

# Effect of Expansion Bamboo on Environment: Characteristics of Soil and the Distribution of Plants

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/45809">http://hdl.handle.net/2297/45809</a>

## 竹の侵入が環境に及ぼす影響—植生と土壌の特徴—

脇元理恵\*・田崎和江\*\*

Rie WAKIMOTO\* and Kazue TAZAKI\*\* : Effect of Expansion Bamboo on Environment  
—Characteristics of Soil and the Distribution of Plants—

**ABSTRACT** : In many hilly forest of Japan, emigration of bamboo thicket into ambient forest has withered various trees, and has diminished biodiversity of the forest. Expansion of bamboo thicket has also changed chemistry of forest soil. In this study, geo- and ecological influences and effects of emigration of the bamboo thicket has investigated in Kanazawa city, Ishikawa, Japan. The soil has varied its pH from 4.5 to 5.2 with the propagation of the bamboo to forest. Si concentration in the soil has increased in accordance with the progress of the bamboo propagation. The accumulation of Si in the bamboo root may be related with soil bacteria which produce N and C by the metabolic activity with CO<sub>2</sub>.

**Key words** : Accumulation of Si. Biodiversity, Expansion of bamboo, pH buffering.

### はじめに

近年、身近な自然と親しむ場として雑木林に目が向けられるようになり（作野 1997）、同時に、雑木林の持つ気温調整、防災などの効果や、生物多様性の保全の場としての重要性が指摘されるようになってきている（只木 1997）。元来、雑木林は古くから人間活動と密接なつながりの中で形成、維持されてきた二次的な林であり、薪炭林として利用され、地域特有の自然景観を創りだし、生活環境林としても重要な機能を果たしてきた。しかし、化学肥料や石油燃料の普及により、薪炭林の必要性がなくなり、二次的自然は原生的自然に比べて自然度が劣ると評価され、その価値を失った。それ以来、雑木林は放置され、存在価値が疑われるようになり、ゴルフ場や宅地開発等の開発地予備軍となった（只木 1997）。しかし、雑木林の重要性が指摘され始め、現在では多くの雑木林保全運動が全国で繰り広げられている（田村 1998）。

一方、身近な雑木林に目を向けるとほとんどの雑木林が竹に侵入されている様子がみられる。また、竹の侵入は雑木林だけではなく、畑や宅地へ被害を与えたり、造林地に侵入して植栽林を枯らすなど（鳥居・井鷲 1997）、直接人々の生活に経済的ダメージを与えており、社会的な問題となっている（朝日新聞 1998）。元来、竹は食用や竹材として利用されてきた経済植物であり（沼田 1955）、現在、侵入拡大を続けているモウソウチクの筍は、以前は高価で取引されていた（室井 1995）。しかし、1960年以降、中国から筍の缶詰や竹材が安価で輸入さ

\* 〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa 920-1192, Japan

\*\* 〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学理学部地球学科 Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa 920-1192, Japan

れるようになると、手間のかかる生筍や、良い竹材を生産するには人手とコストのかかる竹林はしだいに放置されるようになった。そして同じく、利用価値、経済価値を失い、放置されるようになった雑木林へ、放置された竹が侵入拡大を続けたことにより、現在では竹は全国で雑木林を圧倒するに至っている(鳥居 1998)。石川県金沢市でも卯辰山の竹林の拡大が進み、景観を損ねる危機があるとして、竹林の伐採に着手し始めている(北國新聞 2000)。

このように、竹の雑木林への侵入は雑木林に対して大きな影響を与えることが指摘されているが、その反面、竹は他の樹木よりも表層土壌を緊縛する能力が優れている(荻住 1987)ことから、急斜面の林地保全や道路法面の緑化工植物として利用されたり、備長炭の約十倍といわれる竹炭の吸着力を生かし、脱臭剤や除湿剤に使われる(産経新聞 1999)などの経済植物としても利用されている。竹は雑木林の更新に悪影響を与える植物としての管理と、林地保全のための利用技術の発展といった相反する側面から、実用的なコントロールが求められている。しかし、竹林の拡大が土壌環境に与える影響については、良好な竹林造成のための施肥された人為的影響下での研究(西尾 1982, 他)が主であり、自然状態での影響についての研究は少ない。

そこで、本研究では、施肥されておらず、かつ人為的影響の少ない場所への竹の侵入がもたらす自然環境への影響を明らかにするために、現地における植生の調査および土壌の化学組成、土壌微生物の挙動について明らかにしたので報告する。

## 試料および分析方法

### 植生調査地点

本研究の植生調査は金沢大学周辺の医王山王道線沿いの竹の侵入が認められる雑木林で行った(Fig. 1)。この雑木林は、竹の侵入し始めた正確な年数は確認されていないが、近年、手入れや施肥は行われていない。ここには、竹が未侵入の箇所、竹が20%侵入している箇所(侵入初期段階)、50%侵入している箇所(侵入中期段階)、ほぼ竹林に変化した箇所(侵入後期段階)の4箇所が20mにわたって観察される場所である。

### 採取試料

試料は調査地の4林分内の代表的地点の土壌を土壌環境分析法(土壌環境分析法編集委員会編 1997)に従い、採取、調整を行った。試料の土壌は、最も有機物の影響が大きい土壌表層~10cm、竹の地下茎が最も多く分布する20~30cm、他の植物の根が多く分布している40~50cm、竹の地下茎の存在する限界の深さである60~100cmの4段階の深さから採取した。採取した土は生土試料、風乾土試料とに分けて調節を行った。生土試料は現地から採取してきた試料をよく混合し、試料内に含まれる礫や植物根を取り除き、2mmのふるいに通した。風乾土試料はよく混合した後、室内にうすく広げ風乾させ、2mmのふるいを通して調節した。また、試料として竹(モウソウチク)と、雑木林の代表的な高木であるコナラの根および葉を採取した。

