

熊本県治山技術基準細則

熊本県農林水産部 森林保全課

>>> 目 次 <<<

第1編 総 則

第1章 目的	1
第2章 内容	2
第3章 適用及び運用	3

第2編 山地治山事業

第1章 事業の定義及び目的	4
第2章 調査	5
第1節 総説	5
1-1 調査項目等	5
1-2 調査の手順	6
第2節 地形調査	6
2-1 総説	6
2-2 予備調査	7
2-3 地形計測	10
2-3-1 総説	10
2-3-2 高度の計測	12
2-3-3 起伏量の計測	13
2-3-4 谷密度の計測	14
2-3-5 傾斜の計測	15
2-3-6 断面形の計測	16
2-3-7 方位の計測	18
2-4 空中写真判読等による地形等判読	18
2-5 現地踏査	19
2-6 取りまとめ	19
第3節 土質、地質調査	20
3-1 総説	20
3-2 予備調査	21
3-3 現地踏査	22
3-4 物理探査	22
3-5 ボーリング調査	23
3-6 サウンディング調査	24
3-7 地下水調査	26
3-8 土質試験	26

3-9	取りまとめ	27
第4節	土壌調査	29
4-1	総説	29
4-2	予備調査	31
4-3	現地調査	36
4-4	土壌断面調査	37
4-5	取りまとめ	39
第5節	林況、植生調査	40
5-1	総説	40
5-2	予備調査	40
5-3	林相調査	41
5-4	森林調査	41
5-5	植物社会学的な植生調査	42
5-6	成長量調査	43
第6節	気象調査	44
6-1	総説	44
6-2	降雨量の調査	44
6-3	気温の調査	45
6-4	風の調査	47
6-5	気象調査資料の補正	47
6-6	現地における気象調査	49
6-7	取りまとめ	50
第7節	水文調査	50
7-1	総説	50
7-2	水文資料の選定及び収集整理	51
7-3	水文量の生起確率の解析	51
7-3-1	再現期間及び確率水文量	52
7-3-2	確率水文量計算	53
7-4	流出解析	57
7-4-1	資料調査	57
7-4-2	洪水流出解析	57
7-4-3	長期流出解析	58
7-5	洪水流出量の計算	58
7-6	流量調査	67
7-7	取りまとめ	70
第8節	荒廃現況調査	71
8-1	総説	71
8-2	予備調査	71
8-3	侵食量調査	72
8-4	崩壊地調査	73
8-4-1	崩壊地分布調査	74
8-4-2	要因調査	75

8-4-3	動態調査	76
8-4-4	形態調査	76
8-4-5	植生調査	77
8-4-6	土砂量調査	78
8-5	荒廃溪流調査	78
8-5-1	荒廃溪流の分布・規模調査	79
8-5-2	要因調査	79
8-5-3	動態調査	79
8-5-4	土砂量調査	80
8-6	落石荒廃地調査	80
8-6-1	落石荒廃地の分布・範囲調査	81
8-6-2	要因調査	81
8-6-3	形態調査	84
8-6-4	動態調査	85
8-6-5	植生調査	89
8-7	取りまとめ	89
第9節	荒廃危険地調査	90
9-1	総説	90
9-2	崩壊発生の推定	91
9-2-1	崩壊発生要因の調査	91
9-2-2	山腹荒廃危険地の推定	92
9-2-3	崩壊面積及び崩壊土砂量の推定	93
9-2-4	崩落等の影響範囲の推定	94
9-3	土石流発生の推定	94
9-3-1	土石流発生要因の調査	94
9-3-2	土石流の危険性の推定	95
9-3-3	流出土砂量等の推定	96
9-3-4	土石流の影響範囲の推定	97
9-4	流木発生の推定	97
9-5	取りまとめ	97
第10節	環境調査	98
10-1	総説	98
10-2	調査の種類	98
10-3	自然環境調査	98
10-3-1	植物調査	98
10-3-2	動物調査	99
10-3-3	水質環境調査	101
10-4	自然景観調査	101
10-5	取りまとめ	102
10-6	総合解析	102
第11節	社会的特性調査等	103
11-1	社会環境調査	103

11-2	法令・規制等調査	103
11-3	防災施設等調査	105
第3章	山地治山計画の基本方針	108
第1節	計画の基本理念	108
第2節	計画規模	108
第3節	山地治山計画の策定	109
3-1	基本的考え方	109
3-2	山地治山計画の具体的方針	110
3-2-1	山地治山計画において計画すべき内容	111
3-2-2	荒廃地の復旧等の計画	112
3-2-3	山腹荒廃危険地対策	116
3-2-4	土石流・流木対策	116
3-2-5	ソフト対策との連携	117
3-2-6	環境の保全・形成への寄与	117
第4章	溪間工の設計	119
第1節	測量	119
1-1	測量の範囲	119
1-2	測量の種類	119
1-2-1	平面測量	120
1-2-2	縦断測量	121
1-2-3	横断測量	122
第2節	設計	123
2-1	溪間工設計の基本的考え方	123
2-2	溪間工の工種	124
第3節	治山ダム	125
3-1	治山ダムの目的	125
3-2	治山ダムの形式及び種別の選定	125
3-3	治山ダムの位置	129
3-3-1	治山ダムの位置の条件	129
3-3-2	合流点付近の治山ダムの位置	130
3-3-3	階段状治山ダムの位置	131
3-4	治山ダムの方向	132
3-5	治山ダムの計画勾配	134
3-6	治山ダムの高さ	136
3-7	治山ダムの放水路	140
3-7-1	治山ダムの放水路の位置	140
3-7-2	治山ダムの放水路の形状	141
3-7-3	治山ダムの放水路断面	142
3-7-4	治山ダム設置位置の計画高水流量	143
3-7-5	治山ダムの放水路の下長	149

3-7-6	治山ダムの放水路の高さ	150
3-7-7	治山ダムの放水路の保護	155
3-8	治山ダムの袖	156
3-8-1	治山ダムの袖	156
3-8-2	治山ダムの袖天端	163
3-8-3	屈曲部の治山ダムの袖高	164
3-9	治山ダムの断面	165
3-9-1	重力式治山ダムの断面決定	165
3-9-1-1	重力式治山ダムの下流のり	165
3-9-1-2	重力式治山ダムの天端厚	166
3-9-1-3	重力式治山ダムの安定計算に用いる荷重	167
3-9-1-4	重力式治山ダムの安定条件	175
3-9-2	アーチ式治山ダムの断面決定	179
3-9-3	枠式治山ダムの断面決定	180
3-9-4	バットレス式治山ダムの断面決定	182
3-9-5	スリット式治山ダムの断面決定	183
3-9-6	その他の形式の治山ダムの断面決定	184
3-10	治山ダムの基礎	184
3-10-1	治山ダムの基礎地盤	184
3-10-2	治山ダム基礎の根入れ	186
3-10-3	治山ダムの間詰等	191
3-10-4	治山ダムの基礎の処理	195
3-10-4-1	治山ダムの杭基礎	196
3-10-4-2	治山ダム基礎のパイピング等の防止	200
3-11	治山ダムの水抜き	203
3-12	治山ダムの洗堀防止	206
3-12-1	副ダムによる洗掘防止	207
3-12-1-1	副ダムの構造	207
3-12-1-2	本ダムと副ダムの重複高	207
3-12-1-3	本ダムと副ダムの間隔	208
3-12-2	水叩きによる洗掘防止	210
3-12-2-1	水叩きの長さ	210
3-12-2-2	水叩きの厚さ	211
3-12-2-3	水叩きの勾配	212
3-12-2-4	水叩きの垂直壁	213
3-12-3	治山ダムの側壁	214
3-12-3-1	側壁の高さ	215
3-12-3-2	側壁の基礎と天端	217
3-13	治山ダムの伸縮継目	218
3-14	水平打継目	221
第4節	護岸工	225
4-1	護岸工の目的	225

4-2	護岸工の種別	225
4-3	護岸工の位置等	228
4-4	護岸工の天端高	229
4-5	護岸工の構造	231
4-6	護岸工の取り付け	234
4-7	護岸工の基礎	235
4-7-1	護岸工の基礎の根入れ深	235
4-7-2	護岸工の基礎の洗掘防止	236
4-7-3	護岸工の基礎の処理	238
第5節	水制工	239
5-1	水制工の目的	239
5-2	水制工の種別	239
5-3	水制工の位置	240
5-4	水制工の方向	241
5-5	水制工の形状	243
5-6	水制工の長さ及び間隔	243
5-7	水制工の高さ	244
第6節	流路工	246
6-1	流路工の目的	246
6-2	流路工の法線	246
6-3	流路工の縦断形	247
6-4	流路工の溪床	249
6-5	流路工における計画勾配の変化点及び落差	250
6-6	流路工の横断形	251
6-6-1	流路工の計画断面	252
6-6-2	流路工の計画高水流量	253
6-6-3	流路工における護岸工の天端高	253
6-6-4	流路工の曲流部の構造	255
6-7	流路工における構造物相互の関連等	258
6-7-1	流路工の護岸工と治山ダムの取り付け	258
6-7-2	流路工における床固工及び帯工の構造等の選定	259
6-7-3	流路工の護岸工の構造等の選定	260
6-7-4	流路工における護岸工と床固工、帯工との取り付け	261
6-7-5	流路工における底張り等の厚さ	264
第5章	山腹工の設計	265
第1節	測量	265
1-1	測量の範囲	265
1-2	測量の種類	265
1-2-1	平面測量	266
1-2-2	縦断測量	267
1-2-3	横断測量	268

第2節 設計	269
2-1 山腹工設計の基本的考え方	269
2-2 山腹工の工種	270
第3節 山腹基礎工	272
3-1 山腹基礎工の目的	272
3-2 のり切工	272
3-2-1 のり切工の目的	272
3-2-2 のり切工の勾配	273
3-2-3 のり切土砂の安定	275
3-3 土留工	275
3-3-1 土留工の目的	275
3-3-2 土留工の種別	276
3-3-3 土留工の位置及び高さ	279
3-3-4 土留工の方向	280
3-3-5 土留工の断面	281
3-3-5-1 土留工の安定計算に用いる荷重	281
3-3-5-2 土留工の安定性の検討	288
3-3-6 土留工の水抜き	300
3-3-7 土留工の裏込め	301
3-3-8 土留工の伸縮継目	302
3-3-9 コンクリート土留工	303
3-3-10 鉄筋コンクリート土留工	304
3-3-11 練積土留工及び空積土留工	305
3-3-12 枠土留工	307
3-3-13 鉄線かご土留工	308
3-3-14 丸太積土留工	310
3-4 埋設工	311
3-4-1 埋設工の目的	311
3-4-2 埋設工の種別及び構造	311
3-5 水路工	314
3-5-1 水路工の目的	314
3-5-2 水路工の種別	315
3-5-3 水路工の配置	317
3-5-4 水路工の平面線形	317
3-5-5 水路工の縦断線形	318
3-5-6 水路工の通水断面	318
3-5-7 水路工の1スパンの長さ	320
3-5-8 水路工の水路受け	320
3-6 暗きょ工	323
3-6-1 暗きょ工の目的	323
3-6-2 暗きょ工の配置	323
3-6-3 暗きょ工の勾配	324

3-6-4	暗きょ工の構造等	324
3-6-5	暗きょ工の目詰まりの防止	326
3-6-6	暗きょ工の1スパンの長さ	326
3-6-7	集水後の処理	327
3-7	のり砕工	327
3-7-1	のり砕工の目的	327
3-7-2	のり砕工の種別	329
3-7-3	のり砕工の構造	331
3-7-3-1	のり砕工の構造の決定	331
3-7-3-2	のり砕工の安定性の検討	331
3-7-4	プレキャストのり砕工	334
3-7-5	現場打ちコンクリートのり砕工	335
3-7-6	吹付のり砕工	335
3-8	グラウンドアンカー工	336
3-8-1	グラウンドアンカー工の目的	336
3-8-2	グラウンドアンカー工の構造	337
3-8-3	グラウンドアンカー工の配置、打設角度	338
3-8-4	グラウンドアンカー工の安定性の検討	339
3-9	補強土工	340
3-10	張工	341
3-10-1	張工の目的	341
3-10-2	張工の種別	342
3-11	モルタル（コンクリート）吹付工	344
3-11-1	モルタル（コンクリート）吹付工の目的	344
3-11-2	モルタル（コンクリート）吹付工の構造	345
第4節	山腹緑化工	348
4-1	山腹緑化工の目的	348
4-2	緑化基礎工	350
4-2-1	緑化基礎工の目的	350
4-2-2	柵工	350
4-2-2-1	柵工の目的	350
4-2-2-2	柵工の種別	352
4-2-3	筋工	353
4-2-3-1	筋工の目的	353
4-2-3-2	筋工の種別	353
4-2-4	伏工	355
4-2-4-1	伏工の目的	355
4-2-4-2	伏工の種別	355
4-2-5	軽量のり砕工	356
4-2-5-1	軽量のり砕工の目的	356
4-2-5-2	軽量のり砕工の種別	357

4-3	植生工	358
4-3-1	植生工の目的	358
4-3-2	実播工	358
4-3-2-1	実播工の目的	358
4-3-2-2	実播工の種別	359
4-3-2-3	斜面実播工	360
4-3-2-4	航空実播工	361
4-3-2-5	機械吹付工	362
4-3-2-6	種子の種類及び組み合わせ	365
4-3-2-7	播種量	367
4-3-2-8	播種の時期	371
4-3-3	植栽工	372
4-3-3-1	植栽工の目的	372
4-3-3-2	植栽計画	373
4-3-3-3	植栽時期及び方法	374
4-3-3-4	植栽樹種	375
4-3-3-5	植栽本数	376
4-3-3-6	施肥	376
4-3-4	保育・管理	377
第5節	落石防止工	378
5-1	落石予防工	380
5-1-1	落石予防工の目的	380
5-1-2	切取工	381
5-1-3	除去工	382
5-1-4	被覆工	383
5-1-5	固定工	386
5-1-6	根固工	389
5-2	落石防護工	390
5-2-1	落石防護工の目的	390
5-2-2	落石防護工の種別	391
5-2-3	落石防護工の位置	396
5-2-4	落石防護工の高さ	392
5-2-5	落石防護工の断面	399
5-2-5-1	落石防護工の安定計算に用いる荷重	399
5-2-5-2	落石防護工の安定性の検討	402
5-3	森林造成	406
5-3-1	森林造成の目的	406
5-3-2	植栽工	406
5-3-3	保育・管理	407

第6章 仮設工	408
1-1 運搬工	408
1-2 仮締切、廻排水	409
1-3 仮設防護柵	411
仮設防護柵標準図及び歩掛表	411
1-4 土のう工及び切土（発破）防護柵工	423
1-4-1 発破防護柵	423
発破防護柵（A型）標準図及び数量内訳表、歩掛表	423
発破防護柵（B型）標準図及び数量内訳表、歩掛表	425
発破防護柵（C型）標準図及び数量内訳表、歩掛表	427
第7章 安全対策及び関係法規等	428
安全対策	428
土木工事関係法規	428
第8章 治山事業山腹工事等標準図	432
第9章 木製土留工断面早見表	503

熊本県治山技術基準細則

(細則) 第1章 目的

- 1 この細則の目的は、県が準用する治山技術基準及び同解説（総則・山地治山編）を補完するものである。
- 2 この細則は、治山技術基準第1編総則第3章適用及び運用2の規定に基づくものである。
- 3 この細則の内容は関係法令の改廃その他必要に応じて適宜改正を行うものとする。
- 4 治山事業の計画、設計内容は、施工箇所の自然条件（地形、地質、気象等）に大きく影響される事が多い。また、県内における自然条件は各地域により異なる。
このため、この細則に定められた事項及び定めのない事項については、各広域本部・地域振興局において、さらに細部の細々則を設けることができる。
なお、細々則を設ける場合、各広域本部・地域振興局長は事前に農林水産部長に協議することとする。

第1編 総 則

第1章 目 的

この基準は、治山事業の調査、計画及び設計を実施するために必要な技術上の基本的諸事項を示し、治山事業に係る技術水準の維持及び向上を図るとともに、事業の合理化に資することを目的とする。

第2章 内 容

- 1 この基準は、「総則」、「山地治山」、「防災林造成」、「地すべり防止」及び「保安林整備」の5編とし、技術的事項についての標準的な基準を内容とする。
- 2 この基準の内容は、技術水準の向上、関係法令の改廃に応じて改訂を行うものとする。

〔解説〕

- 1 各編は、章、節、項により構成する。
- 2 解説は、本文の理解を深め、その適用に当たって判断を誤ることのないよう基準として定めた内容の説明、その背景、事例等を掲げるものとする。
- 3 参考は、必ずしも定説となっていない等の事由により基準として定め難いもの、又は基準とすることが適当でないが参考として掲げることにより技術基準の目的達成上有意義と考えられるものを掲げるものとする。
- 4 この基準は、今後の治山技術の発達、関係法令の改廃等に応じて速やかに改訂し、策定の趣旨を全うするものとする。

第3章 適用及び運用

- 1 この基準は、林野庁所管の治山事業及びこれに関連する事業に適用する。
ただし、関係諸法令に別途定めがある場合においては、これらの諸法令によるものとする。
- 2 この基準によることが適当でない場合においては、この基準で示される技術的水準を損なわない範囲において、この基準によらないことができるものとする。

〔解説〕

- 1 この基準は、治山事業及びこれに関連した災害復旧事業並びに災害関連事業等について適用する。治山事業は、森林法に定める保安施設事業及び地すべり等防止法に基づいて行う地すべり防止工事に関する事業である。
- 2 事業の緊急性、上下流の施設計画や既設構造物との整合性を図る等の事由から、その適用が困難又は不適当な場合で、かつ、この技術基準に定める水準が確保される場合には、この基準によらないことができる。
- 3 この基準においては、技術的な裏付けの程度に応じて、次のような表現を用いる。
 - (1) 技術的に確立していて厳守すべき事項：「……しなければならない」
 - (2) 技術的に確立していないがおおむね通例化している事項：「……ものとする」
 - (3) 理論的には確立していないが経験的にほぼ正しいと判断できる事項：「原則として……とする」
 - (4) 例外的に基準により難しいものがある事項：「……を標準とする」

第2編 山地治山事業

第1章 事業の定義及び目的

山地治山事業は、荒廃山地を復旧、整備する復旧治山、山地の荒廃を未然に防止するための予防治山等の総称である。

山地治山事業は、治山施設の適切な配置と森林の整備により、災害の防止と軽減を図るとともに水源のかん養に資することを目的とする。

〔解説〕

山地治山事業は、荒廃山地又は荒廃のおそれのある山地に対して、溪間工、山腹工を実施することにより森林の整備・保全を図り、崩壊土砂の流出、洪水、土石流等による災害の防止、軽減を図るとともに水資源のかん養に資することを目的とする。

第2章 調 査

第1節 総 説

山地治山事業の計画、設計に当たっては、事業の目的、内容等に適応した調査を計画的に実施しなければならない。

〔解説〕

事業を合理的かつ効率的に行うためには計画、設計に先立って、事業の目的、内容に適応した調査を計画的に実施する必要がある。

特に大規模な事業の実施予定箇所にあつては、計画全体が整合性をもつものでなければならない。

総説（細則）

山地治山事業の調査・測量にあつては、「第3節 山地治山計画の策定」における全体計画を意識し、必要な項目、範囲を十分検討して実施することとする。

1-1 調査項目等

山地治山事業の計画、設計に必要な調査項目及び調査方法は、事業の目的に応じて選択するものとする。

〔解説〕

1 調査は、事業の内容及び求められる調査精度によって調査項目、調査方法が異なる。

このことから、調査に当たっては、事業の目的、内容等を踏まえて調査項目を選定するとともに、最も適切な調査方法により、計画的かつ効率的に実施する必要がある。

2 標準的な調査項目は、次のとおりとする。

- (1) 地形調査
- (2) 土質、地質調査
- (3) 土壌調査
- (4) 林況、植生調査
- (5) 気象調査
- (6) 水文調査
- (7) 荒廃現況調査

- (8) 荒廃危険地調査
- (9) 環境調査
- (10) 社会的特性調査

1-2 調査の手順

調査は、予備調査により概括的な把握を行い、予備調査の結果に基づき、詳細な現地調査を行うものとする。

また、調査結果を総合的に検討して、計画及び設計に必要な基礎資料を取りまとめるものとする。

〔解説〕

- 1 予備調査は、現地調査に先立って、既存の資料、文献等により調査対象地域の状況を概括的に把握するために実施するものである。
なお、必要に応じて空中写真判読等を行う。
- 2 現地調査は、予備調査の結果に基づいて、必要に応じて現地を踏査し、計画及び設計に必要な資料を収集するとともに、所要の測定等を行うものである。
現地調査の精度については、それぞれの調査方法及び試験方法の基準によるべきであるが、調査の目的を考慮して決定するものとする。
- 3 調査資料の取りまとめに当たっては、各種調査の結果を総合的に検討して、計画及び設計に必要な基礎資料を作成するものとする。

〔参考〕資料の活用

調査により作成された基礎資料は、データベース化して保存し、その後の調査等に活用することが望ましい。

第2節 地形調査

2-1 総説

地形調査は、事業対象地の地形特性を把握して、計画及び設計に当たっての基礎資料を得ることを目的とする。

〔解説〕

- 1 地形調査は、調査目的に応じて、地形特性を把握するものとする。
- 2 地形調査の主な種類は、次のとおりである。
 - (1) 予備調査
 - (2) 地形計測
 - (3) 空中写真判読
 - (4) 現地踏査

2-2 予備調査

予備調査は、既存資料等により地形特性を概括的に把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 予備調査は、地形計測等に先立って行う概括的な調査であるが、調査目的によっては予備調査のみで事業計画等を策定することもある。
使用する地形図、空中写真等は調査目的に応じた精度のものを使用する。
- 2 予備調査に当たっては、地表の形態を地形学的な観点から分類して、地形特性を把握するものとする。また、必要に応じて、地形区分を図示した地形分類図を作成するものとする。

〔参考〕 地形区分

類似の地形が占める広がりにより、次のような地形区分に分類することがある。

- 1 大地形区分
一般に高度分布、水系模様、地質構造等の輪郭から区分できる地形区で、地形発達史上の特徴で総括できる（例：北上山地、赤石山地、甲府盆地等）。
- 2 中地形区分
上記を主体にして構成物質、基盤地質の相異によって細分して得られる地形区である（例：花崗岩山地、古生界山地、第三系砂岩頁岩丘陵地、ローム質更新統台地等）。
- 3 小地形区分
1や2を構成する単位地形で、地形の細部形態、成因、表層物質、土壌等によって区分できる地形区である（例：火山灰被覆凸形緩斜面、崖錐、火山性台地、扇状地、谷底低地、砂丘等）。
- 4 微地形区分
1～3をさらに斜面方位、傾斜などの微地形に着目して区分した地形区である。

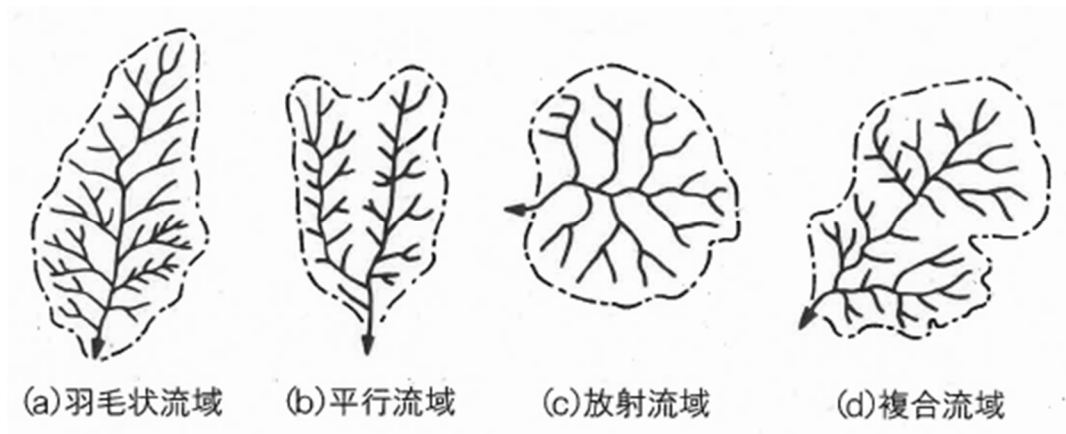
〔参考〕 等高線の把握

地形図を使用して調査する場合には等高線の凹凸状態をまず調査する。

その状態がある区域を境にして明らかに変化している箇所、特異な形状を呈する箇所は、地質的変動あるいは地勢形成上の物理的変化のあったものであり、特に留意して調査すべき箇所といえる。

〔参考〕 水系模様

水系の形を羽毛状流域、放射流域、平行流域、複合流域等に分類することがある。



図－1 流域の形

【参考】地形分類図の事例

国土地理院の土地条件図の地形分類では、 20° 以下を緩斜、 $20\sim 35^{\circ}$ を急斜、 35° 以上を極急斜面に区分し、等高線の形状により谷型、尾根型、直線型、その他に区分し、これらを組み合わせて9分類に区分している。

また、国土調査による地形分類では、山地の斜面を表－1のように分類している。

表－１ 国土調査による地形分類

地形の分類		定 義
大分類	小 分 類	
山地丘陵地	山頂緩斜面	急斜面により囲まれた山頂部の小起伏面又は緩斜面
	山腹緩斜面	山腹に付着する階状の緩斜面
	山麓緩斜面	侵食作用によって生じた山麓部の緩斜面及び火山における溶岩又は火山岩屑の堆積による山麓部の緩斜面
	急 斜 面	山地丘陵地における前三分類以外の斜面
地すべり地形		基盤の傾斜が比較的緩やかであって、地表面の原形を極端に変えることなく山腹斜面が徐々に滑動して生ずる地形
崩壊地形		山腹斜面又は崖の一部が急激に崩落して生じた跡の地形で、かん木が生育している程度になっているものまでとする
麓屑面及び崖錐		傾斜地の下方に生じた岩屑からなる堆積地形
泥流地形		泥流によって生じた不整形の地形
土石流地形		岩塊、泥土等が水を含んで移動し、かつ堆積して生じた地形
遷移点		河床の傾斜度が急に変化する地点
傾斜変換点		山稜の傾斜がやや急にかわるおおむね等高の点を結ぶ線
火山地界		原地形が火山噴出により生じ、かつ火山噴出岩又は火山碎屑物により地形が特徴づけられている地域の境界線
崖		長くのびる一連の急傾斜
谷密度界		谷密度 80 以上の地域とその他の地域の境界線

出典：地形調査作業規程準則（昭和 29 年 7 月 2 日総理府令第 50 号）一部修正

2-3 地形計測

2-3-1 総説

地形計測は、地形図、衛星写真等から地形に関する情報を抽出・解析し、その成果を治山計画等の基礎資料とするものとする。

〔解説〕

- 1 地形計測は、地形区分、地形の成因、侵食過程等の考察を行い、地形と災害現象、災害予測、治山計画等との関連を計量的に把握することを目的として、地形図や数値標高モデルから高度、斜面傾斜、斜面方位、水系等の特徴的な地形情報を抽出して解析することをいう。
- 2 地形計測は、次の調査項目について行うものとする。なお、調査項目は、調査の目的、調査地域の状況及び期間に応じて選択する必要がある。
 - (1) 大地形区分……高度（切峰面）、起伏量等
 - (2) 中地形区分……高度（切峰面）、谷密度、起伏量等
 - (3) 小地形区分……0谷密度、傾斜、方位等
- 3 地形図には微地形が表現されていない場合があるので、現地調査、空中写真判読等により修正、補完等を行う必要がある。

〔参考〕地形測量

- 1 地形情報を収集する地形測量には、主に次の種類がある。
 - (1) 地上測量
測量機械により手動で地形等を計測して、地形情報を得る方法である。
 - (2) GNSS測量
汎地球測位航法衛星システム（global navigation satellite system）は、衛星を用いた測位システムの総称である。地上間での見通し確保は不要で、山越えの基線測定も短時間で計測でき、測量作業の省力化が図られて精度も高い。
 - (3) 航空写真測量
航空機等から撮影した空中写真を用いて、地形情報の取得や地形図の作成を行う方法である。比較的古くから写真撮影されているので、時系列的な空中写真の利用が可能である。
 - (4) UAV測量
UAV（Unmanned aerial vehicle：無人航空機）にカメラを搭載して空中から撮影し、画像を解析して地形の三次元モデル化を行う測量方法。現場作業は、標定点設置と空撮だけであることから、現場作業時間が非常に短い。
 - (5) LP測量
LP（レーザプロファイラー）測量はレーザ測距機を用いて、機械の位置、高さをGPSにより計測すると同時に、レーザを地表面に走査させて詳細な図形を作成する方法である。レーザ測距機をUAV等に搭載し、空中から計測する方法や地上に設置して計測する方法がある。一定の時間的間隔ごとに測定し、

特徴のある地物又は標識を基に、移動量、移動方向等を同時に把握する。特に、地形の変化を把握するのに有効である。

(6) 人工衛星合成開口レーダー (SAR)

人工衛星合成開口レーダー (synthetic aperture radar) とは、人工衛星等に搭載されたセンサーにより観測されたデータを解析して利用する方法である。人工衛星は高度が高いため広域な範囲を短時間で計測できる。

(7) 数値地図の活用

他者が作成した地形情報を利用する方法である。

(8) 地形図計測

既存の地形図から、手動又は自動により地形情報を読み取り、デジタルデータを作成する方法である。

2 数値標高モデル (DEM)

数値標高モデル (Digital Elevation Model) は標高に関する地形情報であり、デジタルデータであるために、コンピューターを利用して、容易に大量のデータを処理することができる。

表一 2 DEM の取得が可能な測量

測量方法	長所	短所
UAV 測量	<ul style="list-style-type: none"> ・手軽に撮影できる ・局所的な範囲の計測に適している ・低空飛行が可能で、高解像度の写真を撮影可能 	植生が茂った箇所での地形データの測量が困難
航空レーザ測量	<ul style="list-style-type: none"> ・現地での測量が困難な箇所において、高密度のデータが所得できる。 ・広範囲を短時間でデータの取得が可能 	航空機等を使用するため、手軽に撮影できない
地上レーザ測量	<ul style="list-style-type: none"> ・人が立ち入る事が出来ない箇所のデータの取得が可能 ・短時間でデータの取得が可能 	複雑に入り組んだ箇所では機械の移動が必要
衛星 SAR	<ul style="list-style-type: none"> ・非常に広い範囲を一度にかつ一定の周期で観測できる ・雨天、曇天時や夜間の観測もできる 	光学画像と比較すると直感的な地被状況の判別が困難

3 地理情報システム (GIS)

地理情報システム (Geographic Information System) は位置に関する情報を持ったデータを総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である。

