

稲・麦用カッティングロールベアラの開発

浦川修司*・水野隆夫**

Development of Cutting Roll Baler for
Rice and Barley Whole-crop Silage

Shuji URAKAWA, Takao MIZUNO

緒 言

水田農業確立対策が実施されて以来15年が経過しているが、米の潜在的需要不均衡は引き続き増加傾向にある。さらに、ガットのウルグアイラウンド交渉の経緯からみて、コメの輸入自由化が危惧されている。このような状況の中、麦・大豆の研究と共に汎用化水田での飼料作物の研究が進められてきた。しかし特に、中山間地帯では水田基盤整備が十分ではなく、排水不良田が多いことに加えて耕種農家の高齢化も進み、保全管理田が増加しつつある。また、畜産農家においては多頭化が進み、その労働力からみても自己完結型の粗飼料生産は困難となりつつある。

今後、水田の高度利用による総合生産力向上と汎用化水田の有効利用のために、粗飼料生産とその流通を推進することは、畜産農家にとっては飼料基盤の拡大、地域内自給率の向上、糞尿の土地還元面から、また耕種農家にとっては水田の高度利用面からも重要な課題である。

汎用化水田における飼料作物栽培は転作作物としてはソルガムやとうもろこし、あるいは暖地型牧草が、また水田裏作としてはイタリアンライグラスや麦類が導入されてきた。しかし、排水条件の悪い水田においては栽培面では湿害による発芽不良や生育障害、収穫面では軟弱圃場での大型機械の走行の困難性に問題があり、安定し

た生産量が確保できないのが現状である。このような理由から、水田利用再編対策の実施とともに水稻の飼料利用に関する研究が進められてきた^{1), 3), 4)}。特に三重県では排水不良田の割合が多く、稲ホークロップサイレージは有効な転作作物であり、本稿では排水不良田での効率的な水稻ホークロップサイレージ調製とその流通を目的に、稲麦用カッティングロールベアラを試作し、実用的な生産技術を検討した。

材料および方法

1. ホークロップ用稲・麦の栽培

ホークロップ用水稻を栽培する場合、稚苗移植法では多大な労力を要する点が制約要因となっていた⁴⁾。そこで、水稻栽培の省力化のため、種籾に過酸化カルシウムを粉衣したものを畦畔から背負式動力散粒機で湛水田に散播する湛水土壤中散播法^{6), 9)}を取り入れて材料稲の栽培を行った。

大麦については麦類の中でも耐湿性が低いいため排水の良好な畑地で栽培し、ブロードキャストを用いて散播栽培を行った。

また、稲・麦の耕種概要は三重県飼料作物栽培基準に基づいて行った。

*畜産部 **現経営部

本論分の一部は「畜産の研究(1992年第10号)」に発表

2. カッティングロールベアラの開発方向

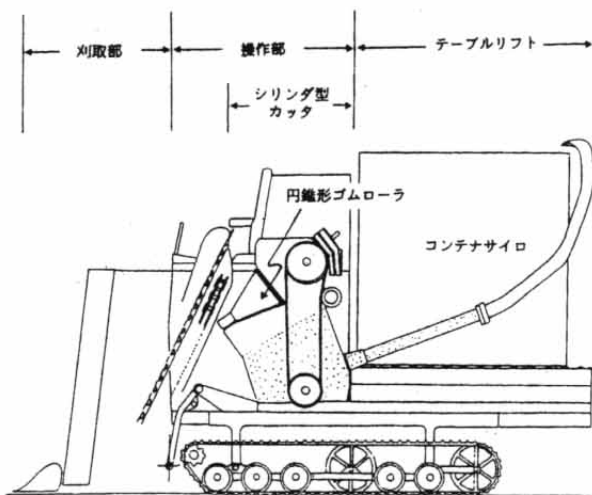


図1. ホールクロップサイレージ用収穫機

著者らは第1図に示したような自脱型コンバインとシリンダ型カッターを利用した中小型ホールクロップ用収穫機と本機と組み合わせる流通用コンテナサイロ（1.7m³）を開発し、収穫作業とサイレージ調製の同時作業を行い、バラサイレージとして流通する方法について検討¹⁰を行ってきた。しかし、コンテナサイロの重量（サイレージ詰め込み時：500kg）、価格（1コンテナ当たり7万円）に問題があったため、今回は調製・流通形態をロールベアラサイレージとした場合の収穫機を下記の条件で試作した。

