

東北の農業気象

第 32 号

昭和62年7月(1987)

〔論 文〕

1. 第2種冷夏型の天候時における東北地方の気温分布……………工藤敏雄・宮腰勝…………… 1
 2. 上北地方における明治以後の冷害と気象……………和田純二…………… 5
 3. 水稻の穂孕期障害型冷害の発生気象要因の解析……………細井徳夫…………… 9
 4. 青森県におけるヤマセの気象解析……………穴水孝道・多田 久・井畑勝博…………… 13
 5. レーザ・レーダによる雪雲及びやませの観測……………十文字正憲…………… 17
 6. ヤマセ時の大気逆転層の観察……………卜蔵建治・阿部博史
小林裕志・杉浦俊弘…………… 21
 7. 青森県における稲作生産の地域性に関する解析的研究
第3報 代表的ヤマセ卓越年における気象及び生育の特徴……………浪岡 実…………… 25
 8. 気象良好年における水稻耐冷技術の効果……………佐々木忠勝・上野 剛…………… 30
 9. 宮城県におけるかんがい用水温の特徴と水管理法改善に関する研究
第5報 登熟後期の気温と用水温との関係……………日野義一・日塔明広…………… 34
 10. 山間冷水地帯の大区画段差水田の温度環境と水稻の生育
一特に畦畔沿いの温度と浸透水遮断効果について……………鈴木亀平・日野義一・日塔明広…………… 40
 11. 有効積算温度からみた水稻収量の予想……………卜蔵建治…………… 45
 12. 水稻の生育時期別有効温度の探索
第1報 活着期の気温と水温……………井畑勝博・穴水孝道・多田 久…………… 49
 13. 東北における水稻作柄による東北の地帯区分と収量の予測……………佐川久光・菊地 登…………… 53
 14. 宮城県における稲作期間の気象要素と水稻生育量に関する研究
第4報 出穂期前後の気象要素と登熟歩合及び収量との関係……………日塔明広…………… 59
 15. 出穂後の遮光処理が水稻の登熟、品質に及ぼす影響……………工藤聡彦・中堀登示光・浪岡 実…………… 63
 16. 作況試験から見た水稻の幼穂発育と気象との関連について……………高城哲男・須藤健児・船木一人
金沢俊光・小林 陽…………… 66
 17. 水田における生産環境の成立機構の解明
(2) 水稻個体群におけるCO₂環境……………手塚一清・高橋成人…………… 69
 18. 被覆資材の利用と農業生産……………阿部亥三…………… 74
 19. 低温・少照下の牧草の光合性速度について……………寺中吉造…………… 78
 20. 牛の局所頭熱放散量の測定……………皆川秀夫・檜館正大・関根豊樹…………… 82
- 特別講演 ヤマセと南部農業……………佐々木信介…………… 86

昭和62・63年度日本農業気象学会東北支部役員顧問名簿（県別）

支	部	長	◎本	庄	一	雄	岩手大学農学部			
評	議	員	◎小	野	清	治	青森県西地方農林事務所			
〃	〃	〃	◎卜	蔵	建	治	弘前大農学部			
〃	〃	〃	〃	穴	水	孝	道	青森農試		
〃	〃	〃	◎工	藤	敏	雄	岩手大農学部			
〃	〃	〃	〃	佐	藤	忠	士	岩手県農試		
〃	〃	〃	〃	宮	部	克	巳	岩手県農業短大		
〃	〃	〃	◎谷	口	利	策	東北農試			
〃	〃	〃	〃	鎌	田	金	英	治	秋田農試	
〃	〃	〃	〃	関		寛	三	東北農試		
〃	〃	〃	〃	日	野	義	一	宮城県農業実践大学校		
〃	〃	〃	〃	寺	中	吉	造	宮城県農業短大		
〃	〃	〃	〃	吉	田		浩	山形県庁		
〃	〃	〃	〃	羽	根	田	栄	四	郎	山形大学農学部
〃	〃	〃	〃	川	島	嘉	内	福島農試		
〃	〃	〃	〃	阿	部	貞	尚	〃		
監		査	〃	阿	部	谷	良	岩手県庁		
幹		事	〃	菅	原		俐	東北農試		
〃		〃	〃	多	田		久	青森農試		
〃		〃	〃	皆	川	秀	夫	北里大		
〃		〃	〃	阿	部	博	史	東北農試		
〃		〃	〃	伊	五	沢	正	光	岩手農試	
〃		〃	〃	細	井	徳	夫	東北農試		
〃		〃	〃	佐	々	木	忠	勝	岩手県庁	
〃		〃	〃	齐	藤	正	一	秋田農試		
〃		〃	〃	日	塔	明	広	宮城農業センター		
〃		〃	〃	菅	原	道	夫	山形県農試庄内支場		
〃		〃	〃	橋	本		晃	福島農試		
顧		問	〃	土	井	健	治	郎	東北製粉協同組合岩手事務所	
〃		〃	〃	千	葉		明	岩手農試		
〃		〃	〃	吉	田	泰	治	仙台管区気象台		
〃		〃	〃	梅	田	三	郎	日本気象協会東北本部		
			〃	寺	中	吉	造	学会賞審査委員（支部選出）		
			〃	小	野	清	治	永年功労者選考委員（〃）		
			〃	卜	蔵	建	治	編集委員（〃）		

（◎本部学会評議員）

第2種冷夏型の天候時における東北地方の気温分布

工藤 敏雄・宮腰 勝*
(岩手大学・秋田地方気象台)

1 はじめに

東北地方における冷夏パターンは、オホーツク海方面が高圧部になる第1種冷夏（北東気流型）と、低圧部になる第2種冷夏（北西気流型）があるとされている。これらはいずれも東北地方に低温・少照をもたらすが、前者は主として太平洋側に、後者は日本海側にその影響が強く現われる傾向がある。

第1類型の典型と見られる1980年は、太平洋側と日本海側では気象的にも農作物の被害形態からもその差は明瞭であった。しかし、第2種冷夏年では、水稻形態から見てもあまりその差はない。この辺の差は何に原因するか、その機構を事例解析により調査した。

2 調査期間

第2種冷夏の単独年としては例は少なく、その典型としてあげられる年は少ない。その中でも第2種系パターンの比較的明瞭な期間が含まれている年次として、1964（昭39）年9月下旬、1966（昭41）年7月下旬があげられる。また、最近では1976（昭51）年は前年第1種であったが、8月24日頃から第2種型に変わったことに着目して、この3か年について調査した。

3 500 mb パターンと気圧配置

(1) 1964年9月下旬

500 mb における高緯度の流れは9月15日頃から3波数に変わり、オホーツク海が負、シベリア大陸が負偏差域となり、大陸方面が北西流場となってきた。このパターンは下旬の22日以降に顕著になり、いわゆる第2種のパターンとなって南下が続き、10月3日頃に解消している。これに伴う地上気圧配置は中旬前半は移動性高気圧におおわれて、東北地方は全般に好天の日が多かった。しかし、中旬後半以降は、前線が南北振動を繰り返しながら東北地方に接近したので、ぐずついた天気の日が続いた。

この間、大陸から冷涼な高気圧が東北北部を通過することが多かったので、前線近傍では多雨、寡照となった。また、前線の北側にあたる東北北部では顕著な低温となった。

(2) 1966年7月下旬

上旬は地上では第1種冷夏パターンであったが、その後、500 mbでは極低気圧がシベリア東部まで南下、太平洋高気圧が日本の南に西進したので、極東では南北の温度差が大きく、強い高指数の流れとなった。即ち、中旬から下旬にかけては第2種型の気圧パターンに変わった。

このため、梅雨前線は中旬から下旬にかけて北陸から東北地方に停滞することが多く、また、前線上を低気圧が通過して日本海側を中心に多雨・寡照をもたらした。

(3) 1976年8月下旬

上旬から中旬にかけて、極東の尾根とベーリング海から南西にのびる気圧の谷によりオホーツク

海の高気圧が発達した。その後、下旬には「極うず」が著しく発達した。この「極うず」から日本付近の気圧の谷がのび、8月24日頃から高指数循環となって大陸方面は一様な北西流場となった

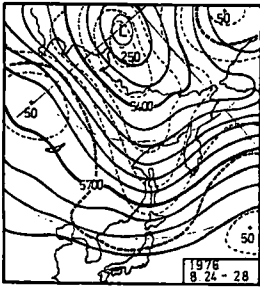


図1 500mb高度と偏差図
1976年8月24日～
28日半平均図

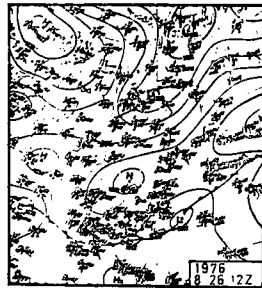


図2 地上天気図
1976年8月26日21時

(図1参照)。

いわゆる第2種パターンとなったのは強い寒気の流入があったためである。

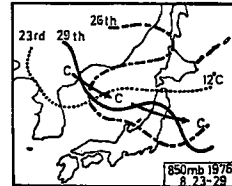
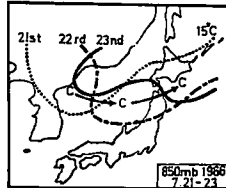
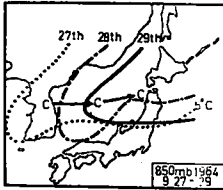
また、地上前線は20日頃、一時衰弱して夏型になったが、図2のように大陸方面から強い寒冷前線が南下し、24日以降はその後面からの寒気におおわれるようになった。

4 850mbの温度変化

(1) 1964年9月下旬

中旬の14日に寒冷前線が通過、12℃以下の寒気が入って東北地方をおおうようになった。

その後、一時、台風の影響で昇温したが、下旬には大体6℃以下の強い寒気におおわれた日が多く、図3に示すように東北地方はすっぱり寒気内に入った。この状態は10月初めまで続いた。



(a) 1964年9月27日～29日 (b) 1966年7月21日～23日 (c) 1976年8月23日～29日

図3 850mbの寒気の移動

(2) 1966年7月下旬

中旬になって500mbの流れが次第に北西流に変わったのに伴い、850mbの寒気も大陸方面から周期的に入るようになった。21日から22日にかけて、強い寒気を伴った寒冷前線が東北地方を通過、東北南部には850mbの15℃線がかかり、また、中部以北は12℃以下の寒気に入った。(図3参照)。その後、東北南部は太平洋高気圧の勢力圏内に入ったため、24日から27日にかけて15℃線は津軽海峡から北海道に北上した。しかし、28日以降8月まで再び寒気は南下、全般に12℃以下の寒気におおわれた。

(3) 1976年8月下旬

中旬までオホーツク海高気圧からの北東気流により主に太平洋側にその影響がでているが、下旬に入って大陸方面から寒気が南下した。図3の850mbの12℃線の変化を見ると、23日に日本海西部にあった寒気は、低気圧の東進に伴い三陸沖にぬけて、26日には新たな寒気が日本海中部に現われ、29日には再び東海上にぬける…という周期的な通過をしている。この期間中、東北地方は12℃の寒気におおわれ、地上前線も本州の南海上まで下っている。

一方、図4により秋田・仙台における状態曲線を見ると、850mbの風は秋田・仙台とも西また

は北より風が卓越している。しかし、風速は弱く、1000mbの温度は20℃以下となっている。また、24日から25日にかけてと27日には弱い逆転層が現われているが、これはトラフ前面による一時的なもので、秋田、仙台とも特に差はない。

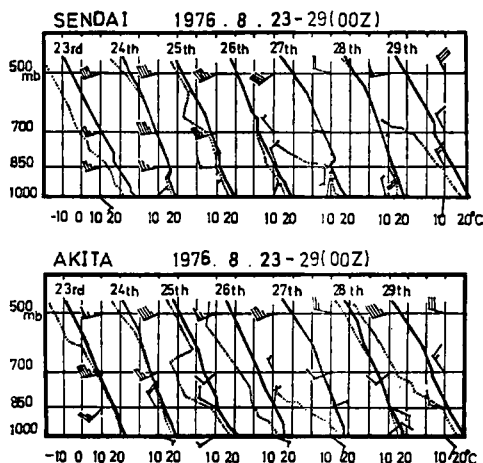


図4 仙台・秋田の状態曲線
1976年8月23日～29日(9時), — ; 気温,
----- ; 露点温度, ▲, □ ; 50ノット, ◯ ;
10ノット, △ ; 5ノット

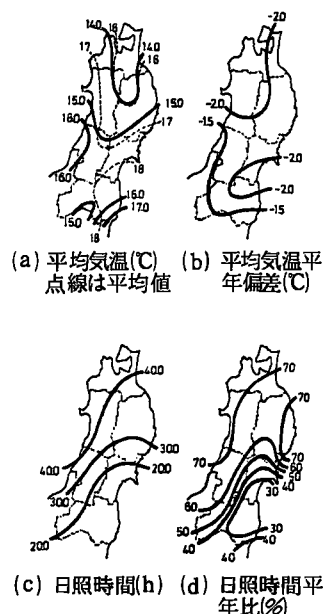


図5 1964年9月下旬の気温・日照分布図

5 東北地方の気温・日照分布

(1) 1964年9月下旬の分布状況

図5の東北地方の気温分布をみると、福島県浜通りと山形県庄内地方が16℃以上、15℃の線は岩手県南部から山形県内陸北部を経て秋田県南部に達している。また、14℃線は青森県三八地方から盛岡付近を通して津軽半島にのびている。これは大体平年(点線)の分布と類似し、内陸で低く、日本海沿岸と福島県浜通りで高温となっている。しかし、全般に平年より2℃前後低い。

同じ図5の下段の日照分布を見ると、東北北部が多照、南部がこれより少なく、南北の差が比較的はっきりしている。

(2) 1966年7月下旬の分布状況

図6から気温分布を見ると、東北北部の日本海側が太平洋側に比べて約1℃低く、また、特に福島県を中心に高温で、北部低温、南部高温の南北差が明瞭である。また、平年偏差では、特に日本海側の負偏差が大きい、気温分布から日本海側より著しく低温となることはない。

同じく日照分布をみると、日本海側の寡照が著しく、1964、1976年の例とは全く異なる分布をしている。これは梅雨末期の気圧配置に基づく分布と見られる。

(3) 1976年8月下旬の分布状況

図7により気温を見る。地域別では岩手県北部から青森県上北・三八地方にかけて最も低温になっており、これは同じ寒気内で標高差と緯度による差と考えられる。また、南北の差が明瞭となっ

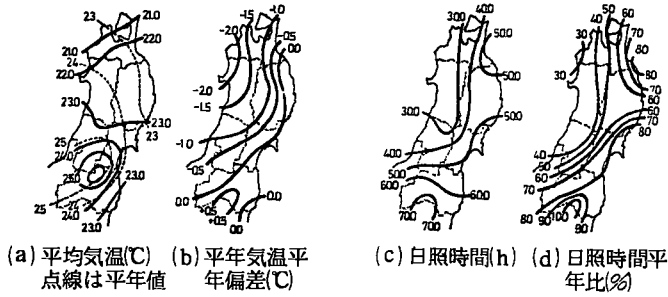


図6 1966年7月下旬の気温・日照分布図

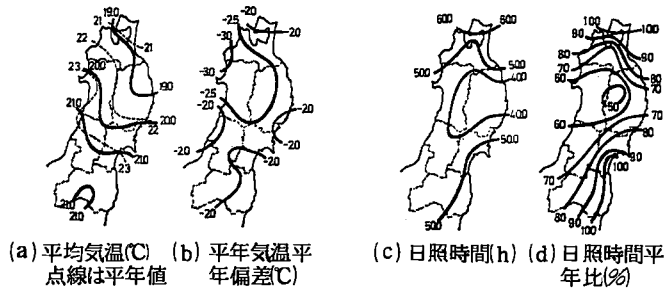


図7 1976年8月下旬の気温・日照分布図

ており、日本海側が太平洋側に比べて幾分高めで、平年値の気温分布と類似している。平年差を見ると、各地とも平年より低目となっているものの、大きな差のないことはそれを裏付けている。

一方、日照は東南北部と北部が比較的多くなっているが、南部の多照は23日までの夏型の影響とみられる。また、北部は23日以降の前線南下による影響と見られ、北に行くほど多照になった。

6 むすび

以上の各項から得られた結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 北西流場とはいえ、夏期の北西流は長続きせず、周期的であることが多い。
- (2) 寒気の南下による影響の仕方は、第1種型のように、オホーツク海高気圧の南東進に伴って寒気が移動していく場合と違い、東北地方は、一様にその支配下に入る場合が多い。したがって日本海側と太平洋側もその低温の程度に大きな差はない。
- (3) 日本海側が低温、太平洋側が高温という場合よりも、日本海側高温（例えば1976年8月23日から31日まで）の場合もある。これは対島海流が一因と考えられる。
- (4) 東北地方の日照分布では、北部ほど天気の良い場合があり、南北の分布が明瞭となる傾向がある。
- (5) 第1種冷夏の場合は、日本海側では奥羽山脈の山越え気流となり、フェーン現象的要素も加わるが、第2種型の場合はこの現象はほとんど見られない。
- (6) 今回は7月の前線近傍、8、9月はともに前線が南海上まで南下した場合の解析となったが8、9月の場合の寒気は東北地方一円に及び、いわゆる「早冷」の形をとっている。

以上から、第1種は太平洋側低温、寡照、第2種は日本海側にこの現象が現われるとしても、それはごく典型的な例であって、それほど単純ではない。（参考文献その他省略）

上北地方における明治期以降の冷害と気象

和田 純 二
(青森県十和田市)

1 はじめに

冷害に関する文献・資料は、昭和10年以前のもものが少なく、40年半ばから発掘につとめた。明治2年冷害は新渡戸伝の『三本木開拓誌』、十和田市早坂ルイ家に伝わる『萬日記』、明治35年冷害は『青森県救荒志』、大正2年冷害は『青森県凶作救済誌』が刊行されていることがわかった。

私的記録は、上北郡天間林付中島農場坪刈表（明治24年～昭和21年）、同村中野石蔵日記（大正2年、昭和29年～31年）、十和田市旧藤坂村竹ヶ原助八廿記（明治26年～昭和11年初期欠落あり）などで、これら農民記録は、公刊報告書の行間を埋めるにたる内容のものであった。また、上北部七戸町農水省奥羽種畜牧場の明治34年～大正15年の気象観測記録も、上北地方の冷害気象知るうえの貴重な資料として参考になった。

以上の資料を中心としてこれまで報告してきたが、その後に検討したものに、さらに県内でも野菜生産の伸びの著しい上北農業と最近年の冷害の関係について考察した結果もあわせて報告する。

2 結果と考察

(1) 明治2年と昭和55年冷害の気象と作柄の比較

『三本木開拓誌』に記載の気温は、欠測日と朝、昼の観測時刻不明で検討資料として十分でないが、既報の昼気温からここでは朝の観測について表-1にまとめた。慶応2年と明治2年の両冷害年を比較すると、明治2年は、6月高く、7、8月は明らかに低い。9月は明治2年の観測20年間についての比較では両年共15.1℃、晴天日数でも差がなく、両年の9月はほぼ似た気象経過と推定された。青森農試藤坂支場の昭和55年6～9月の月平均最低気温は平年に比べて、6月は高温、7、8月は異常低温、9月はやや低く、明治2年の気温経過に似ているようである。

明治2年7、8月の降雨日数は、7月は29日中10日、8月は31日中10日で、60日中23日、ほぼ3日に1日の降雨であった。『萬日記』では8月15～25日間に3回の洪水があったとあり、8月後半

表-1 月別朝の気温

項目 月別	慶応2年	明治2年	参考 藤坂支場昭和55年	
	(1866)	(1869)	最低気温	左の平年差
6月	13.1 (3)	14.2 (3)	13.9	1.7
7月	18.4 (1)	15.9 (4)	15.6	-1.0
8月	19.6 (4)	16.9 (1)	15.3	-2.8
9月	15.7	15.2 (10)	12.9	-0.3

注) () 内数値は欠測日数『三本木開拓誌』による。

に大雨が集中したらしい。昭和55年7、8月の藤坂支場観測降水量は564.5mmで、うち8月後半は391.7mmで、2か月の約70%が集中し、明治2年の夏の降雨型に類似している。

『萬日記』の明治2年と昭和55年の作柄を比べたのが表-2である。明治2年の十和田地方は、水稲収穫皆無、畑作物は種

表-2 明治2年と昭和55年
冷害の作柄の比較

明治2年	昭和55年
十和田地方 稲作皆無 畑作種有り無し ひえ一切皆無 大豆一切皆無 そば長種分	稲作 十和田市 48kg/10a " 三沢市 3 藤坂支場畑作 ひえ 176 (78%) 大豆 92 (58) そば 30 (40) 小麦 291 (111)
八戸通一統皆無 三戸通良好 鹿角通種に気遣なし ただし山根通り皆無 秋田随分よし 福岡良好種に気遣なし	稲作 八戸市 48kg/10a " 三戸市 118 " 鹿角市 230 " 秋田市 578 " 二戸市 55

注) 1) 明治2年作柄は『萬日記』による。
2) 藤坂支場畑作は、連輪作試験成績。
() 内数値は平年比率。

子分がとれたりとれなかったり、ひえ、大豆は一切皆無、そば、麦は種子分の収穫という。昭和55年冷害では、水稻単収(10a)十和田市48Kg、三沢市3Kg、三八地方平均35Kgの惨状であった。また、藤坂支場の昭和11年以来継続の畑輪作試験成績では、小麦は平年作を上回ったが、大豆、そばは半作、ひえ8分作で、畑作物によって異なった。

明治2年の水稻作柄の地域性は、八戸地域は減収が大きく、秋田は冷害の影響なしと、昭和55年の地域性とほぼ類似とみられるが、岩手県北福岡では種子分気遣なしが、昭和55年冷害で著しい減収となりその相違が目される。

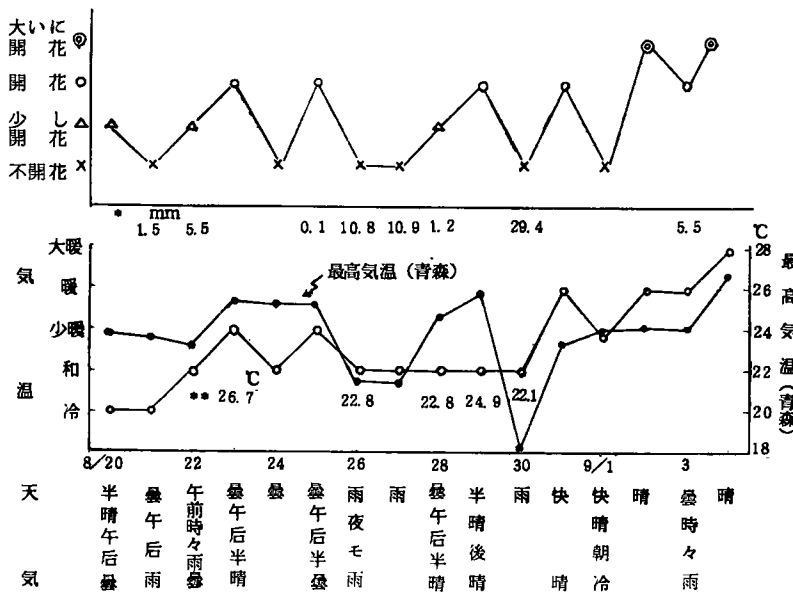
(2) 冷害と農民記録

既報で上北地方に残る農民日記、水稻坪刈表から冷害の実態と気象について報告したが、さらにその

後明治38年の竹ヶ原助八日記と、昭和29年の中野石蔵日記から関係記録について整理検討した。

1) 明治38年冷害の水稻開花記録

この年の県水稻作況は66、月平均気温7月19.8℃、8月18.1℃(青森气象台)で、明治35年に比べ7月0.1℃高く、8月0.8℃低い。竹ヶ原日記に「8月4日、曇天又ハ降雨ノミ打続キ、土用末ノ今日稲尚孕穂ミス。且ツ冷氣アルヲ似ッテ真ニ憂慮ニ耐ヘズ。然レドモ冷氣は明治35年ノ二番



注) 青森气象台降水量
竹ヶ原日記午後の気温

図-1 明治38年竹ヶ原日記からみた水稻開花と気象

除草の際ヨリ甚シカラズ」とある。出穂開花期に当たる8月半ばからヤマセの曇雨天が続いている。8月の降雨日数は14日である。

日記の開花観察記録を模式的に図-1に毎日開花状況、気温を5段階、天気、時々気温観測値(午後の時刻不明)、参考に青森气象台の日別最高気温と降水量を示した。

この開花期間中の不開花日数6日、うち4日は降雨日、8月23日は午後

26. 7℃でよく開花。翌24日は曇天、気温やや低下で不開花となったと推定される。9月1日は「朝冷気甚ク露霜降りシナラン。晴天ナレド朝冷気ノタメ稲開花セズ」とあり、秋冷で最低気温低下の影響で不開花、またはまばらの開花現象がみられるところであり、冷害気象下の水稻開花習性をすでに明治末期に的確に観察していたことになる。ただ、明治38年8月の開花障害は、藤坂支場における昭和55年8月の開花期間20日のうち不開花日12日、未開花約30~50%に比べると軽い。

2) 昭和29年の水稻冷害予知

昭和29年の月平均気温 6月13.8℃、7月17.3℃は青森気象台の極小記録で、県水稻作況87であった。冷害必至と7月12日から県をあげて冷害防止運動の普及徹底を図った。早期の冷害予知とその対応により被害を軽減した特筆される冷害年であった。県農試では冷害実態調査報告書を公刊し、気象要因、技術的要因を詳細に解析しているが、一方生産農民の立場から冷害に如何に対応したかを日々綴った中野石蔵日記の6、7月から抄録してみよう。6月9日 晴 珍しく厳霜 とうもろ

表-3 昭和29, 30年の7月気温

年月 時刻 項目	昭和29年7月			昭和30年7月		
	4時	12時	21時	4時	12時	21時
月平均気温	℃ 16.1	19.3	17.9	21.5	27.4	24.6
観測日数	日 30	24	28	31	29	28
備考	5時観測 6日		20時観測 1日	5時観測 4日		20時, 22時 観測各1日
藤坂支場 気温	最高気温 最低気温	℃ 20.4 ℃ 13.8	最高気温 最低気温	℃ 29.0 ℃ 19.2		

注) 中野石蔵日記による。

こし霜の被害大。田植も苗取も蛇の如く手も足も屈む。午前9時頃まで手足の感覚なし 気温は0.1度より5度迄低下。6月10日 曇 今朝も強霜 とうもろこし 馬鈴薯全減の惨状なり 朝の気温0度 7月8日 曇 冷涼 凶作 決定的なり 分けつ草丈共になく代枯甚大なり。

7月12日 曇 朝田に入り手足感覚失えぬ。力なく田草取る。7月15日 曇 恐怖すべき大凶作の様想濃し 7月16日 曇 冷害凶作決定的なり 氏は7月8日に凶作は避けられないとみたが、県指導機関でもこの時期に至り冷害必至と判断しているのと一致している。氏が19才時大正2年の日記の抄録が『天間林村史』に掲載されている。凶作の惨状を伝えるすぐれた記録であるため、当時の7月1日に「この分なら凶(作)ならずや」、8月27日大暴風雨通過後「三伏労々辛苦 今画餅に帰さんとす」と凶作を予測した。しかし県は9月24日でも水稻5分作見込み、生産農民に比べて指導機関が冷害に対して予測の幼稚な時代であったことを示唆している。大正2年以来40余年、昭和29年の出穂遅延冷害に際し、稲作研究の発展が冷害の早期予測に役立ったことになる。

中野石蔵氏は29年には、4時、12時、21時の3回の気温を観測している。農作業等で1時間位前後したり欠測もあるが、7月の気温を高温年の30年と比較したのが表-3である。12時気温は、29年19.3℃、30年27.3℃と8.1℃の差で、藤坂支場7月最高気温の両年の差8.6℃に近く、4時、21時でも同様の傾向がみられる。氏は長年やませ地帯で、如何に気温の高低が作物生育に大きく影響するかをよく知りつくし、気温を重視、数字で把握しようと精力的に観測をしたのではなかろうか。

3) 上北農業の発展と最近年の冷害

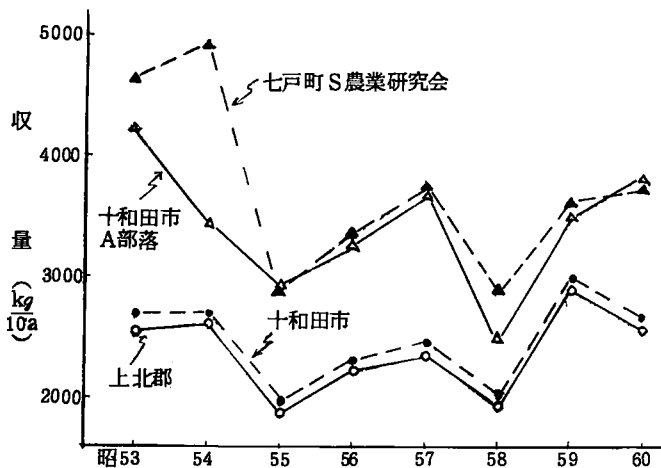
上北地方は県内で最も広い農用地面積を有し、水稻、畜産、野菜を基幹とする主要農業地帯を形

成しているが、やませの影響で冷害を受け易く、安定生産が重要な課題となっている。例を58年の水稲作でみると、県作況94の不良に対し、南部は87の「著しい不良」の作況で、上北地方の出穂期は8月23日と29年以来の出穂遅延が減収、品質低下の最大要因となった。上北の市町村別出穂期と収量、品質の関係でみると、出穂期と収量 $r = -0.788^{**}$ 、出穂期と1等米比率 $r = -0.805^{**}$ の負の相関関係が認められ、61年も同様の傾向であり、早熟耐冷品種と生育促進による安全出穂期の確保が重要な基本技術であることを今後とも強調する必要がある。

表-4 昭和58年野菜粗生産額の対前年比

地域	県	東青	西北	中南	上北	下北	三戸
対前年比	75	106	88	98	64	74	75

注) 青森統計情報事務所資料による。



注) 上北郡、十和田市は青森統計情報事務所資料。他は坪掘りを10aあたりに換算。

図-2 上北地方におけるながいも収量の年次推移

研究会の坪掘調査でも明らかに減収しているのが認められる。気象変動の大きいやませ地帯の上北農業の安定生産を図るため、基本技術の励行と耐冷技術の導入がかなめで、稲作、畑作野菜とも共通で、これが地域の特徴の一つでもある。

3 むすび

大冷害の明治2年、大正2年、昭和55年の8月気象は低温、少照、多雨型であったが、明治35年は多雨型でなく、8月中旬が平均気温が16.3℃まで低下し、これが障害不稔発生の主因ではと、奥羽種畜牧場の気象資料より、また、明治38年8月下旬の水稲の開花障害は、昭和55年の場合より軽く、9月の前半は真夏並みの気温となり、登熟初期が良好であったと竹ヶ原助八日記によりそれぞれ推定した。このように明治期以降の冷害研究を進めるには、まだ埋れていると考えられる農民日記などの記録の発掘に期待するところが大きい。

昭和50年の農業粗生産額を100とした60年の上北は138で県内で最大で、とくに野菜の伸びは21.3で、次位の三戸の167を大きく離している。

しかし、冷害年の野菜生産への影響は小さくない。55年の7、8月の異常低温で、上北の野菜13品目の作柄は、県内最下位10品目、下位2位3品目であった。また、58年の6、7月の異常低温では、表-4のように、野菜粗生産額の対前年対比で上北は県内で最も低い。とくに主産地のながいもの近年の単収(10a)の推移を図-2に示したが、55、58年の収量が、農水省統計情報事務所の作況調査、研

水稻の穂孕期障害型冷害の発生気象要因の解析

細井徳夫

(東北農業試験場)

1 はじめに

水稻の障害型冷害は、幼穂分化期、穂孕期、出穂開花期の気温低下により発生するとされてきた。

この幼穂分化期から穂孕期の障害型冷害の発生に、平均気温、最低気温あるいは最高気温のいずれの気温要因の低下が最も関与するか、また日射の強弱が本冷害の発生に関与するか否か、さらに本冷害の発生に対するそれら要因間の相互作用があるか否かについて、厳密な環境制御条件下で解析されたことはない。そこで人工光環境調節装置と水耕法を用い、品種フジミノリを播種から登熟まで制御環境下にて育成し、上述の課題を検討し、以下の結果を得たので報告する。

2 試験方法

供試品種フジミノリの種子を暗所30℃にて催芽後、7×28cm木枠の網上に22粒播種し、パーミキュライトで覆った。この木枠を大型水槽に入れて全生育期間を人工光源グロースキャビネット（小糸KK製・KG型）内で水耕法を用い6葉期まで育成した。育成環境は昼温30℃、夜温20℃、日長16時間（日射量20.4MJ）、相対湿度70±10%と定めた。培養液は常法を用いたが窒素濃度は6ppm、pHは5～6に調整し、培養液は3日毎に更新した。その他の管理は常法に従った。

6葉期から日長12時間（15.4MJ）、気温25℃条件にて花芽を揃えて分化させ、日射の強さと冷温の程度が異なる処理室へ、処理開始日を3日間隔に変えて各22個体を移動し、10日間処理した。処理後30日間日長12時間、25℃にて登熟させ、各22個体のうち中位の10個体の稔性を調査した。

なお処理室はグロースキャビネット（小糸KB型）6台を用い、日射と気温の組合せは以下のように設定した。

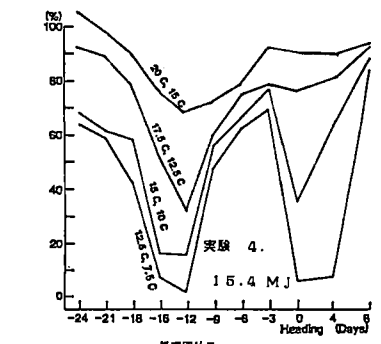
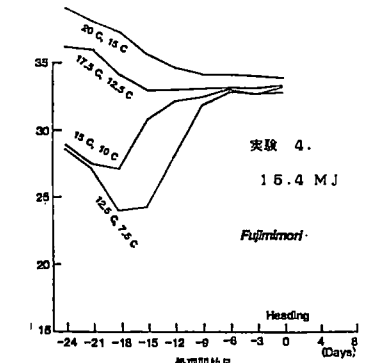
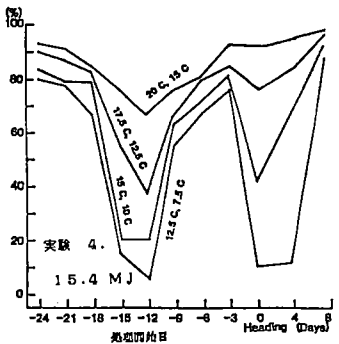
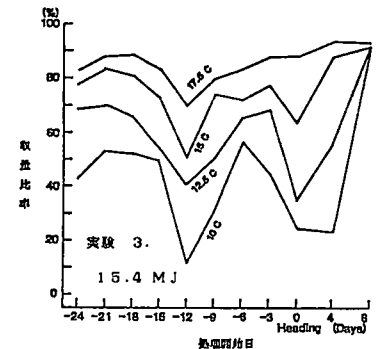
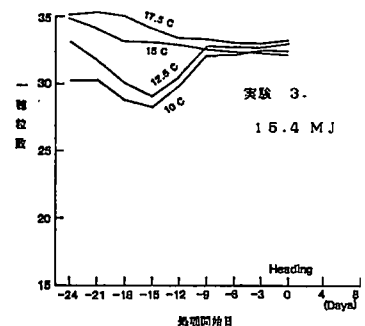
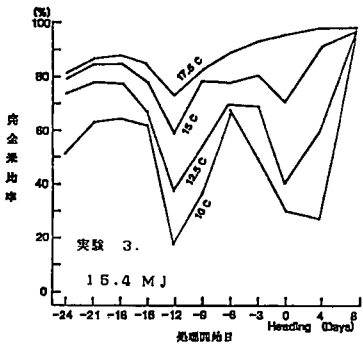
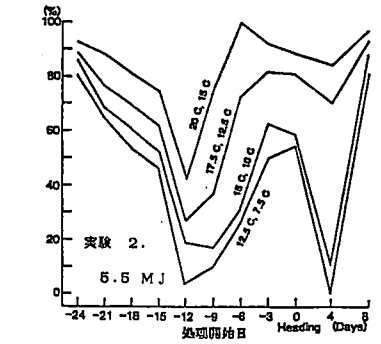
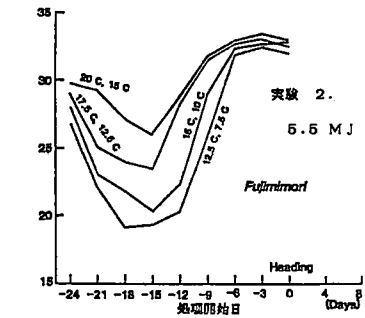
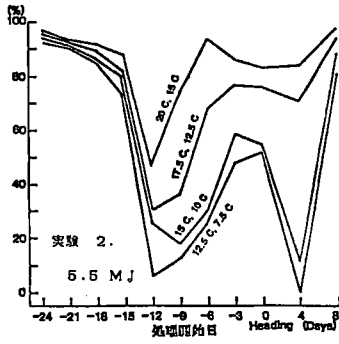
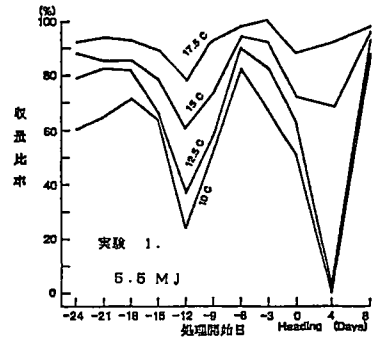
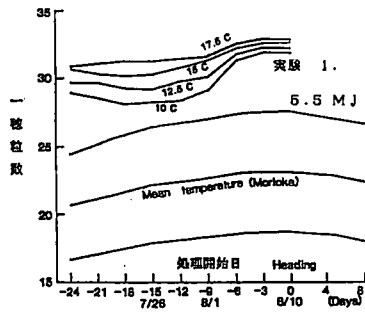
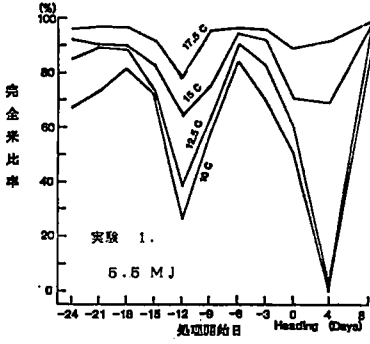
実験1	5.5MJの日射量（日長12時間）	と10℃、12.5℃、15℃、17.5℃、20℃、22.5℃
実験2	” ” ”	と12.5°-7.5℃、15°-10℃、17.5°-12.5℃、20°-15℃、 22.5°-17.5℃、25°-20℃
実験3	15.4MJの ” ”	と10℃、12.5℃、15℃、17.5℃、20℃、22.5℃
実験4	” ” ”	と12.5°-7.5℃、15°-10℃、17.5°-12.5℃、20°-15℃、 22.5°-17.5℃、25°-20℃

日射量15.4MJは、夏期の平均日射量とほぼ等しく標準日射区とした。5.5MJの日射量は夏期の雨天日の日射量とほぼ等しく弱日射区と定めた。

3 試験結果及び考察

日長12時間、気温25℃条件に変換後、実験1～4の条件にて処理開始日を3日間隔に変えて、10日間の冷温処理を受けた個体の完全米比率をそれぞれ第1図に示す。

20℃恒温区と平均気温が20℃の22.5°-17.5℃変温区の温度条件では完全米比率の低下した処理区はなかった。17.5℃恒温区と平均気温が17.5℃の20°-15℃変温区では完全米比率が80%以下に低下した処理区が認められ、その処理区は5.5MJ弱日射区及び15.4MJの標準日射区とも日長12時間、25℃条件に変換15日後、出穂12日前に冷温処理を開始した個体であった。すなわち平均気温



第1図 10日間の冷温処理とその開始時期が完全米比率に及ぼす影響

第2図 10日間の冷温処理とその開始時期が一穂粒数に及ぼす影響

第3図 10日間の冷温処理とその開始時期が収量性に及ぼす影響

17.5℃にて完全米比率の低下した処理区が弱日射及び標準日射下にて認められ、17.5℃の最低気温が12時間継続した22.5°-17.5℃変温区に完全米比率の低下した処理区がなく、自然圃場において最低気温が12時間以上継続する気象条件はないことから、穂孕期障害型冷害の発生に最低気温より平均気温の低下が強く関与すると推定された。

10日間の冷温処理を受けた穂孕期個体について、完全米比率の低下しない低温限界は平均気温20℃であり、その低下が認められる高温限界は平均気温17.5℃であり、弱日射区と標準日射区において差がないこと、さらに冷害が発生した各処理区について、弱日射下の完全米比率は、標準日射下と比較し、恒温及び変温処理ともやや低いが大差ないことから、穂孕期の日射の強弱は、穂孕期障害型冷害の発生に直接強く関与する気象要因ではないことを指摘できる。

冷害が発生した処理区について、幼穂分化期に相当する出穂前24日から18日までに処理が開始された恒温区の完全米比率は、弱日射及び標準日射下において変温区より低かった。一方、穂孕期に相当する出穂前12日から3日までに処理が開始された変温区の完全米比率は、両日射下において恒温区より低い。この結果は、幼穂分化期と穂孕期の減収比率に及ぼす平均気温と最低気温の作用性がやや異なる可能性を示唆する。

さらに冷温による20%以上の完全米比率の低下が、幼穂分化期は12.5℃恒温区と平均気温12.5℃の15°-10℃変温区から認められ、一方、穂孕期では17.5℃恒温区、平均気温17.5℃の20°-15℃変温区から認められることより、障害不稔の発生温度が幼穂分化期と穂孕期では異なり、穂孕期の障害不稔が最も高温で発生することが分った。

幼穂分化期の10日間の冷温処理により完全米比率が最も低下した処理開始区は、弱日射、標準日射、恒温及び変温処理とも、12時間日長25℃へ変換直後の出穂前24日処理区であった。また穂孕期のそれは、12時間日長25℃へ変換15日後、出穂前12日区であった。

