２．２．３　太陽光/風力発電の電気農耕機への利活用計画検討結果

諫早湾干拓地における循環型次世代農業も長期的な展望に立つとき、農業用動力においても電力に頼らざるを得なくなる。

太陽光発電設備で得た電気エネルギーを農耕機の電動駆動源として電動農耕機化を実現するため諫早干拓地にて必要となる農耕機のシミュレーションを行った。

１）シミュレーション結果

	予想メリット	調査結果	今後の課題	実用化可能性
草刈機	･農業従事者の軽労化 ･事業のクリーン化 （CO2 の排出量ゼロ） ･低騒音、低振動 ･ランニングコストの削減 ･メンテナンスの最小化	･刈取り部のモータ容量：3kw が適当 ･走行部のモータ容量：1kw が適当 ･刈幅 800mm、走行速度 1.5km/h、一文字形状刈刃ステーが効率的 ･諫早干拓地では、10 台導入が適当	･走行モータにインホイールモータ搭載による草排出効率の向上 ･刈取り性能の改良による消費電力削減 ･リチウム電池のコスト低減 ･電池重量削減	◎
運搬車	同上	･走行部のモータ容量：0.5kw が適当 ･諫早干拓地では、91 台導入が適当	･リチウム電池のコスト低減 ･電池重量削減	◎
動噴	同上	･電動動力源のモータ容量：1.5KW が適当 ･タンク容量 600 ﾘｯﾄﾙ、走行速度 1.8km/h が適当	同上	◎
収穫車	同上	･走行部は上記運搬車を流用可能 ･収穫部は専門メーカーとの協力が必要	同上	△

以下にシミュレーション結果の詳細について報告する。

２）　電動草刈機

四輪草刈機の内燃機関を電動駆動として、二次蓄電池を駆動源として搭載した草刈機を電動草刈機と呼ぶことにし、諫早湾の中央干拓地区における雑草（表１参照）の実態調査。電動草刈機の構造、性能検討、及び諫早干拓における導入検討について報告する。

２）－１．諫早干拓地草刈面積実態調査結果

	種類	分布面積(ha)
中央干拓	ヨシ	15
	セイタカアワダチソウ	26
	雑草（道路側面）	21
	計	62

表１．中央干拓の草刈面積

写１．諫早干拓地上空写真

写２．諫早干拓地電動草刈機試験風景

写３．諫早干拓地電動草刈機試験風景

２）－２．電動草刈機の構造、性能検討

（１）測定要領

（ｉ)消費電力測定用車両

草刈機の電動化に伴い、刈り取り部のモータ駆動、及び消費電力について調査、検討した。

ベース車両として、型式 CM220（(株）筑水キャニコム製）を使用した。

（添付資料１；CM220 仕様書）

ベース車両（CM220）の刈取り部分をプロペラシャフト駆動から電動モータ駆動に改造した。プロペラシャフト駆動､及び電動モータ駆動構造についての動力伝達機構図を図１.～図３.に示す。図１と図２、図３の動力伝達機構図の大きな相違点はギアボックスとプロペラシャフトに代わり、バッテリとモータ（写４の白丸部：駆動モータ）を付加したものが図２である。

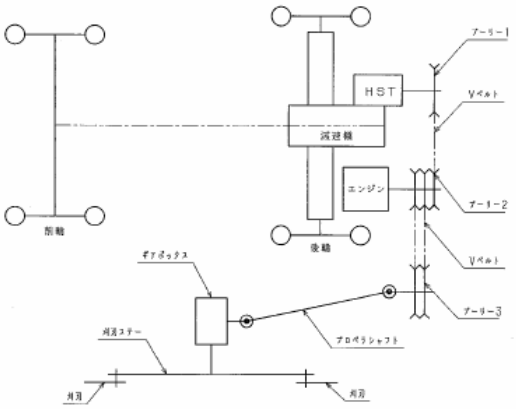


図１．ベース車両（CM220）動力伝達図

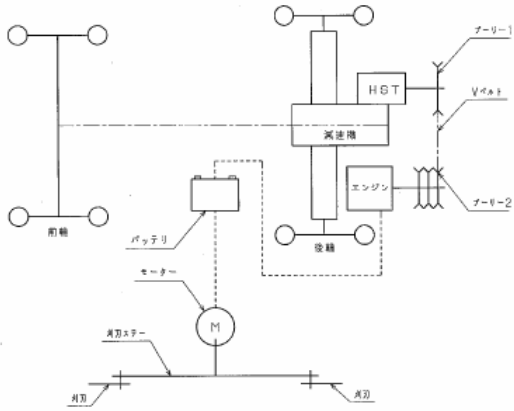


図２．テスト車両（写真 4）動力伝達機構図

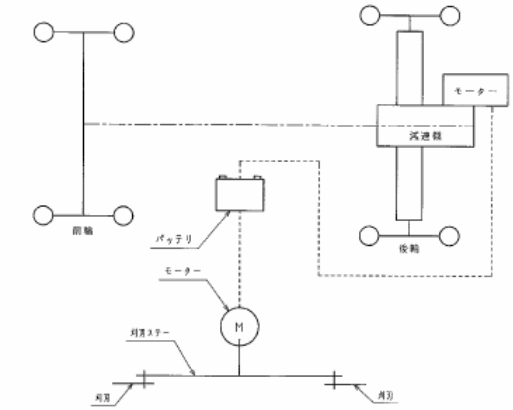


図３．完成時電動草刈機動力伝達機構図

写４．テスト車両

図３は、完全電動化する場合の動力伝達機構予想図である。

なお､図３においては走行部にインホイールモータを使用すれば､減速機を省略することが出来、機械効率のアップ、草の排出効率の向上が見込まれる。

（ⅱ）．測定内容

図２の動力伝達機構図のテスト車両により、表３.に示す１）モータ～９）走行（HST）圧力の９点についてのデータの計測を行う。下表は、各項目の単位及び計測箇所を示す。

	項目		単位	箇所
1	モータ	電流	A	1
2	バッテリ	＊電流	A	1
3		＊電圧	V	1
4	走行速度		km/h	1
5	エンジン回転数		rpm	1
6	モータ(刈刃)回転数		rpm	1
7	＊雰囲気温度(外気温)		℃	1
8	＊モータ巻線温度		℃	3
9	走行(HST)圧力	圧力	kg/cm2	1

＊印は測定監視用項目

表２．測定項目表

（２）．刈取り部（ステー）形状

刈取り部の消費電力は刈幅、刈刃ステー形状によって大きく左右される。従って、消費電力を軽減するために、３種類の刈幅として１０００mm、９００mm、８００mm についての各々の実験を行った。図４に刈幅と刈刃ステー形状を示す。

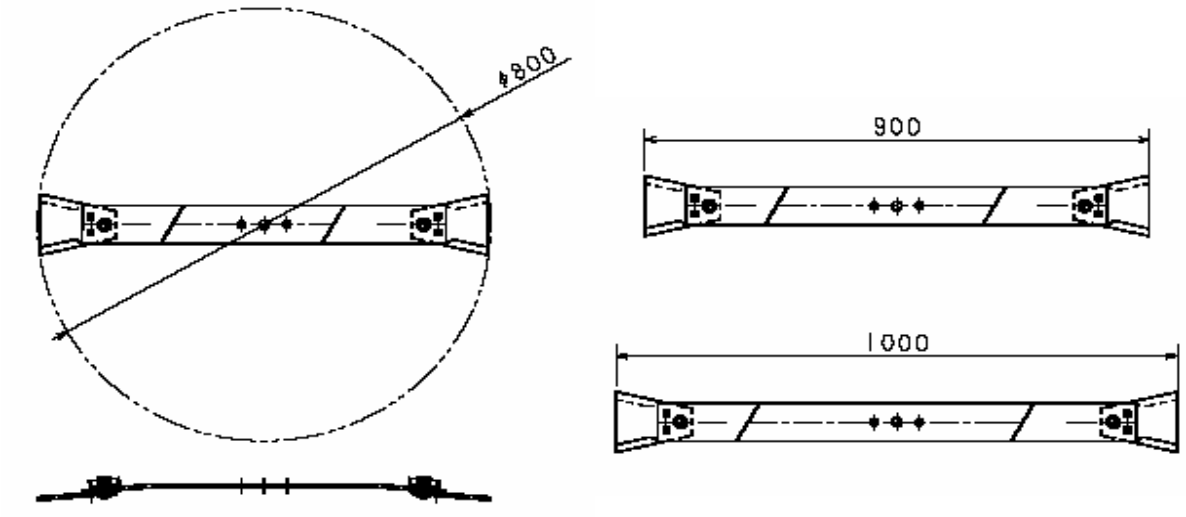
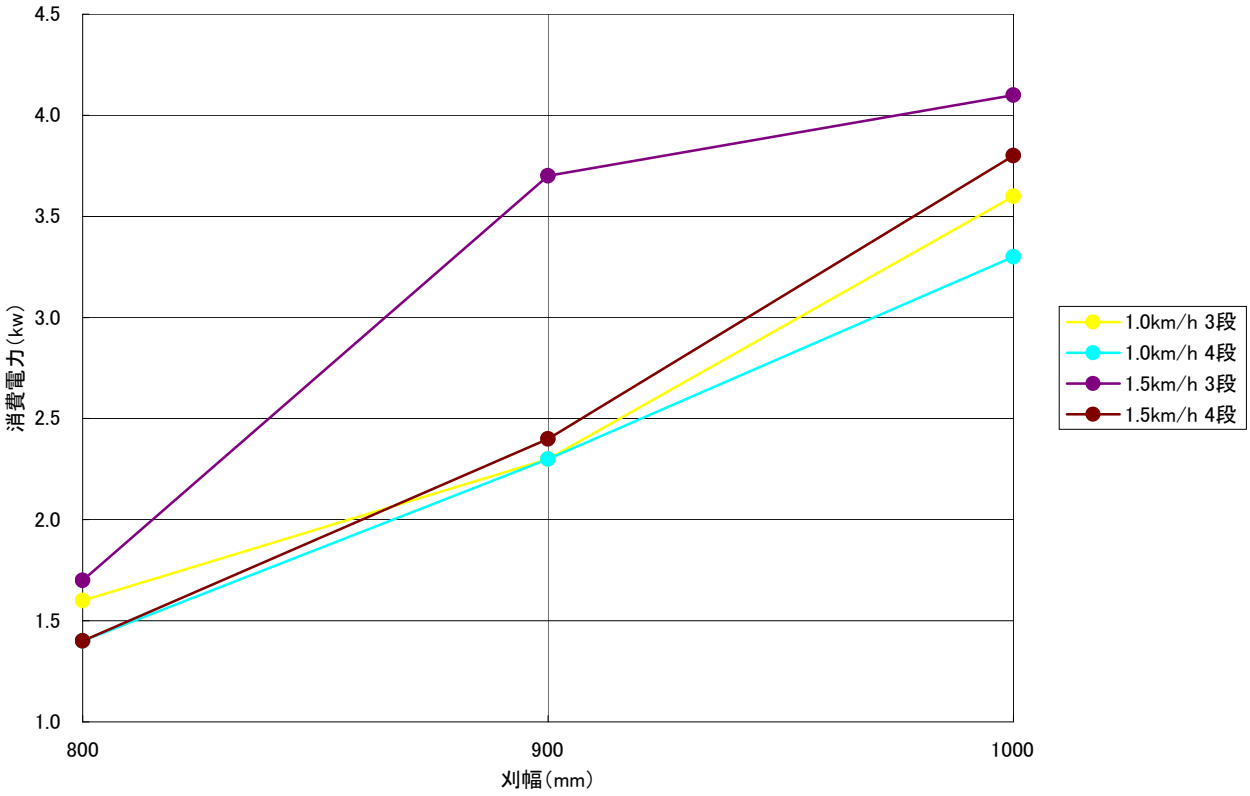


