

水稻の生育段階と冷害抵抗性

東北農業試験場環境部農業気象研究室長 谷 口 利 策

Cool Weather Resistance in Rice Plant in Different Growth Stages

Risaku TANIGUCHI

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

1 はじめに

東北地方は、過去に何回となく苛酷な冷害に見舞われており、東北の米作りは冷害との戦いであったとも言えよう。

保護苗代技術ができ、また耐冷性の強い早生品種が育成され、さらに土壌・立地条件にあった合理的な施肥法や病害虫防除法、水管理などの技術や水田整備などが進んだことによって、次第に冷害が克服されてきた。そして昭和28・29年の冷害を最後として、その後は大きな冷害はなくなり、東北地方から冷害は追放されたという感すらあった。

しかし、昭和51年度に22年ぶりといわれる冷害に会い、矢張り冷害に対して油断ができないということが再認識されたと思われる。

冷害には遅延型、障害型、両者の混合型があるが、東北地方では遅延型冷害によることが多く、また今までに大被害をおよぼしたものは、遅延型冷害によるものである。したがって東北地方においては、遅延型冷害の克服が重要な課題である。

昭和51年度より開始された東北6県の総合助成事業による共同研究「最近の稲作冷害抵抗性程度の解明と応急技術の確立」や国の別枠研究「異常気象対応技術の確立に関する総合研究」の進展にともなって、いくつかの知見が得られた。

ここでは主として、生育初期と出穂以降の各生育形質別の低温限界温度あるいは限界日数などについて述べたい。

2 移植後および分けつ期の温度条件と生育形質

遅延型冷害は、栄養生長期間の低温による生育の遅れが出穂・開花を遅延させることによって、登熟温度に絶対的な不足が生じて、完熟することができなくなるためにおこる。

栄養生長期間のいろいろな時期の低温によって、出穂遅延がもたらされるが、今までの研究¹⁾によると、低温によって出穂遅延が大きくなる時期としては、活着期から分けつ開始期、幼穂分化期の前後、さらに出穂の直前などであると言われている。

今回の試験結果でも移植期(活着期)、分けつ期の低温による出穂遅延日数の大きいことが実証

された²⁾。

そこで、では何度位の低温によって、稲体が枯死するのか。また、各形質（葉数・茎数・草丈・乾物重など）の生育が停止する低温の限界温度は何度か。さらには、各形質の生育増加量が急増する温度の範囲はどの程度か、などをはっきりさせる必要があるが、これらがほぼ判ってきた^{3,4,5)}。はじめにこれらについて述べる。

1 移植直後の場合

この試験は品種トヨニシキを用い、表-1に示した育苗条件で育成した苗相（苗の種類および素質）の異なる4種類の苗を、それぞれ1/5000アールのワグネルポットに植付け、植付け直後から30日間にわたってグロースキャビネットで、10、12、14、16、20、25°Cの一定温度処理を行った。温度処理をした苗相別の平均生育量は表-2の通りである。対象形質は葉数、茎数、乾物重などである。

表-2に示した苗相のものを、前記の温度にて30日間処理した結果は、処理温度と処理後30日間の生育形質増加量との関係として図-1に示した。この図より、各苗相とも葉数、茎数とも正の抛物線関係がみられ、また、草丈、乾物重では正のS字曲線関係がみられた。これらの関係曲線から、苗相別の生育形質の増加停止限界温度と生育の激増する温度範囲を推定し、表-3に示した。

表-1 育苗条件

(東北農試・作況研 昭53)

	I. 充実大型苗	II. 標準型中苗	III. 徒長型苗	IV. 長草型稚苗
播種量(g/箱)	60	120	200	200
基肥量(g/箱)	N:1 P:1 K:1	N:1 P:1 K:1	N:1.3 P:1.4 K:2.0	N:1.3 P:1.4 K:2.0
追肥量(g/箱)	1.0 2.0 3.0 4.0 葉時に各 N:1	1.0 2.0 3.0 葉 時に各 N:1	1.0 2.0 葉時に 各 N:1	1.0 2.0 葉時に 各 N:1
播種期(月・日)	4・14	4・19	5・3	4・29
育苗日数(日)	40	35	20	25
植付期(月・日)	5・23	5・23	5・23	5・23
出芽方法	出芽機 32°C 24時間	同 左	同 左	同 左
育苗方式	ビニールハウス式	同 左	同 左	同 左
ハウスの温度管理	25°C以上の場合は すそを開ける	同 左	同 左	同 左

表-2 植付時の苗質

(東北農試・作況研 昭53)

苗相区 記号	葉数 葉	草丈 cm	100個体重当り		充実度	苗相
			茎数 本	乾物重 g		
I	4.5	16.7	100	4.43	0.265	充実大型苗
II	3.5	14.6	100	2.57	0.176	標準型中苗
III	3.0	19.2	100	2.10	0.109	徒長型苗
IV	2.5	16.4	100	1.71	0.104	長草型稚苗

注) 充実度 = 100個体乾物重 / 草丈

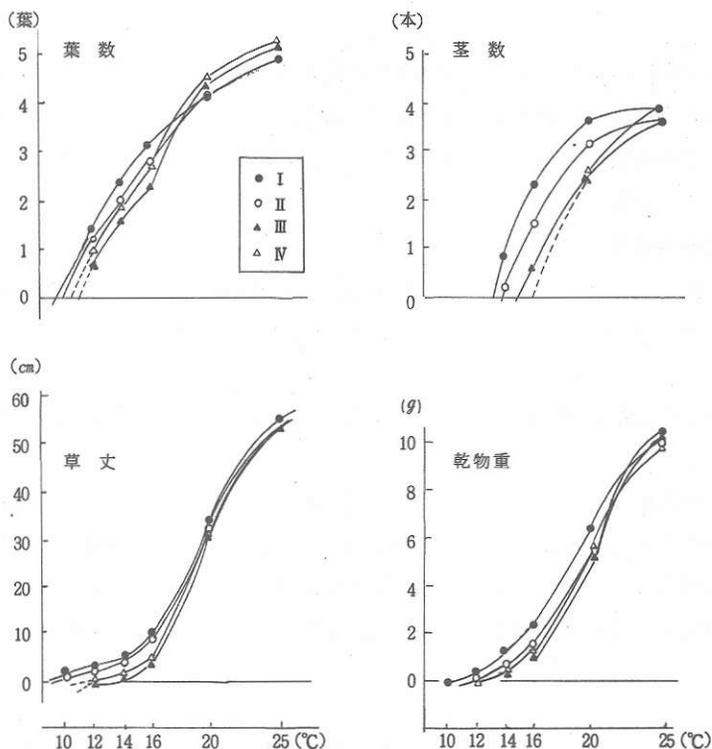


図-1 処理温度と処理後30日間の生育形質増加量との関係(東北農試・作況研 昭53)

表-3 恒温処理による枯死、形質の生育停止および激増推定限界温度

(東北農試・作況研 昭53)

