

秋田臨海地区における二酸化硫黄植物影響について

吉田 昇 井島 辰也 片岡 実

小玉 幹生 進藤 政勝¹⁾ 眞壁江田男¹⁾

富樫 浩二²⁾

1 はじめに

秋田臨海地区の二酸化硫黄植物影響調査は二酸化硫黄による植物影響を考察する目的で昭和53年度から同地区の代表植物であるクロマツ、ケヤキ等について葉中及び土壌中の硫黄含有量測定を実施してきたものであるが、これまでの調査では他地区での調査にみられるような葉中硫黄含有量と大気中の二酸化硫黄濃度との間には有意な相関関係をみいだすことができなかった。

このため、55年度はこれまでの葉中硫黄含有量のみから大気汚染の植物影響をさぐるという考え方を改め、葉体の生理活性等植物生長との関連でその影響をとらえることとし、これまでの葉中硫黄含有量に加え新たに窒素、磷等の土壌成分及び葉の呼吸量、クロロフィル量について調査を行ったのでその結果を報告する。

2 調査方法

(1) 調査地点及び対象木

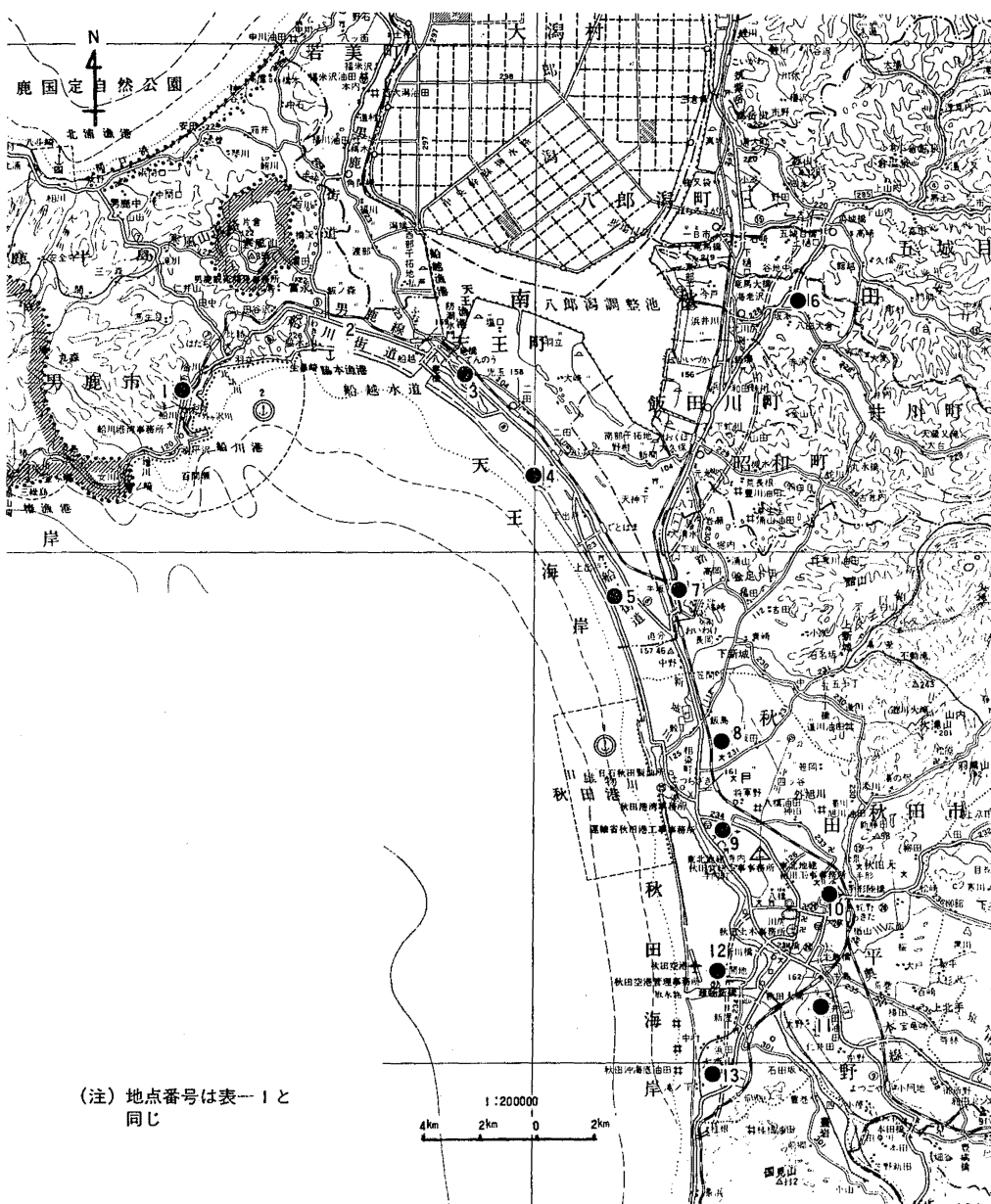
本年度調査では秋田臨海地区の対象として秋田市街地区に6調査地点を選定したほか、マツの調査地点及び調査木について全面的な見直しを行い、表-1のとおり13地点のマツ、ケヤキ34標本木について調査を実施した。

表-1 調査地点及び対象樹木一覧

調査区分	No.	調査地点名	対象樹木			標本木数
			クロマツ	アカマツ	ケヤキ	
秋田臨海地区	1	男鹿市金川			○	1
	2	" 脇本	○			5
	3	天王町八坂			○	1
	4	" 上二田	○			5
	5	" 追分西	○			5
	6	五城目町上樋山		○	○	5(ケヤキ1)
	7	秋田市男潟北		○		5
秋田市街地区	8	秋田市飯島	○			1
	9	" 將軍野	○			1
	10	" 中通	○			1
	11	" 仁井田	○			1
	12	" 割山	○			1
	13	" 新屋	○			1

1) 現在秋田県環境保全課

2) 現在秋田県横手保健所



(注) 地点番号は表一と同じ

図一1 調査地点

なお秋田臨海地区のマツの調査地点等については従来の無作為抽出による単木調査を改め、人為的な影響が比較的少ない個体群を対象とし、その分布規模、地形条件及び樹木生育条件の類似性等を考慮し臨海部に3地点、内陸部に2地点を選定し、さらに各調査地点の個体群について樹高、胸高直径等の標本木概略選定調査及び毎木調査（表一2のとおり）を実施し、最終的に樹姿、分散等を考慮し5本の平均的な標本木を抽出した。

表一2 秋田臨海地区のマツ毎木調査結果

(cm)

植種	調 査 地 点	樹 高		胸 高 直 径	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
クロマツ	男 鹿 市 脇 本	1,041	89	12.9	0.8
	天 王 町 上二田	1,059	76	13.2	1.2
	" 追分西	1,046	141	13.7	2.1
アカマツ	五 城 目 町 上樋山	1,116	108	13.4	1.7
	秋 田 市 男 潟 北	1,070	98	13.0	1.2

(注) 胸高直径の平均値は東西及び南北方向の平均値である。

(2) 試料採取方法

土壌及び葉体の採取は55年10月上旬に表一3に示す方法によりそれぞれ実施した。

表一3 土壌及び葉体の採取方法

区 分		採 取 方 法
土 壌		各調査区の土壌断面調査結果に基づく吸収根分布状況から垂直方向に3点を設定し土壌を採取 (注) 水分(PF)測定用土壌は100ccコアによる。
葉 体	マ ツ	各標本木について樹木頂部から3, 4段目の枝より東西南北4方位の葉を2年葉を含め採取
	ケ ヤ キ	代表木1本について東西南北4方位の正常葉を採取

