島根農試研報　18：48～56(1983)

コンバイン排出わらの収集乾燥技術について(第3報)

結束わらの連結機構の電動化と収集，乾燥法の改良

細木俊樹*・服部昭三**

On the Technique of Carrying and Drying Rice Straw Harvested with Head-Feed-Combine

Ⅲ. Electrical Equipment of Combine Knotter Attachment (of Connecting Straw Bundles) and Improvement on the Method of Carrying and Drying Straw

Shunju HOSOGI and Shōzō HATTORI

Ⅰ　緒　　言

コンバインから排出される結束わらの収集および乾燥作業における省力化技術の確立について，1976年から1980年まで5か年にわたり研究，開発を続けてきた．

本研究のねらいは収集，架掛作業の機械化をはかることによって，乾燥わらの確保を容易にすることであった．これまで，著者らはコンバインから排出されるわらを数珠状に連結できる機構を組み込んだ結束機（以下1号機と略称）を開発し，さらにその結束機により処理されたわら束の収集，架掛法について検討を続けてきた[1]．この連結機構を組み込んだ1号機は順調に作動して，結束わらを数珠状にすることができた．しかし，連結したわら束の収集はトラクタにより，田面上をけん引したので，稲の刈株が障害物となって稲わらの結束ひもと数珠状にするための連結ひもとが相互にねじれを生じ，円滑な収集，架掛作業がやり難かった．そこで，1号機を排出わらを2か所で結束し，2本の連結ひもを通す機構の結束機（以下2号機と略称）に再改造した[2]．この2号機を使用して収穫作業を行った結果，ひものねじれは解消したが結束機に同一の結束部を2個必要とし，機構も複雑になったため，多額の改造費を要した．さらに，2号機は結束，連結ひもも多く必要とするなどのため，副産物程度の価額である乾燥わらでは採算に合わないと考えられた．

そこで改めて，これまで試験した一連の作業体系を検討した結果，連結わら束をけん引して収集する方法に問題があると判断し，それに代る収集法を考案し，収集機具，架掛台を試作することにした．また，これまでに改造した結束機は連結機構を組み込むため，結束機内部の構造を大巾に改造する必要があった．そのため，他の結束機に応用することは困難であったので，1980年には電気部品を組み合わせて連結できる機構を開発し，汎用化をはかった．さらに，連結ひもの使用量を少なくするため，集束台を改良し，結束機後部に新たな集束台を取り付けた．

1979，1980年にほ場試験を行った結果，乾燥わら生産技術体系として有望と考えられる成績が得られたので，その概要を報告する．

なお，本試験は総合助成試験課題「不良天候地帯のコンバイン排出わらの簡易乾燥技術体系の確立」（1978～1980年）の一環として実施したものである．

また，本試験を実施するにあたり，懇切な指導をいただいた当場前農業機械科長高野總十良氏ならびに助言と協力をいただいた農業機械科主任研究員布野精治氏，研究員中島幸次氏，農林技手吉井則夫氏に深く謝意を表する．

*開発技術科　**農業機械科

Ⅱ　結束機の連結機構の電動化

1.　連結機構の電動化

既報[1,2]で試作，改造した結束機の連結機構は結束軸の回転運動を往復運動に変換して，揺動パイプの駆動と連結作動のタイミングを合わせるため，結束軸の交換や工作など結束機内部の改造が必要であった．そこで，1980年にはこの連結機構が結束機の内部を改造しないで作動する方法を検討し，第1図に示すようなコンバイン搭載のバッテリを電源とした電動化結束機構を考案した．

以下，その電動化の機構（第1図）について説明する．

第1に，揺動パイプの作動タイミングの取り出しは結束軸にある結束ギア1の突起を利用した．その突起は結束作動と同時に1回転して元の位置に戻るので，結束ギアの作動に支障のないプラットホームの位置にマイクロスイッチ5（形V－10FL2－1A）を取り付けてスイッチが作動するようにした．結束ギアの突起は結束作動に入ると，ほぼ同時にマイクロスイッチのレバーを押してラチェットリレーに通電する．第2に，揺動パイプを左右交互に揺動させるため，結束機上部のカバーに，ラチェットリレー7（MR－1024F）とその受台になる接続ソケット（MR2P）を取り付けた．第3に，揺動パイプを直接動かすソレノイドプランジャ8（トランクオプナKF 3800，DC12V用）はプラットホームの左右に取り付けた．しかし，その作動状況を検討した結果，プランジャは左右いずれか1個でよく，一方への揺動作用はパイプの端にスプリングを付けることによって代替できた．第4に，連結ひもを通すパイプ，その他の必要な装置はこれまでと同じ場所に取り付けた．

