HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	飼育者の負担を軽減するペット用バイオ型自動トイレの開発 : 2014 年度イノベーションデザイン特別演習 村越 PT
Author(s)	村井, 貴; 福冨, 隼也; 茗荷谷, 章圭; 崔, 烘銀; 夏井, 俊明; 陳, 俊甫; 村越, 英樹
Citation	産業技術大学院大学研究紀要 : Bulletin of Advanced Institute of Industrial Technology, 第9号, 61-68
Issue Date	2015-12
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/60713
Type	article
File Information	2015_bulletin_aiit.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

産業技術大学院大学紀要 No.9, pp.61 － 68 (2015)〔論文〕

飼育者の負担を軽減するペット用バイオ型自動トイレの開発 ― 2014 年度イノベーションデザイン特別演習 村越 PT ―

村 井 貴*・福 冨 隼 也*・茗 荷 谷 章 圭*・崔 烘 銀*・
夏 井 俊 明*・陳 俊 甫*・村 越 英 樹*

Development of Automatic Bio-toilet for Pets to Reduce Owners' Burden ― Murakoshi-PT 2014 (Advanced Exercises: Innovation for Design and Engineering) ―

Takashi Murai* Shunya Fukutomi* Akiyoshi Myogadani* Hongyin Cui*
Toshiaki Natsui* Junfu Chen* and Hideki Murakoshi*

Abstract

The pet market has entered a period of maturity, with the amount of sales flattening out year after year. However, toilet care products are expected to continue in a steady transition into the future, as the number of small dogs kept indoors grows, and as the pet ages increase with the advancement of medical technologies. Our project proposes the "Automatic Bio-toilet for Pets" as a new product that offers superior absorbency, high safety, and deodorizing effects, while reducing this burden for pet owners.

Keywords: bio-toilet, automatic toilet, automatic lid, alleviate pet owner's burden, mbed, aerobic microorganism, biochip.

1 はじめに

ペットを単なる愛玩目的ではなく，家族の一員として育てる傾向が年々強まる中，問題となるのは飼育者の負担である．特に家族と寄り添って暮らせるように室内で飼育したり，或いは寿命を全うするまでペットの“老い”や“病気”と真剣に向き合ったりする場合には重い負担が継続的にかかり，飼育者の心身の疲労は相当なものになることが予想される．

ペット飼育における負担の中でも排泄物処理は，室内飼育では必ず直面する重要な課題であり，多くの飼育者が負担に感じているのではないかと考えた．そこで我々は，トイレケアの分野における，飼育者とペットを取り巻く環境について，文献調査とフィールド調査を行った．その結果，飼育者はペットの排泄に関して，やはり負担を感じているということが判明した．具体的には，既存のペット用トイレシートやおむつといったトイレケア製品に“清掃の手間”，“臭い漏れ”，“身体に有害”という 3 つの問題点があることが明らかになった．そこで，これらの問題点を解決すべく，我々は「ペット用バイオ型自動トイレの製品開発」に着手した．

自動トイレというのは読んで字の如くペットの排泄物を自動で処理する機構を備えたものであり，猫砂を自動で交換する“キャットロボット”[1]や水洗処理する“ベル＆ミー”[2]といった既存製品が存在する．これらの製品は利便性が高い一方，構造が複雑になるあまり高価格であったり，設置コストが高額になったりするため，一般的に普及しているとは言い難い．そこで，我々は構造を簡素化し，コストを抑えた製品を提案すべく，バイオ型トイレの要素を取り入れた．

バイオ型トイレは登山客向けの山小屋などで採用されているもので，環境負荷が極めて少なく，水洗式に比べ構造はシンプルでコストは低い．ペット用自動トイレをバイオ型とすることで，既存製品で問題となっていた点をクリアし，飼育者の負担を軽減できる製品が実現可能となる．バイオ型トイレで使用されるバイオチップは“おがくず”が原料であり，ペットの身体に付着したり，あるいは口に入れたりしても安全性は高い．バイオチップは1ヶ月に1度の割合で補充すればよいため，これまでのトイレケア製品のように排泄するたびに交換するといった手間を大幅に軽減することが可能である．また，ペットが近づくと自動的に開閉する蓋の仕組みを実装することにより，消臭性も確保している．以上の特徴を備える，ペット用バイオ型自動トイレは文献調査とフィールド調査から得られた“清掃の手間”，“臭い漏れ”，“身体に有害”の 3 つの問題点を解決できる製品であると考えられる．

以下，第 2 章ではペット用バイオ型自動トイレを開発するにいたった背景について述べる．第 3 章ではペット用バイオ

Received on September 30, 2015
*産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology