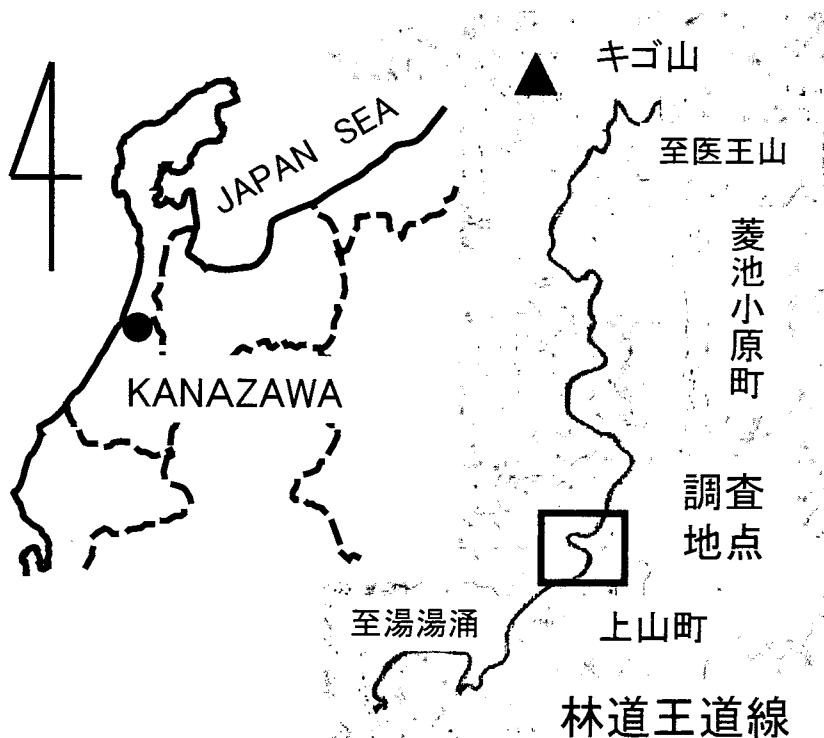


Fig.1. Location map of the study area with both forests and bamboo thickets near Kanazawa, Ishikawa, Japan.

### 植生調査

調査は雑木林内の未侵入箇所からほぼ竹林箇所にかけて20mのロープをはり、ロープの左右4mの範囲にて行った。階層別（高木層8m以上、亜高木層5～8m、低木層1.3～5m）の構成樹種の調査のため、樹木の高さ（樹高）別に出現している全ての樹木の樹種同定を行った。林内の空間構造を把握するため、樹木の位置と、葉の広がり（樹冠）を測り、図におとしたもの（樹冠投影図）を作成した。

### X線粉末回折分析（XRD）

土壌の鉱物組成をX線粉末回折分析により測定した。分析には理学電気製RINT1200型X線回折装置を使用し、CuK $\alpha$ 線を用いて電圧40kV、電流30mAで測定した。

定方位試料の分析には、コクサン製卓上遠心機H-26Fを用いて2 $\mu$ m以下の粒度分を分離・濃縮したものをスライドガラスに塗布し、乾燥させたものを使用した。また、粘土鉱物同定のため、未処理のもの他にエチレングリコール処理を施したものも作成した。

### 土壌 pH

土壌 pH を求める際には未風乾新鮮土10g に対し蒸留水25ml を加え、30分間4回よく攪拌し

た後約1時間放置し、pHメーター（堀場製作所カスターニー ACT pHメーター D-12）を用いてその上澄み液を測定した。また、土壌の酸性化抑制能力を明らかにするために、化石燃料の燃焼により排出される極微粒子（本研究ではススと呼ぶ）を蒸留水に懸濁させ pHが2.5になった溶液を人工酸性雨として各試料10gに散布し、24時間放置した後、未処理の試料と同様の方法で pHを測定した。

### 原子吸光光度法分析（AAS）

土壌の置換性 Ca と置換性 Mg については酢酸アンモニウム抽出後にフレイム原子吸光光度法、置換性 K と置換性 Na については酢酸アンモニウム抽出後に炎光光度法により定量分析を行った。フレイム原子吸光光度法および炎光光度法にはセイコー電子工業製 SAS-727 を使用して測定を行った。分析波長は Na：589.0nm, K：766.4nm, Ca：422.6nm, Mg：285.2nm を用いた。

### エネルギー分散型蛍光 X 線分析（ED-XRF）

土壌中の含有元素および葉の含有元素を、エネルギー分散型蛍光 X 線分析により測定した。測定には日本電子製エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 JSM-3201, Rh-K $\alpha$  線源を用い、加速電圧30kV で FP（ファンダメンタルパラメーター）-バルク法により半定量分析を行った。土壌は風乾土試料を乳鉢で粉末にし、葉はオープンで水分を蒸発させた後、粉末にしたものを用いた。

### C・Nの定量分析

土壌中の炭素、窒素の含有量を NCS 元素分析装置（アムコ製 NA2500）を用いて定量分析した。試料は風乾土試料を乳鉢で粉末にしたものを使用した。

### CO<sub>2</sub>測定

土壌の排出する CO<sub>2</sub>量を測定するため、採取直後の土壌をそれぞれ40cm<sup>3</sup>ずつ容器に入れ5分間密封した後、容器内の CO<sub>2</sub>濃度を CO<sub>2</sub>分析計（盟和商事株式会社 IM-22P）を用いて測定した。

### 光学顕微鏡観察

コナラの根に付着した微生物、および土壌微生物の形態、数量の観察は微分干渉および落射蛍光顕微鏡（Nikon OPTIPHOT-2）を用いて観察した。土壌微生物は土壌を懸濁させ、上澄み液をスライドガラスに塗布し、DAPI（4,6-diamido-2-phenylindole）で染色した。

### 走査型電子顕微鏡観察（SEM）およびエネルギー分散 X 線分析（EDX）

コナラの根および竹の根周辺の微細構造および土壌微生物の微細構造は走査型電子顕微鏡（SEM JERO-JSM-5200LV）を用いて、加速電圧15kV で観察し、SEM に取り付けられたフィ

リップス製エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX Philips-EDAX-PV9800STD) を用いて、元素分析を行った。根は付着している土壌を蒸留水を用いて洗い流したものを観察し、土壌微生物は土壌の懸濁液の上澄み液を試料台にのせ、水分を蒸発させたものを観察した。

## 結 果

### 植生調査結果

それぞれの群落で出現する種類を平均被度 (各植物の調査区に占める枝葉の面積; 被度 5 = 同一種が調査面積の 3/4 以上を覆う。被度 4 = 同一種が調査面積の 1/2 ~ 3/4 を覆う。被度 3 = 同一種が調査面積の 1/4 ~ 1/2 を覆う。被度 2 = 調査面積の 1/10 ~ 1/4 を占めるか、個体数が極めて多い。被度 1 = 個体は多いが被度 1/20 以下又は少ないが被度 1/10 以下。被度 + = 個体数も少なく被度も小さい。被度 r = 極めて稀に出現し、被度も極めて小さい。- = 出現無) で表したものを Table 1 に、各層の樹冠投影図を Fig. 2 ~ Fig. 4 に示す。

Table 1. Expansion processes of bamboo to change forest vegetation with various species of tree, showing the vegetation of coppice is simplified by the bamboo expansion

