

南フィンランドの降水栄養性泥炭地の地上部の 現存量について

宮 沢 豊 宏*

Above-Ground Biomass of Ombrotrophic Mires in South-Finland

Toyohiro MIYAZAWA*

Abstract

Above-ground plant biomass values for four comparative sites representing three ombrotrophic mire types which occur in the southern boreal vegetation zones in Finland are presented. Three virgin and ten ameliorated plots are included in the material. The total biomass ranges between 4248-22913kg /ha on open small-sedge bogs, 6573-15832kg /ha on ridge-hollow pine bogs and 18719-39122kg /ha on dwarf-shrub pine bogs. It is strongly linear-correlated with tree stand stem volume on forested sites.

Forest amelioration increases the tree biomass at a rate which depends on limiting factors such as nutritional trophy or moisture gradient that have already been studied to a large extent in peat-land forestry. At the same time the qualitative and quantitative distribution of biomass of mires becomes similar to that of forest ecosystems.

はじめに

フィンランド南部の森林植生は、針広混交林帯に属する南西部のバルト海沿岸部と島嶼の一部を除けば、北方針葉樹林帯南部となっている (Ahti et al., 1968)。これらの地域に典型的な泥炭地は南フィンランド高位泥炭地群 (降水栄養性泥炭地群、ボッグ) で、さらに水文、形態、地形を基準にして3つに分けられる (Ruuhijärvi, 1983)。すなわち、北から南にかけて順に、非対称性ドーム状泥炭地、対称性ドーム状泥炭地、対称性高原状泥炭地が出現する (図1)。

フィンランドの泥炭地型の分類は、Cajander (1913) が提唱した分類に基づいている。泥炭地は通常、栄養条件と水分条件によって泥炭地型に細分されている (Ruuhijärvi, 1965、

1983、Eurola & Kaakinen, 1978、Heikurainen & Pakarinen, 1982)。北方針葉樹林帯南部の高位泥炭地に出現する植生については詳細に調査、研究が行われてきた (Eurola, 1962、Tolonen, 1967)。

各泥炭地型の構成植物の有機物現存量と年間生産量についての研究は、試料採取・調整の煩雑さも手伝って、これまで十分に行われていない。フィンランドでは現在までに泥炭地総面積 (1040万ヘクタール) のうち、半分近くを対象に森林造成のための排水溝が、掘削された。林木に対する排水と施肥の影響については広範囲に調べられているが (e.g. Päivänen, 1990)、目的樹種以外の植生のバイオマスについてはこれまでそれ程多くの研究成果は報告されていない (See e.g. Paavilainen, 1980、Vasander, 1982)。

*ヘルシンキ大学 (University of Helsinki)

当初、主として比較的富栄養性の森林、疎林泥炭地を対象にしていた排水・施肥事業も、その急激な拡大に伴って次第に貧栄養性の無立木泥炭地をも開発の対象とするようになった。ここでは、これらの貧栄養性マツ疎林泥炭地、貧栄養性無立木泥炭地の地上部の現存量と各階層相互の関係について過去の資料とも比較対照しながら話を進めていきたい。

小論の題目選定にあたり、環境庁自然保護局計画課の高田雅之氏より数々のご教示をいただいた。なお、本研究はフィンランド天然資源研究財団とケミラ財団の研究助成、ならびにフィンランド林野庁科学研究費の補助によって実施された。ここに厚くお礼申し上げる。

比較対照地

南フィンランドにある4ヶ所の比較対照地の位置は図1の通りである。比較対照地はすべて南フィンランド高位泥炭地群に属し、降

水涵養性であるが、形態的に地域変異がある。Vilppula、Hyytiälä と Lammi の調査地は非対称性ドーム状泥炭地であるのに対し、Janakkala の調査地は対称性ドーム状泥炭地と非対称性ドーム状泥炭地の両者の性格を併せ持っている (Kosonen、1981、Liedenpohja、1981、Vasander、1981)。Hyytiälä の調査地以外は過去の報告の中から必要な箇所を抜粋して比較検討の資料に供した。

材料と方法

ここで取り上げる一連の貧栄養性泥炭地は以下の3つのタイプである (Laine & Vasander、1990)。矮小低木・マツ疎林泥炭地 (IR)、ブルテ・シュレンケ複合体・マツ疎林泥炭地 (KeR)、矮性スゲ無立木泥炭地 (LkN) である (表1 & 2)。自然状態の泥炭地の地上部の現存量と森林造成のために排水され、さらに施肥も行なわれた泥炭地の地

