

論文

## 竹林侵入による土壌組成の変化と環境問題

石賀 裕明\*・道前香緒里<sup>1)</sup>\*・小寺 洋導\*・拝藤 幸太\*

### Effects of bamboo invasion on the soils of broadleaf forests and their potential environmental impact

Hiroaki Ishiga, Kaori Dozen, Youdou Kodera and Kouta Haito

#### Abstract

Invasion of bamboo, especially of the imported species *Phyllostachys pubescens* from China, into mixed forest may result in reduced soil development, land slide and destruction of species diversity in the forest ecosystem. This is due to infiltration of the previously existing forests by bamboo, which had been left without trimming, but was once cultured for food and construction materials. Extinction of broadleaf trees by this rapid bamboo growth may change soil thickness, composition, and concentrations of nutrients, and result in degradation of the forest and deterioration of the ecosystem. This paper is a preliminary report of changing soil compositions related to bamboo invasion, to emphasize the importance of soil formation by broadleaf trees.

**Key words:** bamboo, soils, ecosystem, nutrient, variability of species

#### はじめに

現在、全国の里山(竹内ほか, 2001)において放任(放置)竹林問題が発生している。これは、以前里山でタケノコの栽培や竹材の利用のために移植されたモウソウ竹(孟宗竹: *Phyllostachys pubescens*)が現在では放置され山林を被い尽くしていることをさす。もともと竹は成長が早く、地下茎をのばしてその生息範囲を急速に広げる。一般には日本固有の真竹、破竹などは地下水位の高い所を好むため、後背湿地や山裾の断層末端面、三角州等にそって生えており、山を覆い尽くすことはなかった。しかし、モウソウ竹は比較的、地下水位の低い所を好むため、山の上に向かって広がっていく。このような竹林の侵入は地形や、植生に関係せず進展するため以下のような問題が今後生じるものと考えられる。1) 竹林は山林を被い尽くすため景観が損なわれる。2) 竹林が里山の雑木に侵入した時、竹は雑木にくらべ背が高くなり(15~20 mに達し)、また生息密度が高くなるため既存の植生は破壊され、モウソウ竹のみからなる単一の植生を構成するようになる。3) この植生の変化に伴って生態系に影響が生じ里山の持っていた種の多様性は低下する。4) 雑木林を構成する植生は本来地下深くに樹根を伸ばしており斜面における地滑りや土砂や土壌の流出を抑制している。しかし、樹木の消滅に伴ってこのような作用は消滅する。5) 竹林は数 10 cm

程度の深さにまでしか根を張らないため雑木林が果たしていた4)のような作用は低下し、逆に斜面では表層すべりが生じやすくなる。6) 雑木林では母材の土壌化が十分に進んでおり、有機物に富んだ 1 m に達する厚い土壌が形成されており山林の保水能力は高い。しかし、竹林の作る土壌はこれに比べて薄く落葉は単一で有機物は少なく保水能力は低下する。7) 竹林の作る土壌は雑木林の土壌に比べ有機物に乏しく土壌化に伴う母材の風化の程度も低いと予想される。8) 雑木林と竹林におけるこのような土壌化の差異は里山や山地から流れる河川水の溶存物質(栄養塩)の総量の低下にも影響すると予想される。そして栄養塩の低下は河川や海洋の基礎生産量の低下を引き起こすと推定される。そのため竹林侵入による土壌環境の変化についての研究は重要と言える。本論では松江市南方の星上山において竹林の分布の増加と竹林と雑木林の土壌組成の相違についての予察的研究を行った結果を簡単に報告する。

