

芦生演習林の気象観測資料の解析（1）

—事務所構内と長治谷の観測所の比較解析を中心に—

安藤 信・登尾 久嗣・窪田 順平・川那辺 三郎

Analysis of the Meteorological Data in Ashiu (1)

—Compare the Observation Data of Jimusho at about 360 m
and Chojidani at 640 m above sea level—

Makoto ANDO, Hisatsugu NOBORIO, Junpei KUBOTA
and Saburo KAWANABE

要 旨

1) 京都大学芦生演習林の70年間の気象観測資料から気温、湿度、降水量、積雪の各項目について検討を行った。

2) 芦生観測所の気象は、最近15年間の観測結果から年平均気温（9時）は11.0℃、真夏の最高気温（極）は34℃、真冬の最低気温（極）は-10℃前後となり、年平均湿度（9時）は83%、年降水量は2370 mm、降水日数は173日、最大積雪深は108 cm、積雪日数は88日となった。京都市内に比べて、年平均気温（9時）は4℃低く、夏の最高気温は1℃、冬の最低気温は5℃低く、冬期の気温の低下が著しかった。年降水量は800 mm以上多く、年降水日数は1.5倍となり、湿度は年間を通じて10%以上高くなり、ともに冬期にその差が大きくなった。

3) 芦生観測所より海拔高が277 m高い長治谷観測所では、年平均気温（10時）は2℃、真夏の最高気温は5℃、真冬の最低気温は4℃低かった。冬期の降水量は50 mm/月多くなり、年降水量は400 mm多かった。最大積雪深は200 cmを超え、積雪日数は40日多くなった。

4) 芦生観測所と京都府下の京都気象台の各観測所の観測結果を比較すると、芦生は年平均気温は低く、年降水量は多く、最大積雪深は大きかった。15 km離れた美山観測所より年平均気温は2℃低く、年降水量は400 mm多く、最大積雪深は70 cm大きかった。

5) 芦生では降水量、積雪などの気象観測値が異常値に達することが多く、特に夏期の集中豪雨に起因する気象災害が多発した。

6) 日降水量100 mm、総降水量200 mm以上となると、車道、林道、軌道では崩壊が起こり易く、日降水量200 mm以上では由良川は危険水位となり、道路、建物、諸施設の被害は激甚となった。雪による被害は最大積雪深が150 cm以上、積雪100 cm以上の日数が20日を超えると建物や道路の崩壊などの被害が現れはじめ、特に185 cmを超え、日数が50日以上になると被害が大きくなった。

第1章 はじめに

自然を対象とする試験研究の場合、その調査結果を考察する上で気象データは必要不可欠なことが多い。京都大学芦生演習林は大正10年(1921)に設置され、現在にいたる約70年間に林学、林産工学をはじめ、多くの分野の研究者によって活用されてきた。演習林では設立当初より、気象観測を日常業務のひとつとして続けてきた。そして、その結果についてはとりまとめ、気象報告^{11)~16)}として発刊している。近年、観測機器の多くが自動化、精密化され、またここ20年間、執筆者の一人が直接観測にかかわることができた。そこで本報告では現在までの芦生演習林の気象観測の総括として、演習林事務所構内と試験研究並びに学生実習の中心となる長治谷実習施設の気象観測結果をもとに、芦生の気象の概況について考察を加えることにした。まとめるにあたって、関連資料の収集と整理に協力していただいた多くの演習林職員と美山町教育委員会、建設水道課に対し、記して感謝の意を表す。

第2章 観測地の概況と観測方法

芦生演習林(京都府北桑田郡美山町芦生)における気象観測の沿革^{11)~17)}を表1に、観測が行われた芦生、中山、長治谷観測所の位置関係と地形を図1、図2に示した。

芦生観測所は事務所構内(海拔高355~591 m)の下部にあり、暖帯落葉広葉樹林帯域に入る。南東から流れる由良川本流に北から内杉川が合流する谷間に位置し、南西とやや離れて西側は山となり、建物群にも近い。中山、長治谷観測所は事務所から北東に直線距離で約5 km、海拔高はそれぞれ627 m、640 mの温帯落葉広葉樹林帯域¹⁸⁾に入る。中山観測所は東西に流れる由良川沿いの旧苗畑わきで、南側は山が迫っている。長治谷観測所は東、南側は疎開した芝地である。このように3観測所ともに演習林内では比較的疎開した平坦地であるが、太陽高度が低い季節には時刻によって周囲の山々に太陽光線が遮られることが多い。

演習林設立後間もない大正14年に芦生観測所、昭和4年に中山観測所において気象観測が始まった。芦生観測所は戦前は、構内建物の新築に伴い、たびたび移転し、事務所周りの旧観測所に設置されてから約50年間はこちらで観測が続けられた。そして昭和61年、総合気象観測装置の導入によって現観測所に移転した。中山観測所は昭和10年の実習施設の移転によって、2年後に長治谷観測所に切り替えられた。中山、長治谷では職員が常駐して昭和33年12月までの約30年間観測が続けられた。

演習林における観測方法は昭和3年(1928)の演習林概要¹²⁾に記載されている「気象観測並びに気象月報記載方」に基づき、現在までその方法に準じて行われてきた。すなわち観測項目は気温、湿度、地温、降水量、雲量、積雪深、

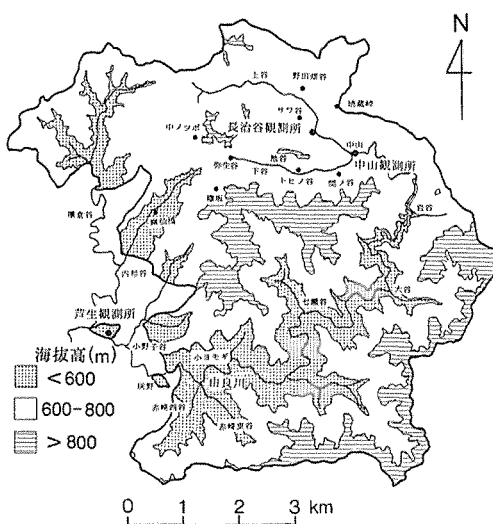


図1 気象観測所の位置(その1)

表 1 芦生演習林気象観測沿革

大正

14. 1 芦生観測所（北緯35°18′ 東経135°43′ 海拔高357m）の観測開始，一回観測（午前10時）
気温，湿度，地温，降水量，雲量，積雪深，天気，雑象，季節

昭和

3. 1 風向及び風速の観測開始（芦生観測所）
3. 9 演習林の「気象観測並びに気象月報記載方」改正
4. 5 中山観測所（北緯35°20′ 東経135°46′ 海拔高627m）の観測開始，一回観測（午前10時）
気温，湿度，地温，降水量，風向及び風速，雲量，積雪深，天気，雑象，季節
4. 6 日照時間の観測開始（中山観測所）
6. 7 水蒸気の張力の記載開始（芦生，中山観測所）
7 芦生観測所の移転（海拔高359m）
8. 1 蒸発量の観測開始（中山観測所）
8. 3 気圧の観測開始（芦生観測所）
9. 6 芦生観測所の移転（海拔高358m）
9. 7 蒸発量，日照時間の観測開始（芦生観測所）
10～13 中山，長治谷付近，サワ谷，間ノ谷の気象観測
11 森林と洪水との関係の研究（京都大学演習林）
12 芦生観測所の移転（海拔高363m）
12. 6 長治谷付近の凍害報告（京都大学演習林）
12. 12 中山観測所の観測中止，長治谷観測所（北緯35°20′ 東経135°46′ 海拔高640m）の観測開始
18. 6 微細気候に関する試験（京都大学演習林）
25. 8 台風の森林に及ぼす影響とその対策（京都大学演習林）
28. 1 京都地方気象台において区内観測所の観測時刻を午前10時から午前9時に変更
28. 1 芦生観測所に雨量計の設置（京都府）
28 演習林内の観測施設届（芦生，長治谷観測所）
29. 9 北桑災害誌発行（北桑災害誌刊行会）
30. 6 気象観測時刻を午前9時（一回観測）に変更
32. 3 由良川水系地区水文調査報告書（京都府）
33. 12 長治谷観測所の観測中止
38 樺坂に雨量計の設置（近畿地方建設局福知山工事事務所）
39 芦生観測所整地芝張り
40. 12 長治谷付近に雨量計の設置（関西電力）
51. 1 演習林における観測項目の変更，共通観測項目は気温，湿度，降水量，積雪深，天気，雑象
51. 1 気象観測（気温，湿度，降水量）を自動化
54. 4 長治谷観測所において気温，湿度，降水量（自記記録計）の観測再開
56. 12 長治谷において積雪深の観測再開（無電源地用超音波積雪深計）
59. 7 気象観測並びに気象月報記載法の一部改正
59. 5 事務所構内において総合気象観測装置による気温，湿度，降水量，積雪深，気圧の観測開始
61. 1 芦生観測所の移転（北緯35°18′ 東経135°43′ 海拔高356m）10分毎測定，9時通報

* 芦生観測所の海拔高は現在使われている地形図（1/5000）を用いて補正した。

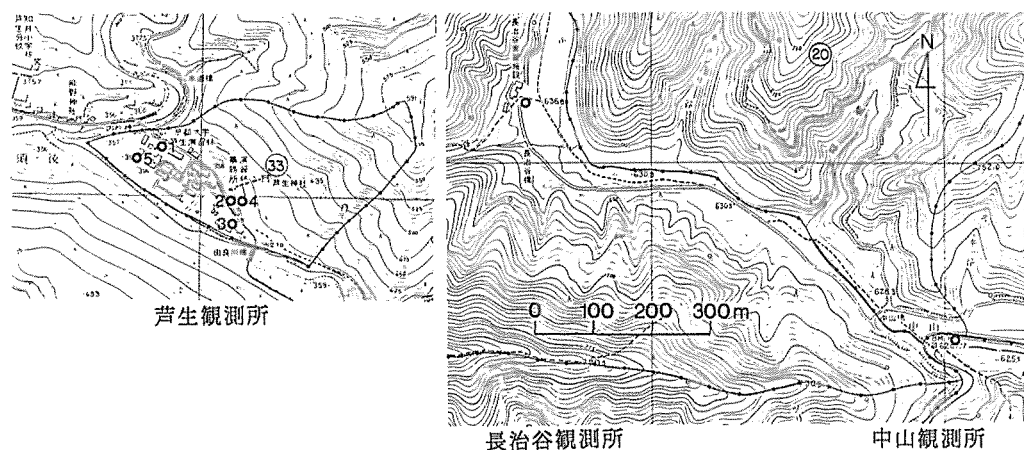


図2 気象観測所の位置（その2）

芦生観測所

- 1 大正14年－昭和7年（1925－1932）
- 2 昭和7年－9年（1932－1934）
- 3 昭和9年－12年（1934－1937）
- 4 昭和12年－60年（1937－1985）
- 5 昭和61年－（1986－）