(3) 分析方法

各項目別の分析方法は表一4のとおりである。

表一4 項目別分析方法

区 分	分 析 項 目	分 析 試 料	分 析 方 法
土 壤	水素イオン濃度 (PH)	3 層 (2 mmふるい試料)	ガラス電極法
	水分 (PF)	3 層 (100cc コア)	PF 1.5 : 土柱法 PF 2.7~4.2 : 遠心法
	養 分	可給態リン酸 (P ₂ O ₅)	フッ化アンモニウム—塩酸抽出法
		置換性石灰 (CaO)	酢酸アンモニウム浸出法
		置換性加里 (K ₂ O)	
		全窒素 (N)	セミ・マイクロケルダール法
葉 体 (マツ 1, 2年葉 ケヤキ)	呼 吸 量	4 方位混合	密閉吸収法 (KOH吸収法)
	クロロフィル量 (a, b)	4 方位別	アセトン抽出比色法
	硫黄含有量 (全硫黄, 水溶性硫黄)	4 方位別 (但しアカマツは混 合試料)	硫酸バリウム重量法

(注) 土壌分析は「土壌環境基礎調査における土壌、水質及び作物体分析法」(農林水産省
農蚕園芸局農産課編)による。

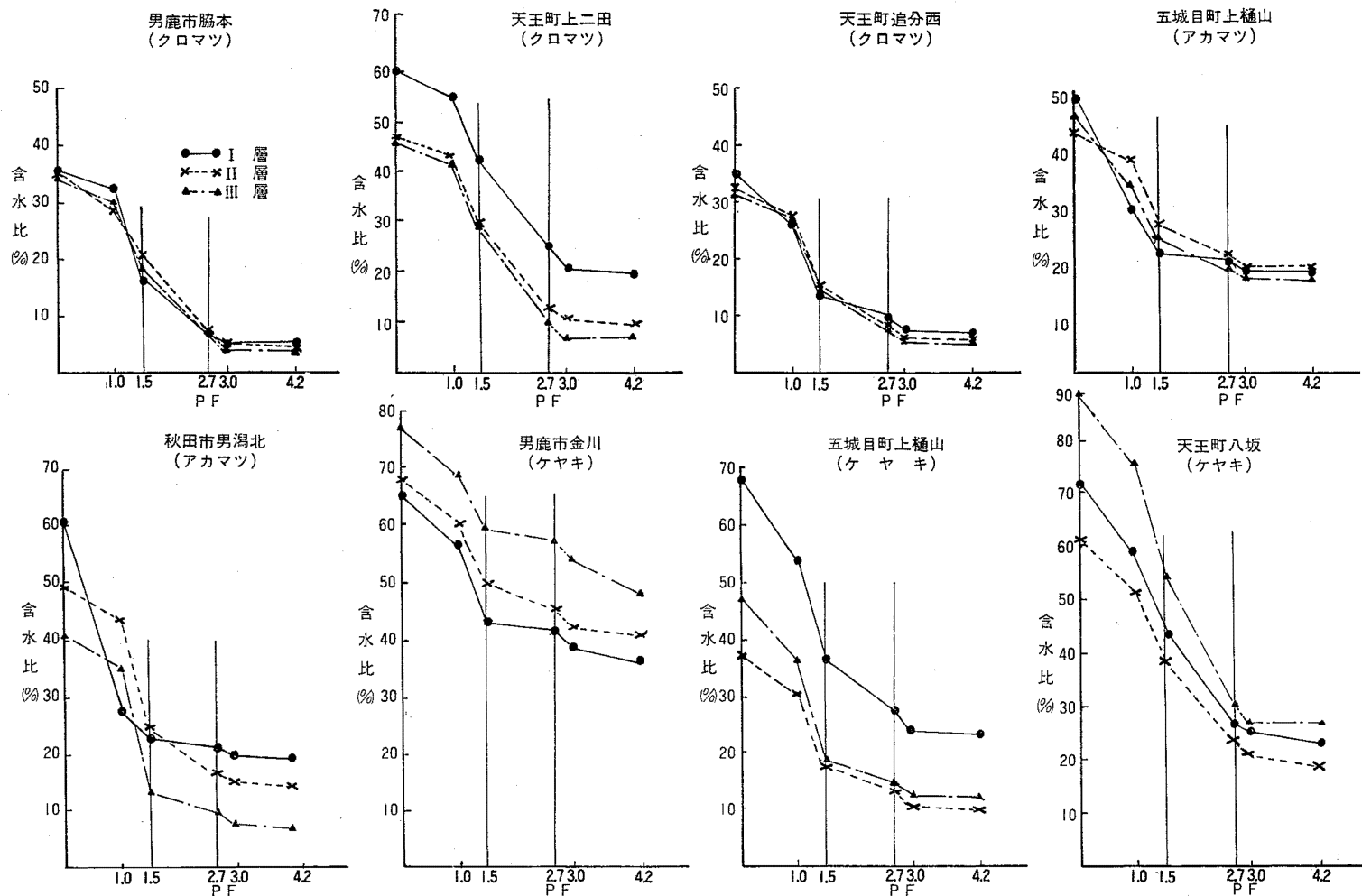
3 調査結果及び考察

(1) 土壌成分

秋田臨海地区の土壌については昨年度まで葉中の硫黄含有量との相関関係をみるため、PHと土壌中の水溶性硫黄含有量の2項目について調査を行ってきたが、両者の間には特に有意な相関関係をみいだすことはできなかった。

このため、今年度は植物生長との関連でPHのほか新たにPF(保水性)及び土壌養分としてチッソ、リン、カリ、カルシウムの4成分を、また障害性の面からカドミウム、鉛等7成分の重金属類についてそれぞれ分析を実施した。

表一5は調査地点別の採取土壌の形態を表わしたもので、図一2はPFの分布曲線を、また図一3はPH、養分、重金属成分について地点別層別分析結果をそれぞれ表わしたものである。



