

上信越自動車道沿線の霧の発現に関する気候学的研究

MORITA, Takahiro / 佐藤, 典人 / SATO, Norihito / 森田, 高広

(出版者 / Publisher)

法政大学地理学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY / 法政地理

(巻 / Volume)

48

(開始ページ / Start Page)

17

(終了ページ / End Page)

32

(発行年 / Year)

2016-03-18

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00012907>

上信越自動車道沿線の霧の発現に関する気候学的研究

佐藤 典人・森田 高広

その出現で局地性が高く、発現の継続時間などにも定常性の低い霧や霏^{もや}の発生に対して、上信越自動車道の藤岡～更埴間における通行規制の資料を用いて気候学的な視座から追究を試みた。その結果、次の諸点が把握された。①群馬県側の松井田妙義IC～群馬・長野県境間で、霧や霏などに伴う視界不良に起因する規制発令が極端に多い。②その規制は、暖候期を中心（梅雨期～秋霖期）に、停滞前線を伴う気圧配置のもとで発令されることが極めて多い。③その際には、暖湿気塊が東寄りの微風となって関東山地の東斜面に沿って地形性上昇、および収束をして、いわゆる滑昇霧の性格を帯びる可能性が高い。④得られた知見をもとに、対象とした上信越自動車道を4地域に区分することが可能となった。

キーワード：気圧配置型、霧と霏、視程、上信越自動車道、地形起伏。

Keywords : synoptic pressure pattern, fog & mist, visibility, Joshin-etsu Expressway, topographical relief.

I はじめに

霧は人間の目で知覚できる大気現象の一つであり、肉眼での見通し（=視程）を低下させる。つまり霧の発生は、地表近くで無数の微小水滴が大気中に浮遊して、目視による遠望を損なう状況を招来する。この視程の距離的長短に基づいて霧と霏^{もや}を区別する。即ち、前者はその視程が1 km以上を、後者はそれが1 km未満を指している。さらに後者において視程が200 m未満となる霧を、とくに濃霧と呼称する。

経験的に認識しているように霧の発生は、降雹などと並んで極めて局地性を帯び、発現の持続時間にも一定性が見られず、加えて流体ゆえに動態的でもある。霧の発生には基本的に大気中の水分含有量の多少が関係し、大気が飽和に達するか否かに関わる。また、それは総観場の状況に大きく支配されるのは当然として、水蒸気の飽和を招きがちな移流の収束、それを助長する地形配列や起伏、および卓越気流類出の有無にも左右される。

霧は上述した特性を有する大気現象であるために、現行の気象観測網でもっとも密と評価される地域気象観測システム (AMeDAS) のネットワー

クでも容易に捉えきれない事象の一つである。

そこで本稿では、高速自動車道の通行規制¹⁾を視程の大小を現わす間接的な根拠資料として活用し、その規制要因を特定しつつ、その自動車道沿線に設置されている気象観測機器の値も可能な限り用いることを通じて目的達成に努めた。即ち、本研究の狙いは、上信越自動車道の通行規制資料などをもとに、どの季節の、いつの時間帯に、如何なる気圧配置のもとで、かつどの地域・区間で霧が発生する傾向にあるのかを、気候学的な観点から追究することにある。

II 従来の研究と地域概要

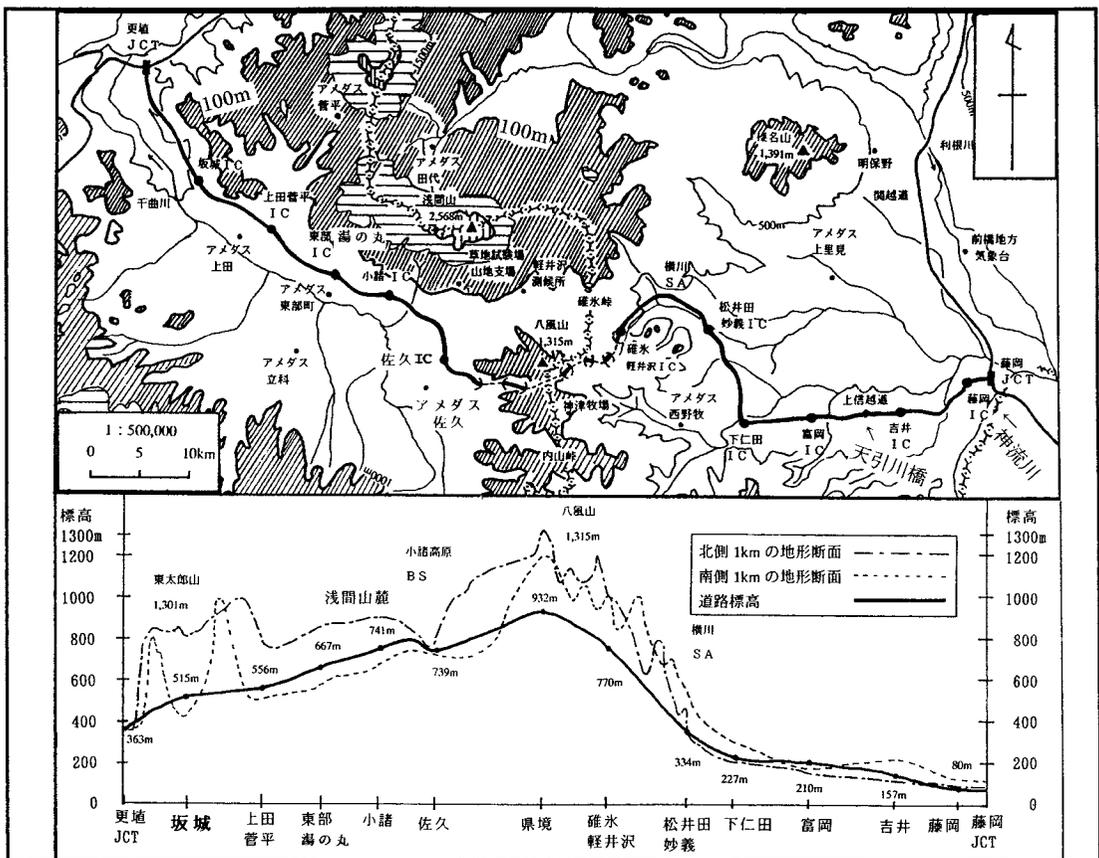
1. 霧に関する従来の研究

霧に関する先人の研究をレビューすれば、海霧を取り扱った報文が比較的多い。それは戦前からの北海道東部における移流霧や蒸発霧に関連する内容である。これらは寒流の親潮に沖合を洗われている道東ゆえの研究と位置付けられる。その好例としては、深石 (1973) の釧路周辺を扱った成果が挙げられる。一方これに対し、内陸盆地などで多発しやすい盆地霧と呼ばれる放射霧を扱った事例もある。その代表例として、水越・奥 (1974)

の三重県上野盆地を対象に小気候学的な視座から追究を図った研究を例示できる。深石（1987）による“肘川あらし”の誘因に連関する愛媛・大洲盆地の霧の研究も注目し値しよう。さらに、岩手県の内陸地方の霧を対象に据えた田頭・萩野（1987）もその範疇の事例として提示できる。また、霧発生日数の経年変化を日本列島スケールで吟味した報告（石井・佐藤：2012）があり、近年、内陸域に位置する地点を典型として年間の霧発生日数が減少傾向にあるとそこでは指摘されている。

ところで、本研究と類似する視点からの研究に目を転ずると、埼玉県霧について高速道路の資料をもとに地域性を示した大矢・成田（1987）が

あり、冬季の放射霧と暖候期の移流霧の発現頻度について言及している。また、稲増・佐川（1998）は関越自動車道の渋川伊香保 IC～沼田 IC 間に焦点を当て、霧の出現状況を調査したところ、季節的には夏季に比べてやや冬季に多く、しかも寒冷前線の通過とその降水に因る蒸発霧の発生で通行止めが生ずる傾向にあると述べている。スケールこそ違え、これと関連する研究として先に小澤（1992）は同区間を精査し、沼田市の約 10 km 南に位置する子持山と赤城山に挟まれた沼尾川橋付近の谷で、7 月をピークに濃霧が多発すると指摘している。加えてその原因として、南東方向の関東平野から吹走する暖湿気流と赤城山の斜面上方から河谷に沿って流下する低温な気塊との混合に