	樹種	未侵入段階	侵入初期段階	侵入中期段階	侵入後期段階
高木層	コナラ	5	3	3	—
	ビロードノリウツギ	—	—	1	—
	カマツカ	3	3	1	—
	ヤマボウシ	+	3	—	—
	リョウブ	—	+	1	—
	ネジキ	+	—	—	—
	アサガラ	—	—	—	+
	モウソウチク	—	1	3	5
亜高木層	コナラ	—	—	+	—
	カマツカ	3	—	—	—
	ウリカエデ	—	—	+	—
	コミネカエデ	+	—	—	+
	ヤマボウシ	+	—	—	—
	リョウブ	—	3	+	—
	ネジキ	—	+	—	—
	ナツハゼ	—	+	—	—
	アサガラ	—	—	—	+
	ヤブデマリ	+	—	1	—
ミヤマガマズミ	—	+	—	—	
低木層	マンサク	—	—	+	—
	ビロードノリウツギ	+	+	—	—
	ヒメウツギ	+	+	—	—
	カマツカ	1	1	+	—
	ウリカエデ	+	+	+	—
	ウラジロウコギ	—	—	—	—
	リョウブ	+	—	—	—
	ネジキ	+	+	+	—
	ナツハゼ	1	—	1	—
	ヤブデマリ	+	+	+	—
	ミヤマガマズミ	+	—	—	—

( ): 平均被度

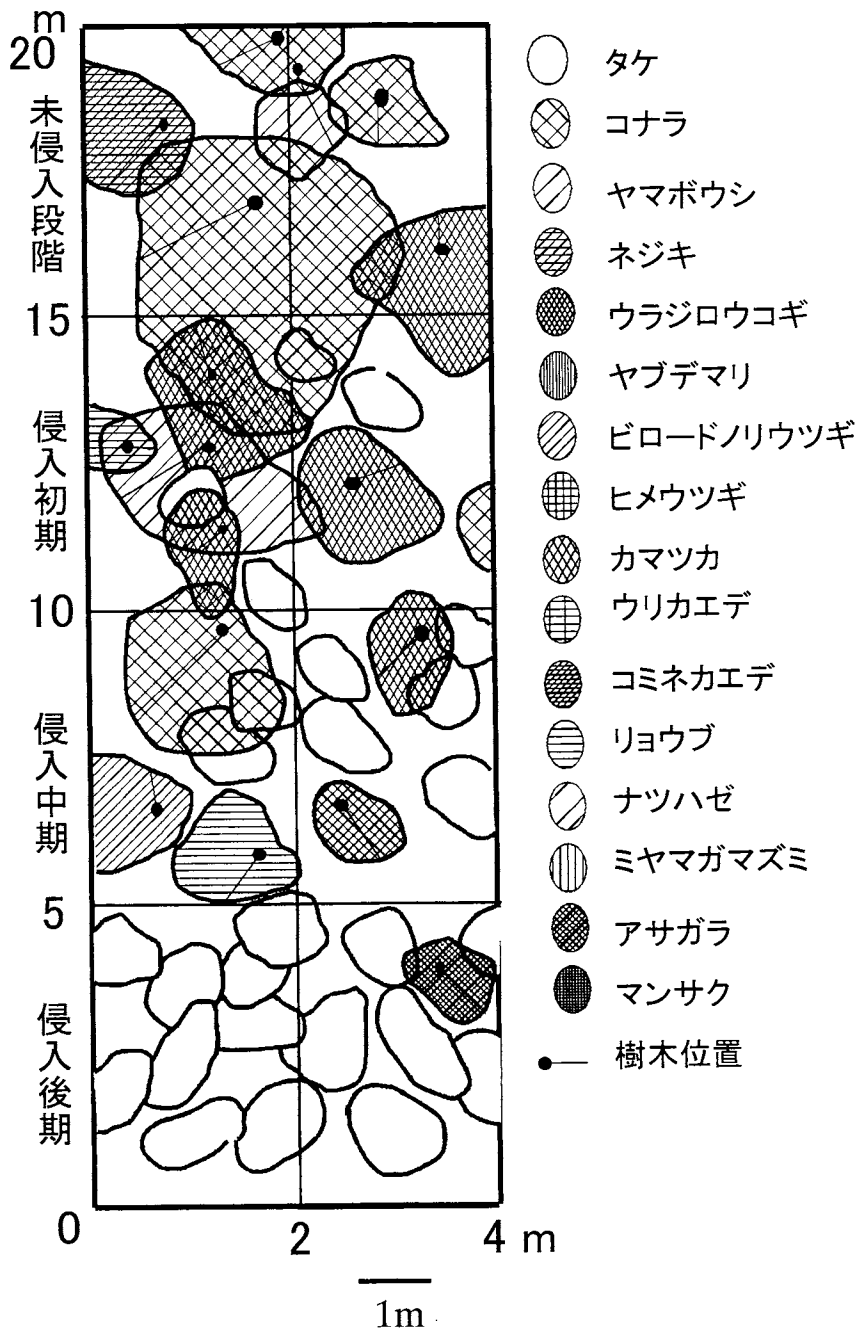


Fig. 2. Schematic projection map of crown cover of tree layers in forest.  
 Number of tree species has decreased in accordance with the progress of predominated bamboo propagation.

