

## 1 調査の目的

平成15年8月9、10日に北海道に上陸した台風10号に伴う集中豪雨は、日高・十勝地方に大きな災害もたらした。特に日高地方（写真－1～4）では、流木による被害が甚大であり、その処理も含めて、本道の森林づくりのすすめ方に対して多くの課題を残した。

本調査は、このような状況に鑑み、最も流木被害が大きかった日高支庁新冠町、門別町を流れる厚別川流域の国有林・民有林をモデルに、流木の発生や山腹崩壊、河畔林流出等の実態を明らかにし、今後の北海道の森林の整備、林地の保全の進め方や技術の確立に資することを目的とする。



写真－1 ヘリコプターから見た崩壊地



写真－2 流木の堆積状況



写真－3 橋に押し寄せた流木



写真－4 河畔林

## 2 調査流域の概況

### (1) 流域の概況

厚別川流域は、北海道日高支庁管内の門別町東部及び新冠町西部に位置している（図－1）。流域面積は2万9千haであり、うち森林面積は2万3千haで、森林の占める割合は79%である。



気候は、北海道の中では降雪量が少なく、比較的温暖な地域である。新冠町新和気象観測所の観測データ（1979～2000年）によると、年平均気温は6.5℃、年間降水量は1,283mmである。また、被害のあった8月の平均気温は20.5℃、月間降水量は205mmである。

人口は、平成12年国勢調査によると、門別町が428人、新冠町が862人で、両町合わせて1,290人である。就業者数は、門別町が269人、新冠町が480人で、両町合わせて749人であり、このうち、林業就業者数は、門別町で2人である。

## （2）森林の概況

### ア 森林面積（表－1）

森林面積は2万3千haで、所管別にみると、国有林が1万6千ha、民有林が7千haとなっており、森林面積に占める割合は国有林が70%、民有林が30%である。

林種別では、天然林が1万6千haで68%、人工林が6千haで28%、無立木地等が1千haで4%である。

人工林率は28%であり、北海道全体の人工林率27%に近い値である。

### イ 森林蓄積（表－1）

森林蓄積は322万6千m<sup>3</sup>で、所管別にみると、国有林が232万m<sup>3</sup>、民有林が90万6千m<sup>3</sup>となっており、森林蓄積に占める割合は国有林が72%、民有林が28%である。

林種別蓄積では、天然林が226万8千m<sup>3</sup>で70%、人工林が95万8千m<sup>3</sup>で30%である。

1ha当たりの蓄積量は140m<sup>3</sup>である。

表－1 厚別川流域の林種別の森林資源

単位：ha、m<sup>3</sup>

林種	総数		国有林		民有林	
	面積	蓄積	面積	蓄積	面積	蓄積
天然林	15,599	2,268,377	11,087	1,784,105	4,512	484,272
人工林	6,487	957,654	4,457	535,555	2,030	422,099
無立木地	341	0	-	-	341	0
その他	575	-	575	-	-	-
計	23,002	3,226,031	16,119	2,319,660	6,883	906,371

## 3 調査期間と方法

### （1）調査者と調査期間

調査は、流木の堆積量と組成、河畔林被害、河畔林・天然林の蓄積等の把握を目的とする現地調査と、リモートセンシングやGISを用いて山腹崩壊地および河畔林の被害面積等を把握する空中写真解析に分けて実施した。それぞれの調査における調査者と調査期間は以下に示すとおりで、延べ人員数は、現地調査100人、空中写真解析117人、合計217人となった。