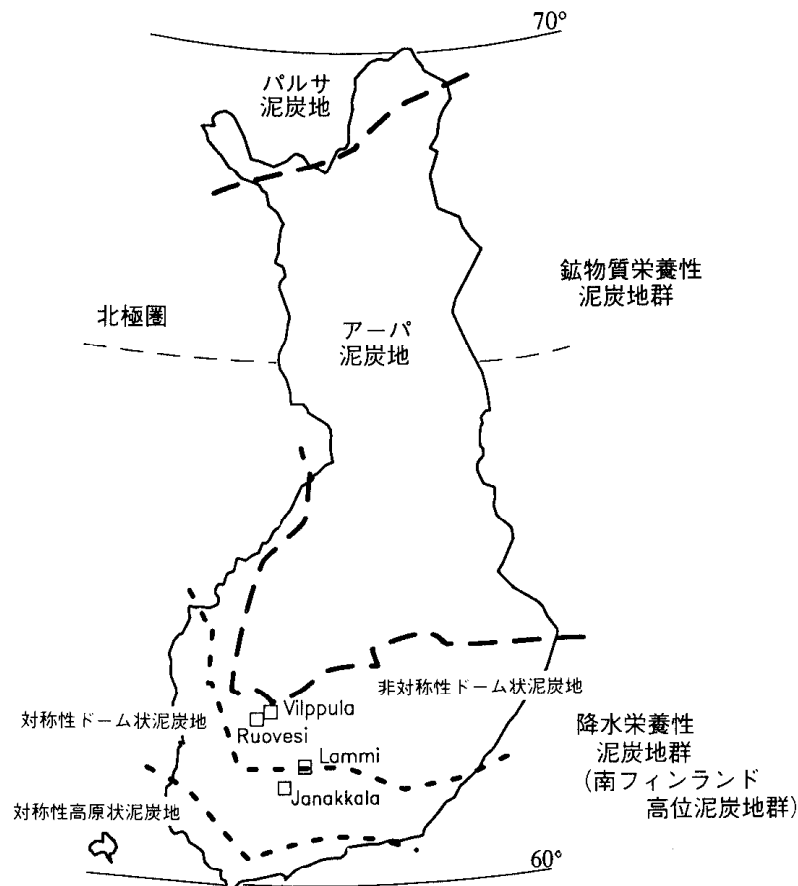


図1 フィンランドの泥炭地域区分 (Ruuhijärvi, 1982) と南部高位泥炭地域内の比較対照地

南フィンランドの降水栄養性泥炭地の地上部の現存量について

表1 比較対照地の概況

泥炭地名	Suurisuo	Viheriäisenneva	Laaviosuo	Kaakkosuo
所在地	Janakkala	Ruovesi	Lammi	Vilppula
発表者(年)	Liedenpohja 1981	Miyazawa 1994	Vasander 1982	Kosonen 1976
泥炭地型	LkN	LkN	KeR	IR
排水溝掘削(年)	—	1966—67	1966	1954
排水溝間隔	—	10m & 40m	45m	30m
更新法	—	人工更新	天然更新	天然更新
施肥(年)	—	1976	1970	1961
施肥量(N-P-K) (kg/ha)	—	100-52-75	46-29-55	100-58-83
調査年	1979	1990—92	1977—79	1973—74