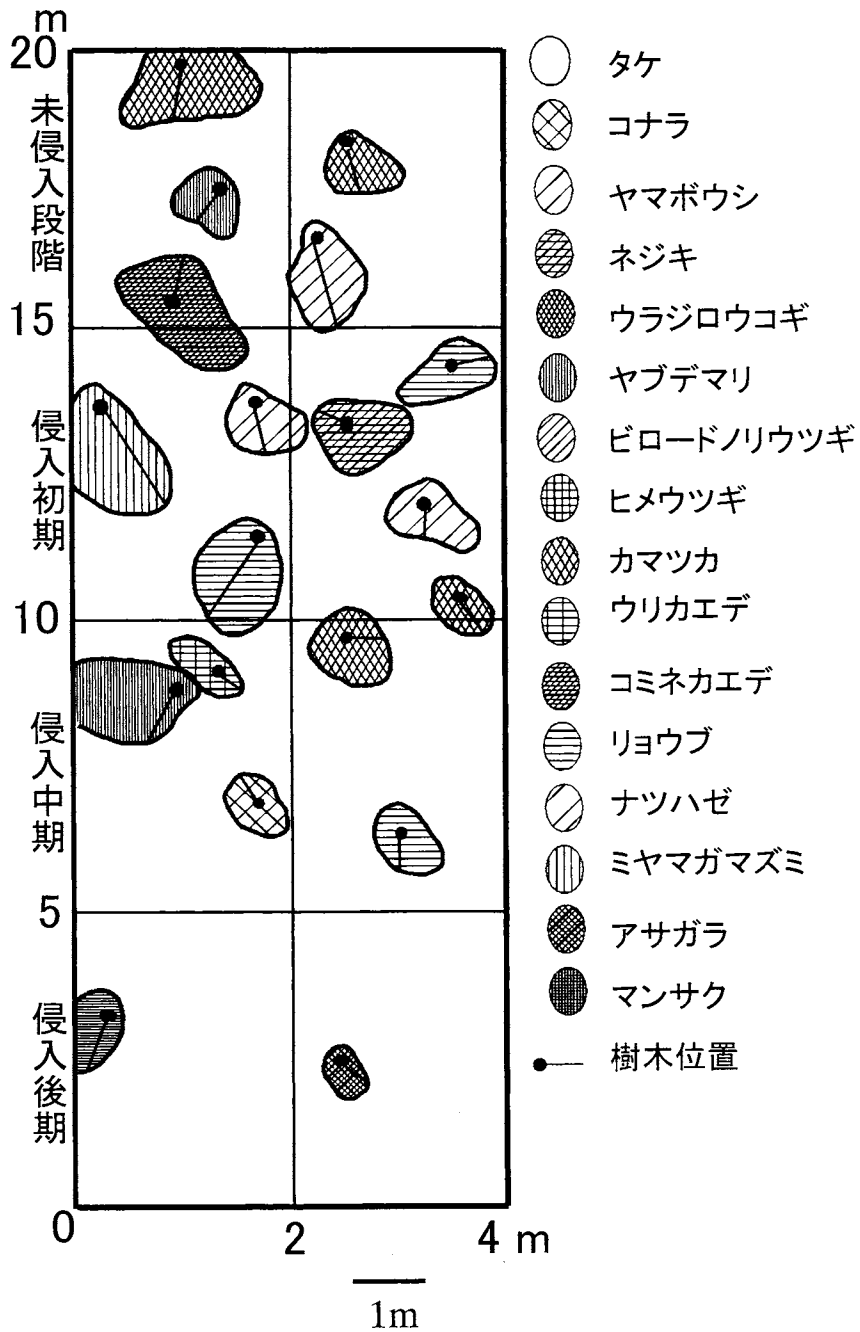


Fig. 3. Schematic projection map of crown cover of middle tree layers in forest. Number of tree species has decreased in the middle stage of propagation of bamboo.



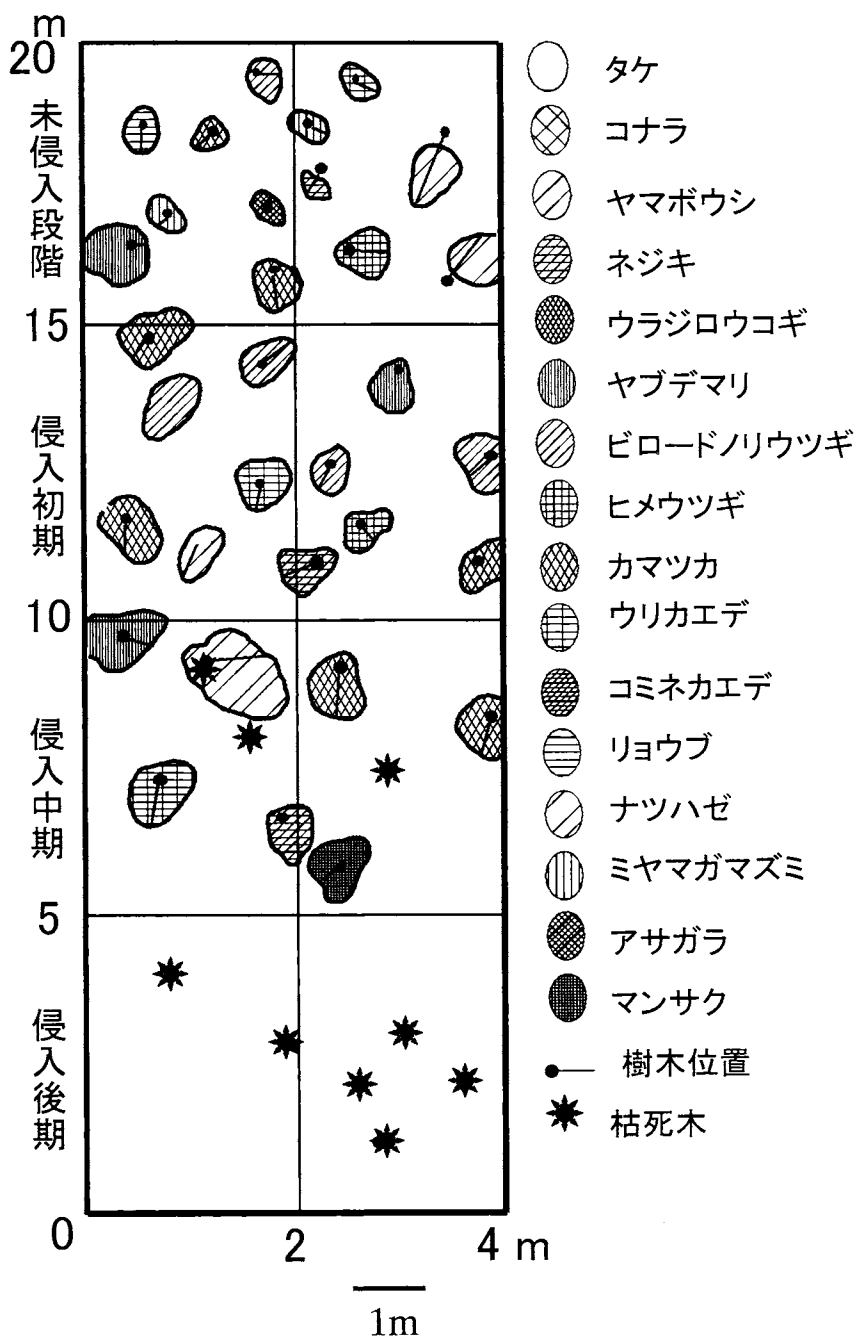


Fig. 4. Schematic projection map of crown cover of bush layers in coppice. Various tree species are found in the first-middle stages, excepting the last stage. Existence of dead tree only are found the last stage.

高木層の樹幹投影図により、未侵入林ではコナラやネジキ、ウコギが比較的広い範囲で林冠を広げていることが分かる。侵入初期段階から竹が出現し、林冠を広げているが、その他の樹木も十分に林冠を広げている。侵入中期段階では竹の林冠が占める割合が高くなり、その合間にコナラ、ウツギの林冠が広がるが、樹冠の広がり小さくなり、侵入後期段階になるとほとんど竹の林冠でうっ閉されている。

亜高木層、低木層の樹幹投影図により、未侵入段階から中期段階までは出現種、出現数ともに大きな違いは見られないが、侵入後期段階になると種類、数ともに減少していることが認められる。低木層では侵入中期までは比較的多くの植物が出現しているが、侵入後期になると他の植物は全く出現していない。侵入後期段階の亜高木層に落葉樹であるコミネカエデ、アサガラが出現していることは、竹の侵入によって、雑木林の植生は耐陰性植物へと遷移するという従来の調査結果と矛盾する点で注目できる。低木層では侵入中期から枯死木が多くなり、侵入後期では、枯死木のみが出現している。枯死木は竹の樹冠と、他の植物の樹冠が重なり合っている箇所によくみられた。侵入後期林では、6本もの枯死木が認められ、また、枯死し、倒れている樹木も観察された。

