

防護柵への付着金属片調査委員会  
報告書（案）

平成 17 年 7 月

## はじめに

今般、全国の防護柵で多数の付着金属片が発見され、防護柵に付着した金属片により歩行者や自転車利用者が負傷した事故の存在も明らかになった。

今後、事故を防ぐための効果的な対策を実施していくためには、金属片の付着原因を究明した上で対策を検討することが必要である。

本委員会は、国土交通省の依頼を受け、金属片が付着した原因を究明し、今後の対応を検討することを目的として設置されたものであり、3回の委員会を開催し、現地調査、実験等も実施して調査検討を行ってきた。

本報告書は、その調査結果を取りまとめたものである。

防護柵への付着金属片調査委員会

# 「防護柵への付着金属片調査委員会」

## 委員名簿

(委員長)

元田 良孝      岩手県立大学 総合政策学部 教授

(副委員長)

赤羽 弘和      千葉工業大学 工学部 建築都市環境学科 教授

飯田 久雄      鋼製防護柵協会 技術委員会 委員長

伊藤 勝利      (社) 日本自動車工業会 技術統括部 部長

大西 博文      国土技術政策総合研究所 道路研究部 部長

住田 俊介      (財) 交通事故総合分析センター

つくば交通事故調査事務所長 兼 常務理事”

山岡 成行      (株) 自研センター 取締役

(委員：五十音順)

# 防護柵への付着金属片調査委員会 開催状況

○6月8日（水）

## 第1回委員会開催

- ・ 緊急点検結果について
- ・ 分析について
- ・ サンプルデータ（大宮国道事務所管内）の分析結果について
- ・ 原因分析の進め方について
- ・ 委員会の検討スケジュールについて

○6月21日（火）

## 第2回委員会開催

- ・ 現地調査
- ・ 金属片の付着状況の調査結果について
- ・ 大宮国道事務所管内の付着原因の究明について
- ・ 全国の付着原因の究明について
- ・ 調査の進め方について
- ・ 今後のスケジュールについて

○7月29日（金）

## 第3回委員会開催

- ・ 付着金属片の原因究明
- ・ 今後の対応
- ・ 調査とりまとめ

## 目 次

1. 調査の目的・内容.....	1
2. 金属片の付着状況調査.....	3
3. 金属片の材料分析.....	12
4. 現地調査.....	19
5. 室内実験.....	21
6. 実車実験.....	27
7. ガードレール清掃車による金属片の向き の反転に関する実験.....	32
8. 金属片の視認性実験.....	36
9. 金属片の由来に関する関係機関の 調査結果等.....	38
10. 付着金属片の発生原因.....	40
11. 今後の対応.....	41

### 参考資料

## 1. 調査の目的・内容

### 1) 調査の目的

今般、全国の防護柵で多数の付着金属片が発見され、防護柵に付着した金属片により歩行者や自転車利用者が負傷した事故の存在も明らかになった。

防護柵は、進行方向を誤った車両や歩行者、自転車が路外などへの逸脱を防ぐことにより、逸脱に伴う当事者の人的被害、車両の物的損害、逸脱した車両などにより生じる第三者の人的被害、道路施設や沿道施設などの物的損害など種々の被害や損害の発生を防止するものであり、交通安全施設の一つとして整備されているものであるが、こうした付着金属片の存在はこれまで把握されていなかったものである。

国土交通省では、道路利用者の安全確保を最優先に考え、全国の直轄国道等において、防護柵への付着金属片について緊急点検を実施し、各地の警察とも協力しながら、金属片の除去に努め、都道府県等の地方公共団体においても、自主的な点検を行っているところである。

今後は、金属片の付着原因を究明した上で対応策を検討することが必要であるが、付着金属片が発生する原因については、一部で金属片と車両の破損部分の一致により自動車によるものと確認された事例があるものの、全ては解明されていない。

そのため、本委員会では、金属片が付着した原因を究明し、今後の対応を検討することを目的として、調査を実施した。

### 2) 調査の内容

#### ①金属片の付着状況調査

付着金属片や金属片の付着場所に関する特徴を明らかにし、付着金属片に関する基礎資料を得るため、全国の直轄国道において6月上旬に実施した、防護柵への付着金属片に関する緊急点検の結果確認された金属片を対象に、金属片の特徴を示す基礎的なデータや付着状況、付着箇所の道路状況等を調査した。

#### ②金属片の材料分析

付着金属片の組成から用途を特定し、金属片の生成過程を明らかにするため、直轄国道において実施した緊急点検の結果確認された金属片の一部について材料分析を行った。

#### ③現地調査

付着金属片が確認された箇所の自動車の接触痕の詳細な調査や道路状況の確認を行うことを目的として、調査委員会委員による実地の調査を行った。

#### ④室内実験

付着金属片に多く見られる特徴である三角形の形状が、引張破壊により生成されることを確認し、金属片の形状に影響する要因を明らかにするため、車両に用いられる鋼板を材料とする試験片を供試体として、引張試験機により破壊する実験を行った。

さらに、より実際の条件に近い状態での状況を確認するため、実車のドアパネルを供試体として、同様の実験を行った。

#### ⑤実車実験

付着金属片が自動車の接触により発生するとの推定を検証し、付着のメカニズムを確認するため、実車を防護柵に接触させて金属片を付着させる実験を行った。

#### ⑥ガードレール清掃車による金属片の向きの反転に関する実験

ガードレール清掃車により金属片が反転する可能性があることを確認するため、現地実験を行った。

#### ⑦金属片の視認性実験

防護柵に付着している金属片を通常の道路管理で実施しているパトロール車による巡回で、どの程度発見できるのかを把握するために視認性の実験を行った。

## 2. 金属片の付着状況調査

### 1) 目的

付着金属片や金属片の付着場所に関する特徴を明らかにし、付着金属片に関する基礎資料を得るため、全国の直轄国道において6月上旬に実施した、防護柵への付着金属片に関する緊急点検の結果確認された4,537個(6月14日時点)を対象に、金属片の特徴を示す基礎的なデータや付着状況、付着箇所道路状況等を調査した。

また、付着金属片が発見された道路の特徴を明らかにするため、大宮国道事務所管内の直轄国道をケーススタディとして、金属片の付着箇所に関する分析を行った。

### 2) 方法

#### ①全国の直轄国道の付着状況調査

直轄国道を管理する各事務所に調査票を送付し、金属片1個ごとに金属片の特徴、付着状況、付着箇所等の情報を記入してもらい回収する方法により付着状況に関するデータを収集し集計した。

主な調査項目は、金属片の大きさ、幅(1mm単位)、形状、材質、厚さ(0.001mm単位)、付着場所(ボルト部、継ぎ目部等)、道路附属物(デリネータ等)の有無、縁石等の有無、道路の幅員、車線数、道路線形、縦断勾配等である。

さらに、交通事故統合データベース、道路管理データベース(MICHI)等のデータを使用して、金属片付着と事故状況や道路構造との関係を分析した。

#### ②大宮国道事務所管内の付着状況の分析

大宮国道事務所管内の地図上に金属片の付着箇所を記入し、分布状況を俯瞰することにより、付着が多い区間と少ない区間を抽出し、多い区間と少ない区間の道路構造の違い等を分析した。

### 3) 結果

#### ①全国の直轄国道の付着状況調査

##### ・全体的特徴

金属片の付着状況調査結果の概要を表1-1～1-3に示す。付着していた防護柵の種類は、大半はガードレールである。また付着場所はボルト部、継ぎ目部、端部の順に多い。それぞれの場所へ付着している状況を写真1-1に示す。また路側側、中央帯側の別では、その大半は路側側である。



表 1 - 1 防護柵の種類別付着割合

種類	ガードレール	ガードレール以外
割合	98%	2%

表 1 - 2 付着場所別付着割合

場所	ボルト部	継ぎ目部	端部
割合	61%	32%	7%



(ボルト部)



(継ぎ目部)



(端部)

写真 1 - 1 防護柵に付着した金属片

表 1 - 3 ガードレールの位置別付着割合

位置	路側側	中央帯側
割合	97%	3%

・金属片の特徴

金属片の幅及び長さの平均値は、表 1 - 4 に示すように、継ぎ目部に付着していたもので幅 5.5cm、長さ 11.3cm、ボルト部に付着していたもので幅 3.5cm、長さ 6.9cm である。金属片の幅は、継ぎ目部ではガードレールの凸部の幅（約 5~6cm）、ボルト部ではボルトの頭の直径（約 3.3cm）に影響されているものと推察できる。