図４．刈刃ステー形状（１０００mm、９００mm、８００mm）



グラフ１．刈幅毎の消費電力特性

（３）改良型刈刃ステー

（ｉ）円形ステー

従来の刈刃ステーは一文字のバー形状であったため、刈り取り後の草を更に粉砕することにより刈り取り部の負荷になっていると考えられ、円形ステーにすることで負荷軽減の影響をもたらすかの実験を行った。図 5 に円形ステー形状を示す。

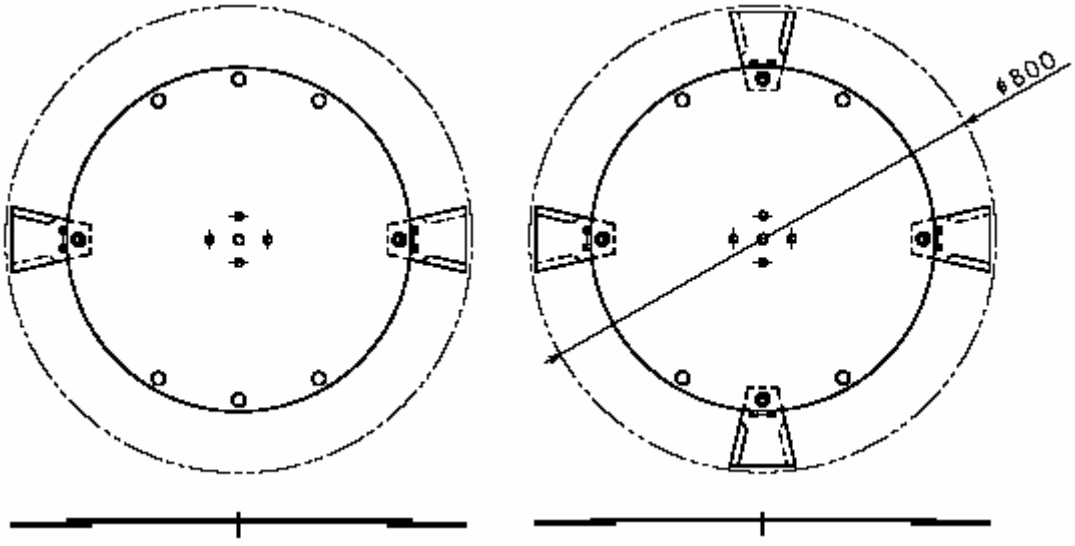
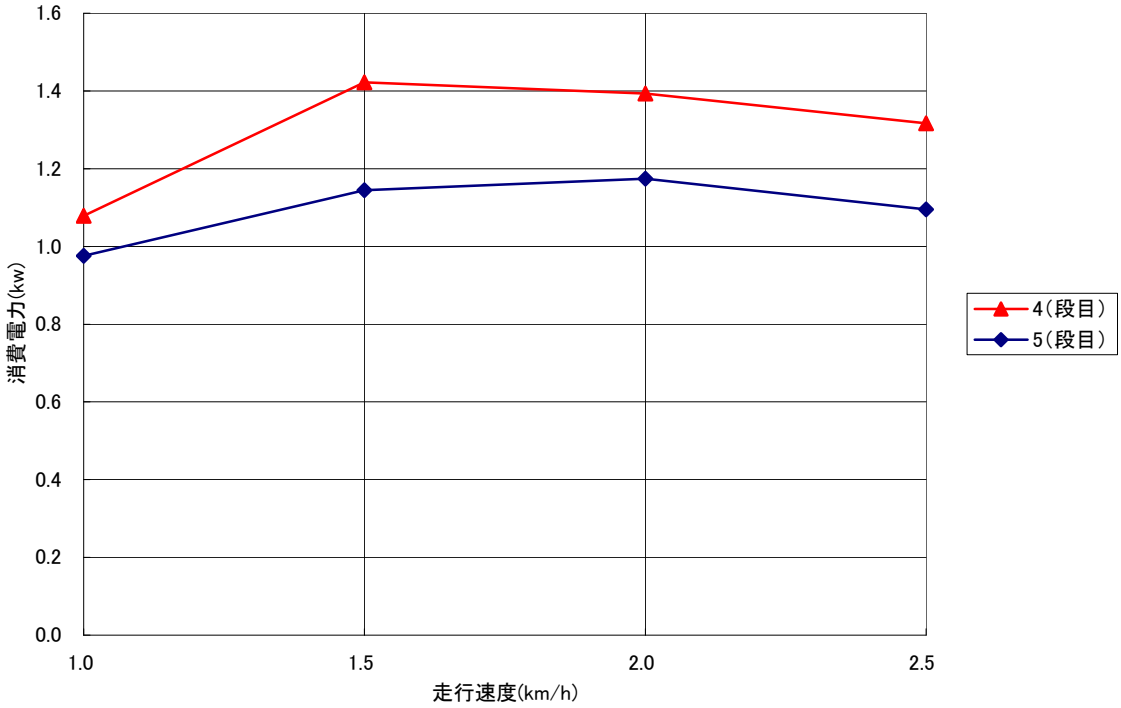
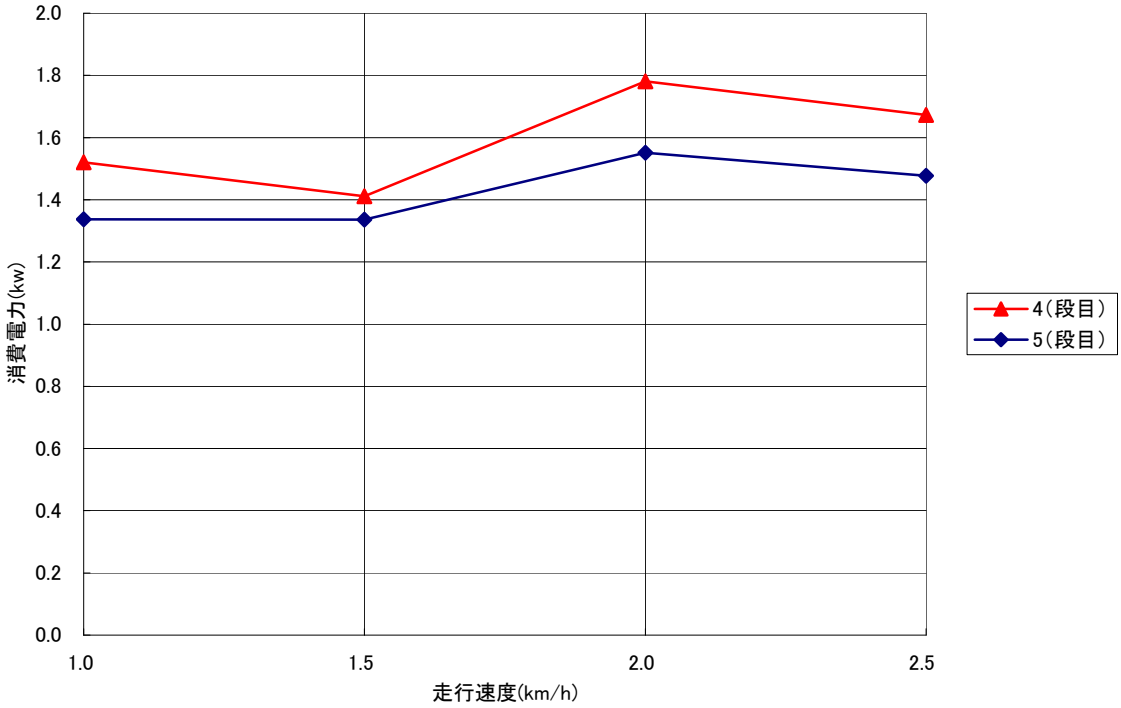


図５．円形ステー（左：刈刃を２枚装着　　右：刈刃を４枚装着）



グラフ２．円形ステー２枚刃の消費電力特性



グラフ３．円形ステー４枚刃の消費電力特性

（ⅱ）十字型ステー

刈刃ステーを一文字のバー形状から十字形状に変えた場合、消費電力がどのように変化するかを試験する。

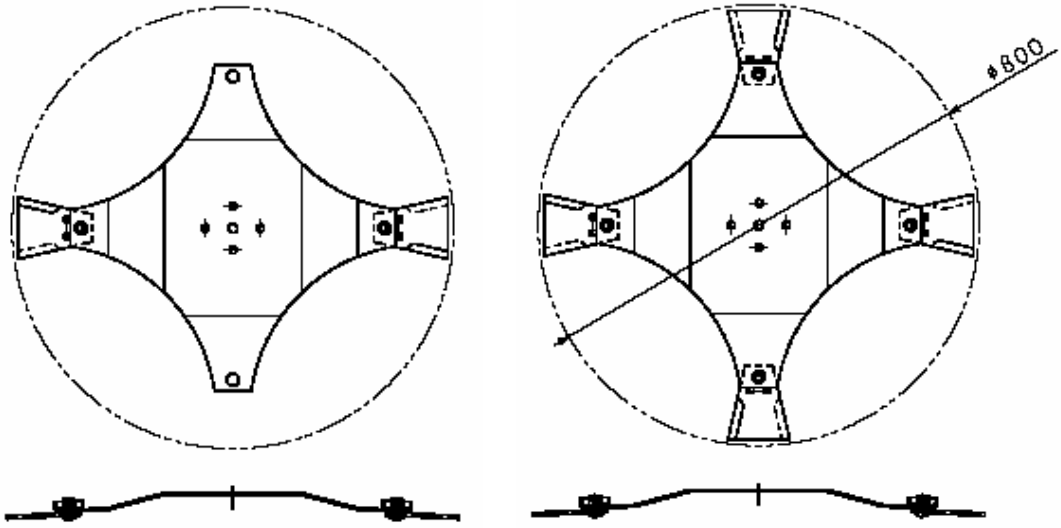
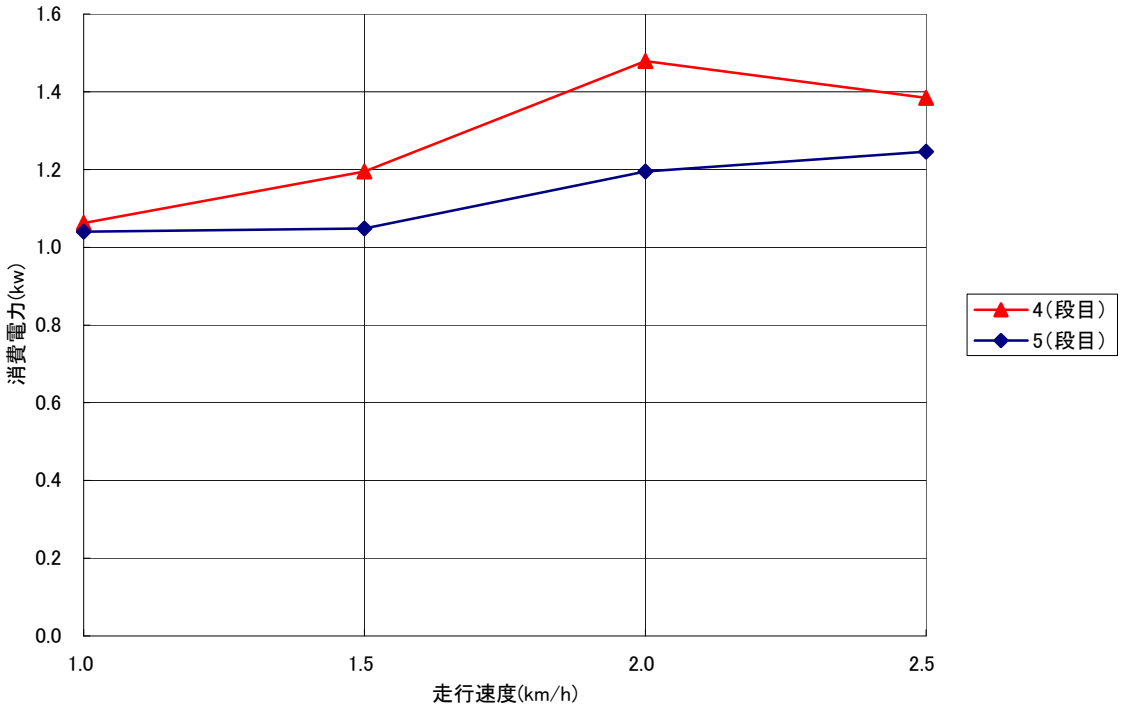
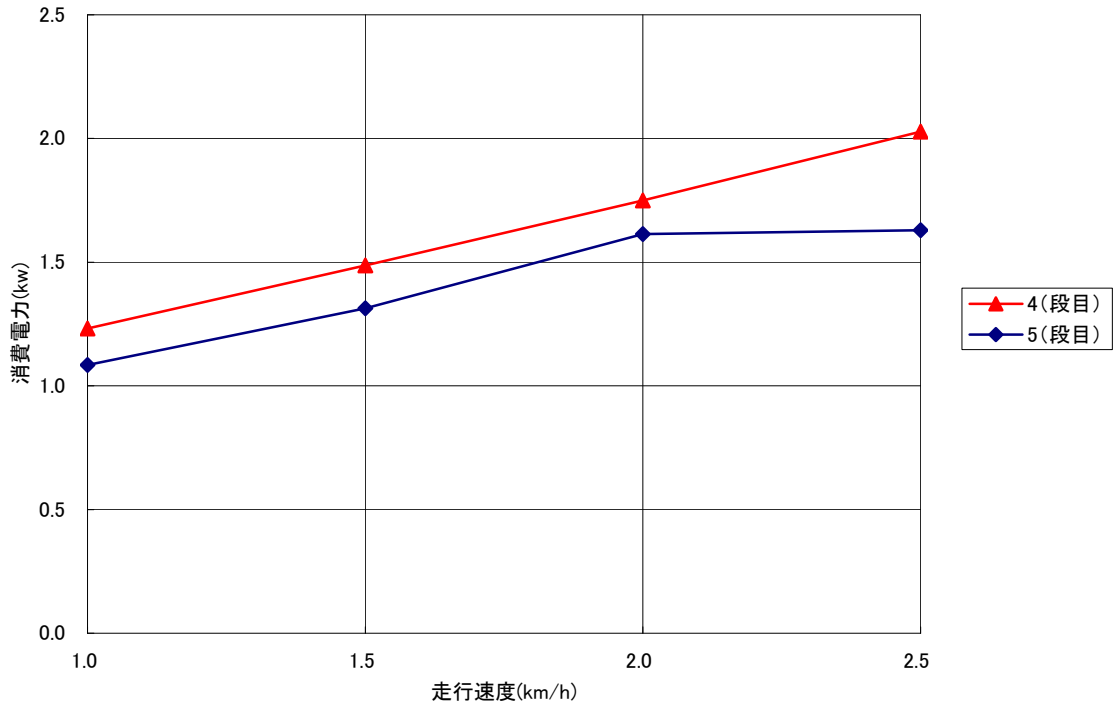


