

平成27年度

東北創生研究所年次報告書



最上郡真室川町木ノ下地区の風景(木ノ下集落・水田・杉林)

平成28年9月

山形大学東北創生研究所

山形大学東北創生研究所年次報告書の発行に寄せて

2011年3月11日に発生した東日本大震災から5年が過ぎ、東北地方が再生に向けて力強い歩みを進めていますがまだ道半ばといったところです。今年に入り4月に発生した熊本地震では死者50名、被害総額4.6兆円という甚大な被害が発生しました。さらに本年8月末には大きな台風10号が岩手県を中心に東北地方を襲い、特に大きな被害の出た岩手県岩泉町では死者19名、町内全戸の半数近くの2千戸以上が被災するなど甚大な被害を与えたことが報じられている。特にグループホームでは9名の高齢者の方々が避難できずにお亡くなりになった事が報じられた。日本は古来より地震、津波、台風など自然災害に見舞われながら、その都度力を合わせて復興してきた歴史がある。しかし、今の日本社会は古来とは異なる条件が加わっていることを忘れてはいけない。その社会的変化とは首都圏に人口が集中し、地方においては少子高齢化が極端に進行したことである。

幅広い年齢層で構成されてきた家庭や地域が少子高齢化により、本来の機能である相互扶助の能力が極端に低下してきた事で、地域の安心安全の機能を果たせなくなってきたことは自然災害と隣り合わせで生活する日本にとって深刻な問題である。

東北創生研究所が社会に果たすべき役割の一つは総合大学である山形大学の英知を結集して、「自立分散型社会システムの創生の可能性を検証することにより、人口減少社会における定常社会のあり方を探求すること」である。

今まさに地域社会における諸問題を克服し、地域社会を再生し、人口減少状況下においてもなお持続可能で安心安全な地域社会を実現する自立分散型社会システムの構築する事こそが東北創生研究所の大きな使命となっている。

東北創生研究所の社会創生研究部門、産業構造研究部門、食料生産研究部門が力を合わせて、各自治体から上がってくる課題に取り組み、短期、中期、長期的な取り組みを継続的に行っています。様々な課題は一朝一夕に解決できるものではないが、地域の方々と連携して継続的に取り組むことで成果をあげるべく取り組んでおります。平成27年度の山形大学東北創生研究所の活動成果を取りまとめましたので、ご一読いただき、各自治体における様々な取り組みの一助としてお役にたていただければ幸いです。

今後とも、学生、教職員、連携研究員が一丸となり地域の皆様と共に様々な活動に取り組めます。ご協力、ご指導の程宜しくお願い申し上げます。

山形大学東北創生研究所長

山形大学理事・副学長 大場好弘

目 次

「平成 27 年度山形大学東北創生研究所年次報告書」の発行に寄せて

第 1 部 社会創生研究部門.....1

平成 27 年度社会創生研究部門研究報告.....3

はじめに.....3

地域社会の長期的動態を探るためのアンケート調査（幸福度）調査 報告書.....3

おわりに.....12

第 2 部 産業構造研究部門.....13

平成 27 年度産業構造研究部門研究報告.....15

はじめに.....15

養豚場からの臭気に関する研究（プロジェクト研究）.....16

| | |
|--|----|
| 排雪を利用した雪冷房システムの構築 | 20 |
| 温泉熱発電技術開発 (プロジェクト研究) | 26 |
| ビジネスデザイン PBL 教育による産業創出人材育成とこれを通じた新しいものづくり産業の創出 | 34 |
| 山形県の利雪と熱源利用による創エネ社会構築を目指した地域連携教育研究モデル | 37 |
| 電力系統メンテナンスのための絶縁劣化診断センサーの開発 | 40 |
| 湿式法による CT 化合物を用いた有機太陽電池の創成 | 43 |
| まとめ | 44 |

第 3 部 食料生産研究部門 45

平成 27 年度食料生産研究部門研究報告 47

はじめに 47

| | |
|--------------------------------|----|
| 積雪地域に侵入したニホンイノシシの生息地利用に関する基礎調査 | 49 |
|--------------------------------|----|

| | |
|-------------------------------|----|
| イチジク由来天然ゴム資源の利活用に向けた合成酵素の機能解析 | 51 |
|-------------------------------|----|

| | |
|--------------------------------------|----|
| 真室川町のコントラクター組織の経営構造・農事組合法人ひまわり農場を事例に | 53 |
|--------------------------------------|----|

| | |
|---------------------------------------|----|
| セイヨウナシ新品種の追熟特性 | 57 |
| 新規導入した米国産黄花ベニバナ系統の形質調査 (プロジェクト研究) | 59 |
| ベニバナ由来の農産副産物における飼料適性の評価 (プロジェクト研究) | 62 |
| ベニバナの機械収穫に関する研究 (プロジェクト研究) | 66 |
| ベニバナ栽培歴の異なる圃場の土壌分析結果 (プロジェクト研究) | 71 |
| おわりに | 74 |

第4部 プロジェクト研究 75

畜産業の臭気問題に対する総合的対応策の研究

— 養豚場の建設に伴う臭気対策の構築 —

77

畜産業の臭気問題に対する総合的対応策の研究会 (略称: 臭気問題研究会) 報告 (中間報告) 79

耕作放棄地の有効利用に関する研究

— クルミ・キハダ・紅花等による植物資源の多面的利用 —

83

再生可能エネルギーの創造と有効活用方法の構築に関する研究

— バイナリー発電・小規模水力発電を中心とした実証実験 —

.....87

再生可能エネルギーの創造と有効活用方法の構築に関する研究

— 小規模水力発電を中心として — (中間報告).....89

第 1 部

社会創生研究部門

平成 27 年度社会創生研究部門研究報告

はじめに

社会創生研究部門は、地方中核都市と地方定住都市のあり方(地方における「まちづくり」)、医療・福祉や教育・文化の新たな社会モデルの構築等を主な研究テーマとしている。27年度は後述の高齢化社会研究プロジェクトとの共同研究が主体であったため、本研究部門独自のものとしては、「地域社会の長期的動態を探るためのアンケート調査」に関連したテーマ（幸福度）について調査・研究を実施した。

地域社会の長期的動態を探るためのアンケート調査(幸福度)

調査報告書

社会創生研究部門 下平裕之

1 研究概要

山形県内の市町村はこれまで比較的安定した地域コミュニティが維持されていると考えられていたが、限界集落の増加・中山間地域の衰退・医師不足・学校統廃合などの諸問題が顕在化し、地域コミュニティの崩壊が加速しつつある。

そこで今後地域社会の現状を把握するため定期的にアンケート調査を行い、これを通じて県内市町村の経年的変化の状況を分析・評価し、地域社会の安定化・活性化にむけた政策提言に活用するための基礎としたいと考えている。本年度は連携自治体である長井市で実施された幸福度に関する調査の分析を行った。

2 研究計画

県内市町村の地域社会の経年的変化を測るために、①社会関係資本（ソーシャル・キャピタル）、②教育、③医療・福祉、④総体的な幸福度を主な指標として設定する。そしてこれらの指標の経年的変化を測定するためのアンケート項

目の選択、調査方法の設計を行った。25～26年度は①～③の指標に関わるアンケートについて検討を行ってきたが、27年度は幸福度に関するアンケートの先行事例として、長井市で実施された「市民意向調査」のうちの幸福度に関するアンケート項目を分析し、今後のアンケート項目の選択、調査方法の設計に関する情報収集を行った

3 幸福度調査について

幸福度とは文字通りに取れば「幸福の程度」ということになるが、それでは「幸せ」や「幸福感」といった一人ひとりの心に関わる主観的なものの程度を、どのように調べるのであろうか。現在多くの幸福度調査で取られている手法は、国民、住民の幸福に関わると考えられる指標を策定し、これに関する充足度や満足度を統計データあるいはアンケートで調査するというものである。

幸福度に関する調査の代表例としてあげられるのが、ブータン王国のGNH(Gross National Happiness:国民総幸福度)に関する調査である。GNHは、経済成長を重視する姿勢を見直し、伝統的な社会・文化や民意、環境にも配慮した「国民の幸福」の実現を目指す考え方にもとづいている。その背景には仏教の価値観があり、環境保護、文化の推進など4本柱のもと、9つの分野にわたり「家族は互いに助け合っているか」「睡眠時間」「植林したか」「医療機関までの距離」など72の指標が策定されている。

日本における先進的な取り組みとしては、東京都荒川区が実施しているGAH(荒川区民総幸福度)があげられる。同区はブータンのGNHの事例に学びつつ、2005年11月にGAHを区政の尺度として導入することを宣言した。GAH導入の目的は、「区民の幸福度を指標として表し、その動向を分析して政策・施策に反映させることにより、区民一人ひとりが幸福を実感できるような地域社会を築いていくこと」であり、区民の主観的な幸福度を大きく把握することを通じて、どのような部分に幸福、あるいは不幸の要因があるかを把握するために活用される。「幸福実感指標」は、荒川区の基本構想における6つの都市像、すなわち、「生涯健康都市」「子育て教育都市」「産業革新都市」「環境先進都市」「文化創造都市」「安全安心都市」に対応した6つの分野ごとに設定されている。

一方本研究所の連携自治体である長井市においては、2012年に同市の第五次総合計画の策定に関連した市民意向調査(アンケート)を実施したが、その際に荒川区のGAHで用いられている指標を一部用いた形で、市民の「幸せ」に関する調査を実施している。2015年には第2回の市民意向調査が実施されたが、同調査においても第1回目と同様に市民の「幸せ」に関する調査が行われている。

4 長井市市民意向調査概要

(1) 調査の目的

市の施策に対して、市民が感じている思い(施策の満足度・重要度等)を把握し、今後の施策に活かすとともに、必要に応じて事務事業の見直しや改善を図り、一層の効率的な行政運営の一助にするために実施するもの。

(2) 調査対象・調査方法

長井市在住で20歳以上の市民の中から1,500人を無作為に抽出。調査票を郵送で配布し、無記名式で回答、郵送により回収。

(3) 調査実施期間

平成27年1月29日（木）～2月13日（金）

(4) 回収状況

回収数は688、回収率は45.9%。

5 長井市市民意向調査における「幸福度」の調査結果

以下では2015年長井市市民意向調査における「幸福度」に関する調査（2 「幸せ」について）の結果を示す。なおカッコ内の数値は、前回調査（2012年）の結果である（問8を除く）。

問1. 「暮らし」の視点

(1) あなたは健康を維持できていますか

「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると11.5%（11.6%）だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて66.8%（75.5%）となっている。

(2) バランスのとれた食生活ができていますか

「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると9.8%（3.4%）だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて65.8%（81.4%）となっている。

(3) 安心できる住まいになっていますか

「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると13.0%（13.0%）だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて67.4%（68.1%）となっている。

- (4) ゆとりある生活はできていますか
「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると28.9% (37.5%) だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて38.5% (31.5%) となっている。
- (5) 家族との関係は良好ですか
「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると6.7% (7.3%) だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて80.1% (78.0%) となっている。

問2. 「安心・安全」の視点

- (1) 自然災害（地震や水害など）についてどう思いますか
「安心でない」「あまり安心でない」を合わせると16.2% (18.5%) だったのに対し、「やや安心」「大いに安心」は合わせて56.4% (54.8%) となっている。
- (2) 治安や交通安全についてどう思いますか
「安心でない」「あまり安心でない」を合わせると9.6% (12.3%) だったのに対し、「やや安心」「大いに安心」は合わせて66.4% (61.7%) となっている。
- (3) 食の安全についてどう思いますか
「安心でない」「あまり安心でない」を合わせると3.1% (4.2%) だったのに対し、「やや安心」「大いに安心」は合わせて79.6% (77.9%) となっている。
- (4) 子育て環境についてどう思いますか
「安心でない」「あまり安心でない」を合わせると11.0% (11.2%) だったのに対し、「やや安心」「大いに安心」は合わせて49.1% (50.4%) となっている。
- (5) 騒音や大気汚染など、生活環境についてどう思いますか
「安心でない」「あまり安心でない」を合わせると6.9% (12.1%) だったのに対し、「やや安心」「大いに安心」は合わせて75.4% (63.0%) となっている。

問3. 「地域とのつながり」の視点

- (1) 近所の人とあいさつや話ができていますか
「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると5.3% (2.9%) だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて84.0% (85.7%) となっている。

- (2) 地域の行事や活動に参加していますか
「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると 20.9% (17.7%) だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて 55.9% (61.5%) となっている。
- (3) 地域に憩いの場はありますか
「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると 29.6% (25.0%) だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて 30.0% (33.1%) となっている。
- (4) いざという時、住んでいる地域に頼れる人はいますか
「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると 13.1 (13.9%) % だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて 62.0% (57.8%) となっている。
- (5) 住んでいる地域に愛着を感じていますか
「良好でない」「あまり良好でない」を合わせると 9.2% (10.0%) だったのに対し、「やや良好」「大いに良好」は合わせて 68.3% (67.8%) となっている。

問4. 「生きがい」の視点

- (1) 地域や友人、家族等から頼りにされていると感じていますか
「感じていない」「あまり感じていない」を合わせると 7.0% (7.0%) だったのに対し、「やや感じている」「大いに感じている」は合わせて 67.8% (65.2%) となっている。
- (2) 自分が活躍する場があると感じていますか
「感じていない」「あまり感じていない」を合わせると 19.0% (19.0%) だったのに対し、「やや感じている」「大いに感じている」は合わせて 33.0% (42.9%) となっている。
- (3) 社会に貢献（他人のために何かを）していると感じていますか
「感じていない」「あまり感じていない」を合わせると 25.7% (25.3%) だったのに対し、「やや感じている」「大いに感じている」は合わせて 37.4% (35.0%) となっている。
- (4) 余暇は充実していると感じていますか
「感じていない」「あまり感じていない」を合わせると 22.7% (18.6%) だったのに対し、「やや感じている」「大いに感じている」は合わせて 43.4% (44.5%) となっている。
- (5) 生きがいがあると感じていますか
「感じていない」「あまり感じていない」を合わせると 15.7% (13.6%)

だったのに対し、「やや感じている」「大いに感じている」は合わせて 50.9% (51.1%) となっている。

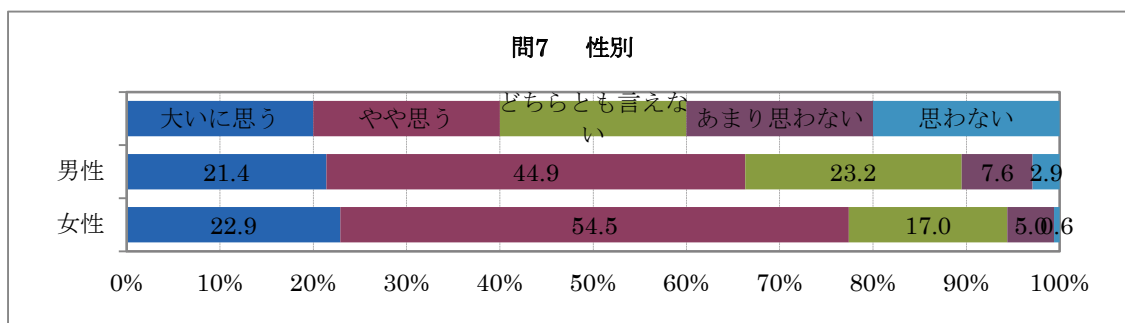
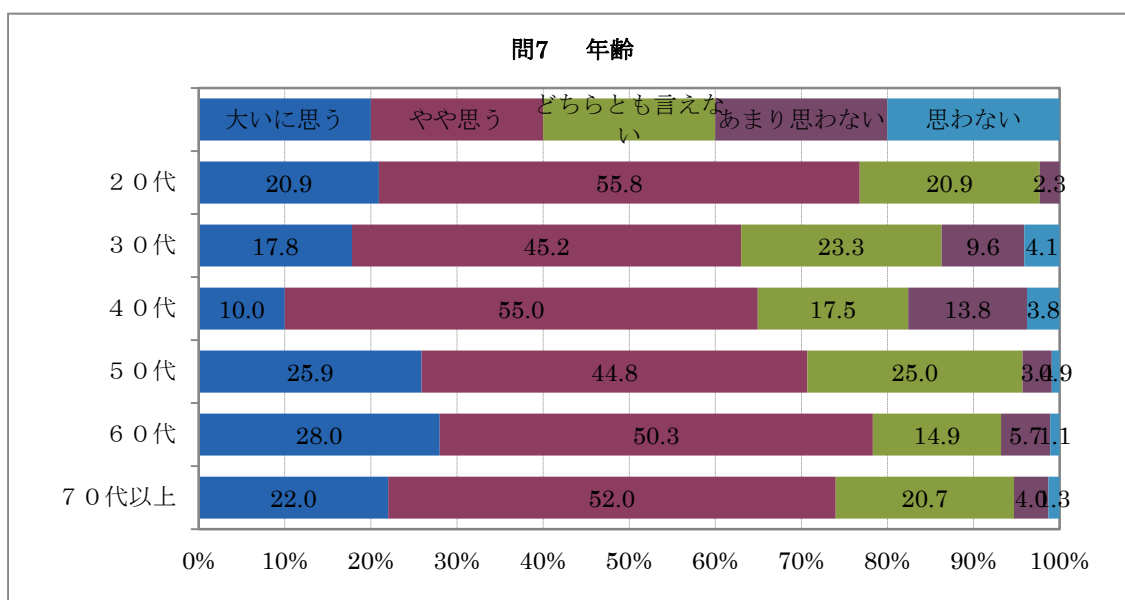
問6. あなたにとって、幸せな生活のために特に必要なことはどんなことだと思いますか (複数回答)

「健康であること」が 88.0% (94.6%) と最も多く、次いで「家族との関係が良好であること」34.2% (55.2%)、「生活に余裕があること」33.3%、「住まいがあること」27.1% (54.5%) の順となっている。

問7. あなたは、「幸せ」だと思いますか

「大いに思う」「やや思う」の合計が 72.5% (71.5%) だったのに対し、「あまり思わない」「思わない」の合計は 8.0% (7.2%) となっている。

年齢、性別ごとの回答については、以下のグラフのようにになっている。



問8. あなたにとって、幸せな生活のために特に重要と思われる市の取り組みは何ですか (複数回答)

「保険と医療の充実」が46.0%、次いで「介護福祉の充実」が43.2%、「雇用の促進」が34.0%の順となっている。

6 自由記述回答の主な傾向について

長井市の幸福度に関わる調査における自由記述回答については、大量の文字情報を一括処理してテキストの中に隠された法則や知見を発見する分析手法である「テキストマイニング分析」を用い、数多くの文章の中に現れている市民の意識を知ることができるよう整理した。

この分析では「名詞」に注目している。テキストマイニング分析において、名詞には人々の理想や考え方が最もよく現れると考えられているためである。またこれらの名詞は「出現頻度が高い言葉ほど重要度が高い」という考え方（頻度分析）に基づき重要度が測られている。

問5. 「暮らし」「安心・安全」「地域とのつながり」「生きがい」について、あなたが特に心配していることや、心がけていることがありましたらご記入ください。

回答の中で使われている上位20位の名詞を抽出した結果は、下記図1のようになっている（数字は言葉が現れた頻度数）。

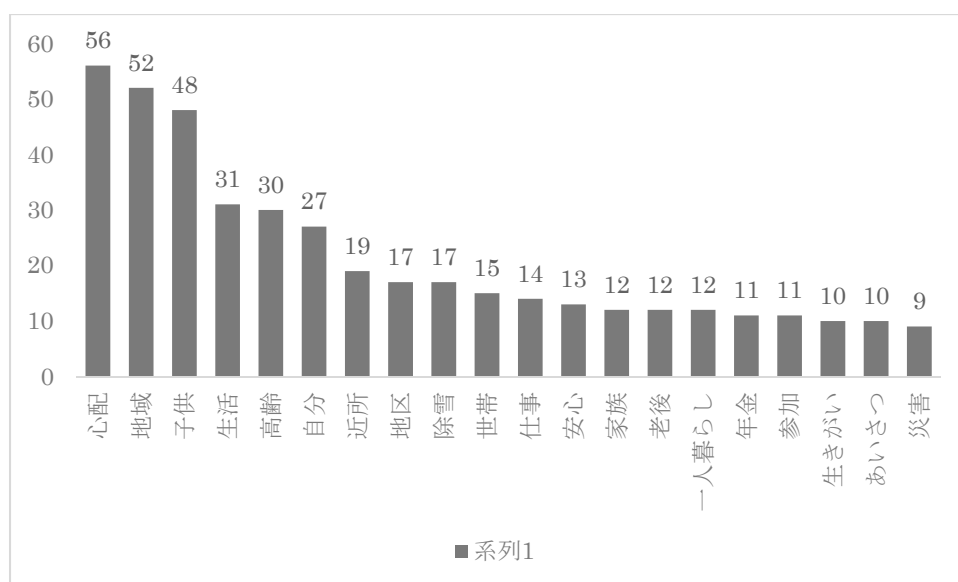


図1

「心配していること」について質問していることから「心配」という言葉が

1位となっているが、それ以外に上位に来ている、つまり関心が高い事柄は「地域」「子供」「生活」「高齢」の順となっている。これらの言葉を含む回答としては、以下のようなものがある。

「地域」

- ・単身世帯（必ずしも高齢者世帯ではない）、高齢者世帯、単身高齢者世帯で、地域とのつながりの薄い世帯についての健康、生活、除雪体制などで心配な世帯が増えつつある。
- ・地域の高齢化によって、将来の地域の維持が心配に感じる。
- ・地域のつながりを大切にしたいと思い、親子で子供会や地域の行事、土曜らんどなど積極的に参加して輪をつくっています。

「子供」

- ・共働きのため、子供が産まれた際、預けられる所が何か所あるかなどその辺のことが心配です。
- ・子供の数がどんどん少なくなっていることが不安。子供たちもそのことに不安を感じている。
- ・同じ町内に子供、孫が住んでいるのでとても安心しております。