地形計測においては、GIS を利用することにより効率的に調査を実施できるとともに、森林GIS等のデータを活用することができる。

- 4 地形測量は、作業規程の準則(平成20年3月31日国土交通省告示第413号)を参考に、地上測量(地上レーザ測量、地上レーザ点群測量)、GNSS測量、航空写真測量、UAV測量(UAV写真測量、UAV写真点群測量)、航空レーザ測量、人工衛星合成開口レーダ(SAR)等を行うことができる。

2-3-2 高度の計測

高度の計測は、切峰面図等を作成して斜面形態をより明確に表現し、現地形の侵食過程、構造線の判定、崩壊や侵食の予測等のために行うものとする。

〔解説〕

- 1 切峰面図、切谷面図を作成して、斜面の侵食過程、侵食程度等を把握する。
 - (1) 切峰面図
切峰面図は、方眼法と埋積法を用いて地形図を適当な大きさのメッシュに区分し、各メッシュ内の最高点の位置から、内挿法によって等値線を描いて、山頂に接する仮想曲線により侵食前の斜面形を復元する。
 - (2) 切谷面図
切谷面図は、切峰面図の方眼法と同様の作業により作成する。
- 2 面積の異なる地域の特性を調べるために、高度頻度曲線、ヒブソグラフを作成する。
 - (1) 高度頻度曲線
高度頻度曲線は、侵食面の高さを推定する方法である。メッシュ内の最高点の高さを100mごとの頻度で記録し、頻度を縦軸に、高さを横軸にして曲線を描いて作成する。
 - (2) ヒブソグラフ
ヒブソグラフは、その地域の急傾斜部や平坦部を発見したり、山地の概観を推定することに用いる。各等高線より高い地域の面積を計測し、横軸に面積、縦軸に標高をとって曲線を描いて作成する。

〔参考〕

- 1 方眼法は、ある地域の地形図を適当な単位面積の方眼に区分し、各方眼内の最高点の位置と高度の数字を記入し、隣接する方眼内の最高点との位置との相互間を曲線で結び、内挿法によって100m、50mの高さを求め、等値線を描けば、侵食前の時期における斜面形が復元できる。
- 2 埋積法は、分割器を基準谷幅の長さにかけて、測定しようとする地形図の各等高線ごとに谷に当てて、谷口のところの同一等高線の位置を線で結び谷を埋める。こうして表現される等高線は、斜面形態をより詳しく表現でき、台地や段丘面又は侵食面の復元に有効である。
- 3 切谷面図は、切峰面図とは逆に谷底に接する仮想曲面で、谷頭や山腹の平坦面、遷移点の発見のために利用するものであり、切峰面図とは逆にメッシュ内の最低

点の位置から内挿法により等値線を描いて作成する。

2-3-3 起伏量の計測

起伏量の計測は、単位面積内の最高点と最低点との高度差を計測し、調査対象区域の山地の開析の程度を推定するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 起伏量とは、地形の特徴をある一定面積内における相対的高度差すなわち起伏の度合いを量的に表現したものである。この数値が大きいことは、相対的に河川による地形の侵食や谷の形成が進行していることを示し、傾斜の度合いと併せて流出土砂量と密接な関連を有する。
- 2 起伏量の計測は、その地域の最高点と最低点の高度差を用いて、次の3つの方法により計測される。なお、(1)の方法が用いられることが多い。
 - (1) 単位面積内の最高点と最低点との高度差
 - (2) 隣接する2つの地形要素間（例：山頂と谷底、段丘面と河床面等）の高度差
 - (3) 切峰面と切谷面との高度差
- 3 起伏量比は、起伏量（ディメンションのある量）を流域の長さ又は流路延長で除して無次元である勾配としたもので、一般に次の式で表す。

$$R = H / L$$

R：起伏量比

H：流域内の最高点と最低点の高度差（m）

L：最高点までの流域の長さ又は流路延長（m）

2-3-4 谷密度の計測

谷密度の計測は、単位面積における谷の数を計測し、調査地域における地質、地形の特性を調査するものとする。

〔解説〕

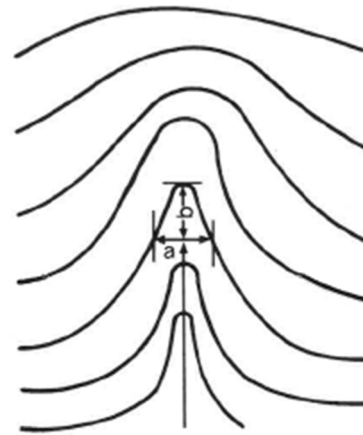
- 1 谷密度は、河川水の侵食による地形の開析の程度を示す指標で、「単位面積の河川、谷の数(N)を面積(A)で除した値」である。
- 2 谷密度の計測は、谷に実線を入れて水系図を作成し、単位面積のメッシュで区画して1メッシュ内に含まれる谷の数を算出する。

なお、谷の幅が谷のわん入の長さよりも大となる地点までを谷と定義する。

図-2において、 $a \geq b$ となった地点を1次谷の上流端としている。

- 3 谷密度は、地形をつくる基盤地質と密接な関係があり、地形の開析状況、起伏量、傾斜によっても異なる。

谷密度が大であれば地形面の広がり、連続性を制約するので、森林等の立地に影響を及ぼすばかりでなく、山腹崩壊、流出土砂量が多くなり流水も急激になって、災害の発生とも関係する一つの指標である。



$a \geq b$ となった地点を1次谷の上流端とする。

図-2 谷の定義

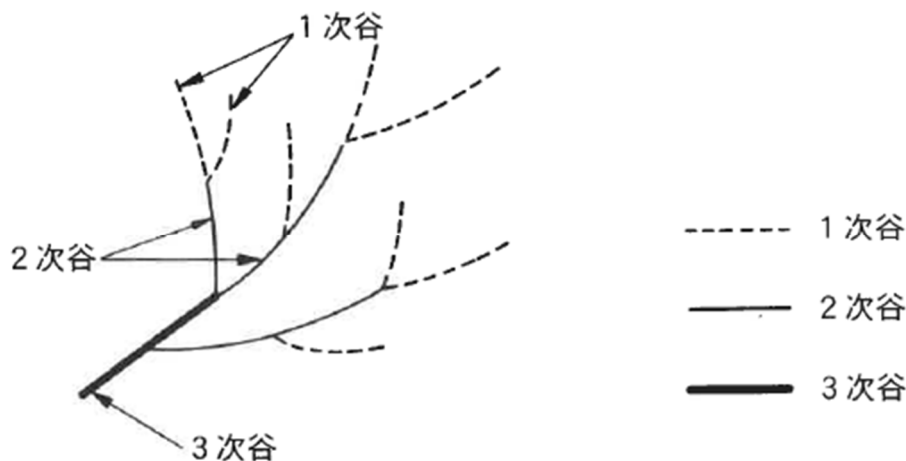


図-3 谷の次数の定義

〔参考〕

谷の次数については、谷形地形をしているところを1次谷といい、1次谷と1次谷が合流したあとを2次谷といい、同次の谷が合流すると、その谷の次数+1の谷次数という。また、1次谷より上部の山腹に発達する山ひだを0次谷という。

2-3-5 傾斜の計測

傾斜の計測は、地形図を小区画に区分して傾斜を測定し、傾斜と地形的特性や荒廃特性との関係を検討するために行うものとする。

[解説]

傾斜の計測に当たっては、図-4のように最大傾斜線方向に沿う単位斜面に区分するか、メッシュに区分して測定するものとする。

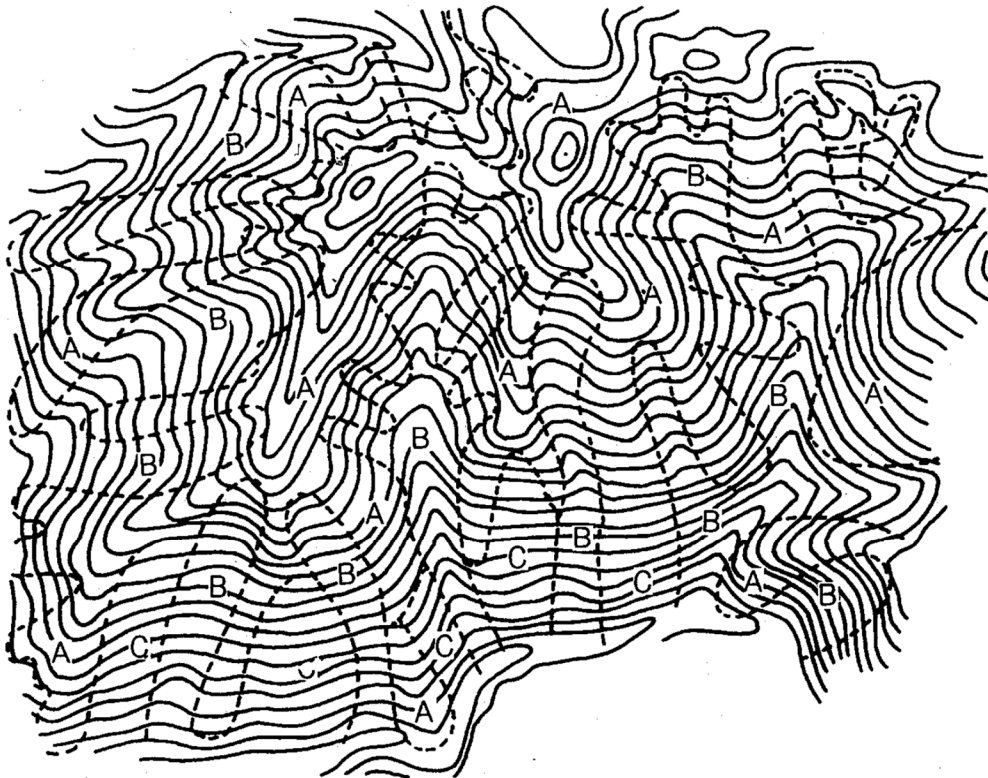


図-4 斜面の区分 (A : 凸形斜面、B : 凹形斜面、C : 平衡斜面)

2-3-6 断面形の計測

断面形の計測は、小区画における断面形を測定し、断面形と地形特性や荒廃特性との関連を検討するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 斜面の水平方向の断面形の計測は、メッシュに内接する円の中心を通る等高線を推定し、その線が円周と交わる2点と円の中心線とを結び、この角度が斜面下より見て $0\sim 165^\circ$ を凹型、 $166\sim 195^\circ$ を直線型、 $196\sim 360^\circ$ を凸型に区分する。
一般に凹部では、表土、風化土が厚く、また、地表水も集中することから、崩壊が発生しやすい。
- 2 斜面の縦断方向の断面形の計測は、表-3に示す区分によるものとする。

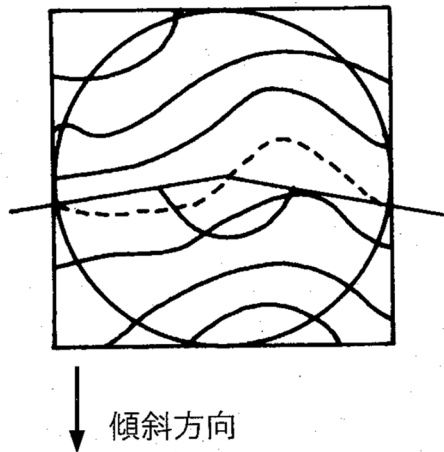


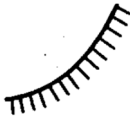
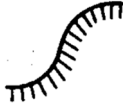


図-5 水平断面の計測

表－3 斜面の分類

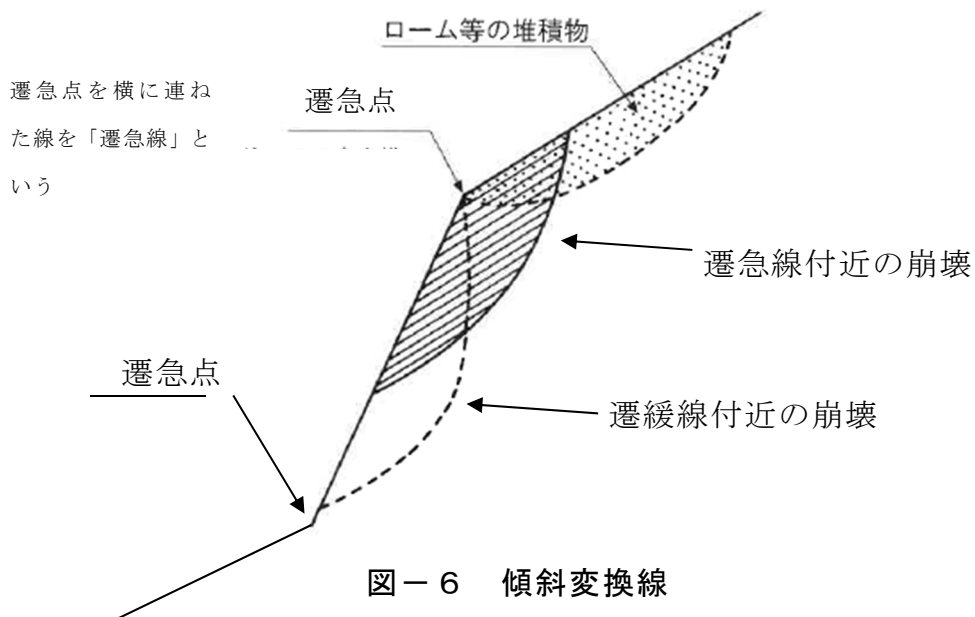
区 分	斜面形	斜面発達の経過
上昇斜面（凸型斜面）		岩石の風化速度よりも河水の縦侵食が大きい場合
平衡斜面（直斜面）		岩石の風化速度と河水の侵食が平衡を保っている場合
下降斜面（凹型斜面）		河水の侵食よりも岩石の風化が早い場合
複合斜面		風化と侵食の歴史が複雑な場合

【参考】傾斜変換線と崩壊発生

斜面の傾斜が変わる部分を傾斜変換点といい、これらを連ねた線を傾斜変換線という。このうち、斜面が上部緩斜面から下部急斜面に変わる部分を遷急点といい、これらを連ねた線を遷急線という。

一般に、この遷急線付近を頭部として下方の急斜面が崩壊することが多い。

また、上部急斜面から下部緩斜面に変わる部分を遷緩点といい、ここは斜面の浸透水、表流水が集中する部分で、遷急線下方の急斜面での崩壊に次いで、遷緩線より上方での崩壊を招きやすい。



図－6 傾斜変換線

2-3-7 方位の計測

方位の計測は、8方位に区分して傾斜の主方向を把握し、斜面の環境条件を推定するために行うものとする。

[解説]

- 1 斜面の方位は、土壌、植生、日照、積雪、風衝、気温との関係が深い。
- 2 方位の計測に当たっては、メッシュ内の最大傾斜方向の方位を8方位で測定する。

2-4 空中写真判読等による地形等判読

空中写真等により地形等を判読して、計画、設計の基礎資料とする。

[解説]

- 1 空中写真判読は、航空機等から撮影した空中写真を立体視して、植生分布、リニアメント、崩壊地形、崖錐、堆積物等を判読して、基礎資料を作成する。
- 2 必要に応じて、時系列的に空中写真を判読して、崩壊地、地すべり、荒廃溪流の変遷を把握することがある。

[参考]

詳細な地形を立体的に表現する図法（赤色立体地図※1、CS立体図※2）等を活用することにより微地形の判読が容易になる。

※1 「赤色立体地図」はアジア航測株式会社の特許（第3670274等）

※2 「CS立体図」は長野県林業総合センターが考案した図法

2-5 現地踏査

現地踏査は、現地を踏査して予備調査で得た資料等を現地で確認するとともに、予備調査では確認できない微地形の調査を行うものとする。

〔解説〕

現地踏査は、予備調査、地形計測、空中写真判読で得た基礎資料等を現地について照合してその実証をするとともに、必要に応じて測量等を行い、予備調査等では得ることが出来難い微地形の調査を行うものとする。

〔参考〕 現地踏査の留意点

現地踏査は、広域的な調査と局地的な調査とに区分されるが、次の事項について留意する必要がある。

1 広域的調査の場合

- (1) 斜面、尾根、滝、懸谷、湧水等の位置、配列
- (2) 溪流、谷の蛇行の状況、流水幅、狭さく部の位置、勾配急変位置、溪床砂礫の堆積構成とその状況
- (3) 各地形と地質、地質構造、構成土質との関係及び崩壊地の規模、分布状況
- (4) 土石流堆積物、溶岩流の末端部、急崖、段丘、平坦面、扇状地等の位置とその状況

2 局地的調査の場合

- (1) 予備調査では確認できない湿地、雪窪、凹陷地、沼、小丘地、ガリー等の微地形的特徴
- (2) 斜面の傾斜、斜面長、方位
- (3) 山脚部、溪床の侵食状況及び山腹斜面との関係
- (4) 崩壊地の形態、規模と地質、不自然な植生の変遷点の有無

2-6 取りまとめ

地形調査の成果は、調査目的に応じて、事業対象地の地形が把握できるように取りまとめるものとする。

〔解説〕

地形調査の結果は、調査目的に応じて図表等に整理するとともに、計画、設計の基礎資料となるように取りまとめるものとする。

第3節 土質・地質調査

3-1 総説

土質・地質調査は、事業対象地内の土質・地質の特性を把握して、計画、設計の基礎資料を得ることを目的とする。

〔解説〕

- 1 土質・地質は、山地荒廃の素因として地形とともに重要な要素をなすものである。一般に土質・地質は極めて複雑でありかつ変化に富んでいる。したがって、調査の内容も、その要求される精度に応じて各種の方法が採用されているが、調査の目的、対象範囲、重要度等を勘案して調査方法を選択する必要がある。
- 2 土質・地質調査の主な種類は次のとおりである。
 - (1) 予備調査
 - (2) 現地踏査
 - (3) 物理探査
 - (4) ボーリング調査
 - (5) サウンディング調査
 - (6) 地下水調査
 - (7) 土質試験

〔参考〕地質と崩壊等

- 1 一般に土質・地質特性からくる荒廃形態には特色があつて、概して新しい地質は古い地質より崩壊が発生し易い傾向がある。
- 2 中古生層が分布する地帯における崩壊の頻度は一般に低いとされているが、構造運動によって破碎されている部分では、しばしば大崩壊が発生したり、侵食、堆積作用により、崩積土、崖錐が厚く堆積した地帯では、崩壊の頻度が高まる傾向が見られる。
- 3 花崗岩類が分布する地帯は、山腹崩壊が発生し易いが崩壊深は一般に浅い。また、深層風化を受けたいわゆるマサが分布する地帯では表層侵食を極めて受け易い特性がある。
- 4 火山噴出物が分布する地帯は、山腹の中腹以上でかつ土層の比較的浅いところや溪岸侵食に伴う小面積の崩壊が多発する。特に、成層火山では、互層となっている火山灰堆積層の流亡、安山岩等の崩落後退の繰り返しによって崩壊が縦方向及び横方向に拡大し、大規模な崩壊地となることが多い。
- 5 第三紀層が分布する地帯は、一般に表土の浅いところに小崩壊が多発する傾向にある。
- 6 地すべりあるいは地すべり性崩壊等は、地質に原因するところが極めて大きく、第三紀層地すべり、破碎帯地すべり等に区分されるほど関連が深いものである。

7 土質、地質調査は、目的別に次の例による。

- (1) 崩壊の位置、規模や表層部の弱層（滑落面）、土砂量の推定
現地踏査、物理探査、ボーリング調査、サウンディング調査（特に斜面部の表層構造調査用の土研式簡易貫入試験）等
- (2) 土層構成及び土層の強度・透水性、対策工法的设计・施工に必要な斜面の地盤条件・土質特性
現地踏査、物理探査、ボーリング調査、サウンディング調査（特に斜面部の表層構造調査用の土研式簡易貫入試験）、土質試験（透水試験等）等
- (3) 地下水の挙動
地下水調査（地下水位観測、地下水追跡試験、地下水検層試験、間隙水圧の測定）、透水試験等
- (4) 土質・岩石の性質
物理探査、サウンディング調査、土質試験（物理試験、力学試験）、岩石試験等

[参考] 7 出典：河川砂防技術基準（調査編） 国土交通省 H26.4

第 19 章 急傾斜地調査 4.2 地盤調査の種類<例示>

(https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/chousa/) を加工して作成

3-2 予備調査

予備調査は、既存資料の調査等により、土質・地質の概況を把握するものとする。

[解説]

- 1 予備調査は、既存の土質・地質図、地形図、空中写真、既往の災害記録等の資料に基づいて、調査対象地域の土質及び地質の特性を把握するために行うものとし、その結果を図面等に整理するものとする。
- 2 予備調査においては、流域の岩石、土質、地質構造あるいは崖錐、崩積土、扇状地堆積物等を把握することが主体となる。

[参考]

地質に関して、地形図及び空中写真で得られるものは、(1)地質分布、(2)岩質、地質構造、(3)異常地形等の情報で、写真上の大きさ、形、階調、色調等から地質特性を把握して予察図に記入し、これを現地調査に活用してより高い精度の調査を行うものとする。

1 予察図

予察図は、国土地理院の地形図(1/50,000~1/25,000)又は、1/5,000 の計画図等に地質図を転写し、空中写真、地形分類図、水系図、谷密度図などによって、あらかじめ地形区分し、調査目的と関連する事項についてはすべて記入しておく、

現地調査の際の参考にするとともに、現地について新たに発見した事項等を記録する。

2 路線図

路線図は、地形図にあらかじめ踏査する路線を記入したもので、路線の選定に当たっては次の各項に留意する。

- (1) 予察図を十分に検討する。
- (2) 露頭の多いと考えられる路線を選定する。
- (3) 堆積岩の分布地域では地層の走向に直交する路線を選定する。
- (4) 火成岩と堆積岩の接触部、断層、崖錐堆積物、崩壊地等を踏査できるよう路線を選定する。

3-3 現地踏査

現地踏査は、予備調査で整理した資料を基に踏査を行い、地質、土質等を詳細に調査するものとする。

〔解説〕

現地踏査は、予備調査の資料を基に現地を踏査し、露頭、地形的特徴等から計画、設計に当たって必要な表層地盤の土質、岩質、地質構造、湧水等の状況について確認するとともに、岩石、地層の風化や変質、湧水等の新しい現象、事実を把握して、土質、地質に係る基礎資料を整備するために行うものとする。

また、現地踏査で得た事項、問題点は必ず地質図、地形図等に記入し、崩壊の範囲や形態、原因、対策工法検討のための土質・地質調査の方法、調査範囲等の検討を行う。

3-4 物理踏査

物理探査は、地質構造、地下水の状況等を調査するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 物理探査は、弾性波速度、比抵抗などの物理量を計測して、地下の岩石、地層の厚さ、不連続面の位置・形状、地質構造、地下水の状況等を間接的に調査するものであり、弾性波探査、電気探査が一般的に用いられる。
- 2 岩石や地層の物理量と地層区分とは必ずしも1対1の対応関係ではないことから、調査結果はボーリング調査等を併用して確認する。
- 3 物理探査の内容、方法等は、第4編地すべり防止事業第2章第5節5-2「物理探査」に準ずるものとし、必要に応じ選択する。

3-5 ボーリング調査

ボーリング調査は、土質、岩質、地質構造等を直接把握するとともに、ボーリング孔を利用した各種調査や試料採取のために行うものとする。

〔解説〕

- 1 ボーリング調査は、ボーリングマシン等により地盤を掘削してコアを採取することにより、岩種、硬さ、風化、変質の程度、断層、破碎帯、き裂の多少を調査し、現地踏査や物理探査などを組み合わせて岩石や地層の空間的広がりを把握することを目的とする。また、必要に応じて、ボーリング孔を利用して次の試験等を実施する。
 - (1) 標準貫入量試験、現場透水試験、地下水検層、P S 検層等の各種試験
 - (2) 地下水位、地中移動量等の観測
 - (3) 試料採取
- 2 ボーリング調査の配置等については、第4編地すべり防止事業第2章第5節5-3「ボーリング調査」に準ずるものとし、必要に応じ選択する。

〔参考〕 試料採取の方法

一般的な試料採取の方法は次のとおりである。

表-4 試料採取の方法

目 的	方 法	備 考
すべての場合	ロータリーボーリング ($\phi = 46 \sim 116$ mm)	
浅層 (5~10m) 及び地下水位以上の ボーリング	オーガーボーリング ($\phi = 46 \sim 116$ mm)	崩壊性土壌、岩、砂礫、地下水以下の砂層、固結した粘土に不向き
詳細調査で大量の試料を必要とする場合	試掘孔	崩壊性土壌や地下水位以下の土壌の場合は処理工が必要

〔参考〕 山腹崩壊に関するボーリング調査

山腹崩壊に関するボーリング調査は、山腹斜面の土質、地層構成の把握、岩盤の風化状況・亀裂等の把握、土質試験用の試料採取、ボーリング孔を利用した標準貫入試験・透水試験・P S 検層等の原位置試験、地下水位測定等のために行う。

3-6 サウンディング調査

サウンディング調査は、土層の貫入、回転、引き抜き等の抵抗を基に、土の強度、密度等を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 サウンディング調査は、地盤の深さ方向における抵抗の値から、地盤の強さ、密度等の詳細なデータが得られ、崩壊のおそれのある土層深の推定や構造物の設計に必要な地盤条件等、地盤の状態を詳細に把握することができる。
- 2 サウンディング調査の方法は、調査目的、調査箇所の地質、土質条件に応じて、適切なものを選定する。

表-5 サウンディング方法

方法	名称	連続性	測定値	測定値からの推定量	適用地盤	可能深さ(m)	特徴
静的	スクリーウエイト貫入試験 JIS A1221 1)2)	連続	載荷荷重(W _{sw})、貫入深さ(D)、貫入1m当たりの半回転数(N _{sw})	標準貫入試験のN値や一軸圧縮強さ q _u 値に換算(数多くの提案式がある)	玉石、礫を除くあらゆる土。ただし、締まった砂(N値30程度まで)や砂礫は貫入困難。	15m程度	標準貫入試験に比べて作業が簡単である。玉石あるいは礫を含む土質を除く山腹斜面に対応可能で、表層土や崩壊土層の境界、崩壊土中の不連続面等を調査するのに有効である。
	ポータブルコーン貫入試験 JGS 1431 1)2)	連続	コーン貫入抵抗(q _c)	粘土の一軸圧縮強さ、粘着力、トラフィカビリテイの判定	粘性土や腐植土地盤	5m程度	簡易試験で極めて迅速。
	電気式コーン貫入試験 JGS 1435 1)2)3)	連続	先端抵抗(q _c)、周面摩擦(f _s)、間隙水圧 u	土質分類、土質定数(換算N値、単位体積重量、非排水せん断強さ等)	あらゆる地盤	貫入装置や固定装置の容量による	データの信頼度が高い。硬質な盛土や中間層は、貫入機のパーカッション装置で模擬コーンを動的圧入することで硬質層を穿孔可能。

	原位置ベーンせん団試験 JGS 1411 1)	不連続	測定最大トルク (kN・m)、試験機の摩擦トルク (kN・m)	乱さない土のベーンせん断強さおよび乱した土のベーンせん断強さ、鋭敏比	軟弱な粘性土地盤	15m 程度	軟弱な粘性土地盤を対象としたベーンせん断強さを求める。無機質の軟弱な粘性土地盤を対象とし、繊維質を多く含む泥炭などには適用できない。
	標準貫入試験 JIS A1219 1)2)	不連続 最小測定間隔は 50cm	N 値 (所定の打撃回数)	N 値若しくは打撃回数に対する貫入量	玉石や転石を除くあらゆる地盤	基本的には制限なし	普及度が高く、ほとんどの地盤調査で行われ、特に、広範囲な深度の調査が可能である。N 値及び試料による土質柱状図、土質断面図の作成が可能である。
動的	簡易動的コーン貫入試験 JGS 1433 1)2)	連続	Nd (所定の打撃回数)	Nd 値と N 値との関係式 $Nd = (1 \sim 2) N$	地盤(例えば、自然斜面、盛土・切土のり面)表層部の調査	15m 程度(深くなるとロッド摩擦が大きくなる)	標準貫入試験に比べて作業が簡単。貫入抵抗の大きい硬質粘性土や砂礫地盤などには適用できない。
	土研式簡易貫入試験 4)	連続	Nc (所定の打撃回数)	Nc 値 例:Nc=0~5(表層土)、Nc=5~20(強風化土)	土層の深度を比較的精度よく把握できる	5m 程度	斜面の土層の厚さの調査に有効である。
	SH 型貫入試験 4)	連続	$S=Nd/drop$ (所定の打撃回数)	土壌の硬さ(軟らかさ)、地盤表層部の土層状況・崩壊深の推定。 N 値 10 以下で Nd=N	比較的軟らかい土壌	5m 程度	作業が簡易である。軟弱層を検出し潜在すべり面を推定可能。

参考文献：1)「JIS」は日本工業規格、「JGS」は地盤工学会基準をいう。

2)地質調査要領 【編集】社団法人全国地質調査業協会連合会 第Ⅱ部参考資料

3)電気式コーン貫入試験 (CPTU) -活用上の留意事項と対策について- 令和 3 年 6 月 CPT 技術協会

3-7 地下水調査

地下水調査は、山地における地下水の供給経路、分布、性質、流動傾向、圧力関係等を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 地下水調査は、崩壊の主要な要因の一つである地下水の挙動を把握するものとする。
- 2 地下水調査の内容、方法等は、第4編地すべり防止事業第2章第6節「地下水調査」に準ずるものとし、必要に応じて選択するものとする。

3-8 土質試験

土質試験は、調査区域内の土の物理的特性、力学的性質を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 土質試験は、土の分類や諸性質を知るために採取したサンプルにより各種の試験を行うことの総称である。一般的には、基礎構造物の設計、施工時に必要な基礎的データを収集するために行う。
- 2 土質試験は、日本産業規格及び地盤工学会基準に定める試験法によって実施するものとする。
- 3 岩石の性質が崩壊の要因となるような場合には、岩石の諸性質の試験を行う。

表-6 土質試験、岩石試験の例

項目	検討する内容	土質試験及び岩石試験から求められる値
斜面(土砂)の安定	斜面の安定計算	土の一面せん断試験【 ϕ :内部摩擦角、 c :粘着力】、土の一軸圧縮試験(JIS A 1216)【 C_u :粘性土の粘着力、 St :鋭敏比】、土の三軸圧縮試験【 ϕ :内部摩擦角、 c :粘着力】
構造物の基礎、擁壁等の安定	基礎の設計(土圧、側圧、支持力等)、背面土の安定(すべり破壊)	土の一面せん断試験【 ϕ :内部摩擦角、 c :粘着力】、土の一軸圧縮試験(JIS A 1216)【 C_u :粘性土の粘着力、 St :鋭敏比】、土の三軸圧縮試験【 ϕ :内部摩擦角、 c :粘着力】、地盤の平板載荷試験(JGS 1521)【 q_u :極限支持力度、 E :変形係数】
	透水性、ボーリング、ヒービング	土の透水試験(JIS A 1218)【 k :透水係数】
	沈下量、圧縮性	土の圧密試験(JIS A 1217)【 e - $\log p$ 曲線、 C_c :圧縮指数、 m_v :体積圧縮係数、 C_v :圧密係数】

