

表 題：確率予報の利用法

目 次

紹介にあたり

- 1) はじめに
- 2) 水稲と気象
- 3) 冷害危険度を考慮した1か月予報の利用法
- 4) 3か月平均気温の確率予報を用いた作付品種の栽培管理への利用法
- 5) まとめと課題

< 紹介にあたり >

早期警戒の監視活動は基本的に仙台管区気象台から発表される季節予報（暖候期・3か月・1か月予報）を参考にしています。昨年からは仙台管区気象台の協力で季節予報のファイルが送られるようになったため、原本をPDFファイルで提供できるようになりました。これら予報は確率で表現されていますが、今までの早期警戒ではこの確率予報はほとんど使われていませんでした。

確率予報は本来冷害のリスクを考慮した栽培管理や経営に利用されるべきものと考えます。そこで、仙台管区気象台間宮予報官にお願いして、季節予報の利用法を検討して来ました。同台の許可を得て、「平成11年度全国季節予報技術検討会資料 - 3か月・暖候期・寒候期における解説資料の充実及び季節予報の確率表現の普及（第2年度）」に掲載されているものをここに紹介します。

間宮嘉久(2000)「確率予報の利用法」同資料 p.45-53.

ご一読いただき、感想やご意見を頂けましたら幸いです。特に、「このような意思決定の場面にも適用できるのでは？」とか、積極的な提案をお待ちしています。

1 はじめに

東北地方における農業は、豊かな土地資源と農業労働力に支えられ、稲作を中心とした多様な複合農業が展開されている。平成11年12月16日に公表された農林水産省統計情報部の「平成11年産水陸稲の収穫量」によると、東北地方は、作付面積45万7千ヘクタール、収穫量約258万トンで全国の生産量の約28%を占め、米の一大生産拠点となっている。

一方、農業は自然条件に左右されやすいため、農家にとっては自然災害がもたらす被害をいかに軽減するかが大きな課題である。冷害、風水害、干ばつによって収穫量が大きく減収してしまうことはよく知られている。また、病害虫も収穫量を大きく変動させる原因である。ただ、水稲における自然災害被害率の長期傾向は、戦後しばらく影響が大きかった風水害や病害虫の被害率は減少し、1970年代以降冷害の被害率が大きくなっている（長谷部，1999）。

東北地方では、明治以来5年に一度程度の割合でやませによる冷害が発生しており、1980、88、93年は大冷害となった。特に、1993年の大冷害は東北地方の稲作に壊滅的な打撃を与え、コメの緊急輸入等日本の社会構造にまで大きな影響を及ぼした。日本の長期予報の研究は東北地方における冷害をなんとかして防ごうとする農民に対する愛情から出発している（朝倉，1980）。また、稲作の生産安定化を冷害対策の観点から見ると、技術的には耐冷品種の開発、保温折衷苗代等の栽培技術、間断灌漑や深水灌漑等の水管理が重要となる。

このように、東北地方では農業、特に稲作に関連して暖候期の天候予報、なかでも夏期における低温の有無の予測に高い関心がある。確率予報の利用法を検討するに当たり、東北農業試験場が中心となって進めている「水稲冷害早期警戒システムプロジェクト」での確率予報の利用につ

いて主に検討した。次節（2 節）では水稲栽培と気象の影響について概説し、3 節では 1 か月予報の気温確率を用いて冷害危険度を考慮した深水等水管理のコスト/ロスモデルの利用について述べる。4 節では、暖候期予報や 3 か月予報の気温確率を用いた作付品種別による栽培管理への利用法について検討し、5 節で今後の課題についてまとめた。

なお、「水稲冷害早期警戒システムプロジェクト」は、東北農政局・東北農業試験場が中心となって平成 6 年から仙台管区気象台と東北管内 6 県の協力を得て進めている「東北地域水稲安定生産推進連絡協議会」の水稲冷害早期警戒システムワーキンググループのプロジェクトである。

2 水稲と気象

2.1 水稲の収穫量と気象の関係

宮城県における農作物の作況と気象の影響について調査した竹谷（1999）によると、水稲の収穫量に及ぼす要因は数多くあるが、温量指数が高ければ収穫量が増えるというように、気温と水稲の収穫量の間には高い正の相関関係が見られる（図 3-1）。

