

4. 低コスト化に係わる検討

4.1 国産資源の利用システムの検討

(1) 国産資源の賦存状況の整理

バイオマスプラスチック原料として考えうる国産資源について、資料・文献類、および委員アンケート結果を元に候補を挙げ、生産資源（バイオマスプラスチック原料として用いることを目的に栽培、収穫を行うもの）、未利用・廃棄資源（建設廃材木くず、古紙、厨芥類、古米、果実絞りがす、屑米、碎米等）の2つの観点から整理した。各資源の賦存状況等を個票（参考資料3）にまとめ、それらの概要を表4.1-1に整理した。

バイオマスプラスチック原料として考えられる生産資源

バイオマスプラスチック原料としての生産資源を考える場合、利用可能量（栽培容易性）、バイオマスプラスチック原料成分の含有率、地域性、発生密度、経済性、季節変動等が利用可能性を左右する重要な賦存状況データとなる。表4.1-1より、バイオマスプラスチック原料として考えられる各生産資源の賦存状況について以下のような特性が示された。

利用可能量（栽培容易性）

生産資源については、バイオマスプラスチック原料への利用を目的として新たに栽培を始めるため、現状の生産量が利用可能量となるわけではない。しかし、現状で生産量が多く、一般的に栽培されている資源は、わが国の気候において栽培が比較的容易であり、また、栽培環境が整備されていることが予想される。つまり、生産資源については、現在の生産量がバイオマスプラスチック原料としての潜在的な利用可能量に相關しているとも考えられる。

表4.1-1に示す生産資源において、現状で生産量が多く、潜在的利用可能量が多いと考えられるのは以下の品目である。でんぷん原料や糖質原料が多く、油脂原料や水産原料で少ない傾向がある。

- ・ 米 889万t/年
- ・ とうもろこし（飼料用） 456万t/年
- ・ てんさい 410万t/年
- ・ ばれいしょ 307万t/年
- ・ さとうきび 133万t/年

表4.1-1に示す生産資源のうち陸地資源については、バイオマスプラスチック原料の確保だけでなく、農作物等の生産に利用されていない未利用地もあることから、今後、生産が比較的容易であり、4.1-1に示すとおり未利用の地力確保、農業活性化に繋がることが期待される。

バイオマスプラスチック原料成分の含有率

バイオマスプラスチック原料としては糖質、繊維質（セルロース）などの炭水化物や脂肪油を用いることが考えられる。表4.1-1に示す生産資源において、炭水化物の含有率が高いのはかんしょ、大麦、米、ばれいしょ、小麦等である。これらの炭水化物含有率は80乾物%を超え、バイオマスプラスチック原料成分の抽出に適していると考えられる。

【炭水化物含有率】

- ・ かんしょ：92.9 乾物%（うち、繊維質 6.8 乾物%）
- ・ 大麦：90.5 乾物%（うち、繊維質 11.2 乾物%）
- ・ 米：87.3 乾物%（うち、繊維質 3.6 乾物%）
- ・ ばれいしょ：87.1 乾物%（うち、繊維質 6.4 乾物%）
- ・ 小麦：82.5 乾物%（うち、繊維質 12.3 乾物%）

なお、炭水化物の内訳については、繊維質（セルロース）が少なく、糖質の含有率が高い傾向がある。なお、現状の賦存量に炭水化物含有率を乗じて算出した炭水化物賦存量では、米、小麦、とうもろこし（飼料用）、てんさいなどが多くなっている。

また、脂肪油については、落花生、ナタネ、大豆での含有率が高い。

地域性

生産資源については、利用可能量の増加のためには最適な気候の元で栽培することが必要とされることから、いずれも地域性が高いと思われる。特に、糖質資源であるてんさい、さとうきびについては、生育に必要な気候条件が限られていることから日本全域での栽培は困難である。現状における各資源生産の分布を表4.1-2に整理する。

表4.1-2 生産資源の分布

生産資源	分布
米	全国
とうもろこし	北海道～九州（平野部～山間地）
小麦	北海道を中心に全国
大麦	全国
ばれいしょ	北海道を中心に全国
かんしょ	関東・南九州を中心に全国
さとうきび	主に南西諸島、沖縄
てんさい	北海道のみ
ナタネ	北海道～九州
大豆	北海道～九州・沖縄（中山間地、平坦地）
落花生	関東・東海、九州・沖縄地域

（出所）農林水産省HP

『地域生物資源活用大事典』藤巻宏責任編集 社団法人農産魚村文化協会発行 1998.4

発生密度

生産資源の発生密度は、栽培密度により、広大な耕地を確保し、高密度の栽培ができれば発生密度は高くなる。また、発生密度を向上させるためには、植物工場での栄養液による栽培手法も有効である。

経済性

生産資源を原料としたバイオマスプラスチック生産を実現するためには、生産資源が安価である必要がある。現状での市場流通価格では、とうもろこし（飼料用）、さとうきび、てんさい、ばれいしょ、大豆が、米や海藻類に比べ安価となっている。

但し、原料とする生産資源は、工業用途であることから、市場流通価格より安価となるものと思われる。

- ・ とうもろこし（飼料用）：19 円/kg（東京穀物商品取引所での取引価格例）
- ・ さとうきび：56.4 円/kg（国内産原料糖入札結果）
- ・ てんさい：75.7 円/kg（国内産原料糖入札結果）
- ・ ばれいしょ：83 円/kg（青果物卸売市場調査による卸売価格）
- ・ 大豆：75～118 円/kg（普通大豆落札価格）
- ・ 小麦：114～157 円/kg（政府買い取り価格）
- ・ 大麦：119～143 円/kg（政府買い取り価格）

- ・ 米：237.9 円/kg（政府買い取り価格）
- ・ 海藻類：432 円/kg（水産物流通調査による卸売価格）

なお、バイオマスプラスチック原料となる炭水化物あたりの生産資源の取引価格が安価な品目は以下のとおりで、とうもろこし（飼料用）が最も安価で、小麦、大麦、米、さとうきび、大豆と続き、海藻類では7,714 円/炭水化物 kg と大変高価格になっている。

- ・ とうもろこし（飼料用）：27 円/炭水化物 kg
 - ・ 小麦：118 円/炭水化物 kg
 - ・ 大麦：168 円/炭水化物 kg
 - ・ 米：322 円/炭水化物 kg
 - ・ さとうきび：342 円/炭水化物 kg
 - ・ 大豆：342 円/炭水化物 kg
 - ・ てんさい：433 円/炭水化物 kg
- （価格データの出所は上記と同様）

季節変動

生産資源の原料確保については、収穫時期に応じて生産されるため、季節変動が大きいことが予想される。1年のうち、秋に1回のみ収穫される米や小麦のような場合も多いが、栽培方法の工夫により栽培期間の短縮を図ることも考えられる。なお、季節変動の多い生産資源についても、収穫後に長期保存が可能な状態にするなど、保存技術の確立と保存場所の確保により通年での利用が可能になると考えられる。

バイオマスプラスチック原料として考えられる未利用・廃棄資源

バイオマスプラスチック原料としての未利用・廃棄資源を用いる場合、生産資源と同様に、利用可能量、バイオマスプラスチック原料成分の含有率、地域性、発生密度、経済性、季節変動等が利用可能性を決定するのに加え、安定した品質の確保も重要となる。表4.1-1より、バイオマスプラスチック原料として考えられる未利用・廃棄資源の賦存状況について以下のような特性が示された。

利用可能量

未利用・廃棄資源の利用可能量は、発生量のうち、現状で他の用途に利用されていないものの量と考えることができる。現状で有効利用されていない未利用・廃棄資源でも、運搬が困難な地域での発生、低品質などの理由で現実には利用可能性の低いものも考えられるが、ここではこれら潜在的な利用可能量も含めて利用可能量を考え、その実現可能性については後述することとする。また、逆に、現状で有効利用されているものの、利用用途の付加価値が低く、バイオマスプラスチック原料用途が開発されれば市場経済に則って用途変更がなされる可能性もあるが、ここでの利用可能量は現状での未利用・廃棄量のみとする。

未利用・廃棄資源の発生量については、表4.1-1に示すとおり、厨芥類、古紙類などの家庭や事業所等から一般廃棄物として排出される品目で1000万t/年を超えているほか、農林業から発生する木くず類、稲わら等で比較的多い。一方の産業廃棄物は、発生量が少ない傾向がある。

利用可能量を算出するにあたっては、各資源の再利用状況を踏まえる必要があるが、個票に示すとおり、品目によってはルートが明らかではない場合も多い。情報の得られたものの中で利用可能量が多い可能性があるのは以下の品目である。利用可能量の不明な厨芥類、とうもろこし残さのほか、古紙、建設廃材木くず、間伐材などが続く。

- ・ 厨芥類 2,752 万 t/年
- ・ とうもろこし残余 480 万 t/年

- ・ 古紙 279 万 t/年
- ・ 建設廃材木くず 203 万 t/年
- ・ 間伐材 197 万 t/年

バイオマスプラスチック原料成分の含有率

未利用・廃棄資源の成分組成に関するデータは少ないが、データの得られたものの中でバイオマスプラスチック原料となる炭水化物が多く含まれるのは、林産廃棄物の各品目と、屑米・碎米、果実絞りかす等である。

【炭水化物含有率】

- ・ 工場残廃材/林地残材/間伐材/建設廃材木くず/剪定枝 100 乾物%
(ホロセルロース 41~72 乾物%前後)
- ・ 古紙 96 乾物%前後 (ホロセルロース 69~75 乾物%)
- ・ 屑米・碎米 87.3 乾物% (繊維質 3.6 乾物%)
- ・ 果実絞りかす 69 乾物% (繊維質 14.6 乾物%)
- ・ おから 51.3% (繊維質 51.3 乾物%)

これらのうち、工場残廃材、建設廃材木くず、古紙等の林産資源に含まれる炭水化物はセルロース、ヘミセルロースなどの繊維質が大半であり、一方の屑米・碎米や果実絞りかすについては糖質の含量が多い。なお、資源の発生量と炭水化物含有率を乗じて算出した炭水化物発生量については、表 4.1-1 に示すとおり、古紙が 1,712 万 t/年 (1,541 乾物万 t/年) で最大であり、工場残廃材、建設廃材木くずなどのセルロース高含有品目が続く。

地域性・発生密度

未利用・廃棄資源については、発生源に応じて地域性が異なる。

林業や農業由来の資源については、発生源が農村に偏っており、農家ごとに分散発生する。また、産業廃棄物については発生源となる工場等が立地している地域で集中して大量に発生する傾向がある。これらの地域性の高い品目を効率的に利用するためには発生地域でのプラント立地など、収集運搬費用の抑制を考慮したシステム設計が必要となる。

一方、一般廃棄物として収集されている古紙や厨芥、及び建設廃棄物については、人口分布と比例して全国で分散発生する。これらについて新たに収集運搬システムを確立させることはコスト増大につながる事が予想されるが、既に自治体による収集・処理のためのルートが確立していることから、自治体事業とうまく組み合わせることで効率的に必要なとする資源類を回収することも考えられる。

古米については、以前に集積された米で年月を経たものがあり、新たな収集の必要が無い、という特徴がある。

経済性

未利用・廃棄資源については、各地域で様々な用途で幅広い価格で取引がなされており、一般的な取引価格を示すのは困難であるが、品目によって逆有償での引き取りが可能なものがある。取引価格に関するデータが得られたもので、逆有償での引き取りが可能と思われるのは以下の品目である。

- ・ 建設廃材木くず：例えば -15 円/kg
- ・ 厨芥類：例えば -9 円/kg、-15 円/kg
- ・ 廃動植物油：例えば -10~-30 円/kg
- ・ 焼酎かす：例えば -20~-30 円/kg、-3 円/kg

- ・ おから：例えば -10～-30 円/kg 等

一方、ふすま、バガス、稲わら、古紙等、各用途に積極的に有効利用されているものについては比較的高コストとなる。例えば、古紙では8～48 円/kg 程度の有償で取引されている。

季節変動

未利用・廃棄資源のうち、稲わら、もみがら、根茎作物残さなどの農業作物残渣では農業作物の収穫時期にあわせて発生するために季節変動が大きいほか、保存の困難な農作物を加工する工場で発生する果実絞りかすや焼酎かすなどについても、発生する時期は限られている。

一方、林地残材や間伐材などの林業に伴って発生する木くず類については、冬場は夏に比較して素材生産量が多くなるなどの小さい変動はあるものの、農業資源ほどの変動は見られない。

また、建設廃材木くず、古紙、厨芥、古繊維などの都市圏で日々発生する廃棄物や、年間を通じて加工を行っている食品加工工場から発生するでんぷんかす、米粉等の食品製造業由来動植物性残渣については、季節変動は小さいと思われる。古米については、季節変動はない。

安定した品質の確保

未利用・廃棄資源の中には、異物の混入が激しいものや、特に有害物質が混入しているもの、ウェット系バイオマスを中心に変質の激しいものなど、安定した品質の確保が困難な資源が多くある。

特に各家庭から一般廃棄物として回収される厨芥類、古紙、古繊維等については家庭における分別不徹底による異物の混入が多いことが予想される。また、多くの素材が同時に排出される建設廃材についても木くず以外の混入物が多いと考えられるため、これらの資源を原料として利用する場合には前処理としての分別の徹底が必要となる。

さらに、建設廃棄物については防蟻剤、防腐剤としてシアン系の化学薬品が塗布されていることがあるほか、厨芥類に医薬品が混入している可能性もあり、これらについては徹底した分別の他、システム設計上、安全性にも配慮する必要がある。

その他、厨芥、果実絞りかす、魚腸骨など水分の多いウェット系バイオマスについては、変質が激しく、発生後短時間内に原料として利用しないと、必要とする成分の収率が悪化するだけでなく、収集運搬・保管時の悪臭の問題が発生する。

バイオマスプラスチック原料として期待される国産資源について

、 を踏まえ、バイオマスプラスチック原料として期待される国産資源の候補としては、生産資源、未利用・廃棄資源、それぞれ表 4.1-3 に示す品目が挙げられる。

表 4.1-3 バイオマスプラスチック原料として期待される国産資源（まとめ）

		メリット	デメリット
生産資源	米	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現状で生産量が最も多く、栽培のための設備、技術等が整備されている ・ バイオマスプラスチック原料となる糖質含有率が高い ・ ほぼ日本全国で栽培が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 季節変動が大きい
	とうもろこし	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現状で賦存量が多く、栽培のための設備、技術等が整備されている ・ 北海道～九州までの幅広い地域で栽培可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 米や麦に比べて炭水化物含有率は低い ・ 米国産とうもろこしに比べて高価格である ・ 季節変動が大きい
	小麦	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスプラスチック原料となる糖質含有率が高い ・ 北海道を中心に全国で栽培可能である ・ 炭水化物当たりの単価が最も低価格である 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現状での賦存量が少ない ・ 季節変動が大きい
未利用廃棄資源	建設廃材木くず	<ul style="list-style-type: none"> ・ 利用可能量が多い ・ バイオマスプラスチック原料となるセルロース含有率が高い ・ 逆有償での引き取りが可能 ・ 地域性が少なく、都市圏で発生密度が高い ・ 季節変動が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有害物を含め、異物の混入が多く安定した品質の確保が困難
	古紙	<ul style="list-style-type: none"> ・ 利用可能量が多い ・ バイオマスプラスチック原料となるセルロース含有率が高い ・ 地域性が少なく、都市圏で発生密度が高い ・ 季節変動が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有償での引き取りが必要 ・ 異物の混入が多い可能性がある
	厨芥類	<ul style="list-style-type: none"> ・ 利用可能量が多い ・ 地域性が少なく、都市圏で発生密度が高い ・ 逆有償での引き取りが可能 ・ 季節変動が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 異物の混入が安定した品質の確保が困難
	古米	<ul style="list-style-type: none"> ・ 収集の必要がない ・ バイオマスプラスチック原料となる糖類含有率が高い ・ 季節変動がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有償での引き取りが必要
	果実絞りかす	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスプラスチック原料となる糖類含有率が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 季節変動がある可能性がある
	屑米・碎米	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスプラスチック原料となる糖類含有率が高い ・ 季節変動が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有償での引き取りが必要

表4.1-1 バイオマスプラスチック原料として考えられる国産資源 (1/2)

	国産資源種	発生量		利用可能量 (万t/年)	エネルギー (kcal/kg)	成分 (%)						炭水化物換算発生量		発生形態				取引価格 例			留意事項						
		(万t/年)	(乾物万t/年)			水分 %	たんぱく質 %	脂肪 %	(糖質・炭水化物) (糖質・澱粉質)		繊維質 %	炭水化物換算発生量 (万t/年)	(換算率%)	繊維換算発生量 (万t/年)	都市部中心	郊外中心	少量分散	高密度発生	地域性大	(円/kg)	有償	逆有償もしくは 逆有償	逆有償	季節変動が大きい	異物の混入が多い	有害物質混入による安全性に留意が必要	腐敗等の実質が早い
									%	乾物%																	
1. 生産資源	でんぷん資源	1.1 米	889	751	/	3500	15.5	6.8	2.7	73.8	87.3	3	3.6	656.1	554.4	26.7	○	○	○	237.9	○		○				
		1.2 ハイブリッドライス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								○			
		1.3 とうもろこし	(食用)	29	7	/	920	77.1	3.6	1.7	16.8	73.4	3	13.1	4.9	1.1	0.9	○	○	○	174 (21-13-2)	○		○			
			(飼料用)	456	390	/	350	14.5	8.6	5.0	70.6	82.6	2	2.3	321.9	275.3	9.1	○	○	○	19	○		○			
		1.4 小麦	83	73	/	3,370	12.5	10.6	3.1	72.2	82.5	10.8	12.3	59.9	52.4	9.0	○	○	○	114~157	○		○				
		1.5 大麦 (裸麦を含む)	21	18	/	3,400	14	6.2	1.3	77.8	90.5	9.6	11.2	16.3	14.1	2.0	○	○	○	119~143	○		○				
		1.6 ばれいしょ	307	62	/	760	79.8	1.6	0.1	17.6	87.1	1.3	6.4	54.0	10.9	4.0	○	○	○	83	○		○				
	1.7 かんしょ	103	35	/	1,320	66.1	1.2	0.2	31.5	92.9	2.3	6.8	32.4	11.0	2.4	○	○	○	173	○		○					
	糖質資源	1.8 さとうきび	133	40	/	-	70程度	-	-	14~19	55程度	10~13	38.3	21.9	6.6	15.3	○	○	○	56.4	○		○				
		1.9 てんさい	410	103	/	-	70~80 (根)	-	-	15~20	70程度	-	-	71.8	17.9	-	○	○	○	75.7	○		○				
	油脂資源	1.10 ナタネ(成分はナタネ油)	0.07	-	/	-	-	-	40~45	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○		○		○				
		1.11 大豆	27	24	/	4,170	12.5	35.3	19	28.2	32.2	17.1	19.5	7.6	6.7	4.6	○	○	○	75~118	○		○				
		1.12 落花生	0.23	0.22	/	5,620	6	25.4	47.5	18.8	20.0	7.4	7.9	0.0	0.0	0.0	○	○	○		○		○				
	水域資源	1.13 海藻類 (成分は海藻、生わかめ)	0.12	0.01	/	160	89	1.9	0.2	5.6	50.9	-	-	0.0	0.0	-	○	○	○	432	○		○				
1.14 キチン		1.5	-	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○				○					
2. 未利用・廃棄資源	林産資源	2.1 林地残材(枝葉)	363	185	80	3,727	49	0	0	51	100		60-2: 81前後 60-2: 10前後 90-2: 10前後	185.1	94.4	185.1	○	○	○								
		2.2 間伐材	345	146	197	3,727	57.7	0	0	42.3	100		60-2: 25前後 60-2: 8.5前後 90-2: 8.5前後	145.9	61.7	144.9	○	○	○	9~23	○						
		2.3 工場残材	756	600	50.5	3,727	10 (おがくず) 30 (樹皮)	0	0	90	100		60-2: 64前後 60-2: 18前後 90-2: 18前後	600.4	612.4	600.4	○	○	○	3.2 -1.5	○						
		2.4 建設廃材木くず	327	288	203	3,727	12	0	0	88	100		60-2: 59前後 60-2: 18前後 90-2: 18前後	287.8	253.2	287.8	○	○	○	-15		○		○	○		
		2.5 固定枝	162	83	-	3,727	49 (気乾)	0	0	51	100		60-2: 81前後 60-2: 10前後 90-2: 10前後	82.6	42.1	82.6	○	○	○								
		2.6 古紙	1,991	1,792	279	3,720	10	0	0	78~94	96程度		90-2: 9~19 60-2: 69~75	1712.3	1541.0	1712.3	○	○	○	8~48	○			○			

表4.1-1 バイオマスプラスチック原料として考えられる国産資源 (2/2)

