

III 焼畑土壌の理化学性

長谷川和久 (石川県農業短期大学)

はじめに

本報告は石川県白山自然保護センターにおいて1991年度より1993年度まで白山大日山系にて、焼畑の調査が行なわれた際、焼畑作業によって土壌がどのように変化したかを土壌分析によって科学的に調べたものの概要である。本調査にあたり同センターの方々および伊藤常次郎氏にお世話になった。記して謝意を表します。

本調査における土壌採取等の期日は次のとおりであり、土壌調査地点は図1に示した。

1991年 4月19日

焼畑後8年目の土壌採取

当年焼畑予定の "

6月25日

焼畑土壌および対照土壌採取

1992年 5月8日

焼畑土壌、対照土壌採取

8月5日

焼畑土壌、対照土壌採取

1993年

焼畑後約40年の山地について

嶺の部分、沢の部分の土壌採取



図1 焼畑土壌調査地略図
(大日ダム湖岸)

1. 焼畑土壌の肥沃度—1991年度調査—

1991年5月に白山大日山系、大日ダム沿岸小松市小原地内で、焼畑(通称ナギ)された土壌について対照地(周囲の未処理林地)土壌と肥沃度の違いを観察した。なお現地は傾斜勾配約30度の地形で、ダム湖岸、県道きわ上部にあり、粟が作付けされた約300m²の面積のところである。

実験方法

焼畑作業後、約1ヶ月余り経過した6月25日に、焼畑地斜面の上部3地点、下部3地点および、対照地2地点において、表土の上層(A層、0~10cm)、下層(10~25cm)より、前者では主に5~10cm付近の土、後者では主に15cm付近の土を採取し、風乾細土とした後、分析に供した。分析方法は主に「肥沃度測定のための土壌養分分析法」(養賢堂刊)に準拠した(以下分析方法は同じ)。なお、調査地域(焼畑地)の一般的な土壌の性質は表1のとおりであった。

表1 白山焼畑土壌の理化学性1

No	試験区 位置		土色	pH (H ₂ O)	腐植 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	炭素率 (CN比)	塩基置 換容量 (me)	置換性塩基			塩基 飽和度 (%)
										CaO(mg)	MgO(mg)	K ₂ O(mg)	
1	H3.4月19日	斜面上	7.5YR $\frac{2}{2}$ (黒褐)	6.8	3.57	2.07	0.23	9.0	20.5	126	78	82	49.3
2	"	斜面中	焼 10YR $\frac{2}{2}$ (黒褐)	5.8	11.01	6.39	0.49	13.0	27.8	74	53	44	22.5
3	"	斜面下	畑 10YR $\frac{2}{2}$ (黒褐)	5.7	16.44	9.54	0.80	11.9	40.8	206	119	116	57.6
4	H3.トラスト畑	斜面上	前 2.5YR $\frac{2}{2}$ (黒褐)	5.5	8.12	4.71	0.34	13.9	30.2	206	94	132	49.1
5	"	斜面下	2.5YR $\frac{2}{2}$ (黒褐)	5.3	11.68	6.78	0.48	14.1	27.6	269	102	138	64.0
6	8年目	斜面上	焼 10YR $\frac{2}{2}$ (黒)	6.1	13.08	7.59	0.61	12.4	50.0	994	151	216	95.3
7	"	斜面中	畑 10YR $\frac{1}{1}$ (黒)	6.0	14.79	8.58	0.77	11.1	54.7	938	131	1420	128.3
8	"	斜面下	後 10YR $\frac{1}{1}$ (黒)	6.0	7.70	4.47	0.45	9.9	43.6	568	135	252	74.2

No 1~5 対照地 No 6~8 焼畑後8年
1991年4月19日土壌採取

結果および考察

マンセル氏による土色(標準土色帳利用)は対照区が上、下層とも黒ないし黒褐色を呈している。これに対し、焼畑区の上層では、地点2の上、下層および3地点の下層が黒褐色である他は、すべて黒色を呈し、特に下部では全面黒色となっている。焼畑により、木の炭化によって表土の土色に変化が現われるかと考えたが、結果で見ると対照の色層は10YRであるのに対して、焼畑では10YRのものは上部1、2地点の上層2試料のみで、他はすべて7.5YR又は2.5YRを呈し、青、黄色みから赤み系への色層変化を示している(表2)。

pHは対照区、焼畑区、上下層含めてpH5.2~6.2の範囲にあり、また上層は下層よりすべて高い値を示している。焼却灰の影響で、焼畑土壌上層のpHが高くなるのが懸念された。しかし対照区上層(pH5.4~5.9)との比較では上部がpH5.9~6.0で高く、下部ではpH5.7~6.2でわずかに高い方へ変化しているようにみられた。

腐植含有量については対照区の上層7.3~9.7%、下層8.4~9.1%に対し、焼畑区では上層5.5~9.2%、下層5.0~9.3%の範囲であり、焼畑区の上層では対照に比べて、腐植含有率が減少する傾向が分かった。下層では焼畑の影響は判然としない結果である。

