

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 9 月 7 日現在

機関番号：57701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H01923

研究課題名(和文)世界初、パームリサイクルきのこが創るグローバルな環境保全型食料生産システムの構築

研究課題名(英文)World's first global eco-friendly food production system created by palm-recycled mushrooms

研究代表者

山内 正仁 (Masahito, Yamauchi)

鹿児島工業高等専門学校・都市環境デザイン工学科・教授

研究者番号：40239843

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まずパームバイオマス(以下、PB)を用いてヒマラヤヒラタケ栽培試験を実施し、子実体の収量性、品質からPBは培地材料にできることを明らかにした。次にPB廃菌床10%を含む発酵TMR飼料を調製し、山羊を用いたin vivo消化試験を行った。対照区(廃菌床0%区)のTDN含量と有意差がなく、家畜への給与が可能ながわかった。最後にPB廃菌床を給餌した山羊の糞で堆肥を調製後、コマツナ栽培試験を実施し、対照区と生育に有意差がないことを確認した。以上の結果から、パーム産業、きのこ産業及び農畜産業がコラボしたUp Cycle型の産業共生システムが構築できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではDown Cycleが主であったパームバイオマスの利用を見直し、食用きのこの生理的特性を活用して、きのこ(低カリウム廃菌床) 低カリウム家畜飼料(排泄物) 作物(堆肥)へとUp Cycleを実現し、異種産業のコラボによる持続可能な環境低負荷型食料循環産業共生システムを構築した。加えて、本システムの生産物はハラル社会に適合していることを確認しており、限りある資源の有効活用に必要な研究を行う環境学分野と社会科学分野の融合を図ることができた。さらにUp Cycle型食料供給システムを日本発の独自の技術として東南アジア(マレーシア、インドネシア)に、研究協力機関を通じて発信できた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we first conducted a Himalayan oyster mushroom cultivation test using palm biomass (PB), and clarified that PB can be used as a medium material from the yield and quality of fruiting bodies. Next, a fermented TMR feed containing 10% of the PB waste bed was prepared, and an in vivo digestion test using goats was conducted. There was no significant difference from the TDN content in the control group (0% waste bed), and it was found that livestock could be fed. Finally, after preparing compost from the feces of goats fed the PB waste bed, a komatsuna cultivation test was conducted, and it was confirmed that there was no significant difference in growth from the control group. From the above results, we were able to construct an Up Cycle type industrial symbiosis system in which the palm industry, mushroom industry, and agriculture & livestock industry collaborated.

研究分野：環境工学 廃棄物工学

キーワード：パームバイオマス 資源循環 食用きのこ 家畜飼料 堆肥化 作物栽培

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

マレーシアやインドネシアではパームオイルの約90%(6,270万トン)を生産している¹⁾。一方、パーム油製造工場では、年間13,410万トン(パーム油生産量から推定)の莫大なバイオマスが定常的に発生し、特にパーム油の加工残渣である空果房(Empty Fruit Bunch、EFB)は年間7,310万トンと多い。EFBは水分率が60~70%と高く、不完全燃焼によるダイオキシン発生や煙害の原因になることから焼却処分が禁止され、プランテーション内に投棄(野積み)されたり、搾油工場敷地内に腐敗したまま積み上げられたりしている状況にある。このため、悪臭や害虫の大量発生等二次的問題を引き起している。また、パーム油生産国では25~30年周期でアブラヤシが伐採されているが、その際に発生する樹幹(Oil Palm Trunk、OPT)もEFB同様、莫大な量が発生している。OPTの大部分は粉碎、あるいはそのままの状態プランテーション内に放置されたり、幹に薬剤を注入したりして、立ち枯れさせている。さらに違法な火入れによる焼却を行なっている場合もあり、土壌や地下水の汚染、あるいは煙害による健康被害が懸念されている状況にある。

これらのパームバイオマスの適切な処理や有効利用法としては、肥料・飼料原料への利用、固形燃料、パルプ原料、バイオコンポジット原料への利用等が行われている²⁻³⁾。しかし、多量に発生するこれらのバイオマスの有効利用法は不十分である。

