

昭和51年台風17号による愛媛県蒼社川
流域の山地災害に関する研究 (II)

山腹荒廃と森林

伏見 知道*・小川 滋*・中野 伸夫*

Studies on Mountain Devastation Caused
by Typhoon No.7617 on Sōja River
Basin in Ehime Prefecture(II)

Devastation and forest

Tomomichi FUSHIMI, Shigeru OGAWA and Nobuo NAKANO

Summary : This study dealt with the relation between the devastation caused by the typhoon No. 7617 and forest on Sōja River Basin upper stream from dam Tamagawa. The planted forest and the natural forest occupied over 96% of the investigated forest area, and the sum of devastation ratio of hillside and along road was under 0.6% in both forest types. In the planted forest the devastation ratio of hillside was higher than that along road, but in the natural forest the ratio along road was higher than that of hillside. Devastation ratio of hillside decreased under the weight of age class both on the devastation of hillside by the typhoon No.7617 and on that before this typhoon. This tendency was more clearly in numerical devastation ratio. The devastation ratio on the age class over IX was higher than that on the age class I and II, in the natural forest.

要旨 台風7617号による愛媛県の山地災害につき、前報に続いて、山腹荒廃と森林の関係を、林種および齢級にわけて考察した。占有率が高い人工林と天然林についてみると、山腹および林道沿いを合わせた荒廃では、林種間の差は明らかでない。これを山腹に限れば人工林の荒廃率がやや高く、林道沿いに限れば天然林の荒廃率がやや高い。齢級と荒廃の関係は幼齢林で荒廃率が最も高く、齢級の増加とともに減少する傾向を示す。この様相は個数率で最も明瞭である。またIX齢級以上の林地、特に天然林では荒廃率の著しい増加が認められた。荒廃と森林の齢級の関係は、台風7617号発生以前の山腹荒廃についても、同様に認められた。

* 森林工学研究室 Laboratory of Forest Engineering

I はじめに

台風7617号により、愛媛県は近年稀にみる大被害を受けた。農地、土木施設、林地をはじめ、いわゆる里山地域に造成されたゴルフ場や大規模果樹園など、地形的山地内のいろいろな部分に、いろいろの規模の災害を生じたのであった。先に、山林地の台風7617号による災害の特性を明らかにするため、その降雨要因、崩壊発生率、土砂量等、地形要因との関連についても検討した結果を報告(1)している。その後、森林と山地崩壊の関係について調査を続けてきたが、今回は、同じ調査域の一部に関する解析結果を報告する。

なお、調査の実施にあたっては、愛媛県農林水産部林政課および林業課、玉川町森林組合、今治市・玉川町及び朝倉村共有山組合から資料の提供等の御協力をいただいた、合わせ記し謝意を表する。

II 調査方法

台風7617号による山林地災害が、高縄山系に集中したので、調査は蒼社川流域上流部にある玉川町全域を対象に進められているが、ここでは、前報(I)流域区分Ⅲの5区域、すなわち玉川ダム上流の蒼社川本流域に限り実施した。

III 蒼社川本流（玉川ダム上流部）

III-1 上流部

III-2 中流部右岸、III-3 中流部左岸

III-4 下流部右岸、III-5 下流部左岸

資料は、災害前後の航空写真、前回調査により作製した荒廃地調査原簿と崩壊原因、および玉川町の森林簿と施業図である。

森林の状況は、人工林、天然林、伐採跡地、未立木地、更新困難地、竹林、草地、その他（荒地・原野・沢敷等）の林種区分に従い、更に、人工林と天然林については齢級別に、森林の小班ごとの面積を集計し表示した。