地山の土の状態、 分類	土の状態（含水比、密度）	土の含水比試験（JIS A 1203）【 w ：含水比】、土粒子の密度試験（JIS A 1202）【 ρ_s ：土粒子の密度】、土の湿潤密度試験（JIS A 1225）【 ρ_t ：湿潤密度、 ρ_d ：乾燥密度】
	土の工学的分類（粒度、コンシステンシー限界）	土の粒度試験（JIS A 1204）【粒度加積曲線、 D_{10} ：有効径、 U_c ：均等係数、 U_c' ：曲率係数】、土の液性限界・塑性限界試験（JIS A 1205）【 WL ：液性限界、 W_p ：塑性限界、 I_p ：塑性指数】
斜面（岩盤）の安定	岩石の物理性、力学性	岩の超音波速度試験（JGS 2564）【 E_d ：動弾性係数、 G_d ：動せん断弾性係数、 V_d ：動ポアソン比、弾性波探査と組み合わせて岩盤の亀裂係数】、岩の一軸圧縮試験（JGS 2521）【 q_u ：一軸圧縮強さ】、岩の三軸圧縮試験（JGS 2531, 2532, 2533, 2534）【 ϕ ：内部摩擦角、 c ：粘着力】
斜面（岩盤）の安定	岩石の乾燥・水浸によって生じる形状の変化、固結力の低下	岩石のスレーキング試験（JGS 2124）【スレーキング区分と時間の関係】、スレーキング指数】、岩石の促進スレーキング試験（JGS 2125）【スレーキング区分と時間の関係、スレーキング指数】

参考文献：土質試験のてびき（土木学会）（平成 19 年 1 月 31 日改訂版）

「JIS」は日本工業規格、「JGS」は地盤工学会基準をいう。

3-9 取りまとめ

土質・地質調査の成果は、調査目的に応じて、事業対象地域の土質、地質が把握できるように取りまとめるものとする。

〔解説〕

- 1 土質・地質調査の結果は、調査目的に応じて図表等に整理するとともに、計画、設計の基礎資料となるように取りまとめるものとする。
- 2 必要に応じて、各種調査の結果を総合的に解析して、地質図、地質断面図などの資料に取りまとめる。

〔参考〕

1 表層地質図

地質図は、地形図を基調とし、その上に地殻表部を構成する各種岩石、地層の分布、それらの相互関係、地質構造、その他必要な調査結果等を記載した地図である。

なお、試掘、試錐及び物理的地下探査を行った場合には位置を明記しておくものとする。

2 地質断面図（土層断面図）

地質図の中の重要な部分の地質断面図、柱状図をつくり、地質図の表現の補助とする。断面図の位置を選定するには、

- (1) 地域内の地質系統をなるべく多く含み、それらの相互関係が判断できるような位置を選定する。
- (2) 地域内の一般地質構造がよく表現し得るように褶曲構造・断層構造・地層の一般走向などになるべく多く直交する方向に断面をつくる。

なお、一断面で重要な構造をすべて表すことは困難であるから、数本の断面図を作成するか又は断面を一直線にせず重要な地点を通した折線とする。

- (3) 地質断面図は、土質・地質の連続性と分布状態を大局的な見地から表し、計画、設計、施工の判断を下す資料とするものである。

このため、工事目的又は工事の種類に応じて利用しやすいような形式にまとめることが必要である。

第4節 土壌調査

4-1 総説

土壌調査は、土壌の成因、形態及び物理的、化学的性質を調査し、治山植生の導入方法等を検討するための基礎資料を得ることを目的とする。

〔解説〕

- 1 土壌は、風化した岩石が母材となり、地質構造、地形、気象、生物等の条件が関与して長い年月をかけて生成される独自の地表構成物質である。土壌はそれ自体一定の構造と機能をもち、母岩から独立して独自の過程で生成発展する。わが国のように中緯度湿潤帯が国土の大部分を占める地域では、例外的に裸岩の露出する場所を除いて土壌に覆われていない地域はほとんどない。
- 2 治山事業は、森林の造成、維持を目的としているので、その地域の土壌条件をよく理解して森林造成を図らなければならない。土壌を調査することによってその地域の自然的な特徴を知ることができる。また、逆に植生は土壌を基盤として生育しているので、植生を見ることによって土壌の性質が判断できる場合が多い。
- 3 土壌の生成過程は土壌断面に反映されることから、土壌型は土壌断面により決定される。土壌断面上部は生物の影響下にあり、有機物が集積する。この層をA層と呼ぶ。A層の下部では有機物の集積は衰え、他の作用が卓越する。この層は、A層と母岩との漸移層と考えられB層と呼び、土壌生成過程で僅かに変化した母岩はC層と呼ばれB層の下位に位置する。さらにその下の変化していない基盤岩石はD層と呼ばれる。これらは表-7のようにさらに細分される。
- 4 土壌調査の主な種類は次のとおりである。
 - (1) 予備調査
 - (2) 現地調査
 - (3) 土壌断面調査

表一七 層位の配列を示している仮想的土壌断面の模式図

(土壌調査便覧, 合衆国農務省, 1951)

地表面に堆積した生物遺体。
草地土壌には普通認められない。

ソ ラ ム

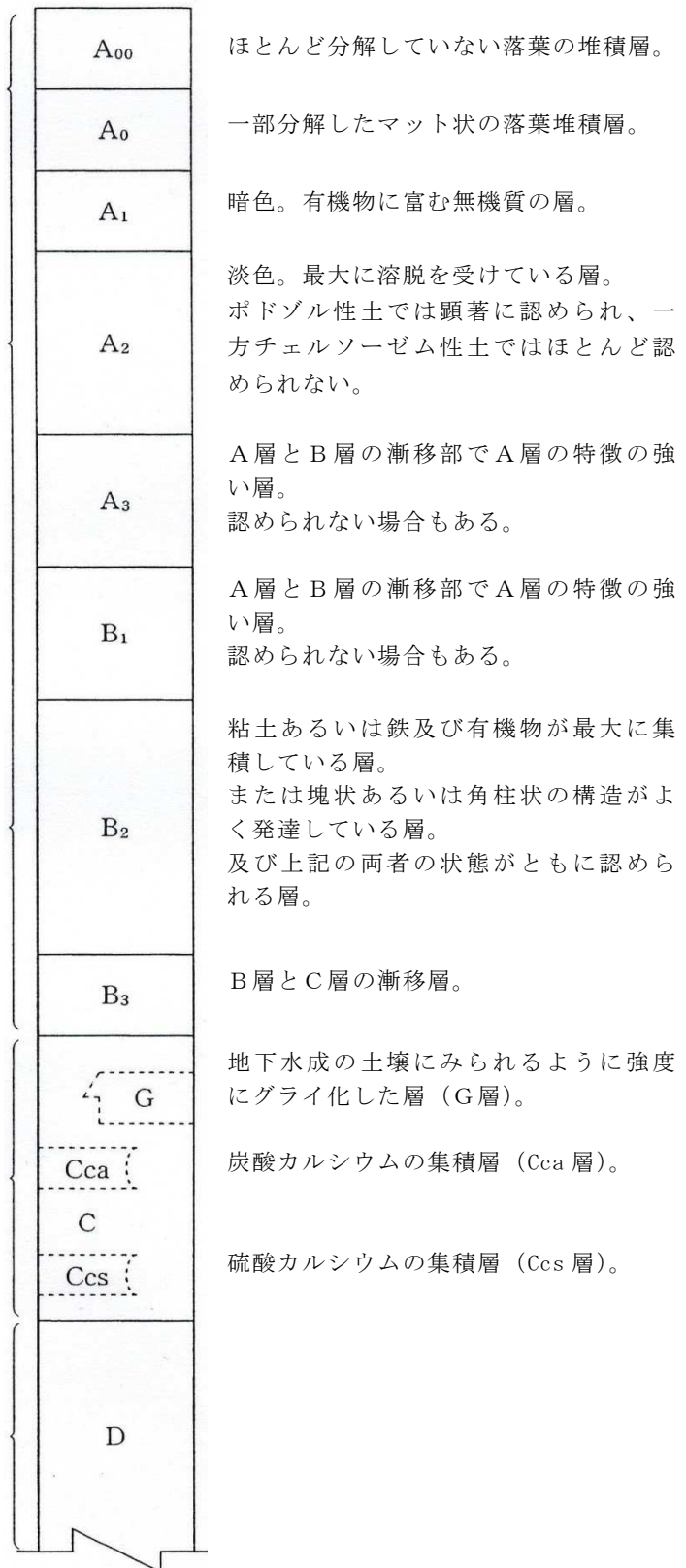
土壌生成過程
により生成し
たもの

生物活動が最も盛んな層。
または溶脱（水に溶解あるいは懸濁して物質が除去されること）を受けている層。及び上記の両者の状態がともに認められる層。

A層から溶脱した物質が集積している層。または塊状あるいは角柱状の構造を持つ層。及び上記の両者の状態がともに認められる層。

風化を受けた母材。認められない場合もある（すなわち、風化後に土壌生成が進行する際に、B層が発達し、D層にまで達してしまった場合）。

土壌の下部に存在するすべての層位。
たとえば、堅固な岩石あるいは粘土または、砂の層。これらは母材ではないが、その上部にある土壌に影響することもある。



〔参考〕

日本における成帯性土壌の分布

気候帯、植生帯とほぼ平行して分布し、生物－気候因子の影響下に生成されたと考えられる土壌を成帯性土壌と呼ぶ。これに対し、母岩の性質を強く反映した土壌や、地下水の影響等を受けた土壌は非成帯性土壌と呼ばれる。これには、火山灰性黒ボク土、水田土壌等がある。

日本における成帯性土壌の分布図は図－7のとおりである。

図－7 日本列島とその周辺の成帯性土壌の分布

〔出典〕 日本列島とその周辺の土壌区分図（松井 健 1990）



4－2 予備調査

予備調査は、既存資料により、土壌の分布、土壌型等を調査するものとする。

〔解説〕

- 1 予備調査は、現地調査に先立って、事業対象地域及び外縁地域における土壌図、土壌資料、空中写真、文献等の既存資料を収集して整理するとともに、植生及び土壌の分布を検討するものとする。
- 2 森林土壌は、林野土壌の分類（旧・農林水産省林業試験場土じょう部 1975）によって、土壌群－土壌亜型－土壌型・亜型の階層により分類する。

表－8 林野土壌の分類

土 壌 群	亜 群	土 壌 型 ・ 亜 型	
P ポドゾル	P _D 乾性ポドゾル	P _D I 乾性ポドゾル	
		P _D II 乾性ポドゾル化土壌	
		P _D III 乾性弱ポドゾル化土壌	
	P _w (i) 湿性鉄型ポドゾル	P _w (i) I 湿性鉄型ポドゾル	
		P _w (i) II 湿性鉄型ポドゾル化土壌	
		P _w (i) III 湿性鉄型弱ポドゾル化土壌	
	P _w (h) 湿性腐食型ポドゾル	P _w (h) I 湿性腐食型ポドゾル	
		P _w (h) II 湿性腐食型ポドゾル化土壌	
		P _w (h) III 湿性腐食型弱ポドゾル化土壌	
B 褐色森林土	B 褐色森林土	B _A 乾性褐色森林土（細粒状構造型）	
		B _B 乾性褐色森林土（粒状・堅果状構造型）	
		B _C 弱乾性褐色森林土	
		B _D 適潤性褐色森林土	
		B _E 弱湿性褐色森林土	
		B _F 湿性褐色森林土	
		B _D (d) 適潤性褐色森林土（偏乾亜型）	
		d B 暗色系褐色森林土	d B _D 適潤性暗色系褐色森林土
			d B _E 弱湿性暗色系褐色森林土
			d B _D (d) 適潤性暗色系褐色森林土（偏乾亜型）
	r B 赤色系褐色森林土	r B _A 乾性赤色系褐色森林土（細粒状構造型）	
		r B _B 乾性赤色系褐色森林土（粒状・堅果状構造型）	
		r B _C 弱乾性赤色系褐色森林土	
		r B _D 適潤性赤色系褐色森林土	
	r B _D (d) 適潤性赤色系褐色森林土（偏乾亜型）		
	y B 黄色系褐色森林土	y B _A 乾性黄色系褐色森林土（細粒状構造型）	
		y B _B 乾性黄色系褐色森林土（粒状・堅果状構造型）	
		y B _C 弱乾性黄色系褐色森林土	
		y B _D 適潤性黄色系褐色森林土	
		y B _E 弱湿性黄色系褐色森林土	
		y B _D (d) 適潤性黄色系褐色森林土（偏乾亜型）	
g B 表層グライ化褐色森林土	g B _B 乾性表層グライ化褐色森林土（粒状・堅果状構造型）		
	g B _C 弱乾性表層グライ化褐色森林土		
	g B _D 適潤性表層グライ化褐色森林土		
	g B _E 弱湿性表層グライ化褐色森林土		
	g B _D (d) 適潤性表層グライ化褐色森林土（偏乾亜型）		

土 壤 群	亜 群	土 壤 型 ・ 亜 型
R Y 赤・黄色土	R 赤色土	R _A 乾性赤色土（細粒状構造型）
		R _B 乾性赤色土（粒状・堅果状構造型）
		R _C 弱乾性赤色土
		R _D 適潤性赤色土
		R _D (d) 適潤性赤色土（偏乾亜型）
	Y 黄色土	Y _A 乾性黄色土（細粒状構造型）
		Y _B 乾性黄色土（粒状・堅果状構造型）
		Y _C 弱乾性黄色土
		Y _D 適潤性黄色土
		Y _E 弱湿性黄色土
Y _D (d) 適潤性黄色土（偏乾亜型）		
g R Y 表層グライ系赤・黄色土	gRY I 表層グライ化赤・黄色土	
	gRY II 弱表層グライ化赤・黄色土	
	gRYb I 表層グライ灰白化赤・黄色土	
	gRYb II 弱表層グライ灰白化赤・黄色土	
B I 黒色土	B I 黒色土	BI B 乾性黒色土（粒状・堅果状構造型）
		BI C 弱乾性黒色土
		BI D 適潤性黒色土
		BI E 弱湿性黒色土
		BI F 湿性黒色土
	BI D (d) 適潤性黒色土（偏乾亜型）	
	I B I 淡黒色土	IBI B 乾性淡黒色土（粒状・堅果状構造型）
		IBI C 弱乾性淡黒色土
		IBI D 適潤性淡黒色土
		IBI E 弱湿性淡黒色土
IBI F 湿性淡黒色土		
IBI D (d) 適潤性淡黒色土（偏乾亜型）		
D R 暗赤色土	e D R 塩基系暗赤色土	eDRA 乾性塩基系暗赤色土（細粒状構造型）
		eDRB 乾性塩基系暗赤色土（粒状・堅果状構造型）
		eDRC 弱乾性塩基系暗赤色土
		eDRD 適潤性塩基系暗赤色土
		eDRE 弱湿性塩基系暗赤色土
		eDRD (d) 適潤性塩基系暗赤色土（偏乾亜型）
	d D R 非塩基系暗赤色土	dDRA 乾性非塩基系暗赤色土（細粒状構造型）
		dDRB 乾性非塩基系暗赤色土（粒状・堅果状構造型）
		dDRC 弱乾性非塩基系暗赤色土
		dDRD 適潤性非塩基系暗赤色土
		dDRE 弱湿性非塩基系暗赤色土
		dDRD (d) 適潤性非塩基系暗赤色土（偏乾亜型）
v D R 火山系暗赤色土	v DRA 乾性火山系暗赤色土（細粒状構造型）	
	v DRB 乾性火山系暗赤色土（粒状・堅果状構造型）	
	v DRC 弱乾性火山系暗赤色土	
	v DRD 適潤性火山系暗赤色土	
	v DRE 弱湿性火山系暗赤色土	
	v DRD (d) 適潤性火山系暗赤色土（偏乾亜型）	
G グライ	G グライ	G グライ
	psG 偽似グライ	PsG 偽似グライ
	PG グライポドゾル	Pg グライポドゾル
Pt 泥炭土	Pt 泥炭土	Pt 泥炭土
	Mc 黒泥土	Mc 黒泥土
	Pp 泥炭ポドゾル	Pp 泥炭ポドゾル
Im 未熟土	Im 未熟土	
	Er 受蝕土	

〔参考〕 土壤に関する資料

土壤に関する資料として、国有林の林野土壤調査及び民有林の適地適木調査等各種の土壤に関する調査報告書がある。

〔参考〕 主要な土壤型の特性

表－9 主要な土壤型の特性

土壤型	酸性	肥沃度	菌根菌糸の有無	透水性	浸透	出現場所	造林	治山上
BA	強	せき悪	菌糸網層(M層)が見られることがある	不良または不透水	ほとんど流出	山の尾根部南西面の突出した斜面	不適當	はげ山化
BB	強	せき悪	時々見られる	不良	吸収しにくい	急斜面上部のなだらかな山頂及びその付近	状態によりアカマツ、ヒノキあまりよくない	
BC		あまり高くない		やや不良	やや不良	突出した小尾根、台地	アカマツ、ヒノキ	
B _D d		乏しい		やや良		斜面の中腹上部、台地	ヒノキ状態によりスギ	せき悪化のおそれ
B _D 弱		肥沃		良好	良好	斜面の中腹広い平地	スギ、ヒノキ	
BE		肥沃		良好	良好	斜面下部広い台地の内部	スギ良好	
BF		肥沃		やや不良	やや不良	山脚部の平担地台地の中央部	スギ	
P _D	強	せき悪		不良		尾根、凸形地形、乾燥地	酸性の弱いものはヒノキ、カラマツが可能	
P _w	強	せき悪		不良		亜高山帯		
Bl		せき悪	Bl _A に見られる	不良			崩積土は肥沃でヒノキ、カラマツ可能	
R				不良			マツはよいが、成長不良	侵食を受けやすい
G				不良		過湿地、排水不良地	不可	排水工が必要

[参考] 地形と土壌型の関係

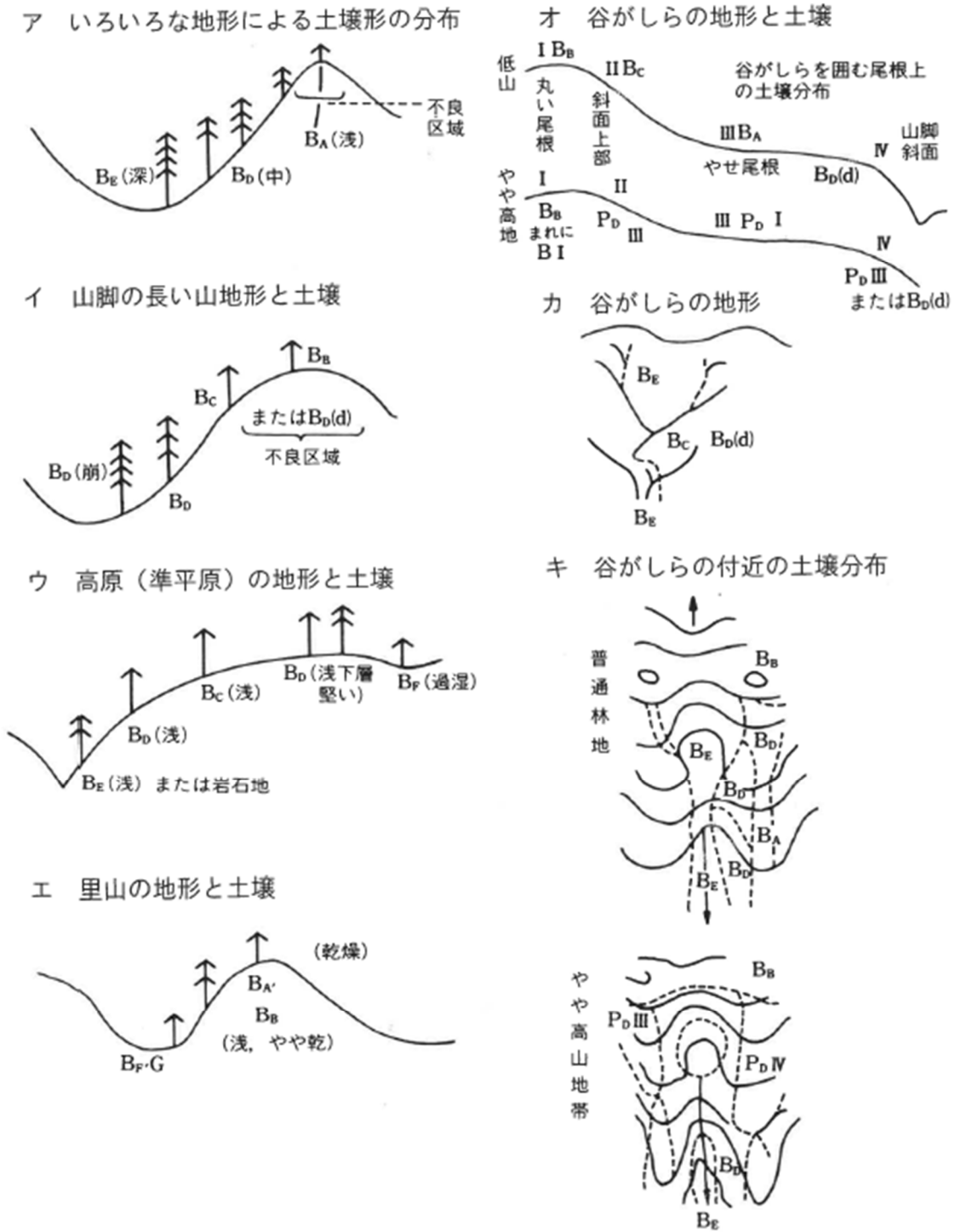


図-8 地形と土壌型の関係

4-3 現地調査

現地調査は、予備調査で整理した資料を基に土壌型、分布等を現地で調査するものとする。

〔解説〕

現地調査は、山腹工、森林整備における土壌条件を明らかにするために、現地踏査、試掘及び試錐により、地形、植生との対応を調べて、土壌図を補足、修正するとともに、必要に応じて、検土杖により土壌の厚さを調査するものとする。

〔参考〕 植生導入等に必要な土壌の条件

植生導入、成長のために必要な土壌の条件は、

- 1 土壌が柔らかく根が十分に伸長すること
- 2 十分な水分を根に供給すること
- 3 十分な空気を根に供給すること
- 4 十分な養分を根に供給すること

であり、水分と養分の供給に関しては以下の土壌型によってほぼ判定できる。

〔参考〕 堆積様式による区分

土壌は、基岩の風化や崩壊等によって生成され、これがその位置にとどまって堆積するもの〔定積土（残積土、有機土）〕と重力、流水等によって生成された場所から移動するもの〔転積土（崩積土、扇状堆土、水堆土、火山性土、風積土）〕とがあり、その区分は表-10 のようになる。

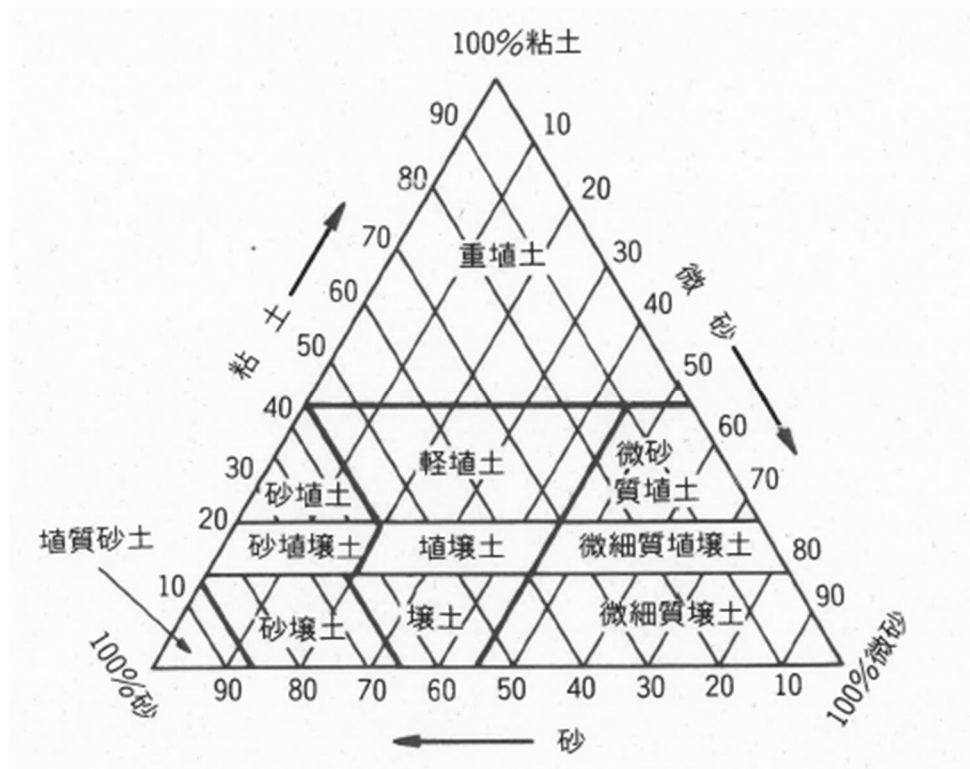
表-10 表土の堆積区分

定積土	残積土	表層は比較的細かで柔軟な土、下層は礫の多い土、その下に風化した、又は新鮮な基岩がでる。
	有機土	有機質に富む定積土（泥炭土など）
転積土	崩積土	岩屑、角礫が重力によって山麓等に半円錐形に堆積したもの
	扇状堆土	溪谷から平地に扇状に押出した岩屑、円礫等を主体とするもの
	水堆土	風化物が水によって運搬とうたされ沈積したもの
	火山性土	火山放出物、火山灰礫、火山泥流等
	風積土	砂丘等風によって堆積したもの

〔参考〕 土性による区分

土性、主として手指による触感及び観察によって推定するが、砂及び粘土の含有量に基づいて各層ごとの土性を判定する。

土性の三角図表（国際土壌学会）により区分すると次のようになる。



図－9 土性の三角図表

4-4 土壤断面調査

土壤断面調査は、詳細な資料を必要とする場合に、土壤断面、土壤の物理的、化学的特性を調査するものとする。

〔解説〕

- 1 土壤断面調査は、詳細な資料を必要とする場合に、代表的な箇所に調査孔を掘り、層位区分、土色、土壤構造、硬密度、水湿状態、土性などの形態的特徴を調べ、土壤型を判定する。
また、必要に応じて、土層の深さ 20cm ごとの各深度における土壤硬度を山中式土壤硬度計にて測定する。山中式土壤硬度計はバネの反発力を利用したもので、27mm 以上の堅い地盤には根系の侵入が妨げられる。
- 2 土壤断面調査では、必要に応じて、各層位から採土円筒で自然状態の土壤を採取して、室内試験により土壤の物理的特性を調べるものとする。採土円筒の試料を試験することにより、三相組成（自然状態における土壤の固相、液相、気相の容積割合）などが判る。
- 3 土壤断面調査では、必要に応じて、採取した土壤試料を分析することにより、土壤の化学的特性を調べるものとする。一般には、炭素及び窒素含有量、C-N 率、pH 及び置換酸度を調べるものとする。

〔参考〕 土壌の化学的特性

1 炭素及び窒素含有量

土壌中に腐植がどの程度含まれているかは土壌の炭素含有量で示され、土壌中の腐植含有量は近似的に炭素含有量を 1.724 倍した値で示される。

森林土壌は腐植含有量の相異は大きい、一般に表-11 のような値を示す場合が多い。

また窒素含有量は炭素含有量と同様に土壌によって変化の幅が大きい、一般に表-11 のような値を示す場合が多い。

なお、普通の土壌では、C層やB層の下部の炭素及び窒素含有量を分析することは一般的ではない。

表-11 森林土壌の炭素、腐植、窒素含有量

層位	炭素含有量 (%)	腐植含有量 (%)	窒素含有量 (%)
F	35~45	60~85	1.0~1.5
H	25~40	40~70	1.0~1.5
A	4~15 (多くは6~10)	7~25 (多くは10~18)	0.3~1.0
B	1~8 (多くは2~5)	2~13 (多くは3~9)	0.1~0.5

2 C-N率

腐植及び窒素は、植物の養分として重要であり、樹木の利用できる窒素の供給は落葉及び腐植の分解による供給が主要な部分を占めており、土壌中の窒素含有量は肥沃度を判断するために重要である。森林土壌において肥沃度を判断する場合には、落葉及び腐植の分解がよいか悪いかにかかっており有機物中の炭素と窒素の比率（「C-N率」という。）がどのような値を示すか重要な意味をもっている。

C-N率は、次式により算定される。

$$\frac{\text{炭素含有量 (\%)}}{\text{窒素含有量 (\%)}} = \text{C-N率}$$

なお、森林土壌におけるC-N率はA層の値が重要で、今までに調査された結果では表-12 のとおりである。

表-12 森林土壌のC-N率

層位	C-N率
F	30 ~ 40
H	20 ~ 30
A	12 ~ 25

3 pH及び置換酸度

土壌中の植物の根はすべて水に溶けている養分を利用しており、水を通じて重要な生理作用が行われている。したがって、これらの植物の生活の場としての土壌が、酸性、中性、アルカリ性の区分及びその強さの程度によって、生理作用に重大な影響をおよぼす。

また、土壌の酸性が強くなるにしたがって、土壌コロイドに吸着されている植物の養分である塩基イオンが水素イオンで置換されて流亡していく。

土壌の酸性は、活酸性（真酸性）と置換酸性（潜酸性）に分類され、前者は土壌溶液の酸性を示し、後者は土壌コロイド粒子に吸着されている水素イオンの酸性を示す。

土壌の活酸性を知るためには、土壌のpHの測定が行われる。

置換酸性を知るためには、溶液中に放出された水素イオンを定量して置換酸度を測定する。

4-5 取りまとめ

土壌調査の成果は、調査目的に応じて、事業対象地域の土壌が把握できるように取りまとめるものとする。

〔解説〕

土壌調査の結果は、調査目的に応じて図表等に整理するとともに、計画、設計の基礎資料となるように取りまとめるものとする。

第5節 林況・植生調査

5-1 総説

林況・植生調査は、事業対象地及びその周辺の林況、植生等の状況について把握し、計画、設計の基礎資料を得ることを目的とする。

〔解説〕

- 1 山地の荒廃及び水、土砂の流出は、林況・植生と相関が大きく、この関係を明らかにすることは、事業の計画、設計に当たって重要である。
したがって、事業の目的に応じて、山腹斜面のみならず溪畔や溪流の中に進入している植生等の調査を必要な地域について実施する。
- 2 森林の賦存状況は、その地域の保全上に大きな関係があり、優良な森林は土壌条件も良く、水源かん養機能の高い地区である。一方、林相の悪いところは土壌条件も劣悪で保全上も注目すべきところである。
- 3 崩壊地周辺の森林、植生が果たしている役割等を調査し、その結果に基づき植生導入計画に当たっての樹種の選定、育成方法等を検討して、将来の合理的な流域管理を進めていくものである。
- 4 土石流に伴い発生する流木の対策・計画を検討するためには、流木の発生量や長さ、直径等を調査する必要がある。したがって、源頭部や溪流沿いの林況について調査を行う。
- 5 林況・植生調査の主な種類は次のとおりである。
 - (1) 予備調査
 - (2) 林相調査
 - (3) 森林調査
 - (4) 植物社会学的な植生調査
 - (5) 成長量調査