「生活」

- ・お金だけではない生活、家族、親族の人間関係の重視。
- ・年金生活のため、今後の増税や物価上昇等により暮らしが今迄みたいに維持できるかが心配です。

「高齢」

- ・高齢者になった時、一人で暮らせるか不安。
- ・高齢化、過疎化により地域が機能していかなくなるのではと思う。
- ・高齢化が顕著であり地域全体で支えていけるようなシステムの必要性を感じる。

7 アンケート結果の考察

問1～問4の肯定的な回答（「やや良好」「大いに良好」、「やや安心」「大いに安心」、「やや感じている」「大いに感じている」）の増減については、以下のような結果が得られた。

- 問1 「暮らし」の視点 増加：2項目 減少：3項目
問2 「安心・安全」の視点 増加：4項目 減少：1項目
問3 「地域とのつながり」の視点 増加：2項目 減少：3項目
問4 「生きがい」の視点 増加：2項目 減少：3項目

以上のように、問3以外の視点については増加よりも減少している項目が多く、このことから長井市民の幸福度に関わる全体的な意識は前回に比べて低下しているのではないかと推測される。

また各項目の増減について、前回調査に比べ4ポイント以上の差があったものは、以下のとおりとなっている（カッコ内の数値は前回調査）。

問1 「暮らし」の視点

- (1) あなたは健康を維持できていますか 66.8% (75.5%)
- (2) バランスのとれた食生活ができていますか 65.8% (81.4%)
- (4) ゆとりある生活はできていますか 38.5% (31.5%)

問2 「安心・安全」の視点

- (2) 治安や交通安全についてどう思いますか 66.4% (61.7%)
- (5) 騒音や大気汚染など、生活環境についてどう思いますか 75.4% (63.0%)

問3 「地域とのつながり」の視点

- (2) 地域の行事や活動に参加していますか 55.9% (61.5%)
- (4) いざという時、住んでいる地域に頼れる人はいますか 62.0% (57.8%)

問4 「生きがい」の視点

- (2) 自分が活躍する場があると感じていますか 33.0% (42.9%)

以上の結果をみると、「健康」「食生活」「地域活動」「活躍する場」の数値が下がる一方、「ゆとりある生活」「治安」「生活環境」「頼れる人」の数値が上昇していることがわかる。

「健康」「食生活」の数値の低下は、主に健康面における不安の増加を反映していると考えられ、また「活躍する場」の低下は地域における自己実現の可能性が低下している、という意識を反映しているものと考えられる。一方「ゆとりある生活」「治安」「生活環境」の数値が改善していることは全体的な安心感・幸福感の向上に寄与していると考えられる。

また「地域活動」の数値が低下する一方「頼れる人」の数値が上昇していることから、地域とのつながりに関する意識は一様に低下しているとは見られませんが、これについては性別や年齢等の階層別の詳細な分析を通じた評価が必要であろう。

自由記述に関するテキストマイニング分析は、大量のテキストデータの中にある市民の意識を明らかにするとともに、抽出した名詞を含むテキストデータを見ることで、どのような文脈や意味合いでその言葉が用いられているかを示すことができた。今回は紙幅の関係で一部の例示に留まったが、階層別の分析も加える事によって市民の意識をさらに詳細に検討することができるだろう。

おわりに

「地域社会の長期的動態を探るためのアンケート調査」に関連したテーマとして、本年度は連携自治体である長井市で実施された「幸福度」に関するアンケート調査結果の分析を行った。「幸福度」をアンケートで測るという手法は、選択された項目による制約はあるものの、住民の地域に関する総体的な見方を測る一つの方法として有益であると考えられ、長井市の調査では前回データとの比較により時系列的な変化を見ることができるとも明らかになった。またこの調査は東京都荒川区での調査項目を基としていることから、同様の調査を行っている他の市町村との比較も可能であると考えられ、比較対象を拡大しより多面的に地域の動向を考察することができるだろう。本研究所でも今回の長井市の成果を参考として、時系列的・多面的に地域の幸福度を調査できるアンケートの設計を進めていく必要がある。

第 2 部

産業構造研究部門

平成 27 年度産業構造研究部門研究報告

はじめに

産業構造研究部門では、工学や理学の様々な分野を専門とする気鋭の研究者に参画いただき、それぞれの研究シーズを活用した素材研究を進めつつ、それらを基盤とした中期的課題解決型プロジェクトを設定し、研究を推進している。

平成 27 年度は、設立当初から試みている地域志向型教育研究の流れを継承しながら、COC 地（知）の拠点整備事業とも全面的に連携して、「畜産プロジェクト」、「冷熱利用プロジェクト」、「温泉熱発電プロジェクト」、「産業創出人材育成プロジェクト」等を実施した。中でも、温泉熱発電プロジェクトでは、小野川温泉地区に温泉熱バイナリー発電所を開所するに至り、比較的低い温度の温泉を利用した温泉熱発電の実証実験研究が本格的にスタートした。また、畜産プロジェクトでは、養豚場建設に伴う環境影響評価に関しての新たな手法の開発を通して、畜産業に絡む地域課題の解決について重要な提案がなされた。他にも、豪雪地帯の特徴を活かした利雪創エネ技術の提案や、太陽光発電における有機太陽電池新技術、電力系統メンテナンスのための絶縁劣化診断センサーに関する新たな研究成果を得ることができた。

東北創生研究所の 3 部門が協力し、かつ、地域の協力を得ることにより、山形の魅力ある地域資源や産業、独自技術、観光などを大きな枠組みの中で活かして行く事が可能と考えている。本報告書では、平成 27 年度の活動における検討内容や実績を報告し、今後の課題や展開について述べることとする。

養豚場からの臭気に関する研究（プロジェクト研究）

工学部 桑名一徳・高畑保之

1. 緒言

養豚場からの排気の中には低濃度でも人が不快に感じる臭気成分が含まれ、近年の養豚業の大規模化に伴い悪臭問題が社会問題となってきた。苦情の有無は、養豚場で発生した臭気成分がどこまで到達するかに大きくかわる。そして、臭気成分の到達距離は、風速・風向に大きく影響されると予想される。

山谷風や海陸風のように、時間帯によって一定の方向に風が吹く現象がよく知られているが、これらに伴う臭気成分の到達距離を予想できれば、将来の悪臭苦情が予測でき、養豚場の建設予定地の選定に役立つと期待される。

本研究では、臭気成分の到達距離や山風の影響などについて流体力学的な考察を行った。また、地域の局所的な風向・風速シミュレーションに必要な土地利用データの簡便な取得方法について検討を行った。

2. 臭気拡散における風の影響

風による臭気の拡散について検討を行った。臭気の拡散を表す無次元数は、次の乱流ペクレ数である。

$$Pe_t = \frac{UL}{D_t} \quad (1)$$

ここで、 U [m/s]は風速、 L [m]は排出源（養豚場）の代表長さ、 D_t [m²/s]は乱流拡散係数である。空気中の分子拡散係数の大きさは 10^{-5} m²/s のオーダー程度である。しかし、大気中では乱流拡散が支配的になり、乱流拡散係数の値は分子拡散係数よりも数桁は大きい。

乱流ペクレ数の値を見積もるために、 $U = 1$ m/s、 $L = 100$ m、 $D_t = 1$ m²/s という値を用いると、 $Pe_t = 100$ である。このことは、ある程度以上の風速のもとでは（ここでの検討で用いた 1 m/s という風速は微風であり、煙がようやくなびく程度の風である）、臭気成分の輸送現象は移流によりほぼ決まり、乱流拡散の影響は限定的であることを示している。したがって、悪臭問題は養豚場の風下方向で専ら発生することになる。

排出源（養豚場）よりも十分に広い範囲における臭気の拡散状況を検討する場合、排出源は点源とみなせる。総排出量 Q [m³/s]の点源からの三次元定常移流拡散問題の解は次式で表される。

$$\frac{C}{C_0} = \frac{Q}{4\pi D_t x} e^{-\frac{ur^2}{4D_t x}} \quad (2)$$

ただし、 C [kgmol/m³]は臭気成分の濃度で C_0 [kgmol/m³]は臭気成分の排出源濃度である。また、 x 軸は点源を原点とする風方向の座標であり、 $r = (y^2 + z^2)^{1/2}$ である。なお、このモデルでは、風が吹く方向へは乱流拡散よりも移流の効果が支配的であることから、この方向の乱流拡散の影響を無視した（境界層理論と同様な簡略化である）。

(2)式より、排出源からまっすぐ風下方向 ($r = 0$) の濃度分布は次式で表される。

$$\frac{C}{C_0} = \frac{Q}{4\pi D_t x} \quad (3)$$

悪臭問題の原因となる臭気成分は低濃度でも人が不快に感じるものであり、不快に感じないためには排出源濃度の 1/1000 程度に濃度低下する必要がある。例えば $Q = 100$ m³/s とすると、濃度が 1/1000 に低下するのに要する距離は 8 km 程度である ($D_t = 1$ m²/s の場合)。したがって、近年の大規模養豚場では、風下方向に数キロメートルの範囲で悪臭問題が発生する可能性がある。

米沢市のような山間部では、山から市街地に山風が吹く。山風は谷筋に沿って吹くのが一般的である。また、河川や広大な田畑の上には風の障害物となるものがないため風が通りやすい。このように風が吹きやすい方向が存在し、そのような方向には数キロメートルにわたって悪臭問題が発生する可能性がある。(3)式から、臭気成分濃度に大きな影響を及ぼすのは、総排出量であることがわかる。臭気の排気口を分散するなどの対策は、養豚場付近の局所的な臭気濃度には効果があるかもしれないが、遠方における濃度には大きな影響はないと考えられる。

3. 局所的な風向・風速の数値流体力学シミュレーション

これまでに検討したように、養豚場からの臭気の拡散状況を予測するためには、地域の局所的な風向・風速を考慮する必要がある。風向・風速データとしてアメダスデータが用いられることが多いが、アメダス観測点は 20 キロメートル四方に 1 か所程度しかなく、谷筋に沿った山風などの局地現象まで把握することはできない。一方、熱流体力学に基づいた数値流体力学シミュレーションでは、局地現象まで予測できる。

本研究では、風向・風速シミュレーションに必要な土地利用データを簡便に取得する方法について検討する。例えば森林や住宅密集地域では風が通りにくくなることが知られており、風向・風速シミュレーションを精度よく実施するためには、森林における木の密度や高さ、住宅地における建築面積の割合や建物の高さといったデータが不可欠である。これらのデータを簡便に取得できれば、地域の風向・風速シミュレーションの精度向上に貢献できると期待される。そこで本研究では、次の二点について取り組んだ。まず、Google マップ等で取得可能な航空写真から建造物が占める面積の割合を算出する方法を検討した。次に、建造物の有無により風速分布が一様でなくなることを確認するために、数値流体力学シミュレーションを実施した。

まず、航空写真から建造物が占める面積の割合を算出する方法について検討した。図 1(a)は米沢市の中心部の航空写真である (Google マップより)。この画像をもとに建造

物の自動抽出を試みた。結果を図 1(b)に示す。この例では、HSB 色空間において明度が 125 以上のものを建築物と判定した。誤検出もみられるが、おおむね建築物の抽出に成功している。このデータでは、建築物が占める割合は 25 パーセント程度である。アルゴリズムの改良により、自動抽出の精度をさらに高められると期待される。



(a)カラー写真

(b)建築物の自動抽出

図 1 米沢市の航空写真の一部

次に、建築物がある場合の風速の分布に関して知見を得るため、数値流体力学シミュレーションを実施した。図 2 は、住宅を模した $10\text{ m} \times 10\text{ m} \times 10\text{ m}$ の立方体を配置し、風速 5 m/s の条件でシミュレーションした結果である。風速が 5 m/s の条件であるものの、局所的な風速分布は全く一様でないことがわかる。風は住宅の無いところを流れる傾向があり、住宅密集地域では風速が遅くなりやすい。この結果は、臭気の拡散状況などを見積もるためには、アメダスデータを用いずに局所的な風速分布まで考慮すべきであることを示唆している。

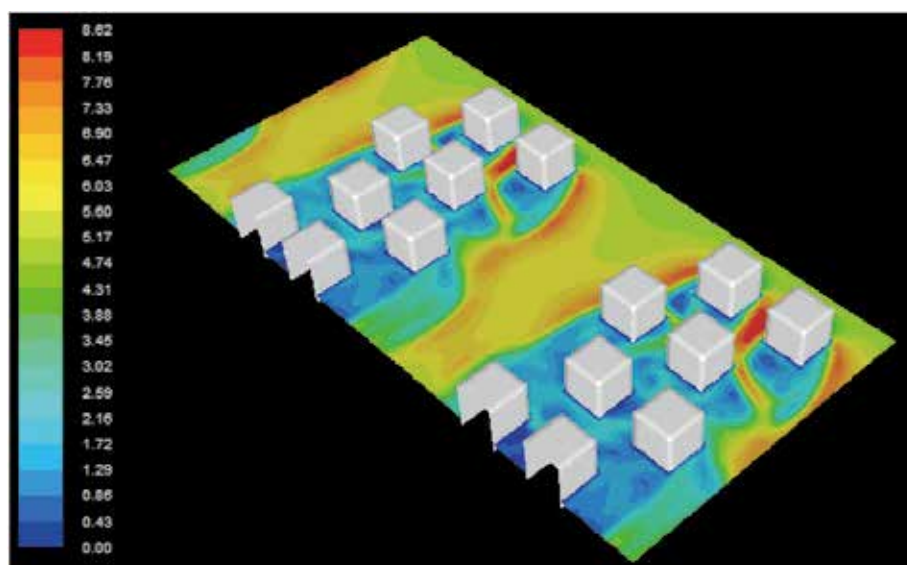


図 2 地表から 2 m における風速分布 (m/s)

4. 今後の展開等

養豚場からの臭気の拡散状況を予測するためには局所的な風速分布を考慮する必要があることが明らかになった。そのためには、数値流体力学シミュレーションの活用が有効である。航空写真から土地利用状況を自動的に取得し、数値流体力学シミュレーションに取り込めるようなアルゴリズムが開発できれば、現実にかかなり近い条件でのシミュレーションを容易に実施できるようになる。このようなシミュレーションは様ざまな目的で活用できるものである。

排雪を利用した雪冷房システムの構築

工学部 樋口健志

1. 緒言

雪は天然の冷熱源であり, 農産物低温貯蔵庫や公共施設の冷房への利用実績があるが, 土地の確保からインフラ整備まで必要な初期投資が大きく, 本格的な利用に至っていない. 本研究では除排雪を活用した雪山による冷房システムの構築を目指している. これは屋外に簡易な断熱材で被覆した雪山を設置して循環水等で熱交換を行い, 隣接建物の冷房を行うものである.

本報では冷房需要期までに必要量の雪を保存することを意図して実験用雪山を造成し, 温度及び日射量データから雪山の熱収支を求めて融解量予測を試みた.

2. 実験方法

2.1. 冷房用冷熱源としての雪山保存実験

野外(米沢市)に図 1 に示す雪山を造成し気象データ(温度・日射)および雪山のサイズ・形状の経時変化を計測した. 雪山の上に木材チップを厚さ 30 cm で敷いて断熱層とし, さらにアルミシートを掛けて遮光した.

2.2. 雪山の熱流束のモデル化と融解量の推算

日射, 外気, 地面からの伝熱を図 2 のようにモデル化した. 日射及び大気放射からの放射熱, 外気からの熱伝導及び対流伝熱, 地面からの熱伝導を考慮した. 雪層への流入熱量が雪の融解潜熱に等しく, 遮光シート, 木材チップ層, ビニルシートへの熱の蓄積はないものとみなすことで融雪量を推算した. つまり外気側及び地面側それぞれから雪層に向かっての伝熱となる. また外気からの対流伝熱は, 自然対流伝熱((1)式)及び境界層対流伝熱((2)式)を考慮し(3)式を用いて推算した. 各種計算条件は表 1 に示す.

さらに外気及び日射からの熱流束と地面からの熱流束による雪の融解モデルを図 3 に示す. 外気及び日射からの熱は雪山の上面及び斜面に, 地面からの熱は雪山の下面にそれぞれ均等に流入するものと仮定し, 流入熱量に応じて表面の雪が融解するものとした.

$$h_{nc} \begin{cases} = 1.5\Delta T^{\frac{1}{3}} & (T_{\text{air}} < 273\text{K}, Gr \cdot Pr > 2 \times 10^7) \\ = 1.3 \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{\frac{1}{4}} & (T_{\text{air}} < 273\text{K}, Gr \cdot Pr \leq 2 \times 10^7) \\ = 0.7 \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{\frac{1}{4}} & (T_{\text{air}} \geq 273\text{K}) \end{cases} \quad (1)$$

$$h_{bl} \begin{cases} = 0.037 Re^{0.8} Pr^{\frac{1}{3}} \frac{k}{L} & (Re \geq 3.2 \times 10^5) \\ = 0.664 \left(\frac{VL}{\nu} \right)^{0.5} Pr^{\frac{1}{3}} \frac{k}{L} & (Re < 3.2 \times 10^5) \end{cases} \quad (2)$$

$$q = (h_{nc} + h_{bl}) \Delta T \quad (3)$$

表 1 雪山の融雪量推算における計算条件

| | |
|---------------|------------|
| 外気の境界層厚さ | 2 m |
| 地面の温度境膜厚さ | 5 m |
| 雪山の代表長さ L | 4.5 m |
| 雪層の温度 | 273 K |
| 外気温, 日射+下向き放射 | 実測値 |
| 風速 | アメダス観測値 |
| 地中温度 | 文献値を補正して使用 |

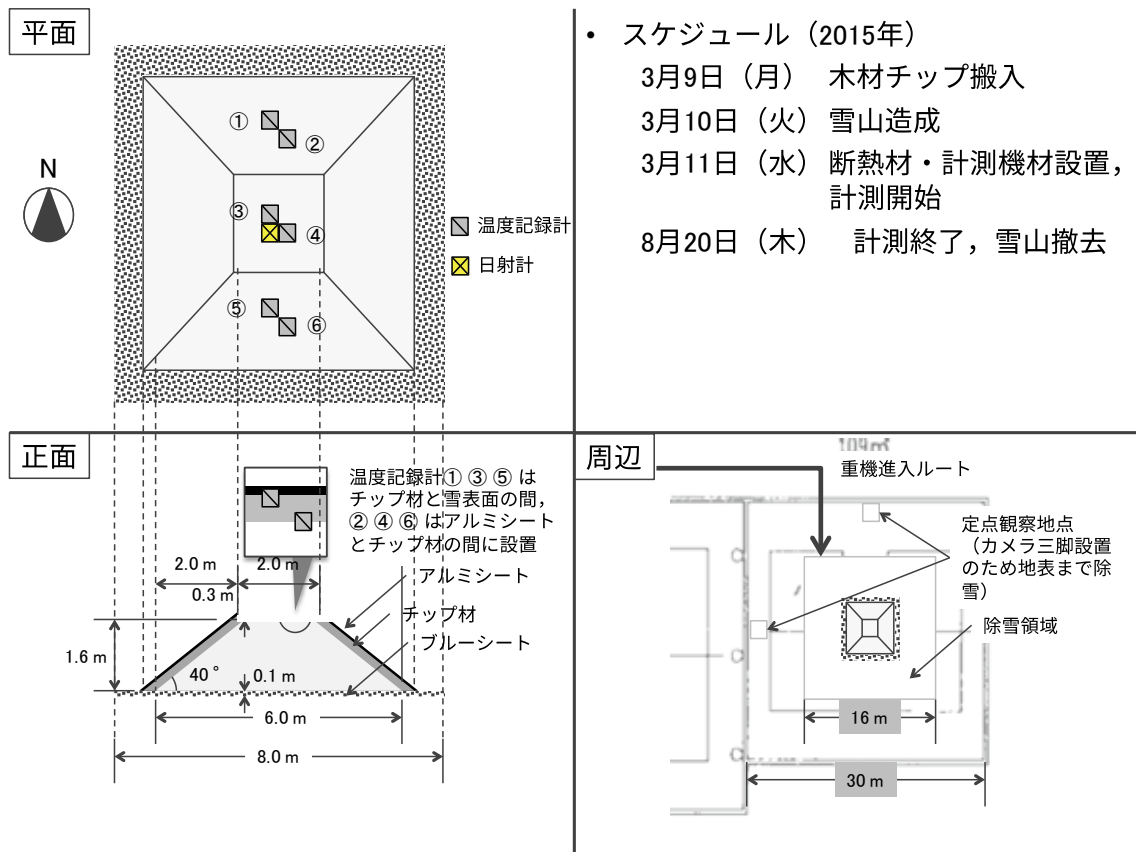


図 1 実験用雪山の構造および設置スケジュール

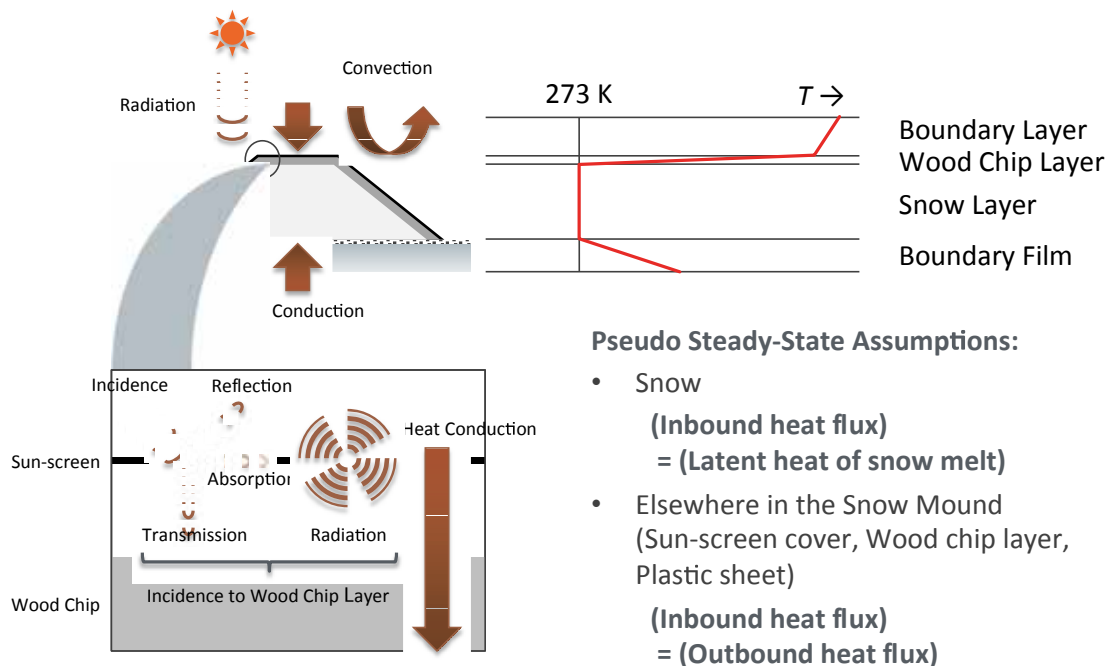


図 2 実験用雪山への熱流入モデル

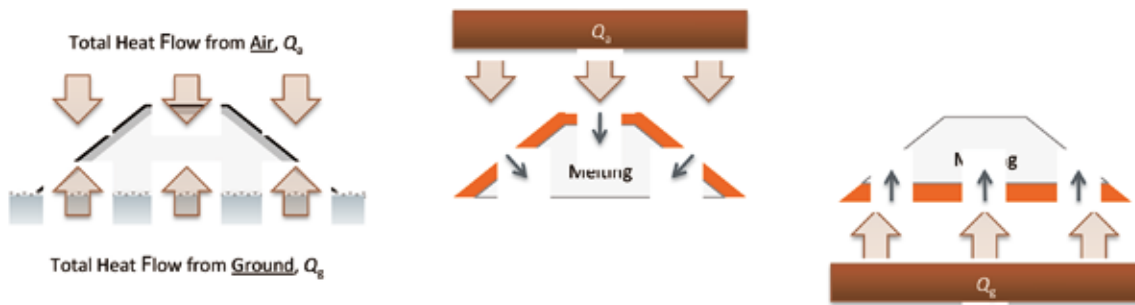


図 3 熱流入による雪山の融解モデル

3. 結果・考察

3.1. 冷房用冷熱源としての雪山保存

雪山の外形の経時変化を図 4 に示す。台形状の形状は日数経過とともに丸みを帯びた形状へと変化した。図中に示す体積値は雪山を四角錐台または四角錐に近似して高さや底辺長及び上辺長から算出した雪山体積の概算値である。最終的には 8 月下旬までの雪の保存に成功した。