表2 白山焼畑土壌の理化学性2

1991年6月, 風乾土

区分	土 壤 試 料			土 色	pH (H ₂ O)	腐植 (%)	T-C (%)	T-N (%)	炭素率 (CN比)	塩基置 換容量 (me)	置 換 性 塩 基			塩 基 飽 和 度 (%)	有効態 リン酸 [※] (mg)	可給態 窒素 [※] (mg)
	Na	斜面位置	層								CaO(mg)	MgO(mg)	K ₂ O(mg)			
焼畑	1	上部	1	10YR2/1 黒	5.9	5.56	3.28	0.66	4.97	30.8	439	151	112	83.1	144	7.5
			2	7.5YR2/1 黒	5.2	6.65	3.86	0.61	6.33	35.8	280	106	100	48.6	110	4.0
	2	上部	1	10YR2/2 黒褐	6.0	8.21	4.91	0.40	12.27	36.8	411	131	160	67.0	122	6.4
			2	2.5YR3/2 黒褐	5.4	8.49	4.92	0.50	9.84	30.4	280	164	88	65.8	182	5.7
	3	上部	1	7.5YR2/1 黒	5.9	5.46	3.17	0.54	5.87	27.0	480	115	96	92.1	50	6.0
			2	2.5YR3/2 黒褐	5.3	6.17	3.58	0.33	10.85	25.1	131	61	40	34.3	66	4.0
	4	下部	1	7.5YR2/1 黒	6.2	9.23	5.36	0.47	11.40	29.3	468	135	108	87.8	162	5.7
			2	7.5YR2/1 黒	5.3	4.99	2.89	0.29	9.95	26.4	91	45	40	24.0	66	1.7
	5	下部	1	2.5YR2/1 黒	5.7	8.09	4.69	0.57	8.23	30.2	457	123	120	82.5	144	6.0
			2	2.5YR2/1 黒	5.5	9.28	5.39	0.41	13.1	32.0	251	123	32	49.3	86	2.0
	6	下部	1	2.5YR2/1 黒	6.0	7.89	4.58	0.60	7.63	29.7	422	106	96	73.5	66	4.0
			2	2.5YR2/1 黒	5.4	7.90	4.59	0.31	14.8	29.5	240	86	60	47.9	66	2.4
対照	7	下部	1	10YR2/2 黒褐	5.9	9.68	5.62	0.51	11.0	31.6	508	115	54	79.1	66	3.7
			2	10YR2/1 黒	5.7	9.13	5.3	0.55	9.6	28.3	428	127	48	79.8	66	2.7
	8	下部	1	10YR1.7/1 黒	5.4	7.35	4.26	0.66	6.5	32.5	234	78	52	41.0	66	3.4
			2	10YR2/1 黒	5.2	8.39	4.87	0.63	7.7	32.5	280	86	70	48.4	86	5.0

※100g当たり

腐植と土色の関係を見ると腐植含有率5.0~9.7%の範囲では既述のように色が大部分黒色で、一部黒褐色を呈し、含有率と黒色の強さの関係は判然としなかった。

全窒素含有率は、供試土壌が山林表土であるため、全般に畑や水田土壌に比べ高い。対照区の上層0.5~0.7%、下層0.6%に対して焼畑区では上層0.4~0.7%、下層0.3~0.6%の値を示し、上、下層とも焼畑区で、下限が下がっていることから、焼畑による有機物含有量の減少が全窒素含有率の値に僅かに影響していることが考えられた。ちなみに全窒素の中で植物の根に吸収され易い、可給態窒素量では対照区の上層が土壌100g当たり3~4mg、下層が3~5mgであるのに対して、焼畑区では上層で4~7mg、下層で2~6mgの値を示している。このことは焼畑によって土壌中の窒素の一部は、植物に吸収されやすい形に変化することを示している。

ちなみに林野土壌の窒素供給量に関して、我が国では年間降水量1300~1700mmのところではha当たりアンモニア態窒素1.6~5.3kg、硝酸態窒素0.4~3.3kg、計2.0~8.6kgの窒素が雨水により供給されるとの報告ある。

なお、年間降水量は金沢で2662mm、名古屋で1540mm、東京で1503mm程度である。

炭素率は土壌中の炭水化物(セルロース他)等を構成する炭素と、タンパク質をつくる窒素の割合を示す指標であるが、結果によると、おおよそ5~15の範囲にあり、地点1, 3, 8の上層のように、炭素率の低いものは、高い窒素含有率の有機物(植物や微生物体など)がこれらの地点において上層に多いことを間接的に示している。地点6の下層のように、値が15のようなところは相対的に分解しにくい木片、根(セルロース)などが土壌に多く含まれていることを暗示している。

