

森を育て、災害から暮らしを守る

北澤 秋 司*

1. はじめに

わが国では、17世紀から森林が荒廃すれば土砂が出てくることが指摘されて、禁伐令が出され植林が行われていた。また、荒廃地に簡単な治山・砂防工事が行われていた。

戦後わが国の荒廃した森林は、造林の実施によって、今日みられるような緑の山地となった。そして、荒廃林地は急速に減少していった。ところが、洪水や土砂災害は相変わらず毎年のように、どこかの集落や都市を襲っている。その災害の実態は、過去の災害と明らかに様変わりしている。その原因は、どうやらわが国の社会・経済の発展と深く関わっているらしい。その因果関係を明らかにすることは、なかなか難しいことではあるが、現在の森林の状況や土地利用の状況を観察すればその実態がわかるものと考えている。そこで木曾川上流域や天竜川上流域の地形・地質・崩壊地等を比較しながら、望ましい森林の整備について考えてみたいと思う。

2. 木曾三川上流域の地質・地形

図-1に示したように、飛騨山脈、木曾山脈が高度を下げるあたりに源流域を持つ。基盤は中古生層の泥岩、砂岩を主とする地層に御岳山の火山岩、花崗岩類等が貫入し、高温低圧型の変成作用を持つ多様な岩類が分布している。これらの地質条件は、森林の成立にとって悪い条件とはなっていない。むしろこれら変成岩類の風化や地質構造は、土壤に団粒構造をもたらして森林にプラスとなっている。一方地形については、木曾山地が急峻な壮年期の山地に対して、飛騨山脈の南部、御岳山周辺では高原性の低平な山地となり、河川の両岸に急峻な斜面がみられる。そして、下呂町、付知町、坂下町を結ぶ阿寺断層を境にしてその太平洋側では、高度を600~800mも下げてデルタ地帯へと続く。岐阜県や長野県の平野との境界は、丁度屏風のような小山脈があってそれが北西-南東方向に伸びていて、この周辺の気候に影響をあたえている。

3. 長野県の観光と災害

図-2に示したように、長野県は国立公園の山岳地をはじめ、県立公園も多く、県土全域が観光地となっている。長野県は姫川、松本平、諏訪湖、釜無川といわゆる糸魚川-静岡構造線が走る。この断層線を境界とする関東山地側がフォッサ・マグナ（大地溝帯）となっている。このフォッサ・マグナ地域に観光地が多く、人口もここに過半数が住んでいる。それら観光地を9ブロックに分け