中山観測所

昭和4年－12年（1929－1937）

長治谷観測所

昭和12年－33年（1937－1958）

風向及び風速，天気，雑象，季節であり，その後，日照時間，水蒸気の張力，蒸発量，気圧などの項目が追加された。地上高約1 mの百葉箱（2号型）内で最高最低寒暖計，乾湿計による定刻気温，湿度，水蒸気の張力と，前日の最高気温，当日の最低気温を測り，隣接地の地上高0.2 mに設置したトタン，亜鉛あるいは銅製の雨量計によって前日の降水量を測定した。冬期には雪を溶かして測定している。同時に鉄管地中寒暖計，風向，風速計，積雪測定杭によって，深さ0.3 mと1.2 mの地温，地上5.6 mの風向及び風速，積雪深を測り，目測で雲量を10段階で記録した。日照時間，蒸発量，気圧などの項目については，ジョルダン日照計，トタンあるいは銅製の蒸発計，アネロイド晴雨計などが用いられた。これらの観測は午前10時一回の観測であり，さらに全日中の天気と，雑象，生物季節などを記載した。観測時刻は昭和30年に午前9時となり，現在も変わっていない。気温，湿度，降水量の測定には，昭和の早い時期から自記記録計が導入されているが，実際の観測には使われていない。芦生演習林では昭和50年1月から新規の自記雨量計の設置に伴い，降水量の測定位置は地上高1.2 mとなり，温度，湿度についても自記記録計を併用し，降水量，最高最低気温の記載を0－24時制に改正した。また同年には演習林全体の観測項目の見直しによって，共通観測項目は気温，湿度，降水量，積雪深，天気，雑象となった。昭和59年にも観測法，記載法が一部改正され，同年芦生観測所では総合気象観測装置による気温，湿度，降水量，積雪深，気圧の観測が始まった。白金測温体温度計，毛髪湿度計，ヒーター付き転倒ます式雨雪量計，超音波積雪深計，アネロイド型気圧計によって測定された観測値は，6打点型電子式記録計で記録し，同時にデータ集録装置によってバブルカセットに記憶し，計算機で10分ごとの観測値を打ち出し，統計処理する完全自動化が完成した。昭和61年からこの総合気象観測装置への切り替えによって，降水量の測定位置は地上高1.8 m，気温湿度測定は可変式百葉箱（6号型）によって夏期には地上高1.2 m，冬期には1.7 mになった。このように芦生演習林の気象観測は現在まで精力的に続けられてきたが，特に測定器具の調達が困難であった観測開始期，戦中戦後の混乱期，あるいは観測者の交代時には多くの欠測がみられることも実状で

ある。

以上演習林の気象業務として行われてきた観測について述べたが、演習林では過去から林内各所で試験研究の目的から気象の観測が行われてきた。その内のひとつは昭和9年から13年にかけて中山、長治谷付近、サワ谷、間ノ谷で行われた観測である。ここでは気温、湿度、地温、降水量、雲量、天気などの測定が行われた。もうひとつは昭和50年代からの林内微気象の観測である。長治谷観測所では昭和54年から気温、湿度、降水量（溶液型雨雪量計）の測定、昭和56年より大型電池を用いた無電源型超音波積雪深計による積雪深の測定（日4回観測）、第20林班地蔵峠では昭和57年から60年にかけて天然林内の気温、湿度、降水量、蒸発量、地温の測定、第6林班樺坂では昭和60年から昭和63年にかけて降水量の測定¹⁹⁾が行われた。また演習林以外でも、京都大学林学教室によって第4林班中ノツボ上部、第19林班上谷、野田畑谷における気温、湿度、降水量などの測定、第5林班幽仙橋上部、第16林班弥生谷、トヒノ谷の降水量などの測定、あるいは防災、その他の目的から芦生観測所、樺坂、長治谷付近で京都府、建設省、関西電力による降水量の測定などが行われてきた。これらの測定は主に自記観測装置を用いて行われたが、超音波積雪深計による積雪深の観測以外はいずれも冬期の観測が欠如している。当地のような裏日本型のかつ山岳気象を把握するためには、特に冬期間の観測は不可欠であるが、無人のため、また電源がないため、観測は至難を極めている。

本文では演習林で行われた観測結果について解析し、その他のものを参考にした。なお気象用語については山田^{20), 21)}、日本放送協会²²⁾を参考にした。

第3章 芦生演習林の気象

3-1 事務所構内の気象

芦生演習林の事務所構内の気象を概説するために、芦生観測所の昭和45年12月から昭和60年12月までの最近15年間の観測値^{8)~10), 15)}を用いて、気温、湿度、降水量、積雪深の各項目の検討を試みた。ここでは同様の測定方法で気象観測を行っている京都市内の演習林本部試験地（京都市左京区北白川追分町）の観測値^{8)~10), 23)}も比較のために示した。

イ) 気温と湿度

9時観測の平均気温、月最高、最低気温の極値の月別変化を図3に、9時観測の平均湿度と日較差の月別変化を図4に示した。

芦生では平均気温は1、2月に低く -1°C 前後となり、3月から4月にかけての気温の上昇が著しかった。7、8月に 23°C 前後で最も高くなり、9月に入ると 20°C を割り、11月にかけて大きく気温は低下した。本部試験地の値と比較すると、季節とは無関係に 4°C 近く低い値を示し、年平均気温は本部試験地が 14.9°C であったのに対し、芦生では 11.0°C となった。

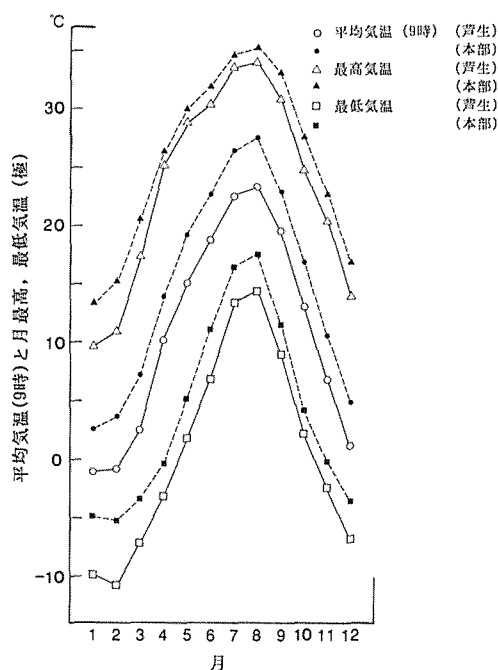


図3 平均気温（9時）と最高、最低気温（極）

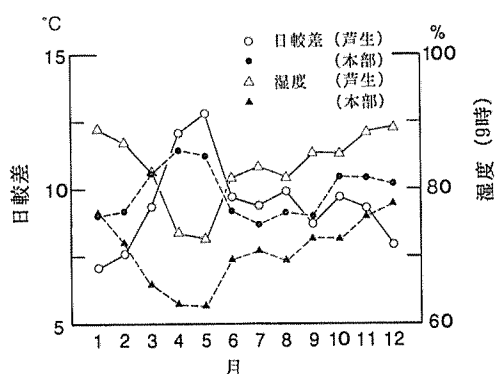


図4 湿度と日較差

4月から8月は大きい値となり、9月から3月は小さくなった。また本部試験地では4、5月と、ピークは小さいが10、11月の年2回、日較差が大きくなり、夏と冬の値の差が小さく、芦生と異なった季節変化を示した。

湿度は4、5月に73%前後となり、最も低く、その後は8月にやや低下するが、上昇を続け、11月から1月には90%近い値となった。本部試験地と比較すると、その季節変化に違いはみられないが、年間を通じて10%前後高い値となり、冬にはその差はさらに大きくなる傾向がみられた。年平均湿度は本部試験地の71%に対し、芦生では83%となった。

ロ) 降水量と降水日数

芦生観測所の月降水量と日降水量1mm以上の降水日数の月別変化を図5に示した。

降水量は冬の1、2月、梅雨期の6、7月、秋雨期の9月に200mm/月を超え、最も少ない4、5月でも150mm/月近い値となった。本部試験地に比べ、年間を通じて降水量が多く、特に冬期には100～200mm/月の違いがみられた。その結果、年降水量は本部試験地の1508mmに対し、芦生では2370mmとなった。

降水日数は5月と8月に10日/月前後で比較的少なく、12月から3月には15～20日/月となり、冬期に特に多かった。本部試験地では6、7月に12日/月前後と最も多く、冬期を中心に10日/月に満たない月が多かった。その結果、年降水日数は本部試験地の107日に対し、芦生では173日となった。

ハ) 積雪深と積雪日数

芦生観測所の月最大積雪深と積雪1cm以上の日数の月別変化を図6に示した。

芦生では11月から4月まで積雪を観測し、最大積雪深は1月から3月に80～100cmで、2月に最大になることが多かった。また観測期間15年間のシーズンを通した最大積雪深は50～199cmとなり、年により変動が大きい平均で108cmであった。積雪日は1、2月に集中し、3月にはやや減少し、シーズン中の積雪日数は45～125日、平均で88日となった。本部試

最高気温は7、8月に最も高く、34℃前後となり、1、2月に低く10℃前後となった。本部試験地に比べ、夏は差が小さく1℃ほど、冬は4℃近く低い値となった。

最低気温は1、2月に最も低く、-10℃前後となり、7、8月は14℃前後であった。本部試験地に比べ、夏は3℃ほど、冬は5℃近く低い値となった。

日較差は4、5月に12～13℃と最も大きい値となった。その他の月は10℃以下となり、特に12月から2月には7～8℃で、冬の日較差が小さかった。本部試験地の値と比べると、