## 現地調査

調査期間	調査内容	調査者
8月21～22日	予備調査（被害概況の把握と調査方法の検討）	本田、寺澤、長坂（有）、山田、佐藤（弘）、阿部 6名
8月26～27日	現地踏査、視察	原田、木幡 2名
8月26～28日	流木の堆積量と組成の調査	本田、中田、佐藤（創）、長坂（有）、清水、今、中川、徳田 8名
9月1日	山腹崩壊地の確認調査（ヘリコプター調査）	寺澤、佐藤（創）、真坂、今、阿部、菅野 6名
9月2～4日	流木の堆積量と組成の調査	浅井、勝矢、佐藤（創）、清水口、真坂、今、青柳、川島 8名
9月8～9日	河畔林被害調査、ならびに河畔林・天然林の蓄積調査	福地、木幡、寺澤、黒丸、池ノ谷、濱津、梅木、石濱 8名
9月16～17日	崩壊発生要因調査	佐藤（創）、真坂、鳥田、長坂（晶）、小野寺 5名
10月27～28日	流木の補完調査	浅井、対馬 2名

## 空中写真解析

調査期間	調査内容	調査者
8月25日～9月18日	空中写真による山腹崩壊地の解析	対馬、菅野、阿部 3名
9月5～18日	空中写真による河畔林被害面積の解析	長坂（有）、山田、対馬 3名

## （2）調査方法

### ア 流域の区分

日高地方における台風10号による被害は、平取町、日高町、門別町、新冠町、静内町、三石町、浦河町、様似町の8町に及んだ。中でも、平取、日高、門別、新冠の4町においては、大量の流木の流出と堆積による被害が甚大で、8月14日には「平成15年台風10号による流木処理対策推進本部」（事務局：北海道環境生活部）が設置されたところである。

今回の流木発生等実態調査では、流木による被害が最も大きかったとみられる厚別川（門別町、新冠町）を調査対象流域として選定した。厚別川は、リビラ山（1,291m）、ピウ岳（1,134m）を源流とする流路長約44km（GISによる計測値）の河川であり、流域面積は約2万9千haである。

8月21～22日に行った概況調査の結果、森林被害と流木の流出・堆積状況は、厚別川の本流中流部に位置する新和（図－1参照）を境としてその上流部と下流部で異なり、さらに東側から流入する3つの支流（里平川、比宇川、元神部川）でもそれぞれ異なることが観察された。そこで、調査に当

表－2 流域区分ごとの流域面積

流域区分	流域面積 (ha)
厚別川本流（上～中流）	6,889
厚別川本流（中～下流）	6,668
里平川流域	5,403
比宇川流域	6,375
元神部川流域	3,450
合計	28,785

(GISによる計測値)

たつては、本流を上～中流域と中～下流域に2区分し、さらに上記の3支流域を加えた5つの流域区分について調査・解析を行った。流域の区分図を図-2に、各流域区分の面積を表-2に示す。



図-2 厚別川の流域区分  
黒丸は天然林の調査区（プロット）を示す

#### イ 天然林の現況

調査流域における天然林の現況を明らかにするため、厚別川本流（上～中流域）、厚別川本流（中～下流域）、里平川流域、比宇川流域、元神部川流域において、それぞれ面積625 m<sup>2</sup> (25m×25m) の調査プロットを2カ所（里平川流域では3カ所）設定し（図-2）、毎木調査を実施した。

調査項目は、プロット内の傾斜度、胸高直径6 cm以上の立木の樹種、胸高直径ならびに最大樹高とした。調査結果に基づき、各プロットの樹種構成、立木材積（林分蓄積）を求めた。

#### ウ 山腹崩壊の面積と被害材積

##### (ア) 山腹崩壊の面積

今回の台風10号による山腹での崩壊地の分布と面積を迅速に把握するために、被害前後

の空中写真等から崩壊地を判読し、その面積を把握した。被害後の面積から被害前の面積を差し引くことで、今回の被害面積を求めた。被害面積については、①迅速な把握が必要とされたことから、正確な地形補正（オルソ化）を行っていない、②被害前後の写真の色調等が異なることなどから、若干の誤差を含んでいる。

使用した空中写真および画像データは、以下のとおりである。

被害前：門別町の1998年撮影カラーオルソ写真

1998年9月 林野庁撮影および 1999年8月北海道撮影の白黒空中写真  
(新冠町管内)