花芽分化期から出穂期にかけて、実験1から4の日射と温度処理を10日間継続して受けた個体の幼穂の平均一穂粒数を第2図に示す。

花芽分化から出穂までを12時間日長、標準日射量、25℃条件にて経過した出穂前0日区の一穂粒数は、平均32~33粒と実験間、個体間の差はほとんどなかった。

図2-1より弱日射下において、出穂前24日から9日までに10日間の10℃~17.5℃恒温処理が開始された個体の一穂粒数はやや減少し、また図2-2よりそれらの期間に12.5°-7.5℃~20°-15℃の変温処理を受けた個体の一穂粒数は、出穂前0日区の個体や恒温処理区の個体に比較しかなり少なく、かつ温度処理間の差もかなり大きかった。図2-3より、標準日射下において、出穂前24日から9日までに10日間の10℃、12.5℃の恒温処理が開始された個体の一穂粒数は、対応する弱日射下の個体より多いが、出穂前0日区より少ない。しかし15℃、17.5℃処理個体の一穂粒数は出穂前0日区より多かった。また図2-4よりそれらの期間に12.5°-7.5℃、15°-10℃10日間の変温処理を受けた個体の一穂粒数は、対応する弱日射下の変温区個体より多いが、標準日射下恒温区及び出穂前0日区の個体より少なかった。標準日射下17.5°-12.5℃、20°-15℃変温処理個体の一穂粒数は、標準日射下の対応する恒温処理個体よりさらに多かった。

図2の1~4の比較から、出穂前24日から9日までに10日間の平均気温12.5℃以下の冷温処

理を開始すると、日射条件にかかわらず常に一穂粒数を減少させるが、平均気温15~20℃の冷温処理では弱日射条件下においては一穂粒数を減少させ、標準日射条件下では25℃より、増加させることが分った。

この結果から一穂粒数の増減には、平均気温のみでなく、日射や温度較差も重要な気象要因であり、穂孕期の15℃、17.5℃の平均気温は完全米比率を低下させるが、標準日射下の一穂粒数の分化に対しては冷温ではなく25℃より適温と推定される。また10日間の冷温処理によって一穂粒数が最も減少した処理開始区が弱日射、標準日射、恒温及び変温条件とも、12時間日長25℃へ変換後9~12日後の出穂前18~15日区であり、冷温処理により完全米比率が最も低下した処理開始区の出穂前12日区と異なり、3~6日早い処理区と判明した。これらの結果から一穂粒数の増減、穂孕期の稔性の気象反応にはかなりの差異が存在することを指摘できよう。

登熟まで標準日射下25℃条件の育成室で経過した個体の完全米比率(98%)と、一穂粒数(33粒)の乗数に対する各処理区の完全米比率×一穂粒数の比率を100分率にて第3図に収量比率として示した。

この収量比率が80%未満の処理区の条件を、冷害の発生条件と仮定すると、10日間の冷温処理により、冷害が発生する気温は、両日射区、恒温、変温区とも、完全米比率の顕著な低下が認められる気温とほぼ等しく、出穂前24日~18日区の幼穂分化期では、平均気温12.5℃以下、出穂前15日~9日の穂孕期では平均気温17.5℃と推定できる、逆に幼穂分化期では15℃以上、穂孕期は20℃以上の平均気温では冷害が発生しなかった。本実験で得た穂孕期冷害の発生温度は、従来の結果とほぼ一致した。

一方、幼穂分化期において冷害が発生した平均気温10℃、12.5℃の冷温条件の弱日射区の収量比率は標準日射区より高い。これは幼穂分化期の冷温による完全米比率の低下が弱日射より標準日射下で大きいことによる。また穂孕期において冷害が発生した平均気温17.5℃以下の冷温条件では、恒温区の収量比率は変温区より高い傾向を示した。これは恒温区に比較し変温区の冷害発生条件下の完全米比率が低く、一穂粒数の変化も大きいことによる。さらに穂孕期の冷害発生条件下において恒温及び変温区ともその収量比率は日射条件により大きな変化はない。しかし変温区の17.5~12.5℃、20~15℃条件では弱日射の収量比率が標準日射よりやや低い傾向を示した。

以上の結果から穂孕期の冷害発生する高温限界は、日射の強さ、恒温、変温処理により変動しないが、冷害が発生する条件下における減収比率は、恒温より変温処理下の個体がやや大きいと推定される。

4 まとめ

水稻の穂孕期障害型冷害の発生に、平均気温、最低気温、最高気温のいずれの低下が最も関与するか、日射の強弱が本冷害の発生に関与するか否か厳密な環境制御下で解析し以下の結果を得た。

穂孕期の日射の強さを2段階、冷温の程度が6段階に異なる組合せ実験から、穂孕期障害型冷害の発生には平均気温の低下が最も強く関与し、日射の強弱は直接強くその発生に関与する気象要因ではないことが分った。また不稔が発生する高温限界は幼穂分化期12.5℃、穂孕期17.5℃であり、幼穂分化期と穂孕期の冷害が発生する高温限界は異なり、この高温限界は、恒温・変温、日射の強弱処理による変化はないことを実証した。10日間の冷温により稔性が最も低下した処理開始区は出穂前12日区、一穂粒数が最も減少した処理開始区は出穂前18~15日であり、穂孕期冷害が発生した変温処理下の個体の減収量は恒温処理下のそれより大きく、かつ自然圃場にて観察される20~15℃の冷温下では、一穂粒数の減少が著しい弱日射区にて、標準日射区より減収が激しいことを示し得た。

青森県におけるヤマセの気象解析

穴水 孝道・多田 久・井畑 勝博*
(青森県農業試験場・*八戸地区農業改良普及所)

1 はじめに

青森県におけるヤマセの研究は、1950年代から1960年代はじめにかけて木村⁴⁾、羽生⁷⁾、阿部³⁾等が、最近では1980年の冷害を契機とした研究⁶⁾がなされており少なくない。このうち、1980年以前の研究は、八戸を中心とした普通気候観測や区内観測所等の午前10時や午前9時観測の1日1～数回の観測資料を用いた解析であった。従って、終日でのしかも県内多数地点の観測資料を対象とした解析でないため、ヤマセの解析としては必ずしも十分でなかった。

1977年からアメダスによる観測が開始され、県内22地点では、気温、風、降水量、日照の4要素について毎正時24回のオンライン集配信による観測データの入手が可能になった。そこで、筆者等は1977年から1984年の8年間における稲作期間(4～9月)のアメダスデータをもとに、ヤマセの実態解析、即ち、ヤマセの日数、出現時期、主風向、程度別地域性について解析したので、その結果を報告する。

なお、本研究は、ヤマセ克服のための理想的防風施設及び防風林を構築するための資とすることを目的として「ヤマセ被害防止防風林設置実験事業一県単事業一」の試験で実施した一部である。

2 試験方法

- 1) 調査資料：青森県気象月報¹⁾、気象⁵⁾、青森県農業気象10年報²⁾
- 2) 調査項目：日最多風向、平均気温、最高・最低気温、日照時間(いずれもアメダス)
- 3) 調査期間：1977年～1984年の4月～9月(但し、平年値は1951年～1980年の30年間の平均)
- 4) 調査地点：日本海側(青森、蟹田、弘前、黒石、碓ヶ関、五所川原、鱒ヶ沢、深浦)、太平洋側(八戸、三戸、十和田、三沢、野辺地、六ヶ所、むつ、小田野沢)計16点。

3 試験結果及び考察

(1) 稲作期間(4～9月)のヤマセの出現日数と出現時期

ヤマセの時の気圧配置をみると、オホーツク海方面に優勢な高気圧が停滞しており、その時の高気圧の位置の相違で、風向は多少違うが、およそN～NE～E～SE～SSEで、この時の天候は低温、少照となっている。そこで、1977年から1984年までの稲作期間(4～9月)におけるヤマセの出現日数を風向と天気図等により求めた。なお、ヤマセの日数を風向だけから求めると海風も含まれる場合があるので、アメダスの日最多風向N～SSE吹走日の資料の他に、「青森県気象月報」の記事と「気象」の天気図を用いて求めた。

1977年以降でヤマセが卓越した年次は1980年、逆に少なかった年次は1978年で、8年間(4～9月)の年平均出現日数は39日であった。月別でみると7月が月の半分近くで最も多く、ついで6、8月の順になっている。1日当りの連続日数は3～7日程度で、1980年のように約40日間連続する場合もあった。また、出現時期は年によって差がみられ、6・7・8月型(1977年)、7・8月型(1980年)、

第1表 天気図からみたヤマセの月別日数

年次 月	昭和52	53	54	55	56	57	58	59	平均
4月	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9
5月	8	0	6	5	6	0	4	16	5.6
6月	18	3	2	2	27	10	17	5	10.5
7月	14	0	14	26	12	19	23	2	13.8
8月	15	0	0	31	3	5	0	2	7.0
9月	0	0	0	6	0	0	0	0	0.8
合計	55	3	22	70	48	34	44	32	38.5

(統計期間 1977~1984年)

6・7月型(1981, 1982, 1983年), 5月型(1984年)等に分類されるが, 一般には6・7月型が多かった。

(2) ヤマセの地域別主風向と低温, 少照程度

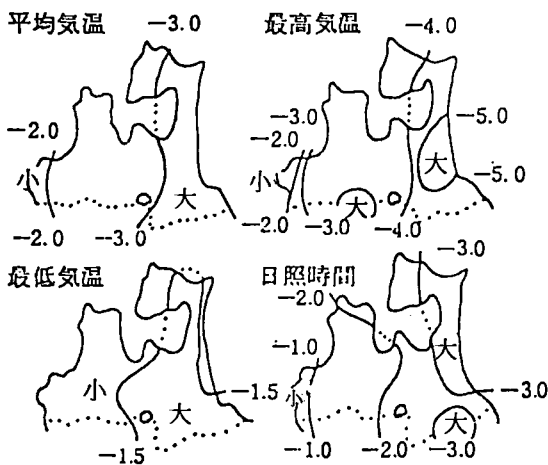
風向は地形や地物によって変動する。そこで, ヤマセ時の日最多風向の出現割合が最も高い風向を求め, 第2表に示した。

第2表 ヤマセ時の日最多風向における最多出現風向とその出現割合

地点	青森	蟹田	弘前	黒石	碓ヶ関	五所川原	鱒ヶ沢	深浦
出現風向	ENE	ESE	NE	NE	SSE	ENE	E	N
同上出現割合%	34	53	51	34	58	34	58	26

地点	八戸	三戸	十和田	三沢	野辺地	六ヶ所	むつ	小田野沢
出現風向	SE	ENE	E	ESE	SE	ENE	ESE	ESE
同上出現割合%	23	44	35	68	49	36	21	29

(統計期間 1977~1984年)



第1図 ヤマセ時の県内の気象の平年差

太平洋側では, 八戸と野辺地のヤマセ時の日最多風向がSEで, その出現割合が23%と49%, 三戸と六ヶ所ではENE(出現割合44%と36%), 三沢とむつおよび小田野沢ではESE(出現割合68%, 21%, 29%), 十和田ではE(出現割合35%)で, これ等の地域でのヤマセ時の最多出現風向はENEからSEの範囲であった。これに対して日本海側では, 青森と五所川原ではENE(出現割合両地点とも34%), 弘前と黒石がNE(出現割合51%と34%), 蟹田がESE(出現割合53%), 碓ヶ関がSSE(出現割合58%), 鱒ヶ沢がE(出現割合58%), 深浦がN(出現割合26%)で, これ等の地域でのヤマセの風向は, 奥羽山系の影響もあって, 太平洋側に比べて風向の地

域別変動は大きい、概してN～ENEの範囲とみなされた。

次に、ヤマセ時の気温および日照時間について、平年との差を示したのが、第1図である。ヤマセ時の日平均気温は、太平洋側で3℃前後、日本海側では2℃前後それぞれ平年より低く、特に日中の気温の低さが目立ち、日最高気温では、太平洋側が4～5℃前後、日本海側が2～3℃前後低く、日本海側より太平洋側での気温の低さが目立った。しかし、日最低気温は両地域とも平年との差は小さく、太平洋側の内陸部で低くなる傾向がみられた。同様に日照時間は、太平洋側で少照となり、特に三戸盆地と太平洋沿岸（八戸を除く）地域で少なく、1日当たり平年より3時間以上少照となるが、日本海側での少照程度は2時間以下と小さかった。

(3) ヤマセ時の気象の地域性

ヤマセの地域性を明らかにするために、日本海側地域（青森他7地点）と太平洋側地域（八戸他7地点）の、ヤマセ時の気温および日照時間について平年との差を求め、低温・少照の度合を程度別に区分（第3表の注参照）した結果を第3表に示した。

第3表 ヤマセの低温・少照程度からみた地域別出現回数

地域	地域		太平洋側			
	気温	日照	低温	低温	やや低～並	やや低～並
			少照	やや少～並	少照	やや少～並
日	低温	少照	13	—	—	—
本海側	低温	やや少～並	9	5	—	—
	やや低～並	少照	3	—	1	—
側	やや低～並	やや少～並	3	1	3	1

注) 1) 程度別区分：低温，平均気温の平年差 - 2℃以上。やや低～並，同平年差 - 2℃以内。

少照，日照時間の平年差 - 2時間以上。やや少～並，同平年差 - 2時間以内。

2) 統計期間：1977年～1984年，平年値は1951年～1980年の30年間平均。

ヤマセになると、太平洋側では低温・少照になる場合が合計28回あるが、その中で、日本海側の低温・少照は13回、低温でやや少照ないし並みが9回、やや低温ないし並みで少照が3回、気温、日照ともやや低（少）ないし並みが3回で、太平洋側では低温・少照の時でも、日本海側では低温・少照の程度が軽い場合が53.6（15回）で、これ以外の程度区分でも太平洋側に比べ日本海側の低温・少照の度合が軽い場合が多く、ヤマセによる影響程度に差が認められる。

(4) ヤマセによる低温時の日最多風向の出現割合

ヤマセの主風向を明らかにするとともに、ヤマセ時の風向がどの方向からの風が最も低温をもたらすかを明らかにすれば、防風林や防風施設を構築する場合の資料として利用できる。そこで、ヤマセによる低温時（平均気温の平年差 - 2.1℃以上）の日最多風向とその出現割合を、作物の生育に最も影響を与える6月から8月について求めた（第4表）。八戸ではNEからESE、十和田ではENEからESEの出現が多く、太平洋側では低温時の風向に一定の傾向が認められた。しかし、日本海側の深浦ではNからNNEとSWからSSWの2つの方向に分れ一定の方向とはならなかった。

第4表 ヤマセによる低温時の日最多風向とその出現割合

地点 項目		八戸	十和田	三沢	野辺地	六ヶ所
		風向・出現率%	風向・出現率%	風向・出現率%	風向・出現率%	風向・出現率%
-2.1 ℃	風向	S E 19.3	E 36.5	ESE 67.3	S E 57.1	ENE 34.5
		N E 17.9	ESE 24.1	S E 12.0	SSE 21.8	E 32.0
以上	前後の 風向を 合わせる	ESE 16.4	ENE 15.1	E 5.6	N E 6.3	ESE 18.0
		ESE 48.9	E 73.1	ESE 84.9	SSE 81.1	E 84.5
-2.1 ℃	風向	ENE 42.0	ENE 60.5	S E 79.3	S E 79.8	ENE 67.6
		E 40.5	ESE 58.3	E 74.5	ESE 58.0	ESE 54.7
地点 項目		むつ	小田野沢	蟹田	三戸	深浦
		風向・出現率%	風向・出現率%	風向・出現率%	風向・出現率%	風向・出現率%
-2.1 ℃	風向	ESE 23.9	ESE 32.2	ESE 57.3	ENE 46.3	N 24.4
		E 21.4	S E 24.7	WNW 14.0	N E 33.7	SSW 16.1
以上	前後の 風向を 合わせる	NNE 17.9	SSE 12.8	E 11.7	WSW 6.7	S W 14.0
		ESE 55.1	S E 69.6	E 72.8	ENE 80.4	N 37.8
-2.1 ℃	風向	E 50.0	ESE 68.3	ESE 71.4	N E 80.0	NNE 35.2
		S E 34.2	E 51.5	S E 59.7	E 46.7	SSW 32.1

注) 前後の風向とは、その風向を中心に前後を合わせて45°の角度を合わせた風向

4 まとめ

- 1) 1977年～1984年までの8年間における稲作期間(4～9月)のヤマセの日数は、年平均39日で、その連続日数は3～7日程度のものが多いが、冷害年次の1980年は約40日間も連続した。
- 2) ヤマセの出現時期は年によって差がみられ、6・7・8月型(1977年)、7・8月型(1980年)、6・7月型(1981年、1982年、1983年)、4・5月型(1984年)があるが、一般に6・7月型が多い。
- 3) ヤマセ時の日最多風向は太平洋側ではENEからSE、日本海側ではNからENEであった。
- 4) ヤマセ時の日本海側と太平洋側の気象の差は大きく、特に日最高気温と日照時間でその差が大きく、太平洋側と日本海側の低温・少照程度の差は顕著に認められた。
- 5) ヤマセによる低温時の日最多風向は、場所により差が認められ、八戸、三沢、小田野沢ではESE、十和田、六ヶ所、むつ、蟹田ではE、野辺地ではSE、深浦ではNの出現が多かった。

引用文献

- 1) 青森や地方気象台、1977～1984：青森県気象月報1～12
- 2) 青森県、1982：青森県農業気象10年報(昭和46年～昭和55年)、29～248
- 3) 阿部玄三、1969：やませ風地帯における水稻生育に関する農業気象学的研究。青農試研報(14)、39～138
- 4) 木村吉郎、1951：偏東風の地域的偏向について。農業気象7(1)、27～29
- 5) 気象庁監修、1977～1984：気象、242～332
- 6) 多田久、他、1985：青森県におけるヤマセが畑作物の生育に及ぼす影響、第1報 ヤマセの年次変動と地域性、30、39～42
- 7) 羽生寿郎、1956：青森県における昭和29年夏季の山背風について。農業気象12(1)、5～8

レーザ・レーダによる雪雲及びやませの観測

十文字 正 憲

(八戸工業大学 電気工学科)

1 はじめに

雪国における降雪や、海上沖合の気象、また三陸沿岸のやませ現象などは、市民生活や漁業、稲の生育などにとって極めて重要な問題であるが、これまで局所的な観測手段しかなく、雲の成長、降雪に至る状況、またやませの発生メカニズムなどの解明、予知は中々困難であった。たとえば、やませの観測は、農林省の胆入りで、三陸沿岸でバルーンを用いて行なわれた事があるが、観測地点が限られるほか、人員、機材の準備が大変で、しばしば実施できる体制にはない。これに対し、レーザ・レーダを用いると、居ながらにして半径数km~数十kmの観測が可能であり、筆者らは、色素レーザ・レーダを用いた雪雲及びやませ観測を提案した¹⁾²⁾

今回は、レーザ・ドームや観測装置がかなり整備され、雪雲の観測や、やませの初歩的データが得られたので報告したい。

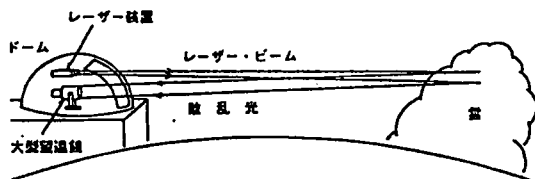
2 レーザ・レーダの概要

本学のレーザ・レーダの概要および諸元を第1図と、第1表に示す。ドームの直径は5mであり、受信望遠鏡は、有効径50cmのカセグレンタイプ反射望遠鏡とした。送信機には、最大出力2.1J、パルス幅2 μ secの放電管励起高出力色素レーザを用いている。

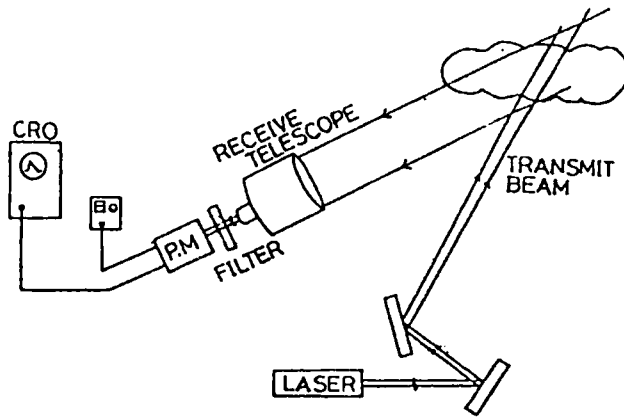
第1表 八戸工大のレーザ・レーダの諸元

・ドーム	
直径	5 m 高さ 30 m
標高	100 m
視野	360°水平 90°垂直
・送信機	
レーザ	フラッシュランプ励起色素レーザ
波長	可変 (5,800 ~ 6,100 Å)
出力	5 J 非同調時 1 J 同調時
パルス幅	2 μ sec
ビーム拡がり	2 mrad
スペクトル幅	0.02 Å
繰り返し率	最大 1 Hz
・受信機	
望遠鏡	50 cm Cassegrain タイプ
視野	5 m rad
フィルタバンド幅	15 Å
フォト・マル	EM1 R374

高出力レーザ光を放射し、雷、やませ、電離圏の原子層などに当て、後方散乱光を大型望遠鏡で集光し、電気信号に変えてブラウン管に表示する。レーザ・ビームと望遠鏡をスキャンすることにより、雲、やませ、原子層などが立体的に表示することが出来る。



第1図 レーザ・レーダの概要



第2図 試作したレーザ・レーダのブロック図

なピークが雪雲のエコーである。

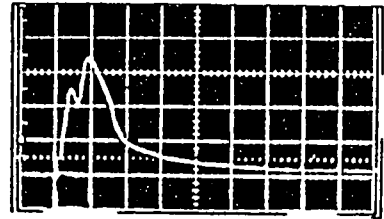
4 観測データの解析

受信信号をデジタル化し、 R^2 補正したエコー波形の一例を第4図に示す。この場合、送信光パルス幅が約 $1\mu\text{sec}$ なので、距離分解能は約 150m となる。これより、雪雲密度の高度分布が明瞭に現われているのが判る。これに対し、降雪が強くなると、密度の濃淡が少なくなり、ほぼ一樣になる場合も見られた。第5図に、これらのデータより求めた雪雲の雲底と雲頂の高度の時間変化を示す。夕暮れから雪が強くなるにつれ、雲底の高度が下がり、同時に雲頂も低下し、全体としては、厚さが小さくなり、凝縮され、雲の密度が高くなって、強く降雪しているのがうかがわれる。夜間小降りになると、雲底は上昇し、さらに明け方にかけて降り始めると、再び高度の下降が見られる。ただし、明け方には、雲は一様に分布し、雲全体としては上方に成長するのが見られた。これは、八戸沖海上に特有な明け方に起きる上昇気流によるものと思われる。この雲は、目視によっても、夏期の入道雲にそっくりな様子が見られている。成長した雲は、正午ごろには崩れ始め、その下で

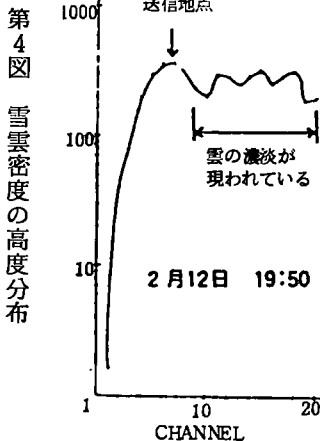
3 レーザ・レーダによる雪雲観測

第2図に雪雲観測の装置のブロック図を示す。1 J級の色素レーザ光²⁾を2枚のミラーで折り曲げ、ほぼ鉛直に打ち上げ、雪雲からの散乱光を受信望遠鏡で受け、P.M.で光電変換し、オシロにAスコープ表示した。

観測は、夜間から明け方にかけて行った。第3図に観測された雪雲のエコー波形の一例を示す。エコー波形に2つのピークが見られる。始めのピークが送信地点近傍のレーリ-散乱で、次のブロード

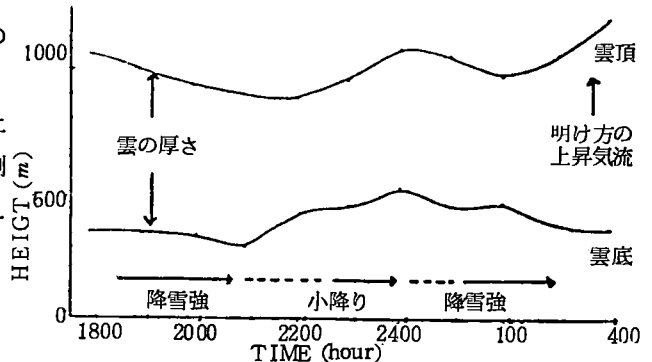


第3図 雪雲のエコー波形
 $2\mu\text{s/div}$



第4図 雪雲密度の高度分布

は雪が降っているものと思われる。漁業気象上重要な観測対象と考えられる。



第5図 雪雲の高度の時間変化

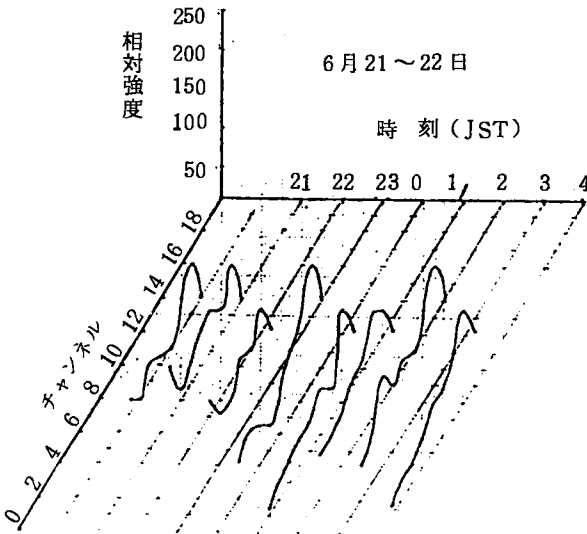
1985年2月12日~13日

5 やませによる霧の観測

雪雲・降雪の観測が成功裏に終わったので、引き続き本年6月から8月にかけて、三陸沿岸で古くから問題となっている「やませ」のレーザ・レーダ観測を行った。

「やませ」は、三陸沖の冷水塊上を通過して吹き込んで来る湿潤で冷たい偏東風の事であり、盛夏中でも気温30℃位から一気に10℃近くも気温が低下する場合もあり、さらに、これに霧を伴うことも多く、日照時間が極端に減少し、農作物に影響を与え、歴史的にも、しばしば凶作、飢饉を引き起している。たとえば、宝暦の飢饉では、南部藩下において、藩の南部は餓死率数%以下だったのに対し、やませの影響を受け易い久慈地区や八戸南部藩においては何と56%の高さを記録している。

この「やませ」の実体を把握し、対策をたてる事は、三陸沿岸農民の悲願ともい

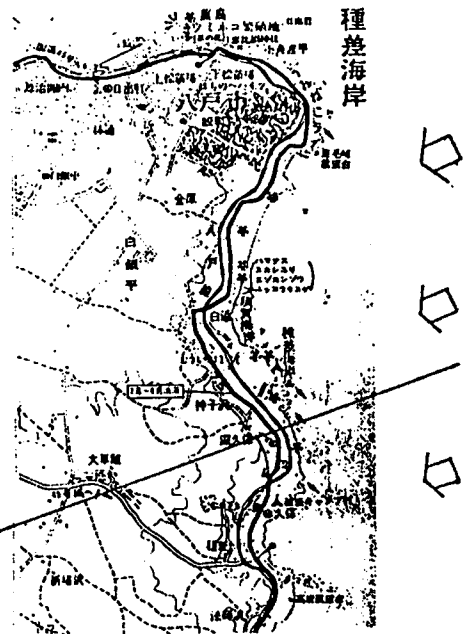


第7図 やませの霧の時間変化

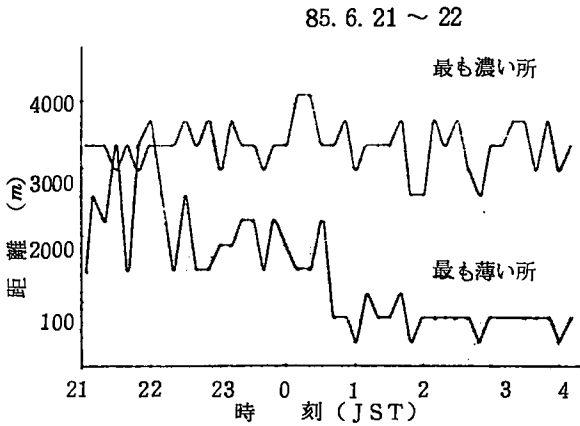
えるものである。

やませは、一般に霧を伴っているので、ミ-散乱方式レーザ・レーダにより観測を行った。装置は、雪雲観測のものと同じである。レーザ光は、ドームから水平方向に打ち出し、主に種差海岸方向、いわゆる八戸平原方向を観測した。この方向からやませが吹き込んでいることになる。(第6図)

第7図に観測された、やませによる霧の分布の一例を示す。縦軸に相対強度、横軸に時間、斜め手前に距離(チャンネル)を取って示してある。これより、数百mのところから、4km位までの霧の濃度分布が知られる。また、8~9chすなわち、2.9km~3.3km付近に時刻によらず濃い霧が停滞しているのが判る。



第6図 観測地点の地形



第 8 図 霧の濃淡の分布の時間変化

第 8 図は、霧の最も濃い所と、薄い所をプロットしてみたものである。

薄い所に注目すると、明け方には手前すなわち大学側が晴れて行く傾向にあるのに対し、濃い所は、ほぼ一定の決まった地点にある等が知られる。

以上のように、やませのもたらした霧の興味深い挙動がレーザ・レーダにより明らかになった。

6 おわりに

試作したレーザ・レーダにより、雪雲及びやませの観測を行い、雪雲及びやませの興味深い挙動を明らかに出来た。今後、フォトン・カウンタにより、実時間で、かつ立体的に捕える予定である。

参考文献

- 1) 十文字・増田・荒木・佐藤 “色素レーザ・レーダによる雪雲の観測”
第 8 回レーザ・レーダ・シンポ予稿集, P 61 ~ 62
- 2) 十文字・葛西・馬場・増田, “シマー・モードにより安定化した高出力色素レーザ”
第 9 回レーザ・レーダ・シンポ予稿集, P 40 ~ 41
- 3) 十文字ほか “レーザ・レーダによる雪雲の観測”
第 10 回レーザ・レーダ・シンポ予稿集, P 26 ~ 27
- 4) 十文字ほか “色素レーザの高出力化” 同上, P 46 ~ 47
- 5) 森 嘉兵衛 “岩手県の歴史” 山川出版 (1972)

ヤマセ時の大気逆転層の観察

ト蔵 建治 (弘前大学) ・阿部 博史 (東北農試)
小林 裕志 ・杉浦 俊弘 (北里大学)

1 はじめに

ヤマセ吹走時には東北地方の太平洋側の三沢, 仙台のラジオゾンデの観測結果から, 下層に冷い海霧を伴った寒冷気流が拡がり, 上層には平野の気象観測点から推測されるように, かなり暖気が存在することを明らかにした。さらに, この点を現地観測により確認するため八甲田山系の 1,400 m 地点に気象観測点を設置し, 三沢の aerological data と比較検討した結果の一部についてはすでに報告した。しかし, データが 1 シーズンだけであったことや, 逆転層の存在そのものも実感として理解し難い人も多いため, 高地における気象観測に加え, 下層に拡がる海洋性寒冷気流の実態をカメラでとらえた。

2 観測地点および観測方法

ヤマセの逆転層の存在を明らかにするため高地の観測点として八甲田山系の赤倉岳山頂からやや東に下がった 1,400 m の地点を選んだ。これは八甲田山系は 1,500 m 級の山が南北に連らなり, 東から西に流れるヤマセを直接観測するのに適していると考えられたからであり, この点では山頂を観測点とするのが理想であるが, 山頂は国立公園の特殊保護地区であり工作物を設置することは困難であった。この観測地点と比較・検討するために使用した AMeDAS などの気象観測地点の位置関係の概略を図-1 に示す。この地点より約 45 km 風上 (東) の太平洋沿岸に三沢は位置し, 大気鉛直状態の観測が 9, 21 時におこなわれている他, AMeDAS の観測も続けられている。三沢から内陸に約 20 km 入った十和田は平野の中央に位置する AMeDAS である。さらに 20 km 西に寄った田代平は北里大学獣医学部産学部草地環境保全学講座により放牧地の気象観測がおこなわれており, 海拔高度 500 m 位であり, 赤倉岳のふもとに位置しているが, 東側に海拔高度約 1,000 m の八幡岳があり, ヤマセ時にはエアポケットになる。酸ヶ湯 (920 m) は青森県内で AMeDAS による唯一の 500 m 以上の山岳気象観測点であるがヤマセの吹走からみると風下に位置している。

気温の観測は地上 1.5 m に小型百葉箱を設置し, 白金測温体を用いて, メモリーセンサーに直接, 入力した。観測期間は 6 月上旬から 8 月末までとした。

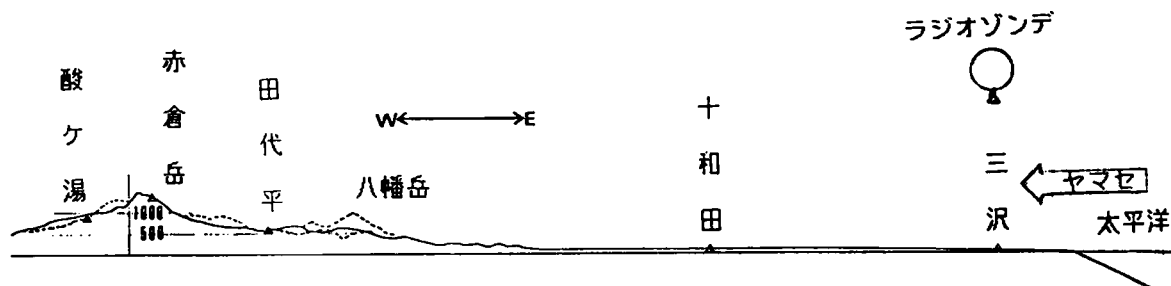


図-1 ヤマセの観測地点の概略

3 観測結果および考察

梅雨に入る(オホーツク海高気圧が出現)と三沢のラジオゾンデによる大気鉛直状態の観測結果には大きな逆転層が認められる(図-2)。6月の三沢における aerological data から地上気温と1,400 m 上空の気温を検討すると図-3 のようであり、地上気温が15°C 位の時に上空に大きな逆転層の現われることが明らかである。

こうした上空における高温は八甲田山頂付近でも観測されており、6~8月の全観測期間を通じて八甲田山頂付近(1,400 m)の気温と三沢の上空(aerological data)の1,400 mの気温は図-4 のようであり、相関関係は極めて良いと言える。このことは、三沢上空で観測される高温は八甲田の1,400 mの観測地点でも観測されたことを示している。

三沢における観測は9, 21時であり大気安定している時刻にかぎられているが、八甲田では24時間の観測が続けられているため、逆転層の時刻による変化を知ることが可能となる。7月20日と7月30日は両日ともオホーツク海高気圧の出現により低温である。

7月20日の三沢における aerological data では、300 mと1,000 m 付近の二ヶ所に逆転層が認められる。この日の AMeDAS data などから地上気温の日変化を検討すると図-6 のようであり、最も気温が高かったのはヤマセの風下にあたる酸ヶ湯であり、920 mの高地にあるにもかかわらずヤマセ地帯の平野部(三沢, 十和田)より5°C 近く高温である。また、下層の逆転層より上空にある田代平(500 m)でも平野部より高温である。1,400 mの高地にある八甲田山頂付近の気温と平野部の9時以後の気温は大差がない。一般には大気の湿潤断熱減率を0.6°C/100 mとして上

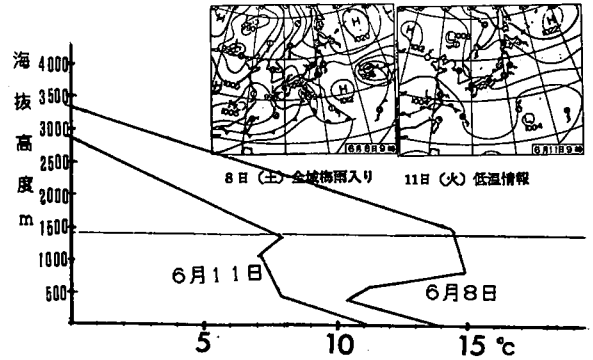


図-2 三沢上空における気温の鉛直分布

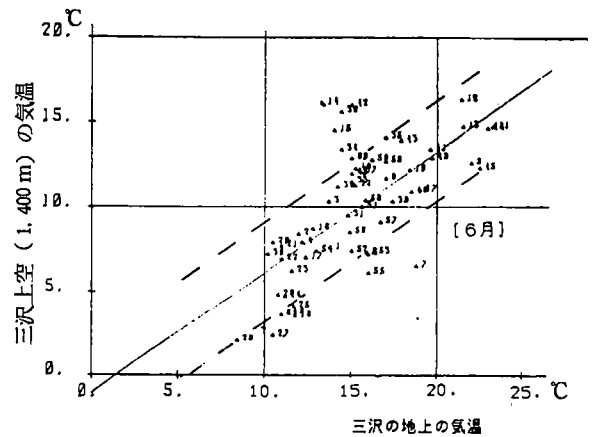


図-3 三沢における上空1,400 mと地上の気温の関係

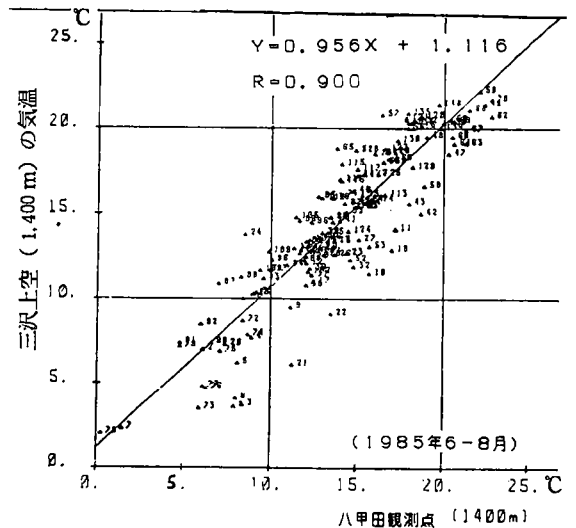


図-4 1,400 mにおける気温の関係

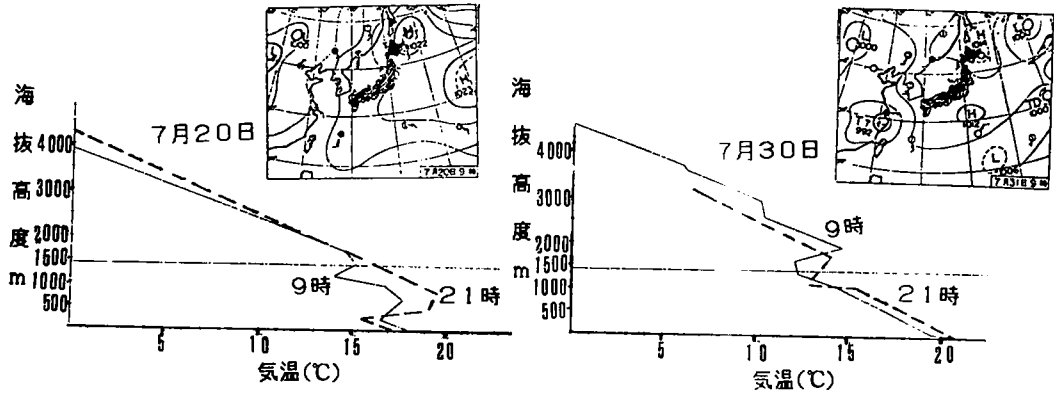


図-5 三沢上空における気温分布

空の気温を求めれば約8℃は平地より低くなるはずであるが、これほど大きな差が無いのは大気逆転により上空に高温が存在することを示している。この日は午後からは平野部（三沢、十和田）の方が低温になっている。しかし、7月30日のように逆転層の高い場合には、高地ほど気温は低くなるが、酸ヶ湯（風下）では高度の低い田代平より高温である。8月1日以後、低い逆転層が現われて、平野部の方が低温になる日が続いたことから、この日はオホーツク海に高気圧が出現しただけでまだ、低層の寒冷気流が三沢まで達していない場合であり、オホーツク海高気圧が天気図で決められても逆転層は下層に認められない例と言えよう。

こうした大気現象を人間の目によって直接観測するには水平的な広がりが必要となるだけでなく、鳥瞰的に取らえるにはある程度の高度が必要となる。この点で八甲田山頂付近は好都合であり、気象観測と同時にこうした光景をカメラで撮った。カメラは撮影時の日、時、分、秒が写し込まれる8mmカメラ（Digitaval-8:映測サイエンス社製）により5分間隔で撮影した。（写真-1）

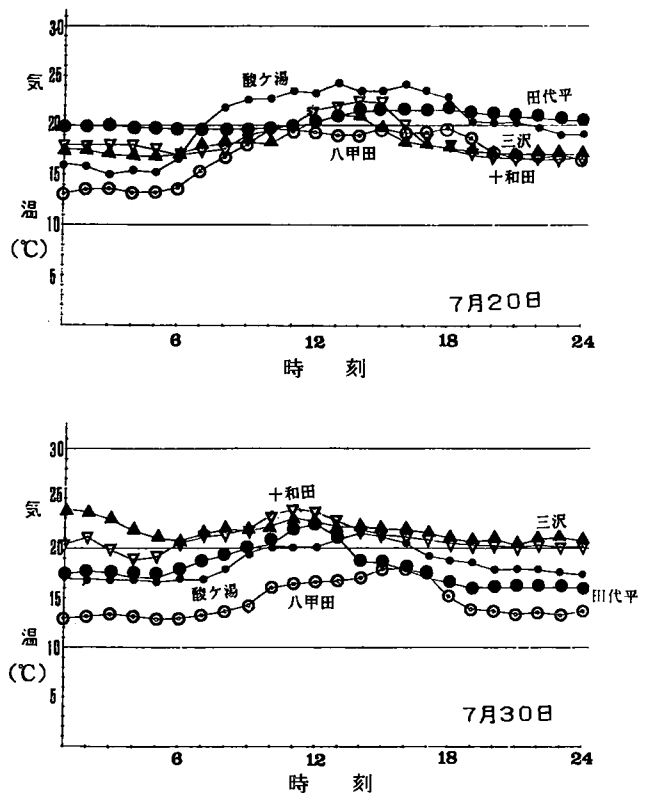


図-6 観測地点における気温の日変化



写真-1 八甲田山頂付近(1,400m)
観測点の全景 霧がすぐ手前
まできており前景(八幡岳,
田代平)は見えないが観測点
には日照があり地面には観測
器の影がはっきり認められる。