筆者らはこれまでに焼酎粕、でん粉粕などの食品バイオマスや竹チップ、バガス等の草木系バイオマスを用いたきのこ栽培技術を開発し、一部事業化に成功している⁴⁾。食用きのこは栄養価の高いスーパーフードとして、ハラル様式の国を含め世界的に市場価値が高い。このためこれらの国ではゴムの廃木からゴムおが屑を生産し、菌床栽培に利用している。しかしながら、近年、天然ゴムの木の老朽化により、プランテーションがアブラヤシに移行し、それにより、現地ではきのこ栽培に必要な基材の確保が課題となっている。

2. 研究の目的

本研究では、EFB、OPTを栽培きのこの基材として活用することができないか考えた。EFBは、これまでに繊維を粉碎し、培地基材として利用する研究が行われ、利用可能なことが報告されている。しかし、EFBは繊維が硬いため、袋栽培が主流の現地では、袋にピンホールが発生しやすく、栽培工程においてコンタミの危険性が高い。一方、OPTはこれまで栽培きのこの基材として利用した報告は少ない。本研究では発酵処理を施したFEFB(Fermentation Empty Fruit Bunch)とOPTを用いて、温暖な気候に適したヒマラヤヒラタケの栽培試験を実施した。また、きのこ栽培過程では使用済み菌床(以下、廃菌床)が発生する。廃菌床の一部は堆肥原料として利用されているが、そのほとんどは、利用されずに敷地内に野積みされている状況にある。

本研究では廃菌床は菌糸由来の成分や繊維成分が豊富なことから、廃菌床の成分特性を調査後、家畜飼料を調製し、給餌試験を実施した。さらに家畜排泄物は堆肥化後、作物栽培へ利用し、パームバイオマスをカスケード利用することでその付加価値を高め、きのこ生産を核としたパームバイオマスの資源循環が可能か検討した。

3. 研究の方法

(1) ヒマラヤヒラタケ栽培試験

表-1に培地配合条件を示す。本試験では各資材を単独利用した試験区、ゴムおが屑とFEFB、OPTを併用利用した試験区を準備した。栄養材には米糠を使用し、pH調整には貝化石(鹿児島県吉田町産;未凝結の貝砂状のアラゴナイト系石灰)を用いた。また培地の水分率調整には水道水を使用した。調製した培地は、ポリプロピレン製のビン容器(容量:

表-1 培地配合条件

試験区	培地基材			栄養材	その他	瓶詰め重量	培地水分率 (%)	pH [*]	
	ゴムおが屑	FEFB	OPT	針葉樹おが屑	米糠				貝化石
				(乾物重量%)		(g/瓶)	(%)	(-)	
1	ゴムおが屑100%	46			50	4	630	65.0	6.2
2	ゴムおが屑50%+FEFB50%	23	23		50	4	590	65.9	5.9
3	FEFB100%	46			50	4	530	64.3	5.7
4	ゴムおが屑50%+OPT50%	23	23		50	4	630	65.0	6.2
5	OPT100%		46		50	4	630	64.8	6.1
6	針葉樹おが屑100%			46	50	4	600	64.4	6.3

*滅菌後の水分率、pH。

850mL、口径58mm、ウレタン無し)に530~630g充填した。ビン詰め終了後、高圧滅菌釜(121℃、1時間)で培地を滅菌した。その後、クリーンルーム内で温暖な気候に適しており、マレーシア国内での需要が高いヒマラヤヒラタケの種菌(株)キノックスをビンあたり約10g接種した。なお、各試験区の供試ビン数は5本とした。接種したビンは、温度22±1℃、湿度65±5%に制御した室内で培養を行い、作業時のみ蛍光灯を点灯した。培養終了後、菌掻き・注水(3時間)作業を行い、温度18±1℃、湿度90±5%に制御した発生室にビンに移し、子実体の形成を促した。なお、本試験では100ルクス(lux)程度の光を1日8時間照射することとした。収穫は子実体の傘の最大径が80~90mmで行い、菌掻きから収穫までの日数、総栽培日数、収量(生重量)、発生本数および培地100gあたりの収量性を調査した。また子実体の一般成分(水分:常圧加熱乾燥法、蛋白質:ケルダール法(窒素・蛋白質換算係数6.25)、脂質:酸分解法、灰分:直接灰化法、炭水化物:100-(水分+蛋白質+脂質+灰分))、無機成分(P:バナドモリブデン酸吸光光度