第 1 図 研究対象地域の概略

上：上信越自動車道（藤岡～更埴間）の地形平面図
 下：上信越自動車道（藤岡～更埴間）の地形断面図

伴う霧と説明している。それに関わる研究として、山内（1990）による子持山付近を調べた小気候的な報告も提示できる。

しかしながら、関越自動車道の群馬・藤岡 JCT から分岐して長野・更埴 JCT までの間の上信越自動車道²⁾ 沿道の霧の発現を対象とした研究は行なわれていない。なお本報告では、解析事例数を確保する意図から、通行規制のうち通行止め留まらず速度規制の資料も加味して追究を試みた。

2. 調査地域の概要

前項で触れたように解析対象とした上信越自動車道のうち、藤岡 JCT～更埴 JCT (118.9 km) までの間が調査地域である。対象地域の平面図と地形断面図を第 1 図に示した。また、この自動車道の路線区分 [PA, SA, IC, JCT など³⁾] で相互の位置関係を第 2 図に提示した。

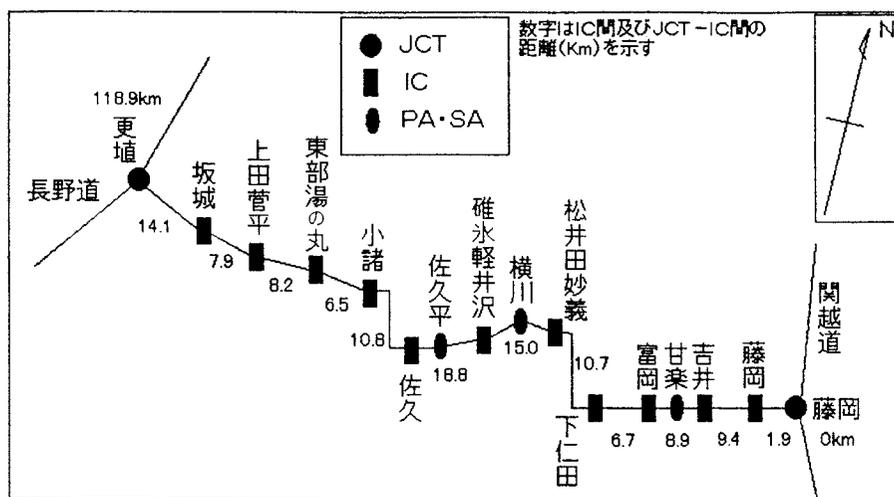
これらから分かるように、関越自動車道からの分岐点に相当する藤岡 JCT は、関東平野の北西端に位置し、標高約 80 m である。ここから分岐して下仁田 IC までは鑓川に沿って右岸側をこの自動車道は通りつつ、徐々に標高を増していく。この区間の周辺山地の稜線と谷や平坦地との高度

差はそれほど大きくない。下仁田 IC～松井田妙義 IC でこの道路は南北に方向を変えるが、北側に隣接する碓氷川の河谷に入ると再び東西方向へと転換し、谷幅の狭隘さとともに西の横川 SA へ向かう。

横川 SA を過ぎると、この高速道路は関東山地の山間部に入って次第に標高が高くなり、地形起伏も増大する山地越えの区間となる。碓氷川源流部に当る東傾斜のこの流域で、分枝する支谷は東方に開放されている。つまり、東寄りの流入大気は地形性上昇とともに収束を促されやすい。

横川 SA～佐久 IC 間で最長である八風山トンネル内の最高地点 (932 m) を経て、長野県側に入ると長い下り坂となって佐久 IC (739 m) に至る。佐久盆地に入った後、この道路は信濃川上流の千曲川に平行する形で方角を北へ転じて小諸 IC へ向かう。その後、上田盆地の北東側を通過して長野盆地南端の更埴 JCT (標高 363 m) へと続く道路が、ここで研究対象区域とした上信越自動車道である。

なお、この地域の群馬・長野両県を画する関東山地で主な高い山は、北から南方へ順に、浅間隠山 (1,757 m)、鼻曲山 (1,655 m)、八風山 (1,315 m)、物見山 (1,375 m)、荒船山 (1,423 m) など



第 2 図 上信越自動車道（藤岡～更埴間）の IC, PA, SA の位置と各 IC 間の距離
(ただし、1997～1999 年当時) [日本道路公団発行の資料に拠る]

第1表 関東・信越地方の各都市における霧日数の月別平年値

都市\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
長野	1.4	1.0	0.6	0.5	0.1	0.4	0.5	0.1	0.4	1.4	2.8	1.9	11.0
前橋	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	1.1	0.6	0.2	0.4	0.2	0.3	0.1	4.5
熊谷	0.5	0.6	0.9	1.0	0.8	1.2	1.1	0.3	0.7	0.8	1.1	0.6	9.7
宇都宮	1.1	1.2	1.2	1.8	1.7	1.4	1.5	0.7	1.2	1.2	2.0	1.4	16.4
水戸	1.3	1.4	2.4	3.4	3.6	4.4	5.1	3.4	2.7	3.2	3.5	2.0	36.4
銚子	0.4	0.5	1.3	2.8	5.2	9.8	11.8	6.8	2.3	0.9	1.1	0.6	43.7
東京	0.1	0.1	0.1	0.6	0.2	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	2.7
横浜	0.2	0.4	1.0	1.4	0.5	1.0	0.8	0.2	0.4	0.6	1.1	0.2	8.0

(1981～2010年までの平均値/単位:日.) [「理科年表・平成27年」に拠る]

である。これらを連ねながら、その間の鞍部に碓氷峠、和美峠、内山峠などを介在させつつ、その稜線は優に1,100 mを超えている。

Ⅲ 資料と解析期間

本稿における解析対象期間は、資料入手の都合により1997年4月1日から1999年3月31日までの2年間とした。この期間における速度規制の件数は235件で、通行止めのそれは29件⁴⁾であったので、後者の8倍ほどが前者に相当する。なお、高速道路では安全管理上、様々な理由⁵⁾により通行規制を設けている。また、上信越自動車道の最高速度が時速80 kmであることから、霧や霽に因る道路規制は時速50 kmの速度規制と通行止めの2種類になっている。ここで対象とした上信越自動車道の管理区域は、つぎのようになっている。即ち、

高崎管理事務所：藤岡JCT～富岡IC

佐久管理事務所：富岡IC～坂城IC

長野管理事務所：坂城IC～更埴JCT

である。

しかし現実には、霧に起因する通行規制の多発区間は第3図から理解できるように松井田妙義IC～小諸IC間なので、全域が佐久管理事務所管内に属している。かくして、それへの対策に関しても同事務所が主になって取り組んでいる。とりわけ視程観測機器は、松井田妙義IC～佐久IC間に計6基設置⁶⁾されており、規制発令の指標としてこの機器の値を用いている。よって、この区間外では目視観測などで確認の後、その規制が発令さ

れている。高速道路の通行規制資料⁷⁾に依拠して霧の発現を吟味する際、機器の値や気象官署の目視による観測結果との一致・不一致を含めた整合性が問われる。そこで双方が近接している地域として、関越自動車道前橋ICと前橋地方気象台を対比してその整合性を吟味した。その結果、高速道路の霧発生に因る通行規制時には、規制区間周辺域で霧の発生が認められ⁸⁾（霧と霽の違いこそあっても、霽のレベルで比較するとほぼ100%合致）、両者の一致する確率の高さが判明した。