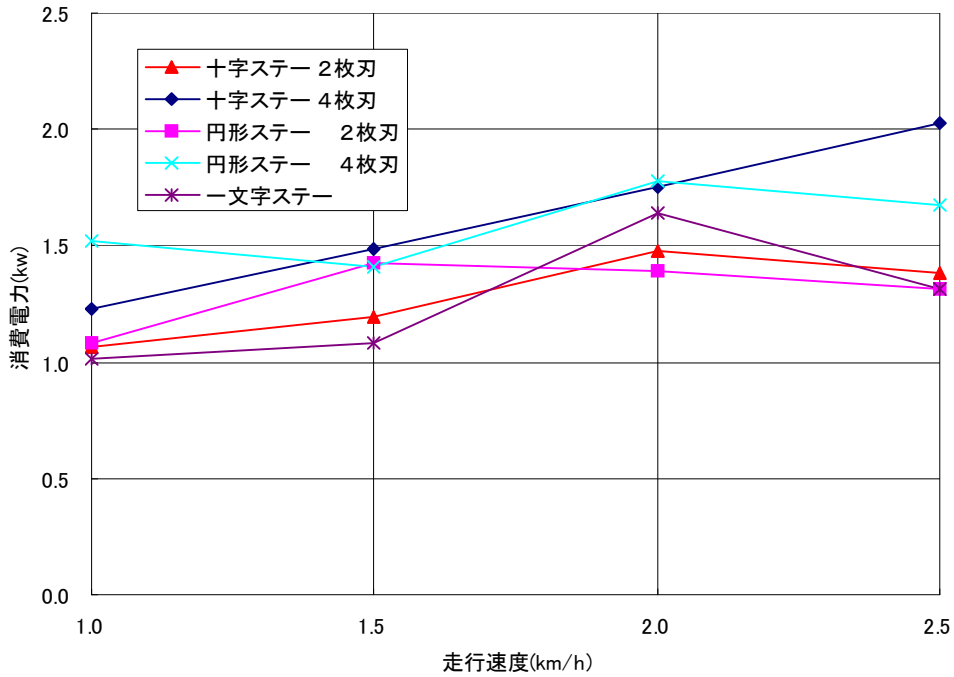
図６．十字ステー（左：刈刃を２枚装着　　右：刈刃を４枚装着）



グラフ４．十字ステー２枚刃の消費電力特性



グラフ５．十字ステー４枚刃の消費電力特性



グラフ６．ステー形状違い比較データ

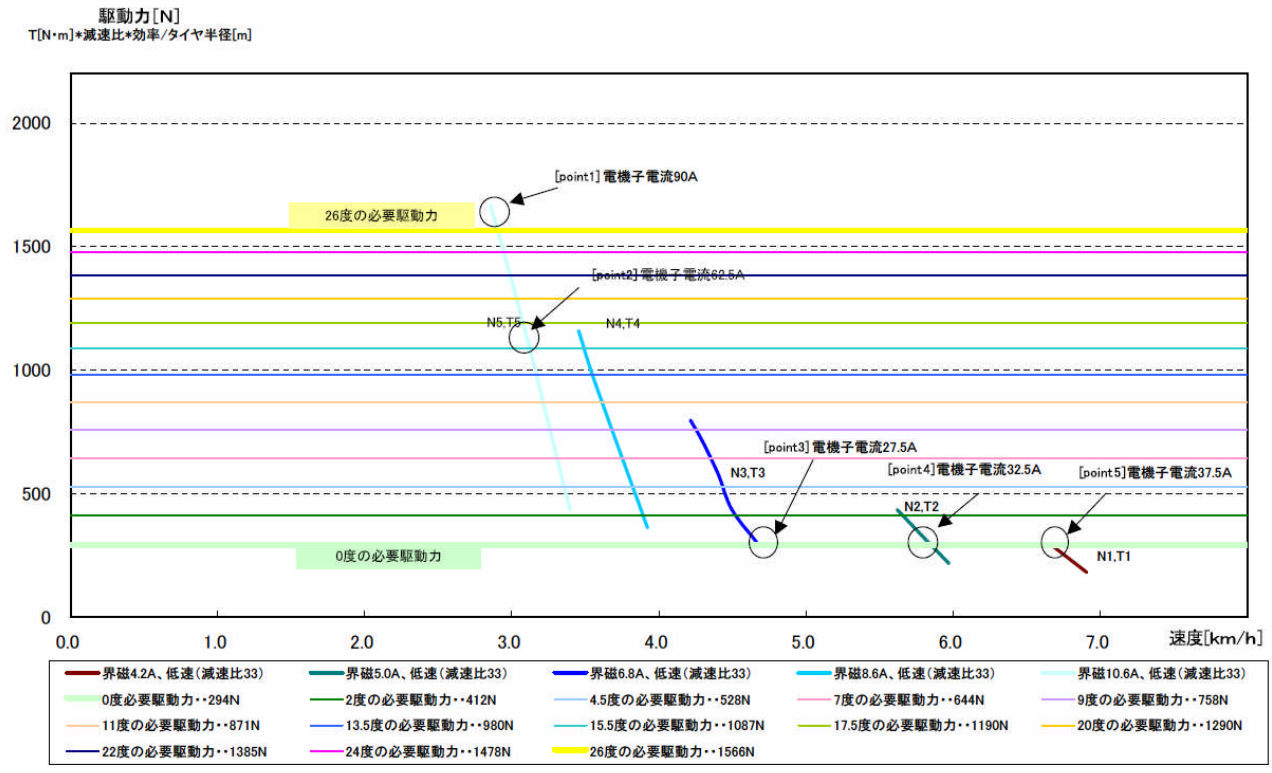
（ｉ）、(ⅱ)のグラフの検討・考察

・測定結果より刈り取り部モータは３kw 程度が適当である。
・１文字形状の場合、刈幅が小さいほど消費電力が少ない。
・ステー形状の違いによる消費電力は、十字、円形大差ない。
・改良型ステーと一文字ステーを比較すると、一文字ステーの方が消費電力が少ない。
・　改良型ステーによる消費電力効果はなし。
ステー自重増加の影響が考えられるのでステーの軽量化の検討が必要である。
・　刈刃枚数による消費電力軽減効果はなし。
重量増加による影響が大きいと思われる。ただし、データには表れないが、刈跡のきれいさが要求される場合は、４枚も有効と思われる。

２）－３．草刈機の走行部の電動化

電動草刈機用走行部のモータは、平地走行、傾斜地走行を同一駆動源で行う必要があるため、今回は分巻モータによる検討を行った。

所要動力シミュレーション



グラフ７．車両重量 300kg（リチウム電池搭載）の動力検討図

所要動力シミュレーションの検討・考察

前述のシミュレーションよりグラフ７のＴ３のポイントでは２７．５Ａ＋６．５＝３４Ａの電流が必要となるため、走行部の駆動源には 1kw 程度のモータが必要である。

搭載する電池（リチウム電池、鉛電池）によって車両重量に 200kg 程度の違いが生じる。

又、鉛バッテリの場合、搭載スペースの問題により作業可能時間最大 2 時間程度である。

リチウム電池にすることで消費電力を約２５％少なくすることが可能である。又、登坂性能も約４０％程向上させることが可能である。

よってリチウム電池搭載を含めた車両全体の軽量化の検討が必要である。

２）－４．電池サイズ

リチウムイオン電池は三菱重工製 1.4kwh 級モジュール電池にて検討を行った。

仕様：公称 15.6Ｖ、定格容量 88Ah、重量 13kg

1.4kwh モジュールを２並列 31.2Ｖを１セットとした。

刈取り部、及び走行部のシミュレーション結果により、刈取り部のモータ容量は３．０kw、走行部のモータ容量は１．０kw、計４．０kw となる。

4 時間走行可能な電池容量及びリチウムイオン電池の数量を算出したものを表 3 に示す。

表 3 よりモータ容量４．０kw の場合に必要なリチウム電池数は 9 セットである。

モータ(KW)	走行容量(wh)	リチウム電池(Ah)	４時間走行(Ah)	電池保護容量(＊２)	ﾓｰﾀｰ消費電力量(w)	セット数	重　さ(kg)
0.5	350	11	45	90	2800	1	23
1	700	22	90	179	5600	2	47
1.2	840	27	108	215	6720	3	69
1.4	980	31	126	251	7840	3	69
1.6	1120	36	144	287	8960	4	92
1.8	1260	40	162	323	10080	4	92
2	1400	45	179	359	11200	5	115
2.2	1540	49	197	395	12320	5	115
2.4	1680	54	215	431	13440	5	115
2.6	1820	58	233	467	14560	6	138
2.8	1960	63	251	503	15680	6	138
3	2100	67	269	538	16800	7	161
4	2800	90	359	718	22400	9	207

表３．電動運搬車リチウム電池容量選定表

２）－５．導入台数

表１より、中央干拓の総草刈面積は 62ha となる。
刈り取り部のシミュレーション結果より一番消費電力の少ない刈幅 800mm で 2km/ｈで
１日４時間作業したと仮定すると、１日の作業面積は 0.64ha となる。