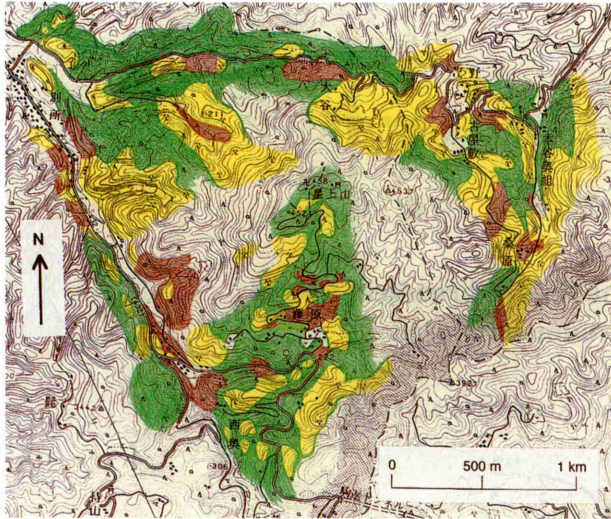
#### 調査地域の概要

今回竹林侵入の調査を行ったのは島根県八束郡八雲村星上山(標高 458 m)である。星上山は松江市の南東 11 km にあり、周辺の山地の中では比較的標高が高く、また、登山コースも整備され市民に親しまれてきた。星上山はクヌギやナラなどの雑木林、スギの植林からなる森林が発達し、竹林は山麓の集落付近に分布していた(昭和 58 年測定の地形図から)。しかし今回の調査により竹林の分布域は拡大している(第 1 図)。これらは従来の竹林が斜面にそって斜面をのぼり

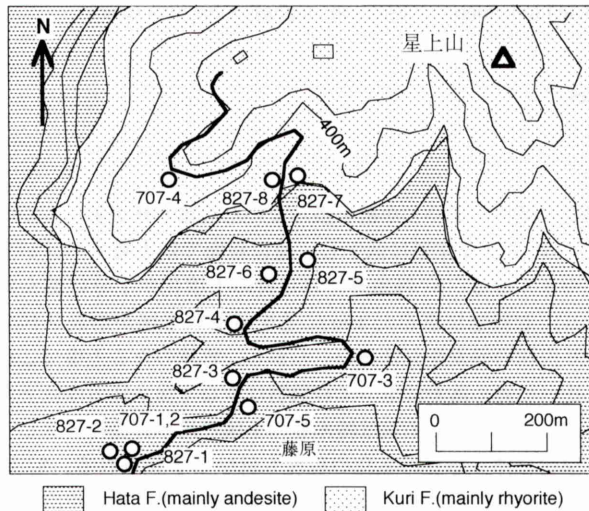
<sup>1)</sup> 日本学術振興会特別研究員 (PD)

\* 島根大学総合理工学部地球資源環境学科  
690-8504 松江市西川津町 1060

Department of Geoscience, Shimane University, Matue 690-8504, Japan



第1図 鳥根県八東郡八雲村星上山における竹林侵入を示す植生分布図。黄色；竹林，緑；雑木林，茶色；スギ林，空白地は未調査地域。



第3図 鳥根県八東郡八雲村星上山の地質図(鹿野ほか, 1994による)。土壤試料採取地点を示す。

(第2図 a), 雑木やスギ林の中にも侵入していったと考えられる(第2図 b)。

星上山は鹿野ほか(1994)によれば主に中新統の波多層の安山岩からなる。この波多層は星上山の南東の天狗山から京羅木山を経て安来市の西方に延びる岩体の一部に当たる。無斑晶質の安山岩と普通輝石斜長石安山岩の溶岩を主としてデイサイト火砕流堆積物が挟まれる。星上山の標高350m付近から上部にはほぼ水平に久利層の流紋岩および流紋岩火砕岩が分布する(第3図)。星上山南部の藤原および東部の本谷奥組には後期中新統のドレライトの貫入が見られる。このように星上山を構成する岩石は単一ではなく当然これらを母材として形成される土壌の組成も異なるといえる。



第2図 鳥根県八東郡八雲村星上山における竹林侵入の様子を示す写真。a：星上山の西麓別所の南東にて。b：スギ林に侵入した竹林，星上山の南部にて。

### 試料採集

試料採集は塩化ビニールのパイプ(VU 40)を土壌に突き刺し、地表から10cm程度の深さまでの柱状試料として採集した(第4図)。雑木林では柔らかく貫入しやすい土壌が発達しているため採集は可能であった。しかし、竹林では母材のれきや岩塊が含まれ貫入できない場合が多かった。この場合にはスコップで掘り採集した。上述のように星上山は地域により母材が異なるので竹林と雑木林の土壌を比較するために同じ母材で植生が異なるような地点を選択して土壌を採集するようにした。

