

琉球大学学術リポジトリ

大気汚染による沖縄の樹木被害（予報） 一実態調査およびSO₂くん煙実験一

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄農業研究会 公開日: 2009-01-29 キーワード (Ja): 大気汚染, 粉塵, リュウキュウマツ, モクマオウ キーワード (En): SO ₂ 作成者: 大宜見, 朝榮, 城間, 盛靖, 上間, 三雄, Ogimi, Choei, Shiroma, Moriyasu, Uema, Mitsuo メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015334

大気汚染による沖縄の樹木被害（予報）

— 実態調査およびSO₂くん煙実験 —

大宜見朝榮・城間盛靖・城間三雄

（琉大農学部森林保護教室）

Choei OGIMI, Moriyasu SHIROMA and Mitsuo UEMA; Studies on the tree-damages caused by air-pollution in Okinawa-Island (Preliminary report). On the actual reserches and the fumigating examination by the SO₂.

I はじめに

一環境区に生立する植生は、大気汚染に感応し、それによって起こる各組織、器管の変調あるいは、個体の枯死症状などの観察調査は、大気環境のパロメーターとして重要な資料となる。特に永年生植物である樹木は、慢性的、広域的な被害をこうむる点において特性を有するものであり、従って環境公害としての大気汚染の程度を認識する上で着生こけ類につぐ最適の指標植物であるといえる。

大気汚染による樹木被害の症状としては、可視害（急性害・慢性害）、不可視害に分けられているが、公害面での環境規準、濃度規制が厳しくなり、従って発生する被害は低濃度、慢性被害が予想され且つ、汚染物質は各種多様でその複合作用であるといわれるが、樹木に及ぼす影響については、今後の研究課題であるとされている。しかし近年、本邦各地から大気汚染による樹木の衰退現象の諸調査および各種の単一汚染物質と樹木との接觸試験の報告が相続している。

空と海の対照の美で代表される沖縄においても、主要な大気汚染物質および汚染物質の中、植生に影響を与えるものとしては、SO₂（石油精製工場、火力発電所、製糖工場等の各種工場で消費される重油）、粉塵（セメント工場、砕石工場、バカス工場等）、自動車および各種工場からの燃料の不完全燃焼により排出されたガス体（CO、NO、C—H等）およびその光化学的反応、連鎖反応の生成物であるOxidant中のO₃、PAN等、また、HF（磷酸肥料工場、陶器、ガラス工場等）等があげられる。

こゝ数年、沖縄では各種公害の実態調査が進められ、

本論文の要旨は昭和49年6月、第12回沖縄農業研究会総会で発表した。

その対策に躍起となっているが、大気汚染による樹木被害については、これまで何らの資料も見当たらない様に思われるので筆者等は、先ず沖縄における唯一の操業を誇る琉球セメント工場、（名護市字安和在）周辺樹木の被害実態調査および2、3樹種幼苗のSO₂くん煙による急性害症状を知るための予備試験を本学構内において実施したので、その概要を報告することにした。

II 調査および実験の方法

A. 琉球セメント工場周辺の樹木被害調査の場合

1. 実施時期等一昭和46年8月に予備踏査を行い、昭和47年10～11月に本調査を実施し、樹木の被害状況調査、樹葉の粉塵量およびSO₂濃度を測定した。
2. 粉塵付着量の測定—あらかじめ選定しておいた樹木を、ガーゼを用いてよく清拭し、1カ月後その葉を採取して持帰り、付着した粉塵を落とさぬ様に注意しながら1枚宛、化学天秤で秤量し再びぬぐいさって秤量した差を算出し、葉の単位面積当りの堆積量を調べた。葉面積はグラフ用紙（1mm方眼）を用いて計測した。
3. SO₂濃度測定—北川式検知紙を使用し、風向と工場から距離等を考慮に入れ、工場周辺に10地点を設定し、一地点2、3回計測して、その平均値を求めた。

B. 2、3樹種幼苗のSO₂くん煙試験の場合

1. 実施時期—昭和47年11月に行った。
2. 供試樹種—ソウシジュ（3年生）、リュウキュウマツ、モクマオウ、シンノウヤシ、ワシントンヤシ（以上各2年生）。いずれも20cmポリポットにあらかじめ数本あて移植、十分に活着したものを使用した。

