

スプラウトの教材化と授業実践

—植物の光屈性を中心に—

松永千広 久留戸涼子

概要：これまでに、「栽培が容易で，光への反応が良く，身近な存在である」という条件に合った植物として，カイワレスプラウトを選択し，光屈性の良い実験モデルとなることを報告した。本研究では，このスプラウトを用いて，高校生だけでなく，小・中学生でも植物の光屈性という現象に興味・関心を持ち，視覚的・感覚的にもこの現象に触れることのできる教材作成を目指した。その結果，「屈曲する様子を観察する」「光色と屈曲の関係を調べる」「屈曲する仕組みを考える」という実験・観察を行うこととし，屈曲の様子を記録した動画，児童・生徒が一人でも栽培・観察を行うことができる観察キット，屈曲部分の細胞を観察するための方法や器具等を開発した。さらに，作成した教材の有効性を検証するため，静岡市立北沼上小学校と常葉学園大学（現常葉大学）教育学部附属橘小学校の6年生の授業でこれを用い，児童の様子，授業アンケートによって，教材の有効性，問題点・改善点等を考察した。

キーワード：カイワレスプラウト，光屈性，屈曲，教材作成，授業実践

Application of Vegetable Sprouts as Teaching Materials for Science Classes

1. はじめに

小学校，中学校，高等学校では，生物分野の学習の中で，植物に関して様々なことを扱っている。身近な植物と言うと，毎日食している野菜もそうであるが，食べる部分だけを取り出しているものが多い。しかし，野菜の中でも，新芽であるスプラウトは，種子の殻や根もあり，小さいながら植物個体全体が存在しており，植物体としての応答を見ることが可能であると考えられた。

筆者らは既に，植物の屈性実験について，スプラウトを活用した実験を報告した（1）。静岡市清水区梅ヶ谷の有限会社田島農園から分与された，5種類のスプラウトの種子，ブロッコリー（学名 *Brassica oleracea* var. *italica*），赤カブ（むらさき姫）（*Raphanus sativus* var. *Radicula*），レッドキャベツ（*Brassica oleracea* var. *capitata*），マスタード（*Brassica hirta*），カイワレ（*Raphanus sativus* L.）を用いて比較したところ，カイ

ワレスプラウトが、成長量が最も大きく、光に対してある程度の反応を示したため、これを材料として光屈性を検証した。高等学校の生物の教科書に記載されている植物の光屈性実験を、カイワレスプラウトで実際に行い、「光に向かって屈曲する様子の観察」「屈曲が起こる仕組みの観察」「光色と屈曲の関係」「光の感知場所の特定」等の実験を確認することができた（1 - 3）。

これらを小・中学校の授業の教材として、どのように活用できるかを考え、実際に授業で用いて、その効果、有効性等を検証することにした。

2. 小・中学校におけるスプラウトの教材化

2-1. 目的

小・中学校においては、単元の発展として光屈性に触れ、その単元における子どもの植物への興味・関心をさらに引き出し、生命を身近に感じて大切にすることを育てることが重要となる。本研究では、カイワレスプラウトを用いて、光屈性を観察するための教材作成を目指した。

2-2. 実験方法

授業を想定し、「光屈性と出会い、興味関心を引き出す教材」「光屈性に疑問を持ち、自主的に追究していくことができる実験」「短時間で光屈性に関わることのできる実験」という3つのテーマに分け、それぞれにおいて目的に合ったカイワレスプラウトの教材作成を行った。

2-3. 結果と考察

2-3-1. 光屈性と出会い、興味関心を引き出す教材

子どもたちは、光屈性という現象に初めて出会う、または、出会ったことはあっても意識したことはない者がほとんどであると考えられた。そこでまず、この現象はどんなものなのか、観察を通して知ることから始めることにした。

観察については、2-3-2 で述べる観察キットを用いる方法も考えられたが、この部分は授業の初めに実施することを考えると、あまり時間をかけて行うことは避けたいと考えた。そこで、予め30分ごとに撮影した写真をつなぎ合わせて、12時間の変化の様子を40秒で見ることができる動画を作成した。授業では、この動画を使用することで光屈性を観察し、植物が動くという事実を伝えようと考えた。