*信州大学農学部

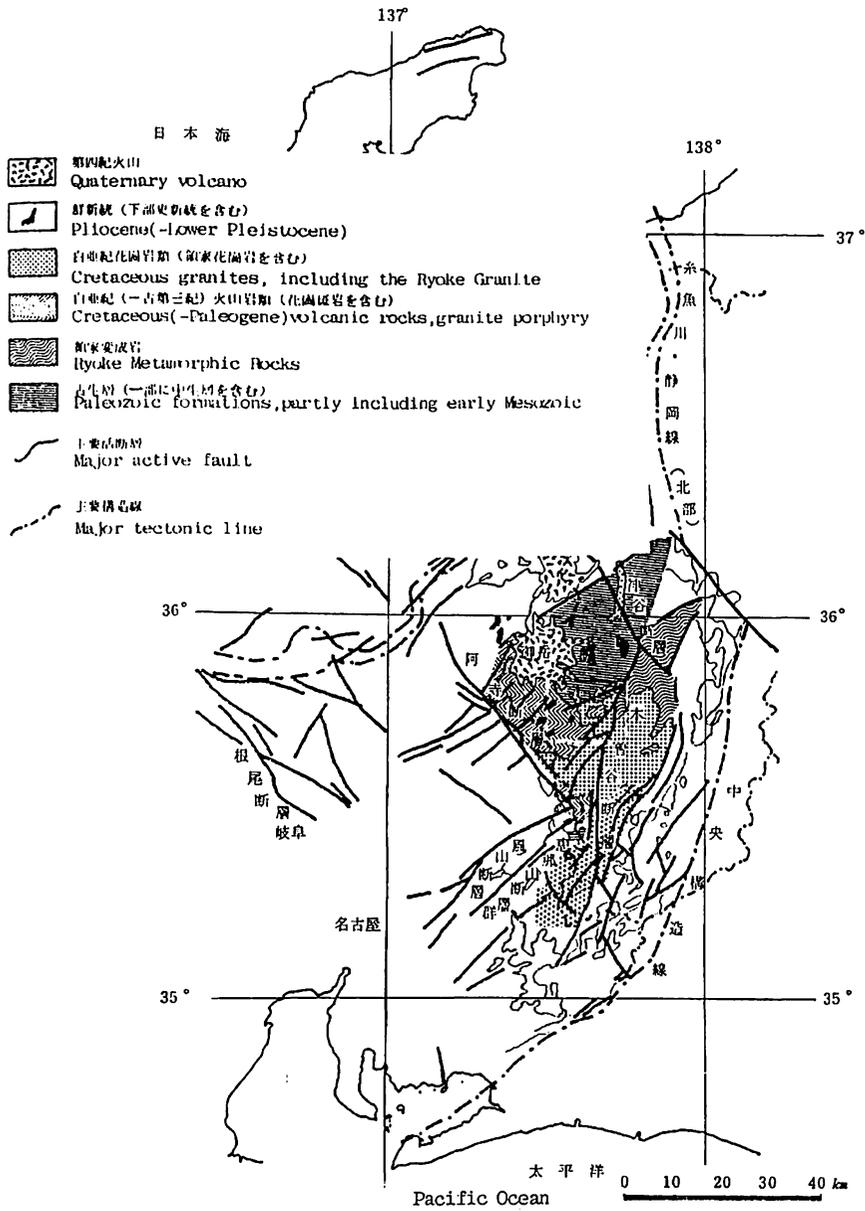


図-1 木曾谷の地質概略

ているので、その人口、利用者数、自然災害損害額等を見ると、図-3~5のようになる。これを見ると、幸いなことに観光地に自然災害が少ない。全国的には、図-6に示したように、台風や豪雨といった災害での被害が多く建物が全壊するような被害は、人的被害を伴い両者は比例する。一般にフォッサ・マグナ地域は、以前から森林が貧弱で林業地となっていない。とくに火山地帯は林相が悪く、古くから草原にし牧場となっているケースが多い。しかし、浅間山及び八ヶ岳山麓には、カラマツ林が繁茂していて、林業より景観的な価値の方が高い。