3. 試験区(濃度区分) —12.5, 7, 4.2, 1.8, 0.8, 0.3 各ppmおよび対照区の7区とした。

4. SO₂発生装置、濃度測定法など—高さ160 cm, 巾150 cm, 奥行き100 cmのビニールボックス内において、各供試ポットを高さ20 cmの台上に載せて、20% NaHSO₃と20% H₂SO₄の両液を所定量混合してSO₂ [2NaHSO₃+H₂SO₄→Na₂SO₄+2H₂O+2SO₂]を発生させた。この際SO₂は、空気より重いので、ビニールボックスの上から投入し、また、SO₂濃度の均一を図る目的で、ガス投入口の真下に扇風機を上向きに設置した。時間の経過と共に濃度は減少してゆくので、5分毎に測定し、濃度が減少するとまた、両液を所定量混合して、濃度を可及的に一定にする様に努めた。処理時間は、急性害の症状を早く知るため60分間とし、同化作用の盛んな11~14時の間にくん煙を実施した。濃度測定には、12.5~1.8 ppmまでは、北川式検知管、0.8, 0.3 ppmでは、北川式検知紙を使用した。なお、濃度測定位置は、平均苗高の2/3高の相対する2点で同時に測定しその平均値をとり、更に5分おきに測定した全体の平均値を求め、その試験区の濃度とした。濃度の平均値をMとすると各試験区とも濃度Mに±αの誤差がある。すなわち12.5~4.2各ppmの場合α≤1, 1.8~0.3各ppmの場合α≤0.2。

実験後8日目の耐煙性を主に肉眼的特徴で対照区と比較検討した。

Ⅲ 調査結果および考察

1. 工場周辺の樹木の被害について

工場周辺の樹木類は、概して白く粉塵が堆積している。樹勢はモクマオウを初め数種を除き、非汚染地域と比較して不良である様に思われた。

リュウキュウマツは特に被害をこうむり、工場近くのものは大木が枯死するものも見受けられ、また一部の大枝、小枝、下枝等の枯死が認められた。これらの被害は工場より500 m離れた地点でも本症状が認められた。この現象は、単にセメント粉塵によるもの、あるいは、燃料源である重油に起因するものというよりは、これらの相乗作用によるものと推定されるが、いずれにしろ大気汚染の指標植物として、リュウキュウマツは先ず筆頭にあげられる樹木であるように思われた。

ソウシジュは葉が小形、下枝葉が脱落する傾向があり、新芽が変形したり、葉半分の枯死症状がみられたり、葉の退色が一部確認された。

モクマオウは、いわゆる葉が、健全葉と比較して若干

短小であるようにみられたが、それ以外は、殆んど異常が認められないように思われた。

庭園樹では、ビワの葉枯れが目立ち、ザクロは花の変形、枯れが認められた。

全般的に公害を受けた樹木は、鎬木(1930)がのべているように梢頭部が鈍化し、早くから老木型となり、樹冠も扁平化し、枯死が多い。また、葉形は、一般に短小で、着性葉量も少ない。

予備踏査および本調査において、リュウキュウマツの一部に葉ふるい病、ソウシジュを主とする2, 3樹種にスズ病、カイガラムシ、アブラムシ等の寄生が見受けられたが、千葉(1971a)は、これらの病害虫は、大気汚染との関連を暗示する実例であり、これら病害虫によりさらに被害を助長することになり、またその存在は指標病害虫として今後利用する事も可能であろうと記している。

ガジュマル、オオハマボウ、センダン、ヤシ類、クロトン等は、外見では全く異常が認められないが、不可視害か全く影響を受けないものか否かは、鎬木が論じているように葉の化学分析、検鏡の結果で判明するものと思われる。いずれにしろ、これらの樹種は耐煙性、耐塵性に富むように思われた。

粉塵付着量の測定結果は、第1表の通りであった。測定時期が、秋期であったために季節風の影響で平均して工場の南、南西側地域の樹葉上に多かった。

さて、横川ら(1969)の日本セメント埼玉工場および秩父セメント第1工場周辺での樹葉降灰量の測定値との単純比較では、樹種が異なるとはいえ、琉球セメント工場周辺の葉上堆積量は、平均約2倍の高値を示している。その理由については、琉球セメント工場周辺に散在する砕石工場の石粉の飛来付着も多分に考慮され、さらに、調査地域近くの公道を走行する車両による路面上粉塵の襲来、付加堆積も見逃せないものであると推定された。

降灰量の多い地域と樹木の被害程度は、ほぼ一致しているように思われ、汚染源である工場からの距離別では、距離が遠くなる程、被害は概して軽微になる様であった。因みに工場周辺の民家屋根瓦にも、粉塵の堆積固着が見られ、セメント粉塵は土壌pH値に変動(アルカリ化)を与えているものと考えられ、現植生および二次植生の生育に及ぼす影響は否定できないと思われた。