法、K、Ca、Mg；原子吸光光度法)を定量した。

(2) 廃菌床を含む発酵 TMR の化学特性

表-2 に発酵 TMR (Total mixed ration) 調製時の各材料の混合割合を示す。本試験では日本飼養標準・肉用牛 (2008 年版) に基づき、体重 450kg の黒毛和種繁殖牛 1 日当たりの維持に要する養分量を想定し、乾物 (Dry Matter；以下、DM) 率、粗蛋白質 (Crude protein；以下 CP) および可消化養分総量 (Total digestible nutrients；以下 TDN) の必要量を満たすように飼料設計した。また廃菌床は最大 10% まで使用した。良質の発酵 TMR を得るためには水分率を 40~50% に調整する必要があることから、本試験では全処理区とも約 50% に調整した。これらの飼料原料はミキサー (WBS312-15、春日電気 (株) 製) で混合し、120L 容のプラスチックドラム缶に踏圧を加えて充填し、室温条件下で発酵させた。各処理区 3 反復調製し、30 日経過後に開封した飼料の化学成分を分析した。また、繊維成分については NDFom、ADFom および ADL の各含量をデタージェント分析法⁵⁾により測定した。

表-2 発酵 TMR 調製時の各材料の混合割合

材料	区分				
	対照区	FEFB5%区	FEFB10%区	OPT5%区	OPT10%区
	-% FM-				
チモシー乾草	46.5	42.8	43.3	42.7	42.3
配合飼料	8.6	10.1	9.2	10.3	8.9
バイン残渣	14.6	15.1	12.3	15.4	14.6
FEFB廃菌床	-	5	10	-	-
OPT廃菌床	-	-	-	5.1	9.8
水	30.2	26.9	25	26.5	24.4
乳酸菌製剤	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

(3) 廃菌床を含む発酵 TMR の *in vivo* 消化試験

(2) で調製した発酵 TMR の栄養価を検討するために、*in vivo* 消化試験を鹿児島大学農学部附属農場で実施した。本試験では、トカラ山羊成雌 3 頭を供試した。供試飼料には対照区 (廃菌床無添加区) と FEFB 廃菌床 10% 区および OPT 廃菌床 10% 区の 3 種の発酵 TMR を用いた。試験は 1 期 14 日間 (予備期 10 日間、本期 4 日間) とし、3 期間を設け (42 日間)、3×3 型ラテン方格法による全糞採取法で行った (表-3 参照)。本期中は飼料給与量と残食量の原物重量から、飼料摂取量を求めた。また、全糞を給餌前に採取し、FM (Fresh Matter) 重量を測定した。その後、全糞を 60 °C で 48 時間通風乾燥させ、粉碎し、DM 中の有機物 (Organic Matter；以下、OM) および粗脂肪 (Ether extracts；以下、EE) 含量を算出した。これらの結果を基に、以下の式で供試飼料の消化率 (%) および TDN 含量 (%) を算出した。
 供試飼料の消化率 (%) = (摂取成分量 - 糞中成分量) × 100 / 摂取成分量
 TDN 含量 (%) = 可消化 OM 含量 + 可消化 EE 含量 × 1.25

表-3 ラテン方格法による期間の割り当て

供試動物	期		
	14日間	14日間	14日間
トカラ山羊1 (28.2kg)	対照区	OPT区	FEFB区
トカラ山羊2 (26.8kg)	FEFB区	対照区	OPT区
トカラ山羊3 (28.2kg)	OPT区	FEFB区	対照区