—: 自然状態

LkN: 貧栄養性矮性スゲ泥炭地

KeR: 貧栄養性ブルテ・シュレンケ複合体・マツ泥炭地

IR: 矮小低木・マツ泥炭地

表2 自然状態の比較対照地での主要な林床植物の組成

		Liedenpohja	Vasander	Kosonen
		1981	1981	1981
学名	和名	LKN	KeR	IR
矮小低木類と下層植生				
<i>Andromeda polifolia</i>	ヒメシャクナゲ	3	2	1
<i>Betula nana</i>	ナナカンバ	1	+	2
<i>Calluna vulgaris</i>	カルーナ	1	3	
<i>Empetrum nigrum</i>	ガンコウラン	1	3	5
<i>Ledum palustre</i>	イソツツジ			3
<i>Vaccinium microcarpum</i>	ヒメツルコケモモ			1
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	ツルコケモモ	1	1	1
<i>Vaccinium uliginosum</i>	クロマメノキ	+		5
<i>Rubus chamaemorus</i>	ホロムイイチゴ	+	2	1
<i>Scheuchzeria palustris</i>	ホロムイソウ	2	+	
<i>Carex limosa</i>	ヤチスゲ	1	1	
<i>Carex globularis</i>				2
<i>Eriophorum vaginatum</i>	ワタスゲ	3	4	3
<i>Trichophorum cespitosum</i>	ミネハリイ	4		
底層植生（蘇苔類・地衣類）				
<i>Sphagnum angustifolium</i>		5	4	5
<i>S. balticum</i>		3	5	
<i>S. cuspidatum</i>	ハリミズゴケ	4		
<i>S. fuscum</i>	チャミズゴケ	5	5	5
<i>S. jensenii</i>	シナノミズゴケ	3		
<i>S. magellanicum</i>	ムラサキミズゴケ	3	+	
<i>S. majus</i>		4	1	
<i>S. papillosum</i>	イボミズゴケ	5		
<i>S. rubellum</i>	アカミズゴケ	4	2	
<i>S. tenellum</i>	ワタミズゴケ		1	
<i>Aulacomnium palustre</i>	オオヒモゴケ	+		1
<i>Dicranum undulatum</i>	ナミシッポゴケ	1	1	+
<i>Pleurozium schreberi</i>	タチハイゴケ		1	5
<i>Polytrichum strictum</i>	スギゴケ属			2
<i>Cladonia rangiferina</i>	ハナゴケ	1	2	4
<i>Mylia anomala</i>	カタウロココゲ属	+	1	+

LkN: 貧栄養性矮性スゲ泥炭地

KeR: 貧栄養性ブルテ・シュレンケ複合体・マツ泥炭地

IR: 矮小低木・マツ泥炭地

コード番号	植被率(%)
+	≦0.5
1	0.5—1.5
2	2.0—3.0
3	4.0—7.0
4	8.0—15.0
5	16.0—31.0
6	32.0—63.0
7	64.0—100.0

上部の現存量とを比較検討した。

表2に各泥炭地型の自然状態の林床植物の組成を示す。矮性スゲ無立木泥炭地(LkN)ではミズゴケ類と矮性スゲ類の発達が著しい。ブルテ・シュレンケ複合体・マツ疎林泥炭地(KeR)の植生は前者と似ているが、ミズゴケ類の種数、被度とも小さく、矮小低木の割合が増加している。矮小低木・マツ疎林泥炭地(IR)ではミズゴケ類の種類が限定され、他の鮮苔類や地衣類が多くなり、特に矮小低木が標徴種となっている。

樹木の地上部の現存量及び幹材積は、林木の直径階級による層別サンプリングにより供試木を抽出した。その後各器官の間に成立する相対生長関係式を毎木調査結果に当てはめ、まず個体の地上部各部分の現存量及び幹材積を求め、さらに林分全体の現存量と蓄積を推定した。その他の植生の被度と現存量については、Hyytiäläの調査地では各試験区の対角線上に等間隔に20ヶ所のコドラートを設けたのに対し、その他の調査地では調査地内の植生の群落分布に応じてコドラート(10~20ヶ所)を設け、その中に生育する全植物の地上部を刈り取った。

標本木と刈り取った植物は研究室に持ち帰って乾重量を測定した。得られた値は各階層ごとに1 haの値に換算して整理した。Hyytiäläの調査地の値は同処理をした4試験区(プロット)の平均値を使用した。

結 果

1. 樹木層

比較対照地の植物現存量を表3に示した。まず立木本数については、矮性スゲ泥炭地の人工植栽の密度は1968年1 ha当り約3000本植えとしたが、植栽後栄養障害、病虫害、獣害、気象害等のために、調査時点の残存木は1000本~2000本程度になってしまった。天然更新によるその他の泥炭地型のうち、ブルテ・シュレンケ複合体・マツ泥炭地では、自

然状態の調査地と比較して、排水、施肥区の方が立木本数が多かった。矮小低木・マツ泥炭地では各処理間に余り差は見られなかった。

自然状態では樹木の生育していない矮性スゲ泥炭地の対照区の蓄積が皆無なのに対し、同じ泥炭地型でも人工植栽を行ない、集約的な林業を行なった処理区では30 m³近くになった。他の泥炭地型でも、排水、施肥の強度に応じて林分の蓄積が増加している。

樹木層の現存量は、各泥炭地型とも排水、施肥の強度に応じて増加傾向にあった。最も集約的な処理をした試験区では、自然状態の調査地と比較して、増加量が著しかった。矮性スゲ泥炭地では1 ha当り20トン、ブルテ・シュレンケ複合体・マツ泥炭地では10トン、矮小低木・マツ泥炭地では38トンにも達した。

