

水稻の機械移植栽培と冷害抵抗性

東北農業試験場栽培第一部作物第2研究室長* 松 本 顕

Cool Weather Resistance in Rice Plant Under Mechanized Transplanting Cultivation

Ken MATSUMOTO

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

1 東北地域における機械移植栽培の普及

昭和40年代初めから実用化に移った機械移植栽培は当初暖地・温暖地を中心に普及面積を徐々に伸ばしたが、東北地域では46年以降急激に増加し、49年には53%（うち稚苗39%）となり、以降全国で機械移植普及率の最も高い地域となった。冷害の発生した51年には東北平均で83%（全国平均73%、農産課調査による）、うち稚苗47%、中苗35%であった。51年冷害は東北地域の機械移植が始めて遭遇した冷害であり、後述のように冷害の中で機械移植栽培は様々の欠陥を示したにもかかわらず、翌年以降も着実に増加し、53年には東北平均で94%（全国平均86%）、最少の青森県でも88%に達し、この間に東北地域の稲作は成苗手植から機械移植へと全面的に移行したといえることができる。

51年以降の機械移植普及上の特長として中苗の増加があげられる。昭和45～46年頃ほぼ実用段階に達した中苗機械移植は育苗に多くの箱数を要し、育苗期間が長く、育苗障害も発生しやすく、綿密な育苗管理を要するなど、栽培上多くの不利な条件を持つにもかかわらず、51年以降の機械移植の増加は、宮城県を除き、中苗の増加によるものであり、稚苗移植は若干減少の傾向さえ認められる。東北平均でみると、機械移植面積のうち中苗のしめる割合が51年の43%から、52年49%、53年52%と漸次増加し、とくに青森県では97%を中苗がしめている（図-1）。このような中苗の重視は51年冷害における教訓の中からえられたものといえよう。

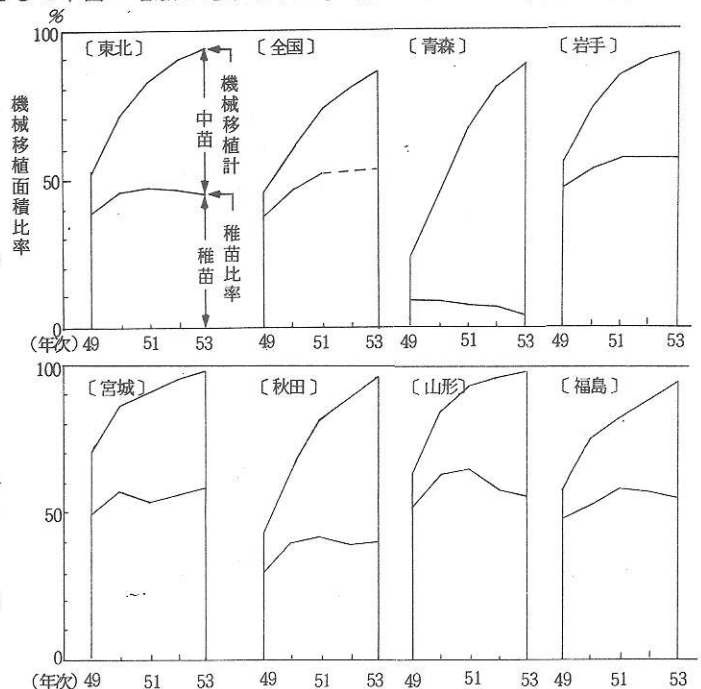


図-1 稚・中苗別機械移植面積率の推移（昭49～53）

* 現農林水産技術会議事務局 研究管理官

2 昭和 51 年冷害と機械移植栽培稲の被害

51 年冷害における被害は主に遅延型によるものであったが、その要因解析において良質品種の山登りによる甚大な被害と並んで、始めて冷害に遭遇した機械移植水稻の被害が指摘された。要因解析における育苗法と被害との関連を表-1 に示したが、特に山間地、中晩生品種、晩植等と機械移植、特に稚苗とが組合わされた場合に少なからざる被害を発生させたことが報告されている。表-1 によると、中苗は稚苗と手植成苗の中間の被害を示す場合が多かったが、稚苗に近い被害を示す場合もあり、さらに中苗の苗質の良否の影響も少なくないことが報告されている。この被害様相の差は、平年でも生ずる機械移植水稻の出穂の遅れが低温によって大巾に遅れ、出穂期の差が登熟の差として被害に現われたものと考えられる(表-2, 図-2)。苗の種類による被害の差は主に出穂期の差によるものであり、本質的な差は小さいのではないかと集約された。