型自動トイレの設計について述べる．第 4 章ではバイオチップの分解処理性能の実験について報告する．第 5 章は本稿のまとめである．

2　製品開発に至る背景

村越 PT では研究テーマを選定するにあたり，ブレインストーミングの機会を複数回設け，製品開発のアイデア出しを行った．当初はマグネシウム空気電池を応用した新製品を想定してアイデア出しを行ったが，PT メンバから提案されたアイデア 64 案から，KJ 法を用いた絞り込みのプロセスを経て，ペット用トイレケア製品を選定するに至った．開発に先立ち，まずはどのような製品が潜在的に求められているのかニーズを探るために，ペット市場の動向及び飼育頭数の把握を目的とした文献調査と，ペットを飼育している人たちから現場の意見を聞くことを目的としたフィールド調査を行った．その後，2 種類の調査から得られたニーズを基に製品コンセプトを導いた．

2.1　アイデアのマッピング

ブレインストーミングによって得られたアイデア 64 案から有用なものを取捨選択するために，KJ 法を活用した．付箋紙にアイデアと簡易的な解説を書き込み，そのアイデアを実現することによって得られる“価値”に注目し，価値が似通っているものをマッピングしていった．図 1 がその結果である．

大分類は，マグネシウム空気電池をバッテリーとして活用するもの（38 案），センサとして活用するもの（15 案），生物に関連するもの（7 案），その他（4 案）という結果になった．中分類はバッテリーとして活用するものに，緊急時に役立つ価値，非日常に役立つ価値，生活の便利さが向上する価値，ラクできる価値，エンターテイメントに役立つ価値があり，センサとして活用するものに，緊急時に役立つ価値，日常を豊かにする価値があり，生物に関連するものに生物を駆除する価値と生物を守る価値があった．この結果から，ペットのトイレ交換時期を知らせるアイデアに我々は注目した．そういった製品があれば，有用な価値が提供でき，広く普及する可能性が高いと考えたためである．

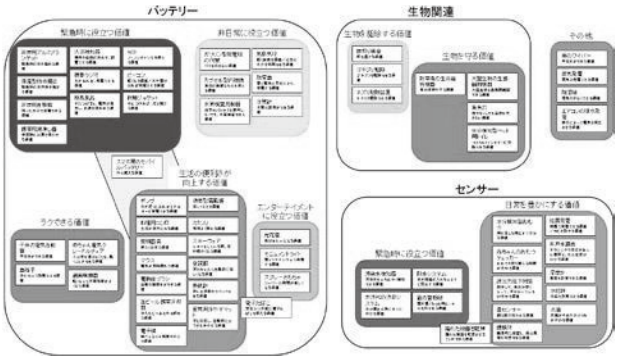

図 1：KJ 法によるアイデアのマッピング

2.2　文献調査

株式会社富士経済発行の「2013 年 ペット関連市場マーケティング総覧」[3]によると，2012 年まで犬や猫の飼育頭数は横ばいであるにも関わらず（図 2），ペットケア製品の市場規模は増加傾向にあることが分かった（図 3）．これは 1 頭あたりにかける金額が年々高まっていることを示しており，高価格の製品に対価を支払ってもよいという価値観が広まっているためと考えられる．それはすなわち，高価格のものであってもそれに見合うだけの高付加価値があれば，普及しやすい状況が整っているといえる．