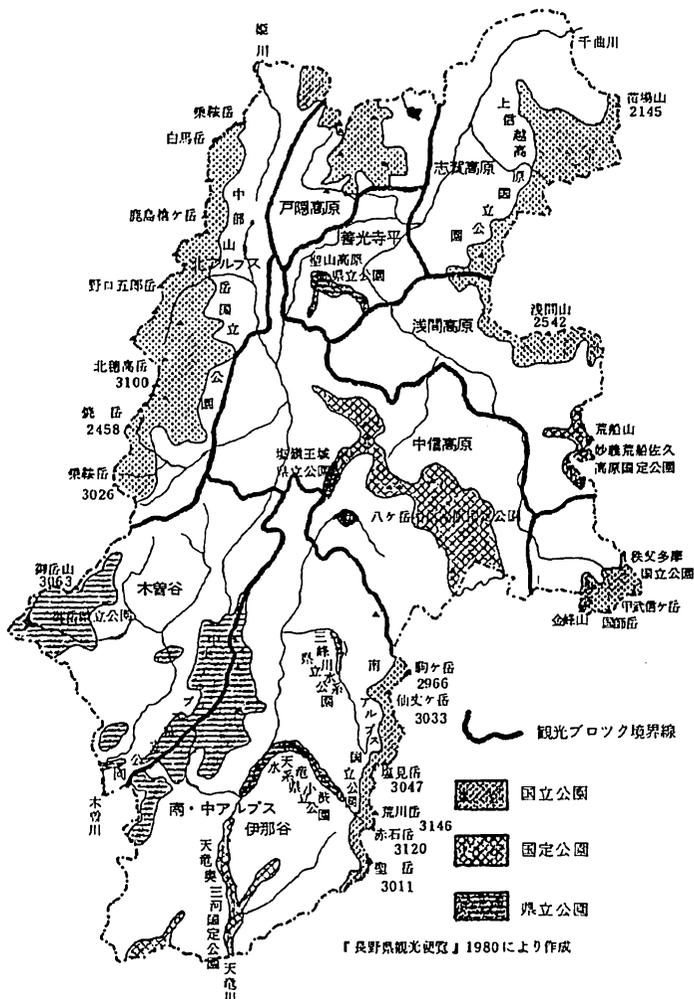


図-2 長野県における公園と観光ブロック

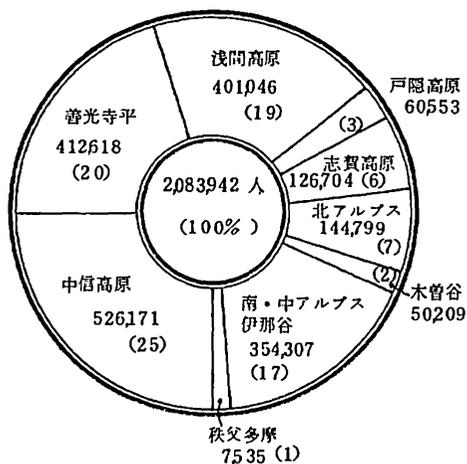
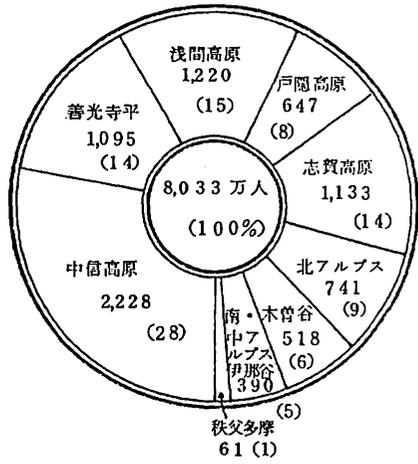


図-3 長野県観光ブロック別人口(1980)
Oct 1, 1980 国勢調査資料より作成



『長野県統計書』1979により作成
図-4 長野県の観光ブロック別利用者数

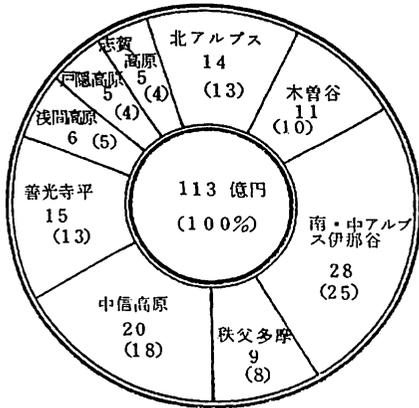


図-5 長野県観光ブロック別自然災害損害額
(1977 ~ 1979の平均)
県消防防災課『消防年報』より作成

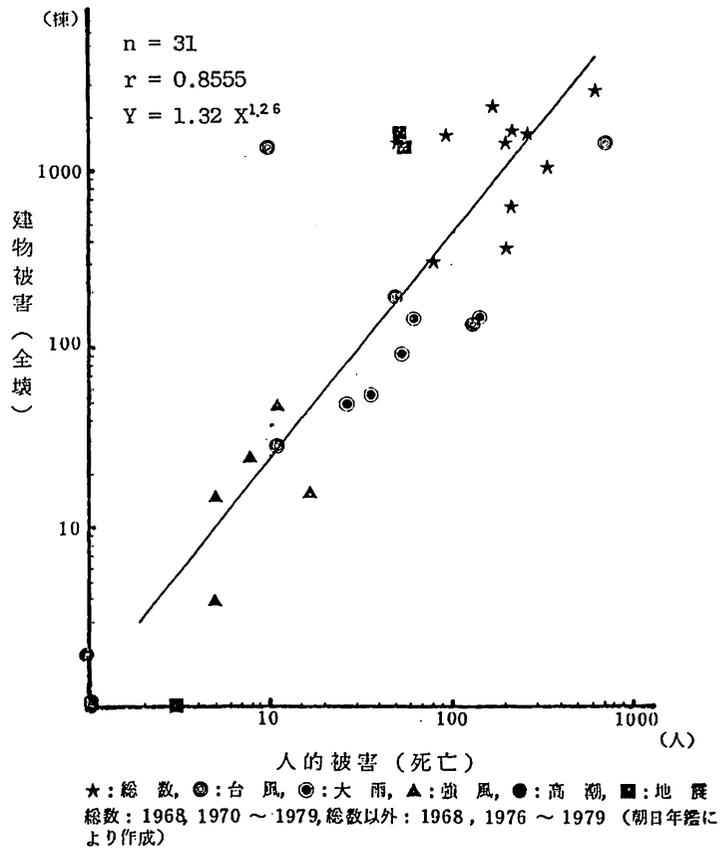


図-6 自然災害の全国における死亡者数と建物全壊数

4. 木曾谷と伊那谷の違い

信州大学農学部では、森林環境の教育に伊那谷と木曾谷をフィールドとして活用している。ここを地形発達史的に比較することによって、その保全機能を検討してみよう。

伊那谷も木曾谷も東西に日本アルプスが壁となって、狭長な谷を形成している。本来このような谷は、山地の隆起現象によって形成されるので、地形学的には盆地であるわけであるが、この盆地が狭長であることとその中心に川が流れていることから、人々は昔から伊那谷、木曾谷と呼んでいるので、この呼び方に親しみが生じて、今日でもそのような呼び方をしている。