2. 樹木層と下層・底層植生の現存量との関係

図2は、各調査地の樹木層、下層植生、底層植生の全現存量に対する割合(百分率)を示している。矮性スゲ泥炭地や矮小低木・マツ泥炭地では樹木層の増大につれて下層植生と底層植生の割合は減少していく。ブルテ・シュレンケ複合体・マツ泥炭地では樹木層の増大につれて底層植生の割合は漸減していくのに対して、下層植生の割合は逆に微増、もしくは、ほとんど変化が起らなかった。

図3に調査地に生育している樹木の蓄積と全現存量との関係を示した。図3からは無立木の調査地1を除外してある。図からも明らかな通り、樹木の蓄積と全現存量との間には正の相関関係があり、樹木の蓄積が増すにつれて全現存量も増加している。1 ha当り1 m³の林分の蓄積の増加につき、約500 kgの全現存量の増加が認められた。

次に樹木層の現存量と下層植生の現存量との関係を見てみると(図4)、泥炭地型によって変異があるのが観察された。集約的な林業が行なわれるに従って、矮性スゲ泥炭地や矮小低木・マツ泥炭地では下層植生の現存量

表 3 比較対照地の植物現存量 (kg/ha)

泥炭地名	Suurisuo	Vierhäisenneva	Vierhäisenneva	Vierhäisenneva	Vierhäisenneva	Vierhäisenneva	Vierhäisenneva	Vierhäisenneva	Laaviosuo	Laaviosuo	Kaakkosuo	Kaakkosuo	
発表者	Liedenpohja 1981	Miyazawa 1994	Miyazawa 1994	Miyazawa 1994	Miyazawa 1994	Miyazawa 1994	Miyazawa 1994	Miyazawa 1994	Vasander 1982	Vasander 1982	Kosonen 1976	Kosonen 1976	
泥炭地型	LkN	LkN	LkN	LkN	LkN	LkN	LkN	LkN	KeR	KeR	IR	IR	
番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
施肥組合せ	—	O	PK	NPK	O	PK	NPK	—	O	NPK	—	O	NPK
排水溝間隔	—	40 m	40 m	40 m	10 m	10 m	10 m	—	45 m	45 m	—	30 m	30 m
立木本数 (ha 当り) (≥ 1.3 m Vierhäisenneva : ≥ 2 m その他)	0	1503	1054	1148	1999	1735	1415	610	654	1461	1543	1199	1600
林木の蓄積 (m³/ha)	0	5.67	13.15	16.54	16.69	30.94	29.65	2.8	3	11.5	21	39	65
樹木層現存量 (kg/ha)	0	4028	8545	10323	11969	20062	19182	2661	3141	10160	15073	22301	38121
下層植生現存量 (kg/ha)	1150	1828	1154	1043	1093	672	846	2134	2285	5040	2819	1278	525
底層植生現存量 (kg/ha)	3098	3156	3229	3081	2619	2179	2016	2304	1147	632	827	575	476

——自然狀態

LkN: 貧栄養性矮性スゲ泥炭地

KeR: 貧栄養性ブルテ・シュレンケ複合体・マツ泥炭地

IR: 矮小低木・マツ泥炭地

が漸減したのに対し、ブルテ・シュレンケ複合体・マツ泥炭地では逆に増加した。前2者では最初下層植生の現存量の減少の程度が大きかったが、次第に傾斜は緩やかになった。

樹木層の現存量と底層植生の現存量との関係は（図5）、泥炭地型にかかわらずほぼ似通っており、樹木層の現存量の増加につれて

底層植生の現存量は漸減した。ここでも底層植生の現存量は最初やや急激に減少し、徐々にその減少速度が減じた。

樹木層の現存量と下層・底層植生の現存量の合計値との関係を図6に示す。ここでは、調査地10を除けば、排水、施肥の強度が増し、樹木層の現存量が増加すると、下層・底層植

