

# ETUDE PORTANT SUR LA RATIONALISATION DE LA PULVERISATION DE PRODUITS CHIMIQUES ANTIGEL DANS LA PREFECTURE DE NIIGATA

Hiroshige OHANA\*<sup>1</sup>, Noriyasu KANEKO\*<sup>1</sup>, Kenichi SAITO\*<sup>2</sup>, Junichi OSHIMA\*<sup>3</sup>

- \*1 Division de l'entretien du réseau routier, Département des travaux publics, Gouvernement préfectoral de Niigata  
Tél: +81-25-285-5511, Fax: +81-25-284-5096  
E-mail/Courriel: T0800403@mail.pref.niigata.jp
- \*2 Bureau des travaux publics de Muikamachi, Département des travaux publics, Gouvernement préfectoral de Niigata  
Tel: +81-25 7-72-2249, Fax: +81-25 7-72-2618  
E-mail/Courriel: T0811206@mail.pref.niigata.jp
- \*3 Département de la planification et de la coordination, Centre de recherches concernant la neige  
Tel: +81-3-3261-2941, Fax: +81-3261-2764  
E-mail/Courriel: snow@yukicenter.or.jp

## 1. Résumé

Depuis l'interdiction en avril 1991 des pneus à crampons ou à clous qui constituaient un moyen efficace pour prévenir les accidents provoqués par des dérapages en hiver, les encombrements de circulation et les accidents de dérapage à cause de la chaussée verglacée sont devenus de sérieux problèmes sociaux.

Afin d'éviter l'apparition de verglas sur la chaussée, la Préfecture de Niigata exécute des opérations d'entretien et de maintenance du réseau routier centrées sur l'installation de systèmes destinées à faire fondre la neige et de déneigement ainsi que sur la pulvérisation de produits chimiques antigel. Toutefois, afin de répondre aux besoins accrus des activités socio-économiques durant la saison hivernale et à une élévation du niveau de services attendue par le public et les usagers de la route, tendance constatée au cours des dernières années, la Préfecture a augmenté la quantité de produits chimiques antigel qu'elle pulvérise sur la chaussée. Par exemple, la quantité pulvérisée par unité de distance de chaussée traitée a doublé durant les dix dernières années. Et pour faire face à de nouveaux défis tels que des contraintes financières particulièrement rigoureuses et la nécessité de protéger l'environnement global, la Préfecture doit pulvériser maintenant des produits chimiques antigel qui soient plus efficaces et assurer un entretien et un traitement de la chaussée durant l'hiver qui soit moins agressif à l'égard de l'environnement.

Planifiée en vue de répondre aux besoins susmentionnés en améliorant les opérations d'entretien du réseau routier par la pulvérisation de produits chimiques antigel, cette étude se concentre sur une pulvérisation perfectionnée qui prévienne l'apparition de verglas à la surface de la chaussée afin de rationaliser la quantité pulvérisée et le choix des endroits à pulvériser en se basant sur une enquête sur le terrain. En se basant sur les résultats obtenus, les auteurs ont proposé une méthode à la fois rationnelle et effective de pulvérisation mise en oeuvre en préparant et en appliquant dans le cadre des

opérations une carte de pulvérisation des produits chimiques antigel qui reflète les conditions météorologiques ainsi que les caractéristiques affectant la chaussée sur le site.

Cette étude compare également la pulvérisation réelle sur une route modèle en janvier et février 2000 avec les résultats du calcul de la quantité qui aurait été pulvérisée en appliquant aux opérations de pulvérisation la carte de pulvérisation des produits chimiques antigel obtenue par cette étude. Les résultats de ce calcul expérimental démontre qu'il est possible de réduire la quantité utilisée d'environ 14%. Le calcul du coût de pulvérisation des produits chimiques antigel dans l'ensemble de la Préfecture (en janvier et février 2000) a indiqué que l'application de cette méthode réduirait les coûts d'environ 63 millions de yen, révélant ainsi que l'on peut exécuter des opérations de pulvérisation qui soient efficace en pulvérisant à l'avance les produits antigel en se basant sur les données d'une carte de pulvérisation des produits chimiques antigel.

## 2. Introduction

### 2-1 Temps hivernal dans la Préfecture de Niigata

Comme indiqué sur la Figure 2-1-1, la Préfecture de Niigata est pratiquement située au centre de la côte bordant la Mer du Japon. Elle couvre une superficie totale de 12.580 km<sup>2</sup> et l'effectif de sa population est d'environ 2,5 millions d'habitants.

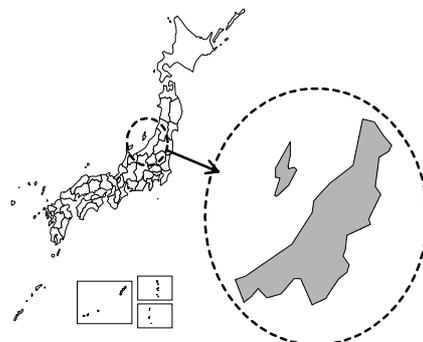
Durant l'hiver, des vents saisonniers orientés nord-ouest passent au-dessus du courant chaud de Tsushima et créent d'importantes quantités d'air humide qui s'élèvent et viennent percuter les chaînes de montagnes produisant ainsi d'abondantes chutes de neige dans la Préfecture de Niigata. Comme la moyenne des températures en janvier dans les principales villes de la Préfecture de Niigata et à Takada est élevée (celle-ci se situe entre 2°C et 2,5°C), cette neige est généralement lourde et possède une teneur en humidité élevée.

Dans la Préfecture de Niigata, des stations d'observation météorologique sont situées sur le réseau routier de 6.000 km géré et administré par le gouvernement préfectoral. Le Tableau 2-1-1 indique la hauteur d'enneigement enregistrée durant les 30 dernières années dans cinq villes caractéristiques. La hauteur d'enneigement se situe dans une plage de 0,5 m-1,5 m pour les villes de Niigata, Shibata et les autres villes situées dans les plaines côtières, et entre 2,0 m et 3,0 m à Tokamachi, ville qui est située dans la montagne. La hauteur d'enneigement cumulée obtenue en totalisant la hauteur d'enneigement quotidien dépasse 10 m dans les montagnes.