また、宮城県における水稲の作況指数と仙台の半旬別の気象要素（気温、降水量、日

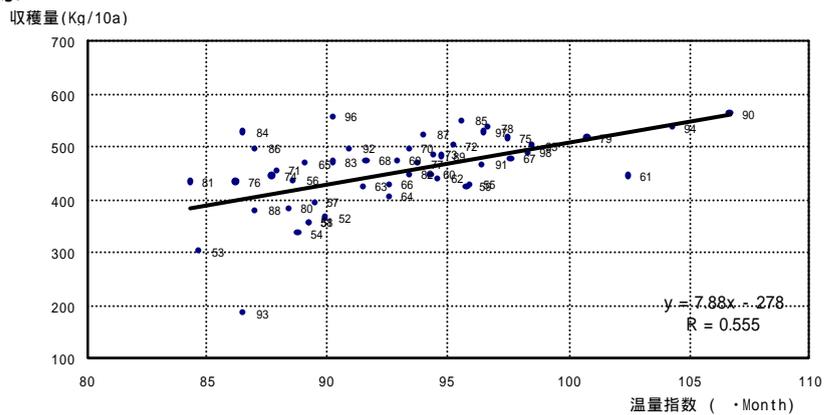


図 3-1 水稲の収穫量と温量指数の関係（竹谷，1999 による）
縦軸は宮城県における 10a 当たりの水稲の収穫量、横軸は仙台の温量指数、印右横の数字は西暦年下 2 桁で、散布図のデータは 1951 年以降のものである。図中に、回帰直線及び回帰式、相関係数（R）を示す。

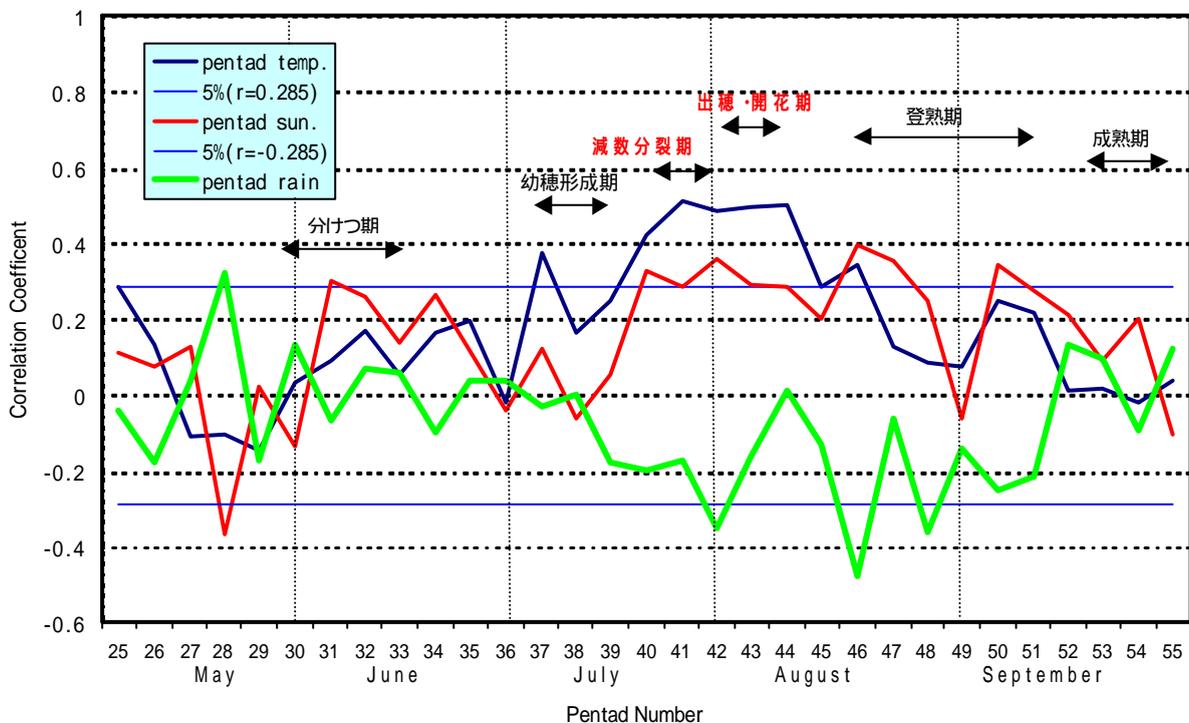


図 3-2 水稲の生育ステージにおける気象要素と作況指数の相関係数（竹谷，1999 による）
縦軸は宮城県の作況指数と仙台の半旬別気象要素との相関係数、横軸は半旬番号。矢印は水稲の生育ステージのおおよその期間を、横線は 5% の危険率で有意な相関係数（ $r = \pm 0.285$ ）を示す。