有効態リン酸は地点3, 地点4や地点6の下層の値を除くと、対照区に比べて焼畑区は量が多い傾向が分かり、焼畑によって土壌中に固定されていたリン酸の結合形態が変わり、植物に吸収されやすい形に変化したことが考えられる。ちなみに、リンを多く含むリン鉱石は焼成によって鉱石が分解しやすくなる。肥料として使用される過リン酸石灰は焼成リン鉱石に硫酸を反応させたものである。

塩基置換容量(陽イオン交換容量 CEC)は土壌100g 当たり25~37me の範囲にあり、比較的大きい。また焼畑によって有機物が減る分、わずかにCECも減少する傾向にあることが、対照区と焼畑区の値を比較することから分かる。

カルシウム、マグネシウム、カリウムなどは塩基成分であり、樹木相(林地)では木の幹や枝葉に多く含まれているため、施肥がなされないところでは、通常対照区のように、少ない値と考えられる。幹や枝葉中の塩基成分が炭化によって土壌表面へ還元され、雨水や、生物の浸透、移動によって土中へ入るため、土壌はこれらの塩基成分に富むようになる。

以上のように焼畑によって、一般に土壌中の有機物は減少するが、リン酸や塩基成分は増加し、土壌 pH は明瞭に高くなる傾向が表土の上部を中心に観察された。これらのことが、「焼畑で作った野菜はおいしい」と言われてきた事の科学的裏付けに関与しているとみられる。

2. 焼畑土壌に栽培される粟の生育量と養分吸収量について

1991年の焼畑地において播種、栽培管理された粟の9月10日時点(草丈約1 m)における生育状況と窒素(N)吸収量の概算値は次のとおりであった。なお栽培密度は m^2 当たり30本であった。

1株当たり乾物重(平均)30.4g

内訳 穂 13.4g

葉 3.8g

茎 6.2g

(根 7.0g)

部位(器官)別窒素含有率

穂(実、殻とも) 0.44%

葉 0.88%

茎 0.36%

これより根を除いた m^2 当たりの窒素吸収量を概算すると3,438gで、10aに換算すると3,438kgとなり、天然窒素供給量が見かけ上約3.4kgあったことになる。粟の窒素利用率が約50%であったと考えれば焼畑土壌より供給される窒素成分は6.8kgと概算できる。

3. 焼畑作業における燃焼温度と土壌温度

焼畑造成の際、前もって刈り倒した木々を燃焼させるナギ作業において、炎の温度、焼却後の地表温度を1992年8月4日に調査した。

調査地点は小原地内、ダム湖岸、県道下の住居あと平地が雑木林となっていたところで、前もって伊藤常次郎氏により刈り倒し、乾燥作業が整備された、面積約200 m^2 の場所である。ナギ作業は晴天が続いた日の午前に行われた。

火入れ時の気温は30.2 $^{\circ}C$ 、地温(地表面下20cm付近)18.6 $^{\circ}C$ であった。着火は10時45分、燃え尽き11時15分で約30分で作業は終了した。燃焼炎温度の測定は熱電センサー付温度計、表土の土壌温度はデジタル式熱電センサー付温度計をそれぞれ使用した。

燃焼中の地表より2 mの高さの気温は460 $^{\circ}C$ ~550 $^{\circ}C$ であった。また燃えたあとの灰の上部温度は140 $^{\circ}C$ 、表土の表面で150 $^{\circ}C$ ~165 $^{\circ}C$ が観測された。

ナギ畑直後の12ヶ所における地表下15~10cm付近の土壌温度は平均26.6 $^{\circ}C$ で、作業により、土壌温度が地表下深くまで変化することが分かった。なお当地は焼畑後、秋大根が播種された。

4. 焼畑土壌の物理性 — 土壌三相について —

1991年6月の調査によると焼畑土壌と対照土壌の物理性についての相違は次のようであった。なお調査時は焼畑後、約1ヶ月経過した時点である(表3)。

焼畑土壌は実容積、現地容積重、液相率、固相率が対照土壌より明らかに大きく、孔隙率と気相率が小さい。真比重の差は少なかった。

実容積、容積重が大きくなる主な理由は液相率が高まる結果とみられる。液相率の増加に貢献する要因としては、焼畑によって粟の植生が盛んになり、根や微生物の伸長、繁殖に伴う保水容量の増加が考えられる。

対照区のかん木、雑木林の土壌に比べて、焼畑処理により土壌の表面は直射日光の受光率が著しく高まり、その上、土壌の保水能率が高まるために、相対的により多くの水を吸収(要求)する草木が生育できる環境が形成されることになる。このことは地上部の草種、樹種の生育、変化へ間接的に影響を及ぼす。

同じく焼畑地の秋季における土壌三相(気相、液相、固相)の割合を1991年9月に、粟栽培畑について調べた。斜面の上方および下方における表土の三相分布は表4のとおりであった。

斜面・下方の位置は崩積土の影響を受けているためと考えられるが、上方に比べて固相割合が小さく、孔隙率が高い。粟の根がよく伸び得る根圏が良好な状態であることが推察された。

表3 白山焼畑土壌の物理性—三相分布1 (1991年6月)

