

近畿中国四国農業研究センター研究資料

第3号

所長 原田 節也

編集委員会

委員長	仙北 俊弘	
委員	野中 瑞生	小池 俊吉 (2004年4月～9月)
	中島 寛爾	(2004年10月～)
	家常 高	長野間 宏 (2004年4月～5月)
	齊藤 修	(2004年6月～)
	加茂 幹男	長峰 司
	東 正昭	四方 平和
	土肥 宏志	網藤 芳男
	山内 稔	井上 久義
	石川 直幸	吉川 弘恭
	萩森 学	高橋 佳孝
	杉本 育己	采女 百合子

MISCELLANEOUS PUBLICATION
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

No. 3

Setsuya HARADA, Director General

EDITORIAL BOARD

Toshihiro SENBOKU, Chairman

Mizuo NONAKA	Toshikichi KOIKE
Kanji NAKAJIMA	Takashi IETSUNE
Hiroshi NAGANOMA	Osamu SAITO
Mikio KAMO	Tsukasa NAGAMINE
Tadaaki HIGASHI	Hirakazu SHIKATA
Hiroshi DOHI	Yoshio AMIFUJI
Minoru YAMAUCHI	Hisayoshi INOUE
Naoyuki ISHIKAWA	Hiroyasu YOSHIKAWA
Manabu HAGIMORI	Yoshitaka TAKAHASHI
Yasumi SUGIMOTO	Yuriko UNEME

近畿中国四国農業研究センター研究資料

第3号

(平成17年2月)

目 次

カンキツ樹掘取り用油圧ショベルアタッチメントの開発 角川 修・松崎健文・藤川益弘・猪之奥康治・田中宏明	1
作業台車を用いた水稻跡レタス移植作業の労働負担軽減技術の研究 角川 修・藤川益弘・松崎健文・大黒正道・田中宏明・猪之奥康治	11
スパイラル杭を利用した園芸施設用基礎施工技術の開発 田中宏明・藤川益弘・松崎健文・角川 修・大黒正道・猪之奥康治	21

MISCELLANEOUS PUBLICATION
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

No. 3 February 2005

CONTENTS

- Development of mini hydraulic excavator attachment for uprooting citrus tree 1
Osamu SUMIKAWA, Takefumi MATSUZAKI, Masuhiro FUJIKAWA,
Koji INOOKU and Hiroaki TANAKA
- Study on labor stress reduction of transplanting work of lettuce shoots using
4 wheel sitting cart 11
Osamu SUMIKAWA, Masuhiro FUJIKAWA, Takefumi MATSUZAKI,
Masamichi DAIKOKU, Hiroaki TANAKA and Kouji INOOKU
- Application of a screw type pile for the foundation of greenhouse 21
Hiroaki TANAKA, Masuhiro FUJIKAWA, Takefumi MATSUZAKI,
Osamu SUMIKAWA, Masamichi DAIKOKU and Koji INOOKU

〔近中四農研資 3〕
1-9 (2005)

カンキツ樹掘取り用油圧ショベルアタッチメントの開発

角川 修・松崎健文・藤川益弘・猪之奥康治*・田中宏明

Key words: カンキツ樹, 移植, 掘取り, 油圧ショベル, アタッチメント

目 次

I 緒 言	1	III カンキツ樹掘取り作業	3
II カンキツ樹掘取り用の油圧ショベル アタッチメント	2	1 調査・試験の方法	3
1 カンキツ樹掘取り作業の検討	2	2 結果および考察	4
2 アタッチメントの仕様	2	IV 摘 要	6
		V 謝 辞	6
		引用文献	6

I 緒 言

ウンシュウミカンは、我が国で生産量が最も多い果物で、2001年度の全国の栽培面積は56,300ha、出荷量は約110万tと果樹生産量の30%を占める。総務省が実施している家計調査によると、ミカンの一人当たりの消費量は、ピーク時の1973年には23kgであったが、近年では6kg程度にまで減少している。農林水産省は、価格を安定させるため、生産量を調整する需給調整対策を実施しているが、長引く不況の影響も受け、2001年以降は3年連続して卸売価格が200円/kgを下回っている。また、晩柑類のイヨカンにおいても、他に食味が良く食べやすい品種が出回るようになったことから需要が減少し、結果的に供給過剰になり、市場価格が低迷している。このような状況の中、果樹農家では、樹勢が衰えた老木や供給過剰になっている品種から、需要の増加

が期待される不知火や清見などの高糖度系品種へ改植する動きが高まっている。しかし、果樹では植付けから結実までに長期間を要し、一定収量を確保するまでに多くの年数がかかる。その期間を短縮する早期成園化技術の一つとして、比較的大きくなった大苗や既存の園で栽培されている6~10年生の若木を移植する大苗更新がある³⁾。

従来の移植用カンキツ樹の掘取り作業は、根を傷つけないように人力で果樹の根域外周の土を掘り、3本の足場用パイプや丸太などで三脚を組み、チェンブロックで慎重に幹を引き上げるといった人手を要する重労働である(第1図)。また、平坦地の果樹や植木の掘取り用には専用機が開発されているが、傾斜地や不整地が多いカンキツ園では普及していない。

そこで、カンキツ樹の移植作業の省力軽労化技術を構築するため、汎用性が高く、カンキツ園の園地整備で普及している小型油圧ショベルの利用を提案

(平成16年10月18日受理)

傾斜地基盤部

* 現生物系特定産業技術研究支援センター

し、移植用カンキツ樹の掘取り作業に適した油圧ショベルアタッチメントを試作・開発したので報告する。

本研究は、地域先導技術総合研究「高品質化のための土壌管理技術を導入した中山間カンキツ園の軽作業システムの確立」で得られた成果である。

なお、本アタッチメントは「果樹根切り方法及びアタッチメント」として特許出願しており、果樹の移植作業の効率化に寄与する技術と考える。また、アタッチメントの開発段階から、一貫して改良および汎用性の付加に貢献した松崎健文を文部科学省創意工夫功労者に推薦し、平成16年度に受賞した。

Ⅱ カンキツ樹掘取り用の油圧ショベルアタッチメント

1 カンキツ樹掘取り作業の検討

樹木の根を切る機械としては、根切りチェーンが市販されており、植木の掘取り等で根域周辺の土と根を切断するために使用されている。耐磨耗性の高い特殊硬質チップが付いたチェーンを使用しており、地面に対して垂直に刃を挿入して土ごと根を切断する。根切りチェーンによる作業は人力作業で、本体質量が重く、土の掘削抵抗が大きいいため、作業者の腕には大きな負荷がかかる。その上、土が作業者へ飛散する、振動が大きいなどの問題もあり、作業負担の軽減効果は少ない。また、樹幹を中心として円形に土と根を切断することは可能であるが、切断面の外周の土を掘削しないと樹幹下に刃を挿入できないので、地中深く伸びた根を切断することは困難である。

土を掘削する機械としては、トレンチャーがある。この機械は、暗渠管や配管を埋設するための溝を掘削するために利用されているが、根切りチェーンと同様に地面に垂直に土を掘削することはできても、樹幹下を掘削することはできない。

その他、平坦地における果樹の移植では、4本の螺旋コイルを根域外周に回転挿入し、土ごと持ち上げて根を掘上げる装置²⁾や大型土木用機械に装着する装置が開発されているが、傾斜地や不整地が多いカンキツ園では利用が困難である。

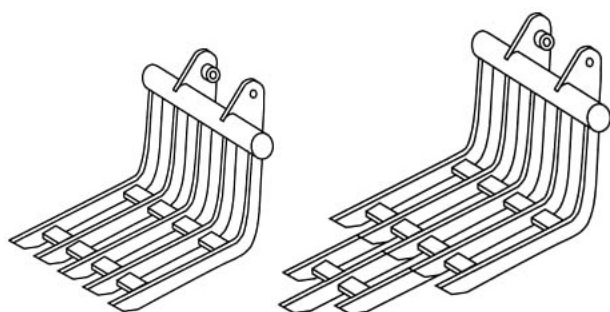
一方、最近では園内作業道の整備が進み、園地内

で小型油圧ショベルが利用可能となり、一般の土掘削用のバケットで樹幹の外周の土を掘起こし、アームにロープ等を掛け、樹幹を吊り上げて果樹を引抜く方法が採用され始めている¹⁾。土掘削用バケットは土をすくい取ることを目的に設計されているので、土がバケットから落ちないように側板が設けられている(第2図)。しかし、果樹の樹幹下を掘削する際に側板が根域を分断し、移植にとって重要な中・細根が切断されるため、慎重な作業を余儀なくされている。

2 アタッチメントの仕様

果樹の根を掘上げることが目的とすると、土掘削用バケットにある側板は必要ないと考えられた。バケットから側板を取り去ると底板だけが残るが、底板の厚みだけで強度を保つのは困難なことから、土をすくい上げる必要がないことから、アタッチメントは縦刃をフォーク状に並べた形状とした。試作1号機では、試験に用いた小型油圧ショベルに装着されていた土掘削用バケットと同じ容量0.02m³のアタッチメントを製作した(第3図)。しかし、縦刃が短く、刃先が樹幹の下まで到達しなかったため、地中に伸びた直根が切断できなかった。そこで、試作1号機の中央の縦刃を延長して試作2号機を製作した。試作2号機では縦刃を直線的に延長しただけであったため、地面に挿入する刃先の角度が大きくなり、油圧ショベルのアームに付いている油圧シリンダの操作だけでは、アタッチメントを土に挿入できなかった。油圧ショベルのブームとアームを伸ばすと同時にアタッチメントを手前に回転させると、刃先を地面に挿入することができたが、操作が非常に困難であった。

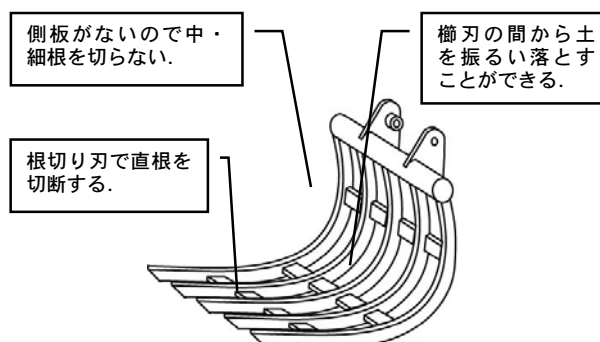
開発したアタッチメントは、容量0.07m³のバケットと同様の大きさで、側壁と底板がなく、幅50mm×厚さ12mmの鋼鉄で構成した。従来のバケットの底面と同じ曲線の縦刃を5本配置し、縦刃の変形を防止するために補強材を架設し、刃先に近い位置には先端を尖らせた根切り刃を配置した。最終的なアタッチメントの仕様を第1表に、写真と概略図を第4図、第5図に示す。



試作1号機

試作2号機

第3図 試作したアタッチメントの概略



第5図 アタッチメントの概略

Ⅲ カンキツ樹掘取り作業

1 調査・試験の方法

開発したアタッチメントを小型油圧ショベル（K社製KH-014）に装着し、高畝栽培（通路幅：1.8m，畝幅：1.2m，畝高：0.5m，栽植距離：3.0m×2.5m）の10年生青島温州（樹高：1.0～1.5m）10本の掘取り試験を行った。小型油圧ショベルの操作は経験30年の男性（50歳）が行なった。実施場所は香川県大

野原町の「香川県かんきつモデル果樹園」（面積：60a，平均傾斜：5度未満）で、畝押さえの波板や枝の誘引用パイプおよび針金をあらかじめ撤去しておいた。実施日は2002年3月11日で、土壌条件は、含水比12.3%，貫入式土壌硬度計（DIK-5521）による地下0.1～0.5mの貫入抵抗の平均値は602kN/m²であった。

畝間の通路に小型油圧ショベルを移動，カンキツ樹の樹冠越しにブームとアームを伸ばし，反対側の畝の付け根にアタッチメントの刃先を挿入する（第6図，第7図）。樹幹下に1～1.5m幅の切断面を作るようにアタッチメントの刃先を2～5回挿入して，畝を挟んだ反対側の通路に油圧ショベルを移動し，畝のもう一方から刃先を挿入する。最後に，アタッチメントを樹幹の真下に挿入し，根ごと上方に持ち上げる。この時，アタッチメントを小刻みに動かし，縦刃の間から根周辺の不要な土をふるい落とした。掘取ったカンキツ樹が小さい場合，そのままアタッチメントでトラックへ運搬し（第8図），大きい場合は補助者が幹にロープを掛けてアタッチメントで吊り上げた。掘取ったカンキツ樹10本をトラックに積み込み，強剪定および不要な根の切断を行なった後に，当研究センターの傾斜地試験園に移植して活着率を確認した。

比較試験として，手作業による掘取り試験を行なった。カンキツ樹の幹を中心として，地面に半径0.7mの円を描き，その外周の土をスコップで掘削した。深さ0.5mまで溝を掘下げた後，外周から樹幹下にスコップを挿入して可能な限り土と根を切断した。地中に伸びた太い直根を全て切断することは

第1表 アタッチメントおよび供試小型油圧ショベルの仕様

アタッチメントの寸法	(0.07m ³ 相当)
長さ	890 mm
深さ	450 mm
掘削幅	430 mm
取合部寸法	
穴径	25 mm
穴間距離	92 mm
ブラケット内幅	98 mm
縦刃数	5本
縦刃の幅	50 mm
厚み	12 mm
小型油圧ショベル	
型式	K社製 KH-014 (レンコン収穫用)
定格出力	12 kW
最高速度	1.86 km/h
機械総重量	1.6 t
クローラ幅	1.25 m