照時間)から水稻の生育ステージにおける気象の影響度を見ると(図3-2) 気温と水稻の作況との関係は、幼穂形成期の一時期に正の相関関係が見られる。その後、減数分裂期から出穂・開花期にかけてと登熟開始期までは有意な正の相関関係が見られ、特に、減数分裂期から出穂・開花期の気温の影響度が大きい。また、登熟から成熟期にかけては気温との相関関係が見られなくなるのが特徴的である。

降水量との関係は、出穂・開花前や登熟期に一時期、負の相関関係が見られる他は有意な相関関係は認められない。

日照時間との関係は、分けつ期に一時期有意な正の相関関係があり、減数分裂期から登熟期にかけては大半の時期に正の相関関係が見られる。

特に、水稻にとっては気温との相関が高く、幼穂形成期、減数分裂期、出穂・開花期の3時期に低温に遭遇すると、各時期で障害の発生機構は異なるが、不稔が多発し冷害を引き起こす。幼穂形成期と減数分裂期の低温は深水管理によって水温を高く維持して、不稔発生をある程度防ぐことができるが、開花期の低温については今のところ防ぐ技術を持っていない。

これらの冷害危険期は、東北地方では7月中旬から8月中旬までの約1か月間である。冷害危険期の適切な気象情報を提供することにより、適切な低温対策を講じれば、冷害を軽減・回避することが期待できる。

2.2 冷害危険度地帯区分

東北地方は本州の東北部に位置し、南北に細長くのびており、その長さは約510km、東西の幅は約210kmで、中央には奥羽脊梁山脈、東側は北上・阿武隈の両高地、西側は出羽山地、越後山脈が南北に走る。なお、西は鳥海火山帯、中央は那須火山帯が走って、これに属する火山が多くそびえる。また、東北地方の東は親潮寒流と黒潮暖流が相接する太平洋に直に望み、西は対馬暖流の北上する日本海に対している。これらの山系が障壁となることや海流の影響で、東北地方は地域により気候が大きく異なる。