伊那谷を流れる天竜川にしても木曾谷を流れる木曾川も共に、有史以前から土砂を流してきて、それが今日でもなお継続している。

今日両河川流域の土砂生産は、わが国随一であり、その大半を長野県内の河川が占めている。その現象は、天竜川流域が木曾川流域より激しく、梅雨期及び台風期に最も顕著である。その原因は、林相の違いや地形・地質の違いにあるものと考えられる。これらの因果関係についても言及してみたいと考えている。

伊那谷は東の赤石山脈（南アルプス）から西の木曾山脈（中央アルプス）まで約40キロメートル、南北の長さ約80キロメートルで、面積は約4,500平方キロメートルである。天竜川の形成は、両山脈の形成より早い（松島1983）といわれているが、おそらく第三紀鮮新世前期250万年前で、両山脈の形成期は、第三紀鮮新世後期と思われる（松島1983）。両山脈の隆起に伴って、天竜川へはおびただしい土砂を押し出して、多くの扇状地を形成している。これらの扇状地は、その押し出した河川の間隔が短いために、互にくっつき合った複合扇状地となっている。赤石山脈の西には、伊那山脈が前山として衝立のようになっているので、それが障害物となって、赤石山地から流れる河川は、その規模を拡大して北から三峰川、小渋川、遠山川のいずれも300平方キロメートル前後の大きな支流となって天竜川に注いでいる。一方、西方の木曾山脈から東流する河川は、ほぼ類似した規模と流域の形状をしていて、かなり広い扇状地をもっている。これら東西の扇状地を調べてみると、赤石山地から土砂を流して形成した扇状地は、西方の木曾山地から土砂を流して形成した扇状地の下にもぐっていること、扇状地の礫層内にロームを介在していないことから、赤石山地の形成が木曾山地の形成より先行していることがわかる。

西方の扇状地形成時には、御岳山の火山活動が活発であったことが、扇状地礫層内のロームや軽石層が挟まれていることによって類推される。このことは伊那谷の古代人たちの生活を段丘面に求めることになった。そのことは中央道西宮線開設途上における遺跡発掘成果にみられることである。

筆者はここで過去の歴史の話をするわけではなく、何故このような大量の土砂が伊那谷を埋めていたのかの話をするのである。もちろん、東西に聳える山脈から浸食される土砂量は、おびただしい量であり、それが扇状地となって堆積したことにもある。しかし、注目すべき現象として、かつて存在していたといわれる伊那湖である。そもそも、わが国の山地の隆起現象は、第三紀の終わりか

ら第四紀にかけてである。それ以前2,400万年前第三紀中新世のころは、天竜峡付近まで海であった。その後海は退き塩嶺火山（諏訪湖周辺の火山）泥流が流れ下った。これらの流出物は、天竜峡の南方に形成された、ほぼ天竜川を直角に遮る部分が隆起を始めていた山脈（下条山脈）によって堰き止められていた。後に天竜川随一の狭窄部となって、今日天竜峡という観光地となったところより下流は山間を天竜川が流れ下っている。したがって、伊那谷ではこれらの堆積物が段丘を形成し、その上に扇状地を形成して、今日豊かな農山村の基盤ができあがっている。一方木曾谷では、鳥居峠を境にして北東に流れる奈良井川と南西に流れる木曾川となるが、西方は飛驒山脈の山脚部で2,000メートル前後の山々と木曾山脈に挟まれた、山頂部の間隔20キロメートルの狭い谷間である。したがって、木曾川の両岸には規模の小さい段丘の発達のみである。これらの段丘は、木曾川に沿って顕著であり、御岳山の噴出物がよくみられる。また、木曾川の河床礫は岩塊状のものが多く残されていて、木曾谷の景観をこれで保っている。

前述したように御岳山から南部の山地は、下呂、付知、坂下、恵那山を結ぶ阿寺断層を境にして、その比高を600～800メートルも下げ飛驒・美濃の準平原となり、濃尾平野に連続する。この地形は降雨域を支配し、木曾三川上流域に多雨をもたらすことになる。

木曾谷には伊那谷のような大量の上砂による農耕地の形成はみられず、山間部にわずかなのみがみられるのみである。このことは、天竜川下流の遠州灘の発達と木曾川下流の濃尾平野の発達に大きく関わりをもっている。濃尾平野は木曾川のみ流出土砂ではなく、木曾川の支流飛驒川、長良川、揖斐川等いわゆる木曾三川の流出土砂であるが、土砂生産流域7,265平方キロメートルで約100平方キロメートルの平野を形成した。一方天竜川は土砂生産流域4,740平方キロメートルで約25平方キロメートルの平野に満たない。土砂生産流域20パーセントの差があったとしても、天竜川下流域の平野が濃尾平野の4分の1ということは、伊那谷にいかん大量の土砂がためられたかがわかるだろう。

