

警梯町における煙害地の実態調査 および緑化試験結果について

平 川 昇

I はじめに

近年社会経済の発展につれ、産業構造は増々複雑化し、それにつれて諸々の公害が自然、社会をおびやかしている現状である。公害の種類も、従来は、廃ガス、粉じんに限られていたが、近年は、粉じん、廃ガス類、汚水、騒音、悪臭、振動、放射能等、その種類も多くなり、ますます多種多彩になっている。これら公害のうち、植物に直接関係するのは、ガス公害であり、粉じん公害も注目されるようになったものの、依然としてガス公害が主体をなしている。ガス公害も、従来は鉱工業による廃ガスが主体であったが、近年は石油化学産業によるものが主体となっている。有害ガスそのものの内容も、亜硫酸ガスをはじめ、無水硫酸、ふっ化水素、塩素、アンモニア、硫化水素、亜硝酸ガス等、多彩化しているが、亜硫酸ガスが依然としてガス公害の主体をなしている。

日本においては、公害による植物の被害面積は 2 万 ha で、全耕地面積の 0.4 % におよぶといわれているが²⁾、被害の実態はこれら被害面積の 2 倍以上におよぶものと推察される。

公害問題が国内外において大きくクローズアップされるにつれて、被害者のみならず加害者側でも、公害防止に熱心にとりくむようになった。最近では、「亜硫酸ガス環境基準」が、国において決定され³⁾、県においても、すでに条例として一昨年決定されている。公害問題に対する企業側の熱の入れようもめざましいものがある。例えば、富士製鉄名古屋工場では 公害対策費として 32 億円、八幡製鉄千葉工場では、同じく 100 億円をあてているといわれる。

日曹金属工業においては、大正時代より亜鉛の精錬をはじめており、廃ガスの公害問題は当時からあったと考えられる。会社では、昭和 35 年頃より植物の公害問題ととり組むようになったようであるが、林業指導所(現林業試験場)では、昭和 37 年に技術指導という立場からはじめて現地を訪れている。昭和 40 年度に煙害緑化試験として予算が成立し、幾つかの問題について、現地調査、研究を行なって来たが、成果はともかく、今までの経過をここにとりまとめたので、多少なりとも参考になれば幸いである。

II 磐梯町における大気汚染

1. 煙害源について

磐梯町におけるガス公害は、現、日曹金属 K・K の放煙が原因である。会社の概要については、会社案内があるので それを参照されたい。

亜鉛精錬は大正 5 年にはじめられたが、昭和 16 年の増産により 被害は増大し、戦時中には、その被害も極度に達したようである。当時は設備が不良のため「亜硫酸ガス」の漏流が多かったといわれるが、昭和 32 年に回転炉を建設してからは ガスの漏流も少なくなったようである。しかし、ごく最近まで旧炉を使用しており、又近年、製品品目が複雑化するにつれて、漏流するガス量も増え、煙害内容もますます複雑化しているようである。

ガスの発生には、

- (イ) 精製中に溶鉱炉から排出されるガス
- (ロ) 溶鉱炉を定期的に清掃検査するときに排出されるガス
- (ハ) 各塔循環酸冷却器より逃げ出すガス

等が考えられるが、ガスの大半は SO₂ ガスであり、場所によっては NO₂ ガスも相当に出ているようである。現在、旧炉の使用については不明であるが、冬期に行なわれる溶鉱炉清掃、又は定期検査等においては、一時に、相当量のガスを放出するので、スギ、ヒノキ、マツ等の常緑樹に与える機能障害は著るしいものがあると考えられる。

表-1 は、年月別の硫黄排出量であるが、これを見ても、いかに多量の硫黄が戸外に放出されているかが 推察できる。

表 - 1 年月別 SO₂ 換算排出量

(単位 トン)

年度別	月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
昭和 41 年		1.1	1.9	167.9	-	-	1.5	1.4	-	1.4	0.9	1.2	-
昭和 42 年		2.4	-	2.2	-	-	2.2	-	1.1	0.6	1.2	-	1.1

以上においては、主として排出ガスについて述べてきたが、昭和 43 年には、従来それほどみられなかった粉じんが遠くは 4 Km 先の布藤にまで見られる。今後この粉じん量が増加する際は、塵ガスの問題のみならず 降下粉じんについても、当然、住民よりそれ相応の苦情が出るものと推察される。

III 磐梯町の概況

磐梯町の沿革、位置、地勢については、福島民報年鑑市町村史⁶⁾に詳しく出ているので参照されたい。

1. 地 況

磐梯町は耶麻郡の東西のほぼ中央に位置し、東は猪苗代町に、西は塩川町、北は北塩原村、南は河東村と接し、山嶺（磐梯山1819 m・猫魔岳1400 m・古城峰1287 m）および河川（日橋川）をもって境している。

会社は、磐梯町の南部 日橋川流域に位置しているが、会社の西部一帯には 会津盆地が開け、北には千数百m級の磐梯・雄国山系が、南には800m級の背炙山系が、東には猪苗代湖が横たわっている。会津盆地と猪苗代湖を結んで日橋川が流れているが、この両者を結ぶ線は風のとおり道となっている。

2. 気 象 状 況

磐梯町すなわち、煙害発生地の気象状況については、猪苗代町、会津若松市等に気象測候所があるが、幸い、会社独自で気象観測を行なっているので 以下はそれを利用することにした。なお、気象観測値は40-42年の3年間の資料であり、風向、風力等の不明は欠測によるものである。

(1) 月別平均気温

月別平均気温については 表-2のとおりである。会社近郊の平均気温は、猪苗代町にはほぼ等しいが、福島市、いわき市に比較すると2℃前後低い結果となっている。

表 - 2 月 別 平 均 気 温

場所	月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
磐 梯	℃	-2.3	2.1	1.1	7.7	13.5	17.9	22.2	23.5	18.6	12.4	6.5	0.5	10.3
猪 苗 代		2.2	1.2	1.7	7.6	14.0	18.2	21.5	26.8	18.6	12.3	6.1	0.1	10.9
福 島		0.5	1.0	4.2	10.2	15.7	19.5	23.7	25.0	20.4	14.0	8.3	3.2	12.1
平		3.5	3.7	6.1	11.1	15.4	19.3	23.5	25.2	21.9	16.1	10.4	6.2	13.5

(2) 月別平均風向

地況において述べたが、会津盆地と猪苗代湖を結ぶ線は風の通り道となっており、年間を通じて、風はほとんど西および東に吹いている。この風向が、磐梯町の煙害発地域と重要な関係にあることはいうまでもなく、その結果は表-3のとおりである。

表 - 3 3年間の月別風向頻度（日）

方位	月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	%
北 西		3		4		5	2	2	2	1	2	1	5	27	2.5
西北西		42	42	35	40	25	24	23	30	30	35	37	49	412	37.7
西		22	25	24	10	10	12	27	10	3	3	20	12	178	16.3

月別方位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	%
南東	3	1	8	9	21	12	3	3	7	6	4	4	80	7.3
東南東	5	5	11	14	14	27	26	34	36	30	15	16	233	21.3
東					4	1							5	0.3
不明	18	11	11	17	14	12	12	14	13	17	13	7	159	14.5

(3) 月別平均風速

月別平均風速は年によって相当に異なる傾向がある。いづれにしても、月平均風速が2-3 m/秒 あるということは相当に風力が強いことを示している。特に、4-5月の平均風速は3-4 m/秒 となっているが、これが後述の緑化工事の大きな支障となっている。

表 - 4 月別平均風速

風速別	月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
平均風速	m	3.0	3.4	3.5	3.8	3.1	2.5	1.7	2.0	2.0	1.9	2.2	2.0	2.6
最高風速		6.4	7.0	7.1	7.2	6.3	5.1	4.2	4.6	4.9	4.4	5.1	5.0	5.6

(4) 年度別・月別総降水量

表-5は、年度別・月別総雨量であるが、年総降水量1,100 mm(42年度)は雨量の少ない地域に属し、しかも、月別降雨状態は年度によって相当に異っている。従って、緑化事業を行なうためには、月別降水量の状態を十分把握して取り組む必要がある。

表 - 5 年度別・月別総降水量

月別年度別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
40	mm-	-	-	41.1	98.5	127.9	309.0	683	86.9	36.4	135.1	-	903.2
41	-	-	133.7	54.3	72.8	136.9	179.1	20.3	194.5	100.1	39.6	34.1	965.0
42	83.9	42.7	63.7	75.6	40.4	79.9	125.1	176.7	118.9	106.3	48.7	136.7	1098.6

以上は、磐梯町における気象の概況を単純に述べたものだが、植物体の生活活動が盛んになるのは、平均気温が10℃以上になる時といわれている。磐梯町で平均気温10℃以上になるのは、5月より落葉期の10月までであるが、表-3の風向を東西2方向に類別してみると、表-6のようになる。

先にものべたとおり、風向が極端に東西のいづれか一方に吹いていることは、被害が東西両方向に細く長くおよぶことを裏づけている。しかも、表-6より考えると、植物

表 - 6 風向度

風月別向	5月-10月		11月-4月	
	日数	%	日数	%
西	246	44.6	371	68.3
東	224	40.6	95	17.5
不明	82	14.8	77	14.2
計	552	100	543	100

の活動期には、東西・両方向に均等に風が吹いており、被害は両方に均等におよぶと考えられる。しかし、植物の活動停止期には主風向は西（東の4倍）であるので、農家よりの苦情はほとんどないと思われるが、会社東部の被害面積の大きいのは、このためであろうと考えられる。

3. 地 質 土 壌

磐梯町の地質は、磐梯山系と猫魔岳山系とからなり、基岩は輝石安山岩よりなっている。土壌は基岩より風化生成して出来た砂質壤土であるが、磐梯山の噴火による火山灰（黒色軽しゅう土）が広く表層をおおっている。従って土質は火山灰特有の性質を示し、夏期には乾燥して粉状となり、雨期にはベトベトして身動きの出来ぬねばり強い埴土となる。火山灰土は一般に酸性並びに磷酸吸収力が強く植物の生育にはあまりかんばしくない土壌である。なお、会社近くの類積地には、磐梯山の噴火による安山岩塊が転石としてごろごろしている状態である。

IV 磐梯町における被害状況

煙害地の被害状態については、その程度により、激害地・中害地・微害地の3段階に分類調査を行なう傾向がある。しかし、これに対する具体的説明はないが、山崎は現地の状況より次のように説明している。

表 - 6 煙害地の被害分類

段階	被害地分類	内 容
1	激 害 地	煙害がはなはだしく、草本・木本生存し得ず、崩壊あるいは、はげ山となっている地域。
2	中 害 地	煙害のため一般の植物は枯死し、煙害に特に強い植物（ススキ、イタドリ、クマザサ、スズタケ、ミツバツツジ、ダケカンバ等）のみようやく生存している地域。
3	微 害 地	煙害に弱い植物（クリ、カエデ、コメツガ等）は枯死し、他は成長に幾分の障害はあっても一応生存している地域。