図3-3は、東北農業試験場により1972年から1994年までの23年間の水稻の市町村別収穫量に基づいて作成された冷害危険度地帯区分で、各地帯は以

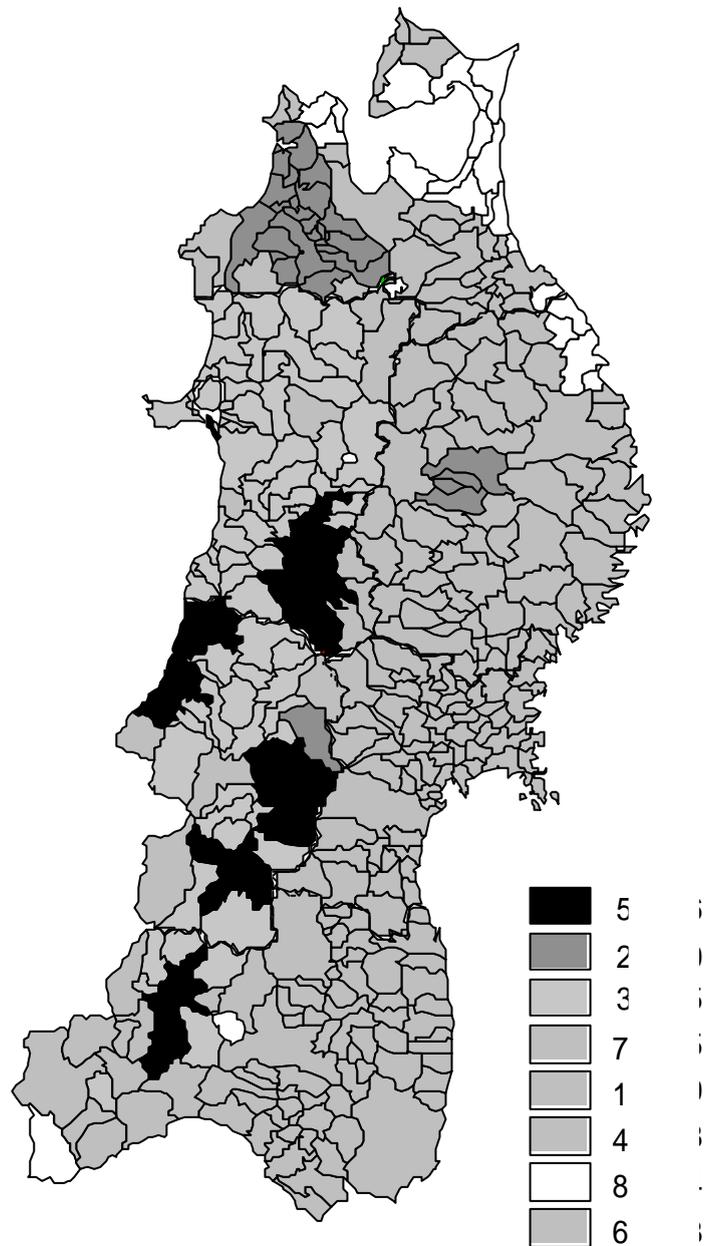


図3-3 水稻の平均収量と変動係数からみた冷害危険度地帯区分(東北農業試験場による)
図中の数字は、冷害危険度地帯区分の地帯番号を示す。

下のような特徴をもつ。ただし、各地帯における平均収量及び変動係数は1972年から1998年までの27年間の値を用いて再計算した。ここで、平均収量は10a当たりの収穫量、変動係数は収穫量の標準偏差を平均収量で割って100を掛けたもので、収穫量の変動の程度を相対的に比較するものである。また、稲作主体とは祖生産額が農業所得の60%以上、稲作準主体は同40~60%をいう(1990年の生産農業所得統計より)。

地帯1：太平洋側の岩手県南、宮城県中南部、福島県浜通り・中通りに主として分布する。平均収量は453kg、変動係数16.3%。この地帯は多様な複合形態をもつのが特徴である。

地帯2：日本海側の青森県津軽地域と太平洋側の岩手県盛岡市周辺に分布する。平均収量は588kg、変動係数13.4%。この地帯は稲作準主体であり、果樹との複合が多い。

地帯3：日本海側に主として分布する。平均収量は542kg、変動係数7.6%。日本海側に分布する地帯5よりは収量は約50kg低い。この地帯は稲作主体と準主体が約80%を占める。

地帯4：青森県の太平洋側、岩手県の北上川上流部に主として分布する。平均収量は494kg、変動係数26.8%。この地帯は野菜や果樹との複合が多い。

地帯5：日本海側の秋田県横手盆地、山形県庄内と内陸部、福島県会津盆地周辺に主として分布する。平均収量は594kg、変動係数5.7%で、東北で最も安定多収な地帯である。この地帯は稲作主体と準主体が約80%を占める。

地帯6：青森県北端、岩手県北部・沿岸部、宮城県と福島県の山間部に主として分布する。平均収量は377kg、変動係数30.0%、冷害の常襲地帯の一つである。この地帯は牛飼養、果樹、野菜との複合が多い。

地帯7：太平洋側の岩手県南部、宮城県北部、福島県郡山周辺に主として分布する。平均収量は500kg、変動係数14.6%で、太平洋側では多収地帯である。この地帯は稲作主体と準主体の割合が高い。

地帯8：青森県太平洋側と岩手県沿岸北部の冷害常襲地帯に分布する。平均収量は398kg、変動係数35.4%。この地帯は牛飼養、野菜、その他(漁業等)との複合が多い。

3 冷害危険度を考慮した1か月確率予報の利用法

3.1 1か月予報における確率予報(平均気温)の精度

図3-4は、仙台管区气象台が1996年9月1日から1999年8月31日までに発表した1か月予報の向こう1か月の平均気温について、横軸に予報した確率、縦軸に予報した階級が出現した比率を示したもので、グラフ中の数字は発表回数を示している。