5. 森林と崩壊

わが国では渡辺為吉（1912年）によって、山梨県の森林と崩壊地の調査から、表-1のような結果が示された。おそらくこの表は、わが国におけるこの種の調査の最初のものと思う。これを見ると、無立木地や幼齢林に崩壊地が多いこと、そして中齢林の老齢疎林より老齢林のほうが崩壊地が多い。さらに注目すべきことは、崩壊地の規模であって無立木地や幼齢林が0.12、0.11ヘクタールと小さく老齢林、中齢林、老齢疎林の順に大きくなっている。この傾向は、筆者が学生と共に行った専攻研究のデータでも同じような結果が得られた（表-2、3、4）。これを見ると先ず表-2の橋戸沢では、林齢10～19年で崩壊率が最も高く、30～39年で最も低くなっている。これに類似しているもので、表-4の橋戸沢で針葉樹のみの林齢別崩壊地集計でもみられる。崩壊規模では崩壊率の低い林齢で0.003ヘクタールと小規模を示し、その他の林齢では大差はない。表-3の陣ヶ沢国

有林では、広葉樹より針葉樹の方が崩壊率が高く、規模もモミ、コメツガ等小規模のものがあるが広葉樹の方が小さい。

表-1 林相と崩壊との関係 (渡辺為吉による)

林相	林相					計
	無立木地 (5~20年生)	幼齡林 (5~20年生)	中齡林 (20~50年生)	老齡林 (50年生以上)	老齡疎林 (立木度5割以下の疎林)	
総 占 領 面 積	14,029	6,669	2,862	3,986	744	28,290
崩 壊 総 箇 所 数	3,312	1,629	42	348	96	5,796
崩 壊 箇 所 百 分 比 例	29	29	17	10	15	100
崩 壊 面 積	389	180	75	51	21	716
平均一箇所の崩壊面積	0.12	0.11	0.18	0.15	0.21	0.12 (平均)
占領面積百町歩に対する崩壊面積	2.77	2.70	2.62	1.28	2.82	2.53 (平均)

老齡林は50年生以上か又は直径1尺以上、面積の単位は町歩

表-2 橋戸沢流域の林齡別崩壊地集計表

林 齡	A	a	N	Ls	La	A'
0 ~ 9	117.51	0.590	51	0.50	0.012	17.71
10 ~ 19	147.86	0.610	96	1.77	0.027	22.28
20 ~ 29	91.43	0.270	24	0.30	0.011	13.78
30 ~ 39	8.68	0.003	1	0.03	0.003	1.31
40 ~ 49	171.02	0.850	41	0.50	0.021	25.77
100 以上	127.11	0.860	14	0.68	0.61	19.15
	663.61	5.183	227	0.78	0.023	100.00

A : 面積 (ha), a : 崩壊面積 (ha), N : 崩壊数, Ls : 崩壊面積率, La : 1 箇所当りの崩壊面積 (ha), A' : 面積占有率 (%)

表-3 橋戸沢流域の樹種別崩壊地集計表

樹種	A	a	N	Ls	La	A'
カラマツ	365.45	3.440	166	0.94	0.021	55.07
ヒノキ	139.89	0.800	36	0.57	0.022	21.08
ミ	27.17	0.021	5	0.07	0.004	4.10
コメツガ	13.03	0.021	4	0.01	0.005	1.96
針葉樹	50.12	0.780	9	1.56	0.087	7.55
ミズナラ	17.20	0.000	0	0.00	0.000	2.59
ブナ	2.90	0.000	0	0.00	0.000	0.44
広葉樹	47.85	0.121	7	0.25	0.017	7.21
	663.61	5.183	277	0.78	0.023	100.00

表-4 陣ヶ沢国有林の樹種別林齢別崩壊地集計表

樹種	林齢	A	a	N	Ls	La	A
ヒノキ	0 ~ 5	18.96	2.82	18	14.87	0.157	4.58
スギ	0 ~ 5	63.41	3.79	33	5.98	0.115	15.30
ヒノキ	36 以上	214.37	12.07	42	5.63	0.287	51.73
カラマツ	0 ~ 5	29.97	1.44	5	4.80	0.288	7.23
ヒノキ	6 ~ 10	1.73	0.08	3	4.62	0.027	0.42
カラマツ	26 ~ 35	19.23	0.85	4	4.42	0.213	4.64
ヒノキ・カラ	26 ~ 35	21.75	0.94	4	4.33	0.235	5.25
スギ	6 ~ 10	29.73	0.91	6	3.06	0.152	7.18
スギ	11 ~ 15	3.58	0.10	3	2.79	0.033	0.86
ヒノキ・アカ	36 以上	11.65	0.22	2	1.89	0.110	2.81
		414.38	23.22	116	5.60	0.200	100.00

