東北農業研究（Tohoku Agric. Res.）24, 24－46 （1979）

現行技術における東北地域の地域別水稲冷害危険度の推定

宮城県農業センター作物保護部主任研究員兼農業気象科長　千　葉　文　一

Estimate of Degree of Cool Weather Damage for Rice Growth and Yield Under Common Cultivation Techniques in Agricultural Areas of Tohoku District

Bunichi CHIBA

（Miyagi Prefectural Agricultural Research Center）

東北地方は気候的には温帯気候の北限で，亜寒帯気候の南限にあたっているので，夏季は熱帯気団と極気団に支配されやすく，気温の変動は，関東以西にくらべかなり大きく，常に冷害の危険にさらされている。

この中にあって，東北地方の稲作技術は戦後著しく進展し，収量は経年的に増加し，単収の年次変動も小さくなり，安定化して来た。ことに最近の稲作は省力化と良質米生産に志向して進行し，東北地方でも機械田植栽培が急速に伸びている。昭和48年には機械田植が約50％に達し，その後さらに伸び続け，昭和50年度には東北各県とも70～85％が機械田植となった。

この機械田植栽培の普及は，気象的には比較的に恵まれた天候に支えられて進められ，大きな冷害気象下での試練を受けていない。

しかし，近年は気象変動が大きく，しばしば異常気象が現われており，今後の長期見通しとして，地球の寒冷化傾向が指摘され，東北地方では寒冷気象の出現確率が高くなる可能性が予想されている。このような状況の中で，現行の機械田植栽培は，従来の成苗田植にくらべ，田植時期や生育相が著しく異なることから冷害抵抗性の点で劣るのではないかとの懸念がもたれ始めた。

これに対し，緊急に回答を出すため，昭和51年度から3ヵ年計画で「東北地域における最近の稲作技術の冷害抵抗性程度と応急技術の樹立」に関する研究を東北6県共同の総合助成試験課題として取上げて実施した。

この研究のうち，気象条件から見た地帯別冷害危険度の推定について得られた成果を取纏めて報告する。

なお，この研究の推進にあたっては，東北農試，坪井場長をはじめ，東北農試関係各部長ならびに各研究室長の指導，助言をいただき，また各県の資料収集，取纏めには，研究主査県の秋田農試を中心に各県農試の研究担当者各位の多大な協力によって得られたものである。

1　冷害危険度推定の前に

東北地方の水稲冷害はその起り方から，気象的にはオホーツク海高気圧の発達により，東北地方太平洋側からの北東気流が卓越し，低温，寡照の不順天候が続く第一種型冷害と北方シベリヤ大陸の発達した高気圧からの北方寒気の南下による第二種型冷害に分けられる。この冷害気象の出現時期や低温の程度によって，水稲の側から見ると生育遅延型冷害と障害型冷害にわけられる。また遅延型冷害ではしばしば，いもち病が多発する場合がある。

この冷害の起り方を東北の地域別に見ると，第一種型冷害は東北地方太平洋側が中心となり，東北全般から西日本に及ぶことがある。北東北では生育遅延と低温障害による被害が大きく，南東北では生育遅延といもち多発になりやすい。第二種型冷害は北海道，北東北が冷害の中心で，寒気の南下が強い場合には東北地方日本海側から南東北に及ぶ，この寒気の南下では，晴冷，並照冷になることが多いので，生育遅延より障害型冷害になることが多い。

このように東北地方の冷害は気象条件によって地域的にかなり様相が異なる。

この研究では，これら冷害のうち北半球の寒冷化に伴う稲作期間の全期間低温を予測した生育遅延を対象として，出穂後の登熟気温から見た冷害危険度と安全稲作のための基準出穂期について検討した。

また，現行技術による冷害危険度の推定については，今後予想される冷害気象として過去の冷害年次から強い冷害年次として大正２年，中程度の冷害年次として昭和１６年，軽い冷害年次として昭和２８年を選び，それぞれの年次の実況気象を用いて，現行技術での出穂遅延日数とそれに伴う登熟気温から見た減収率を推定した。

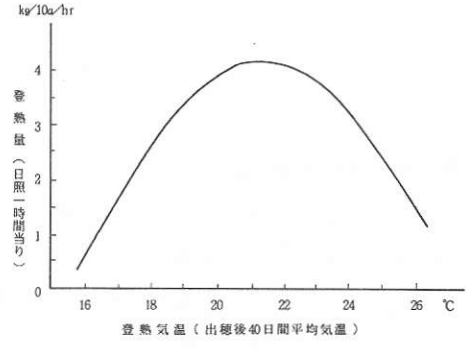
2　登熟気温から見た冷害危険度と基準出穂期

1　登熟気温

登熟が障害なく行われるためには，登熟期間の気象が好適条件で経過しなければならない。

登熟期間の気象条件としては気温，日照，湿度，雨量などがあり，それぞれの好適条件がある。しかし，ここでは登熟期間（出穂後４０日間）の気温だけについて検討した。

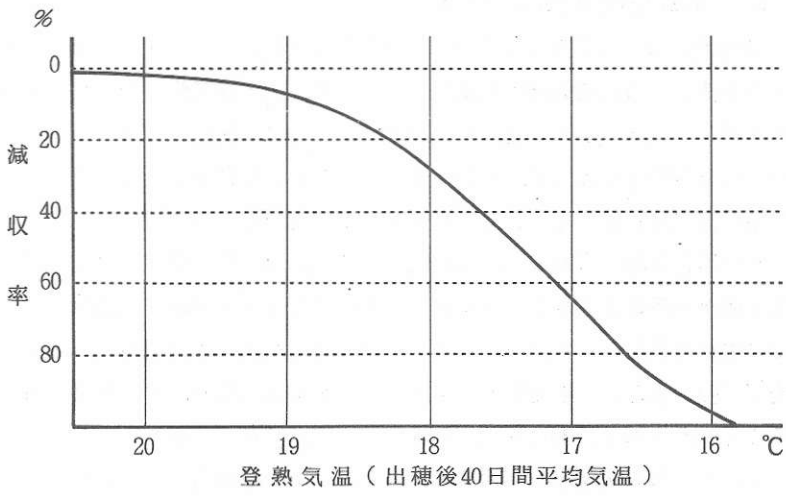
登熟期間の気温についての，これまでの研究では，図－１，２，３で見られるように，羽生氏[1]らは登熟期間（出穂後４０日間）の平均気温：21.4℃を最適気温としており，青森農試[2]では登熟期間の平均気温が２０℃以下になると減収が見られ，１９℃以下では減収率が著しくなるとしている。また，宮城[3]



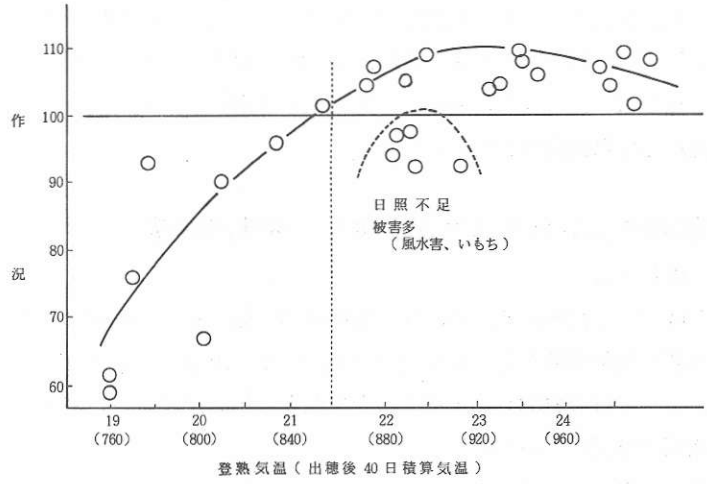
図－１　登熟気温と登熟量（羽生，田島，菅原）

では登熟気温と県平均作況指数との関係から，登熟期間の平均気温：21.5℃以上で県平均の作況指数は 100 以上になり，21℃以下では気温が低い程作況指数は低下すると報告している。