苗相区 記号	全 個 体 枯 死	生 育 停 止				激 増 範 囲			
		葉 数	草 丈	茎 数	乾物重	葉 数	草 丈	茎 数	乾 物 重
I	10.0℃以下	9.0℃	9.0℃	13.0℃	10.0℃	9.0-16.0℃	16.0-21.0℃	13.0-21.0℃	16.0-22.0℃
II	10.0℃以下	10.0	10.0	14.0	11.0	10.0-16.0	16.0-21.0	14.0-21.0	16.0-22.0
III	10.0と12.0の間	11.0	12.0	16.0	13.0	11.0-16.0	16.0-21.0	16.0-21.0	16.0-22.0
IV	10.0と12.0の間	10.5	11.0	15.0	12.0	10.5-16.0	16.0-21.0	15.0-21.0	16.0-22.0

この表からわかるように、形質(葉数、草丈、茎数、乾物重)によって生育停止限界温度や生育量の急増する温度範囲に若干の差異のあることがみられる。

すなわち、各形質の増加が停止する温度は、苗相をこみにしてみると、葉数は9~11℃、草丈は9~12℃、茎数は13~16℃、乾物重は10~13℃であって、生育形質によって生育停止の限界温度に1~5℃程度の差がみられる。

また、各形質の生育量が激増する範囲については、葉数では9～16℃、草丈16～21℃、茎数13～21℃、乾物重16～22℃と、やはり温度差がみられる。

さらにこの各生育形質の生育停止の低温限界温度は、苗相によって差がみられ、苗相ⅠとⅢの葉数、草丈の増加停止の温度をみると2℃程度、茎数、乾物重では3℃程度の差がみられ、Ⅰの方が低温限界温度は低い。

また、生育量の激増範囲をみると、激増範囲の高温側では差がみられないが、低温側には差がみられる。すなわち、ⅠとⅢでみると、葉数で2℃、茎数で3℃の差がみられる。また、ⅠとⅡでは葉数、茎数とも1℃の差がみられる。

以上のように、形質によって生育が停止する限界温度に差があり、また生育量が激増する温度範囲の低温側にも差のあることがわかった。形質の中で生育の停止限界温度の低い順序は葉数<草丈<乾物重<茎数となり、葉数の増加停止の限界温度が最も低く、茎数では最も高い。また形質別の生育量が激増する温度範囲をみると、葉数が最も低い温度よりはじまり、草丈、乾物重が最も高い温度よりはじまることがみられる。

苗相別にみると、葉令の進んだ苗や充実した苗は、生育停止の低温限界温度が低く、また生育量が急激に増加する温度範囲の低温側も低い温度より始まることが窺える。

今回の結果から、苗相によって生育停止の限界温度には、1～3℃程度の差があることが認められ、また各形質の激増する温度範囲のうち、低温側でも1～3℃の差があることがみられた。

上記のことは、既に言われているように^{6,7,8)}、健苗や葉令の進んだ充実苗が低温に対して強いということを裏付けたことになった。またこのように低温に強い苗を使用すれば、水温上昇等、用水管理などを少しでも良くすることによって、初期生育を促進する効果がより期待できることを示唆している。

2 分けつ初期と盛期の場合

品種トヨニシキを用いて、稚苗、中苗として、育成した苗を1/5000アールのワグネルポットに植付け生育させ、分けつ初期(分けつ1～2本)および分けつ盛期(分けつ4～5本)から30日間、それぞれグロースキャビネットで10、12、14、16、20、25℃の恒温で処理して検討した。

表-4に植付時の苗および処理開始時の生育形質を示している。このような形質の苗をもちいて処理を行い、処理温度と処理後30日目の各形質の増加量との関係を図-2、3、4、5に示した。

これらから稚、中苗とも主稈葉数、茎数は拋物線的な関係が、草丈、乾物重はS字曲線的な関係がみられる。これらの曲線および稚、中苗の生育形質について処理温度ごとの経時変化などを総合して、生育形質増加停止限界温度や温度の上昇につれて、それぞれの生育形質が最も急激に増加する温度範囲などを表-5に示した。

表-4 植付時の苗および処理開始時稲の生育形質

(東北農試・作況研 昭53)

調査期	処理温度	種 苗					中 苗					
		葉数	草 丈 cm	10個体当り		充実度	葉数	草 丈 cm	10個体当り		充実度	
				茎数	乾物重 g				茎数	乾物重 g		
植付時	平均	2.5	13.0	10	0.17	0.13	3.5	15.5	10	0.26	0.17	
処理開始時	分けつ初期	10	5.9	24.9	20	1.18	0.46	6.5	28.1	19	1.75	0.62
		12	6.1	26.1	21	1.12	0.43	6.4	28.5	23	1.41	0.49
		14	5.9	25.8	23	1.21	0.47	6.4	31.0	21	2.06	0.66
		16	5.9	25.7	25	1.25	0.49	6.6	29.6	21	1.97	0.67
		20	5.8	27.7	24	1.39	0.50	6.5	30.4	20	1.96	0.56
		25	6.0	28.1	24	1.40	0.50	6.6	29.7	20	1.66	0.56
	分けつ盛期	10	7.8	35.7	51	4.26	1.19	8.6	39.4	50	5.35	1.36
		12	7.7	35.2	52	4.33	1.23	8.7	38.4	52	5.11	1.33
		14	7.7	34.4	49	4.08	1.18	8.7	36.8	48	4.62	1.26
		16	7.7	32.9	44	3.64	1.11	8.5	36.2	50	5.14	1.42
		20	7.8	33.2	47	3.89	1.17	8.8	38.9	49	4.97	1.28
		25	7.7	34.0	48	3.98	1.17	8.4	37.8	46	4.83	1.28

注) 充実度 = 100個体乾物重 / 草丈

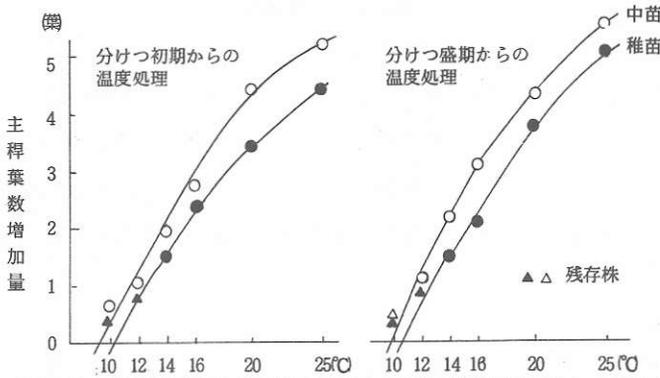


図-2 処理温度と処理後30日目の主稈葉数増加量との関係(東北農試・作況研 昭53)