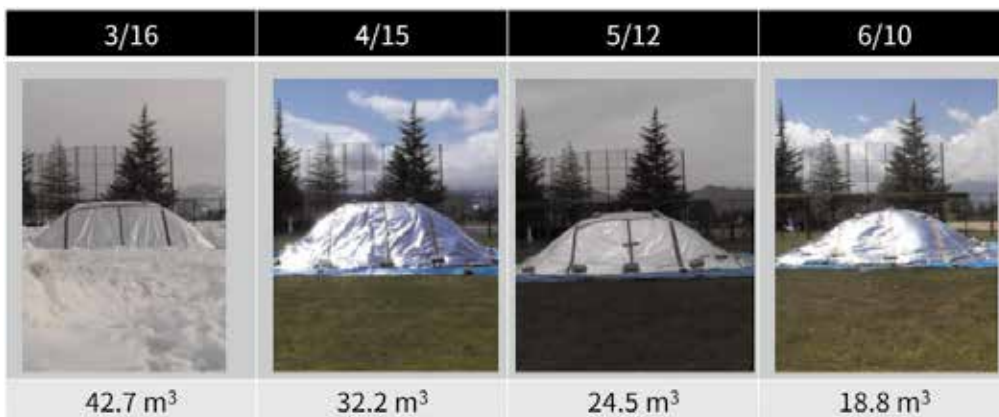


図 4 実験用雪山の外形の経時変化

3.2. 雪山の熱流束のモデル化と溶融量の推算

気象データから、雪山に大気および地面から入射する放射熱、対流伝熱、熱伝導を推算した。1 日における日射、風速、温度の実測値の推移とこれらから推算される熱流束を図 5 に示す。風速の変動に伴って外気からの熱流束も大きく変動しており、外気温だけでなく風速も雪の融解に大きく影響することを表している。これから雪の溶融速度を求め、体積収縮モデルに当てはめて体積および形状変化を推算した。その結果を真横から見た雪山の投影図として表したものを図 6 に示す。時間経過につれて形状はやや偏平度が増しているが、これは上面及び斜面からの熱流入が下面からの熱流入よりも大きく、溶融がより進んだためである。この推算結果から得た雪山の体積の推移を図 7 に示す。6/17 時点の体積は 3/17 の体積の 84 % であり、実測値の約 2 倍となった。今回は雪の緻

密化による収縮は考慮していないが、実際には体積比 1/2~1/3 程度に収縮する。このことを考慮することで、より高い精度での推算が可能になると考えられる。

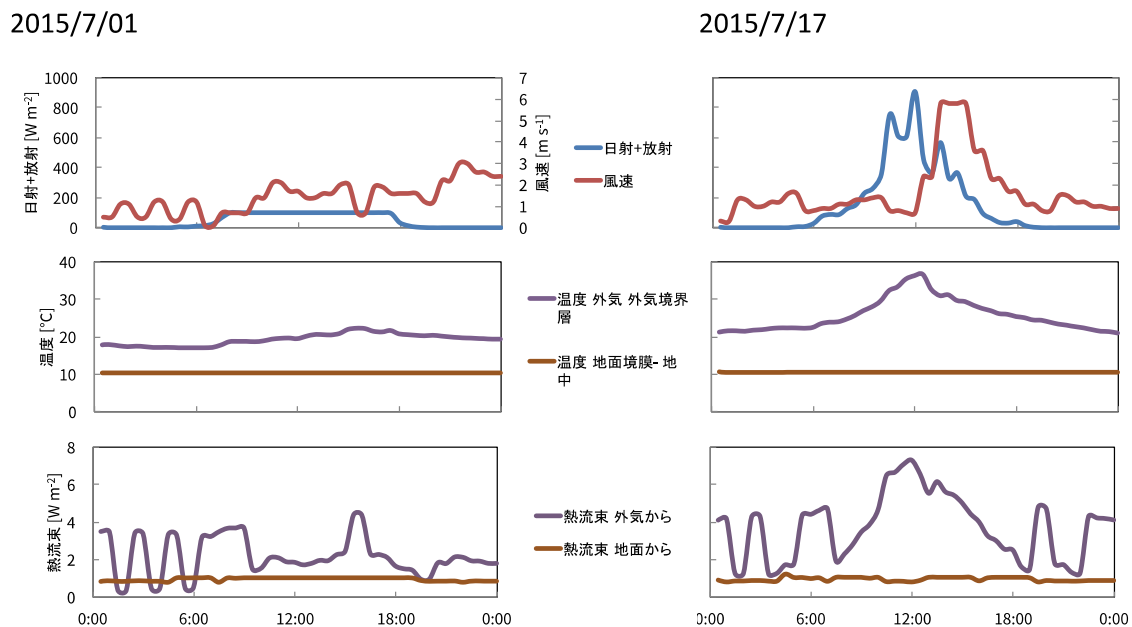


図 5 実験用雪山における日射，風速，温度および熱流束の1日の経時変化

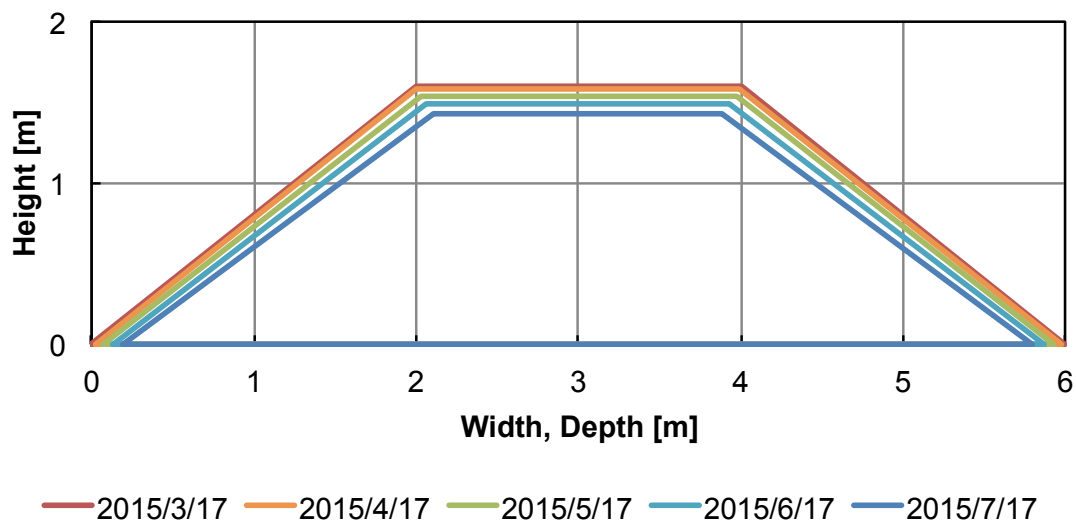


図 6 伝熱・融解モデルによる雪山の形状変化シミュレーション

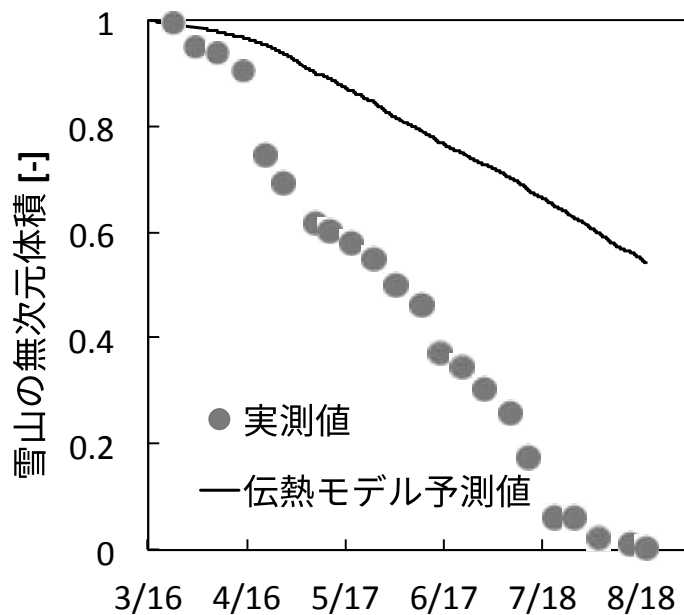


図 7 伝熱・融解モデルによる雪山の体積変化と実測値

4. まとめ

冷房需要期までに必要量の雪を保存することを意図して実験用雪山を造成し、伝熱・融解モデルを用いて融解量予測を試みた。現状では予測される融解速度は実測値の半分程度であるが、風による融雪の促進など除雪業者等が経験的に得ている知識と合致する特徴が得られた。

5. 使用記号

Gr : グラスホフ数

h : 熱伝達係数 [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]

k : 熱伝導度 [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]

L : 代表長さ [m]

Pr : プラントル数

q : 熱流束 [W m^{-2}]

Re : レイノルズ数

T : 絶対温度 [K]

V : 風速 [m s^{-1}]

ν : 空気の動粘度 [$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$]

温泉熱発電技術開発（プロジェクト研究）

工学部 松田圭悟

概要

地熱は、地球内部から得られる膨大な熱エネルギーであるため、エネルギー利用にともなう温室効果ガス（GHG）の排出が少なく、太陽光や風力のような自然エネルギーと比較して天候にされないため、クリーンなエネルギー源として発電から熱のカスケード利用まで幅広く活用されている。地熱発電は、200℃程度の熱源をベースにした蒸気発電と100℃程度の熱源をベースにしたバイナリー発電の方式に大別されており、最近では低温熱源を用いたバイナリー発電方式に注目が集まっている。ここでは地熱をベースにした発電システムの道筋とバイナリー発電技術の応用展開について論じる。

温泉バイナリー発電

バイナリー発電（バイナリーサイクル発電とも言う）は、地熱資源（蒸気や熱水）の温度が150℃以下で蒸気を生じない（もしくは自噴困難）場合や、強酸性な場合など、地熱資源を直接プロセス側へ導入しタービンを回すことが困難な場合に、2次媒体に熱のみを伝達し、2次媒体をプロセス流体として用いることにより発電を行うシステムである。バイナリー発電に使用される2次媒体は水よりも低沸点なもの（ペンタンやイソブタンのような炭化水素純成分系や代替フロン（HFC245fa）（ランキンサイクル）やアンモニア水系（カーナサイクル））が用いられるため、低温熱源からの発電が可能となるが、蒸気発電（数 MW/基～数十 MW/基）に比してその発電量は数 kW/基から数 MW/基と小さい。つまり、バイナリー発電技術は、地熱資源からのみ発電出来る技術ではなく、低温廃熱等も有効利用可能な一つの省エネルギー技術である。地熱を熱源として、バイナリー発電を行うにはいくつかの方法があるがここでは温泉熱を用いた温泉バイナリー発電について説明する。Figure 1 にそのシステムの概略を示す。温泉バイナリー発電は、熱交換器、蒸気タービン、ポンプから構成されている。温泉熱を熱交換器で受取り、2次媒体が蒸発し、タービンを回し電気を得ることが出来る。温泉の源泉温度範囲は広いと一概には言えないが、80-100℃程度の源泉温度がえられるならば、新たに掘削することなく発電を行えることが最大の利点である。しかしながら、浴用利用のために、下限温度は60℃程度となり温度差を得にくく、

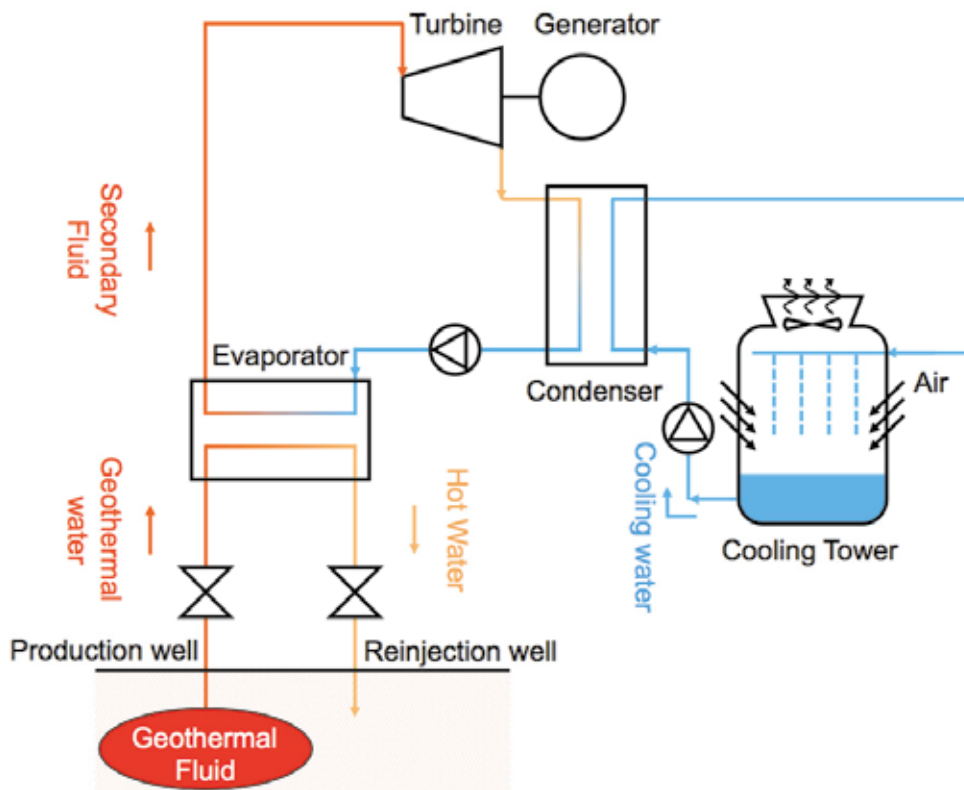


Fig.1 バイナリー発電方式

そのため一般的なランキンサイクルに比して発電変換効率が上がり難いという問題も有している（3-5%程度のカルノー効率しか得られない）。また、蒸気発電同様に温泉由来のスケール問題、2次媒体漏洩対策としてのシールや設備問題等も同様に有している¹⁾。

米沢市にける温泉発電

Table 1 に山形県米沢市小野川温泉の源泉データを記載する²⁾。山小野川温泉は、源泉温度が 353 K と比較的溫度が高く、湯量も豊富にあり、湯の花と呼ばれるスケールがほとんど析出しないという利点がある。このような中低温熱源を用いて発電する場合、冷熱源の確保が重要であるが、小野川温泉では、温泉地側に一級河川である鬼面川や地下水があるため、これを冷熱源として活用することができる。平成 27 年度より、アネスト岩田(株)は、小野川温泉源泉を 120 l/min 抜き出して、小型バイナリー発電システムの発電性能について実証試験を行っている。この発電装置は、そのサイズが W 1.5 m × D 1.5 m × H 1.5 m と小型の装置となっており、装置内部には、ポンプ、膨張器、熱交

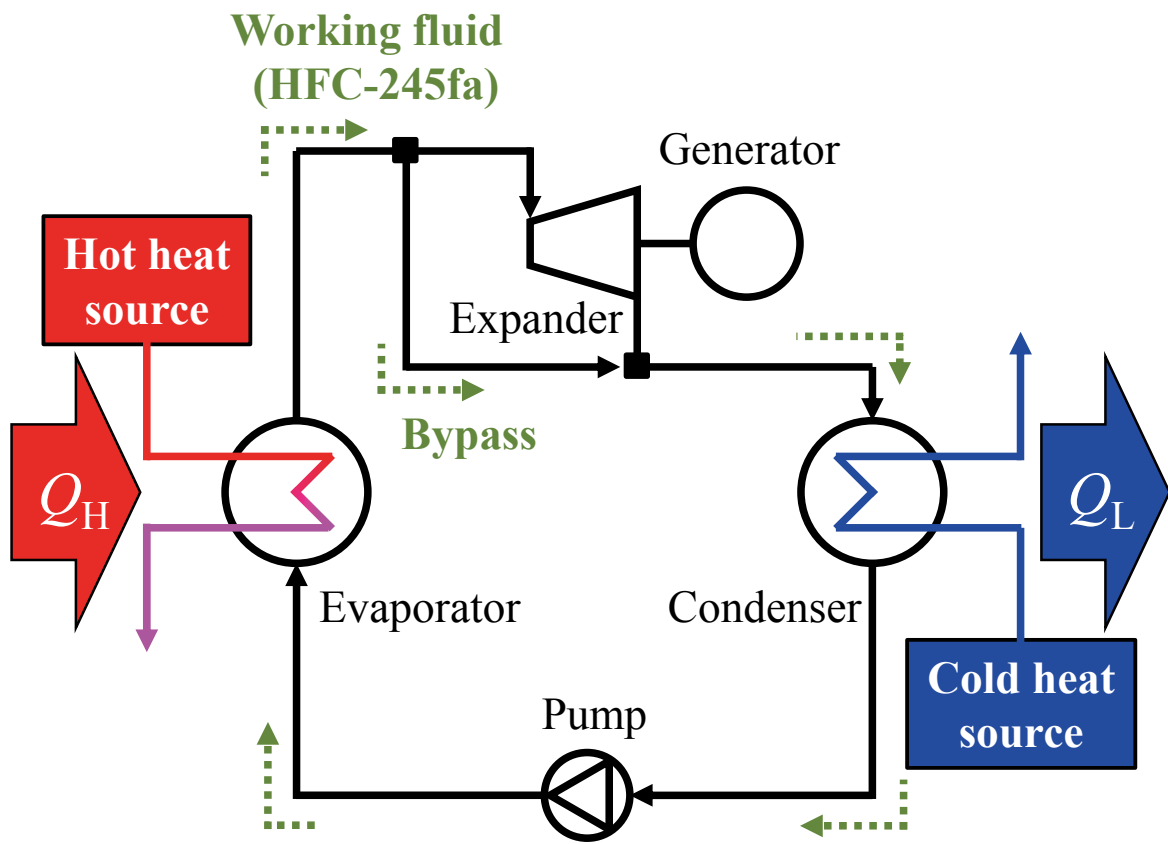
Table 1 山形県米沢市小野川温泉の源泉データ

| 小野川温泉(4号源泉) | | |
|-------------|------|-------|
| 湯量 | 1320 | l/min |
| 源泉温度 | 353 | K |

換器二基(蒸発器と凝縮器)が設置されている。一般的にこのような発電システムは、その装置価格が1 kWh当たり150万円以上とされており、他の発電方式、太陽光発電(住宅用; 45 - 55 万円/kWh)、風力発電(陸上; 20 -35 万円/kWh)、小水力(80 - 100 万円/kWh)、バイオマス(30 - 40 万円/kWh)と比較し、その設備コストが倍以上となっていることがわかる。そのため、この発電システムのコスト削減が大きな課題となっている。発電システムは、それを構成する熱交換器やポンプ、膨張器などの機器設計によって、その建築費や維持費などが変わるため、これを最適に設計する必要がある。しかしながら、現在このような発電システムの明確な設計指針は明らかになっておらず、このシステムの適切な設計指針が求められている。