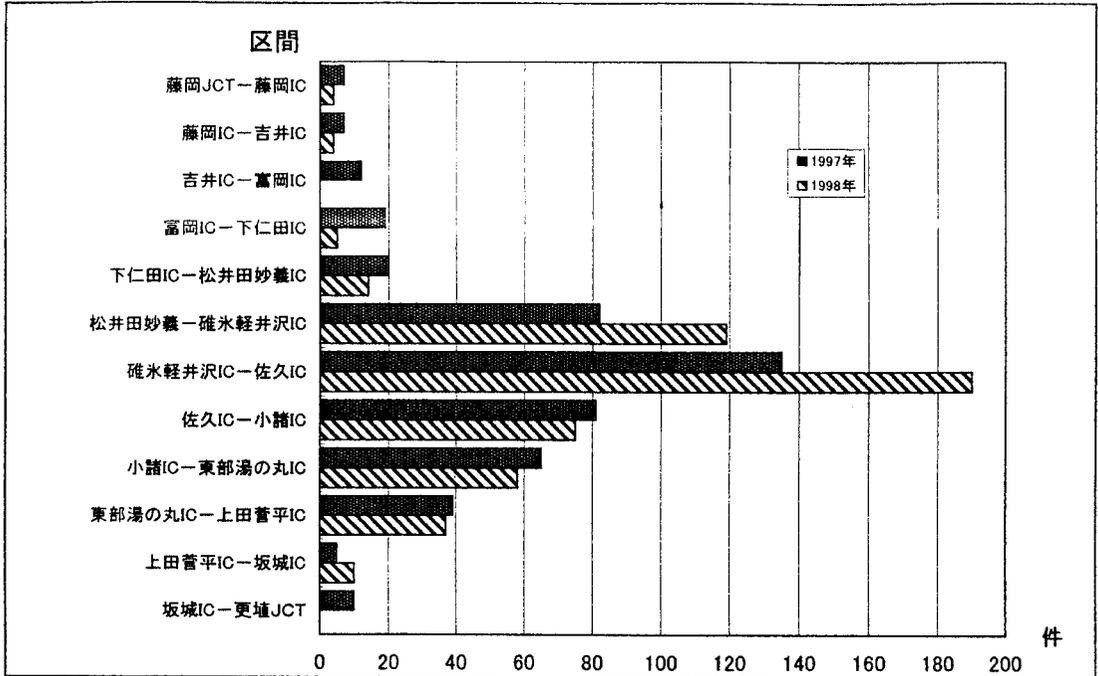
つぎに対象地域で自動車道の通行規制が発令された日時を整理し、当該日時の気象観測値（AMeDASなど）を並行して収集した。さらに霧の発現傾向に確証を得るため、霧の頻発しやすい区間・地域で道路近傍の関係者・住民などに聞き取り調査を行なう傍ら、実際の霧発生時に車で走行して現地観察を遂行した。

Ⅳ 結果と考察

1. 通行規制発令数の地域性

これまでの説明から、高速自動車道の工事や事故を除いた通行規制が間接的ながら気象状況の反映、とくに視界が悪化する霧や霽に関わる状態を示唆すると理解できる。

それに先がけて、まず関東地方に長野を含めて広域的に霧日数の年間の発生状況の一般的な傾向を気象データで確認してみたい（第1表）。この表から自明のように、本研究に関わる前橋や長野が他の地点に比べて、際立って霧発生の日数が多いわけではない。むしろ、銚子、水戸、宇都宮の



第3図 上信越自動車道（藤岡～更埴間）における区間別の速度規制発令件数

（ただし、1997年4月1日～1999年3月31日までの期間）

暖候期の多さが目につく。とくに梅雨期を中心に春季から秋季までの値がこれらの地点で大きい。取りも直さずこれらの地点は、海洋に面しているか、距離的に海域に近い地点なので、沖合を洗う海水とその直上を覆う大気との関わりに起因する姿が伺われる。

この表で本稿に関わる地点に注視すると、上で述べた地点より明らかに少ない日数である。その傾向としては、前橋で6～7月の日数がやや大きい値となっている反面、長野は晩秋から2月にかけて高い数値となっている。このような平年値における年変化傾向は、ある一面を物語っていると受容できる。

第1表のような霧発生日数の年変化傾向を念頭に入れて、上信越自動車道における霧発生の地域性に注目してみたい（第3図）。当然ながら、解析対象としたまる2ヶ年で比較すれば、その発令数の区間毎の値には相違が認められるけれども、その傾向は両年で類似の様相を呈している。詳述

すれば、群馬県側の松井田妙義IC～碓氷軽井沢ICでその発令件数が明瞭に増大して、碓氷軽井沢IC～佐久IC間で極大を示している。その先の佐久IC～小諸IC、さらには東部湯の丸ICにかけても、群馬県側の藤岡JCT～松井田妙義ICに対比すればやや多い。それでも上田菅平ICを越えた先の長野市寄りではその発令件数が急減する⁹⁾。

ここで考えられることは、松井田妙義ICから西になると、県境に聳える関東山地越えとなり、既述したように道路の標高が増大する。それに伴って一帯を覆う大気の温度が低下する公算が強く、それゆえに飽和水蒸気量が下がって大気中の水分が凝結しやすい状況へと変容する可能性が高い。この場合、大気の物理的な状態や風向きなどが鍵となるので、これに関しては後述したい。

また、関東山地を越えた先の佐久IC～上田菅平ICにかけての区間でも通行規制の発令件数がやや多い。しかしこの図のみから、さらに踏み込

んだ内容を言説することは難しい。

2. 通行規制発令数の年変化と日変化

前項までの説明から分かるように、霧発生の間接的な指標として高速道路の通行規制発令¹⁰⁾を採用して、月単位ながら年間の対象地域におけるその発令数の様相を、距離・時間断面のアイソプレスで図化した(第4図)。解析対象期間中の速度規制発令の総時間数は1,089時間(その件数は先に示したように235件である)である。これをもとに相対値(%)に換算して第4図を作成した。

この図から即座に、松井田妙義IC～群馬・長野の県境にかけての、かつ6月～9月(厳密には8月にやや減少)の規制発令数、つまり視界不良となる間接的な霧発生の多さが目に入る。この区域では春季と秋季にもその値こそ小さいものの、他の区域よりも相対的に値がやや高い。しかし、厳冬期にはほとんどそれが発令されていない。

これに対して、長野県側に目を転ずると、佐久IC～小諸IC～東部湯の丸ICを核として、5月、7～8月、それに冬季と季節的には不連続ながら通年的に数値が高い。さらに、梅雨季から秋にかけての松井田妙義ICから県境までの通行規制発令数値の大きさが、県境を越えた途端に急減する。

これとは逆に、群馬県側の藤岡ICから下仁田IC間、および長野県側の上田菅平ICより西方の更埴JCT間では、その発令数がほとんど皆無に近い。このような通行規制発令数の年変化は、霧発生を左右する総観場の気圧配置型、およびそれに付随する大気の物理的特性と地形起伏の絡みへと思いを巡らす契機として十分である。

つぎに同類の図ながら、速度規制を発令した時間数の値を用いて、日変化を第5図に作成した。この図から分かるように縦軸に1日の24時間を採った図である。即ち、この図から1日のうちどの時刻・時間帯に速度規制が発令されたのか、その回数(=のべ総時間数)の多少が分かる。これを見ると、群馬県側では下仁田IC辺りから時間数が増えて、松井田妙義ICから関東山地に入ると終日、10時間以上を記録している。つまり、

日没後の19時過ぎから規制発令の時間数が20時間を超え、早朝の8時くらいまでその状態が継続する。とくに夜半前後から朝の6時頃まで30時間を超え、未明にはそれが40時間強となっている。これが県境の八風山トンネルを通過して長野県側に入ると激変する。それでも県境から小諸ICにかけては、日界時刻あたりから早朝にかけて速度規制発令時間数が10時間以上に及ぶ領域が図上に描出される。実際に日の出前後の5時頃に佐久ICでは時間数が20時間を超えている。