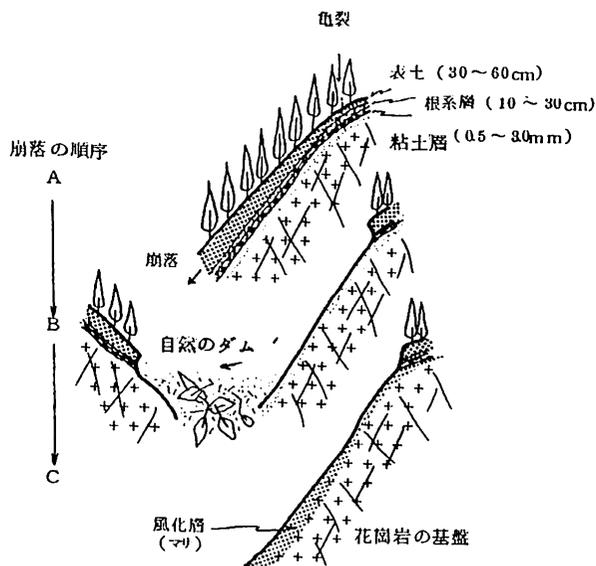
わが国では19世紀から20世紀の初頭にかけて、地質学者横山又次郎（1860～1942）脇水鉄五郎（1867～1942）、本間不二男（1897～1962）らは、森林の荒廃についての論文を発表している。その中で、脇水（1912）は森林は台風などの豪雨にたいして山地の崩壊を防止することは明らかであることを述べている。

6. 山地の実態

中部山岳地帯の森林では、低平地の森林から高山にいたるまで、その基盤は一様ではなく様々な風化の実態がみられる。

崩壊が山地に生ずることは、地形発達史的にみていくと、地形を形成する一過程での現象であるというみかたができる。そのように山地をみると、赤石山地のような満壮年期では、浸食作用が旺盛で溪流に流出する土砂は年間1ヘクタール当たり100立方メートルを越えることがしばしばある。筆者が天竜川上流域の三峰川流域、小渋川流域及び松川流域で、それぞれ大型ダムの堆砂量から計算した結果では、三峰川流域で年間平均約3.1ミリメートル、小渋川流域で2.5ミリメートルそして松川流域で2.3ミリメートルの削剥があったことになる。このような土砂生産量の計算は、流域の平均値であって崩壊地そのものではない。土砂生産域は荒廃林地の主として崩壊地である。これらの崩壊地を調査してみると、基盤岩類の種類や風化の程度によって土砂生産量が異なっていることが分かる。赤石山地のように堆積岩類の多い地帯で複雑な地質構造と破碎帯の多いところでは、深い崩壊が多く崩壊規模も大きい。赤石山地の崩壊規模は、堆積岩類地帯で1ヶ所当たり0.26ヘクタールであり、木曾山地の花崗岩類地帯では、1ヶ所当たり0.10ヘクタールとなっている。赤石山地の森林をみると、深い崩壊が起こる場合、森林の持つ土壌の緊縛力は発揮されず、崩壊の原因が深い地下構造にあったり、基盤岩の風化作用にあるために森林との因果関係は認められない。ところが、木曾山地のように花崗岩類の広い分布地域では、花崗岩の持つ風化作用が森林と深い関わりを持っている。なぜならば、先に述べたように崩壊規模が1ヶ所当たり0.10ヘクタールと小さく、崩壊の深さも1メートル前後のきわめて浅いものが多い。このことは、森林が生育する土壌の範囲となっているからである。

木曾山地にみられる崩壊地の微地形上の分布の状況は、山頂部に30パーセント、中腹部に40パーセント、溪岸に30パーセントとなっている。その形態は、山頂部でシャモジ状、中腹部で短冊状、スプーン状、溪岸で方形である。このような浅い崩壊地では、たいがいの場合基盤岩の風化部と土壌層がかなり明瞭な境界面を形成している。そして、この土壌や風化層の軟らかい部分に、樹木やその他の植生の根系がかなり密にあって、いわゆるネット状になっている。先に、脇水博士が指摘しているように、人工造林の針葉樹林では浅く発達した根系が基盤岩と風化層との間に分離面を形成していることによって、崩壊が起きやすい条件となる。図-7に花崗岩地帯特有の風化層及び崩壊の順序を示した。これは筆者が昭和36年いわゆる伊那谷災害で実際に山崩れ現象を目撃した時のスケッチである。花崗岩地帯の山地はこのように表土が浅く、豪雨に見舞われるとたちまち斜面の土層はバランスを失って崩落する。その崩落した土砂は溪岸に跳ね上がり溪流に堆積して自然ダムをつくり、やがてその後背に水を溜めて、その水圧に耐えられなくなりダムが破壊（トッピング）してそれが一気に下流に流れ下って土石流となり、下流に大きな被害を及ぼす。花崗岩地帯では豪雨の際いたるところに崩壊地が生ずるが、先にも示したように森林の構成によって、その程度が異なる。すなわち、無立木地である林齢が小さい、針葉樹である等に多くの崩壊地が発生する。伊那谷災害ではカラマツ林の若齢林で、最大崩壊面積率28パーセントに達した。現在木曾山地の花崗岩類地帯では、1.8パーセントの崩壊面積率を示している。ちなみに、赤石山地では花崗岩類地帯が3.