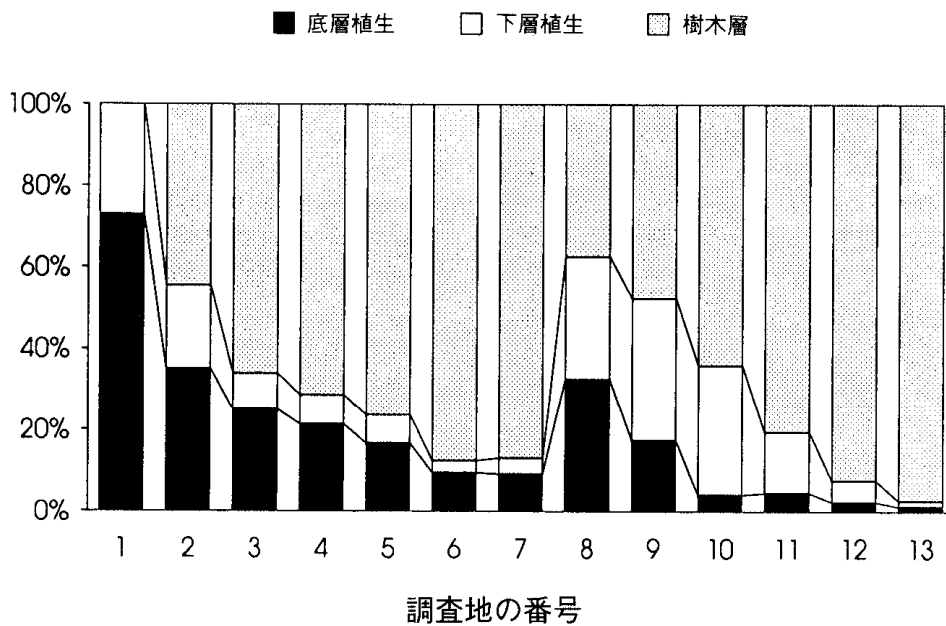


図2 比較対照地の植生の各階層の割合 (%)

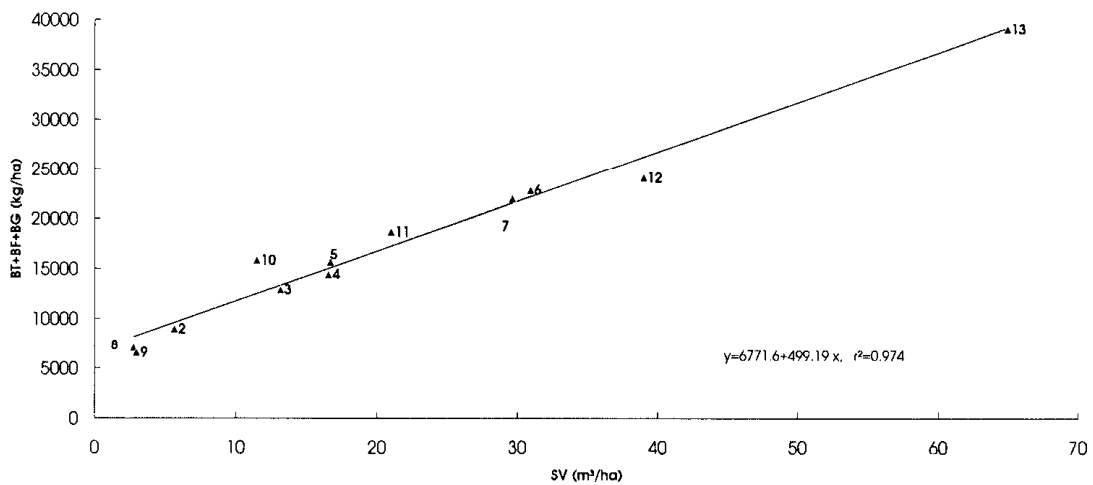


図3 樹木の蓄積(SV)と全現存量(BT + BF + BG)との関係

生の現存量の合計値はほぼ一様に減少している。調査地10では下層植生の現存量の値が特別大きかったため、このように例外的な結果となった。

考 察

南フィンランドの各種泥炭地の地上部の現存量については、Reinikainen et al. (1984) がすでに22の泥炭地型を含む40ヶ所の調査地の結果を報告している。貧栄養性から富栄養