第1表に示すように対象土壌の母材が波多層である試料は9地点あり、久利層である試料は3地点あり、それ以外は2地点ある。雑木林の土壌の色調は7.5 Y 3/2-2.5 Y 3/1 であるのに対して、竹林では2.5 Y 5/3-10 YR 4/3 と比較的明るい色調をもつ。

### 土壌溶液

土壌の液相部分は塩類、アミノ酸、有機酸、微量元素などの溶質が溶解しており(Bolt and Bruggenwert, 1978, Bowen, 1979)これを土壌溶液と呼んでいる(中野ほか, 1995)。そこで野外に於いて簡単な土壌溶液試験を行い雑木と竹林土壌の

第1表 島根県八東郡八雲村星上山における雑木 (mf) および竹林 (ba) 土壌の元素組成。母材が同じで隣接した地点で採取した試料は上下に並行して示している。921-1 は本谷奥谷の玄武岩, 921-2 は別所北東の波多層デイサイトを母材とする。土壌溶液の電気伝導度 (EC) および pH 値を合せて示す。

sample no.		ppm														wt%					$\mu\text{S/cm}$ EC	pH
		As	Pb	Zn	Cu	Mo	Ni	Cr	V	U	Sr	Y	Nb	Zr	Th	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TS		
<i>Hata F. andesite</i>																						
707-1A	mf	25	31	98	31	2.2	27	56	245	2.6	109	18	15	174	14	10.68	0.92	0.70	0.07	0.06	42	5.2
707-1B	mf	26	33	98	26	2.2	25	58	234	2.8	113	17	13	163	12	10.24	0.96	0.78	0.10	0.08	42	5.2
707-2	ba	21	44	116	23	2.2	9	34	234	2.9	61	15	6	131	5	8.59	1.08	1.16	0.15	0.15	56	5.7
707-3A	mf	21	28	83	20	2.2	25	69	192	3.2	106	21	15	193	13	7.99	0.92	0.75	0.08	0.07	16	5.2
707-3B	mf	21	30	86	19	2.2	28	67	184	3.1	101	20	15	184	13	7.76	0.91	0.83	0.09	0.10	33	5.2
827-1	mf	51	65	118	25	2.3	-	21	278	3.9	62	24	6	157	3	11.59	1.15	0.75	0.23	0.10	26	5.3
827-2	ba	15	27	105	15	2.2	2	26	234	3.0	50	22	7	158	4	9.47	1.22	0.87	0.19	0.11	57	5.2
827-4	mf	4	16	106	5	2.1	-	21	283	3.2	63	33	5	147	4	12.02	1.06	0.89	0.14	0.05	41	5.5
827-3	ba	19	29	105	18	2.2	8	31	270	3.0	60	23	8	169	6	11.36	1.24	0.75	0.15	0.09	65	4.9
827-6	mf	6	14	113	61	2.1	-	15	239	4.1	52	35	8	202	7	10.71	1.33	0.78	0.05	0.04	12	5.9
827-5	ba	56	24	96	21	2.3	22	39	118	3.3	218	29	9	124	9	6.28	0.58	1.66	0.15	0.13	35	5.4
707-5	ba	12	22	106	9	2.2	-	29	333	3.1	51	25	7	157	5	12.99	1.28	0.73	0.15	0.10	30	5.2
<i>Kuri F. rhyolite</i>																						
827-8	mf	43	28	61	24	2.2	10	40	330	3.2	56	20	8	152	7	10.43	1.33	0.77	0.13	0.09	17	5.0
827-7	ba	51	18	101	33	2.3	10	29	399	3.6	42	32	8	172	6	12.28	1.24	0.68	0.13	0.06	25	5.4
707-4	mf	26	30	98	30	2.2	44	88	183	3.7	82	26	18	200	18	8.39	0.78	0.61	0.04	0.07	33	5.2
<i>Others</i>																						
921-1	ba	16	24	98	31	2.2	24	63	217	3.4	102	26	14	195	12	8.61	0.96	0.79	0.10	0.07	13	5.5
921-2	ba	10	38	78	12	2.4	24	14	49	3.5	93	27	9	149	13	4.01	0.32	1.03	0.14	0.10	20	6.1