これらの結果から，出穂後40日間の平均気温（以下登熟気温とする）：20℃を登熟の安全限界気温とし，登熟気温：19℃を登熟危険気温とした。



図－2　登熟気温と減収率（青森農試）



図－3　登熟気温と水稲作況
（宮城県平均収量と仙台の気温）

2　出穂期別の登熟危険度分布

登熟期間の気温は出穂が遅れるにしたがって低下し，登熟危険気温の出現率は高くなる。それで出穂期毎に登熟危険気温の出現率を求めた。

出穂期は8月5日から9月9日まで5日毎にし，それぞれの出穂期毎に出穂後40日間の平均気温を，県内10か所以上の地点で，昭和40年から昭和52年までの13か年間について，農業気象月報（各地方気象台発行）日別気温観測資料から算出した。

この出穂日毎の出穂後40日間の平均気温が昭和40～52年の13か年間で，19℃以下になる出現頻度を求め，これを登熟危険度とした。

東北各地の出穂日毎の登熟気温：19℃以下の出現頻度は表－1の通りである。これを図示すると図－4のようになる。それらによると，出穂が遅くなるにしたがって登熟気温が19℃以下になる出現頻度は高くなり，また，19℃以下の出現範囲が広くなる。これを東北全域について概観すると，北東北太平洋側は登熟期の低温出現度が高く，8月5日の早い出穂期でも，登熟気温19℃以下になる頻度は5～10％（20～10年に1回）ある。しかし，東北地方の主要稲作地帯である日本海側の平野部と南東北の平坦部では，8月10日の出穂までは登熟気温が19℃以下になることは無い。

表－1　登熟期間の平均気温19℃以下の出現頻度

（農業気象月報　昭和40～52年）

地点	出穂日							
	8月5日	〃10日	〃15日	〃20日	〃25日	〃30日	9月4日	〃9日
（青森県）	%	%	%	%	%	%	%	%
青森	0	0	0	15	69	92	100	100
八戸	0	0	15	23	69	92	100	100
深浦	0	0	0	8	31	85	100	100
小田野沢	8	23	31	46	85	92	100	100
かに田	0	0	8	46	85	92	100	100
五所川原	0	0	0	23	69	85	100	100
黒石	0	0	15	23	69	92	100	100
三本木	0	23	31	46	85	92	100	100
碇ケ関	0	0	23	46	92	92	100	100
三戸	0	0	8	23	54	85	100	100
（秋田県）								
毛馬内	0	0	15	31	92	92	100	100
鷹巣	0	0	0	15	46	92	100	100
能代	0	0	0	0	15	61	92	100
秋田	0	0	0	0	8	62	92	100
岩見三内	0	0	0	8	31	92	92	100
象潟	0	0	0	0	0	0	31	92
大曲	0	0	0	0	23	85	100	100
生保内	0	0	8	38	84	100	100	100
横手	0	0	0	0	0	46	92	100
湯沢	0	0	0	0	23	92	100	100
（岩手県）								
軽米	8	31	31	54	92	100	100	－
福岡			15	23	69	92	100	－
荒屋	8	31	46	69	92	100	100	－
葛巻	8	31	46	92	100	100	100	－
久慈	－	15	31	39	85	92	100	－
盛岡	－	－	8	15	69	92	100	－
宮古	－	－	8	15	31	92	100	－
遠野	－	15	23	39	85	92	100	－
湯田	－	－	15	39	85	100	100	－
江刺	－	－	－	8	31	92	100	－

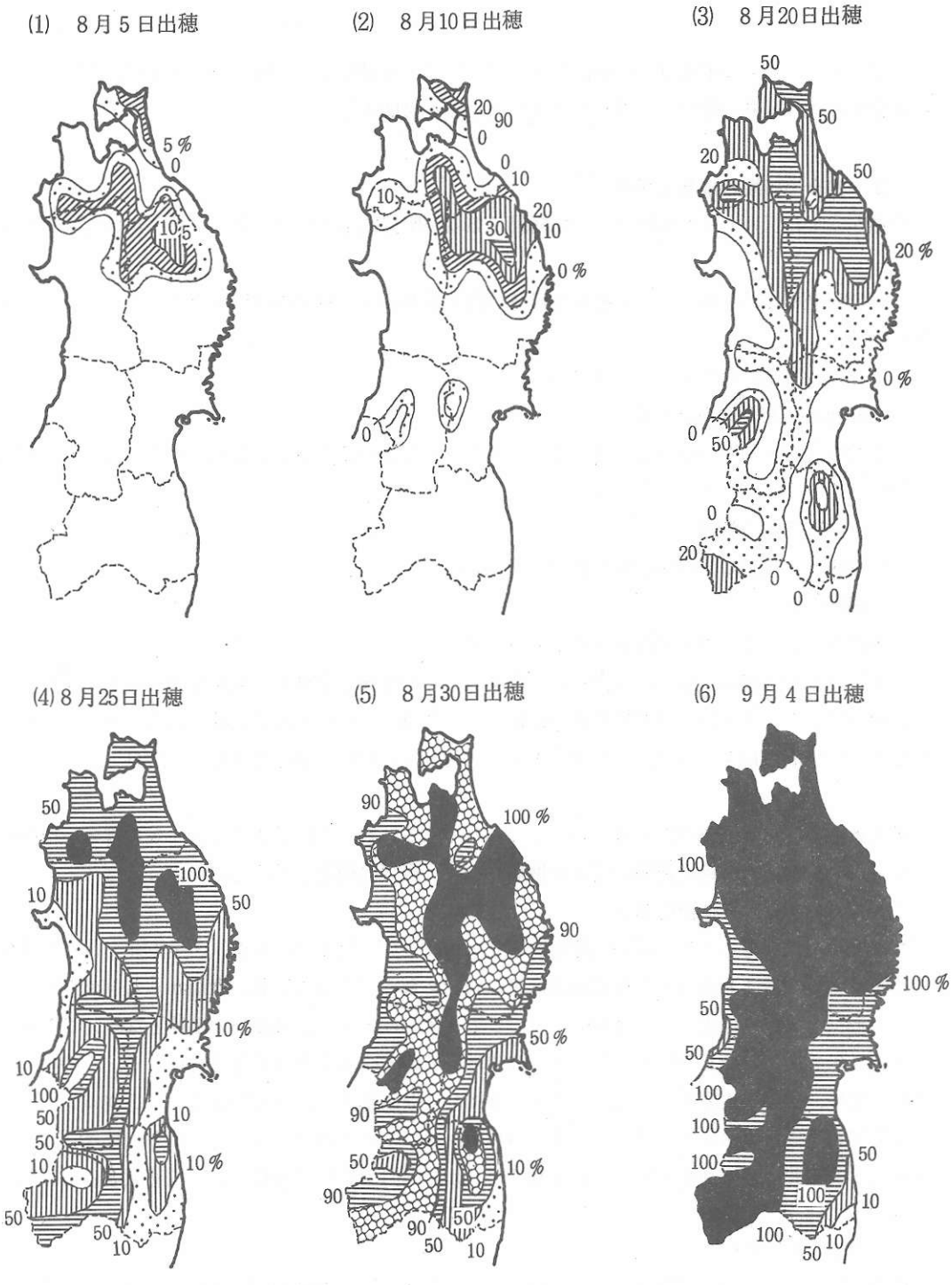
地点	出穂日							
	8月5日	〃10日	〃15日	〃20日	〃25日	〃30日	9月4日	〃9日
（山形県）	%	%	%	%	%	%	%	%
鶴岡	0	0	0	0	0	23	69	100
差首鍋	0	0	0	7	54	92	100	100
金山	0	0	0	7	46	92	100	100
新庄	0	0	0	0	69	92	100	100
肘折	0	7	23	62	92	100	100	100
尾花沢	0	0	0	0	14	92	100	100
中村	0	7	23	31	92	100	100	100
山形	0	0	0	0	7	85	100	100
小国	0	0	0	0	7	77	92	100
米沢	0	0	0	0	15	92	92	100
（宮城県）								
仙台	0	0	0	0	8	8	85	100
花山	0	0	8	17	25	92	100	100
古川	0	0	0	0	17	58	92	100
升沢	0	10	10	45	90	100	100	100
川崎	0	0	0	8	42	83	100	100
気仙沼	0	0	0	8	16	69	92	100
登米	0	0	0	0	18	56	91	100
新川	0	0	8	33	75	92	100	100
関	0	0	0	10	55	92	100	100
筆甫	0	0	0	16	67	92	100	100
（福島県）								
福島	0	0	0	0	0	8	62	92
船引	0	0	8	23	62	92	100	100
白河	0	0	0	0	23	77	92	100
湯本	0	0	15	31	77	92	100	100
小名浜	0	0	0	0	0	0	8	77
飯館	0	0	15	31	85	100	100	100
猪苗代	0	0	15	54	92	92	100	100
西会津	0	0	0	0	0	31	85	100
南郷	0	0	0	15	62	92	100	100
田島	0	0	0	23	62	92	100	100