できないので、足場用パイプ ($\phi 48.6\text{mm} \times 4\text{m}$) と自在クランプを用いて三脚を組み、カンキツ樹の真上に設置した。カンキツ樹の幹に荷役用ベルトを掛け、三脚の頂点から懸架したチェンブロックを用いて人力で引抜いた(第9図)。最後に、地表面近くの細根を傷めないように根の周りの土を落として移植した。一連の作業の中で、三脚の設置には最低2名の作業員が必要と考えられたため、当センターの職員2名(男性43歳, 男性35歳)を被験者とし、2人組み作業で作業能率と労働強度を調査した。労働強度は、スポーツ心拍計(P社製, S610)を用いて、被験者2名の5秒ごとの心拍数を計測し、鶴崎の方法により心拍増加指数を求めた⁴⁾。労働強度の区分と心拍増加指数は、軽労働が0~0.3, 中労働が0.3~0.5, 強労働が0.5~0.9, 重労働が0.9~1.3である。試験実施場所は当研究センターの階段園(平均傾斜15度)で、テラス上の平坦面に栽培された樹齢9年生の青島温州(樹高:1.6m, 樹冠径:2.1m)1本を供試した。実施日は2004年11月17日で、土壌条件は、含水比19.4%, 地下0.1~0.5mの貫入抵抗の平均値は726kN/m²であった。

アタッチメントの操作性を調査するため、前出の「香川県かんきつモデル果樹園」で、実際の改植作業において利用試験を行った。調査方法は、モデル果樹園の管理者に調査票の記入を依頼し、本アタッチメントを利用した作業内容および掘取り本数を調査した。調査期間は2002年3月8日~4月6日であった。

2 結果および考察

1) 作業能率

手作業によるカンキツ樹の掘取り作業時間を第2表に示す。2人作業で土をスコップで掘削する作業が21.2分、三脚とチェンブロックによる引抜き作業が17.6分、合計38.8分であった。1人当たりの作業時間に換算すると、1本のカンキツ樹の掘上げに要する作業時間は77.6分となる。藤原らは、8年生興津早生10本を供試して、小型油圧ショベルと手作業による移植作業時間を計測し、カンキツ樹の掘上げに要する作業時間は、機械利用で57分、手作業で900分であったと報告している¹⁾。本報では手作業による掘取り試験を1本しか行っていないが、1本

第2表 手作業によるカンキツ樹掘取り作業時間

作業名	作業時間 (min)	1人当たりの作業 時間 (min)
スコップによる掘削	21.2	42.4
三脚設置および引抜き	17.6	35.2
合計	38.8	77.6

注) 2人作業, テラス上の平坦面,
9年生青島温州(樹高1.6m)1本の掘取り時間

第3表 アタッチメントを利用した
カンキツ樹高畝栽培における掘取り作業時間

作業名	作業時間 (min/10本)	割合(%)	内容
掘取り	40.1	57.3	1.5~6.2分 全て移植用に掘取り
運搬	11.3	16.2	ロープ掛けまたは直接 トラックに積み込み
移動	12.9	18.4	トラックから対象樹ま での移動
整地	5.7	8.2	油圧ショベルの進入路 確保
合計	70.0	100.0	

注) 油圧ショベルK社製KH-014使用
畝高0.5mの高畝栽培,
10年生青島温州(樹高1.0~1.5m)10本の掘取り時間

当たり90分要した藤原らの結果と大きく異ならなかったことから、妥当な結果であったと考えられる。

アタッチメントを使用したカンキツ樹高畝栽培における掘取り作業時間を第3表に示す。掘取りと運搬、移動、整地を合わせた総作業時間は70.0分で、そのうち、掘取りに要した作業時間は40.1分であった。樹冠が大きい樹では、樹幹下の切断面を拡げる際、アタッチメントの移動で枝が妨げとなり、1本の掘取りに6分程度かかる場合があった。逆に樹冠の小さい樹では2分以内で掘取ることが可能であった。標準的な土掘削用バケットを使用した掘取り作業では、掘削した根域周辺の土を別の場所に移動する必要はあるが、本アタッチメントを使用した作業では、土が縦刃の間から落ちるので、小型油圧ショベルのブームを動かす動作が省略できる。狭い作業空間でも利用可能なので、計画密植栽培園の間伐樹を移植樹として掘取の場合にも有利である。

アタッチメントを利用した掘取り作業と手作業とを比較すると、アタッチメント利用では作業能率が19.4倍になった。作業能率が大幅に向上した理由は、

第4表 手作業による掘取り作業の労働強度

項目	被験者 A (43 歳)	被験者 B (35 歳)
安静時心拍数 (b/min)	82.7	56.0
作業時の平均心拍数 (b/min)	132.6	105.7
最大心拍数 (b/min)	167.0	129.0
心拍増加指数	0.66	0.96
労働強度	強労働	重労働
身長 (cm)	164	190
体重 (kg)	65	73

作業環境： 気温 20～25℃

小型油圧ショベルの掘削・掘取り能力が反映されたからであるが、アタッチメントを利用すると、作業時間が大幅に短縮された。

2) 労働強度

手作業による掘取り作業の労働強度を第4表に示す。被験者2名の心拍増加指数は0.66および0.96で、労働強度に分類すると、それぞれ強労働および重労働となり、非常にきつい作業であった。心拍数の経時変化をみると、被験者が土を掘削している間は増加する傾向にあり、三脚を設置する直前に最大心拍数が記録されたことから、手作業による掘取り作業では、土の掘削が最もエネルギーを要する作業であったと考えられる。

一方、アタッチメントによる掘取り作業では、作業者が小型油圧ショベルを操作するだけである。労働強度としては、屋外の不整地において座位姿勢で操作することから、乗用トラクタの操作のエネルギー代謝率 (R.M.R.) 0.6～1.6⁵⁾と同程度で、軽労働～中労働と考えられた。

アタッチメントを利用すると、作業内容が強労働～重労働である人力による掘削作業から小型油圧ショベルの操作に変わり、労働強度が軽減された。

3) 掘取り樹の活着率

手作業で掘取ったカンキツ樹の根を第10図に、本アタッチメントで掘取った根を第11図に示す。両者共に、地表面近くの細根が多く残っており、移植が可能と判断された。アタッチメントで掘取ったカンキツ樹10本をその日のうちに移植し、花崗土を覆土し、十分に灌水した。その後も適切な灌水管理を行

第5表 改植作業での利用状況

日	作業内容	
3/8	掘取り (小原紅早生)	50 本
3/9	掘取り (小原紅早生)	50 本
	掘取り (青島温州)	50 本
3/10	掘取り (岩崎早生)	20 本
	植穴掘り	
3/11	掘取り、移植 (青島温州)	10 本
3/12	掘取り、移植 (青島温州)	未記載
3/13	掘取り (岩崎早生)	30 本
	掘取り (小原紅早生)	20 本
3/17	掘取り (青島温州)	16 本
	植穴掘り	
3/28	掘取り、移植 (小原紅早生)	8 本
3/31	掘取り、整地 (青島温州)	20 本
4/1	掘取り (青島温州)	10 本
	掘取り、整地 (岩崎温州)	15 本
4/4	抜根、整地	
4/5	抜根、整地	
4/6	掘取り、整地 (青島温州)	3 本
	合計	300 本

作業記録調査票より集計 (香川県かんきつモデル果樹園)

った結果、全ての移植樹が活着した。

4) 利用試験

モデル果樹園の改植作業における本アタッチメントの利用状況を第5表に示す。モデル果樹園の管理者である果樹農家の記録では、1日に100本のカンキツ樹を掘取った日があり、合計300本の掘取りに利用された。掘取ったカンキツ樹の根の状態も良好で、移植用として複数の農家に引き渡された。アタッチメントの使用に関して作業者の意見を聞取ったところ、操作性に関する問題点の指摘はなかった。また、この試験期間では、アタッチメントの変形や破損もなく、油圧ショベルの故障もなかった。

IV 摘 要

カンキツ樹の移植作業の省力軽労化技術を構築するため、汎用性が高い小型油圧ショベルのアタッチメントを試作・開発した。開発したアタッチメントは、従来のバケットの底面と同じ曲線の縦刃を5本

配置し、縦刃の変形を防止するために補強材を架設し、刃先に近い位置には先端を尖らせた根切り刃を配置した。

アタッチメントを使用した移植用カンキツ樹の掘取り作業の作業時間は40.1分/10本で、トラックへの積み込み作業を合わせても70.0分と効率的であった。また、作業内容が強労働～重労働である人力による掘削作業から小型油圧ショベルの操作に変わり、労働強度が軽減された。掘取ったカンキツ樹の根の状態は、地表面近くの細根が多く残っており、移植したところ全て活着した。

V 謝 辞

本アタッチメントの開発に関して、香川県JA豊南農協の佐伯真誌氏および白川和仁氏から貴重なお意見をいただいた。また、掘取り試験ならびに利用試験を香川県三豊郡大野原町の「香川県かんきつモデル果樹園」で実施させていただき、香川県およびモデル果樹園管理運営協議会から多大なるご協力を得た。さらに、カンキツ樹の移植後の管理および研

究資料を取りまとめるにあたり、業務第2科永田賢嗣科長から多くの助言をいただいた。ここに深甚なる感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 藤原文孝・加美 豊・井上久雄 1999. 温州みかん若木の機械移植と早期成園化のための管理法. 四国農業研究成果情報平成10年度: 4-5.
- 2) 小川幹雄・久保田太郎・長木 司 2000. 果樹移植方法及び装置. 特許公開2000-287563.
- 3) 清水 理 1990. 大苗更新. 農業技術体系. 農文協. 東京. 果樹編第1-I巻, 追録第5号, 技204の2-7.
- 4) 鶴崎 孝 1983. 急傾斜カンキツ園における運搬労働. 特にモノレール運搬に関する研究. 愛媛大学農学部紀要28(1): 48-49.
- 5) 吉田政雄 1985. 労働負担. 新版農作業便覧, 日本農作業研究会編. 財団法人農林統計協会. 東京. 509-519.

Development of mini hydraulic excavator attachment for uprooting citrus tree

Osamu SUMIKAWA, Takefumi MATSUZAKI, Masuhiro FUJIKAWA,
Koji INOOKU* and Hiroaki TANAKA

Summary

Transplanting using a matured tree is one of the methods of rapidly renewing the variety in a citrus orchard. The uprooting work of matured tree is heavy labor. In order to reduce the load of labor, we developed mini hydraulic excavator attachment. The attachment has 5 peaces of curved hoe made from 12mm plate steel. The curved hoes are reinforced with 12mm plate steel and with root cutting blades near the tip. We tested this attachment to uproot 10 citrus trees at high ridge orchard. The working hour of uprooting 10 citrus trees was 40.1 minutes and was 70.0 minutes including loading time to a truck. The condition of rootlets of uprooting tree was judged as fine to be able to transplant and it was confirmed that the rootage rate was 100%.



第1図 手作業によるカンキツ樹の掘取り



第2図 土掘削用バケットでの作業



第4図 開発した掘取りアタッチメント



第6図 掘取り作業



第7図 掘取りアタッチメントによる樹幹下の作業



第8図 掘取ったカンキツ樹の運搬



第9図 三脚を利用したカンキツ樹の引抜き



第10図 掘取った根の状態 (手作業)



第11図 掘取った根の状態 (アタッチメント使用)

〔近中四農研資 3〕
11—20 (2005)

作業台車を用いた水稲跡レタス移植作業の労働負担軽減技術の研究

角川 修・藤川益弘・松崎健文
大黒正道・田中宏明・猪之奥康治*

Key words: 水稲跡レタス栽培, 移植作業, 作業台車, 作業姿勢, OWAS, 表面筋電図

目 次

I 緒 言	11	III 結果および考察	14
II 材料および方法	12	1 移植作業の内容と作業能率	14
1 供試機の概要	12	2 OWASによる作業姿勢評価	16
2 試験方法	13	3 表面筋電図による筋負荷	16
		IV 摘 要	18
		引用文献	18

I 緒 言

レタス (*Lactuca sativa*) は栽培適温が15~22℃と低く、夏は高地の冷涼な地域で、冬は暖かく降雪のない地域で栽培されている。冬作レタスは、水稲作と組合せて栽培されており、夏場に水を湛水することで連作障害を回避している。厳寒期には保温対策が必要であるが、春には水田に戻す必要があるため、設営や撤去が容易で簡易なトンネル栽培が一般的で、そのトンネル内の栽培空間を有効に利用するため、畝幅1,300~1,800mmの平畝に4条もしくは3条の多条植えが行なわれている。

機械化のためのレタスの標準栽培様式は、畝幅450mm-1条植え、または畝幅900mm-2条植えと決められている。この様式に対応した野菜全自動移植機が農業機械メーカー数社より市販されているが、

水稲跡レタスの栽培様式には利用できない。そこで、多条植えに対応するために、輪距を調節可能にし、移植位置を変更できるように改良が加えられたが、旋回枕地として2.5m程度必要、機体重量が重く取扱いが困難、同一畝を2往復しなければならない、千鳥植えに対応できない、などの問題があり、普及が進まなかった。

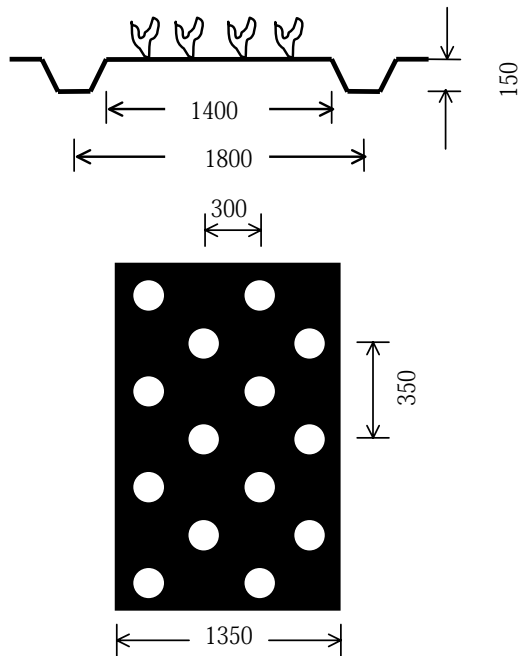
一方、レタスの収穫で、自転車の車輪を4個使用したトンネルをまたぐ門形の台車が広く利用されており、運搬作業の軽労化に役立っている。この収穫台車に移植ユニットを取付け、作業者が手で苗を供給する簡易移植機の研究が行なわれ^{3) 6)}、その中で、電動モータで複数の移植ユニットを上下に動かし、セル成型苗を一定の深さに移植できる野菜用半自動多条移植機が市販された⁷⁾。