表 1 - 4 金属片の幅及び長さの平均値

	幅	標準偏差	長さ	標準偏差
ボルト部	3.5cm	1.5cm	6.9cm	4.5cm
継ぎ目部	5.5cm	2.4cm	11.3cm	9.1cm

突出量は、5cm 未満のものが約 77%を占めるが、25cm を超えているものも 0.1%程度存在している。

形状は、三角形が約 81%を占め、その他長方形、台形なども見られる。材質はそのほとんどが鉄（約 92%）であり、その他はアルミニウム、プラスチックなどである。

厚さは、0.8~1.0mm を中心（約 30%）として 0.2~2.2mm に分布しており、2.3mm を超えるものもわずかに存在している。

ほとんどの金属片に錆が発生している。（約 95%）

塗料が認められるものと認められないものの割合はほぼ半々であり、付着場所がボルト部の金属片で塗料が認められないものが比較的多くみられる。

破断面は粗いものがほとんど（約 95%）である。

#### ・付着状況

付着している場所の高さは 70~80cm(約 40%) を中心として、50~100cm に分布している。

付着箇所に車両接触痕の有るものが約 82%、無いものが約 14%となっている。

#### ・道路構造・線形別の付着状況

歩道の有無別では、有る箇所が約 53%、無い箇所が約 47%である。

線形は直線部が約 64%と多く、次いで右カーブ（約 21%）、左カーブ（約 14%）となっている。

中央分離帯の有無別では、中央分離帯の無い箇所がほとんど（約 91%）である。

沿道状況別では、平地（約 50%）、山地（約 26%）が多く、D I Dを含む市街地は少ない。

縦断線形別では、0~±2%の平坦か平坦に近い箇所が多い（約 68%）。

#### ・金属片付着と事故発生状況の関心の分析

交通事故統合データベースを用いて、金属片付着と事故発生状況との関係を分析した。図 2 - 1、図 2 - 2 に示すように、事故密度（死傷事故件

数／道路延長)、事故率(死傷事故件数／走行台キロ)が高いほど付着密度が高くなる傾向がみられる。

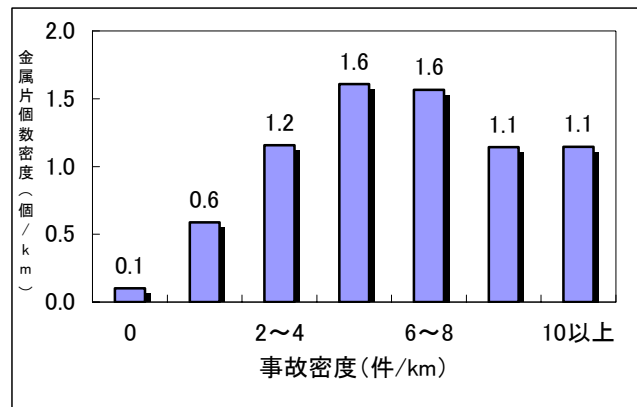


図 2 - 1 事故密度と金属片付着密度の関係

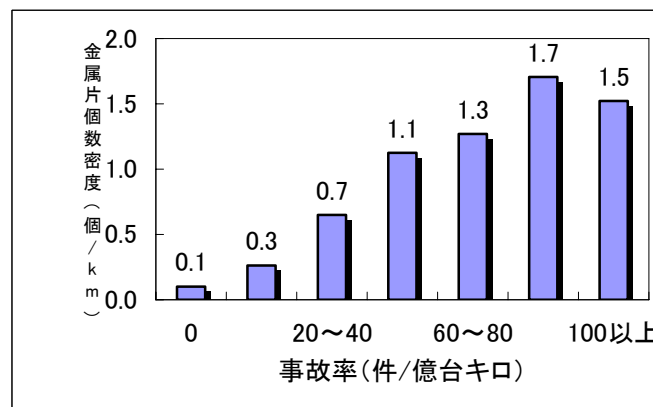


図 2 - 2 事故率と金属片付着密度の関係

・道路構造と金属片付着の関係の分析

縁石有無別の、防護柵への金属片付着密度(防護柵延長 1km あたりの金属片付着個数)を図 2 - 3 に示す。なお、ここでは、金属片が付着していた防護柵の大半を占める路側のガードレールを対象に分析した。

「縁石なし」の区間では、「縁石あり」の区間と比較して金属片付着密度が約 2 倍となっていることがわかる。これは、「縁石あり」の区間では、縁石が車両の防護柵への接触を防いでいるためと推測される。ただし、縁石があるからといって、金属片の付着がなくなるわけではない。

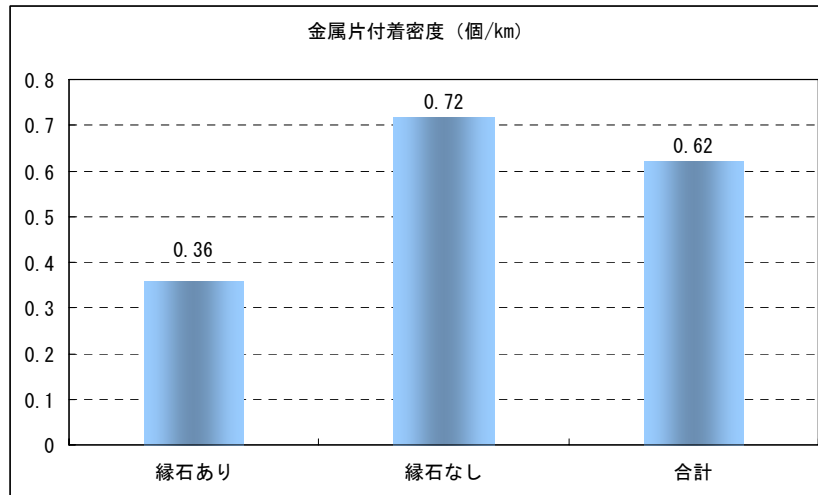


図 2-3 縁石の有無別金属片付着密度 (ガードレール)

ガードパイプを対象とした、縁石有無別の、防護柵への金属片付着密度 (防護柵延長 1km あたりの金属片付着個数) を図 2-4 に示す。

「縁石なし」の区間では、「縁石あり」の区間と比較して金属片付着密度が約 4 倍となっていることがわかる。

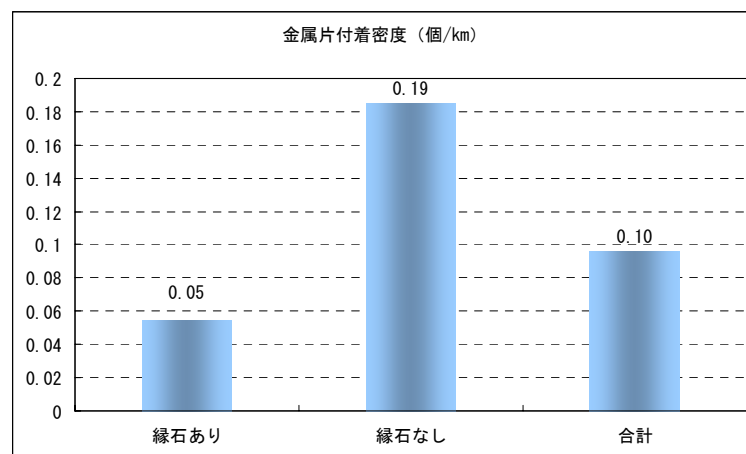


図 2-4 縁石の有無別金属片付着密度 (ガードパイプ)

直線・カーブ別の、防護柵への金属片付着密度 (防護柵延長 1km あたりの金属片付着個数) を図 2-5 に示す。なお、ここでは路側のガードレールを対象に分析した。

「直線」区間では、「カーブ」区間と比較して金属片付着密度が約 1.8 倍となっていることがわかる。ただし、カーブ区間であっても、金属片の付着がないわけではない。

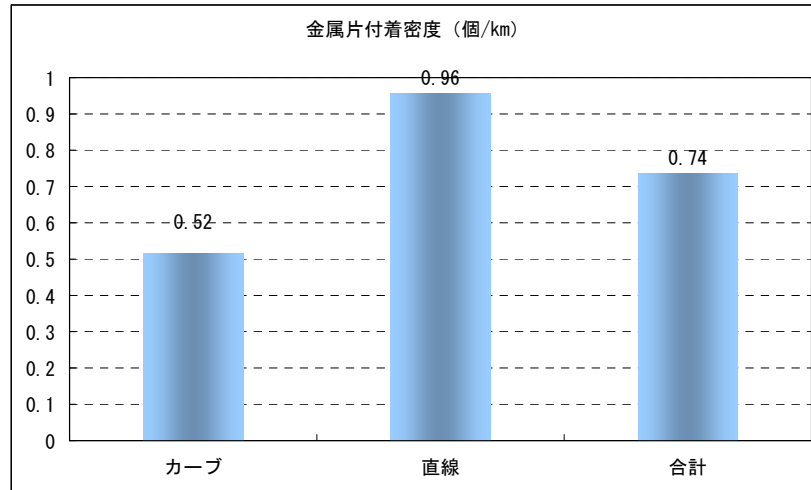


図 2-5 直線・カーブ別の金属片付着密度

勾配ランク別の、防護柵への金属片付着密度（防護柵延長 1km あたりの金属片付着個数）を図 2-6 に示す。なお、ここでは路側のガードレールを対象に分析した。

縦断勾配が大きくなるほど、金属片付着密度が若干低下する傾向にあるが、大きな変化はみられない。

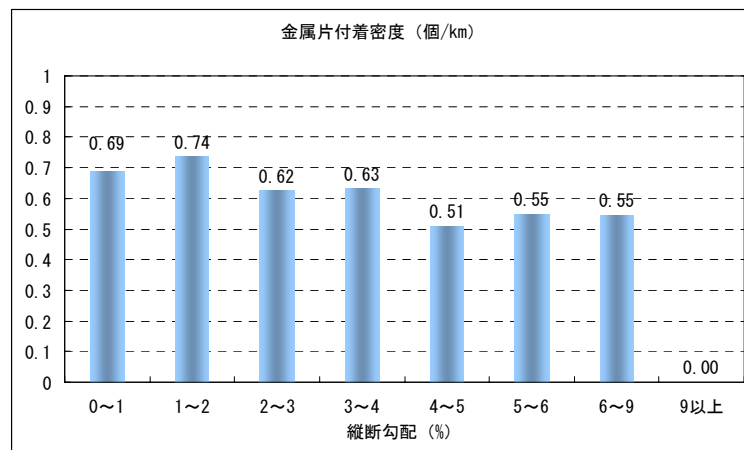


図 2-6 勾配ランク別金属片付着密度

路肩幅員ランク別の、防護柵への金属片付着密度（防護柵延長 1km あたりの金属片付着個数）を図 2-7 に示す。なお、ここでは車両の路外逸脱防止目的のガードレールを対象に分析した。