また，結束機の電動化による作動の伝達経路は次のとおりである．

① コンバインに搭載したバッテリ（DC12V）を電源とする．

② 結束作動により，結束ギアが回転するときに突起でマイクロスイッチのヒンジレバーを押す．

③ マイクロスイッチの接触（電接）により，ラチェットリレーへ通電する．

④ ラチェットリレーは交互スイッチになっており，左右に取り付けたソレノイドプランジャへ通電する．

⑤ 通電したソレノイドプランジャはワイヤを作動させる．

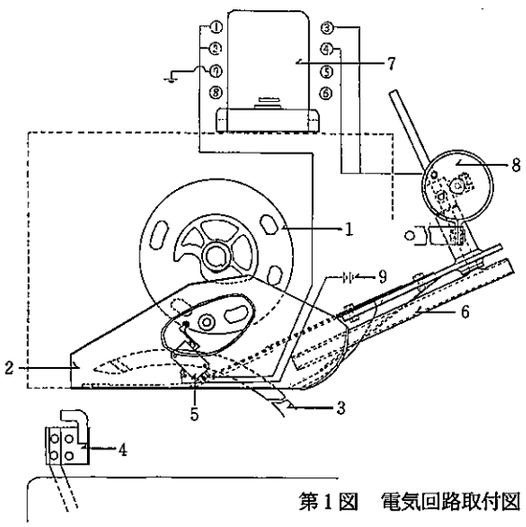
⑥ ワイヤは揺動パイプに接続してあり，通電により，左右へ引かれることによって揺動作用をする．

この試作した連結機構は結束機のプラットホームとカバーに若干の工作をするだけで容易に取り付けられた．以下，電動化部品を組み込んだ結束機は3号機という．

2.　3号機の性能試験

1）試験方法

1980年に3号機の性能試験を実施した．この結束機はヰセキFN－2型に前述の電動化した連結機構を組み込んだものである．結束は1か所，連結ひも（荷造用PPひも#30）は1本通しである．コンバインは既報[1,2]で使用したヰセキHD2000（4条刈）である．作業人員はオペレータ，もみ口取扱者，連結ひもの処理者2名の計4名である．連結わら束は1連を15束として集束台上で処理した．供試ほ場および作物条件は第1表に示すとおりである．なお，1979年に試験を実施した2号機の成績を対照として用いた．



1. 結束ギア
2. プラットホーム
3. ニードル
4. クラッチドア
5. マイクロスイッチ
6. 揺動パイプ
7. ラチェットリレー
8. ソレノイドプランジャ
9. バッテリ

材料規格
ノッタ：I社製FN－2型
ソレノイドプランジャ：トランクオプナKF 3800(DC12V)
ラチェットリレー：T社製MR－1024F（接続ソケットMR2P）
マイクロスイッチ：形V－10FL2－1A

第1図　電気回路取付図

第1表　収穫時のほ場，作物条件

項目			1979年(対照)	1980年
ほ場条件	面積	a	5.2	14.1
	形状	m	29×18	83×17
作物条件	稈長	cm	75.7	74.2
	穂長	cm	19.3	18.8
	わら重	kg/a	85.5	79.3
	もみ重	kg/a	71.7	68.6
	品種	−	日本晴	同左
	わら含水率	%	61.0	65.0
供試機械	コンバイン	−	ヰセキHD2000（4条刈）	同左
	ノッタ	−	ヰセキFN−2	同左
	連結装置	−	機械式	電気式
	田植機	−	ヰセキPF400（4条植）	同左
	収穫日	月,日	10，23	10，23