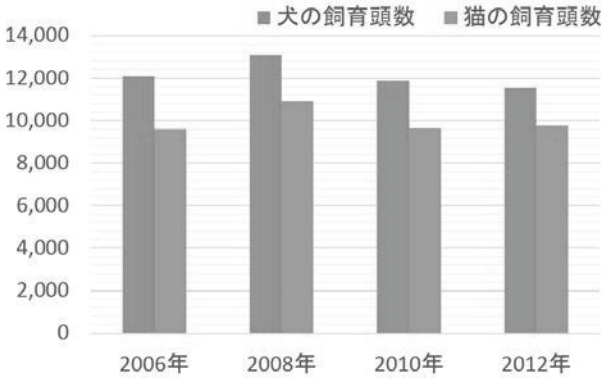

図 2：犬・猫の飼育頭数
文献[3]より引用

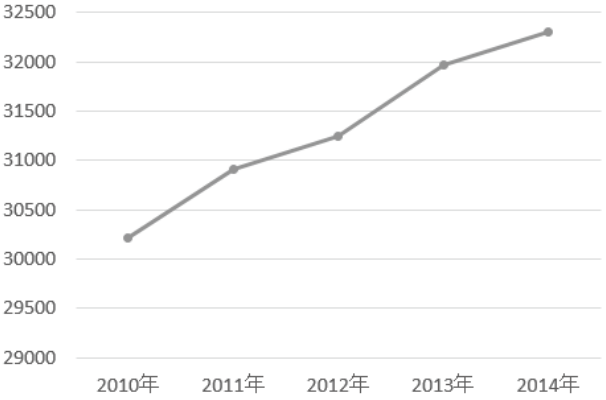

図 3：ペットケア製品の市場規模（百万円）
文献[3]より引用

次に，一般社団法人ジャパンケネルクラブが公開している国内における人気犬種のデータ[4]を調べた（図 4）．その結果，プードルを筆頭に 10 位までが小型犬であることが明らかとなった．ここから導けるのは，大型犬を含めた製品を目指すよりも小型犬向けにターゲットを絞って開発を進めることが効率的であり，且つ広く普及させられる可能性が高いということである．

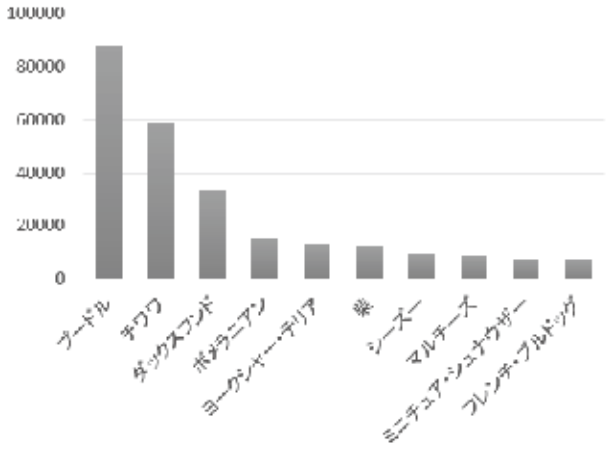

図 4：2013 年 犬の飼育頭数ランキング
文献[4]より引用

2.3 フィールド調査

ペットケア製品を頻繁に取り扱っているペットショップ，ペットホテル，ペット向け介護施設及びペットを飼育している個人にインタビューを行いながら予め用意した質問項目に回答していただいた．訪問先を選定するにあたり，専門的な見地に立つ人たちの意見を伺う必要があると考えたため，家庭の中で飼育している人を主な対象にするのではなく，業務として長くペットと接する可能性が高い人を中心に構成することとした．以下，訪問先の内訳である．

・ペットショップ

Coo&RIKU

ペットフォレスト町田多摩境店

ヴィーナスフォート ペットパラダイス

・ペットホテル

羽田空港ペットホテル国内線第二ターミナル店

マイルドポケット世田谷店

・老犬介護施設

ペットケアサービス Let’s

・自宅で飼育している個人

産業技術大学院大学在籍の学生 1 名

質問項目は既存のペット用トイレケア製品に関して，普段から感じていることを率直に答えてもらえる内容とした．文献調査では高価格の製品に対価を支払ってもよいという価値観について明らかにすることができたが，それを踏まえ，既存製品にはない付加価値を実現する機能を模索できるような質問をいくつか散りばめている．以下，質問項目である．

・機能的な面で求めるものは何ですか？
・排尿のタイミングが分かる製品があったらほしいですか？
・使っていて不具合を感じたことはありますか？
・使っていて困っていることは何かありますか？
・どんな付加価値の製品があったらいいですか？
・どのような状況でつかっていますか？
・飼育している犬，猫の種類は何ですか？
・訓練はどのように行っていますか？
・かぶれまたはアレルギーなどは起こりましたか？

回答を集計した結果，3 つの問題点が導き出された．1 つ目は“清掃の手間”である．既存のトイレケア製品は交換式であり，ペットが排泄をするたびに随時交換する必要があるため，飼育者の負担となっていた．この結果は，飼育者の負担軽減のためには，我々が KJ 法で導いたトイレの交換時期を知らせるだけでは不十分であることを意味する．2 つ目は“臭い漏れ”である．トイレケア製品は排泄物を吸収する素材でできているものの，素材自体は外気に触れる構造となっているため，どれだけ吸収力が高かったとしても，臭い漏れの問題は常に懸念される．3 つ目は“身体に有害”だということである．トイレケア製品に用いられている吸水剤というのは高分子ポリマーで作られている．ペットがトイレケア製品を噛んだり引っ掻いたりした際に露出すると，高分子ポリマーが身体に付着したり誤飲したりする可能性があり，ペットの健康を損ないかねない．以上の 3 つの問題点から我々は“交換頻度の低減”，“消臭性改善”，“安全性向上”というニーズを導いた．