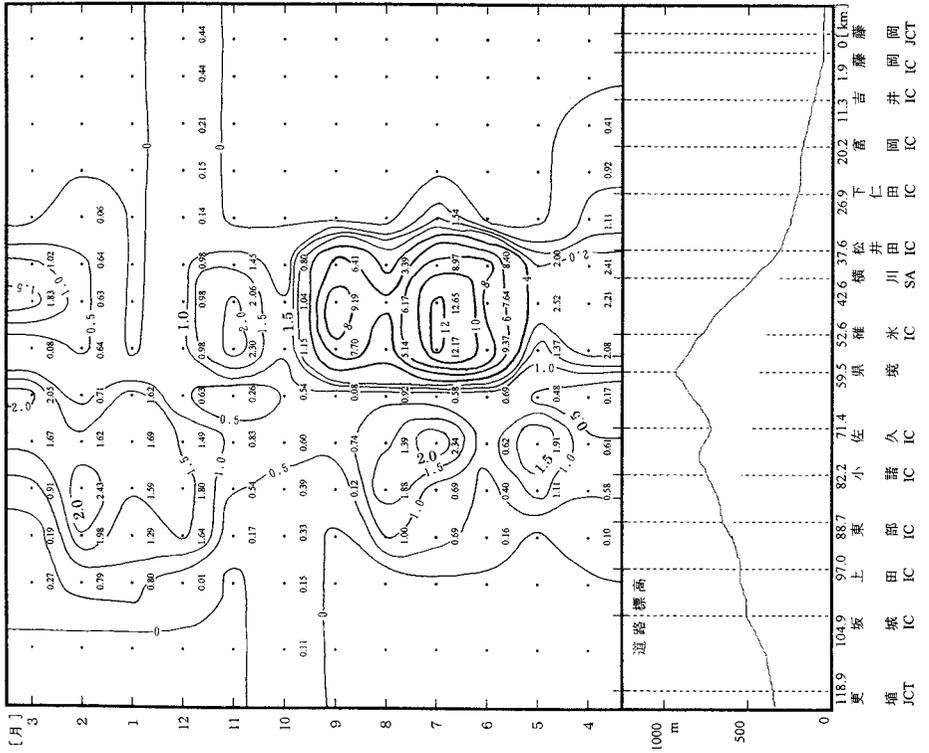
総じて、関東山地の稜線よりも東側に相当する群馬県側で速度規制の時間数が極度に多く、それも日没後の19時から朝方の7時くらいまでの夜間を中心に発令されていることが判然としている。先述したように、これは日没に伴って気温が低下すれば、飽和水蒸気量が下がるので大気中の水分が飽和しやすくなり、霧などの発生に連動していると理解できる。

かくして、通行規制発令数の年変化、ならびに日変化において、上で述べた松井田妙義IC(標高334m)付近から群馬・長野県境の八風山トンネル(標高932m)の間でその数値が圧倒的に高い。この間で上信越道は水平距離約20km弱(直線でおよそ15km)に対して標高600mほど上る急勾配である。この標高の鉛直的な範囲は、山地において年間の霧発生日数と標高の関係について吉野(1986)が指摘した1500m付近にその極大が現れる¹¹⁾ことに照らせば、かなり低い。ゆえに、標高が低いにも係わらず水蒸気の供給・飽和や水分の凝結が促進される要因を内包していると考えられる。

3. 通行規制発令数と気圧配置型との対応

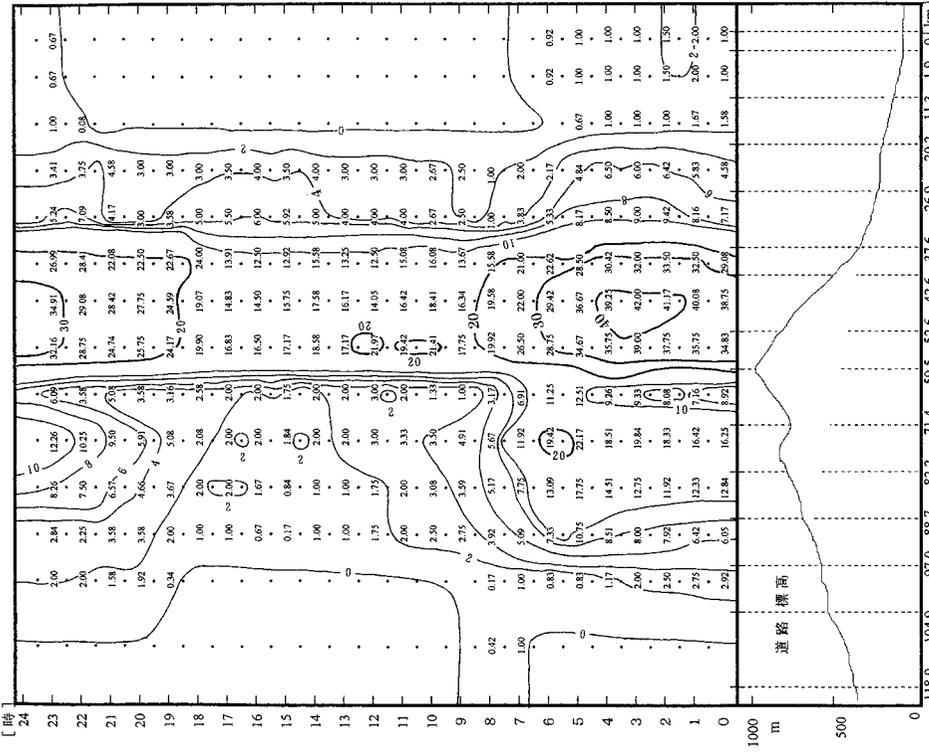
前項までの内容を踏まえて、どのような総観場で高速道路の通行規制が発令されるのかに関心が及ぶ。そこで当該道路に通行規制が発令された日時をもとに、区間別に通行止めと速度規制に分けて日本列島付近の気圧配置型を対照させた。第2表がその結果である。

この表に拠れば、通行止め、および速度規制の双方とも気圧配置型との対応においては似通った



第4図 上信越自動車道（藤岡～更埴間）における速度規制発令時間数（相対値）の月別・距離別断面図 [ただし、解析期間全体の総計]

（単位：%。等値線は0.5%毎に記入。なお、20%を超える場合には2%毎に太実線で記入している）



第5図 上信越自動車道（藤岡～更埴間）における速度規制発令時間数の時刻別・距離別断面図 [ただし、解析期間全体の総計]

（単位：h。等値線は2h毎に記入。なお、10hを超える場合には10h毎に太実線で記入している）

第2表 上信越自動車道の区間別通行規制発令件数と気圧配置型との対応 (単位: 件)

	区間 \ 気圧配置型	気圧配置型								計
		停滞前線	南岸L	台風	2つ玉L	日本岸L	西高東低	移動性H	その他	
通行止め	松井田・妙義IC ~ 碓氷・軽井沢IC	6	4	1	0	2	1	1	0	15
	碓氷・軽井沢IC ~ 佐久IC	5	4	2	0	2	1	1	0	15
	佐久IC ~ 小諸IC	1	2	1	0	2	0	2	0	8
	小諸IC ~ 東部・瀬の丸IC	2	2	1	0	2	0	2	0	9
	東部・瀬の丸IC ~ 上田・菅平IC	2	2	1	0	1	0	2	0	8
	上田・菅平IC ~ 坂城IC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	坂城IC ~ 更埴JCT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
速度規制	松井田・妙義IC ~ 横川SA	50	7	9	1	4	2	4	0	77
	横川SA ~ 碓氷・軽井沢IC	56	7	13	1	7	2	6	2	94
	碓氷・軽井沢IC ~ 群馬・長野県境	57	8	14	0	7	2	5	1	94
	群馬・長野県境 ~ 佐久IC	13	6	1	5	3	8	4	0	40
	佐久IC ~ 小諸IC	22	6	3	5	8	11	5	0	60
	小諸IC ~ 東部・瀬の丸IC	13	7	3	5	7	10	4	0	49
	東部・瀬の丸IC ~ 上田・菅平IC	6	3	3	3	4	9	3	0	31
	上田・菅平IC ~ 坂城IC	1	1	0	2	1	2	1	0	8
	坂城IC ~ 更埴JCT	0	0	0	0	0	0	1	0	1

(ただし、1997年4月1日~1999年3月31日までの期間。なお、通行規制の延べ件数なので、解析期間の合計件数とは必ずしも一致しない)

傾向を示している。つまり、群馬県側では圧倒的に停滞前線型のもとで通行規制を受けている。これに次いで台風が多い。梅雨期に現れやすいこの停滞前線型は、裏を返せばオホーツク海高気圧型と類似の型とも見做せるので双方を一緒に包含して扱っている¹²⁾。周知のように、梅雨期においてこの前線の南側は小笠原気団からの暖湿気流であり、対する北側は冷湿なオホーツク海気団である。いずれにせよ、湿潤な大気の会合に起因する不連続線であるため、湿度が高いと解釈できる。