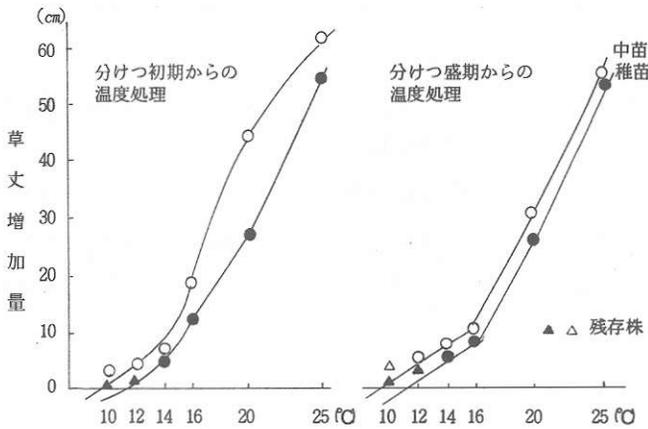


図-3 処理温度と処理後30日目の草丈増加量との関係(東北農試・作況研 昭53)

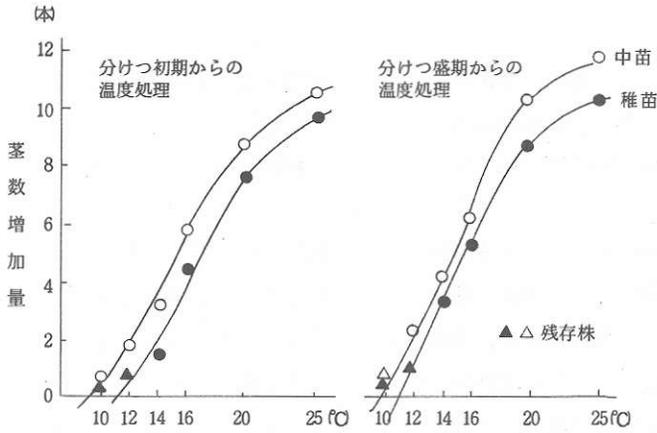


図-4 処理温度と処理後30日目の茎数増加量との関係(東北農試・作況研 昭53)

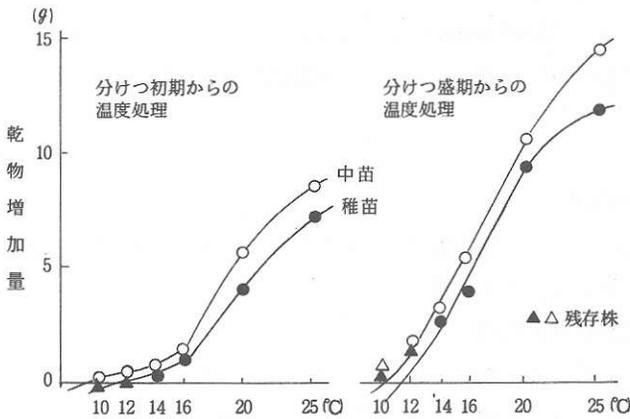


図-5 処理温度と処理後30日目の乾物重増加量との関係(東北農試・作況研 昭53)

表-5 恒温処理による枯死株発生および形質の生育停止, 激增推定限界温度

(東北農試・作況研 昭53)

処理期	育苗様式	全個体枯死	生育停止				激增範囲			
			葉数	草丈	茎数	乾物重	葉数	草丈	茎数	乾物重
分けつ初期から	稚苗	10.0℃以下 (中苗より高)	10.5	11.0	11.0	11.0	10.5~ 16.0	14.0~ 25.0	12.0~ 20.0	16.0~ 25.0
	中苗	10.0℃以下 (稚苗より低)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5~ 16.0	14.0~ 25.0	9.5~ 18.0	16.0~ 25.0
分けつ盛期から	稚苗	10.0℃以下 (中苗より高)	10.5	10.5	11.0	11.0	10.5~ 17.0	16.0~ 25.0	12.0~ 20.0	12.0~ 20.0
	中苗	10.0℃以下 (稚苗より低)	10.0	9.0	10.0	10.0	10.0~ 20.0	16.0~ 25.0	10.0~ 20.0	12.0~ 20.0

これらからわかるように、分げつ期においても生育形質の増加が停止する低温限界温度の傾向や苗種による差異の傾向などは、移植期のものとよく似ている。

ただ、各形質の生育停止限界温度が、分げつ期の方が移植期の場合より若干低くなっているようにみえる。

たとえば、移植期の苗相Ⅱ（中苗）と分げつ期中苗は、植付時の形質は似かよっているが、生育停止の限界温度は移植時では、葉数、草丈はそれぞれ10℃、乾物重は11℃、莖数は14℃であったが、分げつ時には、葉数、草丈、莖数、乾物重とも9.5℃となり、形質により差がみられるが0.5～4.5℃程度移植時より低い温度で、生育が停止するようになっている。

稚苗についても、ほぼ中苗と同様の傾向がみられる。また、各形質の生育量が激増する温度範囲についても、やや低温よりはじまることがみられる。

たとえば、移植時の苗相Ⅱと分げつ時の中苗を比較すると、葉数では0.5℃、草丈では2℃、莖数では4.5℃程度低い温度から増加量の激増がはじまることがみられる。このことは生育段階が進むにつれて、形質によって温度差には違いがあるが、低温抵抗性が増加していることが窺われるのである。

3 登熟速度と登熟温度⁹⁾

遅延型冷害は、出穂遅延にもとづく登熟気温の絶対的な不足によって助長されることから、出穂・登熟期の温度と登熟の関係について次に述べる。

1 出穂後5日間の温度処理と登熟

品種フジミノリを用いて、日長12時間（人工光源約2万ルクス）温度25℃の環境制御下で、水耕液（N：6 μ ）栽培によって出穂まで材料を育成し、出穂から5日間10、12.5、15、20、

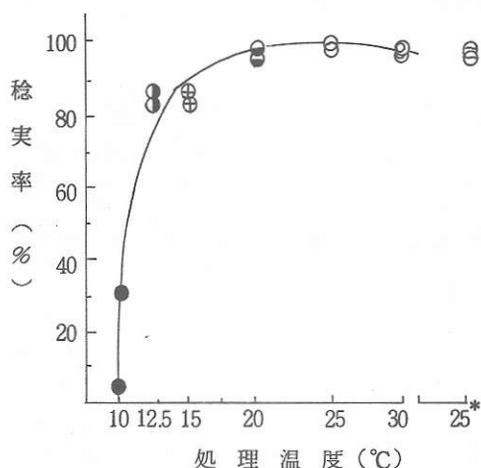


図-6 出穂から5日間の温度処理と稔実の関係（フジミノリ、*グロースキャビネットの型が異なる（東北農試・気象研 昭52）

25、30℃の温度処理をグロースキャビネット（人工光源約3万ルクス）で行った。

5日間の処理終了後、再びそれぞれの個体を25℃の前記環境制御室に戻し、40日経過させた後稔実調査を行った。その結果を図-6に示したが、これからわかるように出穂から5日間の10℃の処理によって、不稔および发育停止率が82%も発生した。