2.4 調査結果のまとめと製品コンセプト

文献調査及びフィールド調査の結果から，我々が導いた製品案はペット用自動トイレである．ペット用自動トイレというのはその名のごとく自動で排泄物を処理する仕組みを備えた製品のことである．ペット用のトイレシートやおむつといった簡素なトイレケア製品とは違い，比較的高額になりやすく，電力を使用する．そのため，マグネシウム空気電池による発電だけでは賄えず，屋内でコンセントに接続して使用することになる．文献調査では“1 頭あたりにかける金額の上昇”と“小型犬向け”という 2 つの要素が得られたが，ペット用自動トイレであれば，高額であったとしても高付加価値をつけることにより，消費者に受け入れられる可能性が高い．また，小型犬は屋内での飼育を前提として飼われているケースが多いため，ペット用自動トイレとの親和性は高い．

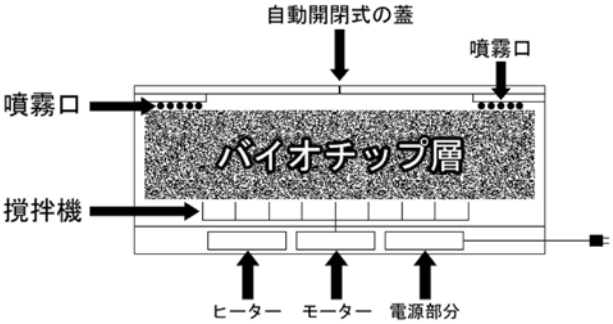

図 5：製品コンセプト

次に，フィールド調査から得られた 3 つのニーズを満たすべく，図 5 のような自動開閉蓋とバイオトイレの仕組みを取り入れることとした．ペットが近づくと開き，離れると閉じるよう設計された自動開閉蓋を実装することで，臭いが漏れるのを防ぐことができるので，“消臭性改善”を実現できる．バイオトイレはバイオチップと呼ばれる自然由来のおがくずを使用することから“安全性向上”につながるし，バイオチップ自体は月に一度補充するだけでよいので，“交換頻度の低減”にもなりうる．

3　ペット用バイオ型自動トイレの設計

一般的なバイオ型トイレというのは，好気性微生物を含んだバイオチップによって排泄物を分解処理することができ，その処理を効率化させるために撹拌による送気や保温といった機能を有している．

本製品ではそれらの機能を踏襲した上で，ペットとりわけ小型犬を対象に設計を行った．人間用と特に大きく異なる点は製品の寸法である．小型犬は室内飼育を前提としているため，室内で邪魔にならず，なおかつ十分な分解処理能力を発揮するものでなくてはならない．加えて，ペットの乗降を容易にするために，スロープを設置する必要がある．製品の上部には自動開閉蓋を実装し，臭い漏れを防止する構造にしている．

本章では製品の寸法，バイオ型トイレの核となる撹拌槽，自動開閉蓋の設計について述べる．

3.1　製品の寸法

小型犬が排泄を行えるスペース（表 1）を確保しつつ，内部にバイオ型トイレの構造一式を配置できる寸法とした．表 2 と図 6 に記載の値が外装部分の寸法である．寸法は撹拌槽と自動開閉蓋を有する本体部とスロープに分けている．

表 1：小型犬のサイズ
文献[5]より引用

犬種	体高	体重
プードル	24～28cm	3～4kg
チワワ	15～23cm	1～3kg
ダックスフンド	31～35cm	5kg 前後
ポメラニアン	18～22cm	1.5～3kg