国産資源種	発生量 (万t/年)	(廃物万t/年)	利用可能量 (万t/年)	エネルギー (kcal/kg)	成分(%)								炭水化物換算発生量 (万t/年)	(kcal/t/年)	発生形態 (万t/年)	取引価格 例			留意事項																					
					水分 %	たんぱく質 %	脂肪 %	炭水化物 (糖質・糊精)		繊維質		炭水化物換算発生量 (万t/年)				都市部中心	郊外中心	少量分散	高密度発生	地域性大	有償	無償もしくは 逆有償	逆有償	季節変動が大きい	異物の混入が多い	有害物質混入による安全 性に留意が必要	腐敗等の支障が早い													
								%	乾燥%	%	乾燥%																	(円/kg)												
農産資源	2.7	稲わら	961	519	47	3,380	46	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	25 40	○		○																		
	2.8	もみがら	208	184	57	3,380	11.7	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○																						
	2.9	麦わら	87	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○		○																						
	2.10	さとうきび 残余	(パガス)	42	21	-	3,450	50前後	-	-	-	-	31	82.0	-	-	13.0	○		○																				
			(ケーキ)	83	16	-	-	80.3	1~3	1~2.8	1~3	10程度	3~6	22.8	1.7	0.3	3.7	○		○																				
	2.11	根茎作物残余	168	-	<168	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○		○																					
	2.12	とうもろこし残余	480	-	<480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○		○																					
2.13	古米	201	170		3,500	15.5	6.8	2.7	73.8	87.3	3	3.6	148.3	125.3	6.0				167~250 (生食用 玄米)	○																				
一般廃棄物	2.14	厨芥類	家庭系	1,317	329	<1,317	385	75	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○																						
			小売・ 飲食店由来	1,435	344	<1,435	385	79 (スーパーマーケットごみ) 73 (お祭りごみ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○			-9 -15																		
2.15	古繊維	18	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○																							
産業廃棄物	2.16	廃動植物油	42~56 (廃食 油発生量) 24 (回収廃 油)	-	3.2 (廃油利用率)	9,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○			-10~-30																				
	2.17	屑米・碎米	130	110	-	3,500	15.5	6.8	2.7	73.8	87.3	3	3.6	95.9	81.0	3.9	○		○																					
	2.18	食品製造業 由来 動植物性残さ	果実絞りかす	6	1	-	-	84	7	2	69.0	-	14.6	0.0	0.0	0.9			○	○	70 (生産者等か らの特定米類 業者への玄米 販売価格)																			
			おから	74	14	-	890	81.1	4.8	3.6	9.7	51.3	9.7	51.3	7.2	1.4	7.2			○	○	-10~-30																		
			焼酎かす	38	2	19	-	94程度	-	-	-	-	-	-	-	-	-			○	○	-20~-30 -3																		
			でんぷんかす	178	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			○	○																			
			ふすま	-	-	-	2,240	-	19	3.3	19	-	50	-	-	-	-			○	○	2000	○																	
末粉			<7.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			○	○																				
米ぬか	80~90	74	-	2,860	13.5	13.2	18.3	38.3	44.3	-	-	-	32.5	28.1	-			○	○																					
	魚腸骨	386	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			○	○																					

※「-」は不明部分

(2) 各種バイオマスからのバイオマスプラスチック原料抽出の研究開発事例整理

ここでは、各種バイオマス資源からのバイオマスプラスチック原料物質の抽出技術について事例を収集し、整理した。なお、事例については、バイオマスプラスチックの生産を目的としているかにかかわらず、工業原料用途でバイオマスプラスチックの原料となる物質の抽出技術を研究開発している事例を対象とした。但し、機能性食品材料としての糖類抽出技術については、目標としている生産コストが工業用途に比べて著しく高く設定されていることが予想されることから事例収集対象から除外した。

< 検索対象情報源 >

JOIS Easy (科学技術情報事業本部提供 Web 版データベース)

J-STAGE (科学技術情報発信・流通総合システム)

ReaD (研究開発支援総合ディレクトリ) 等検索サイト

各種学会誌

各研究機関の研究室ホームページ等

事例整理の結果、バイオマスプラスチックの原料抽出、及び製造技術に関する研究開発状況を図 4.1-1 に示す。このうち、原料抽出技術に着目すると、 ~ に示す研究開発がある。 ~ に該当する研究開発事例を表 4.1-4 に整理する。

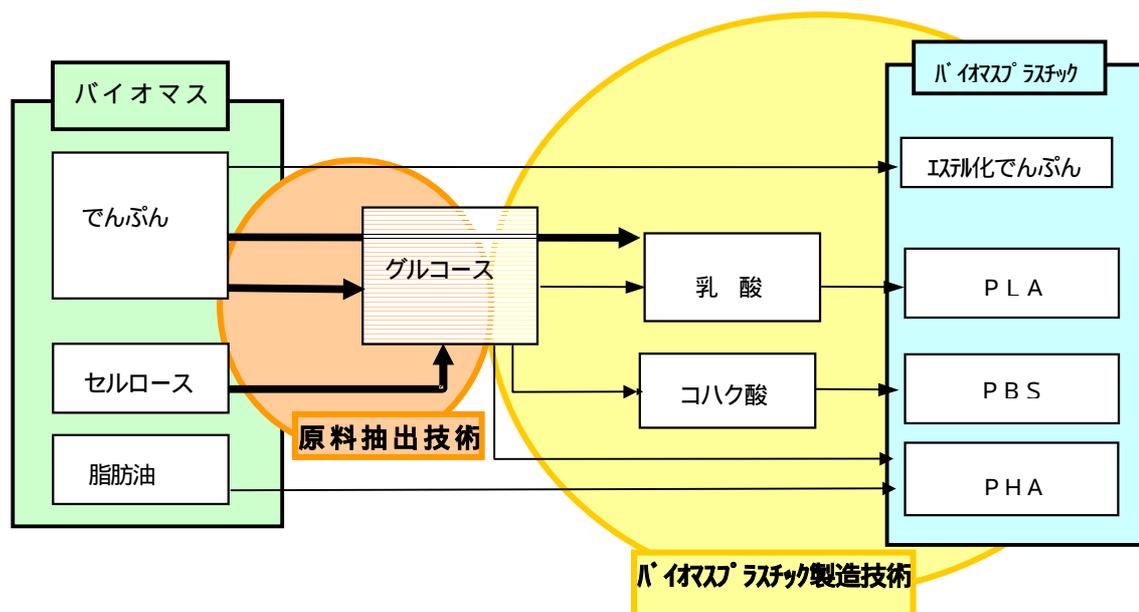


図 4.1-1 バイオマスプラスチック原料抽出及び製造技術に関する研究開発状況

各種バイオマスでんぷんからの糖生成

でんぷんからの工業用糖抽出については既に工業化されている完成された技術であり、この工程に関する研究事例は見られない。でんぷんからのグルコース抽出工程については、一般的に酸化加水分解法やグルコアミラーゼ(でんぷん分解酵素)による分解法が採用されており、これらの高効率化に関する研究開発は、各糖製造企業によって進められていることが予想される。

なお、機能性食品の分野では、各種バイオマスからのキシロース等の有用成分抽出に係る研究開発が活発に行われている。

各種バイオマスでんぷんからの乳酸の製造

従来の乳酸製造では、バイオマス中のでんぷんを原料として糖化施設でグルコースを生成し、得られたグルコースを一度分離した上、発酵施設に投入して乳酸を生成する、という2工程での製造が一般的であった。近年では、糖化工程と発酵工程を連続的に行い、1施設でバイオマスでんぷんから乳酸までを製造する手法が研究されている。

表 4.1-4 に示す研究事例 1~3 はバイオマス中のでんぷんから糖化と乳酸発酵を連続的に行うことで、1工程で乳酸を得るものである。

事例 1 では安価で生産効率のよいサゴデンブと、有機栄養源としての天然ゴム廃液を、乳酸発酵培地とし、ホモ乳酸菌であり、同時に抗菌物質を生産するパクレリオン生産菌を用いて連続発酵により高純度L-乳酸を得る。培養液を循環させることで高い生産性を確保している。

事例 2 では、米ぬかを原料とし、加水分解酵素と乳酸菌を同時に作用させることで乳酸を高効率で得ている。

各種バイオマスセルロースからのバイオマスプラスチック原料成分製造

目的はバイオマスプラスチック原料とは限らないが、セルロースからの糖類や有機酸等の生成に関する研究事例は多い。

<対象バイオマス種>

表 4.1-4 に示すセルロースを用いた研究事例においては、原料として木材、古紙、農業廃棄物を利用している事例が多い。事例 15、16 ではバイオマス原料ごとの糖類収率を比較している。利用技術は異なるものの、これら事例によると、古紙や農業廃棄物に比べて木材での糖収率は比較的低い傾向にある。

事例 15 : 「蒸気爆砕による稲わらの性状変化と酵素糖化」 金沢大学工学部 沢田達郎教授

対象 : 稲わら

反応条件 : 加圧 3.3-3.8MPa ・ 反応時間 1.0-3.5 分

結果 : 還元糖収率 70w%

対象 : カラマツ

反応条件 : 加圧 4.3-4.8MPa ・ 反応時間 4-6 分

結果 : 還元糖収率 40w%

対象 : ユーカリ

反応条件 : 加圧 3.9-4.4MPa ・ 反応時間 5-8 分

結果 : 還元糖収率 : 70w%

事例 16 : 「セルロース系物質の熱分解液中のレボグルコサン」

独立行政法人 産業技術総合研究所北海道センター 三浦正勝氏

対象 : 木材

結果 : レボグルコサン収率 2w%

対象 : 濾紙・ガーゼ

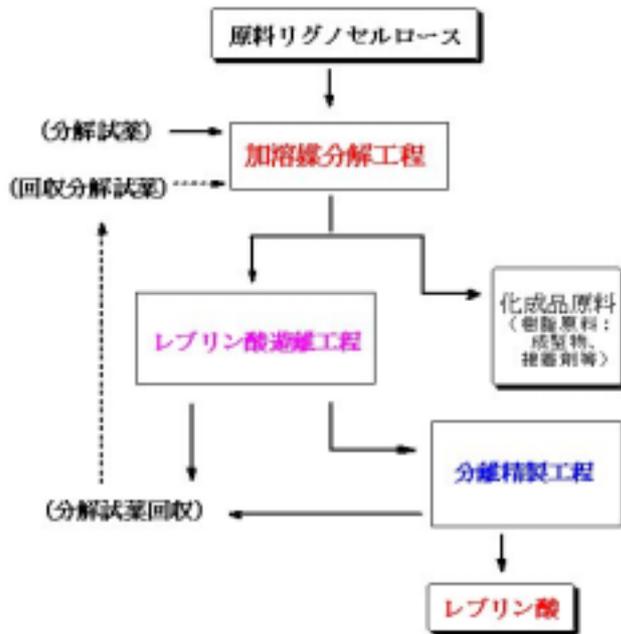
結果 : レボグルコサン収率 22w%

<利用技術>

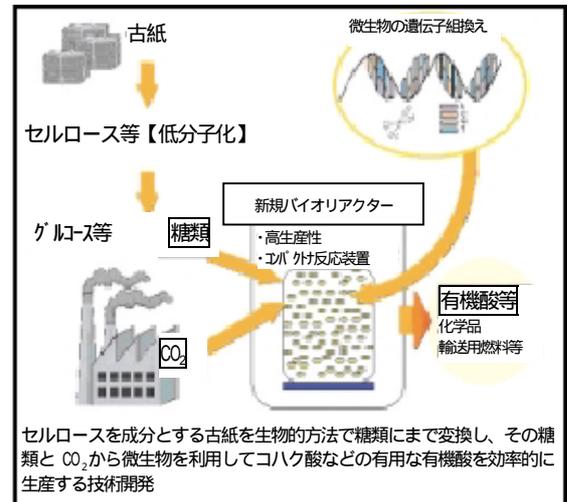
表 4.1-4 に示すセルロースを原料とした糖類や有機酸等の生成に関する研究事例においては、超臨界水、亜臨界水を含む加圧熱水を利用するものが多い。その他では、熱分解、加溶媒反応や細菌利用が見られる。

<最終生成物>

表 4.1-4 に示す研究事例では、グルコースを含む糖類を最終生成物とするものが多いほか、最終的には生成した糖類のアルコール化を目的としている事例が多い。生成物をバイオマスプラスチックの原料として利用することを視野に入れている事例は、事例3、4で、これらでは糖類からさらに、PBS原料となるコハク酸やレブリン酸の生成を行っている。これらの研究事例の概要を図4.1-2、4.1-3に示す。



(出所) 森林総合研究所平成14年度研究成果選集HP
図4.1-2 事例3:『木質系廃棄物を徹底的に分解して有用化学原料を調整する』概要



(出所) RITE NOW Vol46, 2003
図4.1-3 事例4:『RITE菌から広がる可能性を徹底追求する』概要

その他

～の研究事例以外では、事例17～19がある。事例17は、家庭系厨芥類を原料とし、糖化、乳酸発酵、重合工程を経てポリ乳酸精製までの全工程に関する研究事例である。事例18、19に関しては、バイオマスそのものではなく、バイオマスを加工して得られた糖蜜よりL-乳酸を高効率に生成するものである。

表 4.1-4 バイオマスプラスチック原料物質の抽出に係る研究開発事例 (1/2)

分類	事例番号	研究内容	出所	研究者名	所属	原料バイオマス	利用技術	最終生成物	備考
各種バイオマスから乳酸の製造	1	植物バイオマスからポリ乳酸原料「高純度-乳酸」を製造する高速・高効率連続発酵法 ^A Lactococcus Lactis IO-1によるSynchronized Fresh Cell Bioreactorを用いたサゴテンブンからの高効率連続 L-乳酸発酵 ^B	A: 高分子Vol.50NO.6,391,2001 B: 生物学 Vol. 79 NO. 6, 2001	A: 石崎文彬 B: 小林元太, Cinlo Nolasco-Hipolito, 園元謙二, 石崎文彬	九州大学農学部 食料化学工学科微生物工学講座	サゴヤシ	連続乳酸発酵	L-乳酸	
	2	未殺菌米ぬかを炭素源とした同時糖化発酵による乳酸の生産 ^A 米糠を炭素源とした生分解性ポリマー原料の生産-製薬廃棄物の資源化プロセスの開発 ^B	A: 化学工学会関東支部大会研究発表講演要旨集Vol.2002,44 B: 飯島記念食品科学発展財団年報 Vol.2000,279-283	谷口正之	新潟大学工学部機能材料工学科	米糠	加水分解酵素と乳酸菌を用いた同時糖化発酵	乳酸	
各種バイオマスセルロースからのバイオマスプラスチック原料成分製造	3	木質系廃棄物を徹底的に分解して有用化学原料を調整する	森林総合研究所平成14年度研究成果選集HP	山田竜彦、小野拓邦、栗本康司	1: 独立行政法人 森林総合研究所 成分利用研究部 木材化学研究室 2: 東京大学 3: 秋田県立大学	木質系バイオマス	加溶媒分解反応	レブリン酸	
	4	RITE菌から広がる可能性を徹底追求する ^A コリネ型最近を用いたCO ₂ の有機化への変換 ^B	A: RITE NOW Vol.46, 2003 B: J. Technology and Education, Vol10, No1, 2003	A: 湯川英明 B: 高山勝己、高橋哲也、吉村忠与志、乾将行、湯川英明	1: 福井工業高等専門学校物理工学科 2: 財団法人 地球環境産業技術研究機構	古紙	コリネ型細菌利用	コハク酸	NEDO委託事業
	5	セルロース系バイオマスを原料とする新規エタノール発酵技術などにより燃料用エタノールを製造する技術の開発	月刊エコインダストリー 2003.4 経済産業省HP ほか (http://www.metigo.jp/report/downloadfiles/g30528d50j.pdf)		アルコール協会、株式会社 日揮、ほか	木質系バイオマス	濃縮液による糖化	エタノール	NEDO委託事業
	6	木質資源からのバイオエタノール生産-超臨界水及び亜臨界水処理による木材の高速化学変換-	ブレインテクノニュース Vol. 101	松永正弘、松井宏昭、清水孝峯、山本誠 ²	1: 独立行政法人 森林総合研究所 2: 株式会社神戸製鋼所 化学環境研究所	スギ木材	超臨界水及び亜臨界水処理	グルコース、オリゴ糖などの糖類	
	7	セルロース系バイオマスの加圧熱水による糖化およびアルコール発酵		坂木 剛、柴田昌男、三木敏晴、安田誠二、廣末英晴、林 信行	独立行政法人 産業技術総合研究所九州センター 基礎素材研究部門 天然素材複合化技術研究グループ 鹿児島県工業技術センター 佐賀大学農学部	セルロース粉末 イタジイ	加圧熱水分解	ヘキソース	
	8	イタジイからのキシロオリゴ糖生産に及ぼす加圧熱水温度及び圧力の影響		熊谷聡、林言行、麻生朗、坂木剛、柴田昌男	1: 佐賀大学農学部 2: 産業総合研究所九州センター	イタジイ	加圧熱水分解	キシロオリゴ糖	
	9	Decomposition of cellulose in near-critical water and fermentability of the products	Energy&Fuels,10,684:1996	坂木剛	独立行政法人 産業技術総合研究所九州センター 基礎素材研究部門 天然素材複合化技術研究グループ	農産廃棄物	加圧熱水 (亜臨界水)	グルコース (エタノール)	
	10	水溶性オリゴ糖類及び単糖類の製造方法	特許第3041380号(2000年登録)	坂木剛	独立行政法人 産業技術総合研究所九州センター 基礎素材研究部門 天然素材複合化技術研究グループ	農産廃棄物	加圧熱水 (亜臨界水) +酵素分解	グルコース	
	11	Chemical conversion of cellulose as treated in supercritical methanol	Cellulose 8: 189-195,2001.	Yoichi Ishikawa, Shiro Saka	京都大学	微結晶性セルロース コットンリッター 溶解パルプ	超臨界メタノール処理	メチル -D-グルコサイド メチル -D-グルコサイド レボグルコサン	

表 4.1-4 バイオマスプラスチック原料物質の抽出に係る研究開発事例 (2/2)

分類	事例番号	研究内容	出所	研究者名	所属	原料 バイオマス	利用技術	最終生成物	備考
各種バイオマスセルロースからのバイオマス プラスチック原料生成製造(続き)	12	亜臨界水・超臨界水処理による廃木材の資源・エネルギー化	化学工学会秋季大会研究発表要旨集 Vol.36thPage403	吉田弘之、片山裕紀	大阪府立大学工学部	廃木材	超臨界及び亜 臨界水処理	グリコール酸 乳酸 酢酸 グルコース エリトース	
	13	木材の熱分解によるレボグルコサンの収率に及ぼす昇温度の影響	化学工学論文集Vol.21, No.4, 843-846, 1995	三浦正勝、田中重信、安藤公二	産業総合研究所北海道センター 低温生物化学部	カラマツ材	熱分解	レボグルコサン	
	14	セルロース系物質の糖化方法	特許第1400009号(1982年出願)	三浦正勝、加我晴生、西崎寛樹	独立行政法人産業技術総合研究所北海道センター 生物遺伝子資源研究部門 生物支援高度利用研究グループ	セルロース系物質	熱分解	レボグルコサン	
	15	蒸気爆砕による稲わらの性状変化と酵素糖化	化学工学論文集Vol.17No.3, 504-510, 1990	沢田達郎	金沢大学工学部物質化学工学科	稲わら・カラマツ・ユーカリ	爆砕+酵素分解	還元糖	
	16	セルロース系物質の熱分解液中のレボグルコサン	木材学会誌Vol.29, No.11, 756-762(1983)	三浦正勝	独立行政法人産業技術総合研究所北海道センター 生物遺伝子資源研究部門 生物支援高度利用研究グループ	セルロース系物質	熱分解	レボグルコサン	
その他	17	食品ゴミからポリ乳酸の製造とケミカルリサイクルについて	PETROTECH第26巻第3号19-25, 2003	白井義人	九州工業大学情報工学部	生ごみ	酵素分解+ 乳酸発酵	ポリ乳酸	
	18	THE UTILIZATION OF AGRICULTURAL FOOD WASTE BY BIOCHEMICAL TECHNIQUES SUCH AS FERMENTATION TO PRODUCE L(+)-LACTIC ACID	Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference Bangkok, Thailand, 7-10 December 1998	MA. Tariq, T. Kimura, T. Ueno, J.C. Ogbonna	筑波大学農林工学系	桃缶詰シロップ	乳酸発酵	L-乳酸	
	19	Lactic acid production using two food processing wastes, canned pineapple syrup and grape invertase, as substrate and enzyme	Biotechnology Letters 25:573-277, 2003	Takashi Ueno, Yasuhiro Ozawa, Masaki Ishikawa, Kotoyoshi, Nakanishi & Toshinori Kimura	1: 函館工業高等専門学校 2: 東京農業大学 3: 筑波大学農林工学系	パインアップル缶シロップ	乳酸発酵	乳酸	

(3) バイオマスプラスチック原料として期待される国産資源

賦存状況、及び、技術開発動向から、バイオマスプラスチック原料として期待される国産資源の抽出を行った。この際、原料成分としてでんぷんを利用する場合と、セルロースを利用する場合とで分けて検討することとする。

バイオマスプラスチック原料成分としてでんぷんを利用する場合の国産資源

(2)で示したとおり、バイオマス中のでんぷんを糖化する技術は既に完成されているため、技術側からの原料に対する要求事項は少ない。そのため、でんぷんを利用する場合の原料バイオマスとして期待されるのは、糖の含有率が高く、賦存量が多く、利用しやすいことである。

糖の賦存量が多いと思われる国産資源としては、(1)より、生産資源としての米、とうもろこし、小麦、大豆、未利用・廃棄資源としての厨芥類、古米、果実絞り汁、碎米・屑米などが考えられる。この内、生産資源の利用に際しては、いずれも季節変動が激しいことから、保管場所と保管技術の確立が必要となるほか、厨芥類では分別手法の検討と一般廃棄物収集運搬ルートと組み合わせたシステム設計が必要となる。バイオマスプラスチック原料として利用する場合に、新たに必要となる費用や時間が最も少なく、現状での利用が容易なのは古米や屑米、碎米、果実絞りがす等である。また、これらは季節変動が少なく、異物も少ないと予想されることから、安定した量と質の確保が比較的容易であるというメリットを有する。

そこで、当初は、比較的利用が容易な古米や屑米・碎米、果実絞り汁等をバイオマスプラスチック原料としてスタートし、技術開発の進展や、バイオマスプラスチックの市場拡大にともない、当該地域特性に適した生産資源の栽培を行うことや自治体における一般廃棄物処理事業との組み合わせにより、厨芥類を対象とすることも考えられる。

また、連続的な糖化・発酵によりでんぷんから1工程で乳酸を生成する手法(2)については、現在技術開発段階にある。直接乳酸生成技術を実用化するにあたっては、異物の混入が少なく、糖類の含有量の多い生産資源が、古米、碎米・屑米などの利用から実証していくことが望ましい。