路肩幅員が 0.5~0.75m の区間に金属片が多く付着する傾向にある。

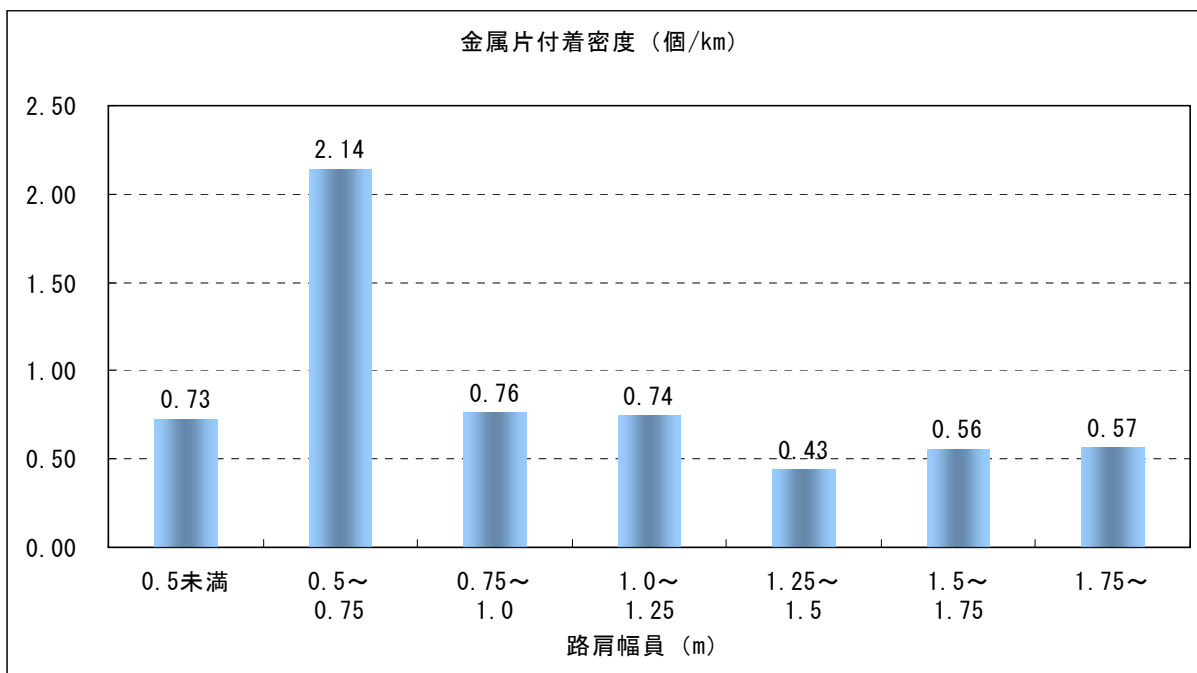


図 2 - 7 路肩幅員ランク別金属片付着密度

## ②大宮国道事務所管内の付着状況の分析

大宮国道事務所管内の地図上に金属片の付着箇所を記入し、分布状況を俯瞰すると、図 2 - 8 から分かるように付着箇所は均一に分布しているのではなく、比較的付着が多い区間と少ない区間があることが分かる。そこで、まず付着が多い区間と少ない区間を、表 2 - 7 のとおり抽出し、それぞれの道路構造の違い等を分析した。



図 2 - 8 大宮国道事務所管内の付着金属片の分布状況

表 2 - 7 金属片の付着が多い区間と少ない区間 (大宮国道事務所管内)

区間 番号	箇所名	区間キロ程	延長	金属片 個数	付着密度 (個/km)
付着が多い区間	① 国道 4 号	30.3~36.8	6.6	13	2.0
	② 国道 17 号熊谷 BP	54.2~72.0	17.9	19	1.1
	③ 国道 17 号	70.6~83.3	12.6	6	0.5
付着が少ない区間	④ 国道 4 号	36.8~55.8	19.0	0	0.0
	⑤ 国道 16 号	91.0~114.3	23.3	1	0.0
	⑥ 国道 17 号新大宮 BP	19.6~34.4	14.4	3	0.2
	⑦ 国道 17 号	54.2~70.6	16.4	0	0.0

抽出した付着が多い区間、少ない区間ごとに防護柵の設置延長割合を示したものが図2-9である。付着金属片の多い区間は、比較的ガードレールの設置率が高い区間であることが分かる。

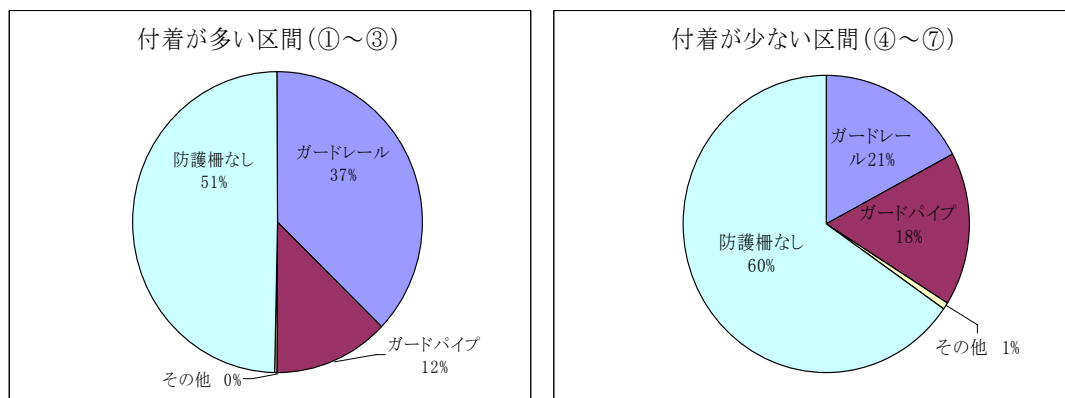


図2-9 金属片の付着が多い区間と少ない区間の防護柵設置延長割合

同様に、縁石の設置延長割合を示したものが図2-10である。付着金属片の少ない区間は、比較的縁石の設置率が高い区間であることが分かる。

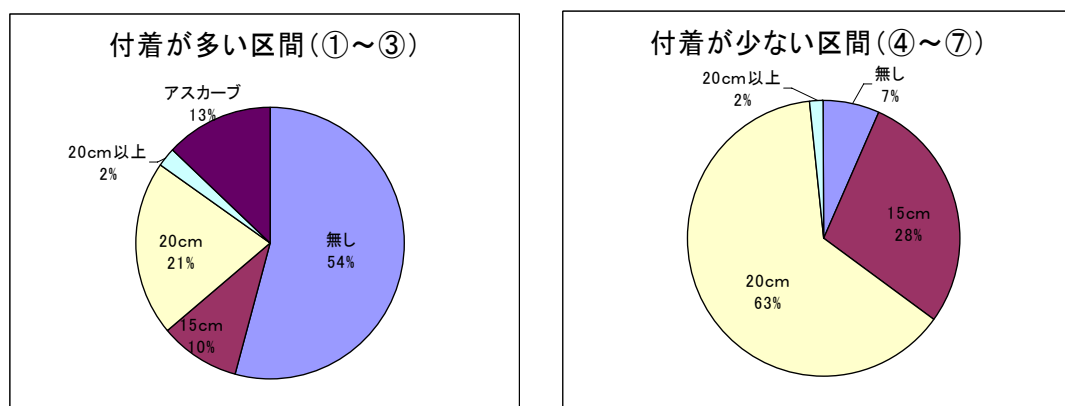


図2-10 金属片の付着が多い区間と少ない区間の縁石の設置延長割合



### 3. 金属片の材料分析

#### 1) 目的

付着金属片の組成から用途を特定し、金属片の生成過程を明らかにするため、直轄国道において実施した緊急点検の結果確認された 4,537 個の金属片の一部について材料分析を行った。

#### 2) 方法

対象とした金属片について、断面の組織観察、断面のSEM（走査型電子顕微鏡）による観察及びEDX定性分析、硬度測定を行い、組成、強度を明らかにすることによって、用途の特定と、断面の形状から金属片の生成過程についての考察を行った。

なお、国内自動車メーカーの乗用車部材として用いられる鋼材の性質は表 3-1 のとおりであり、用途の特定にあたっての参考とした。

表 3-1 国内自動車メーカーの乗用車部材の性質

	性 質
板厚	0.6mm～1.0mm（極低炭素鋼） 低炭素鋼材では 2.0mm 程度のものである。
強度レベル	280MPa～1500MPa （一般には 280MPa～380MPa）
成分系	低炭素鋼（0.02%～0.2%） 極低炭素鋼（0.02%未満） S（0.02%以下）、Cu（0.2%以下）、Cr（0.2%以下） P 添加：0.03%以上、Ti、Nb 添加：0.01%以上、V 添加： 0.02%以上 Al キルド：0.01%以上、Si キルド：0.05%以上
鋼種	キルド鋼（外板） キルド鋼、リムド鋼（付属品）

#### 3) 材料分析（その 1）

##### ①分析を行う金属片の抽出

確認された金属片の用途を特定するため、表 3-2 に示す考え方に従って抽出した 102 個の金属片について材料分析を行った。金属片（a）は、大宮国道事務所管内をケーススタディ地域として重点的な調査を行う観点から、（b）は金属片の特徴や道路状況による違いを明らかにする観点から、（c）は故意に付着させた金属片の存在する可能性について検討する観点

からそれぞれ抽出したものである。

表 3-2 材料分析（その 1）で分析を行う金属片の抽出の考え方

名 称	抽出の考え方	個 数
金属片（a）	大宮国道事務所管内で確認された全ての金属片	51
金属片（b）	全国の直轄国道で確認された金属片から、付着場所、接触痕、形状、厚さ、塗料の有無に着目して抽出した金属片	40
金属片（c）	故意に付着させたと思われるような特異な特徴を有していると現場で判断された金属片	11
合 計		102