- 1) 大型トラクタを用いずにハンドリングを可能とするためロールサイズは直径90cmとする。
- 2) 排水不良田でも収穫作業が可能のように、ダイレクトカット方式の自走式ロールベアラとし、走行装置にはクローラを利用する。
- 3) ロール解体作業の省力化のため、材料草の切断機構を組み入れる。
- 4) 収穫機の汎用利用を目的に自脱型コンバインとの両用機とする。

結果および考察

1. 材料草の生育収量

水稻栽培は湛水土壤中散播栽培法を導入することにより、育苗・移植作業が省力化でき、三石ら⁶⁾の報告と同様に10アール当たりの播種作業は15分程度となった。

また、本栽培法による水稻の収量は第1表に示すように10アール当たり約2,400kg（乾物収量：1,000kg/10a）であった。ホールクロップ用稲の収量に関する報告^{3), 4), 7)}では10アール当たり乾物収量で1,000～1,300kgの場合が多いが、飯田⁶⁾は実用化の目標は稲ホールクロップとして10アール当たり乾物量で約1,500kg前後であると述べており、今後直播栽培に適した超多収米の導入、ホールクロップ利用のための新品種の作出により、増収を図る必要がある。

また、大麦の収量は生草収量で10アール当たり約3,000kg、乾物収量で1,200kgであり、三重県での一般的な収量と同程度であった。

2. カッティングロールベアラの開発

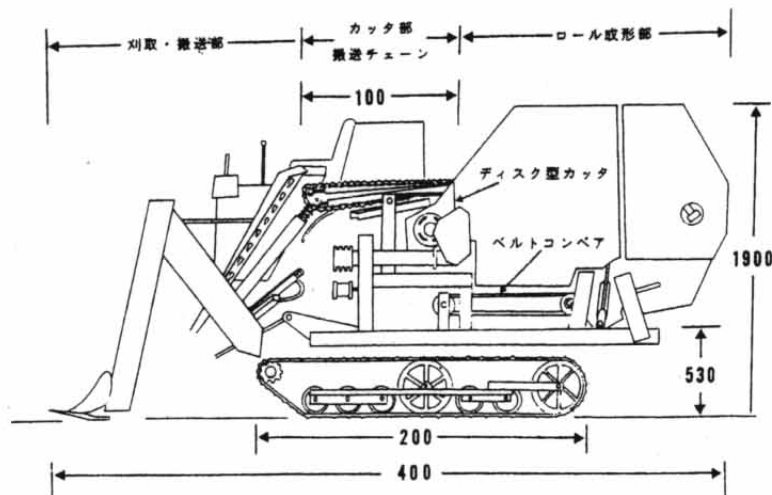
従来、排水不良田で稲ホールクロップサイレージを収穫・調製する場合、クローラ型または8輪ホイール型の国産自走式ハーベスタ^{7), 8)}を使用し、2～3cmに細断した稲をダンプ方式により水田から農道のトラックに積み替え、運搬後固定サイロに詰め込む方式が一般的であった。しかしこの体系ではサイレージ調製に多大な労力を要することが問題であり、本試作機は流通形態をロールベアラサイレージとし、さらに軟弱圃場での走行が可能のように4条刈り自脱型コンバインの走行部（ゴムクローラ）を利用した自走式ロールベアラとした。また、刈取り・搬送部、操作部もそのまま利用して脱穀部のかわりに定形式ロールベアラ（φ90cm）のロール成形部を搭載し、ピックアップ部を取りはずして、ベルトコンベアによりロール成形部へ材料草を送り込む機構とした（第2図）。