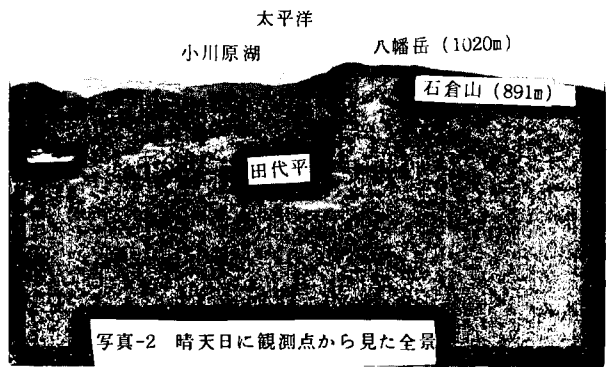


写真-2 晴天日に観測点から見た全景

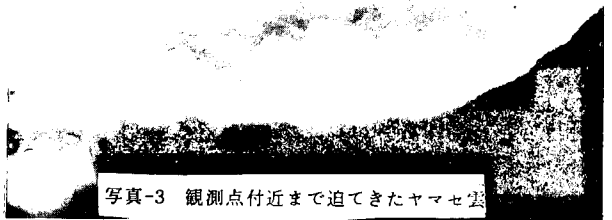


写真-3 観測点付近まで迫ってきたヤマセ雲

八甲田山頂付近からは遠くは太平洋が望めヤマセが押し寄せる様子は、手前の八幡岳(1,020m)と観測点(1,400m)の高度差の違いからも知ることができる(写真-2)。写真-3は、手前の八幡岳付近までヤマセ雲がきており、これにより東(太平洋)から西にヤマセ雲が移動して来ることがわかるだけでなく、この時のヤマセ雲の高さは八幡岳の高さから1,000mを少し越す程度であり、1,400mの八甲田山頂付近は晴れており、水平方向の見通が良いことを示している。ヤマセ雲が1,400mまでくれば、全景はただ白、一色になる。また、雲が1,400mより高くなると上空に雲が撮り、手前の八幡岳も見える。こうした一連の写真撮影からもヤマセの雲は三沢の aerological dataで認められる低い位置の逆転層に相当することが明らかにされた。

青森県における稲作生産の地域性に関する解析的研究

第3報 代表的ヤマセ卓越年における気象及び生育の特徴

浪 岡 実

(青森県農業試験場)

1 はじめに

青森県の稲作は、毎年大なり小なりヤマセの影響を受けており、常にヤマセとの闘いが稲作栽培の基本になっている。

ここ100年間の中で、ヤマセが主因とみられる冷害は、26回を数え、4年に1回の割合で作柄が不良となっている。また、本県の10a当り収量の推移をもとに、作柄の変動性について検討してみると、作柄の安定期と変動期が交互に出現していることが認められ、第1の変動期は、明治35年～大正2年までの12ヶ年間、第2の変動期は、昭和6年～22年までの17ヶ年間であり、そして第3の変動期は、昭和51年から始まっているものと推定されている。従って、現在は、第3の変動期の中にあり、変動の大きい異常気象は、ここ当分続くものと考えられている。

しかも、最近の異常気象は、昭和55年に代表されるように、ヤマセの吹走日が1ヶ月以上の長期にわたる傾向があると共に、気温の高低の振巾が大きいことも特徴的である。

そのため、ヤマセの卓越した年には、作柄の地域差が拡大する傾向があり、このことがまた、本県稲作の地域性を生む原因ともなっている。

そこで、最近における代表的なヤマセ卓越年である昭和55年、58年の気象及び水稻の生育・収量の特徴を明らかにし、本県稲作の地域性について検討を行なったので、その概要について報告する

2 調査資料

- (1) 青森県農業気象速報，青森県・青森地方気象台
(昭和53, 55, 58, 59年)
- (2) 総合普及指導ほ調査成績書，青森県農林部農業
指導課(昭和53, 55, 58, 59年)
- (3) 水稻作況試験成績，青森県農業試験場(昭和53,
55, 58, 59年)

3 調査結果及び考察

- (1) 昭和55年、58年における気象の地域性

太平洋岸の三沢からほぼ同一緯度線上に沿って、本県を横断する十和田、黒石、深浦の4地点を選び、ヤマセ吹走時における気象の特徴について検討した。

昭和55年は、5月、6月高温に恵まれた後、一転して7月～9月上旬までヤマセが卓越し長期間異常低温となった。昭和58年は、4月、5月高温傾向が続いた後、6月～7月がヤマセにより異常低温となり、8月には再び高温に戻る気象経過であった。そこで、両年を通じ、ヤマセの吹走割合

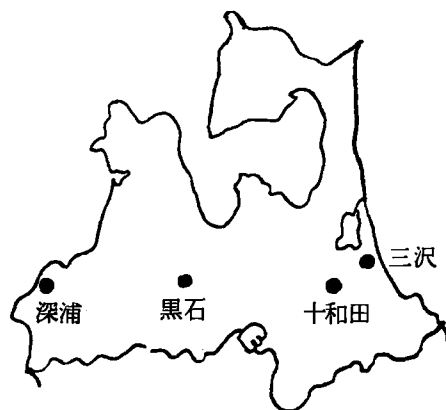


図-1 調査地点

の高かった6～8月の気象を中心に、最近年でとくにヤマセ吹走日の著るしく少なかった昭和53年と59年を選び、この両年の平均値を対照値とし比較検討を行なった。

図-2 にヤマセ吹走日の少ない53年の4地点における半旬別平均気温を、図-3 には、代表的ヤマセ吹走年である55年の同じ気温経過をそれぞれ示した。

三沢、十和田、黒石、深浦の4地点における平均気温の推移を比較すると、5、6、9、10月に一時的に2℃前後の差が見られるものの、これら4地点間では温度差が非常に小さい。この傾向はヤマセ吹走日の少なかった59年も同様である。このことから、もしヤマセがなかりせば、ほぼ同一緯度上にあるこの4地点間には、海岸地、内陸地の地形差はあるものの基本的にはそれほど温度差がないものとみられる。

それに対し、55年は、7月～9月上旬までヤマセが卓越したため、この期間、4地点に5℃以上の大きな温度差を生じた。即ち、ヤマセの直撃を受けた太平洋岸の三沢では、温度の低下が最も大きく、次いで南部平野内陸部の十和田となり、奥羽山脈を越え、ヤマセが減衰するにつれ、黒石、深浦と低下度が小さくなっている。しかし、この年のヤマセは勢力が強かったため、海岸から20km以上内陸部にある十和田でも海岸部の三沢に匹敵する冷え込みであったことが認められる。

次に、ヤマセ吹走時における気象の地域別特徴について主な気象要素別にみると表-1 に示すとおりである。

ヤマセが卓越した55年7月・8月、58年の6月・7月の最高気温、最低気温をみると、対照年(53年、59年の平均値)に比べ4地点ともヤマセの影響で大巾な低下がみられるが、最低気温より最高気温でその傾向が顕著である。また、当然のことながら、4地点間の比較では、ヤマセの減衰程度によって影響度が異なり、深浦、黒石、十和田、三沢の順に気温の低下度が小さくなっている。

また、奥羽山脈をはさんで、津軽の2地点と南部の2地点で大きな温度差がみられ、55年8月を例にとると、月平均最高気温で3～4℃の差が生じており、奥羽山脈がヤマセの侵入を阻止しているためとみられた。

また、奥羽山脈をはさんで、津軽の2地点と南部の2地点で大きな温度差がみられ、55年8月を例にとると、月平均最高気温で3～4℃の差が生じており、奥羽山脈がヤマセの侵入を阻止しているためとみられた。

次に、日照時間についてみると、対照年でも津軽の2地点に比べ南部の2地点がやや少ない傾向がみられるが、ヤマセ吹走時においては、その傾向が顕著となり、55年には、7～8月を通じ、南

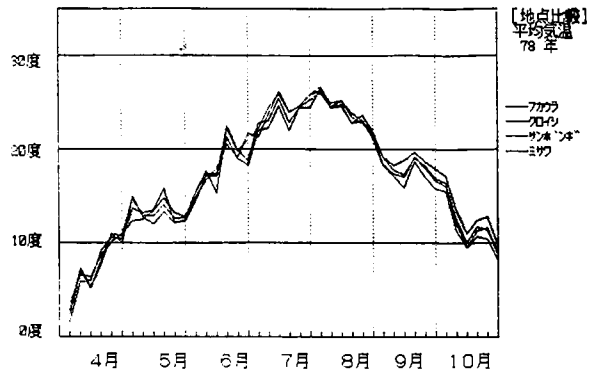


図-2 昭和53年半旬別平均気温の推移

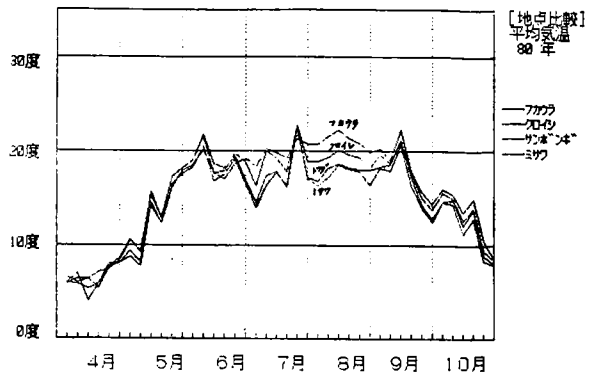


図-3 昭和55年半旬別平均気温の推移

部地域の日照時間は津軽地域の50%以下、58年においても津軽地域の60~70%よりなく、明瞭な地域差が認められた。

同様に降水量についても、4地点間というよりも、津軽と南部の地域差が大きく、南部地域では津軽の2~2.5倍の降水量となり、とくに、55年8月では、対照年に比べ実に5~6倍にも達している。

また、最多風向をみると、対照年においては、4地点間で風向が異なるほか、同一地点でも月によって若干ずつ異なっている。それに対し、両年のヤマセ吹走時の最多風向は、三沢では、いずれもESE、十和田がE、黒石はNE又はNNEでほぼ一定方向を示しているが、深浦では、NNE、ESE、SSWと年次、月によって風向が異なった。

従来からヤマセは、「夏季に北高南低型の気圧配置のとき、オホーツク海高気圧から吹いてくる低温高湿の東風である」といわれているが、今回の調査でも、ヤマセの吹走時には、日照が少なく、降水量が多いため最高気温があがらず、それ自体低温で、高さの低い風であるため奥羽山脈に侵入をさまたげられて、津軽と南部では大きな気象差を生じている。55年、58年は、正にこのようなヤマセ気象の典型的な年であったといえよう。

表-1 年次別、地点別6、7、8月の気象比較

月	場所	項目			最高気温(℃)			最低気温(℃)			平均気温(℃)			日照時間(h)			降水量(mm)			最多風向		
		53・59	55	58	53・59	55	58	53・59	55	58	53・59	55	58	53・59	55	58	53・59	55	58			
6	三沢	21.0	22.5	16.0	13.6	14.1	10.6	17.1	18.1	13.1	183	200	115	95	90	129	ESE	ESE	ESE			
	十和田	22.5	23.7	17.0	13.7	13.8	10.0	17.9	18.7	13.4	175	241	109	101	111	115	ESE E	E	E			
	黒石	22.9	23.8	19.2	14.9	15.2	11.3	18.7	19.4	14.9	216	235	195	109	86	57	S NE	S	NE			
	深浦	22.0	21.6	18.8	15.3	15.4	12.3	18.6	18.5	15.5	205	226	203	168	104	85	SSW	SSW	NNE			
7	三沢	25.9	20.2	19.6	18.8	15.4	14.2	22.0	17.4	16.7	173	70	104	90	196	211	ESE	ESE	ESE			
	十和田	27.6	20.7	20.7	18.8	15.2	14.3	22.7	17.5	17.3	207	97	94	72	191	238	ESE E	E	E			
	黒石	27.8	22.7	22.6	20.0	16.2	15.6	23.6	19.1	18.9	238	154	168	103	81	104	NNE	NNE	NE			
	深浦	26.4	22.9	22.3	20.7	17.1	17.1	23.5	19.9	19.7	225	191	126	100	112	127	SSW	SSW	SSW			
8	三沢	28.4	19.9	25.1	19.9	15.8	19.3	24.1	17.7	21.9	247	84	168	59	367	98	SW ESE SW ESE	ESE	ESE			
	十和田	28.6	20.2	26.1	18.4	14.8	18.6	23.4	17.4	21.9	252	104	167	64	365	137	SW ESE SW ESE	E	E			
	黒石	28.7	23.3	28.0	19.5	15.7	19.9	23.9	19.0	23.6	284	159	255	68	133	115	SSE	NNE	NE			
	深浦	27.7	24.4	27.3	20.8	18.0	20.9	24.2	21.0	24.0	252	217	245	101	119	121	SW	ESE	SSW			

(2) 生育・収量の地域的特徴

55年は、穂孕期から開花期にかけての長期低温による花器障害が主因の障害型冷害であり、58年は、分けつ期から幼穂発育期にかけての低温により大巾な出穂遅延をもたらし、それがために登熟期の温度不足による登熟不良が主因の遅延型冷害であった。同じヤマセによる低温障害であるが、ヤマセの襲来する時期がイネのどのステージであるかによって、このように全く対照的な冷害型を示す。この対照的な両年の生育・収量の特徴について、4地点間を比較しながら検討を行なった。

① 昭和55年

4 地点の収量及び収量構成要素について、対照年に対する比率で表わしたのが図-4である。

草丈、莖数（6月30日調査）とも6月が高温であったため、対照年に比べ、いずれもの地点においても優っていたが、7月以降のヤマセによる低温で、最終的には、稈長が対照年より20%以上短くなり、とくに、ヤマセの直撃を受けた三沢では、著しく短稈化した。

穂数については、津軽の深浦・黒石は、ほぼ対照年並であったが、南部の十和田はやや多目、三沢は逆に少目と地域内で傾向が異なった。

また、生育の進度は、長期にわたる低温の影響で、4地点とも対照年より大巾に遅延したが、ヤマセの影響度によって遅延日数が異なった。即ち、出穂期では、三沢>十和田>黒石≧深浦の順に遅延日数が大きく地域間差が明瞭にみられ、その傾向は、成熟期において更に拡大し、最も遅延した三沢では、対照年に比べ20日間も遅れた。

一穂粒数、 m^2 当り総粒数では、津軽の深浦・黒石は、ほぼ対照年並を確保したが、ヤマセの影響を強く受けた南部地では、穂数を多く確保した十和田はやや多く、三沢では、穂数同様10%程度不足であった。

最も特徴的なのは、登熟歩合で、津軽の2地点はほぼ対照年並であったが、南部の2地点は、大巾に登熟歩合が落ち込み、とくに、三沢では0%を記録した。この原因は、7~8月の異常低温により、穂孕期及び開花期にダブルで花器障害を受け、著るしい不稔粒を発生したため、この4地点を含め出穂前後40日間の日平均気温の低いほど不稔粒の発生を多くした。（図-5）

その結果、収量は、登熟歩合の傾向と全く同じで、深浦、黒石は対照年並を確保したが、十和田では3分作、三沢は皆無作と被害が甚大で、奥羽山脈をはさんで地域差が大きかった。

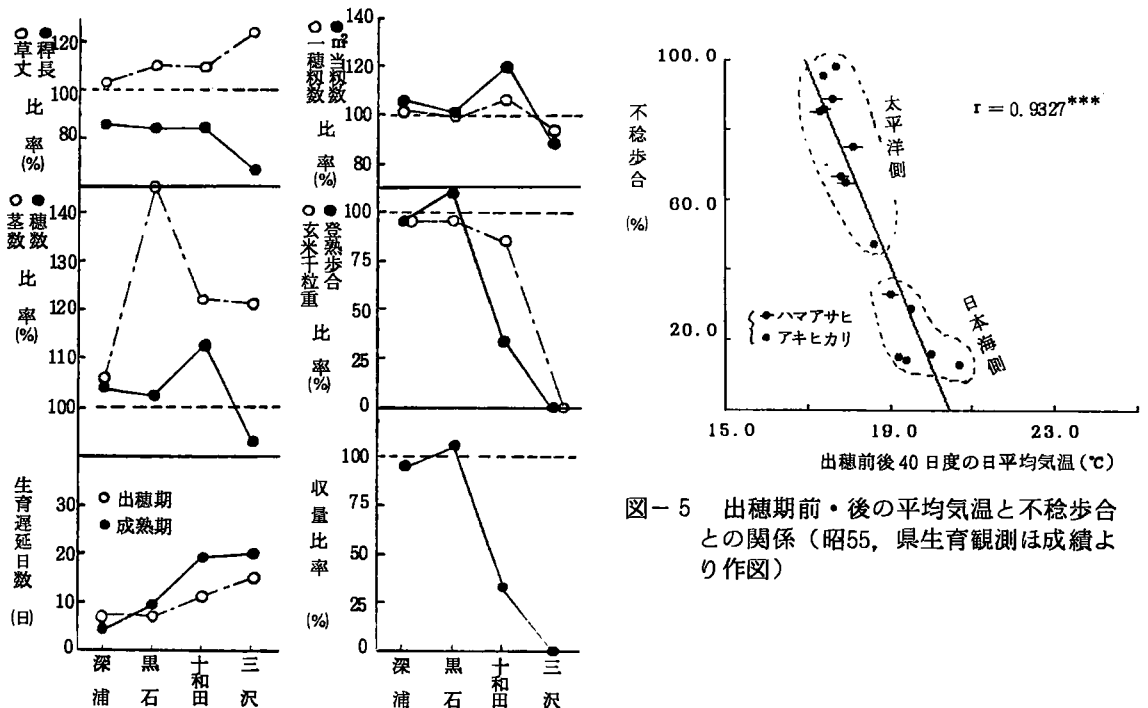


図-4 昭和55年における生育・収量の地域間差異

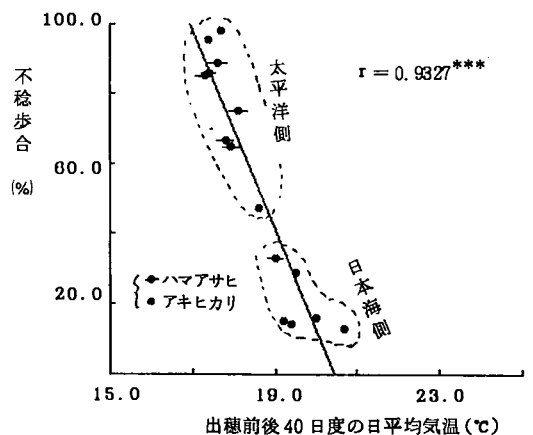


図-5 出穂期前・後の平均気温と不稔歩合との関係（昭55，県生育観測は成績より作図）

② 昭和58年

図-6 に示すように、草丈は、いずれも対照年より20%前後短かったが、稈長は、8月の天候回復により伸長し、三沢を除いて他の3地点では対照年並かその近くまで回復した。

茎数は、いずれの地点でも少なく、とくに十和田は少なかったが、有効茎歩合の向上で、最終的な穂数では、三沢を除いてほぼ対照年並となった。しかし、太平洋岸の三沢では、ヤマセの影響が強く、弱少穂の多い典型的な短稈多けつ型の生育相を示した。

6~7月のヤマセにより、生育は大巾に遅延し、出穂期は、対照年より10日~18日間も遅延し、55年同様地域間差も大きかった。さらに、安全出穂限界日を大きくはずれた十和田、三沢では、成熟期の遅れが著るしく対照年より約1ヶ月の大巾な遅延となった。

㎡当り粒数では、深浦は対照年並、黒石では1穂粒数減、十和田は穂数減によりそれぞれ約10%減少したが、三沢では、対照年より30%以上の着粒数となり過剰生育を示した。

登熟歩合では、深浦、黒石はほぼ対照年に近い値であったが、十和田は登熟温度が不充分であったにもかかわらず、粒数が少なかったことが幸いし、対照年より10%程度の落ち込みですんだが、三沢では、登熟歩合が20.6%と大巾に低下した。これは、低温のほか粒数過剰が登熟障害を助長したものである。

その結果、収量は、いずれの地点においても対照年より減収したが、その程度は、津軽の深浦、黒石では比較的軽かったが、南部の十和田、三沢と太平洋岸に近づくと減収率が高くなった。

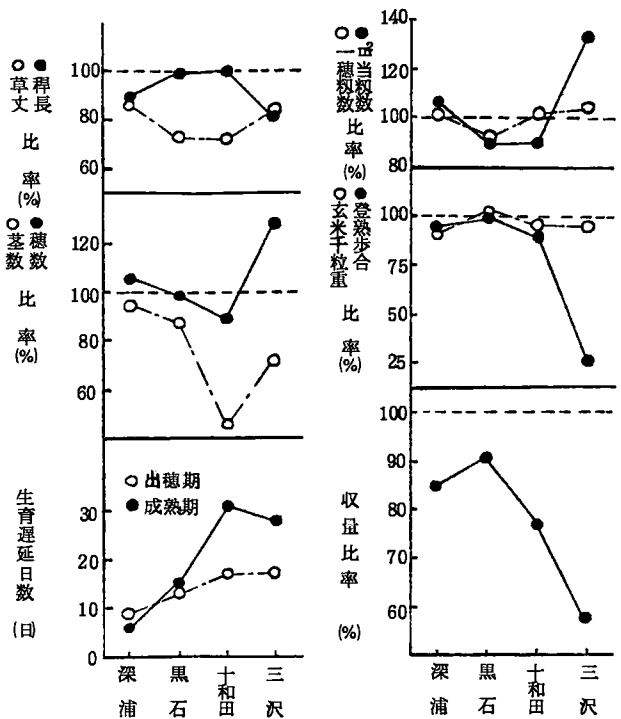


図-6 昭和58年における生育・収量の地域間差異

4 まとめ

昭和55年、58年は、ヤマセによる典型的な冷害年であったが、ヤマセの襲来する時期によって、その被害様相が異なるものの、ヤマセ特有の気象により、その影響の度合は地域によって大きく異なり、とくに、奥羽山脈をはさんで大きな地域差を生ずるのが特徴である。

そのため、本県の稲作の地域性は、ヤマセに起因することが大きい。従って、本県稲作の生産性をさらに高位平準化するためには、ヤマセ気象を抜きに考えられないし、またヤマセ対応技術の発展なくしてありえない。いかにヤマセを克服するか、このことは、本県稲作にとって、依然として今日の最重要課題であるといえる。

5 参考文献

- (1) やませ風地帯における水稻生育に関する農業気象学的研究, 阿部亥三, 青農試研報 No14

気象良好年における水稲耐冷技術の効果

佐々木忠勝・上野 剛*

(岩手県農村振興課・*岩手農試)

1 はじめに

水稲耐冷技術は大別して障害型冷害に対するものと、遅延型冷害に対するものがあり、前者の技術は障害不稔抵抗性の高い良質品種の導入や、品種による危険分散および、減数分裂期の深水管理が挙げられる。後者は品種を含めた作期の適正化が基本となるが、成苗機械移植栽培や側条施肥による初期生育の確保と出穂の安定化があげられる。

これまで耐冷技術とくに、遅延型冷害に対する技術は冷害年で大きな効果を挙げているが、平年より温度の高い気象良好年では、どの程度の効果があるものか判然としない面が多い。

ここでは、耐冷技術として成苗機械移植を軸に品種、側条施肥を組み合わせ、遠野市で現地試験を昭和58年～60年の3カ年にわたり実施した。昭和58年は栄養成長期間の生育は遅延したが、8月中旬以降天候が回復し、平年並（作況指数99）の収量となった年次であり、昭和59年、60年は好天に恵まれ豊作年（作況指数109）となった年次である。このため、気象良好年における耐冷技術の効果について若干の知見を得たので報告する。

2 試験研究方法

1) 供試場所 岩手県遠野市土沢町似田貝（厚層腐植質多湿黒ボク土）

2) 供試条件

① 供試品種 アキユタカ・コチミノリ

② 供試条件 丸型樹脂ポット苗（以後丸型ポット苗と略記）、散播成苗＋側条施肥、条播成苗（たて14列条播）、慣行中苗

③ 播種期 丸型ポット苗、散播成苗、条播成苗 4月10日、慣行中苗 4月15日

④ 播種量 丸型ポット苗 40g/箱（乾籾）、散播成苗・散播中苗 70g/箱、慣行中苗 120g/箱

⑤ 移植期 5月21日（昭和59・60）、5月26日（昭和58）

⑥ 施肥量 N；基肥0.8、分けつ期0.2、幼形期0.2、減分期0.2、成分量・kg/a（側条施肥は基肥のうち、昭和58、59は全層75%、側条25%、昭和60年は全層50%、側条50%。なお、側条施肥は分けつ期追肥を除く）。

P₂O₅；基肥2.0（全層）、2.6（側条・昭和58・59）2.4（側条・昭和60）成分量・kg/a

K₂O；基肥1.2（全層）、1.5（側条）、追肥0.2（減分）成分量・kg/a

3 試験結果および考察

昭和58年の試験結果をみると、丸型ポット苗、散播成苗は農試で育苗し現地に搬入した。両成苗とも葉齢は4.0葉以上でやや草丈が高かったものの健苗であった。移植時調査では散播成苗は側条施肥との組み合わせがはじめてのため、植付深が3.2cm、欠株率4.3%と目標欠株率3.0%を上ま

わった。しかし、丸型ポット苗は1.5%と良好であった。

6月に入り低温、少照の不順天候が続き、6月の平均気温は平年より2.5℃低く、生育は停滞した。6月下旬～7月にかけて土壤中の窒素の発現が大きく、生産量は急激に増大した。7月中旬以後、丸型ポット苗区の葉色が褐色ぎみであるのに反し、側条施肥区は生育が旺盛で肥効が持続した。したがって、最終的に穂数は側条施肥区が丸型ポット区を上まわった。

出穂期は慣行中苗との比較では丸型ポット苗で2日、成熟期は7日早くなったが、散播成苗は同程度であった。収量は慣行中苗と比較して丸型ポット苗108%、散播成苗107%となり、いずれも60kg/aを上まわり、1等米に格付された。試験地のある似田貝地区の平均収量は48.0～51.0kg/aであることから成苗機械移植栽培および側条施肥の有利性が実証された。

表-1 遠野市および似田貝地区の平均収量と試験区の収量比較(昭59)

区	名	収量(kg/a)	対慣行(%)	対似田貝(%)	対遠野(%)
ア キ ユ タ カ	丸型樹脂ポット	67.3	106	109	124
	散播成苗+側条	64.4	102	104	119
	条播成苗	67.2	106	108	124
	慣行中苗	63.4	100	102	117
	59年度似田貝地区平均反収	62.0	98	100	115
59年度遠野市平均反収(全品種)		54.1	85	87	100

昭和59年の育苗は順調で、健苗が育成された。移植時調査では条播成苗の移植機が試作機であったため、欠株率がやや目立った。活着は各区とも良好で、初期生育は丸型ポット苗でまさる。5月中旬から散播成苗での茎数は増加し、5月25日調査ではポット区を上まわったものの、有効茎歩合の低下で最終穂数は丸型ポット苗でまさる。

出穂後、好天に恵まれ初期登熟は順調にすすんだが、コチミノリは出穂が早すぎたこともあり、枝梗の老化や下葉枯れが多く、登熟後半の登熟要因の低下の原因となった。収量は各区とも目標の60kg/aを大きく越え、最高収量は丸型ポット苗の67.3kg/a、慣行中苗対比106%となり、散播成苗102、条播成苗106となっており、耐冷技術が天好良好年でも増収に結びついている。

検査等級ではアキユタカは各区とも1等米に格付けされ、成苗区では1等級の中と、慣行中苗の1等級の下を上まわった。コチミノリは初期登熟が急激で割粳も散見され、茶米等により2等米となった。

昭和60年では育苗は丸型ポット苗、葉齢4.4葉、乾物重4.75g/100本とこれまで以上の健苗が得られ、散播成苗はやや葉齢が少なかったものの健苗が得られた。

活着、初期成育は各区とも順調で、とくに丸型ポット苗がまさる。その後生産量は丸型ポット苗>散播成苗+側条施肥>散播成苗>慣行中苗で推移した。7月に入り丸型ポット苗の葉色がやや濃くなったものの側条施肥の葉色は濃く推移し、7月10日調査では茎数は側条施肥区が丸型ポット区を上まわった。

出穂期は丸型ポット苗が慣行中苗より2日、散播成苗が1日早い。収量は最高が散播成苗+側条施肥区のアキユタカで67.0kg/aとなり、慣行対比108%であった。また、条播成苗105%、散播

成苗 104% となり、いずれも慣行中苗より 4~8% の増収となった。検査等級はすべて 1 等米に格付されている。

3 カ年の結果をまとめると、苗質では丸型ポット苗が 3 カ年とも 4.5 葉前後の充実した苗が得られ、散播成苗は年により葉齢が異なるものの、3.6~4.3 葉の苗となり、いずれも健苗であった。本田生育は慣行中苗に比較して、丸型ポット苗、散播成苗+側条施肥で明らかにまさり、とくに初期生育は 3 カ年とも丸型ポット苗がまさった。

丸型ポット苗と散播成苗+側条施肥の生育比較をみると、6 月中旬まで丸型ポット苗>散播成苗+側条施肥で経過するが、その後、散播成苗+側条施肥の生育が急激に増加することが多く、有効茎歩合の低下や倒伏を招いた例もみられる。出穂期は丸型ポット苗で慣行中苗より 2~3 日早い、散播成苗+側条施肥で幼形期の生育量も多く慣行なみとなった。

収量はアキユタカでみると、3 カ年平均で丸型ポット苗が 63.8kg/a で慣行中苗対比 105%、散播成苗+側条施肥 63.9kg/a で慣行対比 105% となり、いずれも目標収量の 60kg/a を上まわった。条播成苗は 2 カ年平均で慣行対比 106% であった。耐冷品種コチミノリは 60kg/a の前後の収量を上げているものの、気象良好年では出穂期も早すぎ、品質も劣ることから、当該地域ではやや適性を欠くと推察される。

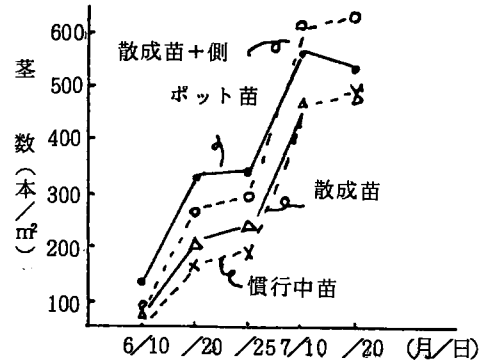


図-1 苗質別茎数推移 (S60)

表-2 出穂期、収量構成要素、検査等級

品 種	技術内容	年 度	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	幼形 期 N (%)	m ² 当 穂数 (本)	m ² 当 もみ数 (千粒)	登熟 歩合 (%)	千粒 重 (g)	玄米 重(kg /a)	同佐 比率 (%)	検査 等級
ア キ ユ タ カ	丸型樹脂ポット (みのるポット)	58	8. 5	83. 5	3. 29	406	33. 8	78. 4	23. 3	61. 2	108	1 中
		59	3	82. 5	1. 97	409	37. 3	84. 1	23. 1	67. 3	106	1 中
		60	8	84. 0	2. 84	389	34. 9	83. 9	23. 3	63. 0	102	2 上
	散播成苗+ 側条施肥	58	8. 17	91. 2	3. 09	506	31. 8	81. 8	22. 9	60. 2	107	1 上
		59	6	81. 0	1. 83	401	32. 9	89. 7	23. 3	64. 4	102	1 中
		60	11	89. 9	3. 25	485	32. 5	88. 0	22. 8	67. 0	108	1 下
	条播成苗	59	8. 6	82. 4	1. 71	394	32. 9	89. 7	23. 3	67. 2	106	1 下
		60	8	83. 2	2. 74	392	31. 3	90. 0	23. 0	64. 9	105	1 上
		慣行中苗	58	8. 17	82. 0	2. 85	415	28. 3	81. 7	23. 7	56. 6	100
59	6		82. 0	1. 73	421	35. 3	82. 0	23. 0	63. 4	100	1 下	
60	10		83. 1	3. 12	379	32. 0	87. 4	23. 0	62. 1	100	1 上	
コ チ ミ ノ リ	丸型樹脂ポット (みのるポット)	58	8. 12	72. 2	2. 73	454	34. 1	69. 8	23. 4	57. 5	102	1 中
		59	7. 26	72. 2	-	472	38. 5	79. 7	22. 1	65. 8	104	2 上
	散播成苗+ 側条施肥	58	8. 15	81. 4	3. 51	520	39. 2	62. 0	22. 7	59. 3	105	1 下
		59	7. 29	70. 6	1. 65	436	36. 1	73. 3	22. 5	60. 1	95	2 中
		60	8. 3	71. 1	3. 43	449	35. 4	74. 5	23. 3	61. 1	98	1 下

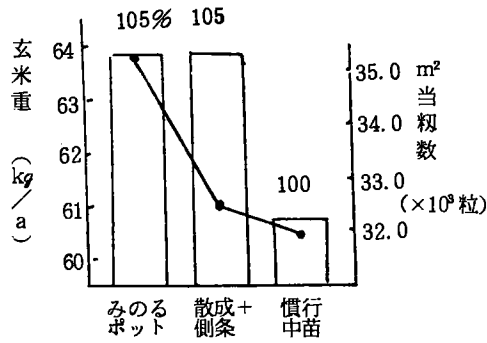


図-2 玄米重比較 (3カ年平均)

検査等級はアキユタカでは大部分1等米となり、慣行中苗にまさる傾向を示すが、コチミノリは年により2等米に格付されている。

以上から、気象良好年においても耐冷技術の導入により、5%前後の増収となり、かつ品質も良くなることが実証された。

宮城県におけるかんがい用水温の特徴と水管理法改善に関する研究

第5報 登熟後期の気温と用水温との関係

日野 義一・日塔 明広*

(宮城県農業実践大学校・*宮城県農業センター)

1 はじめに

山間高冷地帯における稲作期間中のかんがい用水温の特徴を解明し、生育時期に応じた合理的水管理技術を確認する必要があるため、本報では、登熟後期、すなわち9月のかんがい用水温について、山間高冷地や海岸沿いの冷水地帯での用水温と気象との関係について、調査したので、その結果の概要を報告する。

なお、本調査にあたっては、次の多くの方々から御協力をいただいた。宮城県中新田、本吉、仙台の各農業改良普及所をはじめ、関係市町、農協職員の方々に対して、深く感謝と御礼を申し上げます。

2 調査方法の概要

調査場所および年次：宮城県内の奥羽山間高冷地北部（加美郡宮崎町三ヶ内）、奥羽山間高冷地中央部（泉市根白石朴沢）、および北部海岸の山寄り（本吉郡本吉町小泉）の3地点は、昭和57年から59年に調査した。但し、北部海岸本吉町は、昭和58、59年の場合である。

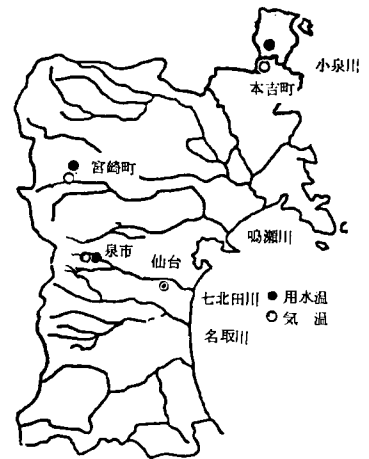
調査項目：かんがい用水温、気温は、移動式総合微細気象観測装置および電子管式自記記録温度計を各地に設置して測定した。なお、県内の観測地点は、第1図に示したとおりである。

3 調査の結果と考察

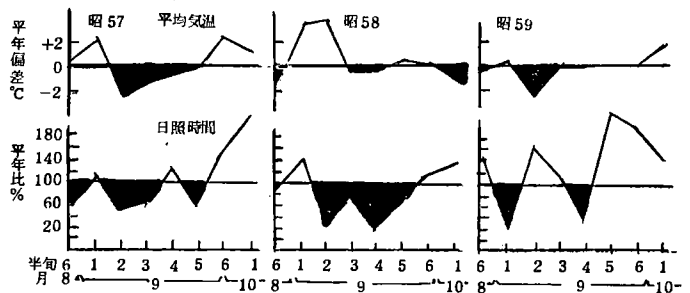
(1) 調査年次における気象の特徴

登熟後期における気象経過の特徴について、日平均気温と日照時間を仙台管区気象台の平年値で、かんがい用水温調査年次について、その経過をみると、第2図のとおりである。これによると、昭和57年の場合は、9月初め比較的高温であったが、その後半には、平年より低い月末になって平年並となっていた。

日照時間では、月初めから月半ばまでは、平年より少ない日が多く、月末は大目の日照を示して経



第1図 宮城県内各地におけるかんがい用水温と気温の観測地点



第2図 本田後期におけるかんがい用水温調査年次の気象経過(仙台)

過した。いずれにしても登熟後期は余り良い気象経過を示さない不作年（作況指数91）であった。

つぎに昭和58年についてみると、この年は、上旬の気温は平年より高い値であったが、その後は平年並の値で経過していた。一方日照時間を見ると、月初めは多照であったが、その後9月末まで、かなり少ない日が多く、しかも昭和57年より少ない日照で経過し、この年も前年に引き続き不作年（作況指数95）となっている。昭和59年についてみると、9月初めから半ばまでの気温は平年よりやや低かったが、その後は、ほぼ平年並の温度で経過した。一方日照時間は、月初めと9月4半旬頃で平年より少なかったが、2半旬や5、6半旬はかなり日照が多く、登熟後期の日照は非常に多く経過し、この年は豊作年（作況指数107）であった。

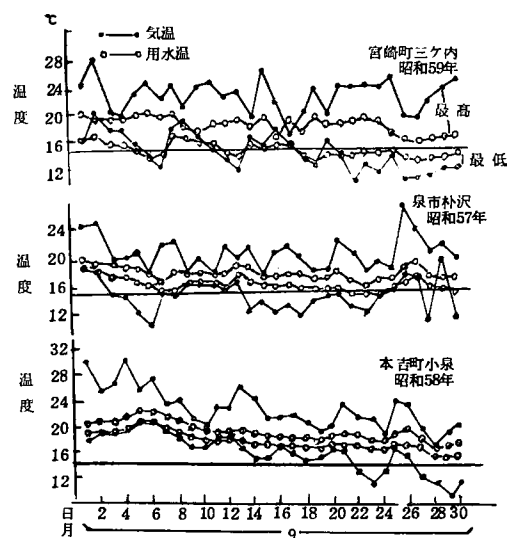
(2) かんがい用水温と気温の経過

奥羽山間高冷地北部、宮崎町（昭和59年）、奥羽山間高冷地中央部泉市（昭和57年）および北部海岸沿い本吉町（昭和58年）について、9月の日別かんがい用水温および気温の経過をみると、第3図に示した次のとおりである。これによると、宮崎町の場合、最高温度では、用水温約16~20℃の範囲で経過している。それに対して気温は、約17~28℃となり、用水温の方が気温より常に低くなっている。一方最低温度をみると、9月上、中旬は、気温と用水温では、あまり差がないが、気温より用水温が高い場合と低い場合があらわれて経過していた。ところが9月下旬になると、ほとんど用水温の方が気温より高くなっていて、その差は約2℃である。

なお、9月の日別で用水温は約13~16℃、気温は約11~20℃となって経過していた。登熟期間中の低温障害危険温度と思われる、最低温度15℃以下をみると、9月下旬に入ると、用水温、気温いずれも、それ以下の温度を示した。一方奥羽山間高冷地中部泉市の場合でみると、最高温度の用水温は、約16~20℃の範囲であるのに対して、気温は約18~28℃と用水温より、かなり高く、その差は約2~8℃であった。つぎに最低温度をみると、用水温は約14~18℃となっているのに対して、気温は、約11~20℃の値で、この時期の泉市では、気温より用水温の方が高く経過しているときが

多く、しかも用水温は全期間15℃以上の登熟低温障害危険温度より高くなっているが、気温では9月中旬以降15℃以下の温度を示した。なお用水温は、日中と夜間の温度差が約2℃となって大きな温度変化がみられなかった。

北部海岸沿い本吉町の場合でみると、最高温度の用水温は、約18~22℃を示しているのに対して、気温は約19~30℃で経過し、気温の方が約1~8℃高く、その温度の特徴では、9月初めから月末まで、徐々に気温と水温との差が縮まっている。最低温度についてみると、用水温は約16~20℃の値で経過したが、気温は約10~20℃の範囲となり、その特徴としては9月上旬の場合用水温と気温がほぼ同じ温度であったが、その後は気温の方が用水温より低く経過していることが認められた。なお9月下旬に入ると気温では15℃以下の低温日が多くあらわれている。いずれにしても9月に



第3図 登熟後期のかんがい用水温と気温の経過

なると、奥羽山間北部、北部海岸沿い共に用水温が気温より高い点については見逃すことが出来ない。

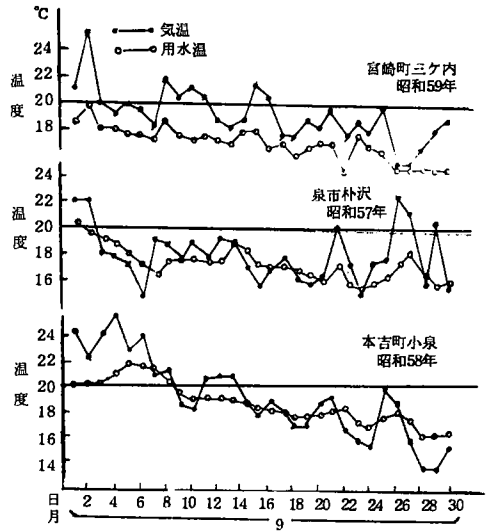
次に用水温と気温の平均温度についてみたのが、第4図である。これによると、奥羽山間高冷地北部宮崎町の場合をみると、用水温は約15~20℃の範囲で経過している。一方気温は約15~26℃となって、しかも気温の場合日別の変動が大きく、この時期は用水温が気温より低い経過を示した。登熟に影響を及ぼす平均温度20℃以下の低温障害危険温度についてみると、用水温では全期間20℃以上であるのに対して、気温では、9月前半は20℃以上の日がみられたが、その後はそれ以下であった。