2-3-2. 光屈性に疑問を持ち、主体的に追究していくことができる実験

ここでは光屈性に関して、その現象が引き起こされるしくみについて扱うことにした。「植物は青色の光に対して反応しており、先端にある光受容タンパク質で光を感じ取っている。そして、オーキシンという物質が分泌されて、光の当たらない側の細胞が成長して大きくなることによって屈曲する。」ということを伝える

のだが、小・中学生にとってこの内容は難しいと考えた。そこで、「何色の光に反応しているか」「光をどこで感じているか」等クイズ形式で問題提示を行い、実際の観察を通して、自分たちの力で答えを追究し、理解出来るようにしようと考えた。そのために、暗所や一方向からの光の照射といった環境を再現でき、栽培から観察までを一つの場所で行うことができる観察・栽培キットを作成した(図1)。

(観察・栽培キットの使用法)

透明パック内に、吸水させたスポンジを入れる。そこへ、24時間水に浸したカイワレスプラウトの種子を、片側の壁沿いに一列に並べて置き、黒塗りの蓋をする。これで水分の蒸発を防ぎ、水を追加して与えなくても発芽、成長させることが可能となる。また、穴をあけて黒塗りの

パックを用意し、穴を黒いビニールテープでふさぐ。これを種を蒔いた透明パックに重ね、暗所栽培する。スプラウトが4日ほどで適した長さに育つので、テープをはがして、光を照射する。これで、一方向からの光の照射が実現でき、栽培から観察までを一つの場所で行うことができると考えた(図1)。光屈性を観察する際には、約2時間おきに黒いパックから透明パックを外し、透明なパックの側面に、スプラウトの傾きを横からなぞって記し、観察時刻も記入する(図2)。これにより、茎が曲がっていく様子を正確に、かつ速く簡単に記録することができ、結果が一つにまとまっているため、比較しやすく、考察しやすくなる。

また、使用の際にスムーズに準備ができるように、視覚支援として準備方法の動画を作成した。さらに、キット自体の作り方についても、動画として子どもたちに見せることで、身の回りのものを使って簡単に作成できるということを伝え、自分たちでも作ってみようという自発的な活動のきっかけ作りになるのではないかと考えた。また、観察キットにカラーセロファンを挟むことで、「光色と屈曲の関係」の実験も可能となった。

2-3-3. 短時間で光屈性に関わることのできる実験

光屈性の諸現象はどうしても時間がかかってしまい、一枚時分の時間の中で実

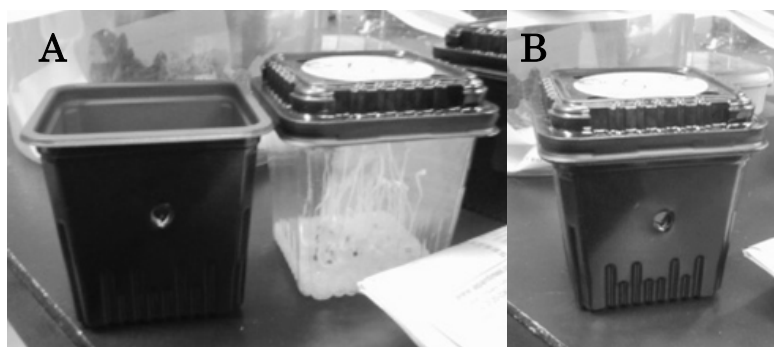


図1 栽培・観察キット

- A. 黒塗りパックを外したところ
- B. 黒塗りパックを重ねたところ

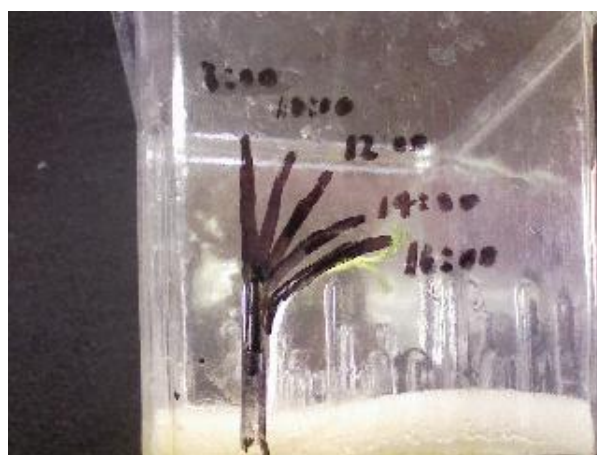


図2 観察キットの使用例

験や観察をするのは難しい。そこで、授業において短時間でも実施できる実験・観察として、屈曲部分の細胞の観察を通して光屈性が起こる仕組みを考える活動が適していると考えた。その際、切片の作製が難しいため、試料作製用カッターを作製した（図3）。