第2表　連結作業の精度と能率

項目		1979年(対照)	1980年
一束重量	g	1,050	1,408
結束位置	cm	20.3	33.3
総束数	束	634	1,400
ミス結束数	束	30	0
ミス率	%	4.7	0
束縮少率	%	20.4	−
作業幅	m	1.25	1.25
作業速度	m/s	0.23	0.51
作業時間 刈取	分,秒	34,10 }(1.3)	}42,49(0.5)
作業時間 回行	分,秒	7,50	
作業時間 停止	分,秒	20,47	16,11
作業時間 合計	分,秒	62,47(2.0)	59,00(0.7)
ほ場作業量	a/h	5.0	14.4
理論作業量	a/h	10.4	23.0
ほ場作業効率	%	48.1	62.6

注)（　）内は作業時間をh/10aに換算したものである．

2）試験結果

3号機を使用したコンバインによる収穫作業の性能試験結果は第2表のとおりである．

（1）作業精度

電動化した連結機構を取り付けた3号機を使用した結果，1束重量（トリップフックの調節位置は小束）は1408g（含水率65.0%）であり，結束位置は33.3cmであった．総わら束数は986束/10aであり，結束ミスの発生はなく，機構的なミスも認められなかった．しかし，コンバイン本体から結束機に掛けたVベルトの動力伝達力が不足して，結束部でわら詰まりを起した．

なお，1979年に2号機を使用した試験結果では，1束重量は1050g（含水率61.0%），結束位置は20.3cm，総わら束数は1212束/10aであり，若干の結束ミス（4.7%）の発生がみられた．

（2）作業能率

作業速度は0.51m/s，ほ場作業量は14.4a/h，理論作業量は23.0a/hであった．このうち，全作業時間に占める調整時間（わら詰まり，Vベルトの調整）の割合が40%と大きかった．なお，1979年における作業速度は0.23m/s，ほ場作業量は5.0a/hであった．

3）考　察

1980年の試験で使用した3号機は電動化した連結機構を組み込んでいるが，他の部分はほとんど改造していない．そのため，わらの1束重量は1979年に比して400g程度重い1408gとなったが，これは一束重量としてはほぼ標準的な大きさと考えられる．また，結束位置は33.3cm（株元側から）で，1979年に比して10cm程度上部であり，若干高めである．結束位置は架掛けや乾燥した場合にひも抜けの原因となるので，できるだけ最適な位置（重心になる部位）を結束する必要がある．さらに，結束ミスの発生をみると結束機の機構的なミスはなかったが，コンバイン本体から結束機に掛けたVベルトの動力伝達力の不足により，結束部でわら詰まりを起した．しかし，これは1，2号機で改造したように結束機側のプーリをダブル（本体はダブルのプーリになっている）にしておけば解決できたと考える．

前述したように，3号機は内部を改造していないので，作業速度は0.51m/s前後であった．このことから，電動化した連結機構を組み込んだ場合でも，このコンバインは通常の作業速度で作業できることがわかったので，連結機構の機械化としては1，2号機より一歩実用化に近づいたと言える．しかし，一方ではわら束の排出も速くなり，集束台における作業は自動化しなければ，わら束の流れに対処できないことも明らかとなった．

Ⅲ　集束台と収集，架掛法の改良

1.　集束台の改良

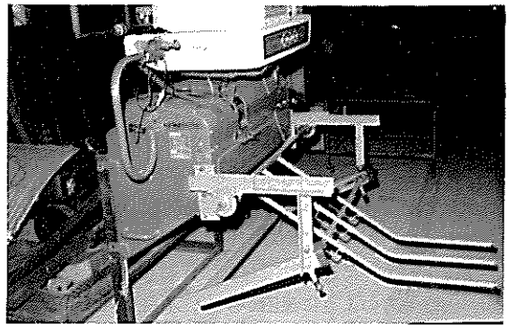
既報[1]の試験においては，連結ひもの処理は収穫作業をした後で行っていた．このときの連結ひもの使用量は多く，切断した後の1本のひもも長かったので，たぐり寄せるのに手間どった．さらに，ひもは1回しか使用できないなどの欠点があった．また，わら束がコンバインと地面の間で宙づりになり，揺動パイプの作動に負荷がかかるように思われた．これらのことから，連結ひもの使用量を少なくすると同時に低い姿勢での連結ひもの処理作業をなくすために集束台が必要であると考え，その開発，改良に取り組んだ．