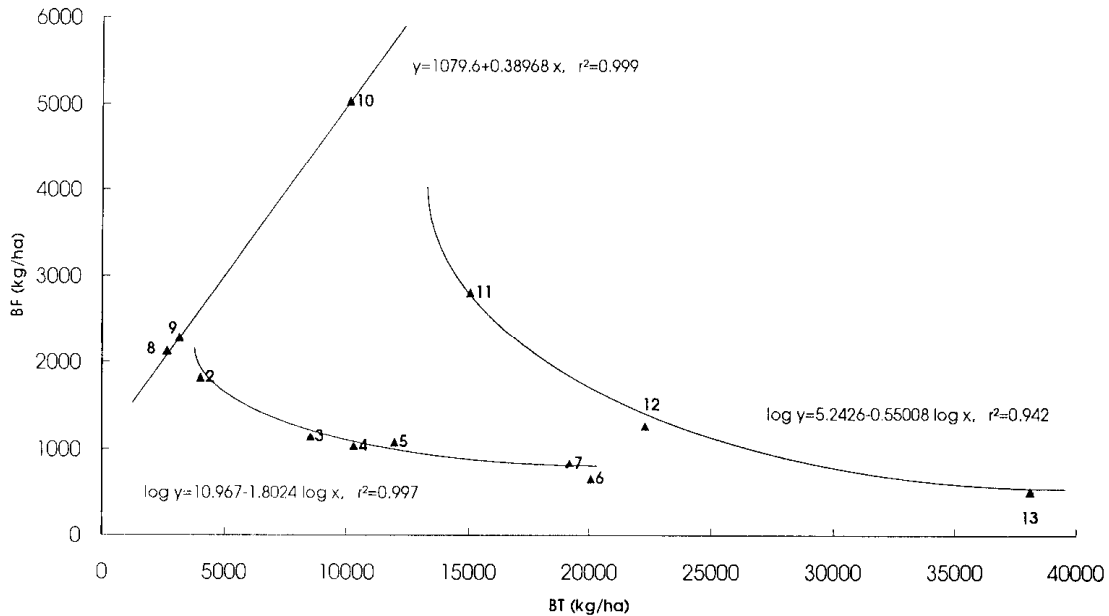


図4 樹木の現存量(BT)と下層植生の現存量(BF)との関係

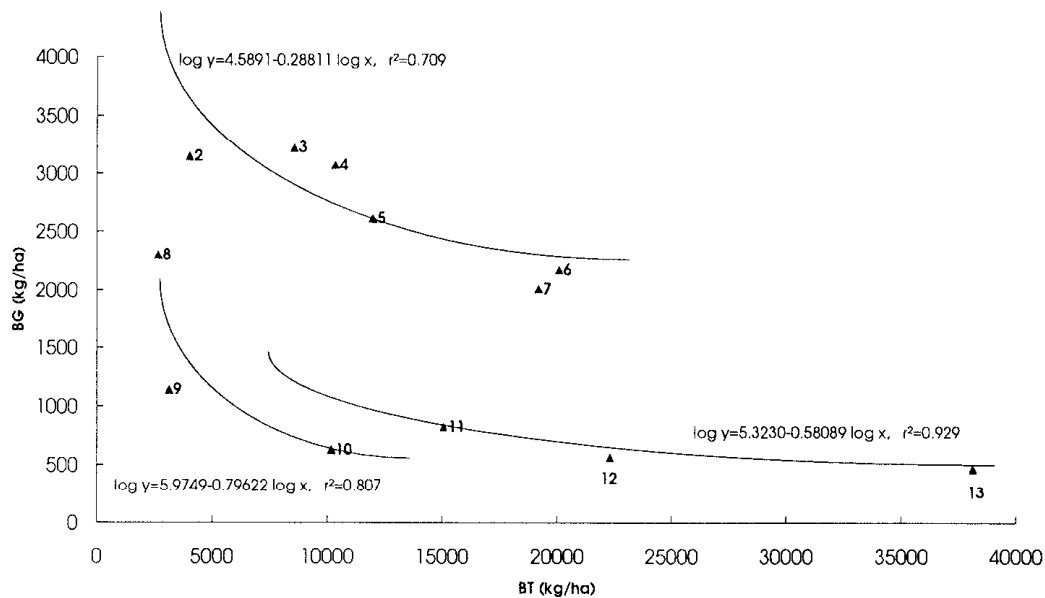


図5 樹木の現存量(BT)と底層植生の現存量(BG)との関係

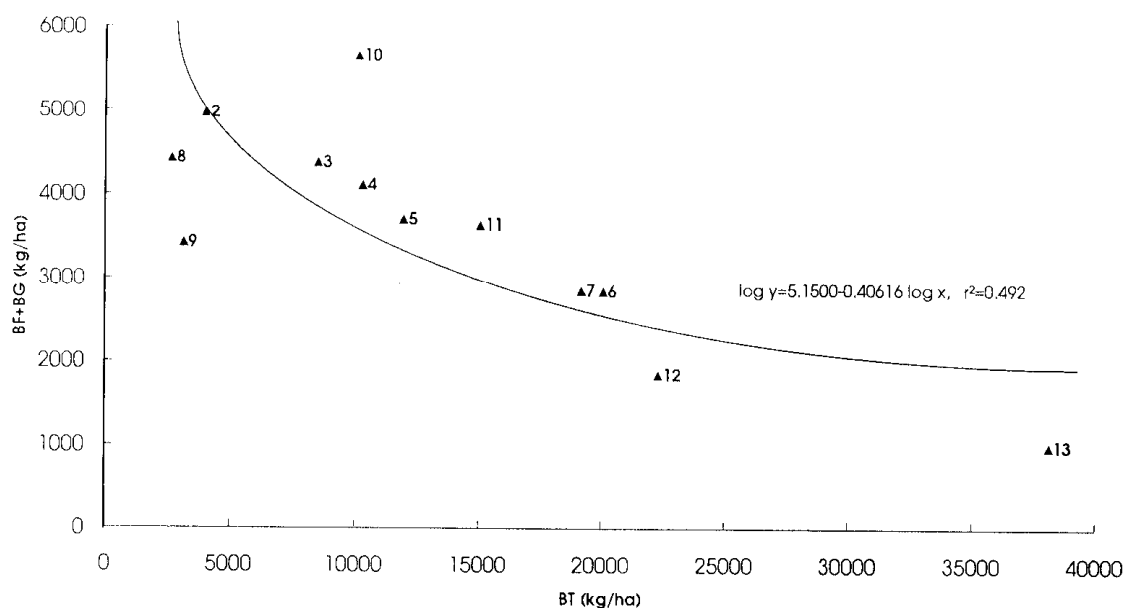


図6 樹木の現存量(BT)と下層・底層植生の現存量(BF + BG)との関係

性に及ぶ泥炭地からの広範囲な資料を使って各階層相互の関係を見出した。今回の報告では貧栄養性の泥炭地型のうち3タイプに絞って各階層相互の関係を検討した。フィンランドでは泥炭地型ごとの植生の現存量の調査件数も少なく、今回取り上げた比較対照地が必ずしも各泥炭地型の平均的な値を示しているとは限らない。

矮性スゲ泥炭地の植生は自然状態では無立木で、過湿のためミズゴケ類と矮性スゲ類の発達が著しい。排水、施肥、人工植栽のため立地の乾燥化、肥料焼け、樹木による被陰、落葉・落枝による被覆等のため、ミズゴケ類にとっては不利な条件が作られる。環境の変化に敏感なミズゴケ類は徐々に消失するか、別の蘚苔類に置換えられてしまう (see e.g. Päivänen & Seppälä, 1968, Heikurainen & Laine, 1976, Vasander, 1987)。元々矮小低木の種数、被度とも小さかったため、下層・底層植生の地上部の現存量は減少の一途を辿った。

ブルテ・シュレンケ複合体・マツ泥炭地の自然植生は、シュレンケでは矮性スゲ泥炭地