**Tableau 2-1-1 Hauteur maxi de l'enneigement et hauteur cumulée de l'enneigement (moyennes pour les 30 dernières années) (cm)**

	Shibata	Niigata	Nagaoka	Tokamachi	Joetsu	Moyenne
Hauteur maxi de l'enneigement	73	35	120	213	129	114
Hauteur cumulée de l'enneigement	391	162	603	1.142	586	577

Remarque) Moyenne pour la période 1971 - 2000

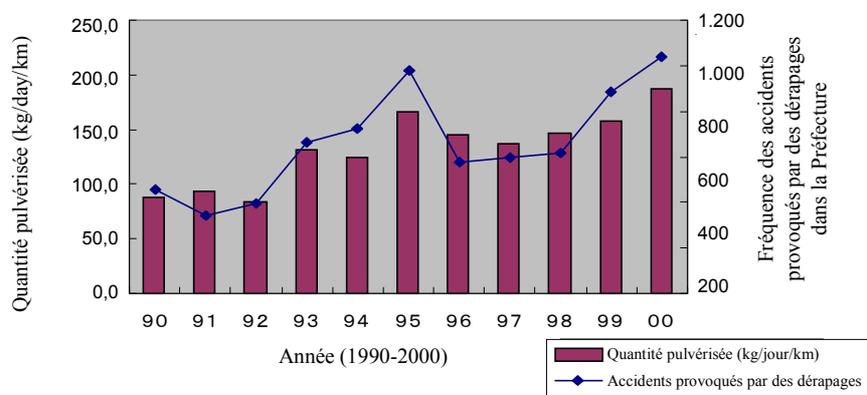


**Figure 2-1-1 Localisation de la Préfecture de Niigata**

## 2-2 Situation concernant la pulvérisation des produits chimiques antigel

Des produits chimiques antigel sont pulvérisés dans la Préfecture de Niigata sur 900 km de route, ce qui correspond à 17% du total de 5.100 km de routes où l'on exécute des opérations de déneigement. Ceci est effectué principalement par une pulvérisation mécanisée de chlorure de sodium (NaCl).

Un examen des tendances récentes de la pulvérisation des produits chimiques antigel indique que durant la décennie écoulée depuis l'interdiction des pneus à clous en avril 1991 la quantité pulvérisée par jour et par km a doublé lorsque la température tombe en-dessous de zéro (Voir Figure 2-2-1). Les deux facteurs qui expliquent cette tendance sont d'une part la fréquence accrue des accidents provoqués par des dérapages-résultant du fait que le verglas et la neige tassée apparaissent plus facilement à la surface des routes -, et d'autre part les besoins accrus du public créés par une expansion des activités socio-économiques durant la saison hivernale.



**Figure 3-2-1 Tendances concernant la quantité de produits chimiques antigel pulvérisée (réseau routier administré par la Préfecture de Niigata)**

Les chutes abondantes de neige durant l'hiver dans la Préfecture de Niigata sont accompagnées par des variations de température provoquant le gel et le dégel répétés de la couche de neige et la formation aisée de neige compacte et tassée. Pour cette raison, l'une des caractéristiques du traitement de la surface de la chaussée à Niigata est l'application fréquente du processus: déneigement initial suivi de la pulvérisation de produits antigel pour faire fondre la neige restante avant qu'elle ne se transforme en neige tassée. Si ceci est inclus dans les opérations de pulvérisation à l'avance afin de prévenir l'apparition de ce phénomène, environ 85% de l'ensemble des opérations de pulvérisation menées par des camions pulvérisateurs dans l'ensemble de la Préfecture de Niigata sont des opérations de pulvérisation exécutées au préalable. Les 15% d'opérations restantes sont des opérations de pulvérisation exécutées pour faire fondre le verglas qui s'est formé à la surface de la chaussée, et ceci est réalisé principalement par la pulvérisation de chlorure de sodium (NaCl<sub>2</sub>).

## 2-3 Défauts présentés par la pulvérisation de produits antigel

Des normes et standards clairs régissant la pulvérisation de produits antigel n'ont pas encore été établis pour le réseau routier administré par la Préfecture de Niigata. En conséquence de quoi les décisions relatives au moment opportun pour envoyer les camions pulvérisateurs, à la quantité à pulvériser, et les endroits à pulvériser, sont en fait prises par les responsables du déneigement dans chaque bureau de travaux publics administrant des routes et par les opérateurs employés par les

entreprises sous-traitantes chargées de la pulvérisation en se basant sur leur propres expériences et observations des conditions météorologiques.

Les problèmes que cette approche peut entraîner incluent la forte probabilité d'une pulvérisation excessive ou inadéquate ou des écarts au regard du niveau de traitement de la surface de la chaussée sur divers tronçons ou sections d'une même route par les entreprises chargées de la pulvérisation et responsables pour chaque tronçon de la route en question.