次に奥羽山間高冷地中央部泉市の場合でみると、この月の用水温は、約15~20℃であり、それに対して気温は約16~26℃の範囲となって経過している。

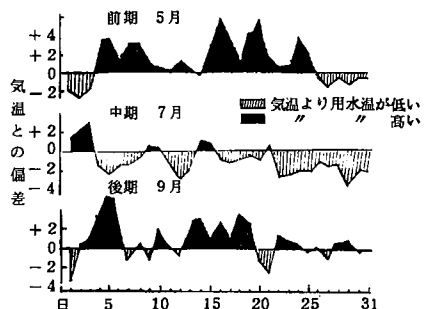
用水温と気温の比較では、用水温と気温の差は、あまり小さくなく、特に9月中旬までは、用水温が高かったり気温が反対に高かったりして経過し、月末になって気温の方が高くなっていった。なお、登熟期の低温に影響ある平均温度20℃以下についてみると、この時期では、用水温、気温いづれも、それ以下の低温となっていることから、この時期の奥羽山間高冷地は極めて低温を示すことが認められた。

一方北部海岸沿い本吉町の場合でみると、用水温は、約16~22℃の範囲に対して、気温はかなり変動が大きく、約13~26℃の値で経過している。なお9月初めは気温の方が用水温より高かったがその後は気温が高かったり、用水温が高かったりしているが、月末には反対に用水温の方が気温より高い値を示していた。次に平均気温20℃以下の遭遇する時期をみると、気温、用水温いづれも、9月上旬までは、高いが、中旬以降になると、20℃以下の日がほとんどであることが認められた。

これらのことから、奥羽山間高冷地や北部海岸沿いの用水および気温は、登熟条件としては不利な気象条件に入ることがみられ、安定した登熟良化には、出穂の促進が極めて大切であることが認められた。なお、稲作期間中の用水温を気温との偏差で、最も低温を示した。奥羽山間高冷地北部宮崎町の場合でその経過を、本田初期（5月）、本田中期（7月）、本田後期（9月）の最低温度について取り上げた結果は、第5図に示したとおりである。これによると、5月、7月は、前報のように、最低温度の5月は気温より用水温の方が高い日が多いが、7月は反対に気温より用水温の方が低い場合が多くなっている。一方本田後期の9月では、本田初期の5月とほぼ同様気温より用水温の方が高くな



第4図 登熟後期におけるかんがい用水温と気温の平均温度の経過



第5図 本田前期、中期、後期の最低温度における用水温と気温との偏差（昭57、宮崎町三ヶ内）

っている日が多くなって、この時期は、本田初期と同様、夜間かんがいや早期かんがいは水田の水管理としてはプラスとなることが明らかであった。これらのことから稲作期間中のかんがい用水温と気温との関係は、時期によって、かなり相違のあることが認められた。

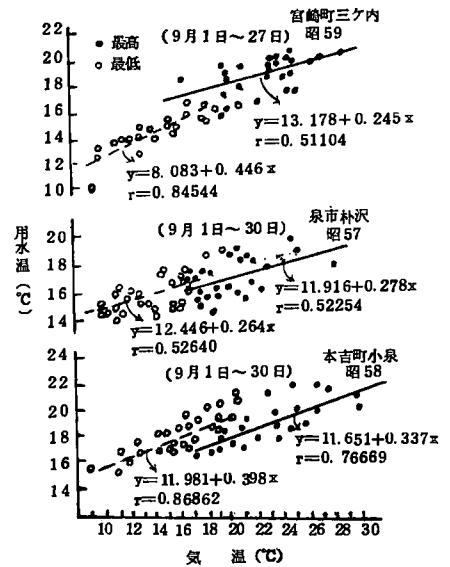
(2) 登熟期におけるかんがい用水温と気温との関係

9月の各地における日別用水温と気温との関係についてみると、第6図に示したとおりである。これによると、最高温度では奥羽山間高冷地北部宮崎町の場合、用水温は気温より低い関係がみられ、しかも気温の上昇と共にやゝ用水温も高くなる傾向はみられるが、その関係は、高い相関を示さず、 $r = 0.511$ となっていた。一方最低温度でみると、気温より用水温の方が高くなっている関係を示し、しかも $r = 0.845$ とやゝ高い相関を示していることが認められた。

次に、奥羽山間高冷地中央部泉市でみると、最高温度は前述と同様気温に比べて用水温は低く、その相関の値は、 $r = 0.523$ となって、それ程高い相関を示さない。最低温度では用水温の方が気温より、やゝ高い傾向はみられたものの、その関係では、 $r = 0.526$ で、最高温度と同様な相関係数の値を示していた。

北部海岸沿い本吉町の場合でみると、最高温度は用水温の方が気温より低くなっている関係となり、しかもその相関は、 $r = 0.767$ と高い値を示していた。一方最低温度の場合でみると、他の地点と同様気温より用水温にやゝ高目の関係がみられ、その相関は、 $r = 0.869$ と高くなって、北部海岸本吉町の場合では、ある程度気温から用水温を高い精度は望めないが、推定可能であることが認められた。

なお、各地のかんがい用水温と気温との関係式を年次のちがいであげたのが、第1表である。これによる



第6図 登熟後期におけるかんがい用水温と気温との関係

第1表 各地の登熟後期のかんがい用水温と気温との関係

場所	年次	温度	関係式	相関係数	調査期間
宮崎町	昭57	最高	$y = 10.00 + 0.429x$	$r = 0.50347$	9月1日 ~30日
		最低	$y = 8.912 + 0.424x$	$r = 0.61243$	
		平均	$y = 9.279 + 0.437x$	$r = 0.57996$	
	昭58	最高	$y = 5.911 + 0.551x$	$r = 0.79872$	9月1日 ~23日
		最低	$y = 9.591 + 0.352x$	$r = 0.69026$	
		平均	$y = 7.186 + 0.494x$	$r = 0.79638$	
	昭59	最高	$y = 13.178 + 0.245x$	$r = 0.51104$	9月1日 ~27日
		最低	$y = 8.083 + 0.446x$	$r = 0.84544$	
		平均	$y = 9.218 + 0.400x$	$r = 0.75381$	
泉市	昭57	最高	$y = 11.916 + 0.278x$	$r = 0.52254$	9月1日 ~30日
		最低	$y = 12.446 + 0.264x$	$r = 0.52640$	
		平均	$y = 11.534 + 0.310x$	$r = 0.53648$	
	昭58	最高	$y = 12.477 + 0.295x$	$r = 0.83196$	9月1日 ~30日
		最低	$y = 12.264 + 0.303x$	$r = 0.84738$	
		平均	$y = 11.621 + 0.344x$	$r = 0.85119$	
	昭59	最高	$y = 18.210 + 0.058x$	$r = 0.35147$	9月1日 ~15日
		最低	$y = 16.797 + 0.102x$	$r = 0.52730$	
		平均	$y = 18.074 + 0.047x$	$r = 0.49329$	
本吉町	昭58	最高	$y = 11.651 + 0.337x$	$r = 0.76669$	9月1日 ~30日
		最低	$y = 11.981 + 0.398x$	$r = 0.86862$	
		平均	$y = 10.942 + 0.409x$	$r = 0.86487$	
	昭59	最高	$y = 14.316 + 0.285x$	$r = 0.47255$	9月1日 ~22日
		最低	$y = 9.444 + 0.573x$	$r = 0.90203$	
		平均	$y = 9.960 + 0.502x$	$r = 0.74689$	

と、各地によって用水温と気温との関係は年次によって異なっている。最高温度について宮崎町の場合、昭和58年が $r = 0.798$ でもっとも高い相関を示し、昭和57年が $r = 0.503$ と低い値となっている。

泉市では、高い場合が昭和58年で $r = 0.832$ 、低い方が昭和59年の $r = 0.361$ となって、年次による変動が大きくなっている。本吉町では、2ケ年の調査であるが、高い方が昭和59年の $r = 0.767$ 、低い値が昭和59年の $r = 0.473$ となって、やはり変動が大きい。

一方最低温度でみると宮崎町で $r = 0.612$ (昭和57年) $\sim r = 0.845$ (昭和59年) の範囲であり、泉市が $r = 0.526$ (昭和57年) $\sim r = 0.847$ (昭和58年) であり、本吉町では $r = 0.869$ (昭和58年) $\sim r = 0.902$ (昭和59年) となって、北部海岸沿いの用水温は、奥羽山間地に比べて気温との相関が高く、あらかじめ用水温を気温から推定することが出来る。

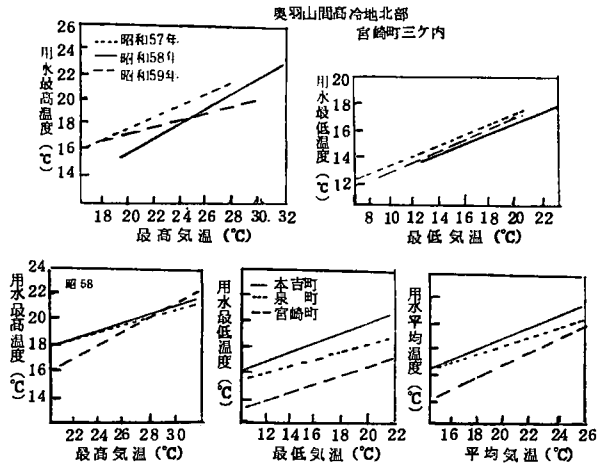
なお平均温度でみると、宮崎町では、 $r = 0.579$ (昭和57年) $\sim r = 0.796$ (昭和58年) の値であり、泉市は $r = 0.493$ (昭和59年) $\sim r = 0.851$ (昭和58年)、本吉町は $r = 0.747$ (昭和59年) $\sim r = 0.864$ (昭和58年) を示し、年次によって用水温と気温との相関は異なる。これは気象のちがいや用水路の水量が年次によって異なる点などにも大きく影響するものと思われる。

次に年次別や各地における、気温と用水温との関係を回帰直線で比較してみたのが、第7図である。これによると奥羽山間高冷地北部宮崎町の場合、最高温度は、気温と用水温との年次による直線関係に相違がみられたが、最低温度では年次によるちがいがあまりみられず、ほぼ同じ直線を示していることが認められた。一方各地の場合を昭和58年でみると、各地で異なり、最高温度は、本吉町と泉市の場合ほぼ同様であるが、宮崎町は他の地点とちがった直線を示した。最低温度では場所による相違がはっきり認められる。用水温は北部海岸本吉町>奥羽山間中央部泉市>奥羽山間北部宮崎町の順に高くなっている。平均温度においても、ほぼ最低温度と同様な回帰直線で各地の特徴が認められた。

以上登熟後期の用水温と気温について述べたが、いずれにしても用水温は年次によって気象や用水の流量の変化や水路の環境が異なる点から、今後は年次による変動性や時期別の特徴、流量の多少による関係などを解明していきたい。

4 むすび

宮城県の奥羽山間、北部海岸沿いの冷水地帯における、登熟後期のかんがい用水温と気温との関係を調査した結果、調査年次の気象の特徴は、昭和57年は9月半ばの低温と、9月上、中旬の日照不足があげられ、昭和58年では、9月初めが高温、多照で経過したが、半ば以降の気温は平年並



第7図 年次別および各地のかんがい用水温と気温との関係

であった。しかし日照は極めて少ない年であった。昭和59年は、9月前半はやゝ低温を示したが、その後は平年並で、日照は9月半ばまでは少ないが、その後は好天の日が多かった。

かんがい用水温と気温との関係で、最高温度は、各地いずれも気温より水温は低く、本田前期、中期と同様であった。最低温度は奥羽山間高冷地北部宮崎町では、その日によって気温より水温の方が高い場合と低いときがみられたが、その他のところでは、水温の方が気温より高く経過し、夜間や早期かんがいには有利で、本田初期（5月）の特徴と登熟後期は同様な特徴となっていた。

気温と水温との関係式からみると、年次や各地によって異なるが、最高温度では、 $r = 0.361 \sim r = 0.832$ の範囲であり、最低温度では、 $r = 0.526 \sim r = 0.902$ を示し、平均温度では $r = 0.493 \sim r = 0.865$ となり、年次によって相関係数の高いことが各地においてみられた。したがって精度が高くないが、気温からその地域の水温をはゞ知ることが可能と判断される。

登熟後期におけるかんがい水温の特徴からの水管理としては、各地とも日中の掛流しかんがいは不利であるが、夜間の掛流しや早期のかんがいはプラスとなる日が多いことが認められる。

参考文献

- 1) 日野義一(1984)：宮城県におけるかんがい水温の特徴と水稻水管理法改善に関する研究。
第1報 稲作期間中の水温と気温の経過。東北の農業気象，29:30～33。
第2報 初期の気温と用水量の関係。東北の農業気象，29:34～37。
- 2) 日野義一(1985)：宮城県におけるかんがい水温の特徴と水稻水管理法改善に関する研究。
第3報 本田中期の気温と水温の関係。東北の農業気象，30:20～25。
- 3) 日野義一・日塔明広(1986)：宮城県におけるかんがい水温の特徴と水稻水管理法改善に関する研究。
第4報 出穂、登熟前期の気温と水温との関係。東北の農業気象，31:114～118。
- 4) 日野義一・鈴木亀平(1983)：山間高冷地の気象およびかんがい水温の上昇法と水稻の生育収量。東北の農業気象，28:36～39。
- 5) 鈴木亀平・日野義一・日塔明広(1984)：冷水地帯のかんがい水温と気象との関係。東北の農業気象，29:38～41。
- 6) 三原義秋(1953)：水温上昇法に関する研究。農業及園芸，28. 645。
- 7) 田島善作・行田和広・依田富男(1959)：水田水温上昇に関する研究，長野農試研集報7：15～26。
- 8) 鳥山国土・佐々木正吉(1956)：新開田の冷害防止に関する研究，青森農試研報. 3:45～52。
- 9) 八柳三郎(1937)：冷水かんがい田における水口被害軽減の一方策，農業及園芸，12, 149。
- 10) 宮本硬一・日野義一・千葉文一(1969)：節水かんがいによる水稻冷水害防止に関する研究。農業気象，25, 2。
- 11) 宮本硬一(1962)：東北地方における冷水被害に関する研究。宮城農試報告，30号，1～138。

山間冷水地帯の大区画段差水田の温度環境と水稻の生育

— 特に畦畔沿いの温度と浸透水遮断効果について —

鈴木亀平・日野義一*・日塔明広**

(宮城県宮崎農協 *宮城農業実践大学校 **宮城県農業センター)

1 はじめに

山間冷水地帯の水田は、最近基盤整備が行われ、大区画(30a)水田が多く造成されている。特に水田の汎用化を考慮に入れて実施されている。しかし水田による冷水かん水時間が長く、水稻栽培では、水口付近の生育遅延による影響がみられ、品質の低下に結びつくことは明らかである。また山間地の奥に入るにしたがって段差の大きくなる大区画水田が存在する。そのため段差下の水田畦畔近くでは、水稻の生育に遅れがみられる。これは水田温度の相違によるものと判断される。そこで本報では段差水田の温度と畦畔沿いの浸透水遮断による小水路設置における水田温度とその効果について調査したので、その結果の概要を報告する。

2 調査の概要

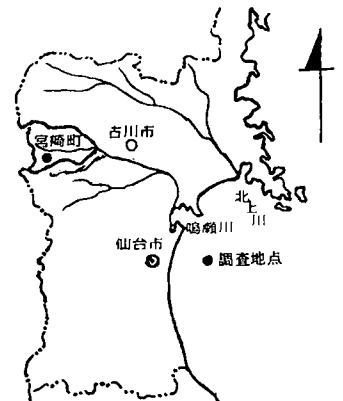
1) 時期：昭和60, 61年6～8月。

2) 場所：宮城県加美郡宮崎町三ヶ内、奥羽山間高冷地北部、鳴瀬川水系の用水使用水田で、第1図に示したとおりである。

3) 測定項目：水温、気温、日射量は移動式総合微細気象観測装置および電子管式自記記録温度計を用い、水田温度は、多点式サーミスター温度計により測定した。

調査水田：大区画段差の水田は縦100m、横30m南北畦畔の段差約60cmで、その水田段差上と下および段差下に小水路を設置した。その概要は、第2、3図に示したとおりである。なお、水田温度は、段差の上と下を畦畔からの距離別の地表温、深さ別の地温を測定した。

4) 水稻の生育：品種、ササミノリ(中苗)、30cm×14cm、3～5本機械値の耕種条件で、草丈、茎数について調査した。



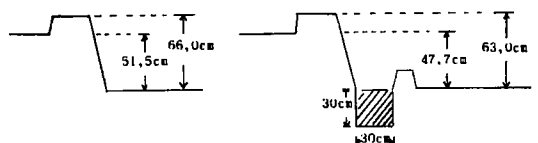
第1図 山間高冷地における段差水田の調査地点



第2図 小水路水田の概況(宮崎町)

3 調査結果と考察

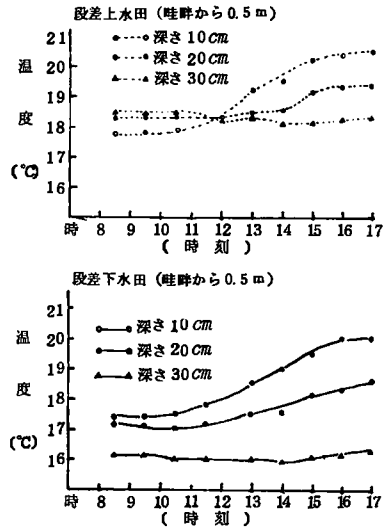
段差水田畦畔沿いの温泉：畦畔から0.5m地点の段差上と下の水田内地温を深さ別に調査した結果を日変化でみたのが、第4図である。こ



第3図 段差畦畔の高さ及び小水路設置区の状態

れによると、段差上の水田では深さ別による温度差は段差下に比べて小さく、特に午前中では、深さ10cmでは20、30cm地温より低くなっていたが、深さ10cmと30cmでは、それほど大きな差が認められなかった。その後午後の測定では浅い部位ほど高い結果を示した。なお、8時から17時の間で深さ別でもっとも差のみられた時刻は17時で、深さ10cmと30cm部位で、約3.0℃の相違があった。

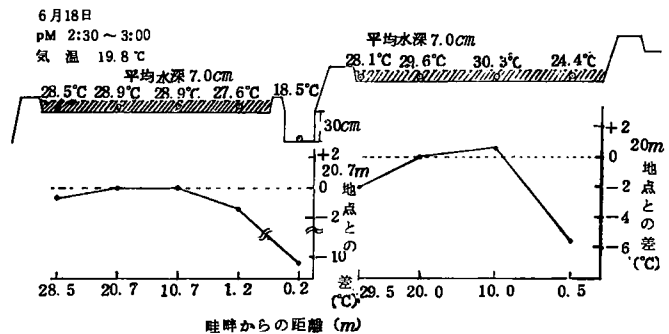
つぎに段差下の水田でみると、段差上に比べて、深さ別の温度のちがいが大きく、全測定時刻で深い部位が低く、浅いところが高い地温を示していた。したがってかなり段差上の水田とは異なった温度変化であった。なお深さ別の場合は、午前8時頃から徐々に上昇しているが、それは浅い地温の場合で、深いほど差が小さくなり、深さ30cmでは、ほとんど温度変化は認められなかった。つぎに深さ別の温度差のもっとも大きかった17時頃では、深い30cm地温と浅い10cm地温との温度差は、約4.0℃もあり、段差水田下の畦畔沿い地温は深さ別の差が大きく、しかも段差上の水田地温に比べて、温度の相違が認められ、段差上での日変化で深さ10cmから30cmの中では、約18.0℃から21.0℃の範囲であるのに対して、段差下の水田では、約16.0℃から20℃となって、明らかに段差水田下の方が、段差上の水田より地温は低く経過していることが認められた。なお深さ30cm地温では、段差上の水田は、約18.0℃から18.5℃であるのに対して、段差下の水田では、約16.0℃となって、段差上と下では約2.0℃の差がみられ、段差下で明らかに地温は低く経過していた。これは段差上水田から段差下の水田に浸透する水による影響が大きいためと判断された。



第4図 段差上・下水田の温度変化(深さ別)
宮崎町：昭60. 6. 18

段差水田の小水路設置における水田温度環境：段差水田の畦畔沿い下と上の水田地温の特徴は、前述のとおりであったことから、段差下水田の温度環境を換える必要がある。そこで段差下の水田畦畔沿いに小水路を設置した場合の水田内地表温度を、段差下と上で距離別に測定した結果が、第5図である。これによると段差水田畦畔沿い、0.5m地点の地表温は、かなり低く、しかも畦畔から20cm地点との偏差からみると約6.0℃も低くなっていた。それに対してその他の測定地点であれ

あまり差がなく、約1.0℃から2.0℃の相違で、この程度の差では、ば、水稻の生育のちがいによる影響の方が大きいものと半断される。ところで、小水路設置の場合についてみると、小水路内地表温は、他の水田温度に比べてかなり低く、小水路設置した水田の段差畦畔から約20m地点に比べて約



第5図 段差水田内と小水路設置内地表温度との比較
(宮崎町：昭和60年)

10.0℃でも小水路内が低い値を示していた。これは、段差上からの浸透水の影響によるものと思われる。なお小水路設置による段差下の水田は、浸透水の遮断効果が認められ、水田温度は、各調査地点とも、畦畔から20m地点に比べて、ほとんど1.0℃内外の値と明瞭な差は認められなかった。

段差水田および小水路設置水田内の生育：段差水田の上と下の水田温度環境では、段差下の水田畦畔沿いの温度は上の水田より低い温度を示すことから、水稻の生育に影響をおよぼすことが推察される。これは、段差上水田からの浸透水によるものと思われることから、浸透水遮断の小水路設置効果も併せて調査した。これらを生育別についてみたのが、第1表である。これによると、段下の水田の生育は、調査地点によって異なり、生育は正確にはつかめなかった。各々の草丈の伸長でみると段差水田の上と下の関係は明らかにされなかったが、段差上と下の各調査地点の平均値でみると、草丈が段差上が優っていた。茎数の状態では段差上の水田が多い結果となり、段差上で生育量が多くなっている。

つぎに、段差下の水田に小水路設置し浸透水を遮断した場合の生育についてみると、草丈の伸長は、段差上や下に比べてそれほど差はみられなかったが、茎数では段差下の小水路設置しない水田に比べて多い結果を示し、明らかに小水路設置による効果が認められた。

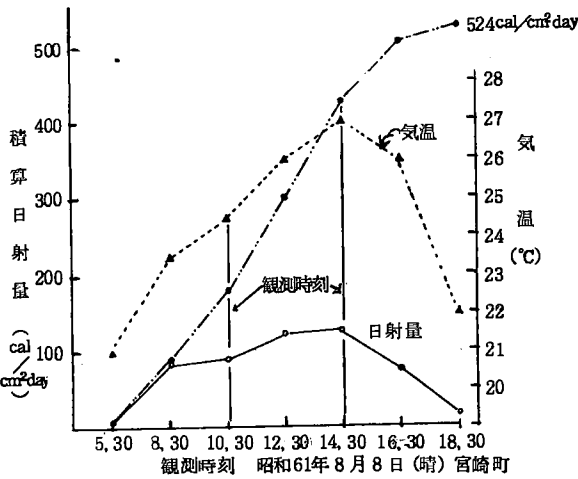
第1表 小水路及び段差上、下各区の生育調査

調査区分	用水路の 畦畔から の距離	段差畦畔からの距離							
		0.5 m		1.0 m		2.0 m		3.0 m	
		草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数
小水路	1 m	46.8	20.3	46.9	25.1	50.4	19.9	51.5	22.9
	50 m	54.3	23.7	56.5	30.3	56.6	25.1	60.6	32.7
	100 m	59.8	32.7	67.2	39.0	62.8	40.4	59.0	37.1
	平均	53.6	25.5	56.8	31.4	56.6	28.4	57.0	30.9
段差上	1 m	59.6	25.6	62.9	37.4	52.6	29.8	58.5	32.0
	50 m	63.1	34.9	61.4	35.1	56.9	27.2	58.1	28.8
	100 m	61.2	29.5	62.0	27.8	60.1	29.9	57.0	28.8
	平均	61.4	30.0	62.1	33.4	56.5	28.9	57.8	29.0
段差下	1 m	60.6	22.0	62.8	27.1	55.0	25.9	55.3	20.7
	50 m	46.0	21.3	58.1	25.5	57.9	25.7	56.7	26.1
	100 m	55.5	25.8	61.4	30.5	56.6	29.2	61.2	28.2
	平均	54.0	23.0	60.7	27.7	56.5	26.9	57.7	25.0

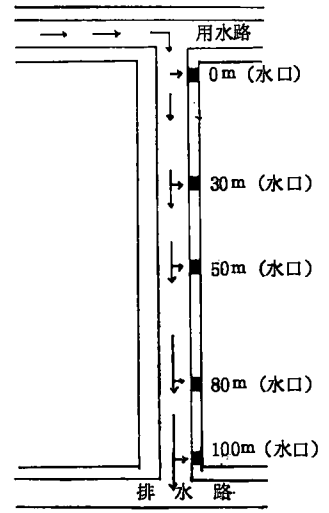
(昭和61年7月1日)

段差下水田の小水路設置利用による冷水かんがい水温の特徴：段差水田下の小水路を用いて、水田にかん水する場合を考慮して調査した。まず用水路と水口の概要は、第6図に示したとおりである。大区画水田延べ100mでの小水路で用水入口から排水路までの中に、各水口をそれぞれ設置し、今回は初段階として、ここでは全水口開きと各水口閉の場合だけについての用水温の特徴について小水路内で調査した。調査時の気象条件は、第7図にあげたとおりである。すなわち、5時30分から18時30分の日中における観測の場合である。それによると、気温は約21.0℃から27.0℃の範囲内

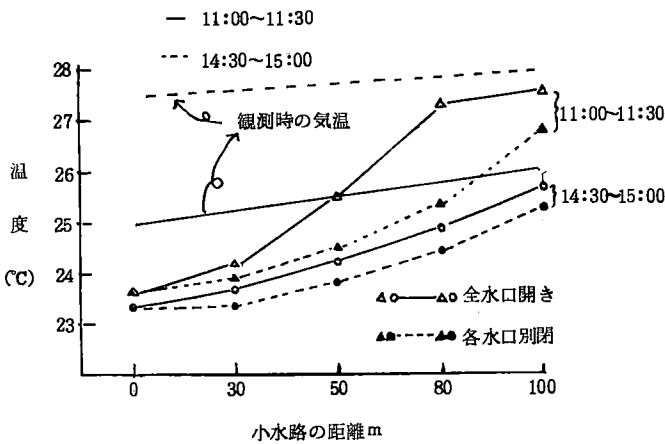
であり、水温観測時の10時30分から14時30分の場合では、約24.0℃から27.0℃であった。また日射量でみると、約0.9から1.1 cal/cm²minの範囲であった。つぎに積算日射量でみると、10時30分までに約180 cal/cm²、14時30分には約400 cal/cm²の値を示している。なお総日



第7図 小水路内水温観測時における気象の経過



第6図 小水路の距離別水口及び調査地点



第8図 小水路水口数のちがいと流入用水温
宮崎町：昭和61年8月8日

射量は、524 cal/cm² dayとなり、水温観測時は好天日であることがわかる。

つぎに小水路内での用水温について、ここでは、全水口開きの水温調査でみると、11時から11時30分の場合でみると、用水温は冷水取入口で約23.5℃であるのに対して50m地点で25℃に達し、100m地点の排水路近くでは、約27.5℃を示し、入口から出口までに4℃の昇温効果がみられた。しかしこの用水には浸透水も多少混入していることから、段差下水田の小水路ではそれほど水温の上

昇がみられないものと判断される。

なお、気温より用水温が高くなったのは、50m地点からであり、その場合の入口用水量は約0.02 l/secに対して出口100m地点では0.001 l/secとなり、ほとんど水量は無く途中水田各水口からの流入となっていた。そのため水路内水温も徐々に上昇していることが認められる。

つぎに、全水口閉ぢにおける用水温調査でみると、全水口開きに比べて、各測定地点とも低く、しかも水温上昇も小さく、入口用水温に比べ80m地点で約1.5℃の昇温で、この地点では、全水口開きに比べて約2.5℃低くなっていた。一方14時30分から15時00分での観測結果でみると、全水口開きの場合で入口用水温が23.4℃でそれが100m地点になると25.4℃を示し、2.0℃の昇温となった。なお全水口閉ぢでの小水路内では、全水口開きに対して各地点とも0.5℃低くなって、それほど差がみられなかった。しかしこの場合の入口用水量は0.04 l/secであった。

以上のことから段差水田における浸透水遮断小水路利用によるかんがい法においても、冷水温の昇温効果は認められる。なお小水路内の水口数のちがいや開閉と水田温度、段差浸透水の測定など残されている問題を解明して行きたい。

むすび

山間高冷地帯でも大区画水田(30a)が造成され、段差水田が多く、段差による生育のちがいがあらわれ、更に冷水のかん水時間が長くなることから、段差水田の温度環境、水稻の生育、小水路設置の効果などについて調査した結果の概要は次のとおりである。

段差大区画水田の畦畔沿い、段差上と下の深さ別水田地温では、段差上の水田で、あまり大きなちがいはみられなかったが、段差下の場合温度が大きく、深い部位ほど低くなっている。

水稻の生育状態では、草丈、茎数いずれも段差上の水田が下の水田よりまさっていた。そこで段差下の水田に小水路設置による水田温度をみると、設置水田温度は、設置しない水田より、水田温度が高く、小水路設置による、浸透水の遮断効果が認められた。

段差水田および小水路設置水田内の水稻生育では、段差下の水田は段差上の水田より、草丈、茎数の増加量は劣っていた。また段差下の水田畦畔沿いの小水路設置の生育は、段差下水田の設置しない水田より、草丈、茎数共にまさっていた。

浸透水遮断小水路利用による冷水かんがい水温調査では、小水路内各水口開のかん水法では、取入口から遠くなるにつれて小水路内の水温は徐々に上昇している。しかし流量はそれにともなって少ない。小水路内全水口閉ちの水温では取入口から遠くなるにつれて昇温するが、その差は全水口開に比べて小さい。用水の流量は取水口から排水路までほとんど同じ流量を示した。

参考文献

- 1) 三原義秋, 1953 : 水温上昇に関する研究. 農業及園芸. 28 : 645.
- 2) 八柳三郎, 1937 : 冷水かんがい田における水口被害軽減の一方策. 農業及園芸. 12 : 149.
- 3) 田島善作・行田和広・依田富男, 1959 : 水田水温上昇に関する研究. 長野農試研集報. 7 : 15~26.
- 4) 鳥山国士・佐々木正吉, 1956 : 新開田の冷害防止に関する研究. 青森農試研報. 3 : 45~52.
- 5) 宮本硬一, 1962 : 東北地方における冷水田と冷水被害に関する研究. 宮城農試報岩. 30 : 1~138.
- 6) 羽生寿郎・内島立郎・菅原 利 1980 : 水稻の冷害被害軽減に関する研究. (1)ポリエチレンチューブの効果について. 東北農試研究. 19. 26 - 36.
- 7) 農林水産技術会議, 1966 : 農林水産業に関する試験研究の現状と問題点. 一農業気象編一 1 - 100.
- 8) 日野義一・鈴木亀平, 1983 : 山間高冷地の気象およびかんがい水温上昇法と水稻の生育収量. 東北の農業気象 28 : 36 - 39.
- 9) 鈴木亀平・日野義一・日塔明広 1985 : 冷水地帯のかんがい水温と気象との関係. 東北の農業気象. 29 : 38 - 41.
- 10) 鈴木亀平・日野義一・日塔明広 1985 : 山間冷水地帯のかんがい水温と気象との関係. 一特に水温上昇田とかんがい水田の水温分布について一. 東北の農業気象, 30 : 30 ~ 34.
- 11) 鈴木亀平・日塔明広・日野義一, 1986 : 山間冷水地帯における段差水田の温度環境と水管理. 東北の農業気象, 31 : 106 ~ 109.

有効積算温度からみた水稲収量の予想

ト 蔵 建 治
(弘前大学)

1 はじめに

明治以来、青森県の稲作は夏季(6～8月)の気温が19.5℃以下になると大きく減収することから、気候変動に対する稲作の不安定さは昔も今も変わらないと言えよう。そこで、水稲の生育・収量と気温の関係をより明確にする研究として、環境調節装置内において水稲の個体について詳細に検討する方法と、生育現場(水田)における生態調査による方法の二つが続けられている。後者においては、AMeDAS がリアルタイムでデータを提供することを前提にして、水稲の生育・収量の早い時期での予測が望まれるところである。それには、青森県下で水稲栽培とAMeDAS とがどのようにかかわりあっているかを知る必要がある。

2 資料と解析方法

青森県下で気温観測がなされているAMeDAS 地点は21点あるが、その内、酸ヶ湯は水稲とは無関係の観測点であること、大間、脇野沢は半島の先にあり、周辺の水田面積が小さいことなどから

表-1 青森県のAMeDAS 観測点と水稲栽培

観測地点	海拔 高度 (m)	市 町 村	大 豊 作 年		大 冷 害 年		平 年 作 年		平年値 収量 kg/ 10a	図、表 No
			昭和 53 年	収量	昭和 55 年	収量	昭和 57 年	収量		
			作況指数 110 作付面積 (ha)	kg/ 10a	作況指数 47 作付面積 (ha)	kg/ 10a	作況指数 99 作付面積 (ha)	kg/ 10a		
む つ	3	む つ 市	670	531	670	4	643	444	461	1
小回野沢	6	東 通 村	559	510	559	4	538	394	412	2
今 別	7	今 別 町	314	516	306	27	302	430	—	3
市 浦	20	市 浦 村	532	451	483	58	496	448	—	4
蟹 田	3	蟹 田 町	406	547	398	32	394	447	496	5
五所川原	9	五所川原市	4,720	644	4,410	442	4,230	641	615	6
青 森	4	青 森 市	3,890	600	3,460	179	3,370	561	582	7
野 辺 地	43	野 辺 地 町	349	560	328	2	305	465	480	8
六ヶ所	57	六ヶ所村	850	519	510	1	506	402	417	9
鱒ヶ沢	40	鱒ヶ沢町	1,600	577	1,560	493	1,540	598	567	10
深 浦	66	深 浦 町	675	488	616	425	587	515	482	11
弘 前	30	弘 前 市	4,390	636	4,180	521	4,040	609	619	12
黒 石	40	黒 石 市	1,920	649	1,770	525	1,750	629	632	13
三 和	39	三 和 市	1,810	531	1,620	3	1,590	455	449	14
十 八 戸	42	十 八 戸 市	6,170	632	6,030	48	5,810	518	544	15
碓ヶ戸	200	碓ヶ戸村	1,890	619	1,840	48	1,830	520	538	16
三 戸	38	三 戸 町	141	556	121	155	114	512	546	17
			785	616	765	118	750	527	539	18
AMeDAS			31,671	605	29,621	245	28,795	552 a	
青森県全体			78,200	614	73,800	265	72,300	564 b	
a/b			40.5%	98.5%	40.1%	92.5%	39.8%	97.9%		

水稲栽培が 100 ha以下、山間地などで水田の無い観測点を除いた。

一市町村に複数の観測地点が在る場合は一地点だけを使用した。

平年値は昭和 50 - 54 年の値

削除し、18地点の観測値を使用することにした。観測地点とそれに対応する市町村およびその水稻作付面積について検討すると、AMeDAS 観測点、1つが1市町村を代表するとして、18地点の水稻の作付面積は3.1万～2.9万haであるのに対し、県下全体では7.8万～7.2万haであり、AMeDAS のデータは、県全体の40%を示すことになる。観測点の高度は碓ヶ関が200mである以外はいずれも100m以下の平野にあり、対応する市町村の水田の気象特性を示していると考えられる。

AMeDAS が活動して十年たらずの内で、昭和55年は大冷害であり県の作況指数は47で収量は265kg/10aであり、大豊作年は昭和53、59年があり作況指数は110と109であるが収量は614と621kg/10aとなり、7年間における増収傾向により作況指数と収量は逆点している。平年作年は作況指数が100に近い年として昭和57年をあげることができる。また、気温では昭和25年から54年までの30年間を平均値とし、収量は昭和50年から54年までの5年間を近年の代表値として使用した。これらの数値を一括して表-1に示す。

水稻にかぎらず作物が一定量の収量を確保するには一定の有効積算温度を必要とするが、有効積算温度 (ETS) はある有効下限温度 (MET) 以上の累計値を示すものであり、日平均気温をT_Dとすると

$$ETS = \sum_{i=1}^N (T_D - MET) \quad (\text{ただし、} T_D > MET) \dots\dots(1)$$

で示され、有効温度の値に関しては温度の有効性はすべて等価と考える。Nを水稻栽培期間とみなせば5月上旬から9月下旬までとなる。一方、有効下限温度については青森県における冷害の危険温度についての報告や環境調節装置を用いた実験結果などから収量を予測するには18～20℃と考えられる。

3 結果および考察

有効下限温度を18, 19, 20℃の三つを用いて、表-1にあげた各市町村の収量と有効積算温度の

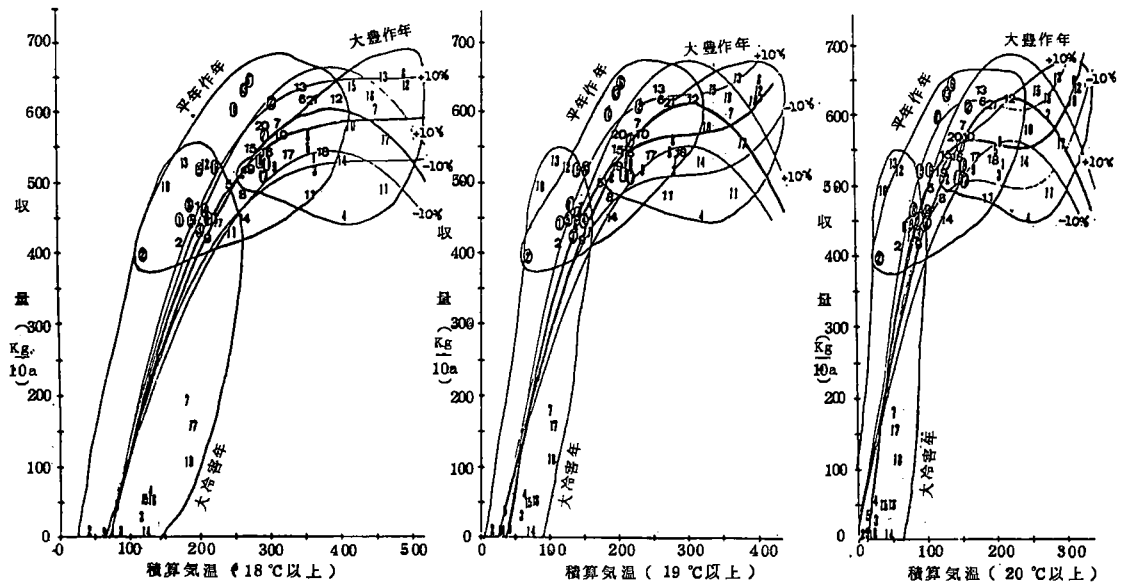


図-1 青森県における水稻栽培と積算気温の関係。日平均気温で積算期間は5月から9月まで、平年作年のなかで太字は平年値を示す。気温(昭和25-54年)、収量(昭和50-54年)

関係を示すと図-1 のようである。平年値は気温のデータでは最近の気候変動の大きさ、収量においては技術進歩や社会情勢の変化などから予測式に組み込むのはかならずしも妥当な値とも考えられないので、以後の検討では使用しないことにした。また、三次式では19, 20℃において変曲点が二つ現われるので同一線上で説明することに無理があると考えられるので、収量と有効積算温度の関係は二次式についてのみ述べる。

青森県下におけるAMeDAS観測始まって以来の各有効積算温度と収量の関係は表-2 のようである。昭和53, 55, 57年のデータにより県内収量を予測する場合、収量を y 、有効積算温度を x とした。

① MET=18℃とすれば、

$$y = -281.1 + 4.548x - 0.0058x^2 \quad (2)$$

$R = 0.880 > R(0.005) = 0.273$
 $F = 171.8973 > F(0.05) = 3.1558$

② MET=19℃

$$y = -133.9 + 5.079x - 0.0085x^2 \quad (3)$$

$R = 0.882 > R(0.05) = 0.273$
 $F = 174.6874 > F(0.05) = 3.1558$

③ MET=20℃

$$y = 1.140 + 5.640x - 0.0126x^2 \quad (4)$$

$R = 0.856 > R(0.05) = 0.273$
 $F = 137.0510 > F(0.05) = 3.1558$

また、大豊作年を作況指数ではなく、最大収量をあげた年として昭和59年のデータを用いた。

④ MET=18℃

$$y = -322.6 + 4.982x - 0.0066x^2 \quad (5)$$

$R = 0.894 > R(0.05) = 0.273$
 $F = 198.6738 > F(0.05) = 3.1558$

⑤ MET=19℃

$$y = -183.8 + 5.897x - 0.0011x^2 \quad (6)$$

$R = 0.902 > R(0.05) = 0.273$
 $F = 218.6883 > F(0.05) = 3.1558$

⑥ MET=20℃

$$y = -43.77 + 6.817x - 0.0177x^2 \quad (7)$$

$R = 0.883 > R(0.05) = 0.273$
 $F = 176.1625 > F(0.05) = 3.1558$

表-2 青森県の各有効下限の積算値と収量

年次	有効積算温度			収量
	18℃	19℃	20℃	
S 53	408.9	323.7	250.5	614
S 54	230.8	160.8	105.2	597
S 55	138.0	79.0	39.4	265
S 56	237.2	173.8	120.2	371
S 57	231.3	165.2	111.2	564
S 58	238.4	176.7	125.8	534
S 59	330.0	251.9	190.5	621
S 60	363.2	289.7	225.8	603
S 61	214.9	156.3	111.4	575

有効積算温度：県内18地点の平均値
 収量：8市59町村の平均値

表-3 青森県における水稻収量の予測
 (表-2の収量から)

年	(3)式による			(6)式による		
	A	B	C	A	B	C
S53	617	-3	-0.5%	576	38	6.6%
S54	462	135	29.2%	481	116	24.1%
S55	214	51	23.8%	214	51	23.8%
S56	491	-120	-24.4%	510	-139	-27.3%
S57	472	92	19.5%	491	73	14.9%
S58	497	37	7.4%	516	18	3.5%
S59	604	17	2.8%	606	15	2.5%
S60	622	-19	-3.1%	604	-1	-0.2%
S61	452	123	27.2%	470	105	22.3%

A：予測収量，B：残差，C：残差率(B/A×100)

以上の結果から、有効積算温度を説明変数として水稻の収量を予測することは重相関係数（R）、分散比（F）ともに有意水準5%で有意であることから、予測式としての説明力は非常に高く、この場合、有効下限温度として用いた18、19、20℃の値も極めて無理のない値と言える。また、18、19、20℃の内では19℃で最も重相関係数が大きくなることは、先に述べた青森県的水稻収量が夏季の平均気温が19.5℃以下で大きく減収することを裏づけていると考えられる。