0.8m×2km/ｈ×4 時間＝6400m2

作業能率を 0.8 とすると作業終了までに 121 日要する。
3～10 月まで毎月、11～2 月までは隔月 2 回、計 10 回作業が必要であり、半月以内で作業を終了するには、10 台導入すれば、約 2 週間で作業を終了することができる。
よって 10 台程度の導入が望ましい。

２）－６．リチウムイオン電池償却年数

ガソリンの燃料消費量：4 リットル/／h、ガソリン価格 150 円/リットルで計算した場合、600 円/時間となる。

バッテリー使用時の１時間あたりのランニングコストは 4.0ｋｗ消費するため、20 円/ｋｗで計算した場合、80 円/時間となり、ガソリン時とバッテリー時の差額は 520 円となる。

リチウム電池価格を１ｋｗあたり 20 万円とすると 22.4ｋｗ必要であるため、448 万円となる。
これを償却するには 8616 時間必要なため、車両を 10 台導入した場合、年間 10 回作業すると仮定して、償却期間が 17.8 年かかる。

しかし、リチウム電池が普及し、価格が１ｋｗあたり 5 万円となると、22.4ｋｗの場合 112 万円となる。
これを償却するには 2154 時間必要なため、車両を 10 台導入した場合、年間 10 回作業すると仮定して、償却期間が 4.45 年かかる。

３）電動運搬車

諫早干拓で利用できる運搬車の性能検討、及び諫早干拓における導入検討について報告する。

３）－１．電動化する運搬車の検討

（１）　運搬作物と圃場

運搬作物は、キャベツ、白菜、ばれいしょ等を想定。

圃場の畝は、栽培様式標準化推進会議での標準的な栽培様式を参照した。

（単位はｃｍ）

作　物	1畝条数	畝　幅	畝　高	条　間	株　間
キャベツ	１条	45	0～20	－	30～45
		60	0～20	－	30～45
	２条	120	0～20	45～60	30～45
はくさい	１条	60	0～20	－	30～50
	２条	120	0～25	40～60	30～50
レタス	１条	45	0～20	－	25～40
	２条	90	0～15	40～45	25～40
だいこん	１条	60	0～20	－	25～35
	２条	120	0～25	30～60	25～35
にんじん	２条	60	0～20	15～20	5～15
	４条	120	0～25	15～20	5～15
かんしょ	１条	90	20～30	－	25～40
ばれいしょ	１条	75	15～30	－	20～35
さといも	１条	120	0～25	－	30～60

現行機械化体系では、かんしょは７０～１００ｃｍ、ばれいしょは６０～９０ｃｍ

表４．標準的栽培様式

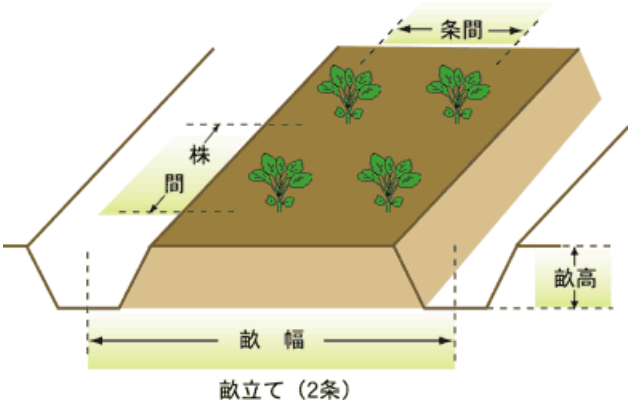


図７．表５の補足説明図

（資料：新農業機械実用化促進株式会社ホームページより抜粋）

（２）高床式運搬車概要

諫早湾干拓地において、キャベツ、白菜等の収穫運搬には、高床式運搬車が適していると思われる。

写５．高床式運搬車写真

写６．高床式運搬車作業風景

３）－２．高床式運搬車の走行部の電動化

（ｉ）．所要動力計算結果

	項　　目	記号	単位	CV43	CV43	CV43
	機械寸法					
機械寸法	機体質量	W1	kg	412	412	412
	作業能力	W2	kg	500	500	500
	人	W3	kg	0	0	0
	車輌総重量(空車)	Wk	kg	412	412	412
	車輌総重量(積載時)	Ws	kg	912	912	912
	登坂能力	θ	度	0	5	10
	履帯接地長	L	mm	900	900	900
	履帯中心距離	B	mm	900	900	900
	履帯幅	B1	mm	130	130	130
	走行速度					
速度	ｸﾛｰﾗﾋﾟｯﾁ	P	mm	60	60	60
	ｽﾌﾟﾛｹｯﾄ歯数	Z		8	8	8
	ｽﾌﾟﾛｹｯﾄ有効半径	r	mm	78.4	78.4	78.4
	走行速度(低1速)	V1	Km/h	0.5	0.5	0.5
	走行速度(低2速)	V2	Km/h	1.2	1.2	1.2
	走行速度(高1速)	V3	Km/h	1.5	1.5	1.5
	走行速度(高2速)	V4	Km/h	3.3	3.3	3.3
係数	転がり抵抗係数	Cr		0.05	0.05	0.05
	伝達効率					
伝達効率	全効率	η		0.93	0.93	0.93
	登坂能力					
登坂能力	牽引力(空車)	Rg1	kg	20.6	56.4	91.8
	牽引力(積載時)	Rg2	kg	45.6	124.9	203.3
	総減速比(低1速)	Ga1		106.2	106.2	106.2
	総減速比(低2速)	Ga2		47.2	47.2	47.2
	総減速比(高1速)	Ga3		38.9	38.9	38.9
	総減速比(高2速)	Ga4		17.3	17.3	17.3
	ﾓｰﾀ必要ﾄﾙｸ(低1速)空車		kgf/m	0.02	0.04	0.07
	ﾓｰﾀ必要ﾄﾙｸ(低2速)空車		kgf/m	0.04	0.10	0.16
	ﾓｰﾀ必要ﾄﾙｸ(高1速)空車		kgf/m	0.04	0.12	0.20
	ﾓｰﾀ必要ﾄﾙｸ(高2速)空車		kgf/m	0.10	0.27	0.45
	ﾓｰﾀ必要ﾄﾙｸ(低1速)積載		kgf/m	0.04	0.10	0.16
	ﾓｰﾀ必要ﾄﾙｸ(低2速)積載		kgf/m	0.08	0.22	0.36
	ﾓｰﾀ必要ﾄﾙｸ(高1速)積載		kgf/m	0.10	0.27	0.44
	ﾓｰﾀ必要ﾄﾙｸ(高2速)積載		kgf/m	0.22	0.61	0.99
	空車登坂可能速度(1速)	v1	Km/h	69.8	18.7	11.5
	積載登坂可能速度(1速)	v1	Km/h	23.2	8.5	5.2

所要動力計算結果より平地 500kg 積載にて 500W程度

登坂 10 度 500kg 積載時、2500W程度のモータ容量が必要である。

3）－3．電池サイズ

リチウムイオン電池は三菱重工製 1.4kwh 級モジュール電池にて検討を行った。

仕様：公称 15.6V、定格容量 88Ah、重量 13kg

1.4kwh モジュールを２並列 31.2V を１セットとした。

所要動力計算結果より走行部のモータ容量は０．５kw となる。

4 時間走行可能な電池容量及びリチウムイオン電池の数量を算出したものを表 5 に示す。

表 5 よりモータ容量０．５kw の場合に必要なリチウム電池数は１セットである。

モータ(KW)	走行容量(wh)	リチウム電池(Ah)	４時間走行(Ah)	電池保護容量(＊2)	モーター消費電力量(w)	セット数	重さ(kg)
0.5	350	11	45	90	2800	1	23
1	700	22	90	179	5600	2	47
1.2	840	27	108	215	6720	3	69
1.4	980	31	126	251	7840	3	69
1.6	1120	36	144	287	8960	4	92
1.8	1260	40	162	323	10080	4	92
2	1400	45	179	359	11200	5	115
2.2	1540	49	197	395	12320	5	115
2.4	1680	54	215	431	13440	5	115
2.6	1820	58	233	467	14560	6	138
2.8	1960	63	251	503	15680	6	138
3	2100	67	269	538	16800	7	161
4	2800	90	359	718	22400	9	207

表５．リチウム電池容量選定表

3）－4．導入台数

平成 20 年度開始の干拓営農の作物別作付け面積は以下のとおり

	件数	面積(ha)	1件当たり平均面積(ha)	10aあたり収穫作業時間(時間)	延べ作業時間	収穫期間	1日あたり作業時間	3人組み作業で	必要台数(4時間で1台)	全台数(見込み)
	a	b	c=b/a	d	e=c*d	f	g=e/(f*30)	h=g/3	j=h/3	k=j*a
露地野菜										
レタス	9	93	10	55	568	2ヶ月	9	3	1	9
キャベツ	5	32	6	31	198	1ヶ月	7	2	1	5
ハクサイ	3	26	9	53	459	2ヶ月	8	3	1	3
ホウレンソウ	2	23	12	40	460	(1作あたり)	15	5	2	4
ブロッコリ	4	14	4	36	126	4ヶ月	1	0	1	4
施設野菜					0			0		
トマト	3	6	2	829	1,658	6ヶ月	9	3	1	3
イチゴ	1	1	1	1,070	1,070	4ヶ月	9	3	1	1
施設花き					0			0		
キク	3	15	5	320	1,600	(1作あたり)	53	18	5	15
計	30	210	48	2,434	6,140	0	112	37	13	44

（長崎県総合農林試験場干拓科殿提示資料）

このうち，収穫台車を用いると想定される品目は，露地野菜「レタス,キャベツ，ハクサイ，ホウレンソウ，ブロッコリ」，施設野菜「トマト，イチゴ」，施設花き「キク」などがある。
これらの作物は
1. 収穫時期が個体ごとに異なり,作業者が判断しながら収穫を行う選別収穫であること。
2. 重量野菜であること。
3. 収穫と同時に箱詰めを行う。
などの特徴がある。
レタス,キャベツ，ハクサイ，ホウレンソウについては平高畝を形成し,その上で栽培を行うため,収穫台車は畝を跨ぎながら追走していくことで，収穫物を台車に載せ回収，もしくは箱詰めまで行うことが可能になる。
トマト,イチゴ，キクは施設内の植え付けであり，機体の小型化などが必要であるが,収穫作業以外でも使用頻度は高いものと考えられる（苗，肥料ほか)。
その他，重量露地野菜（バレイショ，ニンジン，ダイコン，タマネギ）に関しても，畝を跨いでの走行が可能であることから利用は可能であると考えられる。これらの入植面積合計は 468ha，先の計算から 10ha あたり 1 台程度の導入が見込まれるので，47 台。
従って，44 台＋47 台＝91 台程度の導入が見込まれると推測できる。

３）－５．リチウムイオン電池償却年数
ガソリン使用時の１時間あたりのランニングコストは１時間で 1Ｌ消費するため、150 円/Ｌで計算した場合、150 円/時間となる。
バッテリー使用時の１時間あたりのランニングコストは 0.5ｋｗ消費するため、20 円/ｋｗで計算した場合、10 円/時間となり、ガソリン時とバッテリー時の差額は 140 円となる。
リチウム電池価格を 1ｋｗあたり 20 万円とすると 2.0ｋｗ必要であるため、40 万円となる。
これを償却するには 715 時間必要なため、車両を 44 台導入した場合、1 台あたりの年間作業時間は 140 時間になるため、償却期間が 12.5 年かかる。
リチウム電池価格を 1ｋｗあたり 20 万円とすると 2.0ｋｗ必要であるため、40 万円となる。
これを償却するには 2858 時間必要なため、車両を 44 台導入した場合、1 台あたりの年間作業時間は 140 時間になるため、償却期間が 20.4 年かかる。
しかし、リチウム電池が普及し、価格が 1ｋｗあたり 5 万円となると、2.0ｋｗの場合 10 万円となる。
これを償却するには 714 時間必要なため、車両を 44 台導入した場合、1 台あたりの年間作業時間は 140 時間になるため、償却期間が 5.1 年かかる。（添付資料４.電動高床式運搬車概略図）