本機の特徴は良質サイレージ調製のための高密度梱包とロール解体時の省力化のため、材料草を切断後ロール成形が可能なカッティング機構を組み入れたことにある。

表1. 供試材料草の生育収量調査結果

項目	品種	播種期 (月日)	収穫期 (月日)	熟期	稈長 (cm)	穂長 (cm)	生草収量 (kg/10a)	乾物収量 (kg/10a)	穂部割合 (%)
水 稲	ヤマヒカリ	5.25	9.24	黄熟	61.5	17.5	2,409	1,008	47.7
大 麦	カワホナミ	10.20	5.6	糊熟	77.5	12.5	3,061	1,211	60.1

注) 水稻の栽培は湛水土壤中散布播法により栽培
大麦は一般の畑作で栽培



主 要 仕 様

全 長	4000 mm
全 幅	1450 mm
全 高	1900 mm
全 重	2400 kg
(ロールベアラタッチ: 780 kg)	
ベアラ寸法	φ90×85 cm
エンジン出力	35ps/2800rpm
変速方式	H S T
走行装置	ゴムクローラ

図2. 稲麦用カッティングロールベアラ

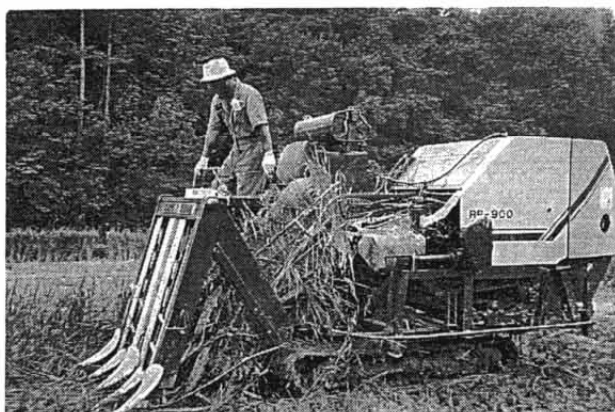


写真1. 試作機を用いたホールクロップ用稲の収穫

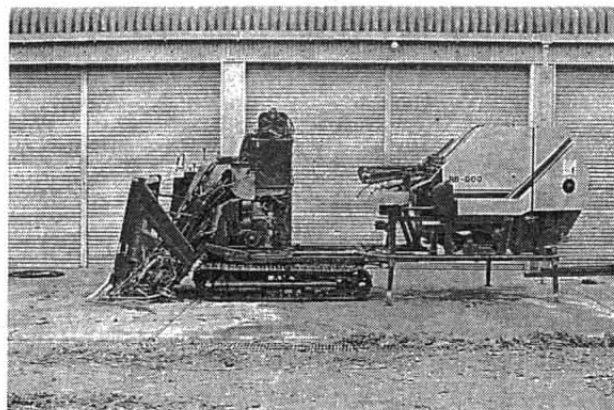


写真2. ロールベアラタッチ部の取りはずし

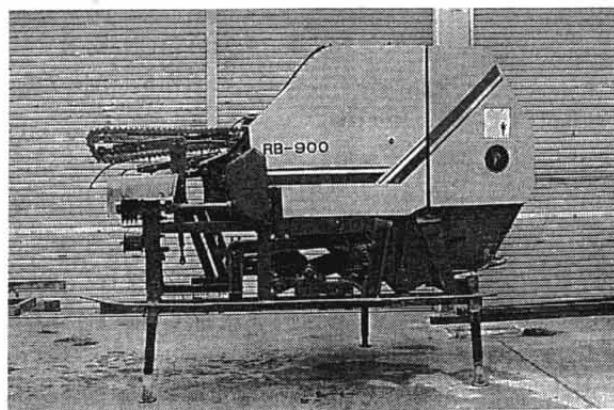


写真3. ロールベアラタッチ部

つまり、コンバインの刈取部で収穫された材料草をロールチャンバ前部に装着したディスク型カッタで切断後、ベルトコンベアでロール成形部に送り込み、ロールベアラを成形するようにした(写真1)。また、本機のもう一つの特徴としては収穫機のホールクロップサイレージ生産経費の負担率を軽減するために、収穫機の汎用利用を目的にロール成形部とディスク型カッタを一体構造としたロールベアラタッチとし、脱穀部とロール成形部の相互積み替えを可能としたことにある。したがって、稲麦の子実部だけを収穫する場合は、脱穀部を取り付けて従来のコンバインとして利用し、稲麦ホールクロップ用ロールベアラとして利用する場合は、脱穀部をはずしてロール成形部に積み替えることができる(写真2、写真3)。このように本機は、自脱型コンバインの刈取り部、操作部をそのまま利用しているため耕種農家でもホールクロップの収穫作業は容易に行うことができるとともに、子実収穫用の水稻とホールクロップ用稲を計画的に栽培することにより、収穫機を効率的に使用することができる。

3. 試作機の性能調査

本機を用いたホールクロップ用稲の作業時間は第2表に示すように1ロール当たり約5分、10アール当たり60分であり、国産自走式ハーベスタを使用した既往の研究結果⁸⁾と同程度であった。また、本体系は過湿圃場での収穫作業を前提としているため、成形したロールは圃