（2～4）式と（5～7）式の演算値では有効下限温度を19℃とした場合が最も実収量に近い値になると考えられる。そこで、(3)式と(6)式により青森県における各年の水稻収量を求め、表-2の実収量と対比し、その残差率を求めた（表-3）。

(6)式によれば9ヶ年の内、S58、59、60年の3ヶ年は残差率が5%以下となり、S53年も6.6%となったが、S58年を除きいずれも有効積算温度が250℃を越え、収量も600kg/10a以上の年である。しかし、有効積算温度の値が155～175の間では残差率は-27.3～23.8%まで大きくバラツクことが明らかにされた。また、S58年のように有効積算温度が176.7で残差率は3.5%と極めて小さい例もあることから、有効下限温度を19℃とした場合の有効積算温度の値が150～180の間にある場合は、(1)式において（ $T_D - MET$ ）の有効性をすべて等価としたところに原因があると考えられる。水稻の生育時期により（ $T_D - MET$ ）に重みをつけることについての研究は、今日までに数多くの報告があり、今後は重みを考慮した修正をおこなう。

極端に有効積算温度の値が小さい昭和55年（79）のような場合には、収量が太平洋側では5kg/10a以下の市町村があるのに対し、日本海側では100倍以上（500kg/10a）の差があることから、県下で18地点を単純に平均化することにも無理があるとも考えられ適当な地域区分について検討する必要もある。しかし、青森県内では主力品種のアキヒカリが県下の水田の80%近くに作付けされていることや、水田の大部分が海拔50m以下の平野に広がっていることなど他県には見られない均一な条件もある。今回と同様な検討を他の東北五県についても進めている。

アメダスのデータが15、20年と各地点毎に集積されれば、各地点毎に単独に有効積算温度-収量曲線を求めることが可能になり、あらかじめ求められているこの曲線と気温の平年の推移から、時期別に各地点の収量を予測することは十分に可能になる。

水稻の生育時期別有効温度の探索

第1報 活着期の気温と水温

井畑勝博*・穴水孝道・多田 久

(青森県農業試験場・*八戸地区農業改良普及所)

1 はじめに

水稻の生育時期の予測には、積算気温を用いた個別の技術が主に開発利用されている。これ等個別の予測技術は、平年に近い温度で推移した場合にはその精度も高く実用的であるが、特異な異常気象下で推移した場合の精度は低く、特に1980年以降の4年続きの冷害気象条件下では、実用的でない場合が少なかった。この一因として、平年並みの気象で推移した場合に比べて異常気象下では、作物の生育に対して有効に働く温度の割合が少ないことも考えられる。

そこで筆者等は、生育時期別有効温度の探索による生育診断予測技術の向上を目的に試験を実施しているが、今回は1985～1986年に行った活着期の有効温度の探索についての結果を報告する。

2 試験方法

1) 供試品種及び育苗方法、アキヒカリ 中苗 畑方式 ビニールハウス内で育苗

2) 調査方法

イ. 播種及び移植月日、但し()内は移植月日：1985年、3月23日(5月1日)、4月6日(5月11日)、4月15日(5月21日)、4月25日(6月1日)……計4回。1986年、3月24日(5月1日と5月6日の2回)、4月5日(5月10日と5月16日の2回)、4月15日(5月21日)、4月25日(5月31日と6月5日の2回)……計7回。なお、移植時の苗質は兩年次とも、苗長が15 cm 位、茎数が1本、葉齢が3.5葉前後であった。

ロ. 処理方法：発根数及び最長根長の調査苗は、生育中庸苗を移植前に剪根して供試した。

ハ. 調査月日：発根調査は移植後2～3日間隔で、葉齢調査は1986年だけ移植後1～3日間隔で移植後20～30日までそれぞれ調査した。

ニ. 調査項目及び調査個体数：気温、水田水温、葉齢、発根数、最長根長(調査苗数10本)

3) 処理期間中の気温概況

1985年は5月第2半旬の最高気温は低かったが、それ以外の期間は平年並みに経過した。

1986年は、5月中旬以降はかなり低く経過したが、5月下旬後半から6月にかけては平年並みであった。

3 試験結果及び考察

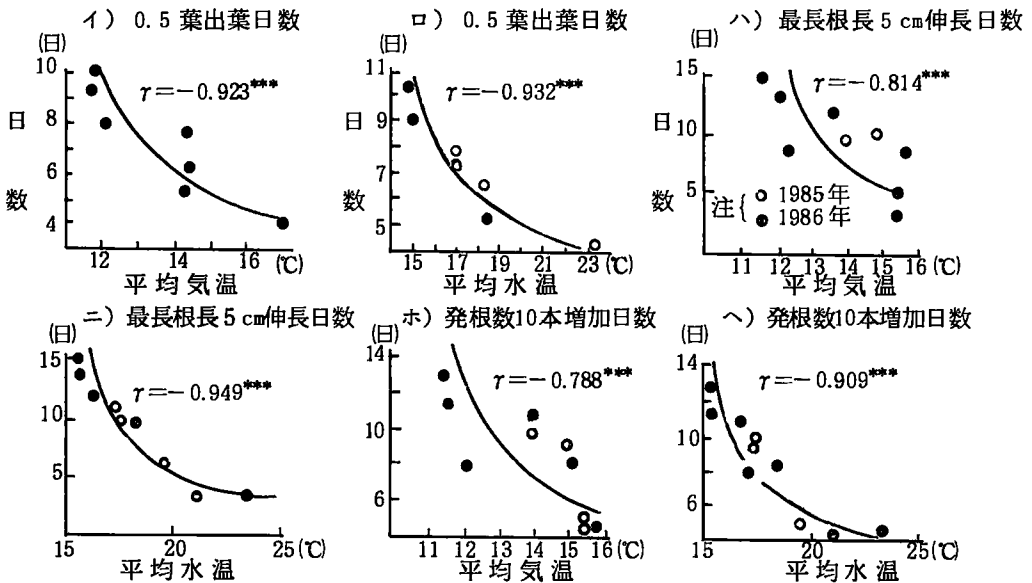
(1) 積算温度と生育

積算気温及び積算水温と移植後の各生育量との関係は次のとおりであった。積算気温と各生育形質との相関係数(r)は、出葉数で $r = 0.899^{***}$ 、発根数で $r = 0.868^{***}$ 、最長根長で $r = 0.799^{***}$ 、また、積算水温との相関係数は、出葉数で $r = 0.929^{***}$ 、発根数で $r = 0.897^{***}$ 、最長根長で $r = 0.822^{***}$ であって、いずれも正の相関が認められ、水温での出葉数との相関係数が最も高かった。

このことは、積算温度によって活着期等の生育時期や量を予測することが可能なことを示唆している。しかし、散布図（図省略）をみると、活着期の初期では葉齢・根数・最長根長とも積算温度との予測式線に近接しているが、生育が進むにつれてそのバラツキが大きくなっている。この原因としては、生育に有効に働く温度と無効になる温度があり、しかも有効に働く温度の割合は温度の高・低によって異なるものと考えられる。そして生育日数の経過とともに生育も進展するが、それに伴って有効に働く温度以外の部分も増加し、その結果、生育量に影響を与えた実際の積算温度より多すぎたり少なすぎたりして、積算温度からみた生育量の予測式線からのバラツキも多くなるものと推察された。

(2) 日平均温度と一定生育量までの日数

生育期間中の温度が低ければ生育量が少なく、一定生育量に達するまでの日数が長くなり、逆にその間の温度が高ければ生育が早まり、その日数も短縮される。しかし、ある一定温度以上の高温（適温以上）では日数の短縮はみられない。また、生育期間中の温度が低ければ低いほど、一定生育量や生育時期に到達するまでの所要積算温度及び日数が多くなることはよく知られている。そこで、活着期間の有効温度を求めるために、活着期の一定生育量（葉齢 0.5 葉・1.0 葉，最長根長 3 cm・5 cm 発根数 5 本・10 本）にそれぞれ増加または伸長に要する日数と、その間の平均温度との相関を求めた結果、いずれも有意な負の相関がみられた。そしていずれの形質の場合も気温よりも水温との相関が高く、最長根長でのそれが顕著であった。また、第 1 図イ) ~ へ) に示したように、葉齢・発根数・最長根長とも気温・水温との間で双曲線による予測式の適合性が高かった。このことは、生育に対して高温であればよいということだけではなく、生育に対して効率の高い温度階層即ち適温があり、適温よりも高くても低くても無効温度の部分があることを示唆し、これは斉藤¹⁾の報告ともよく一致している。



第 1 図 平均気温及び平均水温と出葉，発根が増加または伸長する日数との関係

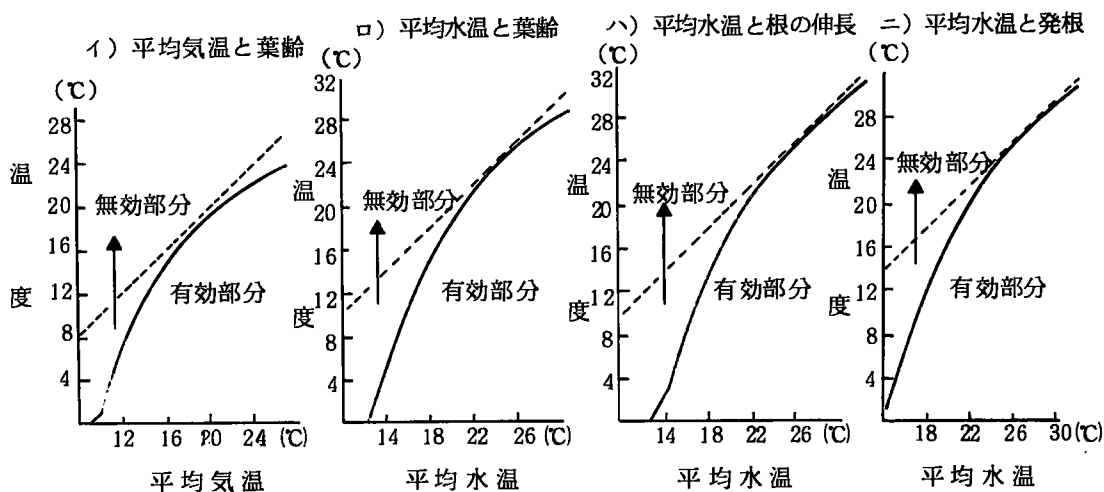
(3) 有効温度の試算

活着期の温度反応が双曲線のモデル式に近似したので、このモデル式を用いて、各温度階層ごとに有効温度を試算した結果、一定の生育量に到達するまでの積算温度が最小となる温度階層があり、その温度を基準として各温度階層ごとの有効温度を求めた。その一例として第1表に葉齢が0.5葉増加するまでの積算水温を求めた結果を示した。これによると、平均水温25℃が葉齢0.5葉増加するための最も効率のよい（最も有効に働く）温度であり、それより高くても低くても無効温度が多くなり、12℃以下では有効な温度はなくなるという結果が得られた。

第1表 0.5葉出葉（増加）するに要する積算水温と有効温度

水温 (℃)	所要日数 (日)	積算温度 (℃)	比率 (%)	有効部分 (℃)	水温 (℃)	所要日数 (日)	積算温度 (℃)	比率 (%)	有効部分 (℃)
13	35.0	455.6	21	2.7	25	3.9	96.7	100	25.0
14	15.9	223.0	43	6.1	26	3.7	96.9	99	25.9
15	10.8	162.3	60	8.9	27	3.6	97.4	99	26.8
20	5.1	101.9	95	19.0	30	3.3	99.9	97	29.0
23	4.2	97.1	99	22.9	34	3.1	104.7	92	31.4
24	4.0	96.7	99	24.0	35	3.0	106.1	91	31.9

同様の方法で、出葉に対する平均気・水温の有効温度と、発根及び根の伸長に対する平均気・水温の有効温度を求めた結果を第2図イ)～ニ)に示した。出葉に対しては平均気温で20℃、同水温で25℃が適温で、平均気温10℃、同水温で12℃が限界であった。また、根の伸長に対しては平均水温で29℃が適温で14℃が限界水温、発根に対しては平均水温で27℃が適温で13℃が限界となり、この結果、根の伸長には発根よりも高い温度が要求されるものと判断された。



第2図 平均気・水温と葉齢と根が増加及び伸長するための有効温度

(4) 有効温度による一定生育量到達日の予測

一定の生育量を確保するまでの所要積算温度について、前述で得られた有効温度の積算と単純温度の積算の変動を比べ、第2表に示した。その結果、有効温度積算による方が単純温度積算に比べて、標準偏差及び変動係数は小さくなる傾向が認められた。

第2表 一定生育量までに要する積算温度の統計量 (単位℃)

統計量	項目	平均気温		平均水温		平均水温		平均水温	
		0.5葉	1.0葉	0.5葉	1.0葉	根長3cm	根長5cm	根数5本	根数10本
平均値 (X)	単純積算	98.2	173.6	124.8	222.9	133.1	181.7	108.8	171.4
	有効積算	69.2	114.5	93.3	164.4	77.8	97.1	72.1	109.9
標準偏差 (S・D)	単純積算	20.6	43.4	19.6	45.2	30.9	45.8	23.4	31.2
	有効積算	9.9	14.9	11.5	15.3	16.3	11.5	14.8	15.4
変動係数 (C・V)	単純積算	20.9	25.0	15.7	20.3	23.2	25.2	21.5	18.2
	有効積算	14.2	13.0	12.3	9.3	21.0	11.8	20.5	14.0

次に、活着期間における一定生育量までの到達日の予測を、有効温度積算を用いた場合と単純温度積算を用いた場合とで比較し第3表に示したが、有効温度積算による予測の方が単純温度積算のそれに比べて、移植後の日数が短い場合は大差ないが、日数が経過するにつれて予測誤差は小さかった。

第3表 単純・有効温度の積算からみた予測日の誤差の平均 (単位日)

項目	平均気温		平均水温		平均水温		平均水温	
	0.5葉	1.0葉	0.5葉	1.0葉	根長3cm	根長5cm	根数5本	根数10本
単純積算	1.1日	4.4日	0.9日	1.7日	1.4日	1.9日	1.2日	1.3日
有効積算	1.3	1.7	0.6	0.6	1.2	1.1	1.3	1.2

4 要約

活着期までの日数と、その間の平均気温及び平均水温との関係を調べた結果、両者の関係を双曲線のモデル式で近似できた。そこで、このモデル式を用いて有効温度を試算した結果、葉齢の伸長に対しては、平均気温で20℃が最適で、10℃が下限とみなされた。また、根の伸長に対しては、平均水温で29℃が適温で、14℃が下限、発根に対しては、平均水温で27℃が適温で、13℃が下限とみなされた。これ等を用いて活着期を予測した結果、移植後の日数が経過すればするほど単純温度積算による場合よりも有効温度積算による予測日の予測誤差は小さかった。

参考文献

- 1) 齊藤武雄, 1965: 寒冷地帯の直播水稲に対する気温の作用性に関する研究. 東北農試研報,

東北における水稻作柄による地帯区分と収量の予測

佐川久光・菊地 登

(東北農政局統計情報部作況試験室)

1 はじめに

東北には、以下の24の農業地域がある。これを水稻収量の能率化という観点から、5つの地帯に区分し、収量予測の方法について検討した。

青森県（青森・津軽・南部・下北）

岩手県（北上川上流・北上川下流・東南部・下閉伊・北部）

宮城県（南部・中部・北部・東部）

秋田県（県北・県中央・県南）

山形県（村山・最上・置賜・庄内）

福島県（中通り北部・中通り南部・浜通り・会津）

2 材料及び検討方法

1) 調査材料

出穂期、10 a 当たり収量……一般作況調査、期間は、昭和48年～60年までの12年間。

1 m² 当たり全もみ数……作況標本調査成績。

気象（平均気温）……黒石、秋田、八戸、盛岡、仙台の観測値を用いた。

2) 調査方法

地帯の分類……F検定（分散比）により、類似地域を調査、分類した。

収量の予測……出穂期、1 m² 当たり全もみ数、出穂前後の平均気温（出穂前11～20日、同1～10日、出穂後1～10日、同11～20日、同21～30日の期間別）と収量との相関を計算し、相関の高いものから、収量の予測式を作成した。

3 結果及び考察

(1) 水稻作柄による地帯区分

農業地域間の分散比（分散の大きい方を小さい方の分散で割った値）をみたのが第1表である。北の地域から順にみると、青森県の津軽は、秋田県の県北と類似（分散比が小さい）しているが、青森県の青森・南部、秋田県の中央・県南等との分散比は大きい。したがって、津軽と秋田の県北を一つのグループと見ることができる。

つぎに、秋田県の中央を指標に、日本海側の地域（津軽と秋田の県北を除く）をみると、いずれも分散比が小さく、ここは広すぎる感はあるものの、一つのグループと見ることができる。

太平洋については、青森県の青森を指標にとると、青森県の下北・南部、岩手県の北部・下閉伊・東南との分散比が小さく、これを一つのグループと見ることができる。

宮城県の東部を指標にみれば、宮城の全地域、福島県の会津を除いた地域との分散比は小さいので、これを一つのグループと見ることができる。

岩手の北上川上流と同下流は、内陸部に位置し、太平洋側の前2グループとは、気象が異なるため、これを一つのグループとしてみたい。

第1表の1 分散比の比較表

農業地域		秋田				山形			
		青森 津軽	県北	中央	県南	庄内	最上	村山	置賜
秋田	県北	1.41							
	中央	6.08	4.29						
	県南	6.83	4.84	1.17					
山形	庄内	6.83	3.67	1.16	1.31				
	最上	4.13	2.91	1.00	1.65	1.25			
	村山	9.77	6.90	1.61	1.42	1.87	1.87		
	置賜	7.82	5.51	1.28	1.13	1.50	1.50	1.25	
福島	会津	4.17	2.94	1.48	1.64	1.25	1.00	2.34	1.87

第1表の2 分散比の比較表

農業地域		青森		岩手			
		青森	下北	南部	北部	下閉伊	
青森	下北	1.12					
	南部	1.05	1.07				
岩手	北南	1.32	1.33	1.24			
	下閉伊	1.55	1.75	1.63	1.31		
	東南	1.97	2.21	2.06	1.66	1.27	

注1. 青森：南部 5.25
注2. 東南：東部 3.75

第1表の3 分散比の比較表

農業地域		岩手		宮城				福島	
		北上	北下	東部	北部	中部	南部	中北	中南
岩手	北下	2.54							
	東部	2.27	1.12						
宮城	北部	4.75	1.87	2.09					
	中部	5.30	2.08	2.33	1.11				
	南部	3.67	1.44	1.61	1.25	1.44			
福島	中北	3.24	1.27	1.43	1.46	1.63	1.13		
	中南	2.82	1.10	1.24	1.68	1.88	1.30	1.15	
	浜	2.11	1.20	1.07	2.25	2.50	1.73	1.53	1.33

以上の分類による地帯別の気象と作柄の成り立ちは、以下のとおりである。

- I 日本海側北部（津軽・秋田県北）……単収が高く、東北一となることもあるが、異常低温に見舞われることがあるため、作柄の変動がやや大きい。

- Ⅱ 日本海側中南部（秋田県中央・県南，山形県の全地域，福島県の会津）……単収が高く，低温に見舞われることが少ないため，作柄が安定している。
- Ⅲ 太平洋側北部（青森県青森・下北・南部，岩手県北部・下閉伊・東南）……単収が低く，やませの影響により，異常低温に見舞われることが多く，作柄の最も不安定な地域である。
- Ⅳ 太平洋側内陸（岩手県北上川上流・同下流）……単収は低いが，やませは一旦北上山地に遮られるため，作柄の変動は，Ⅲの地帯よりは小さい。
- Ⅴ 太平洋側南部（宮城県全域，福島県の会津を除いた地域）……単収は低く，沿岸部では，やませの影響で作柄の変動が大きい。

第2表 地帯別作付面積，収穫量，出穂期，もみ数

地帯名	作付面積		収穫量		10a当たり		出穂期		1m ² 当たり全	
	ha	比率%	t	比率%	収量kg	CV%	月日	δ	もみ数100粒	CV%
I 日本海側北部	68,200	11.9	420,000	12.7	567	11.7	8.11	4.0	359	4.1
Ⅱ 日本海側中南部	206,300	36.1	1,254,100	38.0	569	4.6	8.9	3.0	341	3.0
Ⅲ 太平洋側北部	46,460	8.1	256,180	7.8	452	30.5	8.13	5.3	291	28.9
Ⅳ 太平洋側内陸	71,200	12.4	392,000	11.9	479	14.3	8.11	4.5	314	3.1
Ⅴ 太平洋側南部	180,040	31.5	979,700	29.7	468	11.6	8.12	4.6	305	2.4
合計	572,200	100.0	3,302,000	100.0						

注：1. 作付面積，収穫量 昭和60年（ ）書きは東北計に対する比率。
 2. 10a当たり収量，出穂期 昭和48～60年の平均

第3表 出穂前後の平均気温

地帯名	出穂前11～		出穂前1～		出穂後1～		出穂後11～		出穂後21～	
	20日	CV	10日	CV	10日	CV	20日	CV	30日	CV
I 日本海側北部	23.9	6.8	24.0	9.3	24.0	9.5	22.5	9.4	20.9	9.9
Ⅱ 日本海側中南部	24.2	4.4	24.7	7.6	25.0	8.4	23.7	8.8	22.0	9.2
Ⅲ 太平洋側北部	22.7	9.6	22.6	11.6	22.8	12.4	21.4	9.2	19.7	10.3
Ⅳ 太平洋側内陸	23.1	7.7	23.8	10.1	23.5	9.7	22.1	10.9	20.2	11.4
Ⅴ 太平洋側南部	23.5	8.6	24.9	9.8	24.0	11.7	23.5	9.9	22.2	9.5

注：気象観測地 I 黒石，Ⅱ 秋田，Ⅲ 八戸，Ⅳ 盛岡，Ⅴ 仙台



第1図 作柄地帯区分

(2) 収量の予測

ア. 出穂期, もみ数と収量との相関

出穂期と収量との相関は, 日本海側中南部, 太平洋側南部で0.7とやや高いが, その他の地域は0.6以下である。

1㎡当たり全もみ数と収量との相関は, 太平洋側北部で高いが, その他の地帯は低い。

イ. 出穂期前後の気温と収量

出穂前11~20日, 同1~10日, 出穂後1~10日, 同11~20日, 同21~30日の平均気温と収量の相関をみると, 出穂前10日間の気温との相関が高く, 日本海側南部, 太平洋側内陸, 同南部で0.8以上あった。出穂前20日から出穂後10日の期間でみると, 相関はさらに高くなり, 全地帯とも0.8以上となった。殊に太平洋側北部と同南部では0.9以上と高い相関であった。

なお, 出穂前20日から出穂後20日, 同30日の期間でも相関は高いが, 出穂後10日までからみた場合よりはやや低い。

第4表 出穂期, もみ数, 出穂前後の気温と収量

地帯名	出穂期	1㎡当たり	出穂前平均気温		出穂後平均気温		
		全もみ数	11~20日	1~10日	1~10日	11~20日	21~30日
日本海北部	0.46	0.09	0.77	0.69	0.67	0.51	0.14
日本海中南部	0.71	0.51	0.59	0.83	0.50	0.60	0.68
太平洋北部	0.60	0.94	0.79	0.72	0.73	0.65	0.26
太平洋内陸	0.54	0.27	0.77	0.82	0.74	0.69	0.49
太平洋南部	0.79	0.12	0.74	0.88	0.77	0.85	0.47
地帯名	出穂前20日から			注: 昭和56年を除く			
	出穂後10日	" 20日	" 30日				
日本海北部	0.89	0.75	0.70				
日本海中南部	0.83	0.74	0.79				
太平洋北部	0.94	0.86	0.81				
太平洋内陸	0.88	0.86	0.85				
太平洋南部	0.96	0.95	0.95				

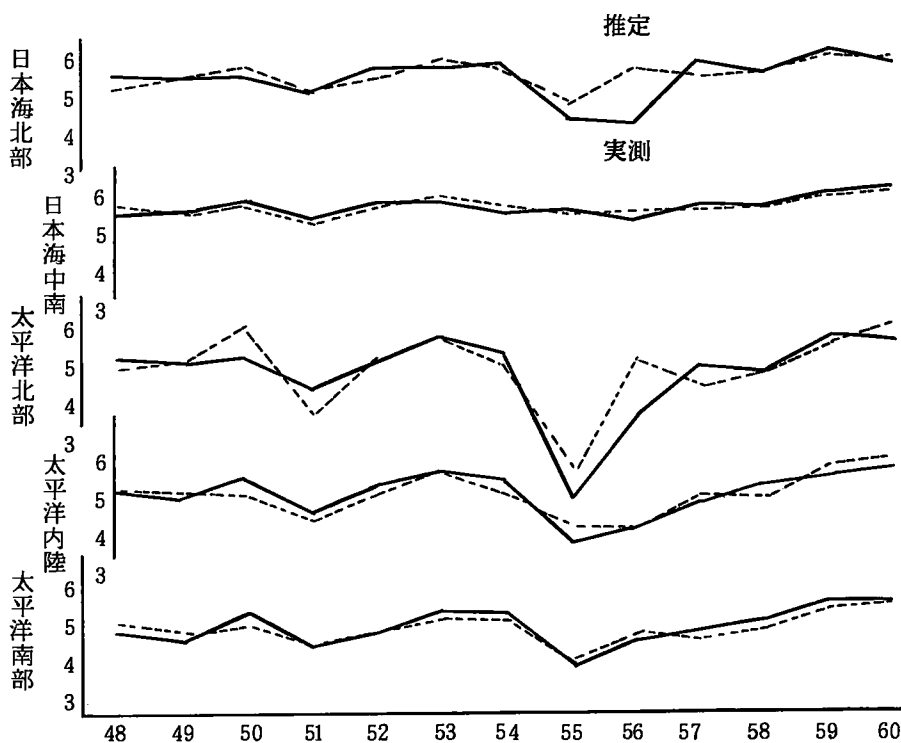
ウ. 地帯別収量の予測

2)で出穂期, 1㎡当たり全もみ数, 出穂前後の気温と収量との相関をみたが, それらの中で最も相関の高かったのは, 出穂前20日から出穂後10日の平均気温であった。この関係から回帰式を作ったのが, 第5表である。

第5表 地帯別収量予測の回帰式

地帯名	R	a	b x ₁	b x ₂	b x ₃	sd
日本海北部	0.89	- 155.04	+ 22, 544 x ₁	- 5, 951 x ₂	+ 14, 221 x ₃	27.5
日本海中南部	0.83	297.76	+ 1, 207 x ₁	+ 9, 916 x ₂	- 0.038 x ₃	15.3
太平洋北部	0.94	- 984.10	+ 36, 863 x ₁	+ 3, 725 x ₂	+ 23, 207 x ₃	54.9
太平洋内陸	0.88	- 276.86	+ 17, 841 x ₁	+ 1, 371 x ₂	+ 13, 555 x ₃	35.5
太平洋南部	0.96	- 262.85	+ 13, 207 x ₁	+ 3, 420 x ₂	+ 13, 641 x ₃	17.3

注) x₁ … 出穂前11~20日平均気温 x₃ … 出穂後10日平均気温
 x₂ … " 1~10日 "



第2図 出穂前20日~出穂後10日の平均気温からの推定収量と実測収量

第5表の回帰式から求めた推計収量は、第2図のとおりで、56年を除けば、誤差が小さく、収量の予測に有効な方法と考えられる。

56年は、遅延型の冷害年であり、また出穂時には、台風15号の襲来があり、収量の低下した年である。誤差の大きい地帯は、日本海側と太平洋側の北部であった。

4 摘 要

- 1) 東北地方を水稻に作柄により、5つのブロックに分類し、これらブロック毎の収量予測式を作成した。
- 2) ブロックは、収量の分散、地形、気象等から、日本海側2（北部・中南部）、太平洋側3（北部・内陸・南部）の5つに分類するのが妥当と考えられる。
- 3) 収量の予測には、出穂期、もみ数、出穂前後の気温等との関係から検討したが、出穂前20日～出穂後10日の期間の平均気温を用いた方がよいという結果を得た。
- 4) 3)の結果から予測式を作成した。この式から求めた収量は、56年を除けば誤差は小さく、予測に有効な方法と考えられる。

参 考 文 献

- 1) 佐川久光・小林一重，1984： 宮城県における水稻の登熟と気象，東北の農業気象，29：59-62
- 2) 佐川久光・小林一重，1985： 宮城，山形両県における水稻の登熟と気象，東北の農業気象，30：35～38
- 3) 佐川久光・菊地 登，1986： 出穂前後の気象と宮城県の水稲の収量，東北の農業気象，31：72-75

宮城県における稲作期間の気象要素と水稻生育量に関する研究

第4報 出穂期前後の気象要素と登熟歩合及び収量との関係

日塔 明広

(宮城県農業センター)

1 はじめに

水稻をとりまく種々の外的環境の中で、生育・収量に最も大きな影響を及ぼす要因が気象環境であることは言うまでもない。生育・収量に影響を及ぼす気象要素としては気温、水田温度、日照時間、日射量などがあげられるが、近年盛んに行われている生育・収量予測に用いられる気象要素は、気温、日照時間の期間平均値及び積算値が一般的である。

そこで、水稻の生育量を効率よく説明できる気象要素を明らかにするため、時期別の生育増加量と各気象要素積算値との関係について若干の調査を行った結果、生育増加量との相関は本田前期では、気温、日射量よりも水田温度で高く³⁾、また本田中期では、気温、水田温度よりの日照時間や日射量で相関が高い⁴⁾という傾向を認めた。

本報では、水稻出穂期前後の気象要素積算値と登熟歩合及び収量との相関について報告する。

2 調査方法

- 1) 調査年次：昭和54～60年、7カ年。
- 2) 耕種概要（各年次共通）：品種 ササニシキ、その他 表-1の通り。
- 3) 解析方法：7カ年

における稚苗、中苗並びに両者を込みにした場合について、出穂期前後の各気象要素積算値と登熟歩合及び収量との単回帰分析を行い、気象要素間の相関の高さを比較した。

表-1 耕種概要

苗の種類	田植月日	植付本数	m ² 当り株数	基肥 (kg / 10 a)				追肥 (kg / 10 a)	
				N	P	K	堆肥	N	K
稚苗	5.10	5	22.2	5.0	8.0	7.0	1,200	1.0	1.0
中苗	5.15	4	22.2	6.5	11.0	9.0	1,200	1.5	1.5

注) 追肥は減数分裂期に施用

3 調査結果

- (1) 出穂期、m²当たり籾数、登熟歩合、10a当たり収量

表-2に示したように苗の種類別の出穂期は7カ年ともに中苗が稚苗よりも1～5日早く、また年次別の出穂期は、豊年作の昭和54、59、60年は8月10日前であり、不作年となった昭和55年（障害型）、56年（遅延型）、57年（遅延、障害型）、58年（登熟不良）の4カ年は8月10日以降であった。m²当たり籾数は年次によりバラツキがあったが、ほぼ3万粒前後であった。登熟歩合は昭和54、60年が高い値を示し、豊年作において高い傾向が認められた。なお、昭和58年の登熟歩合が極端に低くなっているが、これは不良な気象条件のほかに出穂後の一部倒伏も一因となった。収量は豊、不作年によってかなり異った。

表-2 年次及び苗の種類別出穂期, m²当たり収数, 登熟歩合, 収量と作況指数
(東北農政局統計情報部作況試験室)

年次	稚 苗				中 苗				作況 指数
	出穂期	m ² 当り 収 数	登熟 歩合	収 量	出穂期	m ² 当り 収 数	登熟 歩合	収 量	
昭54	月・日	100粒	%	kg/10a	月・日	100粒	%	kg/10a	
	8.15	311	86.9	577	8.3	310	85.6	544	107
55	8.15	334	68.9	449	8.10	348	71.0	497	79
56	8.19	276	75.2	430	8.18	296	76.3	474	88
57	8.13	274	77.8	418	8.12	379	68.7	508	91
58	8.14	339	60.9	438	8.13	315	63.3	431	95
59	8.9	333	73.7	530	8.7	369	71.3	574	107
60	8.8	308	85.7	557	8.7	348	78.7	572	110

注) 作況指数: 県平均

り大きく、出穂期後40日間の平均気温積算値は3カ年ともに900℃を上回り、日照時間は220時間以上となった。障害型冷害年であった昭和55、57年の出穂期前20日間の気象要素積算値は他年次に比べてかなり小さく、特に、凶作だった昭和55年において著しかった。また昭和56年は出穂期後40日間の気温積算値が調査年次の中で最も小さかったが、日照時間、日射量は比較的多かった。このことは出穂期後の気温積算値がほぼ確保されたにもかかわらず、日照時間、日射量が少なく登熟が抑制された昭和58年とは対症的であった。

表-3 年次及び苗の種類別出穂期前後の各気象要素積算値 (名取、宮城農セ)

期 間	年次	稚 苗						中 苗					
		気 温 (°C)				日照 時間 (h)	日 射 量 (Kcal/ cm ²)	気 温 (°C)				日照 時間 (h)	日 射 量 (Kcal/ cm ²)
		最高	最低	平均	較差			最高	最低	平均	較差		
出穂期前 20日間	昭54	551	406	479	145	78	6.4	536	396	466	140	77	6.4
	55	446	342	394	104	33	2.8	465	347	406	118	54	5.6
	56	550	405	477	145	125	8.1	551	405	479	146	134	8.5
	57	494	402	448	92	47	4.6	489	402	446	87	54	5.0
	58	556	422	489	134	102	6.8	556	420	488	136	105	6.9
	59	590	449	519	141	157	8.9	581	446	514	135	147	8.6
出穂期後 20日間	60	605	446	531	159	172	9.1	605	456	531	149	167	9.0
	昭54	572	423	498	149	135	8.3	573	428	501	145	121	7.9
	55	468	368	418	100	42	4.2	469	375	422	94	25	4.0
	56	521	366	444	154	107	6.4	525	376	451	149	100	6.2
	57	548	443	496	104	52	5.5	548	441	495	107	49	5.3
	58	528	420	474	109	58	4.6	528	417	473	111	60	4.7
出穂期後 40日間	59	578	432	505	146	140	7.7	586	442	514	144	140	7.8
	60	583	444	514	139	138	8.5	588	447	517	141	146	8.7
	昭54	1112	777	945	335	261	15.5	1118	787	953	331	251	15.4
	55	966	702	834	264	109	9.3	973	733	853	240	104	9.3
	56	971	641	806	330	202	12.4	974	646	810	328	200	12.4
	57	1001	758	879	243	135	10.7	1004	762	883	242	128	10.7
出穂期後 40日間	58	1011	785	898	226	113	9.0	1016	795	906	222	113	9.1
	59	1055	771	913	284	220	12.8	1070	782	926	289	231	13.3
	60	1116	804	960	312	266	15.1	1125	814	970	311	268	15.3

(3) 出穂期前後の気象要素積算値と登熟歩合及び収量

表-4の通り出穂期前10、20、30日間では、稚苗、中苗及び両者を込みにした場合でも気象要素

(2) 出穂期前後の気象要素積算値
表-3に年次及び苗のちがいによる出穂期前20日間、出穂期後20日間、同40日間の気温、日照時間及び日射量の積算値を示した。各年次ともに苗のちがいによる期間別気象要素積算値にはほとんど差が認められなかった。豊作となった昭和54、59、60年は、出穂期前後の気象要素積算値が他の年次より

積算値と登熟歩合とは全く相関々係は認められなかった。一方、出穂期後10, 20, 30, 40日間についてみると、稚苗では最低気温以外の気象要素で高い値を示したが、有意な相関は日照時間及び日射量で認められた。中苗でも日照時間、日射量で一部有意な相関が認められ、気温の4項目では気温日較差が最も相関が高かった。なお、登熟歩合と気象要素積算値の相関は、中苗よりも稚苗の方が高い傾向があった。稚、中苗を込みにした場合では日射量が最も相関が高く、気温日較差及び日照時間はほぼ同様の値を示した。また、稚、中苗単独では有意な相関が認められなかった最高気温においても、両者を込みにした場合では出穂期後30, 40日間で有意な相関が認められた。このように登熟歩合に対しては、気温の各積算値よりも日射量や日照時間の積算値が高い相関を示し、さらに出穂期後の積算期間が長いほど相関が高くなる傾向が認められた。

つぎに収量との相関をみると、表-5に示したように出穂期前では登熟歩合同様に、各気象要素積算値ともに有意な相関はほとんどみられないが、登熟歩合の場合よりもやや高い値となった。出穂期後の気象要素積算値と収量との相関は、稚、中苗及び両者を込みにした場合ともに、最高気温、日照時間、日射量で高く、また平均気温において登熟歩合よりもかなり高い相関が認められた。

4 むすび

出穂期前後の気温（最高、最低、平均、日較差）、日照時間、日射量の各期間別積算値と登熟歩

表-4 出穂期前後の期間別各気象要素積算値
登熟歩合との相関係数 (昭54~60)

苗の種類	期間 (積算 日数)	気 温				日照時間	日射量
		最高	最低	平均	日較差		
稚 苗	-30	0.214	0.223	0.239	0.128	0.262	0.340
	-20	0.324	0.259	0.321	0.352	0.229	0.291
	-10	0.300	-0.014	0.314	0.347	0.037	0.180
	+10	0.677	0.291	0.540	0.828*	0.769*	0.856*
	+20	0.629	0.376	0.540	0.568	0.664	0.824*
	+30	0.641	0.242	0.479	0.583	0.729	0.848*
	+40	0.706	0.216	0.504	0.745	0.829*	0.903**
中 苗	-30	0.263	0.070	0.186	0.462	0.466	0.600
	-20	0.232	0.045	0.156	0.456	0.173	0.274
	-10	0.240	0.197	0.219	0.321	-0.073	-0.016
	+10	0.291	-0.024	0.162	0.688	0.589	0.655
	+20	0.411	0.080	0.283	0.663	0.602	0.709
	+30	0.480	-0.017	0.265	0.741	0.697	0.786*
	+40	0.608	-0.017	0.343	0.891**	0.788*	0.863*
稚 苗 + 中 苗	-30	0.240	0.159	0.220	0.274	0.339	0.419
	-20	0.284	0.161	0.250	0.395	0.199	0.267
	-10	0.268	0.087	0.264	0.350	-0.016	0.088
	+10	0.506	0.152	0.370	0.755**	0.690**	0.733**
	+20	0.517	0.238	0.412	0.606*	0.630*	0.763**
	+30	0.555*	0.119	0.372	0.650*	0.702**	0.807**
	+40	0.642*	0.094	0.411	0.803**	0.799**	0.869**

注) 期間：-出穂期前，+出穂期後

表-5 出穂期前後の期間別各気象要素積算値と収量
との相関係数 (昭54~60)

苗の種類	期間 (積算 日数)	気 温				日照時間	日射量
		最高	最低	平均	較 差		
稚 苗	-30	0.564	0.450	0.544	0.530	0.525	0.537
	-20	0.627	0.504	0.600	0.677	0.539	0.515
	-10	0.718	0.356	0.667	0.917**	0.562	0.519
	+10	0.733	0.530	0.676	0.638	0.800*	0.824*
	+20	0.707	0.458	0.624	0.594	0.842*	0.869**
	+30	0.888*	0.533	0.764*	0.543	0.839*	0.843*
	+40	0.925**	0.575	0.812*	0.586	0.849*	0.838*
中 苗	-30	0.262	0.335	0.300	0.058	0.363	0.358
	-20	0.370	0.410	0.394	0.162	0.341	0.341
	-10	0.449	0.394	0.420	0.531	0.421	0.425
	+10	0.736	0.510	0.646	0.788*	0.814*	0.926**
	+20	0.692	0.595	0.670	0.492	0.708	0.806*
	+30	0.692	0.454	0.618	0.438	0.711	0.769*
	+40	0.739	0.413	0.630	0.534	0.763*	0.779*
稚 苗 + 中 苗	-30	0.387	0.360	0.392	0.291	0.442	0.472
	-20	0.489	0.439	0.483	0.425	0.446	0.461
	-10	0.526*	0.342	0.498	0.617*	0.484	0.501
	+10	0.701**	0.493	0.638*	0.689**	0.758**	0.821**
	+20	0.677**	0.515	0.630*	0.515	0.725**	0.793**
	+30	0.763**	0.492	0.676*	0.458	0.736**	0.773**
	+40	0.815**	0.507	0.719*	0.519	0.767**	0.778**

注) 期間：表-4 参照

合及び収量との相関を調査した結果、登熟歩合に対しては出穂期前の気象要素積算値では全く相関はみられなかったが、出穂期後の最高気温、気温日較差、日照時間、日射量については有意な正の相関が認められた。相関の高さは日射量>日照時間>気温日較差の順であり、平均気温や最低気温では相関は認められなかった。このように登熟歩合に対する相関は日射量が最も高い結果となったが、一般に登熟歩合に影響を及ぼした気象要素を評価する場合、その要素には平均気温、気温日較差及び日照時間を用いることが多い。また松島⁵⁾は登熟期の光が350 cal/cm²/day以上に強い場合、登熟歩合はほとんど影響を受けないとしたが、今回の調査年次の出穂期後40日間における日平均日射量は225～388 cal/cm²の範囲内であり、田中ら²⁾の繁茂度が高い場合には光不飽和型となり光の強さに応じ登熟歩合も高まるという結果とほぼ一致すると考える。

また収量に対しては、出穂期前では相関がみられなかったが、登熟歩合の場合よりもかなり高い値を示した。出穂期後では最低気温をのぞきそれぞれ有意な相関を示し、その高さは日射量>日照時間>最高気温>平均気温の順となった。収量についても登熟期間の平均気温が問題にされるが、村田⁶⁾は水稻の光合成は20～33℃の範囲では温度によってほとんど影響されず、さらに、内島¹⁾は収量と気候要素との相関では日照時間の影響はみられたが、登熟期間平均温度とはほとんど関係がみられなかったとしている。

以上のことから出穂期前後の気象要素の中で登熟歩合及び収量との相関が高いものは、出穂期後の日射量及び日照時間であると思われた。また苗の種類別では、気象要素積算値との相関は中苗よりも稚苗で高い結果となったが、この点については今後更に検討を続けたい。