1979年の集束台はコンバイン結束機の後部に直接取り付け，その台上でわら束の間隔を詰めたり，連結ひもの切断およびひもの端末処理を行った．この集束台は連結わら束にしたものを後方へ反転して落とすドロッパ形式であり，第2図に示すとおりである．しかし，集束台を復帰させるまでに時間がかかりすぎ，さらに，改良を余儀なくされた．これらの欠点を解決するために，1980年には第3，4図に示すような荷重により，わら束が自動的に落下する集束台をつくり，結束機後部に直接取り付けた．

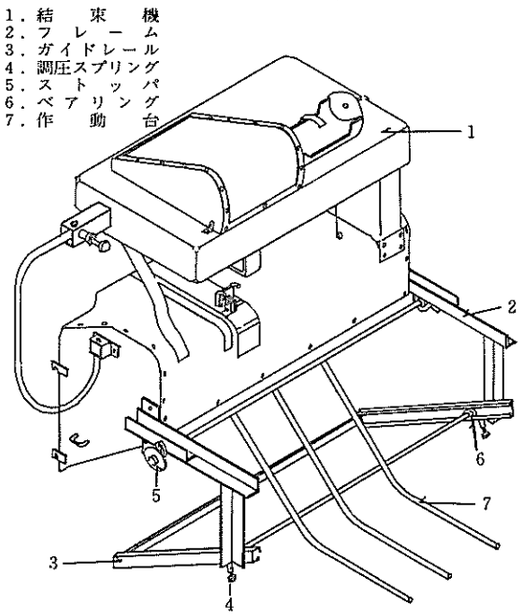
第2図　試作集束台(1979)

この改良した集束台は山型鋼を用いたフレーム（第4図2）にC型鋼をガイドレール（第4図3）として組み合わせ，作動台の支持部分にベアリング（第4図6）を付けて作動速度の向上をはかった．両端のベアリングは重量調節スプリング（第4図4）で保持され，一定の荷重が加わると作動台は降下する．しかし，この場合，作動台は人力で復帰しなければならず，自動復帰機構にするまでにはいたらなかった．

収穫作業において，結束機の性能と同時に集束台の作動状況を調べた結果，1979年には十分な改良ができず，機構的に無理な点もあったものの，作業速度が遅かったので，処理作業は可能であった．しかし，1980年には荷重調節の構造不備および作業速度が速かったことにより，降下した作動台の復帰に手間どったため，連結していたわら束の前後1～2束がひも抜けになり，収集作業に影響を及ぼす結果となった．



第3図　試作集束台(1980)



第4図　試作集束台

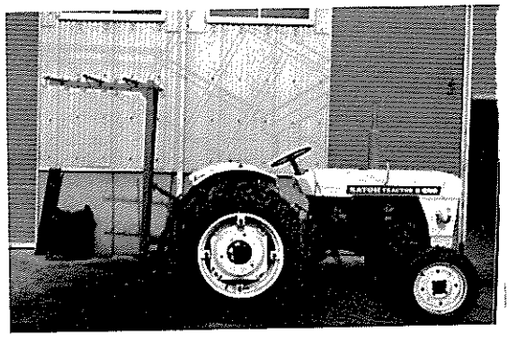
2.　収集機具と架掛台の開発

収集，架掛作業の省力化はこの試験における大きなウェイトを占めるところである．コンバイン排出わらの架掛乾燥法の1つとして針金草架乾燥法が小泉[3]によって考案されている．この乾燥法の基本は従来から

当地方でも行われている竹材を使用した稲架に類似したものである．針金草架乾燥法は湿田状態のほ場でも適用できる利点はあるが，一方かなりの労力を必要とする欠点がある．また，一部の地方では，数束のわらの頭部を結んで田面に立て，そのまま乾燥させる島立て乾燥法も行われている．南部ら[4]はコンバインの結束機で島立てができる立体放出結束機を開発し，この結束機はすでに市販されている．しかし，島立てによる乾燥法は天候条件に恵まれておれば有効な乾燥法であるが，山陰地方のように湿田が多く，不良な天候条件のところでは極めて適用範囲が限られる方法と考えられる．