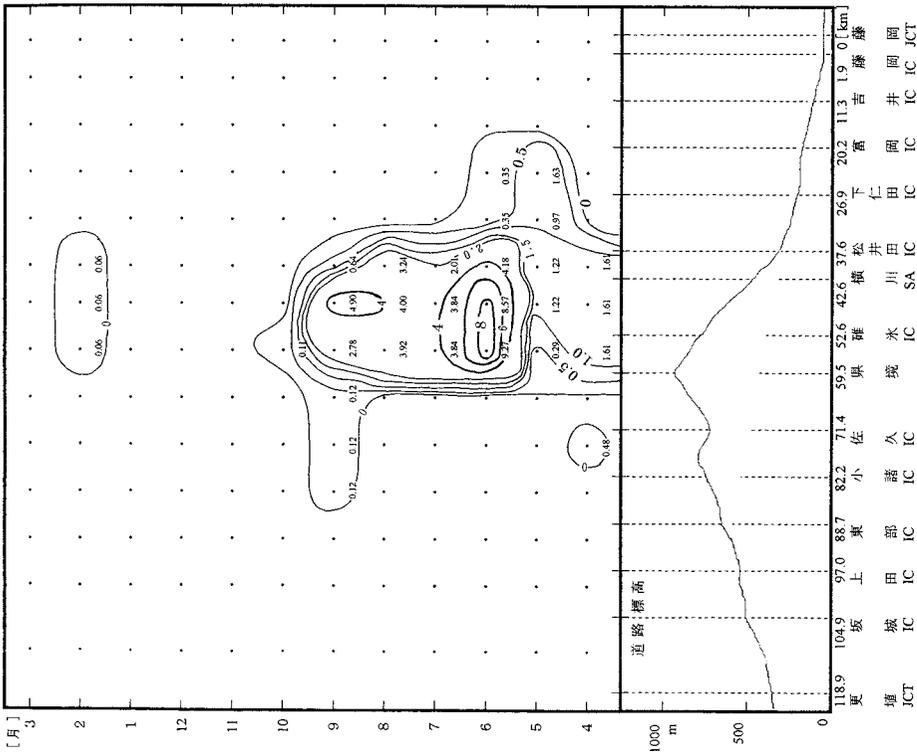
実際、北東気流吹走時における関東地方の悪天の出現分布に着目すれば(勝部:1991)、この気圧配置のもとでは、那須山地から足尾山地、さらに関東山地などの東側斜面で日照時間が減少し、悪天の現れる頻度が高い。さらに、北東気流卓越時の関東地方の気温・日照に基づく気候地域区分の結果(藤本・佐藤:2010)では、南下する北東気流の一部はその風速を弱体化させつつも、八溝山地を迂回するように利根川上流方向へ向かうと指摘されている。その上で上信越道の当該区域は、山地の南東~東向き斜面を中核として日照的には寡照域に相当し、谷沿いで風速が弱まる領域として地域区分されている。しかも、関東山地を越えた長野県東部にまでこのような天気分布の傾向は

波及しないと付言している。この事実は、一般に北東気流が背の低い安定な大気のため、わずかな地形起伏でも障壁として影響を被りやすいとする従来の言説内容と矛盾するものではない。

このように思慮すれば、風速こそ強いが東日本への台風接近時にも、関東地方では南東風の流入が見込まれ、停滞前線型と近似した総観場を呈する。第2表の内容はこれと整合する。

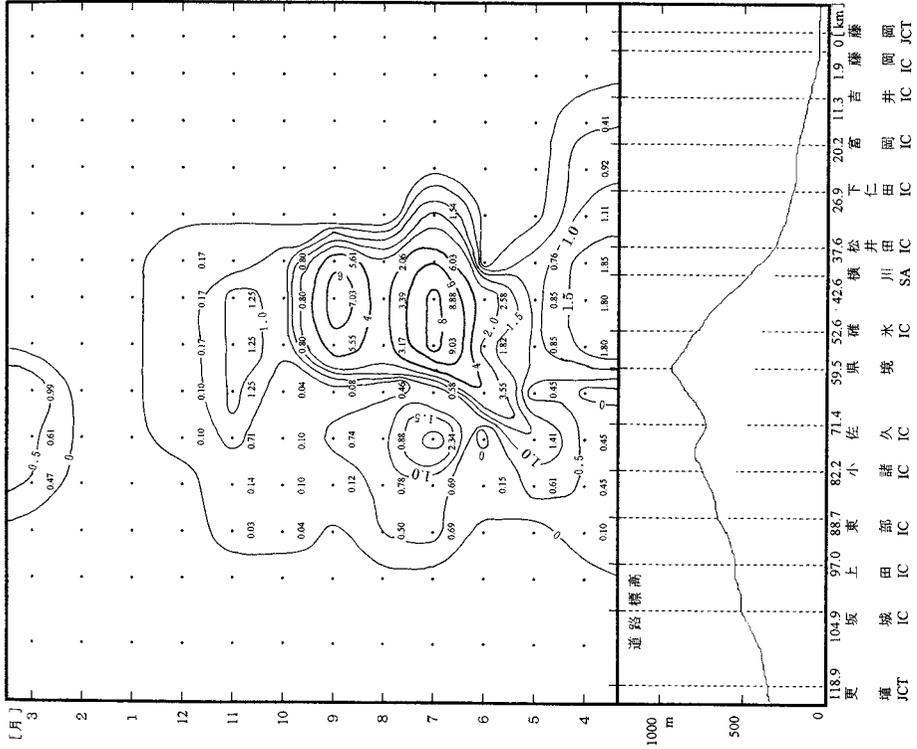
さらに第2表を再見しよう。関東山地を越えた佐久ICよりも西側では、群馬県側とは対照的に西高東低の冬型気圧配置や2つ玉低気圧型の際に、通行規制が発令される傾向にある。前者は冬の季節風が日本海側から入り込む可能性を、後者は日本海を北東進する低気圧の影響の度合いを物語っていると理解できる。

1,100 mを超える峰々が連なる関東山地を挟んで通行規制の発令される地域性と気圧配置型との対応が、上述したように明確に峻別されるのとは異なる気圧配置型もある。即ち、それは日本海低気圧型と移動性高気圧型である。双方とも内陸域、ないし山間部や谷あいでの通行規制の発令が出されやすく、関東山地の稜線がその発令数の明瞭な不連続境界になっていない。この点から、日本海低気圧へ向かって吹き込む暖湿な南西流の流入



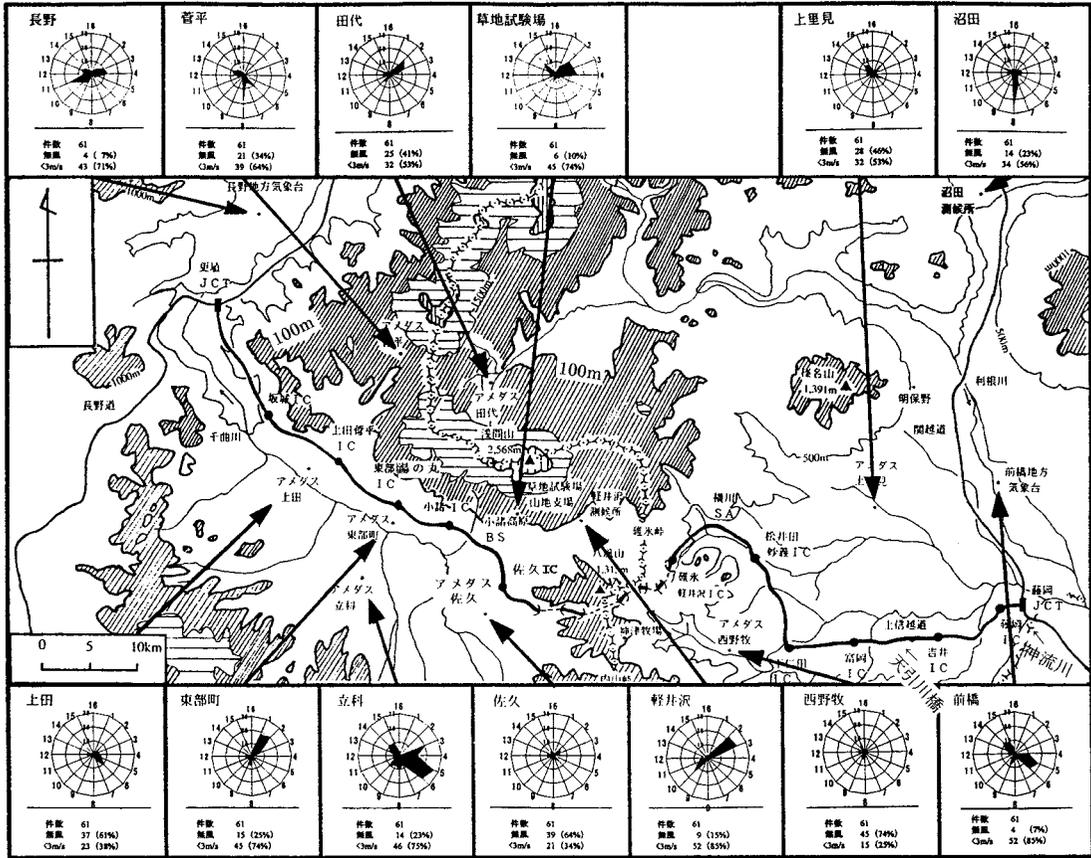
第7図 上信越自動車道（藤岡～更埴間）における速度規制発令時間数（相対値）の月別・距離別断面図 [ただし、オホーツク海高気圧型の場合]