表2. 収穫作業における工程別作業時間（1ロール当たり）

項 目	刈 取 作 業			圃 場 内 移 動		
	刈取梱包	旋 回	小 計	往 路	復路（トワイン巻）	小 計
平均時間（s）	113.4	26.0	139.4	50.4	73.0（60.7）	123.4
割 合（％）	42.2	9.7	51.9	18.8	29.3（－）	48.1
標準偏差	7.2	24.6	—	28.0	25.6（2.5）	—

1) 1ロール当たり総作業時間:262.8秒（4分23秒）

2) 10アール当たり梱包数 : 13.9個（1梱包重量154.8kg, 運搬ロスを除く）

3) 10アール当たり作業時間 : 3,652.9秒（60分53秒）

注）調査は20アールの水田（材料草：水稻）

トワイン巻は復路走行中に行う

ディスク型カッタの切断刃間隔は14cmに設定

表3. 梱包ロールの調査結果

項 目	平均切断長 (cm)	重 量 (kg)	ロール幅 (cm)	ロール径 (cm)	密 度 (kg/m ²)	成形ロス (%)	運搬ロス (%)
水 稻	15.4	144.0	87.4	92.0	247.8	4.3	7.5

注）重量は運搬後の最終仕上がり重量

ディスク型カッタの切断刃間隔を14cmに設定

場内に落とさず畦畔までロールペーラを移動させた後、圃場外に排出させる。このため、往路と復路を合わせた圃場内移動時間は全収穫作業時間の48%を占めた。調査は20アールの軟弱田で実施し、片側方向の畦畔にロールを排出し、トラックでロールを運搬後、牛舎周辺で定置式ベールラップによりラッピング処理を行った。したがって、水田の両側に畦畔を有するような好条件の圃場ではさらに高能率で収穫作業が行えるため、作業時間の短縮が可能となる。

次に、本機を用いて成形したロールペールの調査結果を第3表に示した。本機の試作当初、材料草の切断長を14cmに設定し水稻を用いて、ロール成形を試みた¹¹⁾。材料草を切断することによるロール成形ロスは4.3%であり、梱包密度は247.8kg/m²であった。ロールの解体作業は写真4に示すようにカッティングしてから成形してあるため、トワインを切断することにより人力で容易に行えるとともに、給与した後に家畜による舎内への引込ロスも軽減できるものと思われる。しかし、自脱型コンバインの場合、子実収穫時には穂先が整然と脱穀部に入る機構となっているため、コンバインの刈取・搬送部をそのまま利用した本機では、成形したロールの一方は稲の穂先側が多く、他方は、株元側が多く含まれ穂部と茎葉部が分離した状態となった。そのため、第4表に示したように1梱包内の部位別に発酵品質および一般成分