() 内：個体体重

(4) 家畜排泄物の堆肥化および作物栽培試験

本試験ではパームバイオマス含有の家畜排泄物の農業への利用可能性を明らかにするために家畜排泄物を主原料に堆肥試験を実施した。表-4 に堆肥調製用資材の配合と堆肥調製時の C/N 比を示す。堆肥調製用資材には(3)で得られた山羊糞 3 種 (対照区 (BL)、FEFB10% 廃菌床区および OPT10% 廃菌床区) にそれぞれゴムおが屑、EFB および OPT を混合し、C/N 比を 40 前後に調整した。その後、資材の水分率を 60% 程度に調整し、これを水切りネットに 5kg ずつ詰め、小型堆肥化実験装置で 20 日間発酵処理を施して堆肥を調製した。各堆肥の C、N 量は全窒素・全炭素測定装置 (NC-22A、(株)住化分析センター) で定量し、C/N 比を算出した。また各堆肥の無機成分については硝酸と過塩素酸による湿式灰化法で得た分解液を原子吸光光度法で K・Ca・Mg を定量し、バナドモリブデン酸法でリンを定量した。

コマツナ (品種：浜美 2 号、販売元：(株)サカタのタネ) の栽培は、1/5000a ワグネルポットを用いた。一般的に行われている化学肥料に有機物資材を上乗せして施用する慣行⁶⁾を考へて、1 ポット当たり鹿児島大学学内農場の土壌 (灰色低地土) 3.5kg に、化成肥料 (窒素・りん酸・加里各 8%) を 2.5g (窒素・りん酸・加里 1.0kg/a 相当量) と各堆肥等資材の窒素量が 0.6g (窒素 3kg/a 相当) となるように BL 堆肥、FEFB 堆肥および OPT 堆肥をそれぞれ 47.6g、42.0g および 40.2g (201~238kg/a 相当) 混合してポットに充填した。なお各試験区 3 反復とした。

本試験は 2021 年 11 月 3 日に各ポットにコマツナを 30 粒播種した。11 月 10 日に発芽数を調査した。その後、間引きを行い、1 ポット当たり 3 個体として栽培した。作物体の草丈が 30cm 程度になった 12 月 10 日に収穫し、草丈と葉数および新鮮重を測定し、80 °C で通風乾燥して風乾重を測定した。それぞれの試料は粉碎後、サリチル硫酸分解後、蒸留・滴定して窒素を定量した。硝酸・過塩素酸分解後、バナドモリブデン酸による比色法で P を、原子吸光光度法で K、Ca、Mg を定量した。またポットに充填した栽培前の土壌と栽培後の土壌については、定法にしたがって 2mm のふるいで篩別後、pH、電気伝導度 (EC)、無機態窒素含量、可給態リン酸含量、陽イオン交換容量 (CEC)、交換性塩基含量、全炭素・全窒素含量を定量した。

表-4 堆肥調製用資材の配合と C/N 比

堆肥	山羊糞			添加剤			堆肥調製前 C/N 比
	廃菌床 0% 区 (BL)	FEFB 廃菌床 10% 区	OPT 廃菌床 10% 区	ゴムおが屑	EFB	OPT	
	乾物重量 (kg)						
山羊糞 (BL)+ゴムおが屑	1.58			0.42			39.4
山羊糞 (FEFB)+EFB		1.28			0.72		40.5
山羊糞 (OPT)+OPT			1.06			0.94	39.4