#### X線粉末回折分析 (XRD) 結果

全ての土壌試料から石英 (3.34 Å, 4.26 Å, 1.81 Å), カオリン鉱物 (7.15 Å, 3.57 Å, 1.99 Å), 緑泥石 (14.2 Å, 4.85 Å, 1.54 Å) のピークが検出された。侵入段階別における鉱物組成の違いはみられなかった。

#### 土壌 pH 測定結果

土壌 pH の結果およびススの懸濁液散布実験による土壌 pH 測定結果を Table 2, Fig. 5 に示す。未侵入段階では土壌 pH は 4.5 であるが、侵入中期になると土壌 pH は 5.2 となり、pH は上昇している。また、土壌酸性化抑制実験結果では、最も差が大きかったのは侵入初期の 0.83 であり、差が最も小さかったのは侵入中期の 0.5 であった。また、侵入後期段階も pH の差は 0.67 であり、未侵入段階の差は 0.8 であった。

Table 2. The pH data of soil suspension before and after bamboo expansion with depth

土壌深度	竹の未侵入段階			竹の侵入初期段階			竹の侵入中期段階			竹の侵入後期段階		
	実験前①	実験後②	差①-②	実験前①	実験後②	差①-②	実験前①	実験後②	差①-②	実験前①	実験後②	差①-②
0-10cm	4.45	3.65	0.80	4.66	3.83	0.83	5.15	4.65	0.50	5.00	4.33	0.67
20-30cm	4.78	3.99	0.79	4.84	4.08	0.76	4.90	4.24	0.66	4.79	4.11	0.68
40-50cm	4.87	4.10	0.77	5.01	4.21	0.80	5.01	4.26	0.75	5.02	4.30	0.72
60cm以下	4.86	4.06	0.80	5.02	4.21	0.81	4.99	4.20	0.79	5.04	4.25	0.79

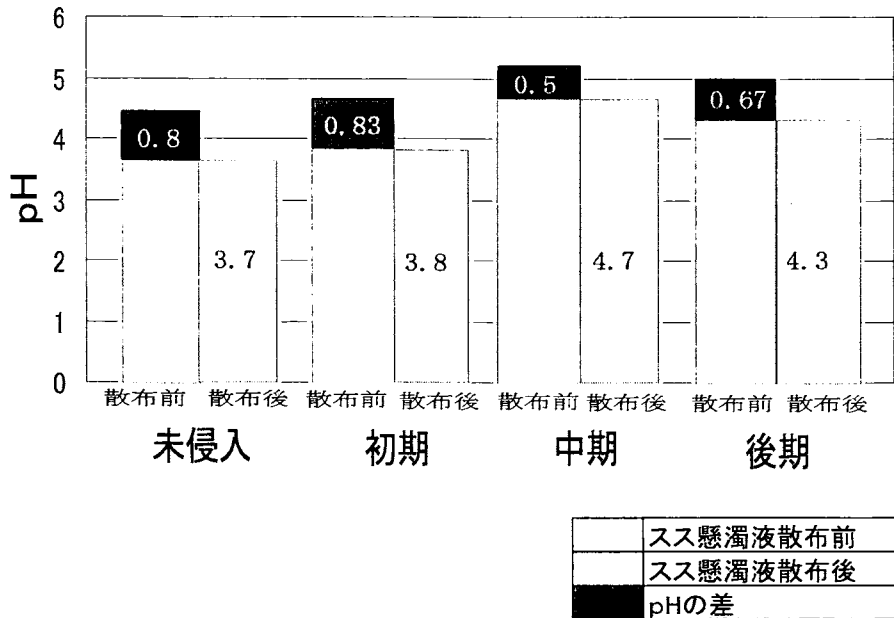


Fig. 5. The pH data of soil suspension before and after soot sprinkle experiment. The pH buffer ability was recognized in bamboo thicket soil.

### 原子吸光度法分析 (AAS) 結果

交換性陽イオンの分析結果を Fig. 6 に示す。0～10cm の Ca と K は対照的な増減を示している。4 元素の中で最も高い値を示したのは Mg であり、未侵入段階と比べて 0.3meq/100g 増加している。最も顕著な増減を示したのは Ca であり、未侵入段階と最も高い値を示した中期段階とでは 0.4meq/100g も増加した。K, Na に関しては、竹が侵入すると減少する傾向がみられるが、ほぼ一定であるといえる。

### エネルギー分散型蛍光 X 線分析 (ED-XRF) 結果

未侵入状態の土壌と竹林土壌の含有元素の違いを見るためにエネルギー分散型蛍光 X 線 (ED-XRF) 分析をおこなった結果を Fig. 7 に示す。0～10cm の土壌では竹の侵入にともない SiO<sub>2</sub> の割合が増加し、FeO の割合が減少しているが、40cm 以下の土壌では竹の侵入に伴う違いはみられなかった。表層環境に大きく関係する落葉の構成元素の測定結果を Fig. 8 に示す。古い竹の葉には、新しい葉に比べて約 5 倍の SiO<sub>2</sub> の増加が認められた。

### C・N の定量分析結果

土壌中の窒素・炭素は植物や豊かな土壌にとって必要な元素であり、大気中の窒素循環や炭素循環を考える上で重要である。そこで、土壌および葉の含有窒素量および炭素量を NCS コーダーによって測定した結果を Fig. 9 に示す。竹が侵入すると土壌の含有窒素が最も多い未侵入段階の 13% から最も低い中期には 6.8 と減少している。しかし、20cm 以下の層では目立っ