図3 作製した試料作製用カッター

（試料作製用カッターの作製）

- 1) 両刃のカミソリの刃を、刃と平行な向きで半分に切断し、片刃のカミソリの刃を二つ作製する。
- 2) 二つの刃の一方を取り、刃の両端に、1cm四方に切った厚紙をボンドで固定する。
- 3) もう一つの刃を重ね、ボンドで固定する。（刃と刃の間に隙間があることを確認する。）

ここで作製した道具は刃が片方にしかないので、指で押さえても危険はない。また、刃と刃の間に隙間があり、上部がつながっていないため、茎の中心に合わせて切るだけで簡単に切片を作製できるようになった。使用する際の注意として、あまり力を加えると刃が曲がってしまい、隙間の間隔が変わってしまうので、厚さが均一な試料をつくるためには、無理な力を加えないようにする必要がある。

しかし、時間的な問題や、児童の発達段階に応じた課題設定を考慮した結果、予め切片を作製し、固定液に浸けておき、それを当日配布して、各自でプレパラートを作製することとした。また、半永久プレパラートを予め作製しておき、プレパラートが上手く作れない子供に対応できるようにした（図4）（4, 5）。



図4 作製した半永久プレパラート

3. 授業実践での教材の有効性の検証

3-1. 目的

2.において、3つのテーマに合った実験として、「屈曲する様子を観察する」「光色と屈曲の関係を調べる」「屈曲する仕組みを考える」という実験教材を考案した。これらが、小学校の単元内でどのように生きてくるのか、本当に児童の興味・関心を引くことはできるのかを、実際の授業実践を通して調査することにした。

3-2. 方法

静岡市立北沼上小学校と常葉学園大学（現常葉大学）教育学部附属橘小学校の6年生の「生物と環境」単元において、開発した教材を用いて授業を実施した（表1）。授業の際には、作成したppt及びワークシートを使用し、以下に基づいて行った。

- (1) 各学校において小学校用教材を使用した授業を行い、児童の様子や反応を確

認した。

(2) 授業後にアンケートを実施し、児童・教員の評価を調査した(表2-5)。各項目について5段階で評価をつける形式とし、その他感じたことを記入する自由回答欄を設けた。なお、北沼上小学校の調査では、児童の本当の思いがよく分からず、自由回答欄についても何を書くのか分かりにくいことが分かったので、橘小学校では、児童用アンケートを改良した。各項目について、文章で表現することで、本当に理解しているのか、どんなことを感じたのか、ありのままの姿を知ることができる考えた。

(3) (1), (2)を経て、作成した教材の有効性や、改善点について考察した。

表1 実施した授業内容

<p>テーマ『植物の生きる工夫～光屈性～』</p>
<p>テーマ設定の理由</p> <p>小学6学年「生き物と環境」単元において、“植物は葉の表面で光を受け水と二酸化炭素を材料に糖を作っている。これを光合成と言ひ、植物が生きていくにはなくてはならない作用である”ということを学んだ。しかし、動物のように動き回ることができない植物は、何かの影響で日が陰ってしまったりした場合には光合成ができずに枯れていくしかないのかと聞いた時、疑問に思う子もいるのではないだろうか。そこで「植物の光屈性」という現象を紹介し実際に様子を観察することを通してその現象に触れ、この単元における子どもの興味・関心をさらに引き出すことができるのではないか。</p> <p>また、ほとんどすべての人が植物には動くことのできないというイメージがあるだろう。しかし、植物もこのような形で動くことができるということによって、驚きを感じて好奇心を刺激することができると思われる。単元だけでなく、植物に対しても興味・関心を持ち、植物も独自にすばらしい進化しているという感動や、生命を身近に感じ大切にすることを育てることに役立つのではないかと考え、植物の光屈性の教材化を目指した。</p>
<p>授業の流れ(全60分構成)</p>
<p>目標：植物には光屈性という生きる工夫があることが分かる。(知識・理解)</p> <p>顕微鏡や観察キットを適切に使用して結果を追求することができる。(技能)</p> <p>【植物が動く】(10分)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>実験の意図</u>：植物が光のあたる方向へ向かって屈曲する「光屈性」という現象に触れ、植物なのに動くことができる不思議さ、こんな生きる工夫があるんだということを感じる。 ・ <u>実験器具</u>：ppt資料、映像教材(屈性の様子) ・ <u>実験の流れ</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. 植物にとって光合成が必要な理由を復習する。 2. 光のほうへ向かって曲がるという生きる工夫があることを話す。 3. 光屈性の様子を映像で観察する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>解説</u> <p>植物は光と二酸化炭素、水がなければ栄養をつくることができない。しかし、</p>