工場周辺のSO₂濃度測定結果は、第2表の通りであった。粉塵量同様季節風の影響でSO₂濃度は、工場より南、南西地域に高値を示した。

埼玉県下での前記2セメント工場周辺での横川らのSO₂濃度測定値との単純比較では、およそその1/5~

表 1 降 灰 量 (堆 積 量)

測 定 地	樹 種	表 面 積 cm^2	$mg/枚$	mg/cm^2	
SW※	400※※	オオハマボウ	238.0	247.20	1.385
SSW	300	ガジュマル	35.97	38.93	1.057
SW	200	オオハマボウ	111.4	192.63	1.711
WSW	250	シバニッケイ	51.0	80.10	1.570
W	100	ミカ ン	26.0	9.7	0.380

- 注) 1. 工場からの方向 ※工場からの距離 (m)
 2. 本表記載以外の樹種については、2, 3 樹種の葉を一括して堆積量を取りまとめたために省略した。

表 2 SO_2 濃 度 測 定 結 果

測定地 (工場からの方位, 距離)		SO_2 濃 度 ppm	風 向
NE	150 (m)	—	N
NW	200	—	〃
W	100	0.010	〃
SW	200	0.025	NNW
SW	300	0.016	N
SW	400	0.008	NNE
S	300	0.010	N
S	100	0.010	〃
E	200	—	NNW
SE	400	0.010	N

1/10値であった。その理由については今後、調査、測定を重ね究明してゆく必要があるものと思われる。しかし本測定結果から判断すると、この程度の低濃度の SO_2 量でも、慢性化した場合、粉塵の影響と相まって、かなり植生に被害を及ぼすものと思われる。

2. 樹木幼苗の SO_2 急性害症状について

耐煙性は、モクマオウ、ヤシ類（シンノウヤシ、ワシントンヤシ）が最も大であり、ついでソウシジュ、リュウキュウマツの順であった。この耐煙性は、琉球セメント工場周辺のモクマオウ、ソウシジュ、リュウキュウマツの被害順位と一致する。

モクマオウ、ヤシ類は、高濃度12.5 ppm でも対照区

と殆んど変わらないようである。ちなみにヤシ類については、シンノウヤシ、ワシントンヤシ、アレカヤシ、トックリヤシモドキについて、休眠期の2月（昭和48年）に、20,30各ppm のくん煙実験の結果でも何ら異常が認められなかった。

リュウキュウマツは、12.5ppm では激しい被害をこうむり、処理後8日目では、100%枯死、7ppmでは、65%、4.2ppmでは、12%のの枯指がみられた。しかし1.8, 0.8各ppmでは、枯損木はなく、針葉先端部の枯れが認められた程度であり、0.3ppmでは、肉眼的に健全木（対照区）と全く差がなかった。

リュウキュウマツの被害症状は、一般に針葉先端部から淡黄色となり、次第に葉梢部に進み後、褐色化する。しかし高濃度で処理した時は、葉身全体が淡黄色になり

軟化し次第に褐色壊死する。新芽は軟化するが被害の拡大が非常に遅い。なお陽樹リュウキュウマツの日蔭に生育させた材料もあったので供試したが、被害は陽地に生育したいわゆる健全幼苗に比較して早く表われ、葉は黄白色を呈し、全針葉が軟化垂下し枯死する傾向がみられた。

ソウシジュは、高濃度 12.5ppm では処理後 8 日目まで 30% が枯死し、残り 70% は樹勢が著しく衰退し、成葉面 2/3 以上が淡緑色になり軟化し、更に後になって次第に被害範囲が拡大して全葉面に及ぶものもあり、これらの中、褐色壊死し落葉するものも現われる。新葉の被害は成葉ほどではない。7.4, 2各ppmでは、葉に多少の被害症状が見られたが、枯損木はなかった。1.8ppmでは、被害は非常に少なくなり、0.8 および 0.3 各ppmでは全く対照区と変わらない。被害をこうむったソウシジュの葉は、淡緑色の斑点が表われ、これは漸次大きくなり褐色化する。また、葉の中間部に被害部が認められると、葉先端部に向けて急速に褐色壊死斑を形成する。

リュウキュウマツ、ソウシジュ共に一般的な症状として、成熟葉、旧葉(古葉)に最も早く被害を受け、ついで新葉、新芽の順である。この現象は、呼吸作用、同化作用の旺盛な葉ほど SO_2 を吸収する量も多いためではなからうかと推定された。また、 SO_2 くん煙実験後のリュウキュウマツ、ソウシジュの葉を検鏡した結果、被害症状部の細胞の大きさは、正常細胞より小さく、また葉緑粒の破壊も大きい。この所見は、外徴の程度と相関関係があるように思われた。