5-2 予備調査

予備調査は、資料調査等により、森林等の概況を調査するとともに、必要な調査を計画するものとする。

〔解説〕

森林関係の調査は、森林計画で十分な調査がなされているので、森林簿等の既存資料を基に行う。

調査事項は、調査の目的に応じて選択し実施する。

- 1 森林面積率
- 2 蓄積（単位面積当たりの材積）、樹高、胸高直径
- 3 林種、樹種、齡級

森林はその取扱いによって人工林、天然林に分けられるが、樹種により針葉樹林、広葉樹林又はこの混交林及び竹林に区分される。

一般に、若齡級よりも壯齡級の森林の方が保全効果も高い傾向にある。

混交林の場合の混交歩合は、立木材積の100分比で表す。

- 4 樹冠疎密度

樹冠疎密度は、樹冠投影面積の占める比率で表し、5/10以下を疎、6/10～8/10を中、9/10以上を密として表す。

- 5 植生相、群落の種類

植生相、群落の種類は植生図から現存植生などを調べるものとする。

5-3 林相調査

林相調査は、空中写真判読、現地踏査により、林相図を作成するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 林相図は、森林の樹種、林齢、樹高、樹冠疎密度、樹冠の高さなど、適切な指標を基に、林相を区分したものである。
- 2 林相図は、調査地に対して、空中写真判読、現地踏査による確認を行い作成する。
また、必要に応じて、既存資料を活用するものとする。

5-4 森林調査

森林調査は、森林整備等のために、立木の大きさ、成立本数等を定量的な尺度で調査するものとする。

〔解説〕

- 1 森林調査は、①対象地のすべての立木等を調査する毎木調査、②代表箇所に標準地を設けてその立木等を調査する標準地調査などの標本抽出調査に大別され、一般には標準地調査が多い。
- 2 森林調査は、森林を形成する立木の樹種、樹高、胸高直径（または根本径）、密

度等を定量的に調査する。また、標準地調査では、必要に応じて、立木の位置、樹冠の大きさ等を記録して、立木断面図、樹冠投影図を作成し、樹冠疎密度等を求める。なお、山腹工施工地の効果調査など、草本群落に用いられる場合もある。

3 標準地調査の調査方法としては、面的な区画とする場合と、線的な区画とする場合がある。

(1) 面的調査法

一定面積の標準地を設けるコドラート法が広く活用されている。標準地の形は、区画や面積を求めるのに便利なため、正方形や長方形とする。

標準地の大きさの標準は次のとおりである。

草本	1.0m×1.0m～2.0m×2.0m
低木林	5.0m×5.0m～10.0m×10.0m
高木林	10.0m×10.0m～20.0m×20.0m

また、重ね枠法は、森林の階層別に、高木用（100 m²程度）、低木用（25 m²程度）、草本（1 m²程度）の3つを重ねて用いる方法である。

(2) 線的調査法

一本の線状または帯状の標準地を設けるライントランセクト法、ベルトトランセクト法が用いられる。地形等の変化による植生群落の違いを把握したい場合等に用いる。

4 森林調査では、必要に応じて、光環境を調べるために、相対照度、日射量を計測することがある。

〔参考〕

植生工実施後の成果を確認する場合の調査におけるコドラートの大きさは、実播工施工後、初期には10cm×10cm～1.0m×1.0m、施工後2～3年の草本類、低木林、高木林については解説3(1)のコドラートの大きさを参考とする。

5-5 植物社会学的な植生調査

植生調査は、植生の分類等のために、植物社会学的な観点から階層構造、植物種を定性的な尺度で記録するものとする。

〔解説〕

- 1 植物社会学的な観点からの植生調査は、植物相を代表していると考えられる箇所を調査地として設定して実施する。
- 2 調査地は、周辺に生育している植物の大半が出現する大きさをとる必要がある。なお、調査対象箇所の面積を増やしながら出現種を記録していき、新しい種がほとんど記録されなくなった大きさの区画を調査地としてよい。

- 3 植生調査に当たっては、対象地の階層区分を行い、出現する植物種を記録する。一般的に階層は、①高木層、②亜高木層、③低木層、④草本層に区分する。
- 4 植生調査に当たっては、調査区における各階層の植被率を記録するとともに、ブロンーブランケ (Braun-Blanquet) による方法で、出現する植物の種の優占度、被度、群度等を記録する。
- (1) 植被率：各階層における植物が地上を覆っている割合の尺度 (%)
 - (2) 被 度：ある植物が地表を覆う割合の尺度 (%)
 - (3) 優占度：ある植物の優占の程度
 - (4) 群 度：調査区内のある植物の群がりの度合いを示す尺度

表－13 優占度の判定基準

優占度 (記号)	判定基準
r	孤立して生育
+	わずかな被度を持ち少数
1	個体数は多いが被度は低いか、または割合少数であるが被度は高い
2	非常に多数または被度 10～25%
3	被度 25～50%、個体数は任意
4	被度 50～75%、個体数は任意
5	被度 75～100%、個体数は任意

表－14 群度の判定基準

群 度	判定基準
1	茎葉または幹が孤立し、はなればなれに生ずる
2	団状または束状に生育する
3	群をなして生育する (小斑状またはクッション状)
4	群生する。広い斑状または芝生状
5	大群生する

5－6 成長量調査

成長量調査は、樹木の成長量を、年輪の測定等により調査するものとする。

〔解説〕

成長量調査は、次のように年輪の測定を行うことにより実施するものとする。

- 1 樹幹解析：樹木を伐採して、1～3mおきに円盤を採取し年輪幅を測定することにより、幹全体の成長量を把握できる。
- 2 成長錐による方法：成長錐を用いて幹から材片を抜き取り、年輪幅を測定することにより、幹の部分的な成長量を把握できる。

第6節 気象調査

6-1 総説

気象調査は、事業対象地及びその周辺における気象について把握し、計画、設計の基礎資料を得ることを目的とする。

〔解説〕

- 1 山地治山計画等に必要な気象調査は、事業対象地域全般の気象と、局地的な特定の気象条件に関する資料が必要である。
- 2 計画の基本的な考え方を決定するための検討資料として、事業対象地域の降水量の多少、雨雪の区分、異常気象の実態、雨量強度、最大積雪深、風速、風向、気温の極値等が必要である。
- 3 小区域における局地的な積雪、風、気温、地温、土壌凍結等は工事の施工と直接的に関わりを持つものである。
- 4 気象調査の主な種類は次のとおりである。
 - (1) 降水量の調査
 - (2) 気温の調査
 - (3) 風の調査
 - (4) 気象調査資料の補正
 - (5) 現地における気象調査

6-2 降水量の調査

降水量は、事業対象地内又は最寄り地上気象観測所等に設けられた観測施設の記録により調査を行うものとする。

〔解説〕

降水量は、調査時点以前のなるべく長期間の観測資料から年降水量、最大日雨量、最大24時間雨量、最大時雨量、連続降雨量、解析雨量、実効雨量、スネークラインズ、土壌雨量指数、降雨時期及び降雪量等について調査するものとする。

- 1 年降水量
年降水量は、観測期間の最大、最小、平均値及び月別の平均降水量等について調査する。
- 2 最大日雨量・最大時雨量
最大日雨量（24時間雨量）・最大時雨量（1時間雨量）は、観測期間の最大、平均、標準偏差、歪係数及び超過確率について調査する。
- 3 連続降雨量
連続降雨量は、各年の過大な降雨（最大日雨量を含む連続降雨等）の降雨形態、

降雨時期について調査する。

なお、降雨による斜面崩壊、土石流の発生等があった場合には、これに関わる降雨量を調査する。

4 解析雨量

気象レーダー、アメダス等の地上の雨量計を組み合わせて、1時間の降水量分布を1km四方の細かさで解析した降水量分布のこと。

5 実効雨量

これまでに降った雨が、時間の経過とともに浸透・流出することで変化する土中の水分に相当する量。土砂災害発生の指標として用いられている。

6 スネークライン図

縦軸を短期の降雨を表す指標の「60分間雨量」、横軸を長期の降雨を表す指標の「累加雨量指数」として、一定時間ごとにつないだ線のこと。この線は、その変化の様子が蛇の動きに似ていることから「スネークライン」と呼ばれている。

7 土壌雨量指数

土壌雨量指数は、降った雨が土壌中に水分量としてどれだけ溜まっているかを、タンクモデルを用いて数値化したもので、降った雨による土砂災害危険度の高まりを把握するための指標。各地の気象台が発表する大雨警報（土砂災害）や土砂災害警戒情報等の判断基準に用いられている。

8 積雪深等

積雪深等は、年最大積雪深、降雪の初・終日、根雪期間等について調査する。

6-3 気温の調査

気温は、事業対象地内又は最寄り地上気象観測所等に設けられた観測施設の記録によって調査を行うものとする。

〔解説〕

気温は、調査時点以前のなるべく長期間の観測資料によって、気温は最高、最低及び平均を土壌凍結は凍結深、凍結期間及び凍上深について調査する。

〔参考〕 温量指数

植物の生活作用が温度によって左右されるところから、吉良は、積算温度を植物分布の制限要因として日本の森林帯を分類し、月平均気温5℃以上の各月の平均気温から5℃を引いた数字を加算したものを温量指数（暖かさの指数）とし、ついで月平均気温5℃以下の各月について平均気温と5℃との開きを合計したものを寒冷指数（寒さの指数）としている。

これによって、温量指数と気候帯、植物帯の関係を表-15のように区分している。

表-15 温量指数と気候帯、植物帯

温量指数	気候帯	森林帯	草地帯	
			採草地	放牧地
0	極帯	(氷雪)		
0~5	寒帯	ツンドラ帯		
15~ (45~55)	亜寒帯	常緑針葉樹林帯	ササ型 イワノガリヤス型	ナガハグサ型 ウシノケクサ型
(45~55) ~	冷温帯	落葉広葉樹林帯	ススキ型	シバ型
85	暖温帯	照葉樹林帯	ススキ-ネザサ型	ネザサ型
85~180	亜熱帯	亜熱帯降雨林帯		
180~240	熱帯	熱帯降雨林		
240以上				

注：植物帯は湿潤気候帯における配列を示す。

(吉良竜夫 1948)

【参考】 乾湿指数

通常、平地における気温は緯度に関連する。しかし、気温条件が同様であっても標高の差異による気圧、降雨、風、日照量、日照時間などの条件の相違によって植物の種類、分布状況が異なる。このような標高的な観点から気候帯、植物帯を気候の乾湿指数 (K) によって算出し、区分することも行われる。この指数は次式で表される。

温量指数が 100 以下のとき $K = P / (W + 20)$ (6. 3. 1)

温量指数が 101 以上のとき $K = 2P / (W + 10)$ (6. 3. 2)

W：温量指数

K：乾湿指数

P：年平均降水量

表-16 Kの値

0~3	過乾燥
3~5	乾燥
5~7	準乾燥
7~10	準湿潤
10~	湿潤

【参考】 凍結指数

凍結深を現地で調査できないときは、月別の 0℃以下の平均気温とその継続期間の積の和 (凍結指数) を求め、次式により推定することができる。

$Z = C \sqrt{F}$ (6. 3. 3)

Z：最大凍結深 (cm)

C：常数 3~5 (日陰で風当たりの強い箇所は 5)

F：凍結指数 (0℃以下の気温とその継続期間の積の和)

〔参考〕 温雨図

気候区分を判定するためには温雨図を作成する。

温雨図は、方眼の横軸に月降水量、縦軸に月平均気温をとって月ごとに図示し、1月と8月を結ぶ線が横軸と交わる角度によって次のように区分する。

< 90° ……………太平洋型

> 90° ……………日本海型

6-4 風の調査

風向・風速は、事業対象地内又は最寄り地上気象観測所等に設けられた観測施設等の記録により、調査を行うものとする。

〔解説〕

風向・風速は、降水、気温とともに、植生の成立環境を支配するので、風向、最大風速等について気象資料によって把握し、植生導入における計画、設計に用いるものとする。

6-5 気象調査資料の補正

気象調査資料を補完、修正する必要がある場合には、統計的処理が可能な範囲において最も適切な方法により補正するものとする。

〔解説〕

計画、設計に必要な確率雨量等の算出に使用する流域平均降雨量は、算術平均法、ティーセン法、等雨量線法及び代表係数法等があり、一般には算術平均法又はティーセン法が用いられる。

1 算術平均法

この方法は、各雨量観測所の観測値を単純平均する方法である。

流域内に雨量観測所が一様で密に分布していて、各観測値と平均値との差が余り大きくなければ精度も比較的高い。

しかし、降雨に対する地形の影響が大きい山地等で、観測所数が少ない場合にはこの方法による値は大きな誤差を生ずるおそれがある。

算定式は次のとおりである。

$$r = (r_1 + r_2 + \dots + r_N) / N \dots \dots \dots (6. 5. 1)$$

r : 平均雨量

r₁, r₂ …… r_N : 各雨量観測所における降雨量

N : 雨量観測所数

2 ティーセン法

ティーセン法は、各観測所の支配面積に相当する重みを降雨量につけて平均雨量を計算する方法である。この場合でも、地形による降雨の影響の強い流域では、それを考慮して観測所が配置されているのでなければ誤差を生ずることがある。

算定式は次のとおりである。

$$r = (\alpha_1 r_1 + \alpha_2 r_2 + \dots + \alpha_N r_N) / A \dots \dots \dots (6. 5. 2)$$

r : 平均雨量

α₁, α₂ …… α_N : 地図内各雨量観測所を記入し、これらを結ぶ直線の垂直二等分線によって各観測所の周りに作られた多角形の面積

A : 全流域面積

N : 雨量観測所数

r₁r₂ …… r_N : 各位雨量観測所の降雨量

〔参考〕 欠測等の補足

現在の気候統計値を取り扱う場合、観測所ごとに観測期間が異なっていることがある。このような場合の補足方法の例を示すと以下のとおりである。

1 統計期間が不足している場合

A地点では対象期間30年(例えば1969～1998年)の全観測値がそろっているが、近接したB地点ではそのうち15年間だけの観測値があったとする。このようなときB地点の15年間の観測値からその地点の30年間の平均値を推定するには次の方法による。

A地点の30年間平均値をt_A、B地点の15年間平均値 t' _Bとする。

B地点で観測が行われていた15年間のA地点における平均値を算出し、これを t' _Aとすれば、B地点における30年間の推定平均値 t_Bは次式で求められるが、気温と降水量では式が異なる。

$$\text{気温の場合} : t_{B_r} = t_{A_r} + (t'_{B_r} - t'_{A_r}) \dots \dots \dots (6. 5. 3)$$

$$\text{降水量の場合} : t_{B_r} = t_{A_r} \times t'_{B_r} / t'_{A_r} \dots \dots \dots (6. 5. 4)$$

両式を変形すると、t_{B_r} - t_{A_r} = t' _{B_r} - t' _{A_r} 並びに t_{B_r} ・ t' _{A_r} = t_{A_r} ・ t' _{B_r} が得られる。

このことは、「近接した地点間の平均気温の差は、統計期間がちがっても等しい」及び「近接した2地点間の降水量の比は統計期間が異なっても等しい」ことを意

味している。

2 観測期間が異なる場合

例えば、C地点はA地点の近傍にあり、1931～1960年の観測値があったとする。

この場合C地点の1951～1980年間の平均値を推定するには、上記1と同様次のようにする。

A地点の1951～1980年間及び1931～1960年間の平均値を m_A 及び m'_A とする。

また、C地点の1931～1960年間の平均値を m'_C 、1951～1980年間の推定平均値を m_C とすれば、

$$\text{気温の場合} : m_{C_r} = m_{A_r} + (m'_{C_r} - m'_{A_r}) \cdots \cdots (6.5.5)$$

$$\text{降水量の場合} : m_{C_R} = m_{A_R} \times m'_{C_R} / m'_{A_R} \cdots \cdots (6.5.6)$$

となる。

このように、統計期間が異なっても、近接したところに完全にしかもある期間同時に観測が行われていたような地点があれば、それら不完全地点の統計値を補正することが可能である。基準となる地点と補正を受ける地点との間の観測期間のかさなりは、統計期間の2分の1、すなわち統計期間が30年であれば15年は必要である。やむを得ない場合でも3分の1が最低であり、それ以下なら参考資料にとどめるべきである。

〔参考〕山地における降雨量、気温の補正

- 1 降水量は、一般に山地の方が平地より多い。特に、流域内における山地地域の比率が高ければ、平地の観測記録だけでは相当大きな誤差を生じるおそれがある。そのために、山地に降水量観測所がない場合には、必要に応じて平地の観測値の補正を行って山地における降水量とすることができる。
- 2 気温は、一般に標高が高くなるにつれて下がることから、 $-0.6^\circ\text{C}/100\text{m}$ 程度の補正を行うことが望ましい。

6-6 現地における気象調査

既往の観測資料が得られない場合、既存資料では現地への適合性が著しく低い場合又は特定の気象要素を把握する必要がある場合等には、新たに現地で気象調査を実施するものとする。

〔解説〕

広域的な調査にあつては既存資料の検討で十分であるが、計画地と観測所が著しく離れている場合又は極く狭い地域の資料が必要な場合等にあつては現地で気象観測を行う必要がある。特に山地上流域は、地形の影響により平野部とは気象条件

が異なる場合があるため、可能な範囲で現地観測を行うことが望ましい。

調査する気象要素としては、降雨量、気温、積雪深、積雪密度、風向・風速等があり、観測方法、期間等はそれぞれの目的によって、適切なものを選択する。

6-7 取りまとめ

気象調査の成果は、調査目的に応じて、事業対象地の気象が把握できるように取りまとめるものとする。

〔解説〕

気象調査の結果は、調査目的に応じて図表等に整理するとともに、計画、設計の基礎資料となるように取りまとめるものとする。

第7節 水文調査

7-1 総 説

水文調査は、事業対象流域の水文量を把握し、事業の計画、設計に必要な基礎資料を得るものとする。

〔解説〕

- 1 水文事象は、自然の物理法則にしたがって生起するものであるが、その特性を明らかにするためには、物理法則のほかに統計的法則を利用して分析を行い、水文量の時間的・空間的分布とその変化について解析する必要がある。
- 2 水文量は、地域において統一的数値を定めている場合にはそれによることができる。
- 3 水文調査の標準的な種類は次のとおりである。
 - (1) 水文資料の選定及び収集整理
 - (2) 水文量の生起確率の解析
 - (3) 流出解析
 - (4) 洪水流出量の計算
 - (5) 流量調査

7-2 水文資料の選定及び収集整理

- 1 水文量解析の基になる水文資料は、その目的、方法等を考慮して選定するものとする。
- 2 収集した水文資料については、観測及び記録上の誤りの存否を調査し、欠測値の補充等、資料の補正を行うものとする。

〔解説〕

- 1 水文資料は、長年にわたる過去の実績が重要である。しかし、事業対象流域の水文資料については、十分でないことが多いので、その際は、他の機関で管理している記録資料によって補わなければならない。
- 2 水文資料の選定に当たっては、観測地点、観測時期等が利用目的を満たしていること、記録資料が偏ったものでなく必要な精度をもっていること等を検討し、必要に応じ観測方法、地点周辺の環境状態とその変遷について調査しておく必要がある。
- 3 欠測値の補充は、対象としている資料と相関性のある他の水文要素の記録や、近傍地点の同種の記録資料を用いて、欠測部分に対応する関連要素から求めるものとする。

一般に、対象流域及び近傍流域の観測記録を調べ、解析対象観測所間のすべての組合せについて単相関解析を行い、相関の最もよい観測所間で欠測値を推定する。なお、資料の数の少ないものから得られたものである場合、その採用にあたっては十分な検討が必要である。

7-3 水文量の生起確率の解析

水文量の生起確率に関する解析は、適切な方法で検討を行うものとする。

〔解説〕

- 1 水文量の生起確率に関する解析は、一般に次の項目について検討を行うものとする。
 - (1) 解析試料の抽出
 - (2) 適用分布形の選定
 - (3) 欠測値及び異常値の棄却に関する検討
 - (4) 再現期間の推定
- 2 水文量の生起確率の推定に関する解析を行うに当たっては、次の諸点に留意する必要がある。
 - (1) 生起確率に関する解析計算に用いる試料は、解析の前提条件として独立性、不偏性、等質性を満足するものでなければならない。
また、この試料は、同一の環境条件のもとで生起したと見なせる水文量の集

団から無作為に取り出されたと見なせるものでなければならない。この試料抽出に当たって注意しなければならない点は以下のとおりである。

- ① 周期性、持続性を持たないような試料抽出を行うこと。
- ② 傾向変化のない試料抽出を行うこと。
- ③ 年最大値試料を抽出する場合、解析の目的に応じ対象の季節を限定して、例えば、洪水期に限定して取り扱うことが望ましい場合がある。

(2) 水文要素の確率解析では、同じ資料から採られたものでも、期間の取り方、期間の長さによって解析結果がかなり大きく変動することがある。解析結果の値の信頼度を高めるためには、できるだけ長期間の資料をそろえる必要がある。

3 確率解析におけるデータの棄却検定法としては、棄却限界法を応用した角屋の方法、Beardの方法（アメリカ）、Nashの方法（イギリス）がある。

なお、これらの検定法は十分考慮のうえ適用する必要があり、資料年数が少ない場合（例えば30年以下）については、実際面で適用しないことが望ましい。

7-3-1 再現期間及び確率水文量

事業計画の規模を決定するために必要とする水文量の特定値に対応する再現期間は、その水文量の生起度数を基にして決定するものとする。

〔解説〕

1 確率年の算定は次の算式により求めるものとする。

$$T = 1/m \cdot P(X_u) \quad \text{又は} \quad T = 1/m \cdot F(X_\alpha)$$

T：水文量の特定値 X_u 、 X_α にそれぞれ対応する再現期間

$P(X_u)$ ：水文量が X_u に等しいか、それを超える値が生起する確率

$F(X_\alpha)$ ：水文量が X_α に等しいか、それを超えない値が生起する確率

m：算定に用いた試料の年間平均生起回数

確率年を指定したとき、それぞれに対応する水文量の値（ X_u 又は X_α ）を T 年確率水文量という。

2 t 年間の資料の中から抽出した資料の大きさを N（個）とする水文量の年間生起度数は、年平均抽出資料数に相当し、 $m = N/t$ である。

3 この式は、水文量が X_u と等しいか、それを超える値が生起することが平均的に T 年に 1 回（ $m = 1$ の場合には T 年に 1 回）の割合で起きること又は X_α と等しいかそれを超えない値が生起することが T 年に 1 回の割合で起きることが期待されることを意味している。

ここで、水文量のある大きさ x の値に対応する $P(x)$ 又は $F(x)$ の値が推定できれば、この式によって x の値に対する確率年（ $T =$ リターンピリオド又は再現期間ともいう）が算出され、また、逆に確率年 T を指定すれば、本文の式によって $P(x)$ 又は $F(x)$ の値が求まり、これに対応する水文量（ $x = T$ 年確率水文量）を算出することができる。

7-3-2 確率水文量計算

水文量の生起確率に関する推定は、適切な分布関数式を用いて行うものとする。

〔解説〕

- 1 水文量の生起確率に関する推定を解析的に行う場合には、次の手順にしたがって行うものとする。
 - (1) 分布関数式を選定する。
 - (2) 試料を基に関数式の諸係数を求める。
 - (3) 再現期間に対応する確率水文量を求める。
- 2 水文量の確率計算において用いられる代表的なものとして、対数正規分布、対数ピアソンⅢ型分布、対数極値分布（最大値分布及び最小値分布）及び指数分布等がある。分布関数形の選定に当たっては、理論的又は経験的に適合するものであることを確かめたうえで適用する。
- 3 治山事業に使用されている計算法は、直接解法と近似解法が多用されている。
- 4 確率水文量の算出に当たっては、治山施設の重要性、目的等に応じて生起確率の計算を行うものとする。

〔参考〕 確率水文量の計算方法

日雨量を例にとって、計算方法を示すと次のとおりである。

- 1 直接解法（ピアソンⅢ型分布）

$$(1) \bar{P} = \frac{\sum P_i}{N}$$

\bar{P} : 観測期間内最大日雨量の平均値 (mm)

P_i : 各年の最大日雨量 (mm)

N : 観測期間

$$(2) C_v = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{N-1}}$$

C_v : 標準偏差

$$(3) C_s = \frac{\sum (P_i - \bar{P})^3}{(N-1)(C_v)^3}$$

C_s : 歪係数

$$(4) \hat{C}_s = C_s \left(1 + \frac{8.5}{N}\right)$$

\hat{C}_s : 母集団の歪係数

- (5) \hat{C}_s に対応する規準確率変量(K_T)を表-17から求め、 C_v を乗じ \bar{P} を加えれば、それぞれの超過確率日雨量(P)が求められる。

$$P_T = K_T \times C_v + \bar{P}$$

この場合モード日雨量 P_M は、 $P_M = \bar{P} - \frac{\hat{C}_s \cdot C_v}{2}$ で求められる。

表-17 ピアソンⅢ型より求められた規準確率変量 (K_T)

歪係数	確 率 年 (T)							
	2	5	10	20	30	50	100	200
	超 過 確 率 (1/T%)							
	50	20	10	5	3.33	2	1	0.5
3.0	-0.40	0.42	1.18	2.02	2.55	3.15	4.02	4.97
2.8	-0.38	0.47	1.20	2.02	2.54	3.11	3.95	4.85
2.6	-0.37	0.51	1.23	2.01	2.52	3.07	3.87	4.72
2.4	-0.35	0.54	1.25	2.01	2.50	3.02	3.78	4.58
2.2	-0.33	0.58	1.28	2.01	2.47	2.97	3.70	4.44
2.0	-0.31	0.61	1.30	2.00	2.44	2.91	3.60	4.30
1.8	-0.28	0.64	1.32	1.98	2.40	2.85	3.50	4.15
1.6	-0.25	0.68	1.33	1.96	2.36	2.78	3.40	3.99
1.4	-0.22	0.71	1.34	1.93	2.32	2.71	3.28	3.83
1.2	-0.19	0.74	1.35	1.90	2.27	2.63	3.15	3.66
1.0	-0.16	0.76	1.34	1.87	2.21	2.54	3.03	3.49
0.8	-0.13	0.78	1.34	1.83	2.15	2.45	2.90	3.31
0.6	-0.09	0.80	1.33	1.79	2.08	2.36	2.77	3.13
0.4	-0.06	0.82	1.32	1.74	2.01	2.26	2.62	2.95
0.2	-0.03	0.83	1.30	1.69	1.94	2.16	2.48	2.76
0.0	0.00	0.84	1.28	1.64	1.83	2.05	2.33	2.58
-0.2	0.03	0.85	1.25	1.58	1.78	1.95	2.18	2.39
-0.4	0.06	0.85	1.22	1.51	1.69	1.83	2.03	2.20
-0.6	0.09	0.86	1.19	1.45	1.60	1.72	1.88	2.02
-0.8	0.13	0.86	1.16	1.38	1.51	1.61	1.74	1.84
-1.0	0.16	0.86	1.12	1.31	1.42	1.49	1.59	1.66
-1.2	0.19	0.85	1.08	1.25	1.32	1.38	1.45	1.50
-1.4	0.22	0.84	1.05	1.18	1.23	1.27	1.32	1.35
-1.6	0.25	0.82	0.99	1.10	1.14	1.17	1.20	1.22
-1.8	0.28	0.80	0.95	1.03	1.05	1.07	1.09	1.10

2 近似解法 (対数正規分布)

密度曲線の変量を対数に置換したとすると、一応正規分布に近似すると考えられるので、各超過確率の逆数つまり再現期間 (リターンペリオド) に対応する規準確率変量を求めて、資料からの標準偏差 C_v を乗じ、平均値 \bar{P} を加えて超過確率日雨量が求められる。

(1) $\bar{P} = \frac{\sum P_i}{N-1}$ 1の(1)と同じ

(2) $C_v = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{N-1}}$ 1の(2)と同じ

(3) ガンベル・チョー式

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \log e \left(\log e \frac{T}{T-1} \right) \right\}$$

K_T : 規準確率変量 (表-18による)

π : 円周率

e : 自然対数の底

T : 再現期間 (年)

表-18 規準確率変量の近似値 (K_T)

確率年 (T)	2	5	10	20	30	50	100	200
超過率 (1/T%)	50	20	10	5	3.33	2	1	0.5
規準確率変量	-0.164	0.720	1.304	1.867	2.189	2.592	3.137	3.683

[注] ガンベル・チョーの方法は、ピアソンⅢ型の歪係数 1.14 の場合の計算値が求められる。

したがって、日本の場合は種々の歪係数の地帯があるので、この方法を採用する場合は注意を要する。

(4) $\bar{P}_T = \bar{P} + K_T C_v$

\bar{P}_T : T年の確立最大日雨量 (mm)

7-4 流出解析

流出解析は、調査目的に見合った適切な方法で実施するものとする。

〔解説〕

- 1 流出解析は、通常、高水時と低水時の流出メカニズムが異なることから、①時間単位以下の流量を洪水時に限定して取り扱う洪水流出解析、②日単位以上の流量を長期間に亘って取り扱う長期流出解析とに大別される。
- 2 流出解析を実施するに当たっては、適切な観測資料を利用するとともに、流域特性について調査を行うものとする。

7-4-1 資料調査

資料調査は、事業対象流域内の観測所の雨量、水位、流量等の記録及び流域特性を調査するものとする。

〔解説〕

- 1 雨量は、当該流域及びその近傍流域において得られるすべての雨量資料を、降雨原因を含めて調査する。
- 2 流量は、流量の測定場所、方法を明示し、現地で計測を行った場合は、その方法を具体的に記入しておく必要がある。
- 3 洪水流出解析を行う場合は、必要に応じて、洪水痕跡から対象とする洪水の最大洪水流量を求めるものとする。
- 4 流域の形状及び土地利用状況等について調査し、流出計算に必要な特性を把握するものとする。