これが8月15日の出穂になると，北東北の太平洋側，南東北の高冷地では登熟気温19℃以下の出現頻度が20％以上，すなわち5年に1回は19℃以下になる。

出穂が8月20日になると，登熟気温19℃以下の出現範囲が広くなり，秋田，山形，宮城，福島の平坦地域を除く，東北地方の大部分の地域で，登熟気温19℃以下が現われ，青森下北，岩手県北部，山形，福島の高冷地では，その出現頻度は50％以上，すなわち2年に1回は登熟気温が19℃以下になり，登熟障害の危険率がきわめて高くなる。

更に出穂が遅れ，8月25日になると東北全域で登熟気温19℃以下の出現頻度0％の地域はほとんど無くなり，青森から岩手県北部の山地ではその出現頻度は 100 ％になる。

8月30日の出穂では，南東北の海岸平坦地で登熟気温19℃以下の出現頻度が20％以下の地域が見られるほかは，東北全域で50％以上の出現頻度となり，安全な登熟を期待することは無理



図－4 出穂期別の登熟危険度分布

（登熟気温19℃以下の出現頻度）

になる。

9月に入ってからの出穂は，出穂後の気象が平年並に経過しても，福島の小名浜付近を除いて，東北全域の稲は登熟が障害なく進むことはほとんど不可能になる。

3　安全出穂期と限界出穂期

登熟が安全に行われるためには，登熟期間の気温が限界気温に達する前に出穂しなければならない。

そこで安全稲作のため，平年気象における登熟気温から見た基準出穂期を求め，その地域区分を行った。

ここでは基準出穂期を次のように決めた。

1）好適出穂期（安全出穂期）

出穂後40日間の平均気温が22℃（南東北）になる起日から21℃（北東北）になる起日まで

2）安全出穂期の晩限

出穂後40日間の平均気温が20℃になる起日

3）限界出穂期

出穂後40日間の平均気温が19℃になる起日

以上3時期の各温度の起日の算出には，農業気象10年報（農林省，気象庁発行）の10か年平均値を平年値として用い，旬平均気温の経過から平均気温がそれぞれの気温になる日を求め，その日から20日前の日をもって，それぞれ求める出穂後40日間の平均気温になる起日とした。

東北各地の各登熟気温別の起日は表－2の通りである。これを図示すると図－5になる。それらによって東北地域の好適出穂期，安全出穂期の晩限，限界出穂期を見ると次のようになる。

1　好適出穂期（安全出穂期）

好適登熟気温を得るための安全出穂期を東北全域について見ると，北東北と南東北では5～10日の差があり，東北北部ほど安全出穂期は早い時期になる。青森の下北，青森から岩手北部の高冷地，山形，福島の高冷地では，登熟気温を22℃とすれば，8月5日以前の出穂となり，21℃では8月10日前に出穂しなければならず，この地域での安全出穂期は8月上旬になる。その他の大部分の地域，とくに主要稲作地域である平坦部での安全出穂期は，8月中旬までに広がる。しかし北東北では登熟気温22℃では，8月10日以前，21℃にすれば8月15日以前の出穂期となり，南東北と北東北の日本海側平坦地では8月15日から8月20日の出穂でも，登熟気温は21℃を確保出来る。

2　安全出穂の晩限

登熟気温が20℃になる期日で，この期日まで出穂すれば，登熟期間が平年並に経過した場合は，良好な登熟は得られないが，登熟障害による減収の回避が期待できる。

表－2　登熟気温別の出現日

（出穂後40日間の平均気温，平年値）

地点	登熟気温				地点	登熟気温			
	22 ℃	21 ℃	20 ℃	19 ℃		22 ℃	21 ℃	20 ℃	19 ℃
（青森県）	月 日	月 日	月 日	月 日	（山形県）	月 日	月 日	月 日	月 日
青森	8. 10	8. 14	8. 19	8. 21	鶴岡	8. 18	8. 23	8. 29	9. 1
八戸	8	15	18	23	差首鍋	10	16	21	8. 25
深浦	14	19	22	29	金山	12	18	22	27
小田野沢	7. 26	5	10	16	新庄	9	16	20	24
かに田	8. 6	12	18	21	肘折	1	9	16	21
五所川原	9	15	18	22	尾花沢	14	19	23	28
黒石	10	14	19	23	中村	3	11	17	23
三本木	6	12	16	19	山形	16	20	25	30
碇ケ関	9	13	17	21	小国	15	22	25	29
三戸	12	19	21	24	米沢	15	18	21	23
（秋田県）					（宮城県）				
毛馬内	8. 8	8. 14	8. 18	8. 23	仙台	8. 17	8. 22	8. 28	9. 3
鷹巣	12	18	22	25	花山	12	17	21	8. 26
能代	15	19	23	27	古川	16	20	25	30
秋田	17	21	25	30	升沢	4	10	15	20
岩見三内	15	19	23	28	川崎	12	17	22	27
象潟	21	26	31	9. 6	気仙沼	12	18	24	29
大曲	14	19	23	8. 27	登米	17	21	26	31
生保内	8	13	18	22	新川	8	12	17	22
横手	17	21	25	30	関	10	16	21	26
湯沢	14	18	23	27	筆甫	11	16	20	25
（岩手県）					（福島県）				
軽米	8. 2	8. 9	8. 15	8. 18	福島	8. 21	8. 25	8. 31	9. 6
福岡	10	15	18	23	船引	10	15	20	8. 24
荒屋	7. 31	8	14	18	白河	13	18	22	27
葛巻	28	6	11	16	湯本	8	13	18	22
久寿	8. 6	11	16	23	小名浜	21	27	9. 3	9. 8
盛岡	11	14	19	25	飯館	7	13	8. 18	8. 22
宮古	10	15	20	25	猪苗代	7	12	17	21
遠野	8	12	17	21	西会津	18	22	27	9. 1
湯田	8	13	17	22	南郷	10	16	20	8. 24
江刺	14	18	23	28	田島	9	14	19	23

その期日は好適出穂期より各地とも約5日遅く，8月中旬後半から8月下旬になる。

地域的には，北東北は8月15～20日で，青森の下北半島，岩手県北から青森の高冷地では8月15日，岩手県北の北上山地の一部では8月5～10日とかなり早い時期に晩限となる。しかし北東北でも日本海側の平野部では晩限が遅く，8月20～25日になっている。