SO_2 くん煙実験装置は、貧弱であり、ビニールボックス内の濃度、湿度を厳密に所定量に保つことはできなかった。また、本くん煙実験は、大部分11月に実施したものであるが、日本本土における 2, 3 樹種の季節別 SO_2 の感受性について調査した井上(1969, 1970)は、いずれの樹種とも 7, 8 月に感受性ももっとも高く、5, 6 月がこれにつき、生長終期の 10, 11 月になると抵抗高性がまり、生長停止期の 1, 2 月に最も抵抗力が高い。但し、樹種自体の抵抗性の順位は、季節によっても変動は認められなかったと報告していることから、本くん煙実験の結果および琉球セメント工場周辺の被害調査結果と相まって、耐煙性の順位については一応の目途づけがなされたものと考えられる。さらに慢性害の影響調査と急性害症状の発現調査結果から樹木の耐煙性の順位は、ほぼ一致していることが判明したが、このような傾向については、中島ら(1972)も、福岡県における SO_2 接觸試験の結果から確認している。すなわち、急性害と慢性害の間にある相関性があり、さらに SO_2 を汚染質とする樹

木の慢性害の耐煙性については、急性害の試験結果から推定することも矛盾ではないようであると言及しており、筆者等の試験、調査結果もこれを肯定するものであり、非常に興味ある現象と思われた。

IV おわりに

本調査、試験の方法は、かなり粗略なものではあったが、極めて興味ある資料を得ることができた。結果の摘要はつぎの通りであった。

- 1) 大気汚染に感受性の高い指標植物としてリュウキュウマツは先づ筆頭にあげることができ、ついでソウシジュをあげることができる。
- 2) モクマオウについては、慢性被害ではいわゆる葉の短少化の傾向がうかがわれたが、樹勢は非汚染地域に比較して殆んど差違がなくかつ高濃度の急性被害でも何ら異常が認められないことから耐煙性、耐塵性に富むものと思われた。
- 3) 工場周辺の慢性害の影響と思われる樹木被害踏査からガジュマル、オオハマボウ、クロトン、センダンは耐煙性が強いように思われた。しかし、ビワ、ザクロ等の庭園樹は抵抗力が弱い様に観察されたが、土壌条件との関係も考えられるのでこれについては、今後解析してゆきたい。
- 4) シンノウヤシ、ワシントンヤシ等 2, 3 ヤシ類は抵抗力が大である。
- 5) 汚染地域においてはリュウキュウマツの葉ふるい病、ソウシジュ等 2, 3 樹種にスズ病、アブラムシ、カイガラムシの寄生が観察されたが、これら病害虫については、内外からの報告で指摘されているように、大気汚染の指標病害虫としての可能性が大であるように思われた。
- 6) 供試樹種の SO_2 による急性害症状の発現と同樹種の工場周辺の慢性害調査結果から、樹木の抵抗性の順位は、両者はほぼ一致することが判明した。すなわち SO_2 を汚染質とする樹木の耐煙性については、急性害の試験結果から推定することも矛盾ではないように思慮されたが、さらに多数の樹種についてその相関性を追求していく必要があると思われる。

参 考 文 献

- 1) 千葉 修 1970. 大気汚染による樹木の被害. 植物防疫24 (12) : 519~522.
- 2) _____ 1971a. 樹病学. 地球出版 : 204~214

- 3) _____ 1971b. 大気汚染と樹木. 山林 104: 1~7.
- 4) 福地暎昭 1971. 公害と住民運動—公害を追放しよう—. 公害防止対策協議会.
- 5) _____ 1971. 沖縄の公害—その実態と対策—. 公害防止対策協議会.
- 6) 伊藤一雄 1971. 樹病学大系 I: 194~195. 農林出版
- 7) 鎬木徳二 1930. 植物の煙害・植物の生長と風: 1~39. 岩波書店
- 8) 国土緑化推進委員会 1972. 公害と緑化.
- 9) 中島康博・萩原幸弘・小河誠司 1972. 樹木の煙害に関する研究 第2報 — SO₂による急性被害症状について—. 福岡県林業試験場時報 22: 1~25.
- 10) 山家義人 1973. 東京都内における樹木衰退の実態. 林業試験場研究報告275: 101~107.
- 11) _____ 1973. 東京における樹木の衰退. 山林 1075: 1~5.
- 12) 埜田 宏 1974. 環境汚染と指標植物 共立出版.
- 13) 横川登代司・長谷部真一・高橋広明 1969 樹木公害に関する研究—樹木公害の実態調査について (1). 埼玉県林業試験場報告: 1~14.
- 14) 井上敏雄 1974. 大気汚染と樹木被害 森林航測. 102:17~20