表 2：外装の寸法

	横幅	奥行	高さ
本体	48cm	47cm	30.4cm
スロープ部	48cm	40cm	30.4cm

*スロープ部の傾斜は 37 度に設定．

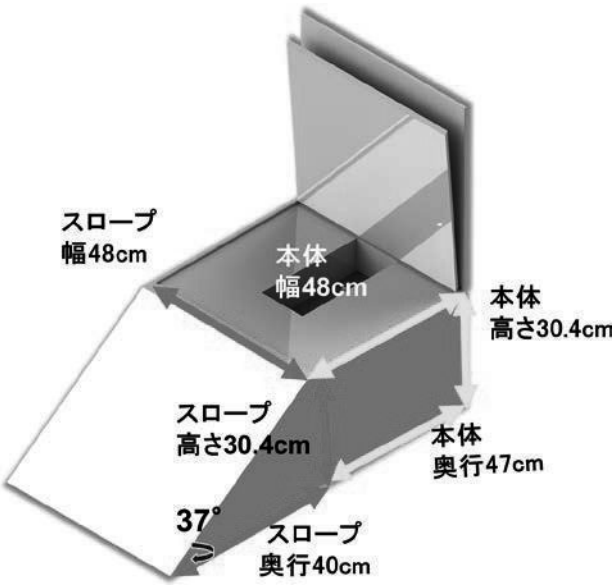

図 6：外装の寸法

3.2　自動開閉蓋の機構

本節では，臭い漏れを防ぐための自動開閉蓋の機構について述べる．図 7 の動作を実現するために必要なものとして，マイコンボード・測距センサ・サーボモーターがあるが，それらの動作フローと選定について報告する．

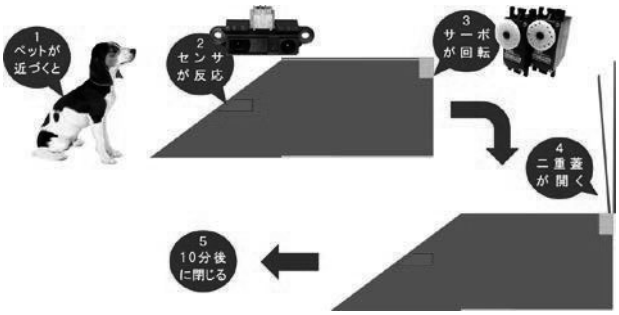

図 7：自動開閉蓋の動作フロー

・動作フロー

ペットが排泄を行うためにトイレに近づいてくると，スロープ上に設置された測距センサが赤外線によって接近を自動的に検知し，蓋の左右のヒンジ部に取り付けられたサーボモーターが 90 度回転して，二重構造となっている蓋を持ち上げる．蓋は 10 分後に自動的に閉まるように予め設定されているが，この時サーボモーターは持ち上げた時とは逆向きに 90 度回転する．蓋が完全に閉まることで密閉性が高まり，トイレ内部の臭いが外気に漏れ出にくくなる構造となっている．こうすることで，トイレケア製品のニーズのひとつである“消臭性改善”につながる．測距センサ，サーボモーター及び時間のカウントといった細かい制御は全てマイコンボード上のプログラムで行っている．

・マイコンボード

自動開閉蓋を制御するプログラムを動作させるために，マイコンボードを要するが，本研究では mbed[6]の NXP LPC1768 というマイコンボードを選定した. mbed は ARM 社が開発したプロトタイピング用のマイコンボードで, ブラウザ内で完結する開発環境を提供している. 開発言語は C++言語であり，比較的容易に自動開閉蓋の機構を実装でき，なおかつ NXP LPC1768 は安価で入手しやすいことから選定するにいたった.

・測距センサ

図 7 にあるように，ペットが近づいたことを検知するために測距センサを採用した．今回はシャープ製の測距モジュール GP2Y0A21YK という測距センサを選定した. 測距範囲が 10～80cm となっており，プログラム上で範囲の設定が任意で行えることから，ペット用バイオ型自動トイレで想定される検知距離としては十分なものであることが選定の理由である.

・サーボモーター

蓋を持ち上げるために，蓋の軸となる部分の左右にサーボモーターを一機ずつ設置するため，GWS 社の S03T/2BBMG/JR タイプというサーボモーターを選定した．トルクが 7.4kg/cm と小型サーボモーターとしては比較的強力であり，製品の蓋部分の自重およそ 1kg を持ち上げる実験を行った結果，十分に持ち上げられることが判明したため，採用するにいたった.

3.3　撹拌槽

後述する第 4 章の実験結果から本研究に必要なバイオチップ量は 4.5kg と算出された．それだけの量のバイオチップを溜めておくために，撹拌槽の寸法は横幅 28cm，奥行 25cm，高さ 28cm とし（図 8），バイオチップの効率的な分解処理を促すための撹拌棒は軸の長さ 23.6cm，羽の長さ 12cm とした（図 9）．また，撹拌をより効率良く行うために，撹拌槽の底は半円形となっている．この構造により，バイオチップに空気を送り込み，微生物を活性化することが可能になる.