崩壊は、前報同様に、新災害と台風7617号以前に生じた災害跡地が拡大再崩壊したところ、および旧災害跡の三者に区分し、前二者を今回の災害としている。

崩壊地の森林状況は、崩壊源の位置（荒廃地上部3分1）を主体とし、その周辺森林の状況から、また林種区分が複合し境界が不明確な場合は、面積割合の優先度から、崩壊前の林地の林種・林齢等を判定した。林種・齢級別の荒廃出現割合は、各区分内の林種あるいは齢級別面積中の崩壊発生数あるいは荒廃面積を以て示した。更に、山腹のものか、林道沿いか、溪流沿いか、樹園地周辺かの区別をしている。

III 調査地の森林概況

調査地域内の山林地の林種別面積分布および人工林・天然林の齢級別面積分布を、表-1および表-2に示す。

表-1 林種別山林地面積
The forest type and the forest stand area.

Forest type	District					Total
	Soja River Basin (upper stream from dam Tamagawa)					
	1	2	3	4	5	
1. Planted forest	800.79 ha (87.29)	359.35 ha (73.51)	471.22 ha (77.97)	273.13 ha (72.94)	330.10 ha (78.27)	2234.59 ha (79.61)
2. Natural forest	86.37 (9.41)	110.81 (22.67)	129.00 (21.34)	99.39 (26.55)	87.53 (20.75)	513.10 (18.28)
3. Cut-over land	10.56 (1.55)	—	—	—	—	10.56 (0.38)
4. Treeless land	—	0.31 (0.06)	0.07 (0.01)	0.47 (0.13)	0.53 (0.13)	1.38 (0.05)
5. Difficult area of regeneration	11.65 (1.27)	12.84 (2.63)	3.86 (0.64)	0.70 (0.19)	1.70 (0.40)	30.75 (1.10)
6. Bamboo stand	—	0.17 (0.03)	0.26 (0.04)	0.70 (0.19)	0.1.89 (0.45)	3.02 (0.10)
7. Grass land	4.24 (0.47)	—	—	—	—	4.24 (0.15)
8. etc.	3.76 (0.41)	5.41 (1.10)	—	—	—	9.16 (0.33)
Total	917.37	488.88	604.41	374.39	421.75	2806.80 ha

()percent.

表-2 人工林および天然林の齢級別面積
The occupation ratio and the age class between planted forest and natural forest.

Age class	I - II	III - IV	V - VIII	IX -	Total
District	Planted forest (forest type)				
1. Upper stream	41. 14%	22. 73%	6. 83%	29. 30%	800.79ha
2. Mid-stream right b.	43. 90	34. 11	19. 48	2. 51	379.35
3. Mid-stream left b.	9. 76	61. 78	25. 92	2. 54	471.12
4. Down stream right b.	34. 86	37. 80	29. 61	0. 43	273.13
5. Down stream left b.	21. 16	59. 01	14. 08	5. 75	330.10
Total	31. 25%	40. 00%	16. 41%	12. 34%	2254.59ha
	Natural forest (forest type)				
1.	6. 55	0. 75	23. 95	68. 75	86. 37
2.	1. 95	25. 49	70. 36	2. 20	110. 81
3.	1. 98	19. 08	77. 93	1. 01	129. 00
4.	6. 21	25. 13	68. 47	0. 28	99. 49
5.	7. 10	52. 33	38. 25	2. 32	87. 53
Total	4. 44	24. 22	58. 60	12. 74	513. 20

各区域とも人工林と天然林の占有率が、96%以上99%に達し、伐採跡地・未立木地等は僅か3%以下にすぎない。人工林はマツ、ヒノキ、スギ、ツガ等の針葉樹林であり、天然林は、クヌギ、クリ、マツ、ヒノキ等が天然更新により成林したもので、針葉樹林、広葉樹林あるいは混交林となっている。

人工林の面積は林種中最も大きく、占有率は、III-1区で87%、III-4区では最も少なく73%、全域平均では約80%に達している。これに対し、天然林は18%である。