以上 51 年冷害の貴重な体験から、機械移植の冷害抵抗性にとって最大の問題は、低温下における生育と出穂の遅延にあるといえるが、活着性、登熟性等についてもさらに検討すべき問題が残されていると考えられる。

表-1 51 年冷害における苗の種類と被害の関係

(東北農試編²⁾による)

県 名	育苗法・苗質と被害との関係、苗の種類別晩植限界と標高限界
青 森	成苗<中苗<稚苗 の順に生育遅延大、高冷地では 成苗手植<中苗機械植 の差が明らか。
岩 手	成苗は出穂遅延が比較的少なく、被害少。稚苗は県南では平年並だが一般に出穂遅延大、とくに高冷地で著しい。中苗は中間、しかし不良苗では被害が大。遅植えによる影響大。51年の限界移植期、県北：稚苗 5 月 15 日、中苗同 20 日、成苗同 30 日。県南：稚苗 5 月 20 日、中苗同 25 日、成苗同 30 日。
宮 城	標高 300 m 以上では、稚苗中苗ともいずれの移植期でも被害大。県北は県南よりも出穂遅延大きく、穂いもちも多発。とくに 5 月 20 日以降移植の稚苗、5 月 25 日以降移植の中苗の出穂遅延大。
秋 田	中苗は成苗に近く被害少。稚苗は晩植で被害拡大。品種の標高による生育限界はヨネシロ中苗 300 m まで、成苗手植 400 m まで。
山 形	平坦地では稚苗が安定しているが、中山間、山間での被害は、成苗<中苗≤稚苗。安全限界はキヨニシキ稚苗で標高 200 m、同中苗で 250 m。晩植によって被害大、平坦地では減収率を 20% 程度として移植限界は稚苗中生 5 月 25 日、中苗 5 月 28 日、成苗 6 月 9 日。
福 島	中苗に比べ稚苗では出穂の遅れが甚しい。中苗では苗質の差による影響が大。移植限界はフジミノリ 500 m 以上で稚苗 5 月 23 日、中苗 5 月 30 日、トヨニシキ標高 400 m 以上では稚苗 5 月 20 日、中苗 5 月 25 日、ササニシキ 300 m で稚苗 5 月 25 日、中苗 5 月 30 日

注) 松本原著²⁾より再編整理した。

表 - 2 苗の種類と冷害の被害

(岩手農試 昭51)

	品種名	苗の種類	移植期 (月.日)	苗 齢 (葉)	出穂期 (月.日)	登熟歩合 (%)	精玄米重 (kg/a)	同 比 (%)
場 内	ハヤニシキ	稚 苗	5. 17	2. 6	8. 18	82. 1	48. 6	90
		中 苗	22	3. 9	16	90. 8	51. 7	96
		成 苗	27	4. 8	13	89. 8	54. 0	100
	ササミノリ	稚 苗	5. 17	2. 3	8. 26	19. 9	13. 4	32
		中 苗	22	3. 9	22	58. 7	40. 2	95
		成 苗	27	5. 0	21	55. 9	42. 1	100
雫石現地	ハヤニシキ	稚 苗 A	5. 20	2. 1	8. 23	7. 6	5. 1	14
		” B	”	2. 4	21	16. 8	13. 0	35
		中 苗	”	3. 4	19	59. 9	36. 9	99
		成 苗	”	4. 4	17	60. 1	37. 1	100

注) 場内は普通水温区、雫石現地は水尻区をとった。掛流し区、水口区の被害はさらに大きい。

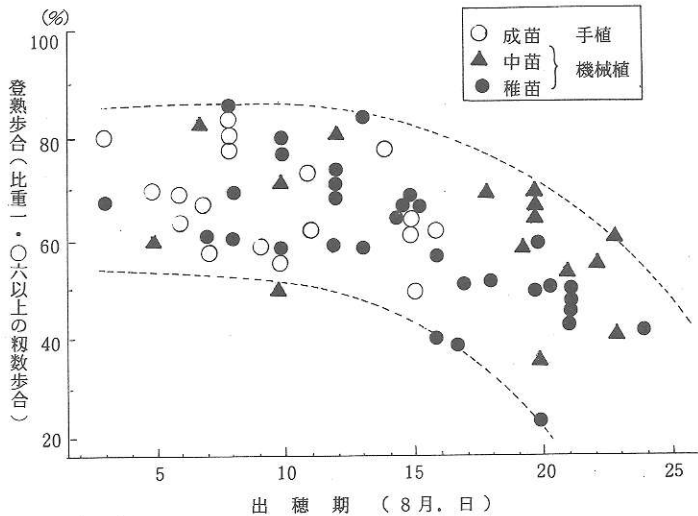


図-2 出穂期と登熟歩合との関係(岩手県遠野市など現地調査から)
(51年10月20日調査, 東北農試栽培第二部)