しかし、12.5℃以上の温度処理区では、著しい稔実率の低下はみられなかった（供試個体の栽培法は無分げつ栽培法である）。

2 出穂5日後よりの温度処理と登熟

品種フジミノリを用い前記した1と同じ条件下で出穂5日後まで、25℃にて稲体を育成し

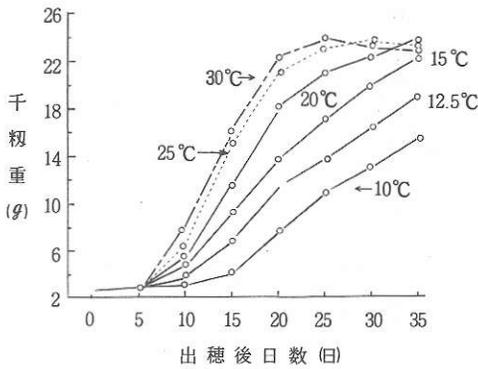


図-7 籾生育に及ぼす登熟温度の影響
(東北農試・気象研 昭52)

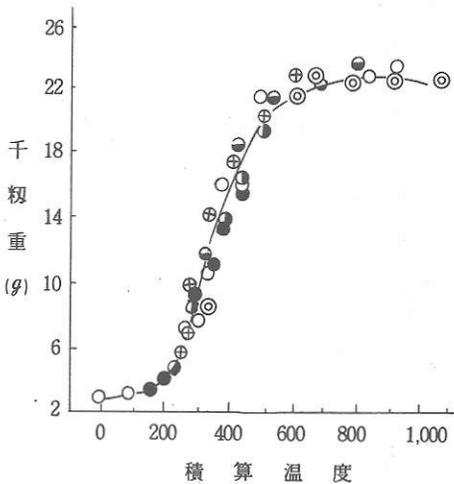


図-8 千籾重と積算温度の関係
(東北農試・気象研 昭52)

た。出穂5日後から、10、12.5、15、20、25、30°Cの各温度処理区に移して登熟させた。各温度処理区22個体の籾重を、5日間隔にて調査を行い登熟速度を調べた。この結果は図-7に示した通りである。

図にみられるように、出穂5日後に10°Cの温度処理区に移した個体の籾は、不稔粒なく完熟した。しかし、処理温度の低いものは、25°C区のものに比べて、10°C区のは約12%、12.5°C処理区のは約7%をそれぞれ軽かった。しかし、各温度処理区のものとも、出穂から750°Cの積算温度で完熟し、各温度処理区の籾の登熟速度は、10°Cから30°Cの登熟温度の範囲では、出穂後の積算温度とSカーブのきれいな関係を示した(図-8)。しかし、低温で登熟した区の玄米は、不透明で茶褐色を帯びたものが多く、品質低下がみられた。なお品質低下は低温下の過熱(過剰な積算温度)で助長された。

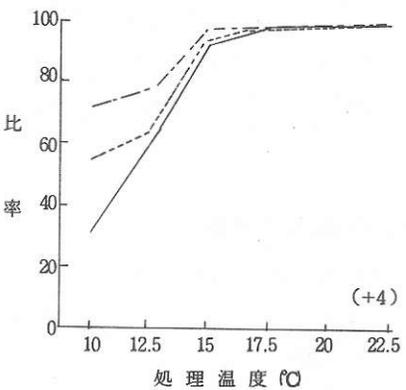
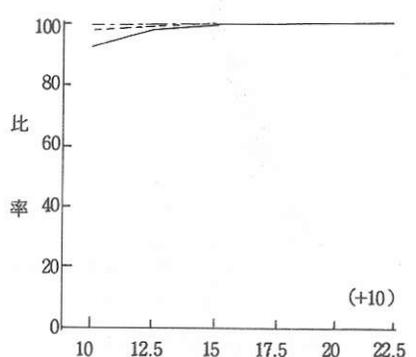
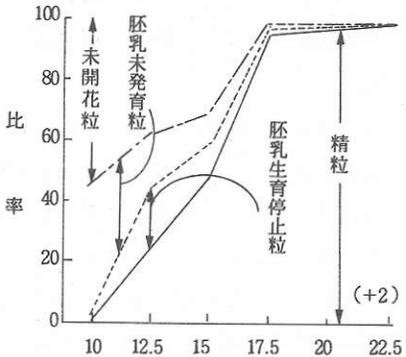
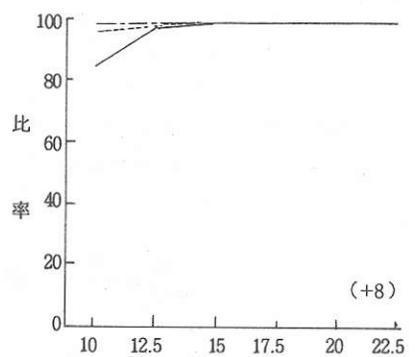
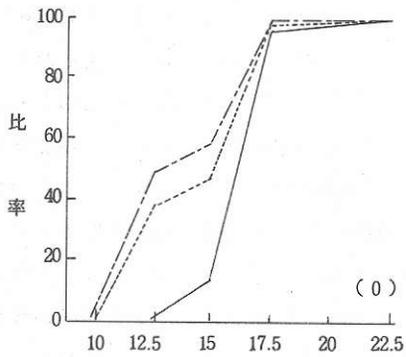
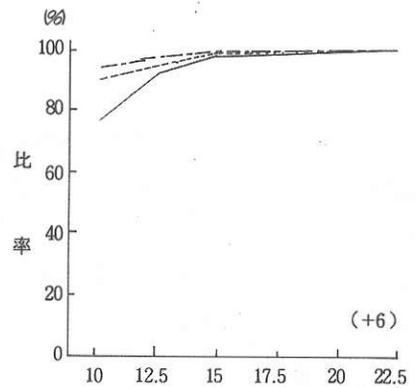
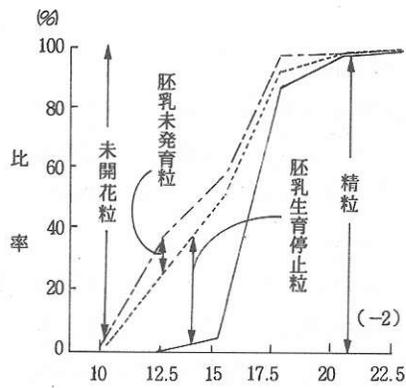
以上の結果から、開花・受精の段階では低温抵抗性は弱い、受精した後では10°C程度の低温にもかなり強く、登熟速度は遅いが、粒重増加の活性は、10°Cで75日以上保持されているとみられ、その間粒重は増加を続けた。したがって品質低下の面を除いて、量的な点のみから言えば、10°Cでもほぼ登熟は完了できる。