土壌試料	実容積 (ml)	現地 容積重 (g/ml)	気相率 (%)	液相率 (%)	固相率 (%)	孔隙率 (%)	土の 真比重 (d)
焼畑土壌	75.8	128.8	24.1	42.8	33.2	66.9	2.59
対照土壌	61.0	106.5	39.0	31.3	29.8	70.3	2.52

表4 白山焼畑土壌の物理性—三相分布2 (1991年9月)

土壌試料	実容積 (ml)	現地 容積重 (g/ml)	気相率 (%)	液相率 (%)	固相率 (%)	孔隙率 (%)	土の 真比重 (d)
焼畑斜面 上方表土	63.8	110.4	36.1	32.8	31.0	69.0	2.50
焼畑斜面 下方表土	66.8	104.0	33.2	41.3	25.4	74.6	2.45

5. 焼畑土壌の肥沃性 —1992年調査—

1992年5月に焼畑作業を行った地点を対象に、土壌の化学性について、未処理の対照地および3ヶ月後(8月)の変化などを調査した。主要成分の含有量などは表5のとおりであった。

表5 白山焼畑土壌の化学性—1992年

土壌採取日、5月8日、8月5日
風乾土

土壌採取月	耕地区分	地形	層位	腐植 (%)	全窒素 (%)	有効態りん酸 mg	CEC mg	交換性石灰 mg	塩基飽和度 (%)
5	焼畑	斜面	1	7.6	0.38	119	15.8	109	187
			2	4.1	0.28	93	11.0	71	230
		平地	1	14.1	0.55	162	22.1	166	153
			2	10.7	0.44	191	21.1	77	102
	対照林地	斜面	1	12.8	0.73	44	16.5	178	311
			2	7.0	0.32	27	14.7	89	183
		平地	1	14.0	0.57	77	22.5	159	175
			2	8.8	0.42	112	23.2	45	95
8	焼畑	斜面	1	15.6	0.66	55	16.5	187	227
			2	13.1	0.58	60	12.0	160	309
		平地	1	16.3	0.83	50	39.0	266	255
			2	15.4	0.69	59	27.5	152	252
	対照林地	斜面	1	11.9	0.91	25	30.7	107	153
			2	16.1	0.77	26	19.2	80	122
		平地	1	16.9	0.71	49	40.5	179	108
			2	12.4	0.62	22	30.5	107	81

※ 土壌100g当り

腐植：含有率は5月で1層が7~14%、2層で4~11%、8月では1層で11~17%、2層で12~16%であった。森林土壌のA層(表土)の腐植含有率としては対照の林地(12~17%)の値は必ずしも高くない値である。

5月に比べて8月の腐植含有率は焼畑、対照地の斜面、平地の各1、2層ともに大きくなったが、とりわけ焼畑の斜面での増加(1層約2倍、2層3倍)が顕著であった。

全窒素では5月で0.3~0.7%、8月で0.6~0.9%の範囲にあり、焼畑土壌、対照土壌とも5月に比べて、8月の方が値は増加している。5月の焼畑処理による全窒素量の変化を対照地と比べると1層では平地に比べて斜面の方の差が大きく、畑によって斜面の表土中の窒素、有機物は減少することが分かった。これは2層における値の差が小さいことから、仮に平地と斜面の元々の土壌窒素量に違いが少ないと考えれば、焼畑時の火力(熱)は斜面の方が平地に比べて傾斜勾配があるため炎が集まるので大きく、この差が1層土壌の値に現れたことが考えられる。しかし8月になると1層の焼畑土壌、対照土壌間の差は斜面で縮まる。このように5月に比べて8月の腐植や全窒素含有率が高いのは温度上昇と植生増加による影響と考えられる。

有効態リン酸含有量については5月から8月より焼畑区で2～3倍、対照区では1～5倍多い。8月が5月に比べて低下するのは植物による吸収と土壤による吸着・固定(有機化)のためと考えられる。

耕地の位置区分との関係では、5月で、斜面においては1、2層とも焼畑の方が多く、また平地では1、2層とも焼畑の方が多い。8月で平地の1層のみ対照と焼畑の差がないようにみられる。

陽イオン交換容量(CEC)では総じて5月より8月の値が大きく、特に焼畑区、対照区とも平地の方が斜面より大きい。8月が大きい値を示すのは主に温度上昇に伴う土壤中の有機物、腐植の増加による。

交換性カルシウムでは対照区の斜面を除き1、2層とも5月に比べて8月は含有量が多くなっている。斜面では焼畑による交換性カルシウムの増加効果が考えられる。また焼却によって有機物とカルシウムの結合がゆるみ、交換性のカルシウムが多くなったため、リン酸が固定された岩石・土壤が分解しやすくなることが考えられる。

塩基飽和度については5月で95～311%、8月で81～252%の範囲にある。5月で対照の林地と焼畑区を比較した場合1層では斜面、平地とも対照区の方が大きい。2層では斜面、平地とも焼畑区の方が大きい。他方8月では1、2層とも、斜面、平地のいずれにおいても対照林地より焼畑区の方が大きい傾向にある。8月の焼畑区、平地で1、2層間の差が少ないのが特徴である。