もし日が当たらなくなってしまうと植物は枯れてしまうのだろうか。実際そうはならず、植物の生きる工夫として、光の差す方向へ向かって茎を曲げてそちらのほうへ向きを変える「光屈性」という性質がある。ここではこの現象を映像によって紹介し、植物にはこのような生きる工夫があること、植物なのに動くことができる驚き等を感じてもらおうことを目的としている。

【植物はどうやって動いているんだろう】(30分)

・実験の意図：植物の体のつくりを観察し、筋肉等がない植物がどうやって動いているのか調べる。

・実験器具：顕微鏡，カイワレダイコン（予めスライスし，固定しておく），ワークシート，スライドガラス，カバーガラス，ピンセット，試験管

・実験の流れ

1. 植物はどうやって動いているのか予想する。
2. 状況によっては顕微鏡の使い方を確認する。
3. 植物の体はどうなっているのか観察する。（絵と文で記録）
4. どうやって曲がるのか，観察結果を基に話し合う。
5. 細胞の大きさの違いで曲がることを解説する。

・解説

動物は神経に刺激が伝わり筋肉等によって体を動かしている。しかし、脳や筋肉のない植物はどうやって動く（曲がる）ことができるのだろうか。

先端部分で光を感知した植物は、植物ホルモン（オーキシン）を、光の当たっている側と反対側に分泌する。すると、ホルモンの働きによって非受光部の細胞一つ一つが成長して大きくなり、受光部と非受光部で細胞の大きさに差ができる。細胞同士はくっついているため、片側のみが長くなることはできず、短い方に引かれて非受光部が曲がり、屈性が現れる。

ここではカイワレダイコンの茎を薄く切り顕微鏡で観察する。それによって、植物は四角い部屋（細胞）が集まってできており筋肉のようなものがないこと、細胞の大きさが違うことで曲がることを感じ、動物とは違った動く方法を進化させてきたことへの興味を持たせる。

【植物の好きな色を見つけよう】(20分)

・実験の意図：植物には反応する光に好き嫌いがあることを、実際の観察を通して調べる。

・実験器具：観察キット（黒く塗ったパック，透明パック，スポンジ，ビニールテープ），カイワレダイコンの種子，カラーセロファン（赤，黄，青）

・実験の流れ

1. 太陽の光はいろんな色の光が混ざっていることを示す。
2. 光屈性には特定の色だけが必要である（好き嫌いがある）ことを話す。
3. 赤・青・黄のどの色なのか自分なりに予想する。
4. 観察キットを配り，セットする。
5. 自分の決めた色で実際に観察する。

・解説

植物は青色の光に対して屈性を示す性質がある。ここでは太陽の光には様々な色の成分が含まれていることを示した上で、赤・青・黄の光だけを当てたときにどれに反応するか（植物はどの色の光が好きなのか）を考え、その性質を発見する活動を行う。

ただ説明するだけではつまらないので観察キットを配り、植物がどの色に反応する性質があるのか実際の観察を通して調べる活動をする。観察において、水をやる必要はないが、発芽に一日、育つのに三日、カラーフィルムを挟んで屈性が表れるまで一日、と時間がかかる。この時間内では観察キットのセットだけ行い、観察する活動は教室の後ろに置いてその後時間をかけて行う。比較用にカラーフィルムを挟まないものを置く。