被害後：室蘭土木現業所2003年8月22日撮影カラー空中写真

(縮尺約1/10000、計134枚)

2003年9月16日 撮影 IKONOS衛星画像(厚別川本流(下流)～元神部川流域)

2003年9月21日 撮影 SPOT衛星画像(厚別川本流(中上流)～里平川流域)

被害前後の写真及び衛星画像について以下の作業を行い、崩壊地を特定した。

①空中写真をスキャナで読み込みデジタル化

②空中写真の幾何補正と接合(衛星画像については幾何補正のみ)

- ・急傾斜の山地の写真は1枚あたりの撮影範囲が狭く歪みも大きいため、幾何補正(位置合わせ)が行いにくく、50m程度の誤差が生じた。また、多大な時間を要した。
- ・衛星画像は一度の撮影範囲が広いいため、幾何補正に要する時間も少なく、歪みも少ない。

③森林区域のGIS化(民有林は道のデータを利用、国有林は範囲を入力)

④教師付き分類による崩壊地の推定

- ・地面の見える箇所を崩壊地、濃い緑を森林、薄い緑を草地としてサンプルエリアを与え、このデータを元に自動的に分類した。
- ・崩壊地と森林、草地は色がかなり違うため、カラー写真で分類可能だが、道路と伐採跡地は区分しにくく、目視判読による修正を行った。
- ・崩壊前の新冠町写真については白黒のため、白の部分を崩壊地として分類したが、カラー写真に比べ情報量が少ないため分類しにくく、以下の⑥、解析結果の修正が必要となった。

⑤森林区域の抽出

上記③で用意した民有林・国有林区域に、被害前後で画像の得られた範囲を重ね合わせて解析範囲を特定した。

⑥解析結果の修正

以下のような誤分類が生じたため、目視判読により崩壊地でない箇所を削除した。

- ・空中写真の位置ずれにより森林区域に地面、道路、河川が載っていた箇所
- ・写真の明度の違いにより明るい箇所が崩壊地に分類されていた箇所
- ・その他、崩壊地と同じように区分された造林地、伐採跡地、草地等

⑦崩壊地面積の算出

GISソフトで被害前後の流域区分別、国有林・民有林別の被害面積を集計した。被害前後の面積の差を台風10号による崩壊地の面積とした。

### (イ) 山腹崩壊による被害材積

上記の方法によって推定した流域区分別、国有林・民有林別の被害（崩壊地）面積に、各流域区分における国有林・民有林別のha当たりの平均蓄積を乗じて算出した。平均蓄積は、国有林・民有林のそれぞれの森林調査簿から求めた。

## エ 河畔林の被害面積と流出材積

### (ア) 河畔林の被害面積

河畔林の被害面積の推定は、被害後の空中写真（2003年8月10日撮影）から作成したカラーデジタルオルソ写真（シン技術コンサル作成）をもとに、コンピュータ画像上で色調の違いから被害形態を判読、区分した後、GISにより面積計算を行った。カラーデジタルオルソ写真の範囲には、厚別川本流の上～中流域はほとんど含まれていなかったため、この区間については、オルソ化されていない通常の空中写真を簡易に接合して同様の解析を行った。なお、支流の上流部については一部未解析の部分を含む。

被害形態の区分は、樹林帯が倒伏せずに残っている「残存林」、樹木が下流側に倒伏し、一部の幹が折損し流出したとみられる「倒伏林」、樹木が完全に流出した「消失林」の3区分とした。

被害前（1998年撮影）と被害後の空中写真の比較により、水害の影響を受けたと思われる河畔林の被害前の分布域をカラーデジタルオルソ写真上に図化し、色調の判別により、樹冠が緑色のまま残っている部分を残存林、樹冠まで泥をかぶり、濃褐色を呈する部分を倒伏林、河畔林が完全に消失して薄褐色の河川水と同じ色調を呈する部分を消失林として区分した。