の植生が優勢で、ブルテには底層植生としてチャミズゴケ、ハナゴケ類が、下層植生としてカルーナ、ガンコウラン、ホロムイイチゴ、ワタスゲが生育し、生長の遅いアカマツが疎らに生えている。このため、排水、施肥後の植生の変化はブルテとシュレンケの分布割合、排水の効率、経過年数に左右される。Lammiの調査地の場合 (Vasander, 1982)、特に排水、施肥後、矮小低木の生長が促進され、下層植生の現存量はむしろ増加した。しかし、ミズゴケ類を中心とする底層植生は、排水、施肥の影響で減少していった。

矮小低木・マツ泥炭地は、今回取り上げた比較対照地のうち最も乾燥性で、標徴種はクロマメノキ、イソツツジ、ナナカンバなどの矮小低木である。樹木は疎らだが、中にはかなり大径のマツが生えていることもある。これらの矮小低木は排水、施肥の影響を余り受けないが、樹木による被陰、種間競争によって次第にその生長は抑制されてくる。元々底層植生の割合が小さいので、その減少は他の泥炭地型ほど顕著ではない (Kosonen, 1976)。

森林造成のための排水、施肥によって、林

木にとって良好な生育条件が作られると、樹木層の現存量、特に幹材積の割合が増加してくる。林木の生長に伴って、蒸発散が盛んになり、立地の乾燥化が加速され、樹木による被陰が強くなってくると、下層・底層植生とも泥炭地の自然植生は鉱物性土壌の森林の植生に近似の形態に推移していく (Sarasto, 1957, 1961, Mannerkoski, 1976, Finér & Brække, 1991)。