小型バイナリーシステム

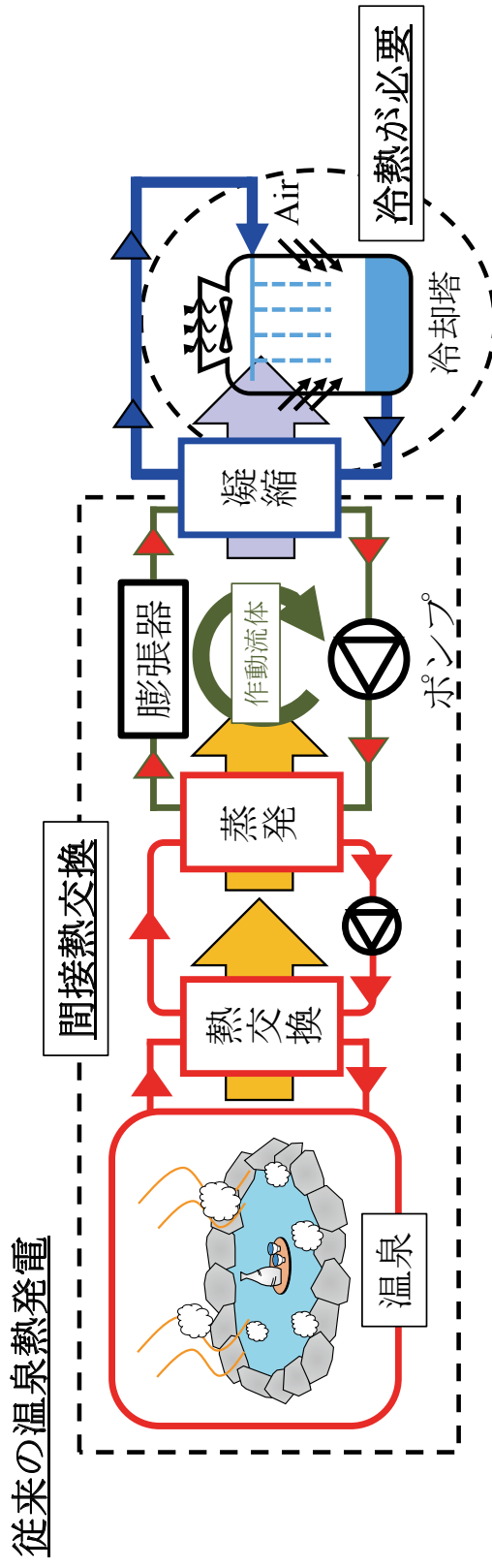
Figure 2 に小型バイナリー発電システムの概略を示す。このシステムは、蒸発器、凝縮器、ポンプ、膨張器から構成されている。作動流体は、代替フロン的一种である HFC-245fa (1, 1, 1, 3, 3 - Pentafluoropropane) を使用している。このシステムでは、小野川温泉を想定しており、熱源温度 350 K、流量 7000 kg/h (120 l/min) としている。しかしながら、この熱源は、夏季冬季といった季節変動による外乱や源泉から装置までの配管からの放熱などによって、熱源温度が変動することが予想される。そのため、ターゲットとする熱源温度を 350 K とし、外乱として熱源温度 333 - 370 K で検討を行った。低温熱源は、鬼面川や井戸水を想定し、熱源温度 288 K、流量 10000 kg/h (130 l/min) としている。バイナリーサイクルの物質収支、エネルギー収支は本論文の第 2 章に示す通りである。このサイクルでは、クローズであるため、ポンプでの昇圧と膨張器での減圧の圧流バランスを調整する必要がある。そのため、膨張器入口前にバイパスラインを設置し、膨張器に供給する作動流体流量を調整することで、このバランスをとっている。一般的に、この温泉熱発電システムは、**Figure 3 (a)** に示すように、システムは、中低温熱源から熱エネルギーを得るために、



| Hot heat source | | Cold heat source | |
|-----------------|-------------|------------------|------------|
| Component | Water | Component | Water |
| Temperature | 333 - 373 K | Temperature | 288 K |
| Pressure | 150 kPa | Pressure | 150 kPa |
| Flow rate | 9000 kg/h | Flow rate | 10000 kg/h |

Figure 2 小型バイナリー発電システムの概略

(a)



(b)

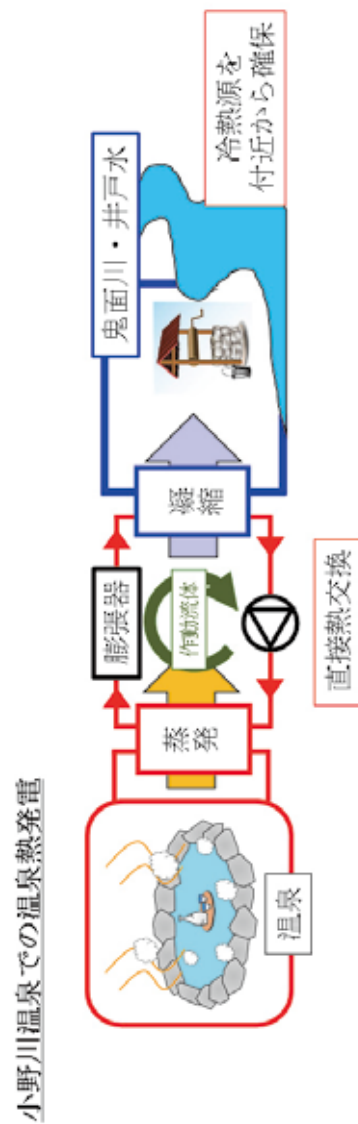


Figure 3 関節熱交換(a), 直接熱交換(b)の概略

間接熱交換を行っている。これにより、熱交換器内部にスケールが発生した場合でも、洗浄に手間がかからずに、メンテナンスすることができる。しかしながら小野川温泉では、**Figure 3 (b)**のように、源泉と作動流体間で、直接熱交換する方式を採用している。これは、小野川温泉の湯質がスケールなどの析出がほとんどないためである。そのため、中低温熱源と発電システム内を循環する作動流体間の伝熱において、複数台熱交換器を経由することによる、熱源温度の低下などを軽減することができる。また、間接熱交換を必要としないため、装置の小型化や低コスト化が可能になると推察される。

引用文献

- 1) Science and Technology Co. ltd. Ed.; “The Effective Utilization of Unharnessed Waste Heat from Factory and Their a Practical Applications (Miriyoukoujyohainetsu no Yukouriyogijyutsu to Jitsuyoute nkai in Japanese),” Science and Technology Co. ltd., Tokyo, Japan (2014)
- 2) “やまがたの温泉 2014”, 山形県環境エネルギー部みどり自然課 (2015)

メディアでの報告事例

- H27.10.21 (水) .米沢新聞 (1面)
- H27.10.21 (水) .山形新聞 (2面)
- H27.10.21 (水) .山形新聞 (ネット版)
- H27.11.10 (火) .米沢新聞 (1面)
- H27.11.10 (火) .山形新聞 (26面)
- H27.11.8 (日) .TUY (ネット版)
- H27.11.10 (火) .河北新聞 (9面)
- H27.11.10 (火) .朝日新聞 (23面)
- H27.11.10 (火) .朝日新聞 (ネット版)
- H28.2.23 (火) .山形新聞 (3面)

以下、プレスリリース状況

プレス発表資料



平成27年10月20日
山形大学

米沢市小野川温泉にて温泉熱を用いた発電の実証試験を開始します。

山形大学は東北創生研究所産業構造研究部門（所長・大場好弘 理事，部門長・高橋幸司 教授、実施主担当 松田圭悟准教授）が中心となり，小野川源泉協同組合，アネスト岩田株式会社と3者間で共同研究契約を締結し，平成27年11月から小野川4号源泉（小野川温泉）の一部（流量100 l/min，温度約80℃）を用いて3 kW級の温度差発電の実証試験を行います。

1. 再生可能エネルギー普及のための実証試験

地熱は我が国が有する有望な1次エネルギー資源（再生可能エネルギー）ではありますが，この利活用は長いリードタイムや開発コストの点から，その開発は進んでいるとは言い難い状況です。一方，地熱を用いた温泉は山形県内のほとんどの市町村自治体にあり，住民生活の基盤になっております。我々は浴用に必要ない60度以上の温度を利用した温度差発電技術を小野川温泉に導入し，地域分散型エネルギー社会を構築するための実証試験を本年11月から実施致します。具体的には，長時間運転によるスケール（汚れ）と発電性能の関係調査，通年の発電量変動の関係調査，80℃程度の比較的低温熱を用いた発電性能調査を実施し，地域の特性に基づいた高性能かつ安価な発電機の開発を行います（実施主担当：松田圭悟 准教授）。

本実証試験は山形県での初めての取り組みであり，山形県のエネルギー戦略の方向性とも一致しております。本試験の成果は産官学金連携により多くのステークホルダーで共有し，山形モデルとして新しい再生可能エネルギー利用システムを設計することと地域イノベーションの創出を目指します。

2. 社会イノベーションと地方創生

再生可能エネルギーは地域の分散型エネルギーとして期待される一方，その技術開発とは別に，導入する地域への受け入れも課題として存在しています。今回の実証試験を行うために，山形大学国際事業化研究センターのコーディネータ及び職員が技術，環境，経済性に関する丁寧な説明と対話を導入先と繰り返し行いました。これは技術の横展開を行うために重要なビジネスモデルの設計に繋がっています。今後は実証試験の成果と併せて技術者，支援スタッフ，地域住民との連携を地方創生のための新しい学理として構築します。

なお，平成27年11月8日に開催される小野川温泉開湯祭時に設備の開所・見学会を行います。

（参考）

< 小野川温泉開湯祭 >

■ 日時：11月8日（日）10時30分～（本設備の開所・見学会は、11時～の予定）

■ 場所：米沢市 小野川温泉街

（本件に関するお問い合わせ）

山形大学国際事業化研究センター

担当：齋藤（電話：0238-26-3480）

本学等の共同研究で小野川温泉街に温泉発電所が開所しました（11/8）

■ 掲載日：2015.11.17

山形大学東北創生研究所産業構造研究部門が中心となり、小野川源泉協同組合並びにアネスト岩田株式会社との共同研究により進めている県内初の温泉熱バイナリー発電の竣工式が11月8日、小野川温泉街にて行われました。

竣工式には、秋葉山形県置賜総合支庁長、小林米沢市副市長、種村米沢信用金庫会長、塚本アネスト岩田株式会社取締役役任縮機事業部長、竹田小野川源泉協同組合理事長、東北創生研究所長の大場理事、同研究所産業構造研究部門長の高橋教授ら関係者約40名が出席しました。

この温泉熱バイナリー発電は今年12月に本格稼働を予定しており、山形大学では、松田圭悟准教授（学術研究院（大学院理工学研究科担当））が実施主担当となっています。今後は、10年を目途に発電量や機械性能の向上に向け分析・検証する実証試験を行い、停電等の災害時の利用や、観光資源としての目玉の一つとなるようなシステム構築を目指しており、関係者からも地域資源の有効利用につながると期待が寄せられています。

当日は多くの報道陣が取材に訪れ、大場所長は、「発電だけではなく、発電に用い温度が低くなった温泉を融雪や農業など2次的に利用していきたい。」高橋 部門長は、「山形県には35市町村すべてに温泉がある。小野川でのこのシステムが実装されればほかの温泉でも適用できる」と述べました。



▲大場所長の挨拶



▲関係者によるテープカット



▲発電装置等の説明をするアネスト岩田の藤岡マネージャー

ビジネスデザイン PBL 教育による産業創出人材育成とこれを通じた新しいものづくり産業の創出

工学部 落合文吾

背景

米沢を中心とする置賜地域はハイテク産業を中心とした産業の集積地であり、東北地方有数の工業地域である。しかしながら、新興国の隆興と欧米の巻き返しという外的な要因と、高齢化や地方の疲弊などの内的な要因のために、日本の地方産業全体の衰退が懸念されている。この解決には、世界と戦える強い産業の創出とそれを支える人材の育成が必須である。

そこで、新しい産業創生の仕組みの構築と産業創生人材の育成に向け、学生が中心となって地域企業と連携した産業創生プロジェクトを立ち上げて実践するプロジェクトベースドラーニング（PBL）を展開する。具体的なプロジェクトとしては、昨年度から継続して行っている防災食の開発と事業化に加えて、フィンランド・アアルト大学と連携したビジネスデザイン教育を行った。

これまでの経緯

一昨年度 FS として、石巻にて山形大工学部生に対してプレ教育を行い、ビジネス教育の基礎を固めた。また、3D プリンター等を導入し、地域での利用に向けた準備を行った。昨年度は米沢市と連携し、防災食の開発への協議、ならびにボランティアでの親子化学教室の開催を行った。

これらの取組に関して、外部発表を 3 件行ったほか、新聞発表 6 誌、テレビ・ラジオ・各 1 件、雑誌 2 件などで紹介されている。

今年度の取組

① 学生による防災用品の開発とこれに向けたビジネス教育

昨年度に引き続き、新しい防災食の開発を学生が中心となって検討する PBL を行った。その結果、従来型の単なる非常食にはない、防災を意識する仕組みや、日常的に食べられるおいしさを兼ね備えた「備災食」を考案した。ただし、詳細については商品化に向けた検討中であるため割愛する。

② アアルト大学との連携によるビジネスデザインセミナーおよびワークショップの開催

商品開発から実際のビジネスを展開するためのスキルを向上させるために、アアルト大学の International Business Design Management (IDBM) の Anna Salo-Toyoki 女史、School of Art, Design, and Architecture の Mariana Salgado 博士、および IDBM の学生 3 名ならびに東京大学 i.school の Miikka J. Lehtonen 助教を招へいし、3/2 に産学連携の未来像を考える

デザイン思考セミナー、および3/3-4には山形大学の技術を国際ビジネスに展開するためのデザイン思考ワークショップを開催した（フレックス大学院主催、国際事業化研究センターとCOCで共催）。

初日のデザイン思考セミナーには山形大学からは6名の学生が参加し、英語での活発な討論を含めて産学連携の将来像を考えた。ワークショップは2日間にわたり、デザイン思考を元にした多様な価値創成の手法を実際の研究シーズを元にしながらか活発な議論を行った。これらにより、工学系の技術によりがちな応用の想定から、社会やユーザーの視点に基づいた価値創成を意識した応用の考案へ導くスキルを教育することができた。

各参加者からも、「工学研究者の視点とは異なるユーザー視点でのアイデアの創出方を学べて刺激的だった」、「技術視点では思いつかない思考の脱却法に踏み出せたように思う」、「シーズだけでなくニーズを考えてビジネスまで連結できてこそ、最先端研究になると感じた」、「将来こういった活動を東北地方で行い、東北を元気にしたい」などの感想を受けた。一方、短期間のセミナーで詰め込みすぎ、説明時間の不足、今回にとどまらない発展が必要などの感想もあり、次回への課題を一部残した。



ワークショップの様子

今後の展望

米沢を中心とする県内企業等と連携しながら、産学官を交えたビジネスデザイン教育を推進し、地域産業の活性化を目指す。なお、2016年9月には、産学官に開かれた、アアルト大学と連携した公開セミナー/ワークショップの開催を予定している（日本学術振興会 二国間交流セミナー採択事業）。

謝辞

本事業を進めるにあたり、ご指導頂いた米沢市の皆様、参加して頂いた教職員並びに学生の皆様、セミナーを実施して頂いたアアルト大学の皆様ならびに Lehtonen 博士、および国際事業化研究センターならびにフレックス大学院の皆様に深く感謝致します。

山形県の利雪と熱源利用による創エネ社会構築を目指した地域連携教育研究モデル

理学部 白杵毅・栗原正人・近藤慎一

背景

日本でも有数の豪雪地帯である山形県において、冬季の除雪作業等で排出される多量の雪は、これまでは単なる廃棄物でしかなかった。氷の融解熱は 80 kcal/kg であり、これは 1 kg (1 L)の水を 0 °Cから 80 °Cに温める熱量に相当する。この潜熱を有効に活用することができれば新たな資源として雪を利用（利雪）できることとなる。これまでに、夏場まで雪を保存して氷室として利用することなどが試みられてきた。一方で高温と低温を適切に組み合わせることで、その温度差を利用した発電が可能である。雪を温度差発電に利用することを考えた場合に、対応する熱源が必要となる。これまで捨てられていた熱源を利用することができれば、冬季においてはより効率的な発電が可能となる。山形県には森林資源を中心としたバイオマスが多量に存在し、また複数の火山があることから温泉・地熱など豊富な熱源も手付かずに近い状態で残っている。この様な現状において、本課題では、克雪・利雪、未利用の熱源を組み合わせた新たなエネルギー創生によって、創エネ社会の構築を志向した地域連携教育研究モデルの提案を試みた。

これまでの経緯

平成 26 年度において、我々は COC の地域志向教育研究経費を利用して、学生が中心となって最上地方におけるバイオマスの利用について視察を行った。特に製材におけるバーク等が熱源として利用されている現状について理解を深め、この排熱が高温側の熱源として利用可能であることが理解できた。本年度は再度 COC の地域志向教育研究経費によって、もう一つの熱源として期待される地熱と温泉について、やはり学生が中心となって、実際に稼働しているバイナリー発電所を 2 箇所視察し、熱源としての利用の可能性について学んだ。また、昨年度より継続しているゼーベック素子（熱電素子）を用いた小型の発電装置を改良し、さらに効率的な熱源の利用について試行した。

今年度の取組

本年度はバイナリー発電所として県外ではあるが、福島県福島市土湯温泉の 16 号源泉バイナリー発電所をまず視察した。この発電所は土湯温泉町地区まちづくり協議会がマスタープランを作成し、湯遊つちゆ温泉協同組合と NPO 土湯温泉観光まちづくり協議会の出資によって発足した株式会社元気アップつちゆが発電事業を担って、環境省、経済産業省、石油天然ガス・金属鉱物資源機構等の補助金を活用した事業である。元気アップつちゆには当学科の卒業生が就職しており、担当者として、バイナリー発電



Fig. 1. 土湯温泉バイナリー発電所での視察状況。

所と小規模水力発電所の説明をお願いした。学生の質問に対して、丁寧に現状の問題を含めて答えていただいた。

また、山形大学も中心メンバーである、米沢市の小野川温泉に開所したバイナリー発電所についても視察をおこなった。特に土湯温泉は高温な蒸気と熱水が大量に利用可能であり、雪と併せたより効率的な発電の可能性を伺わせた。

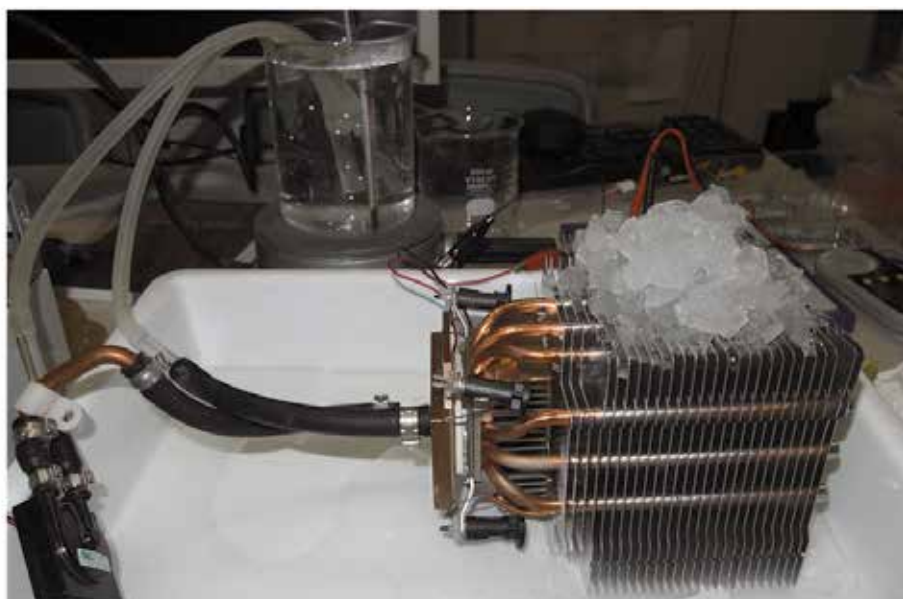


Fig. 2. ゼーベック素子を用いて試作した発電装置。

昨年度は理学部物質生命化学科の3年生と活動を行ったが、再生可能エネルギー等の基本的知識が、我々の想定以上に欠乏しており、基本的な教育の必要性を実感させた。本年度はやはり理学部物質生命化学科の4年生、修士2年生との活動を行った。特に修士2年の学生については、再生可能エネルギーについての基礎知識が向上しており、卒業研究、修士課程における研究において、専門とは異なる分野とは言え情報として入ってきていることを実感した。しかしながら、もう少し早い時期に、環境問題も含めた教育の実践が必要であることを再度確認した。

更には、Fig. 2に示すように温泉水やバイオマスの燃焼によって得られる熱水をポンプで循環する高温部とヒートパイプで接続した金属製フィン上に雪（氷）を置いた冷却部とゼーベック素子を挟み込むことによって発電し、LEDが持続的に点灯することが可能となった。65℃の温水を循環させることで500g程度の氷が1時間弱で融解し、同時に発電を行うことが可能であることがわかった。

今後の展開等

今後、冷却側に雪を利用する場合に、どのように高温側と接続すべきかの検討が必要である。また、再生可能エネルギーについて、多くの情報が存在し、強い興味はあるものの学生側の知識がまだまだ低く、今後授業カリキュラム等に取り入れる必要性を感じた。また、試作した発電装置を用いたLED照明によって小規模な植物工場を構築するなど展開が期待できる。

電力系統メンテナンスのための絶縁劣化診断センサーの 開発

工学部 杉本俊之

背景

電力系統の設備が老朽化してくると、電気を絶縁すべき部材（シリコーンゴムやプラスチック材）の経年劣化により、漏電事故や地絡事故が起こる可能性が高くなる。このため、定期的な絶縁抵抗のチェックが行われ、所定の絶縁抵抗値を満たさなければ、清掃するか、交換することになる。しかしながら、このような方法では、部分的に絶縁抵抗が低下している箇所があっても見逃してしまう可能性が排除できず、また、絶縁抵抗が徐々に低下してきているというトレンド分析ができないため、不必要な測定作業を伴うことになる。これは、従来までの絶縁抵抗測定法では、2点間に電圧を印加して表面を流れる微小な電流を計測するため、電力機器の近傍のノイズの多いフィールドにおいて精度の高い絶縁抵抗値を計測することが困難であることに起因する。そこで、このような問題を解決するため、筆者らが開発した非接触型表面抵抗率測定センサーの電力系統メンテナンスへの適用性を探った。

研究成果

筆者らが開発した非接触型表面抵抗率測定センサーは、図1に示すように試料の一部をコロナ帯電させて、その近傍の表面電位を測定するものであり、微小電流測定が不要なことから、高抵抗領域において非接触で精度の高い測定が可能となるものである。規格化された電位（0 から 1）を出力し、値が小さいほど高抵抗を示している。