色調の判別は、画像処理ソフトウェアとしてAdobe社のPhotoshop Elements 2.0を用い、自動選択ツールによりそれぞれの区分について近似色の自動判別により区分した後、目視による補正を行った。被害区分ごとの面積計算には、GISソフトとしてMicro Image社のTNTmips6.7を用いた。

また、本流上流部において河畔域に存在するカラマツ人工林の一部が流出している様子が観察されたため、GISデータと空中写真を重ね合わせ、針葉樹人工林の被害面積を抽出した。

### (イ) 空中写真判読の精度

空中写真から判読した河畔林の被害状況を検証するため、現地調査を行った。その結果、解析対象範囲内において、写真判読による河畔林の被害区分（消失林・倒伏林・残存林）が現況に適合していることを確認した。河畔林被害状況の現地検証の一例を図-3に示す。

### (ウ) 河畔林からの流出材積

河畔林由来の流木の流出材積を推定するため、厚別川本流の中～下流域の8カ所、本流の上～中流域の2カ所、里平川の2カ所の合計12カ所において、代表的な河畔林の林分蓄積と樹種構成を調査した。各林分の大きさに応じて200～400m<sup>2</sup>の方形区を設定し、胸高直径6cm以上の立木の樹種、胸高直径を調査し、林分の最大樹高を記録した。このうち本流の中～下流域の3林分は、今回の豪雨によって倒伏の被害を受けた林分である。



倒伏・折損したヤナギ林。



倒伏林（青）として判読されている。



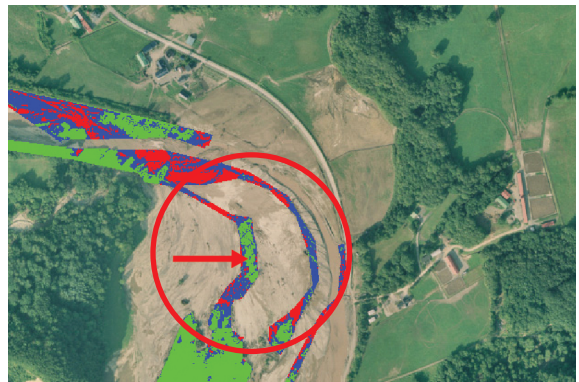
倒伏したヤナギ林。



倒伏林（青）として正しく判読されている。



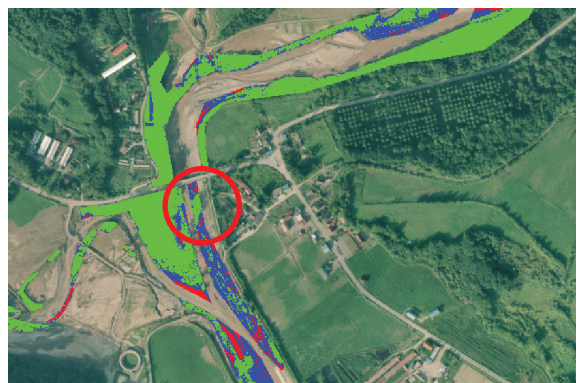
本流（新和）の河畔林の消失・倒伏と残存。  
上流から望む。



消失林（赤）、倒伏林（青）、残存林（緑）が  
正しく分離して判読されている。



里平橋。下流を望む。倒伏（手前）と残存。



倒伏林（青）と残存林（緑）が正しく判読。

図－3 河畔林の被害状況の空中写真判読による分類（右）と現況（左）との対比



## オ 流木の堆積量と組成

5つの流域区分ごとに、河川に沿って流木の堆積状況の概況調査を行い、堆積状況の違いによって複数の区間に区分した。さらに、それぞれの区間の中で、代表的な流木の堆積場所に調査プロットを設定した。

調査プロットの設定方法は流木の堆積状況によって異なる。流木群が山状に積み重なっている場合には（写真－5、6、13）、その山全体をひとつの調査プロットとした。流木の