4. 研究成果

(1) ヒマラヤヒラタケ栽培試験

表-5 にヒマラヤヒラタケの栽培試験結果を示す。本試験では菌糸が培地に蔓延後、直ぐに発生処理を施した。培養日数は、資材の種類により有意差が認められた。FEFB100%区(試験区3)では24日と最も早かった。試験区3の培地詰め量は530g/瓶と少なく、このことが菌周りを早めたと考えられる。一方、OPTを用いた試験区4、5では培地の菌周りが試験区1~3および対照区(試験区6)よりも有意に遅かった。しかしながら、本試験で用いた種菌の菌糸培養期間は培地組成により異なるが、25~30日程度とされている⁸⁾。本試験では培養24~30日程度で発生処理を施しているため、各基材のヒマラヤヒラタケ栽培への利用は問題ないと考えられる。発生処理後の日数は6.6~7.8日と試験区間に有意差はなく、その結果、総栽培日数は培養日数に依存した。発生本数は試験区5(OPT100%区)と試験区1(ゴムおが屑100%区)で有意差があり、OPTを使用した試験区で多くなる傾向にあった。収量は試験区4で107.7±8.9gと最も多く、ついで試験区6(対照区)、試験区5の順であったが、全試験区間で統計的有意差はなかった。培地100gあたりの収量は、試験区1で15.3gであったが、FEFBやOPTを基材として利用することで改善傾向にあった。

表-6 に子実体の成分分析結果を示す。一般成分、無機成分ともに培地基材の違いによる顕著な成分変化は認められなかった。ヒマラヤヒラタケは栽培期間が短い食用きのこのため、培地栄養材である米糠の影響を大きく受け易いことが影響したと考えられる。

(2) 廃菌床を含む発酵 TMR 飼料の化学特性

表-7 に廃菌床を含む発酵 TMR の化学成分を示す。DM 率に有意な処理区間差は認められなかった。ADFom 含量は他の区と比べ、OPT10%区で有意に低かった。ADL 含量は対照区および FEFB5%区と比べ、他の区で有意に高かった。Ca/P 比は1.5~3.5の範囲にあり、対照区と比べ、FEFB10%区、OPT5%区および OPT10%区で有意に高かった。肉用牛の日本飼養標準(2008)によると、尿石症の予防にはリン含量の高い飼料の多給を避け、Ca/P の均衡をとることが大切とし、Ca/P 比を1~2を適当としている⁹⁾。廃菌床を用いた発酵 TMR の Ca/P はやや高かった。

(3) 廃菌床を含む発酵 TMR の in vivo 消化試験

表-8 に FEFB 廃菌床、OPT 廃菌床を含む発酵 TMR を給与した山羊の in vivo 消化試験の結果を示す。OM 消化率に有意な処理区間差はなかったが、EE 消化率は対照区と比べ、FEFB10%区で有意に高かった。対照区と比較して廃菌床には難消化性の ADL が多いにもかかわらず、有意な処理区間差は認められなかった。以上の結果から、廃菌床10%を含む発酵 TMR 飼料は、対照区と遜色ない栄養価を有しており、家畜への給与が可能ながことが分かった。

表-5 ヒマラヤヒラタケの栽培試験結果

試験区	培養日数	発生処理後の日数		総栽培日数	発生本数*	収量(生)	培地100gあたりの収量性
		(平均値±標準偏差)					
		(日)	(本/瓶)				
1 ゴムおが屑100%	26	b	7.0±0.89	33.0±0.9 bc	9.0±2.3 b	96.6±7.1	15.3
2 ゴムおが屑50%+FEFB50%	24.8±0.98	bc	6.6±0.5	31.4±0.5 b	12.8±3.3 ab	97.2±9.8	16.5
3 FEFB100%	24	c	7.6±1.2	31.6±1.2 b	13.2±5.2 ab	97.8±6.0	18.4
4 ゴムおが屑50%+OPT50%	30.6±0.49	a	7.8±0.75	38.4±1.2 a	17.6±4.8 ab	107.7±8.9	17.1
5 OPT100%	30.4±0.49	a	7.2±0.40	37.6±0.6 a	20.8±3.3 a	98.3±17.9	15.6
6 針葉樹おが屑100%	28	b	6.8±0.75	34.8±0.8 c	12.4±1.7 ab	103.0±9.0	17.2