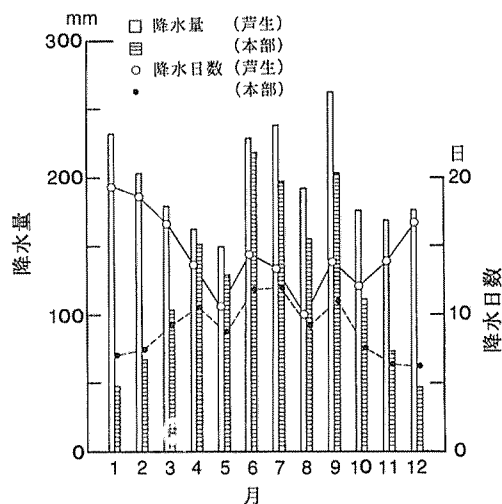


図5 月降水量と降水日数

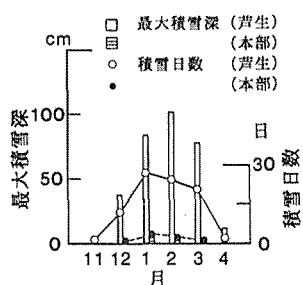


図6 月最大積雪深と積雪日数

験地のシーズン最大積雪深は 15 cm, 積雪日数は 8 日となり、芦生とは明らかな違いがみられた。

3-2 事務所構内と長治谷の観測値の比較

長治谷観測所における気象観測が事務所構内の芦生観測所と平行して行われた昭和 12 年 12 月から昭和 33 年 11 月のデータを用いて、芦生、長治谷の気温、降水量、積雪深、積雪日数の比較を行った。観測期間中に第二次世界大戦があり、特に長治谷の観測に欠測が多い。平均気温、最高、最低気温、積雪深については月内の欠測が

3 日以上の場合、降水量は欠測が生じた場合は集計から外すことにした。しかし積雪、降雨の有無が前後の天気の状態から察せられる場合にはその限りでない。また、この間に前述のように観測時刻の変更が行われた。平均気温については午前 10 時観測の昭和 30 年 5 月までのデータを用い、その他の項目については昭和 33 年 11 月までのものを用いた^{3)~5), 15), 17), 21)}。

イ) 気温

芦生、長治谷観測所の平均気温（10 時）の月平均値と、月最高、最低気温の極値を比較したのが図 7、8、9 である。

両観測所の平均気温は四季を通じて相関が高く、長治谷は 2℃ 前後低かった。気温差は夏期にやや大きく、冬期に小さくなる傾向がみられた。観測期間中の月別の平均値^{15), 17)}で比較すると、芦生、長治谷ともに気温が最も低下する 2 月に芦生で 1.6℃, 長治谷で 0.0℃, 最も高くなる 8 月に 26.4℃, 24.2℃ となり、年平均気温はそれぞれ 13.6℃, 11.5℃ と、ともに長治谷が 2℃ 前後低い結果となった。

最高気温は長治谷で 3℃ 前後低くなり、夏期に差が大きく 4℃, 冬期に 2℃ ほど低い値となった。月平均値^{15), 17)}では 8 月に芦生で 34.2℃, 長治谷で 29.4℃, 1 月には 9.6℃, 7.5℃ となり、長治谷はそれぞれ 5℃, 2℃ ほど低くなった。また観測期間中の昭和 22 年 8 月 11 日に芦生で 39.0℃, 長治谷で 35.5℃ となり、観測史上の極値を記録した。年間の極値を平均すると芦生で 34.6℃, 長治谷で 29.8℃ となった。

最低気温は長治谷は年間を通じて 2.5℃ 前後低かったが、平均気温、最高気温に比べ低温時にばらつきが大きかった。秋から春にかけては芦生の方が気温が低いときも多くみられたが、全体としては長治谷で低く、冬には 10℃ 近く

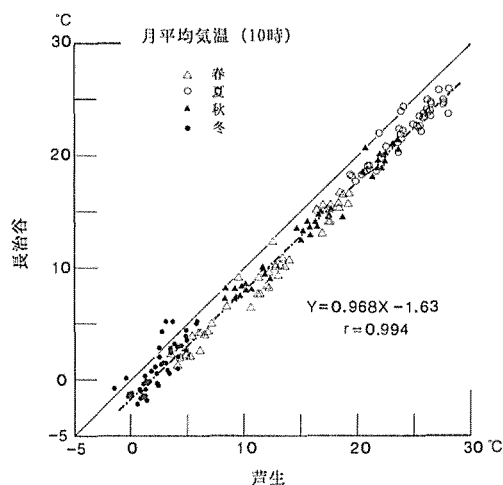


図7 芦生と長治谷の平均気温（10時）の違い

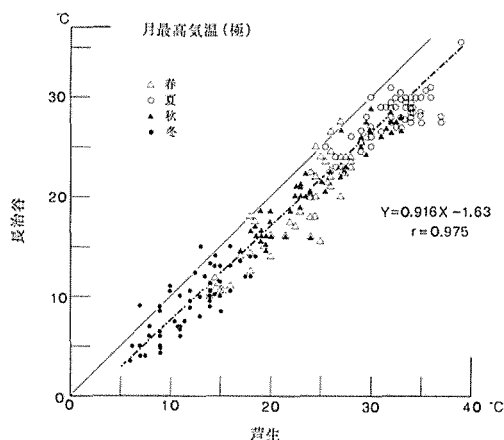


図8 芦生と長治谷の最高気温の違い

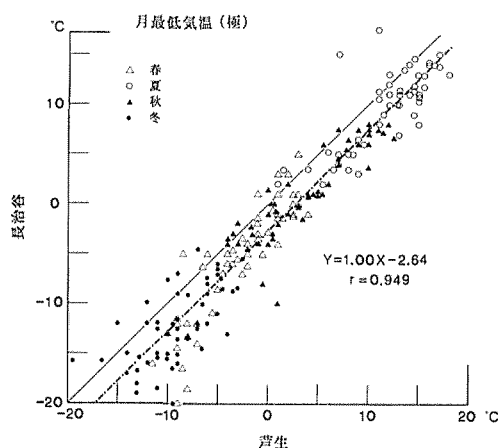


図9 芦生と長治谷の最低気温の違い

芦生，長治谷観測所の月降水量を比較したのが図10である。

降水量は気温に比べると両観測所の値の相関は低く，芦生の月降水量が300 mmを超える場合にばらつきが大きくなった。芦生の月降水量が100～300 mmの範囲では，長治谷では30 mm前後多くなった。月別の平均値^{15), 17), 24)}と比較すると，降水量が少ない5月と8月は長治谷で15 mm前後多く，梅雨期の6月には20～30 mm多くなり，9月から4月には50 mm/月前後多くなった。観測期間中の年降水量は芦生で1800～3100 mm，長治谷で1800～3800 mm，平均値はそれぞれ2450 mmと2821 mmとなり，長治谷では400 mm近く多かった。

ハ) 積雪深と積雪日数

芦生，長治谷観測所の月最大積雪深の比較を図11に，シーズン中の最大積雪深と積雪1 cm以上の積雪日数の比較を図12に示した。

長治谷の月最大積雪深は11月から1月では芦生50 cmに対し95 cm，100 cmに対し180 cm，150 cmに対し270 cm前後となり，1.8～1.9倍の積雪深となった。2月から4月には芦生50 cmに対し135 cm，100 cmに対し210 cm，150 cmに対し280 cm前後となり，芦生で寡雪のときには長治谷の積雪深は2.5倍以上となり，平年で2.1倍，多いときには2.0倍以下となった。シーズン中の最大積雪深は芦生で100～150 cmの場合が多く，長治谷では200～300 cmに達し，積雪が平年並であれば長治谷は約2倍の積雪深となった。積雪日数は芦生で50日以上の積雪が観測される年には，長治谷では40日前後多くなり，積雪日数の多少による変化は小さいが，日数が増加するにしたがってその差がやや小さくなる傾向がみられた。

また観測期間中の集計^{15), 17), 24)}から，芦生では11月に積雪を記録することは希で，長治谷では多く，11月の最大積雪深の平均は芦生で4 cm，長治谷で13 cmとなった。また降り初めの頃の最大積雪深は長治谷で約1.5倍であった。月最大積雪深は芦生，長治谷ともに2月にピー

低いことがあった。両観測所ともに年間の最低気温を記録するのは12月から3月で，2月のことが多かった。月平均値は2月には芦生で-11.0℃，長治谷で-14.7℃，8月に14.4℃，12.2℃となり，長治谷はそれぞれ4℃，2℃ほど低くなった。また芦生では11月頃から氷点下となり，その後5カ月はマイナスを記録し，5月に0℃を割ることは希であった。それに対し，長治谷では10月にマイナスになることが多く，5月も氷点下となる年が多かった。観測期間中の極値は芦生で-19.5℃，長治谷で-20.0℃を記録し，年間の極値を平均すると芦生で-12.7℃，長治谷で-16.2℃となった^{15), 17)}。

ロ) 降水量

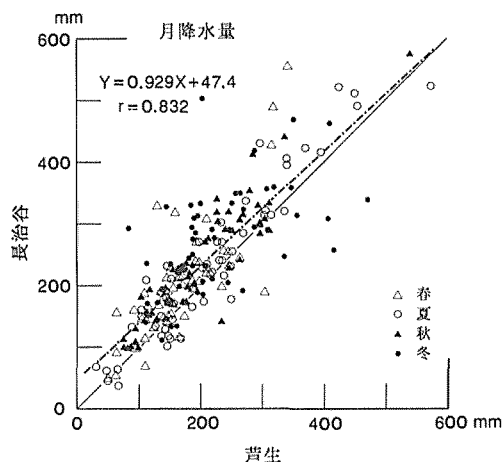


図10 芦生と長治谷の月降水量の違い

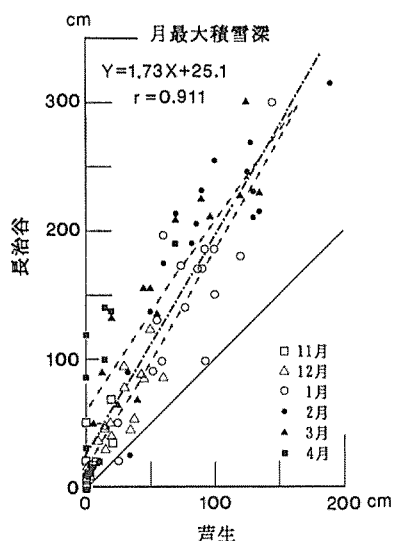


図11 芦生と長治谷の月最大積雪深の違い

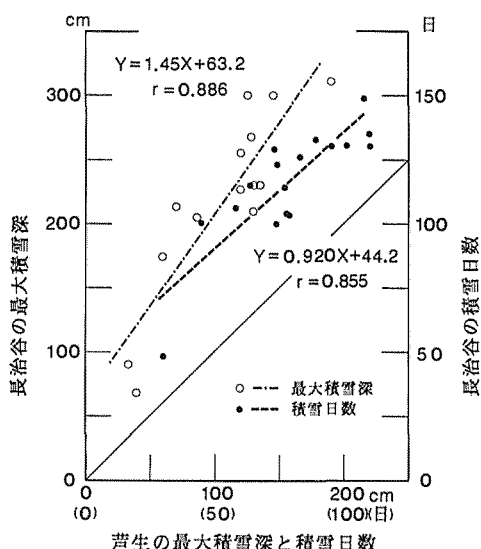


図12 芦生と長治谷のシーズン最大積雪深と積雪日数との関係

クになることが多く、シーズン最大積雪深は芦生で 190 cm、長治谷で 315 cm を記録し、平均ではそれぞれ 107 cm、218 cm となった。芦生では 3 月中旬に雪解けとなることが多く、長治谷では雪解けは平年で 4 月初旬となり、多い年には 4 月に 120 cm の残雪が記録された。シーズン中の積雪日数は、最も長かった年には芦生で 110 日、長治谷では 149 日となり、平均でそれぞれ 78 日、115 日となった。