そこで，本研究では，当地方の土地および天候条件を考慮した収集，架掛けの機具を開発，改良し，省力的に乾燥わらを確保できる技術体系を確立しようとした．

これまでの試験における連結わら束の収集はトラクタのロアリンクにリンクドローバとフックを取り付けて，田面をけん引していた．この方法は前述したように連結わら束間の相互のからみ合いや重なり合いのため，架掛けに不便であった．この欠点を解決するのに第5図に示すような収集機具を考案，試作した．

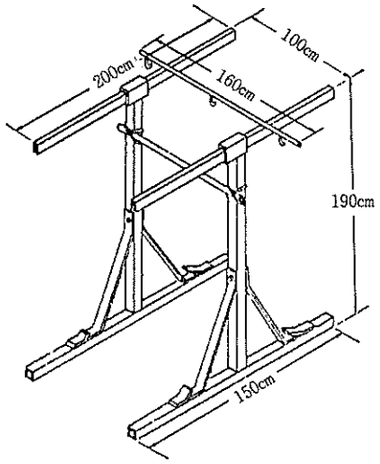


第5図　試作収集具

この収集機具はトラクタの三点リンクのシフト機構を利用して，移動しながら収集，架掛作業を行うようにしたものである．試作した収集機具は物干台に似ており，台上には交換できる3本の収集パイプを置き，さらに，1本の収集パイプには3つのフックを付けて，1回に9連（135束）のわら束を運搬できるようにした．

一方，架掛台は，この収集機具に合わせて試作したもので，収集機具と同じように物干台に似ており，第6図に示すような形状である．大きさは第7図に示すとおりで，8～10本の収集パイプが置けるので360～

第6図　試作架掛台A



第7図　試作架掛台の寸法

450束（3～4a相当のわら束量）が架掛けできる．

架掛けする方法は第8図に示すように

（1）わら束を収集したトラクタは架掛台に対して後退の状態にする．

（2）このとき収集パイプの位置は架掛台の上面より高くしてトラクタを後退する．

（3）架掛台の上に収集パイプが来たら静かに架掛台に下してトラクタを前進する．

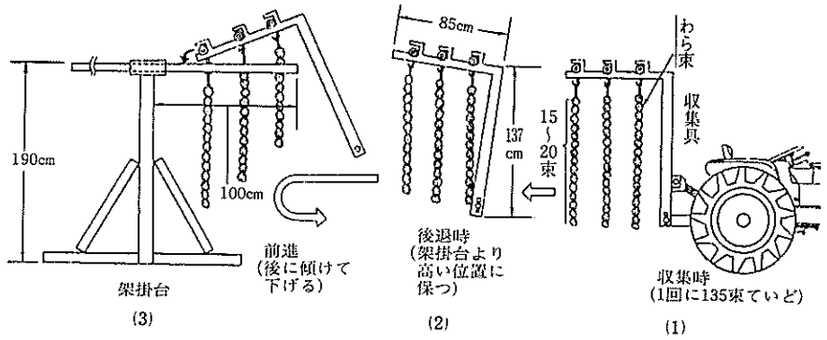
この作業工程を繰返すことにより，架掛けはほぼ自動的に行うことができる．

3.　ほ場試験

1）試験方法

1979年および1980年に，前述したような開発機具を用いて，収集，架掛けのほ場試験を実施した．

まず，収穫作業と同時に1連を15束の連結わら束に



第8図　架掛の方法

しておき，地干ししてから連結ひもを締めて収集できる状態にした．収集はトラクタ（最大出力25ps）の3点リンクに試作した収集機具を装着して，移動しながら連結わら束を収集パイプに掛けた．作業人員はトラクタのオペレータと収集パイプに連結わら束を掛ける者との2名であった．架掛作業は前述の方法で架掛け（試作架掛台A）し，架掛台の上部はビニールシートで覆った．約20日間架掛けをしたところで，わら束の含水率を計測して乾燥状態を判定した．また，これとは別に1980年にはわら束をまとめて落とすことにヒントを得て，新たな収集，架掛法として，パイプを使用した乾燥法（試作架掛台B）も同時に試験した．その方法は2本のパイプで20束のわら束を挟持し，パイプの両端と中間点の3か所を結ぶものである．架掛けは市販の三角架を使用して2段に掛け，上部はビニールシートで覆い20日間架干しした．