7-4-2 洪水流出解析

洪水流出解析は、資料を調査対象洪水ごとに整理して解析するものとする。

〔解説〕

- 1 洪水流出解析は、洪水時の流出量の計算を適切な方法で行う等の目的で、雨量、融雪量と流出量の関係を把握し、流出計算モデル、パラメータの適合性を検討する。
- 2 計算モデルにより過去の洪水を再現し、洪水痕跡との差異から、計算モデルの適合性を検討するとともに、洪水時の土砂等の混入率等を推定することがある。

7-4-3 長期流出解析

長期流出解析は、資料を一定期間ごとに整理して、解析するものとする。

〔解説〕

- 1 長期流出解析は、降水量と蒸発散量の関係、低水流量など、流域の流況、水収支を把握するために、一定期間の降水量と流出量の関係等を解析する。
- 2 解析にあたっては、一般に、流量(m³/s)から算出した1時間または1日に流出した流出量を流域面積で除して流量高(mm/hr、mm/day)に変換して整理する。
- 3 水収支を把握するには、季節変動を考慮して低水位期を区切りとする1年間(1水文年)を単位として解析することが望ましい。

7-5 洪水流出量の計算

洪水時の流出量は、適切な計算モデルによって推定するものとする。

〔解説〕

- 1 洪水時に降水量から流出量を計算する流出計算モデルには、合理式、単位図法、貯留関数法など、多くのタイプが提案されている。
- 2 合理式法(ラショナル法)は、最大洪水流量(流出量のピーク値)を推算する簡便法であり、比較的小さい流域を対象とする場合に適合性がよい。治山事業において最大洪水流量を求める場合は、原則として、合理式によるものとする。なお、流域面積が大きい場合または流出量の時間変化(ハイドログラフ)も必要な場合には流域の状況によって単位図法、貯留関数法等を用いることが適当である。
- 3 合理式法は、貯留現象を考慮する必要のない流域の最大洪水流量を算定する場合に適用し、次式で算出する。

なお、雨量強度は、原則として、100年確率の値を用いるものとするが、100年確率の雨量強度を超える現象が認められた場合は、当該現象における雨量強度等を用いることができる。

$$Q = 1/360 \cdot f \cdot r \cdot A \cdots \cdots (7.5.1)$$

Q : 最大洪水流量 (m³ / s)

f : 流出係数

r : 洪水到達時間内の雨量強度 (mm/h)

A : 集水面積 (ha)

- 4 合理式は、次の仮定の上に作成されたものであるので、適用に当たっては、これらの仮定に留意しなければならない。
 - (1) ある降雨強度の降雨による流出量は、その強度の降雨が、到達時間かそれ以上の時間継続するときに最大となる。

- (2) 降雨の継続時間が到達時間に等しいか、それ以上長いある強度の降雨による最大流出量は、その降雨強度と直線関係がある。
- (3) 最大流出量の生起確率は、与えられた到達時間に対する降雨強度の生起確率に等しい。
- (4) 流出係数は、与えられた流域に降るすべての降雨及びどの確率の降雨に対しても同じである。
- (5) 一般に流域面積が大きくなると貯留効果が大きくなり、合理式の線型仮定が成立しなくなるので注意しなければならない。

〔参考〕流出係数（f）

合理式の流出係数（f）は、一定期間の降雨に対するピーク流出時の流出の率を示したもので、流域の地被、植生、地形、土地利用状況等を勘案して決定する必要がある。

流出係数は、合理式を用いるに当たって最も決定が困難な要素であり、いろいろな値が提案されている。

荒廃が進んだ流域に溪間工を設置する場合は、ピーク流量が大きいことから 0.7 以上をとることが望ましい。

表－19 自然状態での流出係数 f_1

地質及び地形		浸透能不良母材			浸透能普通母材			浸透能良好母材		
		急峻	斜面	平地	急峻	斜面	平地	急峻	斜面	平地
f_1	森林	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35	0.45	0.35	0.25
	疎林耕地	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35
	草地	0.85	0.75	0.65	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45
	不毛岩石地	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.60	0.70	0.60	0.50

〔注〕 1 大面積に対して、それぞれの占有面積に対する割合を求め、それぞれ表－19 の値を乗じて集計してそれを 100 で除し代表的流出係数とする。

2 表－19 における地質の区分は、概ね次のとおりとする。

- (1) 浸透能不良母材とは、流域全体を考慮して、例えば、基岩が現れているものや、粘性土で浸透能が不良と思われるもの。
- (2) 浸透能良好母材とは、砂質土、火山性堆積物など、空隙の多い土壌をいう。

（出典）山口伊佐夫：治山設計、農林出版、p53、昭和 54 年
 森林土木ハンドブック 第 7 版、p744、平成 17 年

表-20 開発地域の流出係数 f_2

開発地域	都市地区	住宅地区	舗装道路	砂利道路	庭園芝生	樹林	運動場公園
f_2	0.90～ 0.95	0.70～ 0.80	0.85～ 0.98	0.60～ 0.75	0.45～ 0.55	0.35～ 0.40	0.55～ 0.65

【参考】洪水到達時間 (t)

合理式に用いられる洪水到達時間 (t) は、流域の最遠点に降った雨がその流域の出口に達するまでに要する時間として定義される。

この時間は、通常、降雨が流路に入るまでの時間 (流入時間) と流路の中を下流端に達するまでに要する時間 (流下時間) の和として求められる。

$$\text{洪水到達時間}(t) = \text{流入時間}(t_1) + \text{流下時間}(t_2)$$

1 流入時間 (t_1)

流入時間は、流路に達するまでの斜面の形状や面積の大小、地表面、勾配、地被状態、流下距離、降雨強度など多くの要素に支配される。治山事業の計画、設計には、経験的な値か次のカーベイ式で求めた値を用いる。

$$t_1 = (2/3 \times 3.28 \times (L_1 \times nd) / \sqrt{S})^{0.467} \dots\dots\dots (7.5.2)$$

t_1 : 山腹流下時間 (min)

3.28 : メートルをフィートに換算する係数

L_1 : 流域内再遠点から流路に達するまでの距離 (m)

S : 平均勾配 ($S = H / L_1$)

H : 標高差 (m)

nd : 遅滞係数 (表-21 参照)

表-21 遅滞係数 (nd)

地被状態	nd
不透水面	0.02
よく締まった裸地 (なめらか)	0.10
裸地 (普通の粗さ)	0.20
粗草地及び耕地	0.20
牧草地または普通の草地	0.40
森林 (落葉林)	0.60
森林 (落葉林、落葉等堆積地)	0.80
森林 (針葉樹林)	0.80
密草地	0.80

2 流下時間 (t_2)

雨水が流路上流端に流入し、流量算出地点まで達するに要する時間が流下時間である。

流下時間を求めるには次の式がある。

(1) マニング式

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots \dots \dots (7.5.3)$$

マニング式により求められた平均流速を用いることで、流下時間を算出することができる。

$$t_2 = L_2 / (V \times 60)$$

V : 流速 (m/s)

t_2 : 流下時間 (min)

R : 径深 (m)

I : 水面勾配

n : マニングの粗度係数

L_2 : 流路延長 (m)

(2) ルチハ式

$$t_2 = L_2 / 72 (H / L_2)^{0.6} \quad (\text{hr})$$

L_2 : 流路延長 (km)

H : 流路の標高差 (km)

(3) クラーヘン式 (自然流域において用いられる)

$$t_2 = L_2 / W$$

L_2 : 流路延長 (m)

W : 洪水流出速度 (表-22 参照)

I : 流路勾配

表-22 洪水流出速度 (w)

I	1/100 以上	1/100~1/200	1/200 以下
W (m/s)	3.5	3.0	2.5

【参考】雨量強度 (r)

合理式法の雨量強度 (r) の算定に用いる降雨強度は、各地での降雨量の実測値を統計処理して作成された確率降雨強度式により求める。なお、汎用的に用いられている雨量強度の算出法として特性係数法がある。

【参考】特性係数法による雨量強度の算出

1 降雨強度式

岩井・石黒によると、降雨継続時間に対する雨量強度を求める降雨強度式のタイプは、地域特性に応じて、次のように整理される (図-10)。

$$\text{タルボット型} : r = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots (7.5.4)$$

$$\text{シャーマン型} : r = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots (7.5.5)$$

$$\text{久野・石黒型} : r = \frac{a}{\sqrt{t} \pm b} \dots\dots\dots (7.5.6)$$

$$\text{君島型} : r = \frac{a}{t^n + b} \dots\dots\dots (7.5.7)$$

r : 降雨強度 (mm/h)

t : 降雨継続時間 (min)

a, b, n : 地域ごとの降雨分布の特性を示す常数

2 特性係数法

岩井・石黒は、N年確率の降雨強度を次式で表し、特性係数とN年確率の1時間雨量から、降雨強度 (r) が求められるとした (特性係数法)。

$$r_N = \beta_N \cdot R_N \dots\dots\dots (7.5.8)$$

r : 1時間降雨強度 (mm/h)

β : 特性係数

R : 1時間雨量 (mm)

N : 確率N年を表す添字

たとえば、 r_N はN年確率雨量強度を表す

また、 $t = 60\text{min}$ のとき、 $\beta_N = 1.0$ であることから、各タイプの降雨強度式は、下記のとおり表される。

$$\text{タルボット型} : r_N^t = \frac{a'}{t+b} \cdot R_N \dots\dots\dots (7.5.9)$$

$$\text{シャーマン型} : r_N^t = \frac{a'}{t^n} \cdot R_N \dots\dots\dots (7.5.10)$$

$$\text{久野・石黒型} : r_N^t = \frac{a'}{\sqrt{t} \pm b} \cdot R_N \dots\dots\dots (7.5.11)$$

$$\text{君島型} : r_N^t = \frac{a'}{t^n + b} \cdot R_N \dots\dots\dots (7.5.12)$$

t : 洪水到達時間 (min)

さらに、上式の a、b、n は、t = 60min のとき、 $\beta_N = 1.0$ という条件から、次式により算出される。

$$\text{タルボット型} : a' = b + 60, \quad b = \frac{60 - \beta_N^t \cdot t}{\beta_N^t - 1} \dots (7.5.13)$$

$$\text{シャーマン型} : \log a' = \frac{\log \beta_N^t \cdot \log 60}{\log 60 - \log t'}, \quad n = \frac{\log a'}{\log 60} \dots (7.5.14)$$

$$\text{久野・石黒型} : a' = \sqrt{60} \pm b, \quad b = \frac{\sqrt{60} - \beta_N^t \cdot \sqrt{t}}{\beta_N^t - 1} \dots (7.5.15)$$

β_N^t : t 分間特性係数値

なお、t 分間特性係数値は、同一確率年における 1 時間 (60 分) 降雨強度に対する t 分降雨強度の比である。

$$\beta_N^t = \frac{I_N^t}{I_N^{60}}$$

以上の関係式を用いることにより、次のとおり降雨強度が求められる。

- (1) 特性係数値の算出 : 1 時間降雨強度と任意の t 分間降雨強度 (例えば 10 分間) から t 分間特性係数値を算出する。
- (2) a、b、n の算出 : t 分間特性係数値を代入して算出する。
- (3) 降雨強度の算出 : (7.5.9 式) から (7.5.12 式) において、洪水到達時間に対応する特性係数を算出し、特性係数に 1 時間雨量を乗じて、降雨強度を求める。その際、今後の気象変動の影響を考慮してもよい。

3 特性係数法の簡便化

岩井・石黒は、全国 148 点の観測資料を収集、解析して、1 時間降雨強度 10 分間特性係数値の分布図を求めており、これらにより簡便に、任意地点の降雨強度が求まる。

(出典) 岩井重久・石黒政儀 : 応用水文統計学、森北出版、昭和 45 年

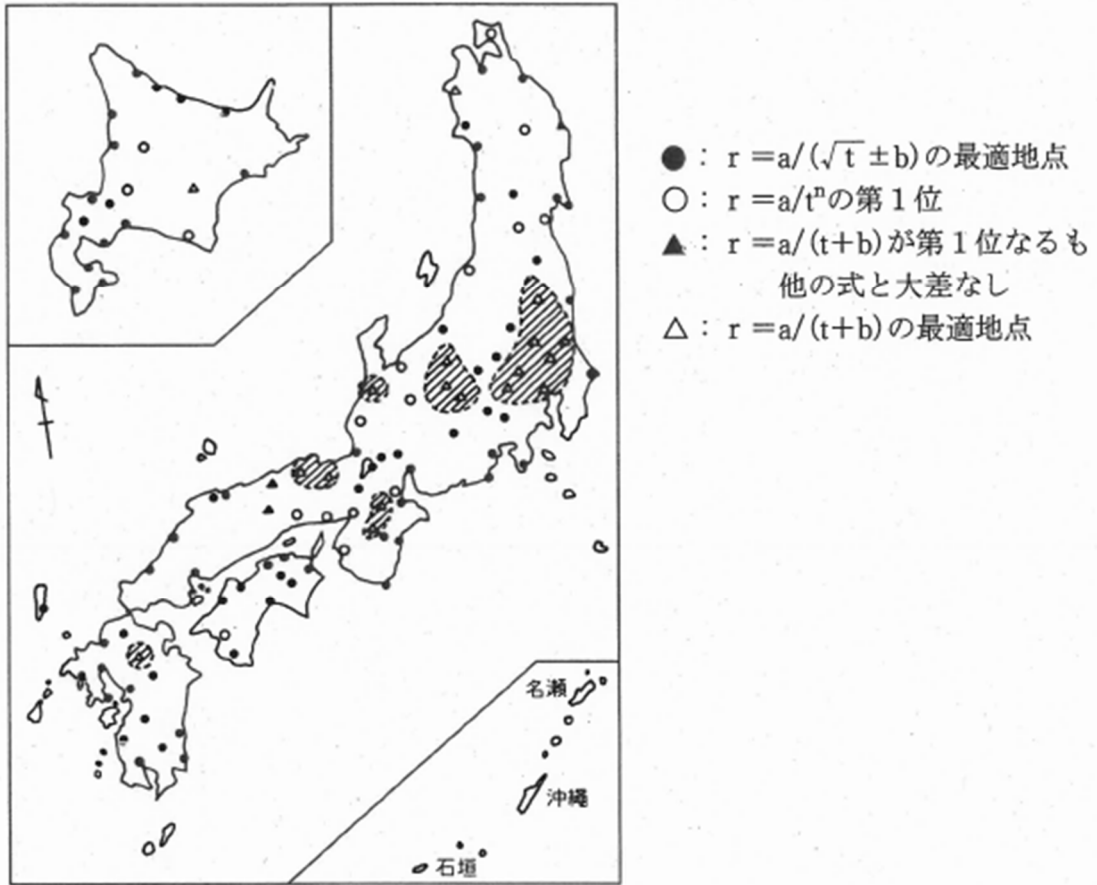


図-10 降雨強度式の適合度検定分布図

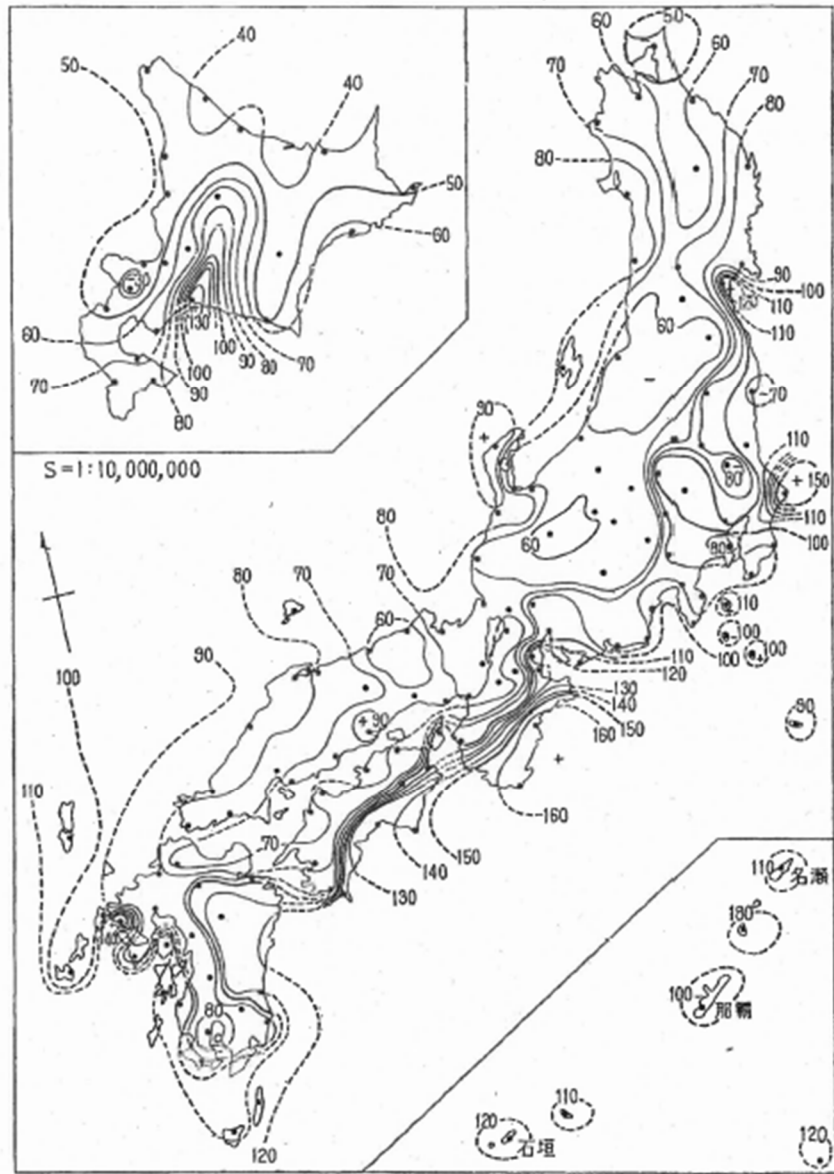


図-11 100年確率時間雨量R100の分布図 (単位 mm)

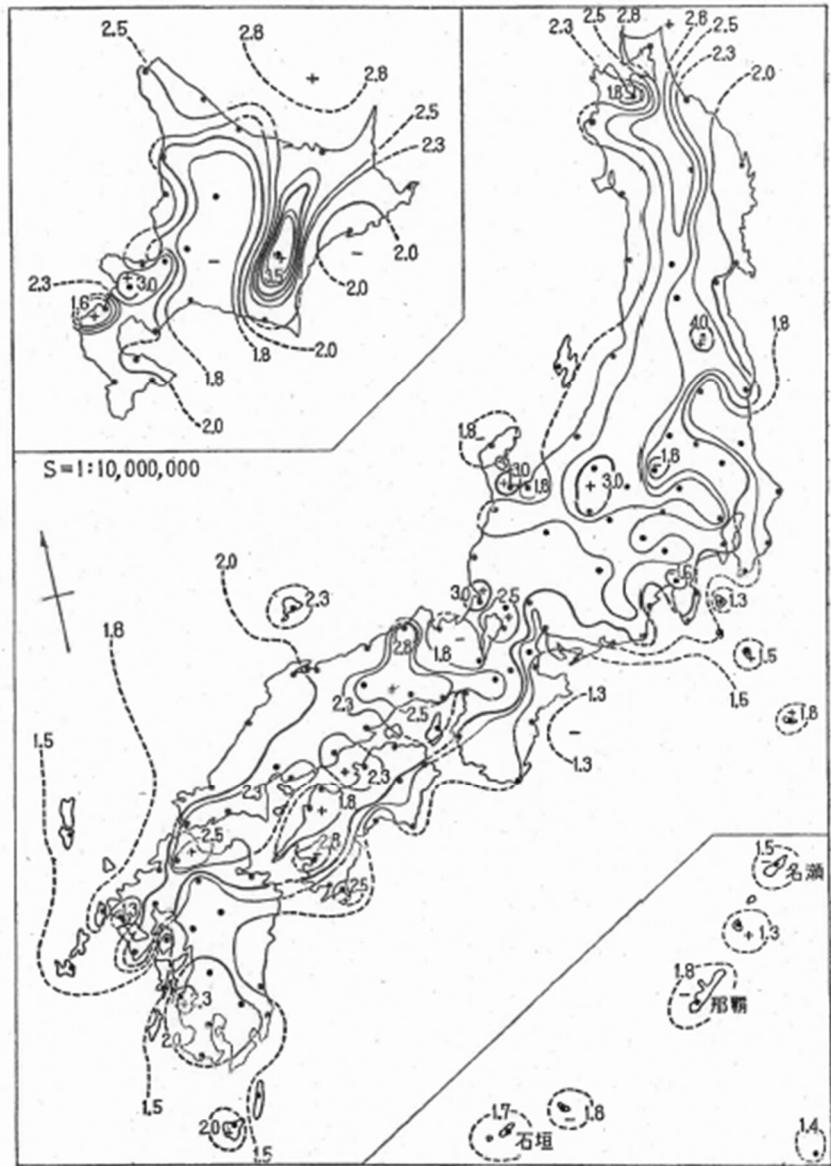


図-12 100年確率特性係数 β^{10}_{100} の分布図

7-6 流量調査

流量調査は、現地で流量を計測する必要がある場合に行うものとする。

〔解説〕

- 1 この調査は、目的、現地の状況等により適切な測定法を選定するものとする。
なお、治山計画の対象となる荒廃溪流等は、流路及び流れの状態が極めて複雑なため、正確な測定は困難を伴うことが多い。
- 2 流量は、単位時間内に溪流の流路断面を通過する水量をいい、流積と流速の積によって表わされる。流積の測定は、流路の横断面積と水位から求め、流速は直接測定、流れの水面等から推定する。
- 3 流量の測定方法は、直接流水の水深・流速を計測する堰測法、流速法と洪水後の流積・流速を間接的に計測する洪水痕跡法がある。

(1) 堰測法

この方法は、集水面積の小さな溪流を対象に使用され、長方形、逆三角形等のノッチをもった堰を越流する水位を測定し、水位流量曲線式を求めて流量の計算を行う。水位計を設置して長期間の計測を行う場合がある。なお、地下水の中間流出を小さくするため、岩着した堰を用いることが望ましい。

堰は、完全越流する縮流鋭縁堰を標準とし、流量が小さい場合は三角ノッチを、比較的多い場合は長方形ノッチを使用する。同じ流量の場合は、三角ノッチの方が大きなノッチが必要であるが、越流水深が深くなることから測定精度が高い。

流量の算定方法は、次式によるものとする。また、必要に応じて、流速法等で水深に対する流量を調査して、算定方法の検証を行うものとする。

① 三角堰

$$Q = K \cdot \{2(H + h)^{5/2} - (5H + 2h)h^{3/2}\} \dots\dots\dots (7.6.1)$$

$$K = 4/15C\sqrt{2g \tan \theta} / 2$$

なお、堰の上流に十分な大きさの湛水池があるなどして接近流速が無視できるときは、次式による。

$$Q = 2 \cdot K \cdot H^{5/2} \dots\dots\dots (7.6.2)$$

Q：流量

H：測定水位

C：堰における水脈の収縮等により決まる流量係数

Cの値は水深によって異なる。浅い場合はC=0.60

g：重力の加速度

θ：三角ノッチの頂角

h：接近流速Vのときの流速水頭 ($h = V^2 / 2g$)

② 長方形堰

$$Q = K \cdot \{(H + h)^{3/2} - h^{3/2}\} \dots\dots\dots (7.6.3)$$

$$K = 2/3C \cdot B \cdot \sqrt{2g}$$

B : ノッチの幅

なお、接近流速が無視できるとは次式による。

$$Q = K \cdot H^{3/2}$$

$$K = 2/3 \cdot C \cdot B \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots (7. 6. 4)$$

③ 台形堰 (広頂堰)

$$Q = 2/15 \cdot C \cdot \sqrt{2g} (2B_2 + 3B_1) H^{3/2} \dots\dots\dots (7. 6. 5)$$

B₂ : 堰上幅

B₁ : 堰下幅

(2) 流速法

この方法は、流域面積が大きく堰を設けない場合等に使用され、自然断面の溪流においても断面が一定していれば適用できる。流量は、流路断面を流れる流水の平均流速と流積を測定して次式から算出する。同じ場所で長期間に亘って流量を計測する場合は、水位計を設置し、流速法により計測した流量と水位との関係を解析して水位—流量曲線を作成して、水位から流量を推算する。また、精度を高く長期間計測を行うために、量水施設として流路を造ることがある。

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (7. 6. 6)$$

Q : 流量 (m³/s)

A : 流積 (m²)

V : 平均流速 (m/s)

平均流速の測定には、次の方法がある。

- ① 浮子法 : 簡単に流速を測定する方法で、浮子を投入し、あらかじめ距離を測定しておいた区間を流れる時間を測定し流速を計測する。
これは表面流速を測定するもので、平均流速の近似値は測定値の70%~90%をとる。
なお、こうした表面浮子だけでなく、水中を流す浮子 (水中浮子) もあり、これを組み合わせたもの (複浮子) もある。
- ② 流速計法 : 溪流の横断面形を測定し変化点ごとに横断断面を分割して流積をもとめるとともに、分割した断面ごとに流速計で平均流速を計測して流量を求めるものとする。流速計の計測は、水深の2割と8割の位置で計測して平均する二点観測とするが、水深が浅い場合は、水深の6割の位置で計測して平均流速とする一点観測とする。
- ③ その他 : 継続的に流量を観測するために、超音波を利用した流速計を水位計とともに設置する方法などがある。

(3) 洪水痕跡法

洪水痕跡法は、洪水後の浸水痕跡、植被のはがれ等両岸の洪水痕跡から洪水位を測定して流積を求めて、上下流の洪水痕跡の高低差から洪水流の水面勾配を想定して、平均流速公式により流速を推算して、対象とした洪水の最大洪水

流量を求める。

測定に当たっては、なるべく治山ダム又は流路断面が一定な箇所を選定する必要がある。

また、洪水流は、砂礫や流木などを含みその水面は一定にならないので、水面変動を考慮して平均的な断面を考えて流積を算出する。

〔参考〕 平均流速公式

溪流の平均流速は、一般に、次のマンニング式によりもとめる。

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots (7. 6. 7)$$

V : 流速 (m/s)

R : 径深 (m)

I : 水面勾配

n : マニング式の粗度係数

R = A / P A = 断面積 (m²) P = 潤辺 (m)

表-23 マニングの粗度係数 (n)

区分		渓床の状況	粗度係数	
			範囲	平均
自然流路	大流路	粘土、砂質土	0.018~0.035	
		礫河床	0.025~0.040	
	山地流路	底面に砂利、玉石	0.030~0.050	
		玉石、大玉石交じり	0.040~0.070	
	山岳地溪流	流水土砂で損耗された凹凸の甚だしい母岩の露出渓床		0.05
		河床が割合整備された状況の渓床		0.06
		径0.3m~0.5mの石礫が点在		0.07
径0.5m以上の石礫が点在			0.08	
人工水路等	コンクリート管		0.013	
	コンクリート人工水路	0.014~0.020		
	両岸石張小水路 (泥土床)		0.025	
	コルゲートパイプ等 (1形)		0.024	
	コルゲートパイプ (2形)		0.033	
	コルゲートパイプ (ペービングあり)		0.012	

〔出典〕

山地保全学：山口伊佐夫 昭和45年、水理学公式集：土木学会昭和46年、建設省河川砂防技術基準 (案) 同解説・調査編：日本河川協会平成9年、道路土工要綱：

〔参考〕土石流時における粗度係数

土石流時の溪流における粗度係数は、0.07～0.10程度とされる。土石流の洪水痕跡から、マニング式を利用して土石流の流量を概算することができる。

〔参考〕土石流流量（ピーク流量）

豪雨時に溪流に発生する表面流によって、水で飽和した堆積土砂が不安定化し土石流が発生すると仮定すると、供給された清水の流量 Q_R と土石流発生後の水と石礫を含む土石流流量 Q_d の関係は次式で表される。この式を用いて、土石流の流量の予測ができる。

$$Q_d = \frac{C_*}{C_* - C_d} Q_R$$

Q_d : 土石流流量 (m^3/s)

Q_R : 供給された清水の流量 (m^3/s)

C_* : 堆積土砂における石礫の体積濃度 (0.6程度)

C_d : 土石流における石礫の体積濃度

なお、土石流における石礫の体積濃度は、次式で表される。

$$C_d = \frac{\tan \theta}{(\sigma/\rho - 1)(\tan \phi_s - \tan \theta)}$$

θ : 溪床の傾斜角

ϕ_s : 溪床の堆積土砂（石礫）の内部摩擦角

ρ : 水の密度 (t/m^3)

σ : 堆積土砂の石礫の密度 (t/m^3)

7-7 取りまとめ

水文調査の成果は、調査目的に応じて、事業対象流域の水文量が把握できるように取りまとめるものとする。

〔解説〕

水文調査の結果は、調査目的に応じて図表等に整理するとともに、計画・設計の基礎資料となるように取りまとめるものとする。

第8節 荒廃現況調査

8-1 総説

荒廃現況調査は、事業対象地域内の荒廃状況及び荒廃特性を把握して、治山計画・設計の基礎資料を得ることを目的とする。

〔解説〕

- 1 治山計画を策定するに当たっては、荒廃状況及び荒廃特性を把握して、対象とする荒廃現象を特定することが重要である。
また、荒廃状況及び荒廃特性は、気象、地質、地形等の諸条件によって著しく異なるので、治山設計等においても、これらを十分把握する必要がある。
- 2 荒廃現況調査にあたっては、調査目的により、調査の精度、内容を十分検討して調査しなければならない。
- 3 荒廃現況調査の標準的な種類は次のとおりである。
 - (1) 予備調査
 - (2) 侵食量調査
 - (3) 崩壊地調査
 - (4) 荒廃溪流調査
 - (5) 落石荒廃地調査

8-2 予備調査

予備調査は、空中写真等により、荒廃特性を概括的に把握するために行うものとする。

〔解説〕

予備調査は、荒廃現況を空中写真等により概括的に把握するものとする。
調査から得られた結果は地形図等に整理し、現地調査の円滑な実施に資するものとする。

8-3 侵食量調査

侵食量調査は、表面侵食による侵食量を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 表面侵食は、降雨による雨滴及び表面流により地表面が侵食される現象で、侵食が進むと斜面に雨裂（リル）・侵食溝（ガリー）が発達する。なお、積雪の移動等によっても表面侵食（雪食）が起こることがある。
- 2 侵食量調査は、一般に次の3つの方法があり、目的、現地状況等によって選定する。
 - (1) ピンによる方法：斜面にピンを複数設置して、ピンを基準として地表面の高さを計測し、侵食・堆積の状況を把握する。
 - (2) 箱による方法：斜面の下端に流下土砂を受ける箱を設置して、土砂量を計測して、流出土砂量を把握する。USLE法では、斜面長22.1m、幅1.8mの斜面に対して侵食量を測定する。
 - (3) ダムによる方法：溪流に設けられたダムの堆砂量を測定して、流域の侵食量を推定する。