注) 品種, 田植期等の相違するものが一括されている。

3 苗と低温活着性

稚苗と成苗の生育各期に7日間の冷水処理を行い, 各区の出穂遅延状況をみると生育初期, とくに活着期の処理による出穂遅延が大きい(図-3)。これにはまず低温下での活着性の良否が関与する。

低温活着性については品種間差も認められているが、試験条件等によりフレが認められているため低温活着性の品種間差は、まだ十分には明らかにされていない。しかし、キヨニシキが良好な成績を示す一方、レイメイが劣る例が多いなど、低温下での障害不稔発生を中心に評価される「耐冷性」とは異なる傾向も認められる。このことから「低温活着性」と「耐冷性」とは異なる特性と考えてよいと思われる。

苗の種類と低温活着性、活着限界温度等については谷口氏の報告¹⁾で詳しくふれられているが、今回の東北地域における多くの研究を通覧すると、概して葉齢の進んだ苗が低温下での活着性が良いとの報告が多い。この点からは、成苗(良) > 中苗 > 稚苗(劣)、が想定されるが、稚苗と中苗との差は必ずしも明瞭でない。試験の

1例を図-4に示したが、葉齢で4葉前後の中苗については苗齢が同じであっても発根数は区により大きな差が認められ、発根数との相関は葉齢より乾物量との間で高い。このことは、中苗については苗の充実の良否が活着性に大きく関与することを示している。現実には中苗といわれるものについては苗質に大きな巾があり、播種密度、育苗温度、灌水操作、施肥管理等が不適正な場合、徒長苗、老化苗、障害苗等各種の不良苗を少なからず発生させ、移植されている。しかし低温活着性については、苗質の良否が重要な意味を持つことを十分留意する必要がある。

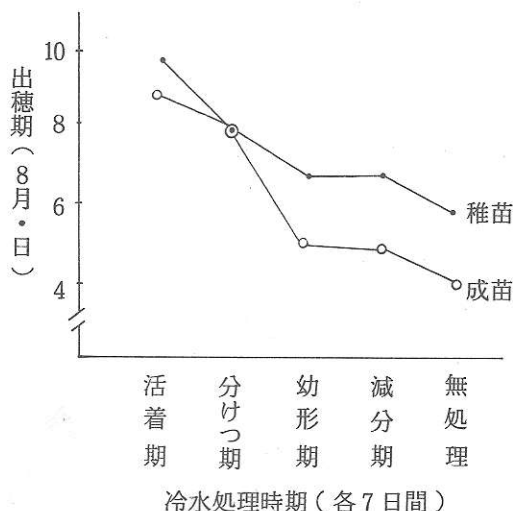


図-3 冷水処理時期と出穂期の関係

(東北農試・栽一、昭51)

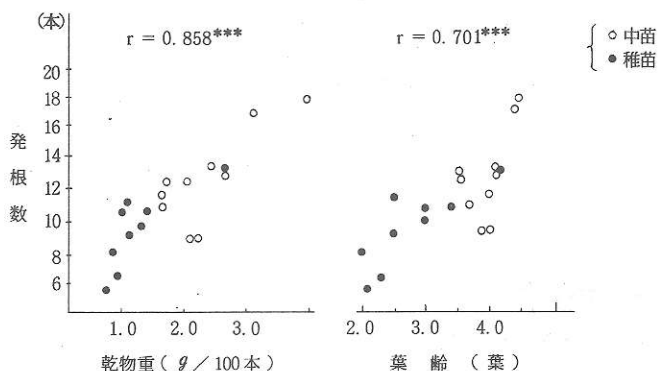


図-4 苗の乾物重、葉齢と発根数の関係

(山形農試 昭51)