引用・参考文献

- Ahti, T., Hämet-Ahti, L. & Jalas J. (1968). Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. *Ann. Bot. Fenn.* 5 : 169-211.
- Cajander, A.K. (1913). Studien über die Moore Finnlands. *Acta For. Fenn.*, 2(3) : 1-208.
- Eurola, S. (1962). Über die Regionale Einteilung der südfinnischen Moore, *Ann. Bot. Soc. 'Vanamo'* 33(2) : 1-243.
- Eurola, S. & Kaakinen, E. (1978). Suotyyppiopas. WSOY, Porvoo-Helsinki-Juva, 87 pp.
- Finér, L. & Brække, F.H. (1991). Understorey vegetation on three ombrotrophic pine bogs and the effects of NPK and PK fertilization. *Scand. J. For.* 6 : 113-128.
- Heikurainen, L. & Laine, J. (1976). Lannoituksen, kuivatuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus- ja luonnontaimistojen kehitykseen rämeillä. (Summary: Effect of fertilization, drainage and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps). *Acta For. Fenn.* 150 : 1-38.
- Heikurainen, L. & Pakarinen, P. (1982). Peatland classification, *In* Peatlands and their utilization in Finland (ed. Laine, J.). Finnish Peatland Society, Helsinki : 14-23.
- Kosonen, R. (1976). Ojituksen ja lannoituksen vaikutus isovarpuisen rämeen kasvi-biomassaan, perustuotantoon ja kasvillisuuteen Jaakkoin-suon ojitusalueella Vilppulassa (PH). *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 3 : 1-57.
- Kosonen, R. (1981). Isovarpuisen rämeen kasvibiomassa ja tuotos. (Summary: Plant biomass and production in a dwarf-shrub pine bog.). *Suo* 32 : 95-97.
- Laine, J. & Vasander, H. (1990). Suotyyypit. Kirjayhtymä, Helsinki, 80 pp.
- Liedenpohja, M. (1981). Avosuotyyppien kasvillisuus, kasvibiomassa ja tuotos Janakkalan Suurisuolla. (Summary: Vegetation, biomass and production of fens in Suurisuo mire, Janakkala, southern Finland.). *Suo* 32 : 100-103.
- Mannerkoski, H. (1976). Puuston ja pintakasvillisuuden kehitys ojituksen jälkeen saraisella suolla. (Summary: Changes in the tree cover and ground vegetation of a sedge bog following drainage.). *Suo* 27 : 97-102.
- Paavilainen, E. (1980). Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. *Commun. Inst. For. Fenn.* 98(5) : 1-71.
- Päivänen, J. (1990). Peatland forestry in Finland-An overview, *In* Proc. of biomass production and element fluxes in forested peatland ecosystems (ed. Hånell, B.) SNS, Sweden : 33-43.
- Päivänen, J. & Seppälä, K. (1968). Hajalannoituksen vaikutus lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuteen. (Summary: Effect of broadcast fertilization on the ground

- vegetation of a low sedge swamp). *Suo* 19 : 51-56.
- Reinikainen, A., Vasander, H. & Lindholm, T. (1984). Plant biomass and primary production of southern boreal mire-ecosystems in Finland, *In Proc. 7th International Peat Congress, Dublin, Vol.4* : 1-20.
- Ruuhijärvi, R. (1965). Suotyypit. *Unsi Tietosanakirja* 19 : 927-930.
- Ruuhijärvi, R. (1982). Mire complex types in Finland, *In Peatlands and their utilization in Finland* (ed. Laine, J.). Finnish Peatland Society, Helsinki : 24-28.
- Ruuhijärvi, R. (1983). The Finnish mire types and their regional distribution, *In Mires : Swamp, Bog, Fen and Moor, B. Regional Studies* (ed. Gore, A.J.P.). Elsevier, Amsterdam : 47-67.
- Sarasto, J. (1957). Metsän kasvattamiseksi ojitettujen soiden aluskasvillisuuden rakenteesta ja kehityksestä Suomen eteläpuoliskossa. (Referat: Über Struktur und Entwicklung der Bodenvegetation auf für Walderziehung entwässerten Mooren in der südlichen Hälfte Finnlands.) *Acta For. Fenn.* 65 (7) : 1-108.
- Sarasto, J. (1961). Über die Klassifizierung der für Walderziehung entwässerten Moore. *Acta For. Fenn.* 74 (5) : 1-57.
- Tolonen, K. (1967). Über die Entwicklung der Moore in finnischen Nordkarelien. *Ann. Bot. Fenn.* 4 : 219-416.
- Vasander, H. (1981). Keidasrämeen kasvi-biomassa ja tuotos. (Summary: Plant biomass and production in an ombrotrophic raised bog.) *Suo* 32 : 91-94.
- Vasander, H. (1982). Plant biomass and production in virgin, drained and fertilized sites in a raised bog in southern Finland. *Ann. Bot. Fenn.* 19 : 103-125.
- Vasander, H. (1987). Diversity of understorey biomass in virgin and in drained and fertilized southern boreal mires in eastern Fennoscandia. *Ann. Bot. Fenn.* 24 : 137-153.