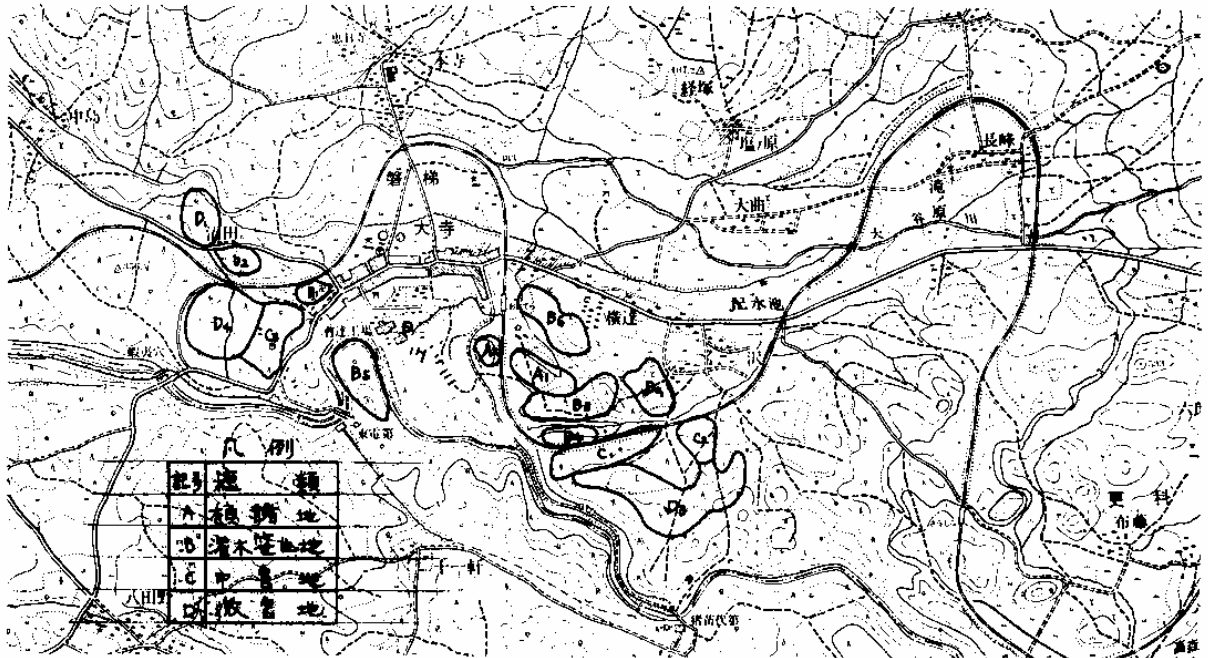
(1) 中元、武田氏の被害把握

昭和36年に中元氏・武田氏は、現地調査を行なっているが、その内容は表-7ならびに、図-1のとおりである。

表 - 7 磐梯町の被害面積

記号	種 類	見込面積	土壌酸度	植 生
A	類 積 地	2.6 ha	4.2	イヌツゲ
B	灌木 叢 生地	14.8	4.8	コナラ、アカマツ、チマキザサ
C	中 害 地	10.1	4.4	ホウ、ナラ、チマキザサ
D	微 害 地	24.5		
計		52.0		

図 - 1 昭和36年被害調査地調査図(記号は表-7参照)(中元・武田氏原図)



なお、中元氏の現地植生調査結果を参考に現況をのべると次のとおりである。

A1： イヌツゲが団地状に繁茂している。煙突に面した斜面は類雑地と化し、窪地にミヤコザサ、サルトリイバラがみられる。裏斜面は、コナラ、フジ、ヤナギ、イヌツゲ、クスヘクソカズラ、マツブサ、オガルガヤ、チガヤ等がみられる。特にチガヤは湿地部に密生しており、斜面頂部より下部にいたるにつれて、植生量を増加している。コナラ、ヤナギの本木は矮性化し、年10 - 20 cmの伸長であり、被害大のところは毎年 枯れては伸びをくり返している状態である。

A2： 類雑地と化し、植生はほとんどみられないが、風向裏側の国鉄側斜面にコナラ、クス等が数本みられる。以前はアカマツの森林と考えられ、緑化事業を行なった際には、その痕跡が随所にみられたが、そのあとは ミヤコザサの密生地にか変わったものであろう。その地下茎が多数みられるが、激害のため植物の生育が不可能となり、今日にいたったものと思われる。

B2： チマキザサの密生地。B2-B6の間で、かつて県行造林により実施したニセアカシヤ、キリの造林地がある。昭和24年春植栽したものであるが、成績はあまりかんばしくなく、なかには伐採されたものもあるようである。

B6： チマキザサ(20 - 30 cm)の密生地。一部にコナラがみられるが、ほとんど矮性化し

ている。

B3 : チマキザサの密生地

B4 : チマキザサの密生地

C1 : 国鉄により、鉄道沿線にカラマツが帯状に植栽されているが、現在では6-8mぐらいになっているものの成長はかんばしくない。

C2 : 1.5mのチマキザサが極めて密生している。この中にホウ、コナラ、ミズナラ、ヤマウルシ、コブシがみられるが、成長は不良であり、アカマツ林もみられるが、年間20cm前後の成長であり、あまりかんばしくない。なお、笹の中にイヌツゲ、エゾユズリハ、スギ、アオキ、ハイイヌガヤ、ネムノキ等の灌木もみられる。いづれにしても、元来土地条件の不良な所なので、煙害の判定はむずかしい。

(2) 現実の被害想定図

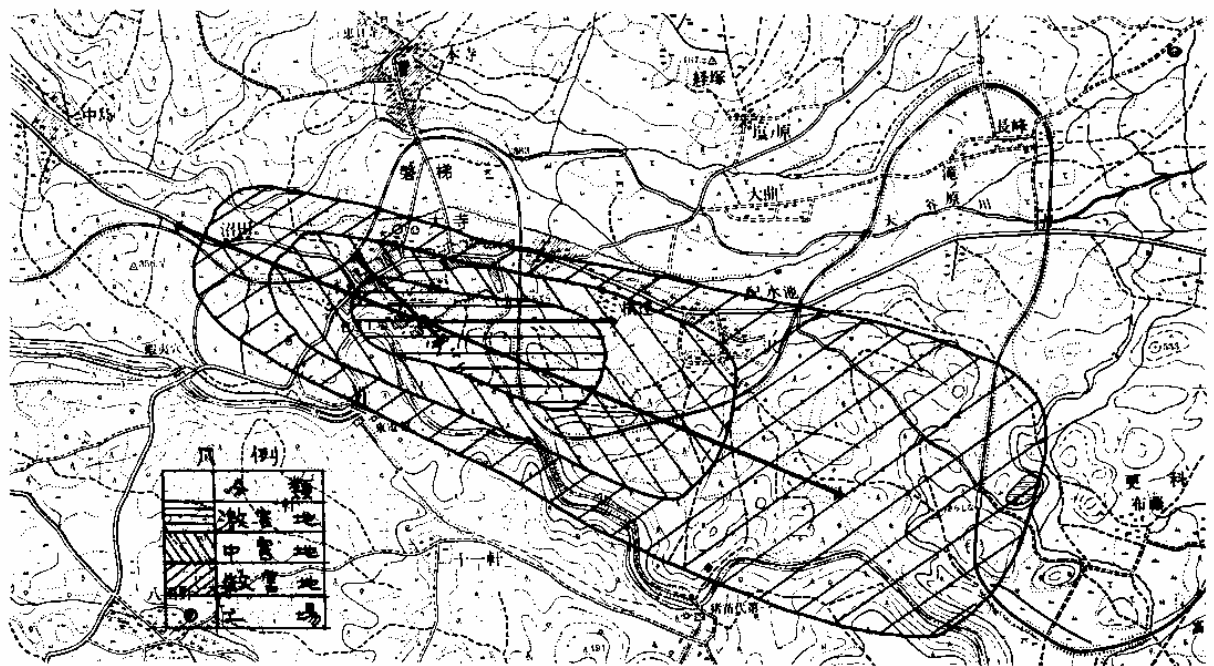
昭和43年度における植生の状態および植物の煙ばん(斑)出現状況より煙害地域を想定すると、表-8、図-2のようになる。なお、地域区分方法は、先の山崎氏の案よりもややきびしいと思われる。

後で詳しくのべるが、磐梯町の煙害は、煙突があまりにも低く、しかも風力が強く 風向が一定していることから、煙は地面をはうように流れる傾向があり、そのため被害地は狭長におよんでいる。従って中害地域の中にも、風のあたらない所は植物は正常に生育しており、逆に微害地域の中でも、煙が直接あたる所は急性害の煙ばんがはっきり現われている状態である。

表-8 被害別面積

被害区分	見込面積
激害地	40.0 ha
中害地	97.5
微害地	277.5
計	415.0

図-2 煙害地の被害想定図



注1 : 矢印は年間の風向頻度

V 被害の鑑定方法と被害調査結果

前項において長期観察の結果から被害面積を推定論述して来たが、実際の煙害の鑑定には、肉眼鑑定、実況判断、化学分析、顕微鏡鑑定等が用いられている。その方法についてのべると、次のとおりである。

肉眼鑑定：植物に発生した被害葉の位置、被害はん点の形状、色沢それに被害発生当時の環境と植物の状態を調べ、被害特有の徴候を示しているかどうか肉眼で調べる。

実況判断：有害ガスの発生源、気象状況、立地条件などを総合して判断する。

化学分析：化学的に煙害の有無を判定するには、次の方法がある。

- ① 廃煙の影響地域に生育している植物を分析する。
- ② 廃煙の拡散地域で有害ガスを捕集し、ガス量を測定する。

顕微鏡鑑定：顕微鏡により細胞内まで綿密に調査する。

実際の調査は、これらの方法をいくつか組み合わせ、行なうことが多い。肉眼鑑定についてはあとで述べるが、実況判断はⅢ項を参照されたい。

磐梯町においては化学分析により煙害の有無について調査分析を行なった。その結果は、次のとおりである。

1. アルカリ~~イ~~紙法による亜硫酸ガス量の把握について

亜硫酸ガス量の把握については、県条例により次の方法を用いるように指定されている。

- ① 検知管法による測定方法
- ② ロザニン、ホルマリン法による測定方法

これらの方法は、現地における一定短時間内のガス濃度を精密に測定出来るが、長期間のガス総量を把握するには多くの経費を要する。しかも、同一場所においても、当日の天候、気温、風向、風力、湿度等により測定値は一定し難い。

ガス量測定の最も簡単な方法は、①アルカリ~~イ~~紙法並びに②二酸化鉛法の2方法がある。これらの測定方法は前者のように精密(ppm単位)にガス濃度測定は出来ないが、一定期間に放出されるガス総量(~~mg~~単位)を把握出来ることと、安価に多点測定出来る便利さがある。アルカリ~~イ~~紙法には次のような長所があるといわれている⁹⁾。

