répandu au kilomètre, sur l'ensemble des autoroutes nationales gérées par le Bureau, se montait à environ 7 tonnes d'antigel et 5 tonnes d'abrasifs. Les volumes au kilomètre présentent de fortes variations en fonction des régions, passant de une tonne à plus de dix pour les agents antigel et de zéro à 20 tonnes pour les abrasifs.

Le tableau n° 2 donne la corrélation entre les volumes totaux d'agents antigel et d'abrasifs utilisés au kilomètre d'autoroute nationale par rapport aux données météo de l'AMeDAS et aux taux d'occurrence des conditions routières hivernales typiques. Comme on le voit au tableau n° 2, il n'existe peu ou pas de corrélation entre ces facteurs, ce qui tendrait à suggérer que la différence et d'abrasifs utilisés est fonction du degré d'importance de la chaussée et de la circulation qu'elle supporte plus que des facteurs météo.

La figure 6 montre les proportions entre les agents antigel et les abrasifs utilisés dans ces régions. Le ratio, au Hokkaido, varie selon les régions. De même, la comparaison entre les figures 6 et 3 suggère qu'il n'existe que peu ou pas de corrélation entre les ratios d'utilisation de ces produits et les taux d'occurrence des conditions routières hivernales typiques.

L'analyse de la corrélation entre le ratio agents et abrasifs et les facteurs météo s'est fait à l'aide d'une analyse de régression multiple (tableau n° 3). Il en ressort que la sélection agent/abrasif dépendait de la température de l'air, les autres facteurs météo n'ayant que peu ou pas d'impact sur le choix opéré. Dans les régions à température relativement élevée, la préférence est allée plus aux agents antigel alors que les régions plus froides favorisaient les abrasifs.

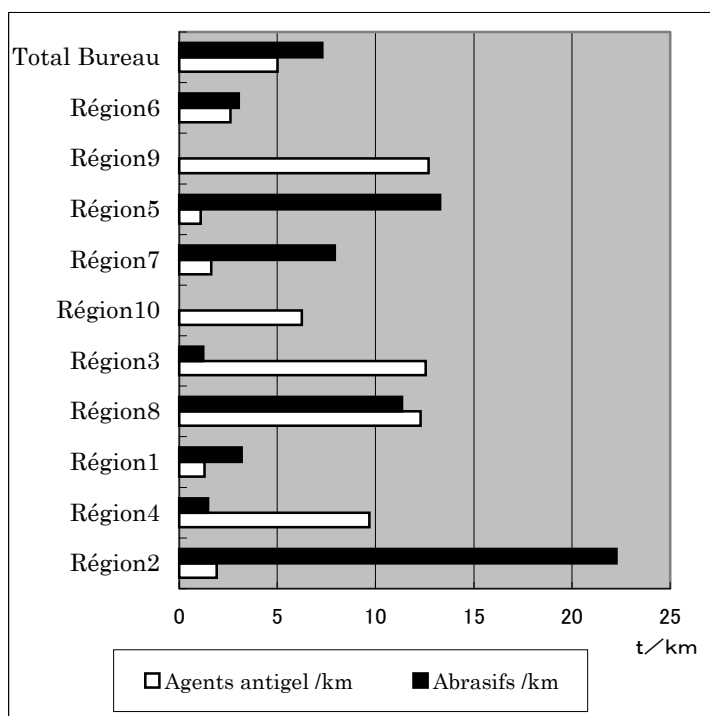


Figure 5 Volumes D'agents Antigel et D'abrasifs Utilisés au Kilomètre par le Bureau du Développement du Hokkaido

Tableau n° 2 Relation Entre les Facteurs Météo et les Quantités D'agent Antigel et D'abrasifs Appliqués au Kilomètre par le Bureau de Développement du Hokkaido

	Agent antigel	Abrasifs
Température moyenne	0.1425	-0.3099
Vitesse moyenne du vent(m/s)	0.0386	-0.1981
Durée d'ensoleillement(h)	-0.456	0.0028
Précipitations(mm)	0.2	0.1302
Nombre de jours de neige	0.2141	0.1204
Taux d'occurrence des chaussées sèches / mouillées	-0.3947	0.0079
Taux d'occurrence de chaussées enneigées /verglacées	0.3947	-0.0079