図一七 花崗岩地帯の崩落順序

12パーセント，堆積岩地帯で1.3パーセント，八ヶ岳山麓では0.38パーセントである。このように花崗岩地帯においては，崩壊地が多く豪雨に弱い特性を示すが，自然に復旧する例も多く集落が近接して，土石流の危険さえなければ放置していてもよい場合もある。しかし，乾燥するような山地では，やがて禿山となることもあり，かつて中国山地や田上山のように，今日までも復旧しないところとなる恐れもある。

木曾谷の崩壊地集計を表一五に示す。これを見ると木曾谷には伊那谷に比較して崩壊地が少ない。このことは，地質や地形に多少の相違があるが，これまで森林を保護してきた林地と薪炭林や刈敷山として活用してきた林地の差が現れたものと解釈できる。

7. 風化分帯と森林

花崗岩地帯の森林は，豪雨に弱いという条件を示していた。花崗岩は本来地下深い所でマグマが固結し，やがて地殻変動によって表面に露出するようになるので，岩石の組成からも不安定な状態にある。それで，地上の温度変化等の気候，表流水や地下水，それに地下深い所から沸き上がる熱水によって風化作用が進行して，ルーズな砂状のマサとなる。このような風化過程を辿る花崗岩について，世界各地の花崗岩類の風化作用の研究があるが，筆者も他の研究者もこの風化作用のみかたには大差がない。そこで，筆者の観察したものとベリー・ラキントン（1967）の観察したものを比較しながら，中部山岳地帯で観察した花崗岩類をみてみよう。

表-5 木曾郡の崩壊地集計

	面積 (km ²)	崩壊地数地数 (個)	崩壊地面積 (ha)	崩壊地規模 (ha)	崩壊面積率 (%)
木曾福島町	150.88	46	3.67	0.080	0.02
上松町	166.81	727	80.05	0.110	0.48
南木曾町	215.88	3131	162.73	0.052	0.75
檜川村	118.20	412	28.71	0.070	0.24
木祖村	137.67	217	21.25	0.098	0.15
日義村	56.25	92	14.36	0.156	0.26
開田村	149.39	55	4.81	0.087	0.03
三岳村	120.58	110	24.13	0.219	0.20
王滝村	312.71	556	74.22	0.133	0.24
大桑村	233.95	2426	349.06	0.144	1.49
山口村	24.57	111	3.65	0.033	0.15
	1686.89	7883	766.64	0.097	0.45

図-8に示したように、花崗岩類ではたいていの場合このような風化断面をしめしている。ただし、どの風化分帯（A帯、B帯、C帯、D帯）が表面に現れているかは、場所や花崗岩の種類によって違う。わが国の中国山地では花崗岩の分布も広く、非常に深い部分まで風化作用が進んでいて、しかも老年期の山地となっている。このような地域では、豪雨に見舞われても風化層はそれほど激しく移動しない。ところが、中部山岳地帯のように風化層もあまり深くなく、風化作用も激しく無ないが、満壮年期の山地であるために地形が険しく、浸食が盛んなために風化層は、激しく移動してしまう。したがって、図-8に示したような完全なかたちで風化分帯はみられない。地域によって、どこかの風化分帯が現れていることになる、中部山岳地帯の花崗岩類地帯では、一般にB帯及びC帯の露出が目立ち、C帯では未風化の花崗岩の塊（コアストーン）が山腹を覆うことが多く、木曾山地ではヒノキの天然林に普遍的である。しかも、200年とか300年といった老齢林では、たいていの場合このような岩塊がごろごろしている、いわゆる固粒構造の発達した山地である。南木曾岳（標高1,677メートル）の山頂部には、コウヤマキの老齢林があるが、ここはまさに直径2メートルもの岩塊がごろごろしている。ところが、昭和34年の伊勢湾台風で多くの風倒木を出した木曾谷では、老齢林が人工林に変わって、それらの林地では多くの崩壊地が発生し、かつての岩塊はみな溪流に落ちて土石流となったり、溪流の氾濫原を埋めたりしている。そして、山腹は岩塊をうしなった風化断面に、B帯があらわれたりA帯が現れたりして、以前より表土が一段と薄くなっている。