経年劣化した絶縁材料のサンプルとして、シリコーンゴムを大気プラズマで加速劣化させたサンプルを使用したときの水の接触角と規格化電位との関係を図2に示す。図2の横軸は、試料の表面に水滴を置いた時の水の接触角であり、値が小さい方が樹脂の劣化が進行していることを示している。

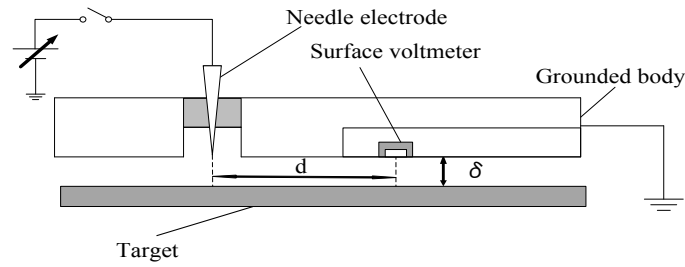


図1 非接触型表面抵抗測定法を用いた絶縁劣化診断センサー

接触角が小さくなるほど、すなわち、材料の劣化が進行するほど、縦軸の規格化電位が大きくなっていることがわかる。これは、樹脂材料の表面が劣化することにより、材料の表面に親水基が導入され、これによって大気中の水分を吸着しやすくなるため、絶縁抵抗が小さくなることに起因する。従来の絶縁抵抗測定法では計測が困難な測定領域であるが、本センサーでは、試料に接触することなく測定することが可能であることが明らかになった。

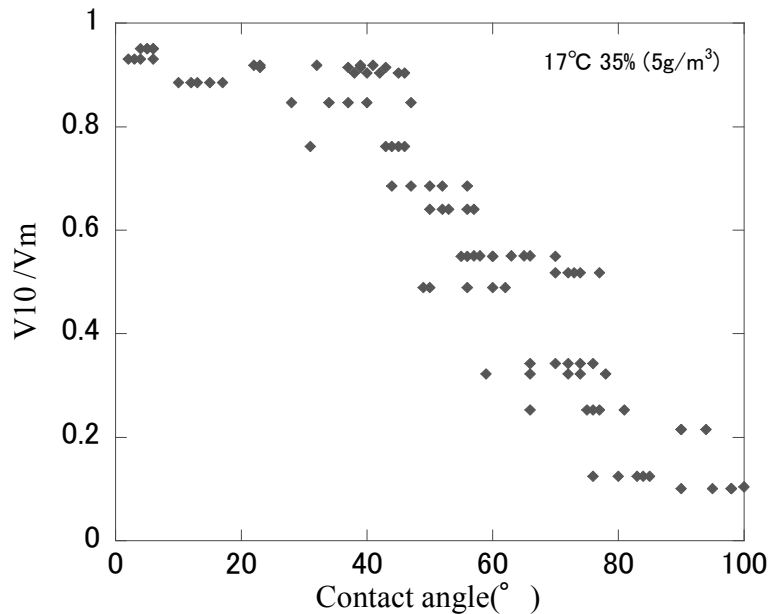


図2 接触角と規格化電位との関係

従来法の測定は、高圧部と接地部の導体にテストの端子を当て、漏れ電流を測定することで絶縁抵抗値が所定の値を超えているか否かを計測するものである。例えば、高圧部と接地部の間のどこかに絶縁抵抗が大きく低下した箇所が存在しても、漏れ電流の経路に絶縁抵抗が高い箇所があれば、全体としての抵抗は高くなるため、規定値を超えることがある。この場合、抵抗

が低下している部分があったとしても、チェック作業時に NG とはならないことが問題となる。本測定法では、非接触測定が可能であるため、絶縁部の表面抵抗の分布を測定することが容易である。すなわち、抵抗が大きく低下している部分を検出することができ、事故の危険性を未然に検知することも可能である。今後は、他の絶縁材料についても同様の試験を行うとともに、周囲の湿度の影響を明らかにして、センサーとしての較正を進めたい。

湿式法による CT 化合物を用いた有機太陽電池の創成

工学部 増原 陽人

【緒言】

有機薄膜太陽電池 (OPV) は、資源制約が無く、また印刷技術の応用等で安価に製造可能であることから、米沢地域における有機エレクトロニクスを得意分野とする企業で十分に生産可能なデバイスである。この OPV は次世代のエネルギー供給源として実用化に期待が高まっているが、現在の OPV では、電荷分離の際にエネルギーオフセットが必須であることや、発生した励起子の発光減衰・再結合等による失活によって、吸収光子エネルギーの約半分が失われる。つまり電圧損失が大きく、本来期待できる V_{oc} を得ることができず (Fig. 1 (a))¹⁾、結果として光電変換効率の低さがネックとなり OPV の普及は進んでいない。

本研究では、従来の OPV が本質的に抱えるこの問題を解決するため、電荷移動 (CT) 化合物をシングルアブソーバーに用いた CT 太陽電池 (Fig. 1 (b)) の作製を目指し、ドクターブレード法を用いた CT 化合物の薄膜化の検討及び評価を行ったので、報告する。

【実験方法】

CT 太陽電池のシングルアブソーバーとして、一分子内にドナー部位とアクセプター部位を有する分子内 CT 化合物 2-[(7-{4-[N,N-Bis(4-methylphenyl)amino]phenyl}-2,1,3-benzothiadiazol-4-yl)methylene]-propanedinitrile (DTDCPB) を選択した。この DTDCPB Chloroform 溶液を作製しておいた ITO/PEDOT:PSS 基板上に、ドクターブレード法で成膜した。成膜条件では、溶媒の蒸発速度を利用し結晶性の制御を行うために基板温度を 30~60°C とし膜厚を制御するために塗工速度、スリット幅、展開液量を制御し実施した。

【結果と考察】

ドクターブレード法により、膜厚 34~74 nm の DTDCPB 薄膜の作製を可能とし、 $J-V$ 測定結果から、現時点における変換効率は低いものの、全てのシングルアブソーバー素子において、キャリアの発生を確認することができた。特に、基板温度を 40°C、塗工速度を 40 mm/sec、スリット幅を 300 μm 、展開液量を 55 μl とした際に成膜されたシングルアブソーバー素子において、 $V_{oc}=1.06\text{ V}$ を達成し、最も電圧損失を低減することに成功した。以上から、CT 化合物をシングルアブソーバーに用いた CT 太陽電池の有用性、並びにドクターブレード法を用いて作製した薄膜において、電圧損失を抑制可能とした。

【今後の方針】

分子内 CT 化合物をシングルアブソーバーに用いた素子において、励起子の発生を認めたことから、今後はキャリアの抽出が課題となる。効率の良い電荷分離のため、薄膜の結晶性を高めることで、波動関数の広がりによる励起子束縛エネルギーの低減²⁾、CT 吸収帯の振動子強度の増強、さらには電子・ホール双方の両極性移動度の向上を目指す。現在、DTDCPB のナノ結晶化には成功しており、その結晶性が高いことが確認できているため、今後はこのナノ結晶をいかに Face on の配向で隙間なく積層できるか検討する。

1) D. Credgington, J. R. Durrant, *J. Phys. Chem. Lett.*, **3**, 1465 (2012).

2) H. Tamura, I. Burghardt *J. Am. Chem. Soc.*, **135**, 16364 (2013)

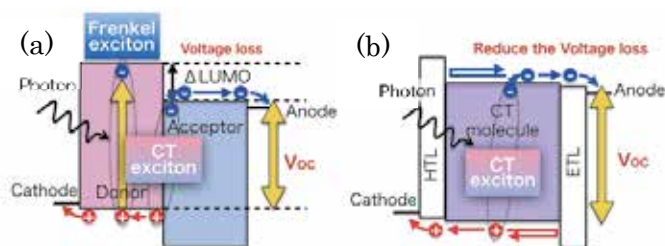


Fig. 1 (a)従来の有機薄膜太陽電池で実際に取り出せる V_{oc}
(b)CT 太陽電池で理論的に取り出せる V_{oc}

まとめ

産業構造研究部門は、『地域分散型産業構造の創生』を目的とし、ひとつは自立分散型エネルギー・システムの構築、ひとつは地方における特色ある産業創出・立地について、その基盤となる研究を行ってきた。本部門の平成28年度の研究実績は、以下のようにまとめることができる。

一体的な研究チームを編成し個々の理論的な研究にとどまらず現実の社会に適応可能なレベルで行う「研究プロジェクト」として、『再生可能エネルギープロジェクト』と『畜産業臭気対策プロジェクト』を行った。言うまでもなく、前者は自立分散型エネルギー・システムの構築を、後者は特色ある産業創出・立地を目指したものである。この2つのプロジェクトは、それぞれいくつかの小ユニットによって構成されている。再生可能エネルギープロジェクトは、冷熱利用プロジェクト、温泉熱発電技術開発プロジェクト、利雪と熱源利用による創エネプロジェクトで構成される。畜産業臭気対策プロジェクトは、養豚場の建設に伴う臭気対策の構築、それに新産業創出の視点からのビジネスデザインPBL（Project Based Learning）教育プロジェクトがサブプロジェクトとして取り組まれた。これらプロジェクトのうち、特に温泉熱発電技術開発プロジェクトは、11月8日に米沢市小野川温泉において実際に県内初の温泉発電所が開所し、大学関係者はもとより、行政、産業界から多くの出席を得て開所式が行われた。このことは、各方面のメディアにも大きく取り上げられることとなった。

さらに、このような研究プロジェクトの種となる研究として、今後の新たな産業創出が期待される個々の「要素研究」も多く行われ成果を収めている。その一部を本報告書にも掲載している。

さて、東北創生研究所がスタートしてから既に4年が経過した。一部の研究プロジェクトは一定の成果を出し、その第一フェーズを終えようとしているものもある。また、これから具体的な姿で社会への還元に取り組むべきものもある。これまで行われてきた成果を踏まえ、社会還元に向けたさらなる展開に歩みを進めるとともに、今一度、『地域分散型産業構造の創生』という命題に対して、今後どのように向き合うべきかについて再検証すべき時期にあるように思われる。ともすれば、個々の研究プロジェクトにのみ目が行ってしまうが、改めて原点に立ち戻って、大学が『10年、20年先の地域社会に何を提示できるのか』について部門として深耕していきたい。

最後に、部門の活動にあたり「COC 地（知）の拠点整備事業」や研究所のコーディネータ、地域産業界の方々に多くの支援をいただいたことに感謝の意を表す。

第 3 部

食料生産研究部門

平成 27 年度食料生産研究部門研究報告

はじめに

2012 年 1 月に設立された東北創生研究所において、食料生産研究部門は、自立分散型社会システムにおける食料基地を構築するために、次の 4 つのテーマを掲げて研究をすすめてきた。

- ①地域資源循環型食料生産システムの構築
- ②安全・安心で高付加価値な食料供給システムの構築
- ③バイオマスのカスケード利用による資源・エネルギーの自給
- ④里山生態系管理と食料生産の両立による自然との共生

平成 27 年度は、農学部のある研究拠点鶴岡市ならびにモデル地域の真室川町と上山市において、以下の研究を実施した。

研究拠点

- ①里山生態系管理と食料生産の両立による自然との共生
 - ・積雪地域に侵入したニホンイノシシの生息地利用に関する基礎調査
 - ・イチジク由来天然ゴム資源の利活用に向けた合成酵素の機能解析

モデル地域 真室川町

- ①地域資源循環型食料生産システムの構築
 - ・真室川町のコントラクター組織の経営構造-農事組合法人ひまわり農場を事例に-
- ## モデル地域 上山市

- ①安全・安心で高付加価値な食料供給システムの構築
 - ・セイヨウナシ新品種の追熟特性

さらに、食料生産研究部門では、耕作放棄地有効利用プロジェクトを立ち上げ、以下の樹種の利用について検討した。

- ①ベニバナ
- ②クルミ
- ③キハダ
- ④その他

その中でベニバナについては、4月23日に勉強会を開催し、(株)SK農業戦略研究所の熊沢氏より、ベニバナ花卉に含まれるフラボノイド配糖体-生活習慣病予防への利用-のテーマでレクチャーを受けた。4月24日と5月12日にはベニバナプロジェクト会議を開催し、今年度は、アメリカより輸入した紅花種子と山形県から分与を受けた最上紅花の種子を供試して、山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センターならびに連携研究員の佐藤麻都香氏の園地にて以下の試験を実施した。

- ・新規導入した米国産黄花ベニバナ系統の形質調査
- ・ベニバナ由来の農産副産物における飼料適性の評価
- ・ベニバナの機械収穫に関する研究
- ・ベニバナ栽培歴の異なる圃場の土壌分析結果

研究課題名

積雪地域に侵入したニホンイノシシの生息地利用に関する基礎調査

農学部 食料生命環境学科

江成 広斗

1. はじめに

野生動物による農業被害問題の深刻化に後押しされる形で、2015年5月に鳥獣保護管理法（改正鳥獣保護法）が施行され、野生動物への対応において管理（捕獲）が重視されることになった。山形県において、管理が求められる大型哺乳類として、従来のニホンザルやツキノワグマに加え、分布拡大が近年顕著に確認されはじめているニホンジカやイノシシが挙げられる。特にイノシシによる農作物被害の規模は、従来のニホンザルやツキノワグマを上回ることが知られており、新規流入個体群の動向に注意が必要である。しかし、積雪地域におけるイノシシの生態・行動についてはこれまでほとんど調査されておらず、具体的な対応策の検討は未着手である。

そこで、近年イノシシの侵入が確認されている天童市を対象に、積雪期のイノシシの生態・行動を解明する基礎データを収集することを目的に、生息地利用を評価した。

2. 方法

2016年2月20日から22日にかけて、天童市若松地区を中心とした山間部において、主に雪上の足跡カウント法によってイノシシの生息地利用を評価した。当該評価は、2グループ（各2名）で行い、総踏査距離は28.18km（標高180～480m）となった。調査期間中、積雪深は40 cm（低標高域）～100 cm（高標高域）であった。

3. 結果と考察

イノシシ痕跡として、足跡108箇所、糞1箇所、食痕4箇所、ヌタバ4箇所、掘り返し4箇所、寝屋3箇所、牙擦り2箇所、泥擦り2箇所が発見された（図1）。従来、イノシシは積雪に弱く、30～40 cm以上の積雪は行動を阻害することが指摘されてきた。しかし、上記の痕跡は、寡雪地である集落近隣の山林だけでなく、積雪量の多い頂上部にかけてみられた。当該調査とは別に、筆者が類似の調査を実施したより豪雪地である小国町においても、同様の結果がみられたことから、山形県でみられる積雪では、イノシシの生息・行動を阻害する要因として機能している蓋然性は低いことが示唆された。



図 1. 確認されたイノシシの掘り返し跡（左）と雪上の足跡（右）

研究課題名

イチジク由来天然ゴム資源の利活用に向けた合成酵素の機能解析

理学部 物質生命科学科
大谷 典正

1. 緒言

天然ゴムはパラゴムノキ (*Hevea brasiliensis*) ラテックスを原料とし、石油由来の合成ゴムにはない機械的強度を持ち、振動吸収性により優れるなど、合成ゴムと比べて優れた物性を持つ。しかしパラゴムノキは主に熱帯の一部の地域でしか生育できず、気候変動の影響を受けやすいため供給量が安定しないという欠点を持つ。そのため、近年 代替資源としてグアユール (*Parthenium argentatum*) やタンポポ属 (*Taraxacum*) 由来のゴムの研究が進められている。一方でイチジク (*Ficus carica*) は日本国内でも生育が可能であり、代替資源またはモデル植物として有用であると考えられる。

2. 材料及び方法

山形市内で採取したイチジクの葉から AGPC 法で total RNA を抽出し、逆転写反応によって cDNA を合成した。逆転写反応は既知のイチジク CPT (FRT2) の部分配列をもとにプライマーを作成し、RACE PCR を実行した。獲得した FRT2 について他種 CPT との相同性検索や系統解析を行った。

3. 結果及び考察

獲得したイチジク CPT (FRT2) のアミノ酸配列はシロイヌナズナ由来 Dehydrolipoyl diphosphate synthase 6 と最も高い相同性を示し、相同性は 51% であった。また、パラゴムノキ CPT (HRT2) とも 47% という相同性を示した。系統樹を作成し CPT を生成物鎖長毎に分類した結果、FRT2 と HRT2 は共に長鎖生成物を合成するグループに分類された。FRT2 はゴム合成活性の面から HRT2 と類似した性質を持ち得ることが推測される。今後、*in vitro* における酵素活性機能解析から天然ゴム代替資源としてのイチジクの可能性を探っていく予定である。

4. 業績 (本年度の学会発表・論文等)

1) Norimasa Ohya, Takumi Ichijo, Hana Sato, Takeshi Nakamura, Saki Yokota,

Hiroshi Sagami, Masahiko Nagakie, Specificity of geranylgeranyl diphosphate synthase for homoallylic substrate analogs, *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, **120** (2015) 179-182

- 2) 高橋圭太、大谷典正、イチジク由来 cis-prenyltransferase の機能解析、東北植物学会、福島
- 3) 杉澤杏承、大谷典正、培養細胞を利用した高分子量天然ゴムの創成について、東北植物学会、福島
- 4) 齋藤寛也、大谷典正、疑似ゴム粒子上でのゴム生合成関連タンパク質の機能、東北植物学会、福島
- 5) 横田早希、鈴木友里奈、北島佐紀人、大谷典正、後藤猛、Molecular Cloning and Expression in Escherichia coli of Rubber Elongation Factor from Ficus carica、日本農芸化学会 2016、札幌

研究課題名

真室川町のコントラクター組織の経営構造-農事組合法人ひまわり農場を事例に-

農学部 食料生命環境学科
藤科 智海

緒言

わが国の畜産農家において、近年、高齢化や飼料価格の高騰が問題となっている。畜産農家は年々減少しており、今後、特に中小規模の畜産農家は、経営の維持がより難しいものになることが予想される。この問題に対し、真室川町では、公共牧場である秋山牧場を核として、周年預託事業、コントラクター（飼料収穫・堆肥散布等の作業受託組織）や TMR センター（粗飼料と濃厚飼料を混合した町内自給飼料の供給施設）を用いた耕畜連携の取り組みが展開されている。いくつかの作業を分業化するこの取り組みは、畜産農家の今後の経営の持続性向上に寄与するものと考えられる。

本研究では、真室川町が取り組む耕畜連携の取り組みのうち、コントラクターに焦点を当てている。真室川町には7つのコントラクターがあり、その多くは、農家がオペレーターとして活躍している。昨年度は、このうち3つのコントラクターでオペレーターとして従事しながら、酪農を行っている畜産農家 A 氏を調査対象とし、A 氏が3つのコントラクターに参加することにより、どのような効果を受け、その効果が A 氏の営む酪農とどのように関係しているかを明らかにした。今年度は、真室川町のコントラクターでは唯一法人格を有したコントラクターである、「農事組合法人ひまわり農場(以下、ひまわり農場)」の代表者に対して調査を行い、法人格を有したコントラクターが如何なる経営構造で作業の受託に取り組んでいるのかを明らかにした。

調査の方法

山形県真室川町において、主食用米、大豆、野菜を生産しながら、稲わら収集、堆肥散布作業を受託しコントラクターとしての役割を果たしている、農事組合法人ひまわり農場の代表者を調査対象とし、聞き取り調査を行った。調査内容は、まず、組織の設立から現在までの経緯、構成員に関して調査した。さらに経営耕地面積、コントラクターとして受託した農作業の状況について調査を行った。

結果及び考察

ひまわり農場は、真室川町の北東部に位置する及位地区にある。同地区は、基盤整

備が行われていない地区で、零細な圃場において農作物を生産している。ひまわり農場は、平成 6 年に及位地区の耕種農家である 5 名により結成され、平成 16 年に大豆乾燥調製施設を建設して、大豆生産の受託を開始した（第 1 表）。平成 22 年に法人化され、現在の「農事組合法人ひまわり農場」となった。

現在、ひまわり農場は役員 3 名、社員 10 名の 13 名で構成されている。集落内からの構成員が中心ではあるが、集落外からも構成員となっている（第 2 表）。12～3 月の期間、真室川町で除雪オペレーターとして従事している構成員以外は全員常時雇用となっている。結成当初の構成員の後継ぎ世代の入社、集落外からの入社もあり、世代交代が順調にされている。また、除雪オペレーターをしている構成員以外は、ひまわり農場における就業のみとなっている。

経営耕地では、主食用米、飼料用米、大豆の生産に、育苗で使用しているハウスを用いて、ミニトマト、根ミツバ、ほうれん草の生産を行っている（第 3 表）。作業受託では、稲わら収集、堆肥散布、飼料用米刈取といった畜産経営に関連する作業の他に、育苗、耕起・代かき、田植え、主食用米刈取、主食用米の乾燥調製といった稲作経営に関連する作業も受託している。

法人化以降の売上は、平成 23 年度を除き、増加している（第 4 表）。売上の構成比では、水稻が売上の中心となっているが、大豆、野菜、作業受託の売上も大きく、リスク分散された経営構造になっている。

ひまわり農場の事例では、水稻、大豆、野菜生産等の売上に加え、作業受託による売上も経営上大きな位置を占めていた。これにより、13 名の構成員を賄える力を持ち、世代交代も図られていた。昨年度調査した酪農経営をしている A 氏の所属しているコントラクターでは、作業受託のみで、農産物生産は行っていなかった。また、受託している作業も、A 氏自らの酪農経営で使用する粗飼料の調達と、自給飼料生産に家族労働力以外の労働力と機械を導入することが主な目的となっていた。それに対し、ひまわり農場の構成員は、自己経営を行っておらず、ひまわり農場における就業のみであった。そのため、受託作業の目的は組織の売上向上にあった。このように、酪農という自己経営を持ちながらオペレーターをしている A 氏が担うコントラクターと自己経営の無いコントラクターとでは、作業受託に取り組む目的に違いがあることが明らかになった。