３）－６．電動高床式運搬車の活用

電動高床式運搬車に、薬液タンクと動噴をセットすることで収穫物運搬以外に活用できるため、動噴の電動化も合わせて検討する。

写７．動噴搭載イメージ

薬液タンク	６００リットル
ブーム幅	８ｍ・三分割
噴口数	２６個(φ1.3)
吹出量	２９ﾘｯﾄﾙ／分(２．０Mpa)

表７．動噴検討仕様

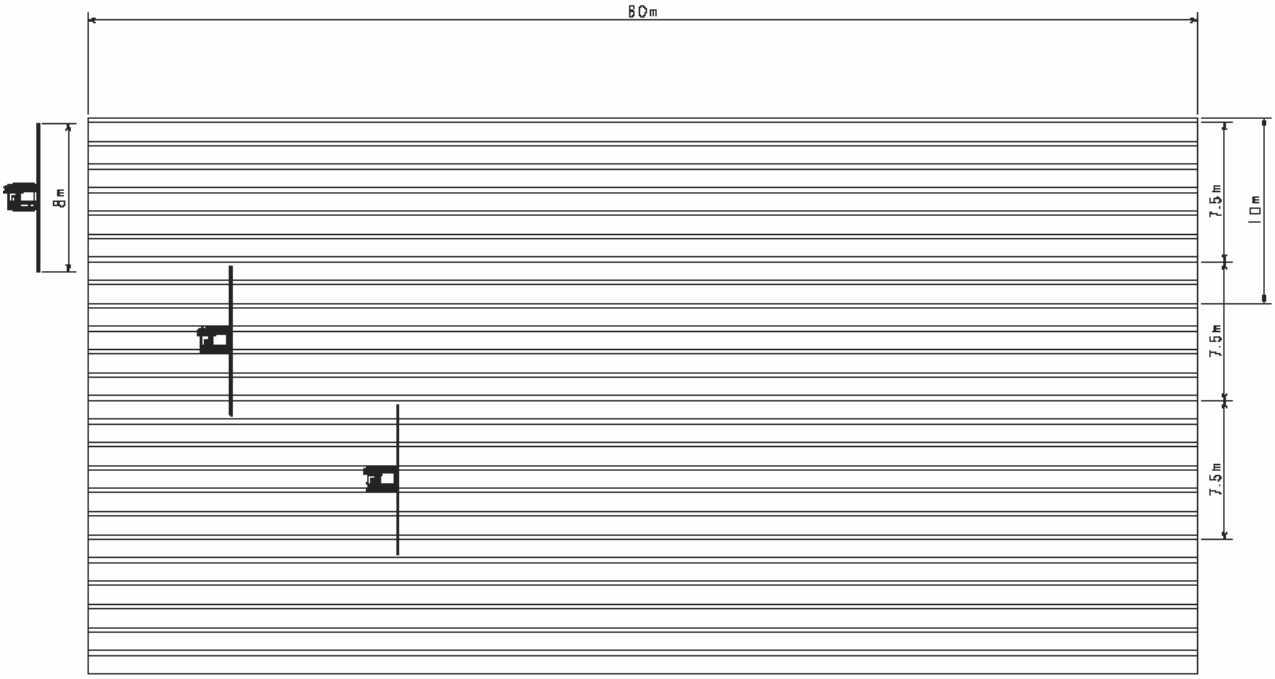


図８．諫早干拓地１区画６ｈａの 1/10 での動噴作業イメージ

検討結果・考察

表４の動噴仕様に基づく電動動力源は 1.5kw が必要である。

諫早干拓地での動噴作業は 600m を動噴適正速度 1.8ｋm/ｈで実施した場合、20 分要し、タンク容量 600 リットル消費することになる。

１区画６ｈａの作業を行うには、約 13 回の作業が必要である。

写８．草刈機刈取り部

写９．刈取り部（ステー）形状

写１０．雑草刈取り中風景写真（草丈 1m）

写１１．雑草刈後風景写真

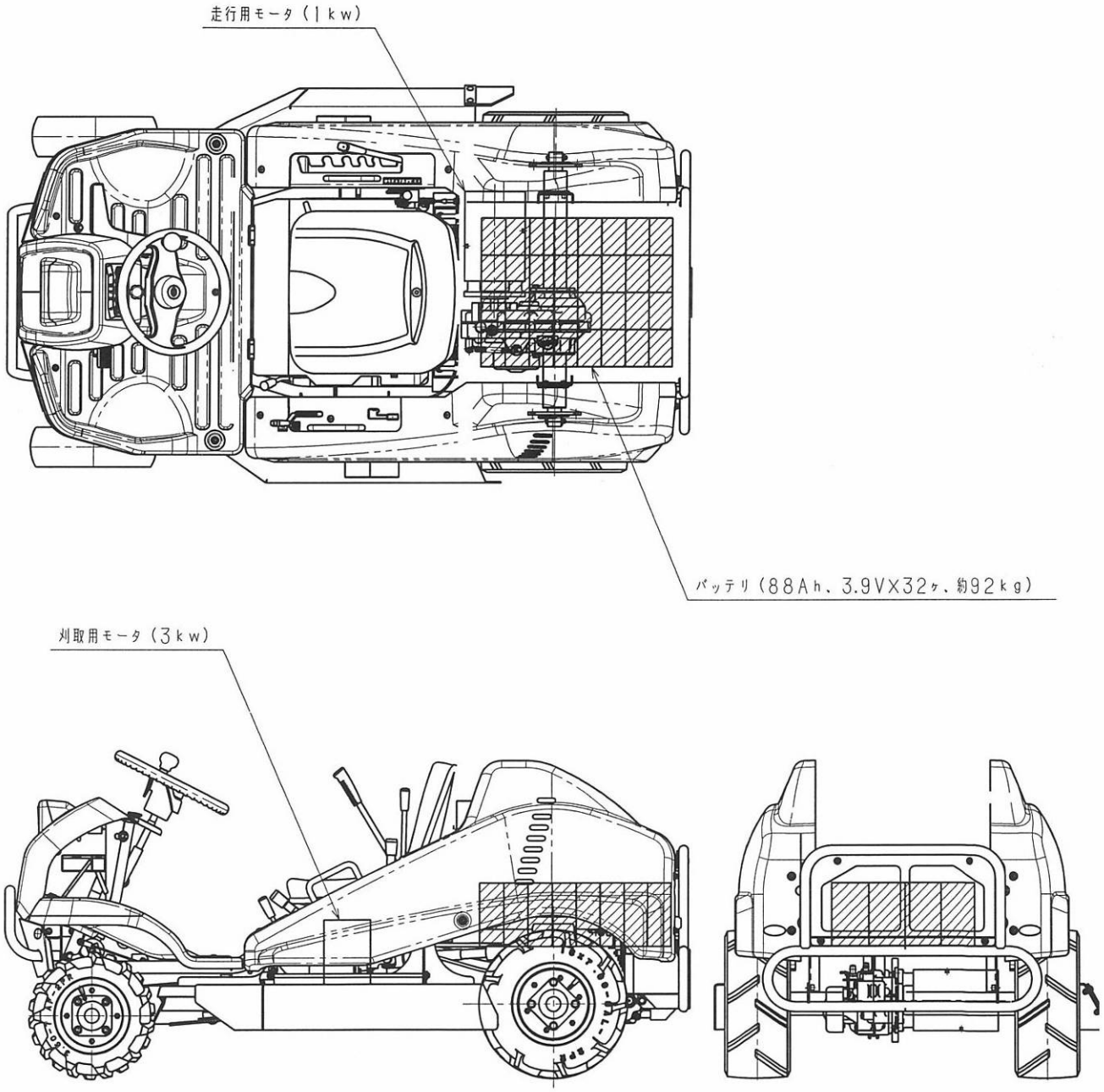
乗用４輪草刈機 CM220 仕様諸元表

型式			CM220
機械質量		kg	340
機械寸法	全長	mm	1905
	全幅	mm	1090
	全高	mm	925
	最低地上高	mm	105
	ホイールベース	mm	1285
	トレッド	mm	前：840　後：820
タイヤ	前	－	AGR3.50-7
	後	－	16×7.00-8
エンジン	最大出力	kW (PS)/rpm	16.4 (22.0)/3600
	燃料消費率	g/kw・h	310
ブレーキ形式		-	内拡式ブレーキ
走行速度	変速段数	-	HST (無段変速)
	低速	km/h	0～7.5
	高速	km/h	0～12.1
最小回転半径		mm	2000
登坂能力		度	15
刈刃	刈幅	mm	1000
	刈高	mm	0～75 (5 段階)
	刈刃回転数	rpm	1360
	刈刃形式	-	フリーナイフ＆段付ステー
	刈刃枚数	－	2

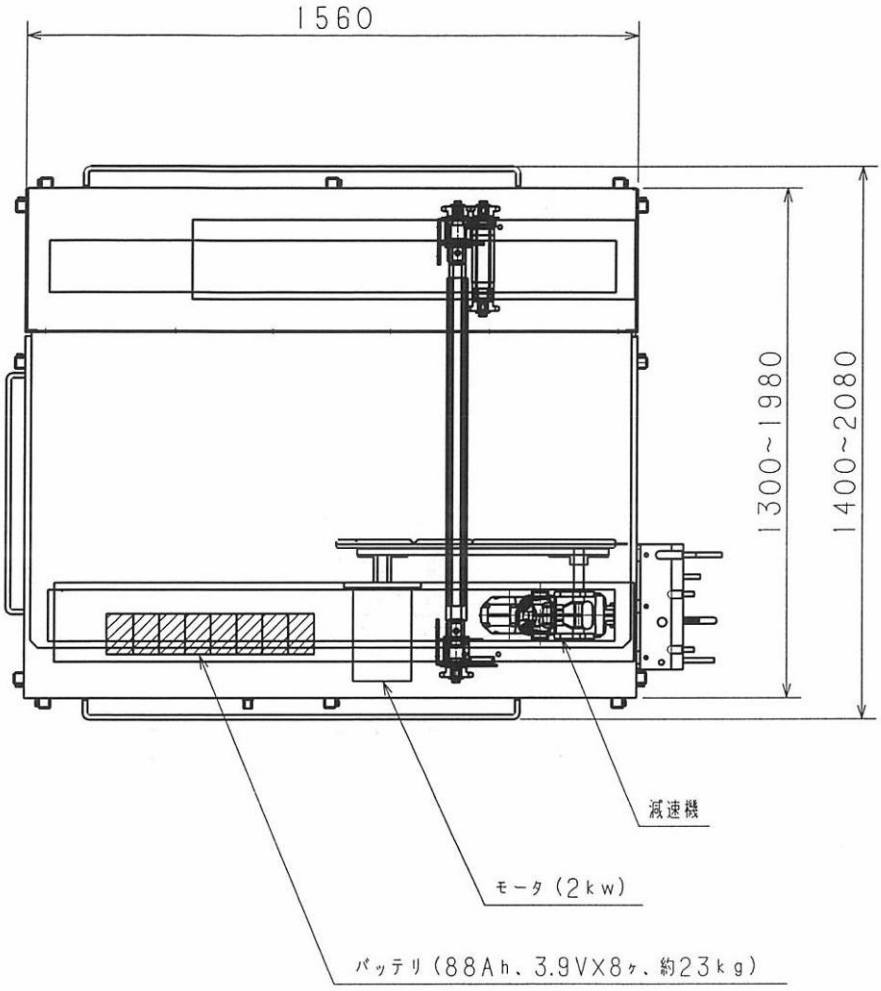
高床式運搬車 CV43 仕様諸元表

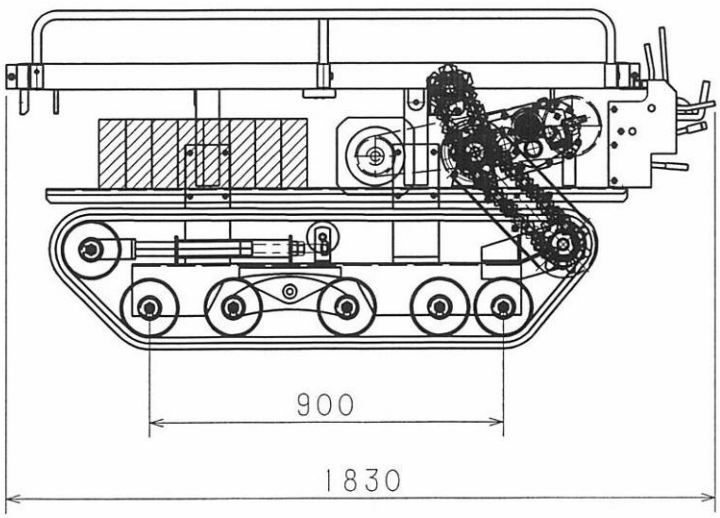
型式			CV43
最大作業能力		kN (kg)	4.9 (500)
機械質量		kg	410
機械寸法	全長	mm	1830
	全幅	mm	1400～2080 (可変)
	全高	mm	850
	最低地上高	mm	620
	床面高さ	mm	710
クローラ	接地長さ	mm	900
	幅	mm	130
	中心距離	mm	900～1580 (可変)
荷箱内寸	長さ	mm	1560
	幅	mm	1300～1980 (可変)
	高さ	mm	140
エンジン	最大出力	kW(PS)/rpm	3.2(4.3)/2000
走行速度	変速段数	-	前進：４段/後進：４段 (副変速)
	最高/最低速度	km/h	3.3/0.5
最小回転半径		mm	1500