中苗の開発研究が行われた当時の報告では、活着限界温度は中苗より稚苗が低いとの報告がみられたが、今回の報告はこれと傾向を異にする。今回の東北地域の研究成果を総括すると、低温下での苗の種類と活着性については、健苗相互について比較すると中苗は成苗には劣るが、稚苗より優るといえるが、苗質を考慮すると中苗と稚苗の差は必ずしも判然としない。また移植時の根の損傷や、土付き程度も当然関与すると集約できる。

4 苗と初期生育の確保、出穂遅延

苗の種類と低温下での初期生育については谷口氏の報告¹⁾にもあるが、生育限界温度については低温活着性と同様の傾向が認められるが、低温下での生育抑制については、草丈、茎数、葉数、乾物重等により若干傾向が異なる。とくに苗の種類別の圃場における生育の特長として、稚苗は早植えされ、1株本数も多いため最高茎数、穂数が多い一方、1穂粒数は少なく、概して穂数型の稲姿となる。中苗は1株本数も少なく、稚苗よりも成苗に近い生育型を辿る。苗の種類別に低温による生育抑制が収量に及ぼす影響を検討する場合、この生育型の差とこれに伴う窒素濃度の差異が重大な意味を持つため、苗の種類別に低温に対する影響の大小を比較することは仲々困難なこととなる。

出穂遅延については苗の種類による問題が認められた。稚苗機械移植と畑成苗手植の間には、それぞれの適期に移植されたものについても、3～6日の出穂期の差が生じているが、成苗と中苗の間は1日程度におさまっている。出穂期の変動を標準変差でみると、畑成苗と中苗の間には差がないが、稚苗は平均出穂期が遅いだけでなく年次変動も大きいことが認められる。このため、出穂の早い年には成苗と稚苗の差は小さいが、出穂の遅い年にはその差が大きくなる(表-3)。稚苗は平均して1葉程度止葉葉数が少ないまゝ幼穂分化するが、このことと出穂の変動とは恐らく深い関係があるものと考えられる。

稚苗の出穂期の独得な変動は移植時期試験においても認められる。この試験では1カ月以上にわたり中苗(散播中苗とポット苗)と稚苗の移植期を変えて比較しているが、同一日に植えられた各苗の出穂期には、ポット苗 $\leq$ 中苗 $\leq$ 稚苗(但し、早く晩)の順序は出穂期が一致することはあっても逆転することはなく、とくに52年アキヒカリと53年トヨニシキでは、中苗と稚苗の間に5日前後の大きな差を生じていることが注目された(図-5)。52年は6月上中旬と7月の高温多照により生育が進み、苗間の止葉葉数の差が少なくなっており、これが稚苗・中苗間の出穂期の差を生じさせたと思われる。53年は7月の低温が幼穂分化～出穂期の差として、低温の影響による出穂の遅れが稚苗に大きく現われたものと考えられる。

移植～出穂期間の積算気温は成苗と稚苗の間で200℃前後、成苗と中苗の間で100～130℃程度の差がある。これによる出穂遅延は移植期を10～15日早めることにより調整しようとしているが、稚苗については低温に伴う出穂の不安定がなお欠点として残されており、これに比べ中苗は低温に対する安定性は高いといえる。さらに現在開発されている各種の中苗を比較し、生育の早期確保と出穂遅延の軽減の面から低温抵抗性を検討すると、現在すでに畑成苗に劣らないものが実用化されている。青森県農試および岩手県農試の成績からこれを取りまとめると次のようになる。

ポリ筒苗≒紙筒苗≒畑苗成苗>型枠苗>散播中苗>稚苗 (但し、良>劣)

この良否には苗齡、苗の充実度とともに苗の土付き程度や根の損傷も大きく関与することが認められているが、このことは上の順位からも十分認められよう。

表-3 トヨニシキの苗の種類別累年出穂期

(東北農試栽一部 昭50~53)

	平均土偏差	最 早 年	最 晚 年	主穂葉数*
畑成苗	8月2, 8日 ± 0.96日	8月2日 (昭50)	8月4日 (昭51)	14.2 葉
中 苗	3, 8 ± 0.96	3 (")	5 (昭53)	14.1
稚 苗	7, 0 ± 2.16	5 (")	10 (昭51)	13.4