### **3. Aperçu de l'enquête**

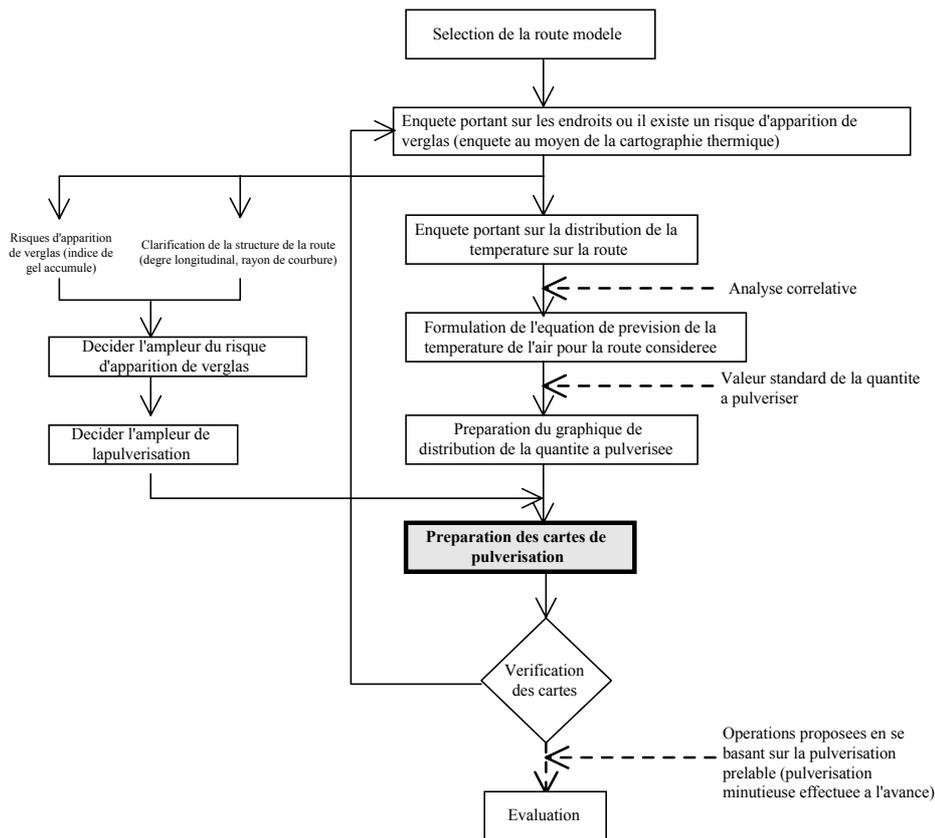
#### **3-1 But de l'enquête**

La Préfecture de Niigata s'efforce de résoudre ces problèmes grâce à la mise en place d'un système de gestion de la pulvérisation préalable en rationalisant la quantité pulvérisée, les endroits à pulvériser et les moments où l'on doit pulvériser conformément à des standards de gestion rationnels de telle manière à améliorer la gestion du réseau routier basée sur la pulvérisation de produits antigel.

Cette enquête est une enquête de base exécutée en appliquant les résultats de la cartographie thermique d'une route modèle sélectionnée en vue de préparer des cartes de pulvérisation de produits antigel qui reflètent les caractéristiques météorologiques de la région concernée ainsi que les caractéristiques de la surface de la chaussée dans la quantité pulvérisée, l'ampleur de la pulvérisation (désignées ci-après " cartes de pulvérisation ") et l'application des cartes de pulvérisation en vue de vérifier l'efficacité de cette méthode et son potentiel futur.

#### **3-2 Contenu de l'enquête**

Cette enquête a été menée conformément au Diagramme global enregistrant les flux de l'enquête indiqué ci-dessous à la Figure 3-2-1. pour la route modèle faisant l'objet de l'enquête, les auteurs ont sélectionné un tronçon de 16 km de la Route nationale N°253 allant de Yokawa à Muikamachi (Canton de Minami Uonuma) jusqu'au lieu-dit de Yamamoto dans la ville de Tokamachi. Cette route est située dans une région qui connaît des chutes de neige extrêmement abondantes. Et passe par un col dont l'altitude varie de 330 lorsque la route traverse les Collines d'Uonuma et le tunnel de Hakka (Longueur = 1.180 m) ainsi que de nombreuses infrastructures de protection (écrans pare-neige, abris contre la neige) construites des deux côtés du tunnel.



**Figure 3-2-1 Diagramme global enregistrant les flux de l'enquête**

#### 4. Enquête cartographique thermique <sup>1)</sup>

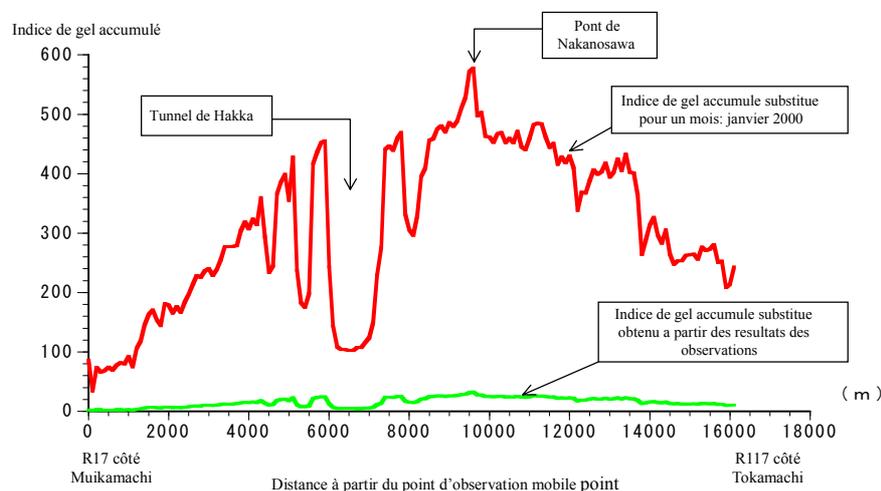
L'enquête menée au moyen de la cartographie thermique a été réalisée par un véhicule mobile chargé de la collecte de données concernant la surface de la chaussée et équipé d'un thermomètre pour mesurer la température à la surface de la route, d'un thermomètre pour mesurer la température de l'air et de divers autres capteurs (Centre de recherches concernant la neige, Entreprise publique des routes nationales du Japon, 1999). L'enquête sur le terrain a été menée à 30 reprises, commençant dans la soirée, se poursuivant dans la nuit et s'achevant à l'aube-une période où l'apparition de verglas est fréquente-du 17 au 24 janvier 2000. Vers le milieu de cette période-du 20 au 22 janvier-on a enregistré des chutes de neige continues et la route était recouverte soit de neige tassée soit de neige " sorbet ", mais les autres jours le temps était souvent clair ou nuageux et la surface de la chaussée soit sèche soit mouillée.

Les données de l'enquête concernant la température de l'air et la température à la surface de la chaussée et collectées linéairement à des intervalles de 20 mètres et les résultats ont été convertis pour obtenir l'indice de gel cumulé afin de clarifier de manière linéaire les sections enclines au gel. L'indice de gel cumulé est un indice obtenu en totalisant les températures égales ou inférieures à 0°C de la surface de la chaussée à partir de chaque cycle d'observation. La Figure 4-4-1 indique l'indice de gel cumulé basé sur les résultats des 30 observations réalisées et l'indice de gel cumulé obtenu après conversion des données provenant des stations d'observation météorologiques situées dans la

Préfecture de Niigata (Col de Hakka) auxquelles on se réfère ci-dessus comme les données mensuelles pour janvier 2000 (31 jours, 744 heures au total).