相違を検討した。土壌溶液試料として 50 g の土壌を 250 mL の純水と混合して振とうした後、pH、EC (電気伝導度,  $\mu\text{S/cm}$ ) を測定した (第1表)。測定には HORIBA D-23 および ES-14 を用いた。なお、土壌試料の含水率は 20-30% であった。

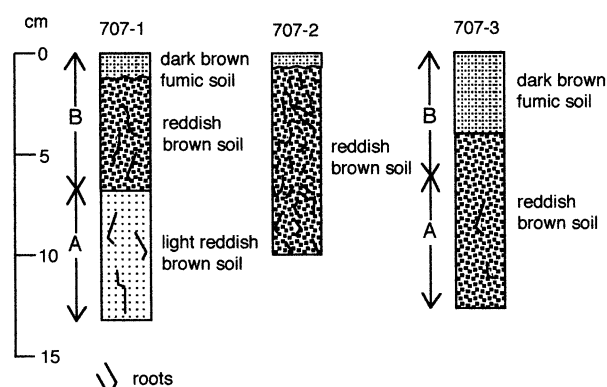
#### 土壌の元素組成の測定

土壌試料を 110°C にて 24 時間乾燥後、自動メノウ乳ばちを用いて粉碎し、蛍光 X 線分析装置 (理学電気社製 RIX 2000 XRF) を用いて粉末プレス法により元素組成の測定を行った。測定した元素は主元素 (TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) および微量元素 (As, Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Pb, Sr, Th, U, V, Y, Zn, Zr) と全イオウ (TS) である (第1表)。

#### 土壌溶液測定結果

土壌溶液の pH の結果は 4.9~6.1 であり、雑木と竹林の土壌で大きな変化はない。最も低かった (pH=4.9) のは試料番号 827-3 の竹林の試料である。また、逆に最も高い (pH=6.1) のも竹林の試料 (試料番号 921-2) である。ただしこの試料は星上山の東方の本谷奥村のもので母材はドレイイトである。

EC は 12  $\mu\text{S/cm}$  ~ 65  $\mu\text{S/cm}$  と変化に富むが雑木と竹林の土壌で明瞭な傾向はない。最も高い値 (65  $\mu\text{S/cm}$ ) を示すのは竹林の試料 (試料番号 827-3) であり、この試料は最も低い pH 値を持つ。50  $\mu\text{S/cm}$  以上の値を示すのは竹林の土壌の 3 試料に認められる。

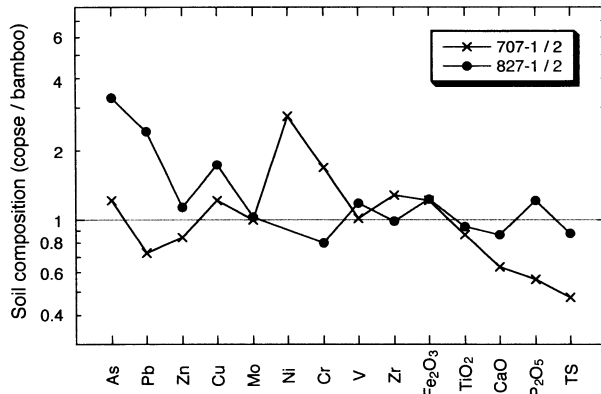


第4図 島根県八東郡八雲村星上山の雑木林において採集した柱状土壌試料の例。

#### 土壌の元素組成

土壌の元素組成は、1) 母材の風化に伴う変化、2) 粒度変化 (細粒化) による組成変化、3) 雨水の流入による堆積物の混合、4) 空中輸送される塵の混合、5) 有機物の混合、6) 植生による有機酸の影響など様々な影響を受けて形成されたものの総和であるといえる。したがって風化作用によって移動しにくい元素 (TiO<sub>2</sub>, Th, Zr, Nb) や逆に移動しやすい元素 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO や重金属 Cu, Pb, Zn など) に注目して検討することが重要である。特に鉄は酸化的環境では逆に移動しにくい。リンやイオウの土壌中での挙動は不明確な部分が多い。