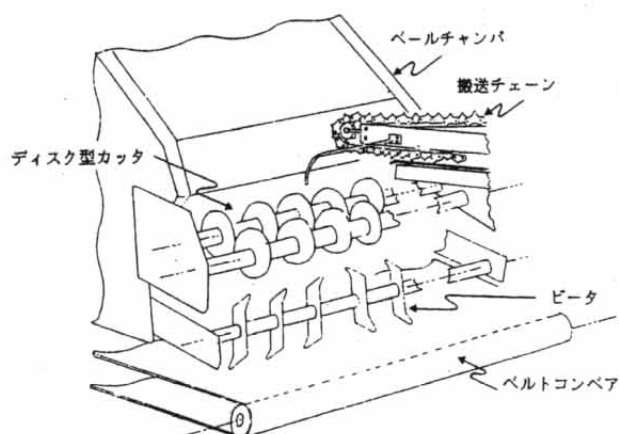


写真4. トワイン切断後の稲ロールペールの解体状況

表4. 梱包ロールの部位別割合と一般成分および発酵品質

項 目		部位別割合(%)		水分 (%)	一般成分(乾物中%)					pH	有機酸組成(現物中%)				フリーク 評 点
		穂 部	茎葉部		粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	粗灰分		酢酸	酪酸	乳酸	総酸	
水	穂先側	37.2	62.8	45.7	7.83	2.63	15.16	68.50	5.88	5.2	0.17	0	0.48	0.65	93
稲	株元側	0.7	99.3	73.2	4.16	1.96	34.22	47.54	12.12	4.6	0.35	0.08	0.53	0.95	31

注) ロールを輪切りに2分割して調査



第3図 ロールペールアタッチ部の切断機構と攪拌機構
(改良部)

に差が生じた。

4. 試作機の改良

梱包内の均一化とホールクロップサイレージのTMR(コンプリートフィード, 以下TMRと言う)利用を考慮に入れ, 次のような改良を加えた。まずコンプリートフィードでの混合を可能とするために切断刃間隔を7cmに設定するとともに, 梱包内の穂部と茎葉部を均一化することを目的として, 第3図に示すようにディスク型カッタの下部に切断した材料草を攪拌するためのビータを取り付けて大麦, 水稻を用いてロール成形を試みた。その結果, 平均切断長が約8cmとなったが, この長さでもロール成形は十分に可能であった。第5表の水稻と比較すると, 切断刃間隔を15cmから7.0cmにすることにより, 梱包密度は247.8kg/m³から275.5kg/m³に高

表5. 試作機を改良後の梱包ロールの調査結果

項目	平均切断長 (cm)	重量 (kg)	ロール幅 (cm)	ロール径 (cm)	密度 (kg/m ³)	成形ロス (%)
大麦	8.1	195.5	86.2	90.7	351.0	6.2
水稻	8.6 (15.4)	156.3 (144.0)	87.1 (87.4)	91.1 (92.0)	275.5 (247.8)	6.2 (4.3)

注) () 内は改良前の調査結果(切断刃間隔14cm)

表6. 試作機改良後の梱包ロールの部位別割合と一般成分および発酵品質

項 目		部位別割合(%)		水分 (%)	一般成分(乾物中%)					pH	有機酸組成(現物中%)				フリーク 評 点
		穂部	茎葉部		粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	粗灰分		酢酸	酪酸	乳酸	総酸	
大	穂先側	49.2	50.8	58.5	10.78	3.38	17.12	63.47	5.25	5.2	0.31	0	0.77	1.08	89
麦	株元側	15.8	84.2	76.9	5.60	2.35	35.86	50.01	6.18	4.4	0.39	0	2.62	3.01	100
水	穂先側	41.6 (37.2)	58.4 (62.8)	38.7 (45.7)	— (7.83)	— (2.63)	— (15.16)	— (68.50)	— (5.88)	5.3 (5.2)	0.06 (0.17)	0 (0)	0.24 (0.48)	0.30 (0.65)	97 (93)
稲	株元側	7.2 (0.7)	92.8 (99.3)	70.8 (73.2)	— (4.16)	— (1.96)	— (34.22)	— (47.54)	— (12.12)	5.1 (4.6)	0.37 (0.35)	0 (0.08)	0.34 (0.53)	0.71 (0.95)	64 (31)