- ① 二酸化鉛法に比べ、試薬の品質の差が全く影響しない。
- ② 気温によって捕集能力がそれほど変動しない。
- ③ 硫黄酸化物だけでなく、窒素酸化物、塩化水素なども同時に測定出来る。
- ④ 測定操作が簡便である。

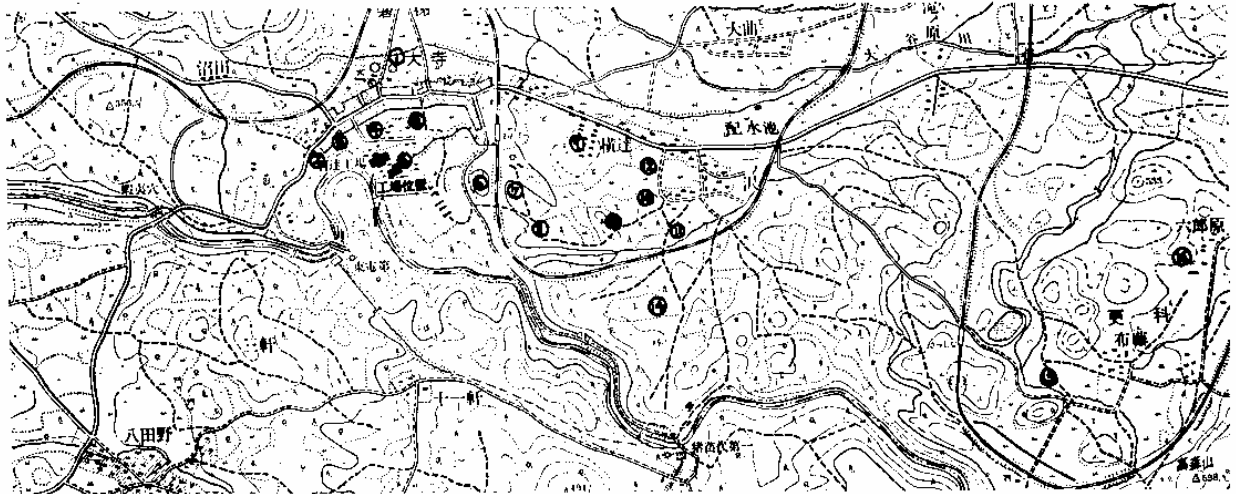
一般には、二酸化鉛法が古くから使用されているが⁸⁾、磐梯町においては、アルカリ~~イ~~紙法により測定を行なった。~~イ~~紙の設置方法は予算の都合により5ヶ所に百葉箱を用い、その他は、

食器カゴを改良して行なったが、その結果は表-9のとおりである。

表-9 地域別降下亜硫酸ガス量 SO₂ ㎍/day/100 cm²

測定年月日 設置地域 測定所	42年度								43年度								平均	
	3-16 ~ 5-1	5-2 ~ 5-31	6-1 ~ 7-4	7-5 ~ 8-1	8-2 ~ 9-3	9-4 ~ 10-2	10-3 ~ 10-29	10-30 ~ 12-6	4-3 ~ 4-30	5-1 ~ 6-3	6-4 ~ 7-1	7-2 ~ 7-29	7-30 ~ 9-1	9-2 ~ 9-30	10-1 ~ 10-31	11-1 ~ 12-12		
	47	31	34	28	32	29	27	38	28	34	28	28	34	29	31	42		
百葉箱	六区	-	2.81	5.43	1.26	0.72	0.92	0.39	0.69	1.37	1.94	1.67	1.65	0.92	2.01	0.67	0.96	1.40
	駅西裸地	-	5.58	2.28	2.04	2.45	1.72	2.44	3.41	3.48	-	1.52	2.16	1.36	2.05	2.53	2.60	2.24
	駅東裸地	-	4.97	4.78	1.42	3.01	1.08	0.55	3.69	4.21	-	1.11	2.16	1.56	1.53	2.77	2.89	2.46
	変電所	-	2.81	4.10	1.19	1.74	0.70	1.47	2.24	3.46	1.23	0.96	-	0.86	1.21	1.52	2.31	1.65
	一の沢	-	0.47	0.42	0.43	0.20	0.09	-	0.61	0.79	0.40	0.25	-	0.11	0.17	0.40	0.46	0.37
カゴ	1 五区	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.08	0.04	0.09	0.20	0.06	0.07
	2 六区	-	1.50	1.00	1.46	1.47	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3 旧六区	0.70	0.75	0.58	0.26	0.24	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 神社	0.29	0.42	-	0.30	0.13	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5 正門	-	-	-	0.20	0.19	0.22	0.13	0.09	0.31	0.24	0.27	0.05	0.22	0.29	0.44	0.13	0.24
	6 駅西裸地	3.27	3.42	1.72	0.87	0.00	0.87	0.80	2.30	2.48	2.46	0.87	1.12	1.34	1.31	2.03	1.73	1.42
	7 駅東裸地	1.46	2.63	1.89	1.20	1.23	0.96	0.30	2.50	2.98	0.95	0.93	0.89	0.69	0.98	1.91	2.04	1.42
	8 変電所	2.56	1.97	0.27	0.58	0.90	0.47	0.66	3.02	2.73	1.09	0.56	0.78	0.75	0.90	1.41	1.62	1.24
	9 社宅	0.04	0.31	0.26	0.15	0.13	0.09	0.10	0.22	0.52	0.32	0.16	0.22	0.16	0.19	0.32	0.33	0.28
	10 一の沢	-	0.38	0.36	0.24	0.12	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11 旧一の沢	-	0.35	1.88	0.08	0.04	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12 田ノ1	0.55	0.35	0.24	0.16	0.14	0.12	0.09	0.42	0.20	0.09	0.20	-	0.10	0.20	-	-	0.16
	13 田ノ2	0.99	0.23	0.48	0.33	0.16	0.00	0.17	0.27	0.61	0.32	0.19	0.21	0.15	0.22	0.42	0.42	0.32
	14 田ノ3	0.59	0.38	0.40	0.16	0.11	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15 布藤	-	-	0.11	0.21	0.09	0.02	0.00	0.04	0.19	0.05	0.06	0.04	0.10	0.10	0.12	0.13	0.10
	16 旧布藤	0.04	0.05	2.41	0.18	0.04	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

図 - 3 アルカリ 沓紙調査地域分布図



(1) アルカリ 沓紙設置器具と亜硫酸ガスの捕集能力

ガス測定装置は、本来百葉箱を使用することが一番良いとされているが、百葉箱は一基約2万円前後の経費を必要とし、多数の測定点を設けることは相当の経費予算を必要とする。

それで、百葉箱にかわり得るものとして食器カゴを工夫して、右の図のような沓紙設置装置を作成（一基1.0千円）し、百葉箱とガス捕集能力を比較してみたが、表-10は百葉箱使用の測定値を100とした場合の捕集能力比である。

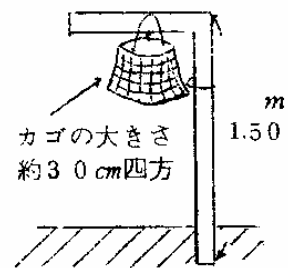


表 - 10 百葉箱を100とした場合の食器カゴ使用の亜硫酸ガス捕集能力指数

場所	月	5	6	7	8	9	10	11	備 考
六 区		53	18 ^x	116 ^x	65	48	-	-	×印は平均値の計算から除いた。 平均値 = $\frac{1431}{25} = 57.2\%$
駅 西 裸 地		63	60	43	41	51	33	68	
駅 東 裸 地		53	41	84	41	84	55	68	
変 電 所		70	7 ^x	49	52	67	45	135 ^x	
一 の 沢		81	86 ^x	56	60	11 ^x	-	-	

勿論、各場所、各月の捕集能力指数は、相当のばらつきがあるので、平均値の計算においては多少の操作を行なった。即ち、31点のうちバラツキの大きい上下の6点は除外し、25点について総加平均を行なったが、これによると、食器カゴ使用の測定装置では、百葉箱に比較し57%の捕集能力しかない結果となっている。従って、表-9の食器カゴの測定値は現実のガス量の60%の値であると考えれば良いと思う。このように、百葉箱に比較し捕集能力が落ちるのは、カゴ替目が少なく空気の流通が悪いためであろう。

(2) 磐梯町における地区別の平均ガス量と各県との比較

多少古い資料であるが、昭和40年度におけるアルカリ汚紙を使用している県は、表-11のように4県のようにある。各県の平均値より磐梯町を推察してみると、一ノ沢附近が、各県の平均値に等しいようである。図-2の被害分布図より推定すると、各県の現状は中害地に等しいと考えられる。従って、各県における植物の被害状況が非常に悪化の状態にあるので、磐梯町でも、放煙については十分注意する必要がある。

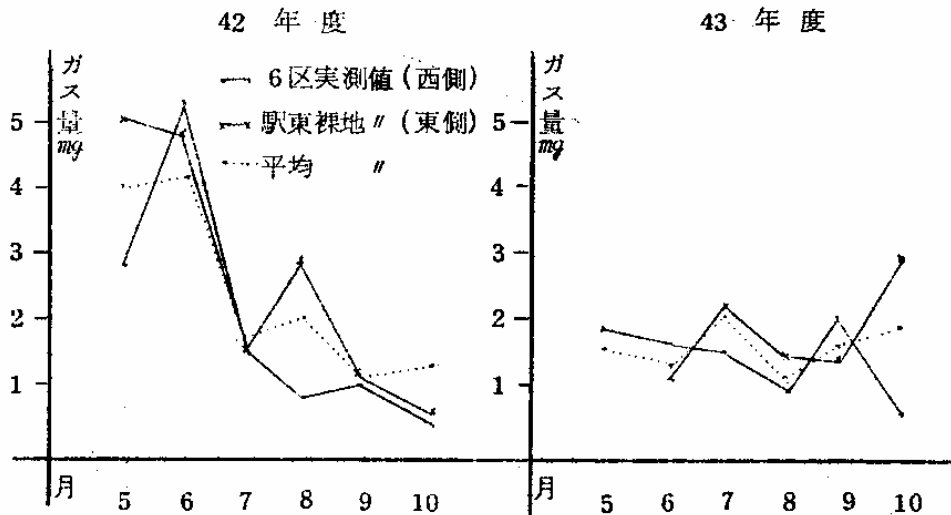
表-11 各県および磐梯町における亜硫酸ガス量比較

場 所	最 高	最 低	平 均	備 考
青森県八戸市	1.44 mg	0.11 mg	0.46 mg	昭和40年度
宮城県仙台市	1.60	0.08	0.54	#
神奈川県横浜市	2.75	0.06	0.89	#
神奈川県(不明)	2.03	0.00	0.55	#
三重県四日市市	4.05	0.00	0.43	#
磐梯町六 区	2.01	0.67	1.40	昭和43年度
駅東裸地	4.21	1.11	2.46	#
変電所	3.46	0.86	1.65	#
一の沢	0.79	0.11	0.37	#
布 藤	0.33	0.07	0.17	アルカリ汚紙を修正