3-3 観測値の検討

イ) 総合気象観測装置

芦生観測所は昭和 61 年 1 月 1 日から事務所わきの旧観測所から、構内苗畑内の芝地に設置された新観測所（総合気象観測装置）に切り替えられた（図 2）。昭和 60 年 12 月から翌年 12 月まで新旧 2 カ所の観測所で平行して観測を行い、気温、湿度、降水量、積雪深の各項目について比較検討を行った¹⁵⁾。

年間の日平均気温（9 時）、日最高、最低気温、日平均湿度（9 時）と日降水量、月降水量、積雪深（9 時）について両観測所の値を比較したのが図 13、14、15、16 である。気温、湿度については図中に月平均値もあわせて示している。

平均気温は年間を通じて新観測所の方がやや高く、低温時に 2℃ ほど高く、高温時には差が小さかった。月平均気温でもほぼ同様の傾向がみられ、年間を通じて 1℃ 前後高い値となった。その結果、年平均気温は旧観測所の 10.3℃ に対し、新観測所で 11.1℃ となり、0.8℃ 高い値となった。

日最高気温は新旧観測所で低温時には差が小さく、高温時には新観測所の方が 1℃ ほど低くなった。月平均でもほぼ同様の傾向がみられ、8 月に旧観測所で 29.6℃、新観測所で 28.0℃ となり、2 月に旧観測所で 2.1℃、新観測所で 2.0℃ となり、夏に差が大きくなった。

日最低気温は低温時に差がなく、高温時に 2℃ 近く低くなった。月平均でもほぼ同様に、8 月に旧観測所で 19.9℃、新観測所で 18.0℃ となり、2 月に旧観測所で -5.5℃、新観測所で -5.9℃ となり、夏に差が大きくなった。

日平均湿度は年間を通じて新観測所の方が高く、多湿時には差が小さかったが、湿度が低いときには10%以上の違いがみられた。月平均値は夏から冬には差が小さく、春に新観測所の方が5%前後高い値となった。年平均値は旧観測所で80%（8月欠測）、新観測所で82%となり、差は小さかった。

日降水量は新観測所の方が多く、約1.1倍となった。月降水量は100～300 mm/月の範囲では20 mm前後多くなり、降水量が少ないときには差が小さく、多いときには大きくなった。その結果、年降水量は新観測所の方が250 mmほど多くなった。

日最大積雪深は新観測所の方が多く、12月、1月の積雪期間初めの頃は0～10 cmの差がみられ、2月以降は10～20 cm多くなった。シーズン最大積雪深は3月に旧観測所で117 cm、新観測所で129 cm、4月に入ってそれぞれ10 cm、29 cmの残雪があり、雪解けはほとんど変わらなかった。

このように新観測所は日平均気温（9時）は年間を通じてやや高く、日最高、最低気温は、夏期にはやや低くなり、日平均湿度（9時）は春やや高い値を示した。降水量は多くなり、大雨のときに差が大きくなり、積雪深は雪の降り始めには差が小さいが、後半に多くなった。これらの点については新旧観測所の気象観測機器の違いを考慮しなければならないが、微地形の違いに影響されることが大きい。すなわち両観測所は直線距離で200 mに満たないが、事務所構内は狭い谷間にあり、旧観測所は山麓林縁部に位置し、建物に近い。それに対し、新観測所は河川に近い低地にあり、比較的疎開地であるが、冬至の頃には南、西に位置する山によって太陽は早い時刻から遮られ、日照時間が少なくなる。また谷間の中央部に位置するため風、雨の通り道になることなどの地形的な要因がこのような結果を導いたものと考えられる。

ロ) 平均気温

総合気象観測装置による昭和61年の1年間の観測値を用いて、芦生観測所において現在使われている9時観測気温と、通常よく用いられるいくつかの平均気温との比較を行った。ここでは演習林で昭和30年まで用いられた10時観測気温、気象台で用いられてきた日4回、日8回の平均気温、地域気象観測などで用いられてきた日最高、最低気温の平均値²⁴⁾を取り上げた。それぞ

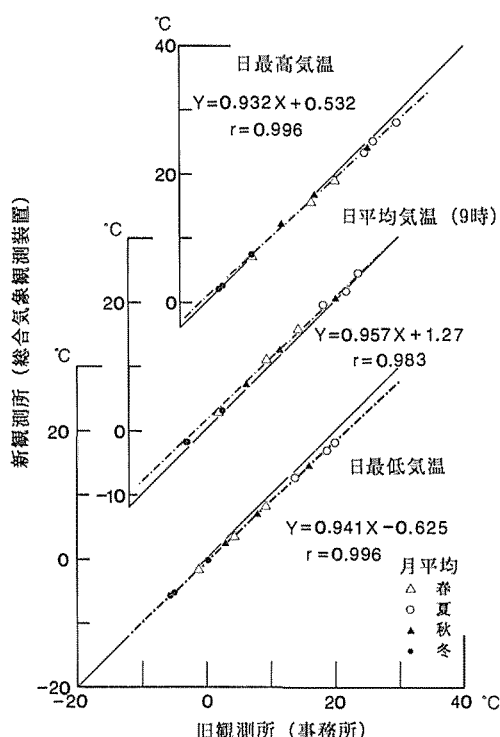


図13 芦生観測所の気温の違い

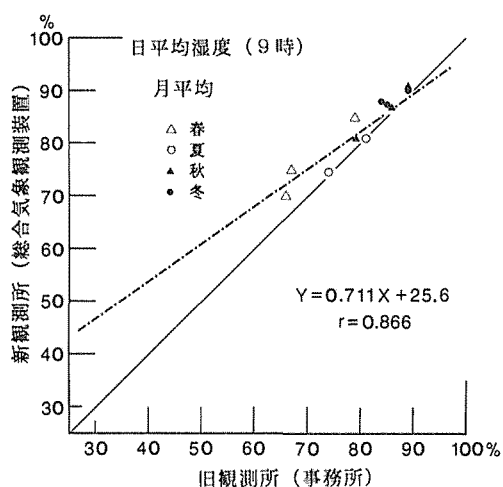


図14 芦生観測所の湿度の違い

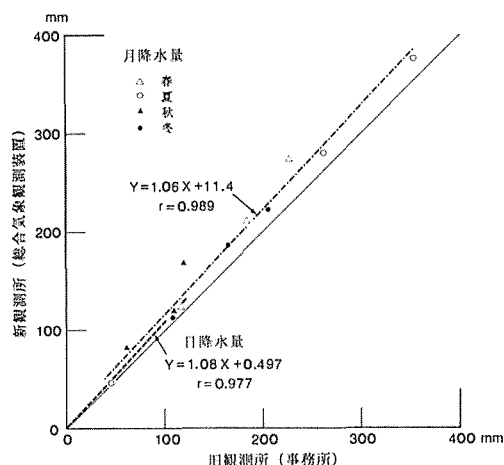


図15 芦生観測所の降水量の違い

れ9時観測気温との関係を図17に示し、各日平均気温の月平均値を同時に示した。

10時観測気温は9時観測のものに比べて年間を通じて1.5℃前後高く、低温時にやや差が大きくなった。日4回、日8回の平均気温、最高、最低気温の平均値はこの3者の間で各温度段階で大きな違いはみられないが、最高、最低気温の平均値がやや高く、日4回、日8回の平均気温の順に低い値となった。9時観測のものに比べて、これらの平均気温は低温時には差が小さく、高温時には2℃前後高くなった。それぞれの日平均気温から求めた月平均気温は最も気温が低下した1月には、10時観測気温>日最高、最低気温の平均値、日8回平均気温、日4回平均気温>9時観測気温となり、10時観測気温と9時観測気温の温度差は1.6℃であった。また高い値となった8月には10時観測気温>9時観測気温>日最高、最低気温の平均値>日4回平均気温>日8回平均気温となり、10時観測気温と日8回平均気温の温度差は3.3℃で、真夏に差が大きくなった。年平均気温は9時観測気温が11.2℃であるのに対し、10時観測では1.5℃高く、日4回、日8回の平均気温はそれぞれ0.9℃と1.0℃低く、最高、最低気温の平均値は0.7℃低くなった。

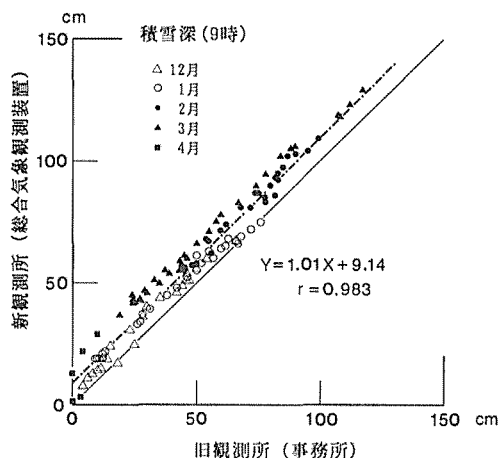


図16 芦生観測所の最大積雪深の違い

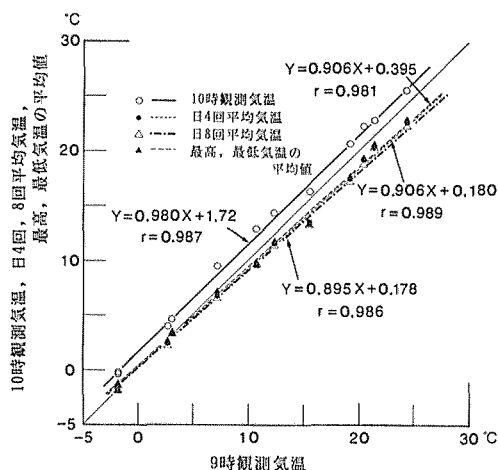


図17 9時観測気温と10時観測気温、日4回、8回平均気温、最高、最低気温の平均値の違い

3-4 芦生の気象

このように芦生観測所の近年の観測結果から、年平均気温(9時)は11.0℃、日8回の平均気温ではさらに1℃低いと考えられ、真夏の最高気温(極)は34℃、真冬の最低気温(極)は-10℃前後となり、年平均湿度(9時)は83%、年降水量は2370mm、降水日数は173日、最大積雪深は108cm、積雪日数は88日となった。