前述のように出穂以降の温度反応からみると、

遅延型冷害は、出穂後数日間(4~5日)の限界温度による受精・子実の発育障害と登熟期間の積算温度不足による、子実生育遅延の2つに分けられる。

4 出穂・開花・受精・登熟の低温限界温度とその限界日数^{10,11)}

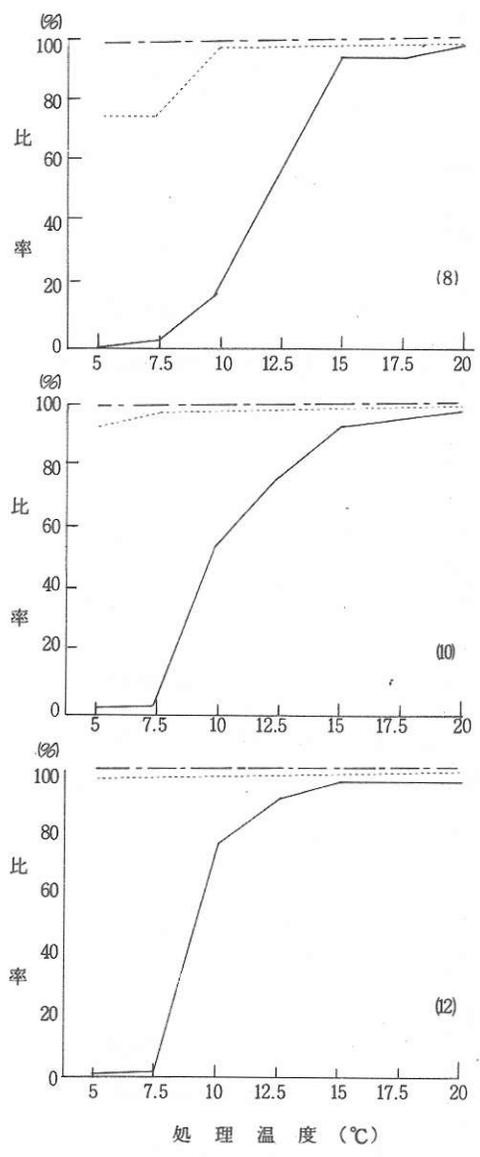
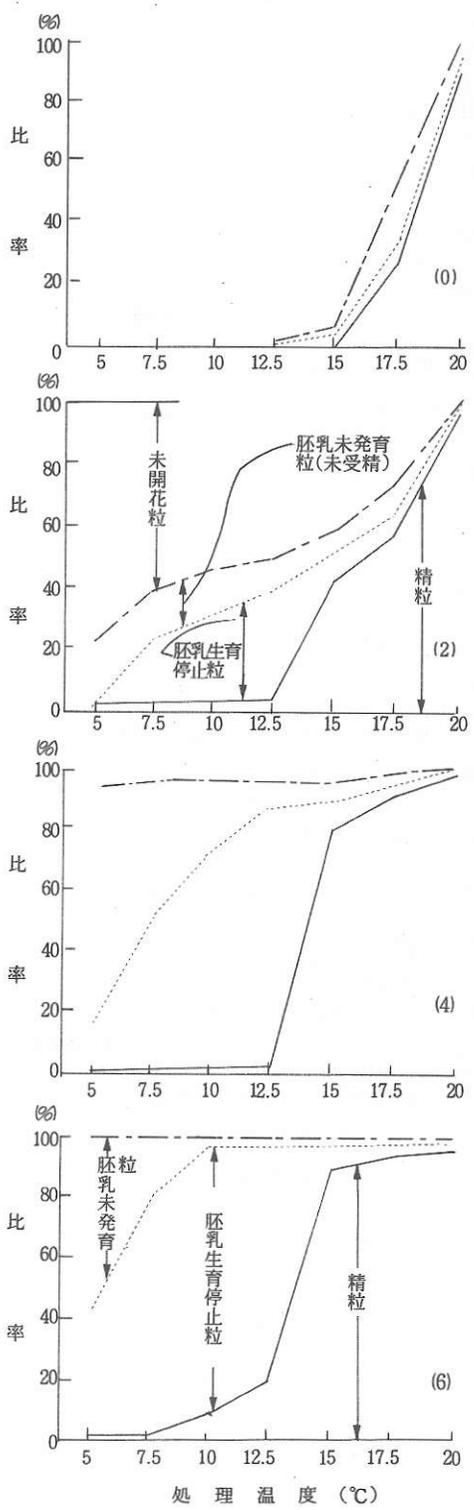
開花・受精が完了した後では、低温条件(10°C)下でも量的には十分登熟が進むことが判ったが、しかし、出穂・開花・受精・登熟などが完了できる限界温度や、それぞれの形質別の限界温度条件下で、各形質の機能が保持される日数(限界日数)などは明確ではなかった。したがってこの点を明らかにしようとしたのであるが、この限界温度、限界日数が明確になれば、低温に見舞われ



注) ---と横軸100%線の間: 未開花粒(%)
 - - -と.....の間: 胚乳未発育粒(%)
と——の間: 胚乳生育停止粒(%)
 ——と横軸0%の間: 精粒(%)

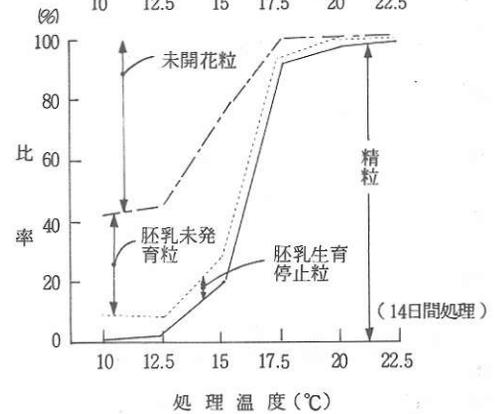
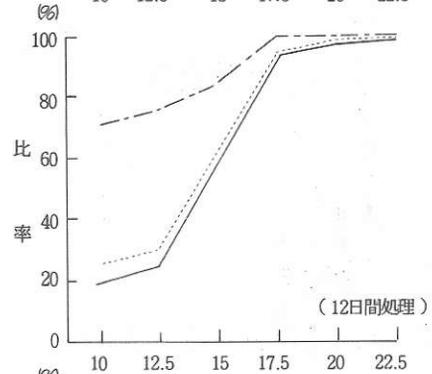
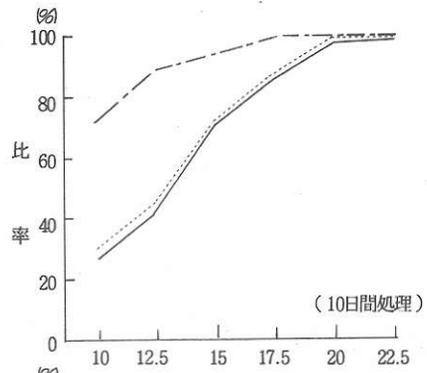
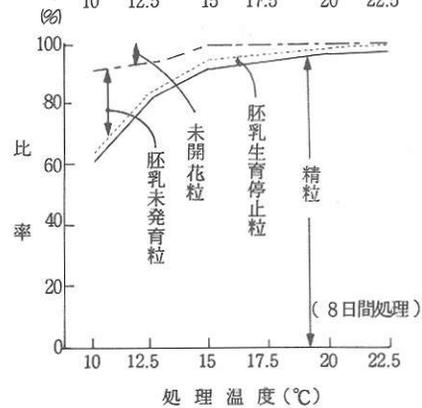
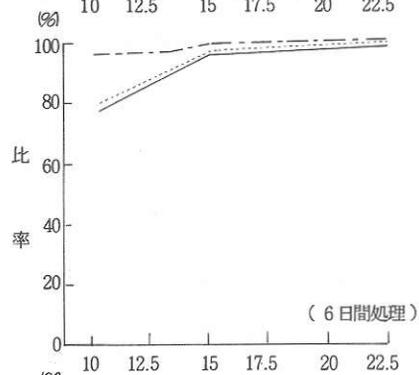
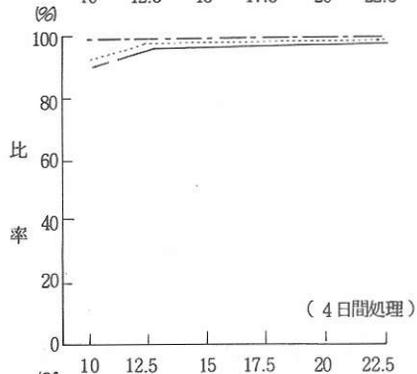
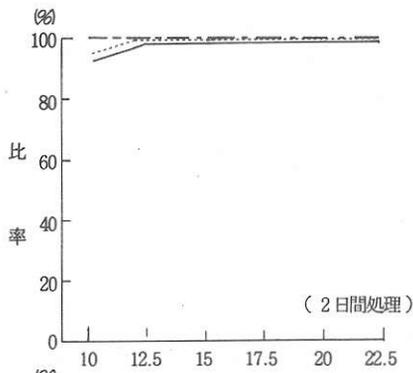
図-9(A) 開花・受精・登熟におよぼす温度の影響(晴天条件下)