（単位：%。等値線は0.5%毎に記入。なお、20%を超える場合には2%毎に太実線で記入している）



第8図 上信越自動車道（藤岡～更埴間）における速度規制発令時間数（相対値）の月別・距離別断面図 [ただし、停滞前線型の場合]

（単位：%。等値線は0.5%毎に記入。なお、20%を超える場合には2%毎に太実線で記入している）



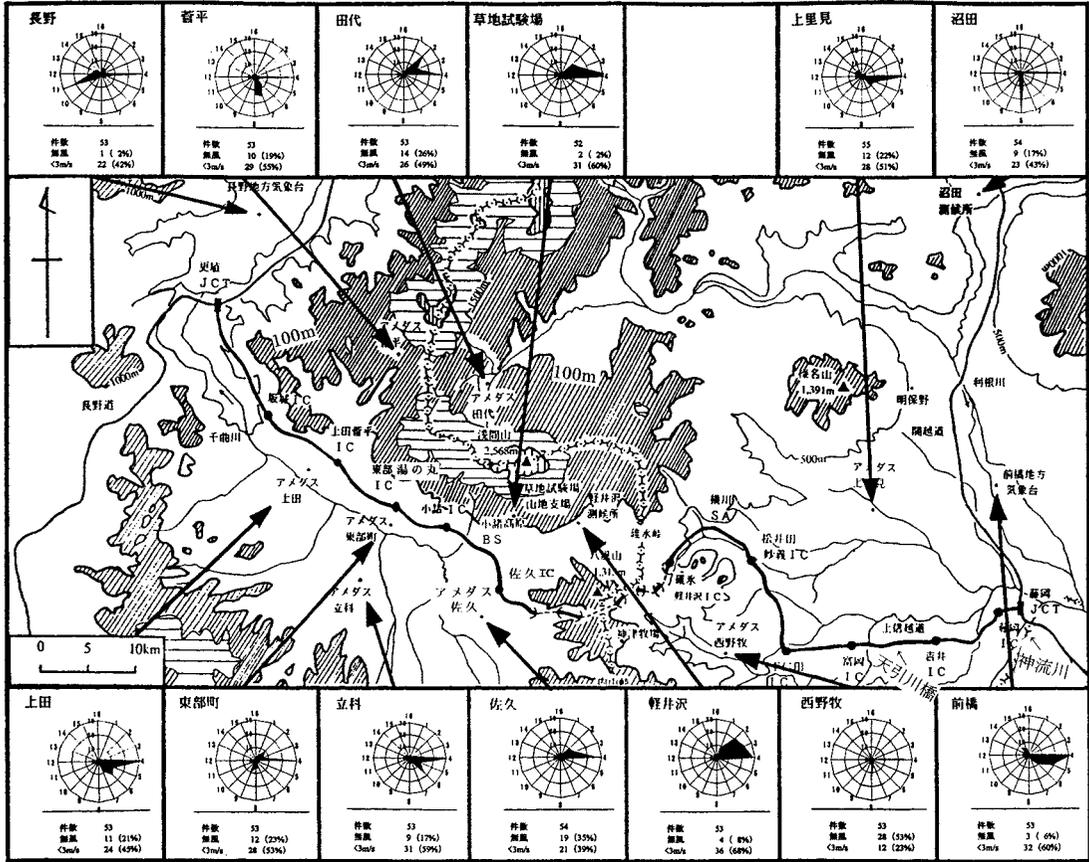
第9図 上信越自動車道(藤岡～更埴間)沿線における速度規制発令時の地点別の風配図 [ただし、停滞前線型の場合] (単位: %)

下・悪化を当該地域に招来する環境場の整う条件でもある。そのような暖湿な大気が、松井田妙義IC付近から西方に位置する関東山地の東側斜面で、碓氷川の東向きに開放された河谷へ弱風で流入すると、地形傾斜に沿って上昇し、水蒸気の飽和や凝結が促されて霧や霧の発生へと転換する。この時の霧発生の仕組みは、前線面に沿って湿潤な大気が上昇する場合の霧発生と酷似しており、いわゆる滑昇霧¹³⁾に相当すると見做せる。

そこでこのような大気が含有する水分状況を傍証する指標として、相対湿度を測定している4地点の値で検討を加えた(第3表)。この第3表から交通規制発令中に限定すれば、停滞前線型では標高の高い農林水産省草地試験場で7割近くが飽和に達している。それがより低所の盆地内に在る

長野県の真田消防署や小諸消防署になると飽和を呈する確率が5割前後へ、さらに西方の東部消防署では3割台へと下がる。

また、上述した内容を補足する狙いから、上信越自動車道の群馬県側の吉井IC～富岡IC間に架かる天引川橋上に加えて、関越自動車道の上里SA近傍(神流川橋上)、および前橋気象台の高速道通行止め時の気象データを対比した(第11図)。それらに共通する点は、通行止め発令の12時間ほど前から数時間に及ぶ降雨が生じて気温の変化幅は小さい(0.2～0.5℃)。また通行止めの時間帯の風速はほぼ1.0m/s以内と弱く、かつ湿度が100%近い状況にある(第11図参照)と判明した。申すまでもなく、これらはそのまま霧や霧発生にとって好都合な条件へと置換可能である。



第 10 図 上信越自動車道（藤岡～更埴間）沿線における速度規制発令時の地点別の風配図 [ただし、オホーツク海高気圧型の場合] (単位：%)

鈴木 (2005) は軽井沢¹⁴⁾ での霧に関する観測結果から、暖候季には霧発生の有無に係わらず、大気が飽和に近い状態であると述べている内容も上の指摘と矛盾しない。

5. 聞き取り調査と実地走行の結果

上信越自動車道における工事や事故を除いた通行規制が、天気状況、とりわけ視界不良を招来する霧や霏に大きく関与している点を補強する意図から、現地での聞き取り調査と車での実地走行を試みた¹⁵⁾。その結果はつぎのように要約された。

①. 富岡 IC～下仁田 IC 間においては、局地的に霧が発現しているけれど、その範囲が狭く単発的なので通行規制までには至らない場合が多い。

それでも敢えて申せば、春季～夏季にかけて霧の発生頻度が大きい傾向にある。

②. 松井田妙義 IC～佐久 IC 間で霏や霧が多発しやすく、視程が極めて悪化する。その際、微風を伴いつつ谷底から吹き上げる滑昇霧に加えて、上空から下降する例もある。

③. 標高の高い神津牧場 (標高 1,050 m 前後) では、梅雨期から夏にかけて弱い東風を伴う霧の発生頻度が昼夜を問わずに高い。この場合、往々にして長野県側では晴天のことが多い。

④. 一般的に県境付近で霧が発生する際には、東寄りの微風が吹き走し、標高の高い山地ほど雲 (= 霧) に覆われることが多い。

⑤. 小諸 IC 付近の霧の頻発地域は、標高 1,000

第3表 上信越佐久 IC～更埴 JCT の交通規制時における各地の湿度

気圧配置型	上信越道 速度規制件数	草地試験場	東部消防署	真田消防署	小諸消防署
		標高1050m 湿度 100%の件数	標高540m 湿度 100%の件数	標高680m 湿度 100%の件数	標高710m 湿度 100%の件数
停滞前線型	22	15 (68.2%)	8 (36.3%)	13 (59.1%)	11 (50.0%)
南岸低気圧型	8	5 (62.5%)	5 (62.5%)	1 (12.5%)	4 (50.0%)
台風型	6	6 (100%)	5 (100%)	6 (100%)	6 (100%)
日本海低気圧	4	3 (75.0%)	1 (75.0%)	2 (50.0%)	1 (25.0%)
二つ玉低気圧	6	4 (66.7%)	3 (66.7%)	4 (66.7%)	4 (66.7%)
移動性高気圧	5	4 (80.0%)	0	4 (80.0%)	3 (60.0%)
西高東低型	10	5 (50.0%)	0 (50.0%)	4 (40.0%)	7 (70.0%)
その他	1	1 (100%)	0	0	0
合計	62	43 (69.4%)	22 (35.5%)	34 (54.8%)	36 (58.1%)