図一2 P F 分布曲線

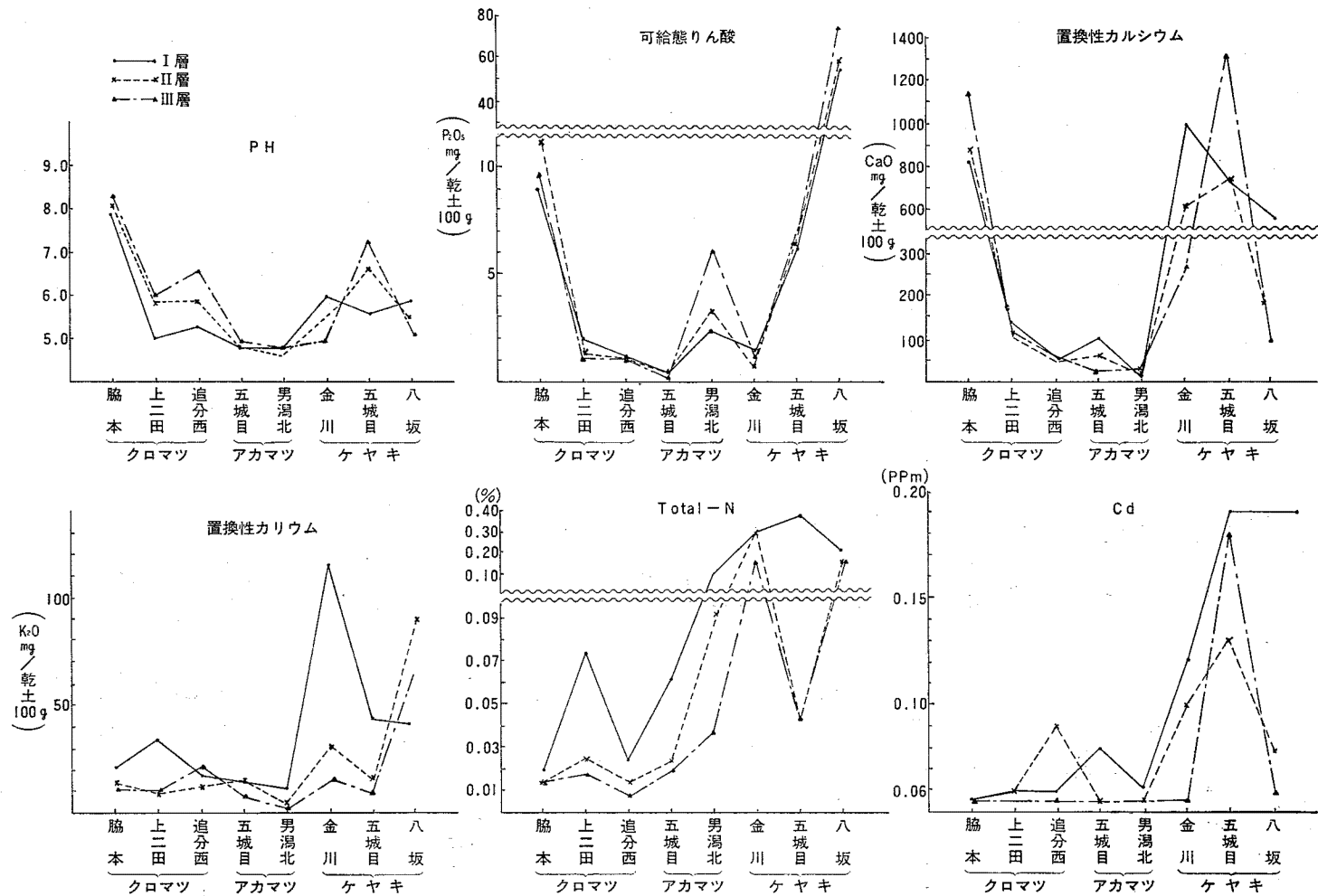


図-3の1 土壌のPH、養分、重金属状況

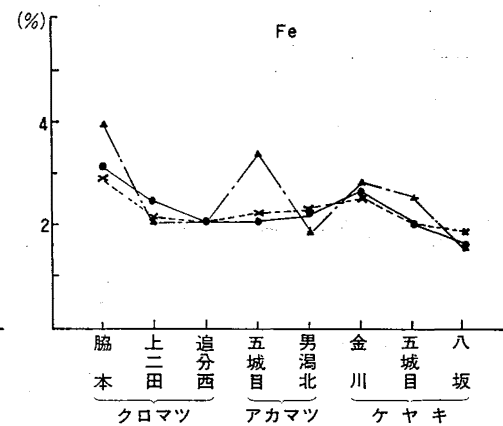
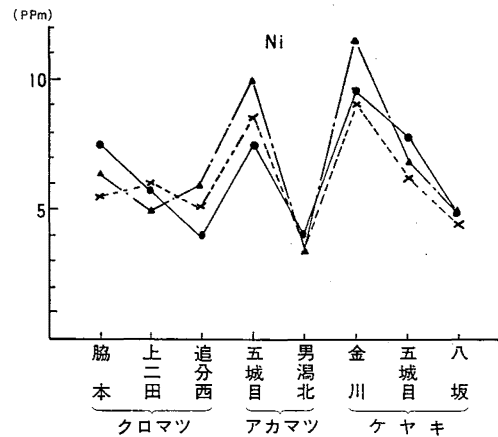
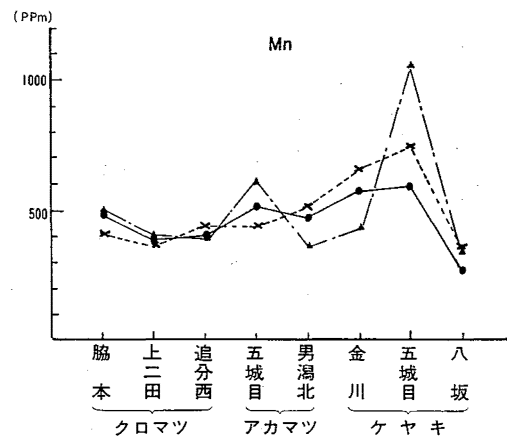
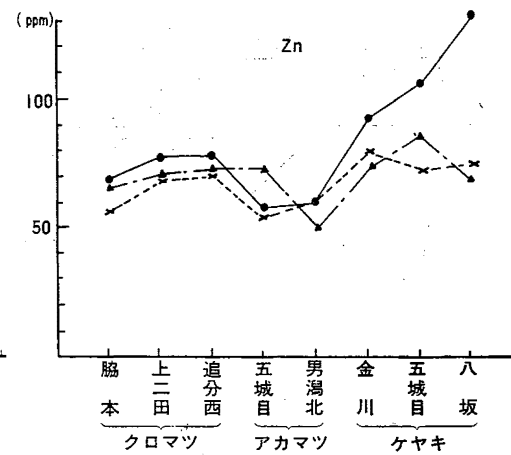
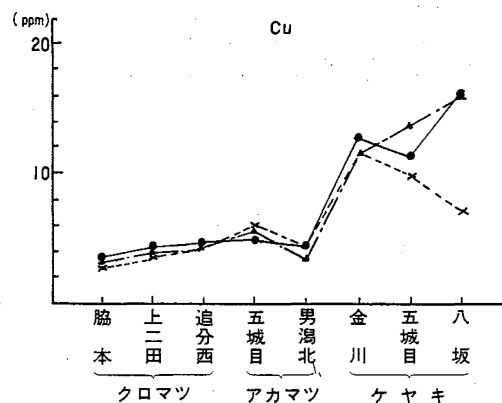
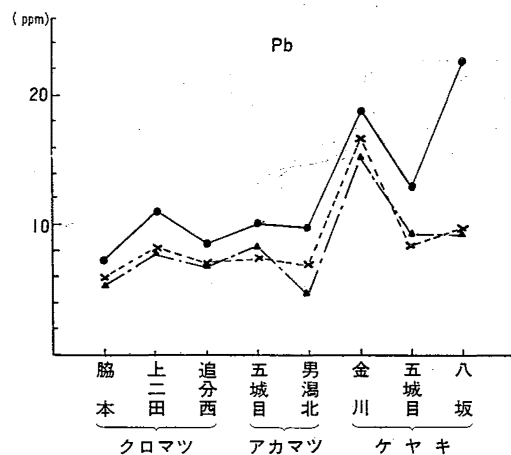