バイオマスプラスチック原料成分としてセルロースを利用する場合の国産資源

セルロースからバイオマスプラスチック原料となる糖類や有機酸などを生成する技術については、(2)で示したとおり、現状で研究開発が多く行われている段階である。これらの研究開発の対象となっているバイオマス種は、木材、農産資源、古紙等であるが、(2)で述べたとおり、木材での収率は低い傾向がある。そのため、これらの技術を実用化する際には、賦存量が多く、セルロースの含有率が高く、利用しやすいのはもちろん、異物の含有が少なく、高い収率が期待できる資源が望ましい。

(1)において、これらの条件に合致する国産資源は古紙と考えることができる。紙類は木材からセルロースを抽出して製造されているため、古紙のセルロース含有率は高く、賦存量も多い。一般廃棄物として排出されることが多いが、厨芥類と異なり、資源ごみとして家庭で分別されて排出されることが一般的であることから、市町村の収集運搬と組み合わせることで新たな分別や収集ルートを確立する必要がないという利点がある。

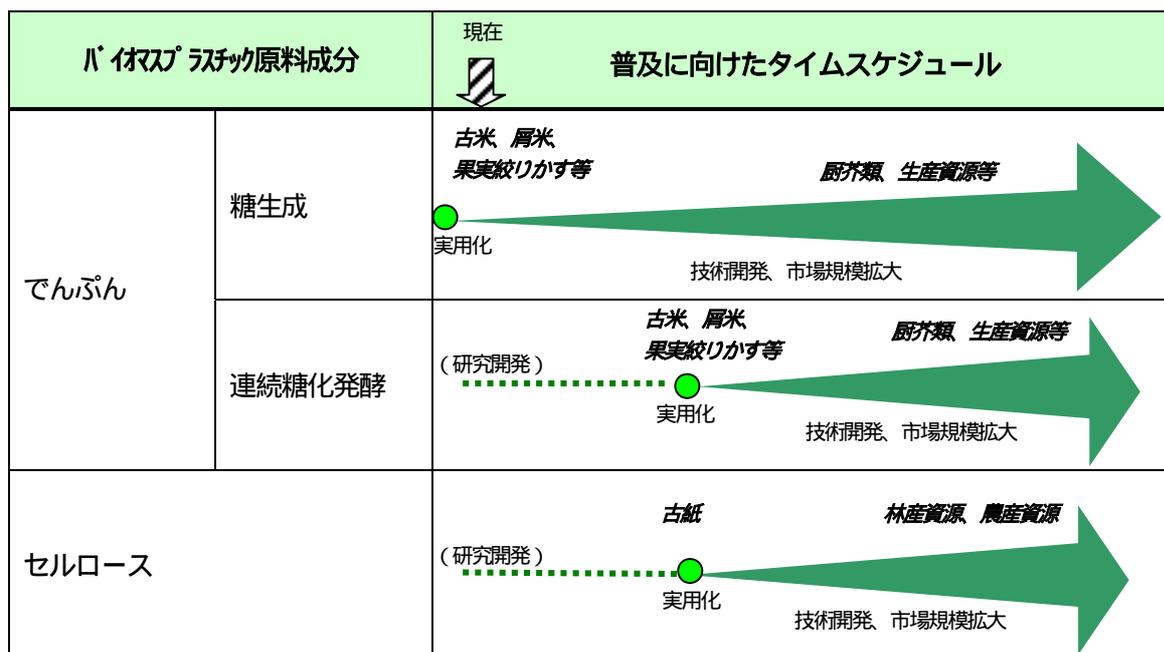


図 4.1-4 普及に向けたバイオプラスチック原料成分利用のタイムスケジュール

まとめ

、よりでんぷん及びセルロースをバイオプラスチック原料として用いる場合、図 4.1-4 のようなタイムスケジュールが考えられる。実際にバイオプラスチック原料として国産資源を利用する場合には、各技術に関する研究開発の進捗状況やバイオマス種の流通市場変化に適した資源を選択することが必要である。

なお、国産資源を継続的に利用するためには、国産資源が不足する場合には輸入資源で補充することも有効な手段である。資源の国際市場価格を視野に入れつつ、柔軟性を持った持続可能なバイオプラスチック製造システムを構築することが必要である。

4.2 低コストに向けた検討

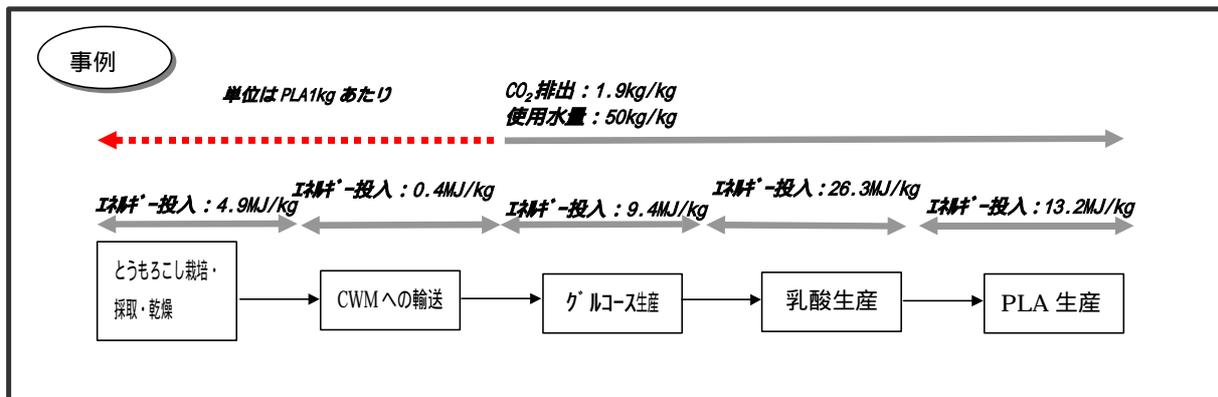
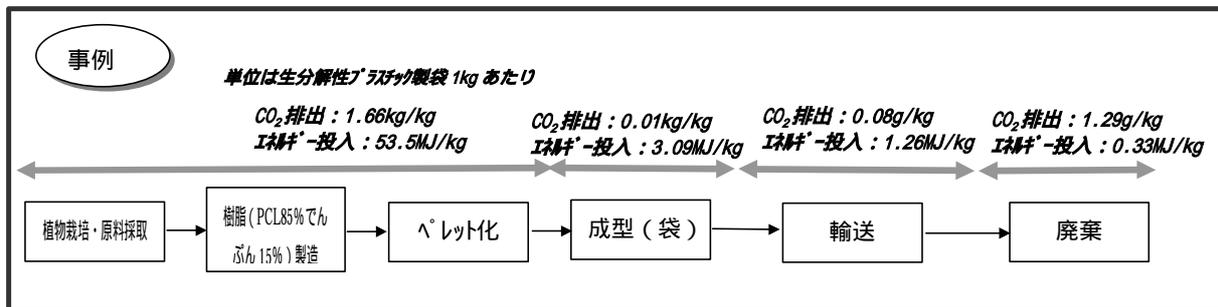
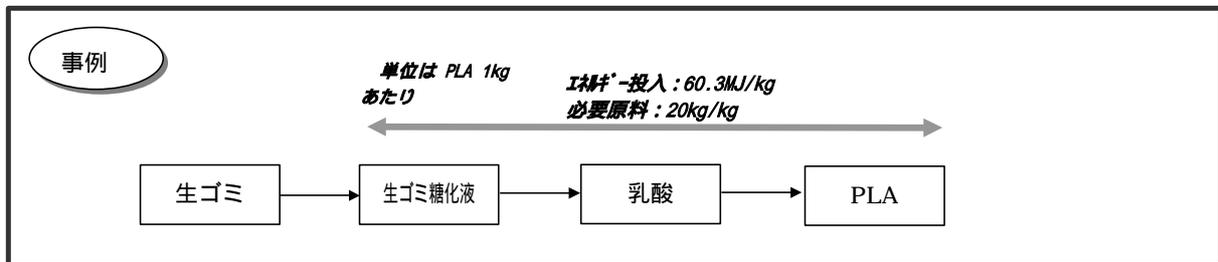
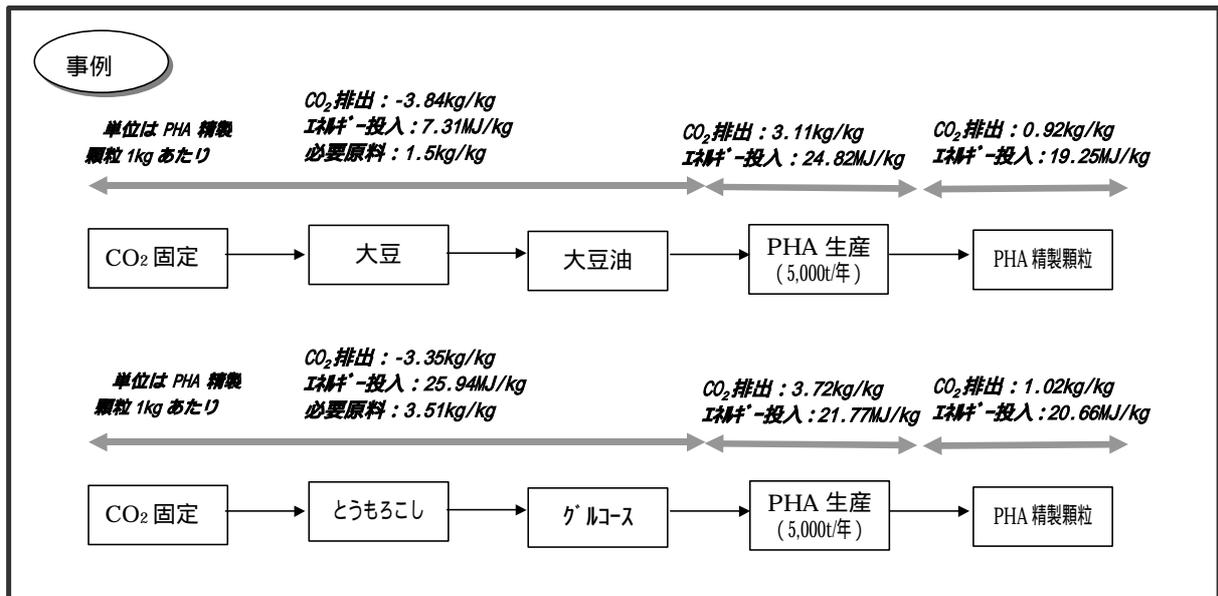
(1) 各種文献におけるコスト等試算事例の整理

文献、ホームページ等よりコスト分析、及び環境負荷評価に関する既存情報を収集し、各情報を個票として整理した。その概要を表4.2-1、図4.2-1に整理した。

表4.2-1 既存事例によるコスト分析結果

		原 価					備 考	
		円/kg (生成物)	原料費 %	設備投資 /設備費 /固定費 %	人件費/ 用役費 %	光熱費 (電気・ ガス・ 水道) %		その他 %
事例	PHA(大豆油原料・5,000t/年)	427.3	22.6	53.9	5.2	11.3	7.0	その他には廃液処理/ 品質管理費用を含む
	PHA(グルコース原料・5,000t/年)	462.2	32.0	47.0	5.0	10.0	6.0	その他には廃液処理/ 品質管理費用を含む
事例	PLA(生ごみ原料・2,000t/年)	435.0	-	44.8	17.2	12.6	25.3	その他には消耗品費、 その他管理費を含む
	PLA(生ごみ原料・30,000t/年)	200.0	-	31.0	5.0	25.0	39.0	その他には消耗品費、 その他管理費を含む
事例	PHB(砂糖原料・10,000t/年)	267.1	50.0	22.9	8.2		18.9	その他にはROI、販売 費その他を含む
	PHB(砂糖原料・20,000t/年)	249.1	53.6	19.7	8.8		17.9	その他にはROI、販売 費その他を含む
	PHB(砂糖原料・50,000t/年)	231.6	57.6	16.2	9.4		16.8	その他にはROI、販売 費その他を含む
	PHB(価格引き下げ砂糖原料・10,000t/年)	159.1	16.1	38.4	13.7		31.8	その他にはROI、販売 費その他を含む
	PHB(価格引き下げ砂糖原料・20,000t/年)	141.2	18.1	34.7	15.4		31.8	その他にはROI、販売 費その他を含む
	PHB(価格引き下げ砂糖原料・50,000t/年)	123.7	20.7	30.4	17.6		31.3	その他にはROI、販売 費その他を含む
事例	乳酸(日本産とうもろこし原料)	155.0	38.7	9.7	12.9	-	38.7	その他にはメンテナ ンス費、間接費、一般管 理費
	乳酸(米国/中国産とうもろこし原料)	100.0	40.0	7.5	2.5	-	50.0	その他にはメンテナ ンス費、間接費、一般管 理費

(注) ROI = 投資収益率。投資した資本に対して得られる利益の割合。利益を投資額で割ったもの



(注) PCL : ポリカプロラクタム、CWM : コーン・ウェット・ミル

図 4.2-1 既存事例による環境負荷評価結果

文献名									
事例 『バイオプラスチック生産の環境影響評価』									
「OHM」2003年11月 特集No.4 p2-7									
柘植丈治（東京工業大学大学院 助手）									
土肥義治（東京工業大学大学院 教授、理化学研究所 招聘主任研究員）									
対象樹脂					分析項目				
大豆油を原料とした PHA					投入エネルギー量				
グルコースを原料とした PHA					排出二酸化炭素量				
					生産コスト				
分析範囲									
大気中の二酸化炭素から PHA の精製顆粒を得るまで									
要点									
<ul style="list-style-type: none"> ○ 2つの PHA 原料（大豆油、グルコース）に関する原料生産段階、PHA 生産・精製段階における投入エネルギー量と排出二酸化炭素量の比較 ○ PHA と汎用樹脂に関する投入エネルギー量と排出二酸化炭素量の比較 ○ 2つの PHA 原料（大豆油、フルコース）を用いた場合の PHA 生産コストの算出 									
条件									
<投入エネルギー・排出二酸化炭素量>									
<ul style="list-style-type: none"> ・ 原料大豆油生産段階：アメリカ農務省、エネルギー省公表値を参考に、積み上げ法。農業段階については、米国の大豆生産が盛んな9つの州の平均値を利用。 ・ 汎用樹脂：ヨーロッパプラスチック生産者協会公表の石油ベースの汎用樹脂5種類のインベントリー分析を比較対象とする 									
<生産コスト>									
<ul style="list-style-type: none"> ・ 大豆油、グルコース取引価格：約0.3ドル/kg 									
<生産工程>									
<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験結果や公表されている各社データより菌体濃度、PHA含有率、収率について4ケースを設定（下表） ・ 発酵槽は1機、運転間隔を12時間あけて年間330日運転 ・ 発酵槽の運転は国内で実施（NEDO 公開データを利用） 									
表 PHA 微生物生産(年間生産量 5,000 トン)における運転条件の設定と推定生産コスト									
ケース	原料	生産物	培養時間 (h)	菌体濃度 (g/l) ^(注2)	PHA含有率 (重量%)	収率 (g/g) ^(注3)	年間運転 回数 ^(注4)	発酵槽 (m ³)	コスト (\$/kg)
1	大豆油	P(3HB-co-3HHx)	50	100	80	0.70	128	750	4.77
2	大豆油	P(3HB-co-3HHx)	50	150	80	0.70	128	500	3.92
3	大豆油	P(3HB-co-3HHx)	50	100	85	0.80	128	700	4.27
4	大豆油	P(3HB-co-3HHx)	50	150	85	0.80	128	460	3.73
5	グルコース	P(3HB)	30	200	75	0.37	188	300	3.88
6	グルコース	P(3HB)	48	190	75	0.30	132	400	4.24
<small>(注1) P(3HB-co-3HH)の組成費は3HHx分率が5mol%の共重合体を想定した。 (注2) 乾燥した後の菌体重量。 (注3) 原料1gから生産されるPHAの重量(g) (注4) 操業は年間330日とし、運転間隔を12時間とした場合の年間運転回数。</small>									

環境負荷評価

表 PHA の生産工程におけるインベントリー分析の結果 (注1)

ケース	必要原料 (kg/kg)	原料生産		PHA 生産工程		精製工程		合計	
		CO ₂ (kg/kg)	エネルギー (MJ/kg)						
1	1.50	-3.84	7.31	3.74	35.58	0.92	19.24	0.82	62.13
2	1.50	-3.84	7.31	3.11	24.82	0.92	19.25	0.19	51.38
3	1.32	-3.27	6.23	3.10	31.99	0.65	16.27	0.48	54.49
4	1.32	-3.27	6.23	2.58	23.01	0.65	16.25	-0.04	45.49
5	2.84	-2.77	21.44	2.25	14.75	1.00	22.98	0.48	59.17
6	3.51	-3.35	25.94	3.72	21.77	1.02	20.66	1.39	68.37

(注1) 各ケースにおける運転条件は表2を参照。

単位：PHA 精製顆粒 1kg あたりの必要原料(kg)、排出二酸化炭素量(kg)または投入エネルギー量(MJ)。

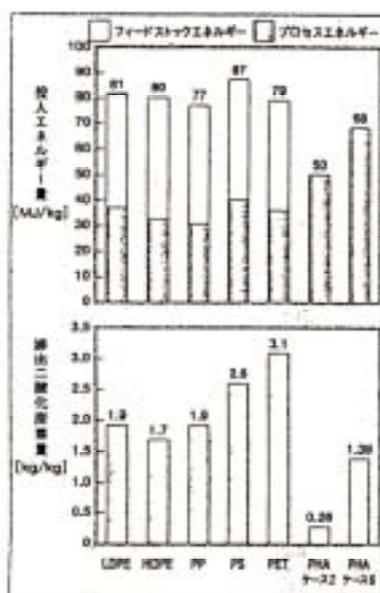
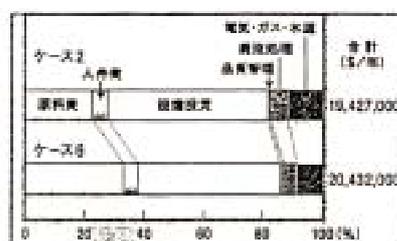


図5 PHAと汎用樹脂生産の投入エネルギー量と排出二酸化炭素量の比較

コスト分析



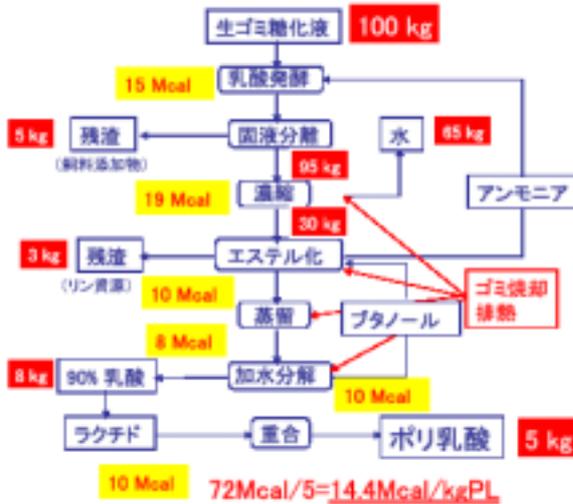
コスト分析・環境負荷評価にあたり有益と考えられる情報

- ・ PLA 原料としてグルコースよりも大豆油のほうが投入エネルギー量、二酸化炭素排出量が少ない。
- ・ PHA 生産プロセスは、投入エネルギー量、二酸化炭素排出量（汎用樹脂 1.7～3.1kg/kg 製品 PHA 生産 0.26～1.39kg/kg 製品）とともに汎用樹脂の生産プロセスよりも少ない。
- ・ 大豆油を原料とした場合、407～520 円/kg（1 \$ = 109 円で換算）で、グルコースを原料とした場合には 423～461 円/kg で PHA を生産できる。

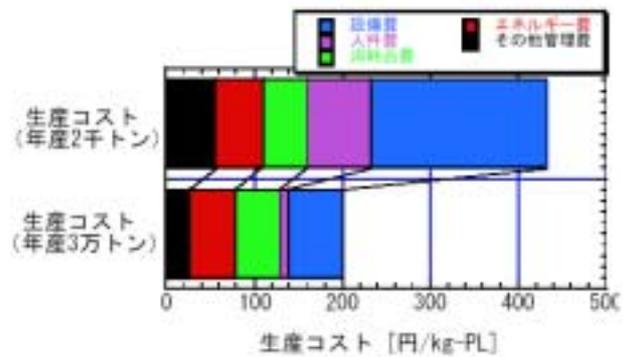
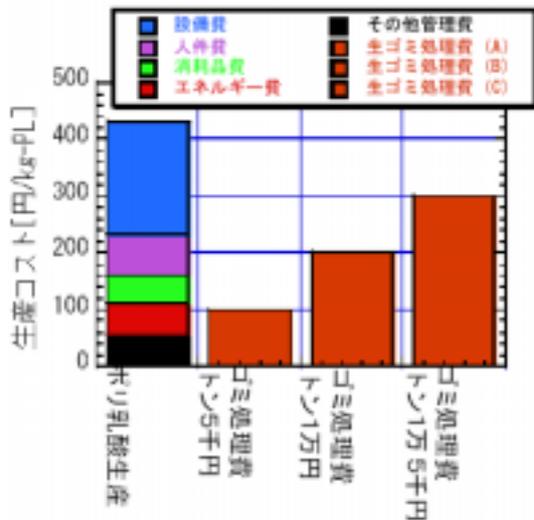
文献名	
事例 『生ゴミからプラスチックの生産 - 都市の肝臓 - 』 九州工業大学生命体工学研究科生体機能専攻白井研究室 HP http://www.life.kyutech.ac.jp/~shirai/	
対象樹脂	分析項目
生ゴミを原料としたポリ乳酸	投入エネルギー量 生産コスト
分析範囲	
エネルギー量：生ゴミ糖化液からポリ乳酸製造まで、	
要点	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 生ゴミ糖化液からポリ乳酸生産フローにける投入エネルギー量 ○ ゴミ焼却熱に占めるポリ乳酸製造に必要なエネルギー量 ○ 生ゴミポリ乳酸の生産コスト ○ 生ゴミポリ乳酸生産コストに及ぼす生産規模の影響 	
条件	
<試算条件> 生ゴミ量： 100 トン/日 設備の耐用： 20 年 ポリ乳酸化 設備： 80 億円 (含土地) 10000m ² (10 億円) 人件費： 24 人 × 700 万円 エネルギー費： ポリ乳酸 1kg あたり 30 リットル蒸気必要 ゴミ焼き蒸気： 1500 円/トン 管理費： 15% 生ゴミあたりポリ乳酸収率 5%	