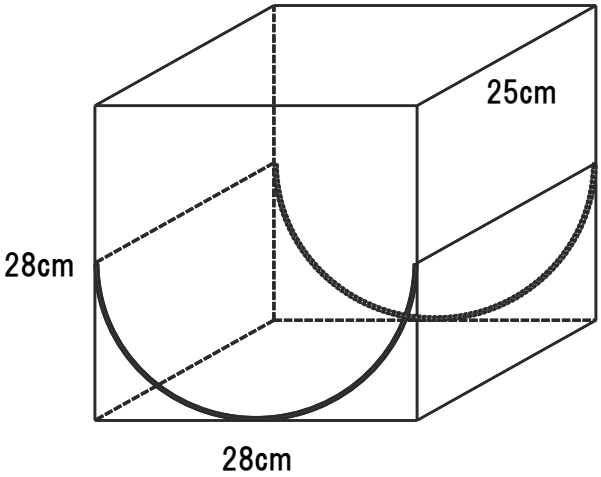

図 8: 撹拌槽の形状

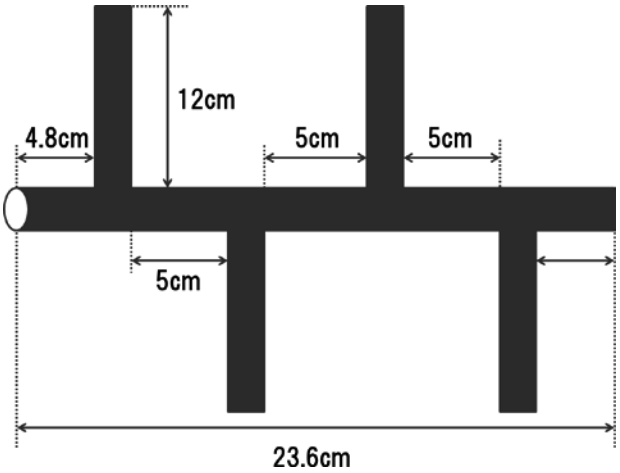

図 9: 撹拌棒の形状

バイオチップに常在する好気性微生物はおよそ 50 度の温度の時に最も効率的に分解処理することから，撹拌槽に保温機能を持たせた(図 10). 使用したのは Adafruit 社のエレクトリックヒーティングパッド ID-1481 というヒーターである．ID-1481 を撹拌槽の横壁面に 1 個ずつ，底面に 4 個貼り付け，TI 社の高精度 IC 温度センサ LM35DZ を使って，撹拌槽の温度を測定し，50 度になるよう調整する予定であったが，今回は時間的制約のため，LM35DZ が 50 度になると，ID-1481 一機分をオフにする機能を実装するに留まった.

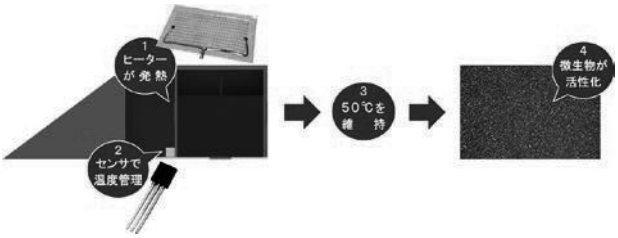

図 10: 保温機能の動作フロー

3.4　製品全体の動作の仕組み

製品の動作はアクティビティ図（図 11）の流れを想定している．通電しない状態を起点とし，バイオチップに必要な水を補充した後に通電を行う. 誤作動を防ぐため，水の補充は通電しない状態で行うものとする．通電後は通常時，排泄時，バイオチップ補充の 3 系統に分かれて動作する流れになっている.

・通常時

ヒーターで 50 度前後を維持しながら, 8 時間おきに撹拌と水分の噴霧を 3 分間行い続ける．バイオチップ用の

水が切れると，空焚きによる事故の危険性が高くなるため，自動的に保温機能を停止させ，通電しない状態へ戻す．

・排泄時

ペットが近づくと，測距センサが反応し，蓋が自動的に開く．ペットが排泄を行うと，排泄物がバイオチップ上に落下する．蓋が開いてから 10 分後に自動的に蓋は閉まり，その後，撹拌槽において撹拌と水分の噴霧を 3 分間行う．撹拌と噴霧により，バイオチップ上に含まれる微生物が活性化され，分解処理が促進される．