Au fur et à mesure que l'altitude augmente à partir du versant de Muikamachi qui constitue le point de départ des observations jusqu'au point situé à 6 km de là et où se trouve le tunnel de Hakka, l'indice de gel cumulé augmente progressivement, mais à proximité des écrans pare-neige et des abris contre la neige l'indice varie d'une manière soudaine et sa valeur diminue fortement dans le tunnel et autres endroits similaires. En poursuivant dans le tunnel et vers le versant de Tokamachi, on constate que l'indice continue graduellement de baisser mais il augmente soudainement pour atteindre un pic au niveau du pont de Nakanosawa (Longueur = 21,5 m) situé au Km 9.

Ces résultats indiquent que comme la température de la surface de la chaussée varie particulièrement avant et après le Tunnel de Hakka, ceci constitue un tronçon où la probabilité d'accidents de circulation est particulièrement élevée et que la nécessité d'un traitement prioritaire de la route s'impose de manière indispensable.



**Figure 4-1-1 Résultats de l'enquête de cartographie thermique**

## 5. Préparation des cartes de pulvérisation des produits antigel

### 5-1 Concept base de la rationalisation

La rationalisation de la pulvérisation des produits antigel met l'accent sur la rationalisation de la quantité à pulvériser et la plage de pulvérisation dans le cas d'une pulvérisation exécutée à l'avance. De manière spécifique, on a garanti la rationalisation des opérations en fixant la quantité à pulvériser en se basant sur des prévisions à court terme concernant la température de l'air sur la route modèle et obtenues conformément aux résultats de l'enquête de cartographie thermique ; et en fixant d'autre part la plage de pulvérisation en fonction du " classement des risques d'apparition de verglas " qui reflète avec précision les caractéristiques de la route et les conditions météorologiques le long de la route.

Ensuite, afin d'établir une méthode d'application de ces résultats à une méthode pratique, des cartes de pulvérisation qui indiquent la quantité à pulvériser à l'intérieur de la plage/intervalle de pulvérisation sur la route ont été préparées. On a posé en hypothèse que l'exécution de la pulvérisation

en se basant sur les cartes de pulvérisation permettra de clarifier et préciser la quantité que l'on devra pulvériser ( $\text{g/m}^2$ ) sur chaque tronçon de la route, d'exécuter une pulvérisation objective et cohérente qui reflète les caractéristiques de chaque route et des conditions météorologiques le long de la route.

## 5-2 Diagramme de distribution de la quantité à pulvériser basé sur les prévisions concernant la température de l'air à court terme

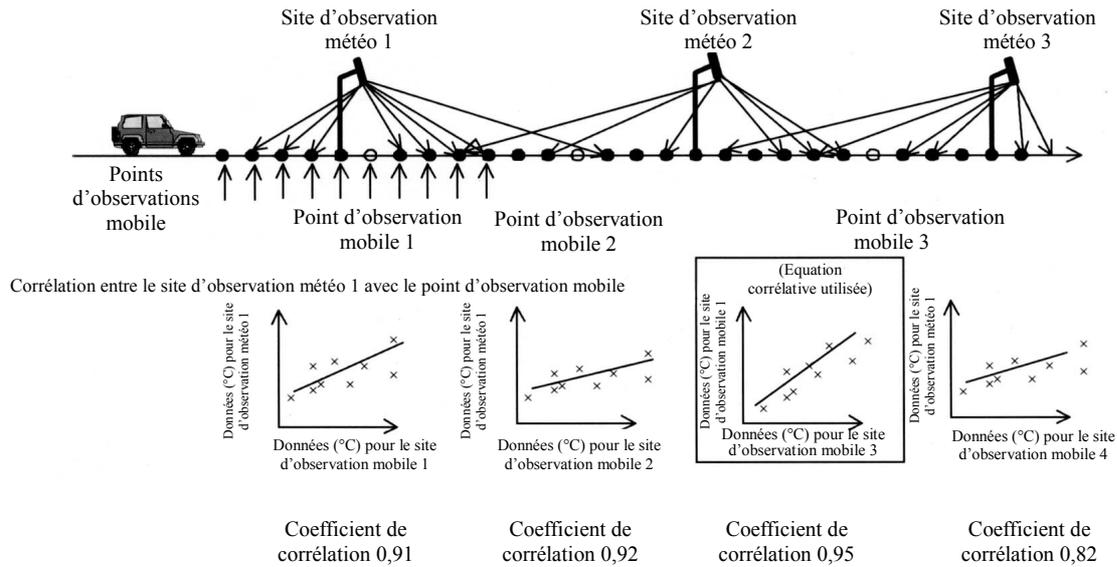
Comme les effets de la pulvérisation <sup>2)</sup> (abaissement du point de congélation et amélioration de la résistance au dérapage) sont grandement affectés par la densité de pulvérisation ( $\text{g/m}^2$ ) et la température de l'air durant la pulvérisation, on a prévu la température de l'air sur la route modèle de manière linéaire (prévisions de la température à court terme, une heure à l'avance) afin de déterminer des quantités rationnelles de pulvérisation avec du sel (NaCl) comme standard pour chaque tronçon de 100 m de route.

Les prévisions de la température à court terme pour cette enquête ont été réalisées en entrant la température de l'air enregistrée à une station d'observation météorologique (Muikamachi dans ce cas) en vue de prévoir la distribution de la température de l'air à des intervalles de 20 m le long de cette route. De manière plus spécifique, comme indiqué sur la Figure 5-2-1, les données concernant la température de l'air et provenant de trois stations d'observation météorologique situées à proximité de la route modèle (Tokamachi, Muikamachi et Col de Hakka) et les données concernant la température de l'air recueillies par l'enquête au moyen de la cartographie thermique ont été utilisées fin de sélectionner le point d'observation météo qui possède la corrélation la plus étroite avec chaque point le long de la route (intervalles de 20 m) en vue de préparer une équation corrélatrice.