謝辞：調査にあたって東北農政局統計情報部作況試験室の資料を利用して頂いた。ここに深く謝意を表する次第である。

引用文献

- 1) 内島立郎, 1969: 水稻の収量構成と登熟気候との関係について, 東北の農業気象, 14, 36-40
- 2) 田中孝幸, 松島省三, 1971: 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究(104), 日作紀 40, 376-379
- 3) 日塔明広・日野義一, 1984: 宮城県における稲作期間中の気象要素と水稻生育量に関する研究(1), 東北の農業気象, 29, 42-49
- 4) 日塔明広・日野義一, 1985: 同 (2), 東北の農業気象, 30, 26-29
- 5) 松島省三, 1957: 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究, 農技研報告, A 5, 1-271
- 6) 村田吉男, 1961: 水稻の光合成とその栽培学的意義に関する研究, 農技研報告, D 9, 1-169

出穂後の遮光処理が水稻の登熟，品質に及ぼす影響

工藤聡彦・中堀登示光・浪岡 実

(青森県農業試験場)

1 はじめに

水稻の登熟には出穂前後の気温、日射量等の気象条件が大きく関与していることは、これまで多数発表されているが、本報告では、出穂後の遮光時期と登熟、品質との関係、日射量の多少と登熟歩合との関係等について検討を行ったので以下報告する。

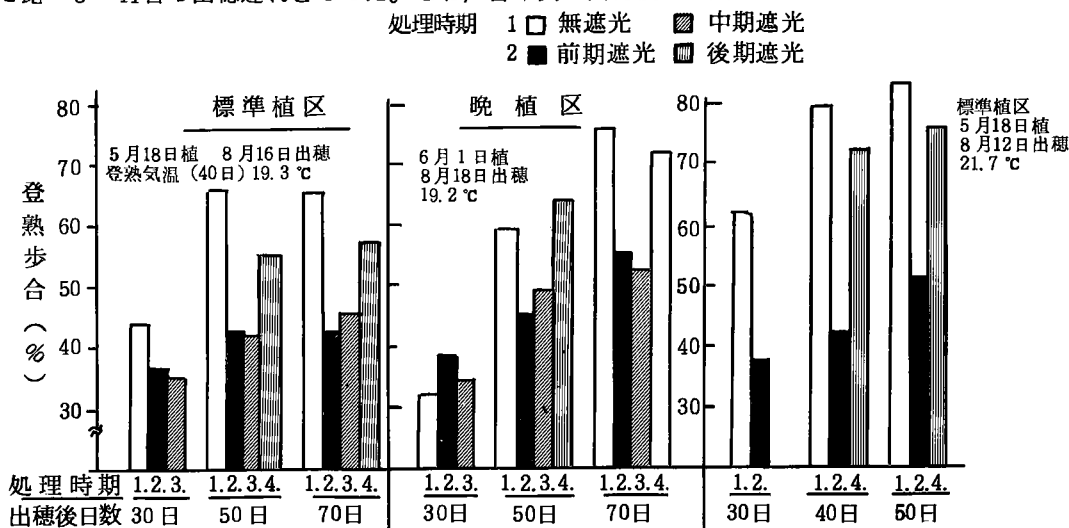
2 試験方法

試験は昭和56～58年の3か年黒石本場で行ったが、供試品種は中苗のアキヒカリで、移植は3か年とも5月18日とし、1株4本植で行った。但し、56年には6月1日植えの晩植区も設けた。遮光は長繊維不織布(ラブシート)を用いて行ったが、56年、57年は遮光率75%のものを扱い処理時期は出穂後0～15日(前期処理)、出穂後16～30日(中期処理)、出穂後31～45日(後期処理)の3時期とした。昭和58年の処理時期は56年同様3時期としたが、遮光率は30%(実測28%)、50%(同50%)、75%(同77%)の3段階とした。日射量の測定はロビッチ式自記日射計を用いて行った。

3 試験結果及び考察

(1) 出穂期

昭和56年は移植後長期間低温であったため生育が遅れ、標準植区の出穂期は8月16日、晩植区は8月18日であった。昭和57年も出穂がやや遅れ8月12日であった。昭和58年も6～7月の低温により出穂が遅れ8月18日であった。黒石の平年の出穂期は8月7日であるので、何れの年次とも平年に比べ5～11日の出穂遅れとなった。なお、各年次の出穂後40日間の登熟気温は56年19.3℃、57



第1図 遮光処理時期と登熟歩合(昭56, 57)

年 21.7℃、58年 20.9℃であった。平年の登熟気温は 21.6℃であるので56年、58年はやや低温下での登熟となった。

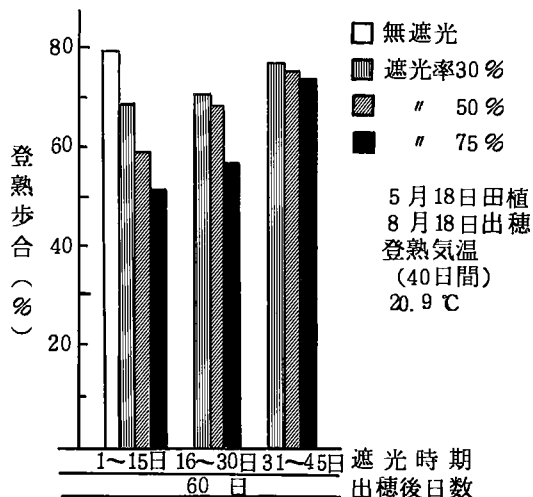
(2) 登熟歩合

第1図、2図には遮光時期と登熟歩合との関係を示したが、図からも明らかなように、何れの年次とも前期、中期処理で大きく登熟歩合が低下したのにたいし、後期処理では前期、中期処理ほどには登熟歩合の低下がみられなかった。このようなことから登熟初・中期の遮光処理はただ単なる登熟の遅延をもたらすだけではなく、稲に対してかなり深刻影響を与えるものと考えられる。松島らは、遮光処理の悪影響が最も強く現れる時期は穂揃い後20~30日迄の胚乳肥大の盛んな時期であることを既に明らかにしているが、筆者らもほぼ同様な結果が得られたものとする。

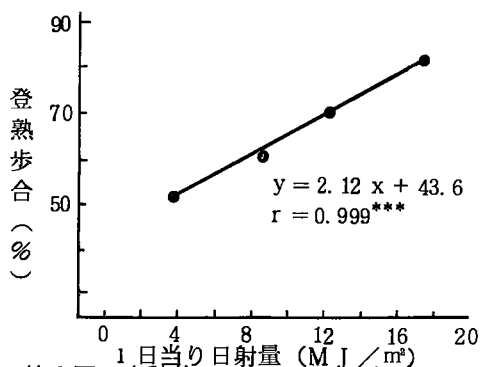
昭和58年には遮光率を3段階に変えて試験を行っているので、日射量の多少と登熟歩合との関係を前期処理区について見たところ第3図に示すように $r = 0.999^{***}$ という密接な相関関係がみられ、平均日射量が 1 MJ 増すごとに登熟歩合は 2.1% 上昇することが明らかとなった。この関係式から、 m^2 当り 4 万粒前後の籾数で 80% 以上の登熟歩合を目標とした場合には、出穂後 15 日間は少なくとも 1 日あたり 17 MJ 以上の日射量が必要であると推定される。

(3) 品質

粒厚 1.9 mm 以上の玄米について米粒構成をみたところ遮光処理が早い区ほど整粒歩合が低く、登熟歩合と似た傾向がみられた(第4図)。整粒歩合の低下は、56年は青未熟粒、乳白粒、茶米、57年は茶米、死米、58年は乳白粒等の未熟粒や被害粒の増大によるためである。これまでの報告によれば、出穂直後の不良条件下では発育停止籾が多発生することが明らかにされているが、発育停止籾の玄米の粒厚は、殆どが 1.9 mm 以下で米粒構成の対象外であることを考えれば、登熟初期の少日射量は発育停止籾を発生させるばかりではなく、発育停止しなかった籾に対してまでも悪影響を与えているものと考えられる。



第2図 遮光処理時期と登熟歩合 (昭58)



第3図 出穂後0~15日間の日射量と60日目の登熟歩合との関係 (昭58)

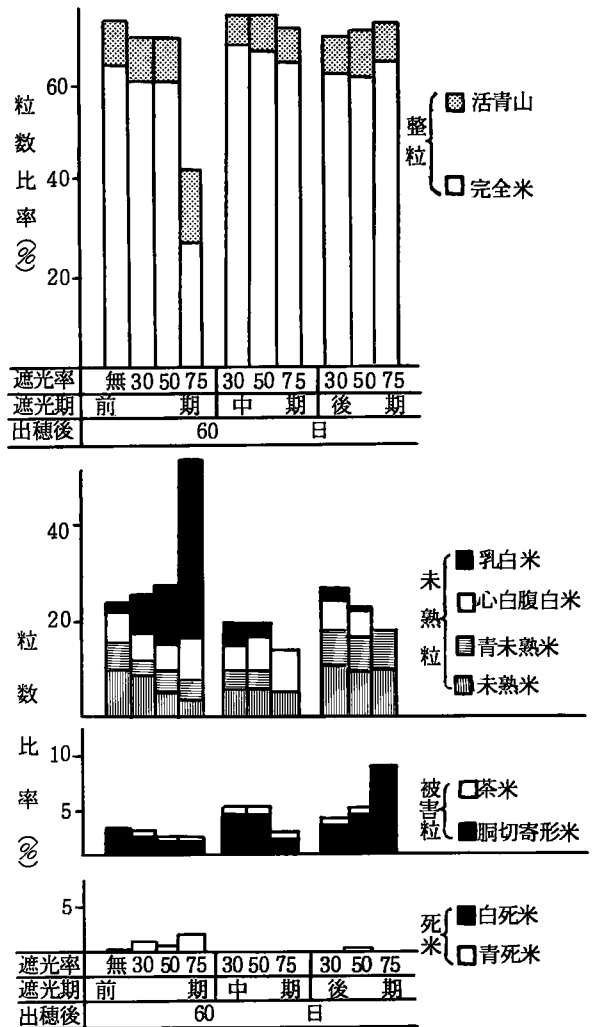
注) 出穂後16~30日の1日当り日射量 17.0 MJ
 " 31~45日 " 17.3 MJ
 " 46~60日 " 14.0 MJ

(4) まとめ

出穂後15日間遮光処理を行い登熟歩合や米質の調査を行ったところ、遮光処理が出穂後30日までの早い区で著しく登熟歩合や米質が低下する傾向がみられた。登熟低下の要因にはまず第一には発育停止籾の多発生が考えられるが、粒厚1.9 mm以上の玄米の品質までも悪化させていることを考えれば、登熟初、中期の遮光処理は単なる登熟遅延をもたらすだけではなく、回復不能に近いほどのダメージを登熟や米質に与えるものと考えられた。なお、出穂直後の15日間の平均日射量と最終の登熟歩合との間には密接な相関関係が認められ、 m^2 当り4万粒前後の籾数で登熟歩合80%を目標とする場合は、登熟初期には少なくとも1日当り17MJ以上の日射量が必要になるものと推定された。

参考文献

- 1) 松島省三, 1973: 稲作の改善と技術. 養賢堂



第4図 遮光時期と粒厚1.9 mm以上の玄米の米粒構成 (昭58)

作況試験から見た水稻の幼穂発育と気象との関連について

高城哲男・須藤健児*・船木一人・金沢俊光・小林 陽**

(青森県農業試験場藤坂支場*・津軽地域病害虫防除所**・北陸農業試験場)

1 まえがき

水稻の生育・収量の安定化を図るには、気象情報をベースに経時的な生育状況の診断・予測が極めて大切となっている。とりわけ、本県のようにヤマセの影響で気象変動の大きい地域では、生育ステージを早期にしかも正確に予測することは追肥や病害虫の防除を的確に行うためにも重要である。これまでも、窒素追肥の時期である穂首分化期や幼穂形成期の予測は草丈、葉数等の生育量や気温等から、また、出穂期の予測法として重回帰式による手法が開発されつつある。ここでは、藤坂支場の作況試験のデータを用いて、穂首分化期ならびに幼穂形成期から出穂期までの幼穂発育の日数が年次により大きく異なることについて、気象要素として有効温度を用いて解析し、合せて出穂期の予測についても検討したので、その結果について報告する。なお、本報告は、農業改良普及員専門技術研修として当支場において研修された、三戸地区農業改良普及所秋元淑宏氏の研修課題である出穂期予測の手法の一部を利用して頂いた。

2 調査方法

供試資料は、藤坂支場の昭和52年～60年までの水稻作況試験を用いた。品種はアキヒカリで、苗の種類は中苗、5月15日に1株4本の手植とした。施肥法は全量基肥で、 $N\ 0.9$ 、 $P_2O_5\ 1.15$ 、 $K_2O\ 1.0\ kg/a$ 、堆肥 $1.0\ t/10a$ を施用した。幼穂調査は、生育中庸な株から主茎を1株3茎で15～20茎抜取り、幼穂長が穂首分化期（第1苞始原体分化期）は0.2ミリ以上の茎が、幼穂形成期（穎花分化始期）は1.0ミリ以上の茎がそれぞれ80%以上に達した日とした。気象要素はアメダスのデータを用い、0～24時の最高気温と最低気温の平均気温を用いた。有効温度は、日平均気温が $15^{\circ}C$ 、 $16^{\circ}C$ 、 $17^{\circ}C$ 以上の出現日とし、その積算気温をそれぞれ求めて解析に用いた。現地の資料は、野辺地普及所の生育観測田の昭和53年～60年までの、品種アキヒカリ（昭和52年はレイメイ）の調査結果と、当地域のアメダス観測値を使用した。

3 調査結果及び考察

(1) 生育ステージの年次比較

作況田における穂首分化期、幼穂形成期ならびに出穂期、さらにそれぞれの幼穂発育の日数とその積算気温を第1表に示した。昭和52年～60年までの9か年平均の幼穂発育の日数は、穂首分化期から幼穂形成期までは約8日、幼穂形成期から出穂期までは約25日を要している。年次別に見ると、昭和54年と55年が穂首分化期から幼穂形成期までがそれぞれ10日、11日であり、幼穂形成期から出穂期までは28日、34日と他の年次に比較してこの2か年がいずれの期間とも発育日数を長く要している。逆に、昭和58年は比較的短期間に幼穂が発育した年次であった。この幼穂発育の日数とそれぞれのステージ間の積算気温とを関連して見ると、同程度の積算気温でも幼穂の発育・伸長は一樣でなく、単純な日平均気温の積算から幼穂発育の日数を予測することは不適当と考えられた。

なお、9か年間で幼穂発育・伸長が異常であった昭和54年、55年、58年の幼穂分化後の気象経過

は、昭和54年は幼穂形成期後が低温に経過し障害不稔が若干発生し、55年は幼穂形成期後が長期間低温に経過したため障害不稔が多発生した冷害年であった。58年は穂首分化期後が低温に経過したと共に、それ以前が低温であったため出穂期が大巾に遅延した年次であった。

第1表 作況田における生育ステージと積算気温

年次	穂首分化期 (月・日)	幼穂形成期 (月・日)	出穂期 (月・日)	穂首期から 幼穂期まで の日数(日)	同左 積算気温 (℃)	幼穂期から 出穂期まで の日数(日)	同左 積算気温 (℃)
昭52年	7. 8	7. 17	8. 8	9	189.4	22	530.6
53	7. 1	7. 9	8. 31	8	186.2	22	554.5
54	7. 2	7. 12	8. 9	10	188.2	28	557.3
55	6. 29	7. 10	8. 13	11	182.9	34	617.7
56	7. 15	7. 21	8. 15	6	159.9	25	553.4
57	7. 12	7. 19	8. 14	7	140.6	26	547.5
58	7. 23	7. 29	8. 19	6	122.4	21	496.6
59	7. 4	7. 12	8. 3	8	139.0	22	530.2
60	7. 9	7. 17	8. 9	8	154.4	23	554.1

2) 積算気温による予測

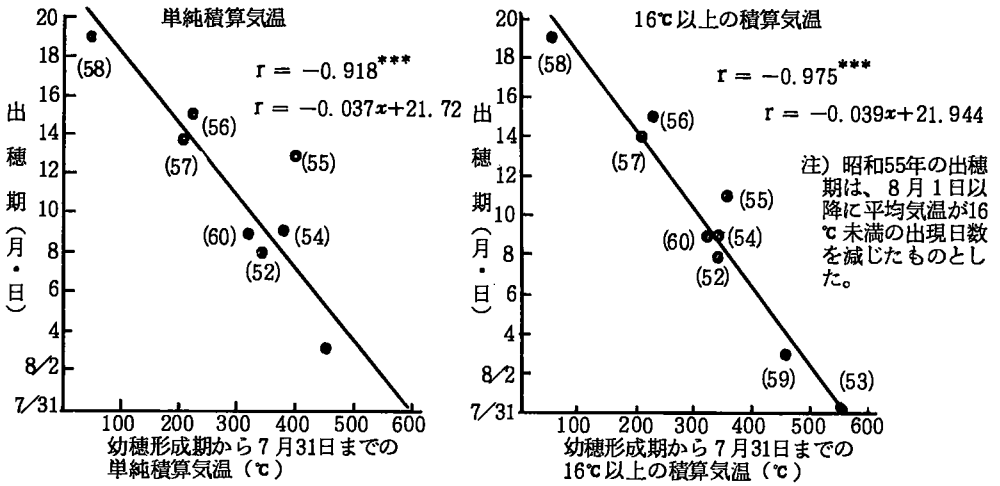
第2表はそれぞれの幼穂発育期のステージ間の積算気温を、日平均気温を積算した単純積算気温と、日平均気温が15℃、16℃、17℃以上の出現日のみを積算した気温の9か年の平均値を示した。穂首分化期ならびに幼穂形成期から出穂期までのそれぞれの期間とも、単純積算気温の場合よりも16℃以上を有効温度として積算した気温の方が年次間変動が小さく、精度が高いことが認められた。この場合に、穂首分化期からでは95%信頼区間が±3.2日であり、幼穂形成期からの場合の±1.8日に比べて精度が低く、幼穂の発育・伸長の予測に利用することは不十分であるが、→幼穂形成期からの場合には、予測に利用することが可能と思われる精度であった。

第2表 穂首分化期ならびに幼穂形成期から出穂期までの積算温度(℃) (作況田、52~60年)

区 分	項 目			
	平 均 値	95% 信 頼 区 間	平 均 値	95% 信 頼 区 間
単 純 積 算 気 温	709 ± 54.7	599 ~ 818	549 ± 32.2	485 ~ 614
15℃以上の積算気温	698 ± 35.7	627 ~ 769	541 ± 22.6	496 ~ 587
16℃以上の積算気温	687 ± 35.6	616 ~ 759	536 ± 20.3	495 ~ 577
17℃以上の積算気温	669 ± 50.6	568 ~ 770	516 ± 41.5	433 ~ 599

注) 穂首分化期から出穂期、幼穂形成期から出穂期までの期間の気温の平均値はそれぞれ22.4℃、23.0℃である。

第1図は、前述の予測法を用いて幼穂形成期から7月31日までの積算気温と出穂期との関係を示した。幼穂の発育は気温に大きく影響されると報告されており、本報告の場合にも単純積算気温を用いても高い相関々係 ($r = 0.918^{**}$) が認められた。しかし、16℃以上の積算気温の場合には、幼穂発育の日数が長かった昭和54年、55年の変動が小さくなり、単純積算気温に比べてさらに高い相関々係 ($r = 0.975^{***}$) が認められた。また、穂首分化期から7月31日までの積算気温と出穂期との間にも、単純積算気温、16℃以上の積算気温ともそれぞれ $r = 0.891^{***}$ 、 $r = -0.968^{***}$ と高い



第1図 幼穂形成期から7月31日までの積算気温と出穂期との関係

相関々係が認められたが(図省略)、幼穂形成期からの場合に比べていずれも低い相関係数であった。

以上のように、幼穂形成期から出穂期の予測法としては16℃以上の積算気温を用いることでより高い精度が得られたが、穂首分化期からの予測精度が低いことは、穂首分化期から幼穂形成期までの幼穂の発育伸長が、単に気温のみでなく日照等の他の気象要素と共に、穂首分化期前後の生育経過等の要因も関与しているものと推察された。

なお、昭和61年のデータを用いた幼穂形成期から出穂期までの16℃以上の積算気温は、第2表に示した95%信頼区間におさまり、7月31日までの積算気温から予測した予想出穂期と実出穂期は2日の差であった。

次に、以上の予測法を現地に適合した場合の実出穂期と予想出穂期との差を示したのが第3表である。現地は当支場よりヤマセの厳しい地帯であり、幼穂分化後に低温に遭遇する度合の高い地帯である。昭和56年が4日の差となった他は、1~2日以内の差であり、支場の作況田から求めた出穂期の予測法の適合度は高く、現地にも十分利用することが出来るものと考えられた。

4 まとめ

藤坂支場の作況田のデータを用いて、穂首分化期ならびに幼穂形成期から出穂期までの幼穂発育の日数と積算気温との関連について検討した。その結果、幼穂形成期から出穂期までの日数は、日平均気温が16℃の出現日のみを積算した気温が年次間変動が小さく、95%信頼区間が±1.8日と精度の高い予測法として十分利用することが出来るものと考えられた。また、この予測法はヤマセ地帯の現地にもよく適合した。

第3表 藤坂の積算気温(16℃以上)から予測した現地の実出穂期と予想出穂期との差

年次	出穂期(8月〇日)		実出穂期と予想出穂期との差
	実測日	予測日	
昭53年	2	3	1日晩
54	11	10	1日早
55	18	19	1日晩
56	21	17	4日早
57	15	17	2日晩
58	22	20	2日早
59	7	8	1日晩
60	11	12	1日晩

注) 現地は野辺地町、昭和53年は品種レイメイ、他の年次はアキヒカリ。

水田における生産環境の成立機構の解明

(2) 水稲個体群におけるCO₂環境

手塚一清・高橋成人*

(宮城県農業短大・*東北大農研)

はじめに

作物群落におけるCO₂濃度の日変化については、すでに1960年代を中心として数多くの報告がある。CO₂濃度の日変化は、変動要因としての風速の要素を消去した状態で論ずる必要がある。また作物群落内におけるCO₂環境は、濃度の如く、ひとつ、ひとつの時間における時間断面としての静的な形から、フラックスの如く時間の要素をとり入れた動的な形で把握されるようになった。しかしCO₂フラックスを測定するには、運動量や熱の拡散係数を測定することが必要であり、そのため長い吹走距離を必要とするため、均一に栽培された広い圃場を必要とする。したがって栽培方法の異なった複数の試験区のCO₂環境を比較するには技術的な困難を伴う。そのため、複数の作物群落のCO₂環境の違いを、CO₂濃度により、定性的に現象をとらえて比較しようと試みた。

作物群落内のCO₂環境は、日射量、風速等の物理的要因およびLAI(葉面積指数)、LAD(葉面積密度)等の生態的要因によって変動することが知られている。しかしLAIの値が同じ個体群でも群落構造が異なると放射環境も異なり、CO₂環境も異ってくる。本実験では、比較的小面積(5a)の水田において栽植密度を異にした2つのイネ個体群を作り、2つのイネ個体群のCO₂濃度を同時間帯に比較することによって、イネ個体群におけるCO₂濃度の日変化の比較を、CO₂濃度におよぼす風速の影響を少なくして、イネ個体群のCO₂環境を論じようとした。今回は、水田の草冠部および植被層内におけるCO₂濃度を測定し、CO₂濃度と群落構造との関連について報告する。なお本実験は宮城県鹿島台町の東北大学農学研究所附属実験農場において行ったものであり、イネの層別刈取法に関する資料をいただいた本田強講師(現宮城教育大)ならびに農場職員の方々に深謝します。

測定方法

水稲品種キヨニシキを供試し、栽植密度を13.6株/m²および22.6株/m²とした2試験区を設定し、前者を疎植区、後者を密植区とした。試験区の生産構造を明らかにするために、15cmごとに層別刈取を行い、各層ごとの葉面積および器官別の乾物重を測定し、LADおよびC/F(非同化器官重/同化器官重)を算出した。本測定における気象要素に関しては、地上高240cmで測定した純放射量および群落内の地上高30cmで測定した気温について述べる。CO₂濃度の測定は、赤外線ガス分析計を用い、草冠部および活動葉の多く存在する層で行った。本報では1981年に行った穂揃期(8月13~14日)および乳熟期(8月23~24日)の測定結果を述べる。測定高は穂揃期には90cmおよび66cm、乳熟期には110cmおよび70cmである。CO₂濃度の測定は、1ヶ所からの空気のサンプリング時間を150秒として行った。1ヶ所からの1時間当りのサンプリング回数は3~4回であった。層別刈取を行った日とCO₂濃度を測定した日とは異っているが、その差は1~2日であり、CO₂濃度を測定した日の生産構造と層別刈取日のそれとは同等とみなした。

測定結果および考察

草冠上のCO₂濃度の日平均値は、穂揃期において疎植区で368.9 ± 61.5 ppm、密植区で370.7 ± 58.9 ppm、乳熟期において疎植区で376.3 ± 49.9 ppm、密植区で377.1 ± 47.7 ppmであり、栽植密度の違いによる草冠上のCO₂濃度差は、CO₂濃度の季節変化に比べて小さいといえる。

穂揃期における疎植区と密植区とのCO₂濃度差の日変化を図1・aおよび2に示した。光合成が行われている昼間には、疎植区のCO₂濃度は、密植区のそれに比べ、主に止葉の基部が存在する地上高60 cm、穂首が存在する地上高90 cmとも低く経過した。夜間におけるCO₂濃度は、地上高60 cmでは疎植区が密植区より高く、90 cmではほぼ同じであった。地上高60 cmと90 cmにおける垂直方向のCO₂濃度差は、昼夜とも疎植区では差がみられず、密植区では、昼間には主に第2、第3葉が存在する地上高60 cmにおけるCO₂濃度が、主に穂首および止葉が存在する90 cmにおけるそれより、また夜間には地上高90 cmにおけるCO₂濃度が、60 cmにおけるそれより高い傾向があった。

乳熟期における疎植区と密植区とのCO₂濃度の日変化を図1・bおよび2に示した。昼間には穂揃期と同様、主に第2、第3葉が存在する地上高70 cm、草冠部の110 cmとも、疎植区のCO₂濃度は密植区に比べ、低く経過し、夜間には草冠部において、疎植区が密植区より高い値を示した。地上高70 cmと10 cm間における垂直方向のCO₂濃度差も、疎植区では穂揃期と同様小さく、密植区では昼間には地上高70 cmにおけるCO₂濃度が、110 cmにおけるそれよりわずかではあるが高い傾向がみられた。

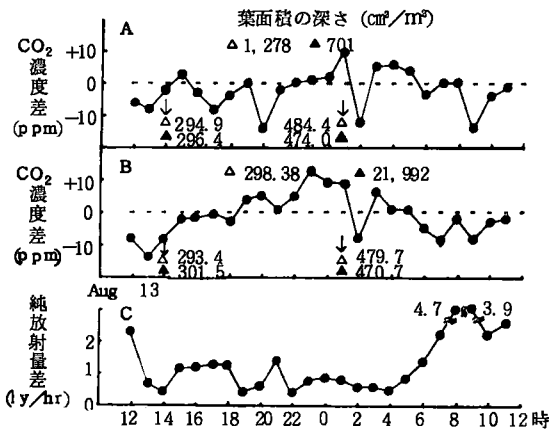


図1・a 穂揃期における栽植密度の差異によるCO₂濃度差および純放射量差

注) A : CO₂濃度差 (地上高90 cm)

B : CO₂濃度差 (地上高60 cm)

C : 純放射量差 (測定高240 cm)

いずれも疎植区-密植区の値

△ : 疎植区 ▲ : 密植区 ↓ : 測定時間中におけるCO₂濃度の最高値または最低値を示した時刻とその値

この現象を各区の生産構造

(図3)と対比してみる。穂揃期において、疎植区を生産構造は、密植区のそれに比べ、LAIが高く、C/Fは低い値を示し、上層でも葉鞘および稈が密植区より多く分布している。乳熟期においては、LAI、C/Fとも栽植密度による差は認められないが、疎植区は穂揃期と同様、葉身が密植区より上層に分布している割合が多い。

群落内環境に関しては、地上高30 cmの気温は、図4に示したとおり、常に疎植区が高く、草冠上における純放射量も図1・a、bに示したとおり、穂揃期、乳熟期とも疎植区が若干高

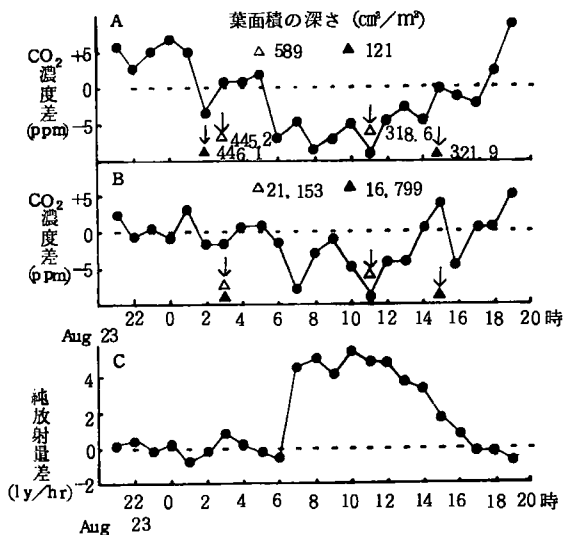


図1・b 乳熟期における栽植密度の差異によるCO₂濃度差および純放射量差

注) A: CO₂濃度差(地上高110 cm)

B: CO₂濃度差(地上高70 cm)

C: 純放射量差(測定高240 cm)

いずれも疎植区-密植区の値

△: 疎植区 ▲: 密植区 ↓: 測定時間中におけるCO₂濃度の最高値または最低値を示した時刻とその値(単位 ppm)

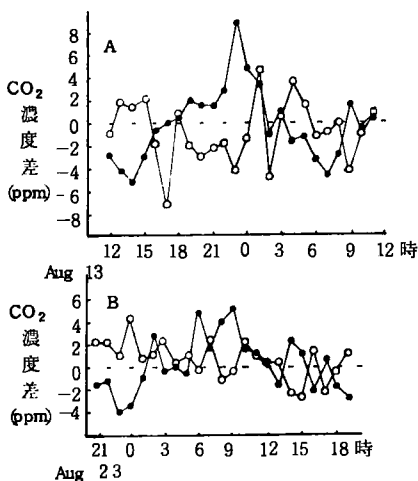


図2 水稻群落内における垂直方向のCO₂濃度差の日変化

注) A: 穂揃期 8月13~14日地上高90~60 cmのCO₂濃度差

B: 乳熟期 8月23~24日地上高110~70 cmのCO₂濃度差

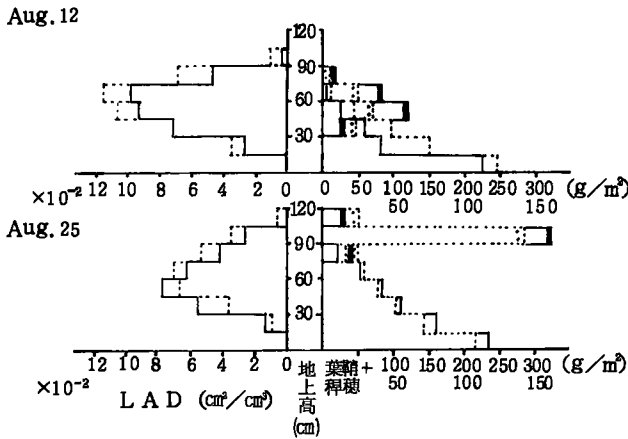
○: 疎植区 ●: 密植区

かった、また乳熟期において、疎植区と密植区とのCO₂濃度差は、地上高90 cm, 110 cmいずれにおいても、疎植区と密植区との純放射量の差(CO₂濃度差および純放射量差の値=疎植区の値-密植区の値)と逆相関がみられた。

以上のことから光合成が行われる昼間に、疎植区の草冠部のCO₂濃度が、穂揃期、乳熟期とも密植区のそれより低い値を示したことは、穂揃期の如く、LAIが密植区より高い値を示した時のほか、乳熟期の如くLAIが密植区と同じ値であっても、CO₂濃度を測定した70 cm以上の葉面積の深さの値が高いことによる。同時に疎植区に

比べ、かなり下層まで光合成が行われていることを示唆している。

一方、夜間のCO₂濃度の変動について検討する、穂揃期において密植区では、60~90 cmの層に存在する葉身、葉鞘および稈の重量が60 cm以下の層に存在するそれよりも少ないにもかかわらず、夜間のCO₂濃度は、地上高90 cmの値が60 cmのそれより高い値を示している。乳熟期になると、疎植区の草冠部のCO₂濃度が、密植区のそれより高い値を示すようになる。出穂期以後、穂の呼吸量は光合成量を上回ることが知られており、穂揃期には密植区の穂重が穂植区のそれより、また乳熟期には疎植区の穂重が密植区のそれより重ことから、前述の現象は、穂の呼吸量の増加により、穂揃期には密植区における地上高90 cmのCO₂濃度が、60 cmのそれより高くなり、乳熟期には草冠部において、疎植区のCO₂濃度の密植区のそれ



注)	密植区	葉身又は葉鞘+稈	穂	Aug.12 : 出穂後2日	密植区は疎植区に比べ、穂重の増加が大きかった。その結果、
	疎植区	葉身又は葉鞘+稈	穂	Aug.25 : 出穂後15日	増加が大きかった。その結果、
		L A I	C / F	乾物重 (g / m ²)	m ² 当りの乾物重増加速度は、密植区が疎植区を上回った。登熟
Aug. 12	疎植区	6.01	2.57	881	盛期の8月18~28日では、疎植
	密植区	5.06	3.11	861	区の穂重の増加が、密植区のそれを大きく上回った。その結果、
Aug. 25	疎植区	4.10	3.87	1040	密植区の葉身、葉鞘および稈の増加量が疎植区のそれを上回ったにもかかわらず、全乾物重の増加量は、疎植区が密植区を上回る結果となった。
	密植区	4.17	3.74	1115	このような乾物重の増加速度の変化は、CO ₂ 濃度の挙動にも表われた。即ち、穂揃期における夜間の地上高60cmのCO ₂ 濃度に関して、疎植区が密植区

注) 乾物重は地上部のみ測定

図3 栽植密度を異にする生産構造図

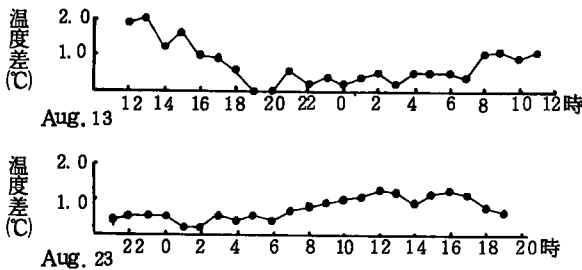


図4 栽植密度を異にする地上高30cmの温度差(°C)
(疎植区-密植区)

より高い現象は、疎植区の葉身重の減少を示唆し、密植区で地上高90cmのCO₂濃度が、60cmのそれより高い値を示したことは、穂から放出されるCO₂が多かったことを示唆している。乳熟期に至り、地上高110cmにおける夜間のCO₂濃度は、疎植区が密植区より高い現象を示しているが、この現象は疎植区の穂の呼吸量が密植区のそれよりも高いことを示し、疎植区の呼吸量の高いことは疎植区の穂重の増加速度を高めているものと推測した。

を上回ったためであると考えられる。

つぎに乾物重の推移と植被層におけるCO₂濃度との関係について検討する。表1は出穂期および刈取期の器官別乾物重および7日ごとの生育調査の結果を基に算出したCO₂濃度測定日前後5日における1日当りの器官別乾物重の増加速度を示したものである。出穂開花期間の8月8~18日では、疎植区は密植区に比べ、葉身重の減少が大きく、密植区は疎植区に比べ、穂重の増加が大きかった。その結果、m²当りの乾物重増加速度は、密植区が疎植区を上回った。登熟盛期の8月18~28日では、疎植区の穂重の増加が、密植区のそれを大きく上回った。その結果、密植区の葉身、葉鞘および稈の増加量が疎植区のそれを上回ったにもかかわらず、全乾物重の増加量は、疎植区が密植区を上回る結果となった。

このような乾物重の増加速度の変化は、CO₂濃度の挙動にも表われた。即ち、穂揃期における夜間の地上高60cmのCO₂濃度に関して、疎植区が密植区

表1 栽植密度を異にする器官別乾物重および乾物増加速度

		乾物重(g/m ²)		乾物増加量(g/m ² /day)			
		8/12	9/28	8/8~18	8/18~28		
疎植区	葉身	246	174	- 3.7	2.2	注) 品 種 キヨニシキ 出穂期 8月10日 刈取期 9月28日 栽植密度 疎植区 13.6株/m ² 密植区 22.6株/m ² 穂重率 疎植区 56.9% 密植区 55.4%	
	葉鞘・稈	542	489	6.1	8.8		
	計	788	663	2.4	11.0		
	穂	93	874	6.6	17.1		
	計	881	1,537	9.0	28.1		
密植区	葉身	210	163	- 0.7	3.6		
	葉鞘・稈	524	472	6.1	9.0		
	計	734	635	5.4	12.6		
	穂	127	789	8.4	13.0		
	計	861	1,424	13.8	25.6		

むすび

以上の如く、栽植密度の違いに基づく生産構造の差異は、葉面積の深さおよび暗呼吸に関係し、前者は群落光合成に、後者は群落内のCO₂環境に影響をおよぼしているとみられた。植被層内の生理生態的要因は、作物生産のための群落光合成および光合成生産物の転流と関連し、子実生産に影響をおよぼしていることが、出穂期以降の器官別乾物重の推移からうかがえる。とくに栽植密度の違いに基づいた植被層におけるCO₂環境の違いは、登熟期において基葉で行われた光合成生産物の穂への転流が、子実生産の規制因子になる可能性を示唆している。

引用文献

井上栄一・内嶋善兵衛・宇田川武俊・堀江武・小川勝次,(1968) : 農業気象 23 : 165 - 176
高橋成人・手塚一清,(1984) : 生産環境成立機構の解明 : 17 - 28

被覆資材の利用と農業生産

阿部 亥三

(みかど化工KK)

1 まえがき

わが国における農業用被覆資材の利用は、1945年以前は有機質材料が主体で、主に断熱剂的に使用されていた。例えば、畦間のしきわら、しきくさ（盛夏時の地温抑制や乾燥防止あるいは冬期間の地温低下防止用）、こも・かます（苗床の低温防止や防霜用）、枌がら（貯蔵用、輸送用）等である。戦後には各種の温床紙、フィルムが次々と開発され、水稻の保温育苗用として、油紙、ポリエチレンフィルム、ビニールなどが利用され、また、野菜類の育苗にも使用され始めた。さらに、資材開発が進むにつれて、マルチ栽培、トンネル栽培、ビニールハウス、雨よけ栽培、べたがけ栽培等に、各種の被覆資材が広い範囲で利用されるようになってきた。

次に、マルチ栽培とトンネル栽培の資材について、当社の既往の試験結果に基づいて、その効果と今後の研究上の問題点を主として述べる。

2 マルチ栽培

(1) 地温の上昇効果：マルチ用のフィルムとして最初に開発されたのは透明ホーリーシート（1962年）で、畑地の作土層の温度を顕著に上昇させ、その影響で日中の接地気温を地上約20 cmまで0.3～0.5℃高める。地温の上昇は浅層ほど著しく、無被覆に比べて日中10℃以上も高まることも少なくない。

気温は南北の緯度と関係が深く、わが国では緯度1°に対する気温の遞減率は約0.8℃であるが、地温も気温と同様に緯度と関係の深いことが知られている。すなわち、千葉県以北の太平洋沿岸地帯（8地点）について緯度と月平均地表温との関係を求めた結果（数値省略）によると、各月とも密接な関係のあることが認められ、各月とも一次の関係式で表わされる。緯度1°に対する地表温の遞減率は約1.2℃（春期1.5℃、夏期1.0℃、秋期・冬期は1.2℃）であり、気温よりやや大きい。マルチ栽培では地温が高められ、青森県太平洋沿岸の春期の畑地温を関東地方のマルチ畑地温と同程度に昇温させるので、作物の初期生育を促進させ、従来は北東北では栽培が困難であった落花生・さつまいもなどの温暖性作物の導入定着を可能にしたばかりでなく、畑水稻の安定栽培にも寄与してきた。

2) マルチ栽培の過度の高地温の抑制の必要性

フィルムマルチの普及当初は透明と黒色フィルムの2種類で、主に関東以北の地帯で使用されていた。ところが、マルチ栽培が関東以西の温暖地にまで広範囲に広まるにつれて、マルチによる高地温の問題が生じ、地温の過度な上昇を抑制するマルチ資材の開発が必要とされるようになってきた。第1表は、盛夏時における各種フィルムの被覆下の地温（5 cm）の測定結果を示したものである。この表から、新しく開発したフィルムは3種類とも、従来の透明や黒色ポリフィルムに比較して、昼間の地温上昇が少なく、とくに白黒ダブルフィルムは地温の過度の上昇を抑制することが認められる。なお、第1表は、無作付の状態での地温の測定を行っているので、植生のある場合には、

地上部の繁茂程度に応じて、昼間の地温上昇は抑制される（第2、第3表も同様）。

(3) フィルムの種類と地温の季節的变化

千葉県市原市の圃場で、1980～1985年の期間に透明と白黒ダブルの2種類のフィルムを使用して、地温（10 cm）を継続測定した結果をとりまとめ、平均地温の季節別変化と作物の適地温との関係として第1図に示した。作物の生育適地温は、高温性作物では20～28℃、中温性作物で18～23℃、低温性作物で13～18℃とされていることを念頭において、図を見ると、関東地域では白黒フィルムが3～10月の全期間を通じて、おおむね適地温に近い状態を示すが、透明フィルムでは7～8月には明らかに高地温にすぎることが知られるであろう。この白黒フィルムは適度の地温上昇と地温上昇以外のマルチ効果（①蒸発防止、②雑草抑制 ③土壌の膨軟性保持 ④作物体の清潔度保持など）があり、関東以西の地域で好評を得つつある。東北地方の北部では地温上昇の意義が関東地域に比べて大きいので、白黒フィルムよりも透明フィルムの方が使用範囲の広いことが察知される。