(3) 月別、方位別の亜硫酸ガス量の変動

植物の生育に最も影響の大きいといわれる5月-10月の亜硫酸ガス量変化を調べるために、六区(発煙地点西側)と駅東裸地(発煙地点東側)における実測値をグラフ化してみたが、その結果は図-4のとおりである。なお、平均値はこれらの他に駅西裸地、変電所を加えた4測点における測定値の平均である。これらの結果から2.3考察を行なってみた。

図 - 4 年度別、月別亜硫酸ガス量 (mg/day/100 cm³)



① 昭和42年7月以降のガス量の急減について

図-4より、亜硫酸ガス量の平均値をみると、昭和42年5月、6月4.0mg あったガス量が、7月以降には、1.5-2.0mg に減っている。この原因は、国鉄側と関係があるようである。即ち、磐越西線は7月以降電化され、汽関車による放煙がほとんどなくなっているが、そのためにガス量が減ったとみて良いであろう。勿論、図-4に図示した駅東裸地は線路より50mほど離れたところにあるので、極端にその影響が出たものと思われる。

② 月別ガス量の変動について

国鉄の影響の全然考えられなくなった昭和43年度の月別ガス量の変動をみると、5月、6月はほぼ1.5mg あったガス量が7月には2.0mg に増え、それが8月には1.0mg に減り、逆に9月、10月には1.7-1.8mg に増加している。43年度における苦情処理をみると、7月下旬、稲に被害が出たということで、会社としては8月には操業調整を行ない、ガス放煙量の減少を計っている事実がある。従って、図の変化はこのことを裏づけているものであろう。いづれにしても、電化された以後のガス量の増減については、ガス量の変動はあるものの、大よそ1.0-2.0mg/day/100cm³の範囲にあり、亜硫酸ガス量が減ってきているとは考えられない。

③ 方位別のガス量の変動について

各地区別における降下亜硫酸ガス量は、当然風向頻度に関連して増減すると考えられる。表-3の風向について単純に東西に分類してみると表-12のようになる。

表-12 磐梯町における風向頻度 (昭和40-42年の3年間の値)

風向	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	%
西	67	67	63	50	40	38	52	42	34	40	58	66	617	56.4
東	8	6	19	23	39	40	29	37	43	36	19	20	318	29.1
不明	18	11	11	17	14	12	12	14	13	17	13	7	159	14.5

注：不明とは欠測によるものである。

図-4及び表-12を比較してみると、11月より4月までの期間は、工場の西側に比べ、東側に多量の亜硫酸ガスが流れていると想定される。この期間は植物に与える影響が少ないといっても、当然東側よりも影響を受けることになり、今日の被害地域の分布を裏付けている。植物に影響の大きい5月-10月には、東側も西側も、ほぼ均等に亜硫酸ガスの影響を受けると考えられるが、6月及び9月には、東側よりも西側の方が影響が大きいと考えられる。

図-4をみても、その結果がはっきり出ている。

(4) アルカリ 汚紙法と二酸化鉛法とのガス捕集能力比と、二酸化鉛法による福島県各地及び各県の亜硫酸ガス量

林、小池等は、二酸化鉛法(DSIR PbO₂法)とアルカリ 汚紙法におけるイオウ酸化物の捕集能力について次のように述べている。

- ① アルカリ 汚紙法によるイオウ酸化物の測定値は、PbO₂法による測定値より相当低く、平均で55-56%位である。
- ② 炭酸カリウム(K₂CO₃) 20%以上のアルカリ 汚紙は湿度が90%をこえると、数時間なし10数時間で雫が滴下し、その雫とともに、それまで吸着していたイオウ酸化物が逃げるため、アルカリ 汚紙法は、湿度の高い地方では不適當である。

もしこれが事実とすれば、磐梯町の測定値は、PbO₂法に比べ、百葉箱の場合60%、食器カゴでは33%のガス捕集しかないとことになる。磐梯町のガス測定値を県内及び他県の測定値と比較するため、上記の割合で補正を行なってみたがその結果は表-13のとおりである。

表-13 県内、県外における亜硫酸ガス量 SO₂ mg/day/100 cm²

県外 (昭和40年度)			県内 (昭和42年度)			磐梯町 (昭和43年度)					
場所	最高値	最低値	平均値	場所	最高値	最低値	平均値	場所	最高値	最低値	平均値
千葉市	1.38	0.30	0.69	いわき市	1.60	0.02	0.35	五区	0.27	0.00	0.21
東京都	2.27	0.26	0.97	平	0.82	0.12	0.47	六区	3.35	1.01	2.33
横浜市	4.29	0.10	1.08	内郷	0.64	0.22	0.36	正門	1.33	0.15	0.73
川崎市	8.44	0.29	2.67	常磐	0.59	0.10	0.28	駅東裸地	7.02	1.85	4.10
名古屋市	3.56	0.75	1.82	磐城	1.60	0.02	0.42	変電所	5.77	1.43	2.75
四日市市	2.64	0.00	0.48	勿来	0.76	0.04	0.26	一の沢	1.32	0.18	0.62
大阪市	4.53	0.33	1.21	郡山市	2.23	0.00	0.42	出の2	1.85	0.45	0.97
北九州市	2.53	0.15	0.80	福島市	0.41	0.03	0.19	布藤	0.58	0.12	0.30

注1：磐梯町のSO₂量はアルカリ 汚紙法の値を二酸化鉛法の値になおしたものである。

2. 煙害地における土壌変化

煙害地における土壌の変化については、古くから土壌の酸度が増加するとともに、石灰などの塩基が溶脱して、土壌の緩衝能力を低下させ、また、土壌中の微生物の繁殖を妨げ、有機物の腐敗を遅らせ、肥料効果を減退させるといわれているが、磐梯町の煙害地の一部の土壌について調査を行なったので次にのべてみたい。

表-14は、昭和38年の分析資料であるが、当時に比べ、土壌がそれ程変化しているとは考えられない。

表-14 煙害地の土壌の化学的性質

表-14より、土壌のPHをみると、ほとんど5.0以下の強酸性である。森林土壌は一般にPH値4.5-6.5を示すことが多いが、A₁地区の激害地は、いずれも4.5以下である。A₂については同様にPHのみ調べてみたが、いずれも4.2-4.3のPH値であった。従って、今後、経済林の育成を考える際は十分注意する必要がある。特にPH値が4.2前後の所では、樹木植林はほとんど不可能である。牧草による緑化についても、根系の発育増殖は望めないのので、酸度矯正は十分に行なう必要がある。

場所	層名	深さ	PH		Y	C	N	C/N率	備考
			H ₂ O	KCl					
A ₁	A	0~10	4.5	4.2	24.4	8.1%	0.21%	39	
	B ₁	11~35	4.3	4.1	32.0	2.2	0.13	17	
	B ₂	35 ⁺	4.2	4.1	44.5	2.2	0.06	37	
B ₄	特	0~2	4.4	4.1	24.0	19.0	1.25	15	
	A ₁	2~12	5.0	4.5	16.0	15.5	0.64	24	
	A ₂	13~33	5.0	4.6	8.5	9.7	0.49	20	
B ₅	A ₁	0~5	4.7	4.6	9.5	13.3	0.48	28	
	A ₂	5~25	4.8	4.7	6.5	5.4	0.30	18	
	B ₁	25~55	4.7	-	5.0	1.6	0.13	12	
	B ₂	55 ⁺	5.1	-	6.5	1.8	0.17	10	

(注) 場所名は、図-1参照

置換酸度(Y₁)は、普通の山林においては10-15以下であれば良いといわれている。置換酸度は、その値が高ければ高い程、植物の生活に悪影響を及ぼすといわれている。A₁層の置換酸度がいずれも24以上であることは、土壌の性質が非常に悪化していることを示している。

炭素の含有率については、表層土で10%前後又は、それ以上、下層土で3-6%というのが標準である。煙害地の土壌は一般に炭素が少ない傾向にある。

窒素の含有率は植生状態、気候、季節により同一土壌でも相当に変化するが、普通の森林土壌では、炭素量の1/10-1/20が標準といわれる。

従って問題は炭素率(C/N率)であるが、普通の森林土壌のC/N率は、表層で12-25であるが、肥沃な土壌ほど10に近づく傾向がある。表-14より炭素率をみると、B₁、B₂はまだしもA₁はほとんど40台に近く、瘠悪な土壌であることが推察される。特に本来、炭素量が少なく、しかもC/N率が高いことは炭素並びに窒素の欠乏を意味している。A₂層の裸地においても、ほとんどこれと同様のことが推察される。従って、A₁、A₂の激害裸地を緑

化する際は、十分なる堆肥（有機質）施用と、施肥改善を行なわない限り緑化はむずかしい。

ところで、この土壌変化が、煙害によるものか或いは、磐梯町における気象変化によるものか、調べてみる必要がある。従って、昭和43年に磐梯町の各地について酸度測定を行なってみたが、その結果は表-15のとおりである。

表-15 地域別酸度測定値

場所 深さ	A ₁	A ₂	変電所	正門	六区(I)	六区(II)	沼田	入倉	一の沢	布藤
5-10 ^{cm}	4.5	4.5	4.5	5.0	4.6	5.9	5.3	5.4	5.8	5.8
25-30	4.8	4.6	4.5	5.0	5.1	5.8	5.5	5.4	5.8	5.9

この結果より考えると、会社近郊の被害地域のPHは、ほとんど4.5程度であるのに対して、被害又は無害地域のPH値は、いずれも5.3以上の値を示している。特に六区では、裸地（六区I）と桐畑（六区II）の両者について比較を行なってみたが、その結果、畑の土壌は、ほぼ普通の山林土壌に近いPH値を示しているのに対し、裸地は4.6と強酸性化している。このことは、桐畑では桐育成のために石灰を使用したものか、桐林による防風効果の影響かは不明であるが、同一地域においてPH値が、これほど差が出ていることは、少なくともガスの影響があると考えねばなるまい。いづれにしても、表-6より考察すると、ガスの影響の大きいところほど酸度が大きいと言えうる。

3. 煙害地における植物の硫黄含量

植物体のイオウ含量は、空气中又は、土壌中のイオウ含量に比例して増加するが、植物体の全イオウ含量を確実に把握することは、現在の分析法では、むずかしいとされている。しかし、煙害問題で紛争している地域にガス測定装置を設置することは、実際問題としてむずかしいので、紛争にまきこまれることなく、煙害調査を行なうには、一番簡便な方法のようである。

植物体のイオウ含量は、勿論、植物の種類、品種、樹令、着葉の位置、季節、土壌の性質等により、相当異なると考えられるので、分析葉の採取は出来るだけ同一条件のもとに行なう必要がある。従って、これらの点には十分に注意をしながら、磐梯町の煙害地について、昭和43年8月に植物体のイオウ分析を行なってみたが、その結果は表-16のとおりである。なお分析方法は、神奈川方式に従って分析を行なった。