〔参考〕 森林の表面侵食防止機能

森林土壌は浸透能が高くて表面流が発生しにくく、落葉落枝、林床植生が土壌表面を保護することから、森林内で表面侵食はほとんど発生しない。

表-24 地表の状況別の表面侵食量（mm/年）

区分	荒廃地	裸地	農耕地	草地・林地
年侵食量	$10^2 \sim 10^1$	$10^1 \sim 10^0$	$10^0 \sim 10^{-1}$	$10^{-1} \sim 10^{-2}$

〔出典〕

川口武雄：流域管理における森林（上）、水利科学 Vol. 3、No4、1960

〔参考〕 崩壊地の表面侵食量

林野庁が昭和26年から28年にかけて調査した結果によると、通常の気象状況で、侵食によって移動する土砂量は、20～40mm/年といわれる。一般的な崩壊地では、次表を参考に侵食量を想定してもよい。

表-25 崩壊地の侵食量の目安

区分	崩壊面の侵食状況	年間侵食量
多	全面的にリルが発達またはガリーが存在するもの	60mm/年
中	多と少の中間のもの	40mm/年
少	特に目立った表面侵食が見られないもの	20mm/年

〔参考〕USLE法

米国農務省による測定方法で、次の侵食量予測式(Universal Soil Loss Equation)を適用する。

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A：年平均侵食土砂量(t/ha)

R：降水係数（年降水量より概算）

K：土壌係数（実測）

L：斜面長係数（斜面長より算出）

S：傾斜係数（傾斜より算出）

C：作物係数（崩壊地の場合は1）

P：保全係数（崩壊地の場合は1）

8-4 崩壊地調査

崩壊地調査は、崩壊地等の分布、特性等を把握するために行うものとし、必要な調査項目について実施するものとする。

〔解説〕

1 崩壊地等の復旧、予防計画を策定するに当たっては、荒廃の特性等に応じた最も効率的、効果的な治山施設の選定、配置とする必要がある。

このため、崩壊地調査は、予備調査の結果を踏まえて、調査の項目、内容、精度を十分検討して実施する。

2 崩壊地調査の標準的な調査項目は次のとおりである。

- (1) 崩壊地の分布・規模
- (2) 要因
- (3) 動態
- (4) 形態
- (5) 植生
- (6) 土砂量

8-4-1 崩壊地分布調査

崩壊地分布調査は、事業対象地における崩壊地の分布状況、崩壊の規模を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 崩壊地の荒廃状況を把握するために、崩壊地の分布、崩壊の規模を調査するとともに、必要に応じて、単位面積当たりの崩壊地面積の比率（崩壊面積率）及び崩壊地箇所数（崩壊密度）を求めるものとする。
- 2 崩壊地の分布は、地質、傾斜、微地形、林相などの要因や災害履歴などと深く関わっており、要因調査や崩壊発生の推定の基礎資料とする。
- 3 崩壊の規模は、崩壊地の長さ、幅、崩壊深、傾斜等を調査する。

〔参考〕 森林の表層崩壊防止機能

森林は、樹木の根系が土の力学的強度を補強していることから、表層崩壊に対する安定性を向上させている。過去の調査によると、森林においても崩壊地は発生しているが、崩壊地の数・面積ともに無林地の1/2程度である（難波 1959）。

また、根系の腐朽により崩壊を起こしやすくなることが知られており、根系の緊縛力との関係からは、伐採後、10年程度を経過した時点で、表層崩壊に対する安定性が最も低下する。

〔参考〕 崩壊現象の分類

崩壊は、斜面上の土層または岩盤の一部が重力の作用により崩落する現象であり、森林の機能との関連から、次の2つに大別される。

1 表層崩壊

樹木の根系の影響を受けている表土が崩落する現象である。表層崩壊の崩壊深は、一般に1～2m程度までであるが、谷部に表土が集積した場合はこれよりも深くなることもある。降雨を誘因として発生する表層崩壊は、主として浸透水、浅層地下水に起因して発生することが多い。

2 深層崩壊

深層崩壊は、表土層の下層に存在する風化岩等から崩壊する現象で、樹木の根系の影響は直接的には受けない。降雨を誘因として発生する深層崩壊は、比較的深い地下水に起因して発生することが多い。

なお、地すべりも広い意味では深層崩壊の一部といえるが、地すべりは、斜面を構成する物質が塊状となってすべる（滑動）運動であり、地質との関連が深く緩斜地でゆっくり動く特徴を持っていることから、対策上、地すべり防止工事が必要である。

表-26 「地すべり」と「崩壊（崖崩れ）」の見方の例

項目	地すべり	崩壊
地質	特定の地質又は地質構造の所に多く発生する	地質との関係は少ない
土質	主として粘性土をすべり面として滑動する	砂質土（マサ、ヨナ、シラスなど）の中でも多く起こる
地形	5°～20°の緩傾斜地に発生し、特に上部に台地状の地形を持つ場合が多い 地すべり地形顕著	20°以上の急傾斜地の0次谷、谷頭部に多く発生する
滑動状況	継続性、再発性、時間依存性大	突発性があり、時間依存性小
移動速度	0.01mm/day～10mm/dayのものが多く、一般に速度は小さい	10mm/day以上で、速度は極めて大きい
土塊	土塊の乱れは少なく、原形を保ちつつ動く場合が多い	土塊はかく乱される
誘因	地下水による影響が大きい	降雨、特に降雨強度に影響される
規模	1～100haで規模が大きい	面積的規模が小さい
兆候	発生前に亀裂の発生、陥没、隆起、地下水の変動などが生ずる	発生前の兆候が少なく、突発的に滑落してしまう

（渡ら 1971 の表を駒村が改変 1992）（一部修正）

8-4-2 要因調査

要因調査は、崩壊地発生 of 素因、誘因を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 崩壊地発生 of 要因は、素因と誘因に分けることができる。素因としては、地形、地質等があり、誘因としては、降水、地震等が考えられる。この両者は相互に関連し、崩壊発生 of 要因となることから、素因と誘因 of それぞれについて調査を行うことが必要である。
- 2 素因 of 調査を行うに当たって、地形、地質、土壌等は、第2節「地形調査」、第3節「土質・地質調査」第4節「土壌調査」にそれぞれ準ずるものとし、必要に応じて選択する。また、その他の素因 of 調査に当たっては、必要に応じて調査を実施する。
- 3 誘因 of 調査を行うに当たって、気象は、第6節「気象調査」に準ずるものとし、必要に応じて選択する。また、その他の誘因 of 調査に当たっては、必要に応じて調査を実施する。

8-4-3 動態調査

動態調査は、崩壊地の時系列的な変動と崩壊土砂の移動を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 動態調査は、時系列的な空中写真判読等により、崩壊地の変遷を調査して、動態特性を把握するものとする。また、山腹斜面の土層が現に活動している場合、斜面上に亀裂が発生したり構造物に変状があるため土層が再活動するおそれのある場合に、土層の移動状況を把握するために行うものとする。
- 2 動態調査は、計画、設計のみならず警戒避難対策にも資するものである。
- 3 活動中の崩壊地等の調査方法は、第4編地すべり防止事業第2章「地すべり調査解析」に準ずるものとする。また、必要に応じて、土石流センサー、監視カメラ等を設置することがある。

8-4-4 形態調査

形態調査は、崩壊地の形態等を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 形態調査は、現状の崩壊地の形態、規模を把握するとともに、新生崩壊地、再崩壊のおそれのある崩壊地の形態、規模の想定を行う基礎資料とするものとする。
- 2 本調査は、計画、設計のみならず警戒避難対策にも資するものである。
- 3 崩壊地の形態、規模を把握するに当たっては、崩壊地を崩壊部、流送部、堆積部に区分して、それぞれ長さ、幅、崩壊深または堆積深（鉛直方向の長さ）、傾斜、特徴を記録する。
 - (1) 崩壊部
山腹斜面が崩落し、又は亀裂が生じて、土塊の活動が認められる部分であり、原地形との境に明瞭な破断面を有している。狭義の崩壊地といえる。
 - (2) 流送部
崩壊土砂が下方に移動する部分であり、次の2つの場合がある。
 - ① 草本は下方に倒され、土砂が付着し、明らかに土砂が下方に移動した痕跡を示す場合。
 - ② 崩壊土砂が下方に流下する際、斜面・谷底部を侵食する場合。
 - (3) 堆積部
下方に移動した崩壊土砂が堆積停止する部分である。

- 4 崩壊土砂の末端から崩壊地頭部を見通した見通し角度（ θ ）または等価摩擦係数（ $\tan \theta$ ）により崩壊土砂の流動性を表す。

$$\text{等価摩擦係数} = H / L = \tan \theta$$

H：崩壊地頭部から崩壊土砂末端までの垂直距離

L：崩壊地頭部から崩壊土砂末端までの水平距離

θ ：見通し角

- 5 斜面の亀裂や構造物の変状等の動きがみられる場合や、背後斜面や隣接する斜面に変状（クラック、段差地形の発生など）等が予想される場合、現地踏査やリモートセンシング技術等により変動範囲を把握する。

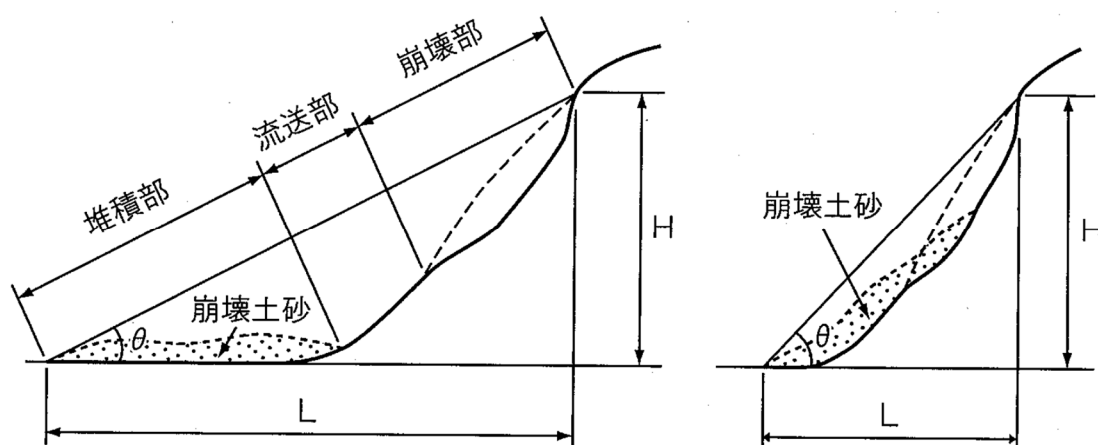


図-13 崩壊地の形態

〔参考〕パイピング現象

しばしば崩壊跡地にパイプ状の空洞がみられることがあり、崩壊を引き起こしたパイピング現象の証拠として取り扱われることがあるが、崩壊による物質の除去が中間流の封圧を低め、逆にパイプ状侵食を引き起こしたとも考えられるので注意が必要である。

8-4-5 植生調査

植生調査は、崩壊地及び崩壊地周辺部の林相、植生の状況を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 この調査は、自然復旧の可能性を検討するとともに崩壊地に適応する導入植生の選定に関する基礎資料を得るために行うものとする。
- 2 崩壊地内に侵入している植生の有無及びその周辺部の植生を草本及び木本に区分して種類、生育状況等について調査する。
また、崩壊地内については、侵入植生の占める面積率を求める。

8-4-6 土砂量調査

土砂量調査は、崩壊土砂量及び不安定土砂量を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 土砂量調査は、崩壊の規模を把握するとともに、崩壊地から流出するおそれのある不安定土砂を把握するために行うものとする。
- 2 崩壊土砂量は、崩壊の規模を把握するために調査するものとし、崩壊面積に平均崩壊深を乗じる等により算出する。
- 3 不安定土砂量は、崩壊地から流出するおそれのある土砂量を把握するために、次の土砂量を調査して集計する。
 - (1) 残留土砂量
崩壊地内に残留している土砂量を調査する。
 - (2) 拡大見込量
拡大見込量は、周辺部のカブリ、亀裂等により拡大崩壊する可能性のある土砂を調査する。
 - (3) 侵食土砂量
崩壊面が表面侵食をうけて、生産される土砂量を調査する。

8-5 荒廃溪流調査

荒廃溪流調査は、荒廃溪流の分布、特性等を把握するために行うものとし、必要な調査項目を実施するものとする。

〔解説〕

- 1 荒廃溪流とは、縦横侵食を受けている溪流、不安定土砂が堆積している溪流など、容易に現在の溪床面が変化すると考えられる溪流区間のことをいう。
- 2 荒廃溪流の復旧計画を策定するに当たっては、荒廃の特性等に応じた最も効率的、効果的な治山施設の選定、配置とする必要がある。
このため、荒廃溪流調査は、予備調査の結果を踏まえて、調査の項目、内容、精度を十分検討して実施する。
- 3 荒廃溪流調査の標準的な調査項目は、次のとおりである。
 - (1) 荒廃溪流の分布・規模
 - (2) 要因
 - (3) 動態
 - (4) 土砂量等

8-5-1 荒廃溪流の分布・規模調査

荒廃溪流分布調査は、事業対象地域における荒廃溪流の分布状況・規模を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 荒廃溪流の荒廃状況を把握するために、荒廃溪流の分布、規模を調査する。荒廃溪流の規模は、長さ、幅、侵食又は堆積土砂の深さ及び溪床勾配を調査するものとする。
- 2 調査に当たっては、原則として荒廃の延長が30m以上であって溪床勾配が20°(36.4%)までのものを荒廃溪流として取り扱うものとする。

8-5-2 要因調査

要因調査は、荒廃溪流の要因を把握するために行うものとする。

〔解説〕

荒廃溪流となる主たる要因は、次のように区分される。

- 1 崩壊、地すべり、土石流、又は上流の荒廃溪流区間から供給された土砂堆積によるもの
- 2 洪水流、土砂流、土石流の侵食によるもの
- 3 混合型：1と2が混合しているもの

8-5-3 動態調査

動態調査は、溪流の時系列的な変動を把握するとともに、不安定土砂の移動を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 動態調査は、次のような方法によって荒廃溪流の変動状況を調査して、土砂移動の動態特性を把握するものとする。
 - (1) 時系列的な空中写真判読
 - (2) 溪流測量、礫径調査による経年的な河床変動量調査
 - (3) 溪流測量による経年的なダム堆砂量調査
 - (4) 溪床に侵入した木本の調査
- 2 動態調査では、不安定土砂等の移動を把握するために、必要に応じて、土石流センサー、監視カメラ等を設置することがある。
- 3 動態調査は、計画、設計のみならず警戒避難対策にも資するものである。

8-5-4 土砂量調査

土砂量調査は、溪流から流出するおそれのある不安定土砂量を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 土砂量調査は、土石流や洪水により流出するおそれのある不安定土砂を把握するために行うものとする。
- 2 不安定土砂量は、荒廃溪流の延長及び幅に平均堆積深ないし予想される平均侵食深を乗じて算出することが一般的である。

8-6 落石荒廃地調査

落石荒廃地調査は、落石が発生し、又は発生するおそれのある箇所の分布、特性等を把握するために行うものとし、必要な調査項目を実施するものとする。

〔解説〕

- 1 落石とは、亀裂、節理の発達した岩盤から浮石が剥離したり、山腹斜面に浮きでた転石が斜面より落下する現象をいう。
また、落石荒廃地は、落石が発生し、又は発生するおそれがあり、人家や公共施設に被害を与える、又は人家や公共施設に被害を与えるおそれがある危険性のある箇所をいう。
- 2 落石荒廃地の調査は、事業対象区域が保全対象に近接している場合が多いので、より精密な調査が要求される。
- 3 調査は、落石防止対策の目的、内容を踏まえて項目を選定するとともに、最も適切な手法により、計画的かつ効率的に実施する必要がある。
- 4 落石荒廃地調査の標準的な調査項目は次のとおりである。
 - (1) 落石荒廃地の分布・範囲
 - (2) 要因
 - (3) 形態
 - (4) 動態
 - (5) 植生

8-6-1 落石荒廃地の分布・範囲調査

落石荒廃地分布調査は、事業対象地における落石荒廃地の分布状況等を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 落石荒廃地の荒廃状況を把握するために、落石荒廃地の分布、範囲を調査する。
- 2 落石のおそれのある岩盤及び斜面を特定し、落石となる岩塊、転石、岩片等の位置を平面図に記載するとともに、落石の形状、大きさ、風化の状況等を調査する。
また、落石による災害の発生が想定される範囲の保全対象を確認する。

8-6-2 要因調査

要因調査は、落石発生の素因、誘因を把握するために行うものとする。

〔解説〕

落石の発生原因には素因と誘因がある。

1 素因

落石発生の素因としては、斜面の地形と地質がある。

- (1) 落石は、斜面の勾配が概ね 30 度以上で発生することが多い。
- (2) 落石が生じやすい地質は、次のとおりである。
 - ① 崖錐、段丘礫層、火山性堆積物、風化花崗岩等で、マトリックス（岩塊、玉石、礫などの周りを充填する土砂などの軟質な物質）の風化・侵食に対する抵抗性が弱い場合（転石型）。
 - ② 岩目が発達した岩盤で、岩目に囲まれた岩塊、岩片が浮いた状態になっている場合（剥離型）。

2 誘因

落石の誘因としては、降雨、積雪、凍結融解、風、地震などがあげられる（表-27 参照）。

これらは、単一の場合も複合の場合もあり、落石となる岩石自体が微妙な力の安定の上に立っていることから、実際にはわずかな力が加わっただけで落石が発生することが多く、発生原因を複雑にしている。

なお、樹木については、樹根の生育あるいは風による揺れは岩目を拡大、剥離させる誘因となり得る。

表-27 落石の誘因

誘 因		内 容
水		表流水、湧水、浸透水による地山の脆弱化と侵食の促進。 流水による水圧。
気象現象	降雨	水の作用の促進。風化の促進。
	積雪	グライド等による侵食。 なだれの衝突、グライドによる転石の移動。
	気温	水の凍結融解による岩目の拡大、剥離。 寒暖の差が大きく年間の凍結融解の回数が多いほど早く節理等が大きくなる。 気温変化に伴う岩石の膨張収縮による風化の促進。 気温変化に伴う土中水の移動による地山表層の脆弱化。
	風	樹木を介して揺動（揺さぶり）による岩目の剥離、転石の不安定化。 風圧による移動。
その他	植生	樹根の生育による岩目の拡大、剥離。
	地震	節理や層理の発生、拡大。 浮石及び斜面の不安定化。 他の原因に比べ規模が大きい。
人 為		踏み荒らしによる転石の不安定化。 工作物の設置による斜面の不安定化。 用水路の溢水・漏水と配水設備の流末処理不備による水の作用の促進。 自動車の走行、工事等の震動。

〔参考〕落石と地形条件

落石の発生、運動等は、斜面の傾斜、斜面形状、微地形、斜面長、斜面方位等の地形的条件によって支配される。

1 斜面の傾斜

斜面の傾斜が大きくなるほど、落石の運動エネルギーが大きくなり、斜面傾斜が一定以下になると減速又は停止する。

2 斜面形状

(1) 平面形状

落石は最大傾斜方向に沿って移動落下するが多い。凹型斜面の場合は谷筋に集中し、直線型斜面の場合は不特定であり、凸型斜面の場合は発散する傾向がある。ただし、これは概略的な傾向であり、詳細にみると、石の大きさ、形状、微地形、植生の状態によって様々な場合がある。

(2) 縦断形状

等高線に直角方向の縦断形状は、次のように分類される。

- ① 上昇斜面（凸型斜面）は基岩の露出をみる事が多く、浮石型落石の発生が多い。斜面内に複雑な凹凸がみられ、落石が発生した場合、反発して異常な跳

躍高さとなることがある。

- ② 下降斜面（凹型斜面）は基岩の露出をみることが少なく、一般に転石型落石の発生が多い。斜面上部で発生した落石は下部にいくほど減速し跳躍高さも低くなる。
- ③ 平衡斜面（直斜面）は凸型と凹型の中間的性質を持つが、傾斜が急なほど凸型の性状に近く、傾斜が緩いほど凹型の性状に近いとみられる。
- ④ 複合斜面は上部から下部へ凸型、直、凹型の順に並び、各種斜面に応じた性状がみられる。

3 微地形（平坦性）

斜面に凹凸、小尾根、小沢などの平坦でない地形があると、落石は跳躍運動を起こしやすく、平面的な移動も変化が激しくなる。

4 斜面長

斜面長は、同一勾配であれば長くなると速度が増し、エネルギーが増大する。

このことから、落石の危険性のある転石等から保全対象までの斜面長を把握し、その変化についても調査する必要がある。

5 斜面方位

積雪寒冷地では、斜面方位によって凍結融解に差が生じる。凍結融解が激しいほど早期に基岩が風化するので、落石の頻度も大きくなる。

6 崩壊地等

調査の対象となる斜面内に崩壊地、崖錐があるとこれらが落石の発生源となりやすい。

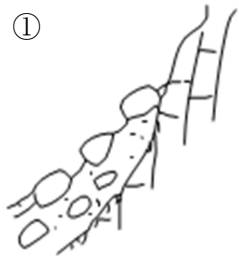

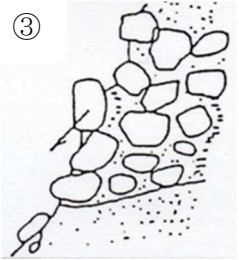

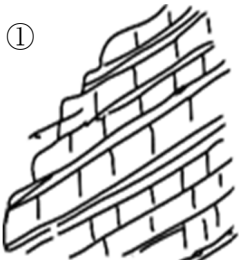
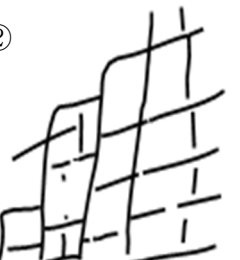
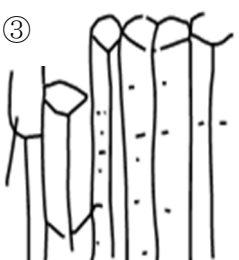

8-6-3 形態調査

形態調査は、落石の発生形態を把握するために行うものとする。

〔解説〕 落石の種類

落石は、発生形態から転石型落石と剥離型落石に分類される。

表-28 地形・地質と落石の形態

転石型落石	急傾斜をなす崖錐斜面、崖錐の切取り面を構成する崖錐堆積物中の礫の浮き出し、転落	河岸及び海岸段丘崖、段丘の切取り面を構成する段丘層中の礫の浮き出し、転落	脆弱な礫岩、火砕流、火山泥流堆積物からなる地山の急斜面、切取り面の礫の浮き出し、転落	花崗石のマサ土等硬岩の現地風化、地山中の未風化、岩塊の浮き出し、転落
	亜角礫～角礫	円礫～亜円礫	円礫～角礫	円礫～亜円礫
	① 	② 	③ 	④ 
剥離型落石	流れ盤をなす層理、片理の発達した岩盤の層理面、片理面に沿う岩塊の滑落	三方向に発達した岩盤の岩目からの剥落及び破砕面からの剥落	急崖をなしている柱状節理の発達した岩盤の節理面からの剥落	選択侵食により突出した硬質の破断落下
	塊状～扁平	塊状～扁平	塊状	塊状
	粘板岩、頁岩、片岩及び上記と他の岩石の互層	花崗岩等の深成岩、砂石、輝緑凝灰岩、石灰岩等の堆積岩、断層破砕帯	節理の発達している玄武岩、安山岩等の溶岩、溶結凝灰岩	層状をなす硬軟著しい差のある岩石の互層
① 	② 	③ 	④ 	

8-6-4 動態調査

動態調査は、落石の運動形態、特性等を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 落石の動態は、斜面の状態（傾斜、地盤、植生）と石の形質、大きさ（丸、角、偏平、割れやすさ、大小）との組合せによって、すべり運動、回転運動、跳躍運動及びこれらを組み合わせた極めて複雑な動態を示す。
- 2 落石の動態を推定するには、一般的に実験等により裏付けられた実験式等が用いられる。また、必要に応じてシミュレーション手法により推定し、それにより対策工の工種、位置、範囲、高さ、構造を検討する。
- 3 調査地内またはその近傍に既往の落石の事例がある場合は、それを調査して、落石の大きさ、経路、到達距離、跳躍量などを明らかにする必要がある。

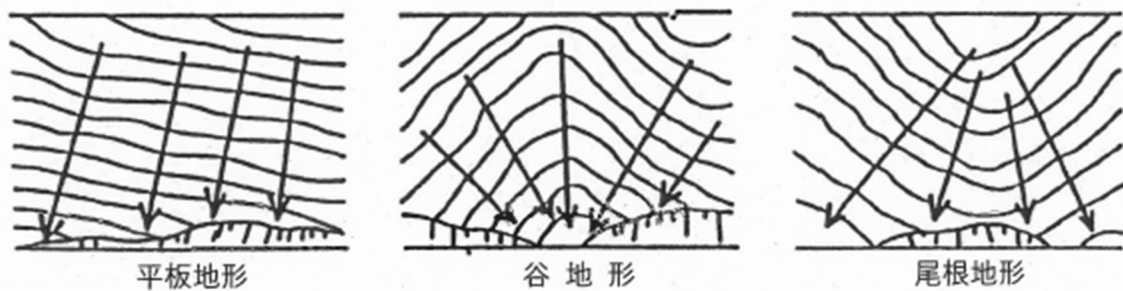


図-14 落石の落下方向と地形

〔参考〕落石の跳躍量

傾斜が一定で平坦な斜面での落石の縦断的軌跡は図-15のように模式的に示される。各地の落石実験の結果から、落石の跳躍量は、多く(80%～85%程度)が地上(斜面に直角の高さ)2.0m以下になるとされている。しかし、斜面に突起やジャンプ台状の地形があれば2.0mを越えることもある。(図-16)

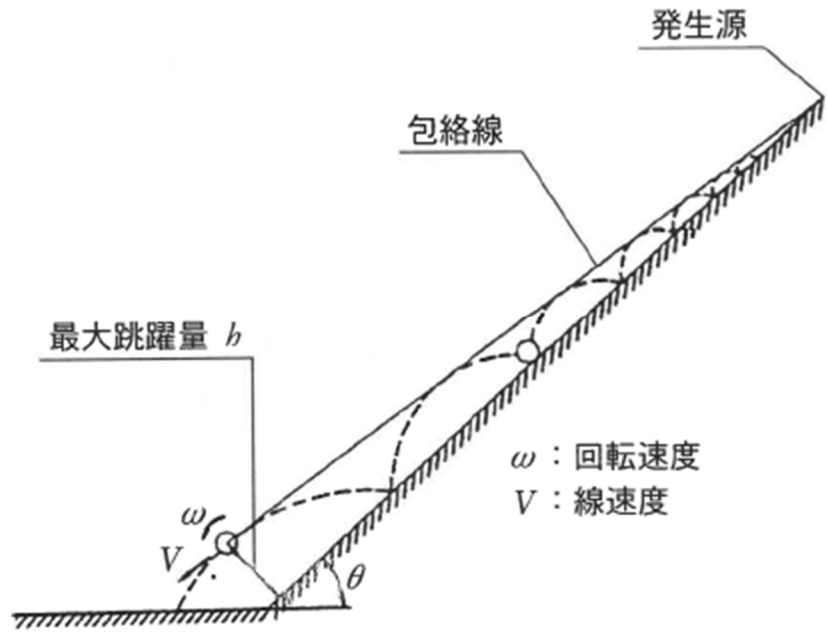


図-15 落石の軌跡の模式図

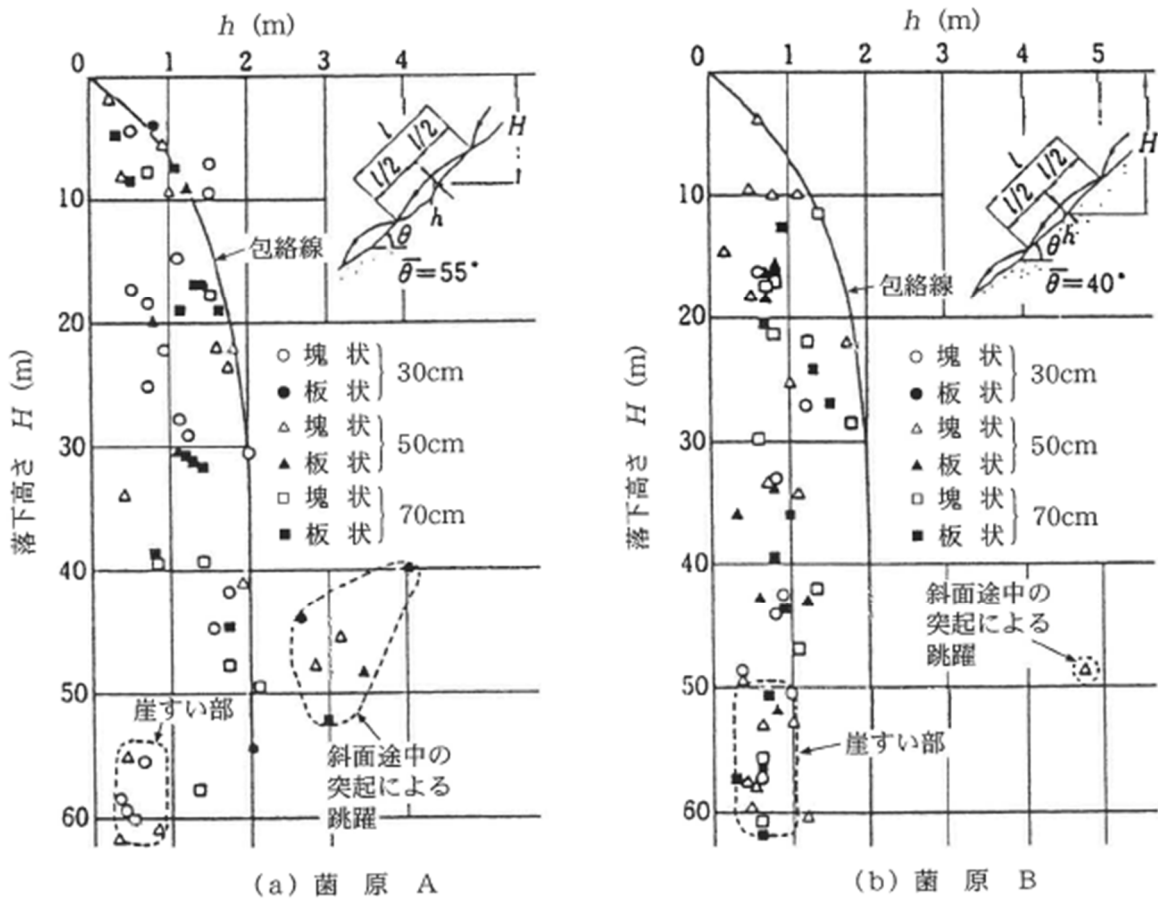


図-16 落石の跳躍量と落下高さ

【参考】落石の速度

落石の速度（V）は、落石途中の斜面の性状に左右され、不明な部分が多く確立された算出式はないが、既往の実験により裏付けられた落石速度と自由落下速度との間の関係から次式により落石速度を推定することが行われている。