Tableau n° 3 Analyse à Régression Multiple Entre la Météo et L'utilisation des Agents Antigel et des Abrasifs

Variables	Agent antigel			Abrasifs		
	Partial regression coefficient	Standard partial regression coefficient	Partial correlation	Partial regression coefficient	Standard partial regression coefficient	Partial correlation
Temp. moyenne	0.1638	0.849	0.7048	-0.1638	-0.849	-0.7048
Vitesse moyenne du vent	-0.0363	-0.0982	-0.1267	0.0363	0.0982	-0.1267
Durée d'ensoleillement	0.0004	0.1562	0.1416	-0.0004	0.1562	0.1416
Nombre de jours de neige	0.0041	0.1018	0.115	-0.0041	-0.1018	-0.115
Équation de régression multiple						
Agent antigel	Y1=0.1638X1-0.0363X2+0.0004X3-0.0003X4-0.0041X5+0.6405					
Abrasifs	Y2=-0.1638X1+0.0363X2-0.0004X3+0.0003X4+0.0041X5+0.3595					

Y1: taux d'occurrence de routes Agents antigel Y2: taux d'occurrence de routes Abrasifs

X1: température moyenne X2: vitesse moyenne du vent X3: durée d'ensoleillement

X4: précipitations X5: nombre de jours de neige

Coefficient de détermination modifié 0.554 Coefficient de régression multiple modifié 0.745

5. Perspectives et Propositions

Cette communication a présenté la gestion routière hivernale telle qu'elle est actuellement mise en œuvre par le Bureau, compte tenu du climat du Hokkaido. Depuis l'interdiction des pneus à clous, les mesures de traitement des routes hivernales glissantes sont devenues une priorité du Bureau et les volumes d'agents antigel et d'abrasifs ont connu une progression marquée. Au vu de cette augmentation, le Bureau voudrait cesser de s'appuyer en grande partie sur des opinions et des expériences subjectives et les remplacer par des directives rationnelles et systématiques régissant l'utilisation des agents. En 1997, est sorti le Winter Road Surface Management Manual (Manuel de gestion des chaussées en hiver). Ce (projet de) manuel propose des normes de gestion routière hivernale à appliquer uniformément dans le Hokkaido (tableau n° 4) assorti des taux d'application standard d'agents antigel (tableau n° 5). Cependant, ainsi qu'il est décrit dans la communication, les conditions météo varient fortement au Hokkaido et ces caractéristiques locales doivent être prises en compte.

A cet effet, le Bureau propose un niveau de service et de méthodes cible de gestion hivernale des routes, prenant en compte ces différences climatiques régionales. (Le Bureau fera de son mieux pour réaliser ces objectifs mais ne peut être tenu de les atteindre toujours.) La proposition n'est considérée que comme une ligne directrice pour les périodes hivernales les plus dures et autorise les exceptions. Par exemple, au début ou à la fin de l'hiver, quand on utilise moins les pneus d'hiver, toutes les routes du Hokkaido devraient être entretenues de manière à ce que tous les véhicules équipés de pneus d'été puissent rouler en sécurité. De même, les conditions météo anormales doivent être traitées de manière adéquate.

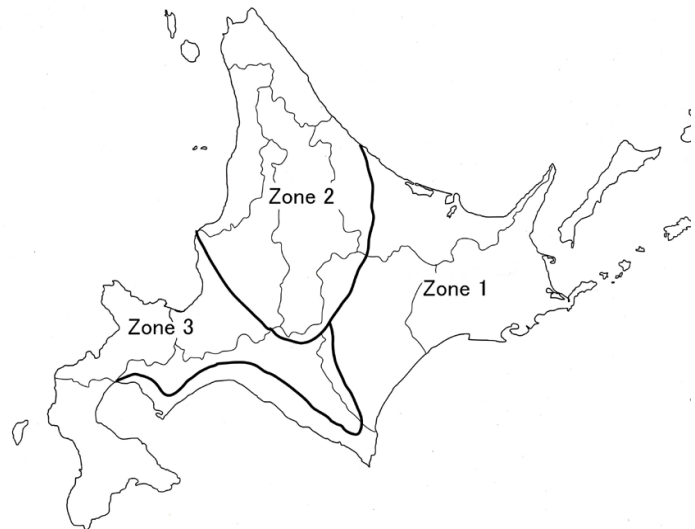


Figure 7 Trois Zones de Gestion Routière Hivernale (Proposition)