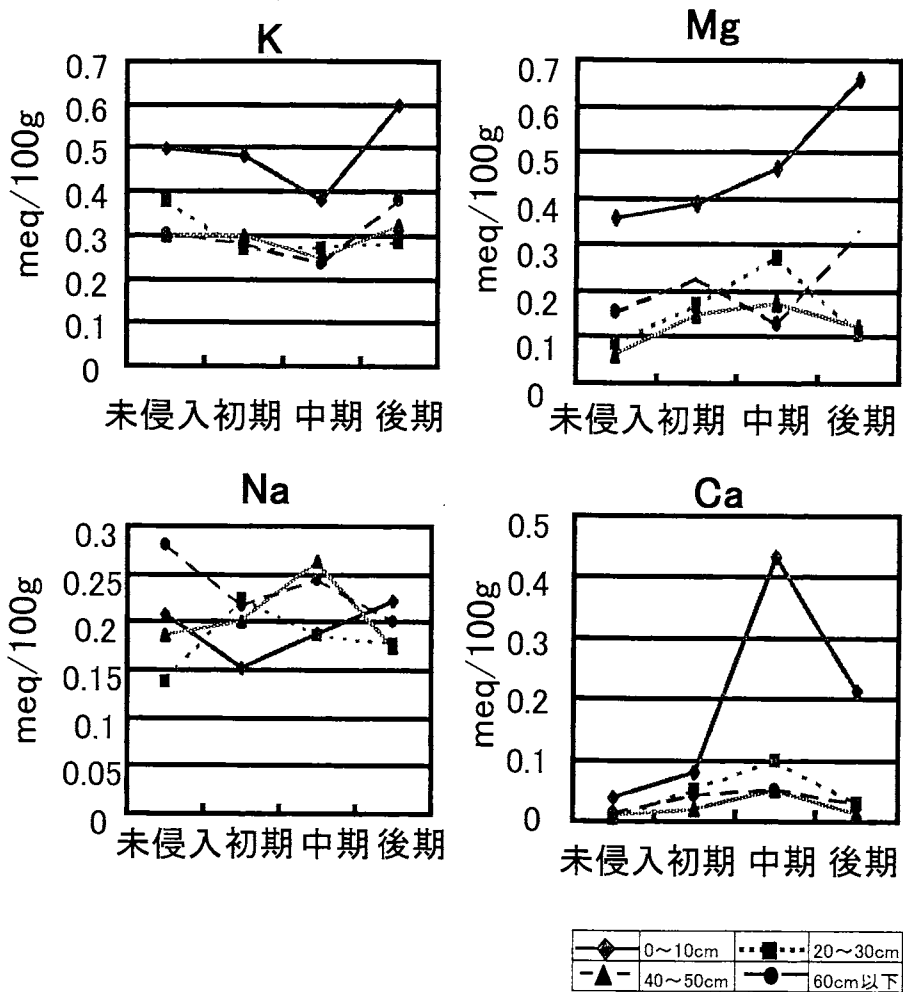


Fig. 6. Characteristic CEC of K, Mg, Na and Ca in the soil during the propagation of bamboo.

た増減はない。炭素になると全層にわたり、同様な減少パターンを示している。

### CO<sub>2</sub>測定結果

CO<sub>2</sub>分析機による測定結果を Fig. 9 に示す。上層部分の土壌の方が1000ppm と高い CO<sub>2</sub>排出量を示し、竹の侵入が進むにつれて800ppm と減少している。60cm 以下の層では、排出量はほぼ横ばいで一定しており、際立った変化は見られない。

### 光学顕微鏡観察および走査型電子顕微鏡観察 (SEM) とエネルギー分散 X 線分析 (EDX) 結果

未侵入段階のコナラの根毛に付着した糸状生物の光学顕微鏡写真 (DAPI 染色) および SEM 像を Fig. 10 に示す。未侵入段階では、根圏にも、土壌の上澄み液中にも多くの糸状生物、粒状

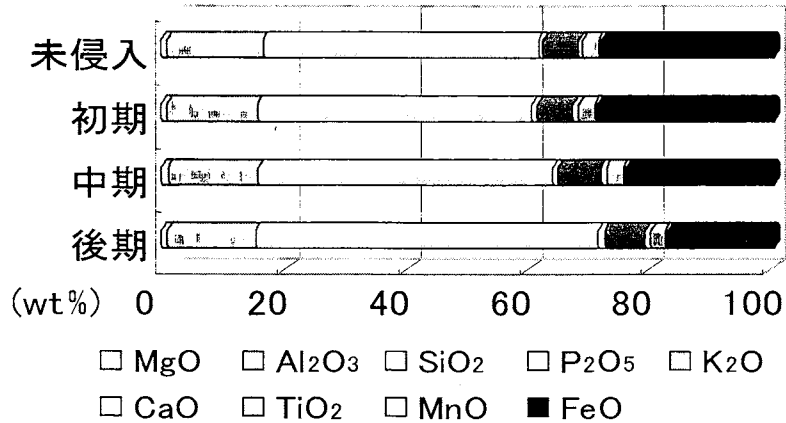


Fig. 7. ED-XRF chemical analyses of soils during the propagation of bamboo. Concentration of SiO<sub>2</sub> and FeO in the soils has varied depend on the propagation of bamboo.

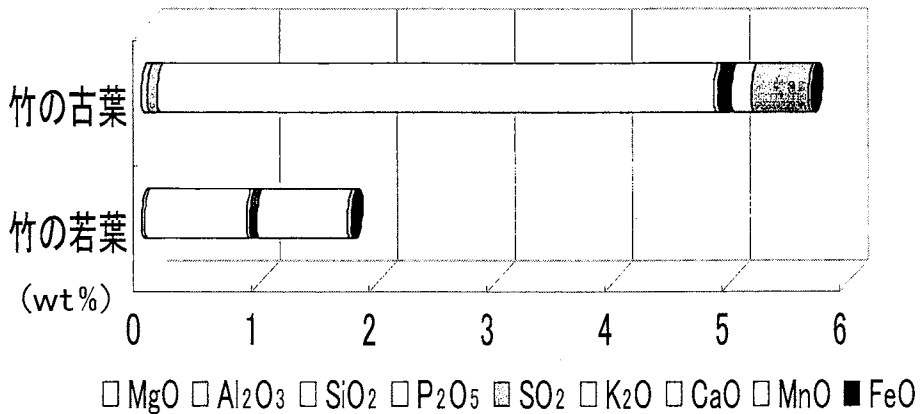


Fig. 8. ED-XRF chemical analyses of young green leaves and aged bamboo leaves. SiO<sub>2</sub> content in the aged leaves is greater than the young green one.

生物が観察された。コナラの根には菌が先端部分に集中して存在していることが明らかとなった。竹の根の先端には竹の細かい根毛が多数観察できるが、コナラのような糸状生物の存在は確認出来なかった。未侵入段階の土壌を攪拌した上澄み液中には多数の微生物が顕微鏡およびSEMにて観察された。同様に、竹林土壌の上澄み液中にも多数の土壌微生物が観察された。

## 考 察

### 植生について

竹が侵入するに従い、特に低木層の樹木に顕著な生物多様性の低下がみられた。また、枯死木が樹冠の重なり合った箇所に多くみられることから、竹の葉が林内に入る光を遮り、広葉樹の生育に必要なだけの光が不足したために、枯死に至ったと考えられる。この結果は瀬嵐ほか(1989)の竹の侵入による光環境の変化で、単一な植生のみが生育可能な環境へと変わり、林