収納作業は1979年の場合，ほ場から200m離れたパイプハウスへトラック（最大積載量は650kg）で運搬し，1980年の場合，ほ場から50m離れたパイプハウスへ稲刈用バインダを改造した試作運搬車で運搬した．

2）試験結果

2か年間に試験した収集，架掛作業の能率は第3表に示すとおりである．1979年の収集面積は4a，1980年は3.7aであり，架掛けしたわら束数はそれぞれ，450束，360束であった．また，収集から収納（架掛台の組み立て，解体作業を含む）作業までのほ場作業量は2.5a/h，2.6a/hであった．結束したわら束は1979年にはトラック1台，1980年には試作運搬車2台に積載できた．架掛台は組立式であり，15分程度で容易に組み立てられ，また，解体も5分程度でできた．

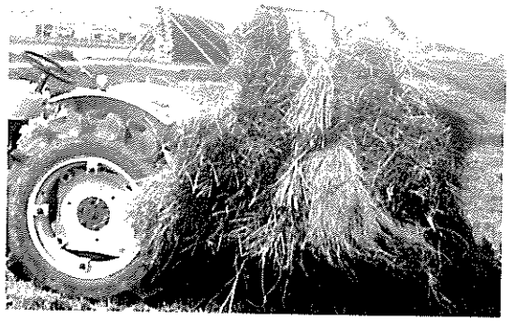
収集，架掛作業はこれまで行っていた方法と異なり，

第3表　収集・架掛作業能率

（単位：h/10a）

項　目	1979年	1980年
収集・架掛時間	0.84(11.9)	1.58(6.3)
収納時間	2.32(4.3)	1.43(7.0)
組立・解体時間	0.83(12.0)	0.83(12.0)
合計	3.99(2.5)	3.84(2.6)
実作業面積（a）	4.0	3.7
収集わら束数（束）	450	360
使用トラクタ（ps）	サトーs650:25	サトーs650:25
収集月日（月,日）	10，23	10，27
収納月日（月,日）	11，16	11，17

注）作業時間における（　）内はa/hに換算したものである．



第9図　トラクタによる収集状況

一度，収集パイプにつり掛状にすればよく，その状態は第9，10図に示すとおりである．また，1980年にはパイプを使用した簡易な収集，架掛法（試作架掛台B）

第10図　架掛けの状況

第11図　試作架掛台B

第4表　稲わら含水率の変化

（単位：%）

時期／年	1979年	1980年
刈　取　時	61.0	65.0
収　集　時	50.0	48.0
収　納　時	18.3	15.3

を行った．その架掛けの状態は第11図に示すとおりであり，そのほ場作業量は6.7 a/hであった．わらの乾燥状況（約3週間の架干し後）は第4表のとおりであった．

4. 考　　察

収集作業の前処理に必要な集束台はこれまでいくつか試作したが，いずれも完成されたものではない．しかし，集束台はコンバインの排じん口の後にあり，健康管理と省力化の上からも，自動化することが実用化をはかるために必要不可欠の条件である．具体的には連結ひもの自動切断ならびに端末処理機構，集束台の自動復帰などが解決されなければならない．

一方，収集，架掛法はこれまでの試験結果から摘出した問題点を解決するため，トラクタの3点リンクに取り付けた物干台状の収集機具を用いて，連結わら束をつり掛状にして行った．この方法は収集パイプをそのまま架掛けにするので，これまでの方法に比べて，ひもの掛けはずしが少なく，省力化につながった．