環境負荷評価

生ゴミ糖化液からポリ乳酸の生産フロー図



コスト分析



コスト分析・環境負荷評価にあたり有益と考えられる情報

- 生ゴミ糖化液からポリ乳酸を生産するにあたっての投入エネルギー量は 14.4Mcal / kg-PL
- 生ゴミからポリ乳酸を製造する場合 (2,000t/年規模) の生産コストは 430 円/kg 程度であるが、ゴミ処理費用として 15,000 円/t の収入があれば生産コストを 130 円/kg 程度に下げることができる。
- 生産規模を 30,000t/年程度とすると、2,000t/年規模の場合に比べて生産コストは 1/2 以下となり、200 円/kg での生産が可能となる。

文献名	
事例 『生分解性プラスチックのコスト評価』 『生分解性プラスチックの実際技術』株式会社 シーエムシー発行 1992 シーエムシー編集部	
対象樹脂	分析項目
砂糖を原料とした PHB	生産コスト
分析範囲	
原料（砂糖）～PHB 生産	
要点	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 原料砂糖価格の変動に伴う PHB コストの変動 ○ PHB の生産規模別コスト 	
条件	
<ul style="list-style-type: none"> ○ コスト分析結果に記載 ○ 総原価：原料費 + 用役費 + 固定費 + ROI + 販売費その他 ○ 比例費については従来単価をケース A、新単価をケース B として求める ○ 固定費は表 1 のように定める。表中の設備費はバッテリーリミット内のプラントを対象とする。 	
表 1 固定費推算例	
労務費	設備費 × 0.05 / 年
補修費	設備費 × 0.05 / 年
償却費	設備費 × 0.075 / 年
租税・保険費	設備費 × 0.02 / 年
管理費	設備費 × 0.05 / 年
設備金利	設備費 × 0.05 / 年

環境負荷評価

コスト分析

- 原料砂糖価格の変動に伴う PHB コストの変動(ケース A は原料砂糖単価 \$ 350 / t、ケース B は E C の工業用砂糖価格引き下げ案によるコスト \$ 67 / t で算出)

表2 PHBのコスト(ケースA)

設備規模 10,000トン/年 稼働率80%				
設備費評価 (1,000\$)	B L 付帯 合計			1,500 750 2,250
原価		(原単位 T / T)	(単価 \$ / T)	(\$ / T)
原料費	砂糖	3.5	350	1,225
用役費				200
固定費	労務費 補修費 償却 租税・保険 管理費 設備金利			560
ROI	設備総額 × 10%			280
販売費 その他	価格 × 10%			185
総原価				2,450

表3 PHBのコスト(ケースB)

設備規模 10,000トン/年 稼働率80%				
設備費評価 (1,000\$)	B L 付帯 合計			1,500 750 2,250
原価		(原単位 T / T)	(単価 \$ / T)	(\$ / T)
原料費	砂糖	3.5	67	235
用役費				200
固定費	労務費 補修費 償却 租税・保険 管理費 設備金利			560
ROI	設備総額 × 10%			280
販売費 その他	価格 × 10%			185
総原価				1,460

- PHB の生産規模別コスト(ケース A、B は上記の原料砂糖価格の違いによる)

表5 PHBの生産規模別コスト(ケースA)

設備規模(トン/年)		10,000	20,000	50,000
設備費 (1,000\$)	B L 付帯 合計	1,500 750 2,250	2,400 1,200 3,600	4,600 2,300 6,900
原価(\$ / T)				
原料費用		1,225	1,225	1,225
用役費用		200	200	200
固定費用		560	450	345
ROI		280	225	170
販売費他		185	185	185
総原価		2,450	2,285	2,125

表6 PHBの生産規模別コスト(ケースB)

設備規模(トン/年)		10,000	20,000	50,000
設備費 (1,000\$)	B L 付帯 合計	1,500 750 2,250	2,400 1,200 3,600	4,600 2,300 6,900
原価(\$ / T)				
原料費用		235	235	235
用役費用		200	200	200
固定費用		560	450	345
ROI		280	225	170
販売費他		185	185	185
総原価		1,460	1,295	1,135

コスト分析・環境負荷評価にあたり有益と考えられる情報

- 原料砂糖単価 38 円/kg を用いた場合、PHB の生産コスト(10,000t/年規模) は 267 円/kg (1 \$ = 109 円で換算) となるが、原料砂糖単価が 7.3 円/kg まで引き下げられれば PHB 生産コストは 159 円/kg まで引き下げられる。
- 原料砂糖単価が 38 円/kg の場合、生産規模を 10,000t/年から 2 倍、5 倍にするとスケールメリットにより、生産コストが各々 6.7%、13.3%削減される。
- 原料砂糖単価が 7.3 円/kg の場合には、スケールを 2 倍、5 倍とすることで 11.3%、22.3%の生産コスト削減が期待される。

文献名	
事例 『生ゴミ処理袋のLCA的検討について』 環境省 平成14年度特定調達品目検討会 第2回会合資料	
対象樹脂	分析項目
生分解性プラスチック製(ポリカプロラクトン85%+でんぷん15%)生ゴミ処理袋 比較対象としてポリエチレン製生ゴミ処理袋	投入エネルギー量 排出二酸化炭素量
分析範囲	
生分解性プラスチック製生ゴミ処理袋： 原料(原油の採掘/植物の栽培)+ペレット製造+袋成型+廃棄(コンポスト化) ポリエチレン製 原料(石油の採掘)+ペレット製造+袋成型+廃棄(焼却)	
要点	
○ 生分解性プラスチック製とポリエチレン製の生ゴミ処理袋の環境負荷(投入エネルギー、排出二酸化炭素量)について比較検討	
条件	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 生分解性プラスチック製生ゴミ処理袋重量：9.15g/袋 ○ 生分解性プラスチック製生ゴミ処理袋原材料：カプロラクタム85%+でんぷん15% なお、現在市場に出回っている製品としては、でんぷん30%程度が平均だが、Patel氏等の論文の設定に従い、生分解性プラスチック製にとって厳しい設定となる15%に設定 ○ ポリエチレン製生ゴミ処理袋重量：7.045g/袋 ○ 考察にあたっては「Environmental assessment of bio-based polymer and natural fibres」(ユトレヒト大学 Martin Patel氏他による)を元にした。 	

環境負荷評価

	生分解性プラスチック	ポリエチレン
1) 原料～ペレット製造		
化石燃料の使用 (kJ/袋)	489.6 (可塑化でんぷん 43.98) (PCL プ 0.8 + 資源 413.2) (コンパウンド化 32.36) (プ 0.8 + 0.8 - 248.8) (資源エネルギー 240.8)	589.8 (プ 0.8 + 0.8 - 225.2) (資源エネルギー 364.6)
CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ /袋)	15.17 (プ 0.8 + 0.8 - あたりの CO ₂ 排出量を PE と同等と想定し、15.17 = 15.3 / 589.8 × 248.8 - 1.729 として仮定値を算出) (植物から採取される 1.729g - CO ₂ は差し引き)	15.3
2) ペレット 袋成形		
化石燃料の使用 (kJ/袋)	28.27	21.77
CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ /袋)	0.1136	0.0875
3) 製品廃棄時		
袋のみについて、生分解性プラスチック製についてはコンポスト化、PE 製については焼却すると想定する場合、コンポスト化または焼却に必要な化石エネルギー、焼却により発生する熱量、CO ₂		
化石燃料の使用 (kJ/袋)	2.985	2.435
燃焼熱 (kJ/袋)		364.6
CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ /袋)	11.82 (60%を大気中に放出、40%を微生物体内に蓄積と想定)	22.12
袋に生ゴミ (185g) が付着した状態で、生分解性プラスチック製についてはコンポスト化、PE 製については焼却すると想定する場合、コンポスト化又は焼却に必要な化石エネルギーは以下のとおり		
化石燃料の使用 (kJ/袋)	2.985 (袋のみと同じ)	110.999 (袋のみより + 108.574kJ/袋)
付着生ゴミ分 CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ /袋)	185	314.5
4) 輸送		
化石燃料の使用 (kJ/袋)	11.56	31.89
CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ /袋)	0.7106	1.769
合計 (エネルギー回収を想定しない場合 1) + 3))		
化石燃料の使用 (kJ/袋)	492.5	592.2 (生ゴミ付着の場合 + 108.6kJ/袋)
CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ /袋)	26.99 (生ゴミ付着の場合 + 185g-CO ₂ /袋)	37.42 (生ゴミ付着の場合 + 314.5g-CO ₂ /袋)

コスト分析

- 生分解性プラスチック製ごみ袋 (PCL85%、でんぷん 15%) はポリエチレン製ごみ袋より化石燃料の使用量が 17%削減される。

コスト分析・環境負荷評価にあたり有益と考えられる情報

- ・ 生分解性プラスチック製ごみ袋 (PCL85%、でんぷん 15%) はポリエチレン製ごみ袋より化石燃料の使用量が 17%、CO₂の排出量が 28%削減される。
- ・ 原料～ペレット製造工程において、ポリエチレンより化石燃料の使用量が 17%、CO₂の排出量が 0.8%削減される。

文献名																																					
事例 『ゼロエミッションのための汚泥の工業原料化技術』																																					
中崎清彦（静岡大学物理工学科） 安藤友彦（静岡大学物理工学科）																																					
対象樹脂	分析項目																																				
とうもろこしでんぷんを原料としたPLA	生産コスト																																				
分析範囲																																					
乳酸製造にかかる費用=直接費用（=原料費+設備費+労務費+メンテナンス） +間接費用（=減価償却+利息+税金・保険）+ 一般間接費																																					
要点																																					
<ul style="list-style-type: none"> 日本産とうもろこしでんぷんを原料とした場合と、安価な中国・アメリカ産とうもろこしでんぷんを原料とした場合のPLA製造にかかる費用を比較 																																					
条件																																					
不明																																					
環境負荷評価																																					
コスト分析																																					
<table border="1"> <caption>図10 とうもろこしでんぷんを原料とした乳酸生産のためのコスト計算 (Yen/kg)</caption> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>Japan (Yen/kg)</th> <th>USA or China (Yen/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Direct cost</td> <td>100</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Materials</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Utilities</td> <td>15</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Labor</td> <td>15</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Maintenance</td> <td>10</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Indirect cost</td> <td>30</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Depreciation</td> <td>15</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Interest</td> <td>10</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Taxes & Insurance</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>General plant expense</td> <td>20</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Total cost</td> <td>155</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		項目	Japan (Yen/kg)	USA or China (Yen/kg)	Direct cost	100	60	Materials	60	40	Utilities	15	10	Labor	15	10	Maintenance	10	5	Indirect cost	30	25	Depreciation	15	10	Interest	10	5	Taxes & Insurance	5	5	General plant expense	20	15	Total cost	155	100
項目	Japan (Yen/kg)	USA or China (Yen/kg)																																			
Direct cost	100	60																																			
Materials	60	40																																			
Utilities	15	10																																			
Labor	15	10																																			
Maintenance	10	5																																			
Indirect cost	30	25																																			
Depreciation	15	10																																			
Interest	10	5																																			
Taxes & Insurance	5	5																																			
General plant expense	20	15																																			
Total cost	155	100																																			
<p>図10 とうもろこしでんぷんを原料とした乳酸生産のためのコスト計算 (Yen/kgの表をもとに作成)</p>																																					
コスト分析・環境負荷評価にあたり有益と考えられる情報																																					
<ul style="list-style-type: none"> 日本産とうもろこしでんぷんを原料とした場合のPLA生産コストは155円/kg程度、安価な中国・アメリカ産とうもろこしでんぷんを原料とした場合のPLA生産コストは100円/kg程度である。 日本産とうもろこしでんぷんを原料とした場合、PLA生産コストの60%程度を原料費が占めるが、中国・アメリカ産とうもろこしでんぷんを原料とする場合には原料費は全体の40%程度となる。 																																					

文献名	
事例 『Applications of life cycle assessment to NatureWorks™ polylactide(PLA) production』 Polymer Degradation and Stability Vol.80, 2003 Erwin T.H. Vink,(Cargill Dow B.V.) Karl R.Rabago, David A. Glassner, Patric R. Gruber (Cargill Dow LLC.)	
対象樹脂	分析項目
<ul style="list-style-type: none"> ○ とうもろこしを原料とした PLA ○ とうもろこし残渣を原料とした PLA (風力利用) 	投入エネルギー量 排出二酸化炭素量
分析範囲	
原料~PLA ペレット生産	
要点	
<ul style="list-style-type: none"> ○ とうもろこしを原料として PLA を製造する場合に必要な投入エネルギー量 (化石エネルギー、再生可能エネルギー) を算出 ○ とうもろこし、及びとうもろこし残渣を原料として (風力利用) PLA を製造する場合に必要な投入エネルギー量について、化石原料由来プラスチックと比較 ○ とうもろこし、及びとうもろこし残渣を原料として (風力利用) PLA を製造する場合に排出されるグリーンハウスガス量 (CO₂, NO₂, CH₄) について、化石原料由来プラスチックと比較 ○ とうもろこし、及びとうもろこし残渣を原料として (風力利用) PLA を製造する場合に使用する水量 (工程水、冷却水、洗浄水) について、化石原料由来プラスチックと比較 ○ 将来的な環境負荷低減ポテンシャルの推計 (生産技術の向上、バイオ精製所の導入、とうもろこし残渣の原料化と風力利用の各場合) 	
条件	

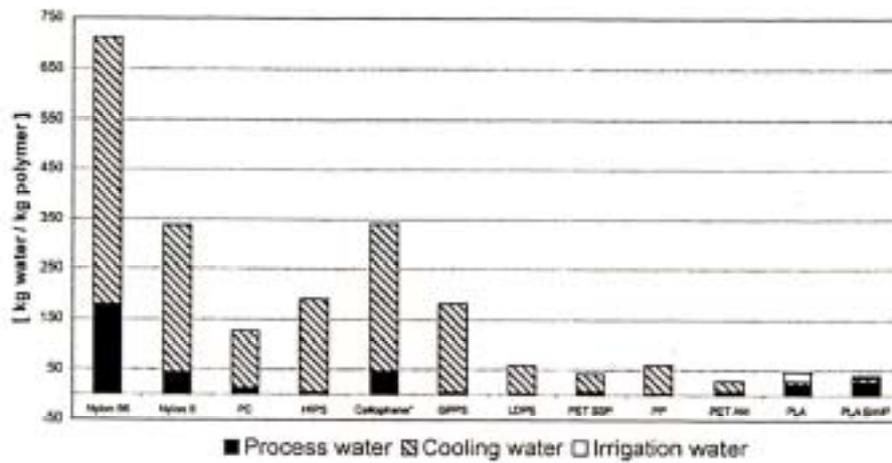


Fig. 10. Gross water use by petrochemical polymers and the two PLA cases.

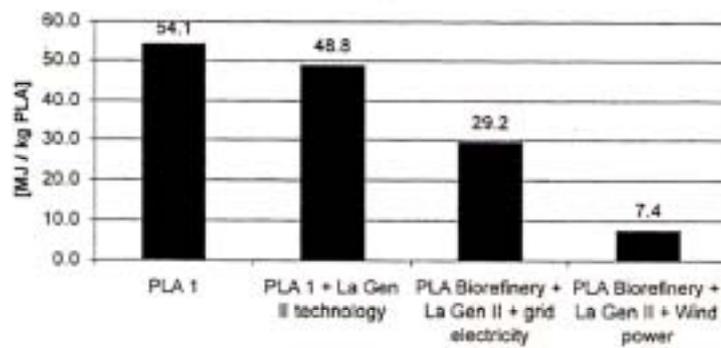


Fig. 11. Potential reduction of gross fossil energy use (GFEU) in PLA production.

E.T.H. Vink et al. / Polymer Degradation and Stability 80 (2003) 403-419

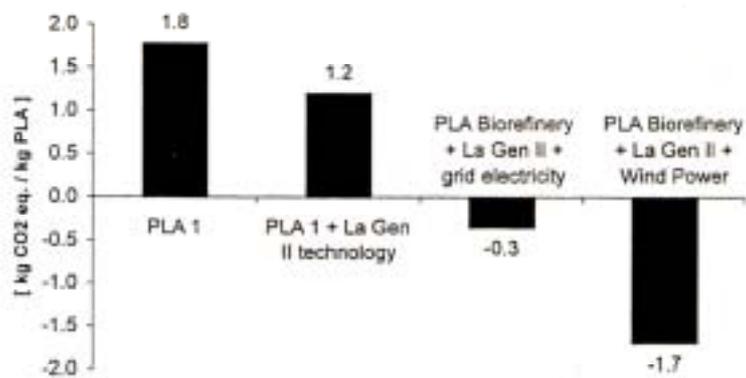


Fig. 12. Potential reduction of greenhouse gases associated with PLA production.

環境負荷評価

E.T.H. Vink et al. / Polymer Degradation and Stability 80 (2003) 403-419

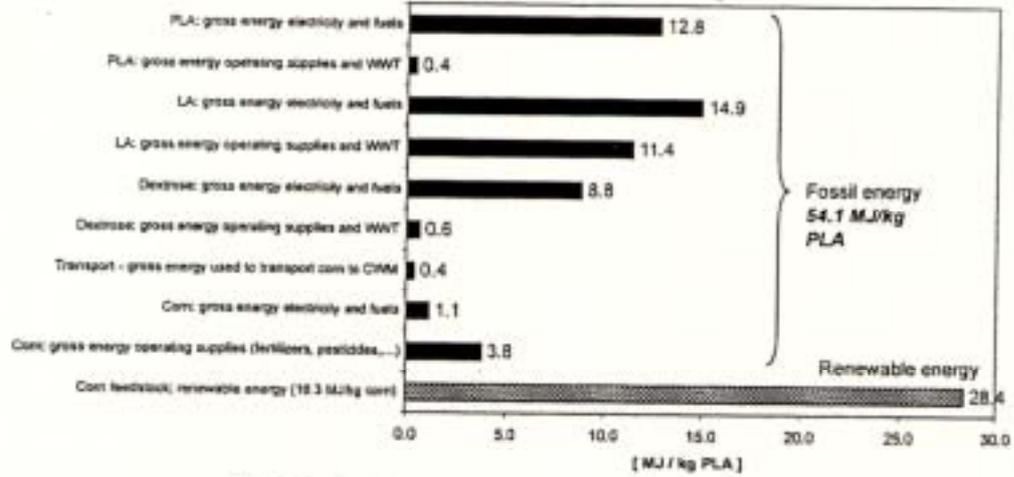
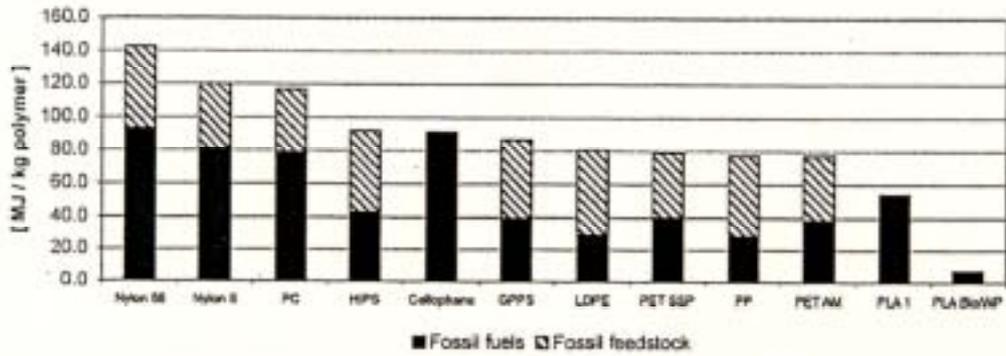
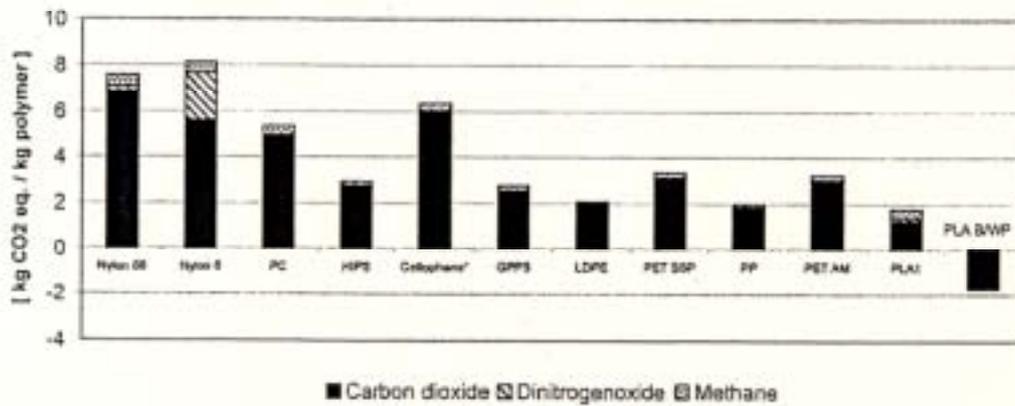


Fig. 7. Contributions to the gross energy requirement for PLA1.