5月に比べて8月の方が斜面、平地の位置、1、2層を問わず塩基飽和度が増えているのは、温度上昇による交換性塩基の増加による影響と考えられる。

6. 焼畑後約40年経過した山地土壤の肥沃度 —1993年調査—

昭和20年代後半に焼畑作業がなされ、その後住民の離村により焼畑がされなくなった山地について1993年夏、その表土の理化学性を調べた。

調査方法

白山大日山系の大日ダム湖岸、県道沿いより沢づたいに入った標高430～550m付近において、焼畑作業をなされたところ(沢の部分、運積土の形成)、隣接で、約40～50m離れた対照地(焼畑がされなかった尾根、嶺に相当する部分、残積土)をそれぞれ調査地域に選び、沢の部分で6地点、標高からみてこれに対応する嶺の部分で6地点、計12ヶ所の表土についてその理化学性を比較調査した。なお現場は勾配20～30度で雑木林となっており、太い木はケヤキで樹齢30～40年程度の景観を呈していた。

結果及び考察

分析結果は表6に示した。

礫の含有率について：調査対照地は積雪地のため雪崩や多雨による表土侵食などにより土壤の移動、地形によっては礫の残留などが発生するところである。ちなみに礫の含有率は嶺の部分で17～47%、沢の部分で20～60%を示し、後者の方が多いようにみられた。礫の大きさは細礫(長径0.2～1cm)、小礫(1～5cm)、中礫(5～10cm)とも混在しており、沢の部分510m地点のように、土壤に占める礫の割合が土壤断面からみて50%以上の礫土に分類されるところもみられた。

なお礫が多いところでは深根性の植物が生えているように観察され、土壤が少ない環境では育ちにくい草本の種類は少ないようにみられた。この地点では腐朽した落葉、菌根等が植生に重要な働きをしていることが想像される。