次に、5年ごとの齢級で表示し、I齢級からIV齢級までを幼齢林とし、V齢級以上を壮齢林と考えると、両者の割合は、人工林ではおよそ7:3で、幼齢林の割合が多く、逆に天然林ではおよそ3:7で、壮齢林の割合が多い。天然林は、上流部から下流左岸部に向かって、*幼齢林の分布割合が多くなっている。

IV 森林と山地荒廃

森林の存在が、山地崩壊にどのように関与するかという点については、崩壊に対する降雨・地形・地質の諸因子の影響評価に比べると、客観的に計量評価することが困難であることもあって、説明がおくれている。このような段階で、森林が山地崩壊・土砂生産に関与する因子として取りあげられているおもな記述を示すと次のとおりである。

1. 森林は、以前に生じた崩壊の拡大防止効果がある。
2. 森林の年齢が増し、幼齢から壮齢になるにつれ、崩壊防止機能が増す。
3. 林齢50年以上の疎林は、無立木地よりも崩壊面積が大きくなる場合がある。
4. 樹根の深さより浅い崩壊や、地表水の集中に起因する山腹剥落型の崩壊に対し、抑止効果がある。
5. 森林の伐根は、崩壊の危険性を増す。
6. 幼齢林・未立木地・伐採跡地に崩壊が多い。
7. 天然林より人工林の針葉樹林に崩壊が多い。

特に、土砂生産に及ぼす森林の影響については、

1. 表面浸食を主因とする土砂流出に対しては、大面積であっても草生地は、森林と同様の流出防止効果を示す。
2. 山地からの土砂流出量は、地形が急なほど、また降水量が多いほど多量となり、森林面積が多いほど少なく

表-3 林種別荒廢狀況
 The devastation of mountain forest land in each forest type.

Devastation site and forest type	Landslide			Devastation ratio in each forest type	
	Number	Area(Ad) ($\times 10^{-2}$ ha)	Ad/N	N/ha	percent in area
Hillside (by the typhoon 7617)					
1. Planted forest	436	1196.1	2.7	0.195	0.535
2. Natural forest	61	176.0	2.9	0.119	0.343
3. Cut-over land	2	1.4	0.7	0.189	0.133
4. Trrless land	9	18.5	2.1	6.522	13.405
5. Difficult area of regeneration	4	5.8	1.5	0.130	0.189
6. Bamboo stand	1	2.0	2.0	0.331	0.662
8. etc.	2	41.2	20.6	0.218	4.498
Hillside (the expanded past devastation)					
1.	46	237.0	5.2	0.021	0.106
2.	6	54.8	9.1	0.012	0.017
3.	3	9.0	3.0	0.284	0.852
5.	2	12.0	6.0	0.065	0.390
8.	1	11.0	11.0	0.109	1.201
Along road (by the typhoon 7617)					
1.	13	109.1	8.4	0.006	0.049
2.	17	117.1	6.9	0.033	0.228
4.	6	20.9	3.5	4.348	15.145
5.	1	7.6	7.6	0.033	0.247
Along road (the expanded past devastation)					
1.	5	104.2	20.8	0.002	0.047
Along river (by the typhoon 7617)					
1.	31	86.8	2.8	0.014	0.039
2.	12	25.7	2.1	0.023	0.050
5.	1	6.4	6.4	0.033	0.211
8.	1	2.5	2.5	0.109	0.273
Along river (the expanded past devastation)					
1.	1	2.6	2.6	0.0004	0.001
Along arboricultural garden (by the typhoon 7617)					
2.	3	2.2	0.7	0.006	0.004
4.	3	3.0	1.0	2.174	0.174
6.	1	0.2	0.2	0.331	0.066
Devastation (before the typhoon 7617 except the expanded)					
Hillside					
1.	302	982.1	3.3	0.135	0.439
2.	18	139.4	7.7	0.035	0.272
3.	2	18.0	9.0	0.189	1.705
5.	26	84.0	3.2	0.846	2.732
A long road					
1.	13	115.8	8.9	0.0006	0.052
2.	22	141.0	6.4	0.0443	0.275
Along river					
1.	18	103.4	5.7	0.008	0.046
2.	2	10.8	5.4	0.004	0.021