しかしながら、植付け穴の中にセル成型苗を置くだけの機械移植では、苗の植付け姿勢や根鉢の土押

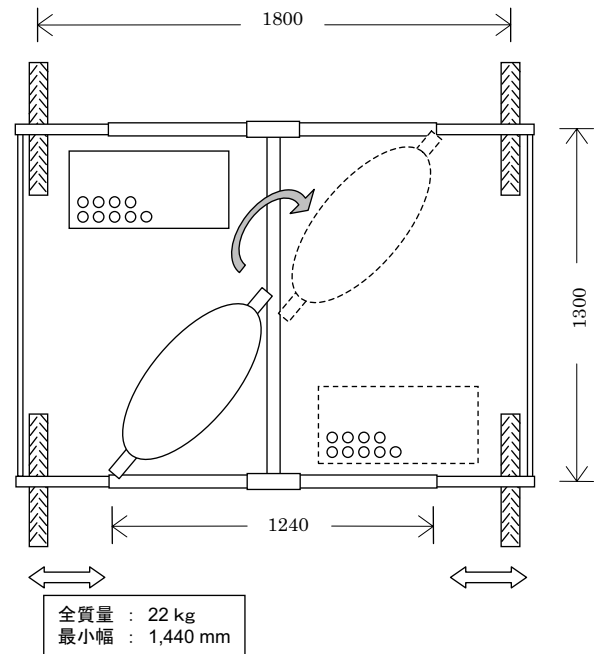
(平成16年10月18日受理)

傾斜地基盤部

* 現生物系特定産業技術研究支援センター



第1図 水稲跡レタスの栽培様式 (4条植え)



第3図 腰掛式作業台車の概要

さえ不足が品質に影響するという不満もあり、定植は手作業でも良いが作業姿勢を改善したいという要望もある。また、小区画の圃場が多く1回の植付け面積が数アール程度の小規模農家では、もっと安価で簡易な方法が求められている。そのような要望に対応して、簡易な腰掛式台車や電動台車が開発されている⁴⁾が、畝幅の広い水稲跡レタス栽培に適用できるものはない。

そこで、作業者が椅子に腰掛けた作業姿勢で、水稲跡レタスの栽培様式である畝幅1,800mm-4条植えで利用できる作業台車を開発し、労働負担軽減効果を評価したので報告する。

本研究の一部は、農林水産省の先端技術等地域実用化研究促進事業「四国地域の稲・野菜(レタス)・大豆2年三毛作における作業競合軽減技術の開発」の助成を受けた。また、試験に際しては、同プロジェクトの主査で、野菜用半自動多条移植機を開発した香川県農業試験場の協力を得て実施した。

II 材料および方法

1 供試機の概要

1) 腰掛式作業台車

香川県で広く採用されている4条植えの水稲跡レ

タス栽培様式を第1図に示す。畝幅1,800mm、天場幅1,400mmの畝に1,350mmの穴あき4条千鳥マルチを展張する。天場を広く取るため、畝間は150mmほどしかなく、作業スペースが狭い。

試作した腰掛式作業台車(以下、作業台車)の写真および概略図を第2図、第3図に示す。4個の自転車用20インチタイヤとそれを支えるフレーム、座席、苗置き台で構成されている。座席に座った状態で、4条を一度に移植することは難しいことから、往路で畝の半分の片側2条を、復路で残り2条を植えることとした。作業台車は原動機の備えがなく、作業者が足で後方に蹴って移動する。座席は、本体フレーム枠と作業台車の中央にある中央フレームで懸架されているだけなので、座席が取り外しできる。往路の移植で畝の端まで到達したら、第3図のように座席を左右付け替えることができるので、作業台車を旋回する必要がなく、作業者が座る位置を替えるだけで、容易に復路の作業に移れる。枕地旋回やトラックからの積下ろしの作業負荷軽減のために、材質をアルミ製にして軽量化を図った。本体フレームは、中央フレーム、自転車用タイヤを固定している左右のタイヤ支持フレームで構成されている。作業者の体重が加わる座席を支持する中央のフレーム

には厚さ2mm、外形30mmの正八角形の中空パイプを使用し、タイヤ支持フレームには外形25mmの正八角形パイプを使用した。中央フレームとタイヤ支持フレームの連結部は、径の異なるパイプを挿入して止めネジで固定しているだけなので、作業台車の輪距が縮小できる。作業台車の輪距が変えられると、トラックの荷台への積載が容易になり、畝幅の異なる作物にも利用できる。

2) 野菜用半自動多条移植機（以下、半自動移植機）

供試した半自動移植機（S社製HSW-4）の写真を第4図に示す。本機は香川県農業試験場が開発し⁷⁾、現在、メーカーから市販されている。特徴は、駆動力がない4輪の台車に、4個の移植ユニットを千鳥配置し、1個のDCモータで移植ユニットを同時に上下させて移植を行う。個々の移植ユニットには、地表面から一定の深さで移植できる機構が備わっており、通常の畝であれば十分な移植精度が得られる。苗はセル成型苗を使用し、移植ユニットへの苗の供給は2人の作業者が行ない、作業姿勢は常に立位姿勢である。移植苗の株間となる台車の移動停止位置は、直前に植えた苗を目標に機体に固定したメジャーを用いて作業者が判断する。

2 試験方法

1) 試験区

作業台車によるレタス移植作業の労働負担軽減効果を評価するため、観察法による作業姿勢の評価および表面筋電図による筋負荷の測定を行った。試験区は、開発した作業台車による移植作業と半自動移植機、手植えによる慣行作業とした。

第1表 OWASのAC (Action Category) 判定表

AC1 :	この姿勢による筋骨格系負担はない。改善は不要である。
AC2 :	この姿勢は筋骨格系に有害である。近いうちに改善すべきである。
AC3 :	この姿勢は筋骨格系に有害である。できるだけ早期に改善すべきである。
AC4 :	この姿勢は筋骨格系に非常に有害である。ただちに改善すべきである。

2) OWASによる作業姿勢評価

フィンランド労働衛生研究所が開発したOWAS⁴⁾ (Ovako Working Posture Analyzing System) は、専用の計測器を必要とせず、比較的簡易に作業姿勢を評価することができる方法である。作業姿勢を背部、上肢、下肢、重さの4項目に分けて観察し、姿勢コード表から、「背部はまっすぐ」、「上肢は両腕とも肩より下」のように4項目の状態を分類する。それぞれの状態には数字が割り当てられており、作業姿勢を4桁の姿勢コードとして記述する。各姿勢コードは、AC (Action Category) 判定表を用いてAC1からAC4までの4段階に判定する。ACの意味は第1表に示すように、姿勢の負担度と改善要求度に対応しており、AC4およびAC3が多い作業は有害な作業と判定される^{1) 5)}。

機械操作に慣れている被験者の作業データを得るために、作業台車の評価モニター農家および半自動移植機を所有する農家を被験者に選んだ。作業者に作業姿勢の評価試験を意識させないように、農家の圃場における実際の移植作業をビデオカメラで撮影した。また、3試験区の比較試験データを得るために、当センターの職員（男性37歳）を被験者として、圃場で移植試験を行った。栽培様式は第1図の水稻跡レタス栽培様式とし、2003年11月17日に畝立てマルチ（Y社製RCA910M）で畝長45mの2畝を準備し、マルチ押さえのために、歩行型管理機（M社製MRV2VH）で畝間の土をマルチ全面に被せた。供試したレタスセル成型苗は、広域育苗センターで育苗されたもの（200穴、品種：シスコ、苗齢：35日、播種日：10月22日、培土：スミカセル用培土）を用いた。移植試験は、11月26、27日に実施した。

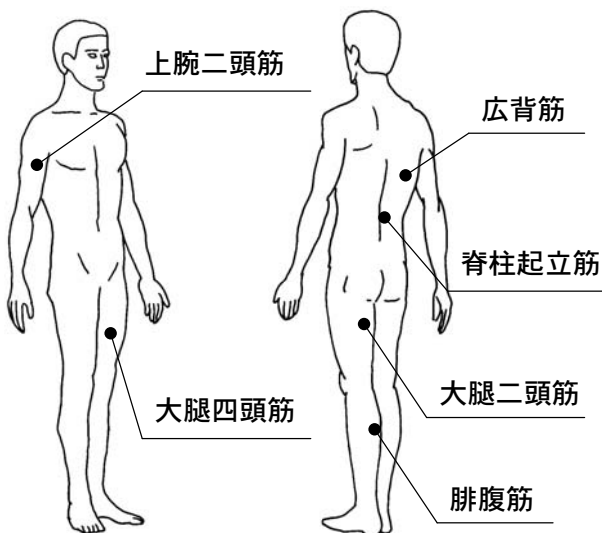
記録したビデオ映像から10秒毎の作業姿勢をサンプリングし、Ovako式作業姿勢分析システムソフトJOWAS⁵⁾ を使用して、姿勢コードおよびACを整理した。

3) 表面筋電図による筋負荷の測定

人間の運動や作業は、筋肉が骨を動かしたり、姿勢を維持したりすることによって成り立っている。筋肉の収縮のメカニズムは、大脳の運動中枢からの信号が運動神経を興奮させ、その運動神経の興奮が筋繊維に伝わり筋電位を生じさせる。この筋電位を

計測したものが筋電図である。筋電を計測する方法として、皮膚の表面に電極を貼付し、皮膚表面の筋電図を計測する方法がある。表面筋電図は、ランダムノイズのような波形が現れ、その振幅の大きさが筋活動の強さに比例することがわかっている^{2) 5)}。

予備試験により、筋の収縮が観察された6箇所（上腕二頭筋（肩と肘の間の筋、肘関節の屈伸に参与）、脊柱起立筋（背骨に沿った筋、体幹部の伸展・後屈に参与）、広背筋（背中わきの下の筋、肩関節の内転・伸展・内旋に参与）、大腿四頭筋（ふともも前の筋、膝関節の伸展に参与）、大腿二頭筋（ふともも後の筋、膝関節の屈曲と股関節の伸展に参与）、腓腹筋（ふくらはぎの筋、足関節の底屈と膝関節の屈曲に参与）の表面筋電図を計測した（第5図）。上肢3箇所は移植および苗のハンドリングを行う利き腕、すなわち右半身の表面筋電図を、下肢3箇所は作業台車の移動で使用する左足の表面筋電図を計測した。計測対象とする筋が最もよく収縮する位置を確認し、その皮膚に電極（A社製、Blue Sensor）を筋繊維の方向に沿って30mm間隔で2個貼り付けた（第6図）。また、ノイズ除去のため筋電位の影響を受けない左胸に不感電極を1個貼り付けた。電極から導出される信号をリード線でテレメータ（N社製、4ch多用途テレメータ511）の送信機に導き、受信機を介して、データレコーダ（N社製、オムニエース RT3608ST）に記録した。データ



第5図 表面筋電図を計測した筋の位置

レコーダのサンプリング周波数は1kHzとした。レタス移植作業の筋電図計測は、前述のセンター内圃場で行い、同職員を被験者とした。

表面筋電図の計測システムから得られる生データは、時間を横軸とする波形として記録される。一定の作業時間に加わる平均筋負荷を算定するため、10苗を移植した作業をデータ処理区間と定め、生データを全波整流波形に加工し、その区間の積分値を求めた。得られた積分値を処理時間で除して、単位時間当たりの積分値EMGを算出した。一方、筋電図は、筋肉の量、皮膚の電気抵抗、電極の貼り付け位置によって大きく異なる。そこで、筋肉に最大負荷をかけて得られた表面筋電図から最大自発筋収縮時の値MVCを算出し、MVCを100%として正規化し、最大筋力比%EMGを求めた。

$$\%EMG = EMG / MVC \times 100 \dots (1)$$

移植作業は繰り返しの動作から成り立っているが、1サイクルごとに、筋活動が活発で筋電図の波形が大きく現れる時間と、波形が小さく筋活動が休憩している時間がある。そのため、筋活動が休憩している時間が長い場合、平均筋負荷のように単位時間で除すると、筋負荷が過小評価される。そこで、作業1サイクルの中で、筋電図の波形が大きく現れる部分を抽出し、波形の振幅を求めた。5サイクル分の振幅を平均し、移植作業時の最大筋負荷を求めた。この値も、前述と同様に最大自発筋収縮時の値を100%として正規化した。

Ⅲ 結果および考察

1 移植作業の内容と作業能率

1) 慣行作業

手植えによる慣行作業は、作業者が畝間に入り、畝に向かって蹲踞の姿勢でしゃがみ、4条千鳥配置の手前2条に手で苗を植える（第7図）。利き腕が右の作業者の場合、畝間を右方向に移動しながら移植作業を行う。まず、セルトレイを移植位置よりも右に置く。調査した農家では、セルトレイが1枚だけ載る4輪の手押し台車を使用していた。しゃがんだ姿勢でマルチを覆っている土を両手で手前に引き

寄せ、その土を畝の肩に集めるとともにマルチ穴の位置を確認する。右手でセルトレイからセル成型苗を抜取り、左手の親指でマルチの穴の中央にくぼみを作り、右手でセル成型苗の根を挿入し、両手で周りの土を寄せながら苗の根元を軽く手で押さえる。手が届く範囲の2条・2列の4苗を植え終わると立ち上がり、次の4苗の中間付近に横移動する。最後に、セルトレイを右方向に移動する。これら一連の動作を繰り返し、畝の端まで到達すると、同じ畝間を戻りながら反対側の畝の2条を植える。慣行作業の動作は、ゆっくりと屈伸運動していることと同じで、作業を20分程度続けると、腰に手を当てて後屈し、筋の疲労を回復させる動作が見られた。移植作業時間は、作業に慣れている農家で、200苗のセルトレイ1枚当たり14.65分で、作業能率は1.3 a/hであった(第2表)。

2) 作業台車による作業

開発した作業台車は、作業者が地面を足で蹴りながら畝方向に移動する無動力の台車である。作業者は作業台車中央のパイプが右手側にくるように、左側の座席に座り、左足を畝間に、右足を畝の天場に置く。セルトレイを作業台車の座席前方の苗置き台に置き、作業者は座席に座ったまま右手で苗を抜取り、慣行作業と同様に、左手でマルチの穴にくぼみを作り移植する。マルチ押さえの土を畝の肩に集める作業も座席に座ったまま行われた。作業台車の移動は、座った姿勢のまま左足で地面を蹴り、後方に進む(第8図)。畝の端まで行くと、作業台車の座席を外し、右側に付け替える。同じ畝をまたいだ