5.1 Zone 1

La zone 1 contient les régions 5, 6, 7 et 9. A l'exception de certaines parties montagneuses, la zone 1 est caractérisée par des périodes d'ensoleillement relativement longues et des taux d'occurrences plus élevées de chaussées sèches/mouillées en hiver. Les chaussées de la zone 1 qui sont mouillées dans la journée ont tendance à verglaser la nuit.

Il est donc important d'appliquer des agents pour empêcher le verglas nocturne. En principe, les abrasifs ne sont pas utilisés. Quand la neige et la glace se sont bien accumulés sur les chaussées, on applique des agents antigel après avoir aplani la surface afin que les radiations solaires puissent ensuite rendre la route sèche/mouillée.

5.2 Zone 2

La zone 2 comporte les régions 1 et 2. Elles se caractérisent par une occurrence un peu plus forte de routes enneigées et verglacées, des températures basses, des chutes de neige plus importantes et des périodes ensoleillées plus courtes. Il est donc plus difficile d'arriver à un état de route sèche/mouillée en déneigeant et en appliquant des agents antigel. Il s'ensuit qu'on utilise principalement les

abrasifs pour lutter contre le glissement avec, en complément, les agents antigel. Il faut cependant traiter le verglas avec des agents antigel.

5.3 Zone 3

La zone 3 compte les régions 3, 4, 8 et 10. Elle se caractérise par des taux d'occurrence relativement élevés des conditions typiques de routes enneigées/glacées, des chutes de neige plus abondantes et des températures plus élevées. Surtout, la zone 3 connaît les plus forts taux d'occurrence de chaussées très glissantes, ce qui rend nécessaire de porter une attention accrue à la gestion du réseau routier.

La zone 3 connaît des périodes d'ensoleillement relativement plus courtes mais des températures hivernales plus élevées. L'état des chaussées peut être amélioré par l'application d'agents antigel sur nombre de jours d'hiver. Ce sont, par conséquent, les principaux moyens utilisés pour les routes, complétés par des abrasifs en cas de températures basses;

Tableau n° 4 Niveaux de Services Visés Pour la Gestion Routière Hivernale par le Bureau du Développement du Hokkaido (Projet)

Application classification of management objectives

Road conditions Daily traffic volume	Urban area	Flat area	Mountainous area
	20,000 ~	A	B
10,000 ~ 20,000	B	C	B
4,000 ~ 10,000	C	D	C
1,000 ~ 4,000	D	D	D
~ 1,000	E	E	E

Notes :

- 1) For daily traffic volume, in principle, 24-hour traffic volume (in autumn) in the road traffic census is used
- 2) Road conditions are classified based on the following conditions

Urban area

: urban areas with a series of intersections

Flat area

: flat lands other than urban areas

Mountainous area

: mountainous and piedmont areas, among other areas, which generally have disadvantageous slopes and alignments

Surface standard

Road surface standard	Classification of road surface
1	Extremely Slippery Thin Ice Extremely Slippery Thick Ice Extremely Slippery Compacted Snow
2	Thick Ice Powder Snow on Ice Crust Thin Ice
3	Granular Snow on Ice Crust Compacted Snow
4	Powder Snow Granular Snow Slush
5	Wet Dry

Management objectives

Management objectives	
A	Road surface standard 4 to be ensured 24 hours a day
B	Road surface standard 4 to be ensured between 6:00 to 22:00. In other time zones, road surface standard 3 to be ensured.
C	Road surface standard 3 to be ensured 24 hours a day
D	Road surface standard 3 to be ensured between 6:00 to 22:00. In other time zones, road surface standard 2 to be ensured.
E	In principle, road surface standard 2 to be ensured 24 hours a day. Appropriate response to snow removal and road traffic conditions to be promoted.