図-3の2

表一5 採取土壌の形態

植 種	調 査 地 点	土 性	土 色	石 礫	真 比 重
クロマツ	男鹿市脇本	S	黒・暗褐色	なし	2.62~2.75
	天王町上二田	S L・S	黒・褐色 黄褐色	なし	2.62~2.74
	天王町追分西	S L・S	黄褐色	なし	2.69~2.74
アカマツ	五城目町上樋山	S L	褐色	小一含	2.62~2.75
	秋田市男潟北	S L・S	黒褐色	なし	2.65~2.75
ケヤキ	男鹿市金川	S L	褐色	なし	2.61~2.67
	五城目町上樋山	S	黄褐色	含	2.74~2.80
	天王町八坂	S L	黒褐色	なし	2.62~2.66

(注) Sは砂土、S Lは砂壤土を表わす。

① PH

全調査地点のPH値域は4.7~8.3で地点及び層位によりかなりの差がみられる。

3層平均ではクロマツ調査区の男鹿市脇本が最高で8.1(7.9~8.3)の弱アルカリをしめしているが、その他の地点はいずれも5.0~6.0前後の弱酸性土壌で、なかでも内陸部のアカマツ林の2調査区がいずれも4.8と最も低い値となっている。

層位間の傾向としてはアカマツ林の2調査区では層位間にほとんど差がみられないが、ケヤキの男鹿市金川及び天王町八坂の両地区では上層ほど、他はいずれも下層ほどPH値が高くなっている。

② PF

土壌中の水分は土壌の水分保持力の面から一般に重力水(自由水)、毛管水、吸湿水及び化合水(結合水)に区分されるが、これらは土壌粒子から栄養を溶出させ植物に供給する意味で重要な役割をはたしており、各調査地点における代表土壌の水分保持特性(保水性)を知ることは植物生長との関連性を知るうえで有効な手段となる。

図一2は各調査地点の層位別のPF分布曲線であるが、植物が容易に吸収利用できるいわゆる有効水量の範囲であるPF 1.5~2.7間の勾配からみてクロマツ林区の男鹿市脇本、天王町上二田及びケヤキの天王町八坂の土壌が他地点に比較し良質であるといえる。

③ 養分

N、P等の土壌養分については各調査地点の成分間含有量に必ずしも一定の傾向は認められないが、4成分ともケヤキの3地点が他の地点に比べ高く、またクロマツ林の男鹿市脇本ではP、Caが、アカマツ林の秋田市男潟北ではP、Nがそれぞれ高い値をしめしており、養分の豊否からみてこれらの地点は良好な土壌であるといえる。

④ 重金属成分

重金属成分のうちCd、Pb、Cu、Znの4成分については五城目町上樋山地点を除くとい

れも表層の濃度が最も高く、地点間の濃度レベルに類似性がみられる。

またMn、Ni、Feについては層位間に共通点はみられないが、地点間の濃度レベルについては前4成分と同様の傾向がみられる。

地点間の3層平均の比較では養分と同様、Fe成分を除くとケヤキの3調査地点が他の地点より高い傾向にあるが、マツについては各成分とも地点間の濃度に大差はなく、P、Ca、Nにみられるような顕著な特徴はない。

土壌中の重金属成分のうちCu、Zn、Mn、FeなどはN、P等の養分と同様、葉緑素の生成、アミノ酸合成などの光合成作用さらには酸化還元反応に関与するなど植物生長の面で重要な役割をはたしているが、ある濃度以上になると逆に植物生長を阻害する要因となる。

自然状態における一般土壌中の重金属成分の含有率は地殻中の濃度（一般にCd 0.5ppm、Pb 15ppm、Zn 40ppm、Mn 900ppm、Fe 4.7%程度と言われている）に近い値を示すといわれているが、これらの値に比べ今回の調査結果ではZnを除くといずれの元素も低い含有レベルとなっている。

(2) 葉体

本年度の葉体調査は方位によるちがいをみるため東西南北4方向から正常葉を採取し、昨年度までの葉中硫黄含有量(全硫黄、水溶性硫黄)に加え新たに呼吸量及びクロロフィル量(a、b)について分析を行った。

項目別の調査結果は以下のとおりである。

① 硫黄含有量

図-4は地区別の調査地点別葉中硫黄含有量を葉令、方位別に比較したものである。

秋田臨海地区のマツ調査木については5標本木の全平均で1、2年葉ともアカマツ林の2調査区がクロマツ林の3調査区を上回っている。

アカマツとクロマツの硫黄含有量については他の既知資料でも同様の傾向がみられるが、これはアカマツのSO₂に対する抵抗性のちがいなどから考え、葉の内部組織に係るSO₂吸収能のちがいによるものと考えられる。

クロマツの3調査地点については5標本木の平均で男鹿市脇本が1、2年葉の全、水溶性硫黄とも他の2地点より高い値をしめしている。

また標本木間の比較では各調査地点とも葉令、方位により多少の差はみられるが、同一調査区内では標本木間の平均含有レベルはおおむね一定とみなすことができる。

一方、秋田市街地区のクロマツ単木については秋田市北部の飯島地区が他地区より低いが全地点平均では秋田臨海地区のそれに比べ1、2年葉の全、水溶性硫黄ともやや高い傾向にある。

ケヤキについては3地点の平均で秋田市街地区のクロマツ1年葉と同程度の含有レベルにある。

各調査地点の平均水溶率(水溶性硫黄の全硫黄に対する割合)はおおむね60~70%で、マ

ツについては秋田市新屋地区等の一部を除くと1年葉より2年葉が高くなっている。

表一6は53年度からの葉中硫黄含有量の推移を表わしたものであるが、数値をみるかぎりでは各地点とも漸増傾向がみられ、特に54年度から55年度に至る増加が顕著である。