## ②金属片（a）の材料分析結果

分析結果を表 3-3 に示す。

表 3-3 金属片（a）の材料分析結果

用途	個数
車両用（外板）	45
車両付帯部品（ミラー、モール等）	5
車両用（フェンダーパネル）	1
車両用（荷台側板固定フレーム）	1
計	51

用途は、車両用（外板）が 45 個、車両付帯部品（ミラー、モール等）が 5 個、車両用（フェンダーパネル）が 1 個、車両用（荷台側板固定フレーム）が 1 個と特定され、いずれも車両に用いられる部材であった。

また、金属片の破断状況は全て引張破壊によるものであった。

## ③金属片（b）の材料分析結果

分析結果を表 3-4 に示す。

表 3 - 4 金属片 (b) の材料分析結果

用途	個数
車両用 (外板)	39
車両付帯部品	1
計	40

用途は、車両用の外板が 39 個、車両付帯部品が 1 個であると特定され、全て車両に用いられる部材であった。

また、金属片の破断状況は、全て引張破壊によるものであった。

#### ④金属片 (c) の材料分析結果

分析結果を表 3 - 5 に示す。

表 3 - 5 金属片 (c) の材料分析結果

用途	個数
車両用 (外板)	9
車両用 (バンパー)	1
車両用 (給油口カバー)	1
計	11

用途は、車両用 (外板) が 9 個、車両用 (バンパー) が 1 個、車両用 (給油口カバー) が 1 個と特定され、全て車両に用いられる部材であった。

また、金属片の破断状況は、全て引張破壊によるものであった。

#### 4) 材料分析 (その 2)

##### ①分析を行う金属片の抽出

材料分析 (その 1) で分析を行った 102 個の金属片は、全て車両用の外板や車両付帯部品等であり、自動車に由来するものであった。このことから、確認された金属片に、自動車に由来するもの以外のものが存在する確率は極めて低く、金属片の大半は自動車に由来するものであると推定できる。

そこで、材料分析 (その 2) では、自動車に由来するもの以外の金属片が存在する可能性について検討する観点から、表 3 - 6 に示す考え方に従って、自動車に由来するものとは考えにくい特徴を持つ金属片を重点的に抽出し、材料分析を行った。

表 3 - 6 材料分析（その 2）を行う金属片の抽出の考え方

名 称	抽出の考え方	個 数
金属片（d）	全国の直轄国道で確認された金属片のうち、外観から判断して自動車に由来するものとは考えにくい特徴を持つ 240 個の金属片のうち、国総研において状況の再確認・精査を行った結果、自動車に由来するものと確定できなかった金属片（金属片（c）と重複する 2 個を除く）	11

外観から判断して自動車に由来するものとは考えにくいと判断された 240 個について、再度、金属片の実物、現場の写真・図面をもとに、状況の再確認と自動車に由来するものかどうかの精査を行った結果、226 個は自動車に由来するものと判断できるものであった。また、金属片が他機関にあるために材料分析ができず確定できないものが 3 個あったが、写真等から車両によるものと推定されるものであった。残る 11 個について、材料分析を行った。

ここで、「外観から判断して自動車に由来するものとは考えにくい特徴」を持つ金属片の判断基準を表 3 - 7 に、「国総研で行った状況の再確認・精査」の判断基準を表 3 - 8 に、さらに金属片（d）に該当する 11 個を抽出した過程を表 3 - 9 に示す。

表 3 - 7 「外観から判断して自動車に由来するものとは考えにくい特徴」を持つ金属片の判断基準

<p>○次のいずれかに該当するものを</p> <p>ア) 金属片の差し込み側が人工的に加工されているようにみえるもの</p> <p>イ) 破断面が人工的に作られたように滑らかなもの</p> <p>ウ) 金属片の厚さが自動車鋼板と一致しないもの</p> <p>エ) 中央分離帯のある道路で継ぎ目に付着しているもの</p> <p>オ) その他特に現場が判断したもの</p>
--

表 3 - 8 自動車に由来するものと判断する基準

<p>○次のいずれかに該当するもの</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・金属片の特徴が車両由来と類似と判断できるもの              具体的には、「接触痕あり」、「破断面が粗く形状が三角形」、「厚さが 2.3mm 以下」のうち 2 つ以上の条件に該当するもの。</li> <li>・金属片はないが、写真等から車両由来と類似と判断できるもの</li> <li>・車両付帯部品と思われるもの（プラスチック等）</li> <li>・付着場所を確認した結果、付着の可能性があるもの              具体的には、              中央分離帯がついていないもの              継ぎ目が逆になっているもの              ボルト部や終点側端部継ぎ目に付着していたもの              中央分離帯のある道路で暫定 2 車線や対面通行の履歴があるもの</li> </ul>
--

表 3 - 9 金属片（d）の抽出過程

外観から判断して自動車に由来するとは考えにくいと判断された理由	該当数	再確認・精査の結果		
		自動車に由来すると判断したもの	確定できないもの	材料分析が必要と判断したもの
ア) 金属片の差し込み側が人工的に加工されているように見えるもの	81	78	0	3
イ) 破断面が人工的に作られたように滑らかなもの	61	57	3	1
ウ) 金属片の厚さが自動車鋼板と一致しないもの	20	16	0	4
エ) 中央分離帯のある道路で継ぎ目に付着しているもの	69	66	0	3
オ) その他特に現場が判断したもの	9	9	0	0
合 計	240	226	3	11

## ②金属片（d）の分析結果

分析結果を表3-6に示す。

表3-6 金属片（d）の材料分析結果

用途	個数
車両用（外板）	3
車両用（ドア下部）	2
車両用（下回り）	2
車両用（荷台）	1
車両用（付属品）	1
トラクター	1
視線誘導標の取付金具	1
計	11

用途は、車両用（外板）が3個、車両用（ドア下部）と車両用（下回り）が2個、車両用（荷台）、車両用（付属品）、トラクター、視線誘導標の取付金具がそれぞれ1個と特定され、視線誘導標の取付金具1個を除き車両に用いられる部材であった。

また、金属片の破断状況は、トラクターの1個が接触・落下によるものである以外は、全て引張破壊によるものであった。

## 5) まとめ

材料分析（その1）から、確認された金属片に自動車に由来するもの以外のものが存在する確率は極めて低く、金属片の大半は自動車に由来するものであると推定できた。さらに材料分析（その2）で、自動車に由来するとは考えにくい特徴を持つ金属片について分析を行った結果も、ほとんどは自動車に由来するものであることを示した。以上から、ほぼ全ての付着金属片は自動車に由来するものと考えられる。

また、金属片付着箇所の多くに防護柵への接触痕があることから自動車に由来するものがうかがえるとともに、形状が三角形、破断面が引張破壊により破壊といった共通した特徴から、付着の際に自動車が防護柵に接触していること及び金属片は強い引張力による破壊により発生

していることが分かる。

このことから、付着金属片は、「車両が防護柵に接触して、車体がボルトの頭又は継ぎ目に引っかかることにより、車体の一部が引きちぎられ、防護柵に付着する。」というメカニズムにより発生しているものと推定される。

## 4. 現地調査

### 1) 目的

付着金属片が確認された箇所の自動車の接触痕の詳細な調査や道路状況の確認を行うことを目的として、調査委員会委員による実地の調査を行った。

### 2) 方法

#### ○日時・場所

平成 17 年 6 月 21 日（火）

埼玉県内の付着金属片確認箇所

〔 国道 125 号行田市下須戸地先、行田市道第 4.3-334 号線行田市大字若小玉地先、主要地方道佐野行田線行田市小見地先、行田市道 5.3-276 号行田市谷郷地先、国道 17 号深谷市深谷地先、国道 17 号岡部町岡地先、関越自動車道川越 IC I ランプ、富士見川越有料道路 〕

#### ○方法

接触痕が無いと現場から報告のあった箇所では、ルーペの使用やボルトを外しての接触痕の確認などの詳細な調査を行った。また、付着箇所付近の道路状況、沿道状況の観察を行った。



写真 4 - 1 現地調査の様子

### 3) 結果

接触痕がないと現場から報告のあった場合でも、ルーペを用いて詳細に調査すると、かすかに自動車がこすった形跡を発見できる場合があった。

金属片が付着していたボルトを外して調査すると、ボルトの軸がボルトの頭に対して垂直方向から少し曲がっており、ボルトの軸の片側がつぶれている場合が見受けられる。これは、金属片が付着した際に、ボルトに何らかの大きな力が作用した証拠であると考えられる。



また、金属片が付着していた端部の継ぎ目部のカバーを外して調査すると、防護柵に金属片が付着していた痕跡を発見できる場合があった。これは、金属片が継ぎ目部に差し込まれた際に、かなり大きな力が作用した証拠であると考えられる。

また、現地調査を行った箇所の道路状況（車線数、交通量等）、沿道状況（市街、郊外部の別等）は様々であったが、いずれの箇所も付着の原因が自動車の接触によるものであるとの説明に矛盾が生じるような要素は見られなかった。

このように、現地調査から得られた結果は、付着金属片の発生原因が自動車の接触によるものであるとの推定と矛盾するものではなかった。

## 5. 室内実験

### 1) 目的

防護柵に付着していた金属片の形状は、三角形のものがボルト部で 82%、継ぎ目部で 80%と、その多くに三角形であるという特徴が見られる。

また、金属片の幅と長さについては、付着状況調査結果から表 5 - 1 に示すとおりであることが分かった。

表 5 - 1 金属片の幅及び長さの平均値 (再掲)

	幅	標準偏差	長さ	標準偏差
ボルト部	3.5cm	1.5cm	6.9cm	4.5cm
継ぎ目部	5.5cm	2.4cm	11.3cm	9.1cm

金属片の幅は、ボルト部の場合にはボルトの頭の直径 3.3cm に、継ぎ目部の場合にはガードレールの凸面幅 5~6cm に大きく依存しているものと思われる。

一方、金属片の長さについては、金属片の幅に比べると標準偏差が大きく、特に継ぎ目部に付着する金属片の長さはばらつきが大きかった。

そこで、付着金属片に多く見られる特徴である三角形の形状が、引張破壊により生成されることを確認し、金属片の形状に影響する要因を明らかにするため、車両に用いられる鋼板を材料とする試験片を供試体として、引張試験機により破壊する実験を行った。