発表回数の少ない60%などを除いて棒グラフはほぼ対角線上にのっている。このことは、予報した階級が、予報した確率におおむね対応して出現していることを示している。

たとえば、確率50%という予報は延べ118回発表されており、それに対する予報した階級の出現率は45%、確率20%という予報は延べ112

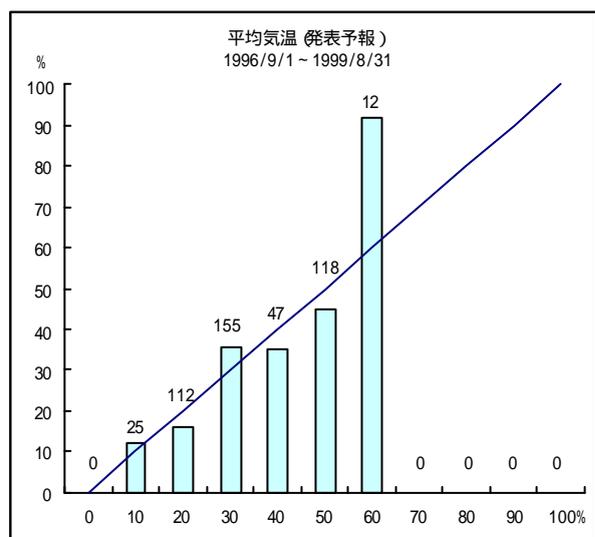


図3-4 1か月予報における気温確率の出現率
縦軸は予報した気温階級が出現した比率(%)、横軸は予報した気温確率(%)、グラフ中の数字は発表回数を示す。

回発表されており、それに対する予報した階級の出現率は 16%となっている。このように、確率は予報した階級のおおよその出現率と考えることができる。

3.2 確率予報を利用したコスト/ロスモデル

1) 設定条件

1 か月予報の向こう 1 か月の平均気温の確率予報を、主に農家が冷害による減収を軽減させるための対策に利用する場合を考える。

対象農家は、先に策定した 8 つの冷害危険度地域区分にそれぞれ属する農家とする。水稻作付面積は 1ha とし、収入は地域平均収量(kg / 10a)と政府買入価格 16,000 円 / 60kg から算出する。

なお、平成 10 年産米穀の政府買入価格は、米価審議会の審議を経て、現行 16,217 円から改定後 15,805 円(水稻うるち玄米、1~5 類 1・2 等平均包装費込み、生産者手取予定価格 60kg 当たり)に決定されている(食糧庁の米価審議会「10 年産米の政府買入価格・米穀の標準売渡価格」より)。

冷害等による被害額は、1972 年~1998 年までの収量変動を考慮して設定する。

図 3-5 は東北農業試験場による冷害危険度地域区分の地域 1 における収量推移だが、この期間においては年次に伴う収量の著しい増加は認められない。他の地域も同様(図略)で、冷害等による被害量は収量の標準偏差を指標とする。

このような設定条件のもと、冷害等による被害の大きさを以下の 3 通り想定する。

被害 1: 地域によっては 1980 年や 93 年は収穫皆無に近い被害を被っている。これら異常な減収(標準偏差の 2 倍をはるかに超える)を除いて、地域別平均収量と標準偏差を求める。この場合は、標準偏差を被害量とみなす。

被害 2: 上の異常値を含めて地域別平均収量と標準偏差を求める。この場合は、標準偏差を被害量とみなす。

被害 3: 特異な例として、1993 年の大冷害を想定する。被害 1 の地域別平均収量から 1993 年の地域別平均収量を差し引いたものを被害量とみなす。

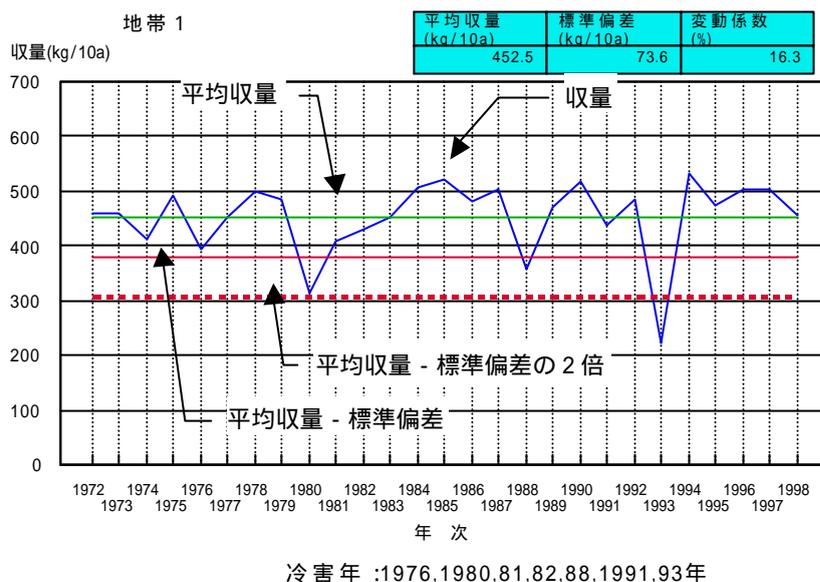


図 3-5 冷害危険度地域区分別の収量推移(東北農業試験場による) 冷害危険度地域区分の地域 1 における収量推移で、縦軸は 10a 当たりの地域平均収量、横軸は年次を示す。