3 トンネル栽培

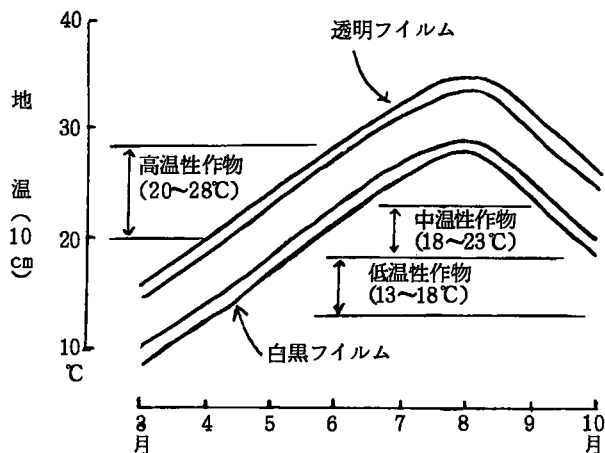
(1) トンネル資材の保温性

各種のフィルムを使用したトンネルについて、低温時に内部の気温を比較測定した結果を第2表に示した。

この表から、各種のフィルムとも昼間の保温性が認められるが、A社製農ビが最も優り、透明ユーラックもほぼこれに近いことが知られる。最低気温では、A社製農ビと透明ユーラックが外気温より僅かに高く、一般農ポリでは外気温よりもやや低温を示している。したがって、トンネル栽培の保温性は、資材の種類によって昼間気温の上昇程度が異なるが、夜間の気温保持には効果が期待

第1表 地温の測定結果（5 cm）（℃）

	最高	最低	平均
透明マルチ	45.8	25.5	35.7
黒色マルチ	44.9	25.4	35.2
シルバーポリ	40.6	25.1	32.9
白黒ダブル	39.2	23.8	31.5
銀黒ダブル	41.0	25.0	33.0
標準気温	31.5	21.8	26.7



第1図 フィルムの種類による平均地温の季節別変化と作物適地温との関係（晴天日の平均値）

第2表 各種トンネル内の気温の比較（℃）

フィルム名	最高	最低	平均
透明ユーラック	34.3	-6.1	13.3
梨地ユーラック	32.1	-6.2	13.0
A社農ビ	34.3	-5.9	14.2
一般農ポリ	30.5	-6.9	11.8
S社保温フィルム	31.9	-6.3	12.8
外気温(地上20cm)	9.5	-6.4	1.6

されず、最終的には外気温に近接してゆく。昼間の蓄熱量の少ない一般農ポリでは、夜間の放射冷却によってトンネル内部の最低気温が外気温より低下しているが、このような現象は夜間の晴冷条件下で屢々おこる事柄である。

トンネル栽培では、トンネル内気温の上りすぎを調節するため、フィルムの裾を朝夕に開閉しなければならない。この開閉作業を省力するために開発したのが、次に述べる換気性（穴あき）フィルムである。

第3表は換気性フィルムと一般密閉フィルムの床内気温を比較したものである。この表から、換気性フィルムは密閉フィルムより最高気温を10℃以上低め、開孔率を増すに従って床内気温を低める。なお、この換気性フィルムは最低気温でも一般密閉フィルムに比較して遜色のない値を示し、トンネル内の温度調節作業を簡略化するのに有効である。

第3表 一般密閉トンネルと換気性フィルムトンネルとの床内気温比較(℃)

	最高	最低	平均
外気温(地上20cm)	8.9	-6.8	1.1
農ビ密閉トンネル	33.2	-6.3	13.5
ユーラック	31.2	-6.4	12.4
農ポリ	29.1	-7.2	11.0
換気性フィルムA 開孔率1.5%	20.5	-6.4	7.1
〃〃B	19.4	-6.5	6.5
〃〃C	18.8	-6.5	6.2
〃〃D	17.5	-6.6	5.5

4 作物の経済性

被覆資材のみならず、各種の農業用生産資材を使用する場合には作物の経済性を重視すべきは当然である。農水省の作物統計（昭和58・59年度版）に基づき、28作目について57・58の2ヶ年平均の10a当り粗収入（Y）と家族労働報酬（P）および10a当り労働時間（T）と1日当り労働報酬（P'）との関係を第2図と第3図に示した。

第2図からは次のことがわかる。すなわち、（Y）に比例して（P）は当然増加するが、（Y）が90万円以下の作物（露地栽培）では、 P/Y は約0.5であるが、（Y）が100万円以上の作物（例数は少ない）では P/Y が0.4以下となる。これは後者は施設栽培で償却費の多いことが主な原因と考えられる。第3図から、ハウス栽培のキュウリ、ナスでは（T）が約1,400時間、トマトでは約800時間で、これらの作目では（P'）はおおむね7,000～4,000円の範囲にあり、果樹類では（T）が160～300時間、（P'）は0.2～1.0万円の範囲にあり、果菜以外の露地やさいの（T）は70～120時間で大差なく、（P'）は冬どりの大根・キャベツが著しく高い（2.5～2.9万円）が、この2つの作目を除外してみると0.6～1.1万円の範囲であることがわかる。また、水稻および普通畑作物では（T）は10～70時間の範囲、（P）は0.1～1.0万円の範囲で、作物によってかなりの差のあることが認められる。（注、冬やさいは価格の年次変動が大きい。）

これらのことから、（P）は（Y）にほぼ比例して増加するが、（P）が100万円以上の作目では所得率の低下する傾向のあることが知られる。また、（Y）の多い作目ほど（T）が多いために、（P'）は高くならず、労働面からも作付面積が制約されることになる。したがって、資材費の安いマルチやトンネル栽培で、地域の営農条件に適合した作付を行えば、収益性を高める可能性の大きいことを指摘しておく。

5 むすび

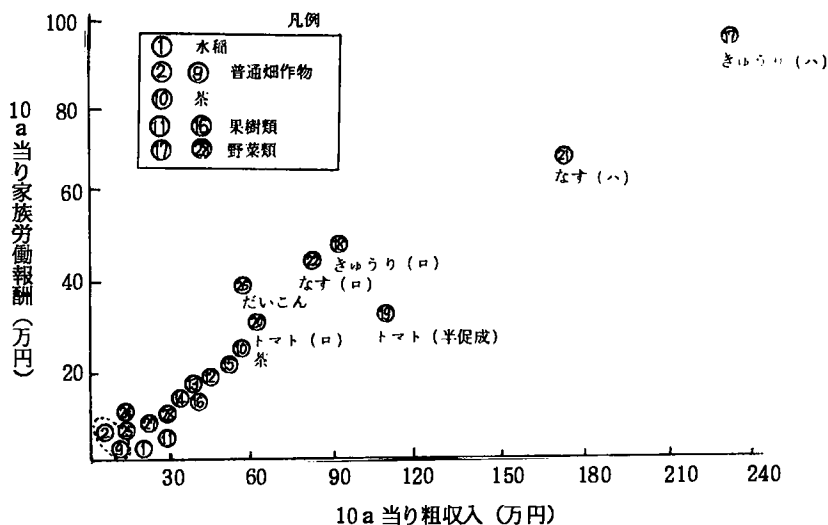
本稿では、当社の既往の試験成績を主材料とし、農水産省の作物統計を参照して、次の点について論及した。

(1) マルチ栽培の地温上昇効果を述べるとともに、新フィルムを開発し、従来の透明、黒色フィルムを使用した場合よりも過度の地温上昇を抑制し、作物生育の適地温に近接し得ることを示した。

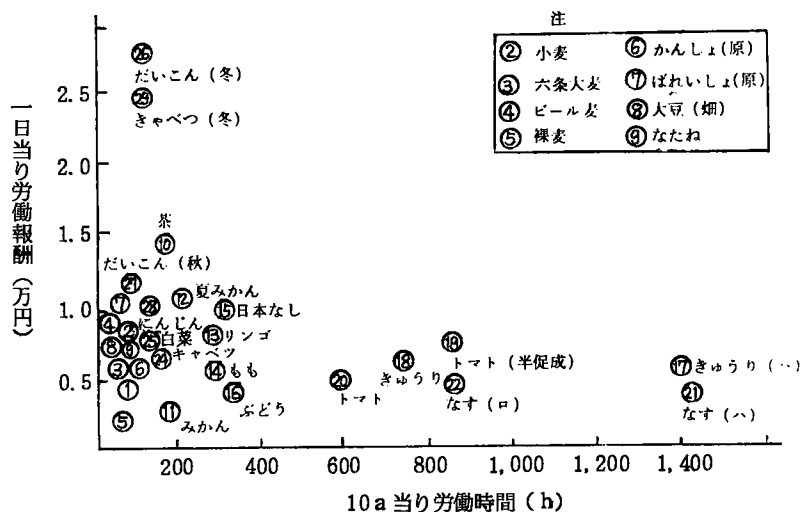
(2) トンネル栽培用の各種フィルムの保温性を検討し、有孔ポリエチレンフィルムが床内の過高温を防ぎ、朝夕の換気作業を省力化できるので、極めて有効なことを認めた。

(3) 各種作目の10a当り粗収入、労働報酬、10a当り労働時間、1日当り労働報酬の点からみて、簡易な被覆資材を使用した菜根菜類のマルチ、トンネル栽培が比較的利益性のあることが察知された。

マルチ栽培・トンネル栽培には未だ研究すべき問題点（例えば、土壌水分の動向、土壌の通気性など）が残っているが、これらについて積極的に解決し、普及推進に一層役立てたい。稿を終るに当たって、長年にわたる研究資料を提示された石本正一社長および関係職員の厚意に対して感謝する。



第1図 10a当り粗収入と10a当り家族労働報酬との関係



第3図 10a当り労働時間と1日当り労働報酬との関係

低温・少照下の牧草の光合成速度について

寺 中 吉 造

(宮城県農業短期大学)

1 はじめに

さきに、ヤマセ気象(低温・少照・多湿)下の作物の生育反応をみるため、イネ、ムギにおける低温少照下の光合成速度について報告した。ヤマセ気象の生育への影響がイネ、コムギより小さいと考えられる寒地型牧草についてのこの種の報告はまだ少ないので、前報につづいて検討した。

2 実験材料および方法

供試した草種(品種)は、①ケンタッキーブルーグラス(コモン)、②チモシー(在来種)、③オーチャードグラス(ポトマック)、④ペレニアルライグラス(ビクトリア)、⑤イタリアンライグラス(ヒタチアオバ)は本学坪沼農場で、また⑥赤クローバー(サッポロ)、⑦白クローバー(カリフォルニアラジノ)は本学々内農場で栽培されたものを、鉢上げし、その地上部の一部を供試した。1986年の7月~8月にわたり、出穂、開花期の2~5本の茎を選び、頂葉から3~5枚の着生葉(葉面積50~200cm²)のまま同化箱に挿入した。供試材料は、光合成測定装置(島津、SPB-Zシステム)で、一定の湿度(RH70%)下で、所定の温度・光強度下のみかけの光合成速度を測定し、葉面積当りで表わした。同化箱(アクリル製、65L×20W×4Dcm)は温度・湿度調整可能な開放型である。供試温度は気温で10~25℃の範囲で、供試光強度は3.5万、1.50万、0.75万、0.35万、0.15万および0luxの5水準とし、陽光ランプ(東芝、DR-400)の照射距離と遮光率(寒冷紗による)を変え、照度計(ミノルタ、T-1)により調節した。通気量は10l/min、風速は1m/sと一定した。外気は本学研究棟の3階建屋上より、緩衝ドラムを経由して導入したが、昼間のCO₂濃度の変動は無視できる位であった。なお、葉温、地温はとくに測定しなかった。

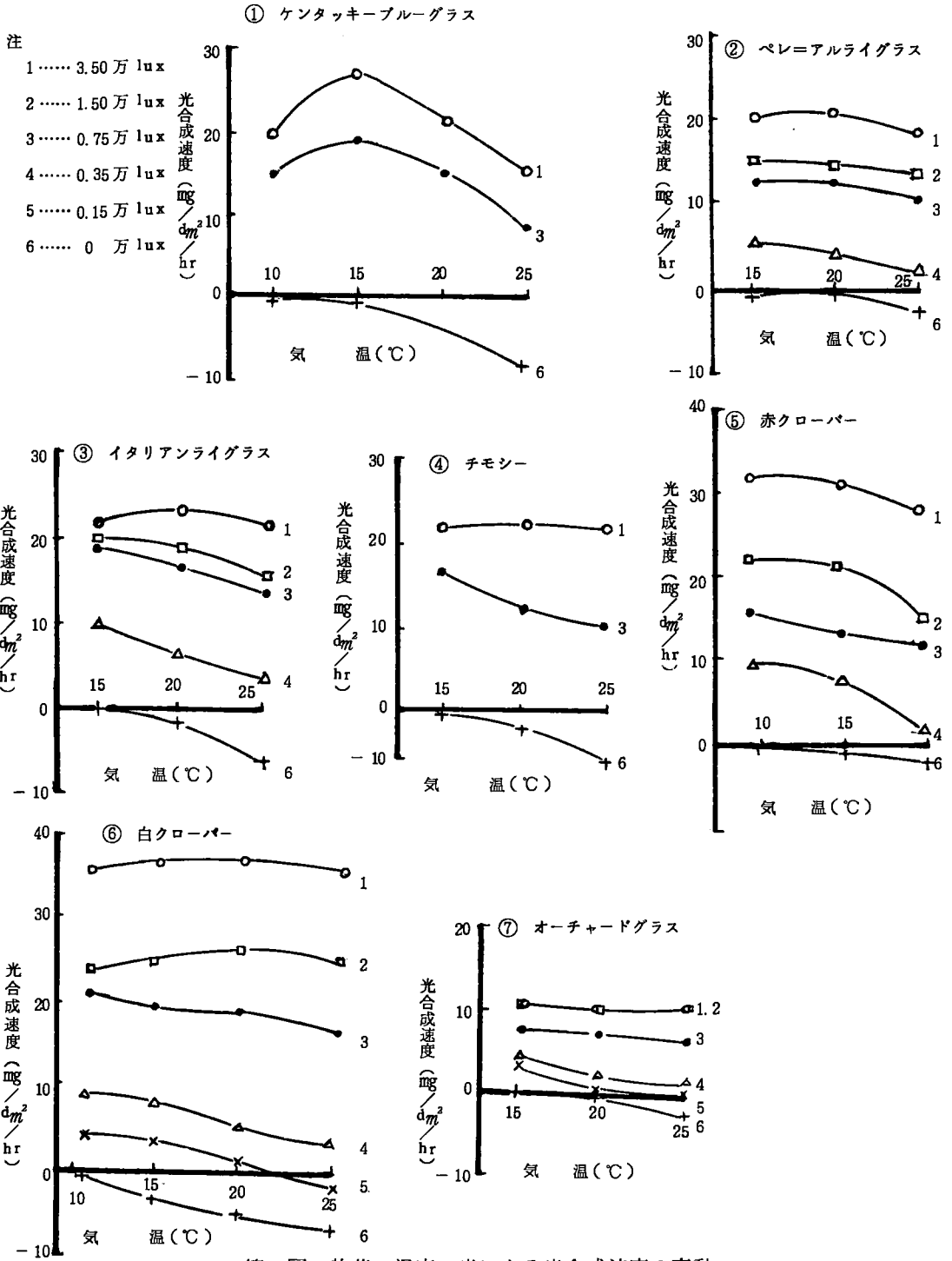
本実験の遂行にあたり、本学畜産科齊藤孝夫、坪沼農場高玉精一両教授の格段の御配慮に対し、深く感謝いたします。

3 実験結果および考察

結果は第1図にしめた。以降、各草種の光量水準(0~3万lux)下の温度(15~25℃)による光合成速度の傾向についてのべることとする。

(1) 多照(3.5万lux)下における温度反応の草種間差異

全草種を通じ、多照下の温度による光合成速度の傾向をみると、ケンタッキーブルーグラスおよび赤クローバーでは、15℃が20~20℃よりも明らかに光合成速度が大きかった。この2草種は他の草種と同じように光量水準が高いほど光合成速度はますが、多照~少照を通じ低温になるに従い、ほぼ同じ勾配で光合成速度はまし、供試光強度の範囲で、光量水準による温度反応型の違いがみられなかった。3.5万lux以上の光量水準で他の草種のように温度による変動が小さくなるかは、今後の検討にまつが、この2草種は、他の草種より高い光量水準ですでに低温が高温より光合成速度に有利であり、本実験の範囲では単純な温度反応をしめた。



第1図 牧草の温度・光による光合成速度の変動

ケンタッキーブルーグラスと赤クローバーを除いた他の草種は、多照下での温度による光合成速度の変動が少ない草種であり、イネ、ムギの場合と似た型であるが、20℃に適温があるとみなされるものは、イタリアンライグラス、ペレニアルライグラスおよび白クローバーであった。ペレニアルライグラスはイタリアンライグラスにくらべ、より低温に適するようで、ケンタッキーブルーグラスと赤クローバーの2草種とその他の草種との中間に位置すると考えられた。

(2) 少照 (0.75万 lux以下) 下における温度反応の草種間差異

0.75万 luxを下まわるような少照下では、全草種は15~25℃の範囲で、例外なく、低温ほど光合成速度は大きく、光合成速度の適温が低温側に移した。この点はイネ、ムギの場合と同様であった。なお、赤クローバー、白クローバーは、10℃まで低温ほど光合成速度は大きい、ケンタッキーグラスでは多照のときと同様、15℃が光合成速度が最大であった。また、ペレニアルライグラス、オーチャードグラス、白クローバーは、他草種とくらべて少照下での温度による光合成速度の変動の程度は小さかった。

(3) 低温が高温よりも光合成速度がまさる草種の光量水準からみた草種間差異

照度が 0.75 万 lux 以下では、全草種において、15~25℃の範囲に限れば、低温が高温よりも光合成速度がまさった。しかし、草種によって、この現象がはじまる光量水準 (限界光量水準と仮称) は異なった。すなわち、ケンタッキーブルーグラスと赤クローバーでは 3.5 万 lux 以上の比較的光量水準の高い段階でこの現象がみられた。このような限界光量水準の高い草種群を I 群とする。イタリアンライグラスは 1.5 万 lux、チモシー・オーチャードグラス・白クローバーは 0.75 万 lux が限界光量水準であり、これらを便宜上約 1 万 lux の限界光量水準として、一括して限界光量水準の低い草種群 - II 群とする。ペレニアルライグラスは I、II 群の中間に位置づけられる。また既報したイネ・ムギは第 II 群に入れられる。

(4) ペレニアルライグラス：イタリアンライグラスおよび赤クローバー：白クローバーの比較³⁾

ペレニアルライグラスは I ~ II 群の中間であり、II 群のイタリアンライグラスよりも高い限界光量水準で低温が相対的に高温よりも、光合成速度増大に有利であり、低温利用性にすぐれている。イタリアンライグラスは、少照下では、高温になるほど、とくに光合成速度が小さくなる傾向が明らかである。これらの違いは、ペレニアルライグラスが放牧用、比較的冷涼地に栽培されて、イタリアンライグラスが草地用、比較的暖地につくられ、夏枯れにとくに弱いとされている点が、光合成速度の温度・光反応にもあらわれていると考えられた。

また、赤クローバーは I 群であり、白クローバーは II 群であるので、同様に、赤クローバーは比較的寒地で、白クローバーは比較的暖地に栽培、育種されている現実に、光合成速度の温度・光反応が合うものと考えられた。これらの点から、I 群は II 群よりも相対的に寒地型と考えられる。

4 ま と め

寒地型牧草 7 種の光合成速度を、気温 15~25℃にわたり、光強度 3.5 ~ 0 万 lux を変えて、出穂開花期に着生葉で比較した。

(1) 全草種とも少照 (0.75 万 lux) では、光合成速度は低温ほど大きかった。

(2) 少照下で、光合成速度の適温が低温側に移移する上記現象はイネ、コムギと同様であった。

(3) しかし、多照下では草種によりことなり、ケンタッキーブルーグラス・赤クローバーは、少照下と同様、3.5万 luxでも低温ほど光合成速度は大きかった（第Ⅰ群）が、イタリアンライグラス、チモシー、オーチャードグラス、白クローバーは、約1万 lux以上で、温度による光合成速度の変動は小さかった（第Ⅱ群）。ペレニアルライグラスはⅠ、Ⅱ群の間であった。

(4) ペレニアルライグラスはイタリアンライグラスより、赤クローバーは白クローバーよりも、それぞれ光合成速度の温度・光反応よりみて、寒地に適すると考えられた。

引用文献

- 1) 梶 和一, 1971: 江原 薫監修 飼料作物草地の研究 養賢堂, 東京, 146頁
- 2) Murata, Y. and J. Iyama, 1963: Studies on the photosynthesis of forage Crops. II Influence of air - temperature upon the photosynthesis of some forage and grain crops. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 31 : 315 - 312
- 3) 農林水産技術会議 (編) 1985: 牧草・飼料作物の品種解説 日本飼料作物種子協会, 東京
- 4) 田中重行, 1971: 江原 薫監修 飼料作物草地の研究 養賢堂, 東京 328頁
- 5) 寺中吉造, 1985: 低温・少照下の水稲と小麦の光合成速度について 日本作物学会紀事 54 (別2) : 174 - 175
- 6) _____, 1986: 低温・少照下のイタリアンライグラスの光合成速度について 日本作物学会東北支部会誌 29 : 74 - 75

牛の局所顕熱放散量の測定

皆川秀夫・檜館正大*・関根豊樹**

(北里大学獣医畜産学部)

(現所属：*三沢米軍基地 **太洋興業㈱)

1 はじめに

寒冷環境において恒温動物である家畜は、体温を維持するため熱産生量を増大させ、熱放散量が摂取飼料エネルギーに近付けば増体は期待できない。産肉、産乳、産卵、繁殖などの家畜の生産性を向上させるには、種々の気象条件で家畜の熱放散量を把握する必要がある。家畜の熱放散量を測定する方法には、酸素消費量から畜体全体における熱産生量(=熱放散量)を測定するマスク法や、Clarkら(1973)によって開発された畜体表面における局所顕熱収支法がある。本研究では、家畜の熱放散と気象条件との関係が数値で示され、比較的簡易であるという観点から後者の方法を用い、成牛を対象に様々な気象条件で牛の局所顕熱放散量の測定を試みた。この方法では、牛体の被毛面および皮膚表面を牛体内部と周囲環境との界面とみなし、一定の風速下で牛体表の純放散量を変化させ、そのときの気温、皮膚表面温、ならびに被毛温を関化することにより牛体の局所顕熱放散量を測定できる。

2 牛体の顕熱収支

図1に牛体微小面における顕熱収支を示した。熱的平衡状態を仮定すると、牛体被毛表面で次式が成り立つ。

$$Q_s + R_n + C = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 Q_s は体内から被毛表面に移動する顕熱産生量、 R_n は純放射量、 C は対流による顕熱放散量である。各項の符号は、畜体被毛表面での放熱を負、受熱を正にとる。 Q_s と C はそれぞれさらに次のように展開できる。

$$Q_s = (T_c - T_s) / I_t = (T_s - T_h) / I_h \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$C = - (T_h - T_a) / I_a \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 T_c 、 T_s 、 T_h 、 T_a はそれぞれ直腸温に代表される体内深部温度、皮膚表面温度、被毛温度、気温、 I_t 、 I_h 、 I_a はそれぞれ体内組織の熱抵抗、被毛の熱抵抗、外気の熱抵抗である。(1)~(3)より、皮膚表面温度 T_s 、被毛温度 T_h 、ならびにそれらの温度差($T_s - T_h$)は、それぞれ次のように展開される(皆川・立花ら、1987)。

$$T_s = \{ I_t \cdot I_a \cdot R_n + I_t \cdot T_a + (I_h + I_a) T_c \} / \Sigma I \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$T_h = \{ (I_t + I_h) I_a + R_n + (I_t + I_h) T_a + I_a \cdot T_c \} / \Sigma I \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$T_s - T_h = (- I_h \cdot I_a \cdot R_n - I_h \cdot T_a + I_h \cdot T_c) / \Sigma I \quad \dots\dots\dots(6)$$

ただし、 $\Sigma I = (I_t + I_h + I_a)$ である。 T_a と T_c はともに既知であるから、 I_t 、 I_h 、 I_a の各熱抵抗と T_a

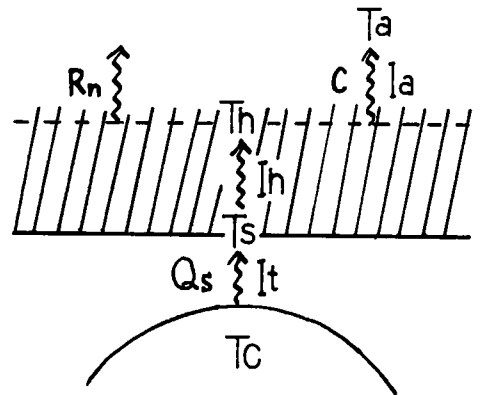


図1 牛の局所顕熱収支

および T_c が一定であれば、(4)~(5)式における皮膚表面温度 T_s 、被毛温度 T_h 、ならびに $(T_s - T_h)$ はいずれも純放射 R_n の一次関数となり、それぞれ R_n との関係を図化すれば、直線の勾配より I_t 、 I_n 、 I_a の各熱抵抗値が求まる。従って(2)式と(3)式から頭熱放射量や対流熱放射量が算出できる。

3 材料および実験方法

牛の局所頭熱放射量測定実験は、日本短角種の雌成牛（体重約 650 kg）1頭を対象に1958年8月~12月の期間に北里大学附属農場で行った。牛を図2に示す鉄管製の固定枠に係留し、その上にトタン屋根を設置した。屋根を設置および除去することにより牛体に入射ならびに射出する短波放射や長波放射を調節した。測定項目は、牛体の皮膚表面温度、被毛温度、ならびに直腸温度の他、気象要素として牛体附近の気温、湿度、風速、ならびに純放射である。皮膚表面温度は、 $\phi 0.1$ mmのC-C熱電対を図1に示す各部位に密着させ測定した。被毛温度は、測定部位の直上約30cmの位置に赤外線放射温度計（Heimann, KT-17型）を設置するとともに、赤外線温度画像処理器のサーモグラフィ（日本電子, JTG-3200型）を牛体側方に据え付け、局所ならびに畜体全体の被毛温度を測定した。直腸温度は $\phi 0.32$ mmのC-C熱電対を用いて測定した。純放射量は、フック型の純放射計（英弘精機, CN-40型）を測定部位付近の直上約20cmの位置に据え付け測定した。純放射計

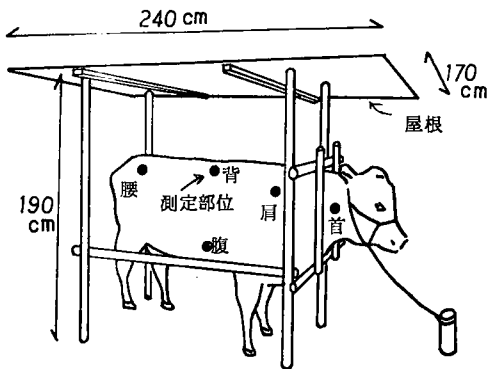


図2 牛の体表温度測定部位と放射調節屋根

の牛体側の黒体面には高さ約5cmで内面にアルミ箔を貼付した円筒を取り付け、黒体面が極力被毛からの放射を測定するようにした。牛体に熱的影響を及ぼす風速については熱線風速計を用いて、牛や屋根などによる風速の影響を受けにくい場所を選びその地上約1.5mの位置での風速と、牛体背部の上20cmの位置での風速をそれぞれ同時に測定した。

4 実験結果および考察

野外実験では風速は調節できず、このため風速と牛の被毛温度および皮膚温度の関係を予め把握する必要がある。晴天夜間において、屋根を設置および除去して純放射量を変化させたとき、牛体背部における被毛温度および皮膚表面温度と、地上1.5mの風速との関係を図3に示した。気温および直腸温はそれぞれ約13℃、約38℃で両者とも測定時間中ほぼ一定であった。純放射量は屋根設置時で $-42 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr}$ 、屋根除去時には $-99 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr}$ であった。図によれば、被毛温度および皮膚表面温度はいずれも風速の増大とともに曲線的に低下した。屋根の設置の有無による純放射量の変化に対して、被毛温度と風速との関係および皮膚表面温度と風速との関係は顕著な変化がみられなかった。また、屋根設置の有無による牛体付近の風速への影響は有意な差が認められなかった。

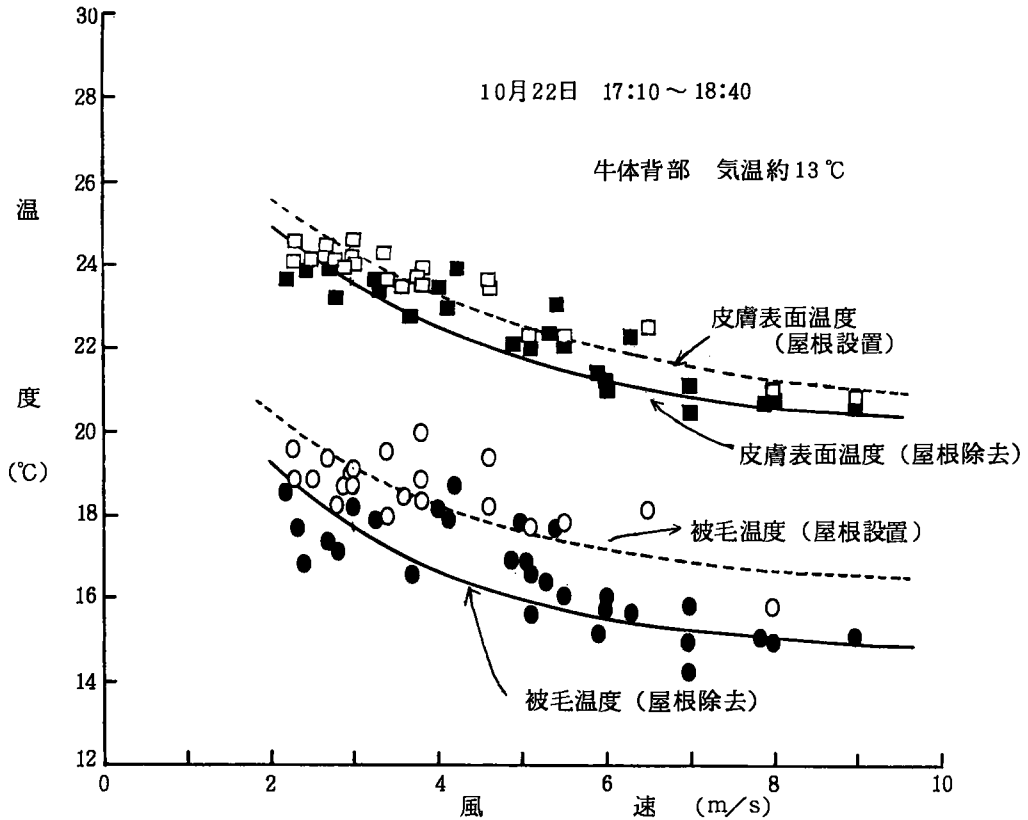


図3 風速が被毛温度および皮膚表面温度に及ぼす影響

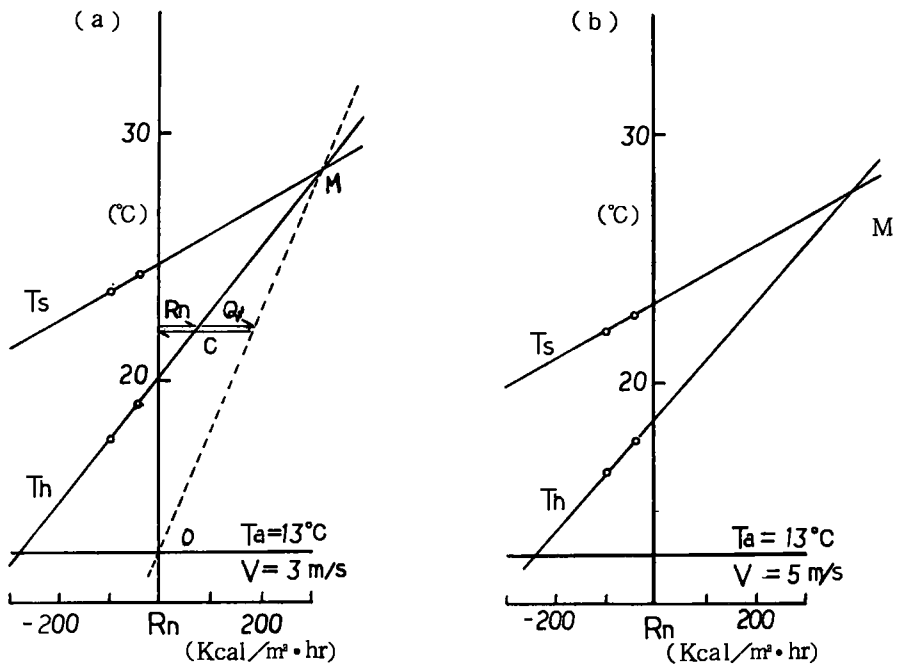


図4 純放射が被毛温度および皮膚表面温度に及ぼす影響

図によれば、純放射の増大とともに牛背部の被毛温度 T_h と皮膚表面温度 T_s は直線的に上昇し、M点で交差した。M点では $T_h = T_s$ なので、被毛内では見掛け上 $Q_s = 0$ となり、例えば図の(a)では $R_n = 320 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr}$ となって(1)式より $C = -320 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr}$ を得る。また、O点では $T_h = T_a$ となるので $C = 0$ となる。従って、直線M-Oは顕熱収支における対流成分を示す。 $T_h - T_s$ のとき(6)式より $I_a = (T_c - T_a) / R_n$ 、また、 $T_h = T_a$ のとき(5)式より $I_t + I_h = -(T_c - T_a) / R_n$ が得られ、対応する R_n , T_c , T_a の値を図などから読んで代入すれば各熱抵抗値が算出される。図4に対する熱抵抗値の計算結果を表1に示した。既往のデータと比較してもほぼ妥当な値をいえる。

表1 牛体背部の熱抵抗値

風速 (m/s)	状態	R_n (Kcal/m ² ·hr)	T_c (°C)	T_a (°C)	熱抵抗 (°C·m ² ·hr/Kcal)
3	$T_h = T_a$	- 280	38	13	$I_t + I_h = -(T_c - T_a) / R_n$ 0.09
	$T_h = T_s$	320			$I_a = (T_c - T_a) / R_n$ 0.08
5	$T_h = T_a$	- 240			$I_t + I_h = -(T_c - T_a) / R_n$ 0.10
	$T_h = T_s$	390			$I_a = (T_c - T_a) / R_n$ 0.06

5 おわりに

野外に係留した成牛1頭を対象に顕熱収支法を適用し、牛の局所顕熱放射量を測定した。得られた結果は次のようである。

- 1) 屋根などの使用により畜体の純放射量を調節でき、風速が安定していれば野外でも家畜の局所顕熱放射量の測定が可能であることが分かった。
- 2) 晴天夜間の測定結果より、風速が3 m/sと5 m/sのとき、牛体背部の対流熱抵抗値はそれぞれ0.08, 0.06 °C·m²·hr/Kcalとなった。また、体内組織と被毛の熱抵抗値の和はそれぞれ0.09, 0.10 °C·m²·hr/Kcalとなった。
- 3) 2時間を超える長時間の測定では、牛の体温調節が働き、皮膚表面温度が低下する場合があった。このため、顕熱放射量の測定は短時間に行うことが望ましい。

引用文献

- 1) Clark, J. A., Cena, K. and Monteith, J.L., 1973: Measurements of the local heat balance of animal coats and human clothing. J. Appl., Physiol., 35(5), 751 - 754
- 2) 皆川秀夫・立花一雄・奈良 誠, 1987: 放射, 風速ならびに気温が牛の体表温度に及ぼす影響. 家畜の管理, 22(3), 103 - 111

ヤマセと南部農業

佐々木信介

(弘前大 農)

私もこの農業気象学会東北支部の会員でございまして、支部の皆様方には日頃ご指導をいただいている一人であります。今日この北里大学で支部大会を開催されるに当たりまして、私に特別講演をするようにと言われてまして、非常に光栄に思っていると同時に重い責任を感じております。それで会場が当十和田市の北里大学で行うについては場所柄からいって、南部農業とそれに最も大きく影響を与えているヤマセとの関連につきまして、極めて些やかな知識しかもっておりませんが、「ヤマセと南部農業」という題で話させていただきます。しかしこれから私がお話することの多くは、私のオリジナルなものというよりは、今日お集まり会員の方々の多年に亘る業績とか、先輩の方々の業績をそのままお借りして、それを私なりにアレンジいたしまして南部を取巻くヤマセに関する業績を代弁させていただくに過ぎません。

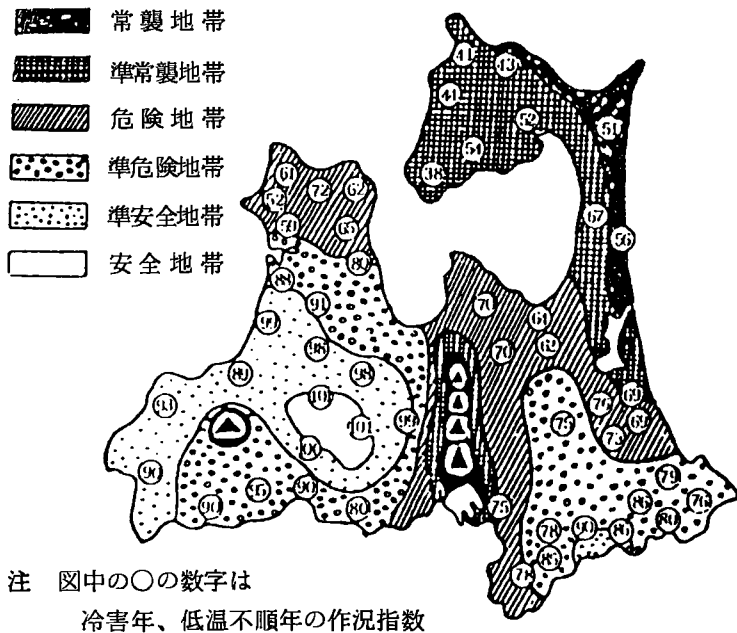
話の内容としましては、1. 南部地方の気象と冷害。2. 南部地方の土地利用の変遷。3. 水稻の安全多収技術の確立。4. 畑作物生産の推移。5. 適地適作による複合経営への転換、であります。なお私が今日お話いたします南部農業というのは、岩手県を除いた南部、その中でも青森県の十和田市、三沢市を含む上北郡と、八戸市を含む三戸郡を中心とした地域の農業についてお話ししようと思っております。青森県は大きく分けて津軽と南部になりますが、農業地域区分としましては7つに分けられていますが、そのうちの上北農業地域と三戸農業地域に相当いたします。

青森県では県農試により、昭和55年の大冷害を契機にして稲作の冷害危険度を作り、その地域区分を設定しております。これは農試で最近10か年の気象資料から、出穂日と平年の登熟気温の変動との関係を求め、さらに平年の穂孕期の早期限界と20℃と19℃以上の登熟気温が確保できる限界出穂期を算出し、これを基礎にして県内33か所の安全出穂期間を求めております。これに低温不順年の減収度合を判定するために、各市町村別平年収量と冷害年次の平均収量を対比して栽培技術水準の尺度を市町村別に求め、これらから稲作の冷害危険度について県内の稲作地帯を6つに区分しております。これが第1表と第1図に示されたものであります。

第1表 青森県の冷害危険度の地域区分

地帯名	作付面積比率(%)	代表地点	登熟気温		収量比 冷害年 平年 × 100
			R	S	
I 常襲地帯	2.1	小田野沢	18.6	(C)	51.4
II 準常襲地帯	4.0	むつ	18.5		52.1
III 危険地帯	18.4	野辺地	19.2		64.2
IV 準危険地帯	28.7	青森	20.1		89.2
			19.6		75.1
V 準安全地帯	32.9	黒石	20.7		98.9
			20.6		97.5
VI 安全地帯	14.0	弘前	21.4		100.4

注) R : 平年出穂期の登熟気温, S : 標準偏差 (青森県の資料から抽出)



注 図中の○の数字は
冷害年、低温不順年の作況指数

第1図 青森県の稲作冷害地帯区分図

これで見ますと、安全地帯と準安全地帯は津軽の中央部に偏在しており、残りの準危険地帯以下は下北郡を含めた南部地域に多く、その作付面積比率は53.2%を示しております。すなわち本日の私の話の対象地域である南部は、この常襲地帯から準危険地帯の中にすべて含まれているのであります。

それでは常襲地帯と安全地帯とで気象条件がどれ程の差違があるのか、県農試の「県内主要地点の過去30年間の平年気象表」から常襲地帯の六ヶ所村及び安全地帯の弘前市を代表としてとりあげて第2表のように気温と日照時間を比較してみました。

第2表 六ヶ所村（地域区分Ⅰ）と弘前市（Ⅵ）の気温及び日照時間の平均値

		5月	6月	7月	8月	9月	10月
最高気温	六ヶ所村	17.3	19.4	23.4	25.4	22.0	16.7
	弘前市	20.8	23.3	27.7	28.9	24.3	18.2
最低気温	六ヶ所村	7.7	11.8	16.3	18.6	14.8	8.5
	弘前市	8.2	13.3	17.8	19.0	14.1	7.4
平均気温	六ヶ所村	12.5	15.6	19.9	22.0	18.4	12.6
	弘前市	14.5	18.3	22.7	23.9	19.2	12.8
日照時間	六ヶ所村	231.6	196.6	199.8	189.2	171.7	171.9
	弘前市	262.2	253.4	247.2	236.1	197.8	181.3

これを見ますと5月から8月までで、最高気温では3.5度から4.5度、平均気温では2度及び3度、六ヶ所村の方が低いのであります。これを稲作期間の積算温度にしてみれば400度から500度という大きな差になってしまいます。次に月間平均日照時間（バイメタル）につきまして両者を比較しますと、六ヶ所村の方が1か月で約50時間少なくなっています。これもまた大きな違いといえましょう。なお付言しますと、月間日照時間は青森県をはじめ東北地方全般に5月が最大であるということも一つの大きな気象特性であると思っております。

このように南部地域は稲作を行うには気象環境がまことに厳しいところではありますが、このことはなにも今に始ったことではなく、江戸時代でも同じでありました。田中稔先生の「水稲の冷害」の中で、元禄、天明、天保の飢饉年における東北地方の困窮状況が紹介されており、餓死者が1年に数万人にも及んでいたと記されています。なおその時代の凶作について私が調べたところでは元禄時代は5年から16年までの12年間、天明の時は3年から6年まで4年間、天保時代は4年から9年まで6年間というように、それぞれ連続してしかも長期に亘って出現しておりますので、この全期間について推測いたしますと、数十万人にのぼる餓死者が出たことであろう。それで青森県の凶作を意味する方言として、津軽では「ケカジ」ということばがありますが、その語源は「飢渴」であろうといわれております。それに対して南部ではこの「ケカジ」も使われていますが、「ガシン」ということばもあります。これは「餓死」から転化したものでであろうと考えられています。ですから凶作といっても津軽ではせいぜい飢える程度であります。南部では餓死してしまうというくらいの違いがあったように考えられます。