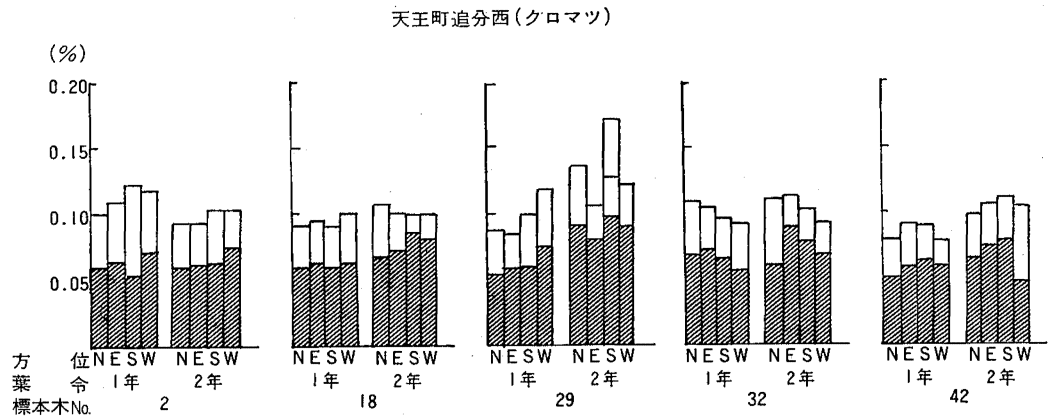
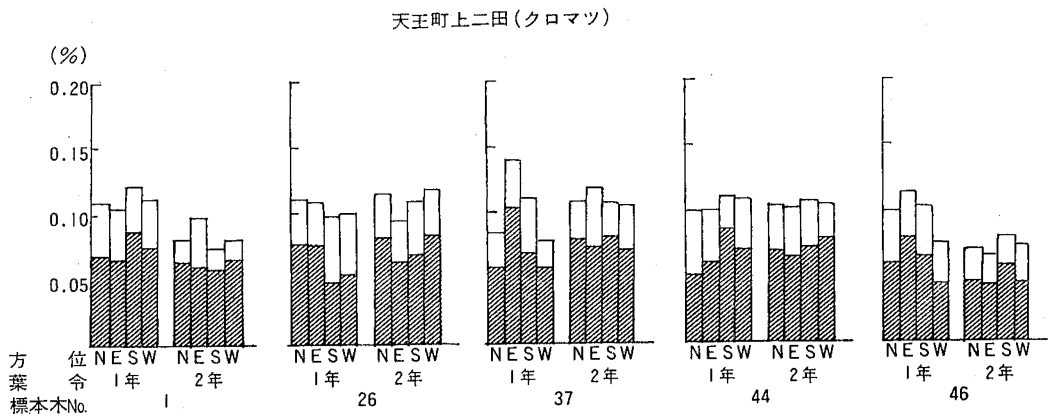
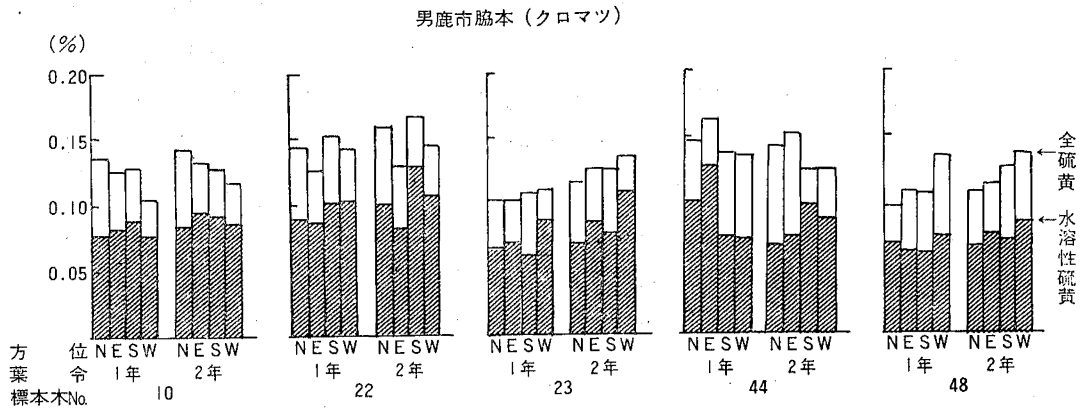
この点については、環境のSO₂濃度がここ数年ほぼ横ばい状態で推移していること、またこれまでの調査では大気中のSO₂濃度と葉中硫黄含有量との間には有意な相関関係が認められないこと、さらには、今年度の調査内容が前述のとおり調査地点、標本木等の見直しを行ったことから過去2カ年の調査結果と同一レベルで比較検討できないことなどから、濃度の増加傾向が同地区のSO₂等の環境質の変化に係わりあいがあるものとは考えがたく、この点については今後の調査結果ともあわせさらに検討を加える必要があると考える。

表一6 葉中硫黄含有量の推移

植種	調査地点	1. 2 年葉 区分	53年10月		54年7月		54年10月		55年10月	
			全S	水溶性S	全S	水溶性S	全S	水溶性S	全S	水溶性S
ク ロ マ ツ	男鹿市脇本	1年			0.077	0.040(52)	0.085	0.038(45)	0.125	0.081(65)
		2年	0.079	0.043(54)	0.085	0.043(51)	0.115	0.060(52)	0.133	0.086(65)
	天王町上二田 (天王町下浜山)	1年			0.076	0.038(40)	0.092	0.052(58)	0.104	0.067(64)
		2年	0.049	0.018(37)	0.095	0.026(34)	0.092	0.044(48)	0.096	0.067(69)
	天王町追分西 (天王町出戸新)	1年			0.074	0.038(51)	0.083	0.054(65)	0.098	0.060(61)
		2年			0.096	0.050(52)	0.100	0.063(63)	0.109	0.074(69)
	秋田市中通	1年			0.126	0.043(34)	0.104	0.056(54)	0.131	0.089(68)
		2年	0.069	0.036(52)	0.131	0.048(37)	0.105	0.056(53)	0.109	0.074(68)
ア カ マ ツ	秋田市仁井田	1年			0.122	0.066(54)	0.108	0.033(31)	0.141	0.104(74)
		2年	0.080	0.042(53)	0.116	0.067(58)	0.111	0.059(53)	0.150	0.110(73)
ア カ マ ツ	五城目町上樋山	1年			0.088	0.041(47)	0.080	0.055(68)	0.172	0.128(74)
		2年			0.100	0.058(58)	0.093	0.068(73)	0.139	0.103(74)
ケ ヤ キ	五城目町上樋山	—	0.062	0.032(52)	0.093	0.043(46)	0.090	0.038(42)	0.103	0.061(59)
	天王町八坂	—	0.113	0.045(40)	0.145	0.042(29)	0.058	0.048(83)	0.162	0.091(56)

(注) 調査地点欄の()内は昨年度までの対応地点を、また水溶性S欄の()内は水溶率を表わす。

1 秋田臨海地区



図一4の1 調査地区別葉中硫黄含有量(葉令、方位別比較)