冷害危険度地帯区分毎の各被害における収量及び被害量は表 3-1 のようになる。

表 3-1 冷害危険度地帯区分毎の各被害における収量及び標準偏差 単位 (kg/10a)

地帯区分	被害 1		被害 2		被害 3
	収量	被害量	収量	被害量	1993 年被害量
1	462	58	453	74	238
2	599	54	588	78	300
3	545	37	542	41	96
4	527	62	494	132	475
5	594	34	594	34	63
6	402	69	377	112	354
7	511	49	500	73	283
8	430	88	398	141	429

これによる冷害危険度地帯区分毎の農家の収入及び被害金額は表 3-2 のように推定される。なお、収入は被害 1 の地帯別平均収量で算出した。

表 3-2 冷害危険度地帯区分毎の農家の収入及び各被害における被害額 単位 (万円)

地帯区分	収入	被害 1	被害 2	被害 3	被害 1 の除外年
1	123	15.5	19.7	63.5	1993 年
2	160	14.4	20.8	80.0	1993 年
3	145	9.9	10.9	25.6	1993 年
4	141	16.5	35.2	126.7	1980、1993 年
5	158	9.1	9.1	16.8	-
6	107	18.4	29.9	94.4	1980、1993 年
7	136	13.1	19.5	75.5	1993 年
8	115	23.5	37.6	114.4	1980、1993 年

深水管理を実施することに伴うコストは圃場などの整備状況で大きく異なるが、ここでは畦畔補修と管理、水管理、調整などに5万円/haを要すると仮定する。なお、農家の試算によるコストは、1万~11万円程度/haとバラツキがあり、パイプラインが整備されている農家は深水管理をするための経費を少なく見積もり、深水管理に必要な畦畔やパイプラインの未整備の圃場を有する農家は経費を多く見積もる傾向がある。

2) 解析手法

2 階級の確率予報の基本的な利用モデルにコスト/ロスモデル(Cost-Loss Model)がある。ここで、コスト(C)は、ある望ましくない天候(ここでは仮に「気温が低い」とする)が予想されるときに対策をとるために必要な費用であり、ロス(L)は、その対策によって軽減できる損失額(=対策をとらないことによって生じる損失額)である。コストとロスの比(= C/L)は利用者によって異なるが、一般に0~1の間の値をとると考えてよい。コストがロスよりも大きいということは、軽減できる損失よりも対策に多くの費用がかかるということで、対策としての意味をなさないからである。

コスト/ロスモデルは、ある確率予報が与えられたときに、対策をとるか否かを利用者のコスト・ロス比に基づいて判断するものである。この例の場合、「気温が低い」という天候の生起確率が $p\%$ という予報に対して対策をとるのがよいか、対策をとらないのがよいかを考える。

$p\%$ という確率予報が 100 回出され、毎回対策をとったとすると、対策費の合計は「 $100 \times C$ 」になる。一方、 $p\%$ という確率予報から 100 回のうち p 回だけ実際に気温が低いという天候が出現することが予期されるので、対策をとることによって軽減できる損失の合計は「 $p \times L$ 」となる。従って、毎回対策をとることによって得られる収益 G は

$$G = (p \times L) - (100 \times C)$$

で与えられる。

対策をとることが意味をもつのは、 G が正の値になる場合で、負の値になる場合は対策をとればかえって損をすることになる。

従って、コスト/ロスモデルは次のようになる。

$$\begin{aligned} p / 100 >= C / L & : \text{対策をとる} \\ p / 100 < C / L & : \text{対策をとらない} \end{aligned}$$

3) 冷害被害の解析例

水稻の冷害対策を例に、「気温が低い」という天候の生起確率が $p\%$ という予報に対して、対策をとるのがよいか、対策をとらないのがよいかを考える。

$p\%$ という確率予報が 100 回出され、毎回対策をとったとすると、対策費の合計は 500 万円 (= 100×5 万円) になる。一方、100 回のうち p 回だけ実際に「気温が低い」(つまり冷害になる可能性がある) という天候が出現することが予期されるので、対策をとることによって軽減できた損失の合計は表 3-2 の被害額から冷害の種類・地帯毎に「 $p \times$ 被害額」となる。