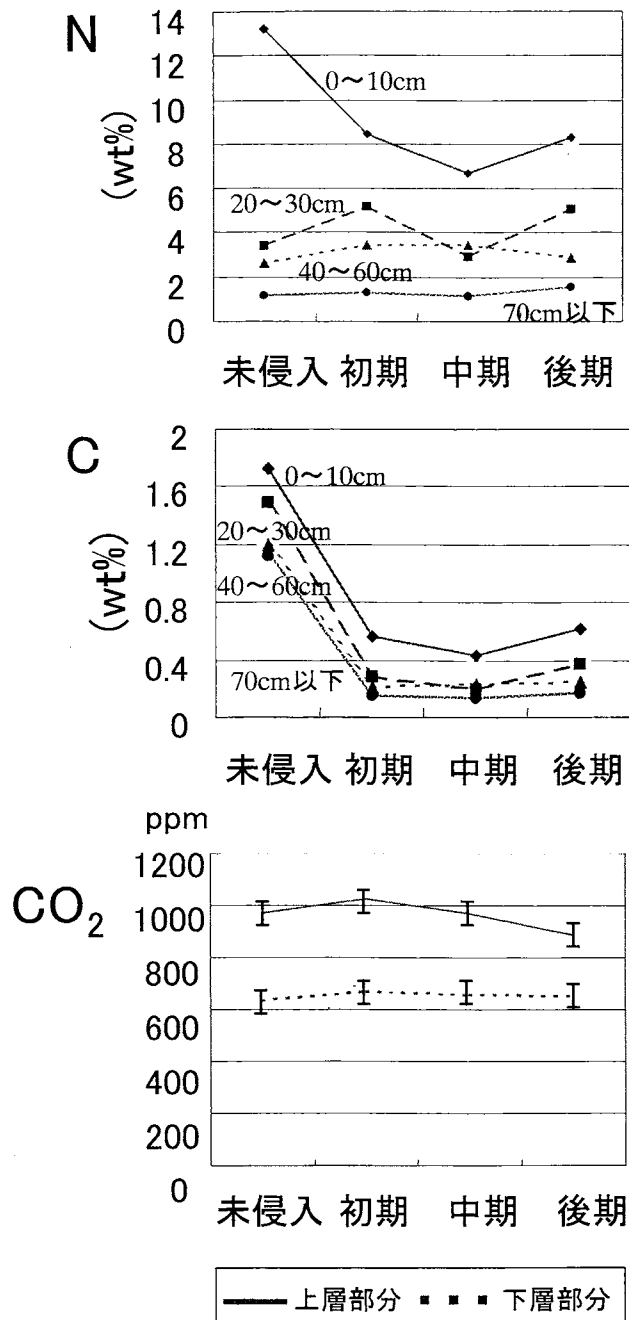


Fig. 9. Concentration of N and C in the soils and CO<sub>2</sub> in the atmosphere near the bamboo thicket.

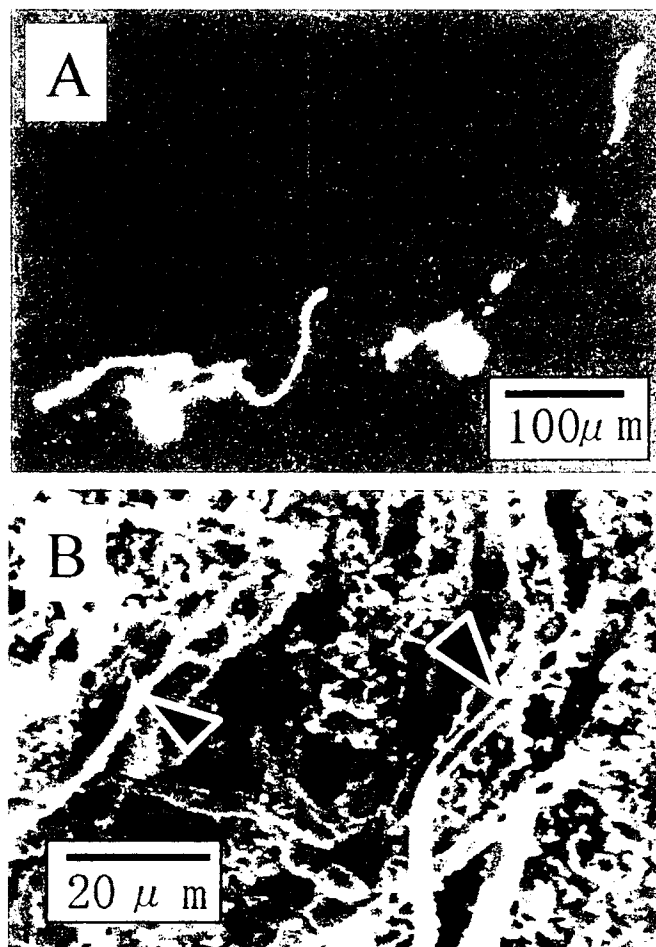


Fig. 10. Optical micrograph (A) and scanning electron micrograph (B) of filamentous bacteria attached to the *Quercus* root. Bacteria are concentrated on the surface of the *Quercus* root (arrows).

内の生物多様性は低下するという報告を支持している。しかし、今回の結果の、後期段階においても陽樹が出現していることは、竹の侵入によって雑木林の植生は耐陰性植物へと遷移するという従来の調査結果と矛盾している。この原因として考えられるのは光環境であり、樹冠投影図をみると竹の林冠の合間にこれらの林冠が広がっていることが認められる。このことより、コミネカエデ・アサガラが侵入後期段階まで出現している理由として、出現位置が、侵入後期段階であるにもかかわらず、成長に必要な光が獲得可能な位置であることが推測される。生物多様性の低下は、林の持つ抵抗力を低下させる。すなわち、気候変化や単一の害虫に対する抵抗力が小さくなる (Gascon *et al.* 2000) という事の他に、外来種の侵略を受けやすい (Levine *et al.* 1999) などといった弊害をもたらすことが知られている。モウソウチクは中国からの帰化植物であり、雑木林といった日本独特の生体系を破壊する危険性があると考えられる。

### 土壤酸性化抑制能力について

pH 測定結果より、竹林は土壤の酸性化を抑制することが示唆された。また、竹林になると土壤中の陽イオン、特に Mg と Ca が 0～10cm の上層で顕著に増加していることから、竹林土壤中では、上層部分の交換性陽イオンが増加することにより、酸性化の原因となる酸性コロイドの水素イオンと土壤中の陽イオンとが置換されて中性コロイドに近づくことで、土壤の酸性化を抑制する現象が起こっていると考えられる。

### 竹の侵入による土壤の構成元素の違いについて

0～10cm の各侵入度別の元素分析結果より、竹の侵入にともない  $\text{SiO}_2$  の割合が増加し、 $\text{FeO}$  の割合が減少しているが、40cm 以下の層では構成元素に差は見られなかったことから、これは表層環境（落葉）による影響が大きく関係しているということが示唆された。竹の葉の元素分析から竹の葉は古くなるほど  $\text{SiO}_2$  含有量が増加することが明らかになった。このことから、土壤中の  $\text{SiO}_2$  増加は、竹は土壤中から  $\text{SiO}_2$  を吸収し、竹内部に固定し続け、その後の落葉や枯死によって、この  $\text{SiO}_2$  は土壤に還元するという  $\text{SiO}_2$  の循環システムの繰り返しにより、最終的には、土壤中に多くの  $\text{SiO}_2$  が蓄積することを示唆している (Fig. 11)。