まま往路で2条を、復路で残りの2条を植える。往復4条の移植を終えると、畝の端で前後どちらかのフレームを持上げ、車輪で畝の天場を踏みながら次の畝に作業台車を移す。移植作業時間は、200苗のセルトレイ1枚当たり17.58分で、作業能率は1.1 a/hであった(第2表)。

3) 半自動移植機による作業

半自動移植機での作業は、2人組作業で行われ、常に立位姿勢となる(第9図)。基本動作は、本体の移動、苗の供給、移植ユニットの操作に分れる。本機での作業に慣れた農家夫婦は、前方向の左側にいる夫が停止位置を決定し、移植ユニットの作動スイッチも操作していた。苗の供給は、そのスイッチを入れて移植ユニットが上下動している間にセルトレイから次の苗を抜取り、本体が移動する前に苗を移植ユニットに供給していた。この手順で作業すると待ち時間が少なく、作業員1人がセルトレイ1枚分の苗を移植する時間は8.80分で、2人作業の作業能率は4.3 a/hであった(第2表)。

4) 作業方法による作業能率の比較

今回の作業姿勢の調査は、実際の農家の圃場で行ったため、畝の長さや枕地の有無が統一できず、単純に移植作業のみで作業能率を比較した。山浦⁷⁾の報告によると、半自動移植機では移植作業の他に移植ユニットのカップ清掃や旋回、株間調整、苗補給などがあるが、移植自体の作業時間は全体の95%であった。慣行および作業台車を用いた作業においても苗補給時間が必要ではあるが、全体の1~2%程度であることから、移植自体の作業時間が作業能率の大半を占めていると考えられる。

慣行作業と作業台車による移植作業では、マルチ押さえの土を畝の肩に集める動作が含まれているが、長時間に渡り最も安定していたので、農家女性の慣行作業時間を基準として慣行作業能率比を求めた(第2表)。その結果、作業台車利用は慣行作業に比べて作業能率比が0.83~0.96となり、作業能率がやや劣った。半自動移植機利用は、マルチ押さえの土を畝の肩に集める動作が含まれないこともあり、作業能率比が1.23~1.66と能率的であった。

第2表 レタスの移植作業時間および作業能率

作業内容	被験者	200苗移植 時間 (min)	作業能率 (a/h)	慣行作業 能率比*
慣行作業	女性 (63)	14.65	1.3	1.00
	男性 (37)	13.92	1.4	1.05
作業台車	女性 (63)	17.58	1.1	0.83
	男性 (37)	15.30	1.2	0.96
半自動移植機**	男性 (70)	8.80	2.1	1.66
	女性 (37)	11.88	1.6	1.23

* 慣行作業能率比は、慣行作業の女性の被験者の作業能率を基準とした。

** 半自動移植機による作業は2人組み作業となるが、作業員1人当たりの作業時間および作業能率を記述した。

表3 OWASによるレタス移植作業の評価

作業内容	被験者	度数 (%)				主な姿勢	AC4およびAC3と なった作業内容
		AC4	AC3	AC2	AC1		
慣行作業	女性 (63)	0.0	61.9	31.4	6.7	2141	移植姿勢
	男性 (37)	0.0	45.7	54.3	0.0	2141	移植姿勢
作業台車	女性 (63)	0.0	0.0	71.0	29.0	2111	
	男性 (37)	0.0	0.0	80.0	20.0	2111	
半自動移植機	男性 (70)	0.0	2.8	0.9	96.3	1121	移植失敗の修正
	男性 (37)	0.0	1.2	7.4	91.4	1121	移植失敗の修正

2 OWASによる作業姿勢評価

1) 慣行作業の作業姿勢

移植作業の違いによるOWAS姿勢コードおよびACを第3表に示す。身長が低い農家女性の場合、慣行の手植え作業は、背部を前に曲げた蹲踞姿勢が多く、OWASの姿勢コードは2141となり、AC3と評価され、早期に改善が必要な作業と判定された。身長が187cmと高く腕が長い男性の場合、背部を曲げなくても手が届く範囲が広いこと、姿勢コード2141が1141に移行し、AC3がやや少なくなった。しかし、AC3が著しく減少したとは言えず、早期に改善が必要な作業であることには変わりなかった。

2) 作業台車による作業の作業姿勢

移植作業時は座席に座ったままの作業を行うため、基本姿勢は座ったまま背部を曲げたOWASの姿勢コードは2111で、AC2の近いうちに改善すべき姿勢と評価された。AC4およびAC3の有害な作業はなかった。

3) 半自動移植機による作業の作業姿勢

半自動移植機による基本的な作業姿勢は、背中をまっすぐにして両足でまっすぐに立つ姿勢1121、または、背中をまっすぐにして歩く姿勢1171となり、両者ともAC1の改善不要な問題のない姿勢であると判定された。移植機が植付けミスを生じ、それを修正するために中腰で背部を曲げて苗を植付けた時にAC3の早期に改善が必要な作業が見られたが、作業全体からすると発生頻度は非常に少なかった。

4) 作業方法による作業姿勢の比較

上肢に関しては、慣行作業においても両腕とも肩より下となり、軽量のセル成型苗をハンドリングすることから、特に改善する必要はなかった。一方、慣行作業では、腰が痛い、ふともも前部が突張った感じがする、との作業者の自覚症状もあり、下肢の蹲踞姿勢には問題があると考えられた。比較した3方法は、慣行の蹲踞でしゃがむ姿勢と作業台車の座席に座る姿勢、半自動移植機の立位または歩く姿勢と、下肢の姿勢区分が異なっている。OWASでは下肢の姿勢コードが4（両膝を曲げて立つか中腰、蹲踞姿勢を含む）または5（重心をかけている片脚を曲げて立つか中腰）と分類されれば、ACが他より1ずつ大きくなり、早期に改善が必要な作業であるAC3以上に判定されやすくなる。つまり、下肢の姿勢改善を図った作業台車と半自動移植機は、両者共に作業姿勢の改善に有効な手段であったと言える。

以上、レタスの移植作業の作業姿勢をOWASにより評価したところ、慣行作業がAC3の「早期に改善が必要な作業」と判定されたが、作業台車および半自動移植機を利用すると、AC2の「近いうちに改善すべき姿勢」やAC1の「改善不要な問題のない姿勢」が多くなり、作業姿勢の改善効果が高かったと考えられる。

3 表面筋電図による筋負荷

1) 上腕二頭筋および広背筋、脊柱起立筋

上肢の負担を算定するため上腕二頭筋および広背筋を計測した。慣行および作業台車では、セル成型

苗の根鉢に土を押さえる時に筋電図の振幅がやや大きくなり、半自動移植機では機械を移動させるためにハンドルを押す時に筋電図の振幅がやや大きくなったが、3試験区で筋負荷の差はほとんど見られなかった。腰部の負担を算定するため脊柱起立筋の筋電図の計測を試みたが、腰の曲がりと筋の収縮との関係が逆になり、適切な筋電図データが得られず、比較することができなかった。

2) 大腿四頭筋

大腿四頭筋については、作業者が移動するたびに筋電図の振幅が大きくなったが、移動時以外はほとんど筋負荷が見られなかった。3試験区の比較では、蹲踞姿勢の慣行作業で最も筋負荷が大きかった（第10図、第13図）。移植作業の最大筋負荷で比べると、慣行作業が他の2方法の2.5倍となり、周期的に大腿四頭筋に大きな負荷が加わっていたと考えられる（第14図）。

3) 大腿二頭筋

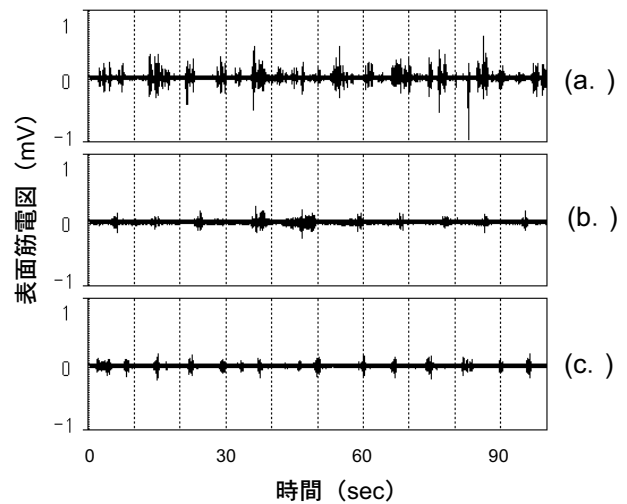
大腿二頭筋については、作業台車で筋電図の振幅が最も小さく、地面を足で蹴って作業台車を移動させる時も、振幅が大きくならなかった。座席に座る姿勢では、大腿二頭筋はほとんど使われないと考えられる。一方、立位姿勢と蹲踞姿勢では、常に筋に負荷がかかっている状態であるが、周期的な強弱は見られなかった（第11図、第13図）。

4) 腓腹筋

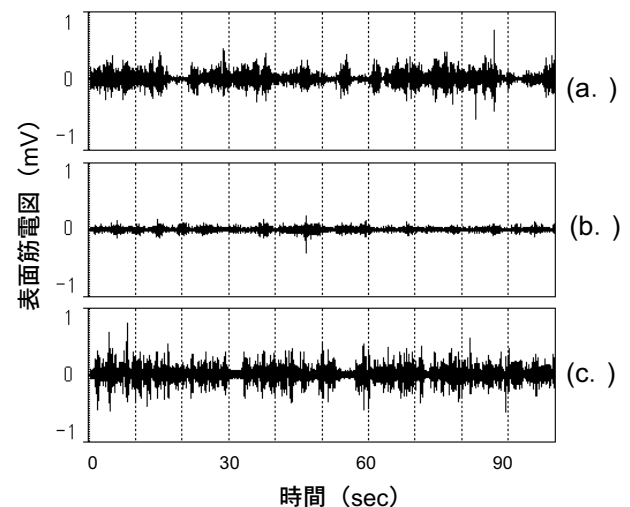
腓腹筋については、作業者が移動するたびに周期的に振幅が大きくなるが、半自動移植機および慣行作業では、移動時以外でも常に筋負荷がかかっていた（第12図）。作業台車では、移動時に足で地面を強く蹴る時以外は休息をとっている状態となり、単位時間当たりの筋負荷で比べると立位姿勢の負荷と同程度であった（第13図）。しかし、最大筋負荷の波形の振幅で比較すると、最大自発筋収縮時と同等の大きな負荷が加わっていた（第14図）。

5) 作業方法による筋負荷の比較

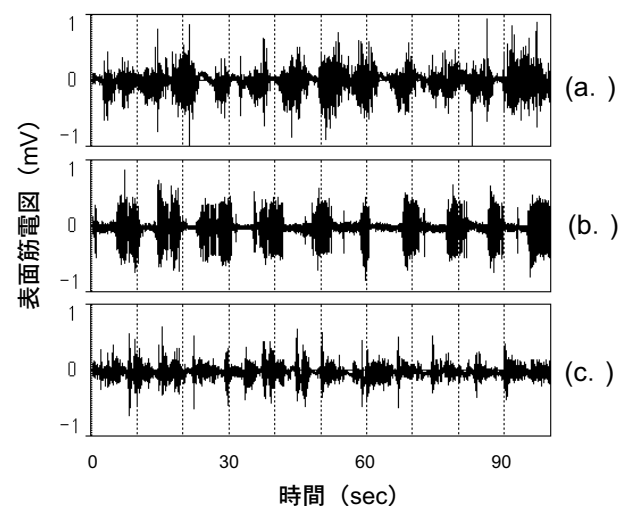
表面筋電図により筋負荷を測定したところ、慣行の蹲踞姿勢に比べて、座席に座る姿勢および立位姿



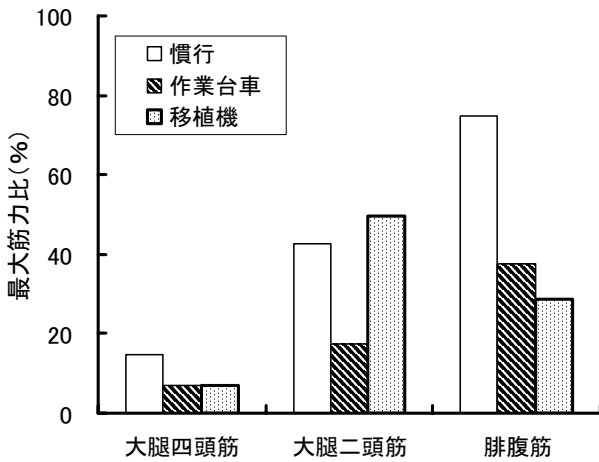
第10図 大腿四頭筋の表面筋電図
(a. 慣行 b. 作業台車 c. 半自動移植機)



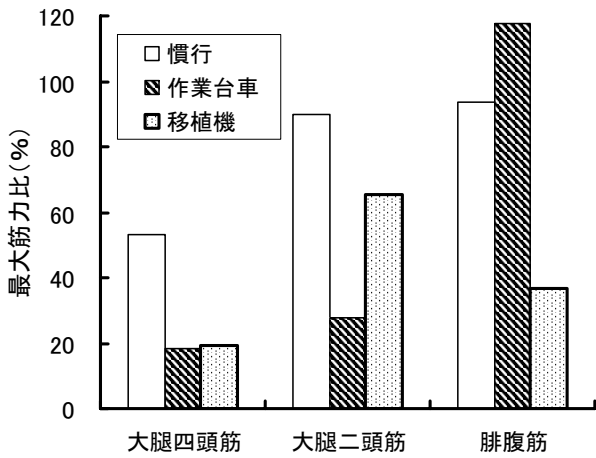
第11図 大腿二頭筋の表面筋電図
(a. 慣行 b. 作業台車 c. 半自動移植機)



第12図 腓腹筋の表面筋電図
(a. 慣行 b. 作業台車 c. 半自動移植機)