(日本道路公団佐久、長野管理事務所の交通規制資料および草地試験場、東部消防署、真田消防署および小諸消防署の気象観測データをもとに作成)

注) 湿度については、速度規制時間帯において湿度 100%を示したときにカウントする。

注) 東部消防署における移動性高気圧型については、「湿度 90%以上」で 4 件となる。

m 以上の浅間山 (2,568 m) や籠ノ登山 (2,227 m) の南麓である。とくに標高 950~1,000 m 付近の霧の発生が顕著である。これは関東山地を越えた東寄りの風の南側斜面に沿った滑昇を教示しているかも知れない。

⑥. 上田盆地辺りの千曲川流域における霧の発生件数は通年でも少ない。仮に川面に発生する霧があっても、北東部のやや高所に位置する上信越道の通行に支障を来すことは希である。

⑦. 車の現地走行を計 6 度、未明から夕方にかけて実施した。いずれも停滞前線の気圧配置型であり、群馬県側の山間部では曇雨天の状況に近かった。下仁田 IC 周辺では霧や霏の発生が認められなかったけれど、関東山地を越える標高 850~900 m の県境付近では、視界が極度に不良となった。それでも長野県側に入ると徐々に霧や霏が消えて東寄りの微風を伴う晴天へと変わった。とくに 1999 年 8 月と 9 月の実地走行日の際には、神津牧場でも東からの微風が観測され、昼夜問わず視程 1.0 km 未満の状態に陥っている。

このような状況を考慮すると、この地域の山地における霧発生の下限高度は 1,000~1,100 m 付近

と類推されるけれど、東寄りの風が関東山地の斜面や河谷に沿って地形性上昇する点を加味すれば、群馬県側の山地斜面における霧の発生高度はそれよりやや低いかも知れない。この点に関しては、今後もさらに現地観測を重ねる必要がある。

6. 通行規制に基づく上信越自動車道の地域区分

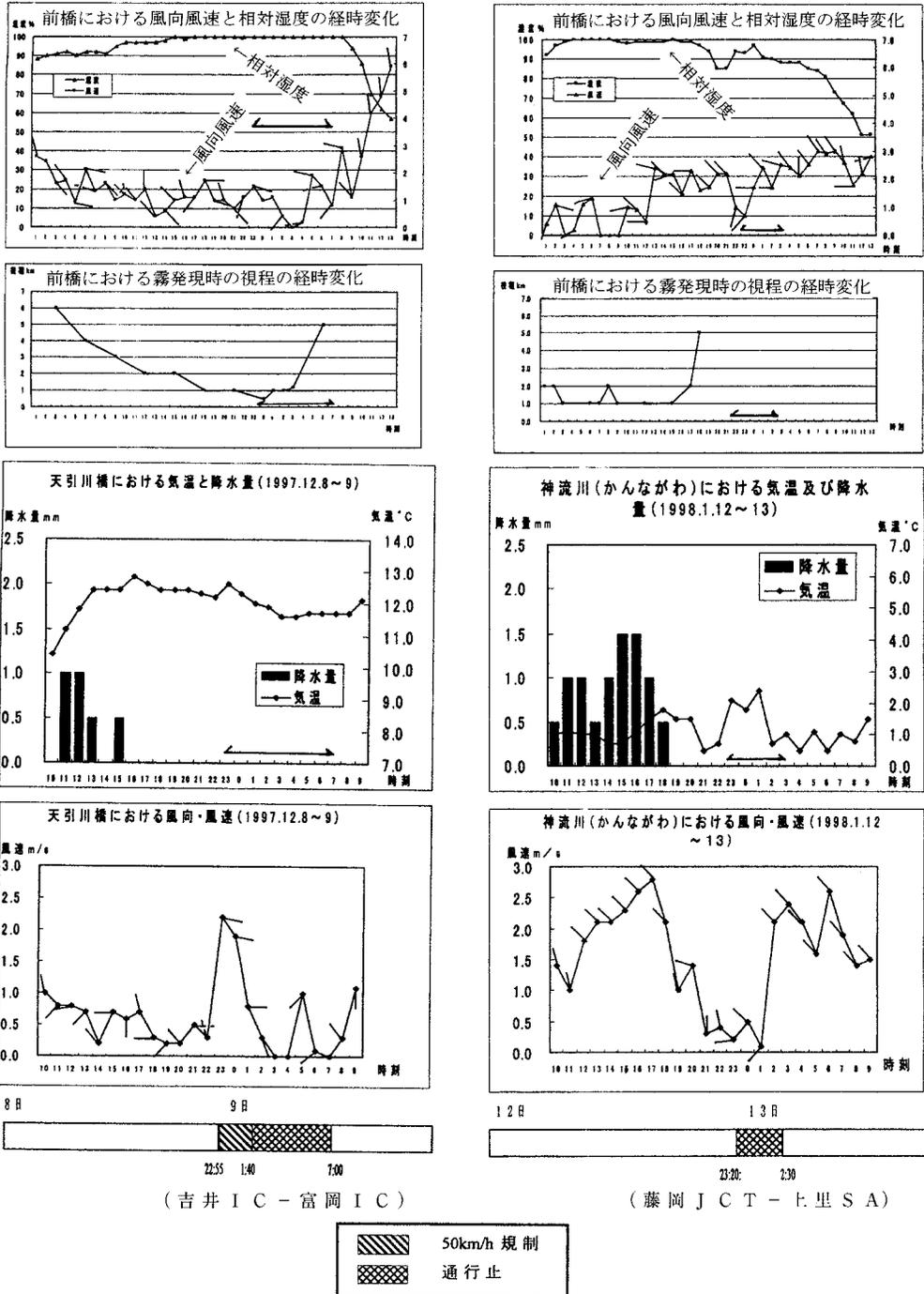
上信越自動車道の通行規制資料に基づいて、総観場の特徴や大気の物理的特性、および地形起伏との兼ね合いとの対応・関連性を追究した結果、ある種の地域区分が想定される。即ち、それは

①. 藤岡 JCT～松井田妙義 IC 間

標高 300 m 以下を通るこの区間では、全体的に通行規制の件数が少ない。それでも霧の発生は夏季に見られ、冬季に少ない。霧発現時の気圧配置は停滞前線型が主であり、日本海 L 型がこれに続く。ともに南～東寄りの風が吹走しやすい場である。

②. 松井田妙義 IC～群馬・長野県境間

この自動車道でもっとも高い頻度で通行規制が発令される区間である。標高は 330~930 m の範囲にあり、標高の変化に起因する滑昇霧が多発す



第 11 図 上信越自動車道(群馬県側)で通行規制発令時の各気象要素の時間変化(前橋と天引川橋, 神流川を各々対応)

左: 天引川橋(吉井 IC~富岡 IC 間)付近の事例(1997 年 12 月 8~9 日の例)

右: 神流川(藤岡 JCT~上里 SA 間)付近の事例(1998 年 1 月 12~13 日の例)

[日本道路公団の観測資料から作成]

る。霧の発現は暖候期が中心で、梅雨期を主とする停滞前線型（気圧配置型との対応では、この型にオホーツク海高気圧型を含めているが、第6～7図では分離して吟味している）がその場を招来している。

③. 群馬・長野県境～上田菅平 IC 間

群馬県側と相違して、通行規制の発令は急減する。それでも通行規制発令数は、佐久 IC～小諸 IC に集中している。とりわけ、小諸 BS 付近は浅間山南麓の霧発生との関連性が伺われる。霧の発生が通年で認められる点に特徴がある。その背景に在る気圧配置型は、停滞前線型や台風のみならず冬型気圧配置や移動性高気圧であり、盆地特有の放射霧の発生が比率的に高い。なお、佐久 IC や上田菅平 IC 付近で霧の発生が予想に反して少ない。山越えの東風を想定すれば、関東山地の地形的な山蔭に当たるのが前者で、都市気候的な影響を伺えるのが後者であるけれど、あくまでそれは推測の域を出ない。