南東北は山間高冷地では安全出穂の晩限は8月20日以前になるが，平坦部では8月20～25日になり，北東北より5～10日晩限は遅れる。

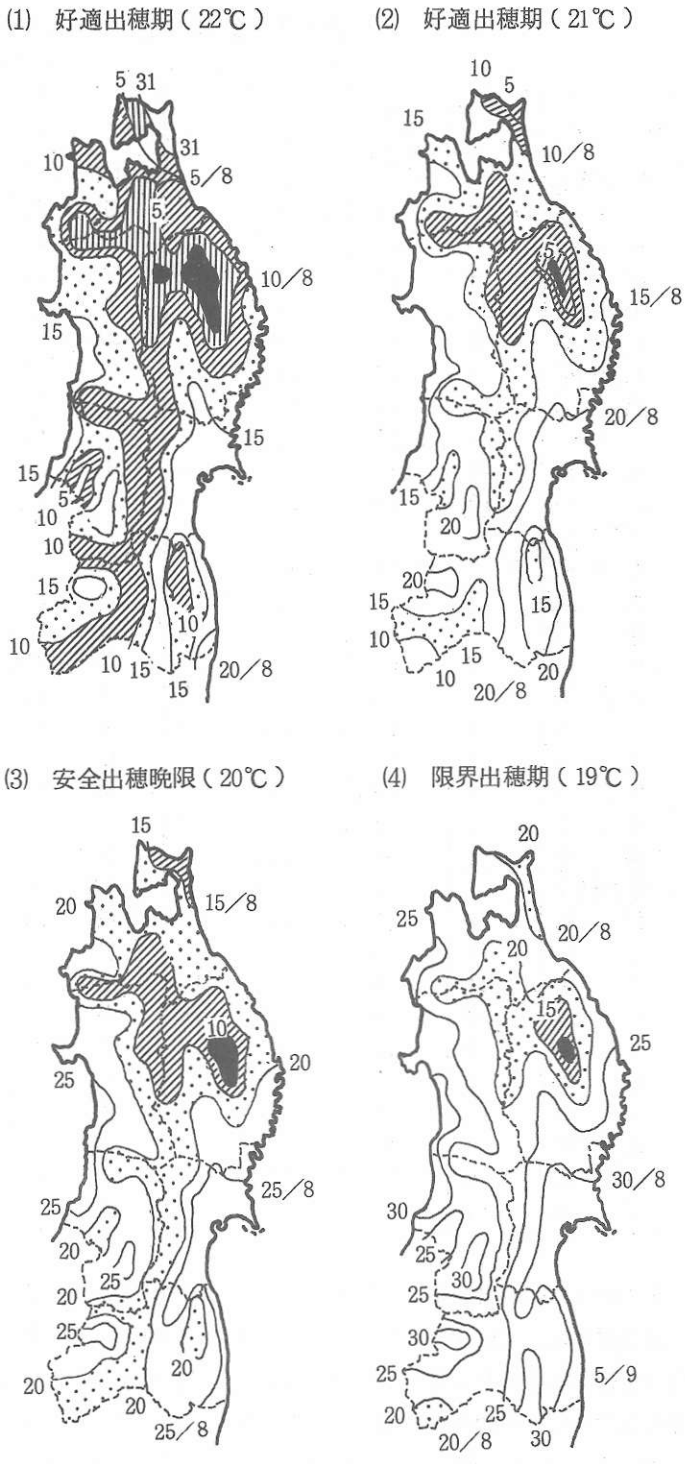
3　限界出穂期

登熟気温が１９℃になる期日で，この期日より出穂が遅れれば，登熟障害が顕著になり減収は避けられない。

その期日は安全出穂晩限より更に５日遅い。北東北の平坦地では８月２０～２５日であるが，青森の下北，青森から岩手県北部の山間高冷地では８月２０日以前で，岩手北部北上山地の一部では８月10～１５日になっている。

南東北では山間高冷地で８月２５日以前になるが，秋田県南部から南東北の平坦地域では８月末日になり，福島の小名浜付近では９月５日になっている。

東北地方の登熟期間の気温は，地域によってかなり差があり，北部ほど気温が低く，とくに北部太平洋側は気温低下が早いので，出穂の晩限も早く，８月中旬に出穂しなければ安全な登熟は期待出来ない。



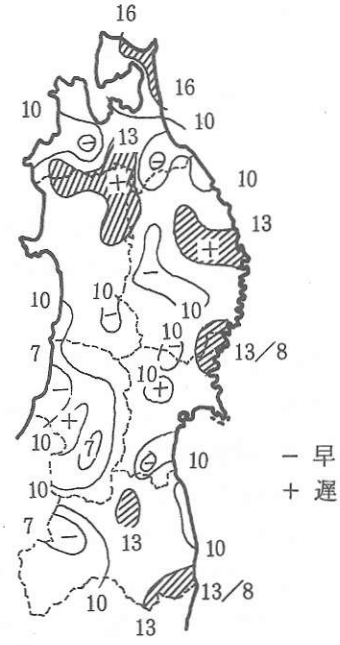
図－５　基準出穂期の地域分布（平年値）
（登熟気温別出現日）

3　現行稲作の平年出穂期と登熟危険度

現行技術での平年出穂期を，前述の登熟危険度と限界出穂期の面から検討した。

平年出穂期は昭和48～53年の6か年の平均値として，各地の農林水産省統計情報事務所出張所ごとの出穂盛期を用いた。

東北地方の平年出穂期の分布は図－6の通りである。それによると東北地方の出穂期は，最も早い福島会津地方の8月7日から最も遅い青森下北地方の8月16日までの約10日間の差がある。しかし，その他の大部分の地域では8月10日から13日の間にあり，平年の出穂期は地域的にあまり大きな差はない。



図－6　平年出穂期（昭48－53平均）

この平年出穂期分布を前述の出穂期毎の登熟危険度分布に重ねて見ると，青森下北地方の出穂期8月16日は登熟期の気温が平年並に経過しても登熟危険温度の出現率は20％になり，安全出穂期の晩限より1日遅い。また青森，秋田，岩手県境の山間高冷地での出穂期8月13日は登熟危険温度の出現率が10％前後となり，安全出穂期の晩限とほぼ同じ時期になっている。さらに岩手県北部の北上山地では平年出穂期でも安全出穂の晩限から限界出穂期に近い時期となっており，登熟危険温度の出現率は20～30％以上になって，3～5年に1回は登熟に障害が現われる。南東北でも標高の高い高冷地水田では，平年出穂期の8月10日前後で登熟危険度は5～10％になっている。これら北東北の太平洋側の地域や高冷地の水田では，平年出穂期でも登熟危険度は高く，出穂が数日遅延し，8月中旬後半になれば限界出穂期に達し，登熟期間の気温が平年並に経過しても，登熟危険温度の19℃以下になる確率は50％以上になり，冷害の危険度が極めて高い地域である。

この他の平坦地域が，東北の主要稲作地帯では，現行技術による平年の出穂期であれば，登熟気温から見た冷害の危険度はほとんどない安全出穂であり，好適出穂期になっている。そしてこの地域での安全出穂晩限は8月20～25日になっているので，現行の出穂期が7～10日位遅れても，登熟の危険度は低い。

4　現行技術による冷害年次の推定出穂期と減収率

東北地方の水稲冷害は，不順天候による出穂遅延が減収の主要因となっている。それで冷害対策として従来から健苗の早植が奨励され，それによって冷害による被害はかなり軽減され，単収の増加に結び付いている。しかし現行技術の主流である機械田植の田植時期は，成苗田植にくらべ10～20日以上も早くなっているが表－3で見られるように，出穂期は早くなっていない。この機械田植での早植えは，そのまま成苗の田植時期と比較出来ない。

表－3　田植，出穂期，積算気温の年次推移（宮城県）

年　次	田　植	出穂期	田～出日数	積算気温	平均収量	育　苗
	月　日	月　日	日	℃	kg	
昭 30 ～ 33	5. 31	8. 12	73	1, 580	404	水苗代
36 ～ 37	26	11	77	1, 626	441	保　折
38 ～ 45	22	10	80	1, 672	470	畑　苗
47 ～ 49	15	9	86	1, 733	472	畑苗，稚苗
50	11	9	90	1, 821	516	稚　苗