*30mm以上の子実体本数。N=5。同一列の異なるアルファベット間にはTukey法により5%水準で有意差あり。

表-6 子実体の一般成分、無機成分分析結果

試験区	蛋白質 脂質 炭水化物 灰分				Na P K Ca Mg					
	(g/100g乾物)				(mg/100g乾物)					
1 ゴムおが屑100%区	38.0	4.0	51.0	7.0	8.0	1,250	3,120	N.D.	160	
2 ゴムおが屑50%+FEFB50%区	38.1	3.0	52.2	6.7	7.5	1,090	2,590	7.5	149	
3 FEFB100%区	42.7	2.6	47.0	7.7	8.5	1,248	3,239	N.D.	222	
4 ゴムおが屑50%+OPT50%	38.5	2.7	52.2	6.6	6.8	1,220	2,865	5.8	164	
5 OPT100%	41.4	3.6	47.8	7.2	9.0	1,514	2,802	27	171	
6 針葉樹おが屑100%区	39.1	1.7	53.1	6.1	4.3	1,217	2,670	N.D.	157	

表-7 廃菌床の種類と混合割合の違いが発酵 TMR の化学成分に及ぼす影響

項目	処理区分					SEM ¹⁾
	対照区	FEFB5%区	FEFB10%区	OPT5%区	OPT10%区	
	-% FM-					
DM	52.1	51.4	53.9	51.7	52.0	0.4
	-% DM-					
CP	10.2	9.4	9.3	8.9	9.0	0.2
EE	2.4	2.5	2.5	2.5	2.8	0.1
CF	33.9	31.3	31.8	32.6	33.2	0.5
CA	7.2	7.6	7.5	6.2	6.1	0.3
NDF _{om}	62.3	62.0	62.4	62.5	63.5	0.3
ADF _{om}	40.7 ^{bc}	40.7 ^{bc}	42.2 ^{ab}	40.4 ^c	38.0 ^d	0.7
ADL	6.2 ^a	6.1 ^a	6.7 ^b	6.8 ^b	7.0 ^b	0.2
Ca/P	1.5 ^a	2.2 ^{bc}	3.3 ^{bc}	3.5 ^b	3.3 ^{bc}	0.4
Mg	0.2	0.3	0.5	0.3	0.4	0.1
K	2.1	2.4	4.0	3.1	3.1	0.3

¹⁾平均値の標準誤差。同一行内の異なる文字に有意差あり(p<0.05), N=3。

FM: Fresh matter, DM: Dry matter, CP: Crude protein, EE: Ether extracts, CF: Crude fiber, CA: Crude ash, NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber, ADL: Acid detergent lignin

表-8 パームバイオマス廃菌床を用いた in vivo 消化試験

項目	区分			SEM ¹⁾
	対照区	FEFB10%区	OPT10%区	
	-% DM -			
OM消化率(%)	62.0	59.2	57.2	1.9
EE消化率(%)	65.6 ^a	71.1 ^b	69.8 ^{ab}	1.5
TDN(% DM) ²⁾	59.9	57.3	56.4	1.0

¹⁾平均値の標準誤差。 ²⁾可消化OM含量+可消化EE含量×1.25
同一行内の異なる文字間に有意差あり(P<0.05) N=3。

(4) 家畜排泄物の堆肥化および作物栽培試験

表-9 に各堆肥の肥料成分含有率を示す。対照区（ゴムおが屑）は EFB・OPT 利用区と比較して全窒素と全炭素の含有率が 1 割ほど低かったが、C/N 比は 3 つの堆肥ともほぼ同じで 26.6～27.8 であった。また対照区は EFB・OPT 利用区に比べてカリウムの含有率が 5 割程度、マグネシウムの含有率が 6 割弱であった。

表-9 堆肥分析結果 (mg/現物g)

堆肥	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N
山羊糞(BL) + ゴムおが屑	12.6	5.87	4.50	7.86	1.61	347	27.5
山羊糞 (FEFB) + EFB	14.9	7.14	9.21	9.03	2.75	396	26.6
山羊糞 (OPT) + OPT	14.3	4.76	8.07	7.29	2.95	398	27.8