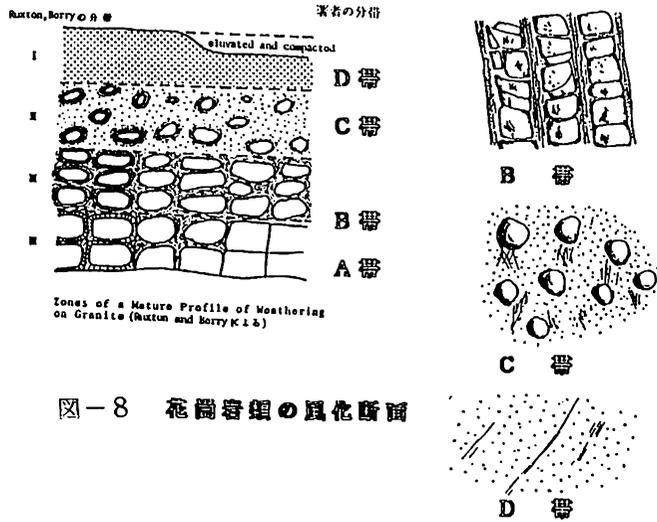


図-8 花崗岩類の風化断面

だから、このような山地においては、再び木曾ヒノキのような天然林を再現しようとしても、おそらく岩塊がもどらない限りむりではないかと考えている。このように、中部山岳地帯の森林をみると風化分帯ではC帯かB帯あたりが土壌の下にくるような林地が理想的であろう。

8. おわりに

わが国の山地は、一般に豪雨に弱い特性をもっている。それは自然的条件とりわけ地質的条件が支配的である。森林は樹種や林齢によって表土を保全する力が違うが、豪雨の程度によって立派な森林でも崩壊、土石流、地すべり等を防止できないこともある。花崗岩類地帯をみると、林業生産地として好適とまではいわないが、微地形的（団粒構造をつくる斜面）、地質的（風化分帯）に条件がよければ、かなり有力な林業地となり得る。

ただし、木材の利用目的で林齢をいろいろコントロールしようとする時、先にものべたように、どこでも老齢林に仕立てるわけには行かない。各地の天然林をみればわかるように、植物社会というものは勝手に構成しているわけではなく、自然的条件のもとに成立していることはいうまでもないだろう。

森林の機能は多様で、とりわけ水源かん養とか洪水防止といった機能のあることはだれでも認めるところであるが、地質、地形、気候といった自然的条件がその森林の機能の程度を決める。わが国では森林を伐採するときそれが小面積であっても、皆伐を採用している。そして、まことにきれいに美的といってもよいくらい、やがて有用な樹木として成立するはずの小さい樹木であろうと、すべて伐採してしまう。この方が経済的であるといってしまうばそれまでであるが、お金になる樹木だけを収穫する方法がとれないだろうか。そして、尾根に少量の林分を残すことが各地にみられる。これはなんの為なのだろう。尾根はもともと浸食し難いから残った場所であり、したがって崩

壊発生を防止することにもならないし、あるいは景観の問題で残すのだろうか。筆者には理解できない。

ヨーロッパの山地の森林をみた人ならばわかるように、溪流沿いには必ずといっていいくらい天然林が残されている。これは住環境の保全や景観上のこともあるだろうが、土石流や洪水の防止のために残しているものであると聞いている。わが国の森林が今のように経済林として魅力を失ったことは、これまでになかったことであろう。その結果、各地の森林が荒廃して、山崩れや土石流を発生させている。花崗岩類地帯や火山岩類地帯では、豪雨に弱い表土となっているので、森林によって初期の豪雨を緩和させなければならない。森林は各地の自然的条件によって、崩壊、土石流、地すべり等の抑止力に差があるが、できるだけ弱い土地では天然林の育成につとめ、林業生産地でも広葉樹をとりいれ防災上バランスのとれた森林造成に配慮すれば、これまでより効果のある国土保全を森林が担うことは不可能ではないだろう。

それには、地域の実態をみなおして、無理のない林業経営、国土保全に重要な森林の保護・育成に力を入れなければならない。

文献

1. 脇水鉄五郎（1912）山地の崩壊について地学雑誌第24年第282号，ページ379-390第284号，ページ540-555
2. 北澤秋司（1977）南木曾地方における後濃飛流花崗岩類の風化とその物理的性質について，信州大学農学部紀要第14巻，第1号ページ55-93
3. 北澤秋司（1986）長野県南部の花崗岩類の崩壊，地質学論集第28号ページ189-200