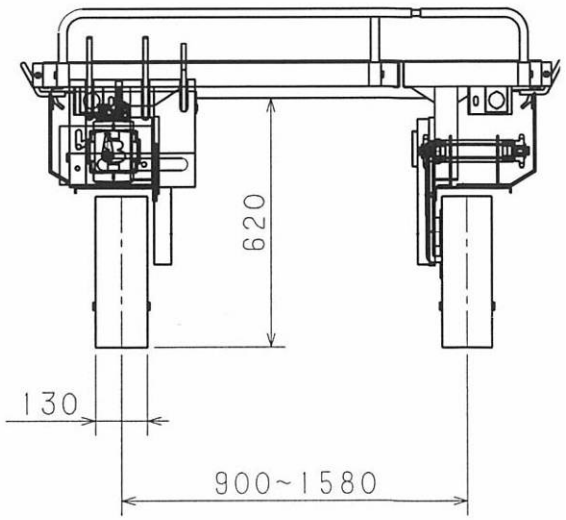
電動４輪草刈機概略図



電動高床式運搬車概略図







４）電動農耕機・関連の各種調査及び検討

（太陽光/風力発電の電気農耕機への利活用計画検討結果）

諫早湾干拓地における循環型次世代農業も長期的な展望に立つとき、農業用動力においても電力に頼らざるを得なくなる。そこで、今回、太陽光発電設備で得た電気エネルギーを農耕機の電動駆動源として電動農耕機化を実現するための課題として、農耕機駆動制御系シミュレーション及び蓄電・充電方法及び方式について干拓地の中央干拓地区におけるヨシ、セイタカアワダチソウと道路側面（表１参照）の雑草の実態調査を行った。

		分布面積(ha)
中央干拓	ヨシ	15
	セイタカアワダチソウ	26
	道路側面	21

表１．中央干拓の草刈面積（長崎県諫早湾干拓内）

写真１．諫早湾干拓地上空から

その結果、の電動四輪草刈機の一部駆動源（蓄電池系）を除き実用化は機械的に可能であり、また、同様の手法により高床式運搬車の電動化も可能である。

１．電動草刈機

１－１．電動農耕機仕様モータ

電動農耕機の制御系シミュレーションを構成するにあたり、従来からの電気自動車の駆動系に用いられている電気自動車の駆動系としてのモータを用いると仮定して比較すると表１のようになる。

表１　　各種モータの特性比較

モータ	DCM（直流）	SM（永久磁石形同期))	IM（誘導）	SRM（ｽｲｯﾁﾄﾘｱｸﾀﾝｽ）
最大効率（%）	85-89	95-97	94-95	90 未満
効率(10%負荷)	80-87	90-92	79-85	78-86
最大回転数(rpm)	4,000 -6,000	4,000 -10,000	9,000 -15,000	15,000 未満
費用/軸出力（$/KW）	10	10-15	8-12	6-10
制御装置コスト	1	2.5	3.5	4.5
堅牢性	良	良	最良	良
信頼性	普通	良	最良	良

（参考文献：松瀬；{AC ドライブの新分野への応用と課題}

表１は電気自動車に適したモータの特性比較である。これからのモータとして、SM または IM が考えられる。SM は効率や制御装置の簡単さに優れ、IM は堅牢性や高速性に優れている。DC モータの特

性は、電流に比例したトルク発生し現在の自動車に幅広く使われている。DC モータから整流子とブラシを無くすため、コイルを固定側に回転子に永久磁石を使ったブラシレス DC モータもある。

表２　AC ドライブ応用事例

	応用事例	主な効果
DC モータ代替	高速移動素材の同期回転刃切断装置 輪転印刷機の駆動装置 製紙機のセンタドライブ駆動装置 電車	省保守 高性能 省保守 省保守、高性能
機械動力代替	電気自動車 船舶の電気推進システム 高速大容量コンプレッサ駆動装置	低公害 高機能 耐環境性
拡大技術	船舶の加勢駆動装置 大型車両の加勢・回生ブレーキ装置 大容量 AC モータドライブ産業機器 大形機器冷却ファンの省エネ制御 船舶の補助駆動装置 リニアエレベータ	耐環境性 低公害 省保守 省エネルギー 高機能 省スペース
高度化技術」	センサレスベクトル制御搬送装置 高速工作機械スピンドル 鉄鋼ミル 油圧エレベータポンプ AC 化 ダイナモメータ	高性能 高性能 省力、省保守 高機能 高性能

（参考文献：松瀬；{AC ドライブの新分野への応用と課題}

つぎに、表２は、松瀬氏がまとめた AC ドライブ（交流機駆動）の産業応用事例では、電気自動車・電動農耕機は低公害を利点として機械動力の有力項目となってきている。しかし、従来からの草刈機の刈取り部のみを駆動用 AC 電動モータに改造した場合は回転数が大きな要素となるため高速回転が容易に得られる AC モータが良い。

電動農耕機の構造を考慮した場合は足回りの中心下に雑草や収穫物及び植物栽培用畝が存在するために構造的にはブラシレス DC の採用が望ましい。

１－２．農耕機の電動化・電池容量（電動草刈機）

農耕機の電動化の調査検討として、従来から使用されている農耕機の内燃機関駆動源をリチウムイオン電池搭載型の電動農耕機を開発するための調査･検討項目。

＊　各種農耕機の車体重量キャニコムのデータ
＊　作業時の車体走行速度
＊　作業箇所に動力源を必要
＊　消費電力量
＊　モータ電源電圧
＊　車体連続稼働時間

などがあげられます。また、電動農耕機に搭載した蓄電池の電気エネルギーは諫早湾干拓内に設置され

た太陽光発電システムより供給されると仮定して調査検討をしました（資料：三菱重工業（株）長崎造船所)。検討のため電動化農耕機の電動草刈機に搭載した二次蓄電池は鉛蓄電池を使用し、モータの電源電圧仕様にするため、数個の鉛蓄電池を直並列に接続し動作電圧・電流を得た。

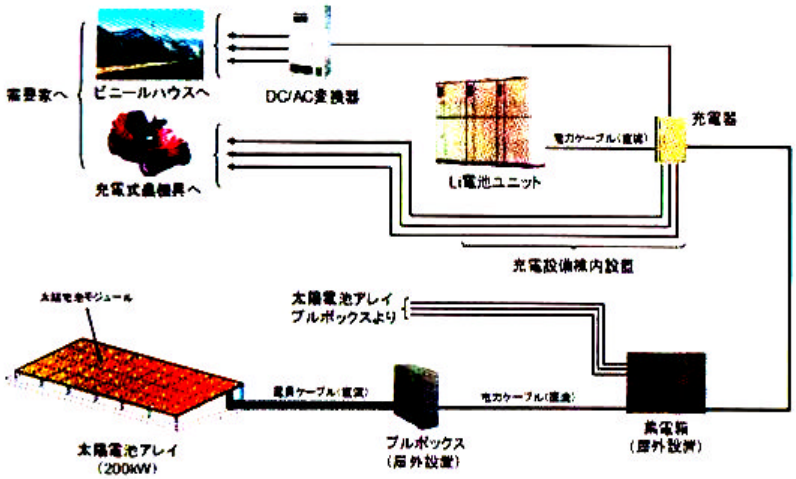


図２．２．５－７　太陽光発電システム構成図（200kW）〔独立型〕

写真２．

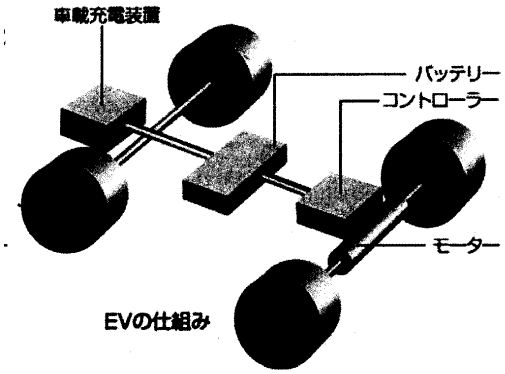


図 2.2.5-8　電気自動車構造モデル

＊　各種農耕機の車体重量キャニコムのデータ

写真２．はAC モータ：AC　72（V)、7.0（kw)、MAX1800（rpm）を搭載した電動四輪草刈機テスト車両で駆動電源として、図２．２・5-7 に示した太陽光発電システム構成図の充電器より充電されたリチウムイオン電池を用いるのであるが、今回は、鉛蓄電池６直列 12V:×６：７２（V）及び、DC/AC インバータと VVVF 制御方式により刈り取り（ステー）の回転数を起動時より低速回転にいたるまで制御した。

鉛蓄電池を駆動電源としてシミュレーションにした理由は用いたのは、リチウムイオン電池と比較すると全体重量は３倍、パワーは 1/3 と劣るが鉛蓄電池で電動化が可能ならば、リチウムイオン電池を搭載した電動草刈機は必ず実現可能と推測したためである。

＊　作業時の車体走行速度

車速Ｖ（タイヤの周速度）の解析には次式をもちる。

Ｖ　＝　（６０π＊Ｄ＊Ｎ＊Ｉ)/10^6　（Km/h）

ただし、　Ｉ：速度比

Ｄ：車輪の外周経(mm)

Ｎ：モータの回転数（rpm）

＊　作業箇所に動力源を必要

農耕作業面積が大きいため４時間稼働時間としても、車速度を考慮すると現場までの到着時間が大きいため、蓄電池はカートリッジ方式にするとしても数箇所に充電器基地が点在することが望ましい。

＊　消費電力量

蓄電池容量算出法

出力（Wh）＝５HR 容量＊１HR 容量換算比率＊

１HR 放電時の平均電圧＊直列数＊並列数

ｉ）　自動車用鉛蓄電池

36B19R を２直列(24V)、重量 18Kg

出力(Wh)＝28Ah＊0.7＊11.52＊2

＝450.8（Wh)

ii）　リチウムイオン電池

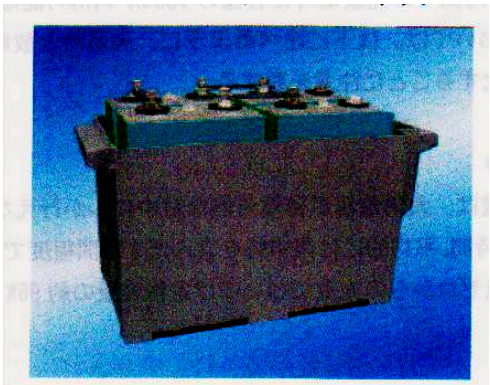
1.4KWh モジュール電池（88Ah、15.6V）

4 直列２並列、重量 26Kg）

出力(Wh)＝88Ah＊3.9＊4＊2

＝2,746(Ah)