注) 各適期植における成績

*主穂葉数は52~53年の平均値

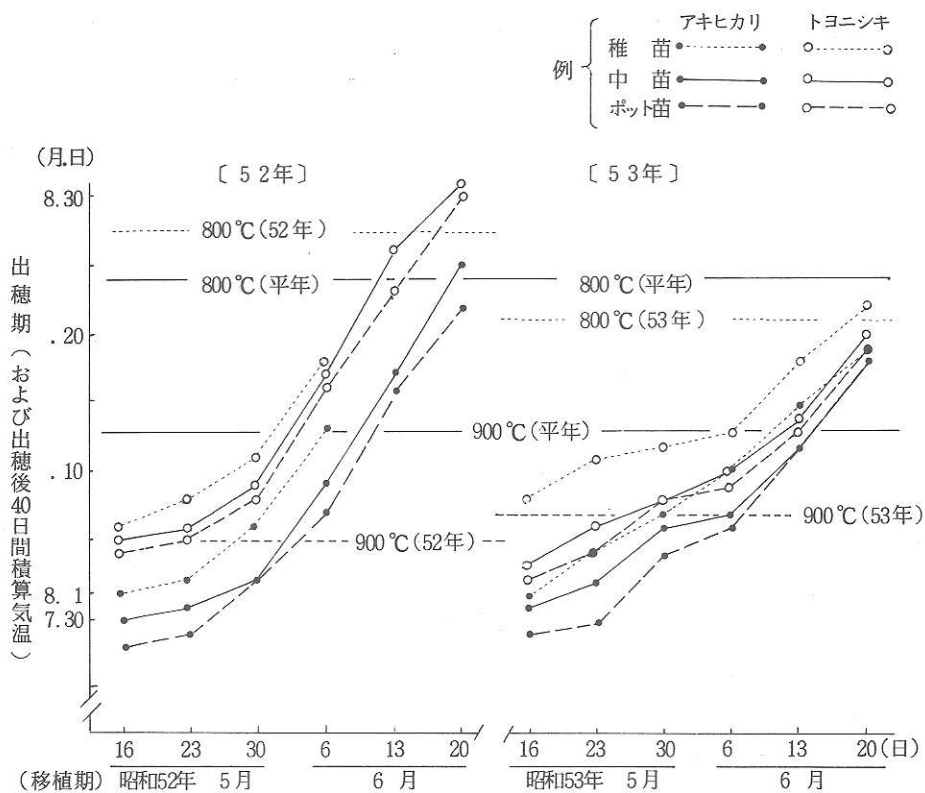


図-5 移植期と出穂期 (および出穂後40日間積算気温)

(東北農試栽一部, 昭52, 53)

5 苗の種類と登熟障害

低温条件下での登熟良否を示す低温登熟性もこれまで十分明らかにされていない特性である。しかし低温登熟性についても品種間差があると思われ、多くの試験結果からみるとシモキタ、やまてにしき、トヨニシキなどが良好な品種群に入れられ、一方、トクダ、ヨネシロ、ササニシキ等が不良とされており、これも「耐冷性」と異なる傾向を示している。しかし、登熟の良否には総初数や倒伏、繁茂程度などが大きく関与しており、簡単に品種特性とすることは危険な点が多い。

苗の種類と登熟性の関連については明瞭な成績はないが、苗の種類により生育型、総初数、1穂初数、1・2次枝梗粒比率等が変るなど、登熟に関連ある形質が変るため、登熟と苗との直接の関連を求めることは難しいことといえよう。

しかし、幼穂形成期～減数分裂期を中心とした冷水処理試験で若干問題となる結果をえたので、これにふれておきたい。

52、53年にキヨニシキ（53年にはレイメイも用いたが、傾向はほぼ同じで被害は少なかった）の生育各期2週間の冷水処理のうち、幼形期～減分期を中心とした区において、52年には稚苗区、53年には中苗区の登熟歩合が著しく低下した。この登熟低下は不稔の多発と奇形えい花の発生を伴っており、特に1次枝梗の障害が2次枝梗より多いことから低温による障害と考えられる（表-4）。53年については成績を省略したが、7月14～28日（対象区の出穂期は成、中、稚苗各8月2日、6日、8日、処理区は3～7日遅れ）処理区のうち中苗の登熟低下が大きく、不稔歩合も約30%（稚苗、畑成苗区は20%前後）に及び、奇形えい花の発生もみられた。これら両年次の試験結果の差異の原因はまだ明らかにできないが、成苗より分けつ中期以降の生育が旺盛となる機械移植水稻の生育相との関連も懸念され、今後さらに検討すべき問題と考えられる。

6 機械移植栽培安定化の方向

以上を総括すると、51年冷害の中で認められたように現在の機械移植栽培は耐冷性の観点からは種々の欠点を持っている。しかし各種苗の特性の検討の中で、耐冷性強化のためには稚苗より中苗が望ましく、またその健苗の育成とともに葉齢の確保、さらに苗齢の増加、根の損傷を少なくすること等の重要性が認識された。