さらに、より実際の条件に近い状態での状況を確認するため、実車のドアパネルを供試体として、同様の実験を行った。

### 2) 方法

#### ①試験片の引張実験

幅 120mm、長さ 400mm、厚さ 0.7mm の車体外板用の合金化溶融亜鉛めっき軟鋼板を、短辺側端部に長さ 40mm のスリットをガードレールの凸面幅に合わせた 45mm 間隔で 2 本入れ、中央部を折り曲げ加工したものを供試体として用いた。(写真 5 - 1)



写真 5 - 1 実験に用いた供試体

実験では、供試体の両端を固定して、中央の折り曲げた部分を表 5 - 2 に示す実験条件で引張を行った。試験片の引き裂き状況は高速ビデオ（13,500 コマ/秒）で撮影し観察した。

表 5 - 2 実験条件

実験 No.	引張速度(km/h)
No.1	静的 (0.018)
No.2	12.6
No.3	
No.4	27.7
No.5	
No.6	
No.7	47.0
No.8	
No.9	

## ②ドアパネルの引張実験

実車から外した前部ドアパネル 1 ~ 3 の 3 体を供試体として、引張実験を行った。ドアパネルには、ガードレールの継ぎ目に引っ掛かった状態を再現するため、アウター側進行方向先端部に、ガードレールの凸面幅に合わせた 45mm の間隔で深さ 20mm 程度の切り込みを入れ、その部分を板材で押さえボルト締めし、引張試験機により引っ張った。

実験の結果生じる金属片の形状を観察するとともに、引張時の荷重を測定した。



写真 5 - 2 ドアパネル供試体

### 3) 結果

#### ①試験片の引張実験

実験の状況を写真5-3に、破断形態や試験片外観等の実験結果を表5-3に示す。また、引張速度と金属片の長さの関係を図5-1に示す。



写真5-3 実験の状況

表5-3 実験結果

実験 No.	速度 (km/h)	破断形態	長辺 (mm)	短辺 (mm)
No.1	0.018	三角形	210	45
No.2	12.6	三角形	120	45
No.3		三角形	130	50
No.4	27.7	三角形	150	45
No.5		三角形	110	45
No.6		三角形	170	50
No.7	47.0	三角形	150	45
No.8		三角形	>165	47
No.9		三角形	>170	47

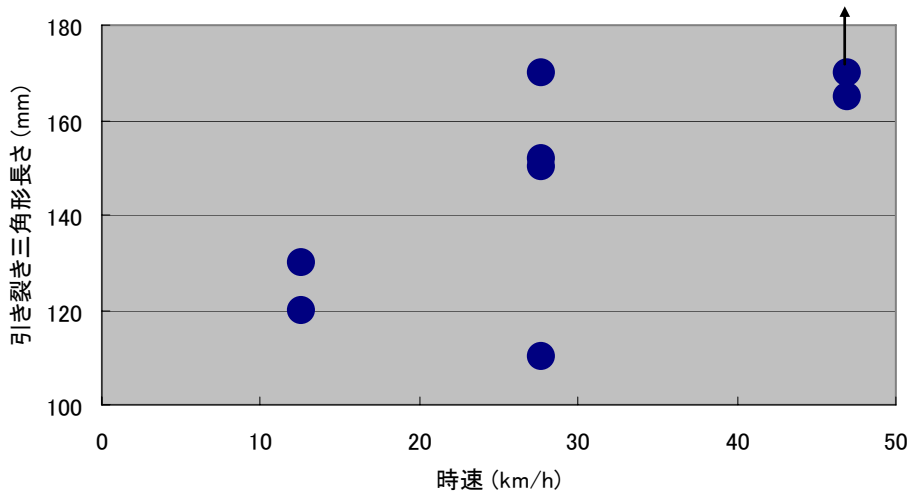


図 5 - 1 引張速度と金属片の長さの関係

いずれも引っ張りの進展に伴い幅が縮小し、最終的には三角形状に破断して分離した。また、三角形の長さとは引張速度の関係は、ばらつきがあるものの、速度増加に伴い三角形長さは増加する傾向が見られた。

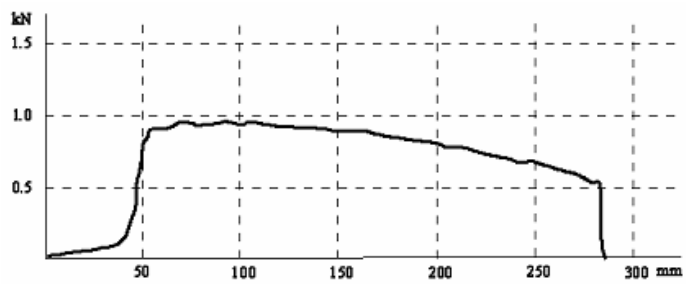
## ②ドアパネルの引張実験

引張実験により生じた金属片の外観を写真 5 - 4 に示す。いずれも引張の進展に伴い幅が縮小し、最終的には三角形状に破断して分離した。三角形の長さはそれぞれ 145、145、165mm であった。

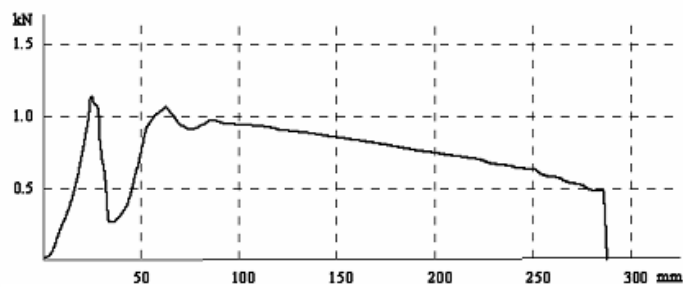
実験時の変位-荷重曲線を図 5 - 2 に示す。いずれも引張初期に高荷重を示し、引張の進行に伴い荷重が低下している。最大荷重はドアパネル 1 でおおよそ 1.0kN、ドアパネル 2, 3 では 1.4~1.5kN 程度であり、いずれも三角形状の金属片が形成されるに伴い加重も徐々に低下し、最終的には約 0.5kN で破断している。



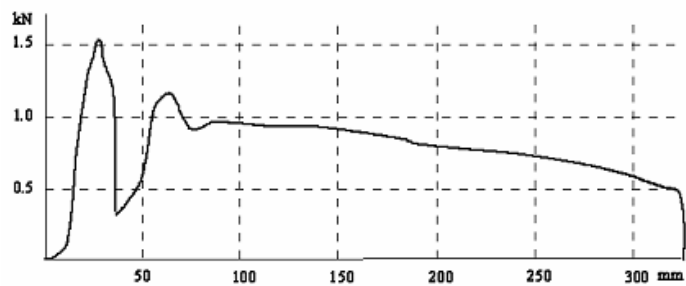
写真 5 - 4 ドアパネルの引張実験により生じた金属片



ドアパネル 1



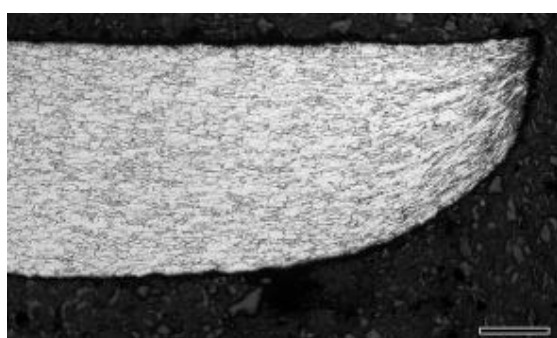
ドアパネル 2



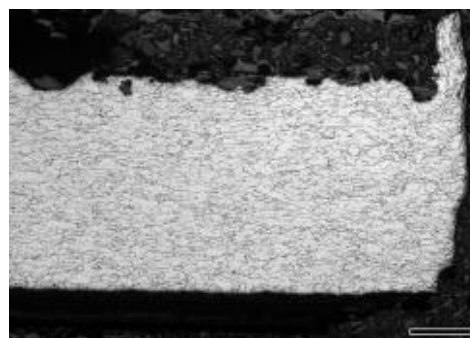
ドアパネル 3

図 5 - 2 変位 - 荷重曲線

引き裂き部断面破断形状確認のためドアパネル1の引き裂き後三角形の先端部（引き裂き破断）と鋸切断したヘム部（ドア端部でドアアウターパネルを折り曲げ、インナーパネルを挟み込んで一体化）の断面組織観察結果を写真5-5に示す。引き裂き破断部は板厚が徐々に薄くなると同時に結晶組織も破断部に向かい伸展した形態を示す。一方鋸切断した断面では破断部の絞り（板厚の減少）はなく、直角に切断している。