・バイオチップ補充

蓋に取り付けた開口ボタンを押して，蓋を開ける．蓋が開いたのを確認してから，バイオチップを補充する．その後，再度，開口ボタンを押すことで，蓋が閉まる．

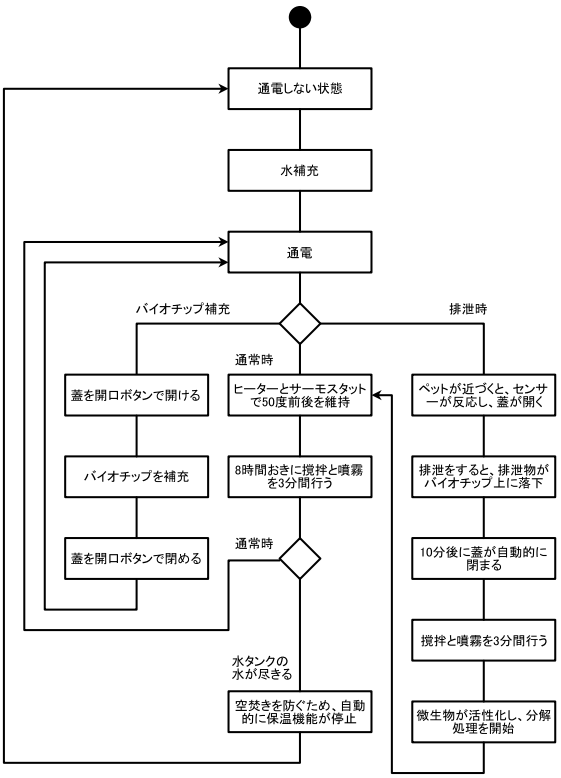

図 11：製品のアクティビティ図

4　バイオチップの分解処理性能の実験

本章では製品の寸法を決めるにあたり重要となる撹拌槽の容量を求めるべく，バイオチップの分解処理性能の実験を行った過程を報告する．

4.1　バイオチップの量

ペットの日々の排泄量を十分に処理できるバイオチップの量を把握できれば，それに見合う容量を備えた撹拌槽が設計可能となる．撹拌槽は本研究で開発するペット用バイオ型自動トイレの肝となる箇所のため，撹拌槽の寸法が定まれば全体の寸法を確定しやすくなる．

すでに市場に出回っている一般的なバイオ型生ゴミ処理機が生ゴミやペットの排泄物を分解処理する性能はバイオチップ 1kg あたり 70g である[7] [8]．一方，小型犬は平均して一日あたり約 110g のフンと，205ml の尿の排泄を行う[8] [9]．これらの数値から，4.5kg のバイオチップを使用することによって，小型犬の一日分の排泄物をコンスタントに分解処理することができるものと推察される．

4.2　実験

尿を清涼飲料水，フンを乾燥ペットフードと水を 50% の割合にした混合物で代用し，バイオチップ 10kg（実験機の仕様のため[9]）を用いて実験を行った（図 12）．バイオチップ量に対応させた清涼飲料水 456ml，混合物 244g を一日一回投入することで，それらを分解処理できるだけの性能を有しているか，連日の使用でも性能に衰えがないかを検証した．

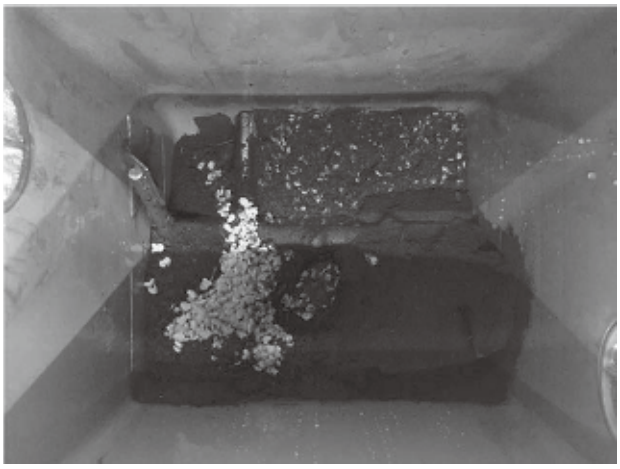

図 12：バイオチップの分解処理実験の様子

実験は 2015 年 1 月 19 日から 24 日まで 6 日間行い，合計 5 回投入した．実験最終日に肥料に似た臭いが少し発生していたものの，分解処理は滞りなく終わっており，前節で算出した 4.5kg のバイオチップ量で十分に対応できることが裏付けられる結果となった．

前章の 3.3 で撹拌槽の寸法を横幅 28cm，奥行 25cm，高さ 28cm としているが，これは本節によって，バイオチップ 4.5kg で十分機能することが明らかになったことを根拠としている．ペット用バイオ型自動トイレは室内に設置して使うことを想定しているため，日本の住宅環境を考慮すると，コンパクトさは重要な要素である．一方でコンパクトさを追求するあまり，ペットの一日の排泄量を適切に処理できるだけのバイオチップ量がなければ，当初の目的である 3 つのニーズのうち，“交換頻度の低減”と“消臭性改善”を満たすことができない．