注）田植，出穂期は県平均最盛期，該当年次の平均値
　　積算気温は，田植から出穂期，仙台管区気象台平均気温

それで，現行の機械田植による出穂期が，冷害年次にどのように変るかを推定し，その出穂期から登熟期の低温がどれくらい減収するかを推定した。

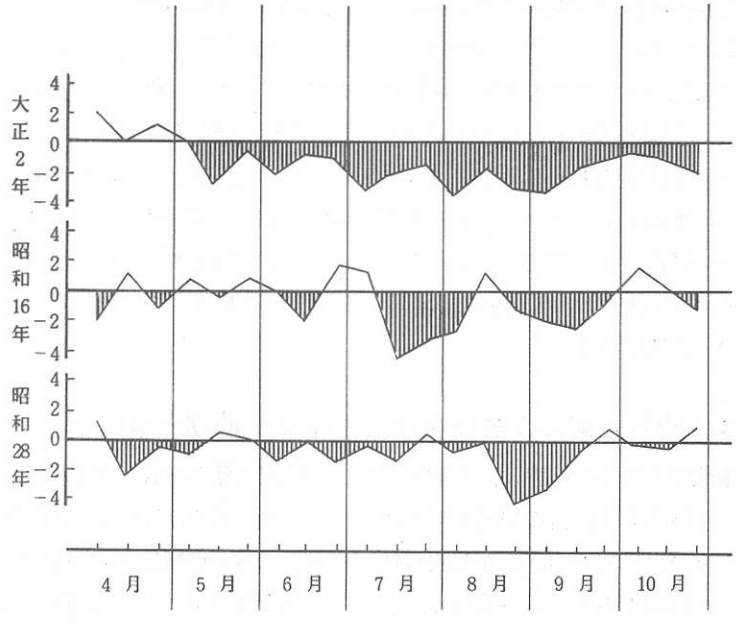
1　冷害年次の推定出穂期

冷害年の出穂遅延は，登熟気温の低下によってその被害が大きくなる。それで現行の機械田植が今後予想される冷害年にどれだけの出穂遅延になるかを推定した。

今後予想される不順天候による冷害年として，過去に東北地方全域が冷害となった年次の中から，強い冷害年次として大正２年，中程度の冷害として昭和１６年，弱い冷害として昭和２８年を選定した。大正２年，昭和１６，２８年の平均気温平年偏差図を図－７に示す。

これら冷害年での出穂期の推定は，それぞれの年次の田植から出穂期までの平均気温の積算気温によった。

田植から出穂期までの積算気温は，品種，苗の種類，田植時期によって異なる[4]。また，用いる気温が平均気温（最高，最低平均）と有効気温[5][6]で異なる。



図－７　冷害年次の平均気温平年偏差図（宮城）

今回の研究では，各県のこれまでの研究資料[7]から平均気温の積算を用い，起算日（田植日）と積算気温は表－4のように決めた。

ここで，起算日（田植日）を平均気温の平年値で稚苗：13℃，中苗：14℃の出現日とした。その理由は健苗の早植えを原則とした場合，田植の限界気温を稚苗：12℃，中苗13℃とされているが，平年値はその気温の出現割合がほぼ50％となるので，活着の安全を考慮してそれぞれの限界気温より1℃高い気温の出現日を起算日とした。

表－4　田植日と田植から出穂期までの積算気温

	稚苗		中苗	
	田植日	積算気温	田植日	積算気温
早生	平均気温13℃の起日	1,640℃	平均気温14℃の起日	1,570℃
中晩生		1,800		1,730

注）田植日は各地点の平年値による。
早生：アキヒカリ，レイメイ，フジミノリ級
中晩生：トヨニシキ，ササニシキ級

東北地域における田植可能到達日（稚苗：13℃，中苗：14℃）の平年の出現日を表－5に示す。これを図示すると図－8の通りで，南東北と北東北では10日以上の差がある。13℃の出現日は南東北の平坦地では4月25日から5月5日前後であるが，北東北の太平洋側では5月10日以降になり，下北半島北部や岩手の北上山地の一部では5月末以降になるところもある。平均気温14℃の出現日は，13℃の出現日より5日前後遅くなり，南東北では5月5日から10日，北東北では5月15日から20日になっている。北東北でも太平洋側は日本海側より各気温ともその出現日は5日位遅れる。

この13℃，14℃の出現日を稚苗，中苗の田植日として，平均気温の平年値，冷害年次の大正2年，昭和16，28年の気温を用い，苗の種類ごとに表－4の積算気温で出穂期を求めた。

その結果によると表－6で見られるように現行技術でも冷害年次の出穂は遅延する。その遅延日数は生育期間中の気温経過によって異なり，大正2年程度の強い冷害では南東北の福島を除く，東北各地とも出穂期は10日前後の遅れとなる。また昭和28年程度の冷害では一部に5日以上の遅れはあるが，全体的には1～3日程度の遅れで，秋田ではほとんど出穂の遅れは見られない。

しかし，ここで得られた出穂期はいずれも気温からの計算で得られた値であるので，平年出穂期を計算値と実況を比較すると，表－5で見られるように若干の差がある。これは，実況の平年出穂期は各地域の立地条件に応じた栽培法のため，実際の田植時期（表－7）と積算気温の起算日（13℃，14℃の期日，表－5）に差があり，また，品種，苗の種類は，早中晩，稚苗，中苗が混在したその地域での平均出穂期を用いているためである。それで，ここで得られた平年出穂期と冷害年次の出穂期から，各地の実情に応じた出穂遅延日数を求め，その遅延日数を現況の平年出穂期からの遅れとして，それぞれの年次の推定出穂期を求めた。

表－5　田植可能気温出現日と平年出穂期

（平均気温，平年値）

地点	田植期		出穂期		地点	田植期		出穂期	
	13 ℃	14 ℃	(積算気温)	(統計)		13 ℃	14 ℃	(積算気温)	(統計)
(青森県)	月 日	月 日	月 日	月 日	(山形県)	月 日	月 日	月 日	月 日
青森	5. 10	5. 18	8. 9	8. 11	鶴岡	4. 30	5. 6	8. 2	8. 7
八戸	6	10	5	10	差首鍋	5. 11	19	7. 30	12
深浦	7	15	7	7	金山	8	13	8. 2	11
小田野沢	6. 5	6. 8	31	13	新庄	6	12	4	10
かに田	5. 26	5	24	11	肘折	20	27	15	13
五所川原	6	5. 17	7	9	尾花沢	4	10	3	9
黒石	5	8	1	8	中村	16	26		13
三本木	7	18	10	10	山形	4. 27	4	7. 30	8
碇ケ関	8	15	6	10	小国	5. 7	13	8. 2	9
三戸	4	7	7. 30	7	米沢	4. 29	5	7. 31	6
(秋田県)					(宮城県)				
毛馬内	5. 8	5. 15		8. 11	仙台	4. 30	5. 7	8. 2	8. 11
鷹巣	8	14	8. 2	12	花山	5. 5	10	7	12
能代	7	13	2	11	古川	2	8	3	10
秋田	4	11	6	12	升沢	9	15	7	11
岩見三内	4	11	7. 31	12	川崎	6	11	1	9
象潟	1	8	8. 2	11	気仙沼	7	12	10	14
大曲	3	8	4	9	登米	3	8	5	10
生保内	11	19		9	新川	9	15	6	14
横手	1	7	1	9	関	6	13	9	7
湯沢	3	8	4	10	筆甫	7	11	2	12
(岩手県)					(福島県)				
軽米	5. 12	5. 25	8. 12	8. 12	福島	4. 25	4. 30	7. 26	8. 15
福岡	4	9	7. 29	10	船引	5. 6	5. 15	8. 7	12
荒屋	12	20	8. 10	12	白河	3	10	5	11
葛巻	14	26	15	13	湯本	10	15	11	15
久慈	11	25	15	10	小名浜	1	8	4	23
盛岡	6	11	6	10	飯館	14	21	10	16
宮古	5	11	3	15	猪苗代	14	22	10	15
遠野	12	19	5	10	西会津	4. 30	4	7. 30	7
湯田	13	21	8	11	南郷	5. 8	18	8. 2	9
江刺	3	7	7. 31	10	田島	13	20	6	9