引張破壊



鋸切断

写真5-5 ドアパネル1の切断面組織

### ③まとめ

試験片の引張実験、ドアパネル実験のいずれの結果からも、付着金属片の多くに共通してみられる三角形の形状は引張破壊により発生することが確認された。

また、試験片の引張実験の結果から、三角形の長さや引張速度の関係は、ばらつきがあるものの、速度増加に伴い三角形長さは増加する傾向を示すことが分かった。

また、ドアパネル実験の結果から、金属片を引張により破壊するためには、1.0～1.5kN程度の力が必要であることが分かった。

## 6. 実車実験

### 1) 目的

付着金属片が自動車の接触により発生するとの推定を検証するため、実車を防護柵に接触させて金属片を付着させる実験を行った。

### 2) 方法

実験は国総研構内の衝突実験施設内に防護柵を設置し、防護柵に車両を接触させることによって行った。

防護柵に接触させる位置は、防護柵のボルト部、継ぎ目部、終点側端部についてそれぞれ行った。なお、継ぎ目部の実験は、全て逆目の状態で接触させた。

ここで、車両の接触位置と防護柵の接触位置との関係は、表6-1に示す状況を再現することを想定して行った。

表6-1 再現を試みようとしている車両の状況

防護柵の接触位置	車両の接触位置	再現を試みようとしている車両の状況
ボルト部	左側	通常の走行中に、左側路側の防護柵に接触
継ぎ目部	右側	中央帯をはみ出し、右側路側の防護柵に接触
	左側	中央分離帯のある道路を逆送して中央帯の防護柵に接触
終点側端部	左側	通常の走行中に、左側路側の防護柵の端部に接触

また、ボルトの締め付け条件について、締め付け強度を変えた場合の実験も行った。車両の速度は40km/hを標準として行い、20km/hの場合、ならびに60km/hの場合も一部行った。



写真6-1 実車実験の様子



### 3) 結果

実験結果を、表6-2～6-4に示す。

表6-2 実車実験結果 (ボルト部)

実験 No.	衝突箇所	設置条件		衝突 速度 (km/h)	車 両 接 触 位 置	衝突角度 (°)	金属片の付着状況			備考
		締付条件	ボルト部隙間				付着 有無	付着箇所	形状・幅×長さ	
11	ボ ル ト	手締め0.2N・m程度	無	40	左側	3.15	有	上段ボルト	三角形、20×62mm	
12		手締め0.2N・m程度	無	40	左側	3.29	有	下段ボルト	三角形、30×68mm	車両ドア部損傷大
20		手締め0.2N・m程度	無	60	左側	1.29	有	上段ボルト	四辺形、24×35mm	車両ドア部損傷大
27		トルクレンチ5N・m	無	40	左側	4.57	有	下段ボルト	三角形、30×42mm	
33		手締め0.2N・m程度	無	40	左側	5.71	有	下段ボルト	三角形、40×95mm	
9		通常 50～70N・m	隙間2.0mm	40	左側	3.29	有	下段ボルト	微小片	車両ドア部損傷大
10			隙間1.0mm	40	左側	3.29	有	下段ボルト	微小片	車両ドア部損傷大
25		手締め0.2N・m程度	無	60	左側	3.58	有	下段ボルト	微小片	車両ドア部損傷大
26		トルクレンチ7N・m	無	60	左側	4.15	有	上段ボルト	微小片	
5		通常 50～70N・m	無	40	左側	2.65	無			
6			無	40	左側	2.65	無			
7			無	20	左側	2.65	無			
8			無	40	左側	2.08	無			
19		手締め0.2N・m程度	無	60	左側	1.29	無			
24		トルクレンチ15N・m	無	40	左側	6.77	無			パンタイプ車両を使用
32		手締め0.2N・m程度	無	40	左側	4.36	無			
46		手締め0.2N・m程度	無	20	左側	4.57	無			
47		上段:ゆるみ有り 下段:手締め0.2N・m程度	上段:0.5mm 下段:無	20	左側	4.79	無			
48		上段:ゆるみ有り 下段:手締め0.2N・m程度	上段:0.5mm 下段:無	40	左側	2.86	無			
49		上段:ゆるみ有り 下段:トルクレンチ10N・m	上段:0.5mm 下段:無	40	左側	4.72	無			
50	上段:ゆるみ有り 下段:トルクレンチ10N・m	上段:0.2mm 下段:無	40	左側	3.72	無				
51	上段:ゆるみ有り 下段:トルクレンチ10N・m	上段:2.0mm 下段:無	40	左側	4.43	無				

表 6 - 3 実車実験結果 (継ぎ目部)

実験 No.	衝突箇所	設置条件		衝突速度 (km/h)	車 両 接触 位置	衝突角度 (°)	金属片の付着状況			備考
		締付条件	順目 / 逆目				付着 有無	付着箇所	形状・幅×長さ	
2	継 目	通常 50~70N・m	逆目	40	左側	—	有	横梁下段	三角形、42×89mm	
4			逆目	40	左側	3.27	有	横梁下段	三角形、60×110mm	
17			逆目	40	右側	2.72	有	横梁上段	三角形、50×87mm	
18			逆目	60	右側	1.43	有	横梁上下段	上:四辺形、60×60mm 下:三角形、68×172mm	上段金属片はガード レール裏側にめり込み
28			逆目	40	右側	3.36	有	横梁下段	三角形、60×180mm	
31			逆目	40	右側	2.43	有	横梁上段	三角形、18×30mm	
43			逆目	40	右側	3.93	有	横梁上下段	上:四辺形、70×40mm 下:三角形、25×47mm	上段金属片はガード レール裏側にめり込み
45			逆目	20	右側	3.08	有	横梁上段	三角形、70×200mm	
1			通常 50~70N・m	逆目	40	左側	—	無		
3		逆目		40	左側	—	無			
29		逆目		40	右側	3.58	無			
30		逆目		40	右側	4.00	無			
34		逆目		40	右側	2.86	無			
35		逆目		40	右側	4.86	無			
36		逆目		40	右側	4.22	無			
37		逆目		40	右側	5.71	無			
38	逆目	40		右側	1.43	無				
39	逆目	40		右側	2.29	無				
40	逆目	40		右側	3.51	無				
42	逆目	40		右側	4.57	無				
44	逆目	40		右側	3.58	無				
41	トルクレンチ10N・m	逆目		40	右側	4.00	無			

表 6 - 4 実車実験結果 (端部)

実験 No.	衝突箇所	設置条件		衝突速度 (km/h)	車 両 接触 位置	衝突角度 (°)	金属片の付着状況			備考
		締付条件	順目 / 逆目				付着 有無	付着箇所	形状・幅×長さ	
13	終 点 側 端 部	通常 50~70N・m	逆目	40	左側	2.58	無			
14			逆目	40	左側	3.01	無			
16			逆目	40	左側	2.72	無			
21			逆目	60	左側	3.12	無			スパン2.0m
22			逆目	40	左側	0.85	無			スパン2.0m
15		手締め0.2N・m程度	逆目	40	左側	2.72	無			
23		手締め0.2N・m程度	逆目	40	左側	4.59	無			スパン2.0m

ボルト部に関しては、22 回のうち 9 回がボルトの頭に金属片が付着した。このうち 4 回は、付着金属片が三角形でその大きさは、幅 2.0cm~4.0cm、長さ 3.5cm~9.5cm であり、全国の直轄国道で発見された金属片を統計的に整理

した値とほぼ同じような形状のものが付着することが確認できた。また、金属片が付着した9回の付着場所としては、上段のボルト部が3回、下段のボルト部が6回であった。

一方、継ぎ目部に関しては、22回のうち8回が継ぎ目部に金属片が付着した。付着した金属片は大半が三角形でその大きさは、幅1.8cm～7.0cm、長さ3.0cm～20.0cmであり、継ぎ目部についても、全国の直轄国道で発見された金属片を統計的に整理した値とほぼ同じような形状のものが付着することが確認できた。また、金属片が付着した付着場所としては、継ぎ目部の上段が5回、下段が5回であった。(継ぎ目部の実験のうち2回は上段と下段の両方に付着した)

端部に関しては、7回のうち1回も付着の再現ができなかった。

### 3) 考察

#### ①金属片の発生頻度

防護柵に金属片が付着したのは、ボルト部の実験では22回中9回、継ぎ目部の実験では22回中8回で、どちらも発生頻度は約40%程度であった。

防護柵に金属片が付着するためには、まずは、車両が防護柵のボルト部に接触するか、もしくは車両が防護柵の継ぎ目部に逆目の状態で接触することが必要であるが、このような接触があったとしても必ずしも金属片が発生するわけではなかった。

#### ②ボルトの締め付け条件と付着の関係

ボルトを通常のレンチ(50～70N・m)で、ボルト部に隙間が無い状態で締め付けた場合は、金属片は一度も付着しなかった。

一方、ボルトを手締め(0.2N・m程度)の場合、8回のうち5回付着した。

更に、ボルト部に1.0mm、又は2.0mmの隙間をつくって締め付けた場合には、車両ドア部の損傷は大きかったが、防護柵には微小片しか付着しなかった。

また、ボルトをゆるませることにより、0.2mm、0.5mm、2.0mmの隙間をつくった場合には、金属片は一度も付着しなかった。

このようなことから、ボルトを通常のレンチで締め付けて実験を行った場合、及び隙間を設けて実験した場合には、金属片が付着しにくい傾向が見受けられた。

#### ③接触速度と付着金属片の形状の関係

継ぎ目部の場合、接触速度が速いと付着金属の長さが長くなる傾向が見受けられた。一方、ボルト部の場合、接触速度と付着金属片の長さとの関係は確認できなかった。

#### 4) 防護柵に金属片が付着するメカニズム

防護柵の継ぎ目部に金属片が付着した実験ケースについて、防護柵の継ぎ目部を上方から高速度カメラ(1コマが1/1000秒)で撮影した映像から、防護柵に金属片が付着する現象を詳細に分析すると以下のとおりであった。