第1表 年表

| 年 | 出来事 |
|-------|---|
| 平成6年 | 及位地区に呼びかけ、うち5人により任意組合「ひまわり農場」を結成。ミニライスセンター建設 |
| 平成8年 | 無人ヘリ1機購入、ヘリ防除受託開始 |
| 平成11年 | ヘリ防除受託廃止。構成員のうち1人が脱退し、ヘリ防除受託を行う「ひまわり企画」を立ち上げ |
| 平成16年 | 大豆乾燥調製施設建設。大豆生産受託開始 |
| 平成19年 | 特定農業団体となる(営農組合発足) |
| 平成22年 | 法人化し、「農事組合法人ひまわり農場」に。「現場の創意工夫プロジェクト」において乗用管理機1台導入 |
| 平成24年 | 「現場の創意工夫プロジェクト」において米色彩選別機1台、ミニホイールローダー1台導入 |

第2表 構成員名簿

| 構成員 | 年齢 | 性別 | 集落 | 備考 |
|-----|-----|----|----|----------------------------------|
| ①役員 | 62歳 | 男 | 内 | 代表 |
| ②役員 | 37歳 | 女 | 内 | ④の娘 |
| ③役員 | 25歳 | 男 | 内 | ⑤の息子・12～3月除雪オペレーター(真室川町) |
| ④社員 | 67歳 | 男 | 内 | |
| ⑤社員 | 65歳 | 男 | 内 | 前代表 |
| ⑥社員 | 63歳 | 男 | 外 | |
| ⑦社員 | 58歳 | 男 | 内 | |
| ⑧社員 | 45歳 | 男 | 内 | |
| ⑨社員 | 46歳 | 男 | 外 | 12～3月除雪オペレーター(真室川町) |
| ⑩社員 | 36歳 | 男 | 外 | 12～3月除雪オペレーター(真室川町) |
| ⑪社員 | 22歳 | 男 | 内 | 12～3月除雪オペレーター(真室川町) |
| ⑫社員 | 20歳 | 男 | 外 | 12～3月除雪オペレーター(真室川町)「農の雇用事業」により入社 |
| ⑬社員 | 42歳 | 女 | 外 | 事務 |

第3表 経営耕地面積と作業受託面積

| 経営耕地面積 (借入・全作業受託を含む) | | 作業受託面積 | |
|-------------------------|--------|--------|--------|
| 主食用米 | 15ha | 稲わら収集 | 30ha |
| 飼料用米 | 25ha | 堆肥散布 | 30ha |
| 大豆 | 68ha | 育苗 | 3,000枚 |
| 牧草 | 15ha | 耕起・代かき | 2～3ha |
| ミニトマト | 0.25ha | 田植え | 10ha |
| 根ミツバ | 0.15ha | 主食用米刈取 | 10ha |
| ほうれん草 | 0.1ha | 乾燥調製 | 10ha |
| | | 飼料用米刈取 | 10ha |

第4表 売上高・構成比・前年対比の推移

単位:円

| 売上内訳 | 平成22年度 | | | 平成23年度 | | | 平成24年度 | | |
|---------|------------|-------|------|------------|-------|--------|------------|-------|---------|
| | 売上額 | 構成比 | 前年対比 | 売上額 | 構成比 | 前年対比 | 売上額 | 構成比 | 前年対比 |
| 水稻売上 | 7,571,715 | 33.2 | - | 11,995,291 | 56.9 | 158.4% | 11,828,144 | 47.3 | 98.6% |
| 大豆売上 | 277,001 | 1.2 | - | 177,257 | 0.8 | 64.0% | 1,959,540 | 7.8 | 1105.5% |
| 野菜売上 | 10,626,908 | 46.6 | - | 3,287,581 | 15.6 | 30.9% | 5,401,955 | 21.6 | 164.3% |
| 作業受託等売上 | 4,347,762 | 19.0 | - | 5,612,684 | 26.6 | 129.1% | 5,814,380 | 23.3 | 103.6% |
| 総売上 | 22,823,386 | 100.0 | - | 21,072,813 | 100.0 | 92.3% | 25,004,019 | 100.0 | 118.7% |

| 売上内訳 | 平成25年度 | | | 平成26年度 | | |
|---------|------------|-------|---------|------------|-------|--------|
| | 売上額 | 構成比 | 前年対比 | 売上額 | 構成比 | 前年対比 |
| 水稻売上 | 22,528,387 | 56.9 | 190.46% | 20,222,785 | 50.6 | 89.8% |
| 大豆売上 | 3,937,613 | 9.9 | 200.95% | 5,186,323 | 13.0 | 131.7% |
| 野菜売上 | 5,597,677 | 14.1 | 103.62% | 7,763,831 | 19.4 | 138.7% |
| 作業受託等売上 | 7,542,294 | 19.0 | 129.72% | 6,760,473 | 16.9 | 89.6% |
| 総売上 | 39,605,971 | 100.0 | 158.40% | 39,933,412 | 100.0 | 100.8% |

Ⅱ. 業績

1. 本年度の学会発表・論文等（東北創生研の研究者に下線）

吉野晃弘・藤科智海・小沢互（2015）：「酪農経営に与えるコントラクター組織参加の効果 - 真室川町の酪農家 S 氏を対象に -」、第 51 回東北農業経済学会新潟大会学会発表、2015 年 8 月

研究課題名

セイヨウナシ新品種の追熟特性

農学部 食料生命環境学科

村山 秀樹

1. 緒言

世界的に栽培されているセイヨウナシの1つである‘ドワイエネ・デュ・コムス’は、9月中旬から10月上旬に収穫される中生品種で、食味が良好な品種である。この品種の果面にアントシアニンが蓄積する芽条変異がいくつか見つかっている。これらの変異はすべて、果面全体にアントシアニンが蓄積するタイプで、数少ない食味良好な赤系品種である。上山市では、セイヨウナシ消費拡大のブレークスルーとなるべく、市が中心となってセイヨウナシの赤系品種の産地化に力を入れている。本研究では、赤系品種‘リーガル・レッドコムス’（図1）の追熟特性を明らかにした。



図1 セイヨウナシ赤系品種‘リーガル・レッドコムス’

2. 材料及び方法

9月18日に上山市皆沢の佐藤和美果樹園植栽の‘リーガル・レッドコムス’果実を収穫し、1週間1℃で低温処理を施した。その後果実を20℃に移し、追熟を行った。

3. 結果及び考察

その結果、両品種のエチレン生成量は、同様に変化することが判明した。また、両品種ともに、エチレン生成量は、14日目から増加しはじめ、追熟の進行が遅か

った。さらに、‘リーガル・レッドコムス’のエチレン生成量に個体間差がみられた。

このことから‘リーガル・レッドコムス’のエチレン生成量は、その原品種である‘ドワイエネデュ・コムス’と同様に変化することが判明した。また本年度は、追熟所要日数が長かったことと、個体間でばらつきがみられたことから、収穫時期が早かったことあるいは低温処理日数が短かったことが考えられた。今後、‘リーガル・レッドコムス’のデータを集積し、果実の最適収穫後管理技術を確立する必要がある。

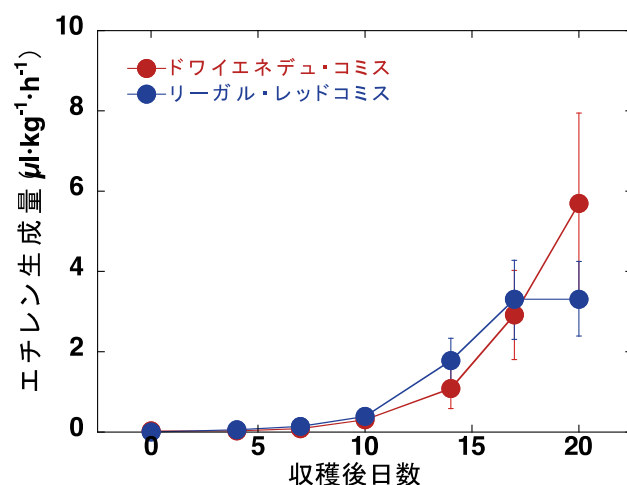


図1 セイヨウナシ‘ドワイエネデュ・コムス’ならびに‘リーガル・レッドコムス’果実における追熟中のエチレン生成

4. 業績（本年度の学会発表・論文等）

1. 学会発表

村山秀樹、Imaduddin Yusuf Hanif、板井章浩、及川 彰. 長期貯蔵したセイヨウナシ‘シルバーベル’果実の細胞壁成分に関する研究. 日本食品保蔵科学会第63回大会、長野、2015年6月

研究課題名

新規導入した米国産黄花ベニバナ系統の形質調査（プロジェクト研究）

農学部 食料生命環境学科

笹沼 恒男

緒言

ベニバナ (*Carthamus tinctorius*) は、中近東で栽培化された、多用途作物であり、古代エジプト時代より、染料用、薬用、また近年では、油料用として南極大陸を除く全ての大陸で栽培されている。日本への伝播は飛鳥時代にまでさかのぼり、山形県では室町時代から栽培されていた。ベニバナは、山形を代表する伝統作物であり、県花にも指定されているが、その生産量は実はあまり多くなく、平成 25 年度の山形県ベニバナ生産組合連合会加盟の農家の栽培面積は 7.2ha に過ぎず、幕末の最盛期に山形県内陸部における推定栽培面積 1,000ha 超と比べると微々たるものである。東北創生研では、プロジェクト研究として、本年度より、休耕地活用による地域創生活動の一つとして、ベニバナの栽培拡大が提案された。2015 年度の主たる目的は、ベニバナの新たな付加価値を創出するため、健康効果が高いとされるベニバナ黄色色素を収集するための、黄花系統の栽培適性調査である。ベニバナ花卉には、赤色色素のカルタミンと黄色色素のサフロールイエローが含まれるが、染料用として珍重されるのは花卉中に 1% しか含まれないカルタミンであり、水溶性の黄色色素は、世界的には食品添加料としての需要はあるものの、山形県ではほとんど活用されていない。この黄色色素に付加価値を持たせることができれば、本県におけるベニバナ生産拡大にもつながることが期待される。本プロジェクトにおいて黄色色素抽出用に選抜されたのは、アメリカから導入されたベニバナの黄花系統（以下、USA-Y）であり、本年度は、山形県における花卉収穫特性を明らかにするため、山形大学農学部附属農場において、山形県のベニバナの主要品種である最上紅花とともに栽培し、基本形質調査を行い、この系統の山形県での栽培適性を評価した。

材料及び方法

USA-Y は、プロジェクトにより本年度米国より輸入した種子を用い、比較対象とした最上紅花は、当研究室で自家採種にした種子を用いた。最上紅花は 5 月 10 日に播

種し、USA-Y は約 10 日後に播種した。それぞれの系統について、2 反復区を設け、それぞれの反復区に最上紅花は 60 個体、USA-Y は 10 個体栽培し、それぞれの反復区ごとに開花が早かった 3 個体を調査個体として、草丈、一次分げつ数、花序数、開花期花序直径、開花期花序高、開花期花序生重、完熟時花序直径、花序当たりの種子数、及び種子の 100 粒重を調査した。反復区 1 は 2 年前にベニバナを栽培した場所で連作障害による生育不良が予想され、反復区 2 は初めてベニバナを栽培する場所であった。

結果及び考察

最上紅花は 7 月 14 日頃に開花が始まり、USA-Y はそれから約 5 日後に開花が始まったが、この違いは播種日の違いによるものかもしれない。これまでの研究では、栽培ベニバナは品種間で約 1 ヶ月開花期に差があり、最上紅花は早生の部類に入る品種であるため、USA-Y も早生であると言える。また、これまで調査した海外遺伝資源の中には、山形大学圃場では開花しない系統もあったが、USA-Y は開花、結実にまで至ったため、山形県での栽培は少なくとも可能であることは明らかになった。

全形質の形質調査の結果を下表に示した。反復区間の違いは分げつ数と花序数に現れ、最上紅花では反復区 1 の花序数は反復区 2 の 6 割程度であった。これは予想通り、反復区 1 は過去にベニバナ栽培の経験があるため、連作障害により、分げつ数が少なくなっているためと考えられる。一方、草丈や花序の大きさには違いは見られなかった。最上紅花と比較すると、USA-Y は花序数が 50 程度と最上紅花の倍以上の花序をつけた。花序数 50 個という値は、過去の形質調査で調べた他の遺伝資源と比較した場合、最大である約 150 個の系統などには及ばないものの、多い部類に入る。一方で花序は直径がやや小さく、高さは変わらないのでやや小さく尖った花序だと言える。花序数が多いことは、花卉収量の増加につながると思われがちだが、これは必ずしもそうは言えない。ベニバナの収穫適期は各花序については花卉が見えてから 2~4 日目と非常に限られた期間であるため、現在の山形県で行われている手摘みによる花卉収穫では、花序が多くても、摘み切れない場合が多い。また、作業効率を考えた場合、草丈、草型、とげの発達度も、重要な要素である。USA-Y の草丈は、最上紅花と比べて 10 センチ程度低いものの、腰をかがめて摘まねばならないほどではなので、草丈についてはさほど問題ではないと考えられる。しかし、草型については、USA-Y は、分げつ数が多く、下の方の分げつ枝も良く発達するため、全体に込み入った感じの草型となっており、花序も下の分げつ枝から上の分げつ枝までまんべんなく着花するため、最上紅花のように、花序が付く位置が比較的高いところで揃い作業しやすい系統と比べると、花が摘みにくい形になっていた。また、とげも最上紅花よりも発達しており、作業の妨げになると考えられた。以上のことから、USA-Y は、山形県で栽培し

ても花序はある程度つけるものの、少なくとも手摘みによる収穫では、多くの収量は期待できないのではないかと、ということが明らかになった。

生育に関しては、USA-Yは開花までの成長は順調であったが、開花後に著しい成長不良が見られた。これは、完熟時の花序直径が開花期よりも小さくなっていること、着留数および種子の100粒重の値が小さいことから見て取れる。過去の研究から、ベニバナ遺伝資源の山形県への適応度は3段階に大別することができ、もっとも適応したものは最上紅花と同程度の生育を示し、次に開花に至るもののその後の種子成熟が悪いやや適応障害を示すもの、そして開花に至らず枯死してしまう不適応なものがあるが、USA-Yは2番目のカテゴリーに分類できるとみられる。また、アブラムシの被害もUSA-Yは顕著だった。

本年度の形質調査の結果はUSA-Yが山形県で栽培は可能であるものの、花卉採集用としては必ずしも良い品種でないことを示した。また、今年、ベニバナ栽培中の天候が比較的順調であったため、集中豪雨などの過去多くのベニバナ遺伝資源について深刻なダメージを与えたような天候不順が生じた場合に、開花まで至るかどうかが、調査していく必要がある。本年度は播種の時期等の栽培条件が異なっていたという点もあるので、継続して評価していく必要があるだろう。また、肝心の黄色色素抽出用である点についても、開花したUSA-Yは完全な黄花ではなく、花序の中央部には赤色色素が見え、また個体ごとにその度合いも異なっており、完全な黄花品種というよりは、黄色色素が他より多い傾向のある品種とすべきである。次年度以降は、当研究室で保有する他のベニバナ遺伝資源も含め、他の系統を調査対象とすることも検討すべきである。

表. 2015年形質調査まとめ

| 系統 | 草丈(cm) | 一次分けつ数 | 花序数 | 開花期花序直径(mm) | 開花期花序高(mm) | 開花期花序生重(g) | 完熟時花序直径(mm) | 種子数/花序 | 100粒重(g) |
|-------|--------|--------|------|-------------|------------|------------|-------------|--------|----------|
| 反復区1 | | | | | | | | | |
| 最上紅花 | 111.8 | 14.3 | 19.7 | 23.0 | 28.2 | 6.18 | 22.4 | 29.6 | 4.57 |
| USA-Y | 96.4 | 13.7 | 49.3 | 20.0 | 27.9 | 5.06 | 18.8 | 19.7 | 1.71 |
| 反復区2 | | | | | | | | | |
| 最上紅花 | 108.3 | 21.0 | 32.0 | 23.5 | 28.2 | 6.33 | 23.4 | 31.3 | 4.44 |
| USA-Y | 96.0 | 14.7 | 56.7 | 20.5 | 27.0 | 5.36 | 18.1 | 17.9 | 1.45 |

研究課題名

ベニバナ由来の農産副産物における飼料適性の評価（プロジェクト研究）

農学部 食料生命環境学科
松山 裕城

はじめに

山形県の県花であるベニバナ（*Carthamus tinctorius* L.）は用途の広い植物であり、その花卉は食品や染め物の染料・顔料として、様々な薬理作用を発揮する漢方薬として、また種子は食用油（サフラワー油）の原材料として利用されている。花卉や種子を採取した後の圃場には大量の葉や茎が残り、一部は食材として利用されているが、そのまま圃場にすき込まれる事例も少なくない。したがって、ベニバナ由来の農産副産物である茎葉部に新たな利用価値を見いだすことが出来れば、ベニバナ栽培の収益向上に繋がるものと期待される。そこで、花卉や種子を採取した後の茎葉部に新たな利用価値を与えるべく、家畜用飼料としての適性を評価した。



ベニバナの試験圃場



在来種のベニバナ



外国種のベニバナ

図 1. 栽培したベニバナ

(1) ベニバナ茎葉部の化学成分

ベニバナ茎葉部に含まれる飼料として有用な化学成分を調査するため、圃場で栽培した在来種と外国種の2種類のベニバナを、花卉の収穫時期に当たる2015年7月22日に地際で刈り取り、花器を切断したものを試料とした。茎葉部は60℃に設定した通風乾燥器内で48時間の乾燥後、1mmの篩を通るようにウイレー型粉碎機で粉碎し、各種の分析に供した。分析項目は、水分、粗タンパク質、粗脂肪、耐熱性 α -アミラーゼ処理中性デタージェント繊維、非繊維性炭水化物、可溶性炭水化物、粗灰分、総窒素および総炭素とした。

表1にベニバナ茎葉部の化学成分を示した。ベニバナ茎葉部の水分含有率は、いずれの品種も約60%であり、そのままでは長期貯蔵に適した状態ではなかった。在来種の粗タンパク質、可溶性炭水化物および総窒素含有率は、外国種より高かった。

表 1. ベニバナ茎葉部の化学成分

| | 在来種 | 外国種 |
|----------------|-------|-------|
| 水分 (%) | 58.60 | 61.20 |
| 乾物 (%) | 41.40 | 38.80 |
| 粗タンパク質 (乾物 %) | 6.11 | 5.63 |
| 可溶性炭水化物 (乾物 %) | 12.37 | 7.60 |
| 総窒素 (乾物 %) | 0.98 | 0.90 |
| 総炭素 (乾物 %) | 40.83 | 41.49 |

(2) ベニバナ茎葉部サイレージの発酵品質

収穫時のベニバナ茎葉部は水分が多く含まれており、そのままでは腐敗し、飼料として利用することができない。飼料として利用するためには長期貯蔵できることが必須であり、今回は乾燥調製に比べてコストが安いサイレージ調製を検討した。サイレージ調製とは、切断した材料草を密閉容器に詰めて、嫌気条件下で乳酸発酵を進めることで、カビや大腸菌などの不良微生物の活動を抑えることで長期貯蔵が可能とする方法である。

今回は小規模サイレージによる調査を実施した。圃場より収穫した茎葉部を約1cmに切断し、よく攪拌した後にポリエチレン製袋に約100g詰めて脱気し、サイレージ調製した。調製後30日目に開封し、純水140mlを加えて冷蔵庫内で24時間掛けて発酵産物を抽出した。抽出液のpH、揮発性塩基態窒素および有機酸を分析することで、サイレージの発酵品質を評価した。

表2にベニバナ茎葉部サイレージの発酵品質を示した。ベニバナ茎葉部をサイレージ調製した際の発酵品質においてpHは、いずれの品種も5.5前後であった。サイレージの最適なpHは4.2を下回ることであるが、それに比べると高かった。しかし、いずれの品種のサイレージも、不良発酵時に見られる酪酸含有量や揮発性塩基態窒素含量はさほど高くないため、発酵品質の指標であるVスコア(100点満点)は在来種が95点、外国種が97点と良質なサイレージであると評価された。ベニバナ茎葉部は乳酸発酵の基質となる可溶性炭水化物が多いため、サイレージ調製時に乳酸菌を添加して乳酸発酵を活発にすることで、さらにpHが低下して長期貯蔵性が高まるサイレージになると思われる。

表2. ベニバナ茎葉部サイレージの発酵品質

| | 在来種 | 外国種 |
|------------------------|-------|-------|
| pH | 5.43 | 5.58 |
| 揮発性塩基態窒素 (mg/新鮮物 100g) | 29.44 | 21.50 |
| 有機酸 (mmol/新鮮物 100g) | | |
| 乳酸 | 20.38 | 14.74 |
| 酢酸 | 1.92 | 1.06 |
| プロピオン酸 | 0.03 | 0.06 |
| イソ酪酸 | 0.01 | 0.01 |
| 酪酸 | 0.04 | 0.03 |
| イソ吉草酸 | 0.04 | 0.01 |
| 吉草酸 | N.D. | N.D. |
| 合計 | 22.42 | 15.91 |
| Vスコア | 94.74 | 97.32 |
| V2スコア | 96.68 | 99.20 |

N.D.: 検出限界以下

おわりに

在来種、外国種ともに葉部にある棘は、乾燥調製してもサイレージ調製しても、手に触れると痛みを感じるほどであり、実際の動物に給与していないが、そのままの形状で給与することは難しいと思われる。そのため、細かく裁断するか、粉碎することが望ましい。ベニバナは花器だけでなく茎葉部にも、機能性成分は豊富に含まれていると予想される。ベニバナ茎葉部の機能性成分を調査することで、家畜に対して有効な機能性成分を活用した飼料添加物（サプリメント）的な利用も期待できる。

最後に、本年3月10日に亡くなった本部門研究員小山浩正教授のご冥福を心よりお祈りいたします。

研究課題名

ベニバナの機械収穫に関する研究（プロジェクト研究）

農学部 食料生命環境学科

片平 光彦

1. 目的

ベニバナは草丈 0.5～1.0m、初夏に半径 2.5～4.0cm のアザミに似た花を咲かせるキク科の一年草である。山形県では昭和 57 年に県の花に定められており、村山・置賜地方を中心に栽培されている。ベニバナは黄色や紅色の 2 種類の色素を含むことから染め物などに古くから使われており、花卉を手作業で摘み取って利用されてきた。しかし、手作業での収穫は朝露や葉の棘の影響で重労働であるため、作業効率が低く大規模化の障害になっていた。機械収穫に関し、後藤ら¹⁾はハンディタイプの収穫機を試作し、花卉の切断応力が 2.8～11.5N、開発機の作業能率が 570g/h(人手:579g/h)であることを明らかにした。しかし、開発機は一花ずつ摘み取る形式のため作業能率が人手と同程度であり、夾雑物の混入も多くなるなどの問題点があった。本研究ではベニバナ収穫作業の効率を改善し生産者の収益を向上するため、効率的に収穫できる機械の開発と収穫作業体系について検討する。