図 13： 試作機 前面

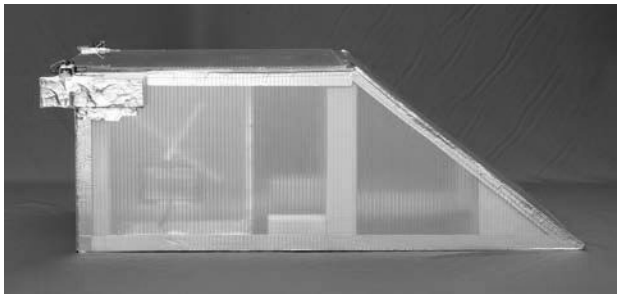

図 14： 試作機 側面

図 15： 試作機 撹拌槽

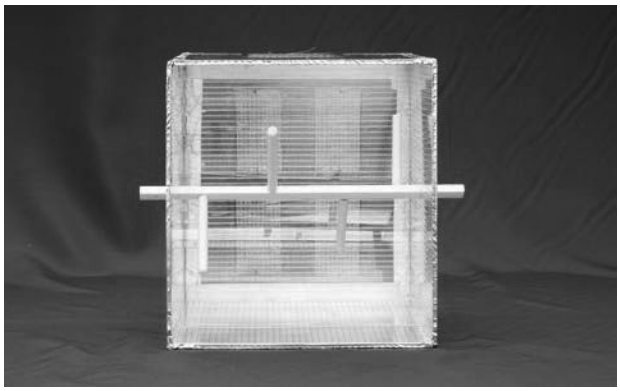

図 16： 試作機 撹拌槽上面

今回の実験ではバイオチップの適正量を導き出し，そこから撹拌槽として必要十分な寸法を割り出すことへとつなげた．その結果，“交換頻度の低減”と“消臭性改善”を実現しながら，コンパクトさを確保することが可能になった．

5　まとめ

2014度イノベーションデザイン特別演習村越PTでは，『飼育者の負担を軽減するペット用バイオ型自動トイレの開発』に取り組んだ．

最初に文献調査を実施し，1 頭あたりにかけるコストの上昇と小型犬の人気の高さを明らかにした．次にフィールド調査を実施し，ペット用トイレケア製品の潜在的なニーズとして，“交換頻度の軽減”，“消臭性改善”，“安全性向上”を導き出した．これらを満たしうる製品コンセプトとして「ペット用バイオ型自動トイレ」を考案した．

製品案の設計段階において，小型犬の排泄物を処理できるバイオチップの量とそれを投入する撹拌槽の寸法を決めるため，バイオチップの分解処理性能の実験を行った．実験の結果，4.5kg のバイオチップを使用すれば，処理性能を維持しつつ，コンパクトな撹拌槽を設計できるということが分かり，それを基に全体の寸法を設計し，試作を行った（図 13，図 14，図 15，図 16）．バイオトイレの機能を実装することで，“交換頻度の軽減”と“安全性向上”を実現することが可能になった．“消臭性改善”のニーズに関しては自動開閉蓋を測距センサとサーボモーターを連動させて実現することができた．

本研究は 1 年間という時間的制約がある都合上，ペットを使っての実験まで踏み込めなかった．本来であれば，フィールド調査で協力していただいた方々に試作機を実際に使ってもらい，ペットがスロープを昇るのか，実際に撹拌槽に向けて排泄を行うのかといった点をつぶさに観察し，その結果を基に改良を加えるという PDCA のサイクルを複数回繰り返すべきであった．

課題は少なからず残る結果とはなったものの，社会人学生や留学生といった多様なバックグラウンドを持つメンバで構成されたプロジェクトを進める中で，既存製品にはないイノベーションの萌芽を見出だすことができた．

参考文献

[1] http://linkdenet.com/pet/cat-robot.html. (visited on 2015-08-12)
[2] http://www.bell-mie.net/. (visited on 2015-08-12)
[3] 2013 年ペット関連市場マーケティング総覧，2013，株式会社富士経済

[4] http://www.jkc.or.jp/modules/publicdata/index.php ?content_id=16. (visited on 2015-08-12)
[5] http://inu-bag.net/category5/. (visited on 2015-09-07)
[6] http://www.mbed.org/. (visited on 2015-08-12)
[7] http://www.bisou-clean.com/eco.html. (visited on 2015-09-06)
[8] http://sakuraeco.jp/images/torisetu2.pdf. (visited on 2015-09-06)
[9] https://www.peppynet.com/shop/szhtml/petsheet_hikaku.html. (visited on 2015-09-06)