表-16の結果をみると、煙害地は各地とも、一般にイオウ含量が高く、多いものでは3倍のイオウ含量を示している。勿論、植物の種類によりその含有量は異なるが、全イオウ含有率では、ヨシが0.85%と一番多く、対照地との比較では、コナラが3.7倍と一番大きくなっている。特に、スギの旧葉のイオウ含有率は発煙地点より距離が遠ざかるにつれ、はっきり低い値となっている。磐梯町の煙害地においては、現在の植生状態より考えるとコナラ、スギ等を煙害測定指標植物とすることが望ましい。

表-16 煙害地の植物別全いおう含有量 (mg/g)

場所	被害度	スギ新葉	スギ旧葉	アカマツ新葉	アカマツ旧葉	イネ	イタドリ	コナラ	カラマツ	ヒノキ	ヨシ
沼田	中-微	3.3	3.4	3.2	4.0	5.4				4.5	85
六区	激	3.0	4.4					6.0			
山神社	激	4.8	4.4								
正門	激	3.2	5.5	2.6							
変電所	激						8.1	6.7			
線路向	中	2.7	3.0	2.5	2.7				3.3		
線路東	中	3.0	3.8						3.3	2.1	
踏切	中	3.6	3.7					3.3	2.9		
布藤	微-無	1.9	3.2	1.9	2.7			3.4	2.9		
対照地	無	2.2	2.3		2.1	1.8	4.3	1.8	2.5	2.2	(4.3)

VI 植物の耐煙度について

植物の耐煙度即ち亜硫酸ガスに対する植物別の強さについては、人それぞれの見方により、或いは、その時の環境状態により相当に異なるが、それなりに、早くから樹木別の耐煙度について、色々報告されている。これらの報告内容について検討し、或いは、当所で行なった試験調査について検討する前に、植物と亜硫酸ガスのメカニズムについて知る必要があると考えたので、先にその概略をのべることにした。

1. 亜硫酸ガスと植物のメカニズム

(1) 植物体の煙害発生原因

煙害発生メカニズムは、SO₂ ガス、植物の気孔、アルデヒドの三者の関係によるといわれている⁷⁾。即ち、大気中のSO₂ガスが植物の気孔から吸収されると、植物体内のアルデヒドと化合して、*α-oxysulfosavre*酸が出来るが、これが植物の細胞を破壊するからだといわれる。従って、気孔のない葉の表面にSO₂ガスを接触させても、被害が発生せず、又、気孔面をワセリンで封じてガスを接触させても、被害は発生しないとの研究発表も行なわれている。

(2) 環境と被害

① 光の強弱と温度

同一ガス濃度に植物を接触させても、温度が高く、光線が強いときは、その逆の場合よりも煙害の発生危険が多いといわれる。その理由は植物の生活が盛んなため、植物体内に多量のアルデヒドが生成され、それと同時に気孔が大きく開き、SO₂ガス量を多く吸収するからであろう。従って、夏と冬では夏に煙害の発生が多く、昼と夜とでは昼の被害発

生が多いといわれている。

② 空 中 湿 度

湿度が高いときは、被害発生を一層大きくするといわれる。その理由は湿度が高いと有害ガスは細霧状となり、拡散が悪く、比較的濃いまま飛来することと、植物の気孔が大きく開き ガスを受け入れやすくするからである。

③ 植物の生育期

植物を同じガス濃度に接触させた場合、同一植物であっても、春夏秋冬の季節によって、又朝、日中、夕の相違によって、被害程度が異なることは先にも述べたが、発芽期、発育期、成熟期などの生育期過程の相違によっても、被害程度は異なるといわれている。勿論葉菜類のように葉を利用する植物と果樹類や米麦のように子実を利用するものとは、被害程度の表わし方も異なる。

(3) 植物の被害のあらわし方

植物の被害については、一般に急性害、慢性害、不可視害ということばが多く使われており、その内容については、一般に次のように考えられている。

急性害；有害ガスの濃度が高く、細胞の破壊と葉緑素の脱色が急激に行なわれ、煙害特有の煙斑をあらわす。

慢性害；有害ガス濃度が低いとき、あるいは都市スモッグなどによる被害に多くみられるもので、植物が急激な損傷を受けることなく、長時間のうちに緩慢な障害作用を起こすもの。

不可視害とは慢性害に同じか、それよりも弱い被害と考えれば良いであろう。なお門田は、植物の葉を中心とした被害区分について、次のようにあらわしている。

表 - 17 植物の葉を中心とした被害区分

被 害 区 分	ガス作用条件		被 害 状 況	
	濃度	時間	葉 面 (外觀上)	葉 内 (生理上)
無 害	{極微 中}	{極長 極短}	な し	な し
生 理 害	微-中	短	わかりにくい	呼吸一時的急増 同化一時的急減 蒸散一時的増加
慢 性 害	微	長	黄白色、古葉の枯損・落下 貧弱な新枝	葉緑素減少・分解、酵素不活性
急 性 害	高	短	煙斑の多発、不時の落葉	酵素の変質、タンパク質の変質、 細胞死多発
全 滅 害	{高 極高}	{長 短}	枝葉の全枯	-

2. 植物の耐煙度比較試験結果と、一般的樹木耐煙度について

樹木別耐煙度比較試験とは、煙害に対する樹木類の耐煙度、即ち、煙害に対する樹木の強さをみるとともに、煙害に対する樹木の標徴をみようとして昭和42年度・昭和43年度に行なったものである。

古くは明治42年、日立では、5台のガス接触装置と5,000個の植木鉢を用い、10名の係員によって農作物及び樹木の煙害試験を行なったという話があるが、今までの多くの試験は室内実験であり、野外で鉢植え試験を行なった話はあまり聞かれない。

(1) 試験方法

試験は20種類の樹木を鉢植(土は無害地のもの - 指導所苗圃の土)し、それを現地に設置したが、その概要は下記のとおりである。

試験年度 - 昭和42・43年度

設置場所 - 激害地(変電所・六区), 中害地(一の次), 無害地(布藤・五区)

調査時期 - 毎月1回 外観上の標徴について調査

使用樹種 - 一般造林木類; スギ, ヒノキ, クロマツ, アカマツ, トウヒ, ヒマラヤシダー, ストロブマツ, キカバ

街路樹類; ブラタナス, イチョウ, ヨシノザクラ, アカシア, アオギリ, ケヤキ, ボブラ, シダレヤナギ

果樹類; カキ, クリ, クルミ, モモ

其他の樹木類; タイサンボク, サンゴジュ, ネズミモチ, ツバキ, ヤマキモミジ, ツゲ, マサキ, ヤマツツジ, ドウダンツツジ

(2) 試験結果および一般樹木の耐煙度

42年度・43年度における樹木別の標徴調査結果については、別紙のとおりである。これら2年間の標徴調査結果から、樹木別の耐煙度についてのべると、表-18のようになる。

表-18には、参考程度に、他書にあげられている樹木別の耐煙度についても比較記載しておいた。

表-18 煙害に対する樹木の強さ (耐煙度)

樹種 区分	スギ	ヒノキ	アカマツ	クロマツ	カラマツ	ストロブマツ	ドイ	ヒマラヤ	キカバ	イチョウ	ケヤキ	シダレ	アオ	フタ	ボ	ヨシ	ト	カ	ク	ク	モ	タイ	サン	ネ	ツ	ツ	ヤマ	ヤマ	ドウ	マ	ハ	オ	シ	ギ				
	結果	△	◎	×	○	×	○	△	△	×	○	×	◎	○	○	△	×	○	△	×	×	×	◎	◎	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	
参考1	△	◎		△			◎	○	×	△			○	○	△		×					○	○	◎	○				×	△					○			
#2	○	×	×	△	×		△	△		○	△	○	○		○				×			○	○	○	○	△	△		△	○						×		
#3	×	○	×	×	×		×			○	×						○		×	×			○				×										○	
#4	○	×	×							○					○	○	×	○	×	×		○	○	○	○													×

注1; 強弱については、◎きわめて強い ○強い △普通 ×弱い

注2; 参考1は、名古屋大門田、参考2は園芸全書、参考3は林業技術ハンドブック、参考4は、東大園芸第二研究室による。

植物の耐煙度については、多くは幼樹の葉の煙ばんの発生程度、即ち、煙ばんが早くあらわれるか、或いは、その程度といったものが、判定基準となっている。しかし、現実には、同一植物であっても品種により、樹令により、又植物体の生理状態（体内の栄養の含有状態）により、その煙害度は相当に異なるので、決して、絶対的な植物の耐煙度というものはあるはずがなく、その時々、実験者の主観に相当左右される傾向がある。従って、植物の耐煙度を調査決定するには、森林の一生を通した相対的なもの、即ち、外観上の葉の煙ばんの発生程度をみると同時に、収穫の絶対量（樹体の成長量、収穫物の収量）についても、十分注意しなければならないと考えるが、現実には非常にむずかしいことであろう。

植物の耐煙度については、上にのべたように 色々の問題があるが、実験結果について、その概要をのべると次のとおりである。

① 被害の発生位置

煙ばんは、最も生活力の盛んな葉に発生し、老葉には、よほど被害がひどくない限り煙ばんはあらわれない。又、一枚の葉の表裏については、ガス濃度が薄い時には葉裏にかすかに徴候があらわれるが、一般には区別がつけにくい。ガス濃度が高くなり、被害が進むと、煙ばんは容易に表面にあらわれるが、葉脈にあらわれることがなく、ほとんど脈間及び葉縁にあらわれる。これは葉脈に気孔がなく、細胞粗害物質が作られないためであろう。

② 煙ばんの形状

煙ばんの形状は、植物の種類により、又煙害の程度により、丸型、角型いろいろであり、それが単独に、或いは、二つ三つ続いた不正形など、様々な様相を呈する。農業百科辞典によると、先端型、助骨型、葉縁湾入型、点在型、散布型、隈取型、薄雲型、平行型、針葉樹型、葉縁巻縮型、葉面皺型、葉型縮小型、複合型に分類しているが、現実には、これらの相乗型が多く、単独型は少ない。筆者は、これらの集合状態・大小により、単体、粒状体、粉状体等に表現することにした。

③ 煙ばんの色

煙ばんの色は、植物の種類、被害の程度、煙ばん発生後の経過・日数等により、色々変色するが、一般には、次のような傾向がみられる。

非常に薄い葉 — 白色、黄白色、又は灰緑色

薄 い 葉 — 黄白色、黄色、又は黄緑色

普通 の 葉 — 黄 色、又は 色

やや厚い葉 — 赤 色

厚 い 葉 — 赤色又は赤紫色

④ そ の 他

煙害地においては、その程度が進むにつれて、下記のような様々な生理障害があらわれてくるようである。即ち

- イ 萌芽が遅れる。
- ロ 葉形が一般に不整形となり、しかも、被害地程度は小さくなる。
- ハ 被害が進むと不時の落葉にみまわれる。樹種によっては、落葉、萌芽が年に2-3回くり返えされるものもある。
- ニ 一般に紅葉の時節より、樹葉の紅葉が数ヶ月早く、それにつれて成長停止期に入り、落葉も早い。