京都市内の本部試験地に比べて年間を通じて4℃ほど低い気温となり、春は気温の上昇が著しく、4、5月には一日の気温の変化が大きく最も乾燥した季節となる。夏には日中の気温は市

内とそれほど差はみられないが、朝夕は低下する。実際、観測期間中に気温が 30℃ を超える真夏日は本部試験地で 57 日、芦生で 30 日、最低気温が 25℃ 以上の熱帯夜は本部試験地で 5 日、芦生では希であった。芦生では 9 月に入り気温の低下が大きくなり、日較差は小さくなる。冬の冷え込みは厳しく、日中の気温の上昇は小さく、一日の気温が 0℃ を超えない真冬日も 7 日ほどとなった。また、この時期は四季を通じて日較差が最も小さく湿度が高い季節である。

降水量、降水日数は、市内と比べて年間を通じて多く特に冬期にその差が大きくなる。降水日数は、最も少ない 5 月と 8 月に月の $\frac{1}{3}$ 、1、2 月は $\frac{2}{3}$ となる。その結果、年降水量は市内より 800 mm 以上多く降水日数は 1.5 倍となる。

芦生の気象を特徴づける大きな要素は冬の雪である。初雪は年によって大きく異なるが、11 月 20 日過ぎに記録され、雪解けは 3 月下旬となる。最大積雪深は 1 m を超え、2 m に近づくこともある。約 3 カ月間芦生は雪に閉ざされる^{15), 23)}。

長治谷の気象は、芦生に比べ平均気温で 2℃ 低くなり、真夏の最高気温は 5℃、真冬の最低気温はばらつきが大きい 4℃ ほど低く、10 月から 5 月にかけて氷点下となることが多い。その結果日較差は夏は芦生で大きくなり、冬は長治谷で大きくなった。

降水量は長治谷は四季を通じて多く、秋から冬にかけて月降水量は 200 mm を超え、この時期は芦生より 50 mm / 月前後多くなる。芦生の月降水量が 300 mm 以上となる場合には長治谷の観測値との相関が低くなり、このような大雨時には降雨の地域的な偏りが大きいことが伺える。

最大積雪深は平年で 200 cm 以上となり、芦生の積雪深の約 2 倍となるが、その比率は寡雪のときやや高く、多雪のときには低くなる。積雪日数は雪の多少に拘らず 40 日前後多く、12 月から 4 月初めの 4 カ月が積雪期間となる^{15), 17)}。

次にこのような芦生の気象と京都府の気象の違いについて検討を行った。ここでは昭和 60 年から 62 年の芦生観測所（総合気象観測装置）と京都地方気象台の各観測所の年平均気温（日 8 回平均）と年降水量の比較を図 18 に、3 年間のシーズン最大積雪深を図 19 に示した^{15), 26)}。

京都府の気象台、各観測所の観測値の中で、年平均気温は京都気象台のものが最も高く 15.5℃、続いて北部日本海沿岸の間人、南部の田辺となり、低いのは内陸部の美山、園部で 12.7～12.8℃ であった。年降水量は京都の中部から南部では 1500 mm 前後あるいはそれ以下となり、北部では宮津がやや低いものの 1500～1800 mm となり、美山が最も多く 1761 mm であった。降水量と積雪の測定だけを行っている峰山丹波、三岳、故屋岡、綾部、三和、和知、須知、京北、長岡京の各データ²⁶⁾とも比較してみると、美山より降水量が多かったのは峰山丹波、故屋岡で、それぞれ

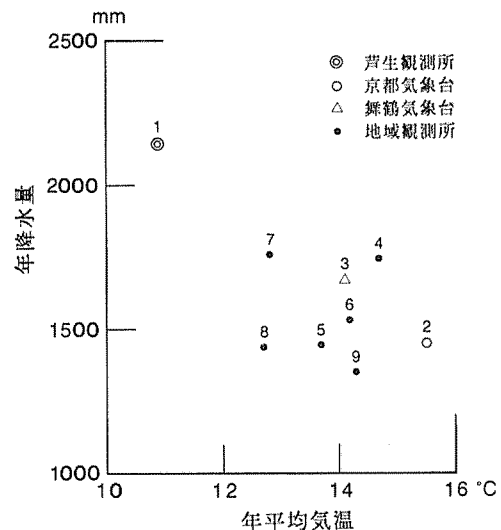


図18 京都、舞鶴気象台、府下地域観測所と芦生観測所の年平均気温と降水量

- 1 芦生（北桑田郡美山町芦生 京大演習林）
- 2 京都（京都市中京区西ノ京笠殿町38 京都地方気象台）
- 3 舞鶴（舞鶴市下福井大野辺901 舞鶴海洋気象台）
- 4 間人（竹野郡丹後町間人 間人公園）
- 5 宮津（宮津市吉原 宮津土木事務所）
- 6 福知山（福知山市内記13 福知山市役所）
- 7 美山（北桑田郡美山町静原小字檜野 北星中学校）
- 8 園部（船井郡園部町南大谷小字下芝12 京都府立農芸高等学校）
- 9 田辺（綴喜郡田辺町興戸 京都府山城園芸研究所）

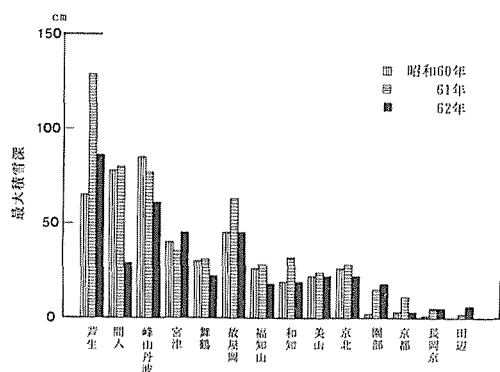


図19 京都、舞鶴気象台、府下地域観測所と芦生観測所のシーズン最大積雪深

* 峰山丹波 (中郡峰山町字荒山 峰山中学校)
 故屋岡 (綾部市故屋岡町大道 綾部市農協奥上林支所)
 和知 (船井郡和知町本庄谷 和知巡査部長派出所)
 京北 (北桑田郡京北町比賀江 山国警察官駐在所)
 長岡町 (長岡京市天神4丁目2番1 長岡京市消防本部)

1768, 1968 mmであった。芦生ではこの3年間の年平均気温は10.9℃、年降水量は2152 mmとなり、気温は最も低く、降水量は多かった。また直線距離で西に15 km余り離れた同じ美山町内の美山観測所(海拔高 200 m)に比べ、年平均気温は2℃低く、年降水量は400 mm近く多かった。

最大積雪深は、南部では10 cm以下のことが多く、内陸部では故屋岡がやや多く50 cm前後となったが20～30 cmのところが多かった。北部では間人、峰山丹波で3年間にそれぞれ80, 85 cmを記録し、宮津で40 cm、舞鶴で30 cm前後であった。芦生では3年間の最大積雪深は平均で90 cmを超え、美山観測所より70 cm多く、昭和61年には129 cmとなって100 cm以上の差があった。

このように京都府では、現在山岳気象の観測を行っている地点が他にないため、府下で観測が継続して行われている観測所の中では、芦生は平均気温は最も低く、降水量、積雪深ともに大きな値となった。また一般に気温の低減率(温度の垂直傾度)は100 mにつき0.5～0.6℃と言われている²⁷⁾。美山、長谷観測所では芦生観測所と海拔高差がそれぞれ約160 m、280 mであったが、気温差は2℃前後となった。3観測所の地形、周囲環境の違い、とりわけ冬の降水量、積雪の違いが強く影響し、それ以上の差となって現れたものと思われる。

第4章 演習林の気象災害

4-1 芦生演習林における災害と災害復旧

芦生演習林の気象観測史上に残る災害の、おもな観測値と被害の程度について表2に示した。この集計は、当時の災害報告書、写真集、災害復旧工事関係書^{13), 11), 26)}などが基になっている。ここでは比較的資料が多い、主に戦後の災害について記載した。

芦生におけるいままでに報告されている気象災害は雨、風、雪によるものである。災害を引き起こす雨については台風などの大雨、地域、時間的に集中した豪雨、長雨、積雪期や融雪期の雨などに分けられる。雪についても、シーズンを通した大雪、短時間の積雪、あるいは湿った春先の雪などによって、災害は様々な形で発生している。風については演習林では観測結果が残っていないため不明な点が多い。このような災害の中で、記録に残るものはそのほとんどが風を伴った大雨、豪雨によるもので、雪、風などが直接の原因となるものは極めて少ないと思われる。

芦生の気象災害は、大雨によって由良川橋が流失するか危険水位となると、車道、林道、軌道で崩壊が生じるとき、建物やその他の施設などに被害が現れるときの3つに大別される。由良川橋が流失、危険水位となるとときには車道、林道、軌道では多くの箇所では崩壊が生じ、林内の橋梁の流失、建物やその他の施設などの被害も多い。車道、林道、軌道の崩壊は、大雨、長雨、大雪、風倒木によるものなど原因は様々であるが、やはり雨によるものが多いと考えられる。建物やその他の施設の被害は単独では報告例は少ない。演習林内にはこのような施設が少ないことが