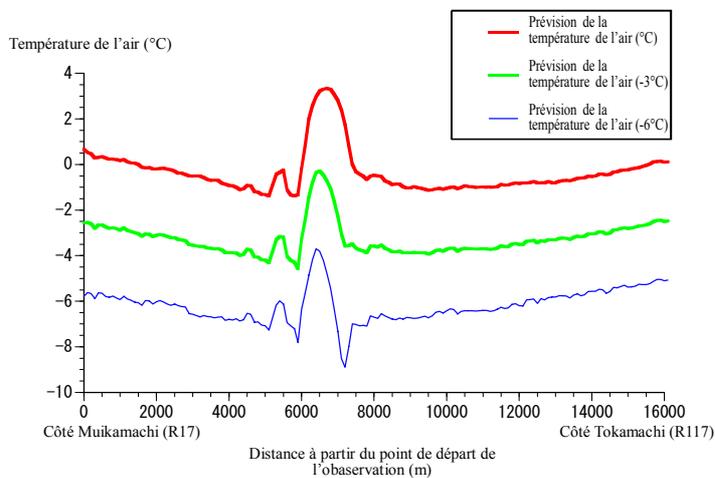
La Figure 5-2-2 donne un exemple de prévision de la distribution de la température de l'air sur la route modèle obtenu au moyenne de cette équation corrélatrice. La même figure indique également les résultats de la prévision de la distribution de la température de l'air obtenue en entrant la température de l'air à Muikamachi ( $0^\circ\text{C}$ ,  $-3^\circ\text{C}$ ,  $-6^\circ\text{C}$ ).

La quantité à pulvériser (densité de pulvérisation en  $\text{g/m}^2$ ) a été déterminée en prenant en considération les conditions météorologiques le long de la route modèle et en appliquant la quantité standard à pulvériser du Bureau régional du Hokuriku (Ministère de l'aménagement du territoire et des transports) que l'on suppose adéquat (quantité de sel pulvérisé en fonction de la température de l'air) comme standard pour la quantité à pulvériser (Voir Tableau 5-2-1). La quantité à pulvériser a été alors fixée pour chaque tronçon de 100 m de la route modèle en se basant sur les résultats des prévisions concernant la température de l'air à court terme et sur la quantité standard à pulvériser.

La Figure 5-2-3 donne un exemple de diagramme de distribution de la quantité à pulvériser. La quantité à pulvériser a été fixée pour quatre niveaux différents: 0 (pas de pulvérisation), 20, 30, et 40  $\text{g/m}^2$ , et pour plus de commodité les quantités spécifiées sont représentées sur la carte par les chiffres 0,1, 2, et 3.



**Figure 5-2-1 Diagramme conceptuel des prévisions à court terme concernant la température de l'air**



**Tableau 5-2-1 Température de l'air et quantité standard à pulvériser**

Température de l'air (°C) *1	Quantité à pulvériser (g/m <sup>2</sup> )	Format d'indication *2
① t > 0	0	0
② 0 ≤ t < -3	20	1
③ -3 ≤ t < -6	30	2
④ t ≤ -6	40	3

\*1. t (°C) représente la température minimale de l'air à l'endroit à pulvériser (°C)

\*2. Le format d'indication désigne les numéros à l'intérieur du diagramme de distribution de la pulvérisation: Figure 5-2-3.

**Figure 5-2-2 Exemple des résultats concernant la prévision de la température de l'air à court terme**

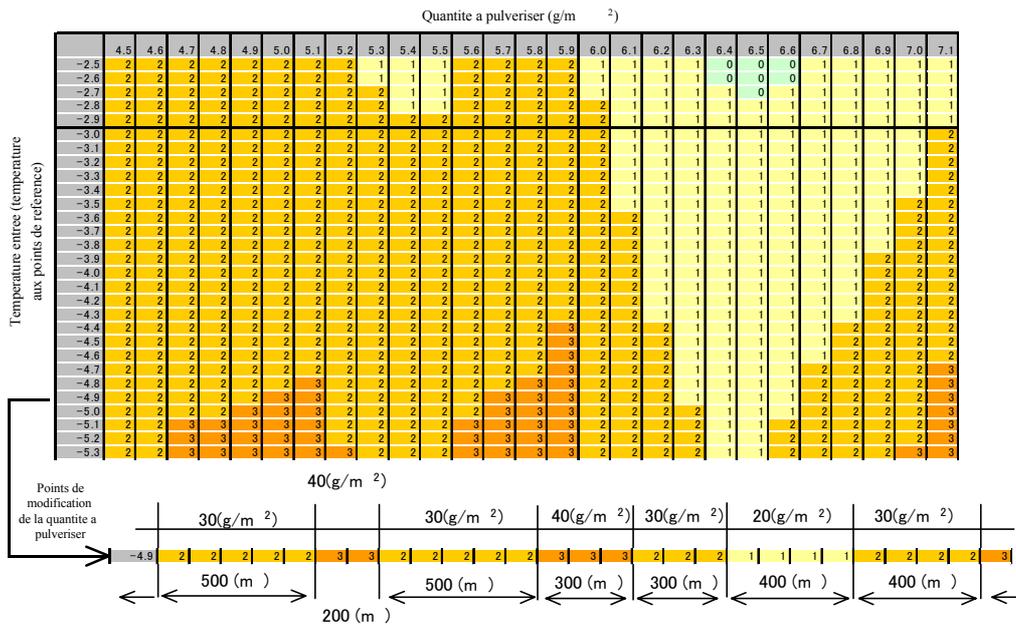


Figure 5-2-3 Exemple de diagramme de distribution de la quantité à pulvériser

### 5-3. Spécification de la gamme de pulvérisation en fonction du classement des risques d'apparition de verglas

Pour cette étude, nous avons fixé une “ plage de pulvérisation ” de telle manière que les quantités à pulvériser puissent être fixées comme des valeurs constantes pour des tronçons d'une certaine longueur (environ 1 km ou plus) afin que les opérations de pulvérisation mécanisées au moyen des camions pulvérisateurs de produits antigel puissent se dérouler sans problème, avec précision et en souplesse. Les plages de pulvérisation ont été fixées en entrant le rang de classement des risques d'apparition de verglas décrit ci-dessous afin de spécifier la plage de pulvérisation pour chaque degré dans le classement des risques d'apparition de verglas.