土色は嶺の部分で赤黒色、極暗赤褐色、暗赤褐色、沢の部分で灰赤色、暗赤褐色、灰赤色と、

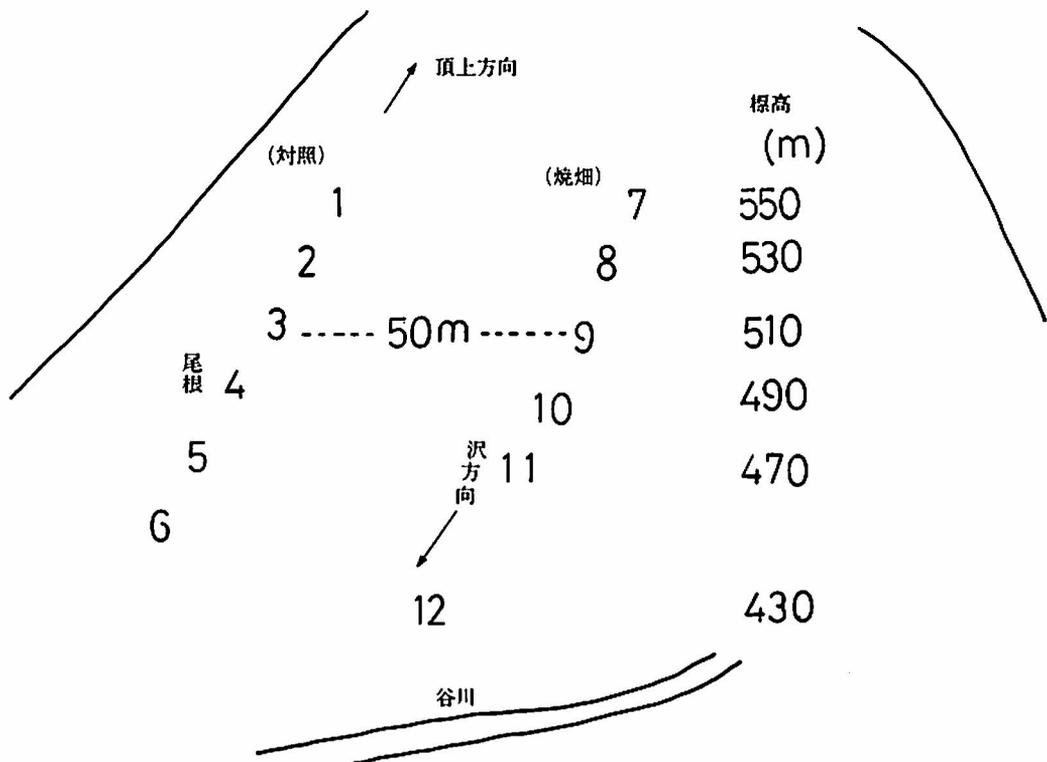


図2 1993年度土壌採取地概略図
Noは土壌採取地点位置

表6 焼畑後40年経過した土壌の理化学性-1993年

試料 No	採取場所 (標高m)	含碳率 (%)	土色	pH		置換酸度 Y,	有機物可給量 (mg/100g)					可給窒素量 (mg/100g)	有効性リン酸 (mg/100g)			陽イオン 交換容量 (me/100g)		陽イオン 飽和度 (%)	備考	
				H ₂ O	KCl		全炭素(%)	繊維(%)	全窒素(%)	C/N比	NH ₄ -N(mg)		NO ₃ -N(mg)	CaO	24gO	K ₂ O				
1	白山頂(550)	32.9	1R ₂ 6 赤	5.0	4.6	3.1	13.2	22.8	1.28	10.3	0.09	7.25	7.37	25	821	161	31	58.8	64.6	
2	" (530)	27.9	1R ₂ 6 赤	5.4	4.8	5.0	9.9	15.4	0.79	12.8	0.09	4.23	4.32	10	1007	322	38	43.0	121.2	
3	" (510)	16.7	1R ₂ 6 赤	4.4	3.7	45.5	6.3	10.8	0.55	11.4	0.07	3.11	3.18	15	527	623	35	44.7	113.3	対照
4	" (490)	37.6	1R ₂ 6 赤	4.1	3.8	33.1	13.2	22.8	1.09	12.1	0.10	4.52	4.45	23	102	473	31	45.3	130.4	
5	" (470)	29.2	1R ₂ 6 赤	4.5	4.0	30.0	9.7	16.7	0.81	12.0	0.05	3.78	3.84	26	325	849	41	47.4	115.5	
6	" (450)	45.6	1R ₂ 6 赤	4.6	4.0	21.3	7.5	12.9	0.59	12.7	0.07	3.72	3.79	23	573	301	46	36.5	99.9	
7	白山頂(550)	29.0	1R ₂ 6 赤	5.4	4.7	4.0	7.3	12.5	0.49	14.9	0.08	10.65	10.73	28	1037	225	28	41.9	112.4	
8	" (530)	47.8	1R ₂ 6 赤	5.8	5.3	2.5	7.4	16.2	0.72	13.0	0.12	5.45	5.57	30	1379	172	43	43.0	135.4	
9	" (510)	59.8	1R ₂ 6 赤	5.5	5.0	18.8	10.6	18.2	0.75	14.1	0.13	6.60	6.73	32	1240	161	63	52.3	103.4	焼畑
10	" (490)	41.4	1R ₂ 6 赤	4.6	3.9	33.8	6.8	11.6	0.60	11.3	0.08	2.91	2.99	26	542	322	46	45.3	78.8	
11	" (470)	44.2	1R ₂ 6 赤	4.8	4.0	31.3	6.1	10.5	0.47	14.7	0.06	2.36	2.42	35	550	252	53	41.4	63.5	
12	" (430)	48.7	1R ₂ 6 赤	4.8	4.2	12.5	5.5	9.5	0.43	12.9	0.06	1.27	1.33	23	496	225	22	28.3	103.8	

嶺の部分の方がやや黒および褐の色が強かった。

pH(H₂O)値は嶺の部分が4.1~5.4に対して沢の部分は4.6~5.8の範囲にあり、焼畑をした土壌である沢の部分が低い傾向であった。このことは1991年度調査の結果と似ている。なおpH値が嶺、沢の両方とも全体として低い傾向にあるのは、土壌採取後、風乾処理までの間、未風乾土を

ビニール袋に入れたまま室温に放置されていたため、後述するように可給態の $\text{NO}_3\text{-N}$ の量がやや多いので、硝酸化成が起り、この硝酸イオンの影響で、pH がやや酸性側へ変化したことが考えられる。置換酸度については、この値が低いものは pH は高く、また pH4.6以下のものでは概して置換酸度は著しく大きい傾向にある。位置の関係では470m、550mの両地点以外、嶺の方の値が大きく、酸性の度合いが強い。陽イオン交換容量については28~59meと範囲が大きく、また550m地点のように嶺の方が高いものなどがあり、嶺と沢の位置間に一定の傾向はみられなかった。

交換性塩基の量については、まず交換性カルシウムを見ると pH が5.0以上の高いところは土壌100g 当たり(以下同じ、略す)800mg 以上の高い含有量を示している。対照とした嶺の表土は概してカルシウムの量が少ないことからみても酸性化の傾向が分かる。

交換性マグネシウムについては嶺の510~470m 地点ではカルシウム量よりも多いことが特徴である。このことはマグネシウムが多いとみるよりは相対的にカルシウムが少ないと考えた方が妥当とみられる。交換性カリウムは嶺、沢を含めて22~54mg の範囲にあった。

塩基飽和度は嶺で64~130%、沢で80~137%であり、同じ標高や、似た標高で比べると、沢の方が大きいものと、嶺の方が大きいものがあり、一定の傾向はみられなかった。また沢の430~490m 付近では80~103%と相対的に低い傾向であった。