注) ロールを輪切りに2分割して調査

() 内は改良前の調査結果(ディスク型カッタの切断刃間隔を14cm, ビータは無装着)

まった。良質サイレージ調製には梱包密度を高めると効果があることが知られていることから、材料草の切断長を短くするために切断刃間隔を狭くすることが望ましいと考えられる。しかし切断長を短くすることにより、ロール成形ロス（切断刃間隔14cmの場合の4.3%に比べて6.2%に増加した）これは、切断長を短くすることにより、ロールチャンバ内で回転するタイトバーの間隙から材料草が落下しやすくなるためであり、今後改良する余地があると思われた。また、ビータによる材料草の攪拌状態は第6表の部位別割合と発酵品質からみても若干の改善効果はみられるものの、十分な効果は得られなかった。しかし、TMR利用等による家畜への給与を考えた場合、梱包の解体が容易であるとともに、細断されているため、濃厚飼料との混合が円滑かつ容易にできる。また、今後においてロールベールサイレージの利用形態もTMR方式と結びつくと考えられるため、開発した本機は有効に利用できるものと思われた。

結 び

本収穫機は排水不良田におけるホールクロップサイレージ用稲の収穫用として試作したものである。したがって、対象とする圃場は軟弱圃場が中心となり、成形したロールを圃場内に直接排出するとロール表面が濡れたり土砂の混入を招き、良質サイレージ調製が困難となる。そのため、このような条件下では本作業体系で調査を行ったように、ロールベラで畦畔まで成形したロールを運び出す必要があり、ロールベラの圃場内移動時間が大きくなる。また、成形したロールをトワイン巻の状態で移動させることは荷崩れ（運搬ロス）も大きくなる。したがって、軟弱圃場での稲ホールクロップサイレージの収穫・調製作業を効率的に行うためには、ロールベラより排出されたロールを地面に落とすことなく、ベールラップ上に降ろし、圃場内で直ちに密封（ラップ処理等）を行うとともに、ストレッチフィルムを破損させることなく運搬する方法を検討することが必要である。

次に、耕種農家によるサイレージ調製とその流通体系を確立するためには、調製されたサイレージを等級化し、価格設定を行う必要がある。そのためにも、サイレージ品質を発酵面、栄養面から総合的に評価することが必要である。特に、稲ホールクロップサイレージの発酵形態は総酸量が少なく、乳酸含量も低い。また、pHも比較的高いことから、フリーク評価法では高い評価は得られにくい^{4), 10), 12)}。しかし、全窒素に対するVBN（揮発性塩基態窒素）は低く、穂部を多く含む稲ホールクロップサイレージはアルコール含量が多いという報告¹²⁾などもあり、フリーク評価法を適用すると不合理な点が多い。

したがって、今後稲ホールクロップサイレージ独自の発酵品質評価法を検討することが必要である。

最後に、今後において耕種農家による稲ホールクロップサイレージの生産流通体系を推進し普及させるためには、地域の農地を集積し、組織化されたオペレータによる家畜糞尿の土地還元を含めた計画的なホールクロップ用稲の栽培体系を確立することが必要である。そのためには、流通価格の支持、オペレータ組織等の営農体制の強化など関係機構の一層の協力を望むところである。