本試験における収集，架掛作業能率は1979年11.9a/h，1980年6.3a/hであり，1980年に能率が低下した原因は集束台でわら束のひも抜けにより，その処理に労力を要したためである．また，運搬車による結束わら束の収集では5～6 a/h[注1]，1980年に収集パイプを使用して収集した場合も6.7 a/hであり，これらに比して能率の向上がはかられたと考える．さらに，省力的であるとされる島立乾燥法の作業能率は小泉[3]の結果では8.3 h/10a（1.2 a/h）であった．南部ら[4]の自脱型コンバインで行った島立ての自動化による作業能率（立体放出された乾燥わらの処理時間）は3時間44分（2.7 a/h）であり，本試験の結果とほぼ同程度である．南部らの試験の場合，島立てされた乾燥わらの4～5束をまとめて大束にする時間が全作業時間の45%を占めている．

このように，省力的であるとされる島立法によっても乾燥わらを確保するには多くの労力が必要である．1979，1980年における乾燥状態は長期貯蔵に耐える含水率と考えられる20%以下になるには20日程度を要した．これは昔から「ハデ20日」といわれる事実に合致する．

著者らは，コンバイン排出わらの連結機構の機械化および収集，架掛作業の省力化について，5か年の試験結果から，一応有望と考えられる技術体系を確立した．しかし，連結ひもの切断，端末処理，集束台の自動化など，部分機構の開発が未だ不十分であり，架掛台の材料（軽量化，耐蝕性など）の検討などと合わせて，今後も実用化を目指して改良を重ねていく予定である．

注1）島根県農業試験場概要集(1977)：13～14

摘　　要

コンバイン排出わらの連結機構に電気部品を組み合わせて作動できる方法を開発した．本機構は他機種への応用も容易である．次に連結わら束の収集，架掛法を改良し，省力化をはかった．その結果の概要は次のとおりである．

1）結束機の連結機構を他機種に応用するため，電気部品（マイクロスイッチ，ラチェットリレー，ソレノイドプランジャ）を組み合わせて，その作動に成功した．

2）この改造結束機の収穫作業能率は14.4a/hであり，コンバインの標準的な速度で作業が可能であった．

3）集束台を試作して，堆積重量によって受台が降下するようにした．しかし，その作動は計画どおりにいかなかった．

4）収集，架掛法を改良して，トラクタの3点リンクに試作収集機具を取り付けて収集するようにした．収集した連結わら束はつり掛状にしたので，試作架掛台に直接掛けることができる．

5）収集，架掛作業能率は1979年12a/hと省力化できた．しかし，1980年には刈取速度が速く，連結ひもの処理が不十分であり，その手直しに時間がかかり，6.3 a/hと低かった．

6）2か年とも乾燥中は架掛台上をビニールシートで覆い，約3週間で含水率は20%以下になった．

引　用　文　献

1）細木俊樹・高野總十良・服部昭三・布野精治(1977)：コンバイン排出わらの収集乾燥技術について(第1報)，結束わら連結装置の開発と収集，乾燥法の改良．島根農試研報15；14－21．

2）細木俊樹・布野精治・高野總十良・服部昭三(1980)：コンバイン排出わらの収集乾燥技術について(第2報)，結束わらの連結装置の改造と収集，乾燥法の改良．島根農試研報16；1－12．

3）小泉武紀(1980)：水田有畜農業の機械化(2)．機械化農業10；49－52．

4）南部美紀雄・下門　久(1980)：コンバイン立体放出結束機の構造と機能．機械化農業1；39－42．

Summary

We made improvement on our previous machinery for carrying and drying straw bundles. Moreover newly deviced electrical equipment was available for the knotters of other kind of machines.

These development and improvement made it possible that straw bundles in the field are systematically carried out and dried.

1. For the purpose of application to other machines, we successfully made a knotter which was run by the combination of microswitch, ratchet relay, solenoid plunger and some other parts.

2. The working efficiency of harvesting was 14.4a/h, generally-accepted standard speed on harvesting.

3. We made straw carriage which moved down by the weight of straw bundles. It, however, did not work satisfactorily.

4. A series of straw bundles was carried by tractor of which top and lower rinks were fitted with trial production carriage. Then the pipes on which straw bundles were hanged can be put on the straw rack directly.

5. The working efficiency was 6.3a/h, which was about a half of that of previous year. This low efficiency was brought by that non-connected straw bundles required to be put in order.

6. The water contents dropped under 20% in about three weeks. The top of straw rack was covered by vinyl sheet to prevent rain drop.