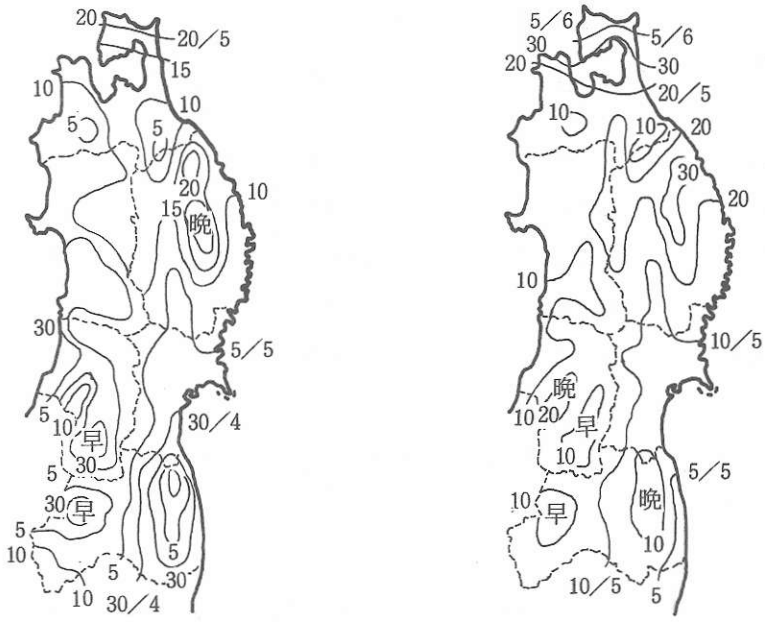
注）出穂期

積算気温：田植から出穂期までの積算気温で求めた値で，各地の実情に応じ，苗の種類，早，中晩混みの期日

統　　計：各地の統計情報部資料による。

(1) 稚　苗
（平均気温13℃）

(2) 中　苗
（平均気温14℃）



図－8　田植可能気温出現日（平年）

表－6　冷害年次の出穂遅れ日数

（県平均）

年次	苗	県別	青森	秋田	岩手	山形	宮城	福島
大正2年	稚苗	早生	8日	8日	10日	6日	11日	5日
		中晩生	9	10	10	9	12	6
	中苗	早生	7	8	10	6	11	5
		中晩生	8	9	10	11	12	5
昭和16年	稚苗	早生	7	3	5	5	7	3
		中晩生	8	3	6	5	8	4
	中苗	早生	7	3	5	3	7	3
		中晩生	8	3	5	9	8	3
昭和28年	稚苗	早生	3	0	1	1	3	2
		中晩生	3	0	1	2	3	2
	中苗	早生	2	1	1	2	2	2
		中晩生	2	0	1	6	2	2

注）出穂日は平年，冷害年とも田植日（平年13，14℃の起日）からの積算気温で算出（表－4）した。平年出穂期と冷害年出穂期の差。

表－7　現行技術による田植時期（平年）

田植＼県別	青森	秋田	岩手	山形	宮城	福島
	月 日	月 日	月 日	月 日	月 日	月 日
田植始期	5. 15	5. 13	5. 7	5. 13	5. 4	5. 5
（平均気温℃）	（12. 9）	（13. 5）	（12. 9）	（14. 9）	（13. 2）	（15. 2）
〃 盛期	〃 18	17	15	18	10	15
（平均気温）	（13. 2）	（13. 9）	（13. 5）	（15. 2）	（14. 0）	（16. 0）
〃 終期	〃 28	27	25	25	20	29
（平均気温）	（14. 4）	（15. 3）	（14. 6）	（16. 0）	（14. 6）	（17. 5）

注）平均気温は各地方気象台日別平均平年値

現行技術では，北東北は中苗，早生，南東北は稚苗，中晩生が主体で立地条件によってその割合は若干変る。

この現行技術による冷害年次の推定出穂期は表－8の通りで，これを図示すると図－9の通りである。

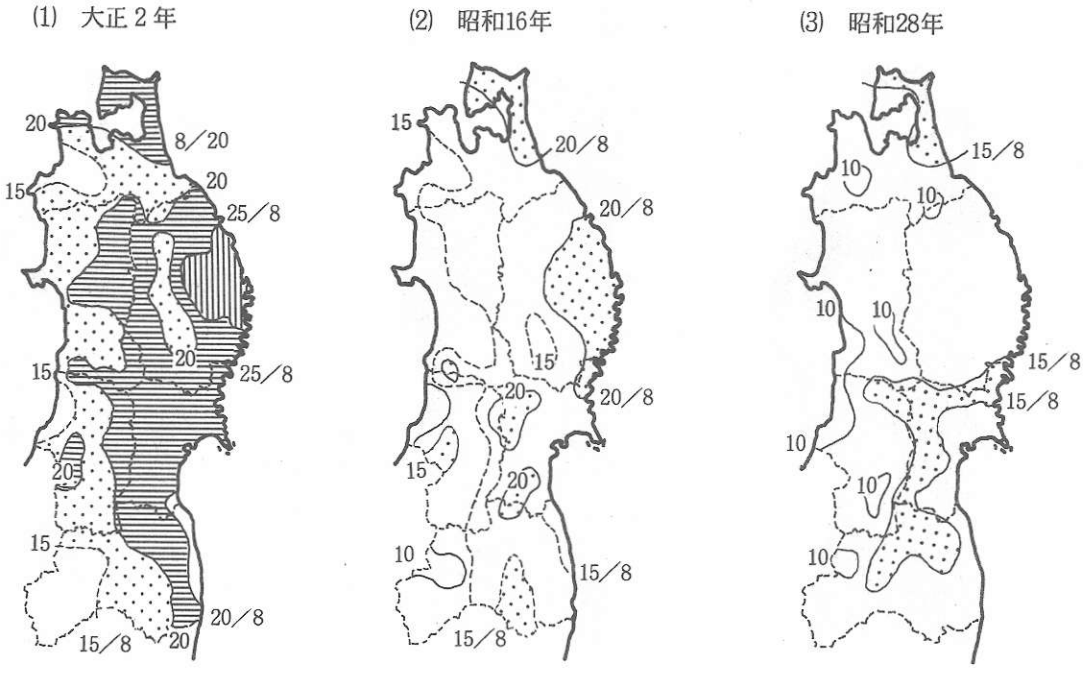
それらによると大正2年程度の強い冷害では，現行技術でも出穂遅延が著しく，とくに太平洋側では10日前後の遅れで，出穂期は8月20日以降となっている。これが昭和16年程度の冷害になると出穂の遅れは見られるが，8月20日以降の出穂は，北東北太平洋沿岸地域と南東北の一部で，その範囲は大正2年よりかなり小さくなっている。それが昭和28年程度の弱い冷害では，青森下北地方と南東北山間部で8月15日以降の出穂で平年より2～3日位の遅れであったほかは各地とも平年並の出穂期になる。

表－8(1)　冷害年次の推定出穂期と減収率

地点	大正2年			昭和16年			昭和28年		
	出穂期	登熟気温	減収率	出穂期	登熟気温	減収率	出穂期	登熟気温	減収率
（青森県）	月日	℃	%	月日	℃	%	月日	℃	%
青森	8.16	732	19	8.19	748	11	8.13	784	3
八戸	18	728	21	19	748	11	14	776	4
深浦	14	772	5	8	884	0	7	844	0
小田野沢	24	680	68	21	708	37	17	720	26
かに田	18	680	68	16	784	3	13	780	3
五所川原	15	788	2	14	816	0	11	780	3
黒石	15	792	2	11	848	0	10	800	1
三本木	17	704	41	20	728	21	13	756	8
碇ケ関	17	716	30	17	748	11	10	798	2
三戸	14	760	7	14	816	0	7	836	0
（秋田県）									
毛馬内	－	－	－	－	－	－	－	－	－
鷹巣	8.17	700	45	8.17	806	0	8.11	806	0
能代	19	712	34	13	895	0	12	816	0
秋田	20	711	35	15	856	0	11	828	0
岩見三内	21	701	45	14	856	0	12	803	1
象潟	18	773	4	11	916	0	10	875	0
大曲	18	715	30	13	857	0	10	820	0
生保内	20	656	88	－	826	－	－	－	－
横手	18	734	18	12	904	0	10	840	0
湯沢	19	716	30	11	906	0	11	828	0
（岩手県）									
軽米	8.22	600	100	8.17	720	23	8.15	690	55
福岡	17	690	55	18	720	23	11	720	23
荒屋	19	600	100	16	720	23	12	720	23
葛巻	21	580	100	16	720	23	13	680	66
久慈	25	570	100	17	750	10	10	840	0
盛岡	16	690	55	17	750	10	10	780	3
宮古	28	600	100	22	720	23	16	750	10
遠野	18	670	75	14	790	2	10	720	23
湯田	19	660	82	13	750	10	10	790	2
江刺	19	720	23	14	840	0	11	840	0