第13図 レタス移植時の平均筋負荷



第14図 レタス移植時の最大筋負荷

勢で、下肢部（大腿四頭筋，大腿二頭筋，腓腹筋）の負担が小さくなることが示された。作業台車による移植作業では、座席に座った姿勢となるため、作業台車の移動時を除けば下肢筋が休息している状態となり、下肢筋の負荷を小さくする効果は大きかった。しかし、台車移動時に腓腹筋に大きな負荷がかかるので、圃場の水分が多く土の抵抗が大きくなる雨上がり時の作業はさける必要がある。

IV 摘 要

水稲跡レタス栽培のセル成型苗移植作業の作業姿勢を改善するため、腰掛式作業台車を試作し、OWASによる作業姿勢評価および表面筋電図計測による筋負荷を調査した。その結果、作業台車を用いると、慣行に比べて作業能率がやや劣るものの、作業姿勢は「早期に改善が必要な作業」から「近いうちに改善すべき姿勢」に改善された。また、下肢筋の負荷が非常に小さくなり、下肢筋の疲労を軽減する効果は大きかった。

引用文献

- 1) 石川文武・菊池 豊 2002. 農業労働の計測・評価ガイドー1. 生物系特定産業技術研究推進機構, 26-41.
- 2) 石川文武・菊池 豊 2003. 農業労働の計測・評価ガイドー2. 生物系特定産業技術研究推進機構, 14-34.
- 3) 長崎裕司・猪之奥康治・宮崎昌宏・田中宏明・川嶋浩樹 1998. 野菜作の軽作業化技術の開発：第5報 セル成型苗用簡易移植機の開発. 農業機械学会関西支部報83：5-8.
- 4) Osmo Karhu・Pekka Kansil・Ilkka Kuorinka 1977. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Applied Ergonomics, 8.4:199-201.
- 5) 瀬尾明彦. 人間工学と産業保健のホームページ. <http://www.ergooh.com/>.
- 6) 土屋史紀・岡崎絃一郎・熊倉裕史・尾島一史・石田茂樹・吉田智一・亀井雅浩 1999. セル成型苗用簡易移植機の開発. 第58回農業機械学会年次大会講演要旨 259-260.
- 7) 山浦浩二 2003. レタス用半自動多条移植機. 機械化農業, 2003 (5): 4-7.
- 8) 吉田 良 2002. さつまいも挿苗用電動作業台車の開発. 機械化農業, 2002 (10): 25-27.

Study on labor stress reduction of transplanting work of lettuce shoots using 4 wheel sitting cart

Osamu SUMIKAWA, Masuhiro FUJIKAWA, Takefumi MATSUZAKI,
Masamichi DAIKOKU, Hiroaki TANAKA and Koji INOOKU*

Summary

The winter lettuce is cultivated in plastic tunnel at paddy fields in Kagawa prefecture. The planting ridge is 1800mm in width and the planting pattern is 4 rows in one ridge. We developed the 4 wheel sitting cart to transplant lettuce plug shoots manually corresponding to this planting pattern. To evaluate labor stress reduction using the developed cart, we applied OWAS (Ovako Working Posture Analyzing System) and an electromyography measurement. In the result of OWAS, the working posture of present manual transplanting was classified into AC3 which means "postures need consideration in the near future". While, the working posture using the developed cart was classified into AC2 which means "postures must be considered during the next regular check of working methods" and was improved compare to present work. In the result of an electromyography, the muscle load of lower limbs was significantly reduced.



第2図 開発した腰掛式作業台車



第4図 半自動移植機



第6図 表面筋電図の計測（下肢筋）



第7図 慣行の移植作業



第8図 作業台車による作業



第9図 半自動移植機による作業

〔近中四農研資 3〕
21—37 (2005)

スパイラル杭を利用した園芸施設用基礎施工技術の開発

田中宏明・藤川益弘・松崎健文・
角川 修・大黒正道・猪之奥康治*

Key words: 園芸施設, 基礎, スパイラル杭, 油圧ブレーカ, 水平・垂直耐力

目 次

I 緒 言	21	3 スパイラル杭の垂直耐力試験結果	24
II 試験方法	22	4 スパイラル杭の水平耐力試験結果	26
1 供試したスパイラル杭および埋め込み型基礎	22	5 油圧ブレーカによる施工の有効性と土の挙動	27
2 測定方法	22	6 スパイラル杭のねじりピッチの影響および埋め込み型基礎との比較	29
3 供試圃場の土壌調査	23	IV 摘 要	30
III 結果および考察	23	謝 辞	30
1 供試圃場の土壌調査結果	23	引用文献	31
2 油圧ブレーカによるスパイラル杭の機械施工技術の考案	24		

I 緒 言

四国から九州・沖縄地方に至る西南暖地では、温暖な気候を利用した施設園芸が盛んに行われ、農業生産において重要な位置を占めている。しかし、近年は近隣諸国からの輸入農産物が増加し、価格の低迷が懸念されている。また、平成に入り、大型で非強い台風の被害を受けるようになり、低コストで気象災害に強い園芸施設の開発が望まれている。強度の高い園芸施設を開発するためには、基礎の強化が重要であるが、気象災害に強いハウスでは、質量

100kgを超えるコンクリート基礎が用いられているため、建設機械を必要とし、設置日数も多くなることから、コスト高の一因となっている。

一方、これまで施設栽培が困難とされてきた山間地においては、近畿中国四国農業研究センターが建設足場用資材を利用した平張型傾斜ハウスを開発し¹⁾、小区画・不整形・傾斜地という不利な条件を克服するとともに、夏期の比較的冷涼な気候や、昼夜温度差、湧水等の傾斜地資源を活用した高付加価値生産の展開が期待されている。この平張型傾斜ハウスは、設置コストを低減するため、農家自身による建設を可能としているが、質量約20kgのコンクリート製

(平成16年10月27日受理)

傾斜地基盤部

* 現 生物系特定業技術研究支援センター

基礎を利用しているため、施工時には埋設穴の掘削や基礎体の持ち運び、埋め戻し等、比較的大きな労力を必要とし、建設作業の効率化、軽作業化が望まれている。

ところで、最近熊本県内において開発されたスパイラル杭は、土壌を掘削することなく施工できることから、農家自身で容易に施工することが可能とされ、従来のコンクリート基礎にかわる新たな基礎資材として有望視されている。しかし本スパイラル杭は開発されてから日が浅く、比較的軟弱な黒ボク土圃場におけるハウスへの適用にとどまっておき、四国地域をはじめとする中山間傾斜地土壌への適用性は明らかになっていない。

そこで本研究では、中山間傾斜地域でのハウス建設の軽作業化に資するため、スパイラル杭の基礎資材としての適用性を明らかにすることを目的とし、中山間地域の土壌特性に応じたスパイラル杭の省力的施工方法を開発するとともに、垂直・水平耐力を測定し、その力学特性について検討した。

なお、本研究は先端技術等地域実用化促進事業（農林水産新技術実用化型）として、熊本県農業研究センター（主査）、長崎県総合農林試験場、沖縄県農業試験場との共同研究により平成14～15年度に実施したものである²⁾。

Ⅱ 試験方法

スパイラル杭の施工および垂直（引抜き）・水平耐力試験は近中四農研センター四国研究センター内の平坦圃場および傾斜18°圃場にて行った。

1 供試したスパイラル杭および埋め込み型基礎

本研究で供試したスパイラル杭は、鋼材SS400（厚さ9mm）をらせん状にねじって製作されたものである。平成14年度試験では、幅50mmスパイラル杭、幅75mmスパイラル杭、幅75mmパイプ付スパイラル杭（スパイラル部長さ40cm）の3種類を供試した（写真1）。杭のねじりピッチは、幅75mmスパイラル杭および幅75mmパイプ付スパイラル杭では112.5mm、幅50mmスパイラル杭では75mmである。施工深さはそれぞれの杭について60cm、80cm、100cmの3段階とし、水平および垂

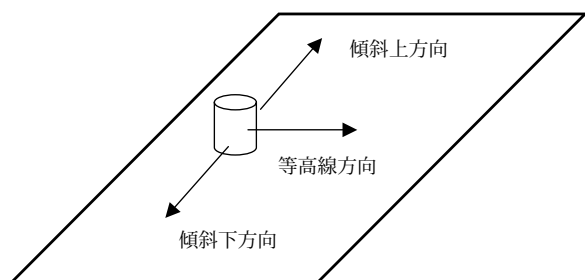
直（引抜き）耐力を測定した。

平成15年度の試験では、スパイラル杭の引抜き特性をさらに詳細に検討するため、ねじりピッチを数段階に変化させたものを供試し、ピッチが引抜き耐力に及ぼす影響を調査した⁴⁾。写真2に示すように、供試した杭は幅75mmスパイラル杭（厚さ9mm）であり、それぞれねじりピッチが異なっている。写真中の杭Aは、平成14年度試験にも使用した標準的なピッチ（112.5mm）であり、製作可能な最小ピッチ（杭の幅（75mm）の1.5倍）である。A→Eになるに従いピッチは大きくなり、それぞれ168.75mm（杭B、最小ピッチの1.5倍）、337.5mm（杭C、最小ピッチの3倍）、600.0mm（杭D、180度ねじり）である。また、杭Eはピッチなしの平板である。それぞれの杭の施工深さは一定の60cmとし、平坦地圃場での垂直耐力のみを測定した。また、写真3に示すように、比較対象として、コンクリート製および鉄板製の埋め込み型基礎2種類を供試した。コンクリート基礎⁵⁾は、質量32.6kg、ベース部直径28.3cm、厚み9.2cm、立ち上がり部直径14.5cm、高さ56.0cm（いずれも6本の平均値）、パイプ部は直径42.7mmである。鉄板基礎は質量6.2kg、ベース部は一辺30cm、厚み6mm、パイプ部は直径42.7mm、高さ109cmである。埋め込み型基礎は平坦地圃場に深さ65cmに埋設し、埋設の1ヶ月後に垂直（引抜き）および水平耐力試験を実施した。

2 測定方法

施工した杭を速度1mm/minで変位15mmまで牽引し、垂直（引抜き）および水平方向について変位と荷重を測定した。なお、水平方向では、地表面より高さ10cmのところを牽引した。牽引は容量2kNのチェンブロックにより行い、反力装置として油圧ショベルを利用した。変位はダイヤルゲージ（NEC三栄製：9E08-DIA-30、容量30mm）、荷重はロードセル（NEC三栄製：9E01-L4-20kN、容量20kN）によりそれぞれ計測し、デジタルオシログラフ（NEC三栄製：オムニエースRT3608）に記録した。垂直耐力試験では、引抜き時に杭が回転するため、これを防止する金具を取り付け、油圧ショベルの先端で固定した。試験風景および測定装置を写真4に示す。

また、傾斜圃場での水平耐力試験では、傾斜方向に対して水平に牽引することが困難であるため、傾斜上方向、傾斜下方向および等高線方向の計3方向にそれぞれ牽引した（第1図、写真5）。



第1図 傾斜圃場での水平耐力牽引方向

サウンディング試験が多く使われているが、本研究では傾斜地圃場が対象に含まれているため、試験の安全性を考慮し、簡易動的コーン貫入試験を実施した（平成14年度実施、写真6）。また、平成15年度には平坦地圃場においてSR-2型コーン貫入試験を行った。

Ⅲ 結果および考察

1 供試圃場の土壌調査結果

簡易動的コーン貫入試験による試験結果を第1表に示す。平坦地圃場では、深さ40cm以上でNd値（簡易動的コーン貫入試験による貫入抵抗値）が20前後の大きな値を示した。傾斜地圃場では、耕作が行われていないことから、表層部においても大きな硬度を示した。また、平成15年度に実施したSR-2型コーン貫入試験は、供試圃場の硬度が高かったため、

3 供試圃場の土壌調査

小規模建築物の地盤特性調査にはスウェーデン式

第1表 簡易動的コーン貫入試験結果

(a) 平坦地圃場のNd値

深さ(cm)	試験1	試験2	試験3	試験4	試験5	試験6	平均Nd値
10	0	0	0	1	1	0	0.33
20	2	2	2	4	3	2	2.50
30	6	6	5	6	8	6	6.17
40	10	7	7	10	7	16	9.50
50	23	12	30	15	12	29	20.17
60	28	21	28	16	17	15	20.83
70	16	13	25	14	13	11	15.33
80	15	15	17	17	15	17	16.00
90	11	17	25	24	23	20	20.00
100	13	22	測定不能	測定不能	測定不能	28	21.00
深さ60cmから80cmまでの平均Nd値:							17.39

(b) 傾斜18° 圃場のNd値

深さ(cm)	試験1	試験2	試験3	試験4	試験5	試験6	平均Nd値
10	8	8	10	12	16	12	11.00
20	9	9	9	11	10	8	9.33
30	15	18	15	10	8	13	13.17
40	19	22	12	13	6	15	14.50
50	18	22	14	10	7	13	14.00
60	22	26	13	18	9	28	19.33
70	17	22	12	28	17	30	21.00
80	測定不能	12	8	19	24	測定不能	15.75
90	測定不能	15	9	26	37	測定不能	21.75
100	測定不能	測定不能	11	21	30	測定不能	20.67
深さ60cmから80cmまでの平均Nd値:							18.69

傾斜地、平坦地における60から80cmの平均Nd値: 18.04
 N=0.66Ndとして換算した換算N値: 11.91
 打撃回数が30回を超えるものは測定不能とした。

第2表 SR-2型コーン貫入試験結果

深さ(cm)	試験1	試験2	試験3	試験4	試験5	試験6	平均値
5	0.588	0.980	1.078	0.294	0.392	0.588	0.653
10	0.392	0.588	0.588	0.392	0.196	0.588	0.457
15	0.833	0.882	0.686	0.588	0.490	1.078	0.760
20	0.882	1.078	1.568	1.372	0.588	1.372	1.143
25	0.931	1.078	1.176	1.470	0.588	1.666	1.152
30	1.225	3.402	1.568	1.078	0.294	2.058	1.604
35	3.626		4.410	0.686	2.205	3.430	2.871
40				2.842			2.842

単位は[MPa]