母材が同じであり隣接した雑木と竹林が見られる 707-1 と 707-2 および 827-1 と 827-2 について両者を比較する。



第5図 雑木と竹林の土壌試料の元素組成の比較。同じ母材（波多層安山岩）における2地点での結果を示す。As, Cu, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は雑木の土壌試料が竹林土壌に比べ高く、CaO, TSは低い。

707-1は柱状試料でA（下部）およびB（上部）の2試料からなるので平均値を計算して、707-2の組成で規格化した値をグラフに示した（第5図）。この2地点での結果を比較して、雑木の方が含有率が高いのはAs, Cu, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>である。両者共に明瞭な減少を示す元素はCaO, TSである。その他の元素は変化に富む。試料827-4と827-3, 827-6と827-5においてもFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>については雑木が竹林に対して高い値を示す。これらは酸化環境での鉄酸化物もしくは鉄酸化水酸化物の形成によるものと考えられる。そして707-1と707-2および827-1と827-2のようにAsやCuが雑木において高くなるのはこれらの鉄鉱物に吸着されている可能性がある。同じ組み合わせでCaOが雑木の土壌の方が低くなっているのは土壌形成に伴う風化作用による溶出が雑木の土壌の場合の方が強く働いていると考えられる。従って風化作用によって移動しにくいThやZrは雑木土壌の方が高くなっているのは、土壌形成における場合が堆積物の粒度の細粒化に伴う組成変化の特徴と矛盾しない。

## 竹林侵入と環境・防災

星上山における竹林の侵入は現在急速に進展しており、地元での聞き取りでは星上山の西麓の別所付近ではこの10年間で急速に進展したと言われている。この地域はもともと谷ぞいに竹林が作られていたが、東方に向かってその分布域を広げている。この地域は東岩坂川の集水域として重要であり、植生の竹林への変化に伴い保水力は低下すると予想される。それとともに降雨時には洪水の発生を招く可能性が有る。また、星上山の東麓の本谷奥組から桑原の集落についても竹林の分布が拡大している。特に桑原の集落では北東-南西方向のリニアメントの発達著しく地滑りが発達し、地下水位の高い地域でもある。竹林の発達により今後はますます地滑りの発生が生じやすくなると予想される。

## 謝 辞

本研究を進めている途中で悲しい知らせを受けた。環境地質学講座の中山勝博氏がアフリカでの調査中に逝去された。中山氏には日頃より討論をいただきまた同じ講座に属していることもありゼミにおいても親切で丁寧な助言をいただいている。心からお礼申し上げますと共に御冥福をお祈りします。

## 文 献

- Bolt, G. H. and Bruggenwert, M. G. M. (eds.), 1978, *Soil Chemistry*. Elsevier Science Publishing Company, Amsterdam. 岩田進午・三輪睿太郎・井上隆弘・陽 捷行 訳, 1995, 土壌の化学, 第3刷, 学会出版センター, 808 pp.
- Bowen, H. J. M., 1979, *Environmental Chemistry of elements*. Academic Press. 浅見輝男・野充 男 訳, 1986, 第2刷, 博友社, 369 pp.
- 鹿野和彦・山内靖喜・高安克己・松浦浩久・豊 遥秋, 1994, 松江地域の地質。地域地質研究(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 126 pp.
- 中野政詩・宮崎 毅・西村 拓, 1995, 土壌物理環境測定法。東京大学出版会, 236 pp.
- 竹内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史, 2001, 里山の環境学。東京大学出版会, 257 pp.

(受付: 2001年12月10日, 受理: 2001年12月17日)