全炭素と腐植含有率についてみると両成分の性質上、全炭素の含有率が高いものは比例的に腐植の含有率が高くなっている。全炭素含有率は嶺の部分で6~13%、沢の部分で5.5~11%で、前者の方がやや高い傾向にある。このことは沢の2例、530m、510m 地点を除けば、焼畑作業を受けなかったところが相対的に腐植に富んでおり、土壌有機物が累積し残存している結果と考えられる。

すなわち焼畑後、約40年経ても、地表の焼却によって失われた腐植は、見掛け上、林の景観回復によってもなお十分に補充され得ないことを暗示している。

全窒素含有率では嶺で0.55~1.28%、沢で1.43~0.75%の範囲にあり、530m、510mの2ヶ所を除けば嶺の方が沢の方よりも高い含有率であった。また全炭素の含有率の大きいものは全窒素含有率の大きい傾向であった。

全窒素含有率に関連して可給態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$)の量をみると、アンモニア態窒素では嶺で土壌100g 当たり0.06~0.12mg、沢で0.06~0.13mg の範囲にあり、一定の傾向はみられず、また等標高や類似標高地点において対照の嶺部と焼畑の沢部間に差は見分け難かった。同様に硝酸態窒素についてみると嶺では土壌100g 当たり3~7 mg、沢で1~10mg の値であり、沢における値のバラツキ範囲がやや大きいようにみられた。

アンモニア態窒素量と硝酸態窒素量の比をみると嶺の部では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ 量としてみると44倍(510m 地点)~60倍(550m 地点)にある。沢では21倍(430m 地点)~133倍(550m 地点)であり、沢の方が比としては大きかった。これらの値の実態からも焼畑という人為的な力が林地に加わると、その自然への修復には時間が、かかると推察される。

有効態リン酸含有量については嶺で土壌100g 当たり10~28mg、沢の部で23~35mg の範囲にあり、焼畑を行った後の方がやや大きい傾向であった。

このことは1991年の結果と合わせて考えると、焼畑による有効態リン酸富化の効果は、40年経過してもなお持続されていると言える。なおこの沢の部分が有効態リン酸含有量の高い傾向に関連して、次のことが関与していると考えられる。即ち沢の部分は嶺の部分より、既述のように礫の含有率が多い傾向にあった。そのため岩石の風化によるリン酸成分の相対的多さが何らかの形で有効態リン酸の多さに関連している。

7. 総合考察 — 3ヶ年の調査から —

以上のように焼畑作業を受けた山地土壌(図1)についてその理化学性を肥沃度変化の観点からみると、焼畑後約40年を経過しても、対照の未処理土壌に比べて明瞭な差のあることが分かった。すなわち有機物含有量、有効態リン酸、塩基性成分含有量さらにはこれらが関与したpH値などに現れる。自然林のままで長い年月を見た視点に立てば、草木・林相の交替が行なわれ、先に占有している植物が腐朽により各種養分の土壌に対する還元が進む。焼畑はこの緩慢な自然による養分の循環を早める人為作業の面がある。ただし収穫物の形で、糖、タンパク質、脂肪、ビタミン、灰分等を構成する有機・無機成分がその地の土壌から域外へ持ち出され、絶対存在量が減少するわけである。窒素分は動物の糞尿や空中、雨水から固定・利用(天然供給)されるとしても、リン酸、カリウム、その他の塩基成分などは岩石の風化や人の手による施肥、持ち込みなど何らかの投与がないと原則的には以前と同様な林の再成長、生物資源の回復は確保されない。

山地の表面を覆う肥沃な土壌と、その中に保持される主要な肥料成分を維持することは、土壌—生物—人間—廃棄物(肥料や有機質資材)—土壌の連なりのなかで、人間の食生活と住居環境を確保しながら、現在及び将来への重要な課題である。ちなみに焼畑による水分の還元を概算した例はみられないが、森林皆伐時の葉、枝によって土壌へ還元され得る量をスギ人工林でみた例では10a当たり葉で窒素19~40kg、リン酸19~40kg、カリウム6.5~17kg、カルシウム10.7~42.5kg、マグネシウムで3.7~8.5kg、枝については窒素1.4~4kg、リン酸0.2~0.3kg、カリウム0.7~2.3kg、カルシウム1.8~8.5kg、マグネシウム0.5~2.4kgと報告されている。

山地表土においては、そこを焼畑地として利用する場合、耕土の深さは、何を作付けするかを決定する上で重要な事項となる。深いことは根の伸びる根圏領域を大きく確保できるので深根性の大根などの根菜類、イモ類など、浅いところは根が浅くても地上部の生育が確保しやすい葉菜類やイネ科の穀物、また豆類(やせたところでは小豆、ソバ)などが適地(土壌)、適作(種目)の点から選択できる。

焼畑がなされる場所では土地の勾配、斜面の方向性(向き)、土壌の孔隙割合、表面排水、水の透過性などは地形をそのまま、作物栽培に利用しようとするため、これらの要因を変えることは一般に考えられない。むしろ多様な当該土壌条件に対して、作物の種類、作付け期間、収量目標など、人間が求めるものを変えることによって自然環境を円滑に利用する工夫が経験的になされてきた。