表-10 にコマツナの生育試験結果を示す。山羊糞(FEFB)区と山羊糞 (OPT) 区の発芽率は、対照区や山羊糞 (BL) 区より有意に低かったが、軟弱野菜の栽培上問題になるレベルではなかった。コマツナの草丈、新鮮重、乾物重は堆肥を施用した区が対照区よりも大きくなる傾向であったが、試験区間に有意差はなかった。

表-10 コマツナの生育調査結果

試験区	発芽率	草丈	葉数	新鮮重	乾物重
	(%)	(cm)	(枚/個体)	(g/個体)	(g/個体)
対照区 (堆肥無施用)	0.89a	29.3	7.3	30.89	1.95
山羊糞 (BL) + ゴムおが屑	0.89a	31.6	7.4	36.50	2.24
山羊糞 (FEFB) + EFB	0.70b	30.3	7.3	36.32	2.38
山羊糞 (OPT) + OPT	0.76b	31.8	7.2	36.02	2.26

異なるアルファベットは、処理間に 5% の水準で有意差があることを示す。

表-11 にコマツナの栄養元素の含有率を示す。カリウム含有率は対照区・山羊糞 (BL) 区に比べて山羊糞 (FEFB) 区が有意に高く、山羊糞 (OPT) 区も高い傾向だった。マグネシウム含有率は対照区・山羊糞 (BL) 区に比べて山羊糞 (OPT) 区が有意に高く、山羊糞 (FEFB) 区も高い傾向だった。その他の元素含有率は、各区の間に差はなかった。

表-11 コマツナの栄養元素含有量

試験区	N	P	K	Ca	Mg
	(mg/乾物g)				
対照区 (堆肥無施用)	64.7	5.17	59.3b	30.3	3.48b
山羊糞 (BL) + ゴムおが屑	65.6	5.94	60.1b	28.7	3.71b
山羊糞 (FEFB) + EFB	67.3	6.42	66.8a	28.7	3.80ab
山羊糞 (OPT) + OPT	66.2	6.00	63.0ab	30.0	4.20a

これらの結果は、堆肥中調製時にパームバイオマスを用いた試験区では、K、Mg 量が多かったことが影響したためと考えられる。収量性、栄養元素含有量の結果から、山羊糞パーム廃棄物を利用した廃菌床を給餌したヤギの糞から生産した堆肥は、作物生産に有効であると認められた。