毎回対策をとることによって期待される利益は次のようになる。

$$\text{利益} = \text{「冷害の種類別・地帯別に軽減できた損失の合計」} - 500 \text{ 万円}$$

対策をとることが意味をもつのは利益が正の値になる場合で、負の値になる場合は対策をとればかえって損をすることになる。従って、コスト・ロス比は表 3-3 のようになる。これは、「気温が低い」という確率予報がこの値以上の場合に対策をとるのが適当であり、この値以下では対策をとることにより損失が生じることを示す。

このことから、冷害等による被害の大きさ別に対策をとるのがよいか、対策をとらないのがよいかを考えると以下の通りとなる。

被害 1：軽微な被害を想定した場合は、太平洋側の地帯 4、6、8 では季節予報で「気温が低い」確率が 30% 以上の場合には、深水管理の対策を行うのが適切な選択である。また、太平洋側及び日本海側の津軽地域の地帯 1、2、7 では、40% 以上の場合に対策をとるのが適切と見られる。一方、日本海側(津軽地域を除く)では、対策をとるべき確率は 50% 以上となる。

被害 2：太平洋側及び日本海側の津軽地域では、季節予報で「気温が低い」確率が 10~30% 以上の場合に深水管理の対策を行う必要がある。ただし、季節予報においては「気温が低い」の気候的出現率が 30% に設定されていることから、深水管理の対策は太平洋側(日本海側の津軽地域を含む)では基本技術と位置づける必要がある。

被害 3：1993 年の大冷害を想定した場合は、「気温が低い」確率が 10%程度でもほとんどの地域で対策をとらなければならない、深水管理の対策は東北全域で基本技術として位置づける必要がある。

表 3-3 冷害危険度地帯区分毎の各被害におけるコスト・ロス比 (%)

地帯区分	被害 1	被害 2	被害 3
1	32	25	8
2	35	24	6
3	51	46	20
4	30	14	4
5	55	55	30
6	27	17	5
7	38	26	7
8	21	13	4

4 3 か月平均気温の確率予報を用いた作付品種の栽培管理への利用法

1) 設定条件

暖候期予報や 3 か月予報の 3 か月平均気温の確率予報を利用する場合を考える。

暖候期予報は 3 月 10 日頃に発表される。この時点において、生産者は作付品種の構成を既に決定しているため、この利用法を用いて作付品種を選択することは出来ないが、耐冷性の異なる品種の作付圃場を決定するための最終判断材料として利用できる。耐冷性の弱い品種については、深水管理などの対策が可能な圃場に配置することが望まれる。また、その後に発表される 3 か月予報を用いて、適切な栽培管理の意思決定に使用する。

次の 2 品種の収量 (kg/10a)と夏の気温には表 3-4 のような関係があると仮定する。これは冷害危険度地帯 7、宮城県北部を対象とし、低温時には耐冷性の強い「ひとめぼれ」の被害軽減効果が相対的に高く、高温時には「ササニシキ」の多収性が発揮されるように設定している。なお、気温が低い場合の収量は 1993 年冷夏の被害状況を参考にしており、高温時の品質低下などは考慮しないことにする。

表 3-4 品種別気温階級別収量 (kg/10a)

気温	低い	平年並	高い
品種：ひとめぼれ	300	500	510
品種：ササニシキ	200	530	570

2) 確率予報に基づく試算

夏の平均気温の確率が「低い：50%、平年並：30%、高い：20%」と予報された場合について平均的な収量は次のように計算される。

「ひとめぼれ」の場合

$$300 \times 0.5 + 500 \times 0.3 + 510 \times 0.2 = 402 \text{ (kg/10a)}$$

「ササニシキ」の場合

$$200 \times 0.5 + 530 \times 0.3 + 570 \times 0.2 = 373 \text{ (kg/10a)}$$

この比較から、「ササニシキ」については「ひとめぼれ」より減収幅が大きいと見込まれるので、

深水管理などの対策が可能な圃場に配置する。また、収量予測からも農家は今後の天候に十分注意し、適切な栽培管理をする必要がある。

両品種の期待収量をいくつかの確率予報について求めたものが表 3-5 となる。

表 3-5 与えられた確率予報に対する両品種の収量の期待値 (kg/10a)