E.T.H. Vink et al. / Polymer Degradation and Stability 80 (2003) 403-419



E.T.H. Vink et al. / Polymer Degradation and Stability 80 (2003) 403-419



コスト分析

コスト分析・環境負荷評価にあたり有益と考えられる情報

- ・ とうもろこし原料より PLA を製造する場合の投入エネルギー量は 82.5MJ/kg であり、うち、28.4MJ はとうもろこし原料油による再生可能エネルギー、残り 54.1MJ/kg が化石燃料エネルギーである。化石燃料エネルギーの 49% は乳酸製造工程に投入され、24% は乳酸からのポリ乳酸製造工程に投入される。
- ・ とうもろこし原料からの PLA 製造は、化石由来高分子と比較して投入エネルギー量が 25 ~ 55% 少ないほか、二酸化炭素排出量、使用水量ともに抑制できる。また、とうもろこし残渣を原料とした場合には全ての化石由来高分子と比較して 90% 以上投入エネルギーが削減でき、また二酸化炭素排出量はマイナスとなる。
- ・ とうもろこし残渣を原料とし、風力を利用した場合、将来的には投入エネルギー量 7.4MJ/kgPLA、排出二酸化炭素量 1.7 kg-CO₂eq./kgPLA となることが期待される。(単位の CO₂eq とは、“CO₂ equivalent” の略であり、地球温暖化係数 (GWP) を用いて CO₂ 相当量に換算した値)

文献名	
事例 『生分解性プラスチックの研究開発』	
新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) HP	
対象樹脂	分析項目
PHBB、SPCL、PBSC	投入エネルギー量 排出二酸化炭素量
分析範囲	
不明	
要点	
○ 各樹脂に関する累積炭酸ガス排出量と累積エネルギー消費量の比較	
条件	
不明	
環境負荷評価	
<p style="text-align: center;">累積炭酸ガス排出量と累積エネルギー消費量</p> <p style="text-align: center;">累積エネルギー消費量 MJ/T</p> <p style="text-align: center;">累積炭酸ガス排出量kg/T</p>	
コスト分析	
コスト分析・環境負荷評価にあたり有益と考えられる情報	
<ul style="list-style-type: none"> PHBB や SPCL については、累積炭酸ガス排出量が PET や PE、PS よりも少なく、累積エネルギー消費量は PET や PS よりも少ない 	

文献名																	
事例 『Is it reasonable to produce biodegradable plastics for a higher environmental friendliness during end of life? - an environmental comparison of incineration and land filling looking at GHG and sustainability - 』 横須賀愛子、塚山圭子 (ピーイー - アジア株式会社) マーティン・バイツ、サビーナ・ダイムリング (PE Europe GmbH)																	
対象樹脂	分析項目																
とうもろこしを原料としたPLA	排出二酸化炭素量 排出亜酸化窒素量 投入エネルギー量																
分析範囲																	
とうもろこし栽培段階からポリ乳酸製造、焼却段階までを評価範囲とする。(但し、フェンダー製造、使用段階、埋立処分、輸送については必要な情報を得ることができなかったため範囲対象外。)																	
要点																	
<ul style="list-style-type: none"> とうもろこしを原料としてPLAを製造する場合に、各段階で必要とされるCO₂排出量を算出 とうもろこしを原料としてPLAを製造する場合に、各段階で必要とされるN₂O排出量を算出 とうもろこしを原料としてPLAを製造する場合に、各段階で消費されるエネルギー量を算出 PLA製造にかかるCO₂排出量、N₂O排出量、エネルギー投入量を従来プラスチックと比較 																	
条件																	
<ul style="list-style-type: none"> 日本はとうもろこし供給をほとんどアメリカからの輸入に頼っているため、アメリカにおけるとうもろこし栽培のデータを使用 とうもろこしのウェットミリングデータは日本データを使用 射出成形、及び使用段階は本解析において考慮に入れなかった PLAの焼却は日本の焼却データを使用 PLAの埋立については利用可能なデータを得ることができなかった 																	
環境負荷評価																	
<table border="1"> <caption>図 2: PLA のライフサイクルの CO2 排出</caption> <thead> <tr> <th>ライフサイクル段階</th> <th>CO₂ 排出量 (kg CO₂ / kg PLA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CORN GROWING</td> <td>-1.8</td> </tr> <tr> <td>CORN STEEP LIQUOR</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>STARCH</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>GLUCOSE</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>LACTIC ACID</td> <td>2.8</td> </tr> <tr> <td>POLY LACTIC ACID (PLA)</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>PLA INCINERATION</td> <td>1.6</td> </tr> </tbody> </table>		ライフサイクル段階	CO ₂ 排出量 (kg CO ₂ / kg PLA)	CORN GROWING	-1.8	CORN STEEP LIQUOR	0.8	STARCH	1.8	GLUCOSE	0.2	LACTIC ACID	2.8	POLY LACTIC ACID (PLA)	0.6	PLA INCINERATION	1.6
ライフサイクル段階	CO ₂ 排出量 (kg CO ₂ / kg PLA)																
CORN GROWING	-1.8																
CORN STEEP LIQUOR	0.8																
STARCH	1.8																
GLUCOSE	0.2																
LACTIC ACID	2.8																
POLY LACTIC ACID (PLA)	0.6																
PLA INCINERATION	1.6																
図 2: PLA のライフサイクルの CO2 排出																	

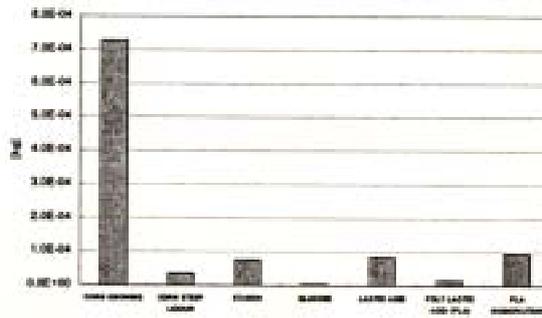


図 3: PLA のライフサイクルの N2O 排出

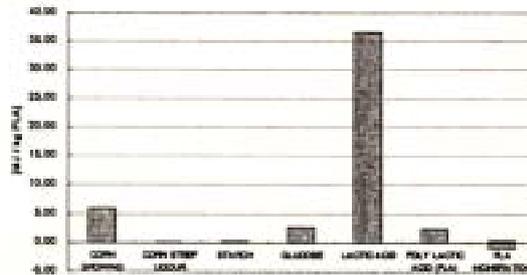


図 4: PLA のライフサイクルの一次エネルギー

表 1: フェンダーの材料としての PLA と従来プラスチックの比較 [%]

	PLA	PPO/PA	PC/PBT
Primary energy	100	334	270
CO2	100	127	107
N2O	100	32	15

コスト分析

コスト分析・環境負荷評価にあたり有益と考えられる情報

- ・ 乳酸製造からの CO₂ 排出量は全体の 41%、でんぷん製造からの CO₂ 排出量が 28%を占めている。
- ・ とうもろこし栽培段階での N₂O 排出量は、全体の約 77%を占めている。とうもろこし畑に使用された肥料に含まれている窒素分が影響していると考えられる。
- ・ エネルギー消費量については、乳酸製造段階が全体の約 76%、とうもろこし栽培段階が 12%占めている。
- ・ 6,000t (PLA の国内需要) の PLA が使用后、すべて焼却されたとすると、3.2E⁹ MJ の電力 (8.3E⁴ [L] の原油と同等) を回収できる。
- ・ PPO/PA と PC/PBT 製造に比べ、PLA 製造による CO₂ 排出量は少ない。

(2) 低コスト化に向けたコスト分析・検討の方向性

バイオマスプラスチックの低コスト化に向けたコスト分析とその結果をふまえた検討を行うにあたっては、以下のような方向性を定めた。

<背景>

- ・ バイオマスプラスチック製造にかかるコストについては、詳細なプラント設計に基づき、試算を行う必要がある。これらの試算については、バイオマスプラスチック製造プラント建設・運営を視野に入れるプラントメーカー等で詳細に算出しているところであるが、公表データではない。そこで、コスト分析を行うためには(1)で整理した公表データ等を基に複数の仮定を設け、主な費目についてコストを試算し、これを積み上げることとした。
- ・ 各種のバイオマスプラスチックは特有の機能を持っていることから、各素材が機能に適した用途で活用されていくことが望ましい。そのため、各バイオマスプラスチックの製造に係るコストの絶対値を比較して議論をするのではなく、バイオマスプラスチック種類ごとに「重点的にコストの圧縮を行うべき工程」を整理し、低コスト化のための課題を抽出することが重要である。



<方向性>

各バイオマスプラスチックについて重点的にコスト圧縮が求められる工程を抽出した上、感度分析によりコスト圧縮のために重要なファクターを見出し、最終的に低コスト化を実現するための課題を整理する。(図 4.2-2 参照)

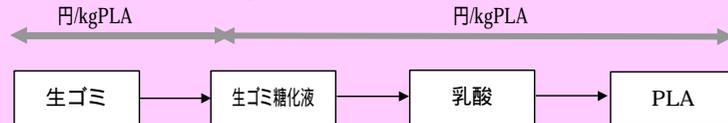
<STEP 1: 公表資料・委員提供情報による樹脂別試算データの整理>

前提: 製造コストの絶対値は比較せず、各条件における試算データから、同一樹脂内の製造プロセスごとにコスト配分を比較

- ✓ 精緻な条件を設けたコスト試算は行わず、既存の試算データを元に現状のコスト感覚を把握
- ✓ 生産コストの絶対値よりも、「どの工程で、どの程度のコストを要するか」を相対的に把握することに重点を置く。
- ✓ 樹脂同士のコスト比較ではなく、同一樹脂内の工程を比較し、各樹脂について重点的にコスト圧縮が求められる工程を抽出する。

【イメージ】既存の試算データの条件下で工程別コスト情報を整理

(PLA: 委員ご提供資料を整理)



(PHA: 委員ご提供資料を整理)



<STEP 2: 各種変数(規模、原料費等)による感度分析>

- ✓ STEP 1にて整理したコストデータについて、樹脂ごとに規模や原料費などを変動させて生産コスト全体に与える影響を見る。
- ✓ STEP 1で重点的にコスト圧縮が求められるとされた工程について、圧縮するために特に改善すべき変数を抽出する。

【イメージ】既存の試算データの一部条件(規模、原料費等)を変動させて、全体コストへの影響を見る

(PLA: 委員ご提供資料について規模、原料費等の条件を変動)

- 原料費を 40 円/tにすると、PLA生産コストは 円となる。これを 350 円/tレベルまで低コスト化するためには乳酸生産段階のプラント規模を 万t/年以上とする必要がある。
- 原料費 30 円/tに固定し、乳酸発酵プラントを 万t/年とすると、PLA生産コストは 円/tと目標レベルに近くなる。 など

(PHA: 委員ご提供資料について規模、原料費等の条件を変動)

- PLAと同様・・・

<STEP 3: 低コスト化を実現させるための課題整理>

- ✓ 各樹脂ごとに低コスト化のための課題を整理する。
- ✓ STEP 1、STEP 2を踏まえ、効率的な低コスト化のために取り組むべき課題の優先順位を示し、優先度の高い各課題の解決に向けて具体的方策の検討を行う。

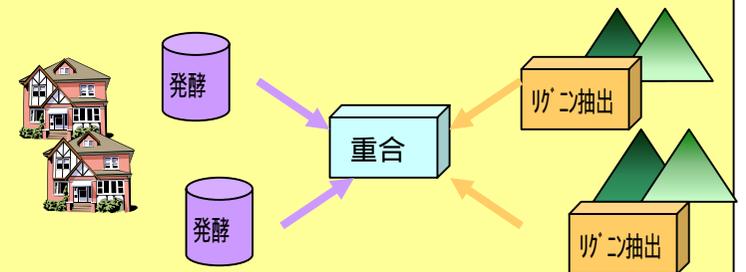
【イメージ】STEP 1,2 を元に課題を整理

<技術開発>

最もコスト圧縮が要求されている 工程について高効率化に関する技術開発が必要である

<適切な施設配置>

効率的な施設配置の検討が必要。例えば、施設までの収集運搬費用が高み、また、スケールメリットの得にくい工程(バイオマスからの糖抽出等)は分散している発生源近隣で行い、スケールメリットを得やすい工程(重合等)については集積して大規模に行うことが考えられる



.....

図 4.2-2 コスト分析・検討の方向性

(3) PLAに関するコスト分析

STEP1: PLAのコスト試算データの整理

委員ヒアリング結果及び以下の資料をもとに、古米より PLA を生産する場合のコスト分析データを整理した。

【利用データ】

- (1) プラントメーカー ヒアリングによる提供データ
- (2) 第1回低コスト部会 資料
- (3) その他、収集資料

【コスト分析対象モデルケース】

上記資料に基づき、下記の PLA 生産方法についてコスト分析データを整理した。

年間 10 万 t の古米を原料とし、糖化、発酵、精製により乳酸を生成し、これを重合させて PLA (2.8 万 t/年) を得る

なお、乳酸製造工程については、図 4.2-3 に示す生産工程モデルを想定している。

【コスト分析にあたっての仮定】

コスト分析を行うにあたっては、以下の条件を仮定として設けた。

- ・ 設備投資については、8 年間での単純償却を行う。
- ・ 年間 330 日の稼働を行う。
- ・ 事例データを基準として設備投資額を算出する場合には 0.6 乗則 を用いた。

建設費の最も簡便な見積もり方として一般的な手法に n 乗則がある。

$$(\text{プラント建設費}) = a (\text{生産規模})^n$$

生産設備が塔槽類を主体とするものであれば、 $n = 0.6 \sim 0.7$ である。一般的にコンピューター制御が多いものほど数値の高い方を用いるが、ここでは $n = 0.6$ を用いることとした。

古米

10万 t/年
(年330日稼働として100,000 ÷ 330 = 300 t/日処理)

	生成量	必要動力	必要熱量
粉碎	糖 177,100 kg/日	30,000 kwh/d	
液化	糖化液 1,771,000 kg/日	3,000 kwh/d	143,467,200 kcal/日
ろ過		45,000 kwh/d	
発酵 (滅菌および発酵温度保持)		6,000 kwh/d	233,134,200 kcal/日
濃縮	蒸発水分量 1,500,000 kg/日	6,000 kwh/d	597,780,000 kcal/日
精製	乳酸量 141,680 kg/日	12,000 kwh/d	1,310,085,900 kcal/日

乳酸

図 4.2-3 PLA コスト分析に用いた乳酸製造工程モデル

【コスト分析】

< 乳酸製造工程における運転経費、設備費、人件費 >

a 乳酸製造工程における運転経費

乳酸製造工程で要する運転経費については、図 4.2-3 に示す原料投入量、電力・燃料消費量、排水処理量等に、以下のように仮定した単価を乗じて計上した。

- ・ 古米単価：16 円/kg (糊などの工業用途での政府売渡価格の一例)
- ・ 電力単価：16 円/kWh
- ・ 燃料代：40 円/㏩
- ・ 工業用水：300 円/t
- ・ アンモニア単価：160 円/kg
- ・ ブタノール単価：160 円/kg
- ・ 排水処理単価：200 円/t
- ・ 副資材費：200 万円/t
- ・ 残渣処理費：5,000 円/t

b 乳酸製造工程における設備費

乳酸製造工程に要する設備費については、生ごみから PLA を年産 10 万 t 生産する場合の糖化設備、及び発酵・精製設備に係るプラント建設費(利用データ(2))より、PLA 生産量を基準とした 0.6 乗則に従って算出した。具体的な手順を以下に示す。さらに、8 年間の単純償却を仮定し、年間の減価償却費を算出した。

・ PLA 生産量

乳酸重合によるポリ乳酸収率を概ね 80% と仮定し、古米 10 万 t/年からの乳酸発生量 142t/日(利用データ(1))からポリ乳酸生成量を 113t/日と推計した。年間 330 日の稼働を想定しているため、年産では 3.7 万 t の PLA 生産となる。

生ごみからの PLA 生産：10 万 t/年(利用データ(2))

本モデルケースでの PLA 生産：3.7 万 t/年(推計)

・ 糖化設備に係る設備投資

生ごみからの PLA 生産に係る糖化施設のプラント建設費(利用データ(2))をもとに、0.6 乗則に従って算出した。

生ごみからの PLA 生産(10 万 t/年)に係る糖化プラント建設費：105 億円(利用データ(2))

(プラント建設費) = a(PLA 生産量)^{0.6}

a = 26.37

本モデルケースでの PLA 生産 (3.7 万 t /年) に係る糖化プラント建設費 : 58.2 億円 (推計)

8 年単純償却として 7.3 億円/年

・ **発酵・精製設備に係る設備投資**

生ごみからの PLA 生産に係る発酵・精製設備のプラント建設費 (利用データ(2)) をもとに、0.6 乗則に従って算出した。

生ごみからの PLA 生産 (10 万 t /年) に係る発酵・精製プラント建設費 : 300 億円 (利用データ(2))

(プラント建設費) = a(PLA 生産量)^{0.6}

a = 75.36

本モデルケースでの PLA 生産 (3.7 万 t /年) に係る糖化プラント建設費 : 166.3 億円 (推計)

8 年単純償却として 20.8 億円/年

・ **糖化・発酵・精製工程における設備投資**

糖化施設、及び発酵・精製設備に係るプラント建設費用を合計して、乳酸生産工程全体に係る設備投資を推計した。

本モデルケースでの PLA 生産に係る乳酸製造工程での設備費 : 8 年単純償却として合計 28.1 億円/年

c 糖化・発酵・精製工程における人件費

利用データ(3)より、1 日 15 人の勤務を想定し、20,000 円/人・日を人件費単価として計上した。

< 重合工程における運転経費、設備費 >

a 重合工程における運転経費

運転経費については、生ごみから PLA を年産 10 万 t 生産する場合の重合設備における運転経費 (利用データ(2)) を PLA 生産量で按分して推計した。

生ごみからの PLA 生産 (10 万 t /年) に係る重合設備運転経費 : 100 億円 (利用データ(2))

本モデルケースでの PLA 生産 (3.7 万 t /年) に係る重合設備運転経費 : 37 億円 (推計)

b 重合工程における設備費

生ごみからの PLA 生産に係る重合設備のプラント建設費(利用データ(2))をもとに、0.6乗則に従って算出した。

生ごみからの PLA 生産(10万t/年)に係る重合プラント建設費：200億円(利用データ(2))

$$Y(\text{プラント建設費}) = aX(\text{PLA生産量})^{0.6}$$

$$a = 50.24$$

本モデルケースでの PLA 生産(3.7万t/年)に係る重合プラント建設費：111億円(推計)

8年単純償却として13.9億円/年

【PLAコスト分析データの整理結果】

上記の手順で整理した PLA のコスト分析データを表 4.2-2(費用項目別)、表 4.2-3(工程別)にまとめる。また、乳酸製造段階について費用項目別にコスト分析データを整理した結果を図 4.2-4に示す。この際、各費用項目を以下の通り設定した。

- ・原料費：古米購入費、水道料、ブタノール購入費、アンモニア購入費
- ・エネルギー：電気料金、燃料代
- ・廃棄物処理：排水処理費、残渣処理費
- ・副資材費
- ・人件費
- ・設備費(8年償却)

さらに、製造工程別にコスト分析データを整理した結果を図 4.2-5に示す。この際、人件費は運転経費として計上した。これら PLA のコスト分析結果より、以下の傾向が認められた。

- ・ PLA 生産に係るコストは 479 円/kg-PLA であり、目標となる 350 円/kg-PLA よりも 129 円高コストとなっている。
- ・ 乳酸製造工程においては、エネルギー費のうち、燃料にかかる費用が最も高コストとなっている。

精製工程で燃料を多く要することから、精製工程のエネルギー効率向上に係る技術開発や効率的なシステム設計を検討することで費用の低減が期待される。

また、発電施設等のエネルギー供給施設の近隣に立地することで、燃料単価は低減され、乳酸製造に係る全体コストを削減することが可能と考えられる。

- 乳酸製造工程においては、エネルギーに次いで設備費による負担が大きい。
製造設備の配置など、乳酸製造工程を高効率化するためのシステム設計や、高効率化に関する技術開発等により、設備費を軽減することが期待される。
- PLA 生産に係るコストについては、特に乳酸製造運転経費の負担が大きく、全体の5割以上を占めている。また、乳酸製造工程と重合工程での必要費用は、3：1程度となっている。
乳酸製造工程、及び重合工程各々について、高効率化のための技術開発を進めるとともに、各工程の適切な配置などのシステム全体の設計を工夫することで全体のPLA 製造コストを低減することが考えられる。特に、PLA 製造コストに大きな影響を与える乳酸製造工程において、運転経費低減につながる技術開発の進展が期待される場所である。
- 重合工程においても設備投資よりも運転経費の占める割合が高い

表 4.2-2 古米を原料とした PLA 生産のコスト分析結果（費用項目別）

		投入量	単価	小計	PLA1kg当たり	
運転経費	糖化・発酵・ 精製	古米購入費	99,000 t/年	16000 円/t	1,584,000 千円/年	42.3 円/PLA-kg
		電気料金	33,660 Mwh/年	16 円/kWh	538,560 千円/年	14.4 円/PLA-kg
		燃料代	97,616,460 ㊦/年	40 円/㊦	3,904,658 千円/年	104.4 円/PLA-kg
		水道料	2,766,060 t/年	300 円/t	829,818 千円/年	22.2 円/PLA-kg
		アンモニア購入費	883 t/年	160 円/kg	141,302 千円/年	3.8 円/PLA-kg
		ブタノール購入費	1,922 t/年	160 円/kg	307,540 千円/年	8.2 円/PLA-kg
		排水処理費	495,000 t/年	200 円/t	99,000 千円/年	2.6 円/PLA-kg
		副資材費	990 t/年	2000000 円/t	1,980,000 千円/年	52.9 円/PLA-kg
		残渣処理費	99,000 t/年	5000 円/t	495,000 千円/年	13.2 円/PLA-kg
		人件費	15 人/日	20000 円/人・日	99,000 千円/年	2.6 円/PLA-kg
		合計			9,978,879 千円/年	266.8 円/PLA-kg
	重合			3,740,352 千円/年	100.0 円/PLA-kg	
合計			13,719,231 千円/年	366.8 円/PLA-kg		