<引用文献>

- 1) GLOBAL NOTE: <https://www.globalnote.jp/post-5733.html>, (2022.1.25 閲覧)
- 2) Dungani, R., Aditiawati, P., Aprilia, S., Yuniarti, K., Karliati, T., Suwandhi, I., Sumardi, I.: Bio-material from Oil Palm Waste : Properties, Characterization and Applications, In Palm Oil; IntechOpen Limited, London, UK, 2018.
- 3) 白井義人、MOHD ALI HASSAN: マレーシアにおけるパーム油産業のゼロエミッション化にむけての取り組み、環境バイオテクノロジー学会誌、9(1)、pp.3-10、2009.
- 4) 山内正仁、池田匠児、山田真義、八木史郎、渡慶彦、山口昭弘、山口隆司: 発酵バガス・黒糖焼酎粕培地を用いたアラゲキクラゲ栽培技術の開発、土木学会論文集 G (環境)、71(7)、229-237、2015.
- 5) 自給飼料利用研究会編: 粗飼料の品質評価ガイドブック 三訂版、(社)日本草地区畜産種子協会、pp.1-195、2009.
- 6) 鹿児島県農政部: 野菜栽培技術指針、1986.
- 7) H. Yamada, R. Tanaka, O. Sulaiman, R. Hashim, Z. A. A. Hamid, M. K. A. Yahya, A. Kosugi, T. Arai, Y. Murata, S. Nirasawa, K. Yamamoto, S. Ohara, M. Nor M. Yusof, W. A. Ibrahim and Y. Mori: Old oil palm trunk: A promising source of sugars for bioethanol production, Biomass and Bioenergy Vol. 34, Iss. 11, pp.1608-1613, 2010.
- 8) ヒマラヤヒラタケの空調栽培・ビン栽培法: (株)キノックス、<http://www.kinokkusu.co.jp/saibai/sa-abi-hima.html>, (2022年1月20日閲覧)
- 9) 大成清: 肉牛におけるカルシウムの適正給与量、畜産の研究、69巻7号、pp. 617-622、2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 山内正仁, 島田温史, 山田真義, 徳田裕二郎, 八木史郎, 黒田恭平, 香西直子, 山本雅史	4. 巻 75
2. 論文標題 下水汚泥を用いた食用きのこ量産化技術の開発ときのご栽培過程で発生するCO2の農業利用への検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G(環境)	6. 最初と最後の頁 111_443-111_450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.75.7_111_443	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mohd Hanafi Fatimah Hafifah, Rezanah Shahabaldin, Mat Taib Shazwin, Md Din Mohd Fadhil, Yamauchi Masahito, Sakamoto Mariko, Hara Hirofumi, Park Junboum, Ebrahimi Shirin Shafiei	4. 巻 20
2. 論文標題 Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Material Cycles and Waste Management	6. 最初と最後の頁 1383 ~ 1396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10163-018-0739-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 園田寛人, 吉村凌弥, 宮ヶ迫慶介, 片平智仁, 山田真義, 黒田恭平, 中西良孝, 原啓文, 山内正仁
2. 発表標題 食用きのこ生産を核としたパームバイオマス の多段利用
3. 学会等名 土木学会環境工学研究フォーラム講演集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryoya Yoshimura, Kyohei Kuroda, Yujiro Tokuda, Takahiro Watari, Masayoshi Yamada, Makoto Ichitsubo, Takashi Yamaguchi, Hirofumi Hara, and Masahito Yamauchi
2. 発表標題 Application of empty fruit bunch produced from palm oil manufacturing process for Himalayan oyster mushroom cultivation
3. 学会等名 4th. STI Gigaku 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳田裕二郎 森重朱理 山田真義 山内正仁
2. 発表標題 パーム油製造過程で発生するEFBの有効利用技術の開発
3. 学会等名 平成30年度全国大会第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徳田裕二郎, 原 啓文, 山田真義, 黒田恭平, 八木 史郎, 山内正仁
2. 発表標題 油ヤシ残渣(EFB)を用いたヒマラヤヒラタケ栽培 技術の開発
3. 学会等名 日本きのこ学会第 22 回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 6)片平耀款・新原悠太郎・黒田恭平・山田真義・原 啓文・八木史郎・山口隆司・山内正仁
2. 発表標題 パーム残渣(EFB) を用いたきこの栽培技術の開発
3. 学会等名 第54回土木学会環境工学研究フォーラム講演集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 徳田裕二郎、森重朱理、山田真義、山内正仁、原啓文、黒田恭平、八木史郎、山口隆司
2. 発表標題 パーム油製造過程で発生するEFBの有効利用技術の開発
3. 学会等名 土木学会平成30年度全国大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	樽木 直也 (Naoya Chisyaki) (60244266)	鹿児島大学・農水産獣医学域農学系・准教授 (17701)	
研究分担者	中西 良孝 (Yoshitaka Nakanishi) (30198147)	鹿児島大学・農水産獣医学域農学系・教授 (17701)	
研究分担者	上村 繁樹 (Shigeki Uemira) (60300539)	木更津工業高等専門学校・環境都市工学科・教授 (52501)	
研究分担者	原 啓文 (Hirofumi Hara) (80511071)	長岡技術科学大学・学内共同利用施設等・客員研究員 (13102)	
研究分担者	坂元 真理子 (Mariko Sakamoto) (60370061)	鹿児島工業高等専門学校・一般教育科・准教授 (57701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------