今回は自分の選んだ色一つのみについて観察するが、他の色でもやってみたい等の意見もあると思う。そこで、各自で好きな色を決めたら色の違う他の友達のものとは比べながら答えを考える。友達と協力することや、たくさんの結果から推論することも教えていきたい。

3-3. 授業実践の結果と考察

3-3-1. 北沼上小学校での授業実践

日時：平成 22 年 9 月 22 日（水）第 4, 5 校時

場所：理科室

対象児童：静岡市立北沼上小学校 6 年生 9 名（男子 4 名 女子 5 名）

アンケート回答：児童 9 名中 8 名，教員 1 名

表 2 北沼上小での児童用アンケート結果

評価項目	評価	5	4	3	2	1
1) 光屈性について勉強して楽しかったですか。		8	0	0	0	0
2) 自分でも実験をしてみたいと思いましたか。		8	0	0	0	0
3) 観察キットは使いやすかったですか。		8	0	0	0	0
4) 植物が動く理由や仕組みが分かった。		8	0	0	0	0

自由回答欄への回答	同意見の人数
・カイワレダイコンの中を初めて観察して、おもしろかった。	6 名
・画像や動画があって、何をすればいいかわかりやすかった。	4 名
・自分でも観察してみたい。	3 名
・自分たちで実験をして答を見つけられるので楽しい。	2 名
・植物の体の中にある四角（細胞）が、大きくなって曲がるのが分かった。	2 名

表 3 北沼上小での教員用アンケート結果

評価項目	評価
1) 児童が興味・関心を高める要素を含んでいる。	5
2) 児童が自分の考えを書いたり、話したくなる。	5

3) 理科についての知識・理解を高める要素を内包している。	5
4) 理科についての実験・観察の技能を高める要素を内包している。	4
5) 理科の教材として有効である。	5
6) 単元とのつながりは適切である。	5
7) 児童が取り組みやすい教材である。	5
自由回答欄への回答	
・ 児童の疑問や驚きをうまく活かしていた。	
・ 視覚支援があり，わかりやすかった。	
・ 身近な教材であるため，生活に生きてくることを期待する。	
・ 授業のリズムが良かった。	
・ 子どもたちが受け身であったように思われる。	
・ 実験・観察の技能を高めるには，どこまで教員が準備をするのか，どう実験へと入っていくのか等の工夫が必要だと感じた。	

3-3-2. 橘小学校での授業実践

日時：平成 22 年 11 月 9 日（火）第 3，4 校時

場所：理科室

対象児童：附属橘小学校 6 年 1 組 20 名（男子 7 名 女子 13 名）

アンケート回答：児童 20 名中 19 名，教員 2 名

表 4 橘小での児童用アンケート結果

1) 光屈性という現象に触れて（授業を受けて）どのようなことを感じましたか。
<ul style="list-style-type: none"> ・ 植物が動くことを知ってビックリした。 ・ 植物は不思議ですごいものだったと改めて気づいた。 ・ 家でも観察してみたいと思った。 ・ 難しそうだったけど，楽しくて簡単だった。 ・ 植物が曲がることは知っていたけど，光屈性っていうことは初めて知った。 ・ 植物の体の中を見ることができて，ビックリした。
2) 観察キットや画像については，どんなことを感じましたか。
<p>[観察キット]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ とても簡単で，使いやすかった。 ・ 身近なものでこんな実験ができることが分かった。 ・ リサイクルしていてよいとおもった。 ・ 家でもやってみたいと思った。 ・ 早く結果が見たい。 <p>[画像]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実際にやりながら字と絵で説明していて，わかりやすかった。 ・ やり方がよく分かって，早く準備をすることができた。
3) 植物はなんのために動くのですか。また，どうやって動いているのですか。
【理由】 正解例：光に当たるため。光合成をするため。栄養を作るため。等

正答率 89.5% (19名中17名が上記のような回答を記入。)
【どうやって動いているの?】正解例: 光の当たっていない方の四角(細胞)が成長して大きくなって曲がる。等
正答率 73.7% (19名中14名が上記のような回答を記入。)
4) 今回の授業の満足度
平均 4.71 (5:13名 4:3名 4.5:2名 3.5:1名 計19名)