⑤ 樹種別の煙はんのあらわれ方

樹木別の煙はんのあらわれ方及び強弱については、表-19のとおりである。

表-19 樹木別の煙はんのあらわれ方

樹種	耐煙度	被害の徴
スギ ヒノキ	△ ◎	被害はまず葉の先端部にあらわれ、被害が進むにつれて、葉の基部に進展する傾向がある。スギは、一般に煙はんが現われにくい傾向がある。ヒノキは花芽に最初に被害がみられ、次いで葉の先端部、葉縁部に被害があらわれるが、粒状、粉状といった煙はんはあらわれない。
アカマツ クロマツ ストロブマツ ヒマラヤシダー (旧葉)	× ○ ○ △	葉身の $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ 先に、環状に黄色又は黄緑色の煙はんがあらわれる。被害が進むと、葉の先端に向かって変色をはじめ、やがては葉身の $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$ 先が、褐色死する。被害がさらにひどくなると、変色現象が、残りの葉身におよび、全葉身が褐色死した時にはやがて落葉をきたす。アカマツは容易に煙はんがあらわれるが、クロマツはあらわれにくく、ストロブマツは、その中間程度である。ストロブマツは一度被害が進むと、変色現象はアカマツと同じ程度に早い傾向がある。ヒマラヤシダーの煙はんのあらわれ方は、ほとんど同じであるが、被害葉は、全葉身褐色死する前に容易に落葉してしまいが、その回復力が早く、すぐ新葉の出る樹木である。
ヒマラヤシダー (新葉) カラマツ ドイツトウヒ	△ × △	煙はんのあらわれ方は、前記のマツ類に同じであるが、葉が出て数日経過した樹葉については、容易に煙はんがあらわれ、褐色死する傾向がある。カラマツ、トウヒ等は一度落葉すると、その後の回復力がほとんどなく、樹体成長に与える影響は相当に大きいと思われる。
イチョウ	○	元来葉が黄色であるので、ごく薄いガスの場合、煙はんをみつけることはむずかしい。ガス濃度の高い被害については、褐色の煙はんが、脈間及び葉縁に単体となってあらわれると同時に葉が極端に萎縮する。ガス濃度のひどい時には、葉の形態さえ不明となるが、被害葉は容易に落葉せず、また葉の回復もほとんどみられない。

樹種	耐煙度	被害の標徴
シダレヤナギ ドウダンツツジ	◎ ×	被害が進むと、煙ばんは脈間にもあらわれるが、その前に、葉先(葉の鋭部)に煙ばんがあらわれ、しかも脈間に煙ばんがあらわれる前に、葉先は褐変枯死する。シダレヤナギは葉全体が黄褐変死する前に落葉するが、容易に葉は回復するので、樹木成長に与える影響は少ないと考えられる。 ドウダンツツジは、被害が進むと、葉は暗褐色変死、急性害の場合は、葉は萎縮し、最後には形さえとどめぬ状態となるが、葉は容易に落葉せず、葉の再生能力もほとんどない。
トクナシアカシア ヤマモミジ ヤマツツジ	○ × ×	脈間、葉縁に容易に煙ばんがあらわれる。煙ばんの形状は、単体又は粒状態となり、色は黄緑色—黄褐色となり、煙ばんと無害葉の境界は明瞭である。被害がひどくなると葉は容易に萎縮し、ほとんど形をとどめなくなる。アカシア、ヤマツツジは容易に落葉するが、ヤマモミジの落葉は数日を要する。葉の再生力はほとんどないが、アカシアは容易に葉が再生され、ガス濃度のひどい時には、落葉—萌芽が年2—3回くり返され、そのたびに葉の大きさは、だんだん小さくなる。
ケヤキ ハンノキ	× ○	煙ばんは、ガスの濃度の薄い時には褐色の粒状はん点となってあらわれるが、ガスが濃くなり被害が進むと、脈間が容易に変色し、きれいな縞模様となる。ケヤキは葉が萎縮することなく容易に落葉するが、ハンノキは容易に落葉することなく、葉はやや萎縮し、色はそのうちに黒褐色変し落葉する。
ブラタナス アオギリ	○ ○	煙ばんは、一般に大きな円形で単体となってあらわれる。煙ばんの色は、ブラタナスは褐色に、アオギリは黒褐色となるが、煙ばん部分の境界は明瞭であり、被害が進むと煙ばん部分は容易に脱落し、空洞が出来る。落葉は早くも遅くもなく、葉はなかなか再生しない。
ヨシノザクラ モモ	× ×	煙ばんは、脈間に容易にあらわれる。色はやや赤褐色となり、形状は粒状態ないしは、単体のやや丸い煙ばんとなる。被害部と無害部の境界は明瞭である。被害が進むと容易に落葉するが、葉の再生力はわりあい早い。又秋期には、他の樹木に先がけ、葉は紅葉状を呈する。
タイサンボク サンゴジュ ネズミモチ ツバキ	◎ ◎ ○ ○	煙ばんは、ガスがよほど強くない限りあらわれない。煙ばんは、まず最初に葉裏に黒い粉状となってあらわれる。ガスが濃くなり、被害が進むと葉表に紫色の煙ばんがあらわれる。一般に大きく広がることはない。元来これらの樹木の葉は厚く、ガスに対する抵抗性が強いと考えられる。従って、

樹種	耐煙度	被害の標徴
		これらの樹木の葉が、全葉煙ばんでおおわれる程度のガス濃度では、一般の樹木はほとんど落葉枯死してしまうとおもう。
ツマ	ゲサキ	○ ○ 煙ばんは前記の樹木と同じように、葉裏に粉状の黒点があられる。一般にガス濃度が高くなると、葉表に緑黄色の煙ばんがあられるが、急激に濃いガスがかかると、葉表は気泡状にぶつぶつとふくれあがり、クロイド状になる。葉が一度落葉すると容易に再生しない。
カクク	キリルミ	△ × × カキは赤褐色又は赤色の単体の煙ばんがあられるが、被害部と無害部の境界は明瞭である。葉が厚い割には、煙ばんはあられやすい。クリ・クルミは、ガス濃度のうすい時には、葉表に黄色の粉状の煙ばんが無数にあられるが、ガス濃度が濃くなると、被害は脈間全体におよび、黄褐色、暗褐色のきれいな縞模様となる。被害がひどい時には、葉が厚い割合に容易に萎縮し、原型をとどめない。

注：耐煙度は、◎きわめて強い ○強い △普通 ×弱い

以上、表-19に2年間の煙害標徴調査結果について、その概略をあげてみたが、調査者の私見に左右される可能性は十分にある。即ち、調査者が、煙ばんと判断しても、そこには厳密な根拠はなにもなく、煙ばんは、他の気象災害、生理障害、あるいは病虫害による被害であるかもしれない。しかし、一つの目安として、取まとめの必要性を感じ、表-19にまとめてみたものであるが、実際の被害調査においてはあくまでも慎重な態度で望まなければならないと考える。

なお、浅川は降下イオウ量と植物の関係について調査しているが、その結果を表-20としてあげておいたので参照されたい。

表-20 カス濃度と樹木の変化

ガス濃度 ppm	樹木の変化						
	萌芽の遅延	紅葉の促進	落葉の促進	急性煙斑の発生	枯枝	枯木	林相
0.50以下	なし	なし	なし	発見せず	なし	なし	異状なし
051-100	なし	約1週間早い	なし	たまに発見する	なし	なし	異状なし
101-200	2.3日遅れる	約1ヶ月早い	数日間早い	しばしば発見する	探せば発見できる	なし	異状を感じる
201-400	4.5日間遅れる	約2ヶ月早い	約10日早い	廃煙と気象の条件が不良の時はつねに発生する	ほとんどの樹木に発見できる	探せば発見できる	いくらか粗林の感あり
401-677	10日以上遅れる	約3ヶ月早い	夏期にも落葉することがある	常時煙ばんを発見できる	大きな枯枝が多数に見られる	多数に見られる	粗林

Ⅶ 煙害地の緑化試験

1. 草地による年度別緑化試験

裸地の緑化試験は、駅の東および西（図-1のA₁およびA₂）のはげ山において行なった。裸地は全面茶褐色ないし黒褐色を呈し、しかも表土一帯に輝石安山岩の風化礫がごろごろし、以前ここに植物があったとは想像出来ない状態であった。しかし、表層を耕耘してみると、種々の根系（ススキ、アカマツ、コナラ等）がその根跡をとどめており、昔は立派なアカマツ林だったという町民の話を裏付けるものであろう。

煙害裸地の緑化方法としてはまず、次の三段階の方法が考えられる。

- 即ち
- ① 牧草、野生草等による草地緑化
 - ② 耐煙樹種による単純緑化
 - ③ 耐煙樹木による経済林仕立

これらの点に注意しながら、年度別に下記の要領で試験を行なった。

◎ 昭和40年度 — 緑化工法の研究

① 緑化工法；① 樹木植栽法

② ススキ筋植工法

③ タネ播種工法

- 全面播種法
- 筋播法
- 植生盤法

② 区の大きさ；6m × 15m = 90m²

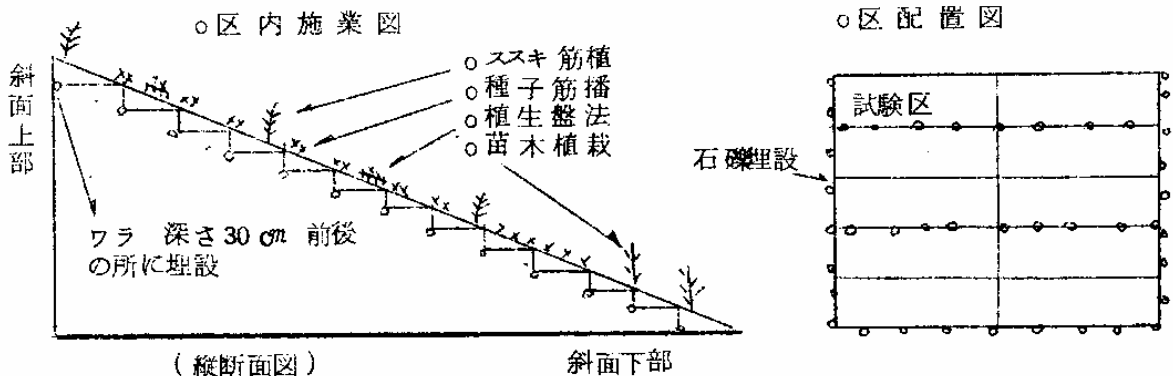
③ 耕法；全面耕耘し石灰、肥料を混入し、石礫は溝（30cm × 100cm）を掘り排水耕がわりにした。又稲ウラを30cm前後の深さに堆肥がわりにりめ込んだ。