- ①まず、車両のフェンダー部分が防護柵に接触することによって、車両のフェンダー部分がへこみ、その結果、前面のドアパネルがフェンダー部分よりも外側に飛び出した状態になり、車両のフェンダー部分と前側のドアパネルとの間にわずかな段差が発生する。
- ②車両が引き続き防護柵を外側に押しながら走行するため、防護柵の継ぎ目部にわずかな隙間が発生する。  
(今回、撮影されたケースにおいては、最大隙間は約2.19mmであった。)
- ③継ぎ目部のわずかな隙間が発生している状態において、車両のフェンダー部分と前側のドアパネルとの段差部分が、その隙間の間に引っかかる。
- ④前側のドアパネルが、その隙間の間に押し込まれていき、それと同時にドアパネルに、切り欠きが発生していく。
- ⑤防護柵の継ぎ目部の間に、これ以上ドアパネルが入らなくなった瞬間からドアパネルは継ぎ目部分を起点として折り返されながら車両から引きちぎられていく。
- ⑥ドアパネルは、折り返されながら順次引きちぎられ続けていく。その際、ドアパネルには、後ろ向きの引張力だけではなく、外側に折り返えそうとするモーメントが作用するために、ドアパネルの切り込みの両端では中心に向かって斜め方向に力が作用するため、生成される金属片の幅は順次小さくなっていく。
- ⑦最終的に両側の破断面が合流して三角形の金属片が形成される。

一方、ボルト部については、金属片が付着する際に防護柵と車両のドアパネルが密着している関係で、継ぎ目部のような映像が得られなかったが、金属片の発生メカニズムは基本的には継ぎ目部と同じような現象が発生しているものと考えられる。

#### 5) まとめ

実験結果より、付着金属片は、「車両が防護柵に接触して、車体がボルトの頭又は継ぎ目に引っかかることにより、車体の一部が引きちぎられ、防護柵に付着する。」というメカニズムにより発生することが確認された。

また、高速度カメラで撮影した映像から、金属片が付着する詳細なメカニズムが解明された。

## 7. ガードレール清掃車による金属片の向きの変転に関する実験

### 1) 目的

金属片の付着状況調査の結果より、ボルト部に付着していたものは大半(約90%)が順方向になっているのに対し、継ぎ目部に付着していたものは、順方向が52%、逆方向が48%とほぼ半々であった。

表7-1 金属片の付着方向と付着場所の関係

	順方向	逆方向	その他	小計
ボルト部	2,427 (90.0%)	204 (7.6%)	66 (2.4%)	2,697 (100%)
継ぎ目部	886 (51.5%)	819 (47.6%)	15 (0.8%)	1,720 (100%)

付着金属片が自動車の接触により発生するものであるとすれば、金属片は自動車の進行方向と同じ向きに付着しなければならず、継ぎ目部は通常順目に設置されていることを考えれば、多くは逆方向に付着するはずである。このことから、継ぎ目部に付着する金属片は、当初は逆方向に付着するものの、その後いくつかは何らかの要因によって、金属片の向きが反転するものと推定される。

金属片が反転する要因として考えられるものとしては、

- ・再度、別の車両が金属片に衝突して金属片の向きが変わった。
- ・金属片が付着した際に、ドライバーが金属片を取り除こうとして向きを変えた。
- ・道路の維持管理作業で向きが変わる事象が生じた。(ガードレール清掃車等)

などが考えられる。

ガードレール清掃車もその要因の一つとして考えられることから、ガードレール清掃車により金属片が反転する可能性があることを確認するための実験を行った。

### 2) 方法

#### ①実験場所

国道17号 熊谷バイパスの行田市持田地先  
中央分離帯側ガードレール

#### ②実験方法

ガードレールに付着金属片に見立てた自動車板金用の金属片を、**図7-1**、**表7-2**のようにボルト部に3個、継ぎ目部に2個付着させ、ガード

レール清掃車を通常の清掃時のように、ブラシ押しつけ力 30kgf、清掃速度約 6km/h で走行させた。

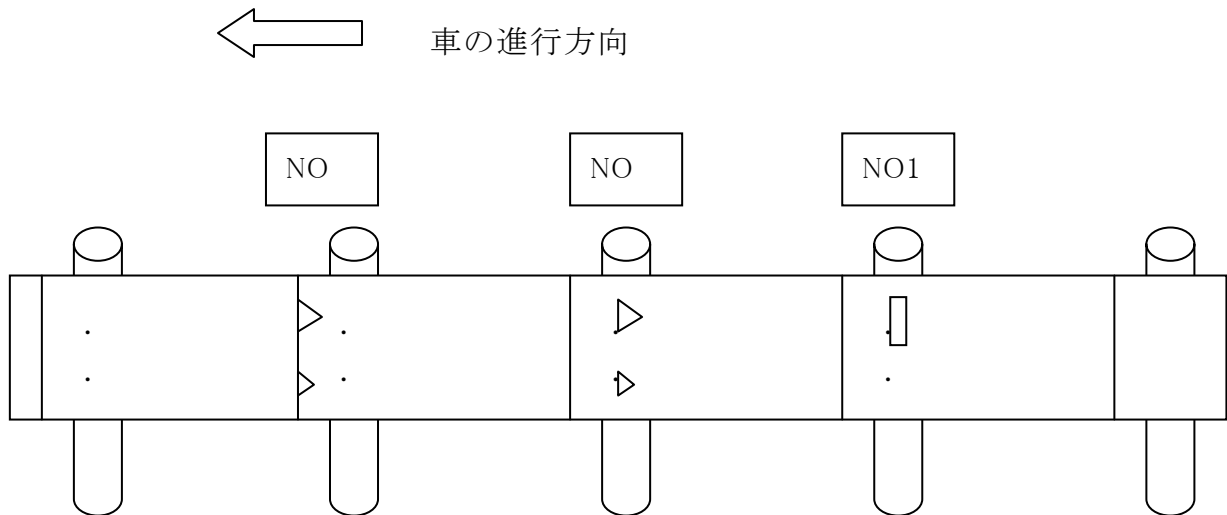


図 7 - 1 金属片の設置位置

表 7 - 2 実験で用いた金属片の設置状況

番号	位置		金属片の向き	金属片の大きさ	
				長さ	幅
NO1	ボルト部		突出	18cm	4.5cm
NO2	上段	ボルト部	逆方向	18cm	5.0cm
	下段	ボルト部	逆方向	9cm	5.0cm
NO3	上段	継ぎ目	逆方向	18cm	5.0cm
	下段	継ぎ目	逆方向	9cm	5.0cm

### ③使用したガードレール清掃車の概要

#### ○性能

清掃速度	0.5～6.0km/h
清掃可能範囲（車両～ガードレール間隔）	350～850mm
対象ガードレール（地上高）	600mm、800mm
ブラシ寸法・材質	φ500×H600mm・ホリフポリエレン
ブラシ回転数	600rpm（標準）

ブラシ押し付け力（自動モード時）	約 30kgf
水タンク容量	1,125ℓ
洗剤タンク容量	375ℓ

○車両諸元

全 長	6,750mm
全 幅（回送時）	2,260mm
〃（作業時最大）	3,100mm
全 高（回送時）	2,700mm
〃（作業時最大）	3,100mm
機関出力	154kw
乗車定員	2名

○作業装置

清掃装置、水タンク、散水装置で構成され、運転者が清掃可能範囲内で運転すれば、清掃ブラシが自動的にガードレールに追従し、一定の接触圧力で清掃を行う機構になっている。清掃装置のスライド・旋回機構により、左右両側のガードレールの清掃が可能である。



写真 7-1 実験に使用したガードレール清掃車と作業装置

3) 結果

実験の結果、表 7-3 に示すように、一部の金属片で向きが反転するものがあり、ガードレールの清掃車により金属片の向きが反転する可能性があることが分かった。

表 7 - 3 ガードレール清掃車稼働後の金属片の状態

番号	位置		状態の変化
No. 1	ボルト部		突出 → 順方向へ
No. 2	上段	ボルト部	逆方向 → 順方向へ (金属片向きの反転有り)
	下段	ボルト部	金属片向きの反転なし
No. 3	上段	継ぎ目	金属片向きの反転なし
	下段	継ぎ目	金属片向きの反転なし



清掃前



清掃後

写真 7 - 2 実験により反転した金属片 (清掃前と清掃後)



## 8. 金属片の視認性実験

### 1) 目的

防護柵に付着している金属片を通常の道路管理で実施しているパトロール車による巡回で、どの程度発見できるのかを把握するために視認性の実験を行った。実験は、通常の巡回パトロールと同様の様態で、助手席から防護柵に任意に設けた金属片が視認できるかどうかを把握するものである。

### 2) 方法

○実験場所 国道4号 郡山パイクス 下り側側道

○実験日時 平成17年6月17日(金)

14時30分～15時25分 天候:晴れ

及び17時20分～17時53分 天候:曇り

○金属片

防護柵に金属片様の試験片(幅3cm×長さ6cmの三角形の紙製)を任意に設け、パトロール車の助手席に同乗した被験者が、試験片を視認できるかどうかを三段階で調査する。

(○:視認できる、△:色がわかる程度、×:視認できない)

なお、試験片の色はさび色と灰色の2種類について、防護柵に平行に設置した場合と防護柵に突出させて設置した場合の2タイプについて行った。

○走行速度

パトロール車の走行速度は、60km/h、40km/h、20km/hの3種類行った。

○留意事項

被験者には試験片の設置場所は予め伝えていない。

被験者には試験片の視認以外の点検項目は設けていない。

### 3) 結果

表8-1に示すとおり、金属片が防護柵に平行に付着している場合は、速度が20km/hでも視認できないことがわかった。また、金属片が突出している場合でも、走行速度が40km/h以上の場合は、金属片を視認することはできないことがわかった。また、走行速度が40km/h以下の場合でも、金属片の色や付着の仕方によって視認できない場合が見受けられた。なお、今回の実験は天候が晴れ又は曇りの日中時であり、雨天時や黄昏時には更に視認性が悪くなるものと想定される。