コーン（頂角 30° ，底面積 2 cm^2 ）を容量980Nのコイルバネを有する荷重計に取り付けて行った。結果を第2表に示す。表層部より深さ30~40cmで大きな抵抗を示し、固く締まった層があることがわかる。一般に中山間傾斜地域では作土が浅いといわれているが、供試圃場においても作土以深は高硬度な地盤であることがわかった。供試圃場の表土は褐色森林土であり、平坦地圃場で採取した試料の土性はSCL（砂質埴壤土）であった。

2 油圧ブレーカによるスパイラル杭の機械施工技術の考案

試験開始当初、スパイラル杭の施工方法として示されていた手作業による杭のねじ込みを試みたが、圃場が硬く、ねじ込み施工が困難であった。そこで、本研究では、油圧ブレーカを利用してスパイラル杭を機械的に施工する方法を開発した³⁾。本方法は、供試圃場のような中山間傾斜地域にみられる固く締まった圃場においても1本あたり十数秒で施工でき、埋設穴の掘削、埋め戻しが必要なコンクリート基礎に比べて省力的であった。油圧ショベルは1tクラスの小型なものでも利用でき、傾斜地での施工も可能であった。ただし、岩盤や石礫の多い場所では本方法を用いても打ち込むことが不可能であるため、使用は適さないと判断された。なお、油圧ブレーカは、通常のバケットに比べて質量が大きいため、特に傾斜地での操作では、転倒等に留意する必要がある。油圧ブレーカを用いた施工手順を写真7~11に示す。

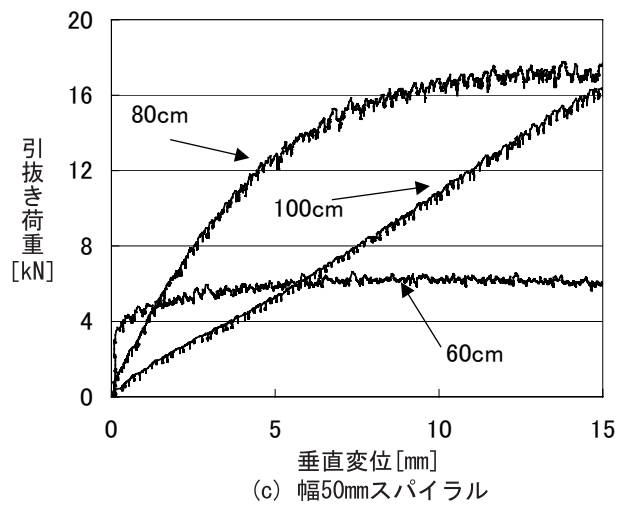
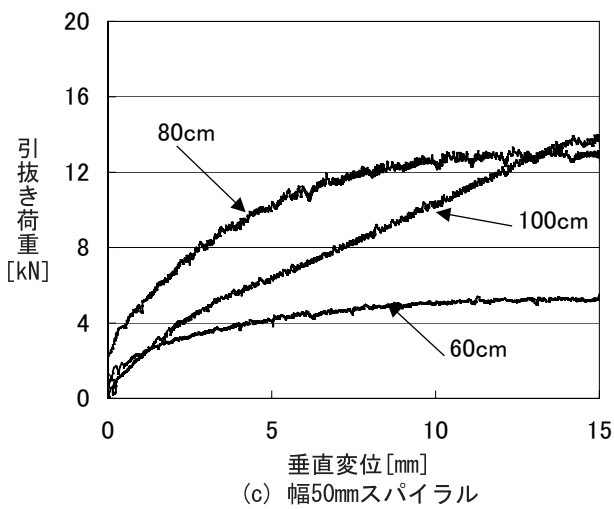
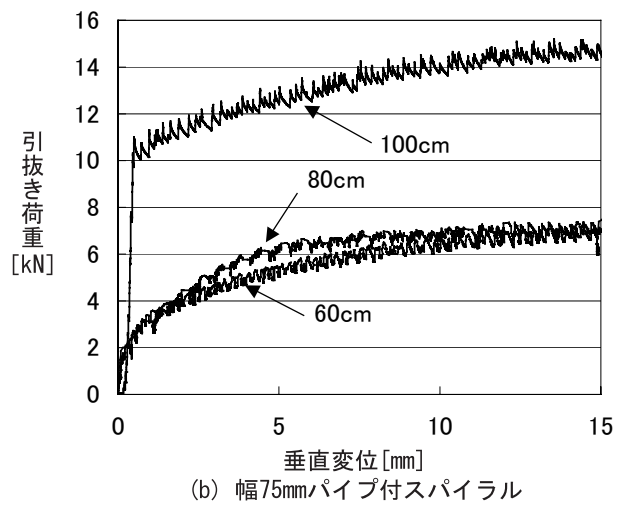
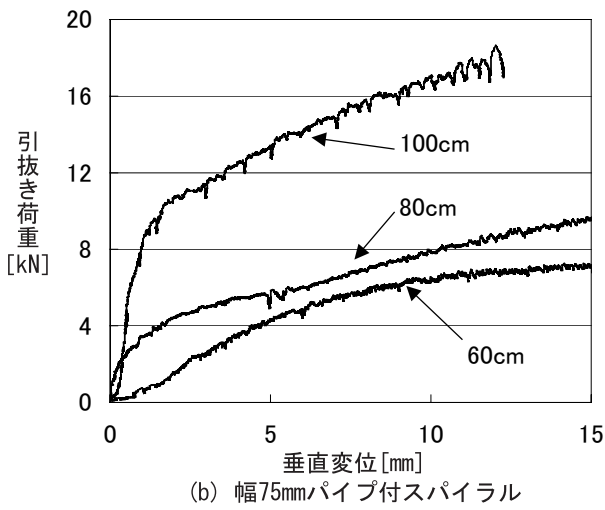
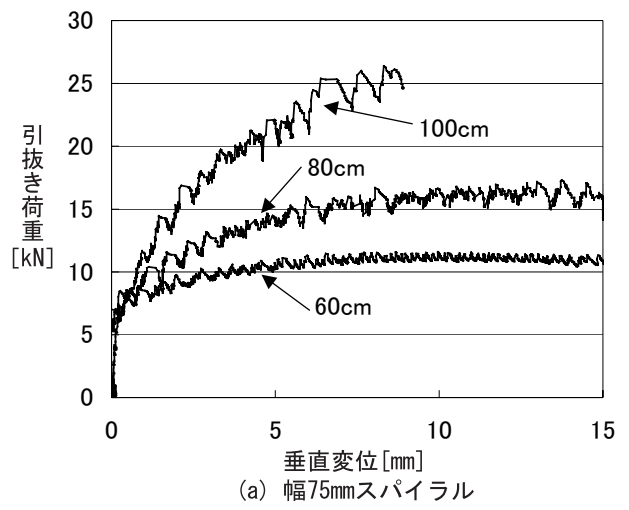
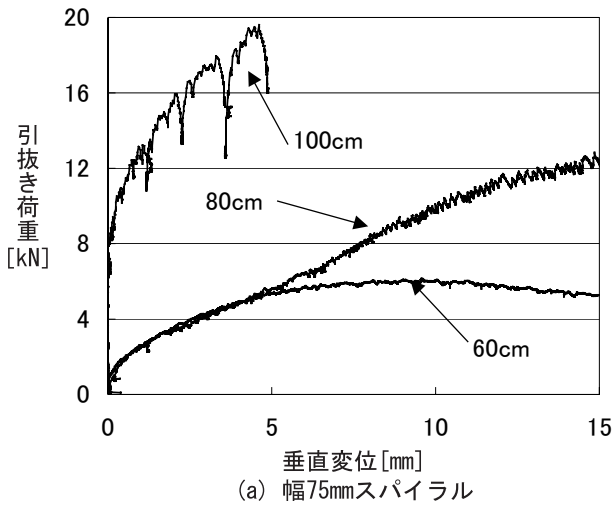
3 スパイラル杭の垂直耐力試験結果

平成14年度に実施した平坦圃場での試験結果を第

2図に、傾斜圃場での試験結果を第3図に示す。垂直耐力については、施工深さが深くなるほど耐力が大きくなる傾向が、供試した3種類の杭すべてについて見られた。特に幅75mmスパイラルと、幅75mmパイプ付スパイラル杭では、施工深さ100cmにおいて変位15mmに至る前に20kN近くの大きな値を示したため、その時点で測定を中止した。傾斜地の場合においても同様の傾向が見られ、傾斜角度による耐力の低下などの影響は確認されなかった。供試圃場のNd値が大きな値を示す固い圃場であったため、土壌の硬度が大きな耐力を発揮する要因であると思われる。以上により、高硬度な圃場では、油圧ブレーカを用いることによって、スパイラル杭を良好に施工することが可能であり、乱さない土のせん断強度を利用するというこの杭の特徴が生かされていることを示している。

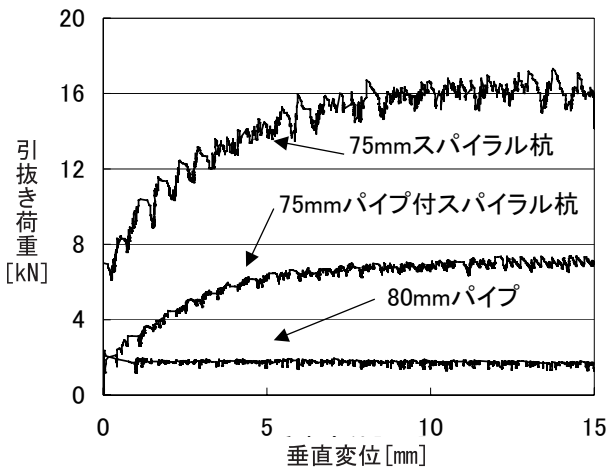
なお、幅50mmスパイラル杭の施工深さ100cmについてのみ、変位と引抜き荷重の関係が、ほぼ直線的であり、平坦圃場および傾斜圃場双方においてこの傾向が見られるが、この原因については不明である。また、変位15mmの時点で施工深さ80cmの場合と比較すると、同等かやや小さい引抜き荷重を示しているが、施工深さ100cmは直線的に荷重が増加していることから、最終的には深さ100cmのほうが大きな耐力を示すと思われる。また、グラフにおいて牽引途中で荷重値が上下変動しているものがあるが、これは、杭の引抜きを手動チェンブロックを用いて行っているため、引抜き荷重が大きくなるに伴ってチェンブロックを引く労力も大きなものとなり、完全に連続的な载荷にはならなかったためである。

スパイラル杭の耐力の大きさを確認するため、比



第2図 平坦地圃場での垂直耐力試験結果

第3図 傾斜圃場での垂直耐力試験結果

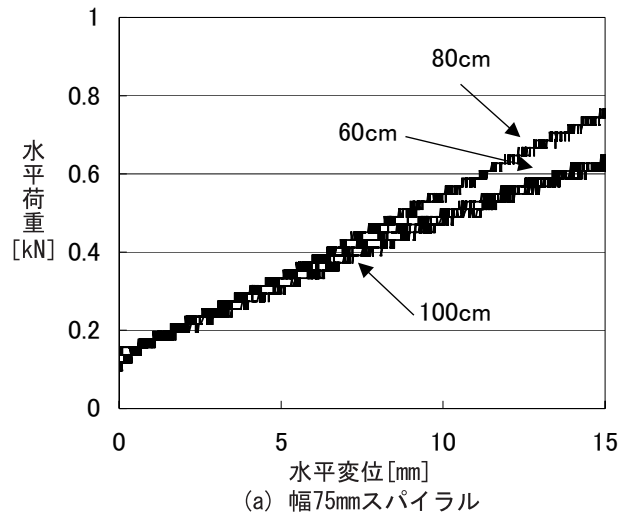


第4図 各種杭の垂直耐力の比較 (傾斜圃場, 施工深さ80cmでの結果)

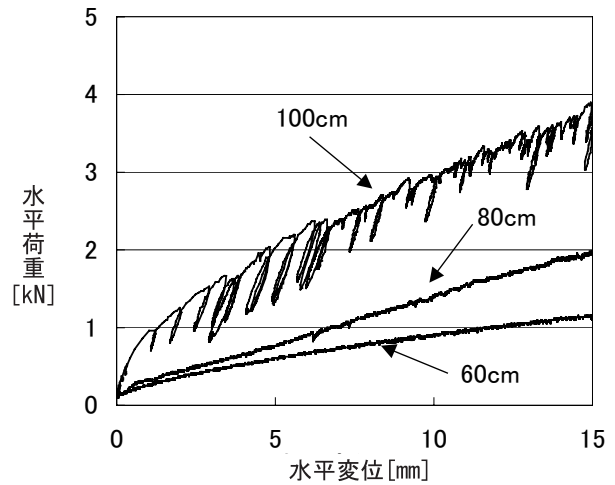
較対象として直径80mmのパイプを80cmの深さに打ち込み、引抜き抵抗を測定したところ、約2kNと小さく、同じ施工深さの幅75mmスパイラル杭では約8.5倍 (17kN)、幅75mmパイプつきスパイラル杭では約3.5倍 (7kN) の耐力が得られていることから、スパイラル杭の有用性 (引抜き耐力の大きさ) が明確に現れる結果となった (第4図)。