		ケース	PLA生産量 万t/年	設備投資 千円	償却年 年	減価償却費 千円/年	PLA1kg当たり
設備投資	糖化・発酵・ 精製	糖化設備	参照ケース	10	10,500,000		0.0 円/PLA-kg
			モデルケース	3.7	5,820,185	8	727,523
		発酵・精製設備	参照ケース	10	30,000,000		0.0 円/PLA-kg
			モデルケース	3.7	16,629,100	8	2,078,637
	合計			22,449,285	8	2,806,161	75.0 円/PLA-kg
	重合	参照ケース	10	20,000,000		0.0 円/PLA-kg	
		モデルケース	3.7	11,086,067	8	1,385,758	37.0 円/PLA-kg
	合計			33,535,351	8	4,191,919	112.1 円/PLA-kg

ランニングコスト計(運転経費+減価償却費)		17,911,150 千円/年
ポリ乳酸発生量	37403.5 t/年	PLA1kg当たり 479 円/PLA-kg

表 4.2-3 古米を原料とした PLA 生産のコスト分析結果（工程別）

支出項目		投入量	単価	小計	
糖化・ 発酵・ 精製	運転経費	古米購入費	99,000 t/年	16000 円/t	1,584,000 千円/年
		電気料金	33,660 Mwh/年	16 円/kWh	538,560 千円/年
		燃料代	97,616,460 円/年	40 円/リットル	3,904,658 千円/年
		水道料	2,766,060 t/年	300 円/t	829,818 千円/年
		アンモニア購入費	883 t/年	160 円/kg	141,302 千円/年
		ブタノール購入費	1,922 t/年	160 円/kg	307,540 千円/年
		排水処理費	495,000 t/年	200 円/t	99,000 千円/年
		副資材費	990 t/年	2000000 円/t	1,980,000 千円/年
		残渣処理費	99000 t/年	5000 円/t	495,000 千円/年
		合計			9,879,879 千円/年
	設備 (8年償却)	糖化設備			727,523 千円/年
		発酵・精製設備			2,078,637 千円/年
		合計			2,806,161 千円/年
	人件費	15 人/日	20000 円/人・日	99,000 千円/年	
小計			12,785,039 千円/年		
	乳酸発生量	46,754 t/年	乳酸1kg当たり	273 円/kg	
	ポリ乳酸発生量	37,404 t/年	PLA1kg当たり	342 円/kg	
重合	運転経費			3,740,352 千円/日	
	設備(8年償却)			1,385,758 千円/日	
	小計			5,126,110 千円/日	
	ポリ乳酸発生量	37,404 t/年	PLA1kg当たり	137 円/kg	
合計				17,911,150 千円/日	
	ポリ乳酸発生量	37,404 t/年	PLA1kg当たり	479 円/kg	

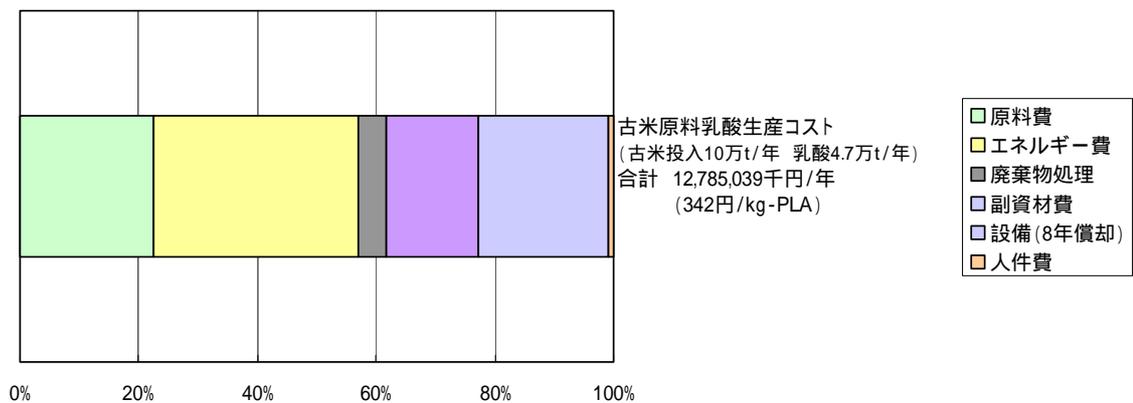


図 4.2-4 乳酸製造工程における費用項目別コスト内訳

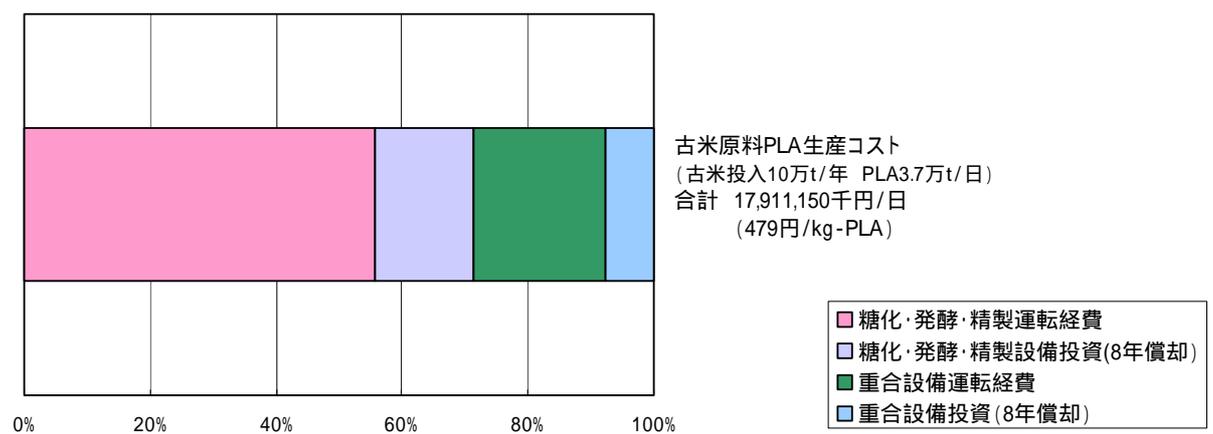


図 4.2-5 PLA 生産工程における工程別コスト内訳

【まとめ】

PLA コスト分析データの整理結果を製造プロセスに分配したものを図 4.2-6 に示す。

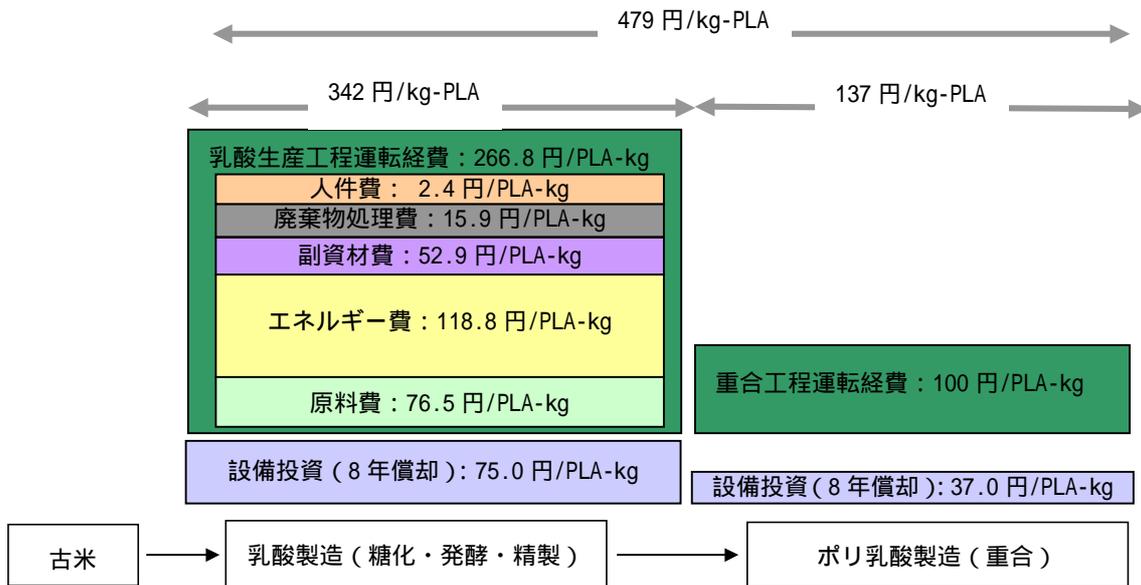


図 4.2-6 PLA コスト分析データの整理結果まとめ

STEP2: 感度分析

STEP 1 のコスト分析結果では、PLA 製造に係るコストは 479 円/PLA-kg となっており、バイオマスニッポン総合戦略で目標としている 2010 年 200 円/PLA-kg に向けた中期的目標である 350 円/PLA-kg に届いていない。そこで、PLA 生産に係るコストに占める割合の多い費用項目について感度分析を行い、目標とする基準に向けた低コスト化のために必要な費用圧縮の方法を検討する。

原料購入単価の変動

図 4.2-4 によると、原料購入に係る費用が PLA 製造コストに占める割合は 20%程度であり、なかでも糖質原料（古米）は PLA 製造コストの 10%程度を占める。また、原料購入費用については、市場状況に応じて単価の変動が最も激しい項目と予想される。

STEP1 においては、原料とする古米の購入費として工業用途（主に糊としての用途）における政府売渡価格例 16 円/kg 程度を導入したが、原料購入費用を 0 円/kg～100 円/kg までの範囲で変動させて PLA 製造コストへの影響を見た。結果を表 4.2-4、図 4.2-7 に示す。

表 4.2-4 原料購入価格変動の効果

古米投入量 (t/年)	単価 (円/t)	小計 (千円/年)	その他の 運転経費 (千円/年)	減価償却費 (千円/年)	ランニング コスト計 (千円/年)	PLA1kg 当たり (円/PLA-kg)
99,000	-32,686	-3,235,918	12,135,231	4,191,919	13,091,232	350.0
	0	0			16,327,150	436.5
	5,000	495,000			16,822,150	449.7
	10,000	990,000			17,317,150	463.0
	16,000	1,584,000			17,911,150	478.9
	30,000	2,970,000			19,297,150	515.9
	32,000	3,168,000			19,495,150	521.2
	50,000	4,950,000			21,277,150	568.9
	100,000	9,900,000			26,227,150	701.2

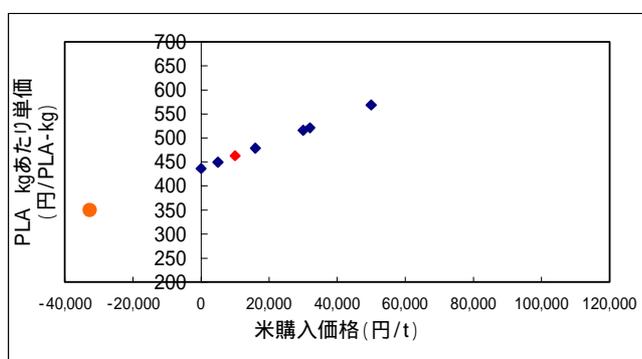


図 4.2-7 原料購入価格の変動による PLA 単価への影響

原料購入価格を無償 (0 円/kg) とした場合、PLA 製造コストは 42 円/PLA-kg 低下し、437 円/PLA-kg となる。逆に、100 円/kg で原料古米を購入すると PLA 製造コストは 701 円/PLA-kg に達する。

なお、原料購入価格の変動のみで、PLA 製造コストを 350 円/PLA-kg に低減するためには、古米と同程度の品質のものを 33 円/kg での逆有償での引き取ることが必要となる。

エネルギー費の変動

図 4.2-4 に示すとおり、電気代、燃料代のエネルギー費用は PLA 製造コストの 5% を占め、最大のコスト押し上げ要因となっている。特に、PLA 製造に係るコスト 479 円/PLA-kg のうち、燃料代は 104 円/PLA-kg を占めており、その低減が PLA 製造コスト低減に大きな効果を与えらる。

例えば、燃料を多く使用する乳酸発酵・精製工程については、既存のサーマルリサイクル施設の近隣に設置し、その施設で発生した無償もしくは安価な熱や電気を有効活用することで、エネルギー費用を低減させることも考えられる。また、精製工程に関する高効率化の技術開発を進めることによって、エネルギー必要量が低減されることが期待される。

< 燃料単価変動 >

既存施設から無償、もしくは安価な熱供給を受けられる可能性、及び燃料価格の変動を想定し、現状 40 円/㊦と仮定している燃料単価について、0～80 円/㊦の範囲で変動させて PLA 製造コストに及ぼす影響を整理した。

表 4.2-5 燃料単価変動の効果

燃料投入量 (㊦/年)	燃料単価 (円/㊦)	燃料費 (千円/年)	その他の 運転経費 (千円/年)	減価償却費 (千円/年)	ランニング コスト計 (千円/年)	PLA1kg 当たり (円/PLA-kg)
97,616,460	80	7,809,317	9,814,572	4,191,919	21,815,808	583
	70	6,833,152			20,839,643	557
	60	5,856,988			19,863,479	531
	50	4,880,823			18,887,314	505
	40	3,904,658			17,911,150	479
	30	2,928,494			16,934,985	453
	20	1,952,329			15,958,820	427
	10	976,165			14,982,656	401
	0	0			14,006,491	374

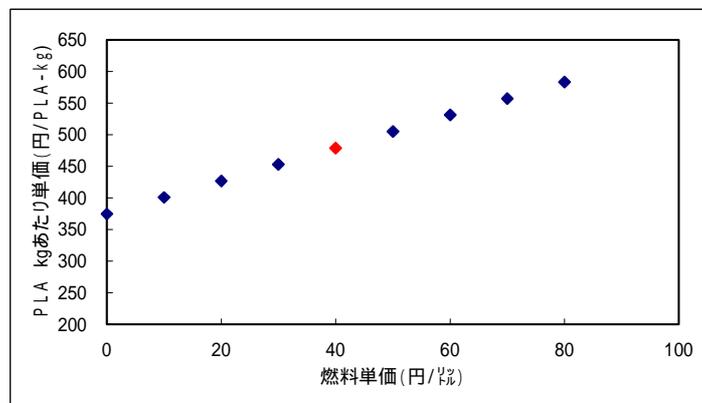


図 4.2-8 燃料単価の変動による PLA 単価への影響

燃料単価の変動が PLA 単価に及ぼす影響は大きく、燃料単価 10 円/㊦以下で 400 円/PLA-kg より安価となり、無償で必要熱量が供給される場合には、PLA 製造コストは 374 円/PLA-kg となり、目標とする 350 円/PLA-kg に近づく。

< 電力単価変動 >

既存施設からの無償、もしくは安価な電力供給を受けられる可能性、及び電力価格の変動を想定し、現状 16 円/kWh と仮定している燃料単価について、0～32 円/kWh の範囲で変動させて PLA 製造コストに及ぼす影響を整理した。

表 4.2-6 電力単価変動の効果

電力量 (MWh/年)	電力単価 (円/㎏)	電力代 (千円/年)	その他の 運転経費 (千円/年)	減価償却費 (千円/年)	ランニング コスト計 (千円/年)	PLA1kg 当たり (円/PLA-kg)
33,660	32	1,077,120	13,180,671	4,191,919	18,449,710	493
	25	841,500			18,214,090	487
	20	673,200			18,045,790	482
	18	605,880			17,978,470	481
	16	538,560			17,911,150	479
	14	471,240			17,843,830	477
	12	403,920			17,776,510	475
	8	269,280			17,641,870	472
	0	0			17,372,590	464

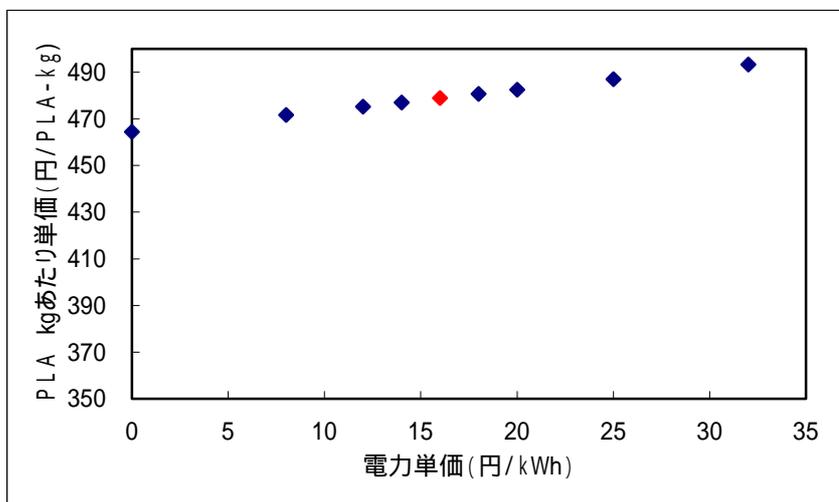


図 4.2-9 電力単価の変動による PLA 単価への影響

エネルギー費用は PLA 製造コストの最大の押し上げ要因ではあるものの、エネルギー費用の 9 割が燃料代で、電気代は 1 割に過ぎないことから、電力単価の変動が PLA 単価に及ぼす影響は小さい。電力単価が無償となった場合でも PLA 製造コストは 464 円/PLA-kg であり、電力単価の低減だけでは PLA 製造コスト 350 円/PLA-kg は達成できない。

< 燃料単価+電力単価変動 >

前述の通り、燃料単価を無償にすることにより 374 円/PLA-kg まで PLA 製造コストを低減することが可能だが、加えて、電力単価を引き下げることによってさらなるコスト低減効果が期待される。

表 4.2-7 エネルギー費変動の効果

条件	燃料投入量 (t/年)	燃料単価 (円/t)	所内電力量 MWh/年	電力単価 (円/kWh)	エネルギー費 小計 (千円/年)	その他の 運転経費 (千円/年)	減価償却費 (千円/年)	ランニング コスト計 (千円/年)	PLA1kg 当たり (円/PLA-kg)
燃料単価40円/t 電力単価16円/kWh	48,808,230	40	33,660	16	2,490,889	9,276,012	4,191,919	15,958,820	426.7
燃料単価20円/t 電力単価10円/kWh		20		10	1,312,765			14,780,696	395.2
燃料単価20円/t 電力単価5円/kWh		20		5	1,144,465			14,612,396	390.7
燃料単価10円/t 電力単価5円/kWh		10		5	656,382			14,124,313	377.6
燃料投入量なし 電力単価0円/kWh		0		0	0			13,467,931	360.1

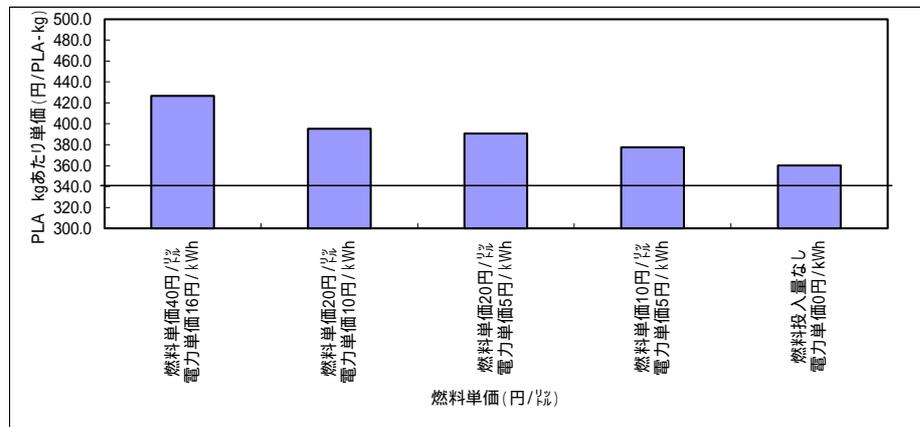


図 4.2-10 エネルギー費の変動による PLA 単価への影響

燃料単価による影響が支配的であるが、燃料、及電力の無償融通が可能な場合には 360 円/kWh まで PLA 製造コストの低減を図ることができる。

事業規模の変動

発酵・精製工程については投入量の増加に伴って発酵槽の増設が必要となるためスケールメリットはあまりないといわれるが、重合工程においては事業規模を大きくすることでスケールメリットが生じ、PLA 生産量当たりの設備費を低減することが可能と考えられる。

STEP1 では糖化、発酵・精製、重合の各工程に関する設備投資について、0.6 乗則を用いて参照ケースを縮小して算出している。モデルケースにおける PLA 生産規模 3.7 万 t/年を 3 倍まで拡大した場合の、設備費の変動と、PLA 製造コスト全体への影響を表 4.2-8、図 4.2-11 に示す。なお、事業規模の拡大に比例して運転経費が増加すること、及び人件費については変動しないことを仮定した。

表 4.2-8 事業規模変動の効果

		単位	モデルケース	モデルケース 2倍規模	モデルケース 3倍規模		
古米投入量		t/年	99,000	198,000	297,000		
乳酸生産量		t/年	46,754	93,509	140,263		
PLA生産量		t/年	37,404	74,807	112,211		
運転経費(人件費除く)		千円/年	13,620,231	27,240,461	40,860,692		
運転経費(人件費)		千円/年	99,000	99,000	99,000		
設備投資	糖化施設	設備投資	千円	5,820,185	8,821,751	11,251,477	
		減価償却費(8年償却)	千円/年	727,523	1,102,719	1,406,435	
	発酵・精製施設	設備投資	千円	16,629,100	25,205,002	32,147,077	
		減価償却費(8年償却)	千円/年	2,078,637	3,150,625	4,018,385	
	重合施設	設備投資	千円	11,086,067	16,803,335	21,431,385	
		減価償却費(8年償却)	千円/年	1,385,758	2,100,417	2,678,923	
	合計		設備投資	千円	33,535,351	50,830,087	64,829,939
			減価償却費(8年償却)	千円/年	4,191,919	6,353,761	8,103,742
ランニングコスト計		千円/年	17,911,150	33,693,222	49,063,434		
PLA kgあたり単価		円/PLA-kg	479	450	437		