Les divers rangs de classement des risques d'apparition de verglas a été effectué en traitant l'indice de gel cumulé obtenu par l'enquête de cartographie thermique et la structure de la route comme des éléments destinés à quantifier la probabilité d'accidents de la circulation survenant en hiver en raison d'une chaussée rendue glissante à cause du vergles ou de la neige. (Risques d'apparition du verglas).

Puisque l'indice de gel cumulé est un indice - comme expliqué au chapitre “ 4. Enquête de cartographie thermique ”-qui reflète les conditions relatives à la température à la surface de la chaussée, c'est un indice approprié pour représenter le taux de probabilité de l'apparition de verglas à la surface de la chaussée. Aussi l'indice de gel cumulé obtenu à partir des résultats de l'enquête de cartographie thermique a-t-il été utilisé pour classer le degré de probabilité de l'apparition de verglas à la surface de la chaussée en cinq niveaux comme indiqué sur le Tableau 5-3-1.

La structure de la route a été considérée comme représentant des facteurs structurels qui ont une influence sur la fréquence des accidents causés par un dérapage et les autres types d'accidents de la circulations survenant sur les routes à la surface verglacée ou recouverte de neige, et en mettant l'accent sur les deux facteurs-degré longitudinal et rayon de courbure-les structures routières ont été

spécifiées aux niveaux indiqués sur le tableau 5-3-2 afin de prendre en considération le Décret sur la structure routière<sup>3)4)</sup> et l'état de la structure de la route modèle.

Ces trois éléments qui ont été classés (indice de gel cumulé, degré longitudinal, rayon de courbure) ont été pondérés en fonction de la fréquence prévue des accidents de la route afin d'obtenir le risque d'apparition de verglas pour lequel la valeur maximale était de 100, et le risque d'apparition de verglas a été réparti en cinq niveaux (de 1 à E) afin d'établir un classement simplifié des risques d'apparition de verglas.

**Tableau 5-3-1 Déterminer le classement des risques d'apparition du verglas**

Structure de la route		a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
		(10)	(20)	(30)	(40)	(50)
C < 200	(5)	A(15)	B(25)	B(35)	C(45)	D(55)
200 ≤ C < 300	(15)	B(25)	B(35)	C(45)	D(55)	D(65)
300 ≤ C < 400	(25)	B(35)	C(45)	D(55)	D(65)	E(75)
400 ≤ C < 500	(35)	C(45)	D(55)	D(65)	D(75)	E(85)
500 ≤ C	(50)	D(50)	D(70)	D(80)	D(90)	E(100)

\* Les données entre parenthèses ( ) représentent le risque d'apparition de verglas.

**Tableau 5-3-2 Degré longitudinal et rayon de courbure**

Degré longitudinal (%)		i < 6	6 ≤ i < 8	i ≥ 8
		(5)	(15)	(25)
R > 100	(5)	a <sub>1</sub> (10)	b <sub>1</sub> (20)	c <sub>1</sub> (30)
60 < R ≤ 100	(15)	b <sub>1</sub> (20)	c <sub>1</sub> (30)	d <sub>1</sub> (40)
R ≤ 60	(25)	c <sub>1</sub> (30)	d <sub>1</sub> (40)	e <sub>1</sub> (50)

\* Les données entre parenthèses ( ) représentent le risque d'apparition de verglas.

Le classement des risques d'apparition de verglas a été appliqué à la route modèle afin de calculer le niveau classement simplifié des risques d'apparition de verglas à des intervalles de 100m. Et afin de faciliter les opérations mécanisées de pulvérisation effectuées à présent, la route modèle a été groupé en sections fixées en se basant sur le niveau classement des risques afin de déterminer les plages de pulvérisation en fonction du rang/niveau de risques spécifié pour 8 sections au total.

#### 5-4 Préparation des cartes de pulvérisation

Les cartes de pulvérisation qui indiquent la quantité à pulvériser pour chaque plage de pulvérisation dans les 8 sections ou tronçons ont été préparées en se basant sur les résultats des processus indiqués aux sections 5-2 et 5-3 de telle manière qu'il soit possible finalement de modifier la quantité à pulvériser en unités de plage de pulvérisation. La Figure 5-4-1 donne un exemple d'une carte de pulvérisation. Les quantités à pulvériser pour chaque plage de pulvérisation ont été fondamentalement déterminées en prenant en compte le risque d'apparition de verglas pour chaque

plage de pulvérisation considérée afin de spécifier chaque quantité en tant que quantité de pulvérisation prédominante dans la plage de pulvérisation à partir des quantités pulvérisées à des intervalles de 100 m obtenues par les prévisions concernant la température de l'air à court terme.

Les cartes de pulvérisation ont été établies en entrant la température minimale à Muikamachi et en préparant les cartes en 12 configurations en fonction de la plage de température minimale.