（資料：三菱重工業（株）1.4KWh モジュール）



4kWh 級モジュール電池（写真は開発中のリチ

表２．１に示したモータ消費電力と４時間稼働(定速度：定格の 70%)表はii）の計算例です。

表 2.1　消費電力―４時間稼働特性表

モータ(KW)	走行容量(wh)	リチウム電池(Ah)	４時間走行(Ah)	電池保護容量(＊２)	モーター消費電力量(w)	セット数	重　さ(kg)
0.5	350	11	45	90	2800	1	23
1	700	22	90	179	5600	2	47
1.2	840	27	108	215	6720	3	69
1.4	980	31	126	251	7840	3	69
1.6	1120	36	144	287	8960	4	92
1.8	1260	40	162	323	10080	4	92
2	1400	45	179	359	11200	5	115
2.2	1540	49	197	395	12320	5	115
2.4	1680	54	215	431	13440	5	115
2.6	1820	58	233	467	14560	6	138
2.8	1960	63	251	503	15680	6	138
3	2100	67	269	538	16800	7	161
4	2800	90	359	718	22400	9	207

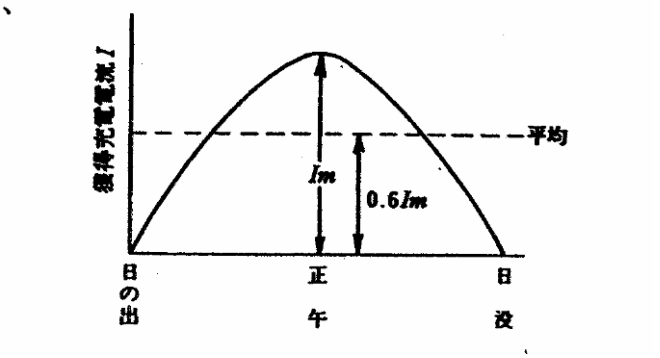
ただし、定速度（定格出力の 70%）とした時の計算例
モータ（KW）を出力２（KW）とした時のモータ消費電力量：11,200（Wh）となるから５セット、搭載重量：115（Kg）となる。

＊　車体連続稼働時間
電動農耕機の連続稼働時間を低速走行（定格出力の 70%）・4 時間走行と仮定し、リチウムイオン電池の放電深さを 50(%)とした換算例が表 2.1 です。モータ定格出力 0.5(KW)～4.0(KW)とした場合の消費電力表で簡単に作業能率走行距離が算出できる。

＊　モータ電源電圧
電動農耕機の駆動電源系の電源電圧は搭載蓄電池に整合するモータを搭載することが望ましい。
表 2.1 の換算電源電圧は 31.2(V)で算出した

１－３　太陽電池充電電流の算出
太陽光発電の電力容量の算定計算は日の出から日没までとして、図 2.2.5-9. に示すように正午のピーク電流値 Im とすると、平均電流値は 0.6Im となるので、

＊　１日の獲得充電電流量：0.6Im・T



＊　１日の獲得充電電力量：0.6Im・V・T
＊　最大充電電流 Im、電力量 Ｗｈ：6Im,6Im・V
（T:正午を中心に 10 時間充電）
と仮定すれば、仮に、31.2(V)、176（Ah）のリチウムイオン蓄電池を太陽光発電電池で充電するとすれば、最大充電電流：Im＝４A（快晴の日の正午ごろ）１日の充電量は 24（Ah）となり、蓄えられる電力量は 576（Wh)。正午の最大充電量電流 Im を 4（Ah）とすれば、太陽電池：125（W）(4A,,31.2V)となる。

１－４　電池サイズの検討
走行部駆動源の電動モータを 0.5(Kw) 、作業時間を 4 時間と仮定し搭載リチウム電池を三菱重工業製標準型 340Wh リチウム電池を採用した場合の必要な個数は２セットで 31.2(V)、時間当たりの消費電力 11.21(Ah)、重量 23(Kg)と決定できる。モータの電気容量 0.5（Kw）の走行容量は定速速度（350Wh）と仮定（70%出力）したときの消費電力である。
ただし、蓄電池の放電深さを 50%とする。

モータ（KWh）	走行容量 70%(W)	消 費 電流(Ah)	4時間走 消費電流	電池保護電流 ＊2（Ah）	消費電力 （Wh）	セット数 2,744(Ah)	重量 22.96 (kg)
0.1	70	2.2	8.8	17.6	549.12	1	23
0.2	140	4.48	17.92	35.84	1118.2	1	23
0.3	210	6.73	26.92	53.84	1679.8	1	23
0.4	280	8.97	35.88	71.76	2238.91	1	23
0.5	350	11.21	44.84	89.68	2798.01	2	46
0.6	420	13.46	53.84	107.68	3359.61	2	46
0.7	490	15.70	62.8	125.6	3918.72	2	46
0.8	560	17.94	71.76	143.52	4477.82	2	46
0.9	630	20.19	80.76	161.52	5039.42	2	46
1	700	22.43	89.72	179.44	5598.52	3	69.
1.1	770	24.67	98.68	197.36	6157.63	3	69
1.2	840	26.92	107.68	215.38	6719.86	3	69

表

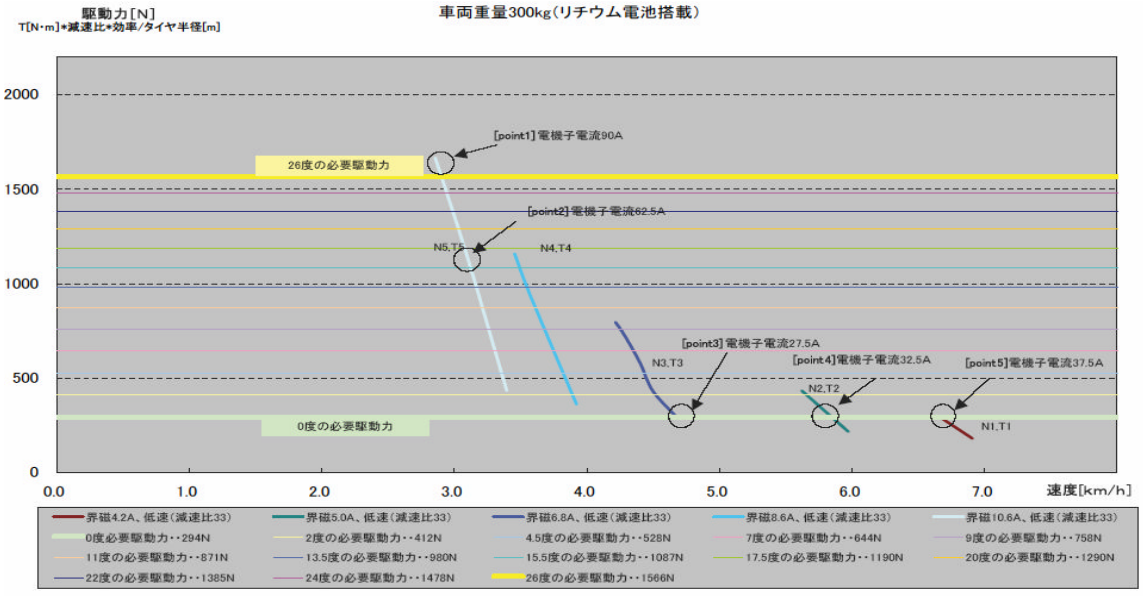
ただし、蓄電池の放電深さを 50%とする。

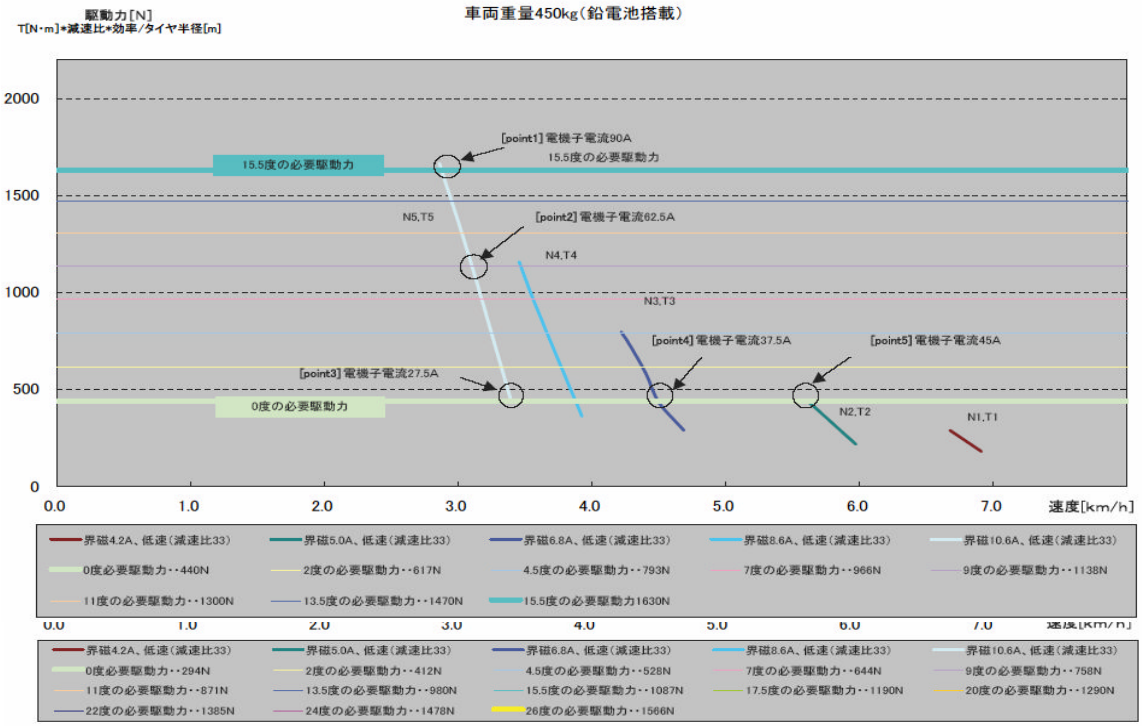
１－５．草刈機の走行部の電動化

電動草刈機用走行部のモータは、平地走行、傾斜地走行を同一駆動源で行う必要があるため、今回は分巻モータによる検討を行った。

（ｉ）所要動力シミュレーション

グラフ 1.. 車両重量 450kg（鉛電池搭載）の動力検討図





グラフ２．車両重量 300kg（リチウム電池搭載）の動力検討図

（ｉ）のシミュレーションの検討・考察

前述のシミュレーションよりグラフ２のＴ３のポイントでは２７．５Ａ＋６．５＝３４Ａの電流が必要となるため、走行部の駆動源には 1kw 程度のモータが必要である。したがって、搭載する電池（リチウム電池、鉛電池）によって車両重量に 150kg 程の違いが生じるため、リチウム電池を採用することで消費電力を約２５％少なくすることが可能である。また、登坂性能も約４０％程向上させることが可能である。リチウム電池搭載を含めた車両全体の軽量化の検討が必要である。

１－６．草刈機全体での電動化検討

（ｉ）刈取り部消費電力検討および走行部の消費電力検討結果により、電池サイズの検討を行う。刈取り部消費電力検討結果により、刈取り部駆動源の消費電力は１．５kw となり、走行部の消費電力検討結果により、走行部駆動源の消費電力は０．８kw となり、総合した消費電力は２．３kw となる。

表１に示した中央干拓の草刈面積は、ヨシ:15ha、セイタカアワダチソウ : 26ha、その他道路側面:21ha 電動草刈機走行速度を 2Km/h、刈幅を 800mm、作業能率係数:0.8 と仮定し連続 4 時間稼動したとき、