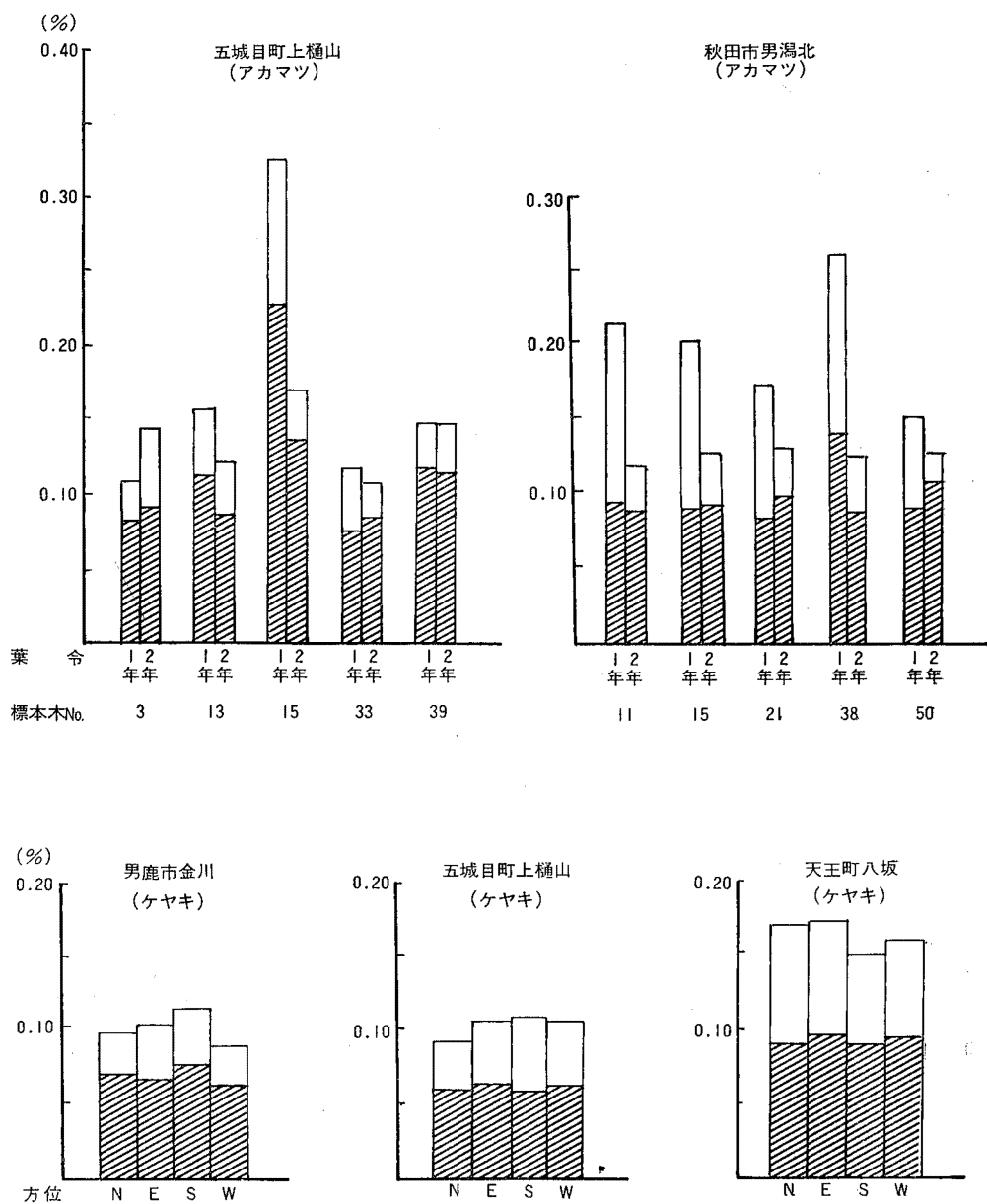


図-4の2

2 秋田市街地区

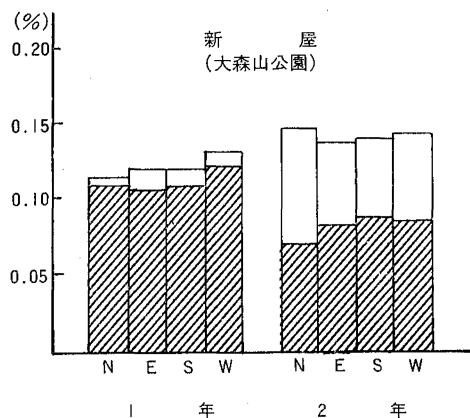
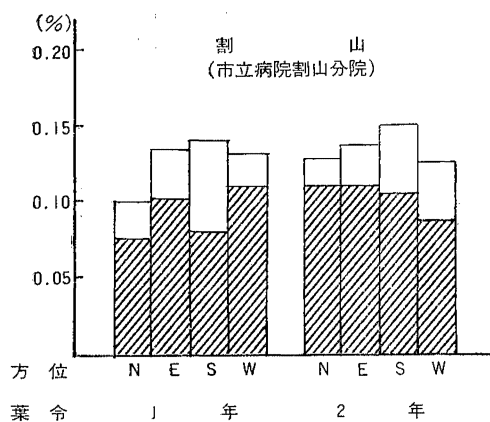
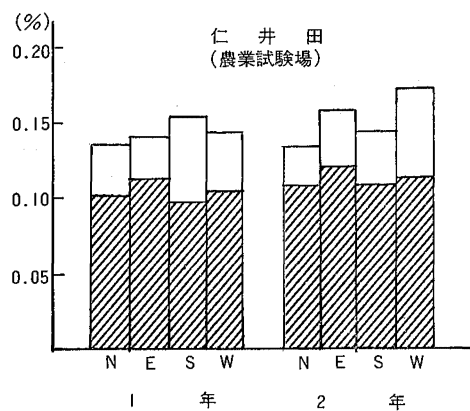
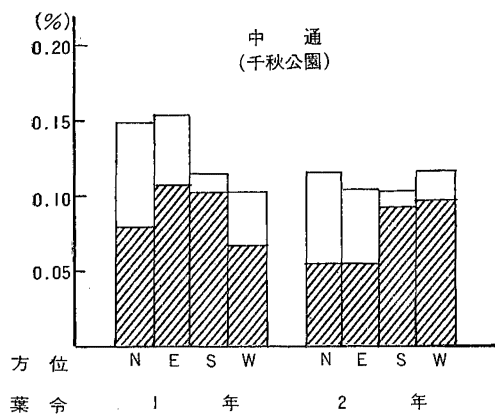
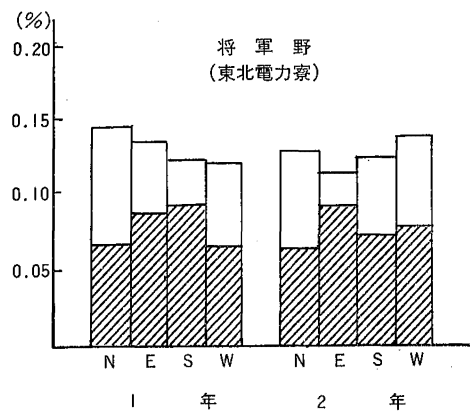
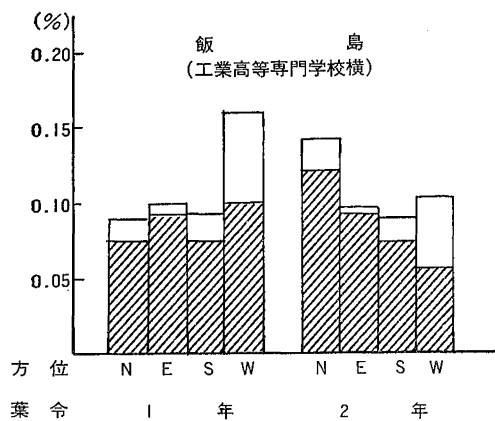


図-4の3

② 呼吸量

葉の呼吸量 (CO_2 量) 測定は採取した4方位の混合葉について簡便な密閉アルカリ吸収法により実施したが、秋田臨海地区のマツ調査木については硫黄含有量と同様、1年葉でアカマツ林調査区が2地点平均 $0.53\text{mg CO}_2/\text{生葉g}$ (同2年葉 0.50mg)とクロマツ林調査区3地点平均 0.51mg (同2年葉 0.47mg)をわずかに上回っている。

また秋田市街地のクロマツ単木については6地点の全平均で1年葉 0.43mg 、2年葉 0.37mg で、1、2年葉とも秋田臨海地区のクロマツ林区に比べ低い。

葉令別の比較では前述のとおりいずれも1年葉が2年葉より高い値をしめしている。

ケヤキについては男鹿市金川が 0.74mg と他の2地点より高く、3地点の平均では 0.69mg とマツに比較し約3割程度高くなっている。

③ クロロフィル量

クロロフィル量(a及びb)は秋田臨海地区の各調査木の方位別採取葉についてアセトンによる色素抽出を行い、吸光度測定後クロロフィル定量式により算出した。

マツについては各調査地点とも標本木及び方位によりクロロフィル量に多少のちがいはみられるが、平均的には1、2年葉の各クロロフィルa、b量はクロマツ林及びアカマツ林の調査地点間の値は近似している。

クロロフィルaについてみると全平均でクロマツ1年葉 0.57mg 、2年葉 0.80mg 、アカマツ1年葉 0.79mg 、2年葉 0.98mg と呼吸量同様アカマツ林区がクロマツ林区より高く、葉令別では両区とも2年葉が1年葉より高くなっており、クロロフィルbについても同じことがいえる。