○ 肥料 — 500g/m² マルリンスーパー（24-16-11）

○ 石灰 — 適当に混入

④ タネ播種量；60g/m²（ケンタッキー・31・フェスク39g、サンド・ラブ・グラス13g、ウェーピング・ラブ・グラス8g）

⑤ 使用苗木；オオシマザクラ、ヒノキ、イヌツゲ

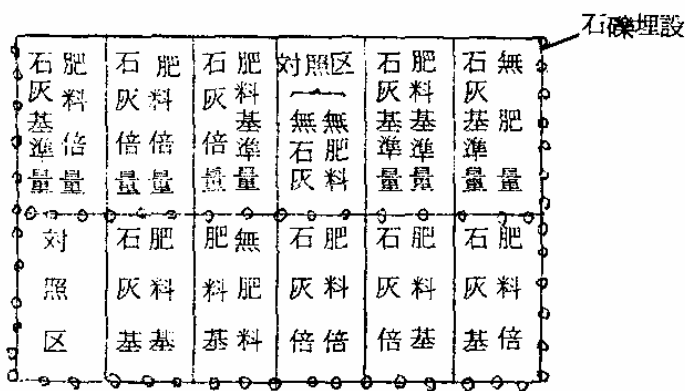


◎ 昭和41年度 — 石灰および肥料の施用量法の研究

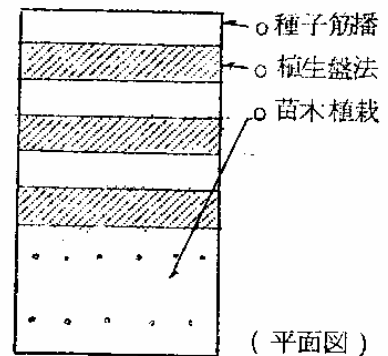
昭和40年度の結果より石灰および肥料の施用量試験を主に行なった。

- ① 緑化工法 ; 筋マキ法, 植生盤法, 樹木植栽法
- ② 区の大きさ ; $6.6 \text{ m} \times 3 \text{ m} \approx 20 \text{ m}^2$
- ③ 耕 法 ; 全面耕耘し、石灰・肥料をそれぞれ基準量・倍量を混入し、前年同様ワラを埋設した。
 - 肥料(基準量) — 500 g/m^2 ・ マルリンスーパー (24-16-11)
 - 石灰(基準量) — 20 cm の深さで、PHを4.2より5.5に改良するのに必要な量 500 g/m^2
- ④ タネ播種量 ; 昨年よりやや多く 70 g/m^2 、前年の保存種子を使用した。
- ⑤ 使用苗木 ; スギ, ヒノキ, アカマツ, レジノーマツ, ヤマツツジ, ヨシノザクラ, プラタナス, アオギリ, シダレヤナギ, カエデ, ツゲ, イチョウ

○ 区配置図



○ 区内施業図



◎ 昭和42年度

昭和40・41年度の結果を参考に緑化試験の総まとめとして、主に次のことを行なった。

- 前年同様石灰および肥料の施用量の研究
- 種子別の単播比較試験
- 日本芝の張りつけおよび種子うめこみ植生盤による緑化工法試験
- 堆肥施用別の緑化試験

[試験地 Ⅱ1]

- ① 緑化工法 ; 次のとおり
- ② 区の大きさ ; $3.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 9 \text{ m}^2$
- ③ 耕 法 ; 全面耕耘し、40年・41年同様石灰・肥料を混入した。
- ④ タネ播種量 ; 60 g/m^2

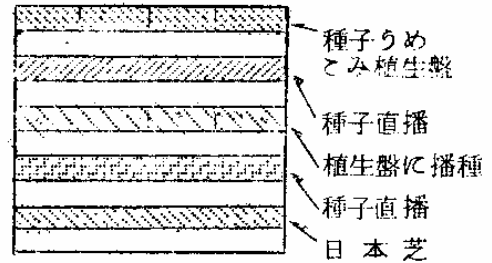
○区配置図

石肥 灰料 倍基	石無 灰肥 基料	石肥 灰料 倍倍	対 照 区	石肥 灰料 基基	石肥 灰料 倍倍
石無 灰肥 基料	対 照 区	石肥 灰料 基基	石肥 灰料 基倍	石肥 灰料 倍倍	石肥 灰料 倍倍

[試験地 №2]

- ① 緑化工法 ; 試験地 №1 に同じ
- ② 区の大きさ ; $3\text{ m} \times 3\text{ m} = 9\text{ m}^2$
- ③ 耕 法 ; 前もって予備耕耘したところに、石灰・肥料・堆肥を散布し、同時に耕耘しながら混入埋設した。石灰・肥料の施用量は41年度の基準量に同じである。堆肥はワラ堆肥、落葉堆肥を使用し 1 m^2 あたり約 1.2 Kg とした。

○区内施業図



○区配置図

ワラ 堆肥	落葉 堆肥	無 堆 肥	
無 堆 肥		ワラ 堆肥	落葉 堆肥

緑化を行ない植物の生育を維持発展させるには、植物の土中における生活保護と、空気中における生活保護がなければならない。土中における保護については、石灰施用による酸度矯正、堆肥並びに肥料使用による栄養分の保給等色々な方法が考えられるが、空気中における保護については、亜硫酸ガスの流出を極力少なくする以外に方法がない。しかし、現実には駅東側及び西側の裸地では相当のガス濃度であり、長期間の草地緑化維持並びに樹木植栽による緑化は非常にむずかしいものであると痛感した。

(2) 緑化事業の結果

- ① 線路の西側並びに東側の裸地においては、現在の亜硫酸ガス量では、樹木植栽による緑化は不可能である。たとえ、石灰並びに肥料の施用により土壌の改良を行なったとしても、樹木は成長出来ず、いずれは枯死してしまう。
- ② 緑化工法のうち、ススキ筋工法は、ススキの性質上、最も確実な方法であるがススキの全面植栽は緑化経費を多額に必要とするので不可能である。しかし、ススキは亜硫酸ガスに強いので、防煙垣を作成する意味でススキ筋工法をとり入れるべきである。
- ③ タネ播種による緑化工法のうち筋播法、植生盤使用法は可能であるが、全面播種法は不可能である。煙害地の全面播種法では、元米牧草の根があまり発達しないので、晩霜、初霜の霜柱により根が浮きあがり、牧草が容易に枯損してしまう。

- 注；ノリ面緑化工法には、①植生盤工法 ②ロンタイ・ベヂタイ工法 ③ライト式種子吹付工法等が一般にあげられているが、煙害地では①を除き、他は不可能である。
- ④ 植生盤には、タネの混入しない植生盤とタネ混入植生盤の二種類があるが、タネ混入植生盤は、種子の発芽がおもうように行かなかったため、植生盤はあくまでも、有機物の保給源として考えた方がよい。
- ⑤ 緑化地の土壌酸度は 4.2 と強酸性であるので、牧草の適性酸度 5.5 に土壌酸度を矯正するように石灰量を計算し、耕耘と同時に石灰を施したが、半年後の調査では、土壌酸度はいづれも 7.0 前後の中性に近い結果を示していた。この原因は計算通りに、石灰を一度に施しても土壌中で化学反応が理論どおり行なわれないため、或いは、耕耘深度が必ずしも適性深度まで行なわれなためと考えられるが、これらのことから、土壌改良は緑化と同時に行なうよりも、1—2 年前に行ない、そのあと緑化を行なうことが望ましいようである。
- ⑥ 石灰並びに肥料の施用量は、無施用量、基準量、倍量等色々組合せ試験区を設けたが、施用量は基準量が望ましく、倍量施用では発芽に影響がみられた。即ち、倍量施用区では、発芽が非常にまばらとなったが逆に発芽した牧草については、発芽後の成長が相当に良好であった。
- ⑦ 試験方法の中に、石灰・肥料無施用区、石灰基準量区、肥料基準量区等も設けたが、無施用区は牧草が一斉に発芽したものの、3—5 cm² のびたところで、すべて黄色に糞せ細り、2 ヶ月程で、枯死してしまっている。それに対し、石灰・肥料のいずれかを施用した区は、立派に緑化回復が出来た。煙害裸地では、石灰・肥料は、必要不可欠のものである。
- ⑧ 播種は一般に混播が望ましいといわれているが、磐梯町で、ウェーピング・ラブ・グラスケンタッキー・31・フェスクでは、同時に発芽しても、2 年目、3 年目にいたると野性味の強いケンタッキーの方が優勢になり、ウェーピングの方は消滅する傾向がみられた。ケンタッキー、ウェーピングとも、単播も行なってみたが、発芽率、植生変化とも、特別変化がみられなかった。
- ⑨ 堆肥の施用区、無施用区では、堆肥施用区の成長がすばらしく、有機質肥料は絶対必要のようである。元来、煙害地の裸地では、有機肥料がほとんどなく、従って、牧草の根は伸長することなく皆萎縮状態となり、たとえ肥料を施しても、3—4 年目で牧草は枯死する恐れがある。
- ⑩ 下刈回数は無・1 回・2 回と色々行なってみたが、下刈回数無では植生の劣化をまねく傾向がみられ、1 回・2 回の下刈区では、植生の勢力はむしろ旺盛になるようである。煙害地では元来、植生の勢力が劣えている故に、下刈は年 2 回位が望ましいと考えるが、普通の牧草地のように年に 5—6 回下刈を行なうのは考えものである。
- ⑪ 晩秋の牧草については、下刈する方が望ましい。その理由は、冬期間にネズミが繁殖し、緑化地が相当にいためられるからである。
- ⑫ 刈取牧草は、煙害地では腐植することもなく、そのままの形でいつまでも残っているが、

その理由は、土壌中に分解菌が繁殖していないためであろう。

- ⑬ 牧草の結実種子については発芽試験を試みたが、ほとんど不稔性となっており、発芽はみられなかった。

Ⅷ 今後の対策

磐梯町日曹金属KKの公害形態は、気象、地形、工場設備内容等から、公害とさわがれている他所に比べ、特異なものであることは先に述べたが、今後の緑化対策については、次のように考える。

1. 有害ガス放出量の減少或いは放煙施設の改善について。

磐梯町においては、短時間のガス量測定を行っていないので、正確な資料を持ち合わせないが、アルカリ尹紙による測定値と植物の被害標徴より推定すると、六区、駅東、西の裸地、変電所地域におけるガス量は少なくとも1 P P m前後と考えられる。一の沢地区においては、少なくとも0.2 P P m前後のガス濃度であろう。

県および国における亜硫酸ガスの環境基準は多少の相違はあるものの次のとおりとなっている。

- | | | |
|----------|---|------------------------------|
| ① 県の環境基準 | { | 0.25 P P m以下 / 30分平均 |
| | { | 0.08 P P m以下 / 8時間平均 |
| ② 国の環境基準 | { | 0.2 P P m以下 / 1時間値(99%以上の時間) |
| | { | 0.05 P P m / 1時間値(年平均) |