$$V = \alpha \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (8.6.1)$$

V：斜面上の落石の速度（m/s）

$\sqrt{2gH}$ ：自由落下する落石の速度（m/s）

g：重力加速度（9.8m/s²）

H：鉛直方向の落下高さ（m）

α ：残存係数

また、残存係数 α は次式により表される。

$$\alpha = \sqrt{1 - \mu / \tan \theta} \dots\dots\dots (8.6.2)$$

θ ：斜面勾配（度）

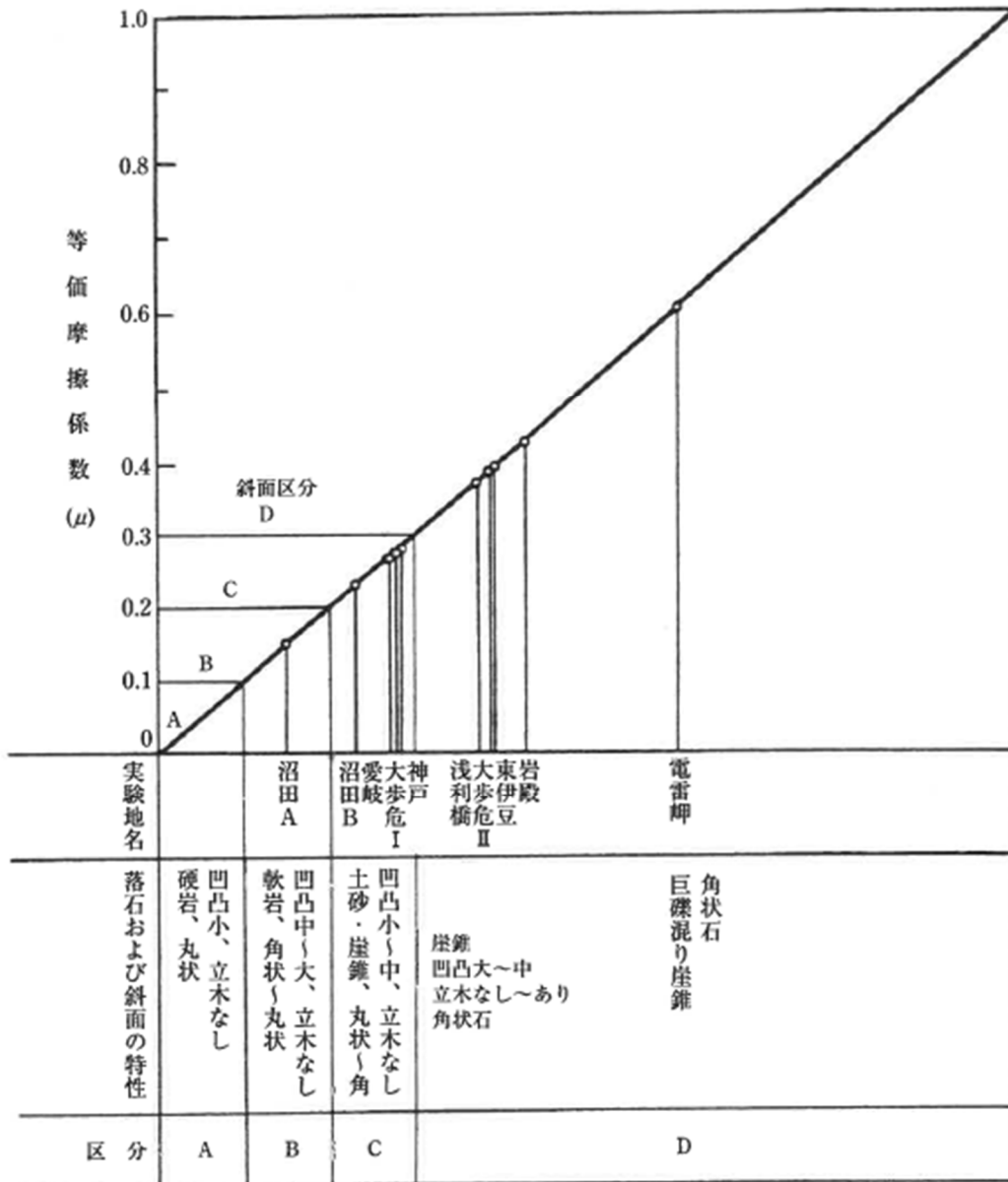
μ ：斜面の等価摩擦係数（第5章第5節5-2-5表-15参照）

したがって、上記2式により、落石の速度は次式で表される。

$$V = \sqrt{2g(1 - \mu / \tan \theta)H} \dots\dots\dots (8.6.3)$$

ここで、等価摩擦係数は、落石実験の結果から、斜面の状態により図-17に示される値をとる。

ただし、一般に落石高さが40mを超えると落下速度は一定になるといわれている。



〔出典〕 落石対策便覧：日本道路協会 平成29年

図-17 斜面の種類別の等価摩擦係数

〔参考〕 落石の運動エネルギー

落石の運動エネルギーは、落石防護工を設計する場合の基礎的な資料となるものである。

落石の運動エネルギーは、落下途中の斜面の性状に左右され、不明な部分が多く確立した算出式はないが、既往の実験によって裏付けられた落石速度の推定式から運動エネルギーを推定することが行われている。

(第5章第5節5-2-5-1「落石防護工の安定計算に用いる荷重」を参照)

8-6-5 植生調査

植生調査は、調査区域及びその周辺の林況、植生の特性を把握するために行うものとする。

〔解説〕

樹木は、根の緊縛力等による不安定な浮き石の発生の抑制や樹幹による落石の捕捉・緩衝等の機能が期待されるものである。

植生調査は、森林を造成する際に、導入樹種決定のために必要となる周辺の林況、植生を調査するものとする。また、現在の森林の落石に対する防災効果を調査する。

1 植生導入調査

調査区域及びその周辺に存在する草本及び木本の種類、生育状況等を把握し、荒廃防止及び落石防止に適する草本種、木本種を選定するための基礎資料とする。

2 森林の効果調査

森林の効果調査は、現在の森林がどの程度落石に対して抑制効果を持っているかを調査するもので、樹種、樹高、胸高直径、本数、配置状況、過去の落石による擦過痕・衝突痕等を調査し、今後の施設計画及び森林配置の基礎資料とする。

8-7 取りまとめ

荒廃現況調査の成果は、荒廃状況が把握できるように取りまとめるものとする。

〔解説〕

荒廃現況調査の結果は、個々の荒廃地ごとに、分布、規模等がわかるように図表に整理するとともに、荒廃地全体の状況を分析して、計画・設計の基礎資料となるように取りまとめるものとする。

第9節 荒廃危険地調査

9-1 総説

荒廃危険地調査は、山地災害の予防を行うための基礎資料を得ることを目的として、崩壊等発生危険性及び発生時の状況を推定するために行うものとする。

[解説]

- 1 荒廃現況調査（第8節）は、現に荒廃している山地災害を対象としたものであるが、荒廃危険地調査（本節）は、山地災害の予防を行うための基礎資料を得るための調査をいう。
- 2 荒廃危険地調査は、崩壊、土石流・流木等について、発生の危険性、規模等を推定するものとする。
 - (1) 崩壊等の発生
山腹斜面において、崩壊発生の危険性等の推定を行うものとする。
また、必要に応じて、第4編地すべり防止事業を参考として、地すべりの危険性等の推定を行うものとする。なお、山腹荒廃危険地は、表層崩壊・深層崩壊・地すべり性崩壊が発生するおそれのある箇所とする。
 - (2) 土石流・流木の発生
溪流において、土石流・流木発生の危険性等の推定を行うものとする。一般に、流木の発生は土石流と同時に発生することが多い。
- 3 荒廃危険地調査に当たっては、山地災害危険地区調査の結果を十分活用するものとする。
- 4 荒廃危険地調査によって危険地と推定された箇所は、過去の災害の履歴や当該災害発生時の気象等を調査することにより、警戒・避難等人的被害の未然防止に寄与する資料としても用いるものとする。
- 5 荒廃危険地調査の主な種類は次のとおりである。
 - (1) 崩壊発生（山腹荒廃危険地）の推定
 - (2) 土石流・流木発生の推定

[参考] 対策箇所の選定について

近年、豪雨形態の変化による降水量・洪水流量の増加に伴い、尾根部付近からの崩壊による土砂流出量の増大、線状降水帯の形成に伴う山地災害の同時多発的発生、長時間豪雨による深層崩壊の発生、土砂流出に伴い大径化した人工林等からなる流木災害の激甚化が頻発している。今後も山地災害が激甚化することが懸念され、対策を優先・重点化すべき箇所を効率的に抽出していくことが不可欠である。

特に、山地災害危険地区等の森林について以下に該当する箇所に留意し、事業箇所の選定や優先順位を策定することが重要である。

- ・ 0次谷等の凹地形及び溪床・溪岸が荒廃している又は荒廃の兆候がみられる溪流
- ・ 荒廃又は荒廃の兆候がある箇所が広くみられ、かつ、マサ土や火山堆積物の脆弱な地質地帯の箇所
- ・ 巨石等が存在している、あるいは不安定土砂や流木等が異常堆積している溪流及びその周辺林地
- ・ 山腹斜面内で亀裂や遷急線が確認される箇所で、地下水が湧出しているなど崩壊につながる兆候が確認される箇所

対策箇所の選定にあたっては、山地災害危険地区情報に加え、リモートセンシング技術の活用により、山地斜面における亀裂の発生状況、ガリーの発達状況、溪流の不安定土砂の堆積状況等に関する情報を組み合わせることで、現地実態に合った箇所の抽出が可能となる。リモートセンシング技術を活用したデータは、空中写真、衛星画像データ、航空機、UAVを活用したレーザデータがあげられる。

参考文献

林野庁：「平成30年7月豪雨を踏まえた治山対策検討チーム」中間とりまとめ、平成30年11月

林野庁：豪雨災害に関する今後の治山対策の在り方検討会：「豪雨災害に関する今後の治山対策の在り方検討会（とりまとめ）令和3年3月」

〔参考〕数値シミュレーションの利用

崩壊、土石流・流木の発生、影響範囲の推定に当たっては、必要に応じて、数値シミュレーションを実施する場合がある。

9-2 崩壊発生の推定

9-2-1 崩壊発生要因の調査

崩壊に対する荒廃危険地調査においては、調査地の特性から、崩壊発生と密接なかわりを持つ地質、地況、林況等の因子を選択して行うものとする。

〔解説〕

- 1 崩壊発生要因の調査は、調査地の個々の山腹斜面、溪岸部に対する資料調査、現地調査、地形計測を実施するために、崩壊発生要因を調査項目として設定するものとする。
- 2 崩壊発生要因は、調査地の特性を考慮して、崩壊発生に関わる地質、微地形・湧水等の地況、林況等から選定するものとする。また、選定に当たっては、調査地または類似箇所の崩壊地の実態を参考とするものとする。
- 3 崩壊発生要因は、主として危険側の状況を表わす次の項目等の中から選択することが望ましい。
 - (1) 山腹斜面の状況
 - ① 既存の崩壊地又は既施工地の有無
 - ② 皆伐跡地、幼齢林地、草地等の斜面

- ③ 傾斜が急峻な斜面
- ④ 著しい傾斜変換点をもつ斜面
- ⑤ 地表流水等が集中する斜面
- ⑥ 山脚侵食が著しい斜面
- ⑦ 破砕帯又は断層線上にある斜面
- ⑧ 基岩が流れ盤となっている斜面
- ⑨ 基岩の節理又は片理が著しく発達している斜面
- ⑩ 基岩の風化が著しく進んでいる斜面
- ⑪ 亀裂、陥没、異常な地下水の湧出がみられる斜面
- ⑫ 大きな浮石、転石がある斜面
- ⑬ 風倒木が多数存在している斜面
- (2) 溪岸部の状況
 - ① 脆弱な土層で高い崖を形成している溪岸
 - ② 立木が不安定な状態で成立している急な溪岸
 - ③ 異常な地下水の湧出がみられる崖状溪岸
 - ④ 溪流屈曲部の外側が土層で形成される溪岸
- (3) 近接地における既存崩壊地の状況
 - ① 山腹斜面の状況
 - ② 溪岸の状況
 - ③ 崩壊発生形態
 - ④ 崩壊規模
 - ⑤ 崩壊土砂到達距離
 - ⑥ 既存施設の概要

9-2-2 山腹荒廃危険地の推定

山腹荒廃危険地は、山腹斜面、溪岸等について、崩壊発生要因等を総合的に検討して推定するものとする。

〔解説〕

- 1 山腹荒廃危険地の推定は、個々の山腹斜面、溪岸について、9-2-1「崩壊発生要因の調査」によって設定された要因等を基にして、資料調査、現地調査、地形計測（第2節「地形計測」参照）等により現地の状況を把握し、崩壊の危険性について判定を行うものとする。
- 2 必要に応じて、第4編地すべり防止事業を参考として、地すべり性崩壊の発生の危険性についても判定を行うものとする。

〔参考〕崩壊に対する広域な危険地判定手法

崩壊に対する広域な危険地判定手法は、一般的には2つに大別される

- 1 統計的な手法

崩壊地に対して地形、地質、植生等の要因との関連を調査して、統計的に分析して、危険地を判定しようとする方法である。代表的なものは、治山事業において採用されている山地災害危険地区調査要領の中の山腹崩壊危険地区調査が挙げられる。この方法は、100mのメッシュデータを基に関連の深い因子に重みをつけた点数を設定して、多変量解析を行い判定する方法である。

2 力学的な手法

メッシュ等を単位として、斜面の安定度を土質力学的に把握して、仮定した降雨等に対して安定度を求めて、危険地を判定するものである。崩壊に関係する土質定数が的確に求められれば、理想的な手法ではあるが、現在のところ、土質定数を高い精度で簡易に調査する手法は実用化されていない。

なお、統計的な手法や力学的な手法の他に、新しい方法としてAHP法 (Analytic Hierarchy Process : 階層構造分析法) もある。

9-2-3 崩壊面積及び崩壊土砂量の推定

計画・設計のために、山腹荒廃危険地における崩壊面積、崩壊土砂量等を把握するものとする。

〔解説〕

- 1 計画・設計に必要な崩壊の発生規模を推定するために、崩壊の種類、崩壊面積、崩壊土砂量の概数を把握するために行うものとする。
- 2 調査にあたっては、崩壊発生要因が類似する山腹斜面、近接した山腹斜面等に現存する崩壊地の規模等を参考にして推定するものとする。
- 3 必要に応じて、第4編地すべり防止事業を参考として、地すべりによる流出土砂量等についても把握する。

〔参考〕 崩壊面積及び崩壊土砂量の推定

$$\bar{A} = \frac{A \cdot N}{f} \quad (\text{ha})$$

$$\bar{V} = \bar{A} \cdot h \times 10^4 \quad (\text{m}^3)$$

\bar{A} : 推定崩壊面積 (ha)

A : 斜面状況の類似する地区等に現存する崩壊地の平均面積 (ha/個)

N : 推定される危険斜面 (調査の最小単位) の箇所数

f : 現存する崩壊地の発生時面積に対する補正係数 (1.0~1.2)

\bar{V} : 推定土砂量 (m³)

h : 斜面状況の類似する地区等に現存する崩壊地の平均崩壊深 (m)

9-2-4 崩壊等の影響範囲の推定

山腹荒廃危険地における崩壊土砂の到達距離及び広がりを推定するものとする。

〔解説〕

崩壊等による崩壊土砂の到達距離、広がりを類似箇所状況を参考に崩壊の発生位置、直下の地形（傾斜、斜面長等）、崩壊土砂の含水状態、崩壊土砂量等から、推定するものとする。

〔参考〕 崩壊土砂の到達距離

一般的に、崩壊地の等価摩擦係数（崩壊頭部から崩壊土砂末端までの高さを水平距離で除した値）は、土石流化した場合を除いて、0.20程度までである。

（第8節8-4-4「形態調査」解説4を参照）

9-3 土石流発生の推定

9-3-1 土石流発生要因の調査

土石流発生要因の調査は、崩壊等の発生形態、流下の形態と密接なかわりをもつ因子を選択して調査を行うものとする。

〔解説〕

- 1 土石流は、豪雨・融雪・地震・火山噴火等の誘因により発生し、土砂と水が一体となって流下する現象（集合運搬）であり、流木を伴う場合がある。
- 2 土石流は、山腹斜面の崩壊等に起因して発生するか、表面侵食・崩壊等により溪流に流出・堆積した土砂の再移動に起因して発生し、土石流の発生形態は次のとおりである。
 - (1) 崩壊又は地すべりの崩壊土砂がそのまま流動化して土石流となる場合
 - (2) 崩壊等により溪流が一時せき止められて天然ダムが形成され、それが破堤して土石流となる場合
 - (3) 急勾配な溪流部に堆積している不安定土砂が異常な洗掘等によって土石流となる場合
- 3 土石流は、流送過程で、溪流に堆積する不安定土砂を巻き込んで、規模を拡大させる場合がある。
- 4 土石流の運動は、溪床勾配に強く影響をうける。
- 5 土石流発生要因の調査は、調査地の特性を考慮して、崩壊等の発生要因、溪床の勾配・流路幅・堆積土砂量・堆積物の特性、流域面積等から、選定するものとする。また、選定に当たっては、類似箇所の土石流等の実態を参考とするものとする。
- 6 土石流の規模は、発生源の形態・位置・崩壊土砂量等、流下する溪流の地形・堆積状況等によって異なる。

〔参考〕土石流の分類

溪流における土砂移動現象は、表-29 のとおりで、土石流（広義）は、土石流（狭義）、泥流、土砂流に分類される。

表-29 溪流の土砂移動現象

区 分		内 容	運搬形態
広義の土石流	土石流(狭義) 砂礫型土石流	巨石が先端に集中したフロントと後続流（泥流・土砂流など）に分けられ、直進性があり、その破壊力は大きい。 また、緩勾配になると停止し、その場合でも土石は比較的分散しない。速度は5～10m/sである。	集合運搬
	泥流 泥流型土石流	火山地帯、第三紀層地帯において発生し、火山灰や火山砕屑物を含む。 先端部には段波をもち、衝撃力・摩擦力も大きい。土石流に比べて導流しやすく、より緩斜地まで流下する。速度は10～20m/sである。	
	土砂流	段波をともなう高濃度の土砂の流れで、一般に言われる土砂災害地で最も多い形態でもある。 流速は、 Manning式などの流速公式で予測できる範囲である。 流速の早いものは巨石を転動させ、多量の土砂流出現象をもたらす。	
掃 流		個々の粒子が水の力によって移動するものである。洪水時に発生し、堆積物は層状構造をなす。	各個運搬

9-3-2 土石流の危険性の推定

土石流の危険性は、土石流となり得る崩壊発生又は溪流土砂移動と土石流の流下にかかわる溪流等の要因を総合的に検討のうえ推定するものとする。

〔解説〕

- 1 土石流の危険性の推定は、個々の流域について、9-3-1「土石流発生要因の調査」によって設定された要因等に基づいて、資料調査、現地調査、地形計測等により、現地の状況を把握し土石流の危険性について判定を行うものとする。
- 2 主として溪床勾配により、土石流の発生区間、流下区間、堆積区間を区分して、その特性から危険性の判定を行うものとする。

〔参考〕土石流と溪床勾配との関係

土石流の運動と溪床勾配との関係は、表-30 のような関係が知られているため、

空中写真、地形図から勾配を計測し、また、現地踏査時に測量器械等を利用して勾配変化点、工作物の前後、谷が開ける箇所等について測定を行い地形図等に区分して整理する。

表-30 溪床勾配の区分 (θ: 溪床勾配)

溪床勾配	区 分
$0^{\circ} \leq \theta < 2^{\circ}$	掃流区間
$2^{\circ} \leq \theta < 15^{\circ}$	堆積区間
$10^{\circ} \leq \theta < 20^{\circ}$	流下区間
$15^{\circ} \leq \theta$	発生区間

9-3-3 流出土砂量等の推定

計画・設計のために、土石流発生の危険性が高い溪流における流出土砂量等を把握するものとする。

〔解説〕

1 土石流による流出土砂量は、山腹荒廃危険地の崩壊土砂量、荒廃溪流の不安定土砂量を基にして推定する。

なお、土石流発生の危険性が高い溪流については、荒廃溪流の不安定土砂量として、流送地帯で土石流により侵食、流送されるおそれのある土砂量をとるものとする。

2 治山ダム等の設計時に土石流を考慮する場合は、治山ダムの天端厚の検討、透過型治山ダムの袖部や透過部部材に作用する礫の衝突による衝撃力の検討、治山ダムの透過部（スリット）の間隔の検討を行うため、現地調査等によって、土石流時に流出すると想定される石礫の最大径を把握するとともに、土石流速度・水深等を推定する。

3 土石流時に流出すると想定される石礫の最大径は、治山ダム計画地点の上流100mおよび下流100m程度の区間において、土石流によって堆積したと思われる、溪床に集まって存在する石礫の径を測定し、測定結果の上位から10番目とする。

なお、石礫の調査範囲は、溪床の状況に応じて決めるものとする。

4 石礫の最大径は、現地調査により個々の石礫について測定する機会が多いが、飛行機・UAV等を用いて、レーザープロファイラーや空中写真により測定してもよい。

9-3-4 土石流の影響範囲の推定

土石流発生の高危険性の高い溪流における土石流の停止位置と広がりを推定するものとする。

〔解説〕

- 1 土石流の停止位置と広がりを推定することは、これに対する適切な対策工等保全対象への被害の未然防止を検討するうえで重要である。
- 2 土石流は、流送地帯では溪流の流路巾を越えたり、堆積地帯においては大きく広がることもある。

9-4 流木発生 の推定

流木は、崩壊、土石流等に伴って流下する可能性のある立木等を対象に、流木量等を把握するものとする。

〔解説〕

- 1 流木は、崩壊、地すべりの発生にともなって土砂と共に崩落した流木や溪流内の立木等が洪水や土石流に巻き込まれて生じるものである。
従って、流木発生 の推定は、崩壊及び土石流発生 の推定を行った後、その範囲に存在する立木等を調査して流木の発生及びその流出を推定するものとする。
- 2 山腹斜面に風倒木等が多量に発生している箇所、溪流に流木が多量に堆積している箇所等は、その位置・流木となるおそれのある量を調査する必要がある。
- 3 治山ダム等の設計時に現地調査等によって、土石流時又は洪水流時に流出すると想定される流木量(材積)・最大径・最大長さを推定するものとする。

参考文献

林野庁：土石流・流木対策指針、平成30年3月

9-5 取りまとめ

荒廃危険地調査の成果は、崩壊等の発生が把握できるように取りまとめるものとする。

〔解説〕

荒廃危険地調査の結果は、崩壊等の発生、土石流・流木の発生について規模等がわかるように図表に整理する。なお、崩壊等の発生要因が降雨によるものであり、水文資料によりその生起確率（7-3参照）の解析が可能な場合は、荒廃地調査の結果とも合わせて計画・設計の基礎資料となるように取りまとめるものとする。

第10節 環境調査

10-1 総説

環境調査は、事業対象地及びその周辺の環境を把握して、事業の計画、設計及び効果の検証に必要な基礎資料を得ることを目的とする。

〔解説〕

- 1 環境調査は、治山事業と環境との調和を図る観点から、計画・設計及び施工中・施工後の評価に関して、必要に応じて行うものとする。
- 2 環境調査は、事業対象地及びその周辺の生態系、景観などを対象として、事業の実施に伴う環境負荷等の影響が予想される十分な範囲を調査する。

〔参考〕環境負荷の評価手法

環境負荷の評価は、ライフサイクルアセスメント（LCA、ISO14040、JIS Q14040）を踏まえ実施することが望ましい。

10-2 調査の種類

調査の種類は、適切なものを選択するものとする。

〔解説〕

- 1 環境調査の標準的な種類は、次のとおりである。
 - (1) 自然環境調査
 - (2) 自然景観調査

10-3 自然環境調査

10-3-1 植物調査

植物調査は、植物相、植物分布、貴重種等について調査するものとする。

〔解説〕

- 1 植物調査は、次のとおり実施する。
 - (1) 文献及び聞き取り調査
文献調査、学識経験者等への聞き取り調査により、植物相、植生分布、貴重種、貴重群落等を把握するものとする。

(2) 現地調査

現地調査は、文献及び聞き取り調査の成果を踏まえ、必要に応じて植物種に対して適切な方法で実施するものとする。

2 植物調査の対象は、陸上植物及び水生植物である。

3 現地調査の留意点は次のとおりである。

(1) 現地調査の時期

調査の時期は、植物種及び分布状況を把握できる時期とし、一般的には植物の活動時期に行うとよいが、種の同定の困難なものについては、対象の特徴が顕著となる開花時期等が望ましい。

(2) 現地調査の手法

現地調査の手法として、コドラート法が最も多く用いられている。

10-3-2 動物調査

動物調査は、動物の生息種とその分布状況、貴重種の生息状況等について調査するものとする。

〔解説〕

1 動物調査は次のとおり実施する。

(1) 文献及び聞き取り調査

文献調査、学識経験者等への聞き取り調査により、動物の生息種、その分布状況、貴重種の生息状況等を把握するものとする。

(2) 現地調査

現地調査は、文献及び聞き取り調査の成果を踏まえ、必要に応じて動物種に対して適切な方法で実施するものとする。

2 動物調査の対象は、ほ乳類、鳥類、は虫類、両生類、魚類、昆虫類等である。

3 現地調査の留意点は次のとおりである。

(1) 現地調査の時期

対象とする動物の特性に応じた時期を選定することが望ましい。例えば鳥類の場合、つがい活動の時期や渡りの時期がよく、ほ乳類の足跡調査の場合は、積雪期がよい。

(2) 現地調査の方法

次表の方法から適切なものを選択するものとする。

表-31 主な動物調査の手法

動物の種類		調査法	概要
ほ乳類	中大型ほ乳類	痕跡法 (フィールドサイン)	生息地に残された足跡、糞、食痕、つめ跡、営巢の跡等により、生息種、生息範囲の把握ができる。 直接個体を確認する機会の少ない中、大型動物の調査に適している。
	小型ほ乳類	捕獲法 (トラッピング)	生け捕りを目的とした場合は、かごわな(ライブトラップ)、その他の場合は、はじきわな(スナップトラップ)を夕刻に設置し、翌朝回収する方法を2~3日くり返して行う。ネズミ、モグラ等痕跡が残りにくい小動物に適しており、わなの配置の方法により、個体数や行動域が推定できる。
鳥類		ラインセンサス (ロードサイドセンサス)	一般的には、既存道(登山道、林道、畔道、その他静かな道)を調査ルートとし、鳥類の活動が最も活発な時期に調査する。 ルートをゆっくり歩き、その間出現する全ての個体数、種類を記録する方法で、行動圏の広い種を除く鳥類全般の調査に適している。
		定点法 (ポイントセンサス)	視認可能な範囲を調査区とし、一定の時刻にそこにいる全ての種類、個体数を記録する方法で猛禽類の飛翔状況の調査等に適している。
両生類 は虫類		直接観察法	踏査によって各種の成体、卵、幼生を確認する。 調査時期は、春期から秋期、特に両生類は各種の繁殖期が観察に適している。
魚貝類		採集法	投網、定置網、釣り、潜水等を対象とする魚貝類及び水底地形に応じた方法で採集するものである。 当該水域で実際に使用している漁具を優先して使用したほうがよい。
昆虫類		任意採集法	捕虫網により、樹木の葉や草をすくったり、飛行中の昆虫を採取するスウィーピング採集や白布を樹木の枝葉の下に広げ、枝葉を叩いて落下する昆虫を採集するビーティング法がある。特に、草原等で一定回数同規格の捕虫網を振って集計すると他地点との個体数の比較ができる。
		わな(トラップ)による採集法	餌(ベイト)を入れた採集瓶を土中に埋め、餌を求めて集まる歩行性の昆虫を落下させ採集するベイトラップ法や、白布を背にして、各種の光源を置き夜間光に集まる昆虫を採集するライトトラップ法等がある。

10-3-3 水質環境調査

水質環境調査は、溪流等の水質が治山工事の施工によって変化する可能性のある場合に実施するものとする。

〔解説〕

水質調査は、溪流、地下水等に関して、治山工事の施工に伴う濁水など水質の変化が、下流域の水利用等に影響を及ぼすことが推定される場合に、現地計測、採水による定量分析により実施するものとする。

〔参考〕 調査項目

主要な調査項目は次のとおりであり、現地の状況から適切なものを選択する。

現地計測：水温、PH、導電率、濁度、D0等

定量分析：主要イオン濃度、BOD、重金属などの有害物質

10-4 自然景観調査

自然景観調査は、施設等の設置予定箇所周辺の主要景観地の分布状況、主要眺望点からの眺望の状況及び自然環境保全上特に留意するものを調査するものとする。

〔解説〕

- 1 主要景観地とは、主として国立公園、国定公園及び都道府県立公園等自然公園法に基づいた地域、文化財保護法により、天然記念物に指定された地域、その他特徴的風景を有する地域である。
- 2 主要眺望点とは、不特定多数の人々によって景観を鑑賞する展望地点として位置付けられている公共の場所であって、一般には道路、公園等における展望台や展望地、峠、観光道路等である。
- 3 眺望の状況に含まれる内容は、次のものである。
 - (1) 景観を構成する要素（山岳、溪流、森林、構造物等）の形態及び組合せのまとまりと変化
 - (2) 色彩の多様性の程度（空の青、山の緑、水の青、ダムの白、集落の色の混在等）
 - (3) 主要な眺めの視野において占める程度及び可視の程度
 - (4) 景観を取り巻く雰囲気（静的、動的、穏やか等）
 - (5) 利用状況
 - (6) 価値（全国的価値、都道府県的価値、市町村的価値）
 - (7) その他の天候（明るさ）、対象の大小等

10-5 取りまとめ

調査の結果は、調査目的に応じて整理し、事業の計画、設計及び効果の検証に資するよう取りまとめを行うものとする。

〔解説〕

環境調査の結果は、環境の実態がわかるように図表に整理するとともに、計画設計時における影響の予測、保全対策の検討、施工後の効果の検証が的確に実施できるように取りまとめるものとする。