④. 上田菅平 IC～更埴 JCT 間

標高が360～560 mの範囲にあるこの区域では、通行規制を受ける可能性が非常に低い。とくに坂城 IC～更埴 JCT 間では、その発令が希である。

V おわりに

高速道路における工事や事故を除く通行規制の発令が、天気状況、とりわけ視界不良に伴う速度規制や通行止めと現実的に直結している。これを間接的な指標として、上信越自動車道の藤岡 JCT～更埴 JCT 間を対象地域として追究を試みた。得られた知見は下記のとおりである。

1). 年間を通して通行規制の発令数が多い区間は、松井田妙義 IC～群馬・長野県境間である。この区域は県境に聳える関東山地の東側斜面に相当する。

2). 上記1)の区間で発令される通行規制の季節性に注目すると、圧倒的に暖候期（梅雨期～秋霖期）が多い。これは発令日時の気圧配置型と対照した結果、上の時期を象徴する停滞前線型に対応している。

3). 通行規制発令数の日変化を着眼すると、日没後から早朝にかけての夜間を中心に多い。なかでも夜半過ぎの時間帯に顕著である。

4). 通行規制発令数の多い気圧配置型のもとの大気の動向をみると、東寄りの微風である場合が多く、その大気の水蒸気は飽和に近い状況にある（第11図）。

5). 上信越自動車道において、松井田妙義 IC～群馬・長野県境間で霧の発生が頻出する背景として、梅雨期などに停滞前線が列島上に位置する総観場のもとで暖湿な東寄りの弱風が、関東山地の東側斜面に沿って地形性上昇する、いわゆる滑昇霧が主であると解釈できる。

6). 本稿で得られた内容に依拠して、対象とした高速道路を4地域に大別できる。

今後、事例数の積み上げや現地観察を重ねて、本稿で得られた個々の事実に対する一層の客観性を付与したい。

謝 辞

本研究を進めるにおいて、基本的な資料の閲覧・提供をお認め下さいました高速道路公団高崎管理事務所・嶋本太一氏、および同佐久管理事務所・中村錦哉氏（いずれもこの調査を実施当時）に謝意を表する次第である。また、小諸消防署、真田消防署、東部消防署の関係各位、さらには農林水産省草地試験場山地支場と助神津牧場の方々に大変お世話になりました。ここに記して厚く御礼を申し上げます。

注 記

- 1) 通行規制は、原則として「速度規制」と「通行止め」の総称をさす。これを踏まえて本稿では、通行規制に双方を含めて扱うことにした。
- 2) 「上信越自動車道」は藤岡 JCT から新潟県の上越 JCT までの区間に対する名称である。ここではその一部に相当する藤岡 JCT から更埴 JCT までを調査区間としている。
- 3) PA はパーキングエリア、SA はサービスエリア、BS は高速バス停留所、そして IC はインターチェンジ、JCT は高速道路の合流・分岐のジャンクションを示す。
- 4) 29 回の通行止め発令事例の内訳はつぎのとおりである。即ち、通行止め単独の発令が1回、速度規制の後に通行止め発令が11回、通行止めの後に速度規制発令が5回、前後が速度規制であって、それ

に挟まれる形での通行止め発令が12回である。

- 5) 通常、高速道路の規制は、気象条件、工事、および事故などで実施されるが、このうち気象条件では雨、雪、霧、および強風（横風）などが原因で発令される。
- 6) 6箇所の地点は、群馬県側で碓氷橋（松井田町坂本）、鯉沢橋（北野牧トンネル東側）、碓氷軽井沢IC、和美沢（日暮山トンネル～大山トンネル間）、荷倉沢（八風山トンネルの東側）の5箇所、長野県側で香坂川（八風山トンネル西側）の1箇所である。
- 7) 『日本道路公団交通統計』が主要な資料となる。
- 8) 前橋ICと前橋地方気象台とは、直線距離にして4.7 kmほど離れている。それゆえ両者の観測結果に差異が生ずる可能性はある。それは高速道路では機器が視程を計測するのに対して、気象台では目視による観測だからである。また、前橋市のような都市規模で、市街地に観測点が位置する場合には、少なからず都市気候の影響を被りやすい。そのため、郊外に比べて霧の出現日数は少なく観測される可能性が高い。それでもこの場合には、前橋ICの霧の発現と前橋地方気象台の目視観測の日時対応では、霧のレベルにまで視程を緩和して比較すると、ほぼ100%の一致を満たす。
- 9) この背景には、上田菅平IC～坂城IC間に太郎山トンネル、坂城IC～更埴JCT間に五里ヶ峯トンネルなどの比較的長いトンネルが在ることに関わっているかも知れない。
- 10) 対象地域における速度規制は、IC間の一部区間で行なわれることがあるため、単なる規制よりも細分化されている。即ち、松井田妙義IC～碓氷軽井沢ICの間に横川SAを挟み、碓氷軽井沢IC～佐久ICの間に群馬・長野県境を入れて発令し、かつ区分している。
- 11) 低地から見れば、これは雲の高さに相当している。つまり、雲が地面に接すれば霧や霧であり、空中に漂えば雲である。また、吉野（1986）は相対湿度の値の大小と標高とを対比すれば、やはり1,500 m前後でその値が極大を示すことを図示している。
- 12) 天気図の類型化において、厳密には「停滞前線」型が本稿で表現している「オホーツク海高気圧型」とはイコールではない。停滞前線型は、梅雨期のほかに秋霖期などにも現出しやすい型でもある。しかしながら本稿の第2表では、取えて「停滞前線」型に「オホーツク海高気圧」型を含めて表示している。ただし、停滞前線型のうち、梅雨期に現れやすいオホーツク海高気圧型のみ状況を知る場合には、「オホーツク海高気圧」型と表記して分離している。例えば、第6図と第7図のように、双方を分割して

実態を把握しようとした際にはお互いを別途に処理している。

- 13) 山下脩二（1987）は、『軽井沢町誌（自然編）』の第7章「気候」の中で、軽井沢における夏季の滑昇霧と冬季の放射霧の発現について触れている。
- 14) 標高約1,000 mに位置する軽井沢測候所の観測（2001～2003年）に拠れば、霧発生日数の年平均は約120日であり、暖候期に多いと説明している。
- 15) 現地での聞き取り調査は、霧の発現季節や時間帯、および発現地域などについて、消防署員など職務上、天気と関係が深い11箇所で、延べ23人に実施した。また、車での実地走行を遂行しつつ、9地点で視程の目視観測を行なった。

参考文献

- 石井さやか・佐藤典人（2012）：日本の諸都市における霧発生日数の経年変化。法政地理, 44, 15-30.
- 稲増和義・佐川正人（1998）：霧を原因とする高速道路の通行止め時における沿線の気象状況。法政大学大学院地理研究, 5, 27-32.
- 大矢正克・成田吉政（1987）：埼玉県の霧について（その1・地域性）。研究時報, 38, 64-65.
- 小澤健志（1992）：関越自動車道（沼田～渋川伊香保）における濃霧の気候学的考察。法政大学文学部・平成4年度卒業論文（未公表）。
- 勝部恭央（1991）：北東風にもなう関東地方の悪天について。法政地理, 19, 25-33.
- 国立天文台 編纂（2014）：『理科年表・平成27年』。丸善株, 1092p.
- 鈴木智恵子（2005）：気象官署のデータからみた軽井沢の霧。お茶の水地理, 45, 63-67.
- 田頭正廣・荻野真司（1987）：岩手県の内陸の霧について。研究時報, 38, 40-41.
- 深石一夫（1973）：釧路における夏の霧。地理評, 46-11, 741-752.
- 深石一夫（1987）：大洲盆地における霧の局地気候学的研究。愛媛の地理, 11, 1-12.
- 藤本 恵・佐藤典人（2010）：卓越気流吹走時の関東地方における風系と気温・日照に基づく気候地域区分。法政地理, 42, 39-52.
- 松島 馨・関口良夫（1968）：秩父の霧について。研究時報, 20, 564-571.
- 水越允治・奥 友親（1974）：上野盆地における霧の局地気候学的研究。地理評, 47-5, 313-325.
- 山内秀夫（1990）：子持村付近の小気候。群馬大学教育学部紀要（人文・社会科学編）, 40, 157-172.
- 山下脩二（1987）：第7章・気候。軽井沢町誌 編・『軽井沢町誌（自然編）』, 131-154.
- 吉野正敏（1986）：『新版・小気候』。地人書館, 298p.