この点については、冷害研究と併行してさらに改善した機械移植栽培の確立が検討されており、新条播育苗、新ポリ筒苗、5葉苗育苗等の中かなり好成績をおさめたものも認められて、機械移植栽培の一層の耐冷性の強化が期待される。

しかし機械移植栽培の安定化にとって、特に重要な問題は現行技術について地帯別、標高別に品種、作期、苗の種類の組合せによる安全性の検討が行われなければならないことである。検討の1例として、福島県農試の阿武隈山間における試験結果を示したが、標高により、移植時期により、苗の種類と品種に対する制約がかなり大きくなることが認められる（表-5）。このことは、会津山間をとると標高巾はさらに大きく、また積雪が多いために生ずる移植時期の制約も大きくなる

ため、ここにあげられた品種の範囲では安全性を満すことができないことも報告され、極早生の品種との組合せが必要な地域も認められている。このような考え方で現行技術の組合せによって、当面機械移植栽培はある程度までは冷害に備えることが可能と考えられる。51年以降の中苗の普及率増加の背景にはこのような冷害に対する安定性の付与に対する配慮も大きく働いていることも考慮しておくことが必要である。

表-5 阿武隈山間における標高と苗、品種、作期の組合せ

(福島農試)

(1) 品 種

標 高	5 月 20 日 植			6 月 5 日 植			6 月 15 日 植		
	フジミノリ	ササミノリ	トヨニシキ	フジミノリ	ササミノリ	トヨニシキ	フジミノリ	ササミノリ	トヨニシキ
200m	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
300m	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
400m	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
500m	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●

(2) 苗の種類

標 高	5 月 20 日 植			6 月 5 日 植			6 月 15 日 植		
	稚 苗	中 苗	成 苗	稚 苗	中 苗	成 苗	稚 苗	中 苗	成 苗
200m	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
300m	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
400m	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
500m	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●

注) ●: 50kg/a 以上 ○: 40kg/a 以上 ×: 40kg/a 以下

() は昭和52年 [] は昭和51年

表-6 51年被害地帯における主要品種作付の推移

(東北農試, 実態調査より)

地 域 名	作付 順位	昭 和 51 年		昭 和 52 年		昭 和 53 年	
		品 種 名	比率%	品 種 名	比率%	品 種 名	比率%
秋 田 県 田 沢 湖 町 T 地区	1	キヨニシキ		アキヒカリ	60	アキヒカリ	60
	2	ヨネシロ		ヨネシロ	15	キヨニシキ	25
	3	レイメイ		キヨニシキ	13	やまでにしき	8
福 島 県 猪 苗 代 町 N 地区	1	ハツニシキ	44	ハツニシキ	31	アキヒカリ	50
	2	シュウレイ	13	フジミノリ	17	ハツニシキ	42
	3	チドリ	11	シュウレイ	10		
宮 城 県 古 川 市	1	ササニシキ	73	ササニシキ	65	ササニシキ	90
	2	トヨニシキ	17	トヨニシキ	22	ササミノリ	4
	3	ササミノリ	5	ササミノリ	8		

51年から52年にかけての機械移植栽培と並ぶもう1つの稲作技術上の変化は作付品種の早生化、耐冷性の強化であった。冷害危険地における中晩生稚苗移植から早生中苗移植への変化によって、稲作の冷害抵抗性は著しく高まったと考えてよいと思われるが、53年以降の良質品種への移行に伴って、再び中晩生化が行われている。このことは冷害被害地帯の継続調査の結果におけるキヨニシキ、ハツニシキ、ササニシキの推移をたどると明瞭である(表-6)。このことは現在の稲作をめぐる状況からみると、安定性については望ましくない変化であるが、一面良質への指向は止むをえない変化でもある。51年の教訓から過大な変化は避けなければならないと考えるが、このような現状においては、機械移植を前提とする場合、稲作の安全性における苗の持つ重要性は移植時期の問題と並んで一層増大しつつあると考えなければならない。このような意味からも、機械移植栽培の冷害抵抗性を一層高めるための検討が今後とも重要となろう。

引 用 文 献

- 1) 谷口利策. 東北地域における稲作冷害対応技術, 水稻の生育と冷害抵抗性, 東北農業研究 24, 6-23 (1979)。
- 2) 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, (1978)。