表－8(2)　冷害年次の推定出穂期と減収率

地点	大正2年			昭和16年			昭和28年		
	出穂期	登熟気温	減収率	出穂期	登熟気温	減収率	出穂期	登熟気温	減収率
（山形県）	月日	℃	%	月日	℃	%	月日	℃	%
鶴岡	8.13	824	0	8.9	912	0	8.6	880	0
差首鍋	19	700	45	17	772	5	15	756	7
金山	19	716	35	14	812	0	12	792	1
新庄	19	716	35	18	760	6	13	804	0
肘折	20	652	85	13	744	15	13	720	25
尾花沢	20	712	37	20	756	7	13	784	2
中村	18	688	57	18	720	25	13	736	15
山形	16	792	1	12	880	0	11	852	0
小国	16	756	7	13	840	0	11	828	0
米沢	16	760	6	11	872	0	8	880	0
（宮城県）									
仙台	8.23	736	17	8.19	796	1	8.15	831	0
花山	25	688	58	21	739	15	16	771	5
古川	21	739	15	16	824	0	13	827	0
升沢	25	638	95	21	689	55	13	770	6
川崎	21	709	34	17	764	7	－	－	－
気仙沼	27	691	52	23	741	14	17	775	5
登米	20	750	11	17	818	0	10	841	0
新川	27	643	91	23	695	51	16	768	7
関	21	699	42	20	729	20	－	－	－
筆甫	25	674	61	21	725	22	－	－	－
（福島県）									
福島	8.21	775	4	8.22	802	1	8.17	838	0
船引	21	708	37	17	760	7	14	806	1
白河	17	772	5	15	831	0	13	805	1
湯本	22	657	88	13	807	0	16	754	9
小名浜	29	730	19	28	781	3	25	807	1
飯館	25	664	83	19	710	35	16	722	24
猪苗代	19	713	35	15	799	1	15	759	8
西会津	11	837	0	9	927	0	10	867	0
南郷	12	779	3	8	871	0	11	815	1
田島	12	773	4	9	862	0	11	802	1



図－９　現行技術による冷害年の推定出穂期

２　冷害年次の推定減収率

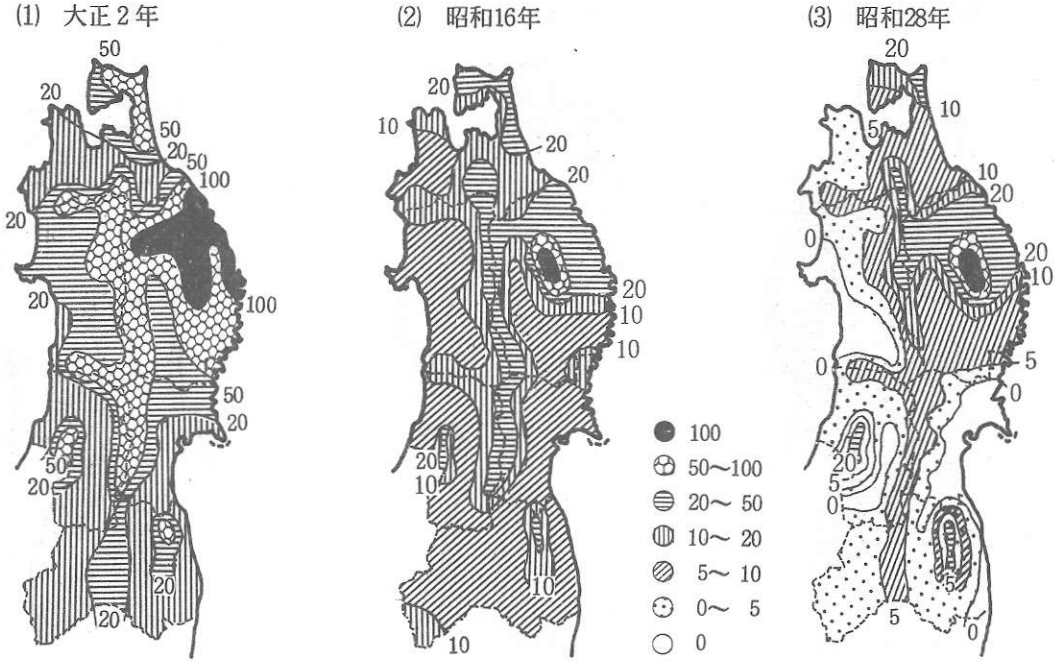
遅延型冷害の減収気象要因は，登熟期間の不順天候による気温の低下，較差の縮小，日照不足，多雨，多湿などがあげられる。しかし，ここでは大正２年，昭和１６，２８年冷害における登熟気温の低下による減収についてのみ検討した。

登熟気温と収量との関係については，数多く研究されているが，登熟気温から減収率を推定する方法は昭和３６年青森農試[2)]で発表した資料以外は見当らない。それで，今回はこの青森農試で作図した登熟気温と減収率との関係図（図－１）を用いて減収率を求めた。

冷害年次の登熟気温は，前項１で推定した各年次における出穂後４０日間の積算気温を用いた。積算気温は，東北各地域の気象観測所毎にそれぞれの年次の日平均気温を用いて算出した。

その結果から各冷害年次の推定減収率を求め，その分布を図－１０に示した。

それらによると，現行技術でも出穂遅延の大きい，大正２年程度の強い冷害では，登熟期間も不順天候となり登熟気温の低下による減収が著しく，東北全域で減収している。その減収率は，日本海側の平坦部と南東北太平洋側の平坦部では２０％前後で比較的に減収率は低くなっているが，奥羽山系の高冷地から北東北の太平洋側では５０％以上の減収率を示し，岩手県北の北上山地から太平洋沿岸にかけては減収率100％，すなわち収穫皆無の地域が現われる。



図－10　現行技術による冷害年の減収率

それが昭和１６年程度の冷害では，大正２年にくらべ各地とも減収率は半分以下になり，青森の下北，岩手県北部海岸から北上山地，および南東北の高冷地では２０％以上の減収率となっているが，東北の主要稲作地帯では１０％前後の減収率である。

昭和２８年程度の軽い冷害では，北東北太平洋側と南東北の高冷地で登熟気温の低下が大きく，減収率が２０％を越すところもあるが，その他のほとんどの地域では１０％以下の減収率で，日本海側の平坦地，南東北太平洋側平坦地では５％以下となる。秋田県南の平坦，山形，米沢盆地，福島会津，宮城，福島の海岸地域では，減収率０％で登熟気温低下による被害は現われた。

このように現行技術でも大正２年程度の強い冷害年には出穂遅延，登熟気温低下による減収は避けられないが，昭和２８年程度の軽い冷害年では，出穂の遅れはそれ程でなく登熟気温低下による減収はかなり軽減される。

3　現行技術と実況の比較

現行技術による冷害年次の推定出穂期と減収率を当時の実況と宮城県の県平均について比較すると表－９の通りである。

表－9　現行技術と実況の比較（宮城県平均最盛期）

年次	田植			出穂期				積算気温		減収率	
	実況	現況	差	実況	現行	差	現平年	実況	現行	実況	現行
	月日	月日	日	月日	月日	日	月日	℃	℃	%	%
大2	6.12	5.10	33	8.30	8.21	9	8.9	699	746	40	17
昭16	6.12	5.10	33	8.25	8.17	8	8.9	760	783	8	3
昭28	6.5	5.10	26	8.23	8.13	10	8.9	780	815	3	0

注）減収率は実況，現行とも登熟気温より求めた値。其の他気象災害，病害虫は含まない。

実収量と平年比　大2　114 Kg　60 %
昭16　201　91
昭28　304　93

それによると，現行技術と当時の技術では田植時期が全く異なる。大正2年，昭和16年当時の育苗は水苗代で，田植時期は6月上旬後半から中旬前半で県平均最盛期は6月12日となっており，現行の田植期より33日も遅い。昭和28年頃は保護苗代が普及し始め，田植時期はやや早まったが，それでも県平均最盛期は6月5日で現在より26日遅い。このように6月に入ってからの遅い田植では，それに続く梅雨期の天候が本田初期生育に直接影響し，梅雨現象が顕著で不順天候が続けば，初期生育不良，生育遅延となり，それが長引けば遅延型冷害になる。