10-6 総合解析

調査の結果に基づいて、環境への影響について予測を行うとともに必要な保全対策を検討する。なお、予防・保全対策に不確実性がある場合は、効果の検証を行うものとする。

〔解説〕

- 1 環境調査の結果に基づいて、治山施設の設置等が環境へ与える影響を予測するとともに、必要に応じて影響の回避・軽減又は環境の復元・創出を目指した保全対策を計画・設計に盛り込むものとする。
- 2 予測・保全対策に不確実性がある場合は、効果の検証のために継続的に環境調査を実施し、効果の評価を行うものとする。また、必要に応じて、その結果をフィードバックして、計画・設計の変更・修正を行うものとする。

第11節 社会的特性調査

11-1 社会環境調査

社会環境調査は、既往災害、保全対象等について、調査するものとする。

〔解説〕

- 1 既往災害の調査は、主として事業対象地域及びその周辺の既往災害記録、山地災害危険地区調査結果等の資料により調査する。
- 2 保全対象等の調査は、事業対象地域の崩壊地、荒廃溪流、落石荒廃地及び荒廃危険地が被害を与えるおそれのある区域における、土地利用状況、田畑、漁業施設、公共施設（公共建物、道路、鉄道、公益的施設等）、集落、人口等について主として資料等により調査する。

11-2 法令・規制等調査

法令・規制等調査は、各種の法令等の指定状況等について把握するものとする。

〔解説〕

- 1 事業の計画、設計に当たっては、事業対象地域及びその周辺における各種法令等の指定状況及び規制内容を把握し、必要に応じて、関係機関と調整を図る必要がある。
- 2 法令・規制等調査では、事業対象地域にある森林の公益的機能について調査する必要がある。

〔参考〕 調査する法令等

関係する法令等には主として次のようなものが考えられる。

表－32 関係法令等と調査項目

関係法令等	主な調査項目
森林法	保安林、保安施設地区（山地災害危険地区）
地すべり等防止法	地すべり防止区域（地すべり危険地区）等
漁業法	内水面における漁業権
水産資源保護法	保護水面
文化財保護法	史跡、名勝、天然記念物
河川法	河川区域
砂防法	砂防指定地（土石流危険溪流）
土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律	土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険地区（急傾斜地崩壊危険箇所）
海岸法	海岸保全区域、一般公共海岸区域
自然公園法	国立公園、国定公園、都道府県立自然公園
自然環境保全法	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域
絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律	生息地等保護区
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	鳥獣保護区
宅地造成及び特定盛土等規制法 （令和5年5月26日施行）	宅地造成等工事規制区域、特定盛土等規制区域
都市計画法	地域地区等の決定状況等
古都における歴史的風土の保存に関する特別措置法	歴史的風土保全地区等指定状況
都市緑地法	緑地保全地域等の指定状況
景観法	景観地区の指定状況
その他	関連自治体の条例、国有林の機能類型、保護林

11-3 防災施設等調査

防災施設の調査は、既存の防災施設等の整備状況及び今後の計画について調査するものとする。

〔解説〕

- 1 事業の計画・設計に当たっては、既存の治山施設、既存の他所管防災施設の位置・規模（砂防施設、地すべり防止施設、河川施設、多目的ダム等）及び今後の計画について調査するものとする。
- 2 既存の治山施設は、位置・規模のほか、機能の発揮状況、被災状況等についても調査し、機能強化、補修等の計画の必要性を判断する資料とする。なお、主な機能強化の種類は、以下のとおりである。
 - (1) 嵩上げ
既存の治山ダムの堤高を上げることで、治山ダムの持つ機能を強化させる。
 - (2) 増厚
既存施設の設計時に想定した荷重に加え、新たに土石流による荷重等がかかることが判明した場合等に計画する。
 - (3) 洗掘防止施設
下流の河床変動や局所洗掘が生じている箇所、嵩上げによる有効落差の増加等により、洗掘のおそれのある箇所に計画する。
 - (4) 土石流・流木防止対策
土石流や流木の流出するおそれのある場合は、既存施設を改良し流出防止施設を計画する。
- 3 治山施設の被災状況は、下流側前庭部の洗掘状況、袖の突っ込み状況、放水路天端の摩耗状況、堤体の亀裂の有無等について調査する。

〔参考〕既存施設の維持管理・更新について

既存施設の維持管理・更新等を推進するための方向性を示す基本的な計画として、「インフラ長寿命化計画（行動計画）：林野庁 令和3年3月31日改定」が取りまとめられている。

森林の有する多面的な機能の発揮が将来にわたり確保されるためには、森林の整備及び保全を適切に進めていくことが肝要である。そのための基礎として必要となる施設について、新たな整備を推進することに加え、これまでに整備された既存ストックについて、森林や山村などを取り巻く状況を勘案し、適切な維持管理・更新などを進め有効活用を図っていくことが重要である。

施設の点検・診断、長寿命化対策（維持作業、補修、機能強化、更新）を統一かつ効率的・効果的に行うに当たり、「治山施設個別施設計画策定マニュアル：林野庁 平成30年3月」、「治山施設に係る個別施設計画策定のためのガイドライン：林野庁 平成28年3月28日策定」が参考となる。

表-33 既存施設の対策例（補修、機能強化、更新）

工種	変状	考えられる対策
溪間工、土留工、水路工 (コンクリート構造)	劣化・剥離	・表面被覆、断面修復、前面増厚 ・補修（被害箇所との交換）
	堤体損傷	・破損箇所の修復 ・前面増厚
	ひび割れ・漏水	・表面被覆 ・前面増厚 ・部材交換
	湧水	・水処理
	変位・変形	・工種変更（更新） ・アンカー工による補強
溪間工、土留工、水路工 (鋼製・木製構造)	腐食・腐朽	・部材の交換、補強 ・コンクリート工による補強
	変位・変形	・変位変形が大の場合、更新
	中詰材の流出	・破断部材交換後、中詰材の再投入
	部材の破断	・部材交換
	ボルト欠損	・ボルト交換
のり面保護工	劣化・剥離	・増厚吹付 ・表面被覆
	ひび割れ	・増厚吹付 ・表面被覆
	湧水	・水処理
	変位・変形	・打換え ・対策工の検討
落石対策工	腐食	・錆止め塗装 ・部材交換
	変形、緩み等	・金網の交換
	落石の異常堆積	・落石の除去

参考文献

- 森林立地調査法編集委員会：森林立地調査法、博友社、平成 11 年
 日本林業土木連合協会：治山全体調査の考え方進め方、林土連研究社、昭和 43 年
 日本学術会議：地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価
 について、平成 13 年
 塚本良則：森林・水・土の保全、朝倉書店、1998
 新谷融、黒木幹男ほか：流域動態の認識とその方法、北海道大学図書刊行会、2001
 日本道路協会：落石対策便覧、平成 29 年
 森林土壌研究会：森林土壌の調べ方とその性質（改訂版）、林野弘済会、平成 5 年
 地盤工学会：土質試験の方法と解説、平成 16 年
 地盤工学会：地盤調査法、平成 15 年

河川砂防技術基準（案）
治山技術基準解説

第3章 山地治山計画の基本方針

第1節 計画の基本理念

山地治山計画は、山地治山事業の目的を達成するため、環境の保全・創出を考慮しつつ、治山施設の適正な配置と森林の復旧・整備により、安全水準の向上、確保ができるように策定しなければならない。

〔解説〕

山地治山計画は、第1章「事業の定義及び目的」に掲げる目的を達成するために策定する治山事業全体計画、実施計画等の総称である。

第2節 計画規模

山地治山計画における計画規模は、対象とする流域の重要度、保全対象との関連、荒廃地や荒廃危険地の規模及びその特性等を考慮して決定するものとする。

〔解説〕

計画規模の決定に当たっては、荒廃地や荒廃危険地の規模及びその特性等から想定される災害の特性、規模、範囲とそれに応じた保全対象等を把握し、事業の実施によってもたらされる森林の公益的機能発揮の効果を総合的に勘案するものとする。

第3節 山地治山計画の策定

3-1 基本的な考え方

山地治山計画は、それぞれの流域における調査の結果に基づいて、自然的、社会的な特性に立脚した最も経済的かつ効率的な計画でなければならない。

〔解説〕

- 1 山地治山計画の策定は、それぞれの流域について必要な調査を行い、自然的及び社会的な流域固有の特性を把握して行うものとする。
- 2 山地治山計画は、原則として、次のような段階を経て作成するものとする。
 - (1) 基本的な検討：広域な地域に対する基本構想を明らかにして、概括的な計画を検討する。
 - (2) 計画策定のための検討：一定区域の流域や山腹斜面等において、整備目標、整備水準、整備方針等を明らかにして、一定期間に行う具体的な計画を検討する。
 - (3) 山地治山計画の策定：上記(1)、(2)を踏まえ、治山事業全体計画、実施計画等各々の目的、整備目標等に合致した計画を策定する。
- 3 山地治山計画策定後においては、計画の推進状況を検証するとともに、状況に変化が生じた場合には、適切に計画の変更等を行うものとする。

また、一定期間を経過した場合あるいは、計画の変更等を行った場合には、山地治山事業の効果の評価を行い、以後の計画に反映させるものとする。

〔参考〕 治山事業全体計画（事業実施のための計画）の作成

治山事業全体計画の標準的な作成手順は、「国有林治山事業全体計画作成等要領」等において次のとおりとされている。

- 1 対象区域等の現況把握
- 2 期待される森林の公益的機能の把握
- 3 荒廃現況の把握
- 4 整備目標等の設定

事業の目的、対象区域等の現況、発揮が期待される森林の公益的機能、荒廃現況等を踏まえ、整備目標（事業における整備に係る現象を明確にし、その現象ごとに、これを抑止、抑制又は改善しようとする内容）、整備水準（対象区域又は近傍の降雨、降雪、風、波浪、地震等の天然現象の規模又は頻度を踏まえた抑止又は抑制の水準、地すべり防止対策における目標安全率、森林整備において目標とする林型、その他の整備目標を具体的に示すために必要な事項）及び整備計画量（全体計画において整備対象地の復旧・整備を計画する量及びその量の設定の考え方）を設定する。

5 整備方針の設定

整備目標を達成するために必要な治山施設及び森林の整備の主な種類、施工方法、配置及び施工上の優先順位とその考え方、その他復旧・整備に当たっての具体的な方針について定める。

6 他事業との関連

他事業との調整状況や連携状況等について把握する。

7 事業量

計画する治山施設及び森林の整備の工種別の数量及び金額を決定する。

8 全体計画図

全体計画の対象区域、荒廃地等の現況、整備計画量、治山施設及び森林の整備箇所の配置、施行効果区域等について一体的に明示した図面を作成する。

〔参考〕整備対象とする現象

治山事業全体計画の対象とする現象は、次のものがある。

- 1 山腹荒廃地における崩壊の拡大、侵食等
- 2 山腹荒廃危険地における崩壊等
- 3 荒廃溪流における溪床・溪岸侵食等
- 4 地すべり
- 5 落石
- 6 飛砂、潮風、高潮、強風、霧、なだれ
- 7 森林立木の被災
- 8 森林の公益的機能の低下
- 9 自然環境・生活環境の悪化
- 10 その他

山地治山事業では、主に1、2、3及び5を取り扱うが、山地治山計画においては、これらを総合的に勘案して策定するものとする。

3-1 基本的な考え方（細則）

- 1 治山事業の計画にあたっては、単年度ごとの計画ではなく、当該流域の全体計画を意識して対象区域を設定したうえで、流域全体の荒廃現況から必要となる治山施設の配置を検討し、計画全体が整合性をもつものとしなければならない。

そのうえで、保全対象や施工性等を考慮して、施工順序を決定ことにより、計画的に事業を進めるものとする。

3-2 山地治山計画の具体的方針

山地治山計画は、治山施設の適切な配置及び森林の復旧・整備により、広く流域全体の災害の防止、水源のかん養、その他の森林の公益的機能の維持増進が一体的かつ総合的に図られるよう策定するものとする。

〔解説〕

- 1 山地治山計画は、山腹荒廃、荒廃溪流、落石等に関する現象を明確にして、事業目的を達成するよう策定するものとする。
- 2 山地治山計画は、森林の有する公益的機能を維持・向上させる観点から、治山施設の設置と森林の造成等による復旧・整備を一体的かつ総合的に実施できるよう策定するものとする。
- 3 山地治山計画の策定に当たっては、治山施設の適切な配置及び森林の復旧・整備と地域の防災体制の整備に資する対策も含めた総合的かつ効果的な防災対策による減災及び環境への配慮に留意するものとする。

3-2-1 山地治山計画において計画すべき内容

山地治山計画は、溪間工、山腹工、森林整備等を適切に組み合わせて、荒廃地の復旧及び荒廃の未然防止を行うよう策定するものとする。

〔解説〕

- 1 山地治山計画においては、山腹荒廃地の復旧、山腹荒廃危険地の荒廃防止、荒廃溪流における縦横侵食防止等を行い、森林の生育基盤の維持形成を図るとともに、山地災害を発生させるおそれのある荒廃地等を直接復旧・整備する発生源対策を検討するものとする。
- 2 荒廃地の復旧及び荒廃の未然防止に当たっては、荒廃の程度、下流への影響度合いを考慮して発生源対策の内容等を定めるとともに、荒廃特性に適合した工種・工法を検討するものとする。
- 3 荒廃地の拡大、土石流の発生等により、下流に大きな影響を及ぼすおそれがある場合は、予防対策を含めた総合的な対策を検討するものとする。
- 4 治山施設の配置、工種・工法の選定等に当たっては、治山施設の新設費用のみでなく、耐久性、将来の補修等も含めた総合的なコスト縮減対策の推進を考慮した計画となるよう努めるものとする。
また、長期にわたり治山施設の機能の維持が図られるように、既存の治山施設の適切な補修や機能強化を考慮した計画となるよう努めるものとする。
- 5 地すべり又は森林整備に関する計画及び設計に当たっては、第4編「地すべり防止事業」、第5編「保安林整備事業」に準じて行うものとする。

〔参考〕近年の災害状況を踏まえた対策

近年発生している山地災害の特徴は、①表層よりもやや深い層からの崩壊発生の増加、②流量増による溪流の縦横侵食の激化、③線状降水帯の形成等による山地災害の同時多発化があげられる。これらの特徴は、土砂や流木の流出量の増加を助長し、保全対象へ被害を拡大させることとなり、治山対策により取組を強化していくことが必要となる。

- ① 表層よりもやや深い層からの崩壊発生が増加していることへの対応

- ・近年の豪雨形態の変化により、崩壊土砂が溪流を侵食しながら大量の土砂・流木を伴い流下し、保全対象に影響を及ぼすケースがあることから、発生源対策や監視にも取り組むことが必要である。
 - ・発生源対策や監視の対象とする箇所は、リモートセンシング技術による微地形判読を活用することで、過去の災害履歴、断層帯や湧水の有無等、効率的に抽出することが可能である。
 - ・対策については、現地へのアクセス条件等施工性や経済性を踏まえつつ、雨水の分散や排水を図るなど崩壊発生自体の抑制を図る対策（例えば簡易な筋工、柵工、カゴ工、斜面補強土工等の設置）を検討する。
- ② 流量増による溪流の縦横侵食が激化していることへの対応
- ・集落等保全対象が近接している場合は、土石流の衝撃にも対応できる治山ダム構造とするとともに、上流における不安定土砂の流出・生産が多く、かつ繰り返しのメンテナンスが可能な場合にあってはダム上流側に貯砂容量を持たせるタイプの治山ダムの設置を検討する。
 - ・保全対象から一定程度距離がある流下区間は、施工性やコストの観点も考慮し、比較的規模の小さい治山ダムを階段状に設置することを検討する。
 - ・溪流沿いの立木のうち侵食を受け根が浮くなどして根系機能の発揮が期待できない状態となっているものを、帯状又は単木で伐採するとともに、将来、再度流木被害を招く危険性を低減するため、当該地を伐採後の植栽箇所から除外し周辺樹種の自然導入へ誘導する等林相転換を図っていく。
- ③ 線状降水帯の形成等により山地災害が同時多発化していることへの対応
- ・危険度が高くかつ施設が未整備となっている地域を優先し、着手率の向上を主眼に対策を講じていくことが必要である。
 - ・施設が一定程度配置されている地区については、施設の追加設置のみならず、既存施設の嵩上げ・増厚等の既存施設の有効活用も検討する。

参考文献

林野庁：豪雨災害に関する今後の治山対策の在り方検討会：「豪雨災害に関する今後の治山対策の在り方検討会（とりまとめ）令和3年3月」

3-2-2 荒廃地の復旧等の計画

荒廃地の復旧等に当たっては、荒廃地等の地質、荒廃成因等によって類型化し復旧工法等を検討の上、計画するものとする。

〔解説〕

山地治山計画の内容は、荒廃地、荒廃危険地等の形態や、荒廃の原因、荒廃過程、気象条件、土質・地質等により異なるため、多様なものとなる。

特に、山腹荒廃地等の形態を類型化することは、それぞれの基礎的な対応策等を把握することができ、具体的な山地治山計画の策定に当たって有益である。

1 溪岸侵食型

- 2 浸透水型（表層崩壊、深層崩壊、地すべり性崩壊）
- 3 表面侵食型
- 4 変質風化型
- 5 はげ山
- 6 シラス荒廃地
- 7 火山性荒廃地
- 8 煙害等による荒廃地
- 9 落石荒廃地

〔参考〕

上記区分のうち主な荒廃形態及び対策について特記すれば、次のとおりである。

1 溪岸侵食型

溪岸侵食型荒廃地は、地質的条件に関係なく見られるタイプである。その素因として溪流の蛇行、溪床勾配等があり、洪水流や土石流の水衝部に当たる溪流沿いの斜面の山脚部が侵食を受け崩壊するものが多い。

対策としては、溪岸斜面の山脚を固定するため溪間工を計画する。具体的には、溪岸の侵食を防止するため、治山ダムで縦横侵食を防止して流路の固定を図り、護岸工等によって水衝部を保護して山脚の侵食を防止する等の方法がある。

さらに、必要に応じて山腹工を計画し、総合的な荒廃地復旧対策を行う。

2 浸透水型

浸透水型の崩壊は、斜面表土層の下層に比較的硬い岩盤や粘土層が存在して不透水層を形成し、豪雨等による浸透水によって表土層内の間隙水圧が増大して、不透水層を境に崩落するものが多い。

浸透水型崩壊には、土層の厚さが比較的浅い崩壊の場合の表層崩壊と、深い深層崩壊及び地すべり性崩壊があり、豪雨によって浸透した中間水が、不透水層を境に滞留して飽和状態となり、間隙水圧の上昇により土粒子相互の粘着力が失われ急激に崩壊して流動化し土石流となることがある。

対策としては、崩壊土砂による土石流の発生を防止するため、崩土が溪床に堆積している場合には、治山ダムによって不安定な土砂を固定（溪床固定）して、溪床に堆積している土砂の土石流化を防止することを計画する。

(1) 表層崩壊

この崩壊の形態としては、表土層が比較的薄いとき、短時間に集中的な豪雨があった場合等に多く発生し、崩壊地の形状は板状や複数の小崩壊が繋がって樹枝状を呈するものが多い。火山堆積物地帯、第三紀層地帯及び深成岩地帯の山腹上部から中部の表層土の浅い遷急線付近に多く、表層滑落型の崩壊となる場合が多い。

対策としては、土留工、客土効果の大きい緑化工、特殊吹付工、のり砕工等によって復旧を図る。なお、完全に表層土が崩落して岩盤や硬い地層が露出した平滑な崩壊地については、自然復旧に期待することも止むを得ない場合が

ある。

(2) 深層崩壊

この崩壊の形態としては、堆積層が厚く、かつ長期間にわたる多量の降雨や融雪水の供給によって深部の間隙水圧が上昇して崩壊を起こすものである。崩壊地の形状は馬蹄形や貝殻状崩壊が多い。

対策としては、崩壊の規模及び深度が大きい崩壊地が多いので、のり切工を十分に行うとともに、土留工によって不安定土砂を固定し、暗きょ工や水路工を併設して崩壊原因である浸透水を早く排除することにより復旧を図る。

また、比較的硬い岩盤等の露出地については、条件に応じてのり砕工、緑化工等を計画する。特に、硬い地層と軟らかい堆積土等との接点付近は、地表流が直接流下して崩壊を拡大しないよう水路工等を計画する。

(3) 地すべり性崩壊

地すべり性崩壊は、前記の深層崩壊とは発生形態がやや異なり、堆積地や泥岩、凝灰岩の厚い風化層、あるいは破砕帯等で地下水に起因して発生するケースが多く、比較的深い貝殻状の崩壊となる。地すべりに似るが、風化泥岩、粘土層等のすべり面を境にしてすべり面上の構造を保ちつつ緩慢に移動する現象とは異なる。

崩壊地においては、崩壊の原因となり易い湧水点からの排水と、地下水を早く表面水にして斜面の安定化を図るために、暗きょ工や水路工を適切に配置する。併せて土留工や緑化工等によって表層土の固定を図る。

地すべり性崩壊の中には、滑落した土塊があまり変形しないまま斜面下部に堆積している場合がある。この場合は、治山ダムによって溪床を上げて、堆積土砂の移動防止を図り、押え盛土の抑制効果で滑動を防止する。それでも滑動するおそれがある場合には、土塊の移動を直接抑止する杭打等の工法がある。また、滑落崖等には、周囲からの地表流等が流入しないよう水路工等を特に計画する。

崩落土塊が著しく大きく、下方へ更に崩落するおそれがある場合等は、崩壊の原因となった地下水の排除のため、集水井、ボーリング暗きょ等の地すべり防止工事に準じた工法を計画する。

3 表面侵食型等

表面侵食型荒廃地は、花崗岩地帯のはげ山が代表するように、地表流により地表が侵食され鋸歯状の崩壊形態を呈する。一般には土性が不良であることに加え、気象条件、山火事等が原因ではげ山となっていることが多い。

火山性堆積物地帯やシラス地帯では、脆弱な火山灰土、軽石等の堆積地がV字型に侵食されてガリーを形成し、それぞれのガリーが繋がって樹枝状を呈した荒廃地となる。

豪雨等による地面流が主な原因となるはげ山やシラス荒廃地は、土質の特殊性に起因するものがある。

対策としては、初期の段階では筋工、柵工、水路工等によって侵食を防止し、

崩壊地を緑化工により被覆する。特に侵食の進んだ地帯では溪流に治山ダムを計画し、溪床勾配を修正し、流路工によって縦横侵食の防止を図り、これを基礎に山腹斜面の復旧を計画する。

はげ山地帯やシラス地帯で特に留意すべきこととして、侵食された斜面は、のり切整地等によって安定勾配へ導くとともに、のり切によって発生する土砂が堆積する深い凹部には埋設工や暗きょ工を計画し、土砂の流動化を防止する。

また、斜面には柵工等を設け、積苗工、客土吹付工等を計画し、表層土の侵食を防止すること、斜面長が長い場合にはのり砕工により緑化すること等がある。

その他の火山性堆積物地帯においては、崩壊の形態は類似しているが堆積している土砂の土質、堆積土砂の厚さ等は様々である。一般には深く侵食された山腹斜面については、埋設工や土留工を併用しながら、のり切によって斜面を整形し、必要な水路工や緑化工を計画する。

侵食された溪流については、治山ダムにより縦横侵食の防止を図る。

火山性堆積物は、火山活動の時期や期間等によって噴出物の性質に差があるので、溪間工を計画する場合には基礎地盤等について慎重に検討する必要がある。

4 変質風化型

変質風化型荒廃地は、火山や熱水活動により変質したり、風化、粘土化した地層で、表層崩壊や地すべり性崩壊となる場合が多い。

対策としては、表層崩壊は土留工や緑化工を主とする山腹工の計画となるが、深い地すべり性崩壊は地すべりと同様の対策が必要である。

温泉変質作用を受けた地帯では、土壤の酸性が強く、緑化工等に特殊な技術が必要とするばかりでなく、コンクリートの使用する資材も耐酸性を考慮して工種・工法を選定する必要がある。

5 落石荒廃地

落石荒廃地は、節理、亀裂の発達した岩体、硬さの異なる岩の互層、固結度の低い礫岩、深層風化した岩体等の地層で、急傾斜地に多い。落石の発生形態としては、節理、亀裂の発達した岩がはがれて取れる剥離型と、段丘堆積物や凝灰角礫岩等の基質が雨水等で風化侵食されて不安定化する転石型がある。

対策としては、崩落が予想される浮石・転石を取り除くか、不安定な岩塊等を被覆、固定する等の発生源対策が効果的である。しかし、発生源が広範囲なとき、地形が急峻で発生源対策が困難なとき等は、落下しても被害が生じないように発生源から保全対象に至る山腹に防護壁等を設けて、落石を抑止するよう計画する。

また、発生源と落下区間に、比較的成長が早くかつ深根性の樹種を植栽して、これらの森林(樹木)によって将来的には落石や転石を抑止できるよう計画する。

以上のとおり、荒廃形態を主な原因により区分し、その基本的な対策工の概要をあげたが、これらは目安であり、計画に当たっての留意点にすぎない。

それぞれの荒廃地を詳細に見れば、その原因となるものは複合的に作用して現実の荒廃形態を呈しているもので、画一的、一面的な検討による計画では不適切となる危険性が高い。降雨のあり方一つをとらえて見ても、一連続雨量が多かった

からといって荒廃地が異常に発生するものとは限らず、同じ一連続雨量でも降雨強度の大きい降雨を含む場合には荒廃地の発生率は高い。

また、年降雨量の多い多雨地帯と雨量の少ない寡雨地帯では、降雨による荒廃地化に対する抵抗力に差異があり、いわゆる台風常襲地域では降雨に対して耐性が強い。

このように単純な仕分けで対策工法が決定されるものではなく、その置かれている条件を、いろいろな視点から検討して計画する必要がある。

3-2-3 山腹荒廃危険地対策

山腹荒廃危険地においては、対象とする山腹斜面の自然的条件及び社会的条件を踏まえ、発生源対策、落石及び崩壊土砂の流出防止対策並びに森林の土砂崩壊及び流出防止機能を高めるための森林整備を適切に組み合わせて計画するものとする。

〔解説〕

- 1 山腹荒廃危険地対策は、山地災害危険地区及び、その他の山腹荒廃危険地であって保全対象との関係から対策を実施する必要性の高い箇所を重点的な対象として計画するものとする。
- 2 工種・工法の選定に当たっては、地質、地形、林相等の自然的条件及び山腹斜面の上下部にある保全対象等の社会的条件を踏まえて、総合的に判断するものとする。

3-2-4 土石流・流木対策

土石流・流木の発生のおそれのある溪流においては、土石流及び流木に起因する山地災害を防止・軽減するため、流域の特性に応じて、荒廃地等の復旧・整備を含めた発生源対策や、溪床の縦横侵食の防止対策等を総合的に計画するものとする。

〔解説〕

- 1 土石流・流木対策は、山地災害危険地区や、その他の土石流（泥流、土砂流を含む）・流木の発生が危惧される溪流等と保全対象との関係から、対策を実施する必要性の高い箇所を重点的な対策として計画するものとする。
- 2 土石流・流木に起因する山地災害対策においては、いわゆる流動化のおそれのある山腹崩壊地等の復旧・整備を含めた発生源対策に重点を置きつつ、土石流・流木の流出区間を発生、流送、堆積等の区間に適宜区分の上、他事業との連携・調整も踏まえ、それぞれの土砂移動の特性に応じた工種・工法を選定するものとする。
- 3 流木対策は、流木の発生形態が土石流に伴う場合と洪水流に伴う場合があるこ

とから、形態に応じて土石流を中心とする計画ないし流木対策を中心とする計画を選択するものとする。なお、流木が堆積し流出のおそれがある場合は、必要に応じて、流木等の除去を行うよう計画するものとする。

- 4 治山施設の設置を計画する場合は、地域における治山施設の整備状況等を踏まえ、既存施設の嵩上げ、増厚、スリット化等の機能強化を行うことも検討して計画するものとする。
- 5 火山地帯では、侵食谷の発達や火山噴出物が広範囲に堆積することによる浸透能の低下により、泥石流が比較的頻繁に発生することが多いことから、泥石流対策を考慮して計画するものとする。

参考文献

林野庁：土石流・流木対策指針、平成30年3月

3-2-5 ソフト対策との連携

山地治山計画は、山地災害による被害の軽減を図るため、地域住民への山地災害危険地区等の情報提供によるソフト対策を含めた総合的かつ効果的な防災対策となるよう計画するものとする。

〔解説〕

山地治山計画の策定に当たっては、必要に応じて、治山施設の整備等のハード対策に加え、山地災害情報システムによる地域住民への情報提供等（山地災害危険地区や崩壊地の土塊の移動状況等）のソフト対策により、地域において山地災害の発生に対応する避難体制の整備等と連携した総合的かつ効果的な減災を図られるものとなるよう留意するものとする。

3-2-6 環境の保全・形成への寄与

山地治山計画の策定に当たっては、周辺の環境に与える影響の低減を図るとともに地域の自然環境等の保全・形成に寄与するよう努めるものとする。

〔解説〕

- 1 山地治山計画の策定に当たっては、山地治山事業を実施する地域の自然的特性等を踏まえ、地域の生態系や自然景観など自然環境等の保全・形成を図るよう努めるものとする。具体的には、第2章第10節に定める環境調査を行い、必要な環境保全・形成対策を計画するものとする。
- 2 工種・工法の選定に当たっては、資源の循環利用、環境に与える影響荷の低減、

地球温暖化の防止等の観点から、間伐材等の木材・木製品を部材とした構造物の導入や、建設残土の活用等に努めるものとする。

〔参考〕

ミティゲーションとは、開発に伴う環境への悪影響を極力減少させるとともに、開発によって損なわれる環境を可能な限りゼロに近づけようとする考え方をいう。

山地治山事業は開発とは異なるが、治山施設の設置等に当たっては当該箇所及び周辺の環境に影響を及ぼす可能性を否定できないことから、山地治山計画の策定に当たっては、事前に環境に関する調査を実施すること等により柔軟に計画を検討する必要がある。

なお、「環境に関する調査」とは、山地治山事業を計画する箇所及び周辺の地域について、文献等により環境について把握することを含めた広義な調査をいう。

ミティゲーションは以下のような概念である。

ミティゲーション5原則の概念

- 1 回避 (avoidance)
特定の行為あるいはその一部を行わないことにより、影響全体を回避すること。
- 2 最小化 (minimization)
行為とその実施において、程度と規模を制限することにより、影響を最小化すること。
- 3 修正 (rectifying)
影響を受けた環境を修復、回復、または改善することにより、影響を矯正すること。
- 4 軽減 (reduction/elimination)
保護・保全活動を行うことにより、事業期間中の影響を軽減・除去すること。
- 5 代償 (compensation)
代替の資源や環境で置換、あるいはこれらを提供することにより、影響を代償すること。