表 8 - 1 視認性実験結果

時間	天候	被験者	金属片の色	走行速度					
				20km/h		40km/h		60km/h	
				突出	平行	突出	平行	突出	平行
14:30~14:45	晴れ	パトロール員①	さび色	○	×	○	×	×	×
"	"	"	灰色	×	×	×	×	×	×
14:50~15:05	"	パトロール員②	さび色	△	×	○	×	△	×
"	"	"	灰色	○	×	○	×	×	×
15:07~15:25	"	パトロール員③	さび色	○	×	△	×	×	×
"	"	"	灰色	○	×	×	×	×	×
17:20~17:30	曇り	パトロール員①	さび色	○	×	○	×	×	×
"	"	"	灰色	×	×	△	×	×	×
17:33~17:40	"	パトロール員②	さび色	○	×	○	×	△	×
"	"	"	灰色	○	×	○	×	×	×
17:43~17:53	"	パトロール員③	さび色	○	×	○	×	×	×
"	"	"	灰色	×	×	×	×	×	×

#### 4) 視認性に関する考察

付着していた金属片の大きさの平均は、継ぎ目に付着しているもので幅 5.5cm、長さ 11.3cm、ボルト部に付着しているもので幅 3.5cm、長さ 6.9cm であった。

静止状態の場合、通常視力者（視力 1.0 の者）は視野角が  $1' = 2.9 \times 10^{-4} \text{rad}$  の大きさのものまで認識できるとされている。このことから、ボルト部に付着する平均的な大きさの金属片（長さ 6.9cm）が防護柵にほぼ平行に付着していた場合に、通常視力者が静止した乗用車の助手席から認識出来る距離を計算すると約 20m になる。つまり、20m 以内に近づいてはじめて、金属片の存在をようやく認識できることになる。

また、乗用車が時速 20km/h (=5.6m/s) で走行する場合、金属片が認識されてから約 4 秒で前方から側方まで移動することになる。防護柵の支柱が 4 m 間隔で設置されている場合、継ぎ目部とボルト部がそれぞれ 4 m ごとに設けられていることから、20m の間に継ぎ目部は上下で計 10 箇所、ボルト部は各々 6 箇所計 30 箇所あり、これら 40 個全ての箇所における金属片の付着の有無をこの 4 秒の間に認識することは、人間の動体視力からみて非常に困難であると思われる。

このことは、本実験の結果、金属片が防護柵と平行に付着していた場合、走行速度 20km/h でも発見できなかったこととも符号するものである。

## 9. 金属片の由来に関する関係機関の調査結果等

### 1) 愛知県の事例

平成17年6月3日 愛知県建設部道路維持課からの聞き取りにより、金属片は車の一部であった事例が判明

①事故発生日時 平成15年8月8日午後

②事故発生場所 愛知県豊川市馬場町

(主要地方道東三河環状線上【愛知県管理】)

③事故内容 ガードレールの継ぎ目に金属片によって、自転車に乗った通行者が重傷を負った。

④警察の鑑識結果

金属片は乗用車の鉄板と判明。(車体のどの箇所かは不明)

### 2) ホットラインステーションへの情報提供の事例

10年ほど前、1車線道路の山道を30km/h前後で走行中、右側ドアをガードレールとほぼ平行に擦った。車を止めて確認したところ、ドアが三角形に剥ぎ取られていた。ガードレールを確認したところ剥ぎ取られたドアが継ぎ目に挟まっていた。取ろうとしたが中々取れなかったことを良く覚えている。

### 3) 自動車板金業等からの情報提供の事例

6月6日に「社団法人日本自動車整備振興会連合会」及び「日本自動車車体整備協同組合連合会」に調査協力を依頼。6月8日までの報告として、調査対象として選定した574事業者のうち、96事業者で過去に入庫ありとの情報。その後約1ヶ月の間で、宮城県(3件)、沖縄県(1件)、長崎県(1件)で金属片を剥ぎ取られた又は剥ぎ取られたと思われる車両を扱ったとの情報あり。

### 4) 自動車保険会社からの聞き取り

- ・調査員として20年以上現場を担当したが見たことがない。社内の他の調査員にも聞いたが同様であった。
- ・自動車の外板は0.6~0.8mm。輸入車の外板は0.8mm程度、厚くても1mm程度。トラックの外板は0.8mm~1.0mm程度。
- ・ガードレールの高さを勘案すると、トラックではないと思われる
- ・メカニズムについてはフェンダー部分をガードレールに押しつけながら進み、ドア部分とフェンダー部分に段差が生じて、ドア部分の金属片が剥がされ刺さり込むと思われる。
- ・車両が原因であれば、ガードレールに傷は必ず残る。肉眼ではなくルーペを用いるとよいと思われる。
- ・当社に持ち込まれる事例はあるが、稀である。

## 5) 自動車メーカーからの聞き取り

【乗用車・トラックとも 0.65～1.0mm 程度の板厚を使用】

板厚	フェンダー部分	0.65～1.0mm
	ドア部分	0.65～1.0mm
	トランク部分	0.65～1.0mm

## 10. 付着金属片の発生原因

今回、直轄国道で発見された金属片 4,537 個(6 月 14 日時点)について、その特徴を調査した結果、防護柵に接触痕跡が有り(約 82%)、金属片の破断面が粗く(約 95%)かつ形状が三角形(約 81%)で、金属片の厚さが自動車に用いられる鋼材に一致(約 75%)するなど自動車に由来すると考えられる特徴があった。

全国から抽出した 40 個、大宮国道管内で発見された 51 個、ならびに現場の状況から材料分析が必要と判断された 11 個について材料分析を行った結果、全てが材質が自動車に用いられる鋼材や車両付帯部品であった。

更に、外観から自動車に由来するとは考えにくいと判断された 240 個について、再度、金属片の実物、現場の写真・図面をもとに、状況の再確認と自動車に由来するものかどうかの精査を行った結果、226 個は自動車に由来するものと判断できるものであった。また、3 個は金属片が他機関にあるために、材料分析ができず由来を確定できなかったが、写真等から車両によるものと推定されるものであった。

そして、更に材料分析が必要と判断された 11 個について、その由来を分析した結果、10 個は自動車鋼板又は車両付帯部品であることが判明し、他の 1 個は道路管理者に再度確認した結果、古い視線誘導標の取り付け金具であることが確認された。

このようなことから、総合的に判断すると、ほぼ全てが自動車に由来するものであると考えられる。

さらに、実車を用いた実験を実施したところ、車両が防護柵に接触して、車体がボルトの頭又は継ぎ目部に引っかかることにより、車体の一部が引きちぎられ、防護柵に付着する現象が再現され、自動車により付着金属片が発生することが確認された。

以上より、直轄国道で発見された金属片の分析結果及び実車実験結果等から判断すると、付着金属片はほぼ自動車に由来するものであると断定できる。

## 1 1. 今後の対応

### 1) 道路構造と金属片付着の関係

「2. 金属片の付着状況調査」の結果、直線部（約 64%）、右カーブ（約 21%）、左カーブ（約 14%）であった。そして、縦断勾配が 0～±2%の平坦に近い箇所（約 68%）で、平地（約 50%）や山地（約 26%）に多く見受けられ、D I Dを含む市街地は比較的少なかった。また、事故密度（死傷事故件数／道路延長）や事故率（死傷事故件数／死傷者数）が高い区間に金属片が比較的多く付着していた。

発生密度は、縁石の無い場合は縁石の有る場合に比べて金属片の発生密度が約 2 倍に、路肩幅員が 0.5～0.75mの区間の発生密度が 0.75m以上の区間の約 3 倍になっていた。また、直線部分はカーブよりも発生密度が高くなっていたが、縦断勾配の違いによる発生密度の大きな変化は見られなかった。

このように、道路構造によって発生密度にある程度の差は見受けられるものの、例えば路肩幅員が狭い箇所の発生密度は比較的高いが、路肩幅員が広い箇所でも付着金属片が少なからず発見されている等、道路構造から付着金属片の発生箇所を絞り込めるような傾向を見出すことは出来なかった。

### 2) 今後の対応

今回発見された付着金属片の大きさは、比較的小さなものが多数ではあったが、車道を利用する歩行者や自転車があるところでは負傷する事故が発生する可能性があることから、今後の対応について、以下のとおりとすべきである。

まず、自動車を防護柵に接触させる事故を起こし金属片を付着させた原因者が、早急にその情報を道路管理者等に通報すること等により撤去すべきことを周知すべきである。

次に、道路管理者は現行の道路巡回について、従来の車両通行の安全確保に加え、歩行者及び自転車の通行環境の安全に注視して点検することを基本とし、歩行者や自転車の利用状況に応じて、定期的に歩道や車道側の自転車通行帯の点検も行うなど、金属片発見のための工夫が必要であると考えられる。そして、緊急点検で把握された情報が、今後の対応を考えていく上で有益になりうる点に留意すべきである。

さらに、道路管理者の適切な点検の実施に加え、市民の協力により金属片の発見・撤去を進めることが不可欠であると考えられることから、市民からの通報による協力を期待するとともに、関係機関は市民からの情報をきちんと活用できるよう情報収集のための窓口設置や市民への情報窓口の周知などの環境整備の充実に努めるべきである。

また、今後、金属片の付着しにくい防護柵の構造に関する研究がなされることを要望するところである。

なお、防護柵の設置方法について、過去に暫定 2 車線供用を行っていた箇所などで本来進行方向に滑らかに防護柵を接続すべきものが逆に設置されて

いる例が極わずかであるが見受けられたことから、このような箇所では設置状況を再確認し適切な改善措置を行うべきである。

## 謝辞

委員会での審議を進めるにあたり、(財)交通事故総合分析センター、東京海上日動調査サービス株式会社、日産自動車株式会社、日本自動車車体整備協同組合連合会及び会員の皆様、(社)日本自動車整備振興連合会及びその会員の皆様、(社)全国道路標識・表示業協会、愛知県建設部、警察庁交通局、国土交通省自動車交通局、国土交通省関東地方整備局をはじめとする、多大なるご協力を頂きました多くの皆様方に、深く感謝申し上げます。