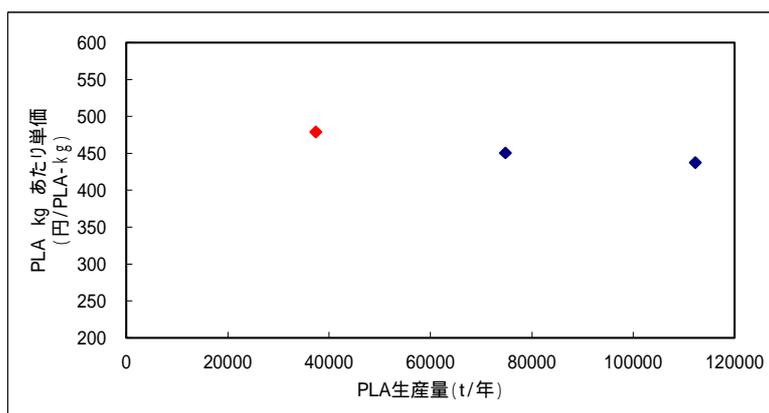


図 4.2-11 事業規模の変動による PLA 単価への影響

事業規模を3倍程度に拡大した場合の PLA 製造コストは 437 円/PLA - kg であり、目標とする PLA 製造コスト 350 円/PLA-kg には至らない。さらなる規模拡大は原料収集や技術的課題の点から現実的ではないことが予想され、事業規模の拡大のみでコスト圧縮を図ることは困難と考えられる。

350 円/PLA-kg を達成するために

～ で幾つかの費用項目を変動させた場合について示したが、エネルギー効率向上のための技術開発や、効率的なシステム設計の実現、安価な原燃料の確保等により、幾つかの費用項目を同時に低減させることで更なる低コスト化が期待される。

<エネルギー費低減 + 事業規模拡大>

に示すようにエネルギー費用の低減による効果は大きい。そこで、技術開発による高効率化の達成と、既存施設からのエネルギー無償融通により、エネルギーに係る費用をゼロにした場合について、事業規模を拡大し、PLA 製造コストの低コスト化を図った。この場合、モデルケースの3倍規模で最大 318 円/PLA-kg までのコスト低減を可能であることが示された。

表 4.2-9 エネルギー費低減 + 事業規模拡大の効果

		単位	モデルケース	モデルケース 2倍規模	モデルケース 3倍規模	
古米投入量		t/年	99,000	198,000	297,000	
乳酸生産量		t/年	46,754	93,509	140,263	
PLA生産量		t/年	37,404	74,807	112,211	
運転経費(人件費、電力消費と燃料代を除く)		千円/年	9,177,012	18,354,024	27,531,037	
運転経費(人件費)		千円/年	99,000	99,000	99,000	
設備投資	糖化施設	設備投資	千円	5,820,185	8,821,751	11,251,477
		減価償却費(8年償却)	千円/年	727,523	1,102,719	1,406,435
	発酵・精製施設	設備投資	千円	16,629,100	25,205,002	32,147,077
		減価償却費(8年償却)	千円/年	2,078,637	3,150,625	4,018,385
	重合施設	設備投資	千円	11,086,067	16,803,335	21,431,385
		減価償却費(8年償却)	千円/年	1,385,758	2,100,417	2,678,923
	合計	設備投資	千円	33,535,351	50,830,087	64,829,939
		減価償却費(8年償却)	千円/年	4,191,919	6,353,761	8,103,742
ランニングコスト計		千円/年	13,467,931	24,806,785	35,733,779	
PLA kgあたり単価		円/PLA-kg	360	332	318	

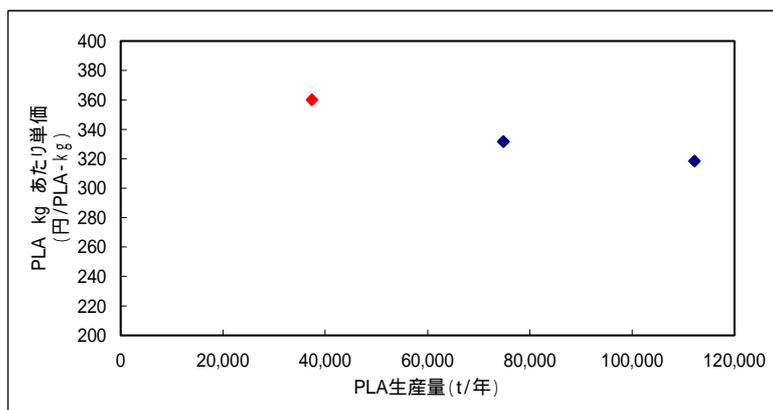


図 4.2-12 エネルギー費低減 + 事業規模拡大 による PLA 単価への影響

各費用項目による PLA 製造コスト削減効果

PLA 製造コストを低減させるためには、いくつかの費用項目を低減する必要があるが、前～で示したとおり、各費用項目によって PLA 製造コストに与えるコスト圧縮効果は異なる。原料、燃料、電力費の変動が、PLA 製造コストに与える影響を整理した結果を図 4.2-13 に示す。

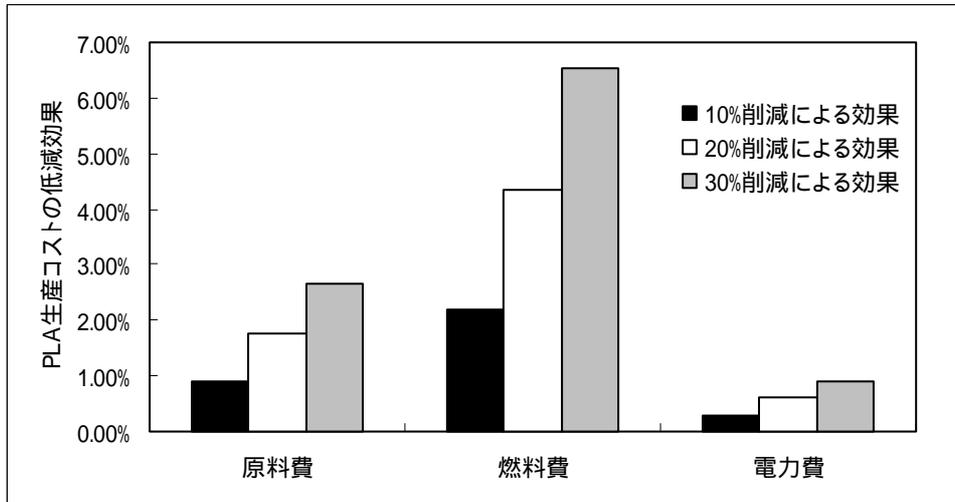


図 4.2-13 各費用項目を 10% ~ 30%削減した場合の PLA 製造コストの低減効果

PLA 製造コストに占める割合が多い費用項目ほど、PLA 製造コストに与える影響が大きくなる。燃料費の変動が PLA 製造コストに与える影響が最も大きく、電力費の変動による影響が最も少なくなっている。目標とする 350 円/PLA-kg を達成するためにはモデルケースの 27%をコスト圧縮する必要となるが、そのためには、燃料費の低減が最も有効である。なお、燃料費の圧縮ではなく、技術開発によるエネルギー効率向上により、投入エネルギー量が減少した場合にも同様に大きな効果が得られると考えられる。

(4) PHAに関するコスト分析

STEP1: コスト試算データの整理

委員よりご提供いただいた以下の資料を用いて PHA 生産に関するコスト分析データを整理した。

【利用資料】

- (1) Minoru Akiyama, Takeharu Tsuge, Yoshiharu Doi : [Environmental life cycle comparison of polyhydroxyalkanoates produced from renewable carbon resources by bacterial fermentation], Polymer Degradation and Stability 80(2003)183-194
- (2) 柘植丈治、土肥義治 : 「プラスチック生産の環境影響評価」, OHM, 2003.11
- (3) その他、土肥分科会長ご提供資料

【コスト分析対象モデルケース】

上記資料に基づき、下記の2種類のPHA生産ケースについて、各々、コスト分析データを整理した。想定したケースの概要を図4.2-14に示す。

ケース	大豆油を炭素源として500m ³ の発酵槽でP(3HB-co-5mol%3HHx)を年産5000t生産する場合(利用資料(1)におけるTable1、2のCASE4)
ケース	グルコースを炭素源として300m ³ の発酵槽でP(3HB)を年産5000t生産する場合(利用資料(1)におけるTable1、2のCASE9)

【コスト分析】

<全体的>

- ・ シミュレーションソフトウェア (SuperPro Designer v4.5(Intelligen, Inc., Scotch Plains, NJ, USA)) によるコスト分析データを利用して推計した。図4.2-14に示す生産工程モデルをPC上で組み上げ、データをインプットし、使用量、エネルギー量、二酸化炭素量、生産コストをアウトプットとして得た。

<仮定条件>

- ・ 大豆油、アンモニア、培地、SDS、NaOHの単価は利用資料(1)に掲載されている単価を利用

- 電気単価は標準的な単価として16円/kWhを仮定
- 蒸気、冷却水の単価はソフトウェアで仮定されている数値を利用
- 原料、廃棄物処理/処分費用、ユーティリティー、実験室/QC/QA、設備費、人件費の各小計はシミュレーション結果を利用した
- 設備費については5年での減価償却を仮定している
- シミュレーションソフトウェアの仮定として、ユーティリティーには加熱/冷却によるコストと電力等のpowerのコストが含まれる。なお、加熱/冷却によるコストにはプロセス水等の生産モデルのコストと労働者等に必要のコストも含まれる
- 利用資料(1)(2)ではドル単位のコスト分析結果であることから、論文発表時点(2002年10月10日)における為替レート(1ドル=125円)を用いて円換算した

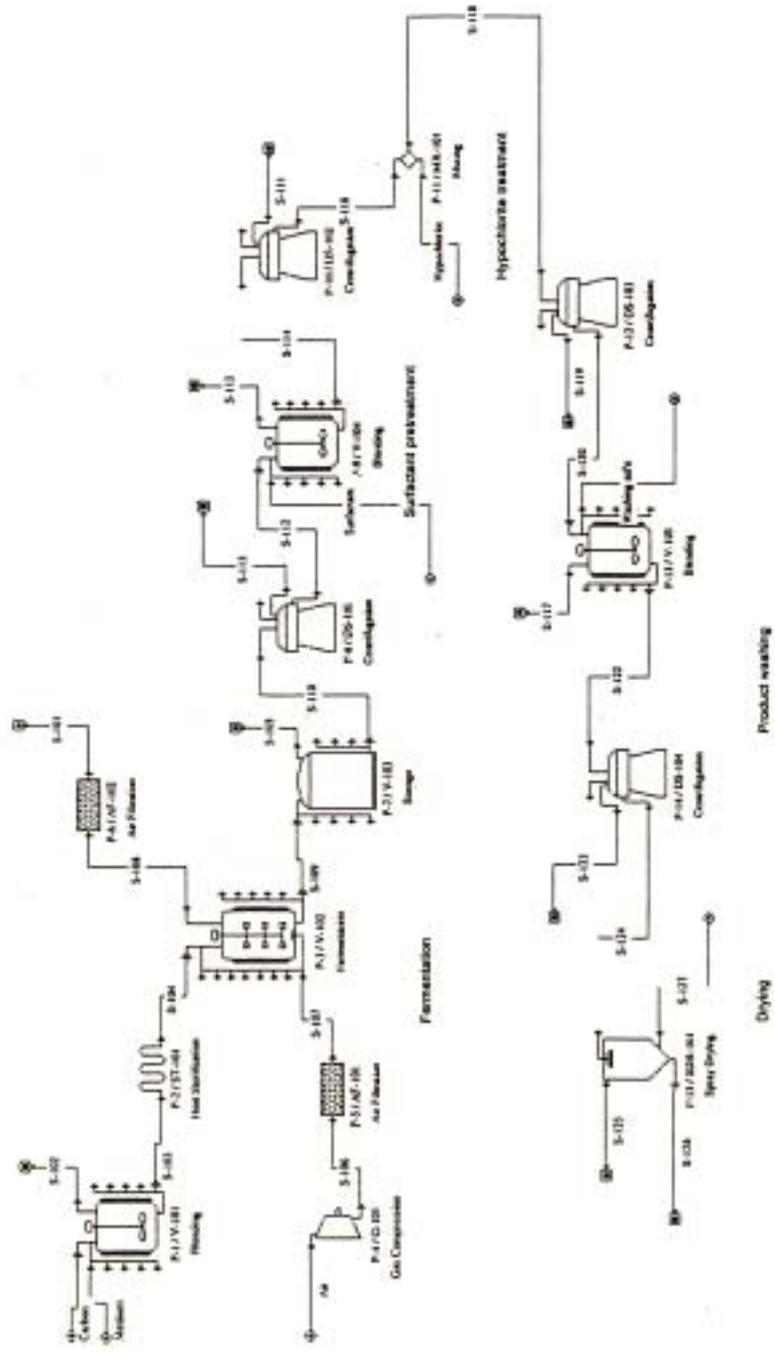


Fig. 3. The process flowchart for fermentative production of polyhydroxybutyrate (PHB).

図 4.2-14 PHA コスト分析に用いた生産工程モデル

【PHA コスト分析データの整理結果】

上記の手順で整理した PHA のコスト分析データを表 4.2-10、11(大豆油原料)、表 4.2-12、13(グルコース原料)に示す。表 4.2-10 及び表 4.2-12 は原料、廃棄物処理・処分費用、ユーティリティー、実験室/QC(品質管理)/QA(品質保証)設備費、人件費の費用項目別に整理した結果であり、表 4.2-11、13 はこれらのコストを工程別に並べ変えたものである。表 4.2-9、表 4.2-11 より、費用項目別コスト割合を図 4.2-16 に、表 4.2-11、13 より、工程別コスト割合を図 4.2-15 にまとめる。これらの結果より、以下の傾向が認められた。

利用資料(2)で同様の解析を行っているが、取り上げているケースが異なるため、結果に多少相違が見られる。

- 大豆油を原料として PHA を生産する場合には 490 円/kg-PHA、グルコースを原料とする場合には 483 円/kg-PHA と、目標とする 350 円/kg よりも 140 円程度高コストとなっている。また、原料による顕著なコスト差は見られない。
 - PHA 生産において**最もコストがかかるのは設備投資**²であり、その他の費用項目では原料費、ユーティリティー費、廃棄物処理・処分費用、人件費がつづく。

大豆油を原料とした場合、大きな発酵槽を建設する必要があるため、設備投資が高くなる傾向がある。但し、既存の発酵槽を利用できる場合には設備投資費が削減できるため、生産コストを約半分にすることが可能である。

設備の配置など、高効率化のためのシステム設計や技術開発によって設備投資を圧縮することが考えられるほか、生産規模を拡大することによってスケールメリットが生じ、設備投資を削減することが可能と思われる。
- ² PHA の設備投資については 5 年での償却を想定しており、8 年単純償却を想定している。PLA の設備投資とは比較できない。
- 原料費は、大豆油を原料として生産した場合の方が、グルコースを原料とする場合と比較してコストを抑えることができる。大豆油とグルコースの単価はほぼ同じであるが、大豆油の方が PHA 収率が 2 倍程度高いことから原料投入量を削減することが可能なためである。

安価な原料から PHA を高収率で得るための技術開発が重要である。収率のよい大豆油等を安価で入手することができれば、原料費を抑制することができる
 - 精製工程よりも、発酵精製工程にかかる運転費(原料費、ユーティリティー費)が高コスト**となっている。但し、各工程に係る**運転費(原料費、ユーティリティー費)よりも設備投資に係るコストの占める割合が圧倒的に大き**くなっている。

設備投資に係るコストを圧縮することで PHA の低コスト化を図ることが可能である。

表 4.2-10 大豆油を原料とする P (3HB-co-5mol%3HHx) 生産に係るコスト分析結果 (費用項目別)

			使用量	単価	小計 (千円)	PHA1kg当たり (円/PHA-kg)		
運転経費	原料	発酵工程	大豆油	7,539 t/年	37.5 円/kg	282,713	57.1	
			NH ₃	174 t/年	25 円/kg	4,350	0.9	
			溶剤	17,408 t/年	0.5 円/kg	8,704	1.8	
			プロセス工程水	23,630 t/年				
		精製工程	SDS	954 t/年	187.5 円/kg	178,875	36.1	
			NaOCl	4,582 t/年	12.5 円/kg	57,275	11.6	
			小計			531,917	107.4	
		廃棄物処理・処分費用		小計			144,375	29.1
	ユーティリティー	発酵工程	電力	10,483 MWh/年	16 円/kWh	167,728	33.9	
			蒸気	1,233 t/年	0.9625 円/kg	1,187	0.2	
			冷却水	8,863 t/年	0.125 円/kg	1,108	0.2	
		精製工程	電力	690 MWh/年	16 円/kWh	11,040	2.2	
			蒸気	15,345 t/年	0.9625 円/kg	14,770	3.0	
			冷却水	5,000 t/年	0.125 円/kg	625	0.1	
		光熱費等		小計			62,793	12.7
		実験室/QC(品質管理)/QA(品質保証)		小計			259,250	52.3
	合計					17,375	3.5	
	人件費					115,500	23.3	
	設備費(5年償却)					1,360,000	274.5	

ランニングコスト計(運転経費+人件費+設備費)	2,428,417 千円/年
PHA製造量 4,954 t/年	PHA1kg当たり 490 円/PHA-kg

表 4.2-11 大豆油を原料とする P (3HB-co-5mol%3HHx) 生産に係るコスト分析結果 (生産工程別)

			使用量	単価	小計 (千円)	PHA1kg当たり (円/PHA-kg)		
運転経費	発酵生産工程	原料費	大豆油	7,539 t/年	37.5 円/kg	282,713	57.1	
			アンモニア	174 t/年	25 円/kg	4,350	0.9	
			溶剤	17,408 t/年	0.5 円/kg	8,704	1.8	
		ユーティリティー	電力費	10,483 MWh/年	16.00 円/kWh	167,728	33.9	
			蒸気	1,233 t/年	0.9625 円/kg	1,187	0.2	
			冷却水	8,863 t/年	0.125 円/kg	1,108	0.2	
		小計					463,495	93.6
		精製工程	薬剤費	SDS	954 t/年	187.5 円/kg	178,875	36.1
	NaOCl			4,582 t/年	12.5 円/kg	57,275	11.6	
	ユーティリティー		電力費	690 MWh/年	16.00 円/kWh	11,040	2.2	
			蒸気	15,345 t/年	0.9625 円/kg	14,770	3.0	
			冷却水	5,000 t/年	0.125 円/kg	625	0.1	
	小計					262,585	53.0	
	光熱費等					62,793	12.7	
	廃棄物処理・処分費用					144,375	29.1	
	実験室/QC(品質管理)/QA(品質保証)					17,375	3.5	
合計					950,622	191.9		
人件費					115,500	23.3		
設備費(5年償却)					1,360,000	274.5		

ランニングコスト計(運転経費+人件費+設備費)	2,426,122 千円/年
PHA製造量 4,954 t/年	PHA1kg当たり 490 円/PHA-kg

表 4.2-12 グルコースを原料とする P (3HB) 生産に係るコスト分析結果 (費用項目別)

			使用量	単価	小計 (千円)	PHA1kg当たり (円/PHA-kg)	
原料	発酵工程	グルコース	14,232 t/年	37.5 円/kg	533,700	107.2	
		NH ₃	233 t/年	25 円/kg	5,825	1.2	
		溶剤	12,596 t/年	0.5 円/kg	6,298	1.3	
		プロセス工程水	12,502 t/年			0.0	
	精製工程	SDS	1,401 t/年	187.5 円/kg	262,688	52.8	
		NaOCl	4,399 t/年	12.5 円/kg	54,988	11.0	
	小計				863,498	173.5	
	廃棄物処理・処分費用				166,500	33.4	
	運転経費	発酵工程	電力	5,550 MWh/年	16 円/kWh	88,800	17.8
			蒸気	2,248 t/年	0.9625 円/kg	2,164	0.4
冷却水			3,542 t/年	0.125 円/kg	443	0.1	
精製工程		電力	651 MWh/年	16 円/kWh	10,416	2.1	
		蒸気	17,501 t/年	0.9625 円/kg	16,845	3.4	
		冷却水	8000 t/年	0.125 円/kg	1,000	0.2	
光熱費等				12,833	2.6		
小計				132,500	26.6		
実験室/QC(品質管理)/QA(品質保証)				21,125	4.2		
合計				1,183,623	237.8		
人件費				141,125	28.3		
設備費(5年償却)				1,077,750	216.5		

ランニングコスト計(運転経費+人件費+設備費)	2,402,498 千円/年
PHA製造量	4,978 t/年
PHA1kg当たり	483 円/PHA-kg

表 4.2-13 グルコースを原料とする P (3HB) 生産に係るコスト分析結果 (生産工程別)

			使用量	単価(円)	小計 (千円)	PHA1kg当たり (円/PHA-kg)	
原料費	発酵工程	グルコース	14,232 t/年	37.5 円/kg	533,700	107.2	
		アンモニア	233 t/年	25 円/kg	5,825	1.2	
		溶剤	12,596 t/年	0.5 円/kg	6,298	1.3	
		電力費	5,550 MWh/年	16 円/kWh	88,800	17.8	
	ユーティリティ	蒸気	2,248 t/年	0.9625 円/kg	2,164	0.4	
		冷却水	3,542 t/年	0.125 円/kg	443	0.1	
		小計			637,229	128.0	
	精製工程	薬剤費	SDS	1,401 t/年	187.5 円/kg	262,688	52.8
			NaOCl	4,399 t/年	12.5 円/kg	54,988	11.0
		ユーティリティ	電力費	651 MWh/年	16 円/kWh	10,416	2.1
蒸気			17,501 t/年	0.9625 円/kg	16,845	3.4	
冷却水			8000 t/年	0.125 円/kg	1,000	0.2	
小計				345,936	69.5		
光熱費等				12,833	2.6		
廃棄物処理・処分費用				166,500	33.4		
実験室/QC(品質管理)/QA(品質保証)				21,125	4.2		
合計				1,183,623	237.8		
人件費				141,125	28.3		
設備費(5年償却)				1,077,750	216.5		