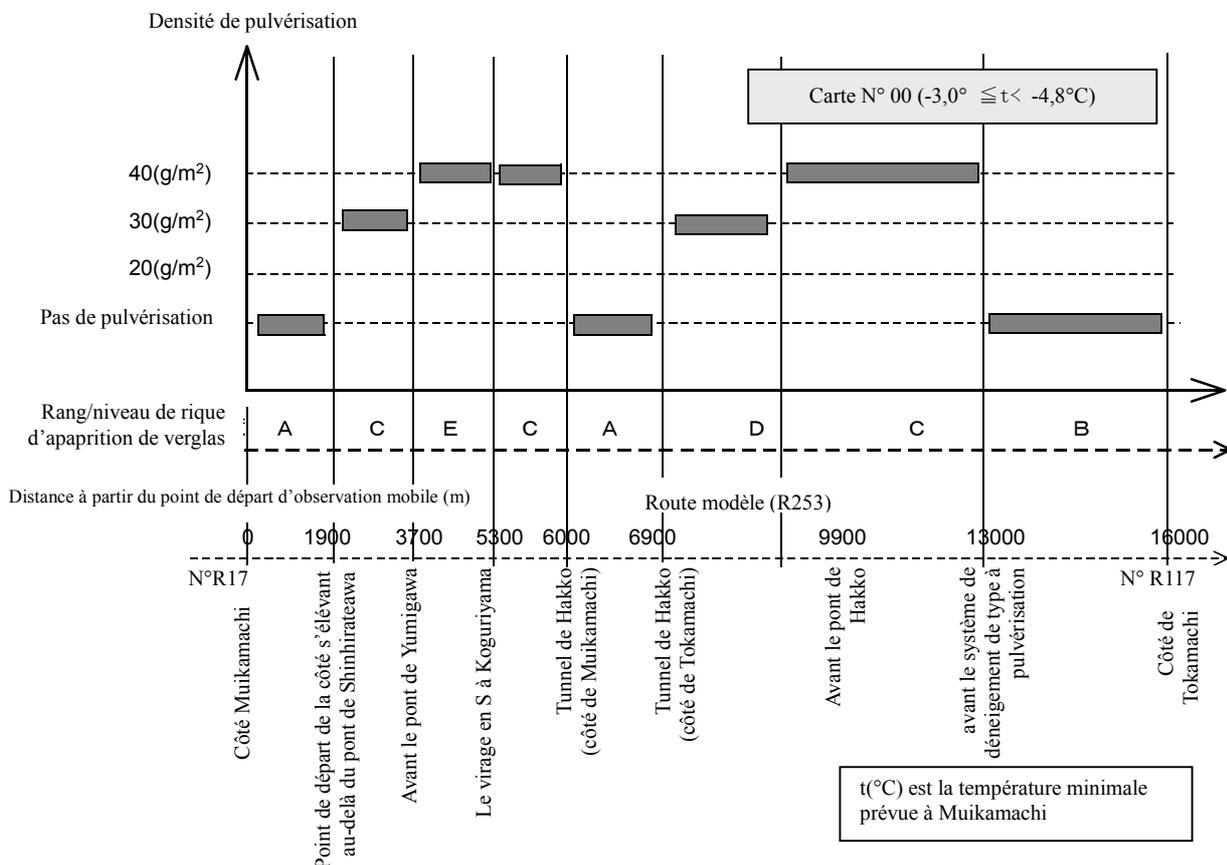


Figure 5-4-1 Exemple d'une carte de pulvérisation pour la route modèle

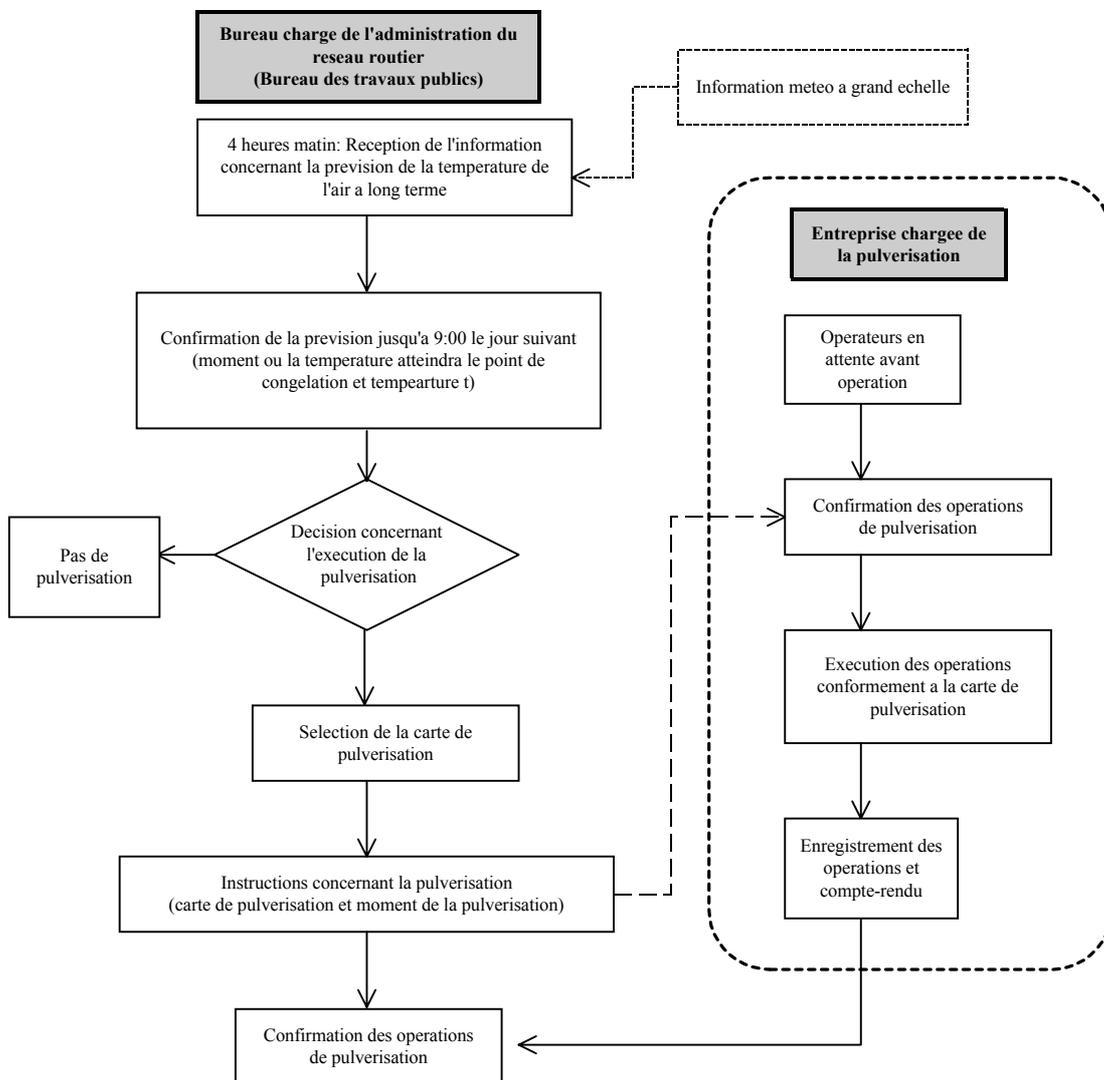
## 6. Application de la carte de pulvérisation

La carte de pulvérisation pour la pulvérisation à exécuter à l'avance indique les quantités qui devront être pulvérisées à l'intérieur de chaque plage de pulvérisation de la route modèle. Lorsque l'on exécute une pulvérisation à l'avance, il est important de faire une prévision à long terme du moment où la température va chuter jusqu'au point de congélation et de la température à ce moment-là afin d'envoyer les camions pulvérisateurs sur le site au moment opportun.