(内数字は出穂前後日数を示す。(東北農試・気象研 昭53))



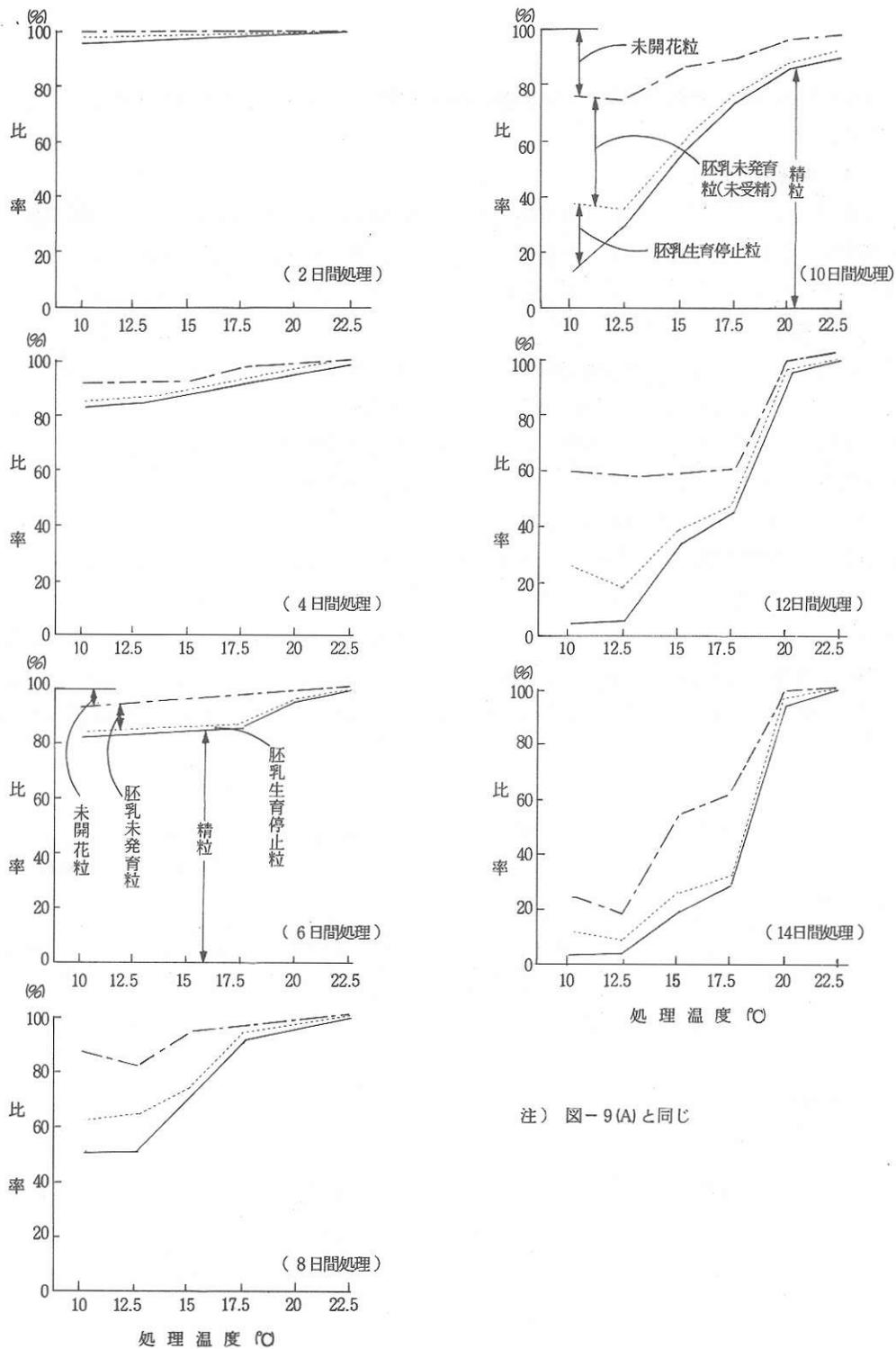
注) 図-9(A)と同じ

図-9(B) 開花・受精・登熟におよぼす温度の影響(曇天条件下)
 ()内数字は出穂前後日数を示す。(東北農試・気象研 昭53)



注) 図-9(A)と同じ

図-10(A) 各温度の処理日数が開花・受精・登熟におよぼす影響(晴天条件下)
(東北農試・気象研 昭53)



注) 図-9(A)と同じ

図-10(B) 各温度の処理日数が開花・受精・登熟におよぼす影響(曇天条件下)
(東北農試・気象研 昭53)

た水稻の生育段階と低温の程度、その低温の継続日数によって、冷害の程度を推定することが可能となる。

1 低温限界温度

品種フジミノリを用い、日長12時間(人工光源約2万ルクス)温度25℃の環境制御下の水耕栽培法(N:6圃)によって、出穂まで育成した。出穂から2日毎に供試個体を気・水温とも10, 12.5, 15, 17.5, 20, 22.5℃の各温度のグロースキャビネット(人工光源, 陽光ランプ400W×4, 純青色カラーランプ40W×14, 光量約360 ly/12hr)に搬入し、温度処理を行った。

開花期から約800℃の積算温度で収穫し、開花(蒴の有無, 穎花内に蒴がなければ開花したと判定), 受精(胚乳発育の有無, 穎花内に蒴がなくて胚乳肥大の認められないものは胚乳未発育粒, (未受精)と判定)登熟(胚乳生育停止粒, 精粒)などを調査した。この場合は晴天を想定した実験である。同じく, グロースキャビネット(人工光源, 東芝プラントルクス40W×14, 光量約72 ly/12 hr)に供試個体を搬入し, 気・水温とも5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20℃の温度処理を行い, 開花期からおよそ1000℃の積算温度で収穫し, 前記と同じように稔実調査を行った。この場合は曇天を想定した実験である。