なる。

3. 草地や露岩などが過半を占めるような流域では、森林占有率が小さくても、土砂流出に伴う推砂量は少ない。しかし、一般の流域では、地形の緩急、降雨の多少などの面から相似した流域ごとに見ると、森林占有率の増加は、土砂流出による推砂量の減少をもたらす。

そこで、調査地の山腹崩壊に起因する山地荒廃に対する森林の影響について、林種別および齢級別に考察することにする。

(1) 林種区分と荒廃率

林種区分と荒廃発生との関係を表-3に示す。今回の新生荒廃と、旧災害跡の拡大再崩壊によるものを合わせた全崩壊は、個数および面積とも人工林で約80%が発生し、天然林では約15%が発生している。森林の林種別占有率と比べると、人工林ではほぼ同率であるのに対し、天然林では崩壊率がや、低く、天然林に比べ人工林で、荒廃発生比率がや、高い結果になっている。

荒廃発生の主要な林種である人工林と天然林における、山腹の新生荒廃率を見てみると次のとおりである。荒廃面積率でみると人工林0.5%強、天然林0.3%強であるが、これに拡大再崩壊による荒廃を加えると、両林種とも0.7%程度となり、ともにかなりの災害となる。他の林種の荒廃率を見ると、「未立木地」で著しく高く、「その他」「伐採跡地」「竹林」なども比較的高い値を示しているのであるが、いずれも森林占有率自体がきわめて小さい範囲での結果で、特に「未立木地」の面積は約1ha、全森林中の占有率1%以下での例にすぎないから、これら林種での荒廃率が高いことを以て、それぞれの林種の山地荒廃に対する特色と判断することは無理であろう。だが、「伐採跡地」や「更新困難地」あるいは「その他」の林種において、拡大再崩壊による荒廃率が新生荒廃率に比べかなり高かった点とともに、今後、他地域の例に注意する必要がある。

荒廃を、各林種の山腹、林道沿いおよび溪流沿いに区分してみると、人工林は山腹で最も荒廃率が高く、林道沿いではその約9%にすぎないのに対し、天然林では山腹の荒廃率が人工林のそれより低いにも拘らず、林道沿いでは、かなり高い荒廃率になっている。また、「未立木地」と「更新困難地」においては、林道沿いでの荒廃率が、山腹でのそれより高くなっている。人工林と天然林における溪流沿いの荒廃率は低い。林道沿いでは溪流沿いと同等に、人為的な地形変形や、その結果としての土質の変化、したがって降雨浸透や地下水流への影響等に相違が生じていると考えられるので、単純に、荒廃率の相違を以て林種別の特色と判定することは困難である。

本調査地域内に、樹園地が少ないこともあって、樹園地周辺の崩壊は、Ⅲ-5区の僅少例にすぎないのであるが、周辺の未立木地で高率、次いで竹林で、天然林の場合は著しく低率であった。樹園地は山林地を開発し、柑橘類を植栽している所であって、林種と崩壊といった形の検討の範囲外にある。したがって造成樹園地周辺の林地の崩壊が、樹園地造成と関係があるか否かという点が問題になる。樹園地は、山腹を地形に沿って、いわゆる山成りに開発したり、小渓流のある谷合いを大規模に切盛土施工して造成されるもので、できた樹園地は人工斜面となっているのが普通である。これに対し、一般山林地は多少の人為が加わったとはいえ、全体として自然的斜面として止まっている。したがって樹園地周辺の山林地には、一般森林とは異なった立地条件下にある場合があらわれてくるのであり、周辺山林地の崩壊にも、影響を及ぼす場合があるはずであるが、本結果では、例数も少なく明確でなかった。