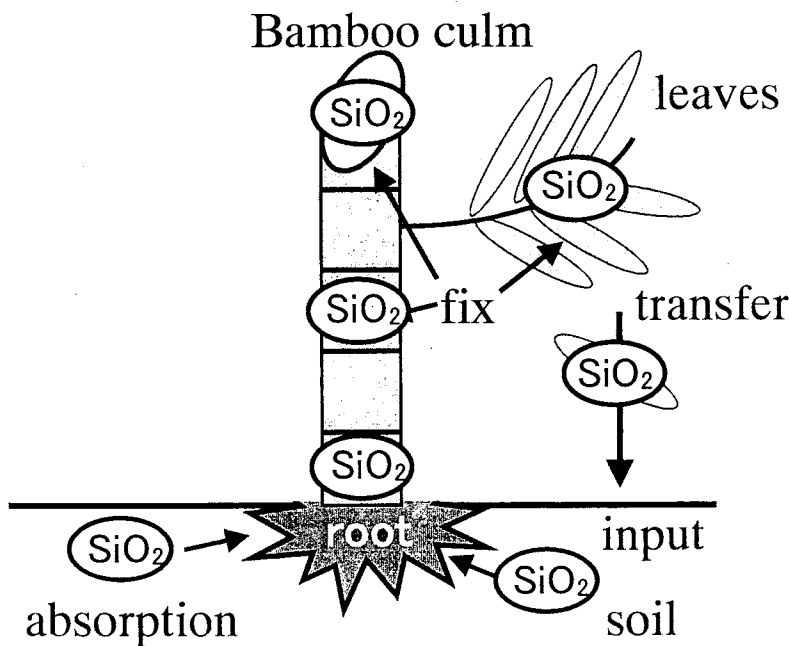


Fig. 11. Schematic  $\text{SiO}_2$  circulation system in the bamboo thicket.

### 土壤の含有窒素、炭素量、排出 $\text{CO}_2$ 量の違いについて

土壤中の含有窒素は 0～10cm の土壤で減少を示しており、炭素は全層にわたって減少していることから、土壤中の炭素や窒素の増減に関わる要因が異なっている事を示している。窒素



は土壌中の窒素固定細菌により無機化され、脱窒素細菌によって空気中に排出される。窒素量が減少していることは、土壌中の窒素固定細菌の作用が減少していると考えられる。炭素は土壌微生物により、炭酸ガスへと分解されるが、全層にわたり炭素量が減少していることは、炭素の分解を行う微生物の能力低下、もしくは数の減少を示唆している。CO<sub>2</sub>排出量の低下により、上層に生息する土壌微生物の呼吸運動が減少していると考えられ、竹の侵入により土壌微生物の数が低下することが示唆された。

## ま と め

本研究により、竹の侵入は、未侵入から侵入後期段階にわたり、樹冠投影図から地上部分では林内の植物の出現種、数ともに減少させることが明らかとなった。また、光学顕微鏡写真、SEM像などから、土壌中では根圏に存在する土壌微生物を減少させるなど、雑木林内の生物多様性を低下させ、生物学的視点からも悪影響をもたらしている。土壌の酸性化抑制は、土壌中のMgやCaイオンが増加する事によって引き起こされており、このことは土壌pHの違いと関連がある。竹の内部に蓄積されるSiO<sub>2</sub>が土壌中へ還元されることにより、林内のSiO<sub>2</sub>循環が竹によって変化すると考えられる。土壌中の窒素は、炭素やCO<sub>2</sub>量の増減とは異なったパターンを示し、微生物の関与が示唆される。

以上の事から、竹が雑木林へ侵入する事により、生物が生存する林内の環境だけでなく、土壌環境も変化させていることが明らかとなった。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、石川県金沢市北袋町の方々には、調査地の雑木林を提供して頂いた。植物の同定の際に金沢大学植物園木下栄一郎博士の資料を提供して頂いた。また、本研究について日本福祉大学福田秀志博士には多大なる提言を受けた。田崎研究室の院生、学生の方々には調査、実験にご協力いただいた。以下の方々に厚く御礼申し上げる。

## 文 献

- 朝日新聞. 1998. 竹林, 猛威 樹木倒し宅地侵入. 朝日新聞1998年9月4日. 夕刊.
- Gascon, C., G. B. Williamson and G. A. B. da Fonseca. 2000. Receding forest edges and vanishing reserves. *Science* **288**: 1356-1358.
- 土壌環境分析法編集委員会. 1997. 土壌環境分析法. pp427.
- 北國新聞. 2000. 卯辰山の竹林 増え過ぎ. 北國新聞2000年11月16日. 夕刊.
- Levine, J. M. and C. M. D'Antion. 1999. Species diversity and biological invasions: Relating local process to community pattern. *Oikos* **87**: 15.
- 荻住 昇. 1987. ササ類の地下茎の構造と土壌緊縛力. *Bamboo Journal* **4**: 167-174.
- 室井 綽. 1995. 竹林に侵略されつつある雑木林. 富士竹類植物園報告 **39**: 29-34.
- 西尾 敏. 1982. 竹林, 筍林. の土壌について—深さと化学性—. 日林九支論文集 **35**: 127-128.
- 沼田 真. 1955. 竹林の群落構造と遷移—竹林の生態学的研究第1報. 千大文理紀要 **1**: 221-231.
- 作野由紀子. 1997. 表土移設により造成された雑木林の群落の特性. 都市公園 **139**: 94-98.
- 産経新聞. 1999. 6小学校区に竹炭作り用窯. 産経新聞1999年9月29日. 夕刊.

- 瀬嵐哲央, 丸真喜子, 大森美紀, 西井武秀. 1989. 竹林群落と遷移の特性—雑木林の竹林化. 金沢大学教育学部紀要. 自然科学編 38号:25-40.
- 只木良也. 1997. 雑木林の仕組みと働き. 森林科学 21:31-35.
- 田村 猛. 1998. 農村の新しい環境問題—生物多様性保全—保全への取り組みの現状と課題—. 農林金融 51:718-730.
- 鳥居厚志, 井鷲裕司. 1997. 京都府南部地域における竹林の分布拡大. 日本生態学会誌 47:37-41.
- 鳥居厚志. 1998. 空中写真を用いた竹林の分布拡大速度の推定—滋賀県八幡山および京都府男山における事例. 日本生態学会誌 48:37-47.