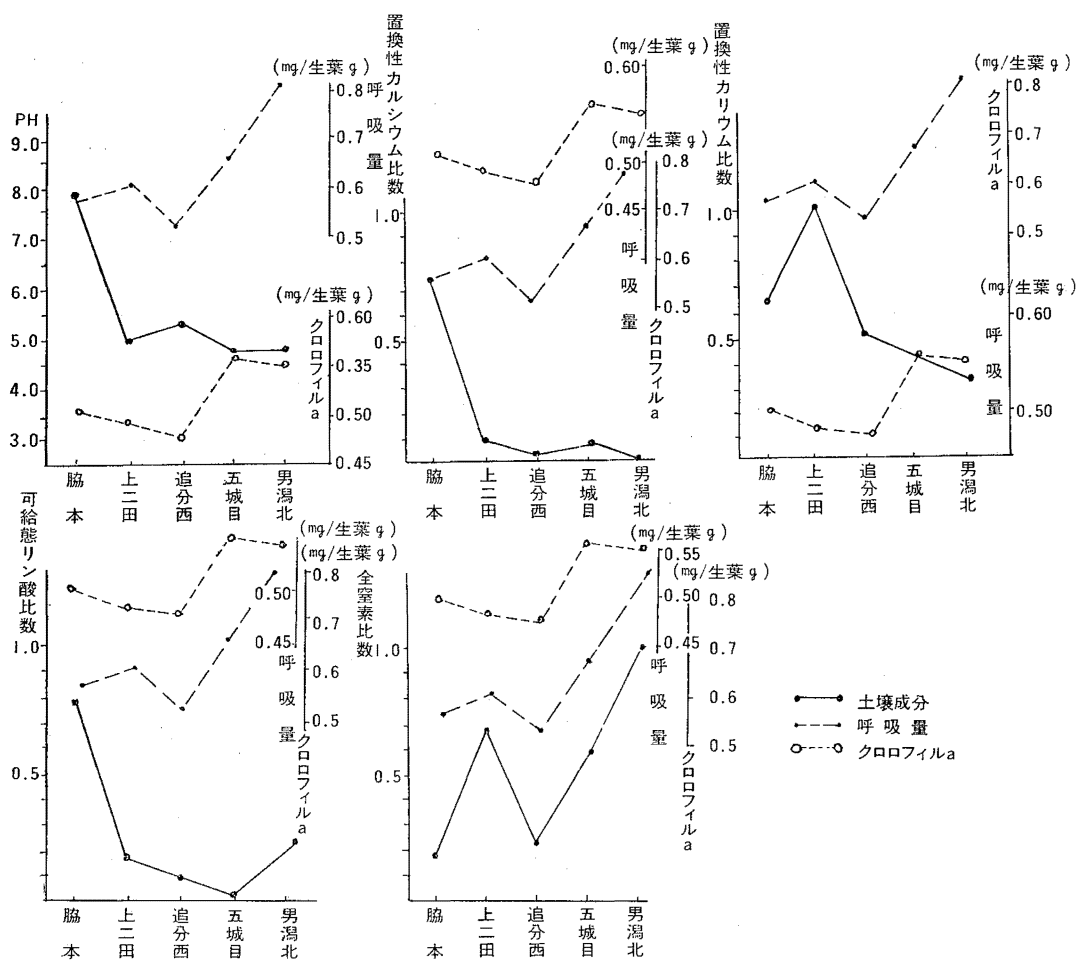
また方位別のクロロフィル量については各調査区の5標本木間の傾向は一定しておらず、今回の調査では特徴的な点はみとめられない。

(3) 項目間の関係

① 土壌成分とマツの生理活性

図一5は秋田臨海地区のマツ1年葉についてマツの生理活性を呼吸量及びクロロフィルa量で代表させ、これらと各調査地点の標本木の呼吸根が最も多く分布している表層土壌のPH及び養分との関係をしめしたものである。

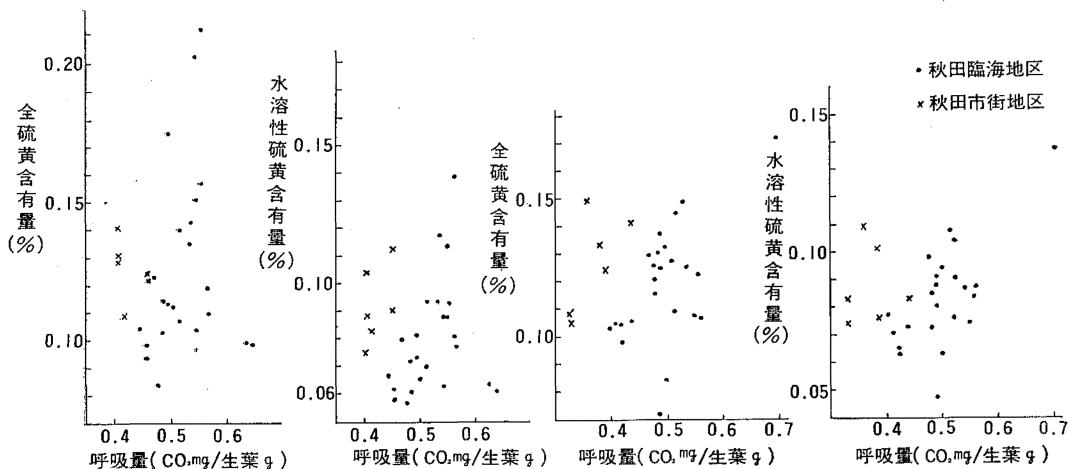
PH、Ca、K及びPについては地点間の増減傾向に関連性はみられないが、全N量とクロロフィルa量との間には類似する傾向が認められる。しかし、この点については試料数が少なく、また単年度のみの調査結果であることから両者に相互関係があるとは直ちに推論することはできない。