表2 芦生演習林の主要気象災害一覧表

年(西暦) 月日	災害の種類	おもな気象観測値	被害の程度
昭和			
20 (1945) 10. 9	水害	長治谷総降水量 177mm (10.7~10), 芦生欠測	発電用水路の決壊, 小野子軌道栈橋流失等
24 (1949) 7. 29 (ヘスター台風)	水害	芦生降水量 350mm 時間降水量 90mm (11~12h) (7.29) 50mm (12~17h) 総降水量 550mm (7.28~8.1) 長治谷欠測	由良川橋, 内杉橋をはじめ林内架設橋梁17カ所すべて流出, 車道及び軌道崩壊, 流出37カ所, 車道, 軌道, 歩道の土砂崩落1000カ所以上, 山崩れ50カ所 (3.5ha), 事務所構内の事務所を除く施設の大部分が破壊, 家屋流出10棟, 浸水18棟, 半壊3棟, 発電所流失
25 (1950) 9. 3 (ジェーン台風)	風水害	芦生降水量 118mm, 長治谷 74mm 芦生総降水量 150mm (9.1~3)	芦生旧事務所, 木材加工室, 長治谷実習施設等の屋根破損
26 (1951) 7. 11	水害	芦生降水量 30mm 時間降水量max. 25mm/hr. 8mm/10min.	軌道崩壊1カ所, 栈道決壊2カ所, 軌道土砂崩落5カ所等
28 (1953) 9. 24~25 (13号台風)	水害	芦生降水量 126mm-9.24 208mm-9.25 長治谷 131mm-9.24 213mm-9.25 総降水量 (9.22~26) 芦生 368mm, 長治谷 376mm	由良川橋, 内杉橋流失, 赤崎東, 西谷橋橋台及び橋脚流失, 車道, 軌道の崩壊12カ所, 土砂崩落15カ所, 歩道の崩壊及び土砂崩落17カ所, 歩道橋流失35カ所, 長治谷実習施設, 事務所構内の屋根等の破損数カ所, 由良川, 内杉谷護岸損傷等
30 (1955) 1. 6~7	大雪	芦生積雪 140cm 長治谷 240cm (max. 300cm-1.8) 積雪深の増加 (1.6~7) 芦生 67cm, 長治谷 85cm	長治谷実習施設, 事務所構内の建物破損数カ所
33 (1958) 7. 26	水害	芦生降水量 132mm 時間降水量 34.5mm (13~14h) 総降水量 196mm (7.20~26) 長治谷降水量 115mm 総降水量 202mm (7.20~26)	軌道土砂崩落1カ所, 歩道橋流失8カ所
33 (1958) 9. 27 (22号台風)	水害	芦生降水量 86mm, 長治谷 110mm 芦生総降水量 234mm (9.22~28) 長治谷 279 mm	林道崩壊1カ所 (60m)
34 (1959) 8. 13 (7号台風)	水害	芦生降水量 307mm 時間降水量 20mm以上 (16~23h) max. 33.5mm (20~21h) 総降水量 387mm (8.12~14) 由良川危険水位	林道崩壊5カ所, 土砂崩落多数, 由良川本流歩道橋流失3カ所 (七瀬, 大谷, 岩谷), 歩道崩壊多数 (由良川本流歩道の1/3, 下谷歩道の1/5通行不能)
34 (1959) 9. 26 (15号台風, 伊勢湾台風)	水害	芦生降水量 255mm 総降水量 325mm (9.23~27)	由良川橋半壊, 赤崎西谷橋流失, 櫃倉2号橋の橋脚流失, 車道, 林道の崩壊及び土砂崩落11カ所
35 (1960) 4. 20	風害	芦生降水量 33mm 総降水量 57mm (4.19~20)	事務所構内の建物屋根破損2カ所
36 (1961) 9. 16 (18号台風, 第2室戸台風)	風水害	芦生降水量 83mm 時間降水量 32.7mm (14~15h) 総降水量 121mm (9.15~16)	事務所構内及び小蓬作業所の建物屋根破損3カ所, 堆肥舎倒壊, 軌道崩壊2カ所, 下谷歩道橋流失2カ所等
40 (1965) 9. 10	風水害	芦生降水量 84mm 時間降水量 25mm (9:30~10:30) 総降水量 170mm (9.9~10)	林道崩壊2カ所, 事務所構内, 長治谷実習施設の建物屋根破損3カ所

年(西暦) 月日	災害の種類	おもな気象観測値	被害の程度
40 (1965) 9. 17	風水害	芦生降水量 238mm 時間降水量 34.2mm (13~14h) 総降水量 493mm (9.14~18)	由良川橋半壊, 櫃倉 1 号橋橋脚流失, 2 号橋橋台基礎の決壊, 弥生橋橋台基礎の決壊, 歩道橋流失 7 カ所, 林道崩壊 7 カ所, 林道, 軌道の土砂崩落 9 カ所, 路面侵食 4 カ所, 長治谷実習施設の気象観測施設等破損
42 (1967) 10. 28	風水害 (34号台風)	芦生降水量 141mm 総降水量 224mm (10.27~29)	林道崩壊 1 カ所, 土砂崩落 1 カ所
43 (1968) 3. 2	大雪	芦生積雪 110cm シーズン中積雪日83日 100cm以上27日, 150cm以上 6 日 max. 173cm-2.17	車道崩壊 1 カ所
44 (1969) 4	水害 (融雪時)	芦生 3 月総降水量 308mm max. 123mm-3.13	軌道崩壊 1 カ所
46 (1971) 8. 30~31	水害 (23号台風)	芦生降水量 145mm-8.30 113mm-8.31 総降水量 301mm (8.29~9.1)	林道崩壊 7 カ所, 由良川橋橋脚損傷
47 (1972) 1. 25	雨雪害	芦生総降水量 200mm (1.10~17) 1 月総降水量 382mm max. 67mm-1. 12	林道崩壊 2 カ所
47 (1972) 9. 16	水害 (台風20号)	芦生降水量 230mm 総降水量 271mm (9.13~20)	由良川橋半壊, 林道崩壊13カ所, 軌道崩壊 1 カ所, 土砂崩落, 路面侵食, 倒木多数
49 (1974) 2	大雪	芦生シーズン中積雪日 115日 100cm以上53日, 150cm以上20日 max. 185cm-2.10	事務所構内建物倒壊 1 棟, 林道崩壊 1 カ所
53 (1978) 7. 3	長雨	芦生総降水量 183mm (6.18~30) 6 月総降水量 334mm max. 53mm-6.21	林道崩壊 1 カ所
54 (1979) 9.30~10.1	風水害 (台風16号)	芦生降水量 106mm-9.30 105mm-10.1 総降水量 211mm (9. 30~10.1)	林道崩壊 2 カ所, 龍王橋橋脚損傷, 事務所構内の建物屋根破損 2 カ所, 倒木多数, スギ造林地崩壊 (0.104ha-昭和47年植栽)
55 (1980) 7	長雨	芦生 7 月総降水量 560mm	林道よう壁崩壊 1 カ所
57 (1982) 8. 1	水害	芦生降水量 175mm, 長治谷 211mm 総降水量 (8.1~2) 芦生 237mm, 長治谷 269mm	林道崩壊 5 カ所, 土砂崩落 5 カ所
59 (1984) 1	大雪	芦生シーズン中積雪日125日 100cm以上68日, 150cm以上25日 芦生max. 199cm-2.10, 終雪4.17 長治谷 303cm-2.10, 終雪4.28	林道崩壊, 亀裂 9 カ所 事務所構内, 長治谷実習施設建物等損傷

* 車道は芦生 (須後)~出合, 林道は内杉林道及び演習林内林道, 軌道は芦生~七瀬である

直接の原因と考えられるが、家屋の流失、倒壊、屋根の破損などの視覚的に大きな災害が生じた場合、あるいは芦生や周辺地域でよほどの気象異常値となった場合を除いて、災害報告書に現れにくく、またこの種の災害は風、雪に起因することも多いようである。

雨による災害は現在にいたる 40 余年間に 20 件ほど報告され、由良川橋が流失あるいは危険水位に達し、林地、建物、施設に大きな被害が生じている例は 6 件ある。由良川改修史³²⁾によれば、由良川の基準点福知山において昭和 20 年から昭和 53 年までに警戒水位を超えたのは 24 出水、そのうち大きな洪水は水位が高い順に①昭和 28 年 9 月、②昭和 34 年 9 月、③昭和 47 年 9 月、④昭和 20 年 10 月、⑤昭和 34 年 8 月、⑥昭和 40 年 9 月の 6 出水である。芦生の大きな水害はそのうちの 5 件が一致し、上位 6 位に入らない昭和 24 年のヘスター台風と続いて起こった昭和 28 年の 13 号台風は演習林に最大の被害をもたらした。

ヘスター台風では、芦生観測所の 7 月 29 日の日降水量は 350 mm、降り始めからの総降水量 550 mm となり、ともに観測史上の最大値である。芦生では午前 11 時から 12 時の時間降水量は 90 mm、12 時から 5 時間の平均時間降水量は 50 mm を記録した。午後になると急激に増水し始め、由良川本流筋では 13 時頃に水位が 3.9 m（平水位 50 cm）に達し、13 時から 30 分の間に由良川橋と内杉橋の流失に続いて事務所構内は瞬時に泥海と化したという。この台風では、現在の美山町内でも知井村とりわけ芦生、佐々里地区と、演習林に隣接する福井県遠敷郡知三村（現在の名田庄村）の染谷と虫谷、滋賀県高島郡朽木村に被害が集中した。演習林の事務所構内では事務所を除く建物、施設の大部分は破壊され、被害は家屋の流出 10 棟、林内架設橋梁の流出 17 カ所（すべて）、車道（芦生一出合）および軌道（芦生一七瀬）の崩壊 37 カ所、山崩れ 50 カ所（面積 3.5 ha）となった。しかし長治谷実習施設では建物の被害はほとんどなかったようである^{29)~31)}。

4 年後の昭和 28 年の 13 号台風では、芦生観測所の 9 月 24 日の日降水量は 126 mm、9 月 25 日に 208 mm、降り初めからの総降水量は 368 mm となり、由良川の最高水位は 2.0 m、長治谷観測所では総降水量は 376 mm となった。美山町内ではヘスター台風でほとんど被害を受けなかった当時の鶴ヶ岡村および知井村知見谷や、北桑田郡周山村の被害が激甚であった。演習林では由良川橋は流失し、内杉橋は半壊し、軌道橋流失 2 カ所、車道、軌道の崩壊 12 カ所、土砂崩落 15 カ所、由良川、内杉谷護岸の流失、損傷など再び大きな被害をもたらされた。しかし、前回のヘスター台風ほどの被害とはならず復旧も早かったようである^{11), 30)}。