写真－5 山状に堆積した流木群



写真－6 電柱にトラップされた流木群



写真－7 家に押し付けられた流木群



写真－8 河畔林に押し付けられた流木群



写真－9 河畔林に押し付けられた流木群



写真－10 崩壊地からの流木が草地に散在



写真-11 崩壊地からの流木が河川敷に散在



写真-12 河川敷に散在した流木



写真-13 枝沢から押し出された流木群



写真-14 流木を切り樹種を同定する

堆積場所が平坦で広がりのある場合や（写真-7、8、9）、まばらに流木が散在する場合には（写真-10、11、12）、その広がりに応じて5m×5mから20m×20mの方形区を設定して、調査プロットとした。

調査プロット内では、調査プロットの長さ、幅、および流木群の高さを測定し、プロット面積に対する流木の投影面積の比率（水平方向に見た歩止まり）と、流木の投影面積を底面とし測定した高さを持つ柱体に対する流木の材積比率（垂直方向に見た歩止まり）を目測で見積もった。

また、針葉樹と広葉樹の材積比率、直径階別の材積比率（0-10cm、10-30cm、30-50cm、50cm以上の4区分）、流木の新旧比率（今回の台風によって流出する直前まで生育していたとみられる新しい流木か、台風以前から河道や山地に流木や倒木として存在していた古い流木かの比率）を目測で見積もった。

さらに、調査プロットから20本のサンプル木を無作為に選んで長さ、直径を測定し、樹種を河畔性の広葉樹（ヤナギ類、ケヤマハンノキ、ヤチダモ）、その他の広葉樹、針葉樹に区分し、その他広葉樹と針葉樹についても可能な限り樹種を記録した（写真-14）。根の有無、伐採痕の有無、流木の新旧区分についても記録した。

調査プロットの流木の材積推定は、次の方法によって行った。

$$\text{流木材積} = \text{調査プロット面積} \times \text{水平歩止まり} \times \text{流木群の高さ} \times \text{垂直歩止まり}$$

さらに、区間内の流木の材積を次の方法により算出した。山状に堆積した流木群を調査プロットとした場合には、上記の区間内での流木群の数を目測で見積もった。一方、方形区を設定した調査プロットについては、区間内にその何倍の面積の流木堆積があるかを目測で見積もった。

調査プロットおよびサンプル木の調査から、区間内の材積の針広別材積、直径階別材積、新旧別材積、発生場所別材積を算出した。発生場所に関しては、ヤナギ類、ケヤマハンノキ、ヤチダモを河畔林由来とし、その他広葉樹と針葉樹を山腹由来とした。このようにして求めた区間ごとの材積を、それぞれの流域区分内で合計し、流域ごとの流木材積の針広別比率、直径階別比率、新旧別比率、発生場所別比率を求めた。

調査した区間および調査プロット数は、本流の上～中流部では12カ所、本流の中～下流部では29カ所である。里平川では区間6カ所、調査プロット10カ所を設けた。比宇川では区間6カ所と調査プロット3カ所、元神部川では区間・調査プロット10カ所を設けた。

## 4 調査結果の概要

### (1) 天然林の現況

#### ア 蓄積

調査した天然林の蓄積は、プロット5（里平川流域）の77 m<sup>3</sup>/haを除くと、192～422m<sup>3</sup>/haの範囲にあった(表-3)。後述の崩壊地面積から流出材積を算出する際に用いた森林調査簿の流域毎の平均蓄積（101～155m<sup>3</sup>/ha：表-9参照）は今回の調査結果を下回るケースがほとんどであった。この理由として、今回の調査プロットが厚別川の本・支流から比較的短い距離にある山腹から山脚に多かったのに対して、森林調査簿から求めた平均蓄積には高標高の樹木の生育がまばらな林分等が含まれているためと考える。