4 スパイラル杭の水平耐力試験結果

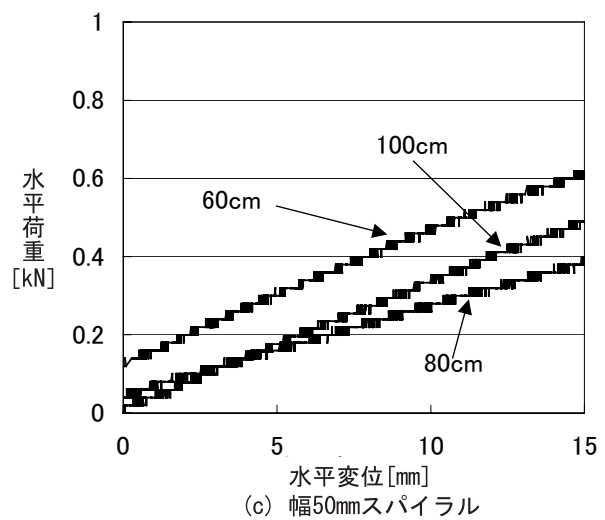
水平耐力については、平坦圃場では、幅75mmスパイラルと幅50mmスパイラルではいずれも1kN未満の低い耐力となった (第5図 (a), (c))。また、施工深さによる耐力の差異があまりなく、明確な傾向が現れていないため、垂直耐力のように施工深さによって耐力を増加させる方法をとることができない。これは、水平方向に力を作用させた場合、土中の杭には曲げモーメントが作用するが、スパイラルが平鋼をねじって製作されているため、スパイラル自体の曲げ強度が小さく、杭が容易に曲がってしまうためである。予備試験として、水平荷重が5kN程度になるまで力を加えた場合、土中で杭が曲がっていることを確認している。この場合杭が折れ曲がった場所は深さ40cm付近であり、硬度が変化する下層土と表土との境界部周辺に曲げ応力が集中したと考えられる (写真12)。一方パイプ付スパイラル杭では、施工深さが深くなるほど大きな耐力を示す傾向が現れている (第5図 (b))。これは、平鋼に



(a) 幅75mmスパイラル



(b) 幅75mmパイプ付スパイラル



(c) 幅50mmスパイラル

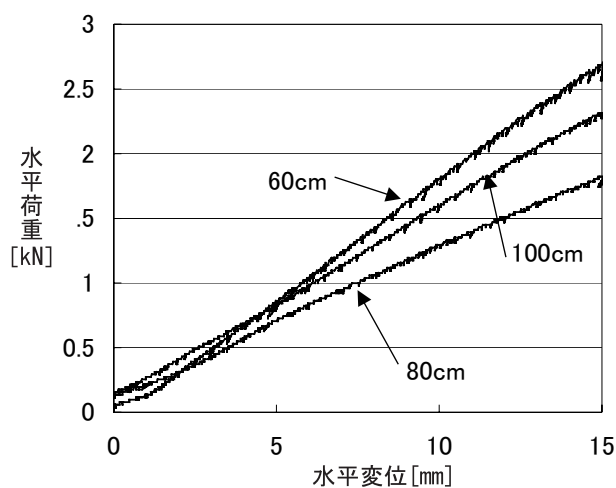
第5図 平坦地圃場での水平耐力試験結果

比べて曲げ強度が高いパイプ部が有効に作用していることを示しており、水平耐力についてはパイプ付スパイラル杭が安定した耐力を発揮でき、有利であるといえる。

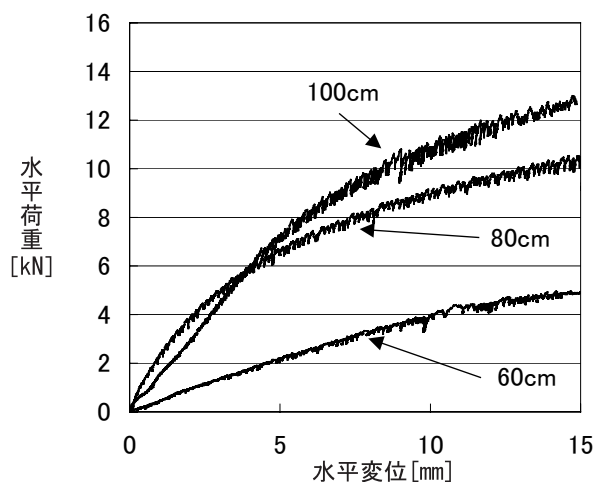
傾斜地では、幅75mmスパイラルと幅50mmスパイラルでは、1.5～4 kNと平坦地より大きな耐力を示したものの、平坦地と同様、施工深さとの関連に明確な傾向が現れず、不安定であることを示している。平坦地より耐力が大きかったことについては、供試圃場が耕作されておらず、表層においても土壌硬度が高かったためと思われる。しかし実際の圃場でのハウス建設の場合、表層土が乱されないということは考えにくいので、たとえこのような大きな耐力が発揮されたとしても、スパイラルのみで構成された杭での水平方向耐力は期待できないと思われる。使用するには筋交いなどを施し、杭に大きな曲げモーメントが作用しないよう留意する必要があると思われる。一方、パイプ付スパイラルでは、平坦地と同様、施工が深くなるに伴い、大きな水平耐力を示す傾向が明確に現れており、また耐力の値もスパイラルのみの場合より大きな耐力を発揮し、その有利性を示した結果となった。なお、牽引方向（傾斜上、傾斜下、等高線方向）による顕著な差は見られなかった。第6図～第8図に試験結果を示す。

5 油圧ブレーカによる施工の有効性と土の挙動

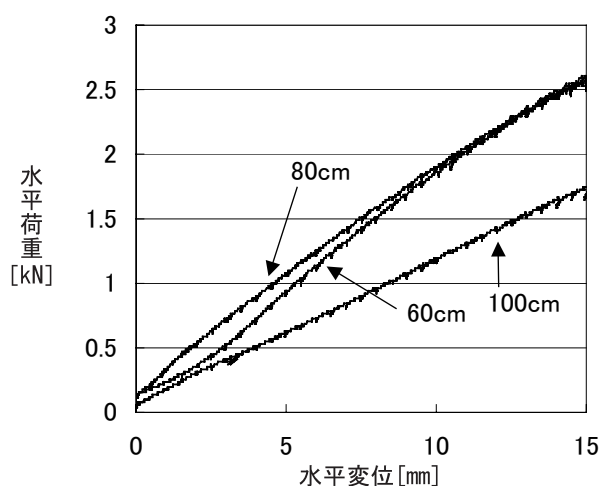
油圧ブレーカによる施工の有効性を明らかにするため、人力による施工とブレーカを利用した施工について、平坦地圃場の垂直耐力について比較した(第9図)。人力によるねじ込みで施工を行った場合、杭が貫入せずその場で回転し、土壌が円筒状に破壊されてしまい、引抜き耐力が低下する場合があった(写真13(a))。しかし、油圧ブレーカによる打ち込みでは杭のねじりピッチと同一のピッチで回転しながら土壌に打ち込まれていくため、施工時に土壌を破壊することがない。このため、杭を10～20cm程度引抜いたときには、周辺の土も抱え込んで土壌が盛り上がる現象が見られた(写真13(b))。このような土壌の挙動から見ても、油圧ブレーカを利用した施工では、土壌のせん断強度を有効に利用した大きな耐力が得られていることが明らかになった。



(a) 幅75mmスパイラル

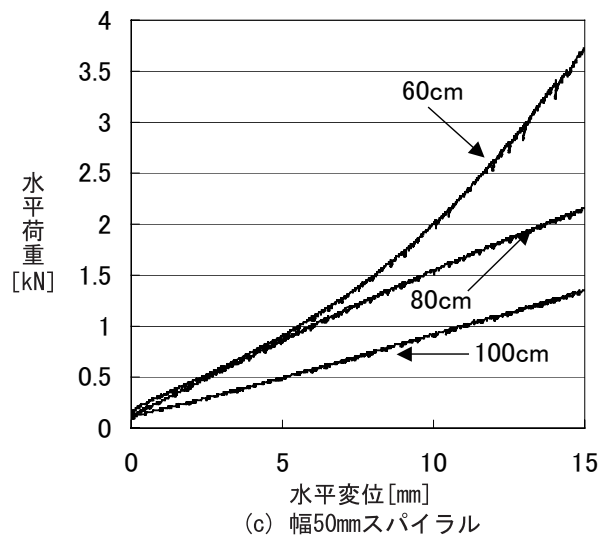
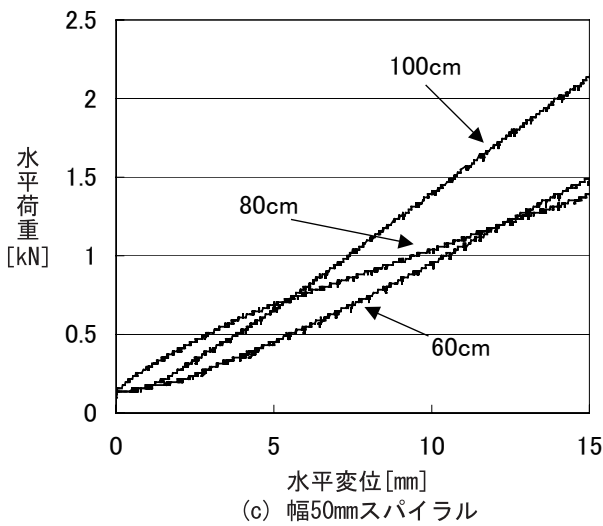
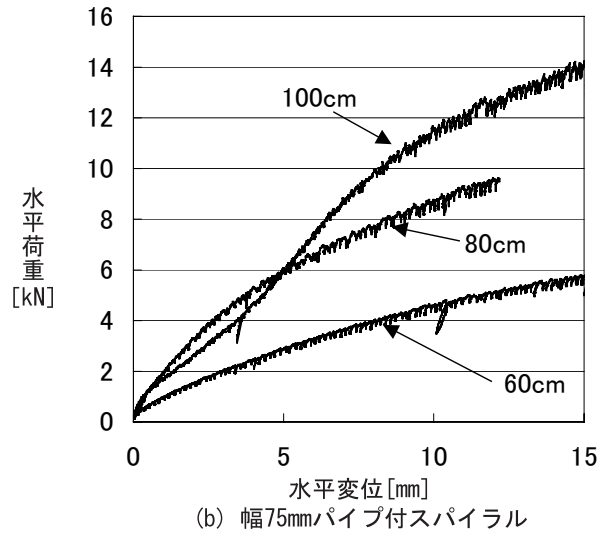
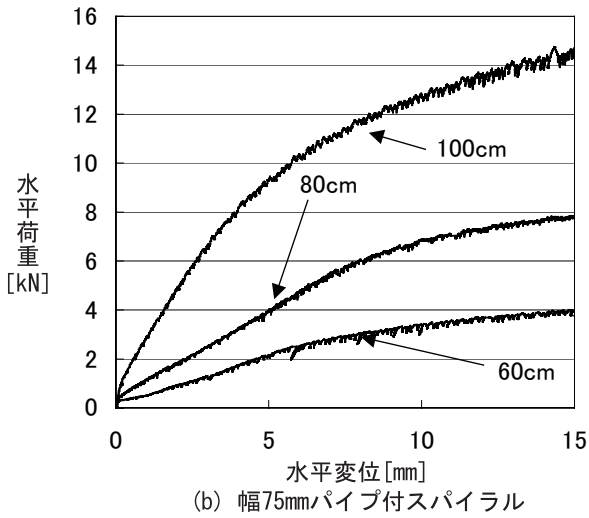
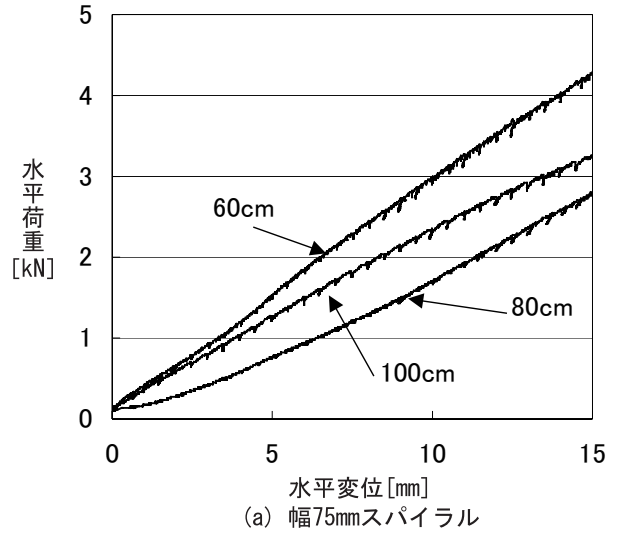
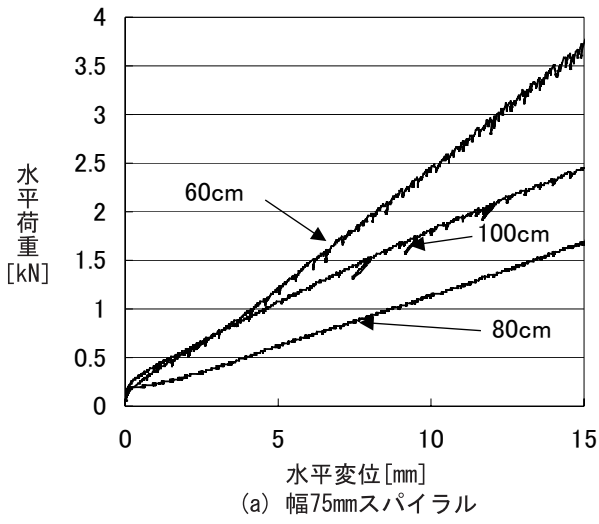


(b) 幅75mmパイプ付スパイラル



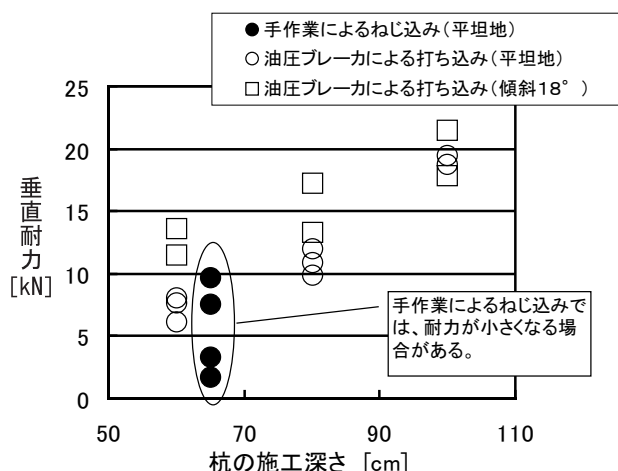
(c) 幅50mmスパイラル

第6図 傾斜圃場での水平耐力試験結果
(等高線方向に牽引)