図 20 にヘスター台風時の林地、河川の崩壊と由良川沿いの主な橋梁の流失箇所を示した。演習林の施設が集中する事務所構内を中心に考えると、芦生の上流部は由良川集水域（3600 ha）と、内杉、櫃倉谷集水域（1100 ha）に分けられる。由良川集水域では、上谷、杉尾峠に端を発する由良川本流の最長河川長は約 21 km、その源の海拔高は 700 m（最高は三国岳の 959 m）、事務所構内との海拔高差は 345 m である。それに対し、内杉、櫃倉谷集水域では河川長は約 8 km、海拔高差は 442 m である。この海拔高差、河川長の関係から平均河床勾配を求めれば、内杉、櫃倉谷集水域は河川長が短く、勾配は急と考えられる。両集水域の上流で同様の降雨があったとき、内杉谷からの出水は早く水位の上昇も大きく、由良川の水位の上昇は遅れその変化は小さく多量の雨水が長時間に及ぶことが予想される。すなわち、内杉、櫃倉谷では災害が起こり易く、由良川では災害が起こったときには極めて大きなものとなって現れると考えられる。

雪については雨ほど大きな被害が現れていないが、老朽建物の倒壊、亀裂などが報告されている。昭和 30 年の雪害では前日からの多量の降雪が、昭和 49 年にはシーズン中の豪雪がそれぞれ影響している。また、昭和 59 年の豪雪時には林道、施設など多くの被害が生じている。そのような中で昭和 38 年、61 年 3 月には美山町内でも多くの雪害が報告され、その多くの被害がスギ造林木に対するものであった。しかし、当時演習林には冠雪害を受けるような林齢の造林地が少

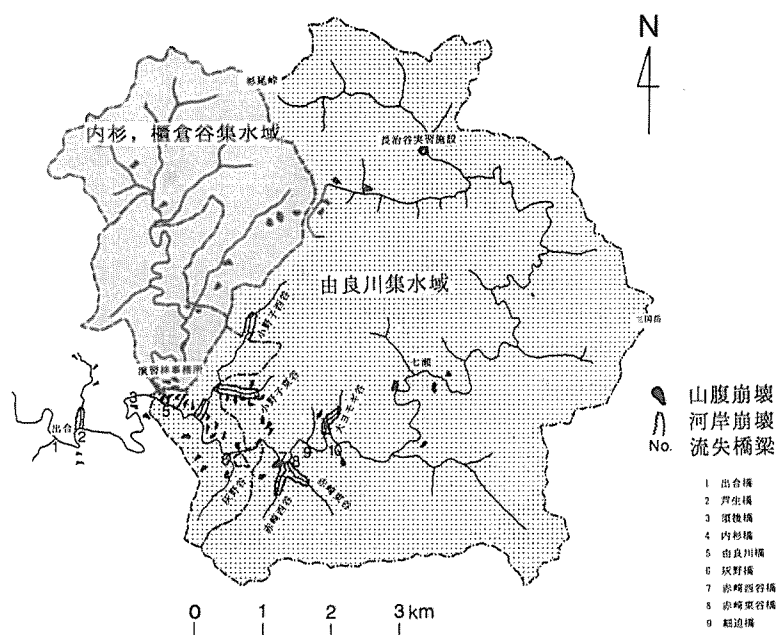


図20 ヘスター台風による被害

腐朽部からの幹折れが多いことも報告されている。

4-2 災害と気象

降雨による災害はある短時間の降水量，降り始めからの総降水量，降雨時間の長さに関係するように考えられる。昭和22年から63年までの降水量観測データ^{41)~10), 15), 17)}から，日降水量が100 mmを超えたとき，1 mm/日以上以上の降水量が10日以上続いたとき，降り始めからの総降水量が200 mmを超えたときのデータを抽出し，日降水量と総降水量の関係を図21に示した。また被害の程度を1) 由良川橋の流失あるいは危険水位，2) 車道，林道，軌道の崩壊，3) 建物，施設の被害の3段階に分けて示した。

芦生観測所では日降水量が100 mmを超えたとき（豪雨）は，この42年間の観測期間中に延べ50回，1 mm/日以上以上の降雨が10日以上続いたとき（長雨）は37回，降り始めからの総降水量が200 mmを超えたとき（大雨）は48回（重複を含む）となり，それぞれ年1回の頻度で訪れることになる。豪雨は夏期に，長雨は冬期に集中し年によって6, 7, 9月の梅雨，秋雨期にもみられた。大雨は冬期の長雨，夏期の梅雨，豪雨時ともに訪れるが夏期の場合が多かった。

この間，日降水量が200 mm以上を観測したのは7回あり，その内6回は由良川橋が流失，あるいは危険水位となり，総降水量が300 mmを超えれば確実に大きな災害となるようである。車道，林道，軌道の崩壊は日降水量100 mm以上，総降水量200 mm以上のときに多発

なく，海拔高が高いために雪質も軽く被害はほとんどみられなかった。

風害については台風などによる降雨との関係が深く分けて考えることが出来ない。しかし昭和25年のジェーン台風，昭和35年4月の大風では建物の屋根の破損が報告されている。昭和54年の16号台風では天然林においても風倒木が数カ所でみられた。また昭和54の災害ではスギの風倒については熊による幹のクマハギ箇所

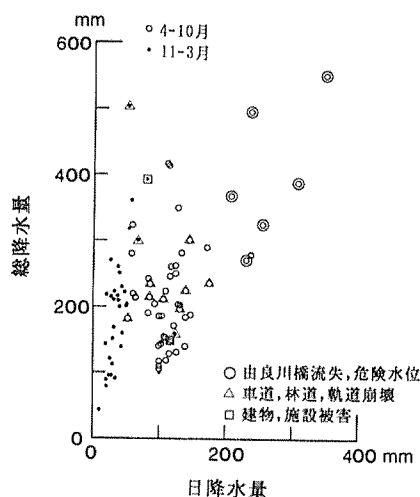


図21 芦生の降水量と災害

した。日降水量 100 mm 未満で崩壊が起こった昭和 33 年 9 月の場合は、芦生の 9 月の月降水量は 339 mm であったが、長治谷では 9 月 26 日の日降水量は 110 mm 月降水量は 439 mm となり、由良川上流域に雨が集中したようである。また昭和 53 年 7 月の場合は 6 月の月降水量は 334 mm、特に後半に集中的に降雨を記録し、昭和 55 年 8 月の場合は 7 月の月降水量が 560 mm で、ともに長雨による影響と考えられる。総降水量が 200 mm に満たない場合に被害が発生した昭和 33 年 7 月の場合はその程度は歩道橋の流失や軌道の土砂崩落などで比較的被害は軽微と考えられ、昭和 44 年 4 月の場合は 3 月には最大積雪深は 1 m、日降水量が 100 mm を超える豪雨が観測さ

れ、月降水量が 300 mm を超えた融雪期の被害であった。また冬期には日降水量が 100 mm に満たない場合でも、総降水量は 200 mm を超えることが多く、災害の発生頻度は比較的低いがその被害の原因については積雪量との関係が深く、予想は難しいものと思われた。

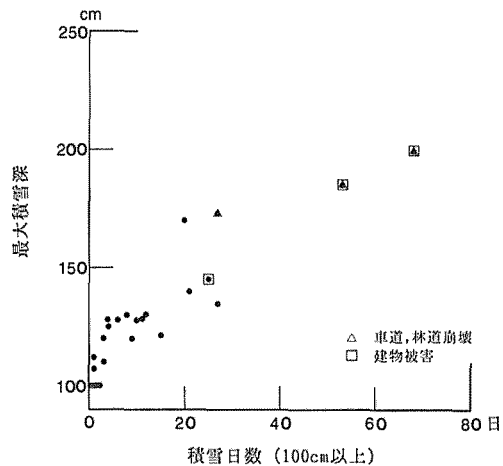
また家屋、施設などへの被害については、日降水量 100 mm、総降水量 200 mm 以下でも発生している。

次に同観測期間の雪に関するデータ^{4)~10), 15), 17)}から、積雪深 100 cm 以上の日数とそのシーズンの最大積雪深の関係を図 22 に示した。ここでは雪による被害の程度を 1) 車道、林道の崩壊、2) 建物被害の 2 つに分けて示した。

積雪が 100 cm を超えたのは期間中に 24 回、2 年に 1 度の割合となった。その内 150 cm を超えたのは 4 回、100 cm 以上の積雪が 20 日を超えたのは 7 回であった。最大積雪深が 150 cm を超えた場合に林道、軌道では崩壊がみられ、185 cm を超え 100 cm 以上の積雪が 50 日を超えると建物の損傷もみられ被害が大きくなった。昭和 30 年には最大積雪深は 145 cm であったが、100 cm 以上の積雪日数は 25 日となり、建物に被害が発生している。被害が発生した日の前日からの積雪深の増加は芦生 63 cm 長治谷 85 cm となり、長治谷では前後 2 日間に 135 cm の増加となった。芦生観測所では積雪深の増加が 60 cm を超えることは観測期間中に 8 回と極めて希な現象である。このような場合には積雪期間が長いことに加え、多量の降雪によって建物の除雪が間に合わないうちに被害が発生したものと考えられる。

以上降水量、積雪と災害の関係について述べてきたが、この 2 つの図に現れない災害がある。昭和 26 年の 7 月の水害、昭和 35 年の風害、昭和 36、40 年の風水害である。昭和 26 年の場合は芦生観測所の日降水量は 30 mm と多くないが、時間降水量は 25 mm、10 分間に 8 mm の降水量があったと記録されている。芦生観測所では予測できない地域的に偏った集中豪雨が林内で生じたと考えられる。後者の 3 つについては、それぞれ被害の内容に建物屋根破損とあり、降雨はあっても風による被害が大きかったものと思われる。

芦生の気象災害は雨の場合、日降水量が 100 mm、総降水量が 200 mm を超えると林道、車道、軌道に災害が起こり易く、日降水量が 200 mm、総降水量が 300 mm を超えると被害が大きかった。雪については最大積雪深 150 cm、100 cm 以上の積雪日数が 20 日を超えると道路、建物に被害が現れはじめ、最大積雪深 185 cm、100 cm 以上の積雪日数が 50 日を超えると被害が大きくなった。風の被害については観測データがないため明らかでなかった。気象災害は、災害の発生状況や気