Tableau n° 5 Normes d'application des Agents Antigél et Des Abrasifs par le Bureau du Développement du Hokkaido (Projet)

Classification	Spreading methods	Amount	Remarks
Anti-freezing agents	Wet spreading (or dry spreading)	30 g/m ² 15 g/m ² * for anti-freezing, not for de-icing * when the snow depth is not so much	liquid amount for wet spreading is controlled 10-30% of agents weight sodium chloride or calcium chloride liquid is used
	liquid spreading	50 ml/m ² * for anti-freezing, not for de-icing * when the snow depth is not so much	Density of the liquid : sodium chloride 20-25% : calcium chloride about 30%
Abrasives		150 - 350 g/m ²	In wet spreading, sodium chloride or calcium chloride liquid is used

6. Conclusion

Depuis l'interdiction des pneus à clous, le Bureau du développement du Hokkaido s'est efforcé de rendre les chaussées moins glissantes en hiver avec différents moyens, y compris des agents antigél et des abrasifs. C'est ainsi que des routes, considérées comme très glissantes après l'entrée en vigueur de l'interdiction des pneus à clous, ont connu une baisse très forte de leurs taux d'occurrence. Par ailleurs, les volumes d'agents antigél et d'abrasifs utilisés ont grimpé brutalement, gonflant les coûts d'entretien du réseau et suscitant des préoccupations en ce qui concerne leur impact sur l'environnement. Il est donc important d'élaborer des mesures ayant un maximum d'effet tout en utilisant un minimum d'agents antigél et d'abrasifs. Immédiatement après l'interdiction des pneus à clous, des voix se sont élevées pour dire que la simple amélioration des pneus et de la conduite automobile ne serait pas suffisants pour empêcher les accidents de la circulation⁵⁾. Au cours des dix années qui se sont écoulées, l'amélioration du coefficient de patinage des routes en hiver grâce aux agents antigél et aux abrasifs s'est avéré indispensable pour permettre de rouler en sécurité avec les pneus sans clous. Cet effet ressort clairement de la forte poussée de l'utilisation des agents antigél et des abrasifs.

Cette communication a traité des pratiques actuelles de gestion hivernale des routes du Bureau, compte tenu du climat dans l'Hokkaido. Se fondant sur cette étude, la présente communication propose des programmes d'entretien qui prennent en compte les besoins et les conditions climatiques locales de chacune des zones de l'Hokkaido plutôt qu'un programme général sur toute la région de l'Hokkaido. Pour tenir compte des conditions météo spéciales du Hokkaido, telles que la neige soufflée sur les routes ainsi que le refroidissement radiatif qui fait chuter les températures très fortement malgré une isolation substantielle, il sera nécessaire de mettre sur pied des méthodes et des normes spécifiques de gestion des routes. Il faudra préparer des manuels qui couvrent l'installation de système de réchauffement des routes et de chaussées antigél.

Références

- 1) Northern Intercity Conference Winter Urban Environmental Research Subcommittee Harmony between Winter Road Management and the Environment', janvier 1992
- 2) Hokkaido Road Management Engineering Center, Winter Road Maintenance by the Hokkaido Development Bureau, octobre 1994
- 3) Hokkaido Development Bureau, Winter Road Surface Management Manual (projet) novembre 1997
- 4) Masaru Matsuzawa, Yasuhiko Kajiyama, The Relationship between Freezing of Road Surface and

- Weather Conditions, Monthly Report of the Civil Engineering Research Institute No. 505, juin 1995
- 5) Terutoshi Kaku, Winter Traffic Accidents in Recent Years in Hokkaido, Proceedings of International Workshop on Winter Road Management, janvier 1993
 - 6) Makoto Murakuni, The effectiveness of chemicals used for winter road anti-icing (1) - (4), "Yuki (signifie "neige" en japonais)" No. 10 (1) - No. 13 (4) par le Snow Research Center, janvier - octobre, 1993
 - 7) Compilé par Hokkaido Development Association, Edité par Hokkaido Development Bureau, Manuel sur les routes dans le Hokkaido 2000