かつて焼畑を営み、生活を続けた人々は、長い食生活の経験から、植物性タンパク質、デンプン、油などの必須栄養分を豆類、根菜類(イモを含む)、イネ科(アワなど)、葉菜類(ビタミン、灰分)等の形で、限られた面積の畑地およびその土壌が持つ養分を合理的に長く利用するための配慮をしてきたと考えられる。たとえば輪作(イネ科作物と豆科作物他の年次交替作付けなど)は白山焼畑でも行われてきた。ちなみに北海道の主要な畑作地帯ではテンサイ→豆類→小麦→バレイショ→(テンサイ)の輪作により地力保全が図られている。

現在平地の野菜産地で、利益率の高い、いわゆるもうかるものの大規模な大量連作によって、土壌老化の進行が問題視されている。土壌肥沃度の低下から来る、野菜の生理障害、品質低下などによる減収は今後とも懸念され、解決が急がれる緊急な課題となっている。

ちなみに白山山系から源を発する手取川の扇状地、加賀平野の水田地力もケイ酸や塩基類の減少を中心にその低下が進んでいる。このように肥沃度を維持するという意味では、焼畑による土地利用は、養分のリサイクル利用という点で、示唆するところが大きい。即ち樹木や草本で固定されたミネラルを焼却によって無機化し、土中へ還元させ、再び植物に吸収を促し、有機化する

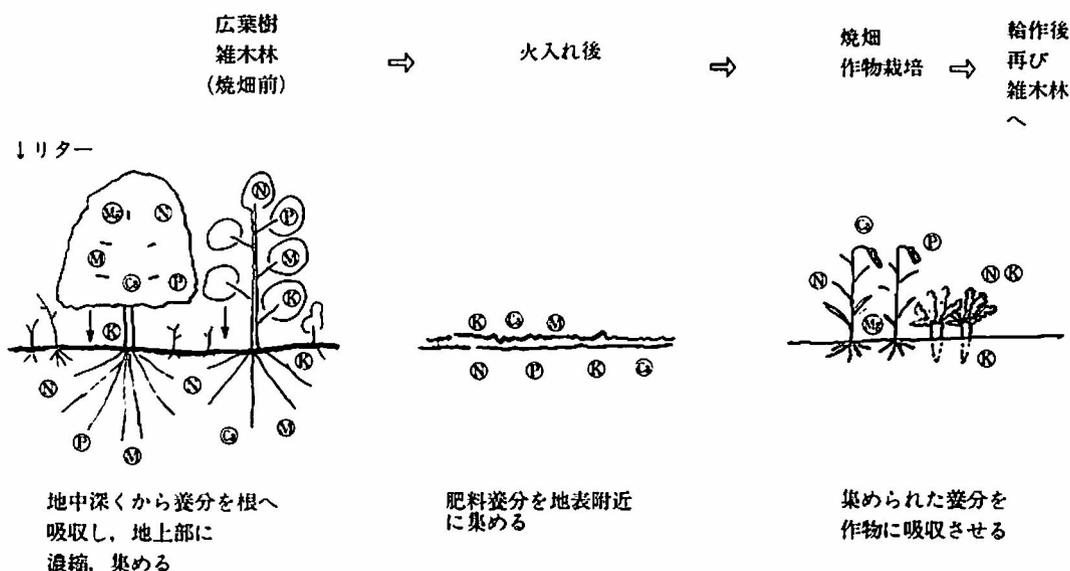


図3 焼畑における土壤中養分の濃縮リサイクル

ことは元素のリサイクル利用そのものと言える（図3）。

焼畑の際、燃焼炎の温度は500℃～600℃であった。この炎により風下で、炎の熱を強く受ける場所では土壌が熱せられ、土壌中の有機物が分解しやすくなり、有機態窒素の無機化が促され、植物へより吸収されやすくなる。したがってここに栽培され、生育する作物は全量有機質肥料栽培とも言える。また焼畑では人為的に、過剰の窒素が供給されず、また土壌中の有効態リン酸や土壌中のミネラルが比較的多い環境なので、収量は少ない場合があるものの、組織のしまった、光沢のよい、品質良好な収穫物が得られやすい。

参 考 文 献

長谷川和久（1991）、豊かな土の衰え、北陸中日新聞2月6日

———（1994）、焼畑にみる土を守る先人の知恵、「らいすびあ」20号、p.32-33、日本米穀小売振興会

「肥沃度測定のための土壌養分分析表」編纂委員会編（1970）、肥沃度測定のための土壌養分分析表、養賢堂

日本土壌肥料学会昭和54年度大会運営委員会（1979）、北海道の畑作と土壌肥料 p.52

農林水産省林業試験場編（1971）、林野土壌の調べ方、p84

東京天文台編（1979）、昭和54年版理科年表

堤利夫（1991）、森林の物質循環 p104 東大出版会