象条件を的確に把握することは難しい。災害を予測する意味からも今後さらに短時間³¹⁾の、また林内各所の降水量、積雪などのデータの集積が必要と考えられる。

4-3 防災と気象

昭和24年、28年の2度の大きな水害を通して、京都府では由良川水系の降水量、積雪深、水位などの水文調査を開始し(表1)²⁴⁾、建設省によって主に由良川流域の河川の改修、防災工事などが積極的に行われるようになった³²⁾。演習林においても、由良川、内杉谷の護岸工事、内杉橋のコンクリート橋への改修が行われた。さらに昭和34年の2度の水害の後、昭和38年には由良川橋、赤崎西谷橋の改修、昭和38年から41年には芦生一出合の車道、内杉、榎倉方面の林道橋が木橋からコンクリート橋に代わり、昭和40年、47年の由良川橋の半壊によって、この軌道橋も昭和48年にコンクリート橋になった。また昭和53年には京都府によって内杉谷に砂防堰堤が建設された。近年、演習林内の林道についても横断排水溝、側溝などの整備が行われ、このような防災施設が被害の程度を小さくしているものと考えられる。

一方、ここ15年間には日降水量が200mmに達するような降雨は観測されていない。しかし100mm/日を超えた昭和54年と57年の災害時には事務所構内の苗畑では浸水が始まり、さらに大きな災害が発生する可能性を有していた。このような危険な状態は、芦生では数年に1度の確率で訪れる。演習林内の主な橋梁はコンクリート橋となったが、ヘスター台風では当時コンクリート橋であった出合橋は100m下流に押し流されている³¹⁾。現在ある防災施設を含む流域管理について検討しておく必要がある。ヘスター台風を体験した西井³¹⁾は、林地の崩壊と河川の氾濫箇所が芦生の中では由良川の下流域むしろ演習林外に集中した点について、戦前期の演習林の施業が由良川本流沿いの小面積の薪炭林施業が中心³³⁾で、戦時中の小野子谷の軍用ブナの伐採を除いて大面積の伐採、造林が行われず天然林が多かった、それに対し、下部の灰野以下の民地では造林地が多くそこに被害が集中した、と述べている。また森林の取扱いについては、峰通りの森林はなるべく伐採しない、皆伐は小面積施業とする、人工林の造林地拵えに当たっては下草の全刈りはやめる、純林より混交林が災害に対する防止力をもっていることなどを強調し、防災面から芦生における天然林施業の重要性を説いている。当時と比べると演習林内では多くの林道が開設され、造林地も増加し、特に造林地については災害時に崩壊が生じ易い林齢20年までの造林地が多い^{33), 35)}。伐木集運材については、昭和20年と昭和24年の災害時に流木の衝突によって被害を大きくしたと報告されている集運材時の流送^{14), 31)}は行われなくなり、軌道、林道、索道によって行われるようになった。しかし、伐木、集運材機の機械化、大型化、そして効率化によって集材線下の残存木や林地の損傷も多くなってきた。林道については、ヘスター台風時の天然林の崩壊箇所(図20)とその後の林道、林地の崩壊、危険箇所は多くの地点で一致している。設計段階においては過去の災害箇所との検討、安定勾配、路面長と横断排水溝の関係¹⁹⁾、また開設、管理にあたっては土砂の取り扱い、のり面、捨土斜面の植生回復^{36), 37)}、側溝、路面補修などに細心の配慮が必要であろう。建物などの施設についても今後、気象と地形を考慮した設計が望まれ、常日頃からの防災体制の強化が必要である。

あ と が き

芦生演習林で行われてきた70年の気象観測について述べてきたが、芦生の気象は冬の雪、降水量の多さに代表される。しかし演習林で行われてきた気象観測が精度、測定方法(主に日界時刻)の面で長期的に他の気象観測所のものと比較することが可能になってきたのはここ10数年

であると言わざるを得ない。本報では演習林の試験研究の中心となる温帯落葉樹林帯内の気象については戦中戦後の欠測が多い、とりわけ雨雪量の観測に精度が低い測定機器による観測値を用いなければならなかった。今後気象機器の整備によってさらに正確な観測結果が導かれることを期待している。

引用文献

- 1) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 1. 10～17, 1933
- 2) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 2. 25～48, 1938
- 3) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 3. 25～48, 1942
- 4) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 4. 65～126, 1956
- 5) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 5. 25～44, 1962
- 6) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 6. 27～39, 1967
- 7) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 7. 27～39, 1972
- 8) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 8. 27～39, 1977
- 9) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 9. 27～39, 1981
- 10) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 10. 29～42, 1987
- 11) 京都大学農学部附属演習林：施業年報. 昭和2～20年, 1927～1945
- 12) 京都大学農学部附属演習林：演習林概要. 17～21, 1928
- 13) 京都大学農学部附属芦生演習林：件名簿. 昭和21～63年, 1946～1988
- 14) 京都大学農学部附属芦生演習林：庶務関係資料. 昭和21～63年, 1946～1988
- 15) 京都大学農学部附属芦生演習林：気象月報（芦生観測所）. 昭和6年1月～昭和10年12月, 昭和16年1月～昭和62年12月, 1931～1935, 1941～1987
- 16) 京都大学農学部附属芦生演習林：気象月報（中山観測所）. 昭和6年1月～昭和12年11月, 1931～1937
- 17) 京都大学農学部附属芦生演習林：気象月報（長治谷観測所）. 昭和12年12月～昭和33年12月, 1937～1958
- 18) 「天然林の生態」研究グループ：京都大学芦生演習林における天然生林の植生について. 京大演報. 43. 33～52, 1972
- 19) 北川新太郎・藤原守正・田中壮一・石川秀夫・林英夫・古谷士郎・酒井徹朗：路面浸食と横断排水溝に溜る土砂について. 京大演集報. 17. 154～164, 1987
- 20) 山田文雄：気象観測資料と統計資料—資料利用のガイド〈上〉—. 気象. 29 (6). 30～33, 1985
- 21) 山田文雄：気象観測資料と統計資料—資料利用のガイド〈下〉—. 気象. 29 (8). 28～30, 1985
- 22) 日本放送協会：NHK 最新気象用語ハンドブック. 日本放送出版協会. 255 pp, 1986
- 23) 京都大学農学部附属本部試験地：気象月報. 昭和45年12月～昭和60年12月, 1970～1985
- 24) 京都府：由良川水系地区水文調査報告書. 1. 299～362, 1957
- 25) 京都地方気象台：京都気象100年. 日本気象協会関西支部. 173～181, 1981
- 26) 日本気象協会京都支部：京都府気象年報. 昭和60～62年. 1985～1987
- 27) 原田泰：森林気象学. 造林学全書第8冊：朝倉書店. 327 pp, 1951
- 28) 京都大学農学部附属芦生演習林：災害復旧工事関係書. 未発表
- 29) 京都大学農学部附属芦生演習林：ヘスター台風一件書. 1949
- 30) 北桑災害誌刊行会：北桑災害誌. 370 pp, 1954
- 31) 京都大学農学部附属演習林：台風の森林に及ぼす影響とその対策. 1～34, 1950
- 32) 建設省近畿地方建設局福知山工事事務所：由良川改修史. 107～214, 1980
- 33) 安藤信・川那辺三郎・登尾久嗣：芦生演習林人工林調査Ⅰ—スギ人工林における調査地設定時の林況—, 京大演報. 57. 93～111, 1986
- 34) 宮沢清治：防災と気象. 現代の気象テクノロジー. 3. 朝倉書店. 195 pp, 1982
- 35) 四手井綱英：森林保護学. 朝倉書店. 230 pp, 1987
- 36) 小橋澄治・島津義史・吉田博宣・酒井徹朗・佐々木功：林道切取り面の安定性と自然植生の回復について—芦生演習林を例として—, 京大演報. 51. 152～163, 1979
- 37) 福嶋義宏・玉井重信：林道建設後の捨土斜面における土砂移動量と植生の経年変化（林道建設が自然植生, 景観, 土砂生産量に及ぼす影響とその対策に関する研究）. 昭和54年—昭和56年度文部省科学研究報告書. 89～97, 1982

Resume

1) Meteorological data of air temperature, humidity, precipitation and snow cover, which have observed in Kyoto University Forest of Ashiu located at northern east part of Kyoto Prefecture for 70 years were analyzed.

2) The average annual temperature at 9 o'clock was 11.0°C with the average extreme maximum temperature 34°C in summer and the average extreme minimum temperature - 10°C in winter; the average annual humidity at 9 o'clock was 83%; the average precipitation was 2370 mm with 173 days above 1 mm/day a year; the average annual maximum depth of snow cover was 108 cm with 88 days of snow cover above 1 cm in winter in Ashiu observation station at 363 m above sea level.

3) Observed values of Ashiu were 4°C lower in the average annual temperature, 1°C lower in the extreme maximum temperature in summer and 5°C lower in the extreme minimum temperature in winter; above 10% higher in the average annual humidity; 800 mm more in the average precipitation a year than that of Kyoto University Experimental Forest Station on the Campus, which was located in Kyoto City and about 30 km distance from Ashiu in a straight line towards the south. And it has scarcely snowed in a period of observation there.

4) Observed values of Chojidani observation station at 640 m above sea level, which was about 5 km distance from Ashiu towards the north were 2°C lower in the average annual temperature at 10 o'clock, 5°C lower in the average extreme maximum temperature in summer and 4°C lower in the average extreme minimum temperature; 50 mm/month more in winter and 400 mm more a year in the average precipitation; 40 days of snow cover with the annual maximum snow depth above 200 cm more than that of Ashiu observation station.

5) Observed values of Ashiu were lower in the average annual temperature and more in the average precipitation and in the snow cover than that of any observation by Kyoto meteorological observatory in Kyoto Prefecture. The average annual temperature was 2°C lower, the precipitation was 400 mm more a year and snow cover was 80 cm more than that of Miyama observation station, which was about 15 km distance from Ashiu towards the west at 200 m above sea level.

6) Many peculiar data were observed, for example heavy or long rain and snow in Ashiu. Ashiu has often suffered from many disasters especially caused by heavy rain in summer in a period of observation.

7) The breaking downs of road were happened easily by over 100 mm/day or over 200 mm of total amount of precipitation. If the daily amount of precipitation was over 200 mm, heavy disasters, for example, washing away of Yuragawa Bridge and many damages of roads, houses and facilities occurred by the flood. And damages of houses and roads were happened easily by over 150 cm of snow cover and 20 days of snow cover above 100 cm. Over 185 cm of snow cover and 50 days of snow cover above 100 cm caused heavy damage.