図-9(A, B)に晴天条件(360 ly/12hr), 曇天条件(72 ly/12hr)下における各処理温度別に, 稲体の搬入時期別の未開花粒, 胚乳未発育粒, 胚乳生育停止粒, 精粒の比率を示した。

表-6には図-9にもとづいて, 晴天, 曇天条件下で予想される各登熟要因の限界温度を提示した。

表-6 処理個体・粒の80%以上が発・生育を完了する限界温度(℃)

(東北農試・気象研 昭53)

日 射 量 cal/cm ² /12hr	処理時期	出 穂	開 花 (未開花粒20%以下)	胚乳発育(受精) (未発育粒20%以下)	胚 乳 生 育 (生育停止粒20%以下)	登 熟 (不良粒20%以下)
360 (晴天条件)	出穂-2日	12.5	17.5	17.5	17.5	17.5
	" 0	—	16.0	17.5	17.5	17.5
	" +4	—	—	—	15.0	15.0
	" +8	—	—	—	10.0	10.0
72 (曇天条件)	出穂-0	12.5	20.0	20.0	20.0	20.0
	" +2	—	20.0	20.0	20.0	20.0
	" +4	—	—	—	15.0	15.0
	" +10	—	—	—	12.5	12.5
	" +12	—	—	—	10.0	10.0

これから、出穂（穂の葉鞘よりの抽出）は12.5℃以上で完了できるが、開花・受精・登熟などには、出穂2日前から出穂後2日までの時期は、17.5℃以上の温度がないとそれぞれの形質を80%以上完遂することはできないことが窺えるのである。

15℃では出穂2日後で開花は70%程度するが、精粒歩合は40%程度であり、80%以上の精粒歩合を保つには4日以上、10℃では5～6日の適温（この場合は25℃）を経過した後での低温遭遇でないと所定の精粒歩合は得られないことがわかっていく。

次に曇天条件下のものをみると、出穂後の温度が20℃以上あれば、登熟等はほぼ完了でき精粒歩合も80%以上保つことができる。しかし、17.5℃では2～3日、15℃では4日、12.5℃では8～10日、10℃では12日以上で適温条件を経過した後でないと、それ以前に低温に遭遇すると、80%以上の精粒歩合は得られないのである。

上記のように、曇天条件下では、晴天条件下と同じ程度の登熟条件を満たすためには、晴天時の温度よりも約3℃高いことが必要であり、低温の影響がよりきびしくなってくる。

このことは、日射のあることによって、水稻の体温上昇がかなりみられることによって、晴天時の場合は曇天時よりも限界温度が低くても登熟などが進むものと思われる。

2 低温限界日数

低温限界温度の検討によって、それぞれの形質別の限界温度がある程度明らかとなったが、ではその各形質毎の限界温度下で幾日間、それぞれの機能が保持できるかということが問題になってくる。

この検討のため、今までの実験と同じく品種はフジミノリを用い、人工光グロースキャビネット（日長12hr、室温25℃、約2万ルクス）内で水耕法（N=6圃）にて供試個体を育成した。出穂直前に気・水温とも10、12.5、15、17.5、20、22.5℃に保った温度処理用グロースキャビネット（日長12hr、陽光ランプ400W×4、純青色カラードランプ40W×14 360ly/12hr）内に搬入し、搬入時から2日毎に22個体づつを処理区から、25℃に保った育成用グロースキャビネットに再び戻し、45日後に出穂の有無、開花（葯の有無）、受精（胚乳発育の有無）、登熟（胚乳生育停止粒、精粒）などを調査した。この実験においても、晴天条件と曇天条件下を想定した両実験を行った。

これらの実験結果を図-10（A、B）に、各温度処理別にかつ処理日数別の未開花粒、胚乳未発育粒、胚乳生育停止粒、精粒などの比率を示した。

さらにまた、この図-10にもとづいて、実験供試個体数や粒、穎花数の20%が出穂、開花、胚乳発育、胚乳生育、登熟ができなくなる日数を処理温度とともに表-7に示した。

これより出穂については、晴・曇天条件下とも10℃の低温下でも、16～18日程度は出穂機能を保持していることがみられる。晴天下では、開花については、10℃では8～10日、12.5℃で10～12日、15℃で12～14日程度の機能が保持できることがわかる。

受精、登熟については、10℃では6～8日、12.5℃で8日、15℃では8～10日程度それぞれの機能を保つことができる。

表-7 処理個体・粒の20%の発・生育が不能になる限界日数(日)

(東北農試・気象研 昭53)

日 射 量 cal/cm ² /12hr	処理温度 (°C)	出 穂	開 花 (未開花粒20%以下)	胚乳発育(受精) (未発育粒20%以下)	胚 乳 生 育 (生育停止粒20%位以下)	登 熟 (不良粒20%以下)
360 (晴天条件)	10.0	16~18	8~10	8	6~8	6~8
	12.5	∞	10~12	8	8	8
	15.0	"	12~14	10	10	8~10
	17.5	"	∞	∞	∞	∞
	20.0	"	"	∞	∞	∞
		"	"	"	∞	∞
72 (曇天条件)	10.0	16~18	8~10	6~8	8	6~8
	12.5	∞	8~10	8	8	6~8
	15.0	"	10~12	8	8	6~8
	17.5	"	10~12	10	10	8~10
	20.0	"	"	∞	∞	∞
	22.5	"	"	∞	∞	∞

したがって、前記程度の温度および継続日数の後に適温(この実験では25°C)になれば、各形質の機能はまた活動を始めることができることを示している。

晴天下にくらべ曇天条件下では、それぞれの機能が維持できる日数が2日程度短くなることがみられる。

前述したように限界温度、限界日数とも曇天下では、晴天条件下より限界温度は2~3°C高くなり、かつ限界日数は2日程度短くなることがみられた。このことは低温に少照条件が重なることより、冷害が助長されることを示している。

5 遅刈りの効果

51年の冷害の実態解析¹²⁾において、遅刈りによる減収軽減の効果がみられたが、この効果の程度は秋の天候条件によって左右されるが、受精後であれば、前述したようにかなりの低温に耐えて登熟は進み、長期にわたって登熟活性があることからみて、最終的には降霜時まで登熟は進み量的な増大は続くと思われる。

青森県農業試験場では、遅刈りの効果を登熟気温との関係で明瞭にさせた¹³⁾。

品種レイメイを用いて、出穂後40日間の平均気温(登熟気温)が20°C以下(20.0, 19.5, 19.0, 18.5, 18.0, 17.5, 17.0, の7段階)の温度で12区設定し、処理後40日目刈取, 50日目刈取りに分けて調査を行った(温度処理は人工気象室を利用)。

この結果は、表-8, 9および図-11に示した。

表-8 登熟期間が低温な場合の遅刈の効果

(青森農試・気象科 昭53)