六区、変電所および一の沢地区のガスの直接あたる所は、当然、環境基準にひっかかることになると思われる。従って、一日も早く、ガス量を減少させる必要があるので、それに対する何等かの方法をとらねばならない。即ち

- ① SO₂ ガス吸収施設の増設又は改善
- ② 高煙突による放煙
- ③ 操業の制限

等が必要であろう。高煙突による放煙については、地形、気流等から必ずしも効果があるかどうか不明であるが、現在のような放煙方法ではガス量を減少させることは、今後とも不可能であろう。

2. 樹木による緑化について

煙害地に樹木を植え緑化を図るには、まず耐煙樹種を決定し、その中から植栽樹木を選び出す必要がある。亜硫酸ガスに強い樹木であっても高木になれない木であっても、将来とも森林仕立はむずかしいことである。又、成長が早く、高木になる木であっても、乾燥地を好むか、湿地を好むか、或いは、寒さに強いか、雪に強いかによって、おのずと樹種は制限される。耐煙樹種ごとの性質については、概略表-22のとおりである。

表-22 樹木の特性

樹種名 諸性質	ス	ヒ	ク	スト	ドイ	ヒマ	イ	シ	ア	ブ	ポ	ト	タイ	サ	ネ	ツ	ツ	マ	ハ	オ	ヤ	コ	エ
	ギ	ノ	マ	ロ	ット	ラ	チ	ダ	オ	ラ	ブ	ゲ	ン	ン	ズ	バ	サ	ン	シ	マ	シ	ブ	ン
耐煙度	△	◎	○	○	△	△	○	◎	○	○	△	○	◎	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○
通常樹高	高	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	中	#	#	#	低	#	高	#	#	#	#
成長度合	普	#	#	#	遅	普	#	早	普	早	#	普	遅	#	#	#	#	普	#	#	#	#	
水分要求度	強	普	#	#	#	強	普	強	普	#	強	普	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
養分要求度	強	普	#	#	強	#	#	普	#	#	強	普	強	普	#	強	普	#	#	#	#	#	
耐寒度	普	強	#	#	#	#	#	#	#	#	#	普	弱	#	#	#	普	強	普	#	#	#	
耐雪度	普	#	弱	強	#	#	普	強	#	普	#	弱	#	#	#	普	弱	#	#	#	#	#	
常葉落葉別	常	#	#	#	#	#	落	#	#	#	#	#	常	#	#	#	#	落	#	#	#	#	
選定樹木	△	○	○	○	○	△	△	△	○	△	△	△	×	×	×	×	△	△	○	○	○	○	

注1. 耐煙度は ◎きわめて強い ○強い △普通

注2. 選定樹木は ○いづれの地域も可 △場所を選定すると可 ×植栽不可

以上の植栽樹木の選定はあくまでも、寒冷多雪地帯の磐梯町を対照にしたものである。実際には、ハリギリ(センノキ)、エンジュ、コブシが、現地の残存植生であるので表-22では、これらについてもものべておいたが、気象、地質等より考えると、緑化樹種としては、あくまでも煙害に強い落葉広樹を選ぶべきである。表-22は、あくまでも調査者の私見によるものである。実際の樹木植栽緑化においては、苗木購入の難易等十分注意して行なう必要がある。

植栽方法は、あくまでも「ていねい植え」とし、植栽後には、施肥、下刈、つる切り、雪おこし等十分なる撫育管理が必要である。いづれにしても、現在のガス濃度では、六区および変電所の樹木植栽、経済林仕立は不可能であると考えらる。

3. 草地による緑化対策

草地による緑化については、緑化方法、即ち、線路周辺の裸地を対象にのべることにしたが最悪環境地(激害裸地)における緑化方法なので、中害地、微害地においても応用出来ると考えている。

- ① 緑化時期は、気象条件を考え、梅雨期の一週間前に行なうことが望ましい。
- ② 緑化地域の土壌改善は、少なくとも1-2年前に行なうことが望ましい。即ち、前の年に石灰 250 g/m² (PH 4.2より 5.5に変えるに必要な量)を混入耕耘しておく。

- ③ 土壤改良のための耕耘方法は、大きな石礫はとり除き、量によっては、側溝を作り、そこに石礫をうめこみ、排水溝とする。その後、石灰を混入し、深さは少なくとも15—20 cmは耕耘する。
- ④ 緑化時の耕耘には、石灰 250 g/m² 肥料はN量で100 g/m²混入耕耘する。この際、裸地では有機質肥料がほとんどない故に、深さ15—20 cmの所にワラを敷き込むか、或いは前もって堆肥を製造混入する。堆肥の製造量は16,500円/1000m³ (5,500円/1トン)とみれば良いが、裸地までの運搬費は別である。
- ⑤ 播種方法は、全面播種とせず、筋まきとする。全面播種は現状ではむずかしい。
- ⑥ 播種量は、牧草の種類により多少は異なるが、普通の鯨程度の巾(10—15 cm)の筋まきでは6—8 g/1 m、植生盤の巾(20 cm)の筋まきでは10—12 g/1 mと多少の増減を行なうことが望ましい。
- ⑦ 牧草の種類については、マメ科のものと、イネ科のものがあるが、イネ科のものを使用する。牧草はほとんど西洋原産のものであり入手も容易であるが、日本産の雑草については、今のところ、ほとんど入手不可能である。
- ⑧ 播種後は、おおいワラを施し、突風による種子の飛散を防ぐ。発芽状態をみて、おおいワラは1/2ほど取り除き、あとはそのままにして有機質肥料源とした方がよい。
- ⑨ 牧草の管理維持については、年1—2回刈取を行なると同時に刈取り時には追肥を施し、牧草の勢力を旺盛ならしめ回復を早める。肥料はあくまでも三要素施す必要があるので、複台化成肥料とする。

IX 煙害地の補償について

1. 煙害地における森林補償について

参考までに国で行なっている森林補償についてのべると次のようになる。即ち、農林省、林野庁では、国有林が煙害を受けた場合に、その被害の査定にあたり、「国有林野鉦害賠償要綱」を作成して、被害調査にあたることになっているが、その内容は、裸地、立木地、人工植栽をした立木地に分けて行なっている。

(1) 裸地の賠償請求額算定式

$$X = (Q - Q') \cdot P + L$$

(2) 立木地の賠償請求額算定式

$$X = (G - G') \cdot A / (1+P)^n + L$$

(3) 人工植栽した立木地の賠償請求額の算定式

$$X = \left\{ D_1 \cdot (1+P)^m + D_2 \cdot (1+P)^{m-1} + \dots + D_m (1+P) \right\} (t_1 + t_2) + L$$

- X : 賠償請求額
 Q : 裸地の時価
 L : 賠償請求額の算定のための調査に要した経費
 G : 想定林の連年成長量
 A : 伐期に達したときにおける 1m^3 あたりの立木価格
 n : 伐期令に達するまでの年数 (ただし伐期に達している場合は 0 とする)
 t_1 : 年度当初の立木度
 t_2 : 年度末の立木度
 D_1, D_2, \dots, D_m : それぞれ、植栽してから現在までの毎年の造林費を評価時現在の時価に換算した価格

X あとがき

今まで、磐梯町における煙害の調査結果について述べてきたが、この原稿は、日曹金属 K・K に対する報告書として昭和 45 年 2 月に作成したものを、一部手直ししたものである。従って、データの中には古くなったものや、色々不備の点があると思うが多少なりとも参考になれば幸いである。

なお、調査にあたり色々御指導御鞭撻をいただいた日曹金属 K・K の関係各位、現船引中学校星稔男氏には厚くお礼を申し上げる次第である。

参 考 文 献

- | | | | |
|-----|-----------------|--------------------------------------|---------------|
| 1) | 門 田 正 也 | 大気汚染物質による植物の生理障害
大気汚染研究第 2 卷第 3 号 | 1968 |
| 2) | 門 田 正 也 | 林帯による大気汚染軽減効果 | 空気浄清 № 6 1968 |
| 3) | 朝 日 新 聞 社 | 亜硫酸ガスの環境基準 | 朝日新聞 1969・2 |
| | | 亜硫酸ガス基準に怒る市民 | “ 1969・4 |
| | | 環境基準に対する企業の気構え | “ “ |
| 4) | 虎 口 功 | 尾小屋鉦山山林煙害調査報告書 | 1947・5 |
| 5) | 黒 岩 菊 郎 | 尾小屋鉦山煙害調査報告 | 1960・10 |
| 6) | 民 報 新 聞 社 | 福島県民報年鑑市町村史 | 1966 |
| 7) | 浅 川 照 彦 | 大気汚染の実態と公害対策 | 1967・11 |
| 8) | 大気汚染金国協議会 | 大気汚染年報 大気汚染研究第 1 卷第 3 号 | 1967・3 |
| 9) | “ | 大気汚染の測定 | 1962・9 |
| 10) | 福 島 県 企 画 開 発 部 | 公害の現況とその対策 | 1966・5 |
| 11) | 福 島 県 | 福島県公害防止条例 福島県条例第 55 号 | 1969・10 |
| 12) | 福 島 県 農 地 林 務 部 | 民有林適地適木調査報告書 | 1959・3 |

13)	福島県農地林務部	県森連だより(木材市況)	林業福島	1968・12
14)	千葉県農林部	京葉臨海工業地帯保安林整備調査報告 第1報		1964
15)	千葉県農業試験場	煙害に関する調査研究		1965・3
16)	三重県農業試験場	農作物の煙害に関する調査研究		1966・1
17)	岡山県農林部	倉敷市福田地区い草被害および原因調査		1965・9
18)	内田正也	大気汚染と植物被害 — ことにSO ₂ による不可視害について —		1966
19)	岡山県林業試験場	アカマツ針葉の異常変色原因究明調査報告書		1967
20)	岡山県林業試験場	木島地区における森林被害徴候追跡調査 および耐煙樹種に関する実態調査実施要領		1967
21)	茨城県林業試験場	公害調査 茨城県林業試験場報告		1968
22)	三重県林業技術センター	SO ₂ 排ガスの林地土壌におよぼす影響		1966
23)	立谷寿雄	農作物の煙害と被害軽減策 農業技術		1964
24)	山下他4名	横浜、川崎地区の大気汚染と樹木(葉)の イオウ含量との関連性 日本分析化学会		1968
25)	岡山県林業試験場	アカマツ針葉の異常変色原色究明調査報告書		1969
26)	三重県農業試験場	農作物の煙害に関する試験成績の概要		1966・1
27)	岡山県農林部	倉敷市福田地区い草被害および原因調査報告		1966・9
28)	加藤多喜雄	公害 講演集		1966・2
29)	門田正也	公害 造林ハンドブック		
30)	神奈川県	アルカリ汚紙による大気汚染の測定法 大気汚染調査研究報告		1961・12
31)	中島他4名	樹木の煙害に関する研究(第1報) 福岡県林業試験場時報		1970・3
32)	山崎孝雄	足尾煙害地と復旧事業 林業技術		1959・8
33)	農政調査委員会	公害防止植栽 体系農業百科辞典		1967・12