これに対し，現行技術で5月上旬に田植を行った場合，当時の不順天候下の気温経過では，現行技術でも出穂遅延は避けられず，大正2年の強い冷害では現行の平年出穂期より10日前後遅れる。昭和16年の冷害では約1週間の遅れが見られ，昭和28年程度の弱い冷害でも約3日位の遅れが見られる。

しかし，当時の実況出穂期にくらべれば，何れの年次も現行技術では実況より出穂期は10日前後早くなっている。

この現行技術による出穂期の早まりは，当然，その後の登熟気温にも影響を与え，出穂後40日間の積算気温は，何れの年次でも当時の積算気温より20～50℃以上高くなっている。その結果，登熟気温の低下による減収率は当時よりかなり小さくなり，大正2年の強い冷害の場合，当時の登熟気温低下による減収率40％が現行技術では17％になり，13％軽減される。昭和16年冷害ではその減収率は5％の軽減が見られ，昭和28年程度の軽い冷害では登熟気温による減収は無くなっている。

しかし，ここに示した値はいずれも登熟気温から見た場合であり，その他気象災害，病害虫被害は含まれていない。当時の実況ではいずれの年次も宮城県では，風水害，いもち病の多発などがあり，それも減収の要因に入っている。しかし現行の防除技術で対応すれば，その被害はかなり軽減出来る。

この現行技術と実況との差は，単に宮城県だけでなく，東北地方全域についても認められる。

この試験期間中の昭和51年の気象は，冷害対応の対象年次である昭和16，28年を上回る冷

害気象で，とくに出穂前後から登熟期前半は異常低温となった。このため東北各地の出穂期は平年より3～10日位遅れ，最も遅い地域では8月末から9月始めの出穂となり，さらに登熟期の低温で登熟障害が現われ，これに北東北では葉梢褐変病が南東北ではいもち病が多発し，冷害による被害をさらに大きくした。しかし，作況指数から見た東北各地の減収率は図－11の通りで北東北の太平洋側や南東北の高冷地で，出穂が8月下旬と極端に遅れた地域では，20％以上の減収率を示したが，その他の主要稲作地帯では10％前後の減収で，日本海側の平野部や南東北の平坦地では減収0％の無被害の地域が見られた。このように過去の冷害気象を上回るような昭和51年の冷害気象でも現行技術ではかなりその被害を軽減している。

図－11　昭和51年冷害の減収率

5　東北地方における冷害危険地帯

東北地方の水稲冷害は，北東北では障害型冷害もしばしば見られるが，東北全体としては遅延型冷害の方が大きい。

登熟気温から見た登熟危険度は，出穂期が遅れるにしたがって大きくなり，標高が高くなるほど，そして東北北部ほど，その危険度は大きい。また太平洋側は日本海側より登熟期の気温は低く登熟危険度は高い。

これを地域的に見ると，青森県の下北半島，岩手県北部の太平洋側から北上山地では，遅延型冷害の危険度が最も高く，現行技術による平年の出穂期で，登熟期間の気温が平年並に経過してもなお登熟限界気温19℃以下になる危険性は10～20％（5～10年に1回）もあり，出穂がそれより遅れれば，登熟危険度は急に高くなる。この地域では昭和28年程度の弱い冷害でもその減収率は20％以上になっている。

南東北でも標高の高い高冷地水田では出穂遅延による登熟危険度は高くなる。

しかし，東北の主要稲作地帯である日本海側の平野部，岩手県南部から南東北の太平洋側平野部では，現行の8月上旬出穂であれば登熟気温から見た冷害の危険度はほとんどない。また，冷害気象に遭遇しても過去の冷害年次に見られるような被害，減収にはならない。

また，福島南部太平洋沿岸の平，小名浜付近では通常の気温経過であれば，出穂の晩期限界が9月上旬までとなり，遅延型冷害の危険性はほとんどない安全地域であり，むしろ早い時期の出穂は登熟期の高温障害の危険性が出る可能性がある。

この平年気象や過去の冷害気象での登熟気温から見た冷害危険地域の分布は試験期間中の昭和51年冷害における被害分布とよく一致した。

6 むすび

東北地方における現行稲作の，今後予想される寒冷気象に対する冷害危険度を推定し，東北全域としての冷害危険地域区分を行った。

冷害危険度は遅延型冷害を対象として，現行技術による出穂期の変動と出穂遅延による登熟の危険度を登熟気温から見た場合について検討した。

東北地域の稲作では，出穂期が遅れるほど登熟気温は低くなり，登熟危険温度の出現率が高くなる。その出現期日は東北北部ほど早く，同じ出穂期では北東北の低温出現率が高い。これを地域的に見ると，北東北でも日本海側より太平洋側は登熟期の低温出現率が高く，青森の下北，岩手北上山地では，現行の平年出穂期でも5～10年に1回は登熟限界気温以下になり，数日の出穂遅延で，その危険率は急に高くなる。この地域が東北地域では遅延型冷害の最も危険地域になる。南東北でも標高の高い高冷地では登熟期の気温低下が早く，出穂期の遅れは登熟危険度を増す。

この他の東北地方の主要稲作地帯では，現行の平年並の8月上旬出穂であれば登熟気温から見た冷害危険度はほとんど無く，8月中旬の出穂でも登熟期が平年並に経過すれば登熟期の低温障害は出ない。

しかし，実際の冷害気象では稲生育期前半の低温による出穂遅延だけでなく，登熟期間も不順天候が続き登熟気温が低下することが多いので，安全出穂期の晩限は平年より早くなる。

今後予想される冷害気象として，大正2年程度の強い冷害を想定した場合，現行技術での出穂期は約10日前後遅れ，登熟期間の気温低下によって減収する。しかし当時の実況とくらべると，現行技術では当時より出穂期は早くなり，減収率は10％以上軽減している。また，昭和28年程度の弱い冷害では，現行技術の出穂は2～3日程度の遅れで，当時の実況出穂期より約10日早くなり，北東北太平洋側の一部を除き，主要稲作地帯での登熟気温の低下による減収はほとんど無い。

なお，この研究で得られた値は，すべて日平均気温のみから見ており，気温以外の気象要素は考慮されていないので，今後は各種気象要素とそれらの綜合気象条件との関係について検討する必要がある。また，安全出穂期の基準気温の出現日は，日平均気温の平年値を用いており，各平年値の出現率は約50％となるので，実際に安全作期計画を樹てる場合は平年値の限界気温出現日より0.5～1.0℃高い気温の出現日とした方がより安全である。

最後に，この研究で行った現行技術での東北地域における冷害危険度の推定は，遅延型冷害のみを対象としており，障害型冷害，低温下の病害虫被害は含まれていないので，それらの混合型冷害ではさらに被害は大きくなると予想される。この障害型冷害，病害虫被害と減収率の関係，気象条件による減収推定尺度については今後の研究が待たれる。

〔 引 用 文 献 〕

1) 羽生寿郎・内島立郎・菅原例. 水稲生産量の農業気候的表示方法に関する研究, 1.水稲登熟量を表わす農業気候示数。東北農試研報 34, 27−36 (1966)

2) 青森農試農業気象科. 青森県における農業気象環境の解明に関する研究, 青森農試研報 11, 1−37 (1966)

3) 東北農政局統計情報部編. 昭和53年産水稲 宮城県における記録的な良質・多収要因の解析, 26−32 (1979)

4) 宮城県農業センター. 東北地域における最近の稲作技術の冷害抵抗性の程度と応急技術の樹立に関する試験成績書, 1−6 (1976)

5) 丹野耕一・高橋重郎・千葉隆久・高橋正道. 水稲における出穂期の推定, (1978). 移植期と出穂期の関係 東北農業研究 23, 17−18 (1978)

6) 村上利男・和田道宏・吉田善吉. 寒冷地における水稲生育の気象反応に関する定量的研究 東北農試研報 45, 33−100 (1973)

7) 東北農試農業気象研究室編. 水稲計画栽培のための気象的基準。昭和52年度農業気象ブロック会議資料 7 p. (1977)