表5 橘小での教員用アンケート結果

評価項目	評価	5	4	3	2	1
1) 児童が興味・関心を高める要素を含んでいる。		1	1	0	0	0
2) 児童が自分の考えを書いたり、話したくなる。		1	0	1	0	0
3) 理科についての知識・理解を高める要素を内包している。		1	1	0	0	0
4) 理科についての実験・観察の技能を高める要素を内包している。		0	2	0	0	0
5) 理科の教材として有効である。		1	1	0	0	0
6) 単元とのつながりは適切である。		0	2	0	0	0
7) 児童が取り組みやすい教材である。		0	1	1	0	0
自由回答欄への回答						
・教材教具は非常に魅力的である。						
・内容的にも発展的な内容であり、ほとんどの子どもが興味を持って取り組んでいた。						
・教材教具の扱いがやや難しい様感じた。						
・内容の難易度は低くない。授業者はその点を意識する必要があると感じた。						

3-3-3. 考察

アンケート調査の結果や実際の児童の授業での様子も併せて、以下の3点について考察した。

(1) 光屈性という現象について

児童の様子を見ると、「植物は動くことができる」ということを伝えた直後に、良い反応を示していた。また、ほとんどの児童が、光屈性を学んで楽しいと感じていたことも分かった。加えて、教員用アンケートの1)においても高評価を得る事ができた。これらの結果から、光屈性という現象は、児童の興味や意欲的な活動を導くことができ、単元内容との関連も無理がないため、小学校においてこの現象を扱うことは十分可能だと考えられた。

(2) 作成した視聴覚教材について

アンケート結果を見ると、動画や画像があって分かりやすかったとあった。観察キットの準備をスムーズに行う事ができ、60分間集中できたことを考えると、確かに効果はあったようだ。教員用アンケートにも視覚支援について記載があり、教員の目から見ても今回作成した視聴覚教材は効果的だったようで、有効性が十

分に認められた。

(3) 実施した実験について

操作としては決して簡単ではなく、特に光色と屈曲の関係の実験では失敗した児童が多かった。そこから、観察キットは移動の際に種が動いて位置がずれてしまったり、成長しすぎて自身の重みで屈曲してしまったりするという問題点があると分かった。他にも実験方法等に改善の余地があると考えられる部分が多いと感じたが、それでも誰一人嫌になる事なく活動できており、大部分の児童が実験は楽しかったと言っていた。また、観察によって多くの児童が屈曲の仕組みを理解する事ができ、プレパラート作製や顕微鏡の使用等、実験・観察の技能を高める効果もあった。従って、この実験は児童の興味・関心を引くだけでなく、様々な面で有効であると考えた。

4. おわりに

本研究を通して、スプラウトを用いて光屈性という現象について、小・中学校における教材としての可能性を追求することができた。実際に 2 校の小学校で、授業を行い、小学生であっても光屈性という現象を楽しむことができ、難しい内容もしっかりと理解することができるということが分かった。この様な手応えを感じられたことは大きな成果である。更に検討しなければならない課題は多く残っているが、それらを一つずつ解決していきたい。そして、光屈性の現象に限らず、理科の楽しさや良さを一人でも多くの子供たちに伝えていくことが大切だと感じた。

参考文献

1. Kuruto, R., Matsunaga, C., Kumakiri, A. : Application of vegetable sprouts in the observation of plant tropism. *Tokoha Gakuen University Research Review (Faculty of Education)*, 32, 21-39, 2012.
2. 文部科学省, 高等学校学習指導要領解説理科編理数編, 初版, 実教出版株式会社, 89-90, 2009.
3. 田中隆莊他, 高等学校生物 I, 第一学習社, 214-242, 2005.
4. 井上勤監修, 新盤 顕微鏡観察シリーズ 1 顕微鏡観察の基本, 地人書館, 1998
5. 井上勤監修, 新盤 顕微鏡観察シリーズ 2 植物の顕微鏡観察, 地人書館, 1998

謝辞

本研究を行うにあたり、静岡市清水区梅ヶ谷の有限会社田島農園、田島智晴様には、スプラウトの種子、容器等の分与並びに栽培法をご教授いただきました。また、授業やアンケート調査においては、静岡市立北沼上小学校の佐藤俊子先生（現在静岡市立富士見小学校勤務）ならびに常葉学園大学（現常葉大学）教育学部附属橘小学校の林卓己先生、両小学校の子どもたちにご協力いただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。