Puisqu'il est essentiel d'obtenir la température de l'air prévue à Muikamachi à l'avance afin de choisir la carte de pulvérisation à utiliser pour les opérations de pulvérisation exécutées à l'avance, la prévision utilisée dans ce but a été la prévision de la température de l'air à long terme (24 heures) donnée par le Bureau national de la construction routière de Nagaoka (Bureau régional du Hokuriku, Ministère de l'aménagement du territoire et des transports), le Bureau qui a fourni par le passé des données météorologiques au bureau des travaux publics de Muikamachi.

La Figure 6-1-1 est un diagramme décrivant le déroulement des opérations de la procédure d'application de la carte de pulvérisation des produits antigel et les phases 1) à 6) indiquées ci-dessous donnent les grandes étapes du processus d'application.

- 1) A 4 heures du matin, le bureau chargé de l'administration du réseau routier (Bureau des travaux publics) a obtenu la prévision concernant la température de l'air à long terme.
- 2) Une décision concernant l'envoi ou non des camions pulvérisateurs est prise en fonction du moment où la température va s'abaisser jusqu'au point de congélation et de la température qui sera enregistrée à Muikamachi à 9:00 le lendemain matin.
- 3) La carte de pulvérisation est sélectionnée en se basant sur la température minimale de l'air prévue à Muikamachi.
- 4) Des instructions concernant l'exécution de la pulvérisation sont données à l'entreprise chargée des opérations de pulvérisation.
- 5) Les véhicules chargés des opérations de pulvérisation sont envoyés sur le site à pulvériser (Exécution des opérations conformément à la carte de pulvérisation)
- 6) Un compte-rendu de l'exécution des opérations est présenté au Bureau chargé de l'administration du réseau routier (Bureau des travaux publics) par les entreprises chargées de la pulvérisation.



**Figure 6-1-1 Diagramme décrivant le déroulement des opérations de la procédure d'application de la carte de pulvérisation de produits chimiques antigel à la route modèle**

## **7. Evaluation**

### 7-1 Calcul expérimental de l'effet de réduction de la quantité pulvérisée

Les résultats d'une comparaison de la quantité de produits chimiques antigels pulvérisés sur la route modèle de janvier à février 2000 avec la quantité obtenue par un calcul expérimental de la quantité qui aurait été pulvérisée en utilisant la carte de pulvérisation a indiqué qu'une réduction de l'ordre de 36% peut être obtenue par une pulvérisation à l'avance, et que même lorsque l'on compare la quantité totale comprenant cette pulvérisation durant la pulvérisation préalable, une réduction de 14% est possible. <sup>5)6)</sup> La traduction de ce résultat directement au regard des coûts des produits chimiques antigels dans l'ensemble de la préfecture (janvier et février 2000) révèle une économie de coût d'environ 63 millions de yen.

Ceci indique que la pulvérisation exécutée en se basant sur les cartes de pulvérisation qui reflètent les caractéristiques météorologiques d'une route peut permettre d'exécuter une pulvérisation efficace et efficiente du point de vue économique des produits chimiques antigels.

### 7-2 Défis futurs

En se basant sur les résultats de l'enquête, il est possible de mettre en évidence les trois tâches suivantes comme des défis à relever dans le futur. Les plans actuels demandent l'application expérimentale de cartes de pulvérisation et la poursuite des enquêtes dans ce domaine.

- 1) Vérification des effets de l'application des cartes de pulvérisation
  - Vérification des effets de la prévention de l'apparition de verglas
  - Vérification du caractère adéquat du classement des risques d'apparition du verglas
- 2) Rationalisation des périodes de pulvérisation
- 3) Mise en place de systèmes d'opérations de pulvérisation faisables

## **8. Conclusion**

Cette étude a permis de produire les conclusions suivantes.

- 1) Les endroits où il existe des risques d'apparition de verglas ont été clairement clarifiés de manière linéaire en se basant sur l'indice de gel cumulé obtenu en exécutant une enquête de cartographie thermique de la route modèle.
- 2) On a conclu qu'il est possible de réaliser une pulvérisation efficace de produits chimiques antigels en exécutant à l'avance une pulvérisation basée sur une carte de pulvérisation qui reflète les caractéristiques météorologiques le long de la route ainsi que les caractéristiques de celle-ci.

## **Documents de référence**

- 1) Yoshitaro MASUDA: Développement of a Mobile Winter Road Surface Information Collection System (Développement d'un système mobile de collecte d'informations concernant la surface de la chaussée durant l'hiver), 9th International Road Weather Conference (9<sup>ème</sup> Conférence internationale portant sur les informations météorologiques routières), pp. 10-23, 1998
- 2) Makoto MURAKUNI: Chemicals Used for Winter Road Management (Produits chimiques utilisés pour le traitement de la chaussée en hiver), Yuki (Neige), Snow Research Center (Centre de recherches concernant la neige), mars 1998

- 3) Japan Road Association: Road Structure Ordinance Commentatary and Application (Commentaires et applications), février 1983
- 4) Ministère de l'aménagement du territoire et des transports, Bureau régional du Hokuriku: (Design Regulations (Roads), (Réglementation concernant la conception des routes), avril 2000
- 5) Road Maintenance Division (Division de l'entretien du réseau routier), Gouvernement préfectoral de Niigata, Centre de recherches concernant la neige, " Survey of the Rationalization of Anti-icing Spreading in Niigata Prefecture " (Enquête portant sur la rationalisation de la pulvérisation de produits chimiques antigel dans la Préfecture de Niigata , Yuki (neige), pp. 75-80, octobre 2000
- 6) H. OHANA, K. SAITO: Survey of the Rationalization of Anti-icing Spreading (Enquête portant sur la rationalisation de la pulvérisation de produits chimiques antigel), 15thHokuriku Snow Melting Technology Symposium (15<sup>ème</sup> Symposium du Hokuriku sur les techniques destinées à faire fondre la neige), pp. 7-10, janvier 2001.