要 約

排水不良田でのホールクロップサイレージ用稲の生産体系を確立するため、自脱型コンバインを利用した稲麦ホールクロップサイレージ用カッティングロールベラを開発した。

1) 開発したロールベラは自脱型コンバインの刈取部、走行部を利用して脱穀部の替わりにロールベラのロールチャンバを搭載したものである。

2) 本カッティングロールベラの切断機構はロールチャンバ前部に装着したディスク型カッタにより材料草を切断する。

3) ディスク型カッタの切断刃間隔14cm（平均切断長：15.4cm）と7cm（平均切断長：8.6cm）に設定した結果、切断刃間隔は7cmでもロール成形は可能であった。

4) 材料草の切断にともなうロール成形ロスは、切断刃間隔14cmでは4.3%であり、7cmの場合は6.2%であった。

5) 収穫機の汎用利用を目的にロールチャンバと自脱型コンバインの脱穀部との相互積み替えを可能とした。

6) 本機の処理能力は1ロール当たり4分23秒、10アール当たり61分であった。

7) ロール内の材料稲の均一化を目的にディスク型カッタの下部にビータを装着したが、十分な効果は得られなかった。

謝 辞

本研究は平成3年度から3カ年にわたり、地域水田農業技術確立試験の中で実施しているものであり、ご指導、ご協力いただいた農林水産技術会議、農業研究センター、草地試験場の諸先生がたに深く感謝いたします。さらに、機械開発にご指導、ご協力いただいた株式会社タカキタの大倉課長、並びに関西営業所福岡所長に心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 藤岡澄行 (1986) : ホールクロップサイレージ水稻をめぐる生産技術の諸問題, 農業技術, 40 (1), 1-7
- 2) 藤田浩三ら (1990) : 黒毛和種肥育における発酵飼料の給与効果, 肉用牛研究会報, 50, 37-38
- 3) 福見良平ら (1979) : 登塾ステージ別水稻サイレージの品質並びに飼料価値, 畜産の研究, 33, 57-59
- 4) 飯田克実 (1985) : 最新粗飼料の生産と利用技術, 中央畜産会, 113-130
- 5) 亀岡暄一 (1980) : ホールクロップサイレージの作り方と利用のしかた, 日本草地協会, 156-167
- 6) 三石昭三 (1983) : 農業及び園芸, 58
- 7) 南雲光治 (1990) : 湿田を活用したホールクロップ用稲の生産流通, GRASS, 3, 15-18
- 8) 高野信雄 (1987) : 国産自走式ハーベスタによる稲・大麦ホールクロップサイレージの調製と利用, 畜産の研究, 41 (4), 397-401
- 9) 浦川修司ら (1987) : 湛水土壤中直播によるホールクロップサイレージ用稲の生産, 三重県農業技術センター研究報告, 16, 73-78
- 10) 浦川修司 (1991) : 稲麦ホールクロップサイレージ用収穫機の開発, 機械化農業, 10, 24-28
- 11) 浦川修司ら (1992) : 平成3年度草地関係試験成績概要書, 三重県農業技術センター
- 12) 吉田宣夫ら (1987) : 飼料用稲のホールクロップ利用技術に関する研究, 日草誌, 33 (2), 109-115

SUMMARY

We developed the new cutting-roll baler. it's for the rice whole-crop silaage to establish Forage Production System in paddy fields which drain badly. The results were summarized as follow.

1) We developed the cutting-roll baler making use of the Head-feed Combine Harvester. It's loaded with the roll-chamber instead of the threshing part of the Head-feed Combine Harvester.

2) This roll baler has the function of cutting. it cut rice plant with disk cutter setting at the front of the roll chamber.

3) We used two disk cutters to experiment. One is 14cm between edges. Another is 7 cm between edges.

As a result, we found it's possible to make the roll even with the cutter of 7 cm between edges.

4) This cutting-roll baler can be used as a Head-feed Combin Harvester using the threshing part instead of roll chamber.

5) The ability of working was 4'23" per 1 roll, 6lmin. per 10 are.

6) We tried to mix the head of rice and the lower part of rice with the Beater setting under the disk cutter. To our regret, we couldn't obtain Satisfactory results in this experiment.