#### イ 樹種構成

各プロットに出現した樹種は9～16種であり、全11プロットに出現した樹種は計35種であった。11プロットに共通して出現した樹種はイタヤカエデとヤマモミジで、5流域に共通して出現したものは上記の2種にオオバボダイジュ、エゾヤマザクラ、アオダモ、ホオノキを加えた6種であった。また、各プロットの蓄積に占める割合の大きな樹種はオオバボダイジュ（Plot 1、9）、イタヤカエデ（Plot 2）、ミズナラ（Plot 3、4）、ハリギリ（Plot 5、8）、コナラ（Plot 6）、アサダ（Plot 7、9）、サワシバ（Plot 10）、トドマツ（Plot 11）と多様であった。このように、針葉樹（トドマツ）の出現したプロットは1カ所だけであることから、厚別川流域の天然林は広葉樹林が主体であると考えてよい。

#### ウ 径級構成

いずれの調査プロットにおいても、胸高直径10～30cmの小・中径木が多く、本数割合で73～96%を占めていた(図-4)。直径10cm未満の小径木の本数が最も多かった調査区は里平川流域のプロット5であり、エゾヤマザクラ、アカシデ、イタヤカエデなどの小径木の割合が全体の78%に達した。一方、直径30cmを超える大径木の占める割合が多かった調査区は、本流の上～中流域のプロット1と2、ならびに比宇川流域のプロット9で、大径木

が全体の25～27%を占めていた。主な大径木として、胸高直径50cm前後のオオバボダイジュ、カツラ、シナノキ、エゾヤマザクラ、イタヤカエデなどが見られた。

表-3 厚別川流域における天然林の蓄積と樹種構成

Plot No.	流域区分											
	本流上～中		本流中～下		里平川			比宇川		元神部川		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
林分蓄積 (m <sup>3</sup> /ha)	325	422	310	220	77	216	192	270	367	199	243	
立木本数 (本/ha)	844	1,112	970	1,490	928	959	1,550	630	821	1,062	1,059	
樹種構成 (材積%)	オオバボダイジュ	47.9	9.0		8.8	2.2	0.5	2.9		30.4	0.3	
	カツラ	17.7								21.8	19.5	
	シウリザクラ	13.9										
	ウダイカンバ	8.1				0.6		17.5				
	イタヤカエデ	6.2	33.4	7.0	14.0	1.9	11.5	10.3	6.0	1.0	12.5	0.5
	シナノキ	5.2	19.1		0.9	2.4	2.2	4.7			0.8	0.7
	エゾヤマザクラ	0.4	8.8	4.7		1.8	0.2		2.9		6.4	
	ヤマモミジ	0.4	1.1	0.7	4.1	12.1	5.2	12.7	4.4	0.5	8.0	1.9
	アオダモ	0.2	3.4		2.0		0.2		1.6			2.8
	ノリウツギ	0.1										
	イヌエンジュ		2.0		0.8	0.6	3.3			4.0		
	ハリギリ		10.9			53.2	10.8	4.1	25.6			0.9
	ホオノキ		12.3	1.9			3.3	2.3	10.4	5.3	1.0	2.1
	クロビイタヤ			1.3								
	サワシバ			3.8	5.9	2.3		3.9	22.2	3.0	29.3	4.1
	シラカンバ			2.3		2.3						
	ハシドイ			0.1								
	ハルニレ			4.7	0.6		1.0				4.7	
	ミズキ			0.9	3.7	6.5	0.9	0.4				0.8
	ミズナラ			72.6	44.0		21.2	6.3		3.4		4.5
	アサダ				6.2	6.3	8.6	22.2	24.0	50.0	0.2	2.7
	キタコブシ				0.3							
	キハダ				2.9	1.8						0.2
	バッコヤナギ				5.8							
	コナラ						29.6				8.5	
	ハクウンボク						1.1				6.1	0.8
	ミツデカエデ					0.7					0.2	
ヤマグワ										0.1	0.4	
アカシデ					3.7	0.2	11.6		1.8		2.0	
トドマツ											56.2	
ヤチダモ								2.9				
ハウチワカエデ									0.6			
ケヤマハンノキ					1.8							
コシアブラ						0.1						
ダケカンバ							1.1					
出現樹種数	10	9	11	14	16	17	13	9	10	14	16	