新生災害を区域別に見ると、人工林では下流域の両地区で最も多く、次いで上流域で荒廃率が高い。これに対し天然林は上流域が1%で最も高率である。

佐倉ら(8)は、人工林は天然林の2倍近い崩壊を示すとし、いずれも伐根の腐朽に原因するものが多いが、人工林では林道によるもの、天然林は大雪による倒木の根はがれに基因するものが多いという。木梨ら(2)は九州地区の例で、天然林の比率の高い地区は、人工林比率の高い地区に比べ崩壊の度合いが強い結果を得たが、調査地が開発途上地域であるか、先進の開発地域であるかによって、林種構成に変化を生じていることの影響も無視できないようである。本調査結果では、人工林と天然林など荒廃率の部分的僅少差を以て、林種の相違に基づくとすることは、現段階では困難である。

(2) 齢級区分と荒廃率

林地の大部分を占める天然林と人工林について荒廃発生と齢級との関係を見てみる。全域に関する結果を図-1に

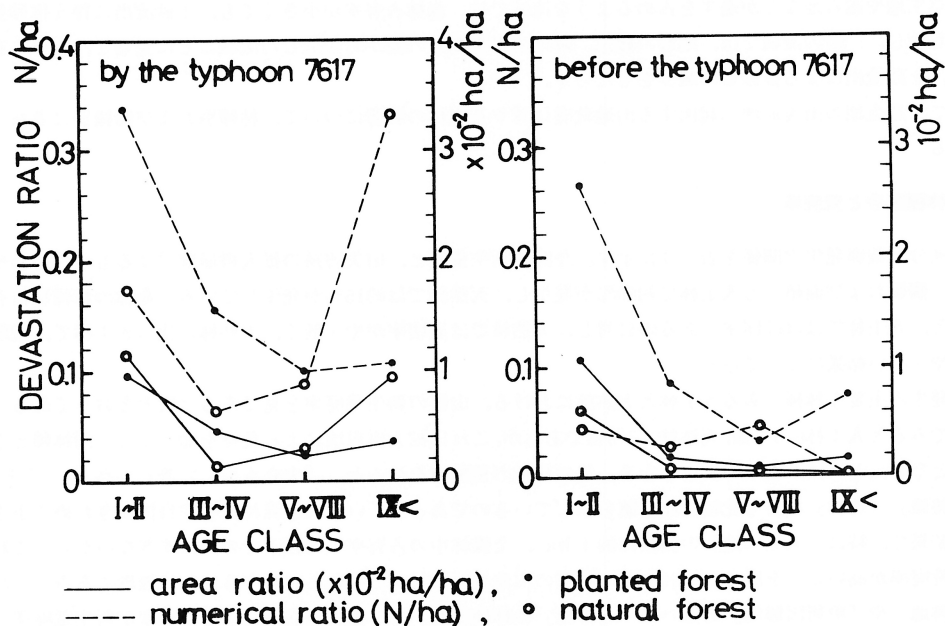


図-1 台風7617号による山腹の荒廃と森林の齢級
Relation between the age class of forest and the devastation of mountain hillside.

示す。人工林の新生荒廃のうち山腹の荒廃面積率で見ると、I～II齢級が1%でかなり高いが、V～VIII齢級で0.2%に減少し、IX齢級以上になると0.36%で僅かながら増加を示している。このような変化の様相は、人工林の旧災害についてもうかがうことができるのであるが、荒廃個数率を見ると幼齢林と荒廃率の関係が一層明瞭にあらわれている。人工林の新生荒廃のうち、林道沿いの荒廃面積率は地区によって相違するけれども、平均的には0.05%内外で齢級との関係は明瞭でない。さらに、人工林内山腹の旧災害荒廃例を見ると、ほぼ同様に、齢級の増加に伴う荒廃面積率の減少傾向がみられるが、荒廃個数率で一層明瞭である。