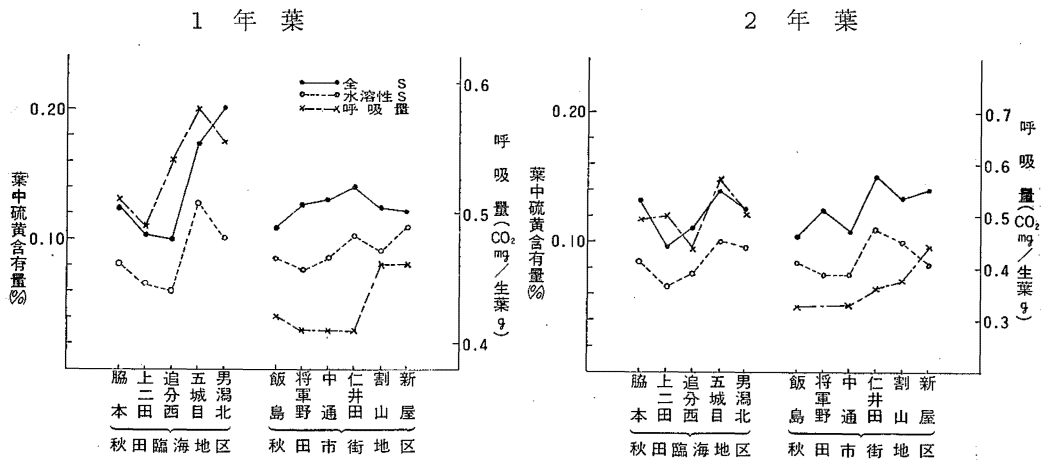
図一五 土壌成分とマツの生理活性

1 年 葉

2 年 葉



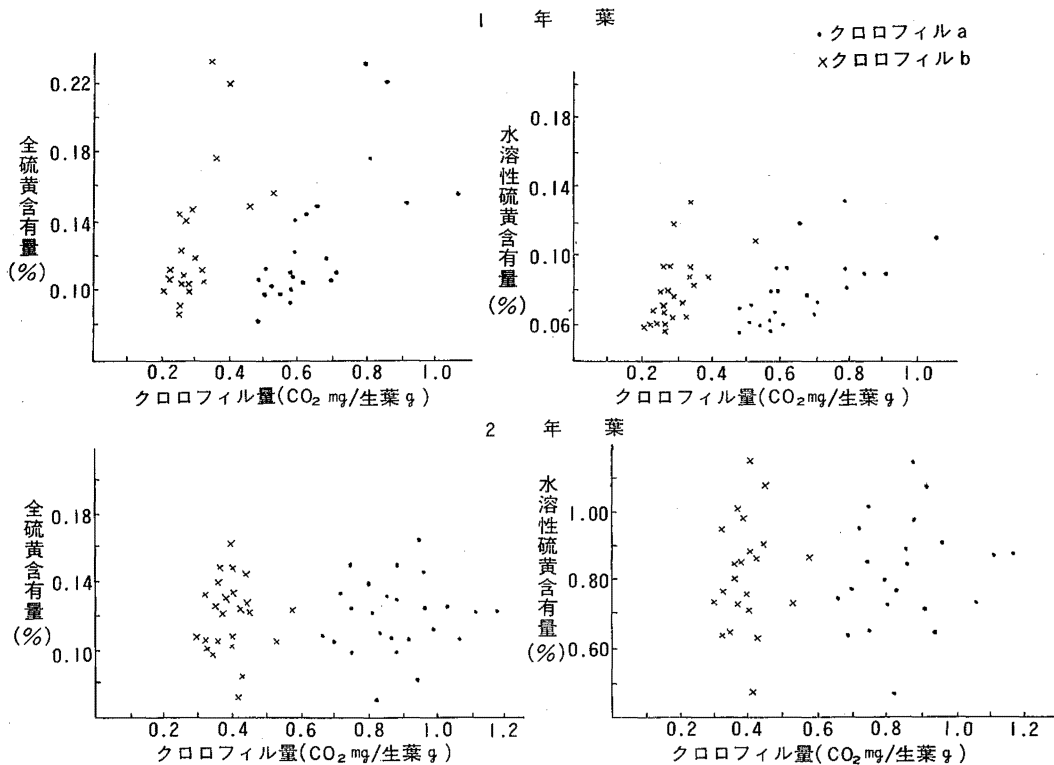
図一六 葉令別葉中硫黄含有量と呼吸量の相関関係



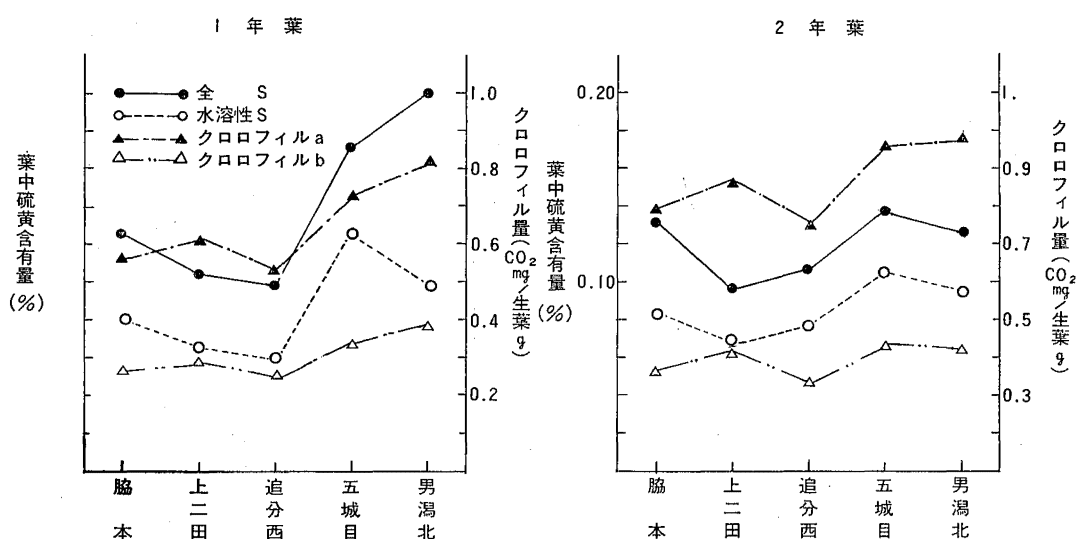
図一七 葉令、地区別葉中硫黄含有量と呼吸量の比較

表一七 呼吸量と硫黄含有量の相関係数(秋田臨海地区：マツ)

区 分	1 年 葉		2 年 葉	
	全 S	水溶性 S	全 S	水溶性 S
呼 吸 量	0.57	0.60	0.67	0.77



図一八 葉令、地区別葉中硫黄含有量とクロロフィル量の比較



図一 9 葉令別葉中硫黄含有量とクロロフィル量の相関関係

表一 8 クロロフィル量と硫黄含有量の相関係数(秋田臨海地区：マツ)

区 分		1 年 葉		2 年 葉	
		全 S	水溶性 S	全 S	水溶性 S
クロロフィル	a	0.69	0.65	0.14	0.26
	b	0.64	0.56	0.02	0.10

② 葉中硫黄含有量と生理活性

図一 6～9 及び表一 7、8 はマツについての葉令別、地点別の葉中硫黄含有量と呼吸量、クロロフィル量との相関関係及び相関係数を求めたもので、呼吸量については 1、2 年葉とまたクロロフィル量については 1 年葉とそれぞれ全、水溶性硫黄含有量間に正の相関が認められる。

呼吸量及びクロロフィル量と葉中硫黄含有量との間にこのような正の相関関係が認められる点については、秋田臨海地区のような大気中の SO_2 濃度が比較的低い地域においては硫黄分による影響そのものが閾値下の状態にあり、生理活性が葉の SO_2 吸収の一つの要因となり呼吸量、クロロフィル量の変化が葉の硫黄吸収に影響をおよぼすためではないかと推察されるが断定はできない。

4 ま と め

- (1) PF、養分などの土壌成分からはマツの男鹿市脇本、天王町上二田及びケヤキの天王町八坂の 3 地点の土壌が他地点に比べ植物生長の面からは良質といえるが、毎木調査等においては特

にこれら調査地点の各標本木が成長、活力等の面ですぐれているとはいえない。

- (2) 秋田臨海地区のマツ個体群については葉体の硫黄含有量、呼吸量及びクロロフィル量はいずれもアカマツ林調査区がクロマツ林調査区より高い傾向がみられるが、これらは葉の内部組織に係る SO_2 吸収能や光合成作用などの生理活性のちがいによるものと考えられる。

またこれらの各調査項目については同一群落内での標本木間の変動は少なく、各標本木の方位についても同じことがいえる。

- (3) クロマツについての地区間の比較では硫黄含有量については秋田市街地区が、呼吸量については秋田臨海地区がそれぞれ高い傾向にある。

- (4) 葉の生理活性の面で葉中硫黄含有量と呼吸量及びクロロフィル量との間に有意な相関関係があるほか、土壌中の全N量とクロロフィル量との間に地点間の類似傾向がみられるが、この点に関しては今後の調査結果等をふまえて更に検討を加える必要があると考える。