ランニングコスト計(運転経費+人件費+設備費)	2,402,498 千円/年
PHA製造量	4,978 t/年
PHA1kg当たり	483 円/PHA-kg

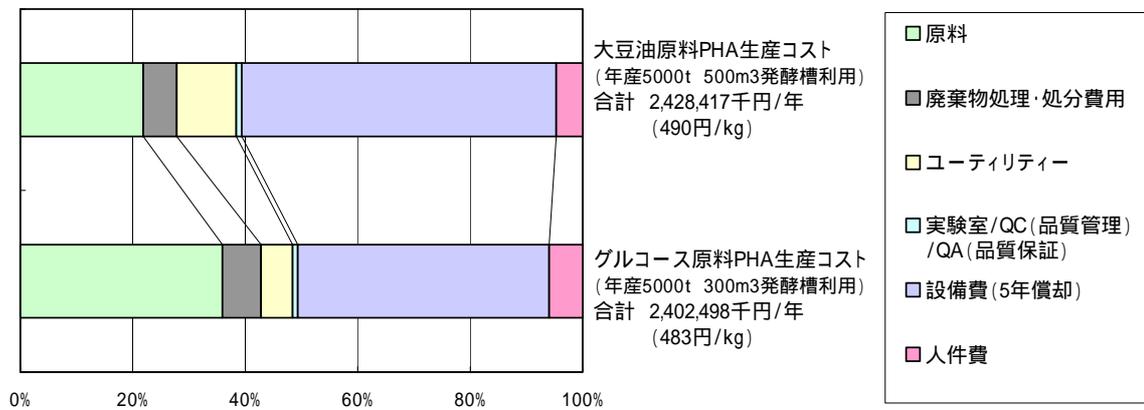


図 4.2-15 PHA 生産コストの費用項目別内訳

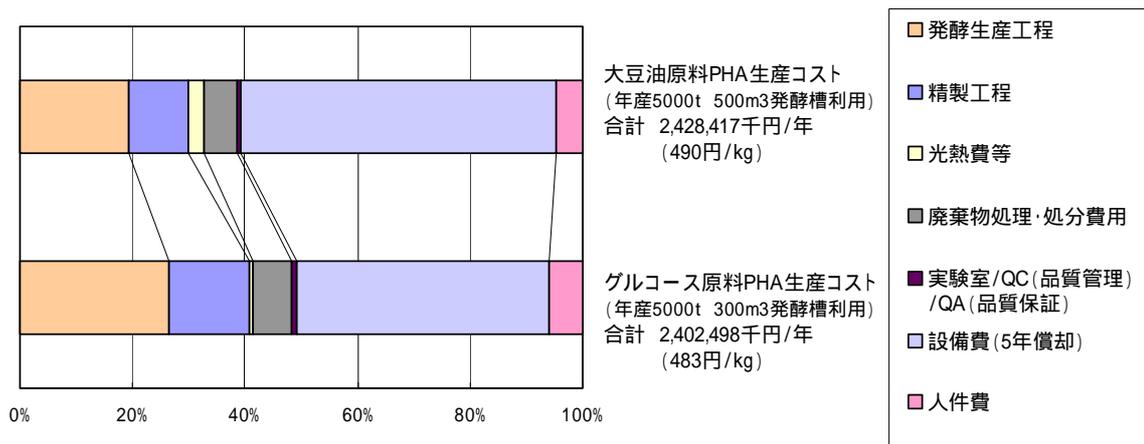


図 4.2-16 PHA 生産コストの工程別内訳

【まとめ】

PHA コスト分析データの整理結果を製造プロセスに分配したものを図 4.2-17 に示す。

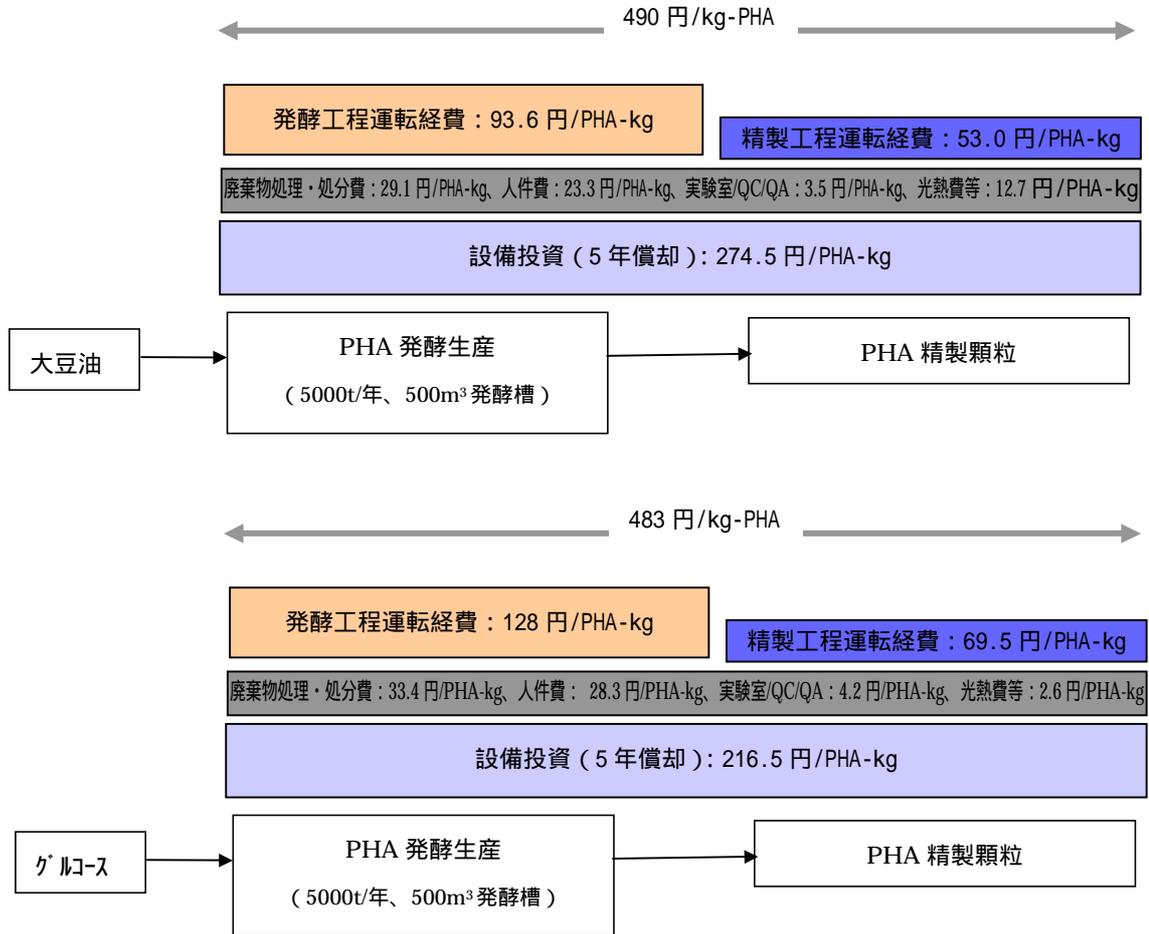


図 4.2-17 PHA コスト分析データの整理結果まとめ

STEP 2 : 感度分析

STEP1 においてコスト分析データを整理した結果、PHA 製造コストは大豆油原料で 490 円/PHA-kg、グルコース原料で 483 円/PHA-kg と、いずれの場合にもバイオマスニッポン総合戦略での目標 2010 年 200 円/PHA-kg を達成するための中間目標 350 円/PHA-kg には到達していない。そこで、PHA 生産に係るコストに占める割合の多い費用項目について感度分析を行い、目標とする基準に向けた低コスト化のために必要な費用圧縮の方法を検討する。なお、感度分析にあたっては、グルコース原料を用いる場合を基準として利用することとした。

原料購入単価の変動

図 4.2-16 に示すとおり、グルコースを原料とする場合にはとくに PHA 製造コストに占める原料費の割合が高くなっている。また、グルコース等の原料価格は国際市場状況に大きく左右されることから、購入単価の変動が激しいことが予想される。

そこで、原料購入価格を 0～100 円/kg の範囲で変動させ、PHA 製造コストへの影響を見た。結果を表 4.2-14、図 4.2-18 に示す。

表 4.2-14 原料購入価格変動の効果

グルコース投入量 (t/年)	単価 (円/kg)	原料費小計 (千円/年)	その他の 運転経費 (千円/年)	人件費 (千円/年)	減価償却費 (千円/年)	ランニング コスト計 (千円/年)	PHA1kg 当たり (円/PHA-kg)
14,232	-8.9	-126,498	649,923	141,125	1,077,750	1,742,300	350.0
	0	0				1,868,798	375.4
	10	142,320				2,011,118	404.0
	20	284,640				2,153,438	432.6
	30	426,960				2,295,758	461.2
	38	533,700				2,402,498	482.6
	50	711,600				2,580,398	518.4
	100	1,423,200				3,291,998	661.3

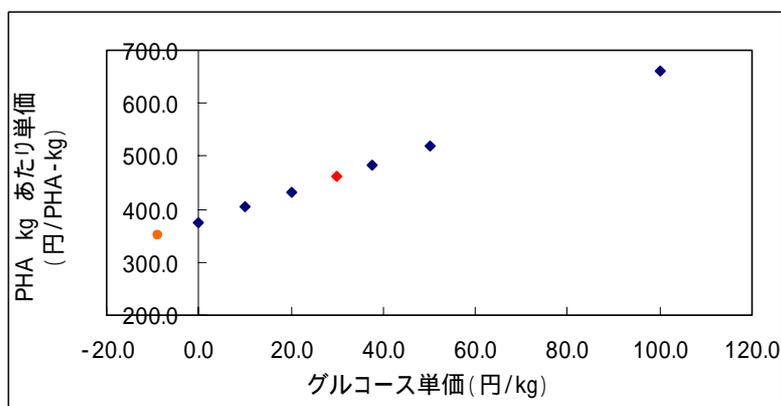


図 4.2-18 原料購入価格の変動による PHA 単価への影響

原料の単価を無償と仮定すると 375 円/PHA-kg まで低コスト化され、逆に 100 円/kg まで原料価格が高騰した場合には 661 円/PHA-kg と、原料購入価格によって PHA 製造コストは大きく変動する。なお、原料単価の低減のみで 350 円/PHA-kg での製造を可能にするためには、8 円/kg 程度での逆有償による引き取りが必要になる。

事業規模の変動

PHA 製造設備の建設にあたってのスケールメリットを考慮し、事業規模を変動させて、PHA 製造コストに与える影響を検証した。この際、5 年での単純償却を仮定し、モデルケースにおける設備費に減価償却期間 5 年を乗じて基準となる設備投資を算出し、規模拡大に伴って 0.6 乗則に則して設備投資の拡大を推計した。結果を表 4.2-15、図 4.2-19 に示す。

表 4.2-15 事業規模変動の効果

	単位	モデルケース	モデルケース 2倍規模	モデルケース 3倍規模	モデルケース 5倍規模	モデルケース 10倍規模	
グルコース投入量	t/年	14,232	28,464	42,696	71,160	142,320	
PHA生産量	t/年	4,978	9,956	14,934	24,890	49,780	
運転経費	千円/年	1,183,623	2,367,246	3,550,869	5,918,115	11,836,230	
人件費	千円/年	141,125	141,125	141,125	141,125	141,125	
設備投資	設備投資	千円	5,388,750	8,167,818	10,417,435	14,153,702	21,453,000
	減価償却費(5年償却)	千円/年	1,077,750	1,633,564	2,083,487	2,830,740	4,290,600
ランニングコスト計	千円/年	2,402,498	4,141,935	5,775,481	8,889,980	16,267,955	
PHA kgあたり単価	円/PHA-kg	483	416	387	357	327	

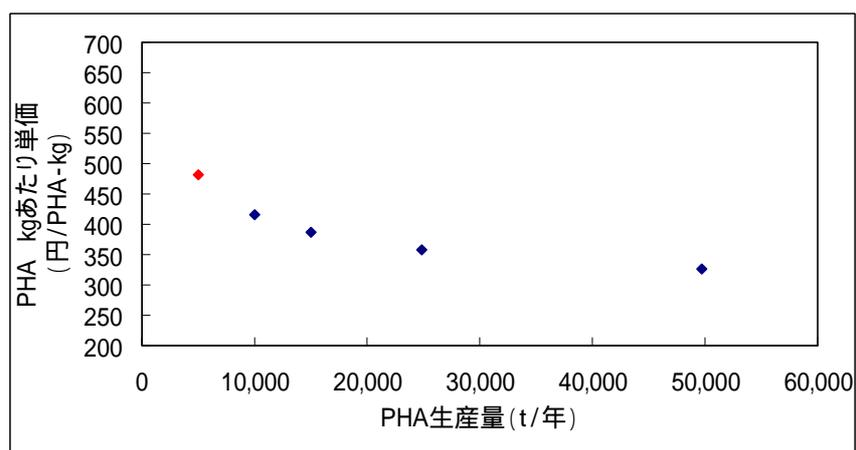


図 4.2-19 事業規模の変動による PHA 単価への影響

規模の拡大によって PHA 生産量あたりの設備費が低減されるため、PHA 単価は大きく変動し、モデルケースの 10 倍の事業規模 (5 万 t/年) においては PHA 単価 327 円/PHA-kg と、350 円/PHA-kg を上回る経済性を示している。

350 円/PHA-kg を達成するために

～ で幾つかの費用項目を変動させた場合について示したが、規模を 10 倍に拡大させた場合にのみ、350 円/PHA-kg の達成が可能である。その他の項目については単独では 350 円/PHA-kg を達成することは困難だが、高効率化のための技術開発や、効率的なシステム設計の実現、安価な原料の確保等により、幾つかの費用項目を同時に低減させることで更なる低コスト化を図ることが期待される。

< 原料費低減 + 事業規模拡大 >

PHA 製造において最も高コストな設備費を事業規模拡大によるスケールメリットにより低減し、次いで高コストな原料費を低減することを想定する。原料費については、に示したとおり市場状況で大きく変動することが考えられるが、ここではグルコースが 20 円/kg で取引可能な場合について事業規模を変動させて PHA 製造コストへの影響を見た。

この場合、コスト低減効果は著しく、モデルケースの 3 倍以上の規模 (1.5 万 t/年以上) においてに 350 円/PHA-kg を達成することが可能となる。

表 4.2-16 原料費低減 + 事業規模拡大の効果

	単位	モデルケース	モデルケース 2倍規模	モデルケース 3倍規模	モデルケース 5倍規模	モデルケース 10倍規模	
グルコース投入量	t/年	14,232	28,464	42,696	71,160	142,320	
PHA生産量	t/年	4,978	9,956	14,934	24,890	49,780	
運転経費(人件費、原料費を除く)	千円/年	934,563	1,869,126	2,803,689	4,672,815	9,345,630	
人件費	千円/年	141,125	141,125	141,125	141,125	141,125	
設備投資	設備投資	千円	5,388,750	8,167,818	10,417,435	14,153,702	21,453,000
	減価償却費(5年償却)	千円/年	1,077,750	1,633,564	2,083,487	2,830,740	4,290,600
ランニングコスト計	千円/年	2,153,438	3,643,815	5,028,301	7,644,680	13,777,355	
PHA kgあたり単価	円/PHA-kg	433	366	337	307	277	

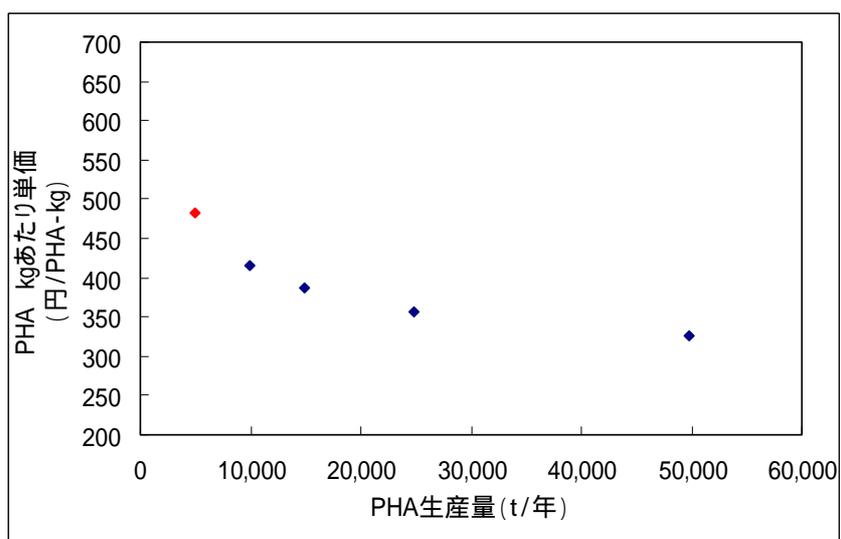


図 4.2-20 原料費 + 事業規模拡大 による PHA 単価への影響

(5) 低コスト化を実現するための課題整理

ここでは、PLA 及び PHA 製造に係るコスト試算データを整理し、感度分析を行った結果を踏まえ、バイオマスプラスチック製造コストの低コスト化を実現するための課題を整理した。

コスト分析から導き出された課題

PLA、PHA に関するコスト分析の結果、これらの製造コストの低減に向けて以下のような課題が挙げられた。

・高効率製造技術の研究開発

特に PLA については、乳酸生産工程が全体のコストを押し上げている。PLA 生産の 3 工程(発酵、精製、重合)のうち、重合工程については最も合理化が進んでいることから、今後は、発酵、精製工程について、高効率化のための技術開発が期待される。特にエネルギー消費の大きい精製工程については、技術開発による合理化の余地が大きいと考えられる。具体的には、例えば以下のような技術開発課題が考えられる。

効率的な発酵生産(高速度、高密度)のための技術開発
連続発酵を可能にするための遺伝子工学的な研究開発
低エネルギー高性能な精製技術(膜精製等)の開発
D 体乳酸の活用など収率を向上させるための技術開発

・既存エネルギー供給施設との連携

特に PLA 製造において、大きな費用負担となっているエネルギーを、一般流通価格で購入するのではなく、既存施設で余剰熱等として発生しているものを有効利用することが考えられる。例えば、サーマルリサイクル施設やメタン発酵施設からの熱や電気の利用など、発熱・発電を伴う他のシステムと連携することにより、より安価なエネルギーを確保できる。

・低価格高品質な原料資源の探索

PLA、及び PHA 製造において、原料費の占める割合は比較的大きく、ここを圧縮することで全体の製造コストを低減することが考えられる。但し、低価格でも低品質であれば前処理に費用を要したり、収率の低下に繋がるなど、かえって経済性を低下させる可能性もあることから、古米やグルコース程度の品質を持ちながら、さらに低価格な資源を選択することが重要となる。

・ *既存生産設備の活用*

PLA、PHA とともに、設備費の占める割合は大きいため、一部の工程について既存の生産設備を活用することで設備費の投資を抑えることが期待される。具体的には、現在稼動している施設に一部の生産工程を委託することや、現状では稼動していない既存設備を活用することが考えられる。例えば、国内には食品用途を中心として糖化施設や発酵施設が整備されており、技術力、及び、設備的なポテンシャルは高い。但し、稼動している既存設備に生産を委託する際には、異なる用途、原料での利用について、委託先に理解を得ることが難しい可能性も考えられる。

・ *規模拡大のための環境整備*

PLA、PHA とともに、設備費の占める割合は大きく、スケールメリットを狙って大規模化事業を展開し、設備費の低減を図ることが考えられる。ただし、大規模化により設備費を低減することは可能としても、大量となる原料の収集運搬、廃棄物の搬出等の問題が生じることが考えられる。

・ *より低コストなプラント設備設計の開発*

PLA、PHA とともに、設備費の占める割合が大きいため、設備費を低減するような設備材料やプラント設計に関する技術開発が期待される。

・ *設備費を低減する製造技術の開発*

コスト押し上げ要因となっている設備費について、同時糖化発酵による乳酸製造技術、直接重合などの製造技術の開発によって低減することが考えられる。

・ *低品質な資源が利用可能な汎用性の高いバイオマスプラスチック製造技術の開発*

大きな部分を占める原料費を圧縮するだけでなく、厨芥等の逆有償の資源を原料とすれば、全体の経済性も格段に向上する。有害物質を含む混入物が多く、変質が早いなどの特徴をもった低品質の資源について、比較的安価にバイオマスプラスチック原料として利用する技術が開発されれば、収率は悪くても受入収入で経済性をカバーすることも考えられる。

システム全体に係る課題

バイオマスプラスチックの低コスト化を図るためには、各バイオマスプラスチックの製造工程に関する技術やシステム開発など、個別の課題のほかに、バイオマスプラスチックの原料生産から製造、使用、廃棄にいたるシステム全体で低コスト化を実現する仕組みを構築する必要がある。ここでは、バイオマスプラスチックの低コスト化を図るためのシステム全体に係る課題を整理する。

・原料供給地、需要地を踏まえた各製造施設の適切な配置

バイオマスプラスチックの効率的な製造を実現するためには、運搬効率を高めるためにも、原料となるバイオマスの供給地、製造したバイオマスプラスチックの需要地を踏まえて各製造施設を配置することが重要である。この際、スケールメリットが小さく運搬費用の方が影響の大きい工程については分散して行い、スケールメリットの大きい工程については大規模施設で集中して実施するなど、各工程の特性に適した施設配置を検討する必要がある。

・バイオマスプラスチックの循環利用システムの確立

バイオマスプラスチックを製造するにあたっては、バイオマスからプラスチック原料を生成する過程で大きなコストを要する。そこで、使用後のバイオマスプラスチックを回収し、化学的処理を施してプラスチック原料を抽出することができれば、これを再度バイオマスプラスチック原料として利用することでバイオマスプラスチック製造コストを低減することが可能であると考えられる。そのためには、技術開発、制度整備を含め、バイオマスプラスチックの循環システム構築に係る環境整備を進める必要がある。