天然林における新生災害のうち、山腹および林道沿い荒廃面積率は、一般に齢級の増加とともに減少するけれども、IX齢級以上では0.93%と増加し、I～II齢級における1.17%に近い。もっとも、荒廃個数率では逆に、IX齢級以上で高くなっている。このIX齢級以上での災害は、III-1区域に限られるのだが、この区域内でIX齢級以上は全林地の70%を占有するため、この区域での荒廃率が、全域の林種別平均荒廃率に近い値となる。これに対し、III-1区域のI～II齢級での荒廃面積率が3.3%と高いにもかかわらず、区域内での林地占有率が低いいため、全域の林種別平均荒廃率は1%程度となっている。天然林での拡大再崩壊は、山腹に限られるのであるが、それもI～II齢級には全く無く、III-1区域においてIX齢級以上の荒廃面積率0.6%が最も大きい。なお、天然林の旧災害荒廃率は、面積ではI～II齢級でいく分大きい値であるが、齢級の変化に伴う荒廃率の変動は不明確である。

調査地域の天然林では、V齢級以上の森林の占有率が70%以上に達するため、崩壊の絶対量が多くなるであろうし、また高齢級における崩壊の機会も、一般的に多くなっていくものであるし、その他地形・地質的要因も重なって、人工林とはや、趣を異にした荒廃内容を示すに至ったものと考えられる。森林の荒廃抵抗要素として有力なものに、樹根の分布量があげられている。樹根分布量は、成長した森林では地上部材積に比例するというのであるので、本調査地の齢級別材積による考察を考えたが、現地調査によらねば、材積の実情把握が困難であるため、今回は見合わせた。

森林と山地崩壊の関係については、部分的には「森林は崩壊を助長する」との説に根拠を与えるような現象も見られるが、広い地域を対象に、その中で崩壊発生率をみると、ほとんどの場合、林齢の増加に伴って発生割合は減少している(3, 4)と言われ、また幼齢林率と崩壊率との相関は有意で、小規模崩壊の多発に対し森林が重要

なかかわりを持つことの指摘(7)もあらわれている。愛媛県西南部の調査例(5)、その他の報告例(6,8,9)においても、ほぼ20年生以下の林地における崩壊割合が大きいとしているが、本調査結果においても、荒廃面積率で見るとほぼ同様の傾向が認められる。

V む す び

台風7617号による山地災害の一部地域について、森林と山地荒廃の実態を検討した。占有率の高い人工林と天然林における結果をみると、総合的な荒廃面積率では林種間および各齢級での差は少ない。が、荒廃個数率では人工幼齢林が高率を示した。これは旧災害地についても同様であって、小面積崩壊が多数発生する場合には、森林の状況が影響する割合が大きく、特に人工幼齢林では、天然林より崩壊に対して不安定な要素を含んでいることを示しているようである。

文 献

- (1) 伏見知道・小川滋・鬼木幹男・今西隆男：昭和51年台風17号による愛媛県蒼社川流域の山地災害に関する研究、愛媛大演報**15**：23～42，1978
- (2) 木梨謙吉・長正道：航空写真による予防治山の研究（VI），日林講演集**85**，278～279，1974
- (3) 難波宣士：林地崩壊と予防，施工技術**9**(4)：28～34，1976
- (4) 中野秀章：森林の水土保全機能とその活用，林業研究解説シリーズ，No51，1977
- (5) 中河雄策：災害の予測と予防治山，治山研究発表論文集，No15，114～118，1976
- (6) 太田猛彦・石田正次：林地崩壊要因の統計的考察，日林講演集，**83**，：367～368，1972
- (7) 押谷正・丸山岩三：山地崩壊の要因分析，日林誌**61**：257～259，1979
- (8) 佐倉詔夫・沼田真：遷移からみた初期林分の管理に関する研究（I），日林講演集**81**：300～302，1970
- (9) 志水俊夫：花崗岩地帯の斜面の安定性に関する統計的解析，日林誌**59**：186～190，1977

(1979年8月30日受理)