登熟 気温	登熟歩合(%)				精 粉 重 (g)				玄 米 重 (g)			
	40日	52日	差	増収率	40日	52日	差	増収率	40日	52日	差	増収率
20.0	85.3	91.8	6.5	107.6	34.8	38.3	3.5	110.1	29.0	32.0	3.0	110.3
19.5	81.9	89.4	7.5	109.2	33.2	37.1	3.9	111.7	27.6	31.0	3.4	112.3
19.0	78.5	87.0	8.5	110.8	31.5	35.9	4.4	114.0	26.3	29.9	3.6	113.7
18.5	75.2	84.5	9.3	112.4	29.9	34.7	4.8	116.1	24.9	28.9	4.0	116.1
18.0	71.8	82.1	10.3	114.3	28.3	33.5	5.2	118.4	23.5	27.9	4.4	118.7
17.5	68.4	79.7	11.3	116.5	26.5	32.3	5.8	121.9	22.2	26.9	4.7	121.2
17.0	65.0	77.3	12.3	118.9	25.0	31.1	6.1	124.4	20.8	26.9	6.1	129.3

表-9 登熟期間が低温な場合の遅刈の効果

(青森農試・気象科 昭53)

登熟 気温	登 熟 歩 合				精 粉 重				玄 米 重			
	40日		52日		40日		52日		40日		52日	
	比率	減収率	比率	減収率	比率	減収率	比率	減収率	比率	減収率	比率	減収率
20.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0
19.5	96.0	4.0	97.5	2.5	95.3	4.7	96.9	3.1	95.4	4.6	96.8	3.2
19.0	92.1	7.9	95.0	5.0	90.5	9.5	93.8	6.2	90.7	9.3	93.7	6.3
18.5	88.1	11.9	92.5	7.5	85.8	14.2	90.7	9.3	86.1	13.9	90.5	9.5
18.0	84.1	15.9	90.0	10.0	81.0	19.0	87.7	12.3	81.4	18.6	87.4	12.6
17.5	80.2	19.8	87.5	12.5	76.3	23.7	84.4	15.6	76.8	23.2	84.2	15.8
17.0	76.2	23.8	84.9	15.1	71.6	28.4	81.3	18.7	72.1	27.9	81.0	19.0

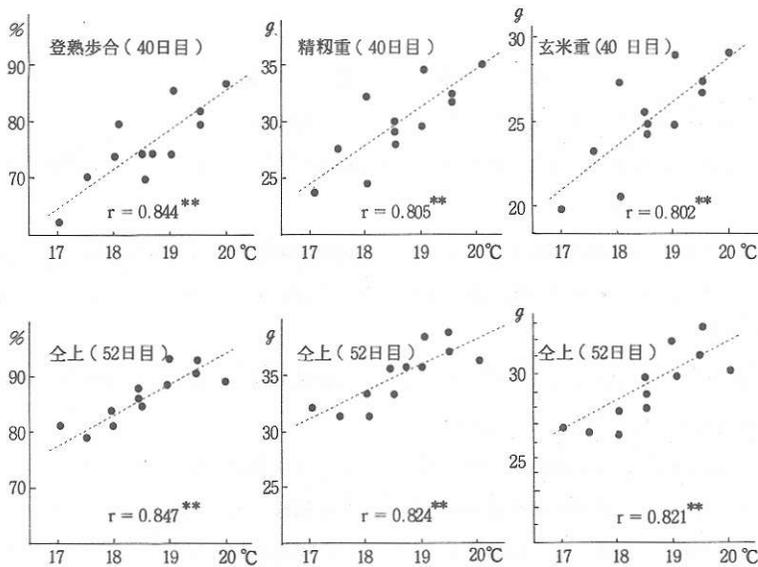


図-11 登熟気温と減収量との関係 (青森農試・気象科 昭53)

この結果から登熟気温が低い場合には、刈取り時期を遅らせることによって、減収程度が小さくなる。そしてその減収軽減の程度は登熟気温が低いほど遅刈りの効果が高くなることが明らかとなった。

6 おわりに

以上、移植時および分けつ期における生育形質別の低温限界温度、形質の生育量が急増する温度範囲、さらに出穂・開花・受精・登熟などの低温限界温度、その限界温度下で耐えうる日数（限界日数）などについて概説した。移植時、分けつ期では、苗令の進んだものや充実した健苗が低温限界温度が低い（耐冷性が大）こと、また形質の生育量が急増する温度範囲の下限値が低いことなどから、既に言われている健苗、充実苗、苗令の進んだものの低温抵抗性が強いことが、限界温度の面からも裏付けされたわけである。

また、出穂・開花・登熟関係では受精後ではかなりの低温下でも登熟活力には維持できること、したがって登熟気温によっては遅刈の効果は顕著であることなどが確認された。

さらに、出穂・開花・登熟等においては、日照条件によって、低温限界温度や限界日数に差がみられ、少照条件下では一層冷害が助長されることが、今回の試験からも明らかにされた。

今回の試験はすべて再現性を期するため人工気象室を利用して実施した。そのため水耕栽培あるいはポット栽培等を利用したため実際圃場との若干の相違が考えられる。そのため実際圃場との対応などを検討する必要があると思われる。

また、今回は量的な面に力点をおいて検討したため、品質問題にはあまり触れなかった。今後は品質面に視点をおいた限界温度、限界日数、品種間差等の検討をする必要がある。

引用文献

- 1) 伊藤延男. イネの冷温障害. 農及園 50(12), 1465 - 1470 (1975)
- 2) 松本 顕. 東北地域における稲作冷害対応技術. 機械移植栽培と冷害抵抗性. 東北農業研究 24, 47 - 55 (1979).
- 3) 高田隆剛ほか. 水稻生育初期の温度条件が生育形質に及ぼす影響. 東北の農業気象 23, 35 - 38 (1978).
- 4) 高田隆剛ほか. 水稻における分けつ期の温度条件が生育形質におよぼす影響. 東北の農業気象 24, 39 - 42 (1979).
- 5) 東北農試作況研究室. 昭和53年度別枠研究「異常気象対応技術の確立に関する総合研究」推進会議資料(B), 農林水産技術会議事務局, 237 - 242 (1979).
- 6) 鈴木次男. 水稻箱育苗における移植時葉令と苗質について. 日作東北支部報 20, 27 - 28 (1978).
- 7) 三木弘乘ほか. 水稻苗の活着性に関する研究. 日作東北支部報 20, 92 - 94 (1978).
- 8) 石山伸説ほか. 育苗法の相違による低温活着性について. 東北農業研究 23, 3 - 4 (1978).
- 9) 細井徳夫ほか. 気象要因による水稻生育の変動性に関する研究. 日作紀 47(別号1), 13 - 14 (1978).

- 10) 細井徳夫ほか. 水稻の遅延冷害の研究(1). 日作紀 48(別号1), 119 - 120(1979).
- 11) 細井徳夫ほか. 水稻の遅延冷害の研究(2). 日作紀 48(別号1), 121 - 122(1979).
- 12) 東北農業試験場編. 東北地域における昭和51年異常気象による水稻・畑作物被害の実態と解析. P57, 120, 145(1978).
- 13) 青森農試気象科. 昭和53年度東北地域専門別打合せ会議農業気象関係成績概要. 14 - 15(1979).