次に明治以降の東北地方におけるおもな冷害年について調べてみますと、大凶作が明治35、38、39年、大正2年、昭和に入って9、16、20、55年と8回あり、凶作は昭和6、10、28、51年と4回ございます。しかし青森県についていえば、このほかに昭和年代だけでも15、29、41年がそうであり、そのうち、29年は凶作でした。

これらの冷害発生に最も係わりが深かったのはヤマセでありまして、これに関するご研究は青森県農試におられた羽生、阿部両先生をはじめ古くから多くの研究者によって受け継がれているばかりでなく、東北農試、岩手、宮城の各農試の方々及び私どもの弘前大学でもト蔵先生が精力的に続けておられ、また岩手大学の先生方も取り組んでおられます。

このヤマセの出現時期と日数について、青森農試の多田さん達が1962年から22年間の資料に基づいて調査されたところでは、平均6月は19.7日、7月、19.5日、8月、16.5日で、年間を通じてこの3か月に集中的に多発しております。また最多発生日数は、1974年の6月に27日、82年の7月にも同じく27日、同年の8月には26日発生しています。これによっても出現頻度が極めて高いことがよく理解できます。

次にラントサットの画像から青森県の様子を見てみますと、津軽には岩木川の本支流の流域に広がる津軽平野がありますが、これに対して南部地方は大部分が山地と丘陵でありまして、平野部は極めて狭少です。このことから南部地域には水田適地はあまり多くないことが想像されます。

ではこの南部地方で実際にはどのように水田が開発されてきたのかを検討したいと思います。耕地面積の推移を明治27年（1894年）と昭和15年（1940年）とで比較してみますと、明治27年の水田

面積は、三戸郡が5,889町に対し上北郡は4,274町で三戸郡が約1,600町多かったのであります。それが昭和15年には三戸郡が7,900町に対し上北郡は12,396町で、この時には逆に上北郡の方が約4,500町多くなっているのです。これはこの46年間に上北郡では水田面積が約8,000町増えたというだけではなく、明治27年には水田面積が全耕地の24%しかなかったものが昭和15年には40%を占めるまでになったのであります。他方三戸郡は水田の増加面積は約2,000町であり、全耕地に対する面積割合も20%から28%に伸びたに過ぎませんでした。また同じこの期間における水田と畑のそれぞれの増加面積を比較してみると、県全体では水田面積の増加は畑の増加面積の121%であるのに対しまして、南部地方の2郡の合計では水田の増加面積は畑の増加面積の190%にも達しております。このように南部では明治以降急速に水田が拡大されたのでありますが、この傾向は上北郡において特に顕著でありました。

このことをヤマセとの関係で考えてみますと、当時であっても現在と同様、この地域にはヤマセが頻繁に来襲してきたでありますし、そのため稲作が受けた被害も現在よりもっと大きなものであったろうと思われます。そういう危険性があるのにもかかわらず、比較的安全な畑作よりも稲作を拡大しようとしたのは一体なぜなのでしょう。その理由については当時の社会的、経済的背景から考えてみますといろいろなことが挙げられると思いますが、その一つはそのころ米に対する需要が急に高まってきたことが考えられます。と申しますのは、東北本線が開通したのは明治24年でありまして、これによって東北北部のみちのくが東京を中心とする首都圏と直接行き来できる交通機関が整備されましたのですから、すべてのことに活気が出、農産物の需要は増大し、南北の交流が高まり経済圏も拡大していったと考えられます。また北の北海道の開発も明治以降急速に伸展し、本県の農作物が海を越えて運搬され、北海道は本県農作物の良き市場となり、交易はますます盛んになってまいりました。県内におきましても、八戸、十和田市の前身である三本木、三沢市の前身である大三沢等も人口が増え、従って農産物の需要は増大してまいりました。このようなこともありました。水田面積激増に対する最大の理由は、米価が高かったということでしょう。明治20年ころ1石が3円台であったものが、30年には12円、大正に入って7年の米騒動の時には30円となり、更に大正10年に85円にまで急騰しているのです。もっともこのように米の値段が高くなったことで儲けたのは主として地主階級であり、また自作農民です。当時の農業者の多くは小作人でありましたが、この小作農民には高米価による恩恵はほとんどありませんでした。従って地主は積極的に開田に努力したのであります。

先程明治27年には三戸郡の方が上北郡よりも水田面積は1,600町も広がったと申しましたが、その理由を考えてみたいと思います。気象環境からいえば、今でも三戸郡の方がヤマセの影響は少なく、上北郡に優っていますが、その外に歴史的にみて社会環境が大きく寄与していると思います。三戸郡には八戸市も含めておりますが、ここには南部藩の居城があった所であります。南部氏の祖先是古く甲斐源氏であります。頼朝が奥州の藤原氏を攻略した時の功績により三戸郡領地をもらい、今の三戸町に居城を構えました。それが今から約900年近くも昔のことです。その後28代目の藩主重直が盛岡に移ったのが約380年程前とのことです。その後間もなく八戸に分立して八戸藩ができ八戸南部氏の居城が置かれました。このように三戸郡にはかなり古くから領主の居城が

あり、行政的にも軍事的にも重要な位置を占めていたのであります。従いまして食糧の確保が急がれ、適地と思われる所はただちに開田されたようで、これが三戸郡が上北よりも水田面積が多かった大きな理由の一つであろうと思います。それと先程も少し触れましたように、この2郡の米の反収を比較してみますと三戸郡の方が高いのであります。明治38年は凶作の年でありましたが、上北郡の反収がわずか2斗であったのに対し、三戸郡は5斗7升でした。大正、昭和に入ってもこの傾向は変わらず、ほぼ1俵から1.2俵の反収差があります。

このように三戸郡が多収であり、上北郡は低収であったにもかかわらず米に対する人間の欲求は激しく強いものであり、稲の品種改良や栽培技術の進歩もあって、上北郡は後年になってどんどん開田を進めていったのであります。そして大正に入りますと2郡の水田面積は逆転して上北郡の方が多くなり、現在では上北郡が25,000haであるのに対し、三戸郡は9,000haに過ぎません。

これまでは郡単位でみた稲作の状況についてお話しましたが、これを1戸当たりでみた場合にはどうであったかと申しますと、戦後1950年の農業センサスによれば1戸当たりの水田面積は、全県では5.9反であり、上北郡では5.7反、三戸郡は3.7反となっており、三戸郡の戸当り面積が最小であります。当時の農家構成からいえばこの程度の面積から得られる米の量は、反収も低かったので一般農家では自家用程度で、販売に仕向けることができたのはごく限られた農家だと思われます。他方畑に関しては1戸当たり面積が全県では3.7反、上北郡では9.2反、三戸郡では7.1反となっており、南部では圧倒的に広い面積を所有しています。それで南部におきましては畑作物が自家用飯米の不足を補ったり、販売、換金作物として重要でありました。この時のセンサスによって、日本海側、いわば津軽と太平洋側とで作付している種目がどのような違いがあるかをみてみますと、水稻の作付面積割合は西津軽郡では79.8%、中津軽郡で54.2%であるのに対し、上北郡では37.5%、三戸郡では29.6%となっており、稲作割合は津軽の方が遥かに高かったのであります。それに対して普通畑作は西津軽郡で12%、中津軽郡が42.3%でありましたが、上北郡では61.7%、三戸郡では62.7%を占め、南部の方が断然高い割合を示しています。当時畑作物として何が作付けされていたかといえ、上北、三戸両郡とも雑穀が多く、それぞれ全耕地の20%、24.5%にものぼり、次いで豆類が17.3%、15.7%となっております。やさいは当時南部で5%乃至6%、津軽では普通畑作の中では最大の面積でしたが、それでも割合からいえば5%から8%程度でありました。

さてこのような作物を栽培して得た収穫物は、大別すれば自家用と販売用とになります。それでこの割合がどの程度であったかを知りたいため、昭和22年の臨時センサスをみてみますと、当時県内では自給にだけ供していたという農家が50.2%もあり、下北を含む南部3郡では実に63.7%の農家が自家用に回していたのであります。それでは販売農家の中では、どんな作目が主軸を占めていたかといえますと、やはり稲が最も多く、県全体では33.4%の農家があり、これは販売農家だけでいえばその67.2%に当たります。稲作にとっては津軽より不利だとされた南部3郡でも、全体の19%の農家が稲作中心に収入を得ており、販売農家だけではその52.3%となっております。これからみましても販売作物としては稲が中心的存在であり、津軽地方は勿論のこと南部でも力を入れていたのは稲作であったといえます。

先程明治27年と昭和15年と対比して耕地面積の推移についてお話しましたが、その後の推移を上

北郡を例にとってみますと、昭和元年から60年までの60年間にどのように変っていったかという、昭和の初めには水田面積 9,000 ha 弱であったものが、昭和40年から45年にかけて一つのエポックがあり、この頃本県では開田ブームで上北郡の水田も25,000haに達しました。それまでは畑面積の方が水田より広がったのでありますが、この年を境にいたしまして水田の方が畑より 3,500 ha 程広い面積を占めるようになりました。これはとりもなおさず当時米価は着実に上昇したのに、他の畑作物は価格も需要も不安定であり、生産者にしてみれば絶えずリスクを予想せざるを得ない状況でありました。また農業基本法制定以後実施された構造改善事業も、その主たる対象を水田に置いて展開されてきたのも一因でありましょう。このように上北郡で開田が進んだ実態について、私の学部のト蔵先生も調査されており、昭和35年以後水田面積は増加し始めますが、特に40年以後急速に上昇し、内陸部では六戸町、沿岸部では三沢市、六ヶ所村等で顕著にその傾向を認めております。

このように水田面積は増大してきたのでありますが、水稻の栽培技術の方は一体どうだったのでしょうか。先に申しましたように南部地方はヤマセの影響もあって、津軽に比べると収量はかなり低かったといえます。いま各年次毎に県全体の平均単収に対する南部地方の平均単収の割合を調べてみますと、昭和32年以前は県の平均単収に対して、大冷害のような極端な年を除くとおおそ80%くらいの水準でありました。それが32年以後は約90%に上昇してきています。特に36年には102%と津軽よりも高い収量を示しております。この年は異常気象といってもよいかと思いますが、9月に入ってから高温の日が続き、津軽でも滅多にみられない高温障害が出現したために平年よりも減収になったと考えられます。それに対し南部地方ではその高温がむしろ幸いいたしまして登熟が良くなったものであります。いずれにしても大局的にみれば32年以後は県の平均収量にかなり接近するまでの単収をあげられるようになったといえます。では何故そのような高水準に達することができたのでしょうか。それには土地改良や基盤整備なども関係していたのでありましょうが、私は品種改良と栽培技術の改善が大きな役動を果していると思います。ご存知のように当十和田市には青森農試の藤坂支場があり、創設以来水稻の耐冷性品種育成に心血を注いでこられています。ここで育成された本県の奨励品種になったものは数多いのでありますが、中でも藤坂5号は昭和24年に、トワダが31年、フジミノリは35年でレイメイが指定されたのは41年であります。これらはいずれも耐冷性に優れているだけでなく多収性も示し、南部稲作に大きく貢献しております。

栽培技術の改善につきましては、まず育苗法の改良が考えられます。水稻の育苗法は従来本県に限らず東北全体が「通し苗代」といって、水苗代が大部分を占めていたのですが、これが保温折衷苗代に変わります。上北郡でいいますと、昭和28年には水苗代が90%でありましたが、30年には折衷苗代が50%にも普及しています。この保温折衷苗代は更にビニールトンネル畑苗代に改善されますが、上北郡では36年にこのトンネル畑苗代の利用が88%にも達しております。このようにわずか10年足らずのうちに水苗代から折衷苗代へ、更に畑苗代へと改良され健苗育成に努力したのであります。技術改善の2番目は移植時期が早くなったことでもあります。上北郡について調べてみますと、昭和28年頃は6月10日までに81%の水田が田植が完了していましたが、ところが32年には5月31日までに73%、6月10日には98%が田植を終わり、38年になりますと5月20日までに73%、31日

までには97%が終了しています。このように6、7年の間に田植時期はほぼ20日早くなっており、水苗代時代には津軽よりも遅かった田植が、畑苗代になり健苗が育成されるようになって逆に南部の方が津軽よりも田植時期は早くなったのであります。栽培技術の改善でもう一つ考えられるのは施肥法であります。青森県といえば深層追肥が有名であります。これは田中稔先生達の開発された施肥技術でありまして、昭和36年には全県的に奨励され普及されております。従来東北・北海道における稲作の施肥としては基肥オンリーというのが定説になっておりました。それは栄養生長期から生殖生長期に移行する間の、いわゆる栄養生長停滞期が北海道ではマイナス、東北ではゼロであり、追肥の効果がともすれば栄養生長に現われ、生殖生長にはむしろ有害になる危険性があるということからだと考えられます。それが本県でも追肥をしても安全でかつ多収に結びつくことが立証され、その技術が確立し、普及されて増収をもたらしたということでもあります。

このように本県南部地方の稲作は、品種改良と技術革新に支えられて増収傾向を歩んでまいりましたが、これを同じ太平洋側に位置する岩手県の稲作と比較してみようと思います。それで岩手県の平均単収と本県南部の平均単収を、昭和11年から比べてみますと、岩手県の単収が昭和31年までは南部の単収を上回っておりました。ところが32年からは逆転して南部の単収が岩手県よりも高くなっているのであります。これには例えば品種についても、岩手県では単に耐冷多収というだけでなく、食味についても佳良な品種を選択しているということなどもあって、単収だけで一概に技術水準の比較をすることは困難であります。数値の上からだけであればこのような結果であります。

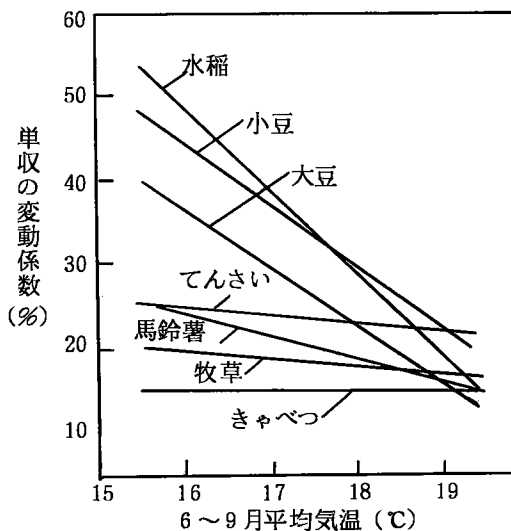
次に畑作物について検討してみようと思います。かつては南部農業の主流は面積的にみて畑作でありましたが、そこで栽培されていたものにはどのようなものがあつたかといいますと、明治、大正までは大豆とアワ・ヒエ・ソバなどの雑穀が最も多く、昭和に入っても戦前から戦直後にかけましてはこれらのほかに、小麦、馬鈴薯、なたねなどが加わりましたが雑穀類は急減し、36年頃からは乳牛の導入に伴って飼料作物が多くなり、更に集約的な野菜の面積も伸びてきております。

第3表に示しますのは内島立郎さんの研究報告から引用させていただいたものであります。これによりますと北海道の6月から9月までの平均気温と単収との関係には、作物の種類によってかなり大きな違いのあることがわかります。この表でみますと単収の変動係数が6月から9月までの平均気温によって大きく影響を受ける作物は、水稻をはじめといたしましてすいか、小豆、大豆、とうもろこし、菜豆などがあり、これら作物の収量はこの4か月の平均気温に左右されやすいものと考えられます。それに対しまして比較的単収の変動係数に影響が少ないものとしましてはねぎ、かぶ、だいこん、きゃべつ、結球はくさい、ほうれんそう、ごぼう、にんじん等があり、これらは夏の平均気温による影響が比較的少ないものといえます。この関係を図で示したものが第2図であります。これで見ましても水稻、小豆、大豆は平均気温によって単収の変動係数は大きく変化しております。しかしてんさい、牧草、きゃべつはほとんど平均気温による影響はございません。ここで気がつくことは夏の平均気温にあまり影響を受けないものには一般的に根菜類が多いということです。十和田市史によって大正2年の大冷害の時に、前年収量に比べて農作物がどれくらいの収量であったか、その割合を示した資料がありますが、米は対前年20.6%に過ぎなかったのに馬鈴薯は90.6%、ソバは72.4%とかなり高い収量をあげており、馬鈴薯、ソバなどは低温の影響をあまり

受けないことが明らかであります。

第3表 北海道地域における6～9月平均気温 (θm)と単収の変動係数 (Yu)
の関係式

作物	関係式	作物	関係式
水稲	$Yu = 218.2 - 10.35 \theta m$	きゃべつ	$Yu = 18.3 - 0.20 \theta m$
小麦	$= 47.2 - 1.69 \theta m$	結球はくさい	$= 19.6 - 0.09 \theta m$
裸麦	$= 37.2 - 1.34 \theta m$	ほうれんそう	$= 20.0 - 0.26 \theta m$
えん麦	$= 55.6 - 2.48 \theta m$	ねぎ	$= 13.4 - 0.32 \theta m$
ばれいしょ	$= 67.6 - 2.73 \theta m$	玉ねぎ	$= 102.3 - 4.23 \theta m$
とうもろこし	$= 122.0 - 5.52 \theta m$	だいこん	$= 17.5 - 0.26 \theta m$
そば	$= 63.4 - 2.65 \theta m$	かぶ	$= 14.2 - 0.11 \theta m$
ひえ	$= 57.6 - 2.35 \theta m$	にんじん	$= 28.6 - 0.99 \theta m$
大豆	$= 147.4 - 6.92 \theta m$	ごぼう	$= 24.7 - 0.85 \theta m$
小豆	$= 168.7 - 7.72 \theta m$	未成熟とうもろこし	$= 83.8 - 3.66 \theta m$
菜豆	$= 120.0 - 5.50 \theta m$	アスパラガス	$= 72.4 - 2.90 \theta m$
えんどう	$= 60.8 - 2.32 \theta m$	てんさい	$= 39.7 - 0.94 \theta m$
きゅうり	$= 56.8 - 1.72 \theta m$	青刈とうもろこし	$= 29.9 - 0.79 \theta m$
かぼちゃ	$= 79.8 - 3.61 \theta m$	まめ科牧草	$= 40.7 - 1.31 \theta m$
すいか	$= 219.6 - 9.47 \theta m$	いね科牧草	$= 30.8 - 0.70 \theta m$
なす	$= 52.4 - 1.60 \theta m$	混播牧草	$= 48.9 - 1.54 \theta m$
とまと	$= 28.9 - 0.05 \theta m$		



第2図 北海道地域における数種の作物の6～9月
気温条件と単収の変動係数との関係

さて青森県は昭和45年の稲の生産調整以来野菜の栽培面積は増えて参りました。昭和59年現在で青森県の野菜が全国の野菜に対する位置づけをみますと、ながいも、にんにくが作付面積、収穫量ともに第1位であり、馬鈴薯、にんじんが5位以内にあり、10位以内のものとしてはだいこん、スイートコーン、すいか、露地メロン、かぼちゃ、えだまめ、ごぼうなどがあります。これらの野菜をみますと根菜類と果菜類に大別することができます。いま県内の生産地との関係をみますと、概括的には根菜類は南部、果菜類は津軽という地域分布がみられます。もっともだいこんは津軽でもかなりの生産があり両地域でほぼ折半しています。このように本県ではヤマセの影響が強い冷涼な南部地帯では根菜類を選び、気象条件のよい津軽では果菜類が主軸になっております。

それではこれらの野菜の所得はどうでありましょうか。稲に代っての転作ですから稲並みの所得が望まれるわけであります。青森県の10a当たり所得を57年から3か年の平均でみますと、水稻は8万円であったのに対し、にんにく32万円、ながいも23万円、にんじんは9万円でした。ほかにきゅうりが43万円、キャベツ15万円などありますが、いずれも水稻の8万円を上回っております。またにんにく、ながいも、きゅうりなどは、りんごの所得18万円に比べても高い値を示し、極めて有利な作目といえます。従いましてにんにく、ながいもの作付面積は年を追うて増大し、今では日本一の主産地となったのであり、しかもそれはこの南部地方で主に栽培されているのであります。

このように畑作物の栽培種目の内容が変化し、高所得の作目が選ばれてきたのですが、その選択にあたりましては当然のことながら気象環境に適応したもの中から選んでおります。この間の作付面積の推移についてももう少し詳しく申しますと、ながいもは昭和50年には全国で6,730haであったものが、58年には7,700haで、この間に14%の増加に過ぎません。ところが本県では1,010haから2,350haと133%も増加していて、他県の追従を許しません。なお本県のながいもが統計表に出てきたのは昭和37年ですが、当時の作付面積はわずかに178haでありまして20年間に13倍にも増加したことになります。また本県におけるながいもの今後の作付計画であります。昭和70年には2,800haを見込んでおり、そのうち上北郡では1,660ha、三戸郡で960ha、この2郡で全体の約94%にあたる2,620haとなっております。次ににんにくであります。全国では昭和51年の作付面積が3,080haで、59年には3,280haとこの間の伸びはわずかに6%でありました。本県では同じ期間に473haから1,310haと177%も増加したのであります。なお44年の本県における面積は45haでありましたから、15年間で実に29倍にも増大したことになります。今後の計画によりますと70年には1,450haが見込まれております。そのうち上北郡で340ha、三戸郡では700haで三戸郡が中心となりますが、2郡で1,040haになり全県の約72%を南部で占めることになります。

さてこのように南部地域では新しい作目の栽培面積が増大しつつありますが、このような作目の変化が個々の農家の所得にどのような影響を及ぼしているのかをみようとして、「農業所得統計」によって青森県の農家1戸当たり生産農業所得の市町村別順位を、昭和43年と59年について比較してみました。いずれの年も県内で上位10番目までの市町村について調べたのでありますが、43年の県平均1戸当たり農業所得が53万4千円でありましたが、第1位は稲垣村で116万2千円、第10位の五所川原市は71万8千円であります。この上位10か市町村のうち南部に属しますのは3位の上北町、4位の六戸町、9位の十和田市の3市町だけです。更にこれら10市町村について米の生産額の

状況をみるため、米の粗生産額が農業粗生産額に占める割合をみますと、第1位の稲垣村は93.9%も占めており、最も低い所でも8位の森田村が60.4%で、大部分の市町村は70%以上が米の生産であります。南部の3市町も70%以上になっております。それに対して昭和59年はどうでしょうか。この年はご承知のように稲が未曾有の大豊作であり、青森県の平均単収が621kgという日本記録を作った年であります。この年の上位10市町村をみますと、第1位は倉石村265万8千円で県平均の169万円に比べますと約100万円近く多いのであります。この倉石村は三戸郡にある村ですが、10位までの中に南部の町村は、3位の東北町、四位の三戸町、6位の南部町、10位の田子町で合せて5町村が含まれております。従って残りの5町村は津軽であります。これら上位10町村の米の粗生産額が全農業粗生産額に占める比率は、米の大豊作年であったにもかかわらず、43年の時とは違っ
てかなり低くなっています。最高の比率を示す稲垣村でも90.8%で43年に比べ4ポイント程落ちて
います。この中で50%以上を示しているのは5位の木造町、8位の稲垣村、9位の森田村の津軽3
町村だけであり、これら3町村は43年には稲垣村の第1位をはじめとしていずれも上位にランクさ
れており、米の生産比率も更に高いものでした。ところが59年には上位の町村の米生産比率は低く、
20%以下になっております。

それで59年の順位を43年次の順位と比べてみますと、1位の倉石村は43年には29位、2位の相馬
村は39位、3位の東北町は26位、4位の三戸町は43年倉石町と同じ29位であったというように、上
位の順位は全く変わってしまいました。このように変化した要因として考えられるもののうちで、大
きなことは今申したように稲の作付比率を下げ、他の作目、特に果実や果菜の作付面積が伸び、
家畜も導入された複合経営によって総合的に所得を増大していることが目につきます。とくに所得
が著しく増しているのは、これまでヤマセに悩まされ苦しめられて農業不振をかこっていた南部の市町
村であり、これらの市町村が今では気象環境良好といわれる津軽地域の農業を凌駕するまでになっ
てきております。なおお付言しますと59年度の市町村別平均1戸当たり農業所得で、本県の上位6町
村が東北6県の全市町村順位の10位までに入っており、そのうち南部の4町村が含まれており、倉
石村は東北で第3位でありました。

このようにみてまいりますと、南部の農業というのはヤマセという自然条件に苦しめられ続けて
きたのですが、それに堪え、それを克服し、稲作においても津軽にほぼ近い収量水準にまで到達し
更に水田利用再編対策という行政的圧力が加えられましても、ヤマセという気象環境をむしろ逆に
利用して、経営内容を改革し豊かなものにしていくといえます。

非常に雑駁なお話で恐縮でしたがこれで私の講演を終らせていただきます。長時間ご静聴いた
さきありがとうございます。

支 部 記 事

1 昭和61年度支部会の開催について

昭和61年度の日本農業気象学会東北支部会は、青森県十和田市、北里大学獣医畜産学部において開催されました。60年度は岩手県三陸地方で開催され、今年度は青森県南部地方での開催となり、当地域での支部会開催は初めてでありました。支部会開催にあたり、大会運営委員長の北里大学獣医畜産学部一戸貞光教授を初め、青森県農業試験場関係者、北里大学獣医畜産学部関係各位のご尽力並びにご協力を得、盛会のうちに終了致しました。

また、お忙しい中特別講演をお引受け下さいました、弘前大学農学部教授佐々木信介先生に対し心より厚くお礼申し上げます。

更に、現地見学会等で参上したそれぞれの関係各位に大変お世話になり、心より厚くお礼申し上げます。

記

8月21日（木）研究発表 20課題 場所、十和田市、北里大学獣医畜産学部
役員会
特別講演「ヤマセと南部農業」 佐々木信介 氏（弘前大農学部教授）
総 会
懇 親 会

8月22日（金）現地研修会

肉牛繁殖肥育農家—青森県農試藤坂支場—青森県畑作園試園芸部—やませ被害防止防風林設置実験圃場—国鉄三沢駅（解散）

2 昭和62年度支部会開催のご案内

昭和62年度の日本農業気象学会東北支部会は秋田県の担当になっており、秋田県農業試験場等のお力添えにより別記日程で開催する運びとなりました。会員多数のご参加をお願いします。

3 会員異動

入所者

氏 名	所 属
齊 藤 満 保	宮城県農業短期大学
内 藤 文 男	野菜茶試盛岡支場
工 藤 義 一	盛岡農改葛巻駐在
十文字 正 憲	八戸工業大学
井 上 君 夫	東北農業試験場
昆 幸 雄	テレビ岩手ウェザーセンター
檜 橋 正 大	米軍三沢基地
山 崎 福太郎	（会 友）
荒 井 義 光	福島県試会津支場

退会社

上田邦彦、杉本文午、須藤孝久、本橋罔司、大川 晶、浅野清美。

4 会員動静

中国三江平原農業総合試験場計画の専門家として長期派遣で、黒龍江省哈尔滨市に滞在中の支部評議員並びに本部評議員の谷口利策氏及び同計画の団長で赴任されている前支部長坪井八十二氏の両氏は、お元気で活躍の様子です。

なお、坪井団長は1年間の任期を終え帰国され、後任には本会会員前農業環境技術研究所長久保祐雄氏が7月に赴任されました。久保、谷口氏のご健勝をお祈り申し上げます。

両氏の滞在先は下記の通りです。

中華人民共和国黒龍江省哈尔滨市南岗区学府路50号

黒龍江省農業科学院 低温冷害研究中心

本庄一雄支部長は中華人民共和国吉林省吉林大学に6月25日-7月24日までの期間出張のため、6月24日盛岡を出発いたしました。

5 寄贈図書

北海道支部、北陸支部、関東支部、東海支部、近畿支部、中・四国支部、九州支部の各支部より、支部会報、支部会誌を載いております。会員のご利用は事務局までご連絡下さい。

6 昭和61年度会計決算、昭和62年度会計予算

昭和61年度 会計決算報告 (62, 3. 31) 昭和62年度 会計予算

収 入			支 出			収 入		支 出	
項 目	予 算	決 算	項 目	予 算	決 算	項 目	金 額	項 目	金 額
前期繰越金	20,000 ^円	22,015 ^円	通 信 費	30,000 ^円	25,500 ^円	前期繰越金	15,000 ^円	通 信 費	30,000 ^円
個人会費	360,000	329,000	振 替 費	5,000	3,100	個人会費	380,000	振 替 費	5,000
賛助会費	20,000	20,000	事 務 費	4,000	3,675	賛助会費	20,000	事 務 費	4,000
雑 収	100,000	140,803	旅 費	25,000	23,900	雑 収	80,000	旅 費	25,000
			印 刷 費	360,000	389,000			印 刷 費	360,000
			会 議 費	40,000	40,000			会 議 費	40,000
			雑 費	30,000	20,000			雑 費	30,000
			予 備 費	6,000	5,900			予 備 費	1,000
合 計	500,000	511,818	合 計	500,000	511,075	合 計	495,000	合 計	495,000

次年度繰越金 511,818円 - 511,075円 = 743円

昭和62年度支部会開催の案内

昭和62年度の日本農業気象学会東北支部会は秋田県の担当になっておりまして、下記の日程で開催することになりましたので、会員多数の御参加をお願いします。

日 時；昭和62年8月20日（木）～8月21日（金）

場 所；秋田県農業試験場 画010¹⁴ 秋田市仁井田字小中島111
 電0188-39-2121

[開催要領]

第1日目（8月20日）

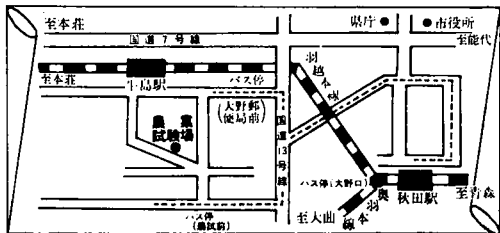
11:00～12:00	役員会	} (農業試験場)
13:00～17:00	研究発表	
17:10～17:40	総会	
18:30～20:30	懇親会	(市内)

第2日目（8月21日）

現地研修会

8:00～15:00 由利地方の農業事情

稲作実証田 — 由利原高原（稲作、畜産） — 温水路施設 — パイプ灌
 がい施設 — 秋田駅解散



交通：(1)奥羽本線秋田駅下車、バス20分
 中央交通バス
 ○仁井田線→農試入口下車、徒歩5分
 ○岩見三内、種平、四ツ小屋、大正寺の各線→大野口下車、
 徒歩10分
 市営バス
 ○仁井田線→大野口下車、徒歩10分
 ○大住閉地線→終点、徒歩2分

賛助会員名簿

会 員 名	住 所	主たる事業
東北電力株式会社	仙台市東二番町 70	電力の開発, 販売
美和電気工業株式会社	仙台市立田町14番3号	計測機器販売
(株)旭商会 仙台店	仙台市上杉一丁目 9-38	計測機器販売
東北化学薬品株式会社	弘前市茂森町 126	化学薬品販売
八戸科学社	八戸市内丸 14	理化学器機械販売

日本農業気象学会東北支部会則

昭和30年	4月1日	実 施
昭和31年	12月19日	一部改正
昭和35年	12月22日	同
昭和37年	12月4日	同
昭和39年	1月31日	改 正
昭和42年	1月27日	一部改正
昭和45年	12月19日	同
昭和49年	9月13日	同
昭和53年	10月28日	同
昭和59年	9月27日	同

第1章 総 則

第1条（名称）：本会は日本農業気象学会東北支部とする。

第2条（目的）：本会は日本農業気象学会の趣旨に則り東北における農業気象学の振興をはかることを目的とする。

第3条（事務局）：農林水産省東北農業試験場農業気象研究室におく。

第2章 事 業

第4条（事業）：本会は第2条の目的を達成するために次の事業を行う。

- (1) 農業気象についての研究発表会、講演会、談話会などの開催。
- (2) 機関誌「東北の農業気象」の発行。
- (3) その他必要と認める事業。

第5条（事業年度）：本会の事業年度は毎年4月1日に始まり翌年3月31日に終る。

第3章 会 則

第6条（会員）：本会の会員は正会員、賛助会員、名誉会員とする。

- (1) 正会員は本会の趣旨に賛同し、入会を申込んだ者。
- (2) 賛助会員は本会の目的事業に賛同する個人または団体で別に定めるところによる。
- (3) 本会の発展に著しい貢献をした者のうち評議員が推薦し総会が承認したものを名誉会員とする。

第4章 役 員

第7条（役員）：本会に次の役員をおく。

支部長	1名	評議員	若干名
監 査	2名	幹 事	若干名

第8条（任務）：

- (1) 支部長は支部の会務を総理し支部を代表する。支部長事故あるときまたは欠けたときは支部長があらかじめ指名した評議員がその職務を代行する。

- (2) 評議員は評議員会を構成し重要な会務を評議決定する。

- (3) 監査は本会の会計を監査する。

- (4) 幹事は支部長の命を受け本会の事務を執行する。

第9条（選出）：

- (1) 支部長は評議員会が選出し、総会に報告する。

- (2) i 評議員は東北地方在住の会員のうちから選挙により決める。うち4名を本部評議員として互選する。

- ii 支部長は自動的に本部ならびに支部評議員の資格をもつ。

- (3) 監査は支部長が会員の中から2名を委嘱する。

- (4) 幹事は支部長が会員中から委嘱する。

第10条（任期）：役職の任期は2年とし、重任を妨げない。

第11条（解任）：役員または顧問が東北地方を離れ、またはその職場を退いた場合には自然解任となる。

第5章 顧 問

第12条（顧問）：本会に顧問をおくことができる。顧問は支部長が委嘱する。

第6章 会 議

第13条（会議）：本会には総会と評議員会をおく。

- (1)（総会）：年1回開催し支部長が招集する。但し臨時に招集することができる。

- (2)（評議員会）：必要に応じ支部長が招集する。幹事は評議員会に出席し発言することができる。

第7章 会 計

第14条（会計年度）：本会の会計年度は事業年度と同じである。

第15条（経費）：本会の経費は会員の会費および寄付金などによる。

第16条（会費）：支部年会費は次のとおり前納とする。

正会員 2,000円

賛助会員については別に定める。

第17条（決算）：会計の決算は会計年度終了後速かに監査を経てその後最初に行われる総会に報告しなければならない。

第18条 その他は本部会則に従う。

第19条（会則の改正）：この会則の改正は総会の決議により行う。

あらゆる 気象観測, 用計測器

各種 温度, の検出端, 測定機器

P H, 濁度, 他 水質, 監視用計器

指示記録, から データー処理, まで

業界のトップレベルの機器を駆使してお客様にご満足いただける
計測器・計測システムをお届けさせていただきます。
お問合せは当社セールスサービスネットワークをご利用下さい。

横河北辰電気・横河ヒューレット・パッカード・中浅測器
東北・北海道地区代理店

美和電気工業株式会社

東北地区支店. 出張所

仙台支店	〒980	仙台市立町14番3号	☎(0222)21-5466
三沢出張所	〒033	三沢市南町2-31-3733	☎(0176)57-0266
山形出張所	〒990	山形市松波1-16-9 (カネマルビル201)	☎(0236)32-0221
秋田出張所	〒010	秋田市大町3-4-39 (大町3丁目ビル)	☎(0188)63-6081
盛岡出張所	〒020-01	盛岡市前九年3丁目19-52(武藤ビル2階)	☎(0196)46-4341
福島出張所	〒960	福島市北五老内町8-13 (北五ビル2階)	☎(0245)31-6320
いわき出張所	〒974	いわき市植田町南町2丁目3番地	☎(0246)63-2059
郡山出張所	〒963	郡山市島1-14-22	☎(0249)33-8732

北海道地区支店. 出張所

札幌支店	〒001	札幌市北区北20条西7-20	☎(011)737-2151 ☎(011)716-3556
苫小牧出張所	〒053	苫小牧市新明町4-12-11	☎(0144)55-5860
旭川出張所	〒078-11	旭川市東光12条8丁目52-37	☎(0166)32-5022
釧路出張所	〒085	釧路市浪花町11丁目2番地	☎(0154)23-6496

本 社 〒160 東京都新宿区新宿2丁目8番1号(新宿セブンビル4階) ☎(03)341-2101

論文

植物組織培養器内環境の基礎的研究		(1) 中立状態で粗度がパルス状に変化する場合 (英文) …………… 本條 毅・高倉 直	137
(1) 液体培地における培地組成と水ポテンシャル の関係……古在豊樹・富士原和宏・渡部一郎	1	亜熱帯小笠原におけるトマトの着果に及ぼす水ス トレスの影響 …………… 小沢 聖	197
北陸地域における農業気候特性の評価と利用に 関する研究		剰生産力に対する個葉の光合成・呼吸速度の影 響のシミュレーションによる解析(英文) …………… 及川武久	207
(1) 積雪日数データのメッシュ化とオオムギの栽 培地帯区分へのその応用	7	9時の地温プロフィールによる月平均日最高最低 地温の推定 (1) 正弦変動モデルに基づく簡易な数値的方法 …………… 小林哲夫・神近牧男・松田昭美	217
水蓄熱式太陽熱温室		チャンパー法による土壌面 CO ₂ フラックスの測 定 …………… 井上君夫	225
(1) 水耕栽培用システムの熱特性	19	9時の地温プロフィールによる月平均日最高最低 地温の推定 (2) 日照時間を併用する方法 …………… 神近牧男・小林哲夫・松田昭美	231
温室用暖房機の間欠燃焼時における熱効率		気象指標からみた四国傾斜地における野菜栽培の 立地配置 …………… 真木太一・玉置磐彦	239
(1) 着火による熱損失および間欠燃焼の継続が 暖房機の熱効率におよぼす影響	29	直達・散乱成分を考慮した斜面全天日射量の簡易 推定法 …………… 古藤田一雄	249
温室用暖房機の間欠燃焼時における熱効率		Nigeria の Kabbai における気候とソルガムの生育 (英文) …………… O. J. Olaniran・J. S. Babatolu	301
2. 間欠燃焼時の暖房システムの熱効率	37	作物の蒸発散に関する研究 (2) 大豆畑の蒸散量と蒸発量の分離評価(英文) …………… 桜谷哲夫	309
水蓄熱式太陽熱温室		雨と植物反応に関する研究 (X) インゲンマメの生長に対する降雨の期間と強 度の影響 …………… 木村和義	319
(2) 地中熱方式の基礎的検討	95	モルトン法による東北タイの蒸発散(英文) …………… 大場和彦・Paitoon Ponsana	329
北陸地域における農業気候特性の評価と利用に 関する研究		マルチ・ヒートパイプ熱交換器による堆肥発酵熱 抽出に関する理論的研究(英文) …………… 関 平和・小森友明	337
(2) メッシュ情報を用いた最深積雪の推定と棚栽 培果樹地帯区分へのその応用	103	植物組織培養苗の順化のための環境調節 (1) 順化装置の開発と栽培試験 …………… 古在豊樹・林 真紀夫・広沢祐二 児玉友孝・渡部一郎	349
砂丘地の乾砂層に関する研究		夜間の安定層の破壊に及ぼす地形の影響 (1) 早来と千歳の夜間の気温低下と地形 …………… 松岡延浩・堀口郁夫・谷 宏	359
(1) 等温定常状態における乾砂層のモデル化 (英文) …………… 小林哲夫・松田昭美 神近牧男・佐藤友昭	113	水田微気象研究への予測モデルの応用…井上君夫	367
植物組織培養器内環境の基礎的研究			
(2) 栓および容器が閉栓容器内のガス交換速度に 及ぼす影響	119		
古在豊樹・富士原和宏・渡部一郎			
農業気象における人工衛星データの利用に関する 研究			
(3) GMS(ひまわり)赤外データによる地域分類 と小地域の気温推定	129		
堀口郁夫・谷 宏・元木敏博			
不均一面上での流れ			

気象と大豆の生育動態に関する研究

(1) 開花までの期間における発育速度と日長・気温の関係 鮫島良次・岩切 敏 375

要 報

制御式を用いたマイクロコンピュータ環境制御装置の開発 星 岳彦・古在豊樹 45
 温室作物葉面の露発生条件の推定 岡田益己・鮫島良次 51

小 講 座

コンピュータによる計測と制御 (3) 吉田智一・谷協 憲 57
 蒸発散の測定法 (VM) 井上君夫 61
 国際単位系 (SI) による物理量の表示 蔵田憲次 145
 湿度センサとトレーサビリティ 大政謙次 149
 コンピュータによる計測と制御 (4) 佐瀬勤紀 261
 コンピュータによる計測と制御 (5) 広沢祐二 381

資 料

管見 — 中国の気候と農業 (I) 内嶋善兵衛 153
 管見 — 中国の気候と農業 (II) 内嶋善兵衛 281
 東北タイの気候と農業 高垣美智子 385
 果樹施設栽培の現状と問題点 鴨田福也 391

シンポジウム報告

昭和 61 年度全国大会シンポジウム
 「雪と農業 — 資源と災害 —」要旨 265

研究部会報告

第 7 回農業気象災害研究会・中国四国支部高知大会シンポジウム「中・四国地方の農業気象災害と対策」要旨 農業気象災害研究会・中国四国支部 65

第 8 回農業気象災害研究会

「東北地方の農業気象災害と対策」要旨 農業気象災害研究部会 161

国際会議報告

作物生産力(環境制御)国際会議および防風施設による気象改良セミナーに出席して 真木太一 69

海 外 報 告

アメリカ AI 紀行 — 農業における人工知能応用に関する調査 平藤雅之・古川嗣彦 171

学会賞受賞記念講演要旨

気象と作物の生産過程との関係についてのシステム生態学的研究 堀江 武 165

レポ—ト 177
 抄 録 60, 64, 80, 128, 136, 224, 238, 248, 374, 384

新刊紹介 56, 102, 144, 206, 318, 328, 348
 書 評 18, 28

支部だより 74, 160, 285, 396
 研究室だより 77

研究スポット 78
 本会記事 79, 181, 264, 404

お知らせ 81, 148, 152, 187, 260, 291, 390, 406
 投稿規程 83

正 誤 表 87
 会員移動 88, 190, 295, 417

賛助会員名簿 91, 193, 297, 419
 編集後記 94, 196, 300, 422

東北の農業気象 第 32 号

昭和 62 年 7 月発行

編集・発行 日本農業気象学会 東北支部
 振替口座仙台 7-4882 番
 盛岡市下厨川赤平 4 東北農試内
 TEL (0196) 41-2145
 郵便番号 020-01

印刷所 盛岡市本町通二丁目 8-37
 (株) 阿 部 膳 写 堂