気温予報 (%)			収量の期待値 ひとめぼれ	収量の期待値 ササニシキ
低い	平年並	高い		
60	20	20	382	340
50	40	10	401	369
50	30	20	402	373
40	50	10	421	402
40	40	20	422	406
40	30	30	423	410
30	60	10	441	435
30	50	20	442	439
30	40	30	443	443
30	30	40	444	447
20	50	30	463	476
20	40	40	464	480
20	30	50	465	484
20	20	60	466	488

これによると、気温の「低い」確率が 20%以下であれば「ササニシキ」の収量が上回り、30%ではほぼ同じ収量で、40%以上になると「ひとめぼれ」の収量が上回る。ただし、これはあくまでも暖候期予報なので、その後発表される 3 か月予報の内容に基づいて栽培管理の意思決定がなされなければならない。

一方、この種の情報は本来品種選択に活用されるべきものであるが、その年の作付けに関しては適用できないので、次の年以降の作付けに参考すべきものとする。

また、その後発表される 3 か月予報においても、平均気温の確率予報の内容を上表に照らして栽培管理の意思決定に使用する。

5 まとめと課題

東北地方における確率予報の利用法を考えるにあたり、稲作の生産安定化を図ることを目的として冷害対策に利用できるモデルを 2 つ作成した。

1 つめのモデルは、主に 1 か月予報の気温確率を用いて冷害危険度を考慮した深水等水管理のコスト/ロスモデルである。軽微な冷害被害を想定した場合に深水等水管理の対策をとる必要があるのは、太平洋側の地帯 4、6、8 では、季節予報で気温が「低い」確率が 30%の場合、太平洋側の地帯及び日本海側の津軽地域の地帯 1、2、7 では確率が 40%以上の場合、一方、日本海側（津軽地域を除く）では確率が 50%以上となる場合である。なお、通常においては深水等水管理の対策は太平洋側（日本海側の津軽地域を含む）での基本技術であるが、1993 年等の大冷害が想定されるような場合は、この対策は日本海側も含めた東北全般の基本技術として実施する必要がある。

同じ気温確率でも地域によって対策の取り方が異なることは、今まで一般的な事実として知られていたが、これが定量的に示された。地域の実情に応じた確率の利用が重要であることを、今後ユーザーに周知していくことが必要である。また、同一地域でもどの位の確率で対策を取るかは、被害の見積もりをどの程度に設定するかで変わってくる。現在の 3 階級で発表されている確

率予報の解説では、こうした点にも留意する必要がある。

2 つめのモデルは、暖候期予報や 3 か月予報の気温確率を用いて作付品種別による栽培管理への利用モデルである。本来、この種の情報は品種選択に活用されるべきものであるが、暖候期予報が発表される時期には既に作付品種構成を決定しているため、耐冷性の異なる品種の作付圃場決定の最終判断材料とする。また、その後に発表される 3 か月予報を用いて、適切な栽培管理の意思決定に使用することが出来る。

なお、コストやロスの見積もりが適切かどうかは、これらのモデルを利用する農家が再度検討する必要がある。また、利用モデルの作成に当たって水稻生産の被害は気温の変動のみでほとんど決まるとしたが、実際には作付品種や農家の生産技術によるところも大きいので注意が必要である。

今回は、冷害対策に的を絞った形となったが、近年は高温による障害が発生しやすくなってきている。この場合、太平洋側とは逆に日本海側では積極的な対策をとる必要が出てくるものと考えられる。また、気温だけでなく日照時間や病害虫に対する確率予報の利用モデルを作成していく必要性もあるだろう。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、東北農業試験場総合研究部総合研究第 4 チームの鳥越洋一チーム長から貴重な助言や資料の提供をいただいた。また、栗原弘一気候・調査課長からも多大な助言をいただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 長谷部正 (1999) 「冷害対応の経済分析」シンポジウム「ヤマセ研究の最前線」予稿集
根本順吉・朝倉 正 (1980) 「気候変化・長期予報」(気候と人間シリーズ 2) 朝倉書店
竹谷良一 (1999) 「温量指数からみた東北地方の気候特性」
平成 11 年度仙台管区調査研究会資料
竹谷良一 (1999) 「宮城県における農作物の作況と気象との関係について」
平成 11 年度仙台管区調査研究会資料
和達清夫 (1958) 「日本の気候」東京堂