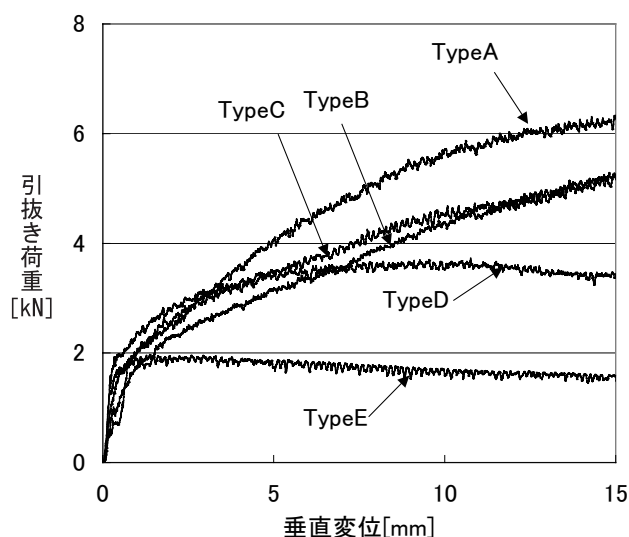


第7図 傾斜圃場での水平耐力試験結果 (傾斜下方向に牽引)

第8図 傾斜圃場での水平耐力試験結果 (傾斜上方向に牽引)



第9図 施工方法による垂直耐力の比較
(幅75mmスパイラル杭での結果)



第10図 ピッチの異なるスパイラル杭の垂直耐力
(幅75mm, 施工深さ60cm)

6 スパイラル杭のねじりピッチの影響および埋め込み型基礎との比較

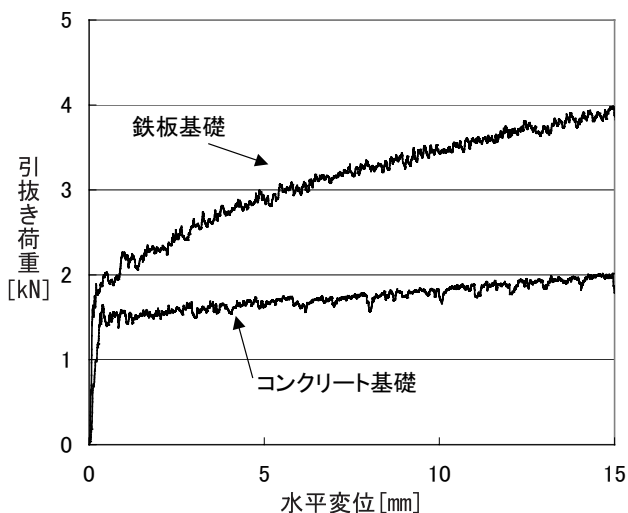
前述のように、平成14年度の試験では、スパイラル杭は施工時に土壌を破壊せずに施工を行えば、土壌が持つせん断強度を有効に利用した大きな耐力が得られることが明らかとなった。ここでは、平成15年度に実施した、ねじりピッチの影響および比較対象として行った埋め込み型基礎の試験結果について述べる。

第10図にピッチの異なるスパイラル杭の垂直（引抜き）耐力試験結果を示す。標準的なピッチであるタイプAが最も大きく6.3kNを示した。これは平成14年度の試験結果とほぼ同じ値である。ピッチが大きくなるにつれ垂直耐力は低下し、タイプBとCが5.2kN、タイプDでは3.6kN、タイプEの平板では1.9kNであった。また、タイプAからDでは、引抜きに伴い抵抗力が増加しているのに対して、Eでは引抜き開始直後に最大値を記録した後は次第に減少している。これは、AからDのスパイラル杭は、引抜き抵抗が主に土壌のせん断抵抗に起因するのに対し、タイプEの平板では、引抜き抵抗が主に鋼板表面と土壌の接触面における摩擦に起因することをよく示している。

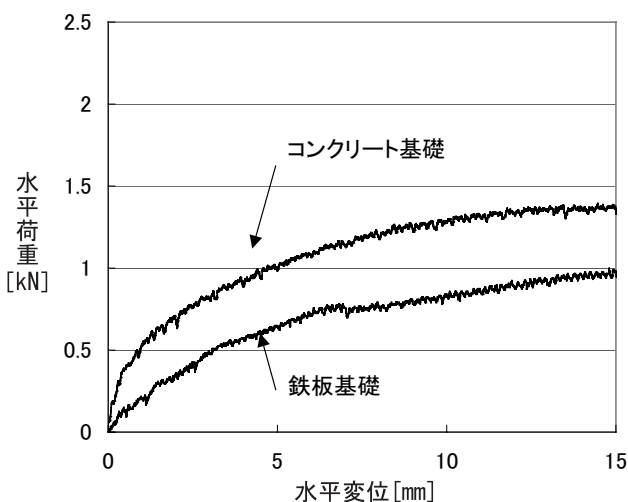
試験に供試した杭の中では、ピッチの最も小さい杭が最も大きな耐力を発揮した。これ以上ピッチを小さくした場合の耐力については不明であるが、ねじりを多くすれば圃場面に対する角度が水平に近づ

くため、打ち込みがスムーズに行えなくなる危険性もあることから、タイプAの仕様はほぼ妥当であると思われる。

一方、比較対象として供試した埋め込み型基礎の垂直（引抜き）および水平耐力を第11図、第12図に、約10cm程度垂直に引抜いたときの土壌の様子を写真14に示す。垂直耐力ではコンクリート基礎は約2.0kN、鉄板基礎では約4.0kNであり、鉄板基礎のほうが大きな耐力を示した。これは、ベース部の底面積が、コンクリート基礎では平均630cm²に対し鉄板基礎では900cm²と大きかったためと思われる。しかし、スパイラル杭と比較すると、鉄板基礎ではピッチの大きいタイプD、コンクリート基礎では平板のタイプEと同程度であり、スパイラル杭の中でも低い値に相当する結果であった。埋設時に土壌を掘削し、強度が低下したためであるが、本研究で供試した圃場においては、乱さない土壌の強度を利用したスパイラル杭のほうが大きな耐力を発揮し、有利であることが示されている。なお、埋設型基礎の耐力を向上させる方法として、埋め戻し土にセメント系固着剤を配合し、周辺土壌を補強する方法が提案されている⁶⁾。水平耐力では、鉄板基礎では1.0kN、コンクリート基礎では1.4kNであり、立ち上がり部の直径が大きいコンクリート基礎のほうが大きな耐力を示した。スパイラル杭との比較では、14年度に



第11図 埋め込み型基礎の垂直耐力



第12図 埋め込み型基礎の水平耐力

実施した幅75mmスパイラル杭の施工深さ60cmおよび80cmでの結果とほぼ同程度であった。

Ⅳ 摘 要

ハウス用基礎の新たな資材として、スパイラル杭に着目し、その施工方法および耐力を検討した結果、以下の知見を得た。

- 1 スパイラル杭は、乱さない土壌の強度を利用することによって耐力を発揮する特性を有するが、

今回の試験のように高い硬度を持つ圃場の場合、これまで提案されていた人力によるねじ込み施工では、施工時に土壌が破壊され、期待する耐力が得られない場合がある。このような場合には、油圧ブレーカを利用した打ち込みを行うことで、土壌を破壊せずに施工することができ、スパイラル杭が本来持っている土壌のせん断強度を有効に利用した大きな垂直耐力を発揮させることが可能である。

- 2 埋め込み型基礎の垂直耐力が2～4kNであったのに対し、スパイラル杭は埋設深さ60cmにおいても4kN以上の耐力を有していた。また、圃場の硬度が高いため、埋設深さを80～100cmにとることで、10～20kNと非常に大きな耐力を発揮させることができた。機械施工を行う場合、打ち込む杭の全長が異なるだけであるので、施工の労力や能率はほとんど変わらないまま耐力を大幅に増加させることが可能であり、掘削穴の必要な埋め込み型基礎比べて省力的である。

- 3 水平耐力については、杭自体の曲げ強度が大きいパイプ付スパイラル杭が安定した耐力を発揮できた。このため、杭の種類としては、パイプ付スパイラル杭が適しており、また、施工時には土壌を破壊しないような施工方法をとることが重要である。

- 4 以上のことから、本研究で取り上げたスパイラル杭は、石礫や岩盤の多い圃場を除き、油圧ブレーカを用いた施工を行うことによって、中山間傾斜地域においても園芸施設用基礎資材として有効に活用しうると期待できる。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、熊本県農業研究センター、長崎県総合農林試験場、沖縄県農業試験場の各位には、試験方法および結果について貴重なご意見を賜った。また、平成15年度実施分の試験では、当時島根大学4回生 那須圭央氏（現：旭有機材工業株式会社）に卒業研究としてご協力いただいた。記して謝意を表します。

引用文献

- 1) 近畿中国四国農業研究センター 2002. 平張型傾斜ハウス施工マニュアル.
- 2) 熊本県農業研究センター編 2004. 野菜生産費低減に寄与する気象災害に強い低コスト園芸施設の開発. 九州地域重要新技術研究成果No. 49.
- 3) 田中宏明・猪之奥康治・角川 修 2003. 油圧ブレーカを利用した園芸施設用杭の施工技術の開発. 第62回農業機械学会年次大会講演要旨. 7-8.
- 4) 那須圭央 2004. 園芸施設基礎用スパイラル杭の力学特性と効果. 島根大学卒業論文.
- 5) 長崎裕司ら 2003. 平張型傾斜ハウス用低コスト基礎の考案. 近中四農研資 2 : 1-5.
- 6) 日本施設園芸協会 2001. 低コスト耐候性鉄骨ハウス施工マニュアル ー風対策ー.

Application of a screw type pile for the foundation of greenhouse

Hiroaki TANAKA, Masuhiro FUJIKAWA, Takefumi MATSUZAKI, Osamu SUMIKAWA,
Masamichi DAIKOKU and Koji INOOKU*

Summary

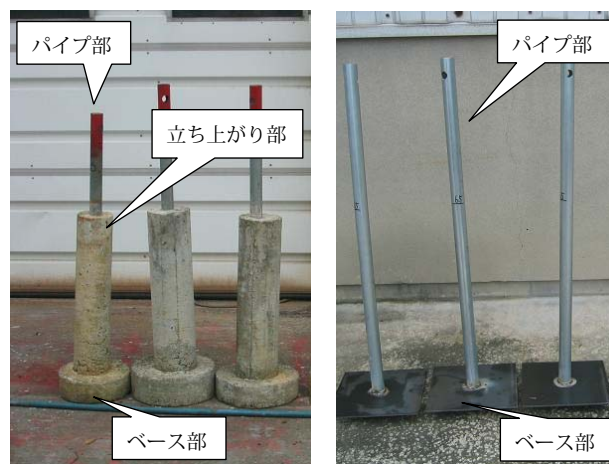
In order to reduce the labor for construction of the foundation of the greenhouse, applicability of a screw type pile was examined. As the soil of the test field was compacted and hard, we have developed a piling method of this pile using a small size hydraulic breaker. By method, the piles were installed promptly into the ground. The pull out test and the lateral load test were carried out to examine the vertical and lateral resistance properties. The pull out resistance of this pile was greater than that of the conventional foundation. As the results, this screw type pile and the developed piling method could be accepted as the new material and method for greenhouse construction.



写真1 供試したスパイラル杭



写真2 ピッチの異なるスパイラル杭



(a) コンクリート基礎

(b) 鉄板基礎

写真3 埋め込み型基礎



(a) 引抜き試験風景 (平坦圃場)



(b) チェンブロックの取り付け



(c) 測定装置の取り付け状況 (垂直方向)



(d) 測定装置の取り付け状況 (水平方向)



(e) 回転止め金具の固定状況

(f) 測定装置の取り付け状況
(傾斜圃場, 傾斜上方向に牽引)

写真4 試験風景および測定装置



(a) 垂直耐力試験風景



(b) 水平耐力試験風景
(傾斜圃場、傾斜上方向に牽引)

写真5 傾斜圃場での試験風景



写真6 簡易動的コーン貫入試験



写真7 油圧ブレイカ



写真8 打ち込み用金具



写真9 傾斜18° 圃場での施工



(a) ハンマーで軽く打つ



(b) 打ち込み用金具をかぶせる



(c) ブレーカ先端をあわせる



(d) 打ち込む

写真10 油圧ブレーカを用いた施工方法

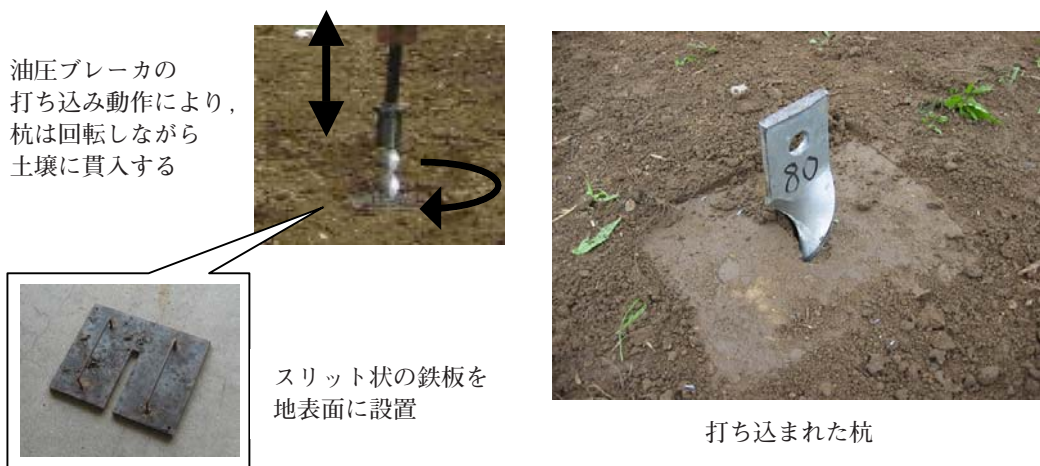


写真11 杭の打ち込みメカニズム



写真12 幅75mmスパイラル杭に約5 kNの水平荷重を作用させたときの杭の変形状況（施工深さ100cm）



(a) ねじ込んだ場合の土の挙動

(b) 油圧ブレーカを用いた場合の土の挙動

写真13 施工方法による引抜き時の土の挙動の相違



(a) コンクリート基礎

(b) 鉄板基礎

写真14 埋め込み型基礎の引抜き時の土の挙動