2. 方法

(1) 実験場所

実験は山形県鶴岡市の生産者ほ場（約 10a）で 2015 年 4 月～7 月にかけて実施した（図 1）



図 1 ベニバナ栽培ほ場（左：5月15日、播種、右：7月22日、収穫）

(2) 供試材料

実験には東北創生研から提供されたモガミベニバナとアメリカ産ベニバナを用いた。両品種は前記した生産者ほ場に条間 75cm (10cm 間隔の 2 条植え)、株間 20cm の設定で傾斜ベルト式播種機 (向井工業) を用いて直播 (4~5 粒/株) した。施肥は化成肥料を 10kg-N/10a ほ場全面に散布して耕うんし、播種後に除草剤 (トリアフェノサイド粒剤) を 4kg/10a の設定で散布した。

(3) 調査項目

- 1) 収穫作業能率: 作業能率は 3 分間に収穫したベニバナの本数と距離、収穫物質量を計測して算出 (h/10a) した。
- 2) 収穫作業姿勢評価: 収穫時の作業姿勢をデジタルビデオカメラで撮影し、得られた画像を 5 秒間隔で読み取り、OWAS 法で解析した。OWAS 法は背部、上肢、下肢、荷重の 4 項目で区分し、AC1~4 の 4 段階で評価する。
- 3) ベニバナ形態調査: 収穫したベニバナの着花位置と着蕾位置を調査した。

(4) 試験区の構成

試験区はモガミベニバナ区とアメリカ産ベニバナ区の 2 区を設置した。

3. 結果

(1) ベニバナ収穫作業の能率はモガミベニバナで 143h/10a・人、アメリカ産ベニバナで 101h/10a であった (参考: 水稲 2.7h/10a)。作業量は両品種とも 144~145g/h と同等であった。ベニバナの栽植密度と収量 (花卉のみ) はモガミベニバナで 21 本/m²と 20kg/10a、アメリカ産で 25 本/m²と 15kg/10a であった。

モガミベニバナはアメリカ産ベニバナと比較して単位面積あたりの本数が少なかったが、収量は 5kg/10a 多くなり、一個体 (花) あたりの花卉数が多いといえる (表 1)。

表 1 ベニバナの収量と収穫作業能率

| 品種 | 栽植密度 (本/m ²) | 収量 (kg/10a) | 作業能率 | |
|-----------|-----------------------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | (h/10a) | (g/h) |
| モガミベニバナ | 21 (5.5) | 19.8 (3.85) | 143 (48.4) | 145 (25.8) |
| アメリカ産ベニバナ | 25 (6.5) | 14.7 (3.84) | 101 (19.7) | 144 (11.7) |

注: ()内数値は標準偏差

(2) 栽培したベニバナは、草丈がモガミベニバナで 77cm、アメリカ産で 92cm、花数がモガミベニバナで 6 個/個体、アメリカ産で 7 個/個体であった。草型はモガミ

ベニバナで最上位の分枝発生位置が 67cm、花弁位置が 87cm、最上位の分枝発生位置から花弁までの長さが 35cm であった。同様にアメリカ産では 53cm、74cm、38cm であった。

モガミベニバナはアメリカ産ベニバナと比較して草丈が 15cm 高く、最上位の花弁位置も 13cm ほど高い位置にある。一個体あたりの花数はモガミベニバナが少なくなっており、収量と比較すると一花あたりの花弁数が多いことを裏付けている（表 2、図 2（表 2 の注）、図 3）

表 2 ベニバナの形態

| 品種 | 草丈 (cm) | 花弁数 (個/本) | 草型(cm) | | |
|-----------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | A | B | C |
| モガミベニバナ | 92 (6.2) | 6 (1.2) | 67 (9.7) | 87 (11.8) | 35 (39.9) |
| アメリカ産ベニバナ | 77 (10.9) | 7 (3.2) | 53 (10.5) | 74 (12.7) | 38 (10.2) |

注1:()内数値は標準偏差を示す

注2:A, 最上位の分枝発生位置、B, 最上位分枝の花弁位置、C, 分枝位置から花弁までの距離

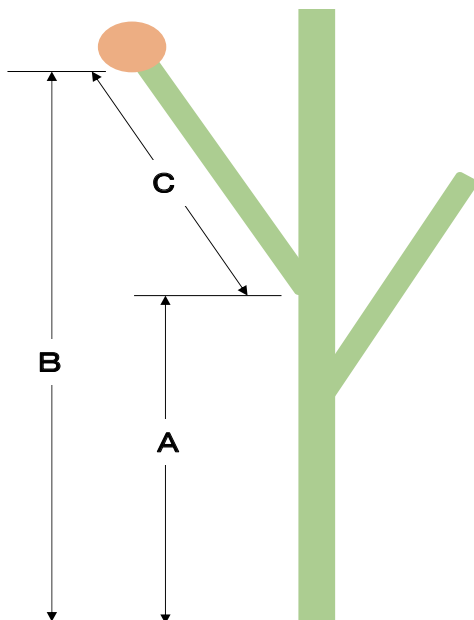


図 2 草型の測定位置



図 3 収穫時の草型

(3) 収穫作業の姿勢は、背部が直立、上肢が両方下、下肢が直立と移動（歩行）（コード：1-1-2-1）が多く発生した。作業全体での作業負担はAC1が100%と64%、部位別では背部の前後曲げでAC2、下肢の両足立ちでAC2が発生したが、早期の改善は不要といえる。ただし、収穫作業は夏期の高温期であること、葉の棘が多く身体に加わる負担が大きい。

表3 ベニバナ収穫時の作業姿勢部位別評価

| 部位・コード | 試験区 | |
|--------|-------------------|-----------------|
| | 作業員A | 作業員B |
| 背部 | 1 まっすぐ | 64 (1) 96 (1) |
| | 2 前後に曲げる | 36 (2) 0 (1) |
| | 3 ひねる又は横曲げ | 0 (1) 4 (1) |
| | 4 ひねりかつ横に曲げる | 0 (1) 0 (1) |
| 上肢 | 1 両腕が肩より下 | 100 (1) 100 (1) |
| | 2 片腕が肩より上 | 0 (1) 0 (1) |
| | 3 両腕が肩より上 | 0 (1) 0 (1) |
| 下肢 | 1 座る | 0 (1) 0 (1) |
| | 2 両足まっすぐで立つ | 100 (2) 100 (2) |
| | 3 片足まっすぐで立つ | 0 (1) 0 (1) |
| | 4 両膝を曲げて立つ | 0 (1) 0 (1) |
| | 5 片膝曲げて立つ | 0 (1) 0 (1) |
| | 6 片方または両方の膝を床につける | 0 (1) 0 (1) |
| | 7 歩行か移動 | 0 (1) 0 (1) |

注1: 0~100の数値は各姿勢の発生頻度(%)を示す。
 注2: ()内数値は、OWAS評価値(action category)を示す。
 注3: 背部コード4には斜め前に曲げる姿勢を含む。
 注4: 下肢コード3と5は重心をかけている側の足を示す。
 注5: 下肢コード4と5には中腰姿勢を含む。
 注6: OWAS第4区分(重さ)は、全て10kg以下のコード1に該当。

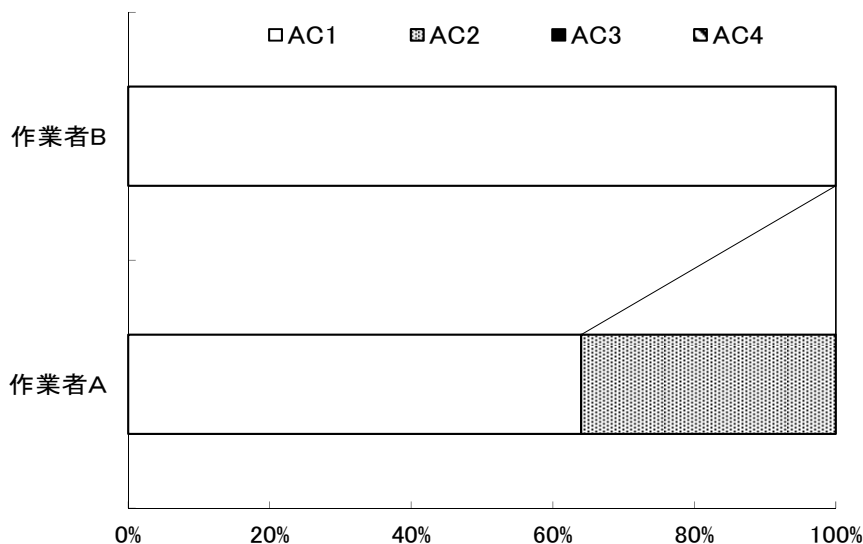


図4 収穫作業での作業姿勢全体評価



図5 ベニバナ収穫時の作業姿勢

参考文献

1. 後藤克典、長沢和弘、勝見直行、原田博行：ベニバナ花卉収穫機の開発、農業機械学会東北支部報、59巻、31-34、2012.

研究課題名

ベニバナ栽培歴の異なる圃場の土壌分析結果（プロジェクト研究）

農学部 附属やまがたフィールド科学センター

佐々木 由佳

緒言

農学部附属やまがたフィールド科学センターにはベニバナ、コムギ、トウガラシの輪作を7年間継続した圃場があり、ベニバナの栽培年数が長くなるほど生育が劣る傾向が認められている。また、輪作7年目の圃場のベニバナの生育は輪作1年目（ベニバナ栽培1年目）の圃場の生育より劣る傾向が認められている。そこで、ベニバナ栽培歴の異なる土壌を分析し、ベニバナ栽培の継続が生育を抑制する原因を検討した。

材料及び方法

2015年12月に農学部附属やまがたフィールド科学センターのベニバナ栽培跡地圃場で調査を行った。調査圃場はベニバナ、コムギ、トウガラシを7年間輪作しているA圃場と、輪作1年目のB圃場。3種の作物に対する石灰と基肥（窒素、リン酸、カリウム）施用量は同量で、トウガラシには窒素を追肥している。A圃場にはベニバナ栽培歴の異なる5区画があり（A-1～A-5）、B圃場には2015年にベニバナ（B-1）、コムギ（B-2）、トウガラシ（B-3）を栽培した3区画がある（表1）。A、B圃場の8区画の作土から土壌を採取し、風乾した後、pHとECを定法で測定した。さらに、A-2とB-1の2区画で土壌断面調査を行った。

表1 調査圃場の概要

| 区名 | 輪作年数 | 当年の栽培作物 | 最近4年間のベニバナ栽培歴 | 最近4年間のベニバナ栽培回数 |
|-----|------|---------|---------------|----------------|
| A-1 | 7 | なし | なし | 0 |
| A-2 | 7 | ベニバナ | 当年 | 1 |
| A-3 | 7 | ベニバナ | 当年、2年前 | 2 |
| A-4 | 7 | ベニバナ | 2、4年前 | 2 |
| A-5 | 7 | ベニバナ | 1、3、4年前 | 3 |
| B-1 | 1 | ベニバナ | 当年 | 1 |
| B-2 | 1 | コムギ | なし | 0 |
| B-3 | 1 | トウガラシ | なし | 0 |

結果及び考察

表 2 に土壌 pH と EC の測定結果を示した。pH は A 圃場が 6.5~6.8(平均 6.7)、B 圃場が 6.3~6.5(平均 6.4)であった。ベニバナ栽培土壌の適正 pH は 6.0~6.5 であるため(山形県 1996)、A 圃場は pH が適正值より高い。EC は A 圃場が 5.15~7.18 mS m^{-1} (平均 6.33 mS m^{-1})、B 圃場が 5.66~6.61 mS m^{-1} (平均 6.16 mS m^{-1})であり、A 圃場で高い傾向であった。畑土壌の適正な EC は 30 mS m^{-1} 以下であるため(農林水産省 2008)、A 圃場の値はこれより十分低い値であった。

図 1 にベニバナ栽培回数と土壌 pH、EC との関係を示した。ベニバナ栽培回数が増えるほど pH および EC は高くなり、それぞれ有意水準 1%、5% で正の相関が認められた。供試圃場の石灰施用量は栽培される作物種に関わらず同量であったため、ベニバナはコムギやトウガラシよりも塩基類の吸収が少なく、栽培跡地土壌の pH が下がりにくい作物である可能性が考えられた。

表 3 に土壌断面調査結果の一部を示した。A 圃場は 120 cm、B 圃場は 145 cm の深さまで調査を行ったが、ここではベニバナの根が観察された 3 層目までの結果を示した。腐植含量や土性は A 圃場と B 圃場で違いが認められなかった。孔隙量と根量は 3 層とも B 圃場の方が多く、緻密度は 3 層とも B 圃場で低かった。このことから、B 圃場の土壌は根域に孔隙が多くやわらかいため根が伸張しやすかったと考えられた。

以上の結果から、ベニバナ栽培の継続が土壌 pH を適正值以上に高め、ベニバナの生育を抑制する原因になったと考えられた。さらに、輪作 7 年目の A 圃場は輪作 1 年目の B 圃場より土壌が緻密で根の伸張が抑制されていたことも生育を抑制する原因になったと考えられた。

表 2 各区画の土壌 pH、EC

| 区名 | pH (H_2O) | EC (mS m^{-1}) |
|-----|--------------------------------|------------------------------|
| A-1 | 6.5 | 5.15 |
| A-2 | 6.6 | 6.23 |
| A-3 | 6.8 | 6.15 |
| A-4 | 6.6 | 6.96 |
| A-5 | 6.8 | 7.18 |
| B-1 | 6.5 | 6.20 |
| B-2 | 6.3 | 5.66 |
| B-3 | 6.4 | 6.61 |

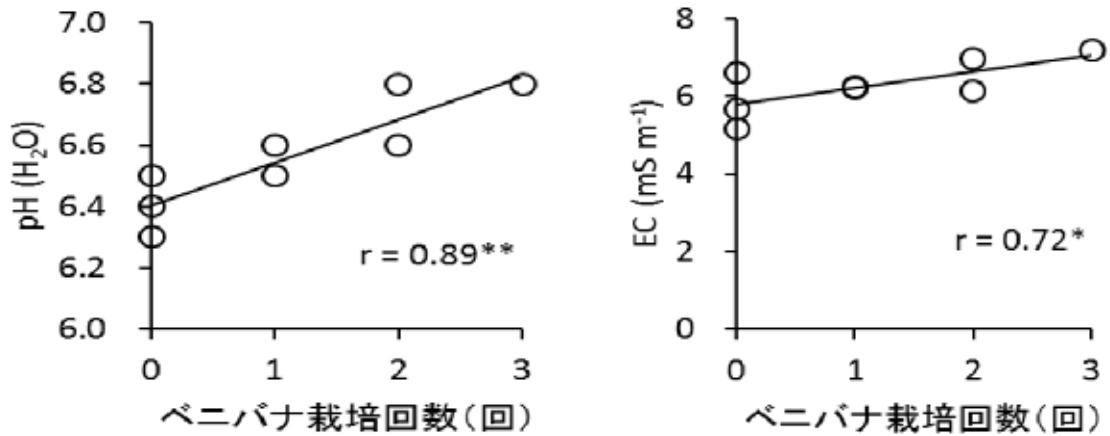


図1 最近4年間のベニバナ栽培回数と土壌pH(左)、EC(右)の関係

表3 土壌断面調査結果(一部)

輪作7年目 (A-2)

| 層位 | 深さ cm | 土色 | 腐植 | 土性 | 孔隙 | 根の状態 | 緻密度 |
|----|----------|----------------------|----|-------|-------------------------------|---------------------|-------------|
| Ap | 0 | | | | | | |
| | 19 | 2.5Y 3/3 (暗オリーブ褐) | 富む | L(壤土) | 細(φ0.1mm)・富む、 小(φ2~3mm)・あり | 細(φ0.1mm)・ まれにあり | 7mm (極疎) |
| A | 27 | 2.5Y 3/3 (暗オリーブ褐) | 富む | L(壤土) | 細(φ0.1mm)・富む、 小(φ2~3mm)・あり | 細(φ0.1mm)・ まれにあり | 12mm (疎) |
| B | 46 | 2.5Y 4/2 (暗灰黄) | 含む | L(壤土) | 細(φ0.1mm)・富む、 小(φ2~3mm)・あり | 細(φ0.1mm)・ まれにあり | 17mm (疎) |

輪作1年目 (B-1)

| 層位 | 深さ cm | 土色 | 腐植 | 土性 | 孔隙 | 根の状態 | 緻密度 |
|----|----------|----------------------|----|-------|-----------------------------|------------------|-------------|
| Ap | 0 | | | | | | |
| | 20 | 2.5Y 3/3 (暗オリーブ褐) | 富む | L(壤土) | 細(φ0.1mm)・富む、 小(φ2mm)・含む | 細(φ0.1mm)・ 富む | 3mm (極疎) |
| A | 26 | 2.5Y 3/3 (暗オリーブ褐) | 富む | L(壤土) | 細(φ0.1mm)・富む、 小(φ2mm)・含む | 細(φ0.1mm)・ 含む | 8mm (極疎) |
| B | 44 | 2.5Y 4/3 (オリーブ褐) | 含む | L(壤土) | 細(φ0.1mm)・富む、 小(φ2mm)・あり | 細(φ0.1mm)・ あり | 8mm (極疎) |

おわりに

モデル地域の真室川町では、真室川町のコントラクターでは唯一法人格を有したコントラクターである、「農事組合法人ひまわり農場(以下、ひまわり農場)」の代表者に対して調査を行い、法人格を有したコントラクターが如何なる経営構造で作業の受託に取り組んでいるのかを明らかにした。上山市では、セイヨウナシ消費拡大のブレークスルーとなるべく、市が中心となって産地化に力を入れている赤系品種‘リーガル・レッドコムス’の追熟特性を明らかにした。

さらに食料生産研究部門では、今年度、耕作放棄地有効利用プロジェクトに予算を重点配分し、ベニバナ、クルミ、キハダの利用について検討した。その中でベニバナについては、生活習慣病予防効果をもつベニバナ花卉に含まれるフラボノイド配糖体に注目し、育種学、畜産学、生産機械学、土壌学それぞれの観点から多面的に研究を実施した。これらの取り組みが、今後の研究を通して、耕作放棄地の有効利用に繋がることを期待する。

最後に本年3月10日に亡くなった本部門の研究員小山浩正教授のご冥福を心よりお祈りします。

第 4 部

プロジェクト研究

(プロジェクト研究)

畜産業の臭気問題に対する総合的対応策の研究

— 養豚場の建設に伴う臭気対策の構築 —

研究課題名

畜産業の臭気問題に対する総合的対応策の研究会（略称：臭気問題研究会）報告（中間報告）

農学部食料生命環境学科
渡部 徹

1. はじめに

畜産業の臭気問題に対する総合的対応策を考える研究会（畜産業臭気対策問題研究会）は、畜産業から発生する臭気の問題解決のために、その実状を把握し、可能な対策についてアイデアを出し合うことを目的として、この問題に関連する産官学のメンバーが集まって平成27年11月に組織された。2ヶ月に1回の頻度で会議を開催し、議論を深めている。ここで、これまでの議論の内容を整理する。

2. 問題点の整理

- ・臭気の発生元は、大きく分けて畜舎、堆肥舎、排水処理施設の3カ所。
- ・堆肥舎と排水処理施設については、ある程度密閉した空間にすることができるので、その中で臭気の管理が可能であり、多くの脱臭技術がすでに実用化されている。
- ・畜舎については、密閉すると排熱のための換気が必要となる。換気をした分だけ、臭気が外部に漏れることになる。
- ・臭気は感覚の問題であり、臭気の原因物質の発生量を半分にしても、人間が感じる臭気も半減するわけではない。発生量を大きく削減（1/10程度に）しないと、その効果は目に見えないであろう。

3. 解決策に関する整理

- ・畜舎の臭気対策については、畜舎の清掃の励行や除ふん、通風や換気の励行、敷料による湿潤状態の解消と臭気成分の吸着等を心がける他に、ハニカム構造のバイオフィルターを設置してその上部より少量の循環水をかけながら湿潤状態にして脱臭する事例などがある。
- ・畜舎をスノコ張りにして、その下に水を循環させることで、糞尿が迅速に畜舎から除かれるようなシステムを提案した。水の無駄遣いにならないように、循環水からマイクロバブルによって固形物を除いて、液体部は畜舎に戻るシス

テムである。固形物のメタン発酵＋発電と組み合わせたトータルシステムの開発で、農水省の補助金に申請したが採択されなかった。

- ・上記の「水張りシステム」では、畜舎内の湿度が上がるのが問題かもしれない。

- ・臭気を集めることができれば、排水処理のための活性汚泥プロセスの曝気に用いることで生物分解ができないか、というアイデアも提案した。

- ・技術開発による解決以外にも、立木による遮蔽と脱臭効果、畜産施設の移転、集約的な堆肥の回収と処理、そして周辺住民の対話などの方策も検討の必要がある。

4. 今後の方向性について

ここで整理したように、これまでの議論では問題点は明確になったものの、それに対する具体的な解決策につながるようなアイデアは出ていない。既存の技術では、単独で解決に至るものはないのかもしれない。先に提案した「マイクロバブルによる畜産排水の固液分離技術」や「活性汚泥プロセスへの適用による臭気除去技術」についても、他の技術との組み合わせでシステム化することで、問題解決に貢献できる技術である。前者の技術については、次年度に農学部の附属農場に完成する豚舎において、その性能等について調べる予定である。