＊　１台の仕事量は 6,400m²、したがって、全体では

620000/6400　＝　96.8 台　≒　97 台

電動草刈機導入台数 10 台所とすると、

97/10　＝　9.7 日必要であり、

作業能率を 0.8　とすると作業日数は　12.1 日。

つぎに、走行速度 1.5km/h とすると、

時速.5Km/h、4 時間作業可能面積は 6,000m²
620,000/6,000 ＝ 103 台
導入台数を 10 台と仮定すると
103/10 ＝ 10.3 日必要であり、
作業能率 wo0.8 とすると 12.9 日

＊ 必要とするリチウムイオン電池と価格計算

刈取部モータ容量定格出力：3.0KW、動作出力平均を 1.5KW、
走行部モータ容量定格出力:1.0KW、動作出力平均を 1.0KW
とすると、刈取部+走行部の動作出力平均は 2.3KW、モータ容量定格出力は 4.0KW、4 時間稼動することで約 16.8KWh リチウムイオン電池価格を５万/KW と仮定すれば、約 84 万円となる。
この価格算出は、
三菱重工製リチウムイオン電池の出力電圧：15.6V、出力電流：88Ah 規格の電池使用し、
4 直列２並列として使用したとき、出力電圧:31.2V,出力電流：88Ah と仮定したとすれば、
ガソリン価格 150 円/l で １時間の消費量は： 4h＝600 円
電池の場合 1KW に要する電気代は 20 円/KW：4h＝84 円
差額：600-84 ＝ 516 円
84 万円/516 円 ＝ 1628 時間で消費
車両を 10 台投入するとすれば、
12.1 日×４時間×10 台 ＝ 484 時間
1628/484 ＝ 3.36 年

２．高床式運搬車の走行部の電動化検討

（ｉ）．所要動力計算結果
所要動力計算結果より平地 500kg 積載にて 500W程度
登坂 10 度 500kg 積載時、2500W程度の消費電力が必要である。

（ii）電池サイズの検討
走行部駆動源の消費電力は０．５kw となる。作業時間を１時間とし、三菱重工製標準型３４０wh 単電池を採用した場合、必要な個数は３個であるが、７直列で使用するため７個とし、７直列１並列で使用すればよい。

モータ(KW)	走行容量(wh)	電池容量(Ah)	電池保護容量(Ah)	ﾓｰﾀｰ消費電力量(w)	個数	重量 (kg)
0.1	100	4	7	200	1	2
0.2	200	7	15	400	1	3
0.3	300	11	22	600	2	5
0.4	400	15	29	800	2	7

0.5	500	18	37	1000	3	8
0.6	600	22	44	1200	4	10
0.7	700	26	51	1400	4	12
0.8	800	29	59	1600	5	14
0.9	900	33	66	1800	5	15
1	1000	37	73	2000	6	17
1.1	1100	40	81	2200	6	19
1.2	1200	44	88	2400	7	20

表 3. 動噴リチウム電池容量選定表

３．電動高床式運搬車の活用

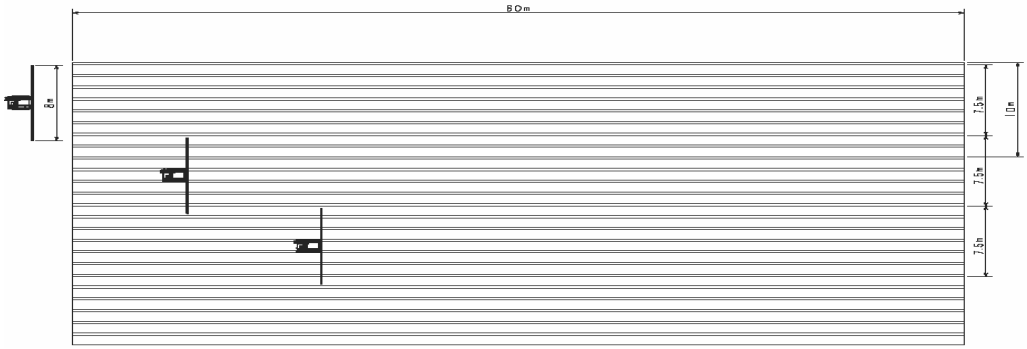
電動高床式運搬車に、薬液タンクと動噴をセットすることで収穫物運搬以外に活用できるため、動噴の電動化も合わせて検討する。

写４．動噴搭載イメージ

薬液タンク	６００リットル
ブーム幅	８ｍ・三分割
噴口数	２６個(φ1.3)
吹出量	２９ﾘｯﾄﾙ／分(２．０Mpa)

表４．動噴検討仕様

図８．諫早干拓地１区画６ｈａの 1/10 での動噴作業イメージ



検討結果・考察

表４の動噴仕様に基づく電動動力源は 1.5kw が必要である。

諫早干拓地での動噴作業は 600ｍを動噴適正速度 1.8ｋｍ/ｈで実施した場合、20 分要し、タンク容量 600 リットル消費することになる。しかしながら、１区画６ｈａの作業を行うには、約 13 回の作業が必要である。

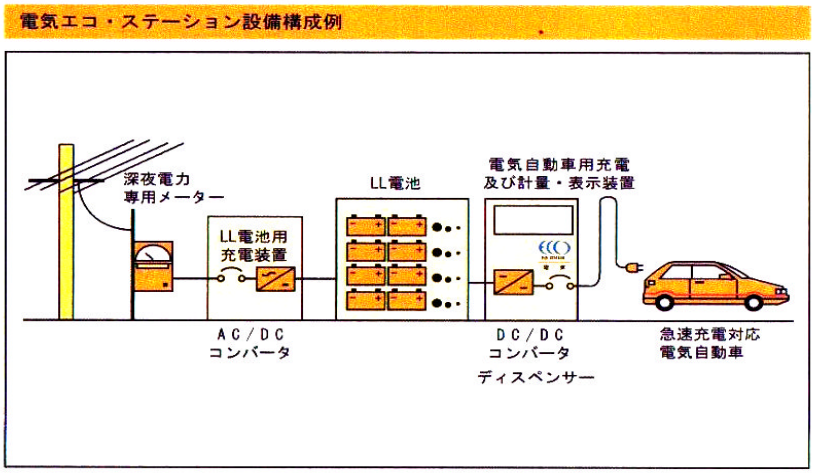
4）蓄電・充電エコステーションの調査

諫早湾干拓地における循環型次世代農業も長期的な展望に立つとき、農業用動力においても電力に頼らざるを得なくなる。そこで、今回、太陽光発電設備で得た電気エネルギーを農耕機の電動駆動源として電動農耕機化を実現するため、蓄電・充電方法及び方式についての実態調査を行った。

ｉ）　エコステーションの現状

図３．に示すように、エコステーションは全国に 369 カ所点在するが電気エコステーションは 55 箇所で、急速充電:10（福岡:2,鹿児島:2、沖縄：１）、普通充電 45（大分：１）となっている。
リチウムイオン電池、電気二重層ンデンサの充電方式には限界があり、現在の電気エコステーションのイラストの Li 電池より DC/DC コンバータディスペンサーより急速充電対応コンセントです。

図３．



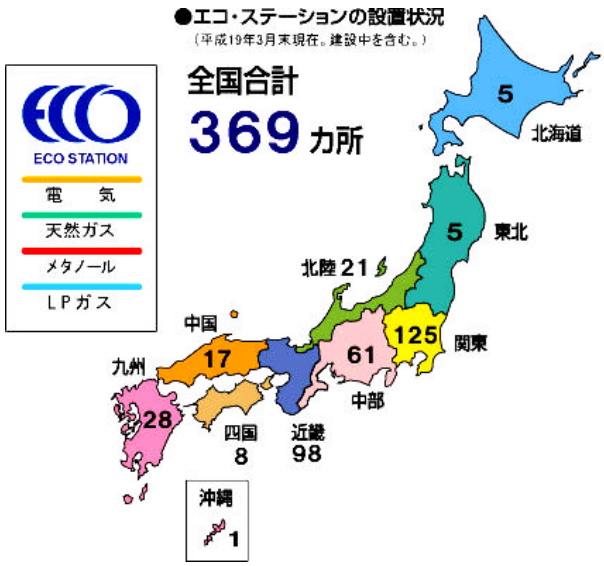


図 4.　電気エコ・急速充電

＊　急速充電方式は短時間充電のため各単体電池に並列モニタを具備することにより可能にしている。

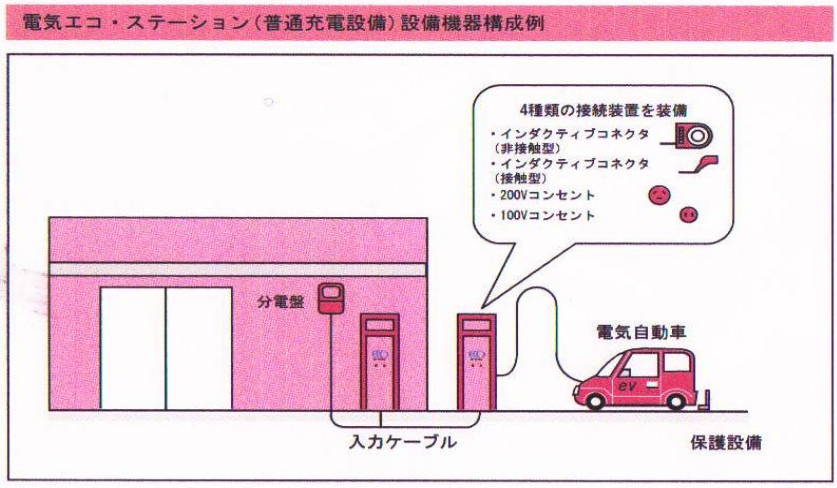


図 5.電気エコ･普通充電

写真５．JFE 鋼板（株）工場内

写真６．アシスト自転車の充電中

写真５．６は JFE 鋼板（株）工場内に設置された商用電源 100V と太陽光発電パネル 1.5KW の連携電気エコステーションの普通充電設備です。同時に 10 台のアシスト自転車､電動スクーター、電動コンパクトカー、電動タウンカー等の充電が可能な設備で電気容量は 30A である。

電気エコステーションの仕様は、

① 入力：単相 100V,30A,1.5KVA

② 出力：コンダクティブ方式（直接プラグから充電）

③ 100V コンセント

①～③を車種に合わせての利用

電池：リチウムイオン電池、鉛蓄電池等である。

また、仕様書は（財）エコ･ステーション推進協会であった。

つぎに、日本文理大学構内の電気エコ・ステーションは学内公用車（約２０台）を対象としたもので、普通充電方式仕様である。製造元：日本電池（株）

充電仕様は、

入力：単相３線 200V、３０A, 6 KVA

出力：① インダクティブ方式（非接触・電磁誘導方式）

② コンダクティブ方式（プラグ方式）

③ 200V コンセント

④ 100V コンセント

①～④は電気自動車の車種に応じて利用

蓄電池：鉛蓄電池、リチウムイオン電池、ニッケル水素蓄電池他

５．諫早湾干拓における畜電･充電

ⅰ）電動農耕機の充電

エコ・ステーションの設置状況は全国合計 369 カ所で電気の急速充電が 10 カ所、普通充電が 45 カ所とあり、普通充電設備は、公共駐車場、ショッピングセンターから、最近では自動車整備工場等への設置がふえている。ここでは、諫早干拓内の電動農耕機を想定した受電設備についての調査・検討。

ⅱ）電動農耕機条件

草刈機及び高床式運搬機、動噴搭載運搬機の年間使用時期が異なることもあるので、カートリッジ方式が最適であり蓄電池の放電深さも５０％と設計してあり長期間使用でき経済的である。

	電池種別	充電装置	充電接続	充電電源	バッテリ個数	使用能力	充電時間
電気自動車	リチウムイオン ニッケル水素、	車体実装 (規格)	非接触 プラグイン	AC100、 AC200			4h-10h
電動草刈機	リチウムイオン	未実装	カートリッジ	DC24-DC96V	4	320Kg	4h-8h
高床式運搬車	リチウムイオン	未実装	カートリッジ	DC24-DC96V	9	600Kg	4h-8h