なお、前項の最後に示した「技術開発以外の解決策」についても、今後は議論をしていきたい。

5. おわりに

TTP 協定の締結により畜産業の経営環境は今後大きく変わることが予想されるが、現在のところは比較的安定している。畜産業の振興のためには経営規模を拡大したい業者も多いが、飼育頭数を増やすことで深刻化する臭気問題は避けて通れない。本研究会が単なる「話し合い」で終わることがないように、具体的な提言を目指して、今後も定期的に会議を開催していきたい。

※ その他に、産業構造研究部門に掲載されている次の研究は、本プロジェクト研究でもある。

「養豚場からの臭気に関する研究」(工学部 桑名一徳・高畑保之)

(プロジェクト研究)

耕作放棄地の有効利用に関する研究

— クルミ・キハダ・紅花等による植物資源の多面的利用 —

※ 食料生産研究部門に掲載されている次の4つの研究は、本プロジェクト研究でもある。

「新規導入した米国産黄花ベニバナ系統の形質調査」

(農学部食料生命環境学科・笹沼 恒男)

「ベニバナ由来の農産副産物における飼料適性の評価」

(農学部食料生命環境学科・松山裕城)

「ベニバナの機械収穫に関する研究」

(農学部食料生命環境学科・片平光彦)

「ベニバナ栽培歴の異なる圃場の土壌分析結果」

(農学部附属やまがたフィールド科学センター・佐々木由佳)

(プロジェクト研究)

再生可能エネルギーの創造と 有効活用方法の構築に関する 研究

— バイナリー発電・小規模水力発電を中心とし
た実証実験 —

再生可能エネルギーの創造と有効活用方法の構築に関する研究

— 小規模水力発電を中心として —

(中間報告)

東北創生研究所

村松 真

1 目的

この研究は、再生可能エネルギーとしての小規模水力発電によって生み出される電力を最大限に活用することにより、地域の活性化、地域の再生を図り、地域から人材・資金が流出する社会構造を改善し、地域に人材・資金が還元される自立分散型社会構造を実現することが目的である。

併せて、再生可能エネルギーの地産地消、低炭素社会の実現を図ることにより、地域の持続的発展を可能にし、地域の自給力と創富力（富を生み出す力）を高め、地域主体の社会を実現するための方法論を探求することが目的である。

また、この実証実験により、小規模水力発電の実用性と具体的な開発方向性が明らかになれば、地方さらには農山村の具体的な活性化手法及び再生手法を構築するための有効なヒントになるものと考えられる。

2 実証実験実施期間

平成 27 年 11 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日（平成 27 年度分）

（平成 28 年度実証実験分については今後準備予定）

3 実施場所

山形県西置賜郡飯豊町大字添川字関山 3535-28 番地先

4 実施主体(研究監修)

山形大学東北創生研究所

5 共同実施・協力団体

- ① 飯豊町松原地区保全協議会（会長 山口義雄）
- ② NPO 東北地域エネルギー開発機構（理事長 小川健）
- ③ 日本小水力発電株式会社（代表取締役社長 半田宏文）

- ④ 東洋興産株式会社（代表取締役 齊藤順一郎）

6 実証実験責任者

山形大学東北創生研究所 コーディネーター 准教授 村松真

7 実証実験概要

本実証実験では、小規模水力発電の可能性、発電された再生可能エネルギーの有効利用、小規模水力発電施設の保有によって発生する地域負担、高齢者農業及び冬期農業の可能性、事業化・独立採算性の可能性等を調査研究するものである。なお、研究項目を整理すると次のとおりである。

① 電力出力試験・連続発電試験による発電機の改良に関する研究

この実験では、実証実験実施場所の諸条件下で、最大どのくらいの電力を発電できるか、安定した電力をどれくらい発電できるか等について試験・観察を行い、発電機の性能向上のための改善手方法を検討する。

② 水力利用のための合理的導水工事・除塵工事等の方法論構築に関する研究

小規模水力発電を実施するためには、合理的な導水工事、除塵工事等が必要である。そのため、より合理的で最大限の水力を引き出せるような導水工事、除塵工事等の方法論を検討する。

③ 小規模水力発電の施設園芸への活用に関する研究

この実験では、施設園芸の可能性と冬場の就労の場を確保できるかどうかを探求するものである。特に、栽培実験では大葉を栽培する。その他、パッションフルーツ・わさび菜・ガーデンレタス・ほうれんそう・チンゲンサイ・アサツキ等の栽培も検討する。

④ 自家発電施設を保有することによる負担・管理・運営・取り組み体制の整備に関する研究

この検討では、小規模水力発電のような自家発電施設を導入することにより、地域の負担がどのようになるのか、地区の管理・運営・取り組み体制をどのように整備すべきか等について検討する。

⑤ 高齢者農業・冬期農業の可能性に関する研究

地域の再生・活性化を図るために手法としての高齢者農業・冬季農業の可能性を探ることが目的であり、松原地域から栽培・観察者を出してもらい栽培・観察記録を記入してもらいながら、関係者の聞き取り調査等を行い、高齢者農業・冬期農業の可能性を検討する。

⑥ 事業化・採算性に関する研究

小規模水力発電によって、野菜等を栽培した場合、採算性、収益性等は

どうなるのか、経費の計算、売り上げ予想額等について検討し、事業化が図れるかを見ていく。

8 実証実験用の水車発電機の機種

水車発電機の機種選定においては、関連技術の蓄積が充実していること、過去からの技術の蓄積により性能的に優れていることから「CINK（シンク）社 MICROTURBO（マイクロターボ）V 1.5B-50/110-50-9.2」（写真1・写真2を参照）を使用する。CINK社は、チェコ会社である。



写真1 実験で使用する発電機（その1） 写真2 実験で使用する発電機（その2）

日本では、小規模水力（小水力）発電からはじまり、ダム式の大規模水力（大水力）、火力、原子力へとエネルギー供給方法が移行していった。そのため、国内では、小規模水力発電市場の需要が低迷してしまった。

一方、ヨーロッパでは、ドイツをはじめとするオーストリア、スイス等のアルプス山脈を取り巻く国々で、昔から小規模水力発電が盛んに利用されており、多くの関連技術の蓄積があり、性能的にも優れていると言われている。オーストリア等では、70年・80年以上稼働している発電機は沢山あるということである。

なお、今回の実証実験で使用している発電機の大きさ・重量・性能等については、仕様書に基づいてまとめた第1表のとおりである。

本計画地点の一般諸元は、有効落差 11.7m、最大流量 0.023 m³/s である。この計画地点に相応しい水車として、クロスフロ

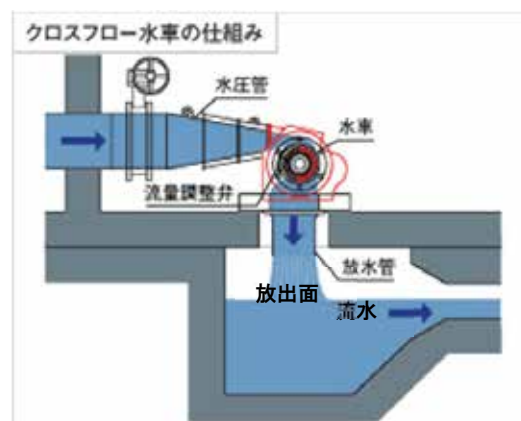
第1表 CINK社MICROTURBOVの使用規格・能力

| | | |
|--------|-----|---------------------------|
| 長 | さ | 1169 mm |
| | 幅 | 850 mm |
| 高 | さ | 715 mm |
| 重 | 量 | 272 kg |
| 最大出力 | | 9.2 kW |
| 電 | 圧 | 230 V |
| 周 | 波 数 | 50 Hz |
| 最大利用水量 | | 0.045 m ³ /sec |
| 有効落差 | | 50 m |
| 発電機容量 | | 13.5 kVA |

一水車が採用される。クロスフロー水車は、ヨーロッパで開発された水車で、メーカーの CINK 社（チェコ）は、クロスフロー水車のトップメーカーとして世界各国での導入実績を持つ。また、水車構造が簡単で、壊れにくく、維持管理が容易であるという特長がある。また、クロスフロー水車の仕組みについては、次の写真 3・第 1 図を参照してもらいたい。



写真 3 クロスフロー水車の全容
(出典先：日本小水力発電㈱ホームページ)



第 1 図 クロスフロー水車の仕組み
(出典先：日本小水力発電㈱ホームページ)

第 1 図により、流量調整弁（ガイドベーン）は、流入する水に方向性を与るとともに、流量の調節を行うものであり、結果的には出力の調節を行う働きをする。

今回採用した『マイクロターボV』という製品は、クロスフロー水車、発電機、制御盤が一体になったコンパクトかつパッケージ化された製品である。また、この発電機は、山小屋などの無電化地域に使用されることが目的で製作された製品で、自立運転により、発電した電力を使用することが可能である。以上から、実証実験の目的に合致した製品であるため本製品を採用するに至った。

本実験では、農業用水路を利用することから、季節によって流量の変動が生じる。クロスフロー水車の特徴は、このような流量の変動にも対応して利用できるように、流量調整弁（ガイドベーン）が 2 室式になっている。すなわち、流量調整弁（ガイドベーン）の調整により、流量が変動しても効率の良い発電をすることができる性能を有する。

9 大葉の栽培

今回の実証実験で、具体的に栽培する作物は大葉を予定している。しかも、栽培実験で使用する大葉の品種は、宮城県で品種改良した「青ちりめん」（写真

4・写真5)である。この大葉は、青シソで葉が薄く大きいのが特徴であり、栽培も比較的簡単である。なお、その栽培方法は、おおむね次のとおりである。



写真4 今回栽培実験した大葉「青ちりめん」
(1袋・約1300円)



写真5 大葉「青ちりめん」の種子
(種の大きさは約1mm)

① 栽培準備・種まき

この品種は、日当たりの良い湿り気のある土でよく育つ。

土づくりとしては、1㎡当たり化成肥料60g(10a当たり60kg)、完熟堆肥1~2kg(10a当たり1t~2t)、苦土石灰150g(10a当たり150kg)を施す。畦幅は90cm程度で軽く畦を作る。

播種方法としては、スジ播きかばら播きで直播にするか、箱播きをして移植する。大葉は好光性種子なので、覆土は1~2mmとする。

② 栽培管理

本葉が2~3枚、5~3枚頃に間引きをする。追肥は1㎡当たり化成肥料20g程度と間引き後に与える。中耕土寄せは、追肥後に子葉の下まで行う。

③ 収穫

草丈40cm~50cm伸びたところから、下の方から摘み取る。

なお、摘み取る場合の葉の大きさは、一番幅の広いところで11cm以上欲しい。うまく育てると、1株から1,000枚収穫できると言われている。年間、2回収穫できると言われている。



写真 6 大葉栽培状況
(美里町旧小午田町)



写真 7 大葉栽培状況
(大崎市旧古川市)

④ 販売

シソ巻きを作っている仙台の業者の場合、夏場の大葉は1枚3円、冬場は1枚4円である。その他、冬場のヨークベニマルの店頭価格は10枚で約200円(1枚・20円)である。長井市の寿司屋さんでは、夏は100枚で500円(1枚・5円)、冬は100枚で1,000円(1枚・10円)を超えることがあると言う。その他、漁業関係者でも大葉を使用すると言われている。

10 実証実験結果のまとめ

この度の実証実験は、年度当初の4月から準備を始めた。当初は、共同実施・協力団体のNPO 東北地域エネルギー開発機構と実証実験に必要な現地調査、実施計画の作成、実施手順の作成を行った。その後、飯豊町松原地区保全協議会と水利の使用許可をはじめとする諸事務手続きについて検討し、さらに、日本小水力発電株式会社、東洋興産株式会社に対する協力要請と具体的な実施に向けての連絡調整を行った。

その結果、11月15日には、発電試験を行い1.143KWの発電ができた。発電量については、当初は不安定であったが、その後約2.0KWで安定した。同時に、発電機の点検を行い連続発電ができるかどうかの点検、隣接する栽培実験棟までの送電試験、栽培実験の準備を行い、12月13日には大葉の種を実験区の一部に直播きし数日間状況を観察することにした。12月14日からは、飯豊町松原地区保全協議会の会員3名に、3月27日まで作業と観察を依頼した。

観察では、4つの実験区を設け、ハウスの外部温度、内部温度・湿度、実験区の温度・湿度、大葉の成長状況を記録してもらった。なお、今回の実証実験は、大葉が十分に育つかどうかを見ることと、会員3名の作業負担状況の概要を見ることに焦点を当てた。

一方、発電試験については、水利使用期間の制限があるため、東北電力からの送電も受けられようにし、水力発電が故障したり停止しても栽培実験が継続できるようにした。この場合、実証実験の総電力使用量が、小規模水力発電の安定した常時発電量以下であったために、東北電力からの送電を受け入れても小規模水力発電による常時発電量以下になるため、電力を使用しての実験としては同等であることから、水力発電と東北電力からの送電のどちらでも受け入れられるように切り替えスイッチを設置した。

結果として、水力発電は十分に機能し、大葉の栽培も予定通り行うことができた。最終的に、大葉は最少31.0 cmから最大40.5 cmまで成長し、数回にわたって葉を収穫することができた。収穫した大葉は、仙台の業者に持ち込み、商品価値を判断してもらった。その評価は、十分に使用できるものであるという評価をもらった。

今回の実証実験は、予備的試験の色彩が強いものであったが、来年度以降は、零年度以降は、いよいよ本研究で設定している6項目について詳細に観察し取り組んでいくことになる。なお、本実験の状況については、平成28年3月28日（月）夕方6時10分ごろに放送されたNHK総合テレビ県内版ニュースで取り上げられた。

今後は、本格的な実証実験の実施に向けて関係者との連携・協力体制を強化するとともに、得られた知見を整理・検討し当初の研究目的を実現できるように進めていきたい。

最後に、農山村で「小規模水力発電実施」に取り組むイメージ（別紙1）、「小規模水力発電を利用した野菜栽培からの6次産業化」を進めるためのイメージ（別紙2）について示したので参考にしてもらいたい。

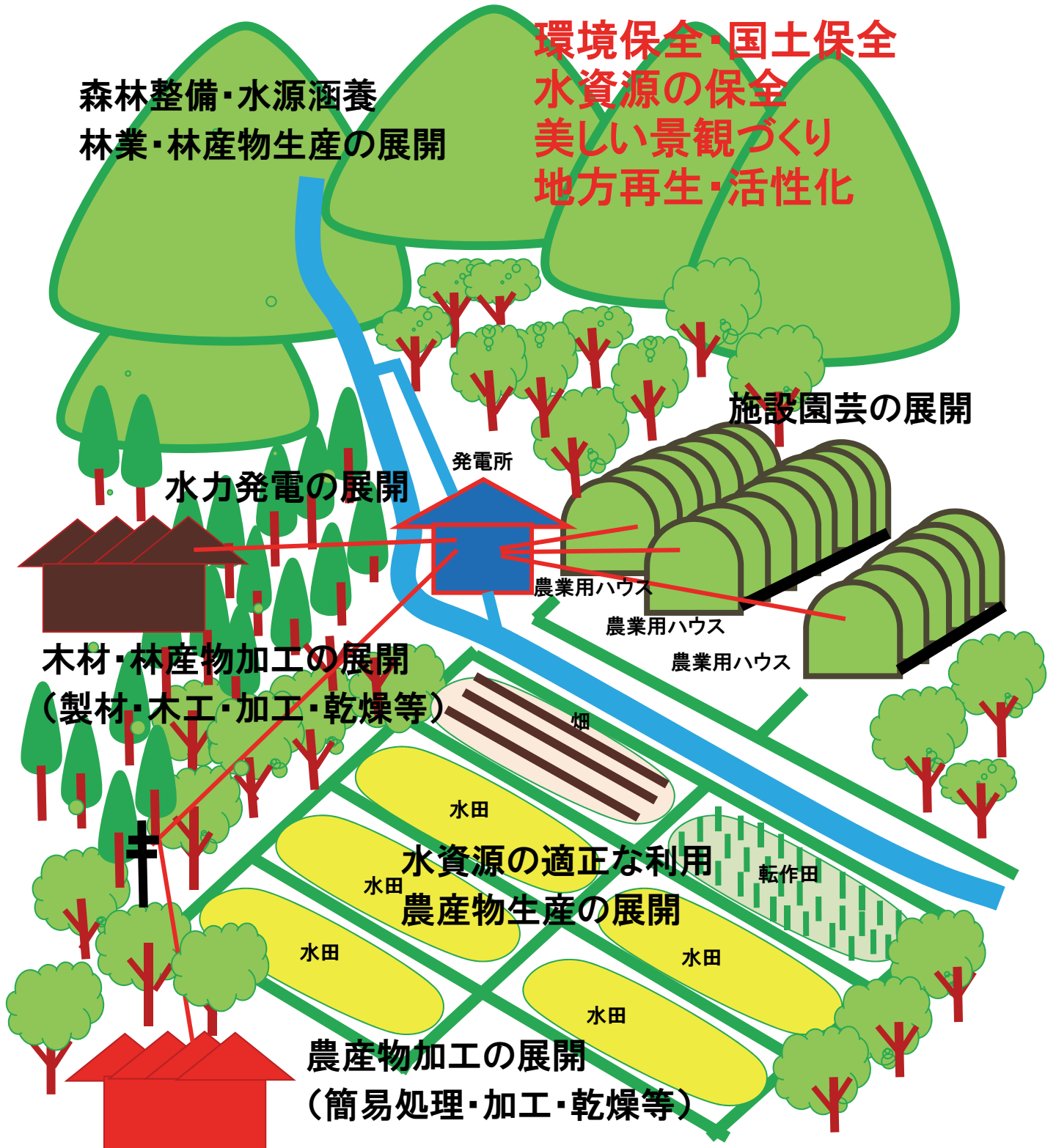
11 マスコミの報道・新聞掲載

※ NHK 総合テレビ

平成28年3月28日（月）夕方6時10分ごろの県内版ニュースで放映された。

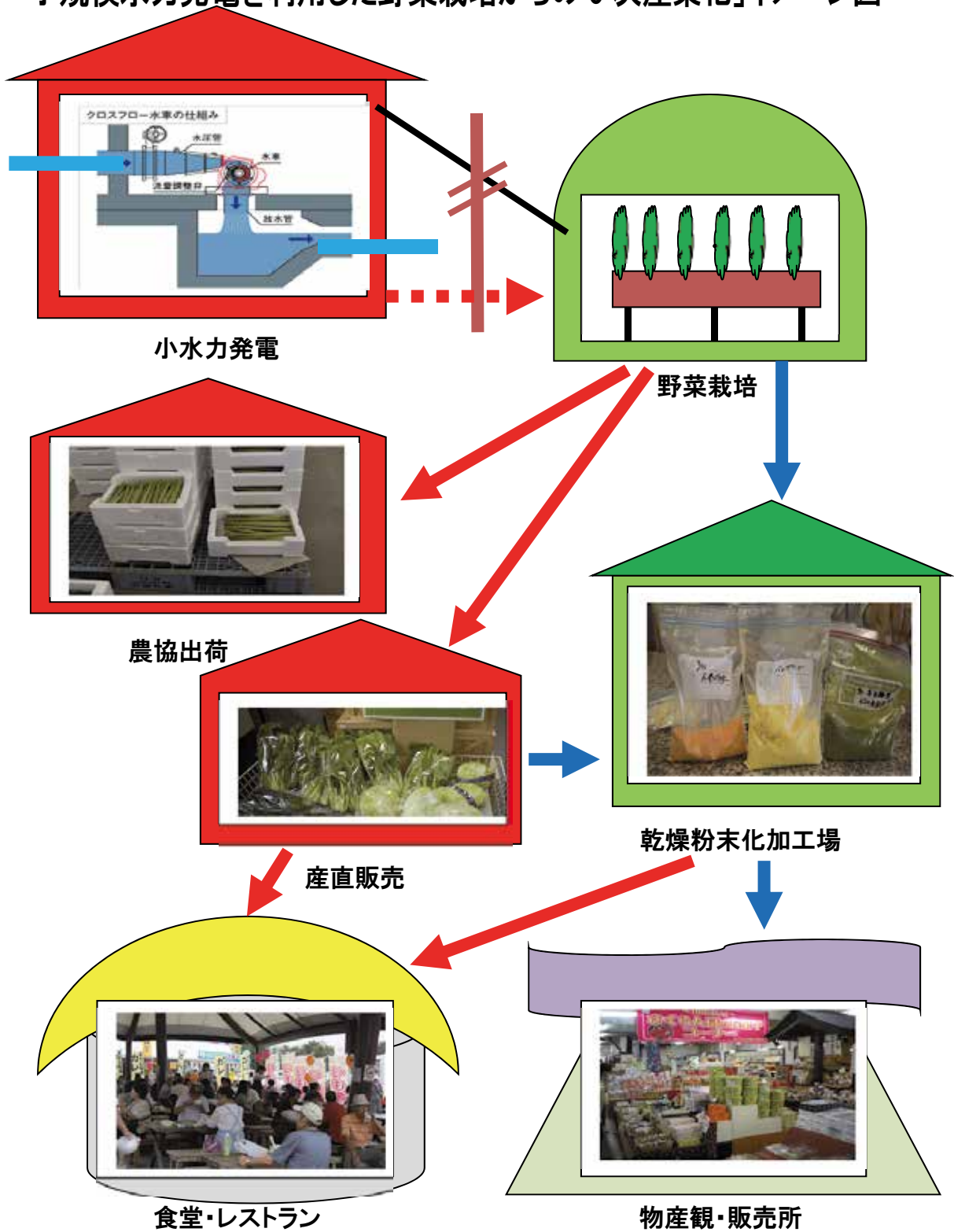
(別紙 1)

「小規模水力発電実施」イメージ図



(別紙 2)

「小規模水力発電を利用した野菜栽培からの6次産業化」イメージ図



※ その他に、産業構造研究部門に掲載されている次の研究は、本プロジェクト研究でもある。

「温泉熱発電技術開発」(工学部・松田圭悟)

平成 27 年度東北創生研究所年次報告書

平成 28 年 9 月

編集・発行 山形大学東北創生研究所

〒999-3101

山形県上山市金瓶字湯尻 19-5

印刷 坂部印刷株式会社

〒990-0071

山形県山形市流通センター1丁目 5-3
