

地学教育

第62巻 第1号(通巻 第318号)

2009年1月

目 次

原著論文

砂場遊びと泥だんご作りに見られる5歳児の科学的萌芽……………加藤尚裕…(1~8)

教育実践論文

学部教育のための電波天文学実習用教材の開発

—アンモニア分子輝線を題材として—

……………瀧崎智佳・久野成夫・樋口あや・梅本智文・高野秀路・澤田剛士…(9~20)

資 料

中学生に対する水防災学習プログラムの開発と実践

—2005年台風14号で被災した山口県美川町を事例として—

……………白水隆之・山本晴彦・高山 成・岩谷 潔…(21~32)

お知らせ(33)

学会記事(34)

日本地学教育学会

263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学教育学部理科教育教室内

平成 21 年度全国地学教育研究大会 第一次案内
日本地学教育学会第 63 回全国大会

全国大会実行委員長代行（三重大学） 荻原 彰

大会テーマ：地学教育と新学習指導要領

主 催：日本地学教育学会

共催(予定)：三重県小学校理科教育振興会，三重県中学校理科教育研究会，三重県高等学校理科教育研究会理科部会，三重大学

後援(予定)：文部科学省，三重県教育委員会，津市教育委員会，全国連合小学校長会，全日本中学校長会，全国高等学校長会，日本教育研究連合会，日本理科教育学会，名古屋地学会

期 日：8月22日(土)～25日(火)

8月22日(土)

午前 開会行事，学会賞・学術奨励賞授賞式，シンポジウム

午後 ジュニア・セッション，記念講演，ポスターセッション

夕方 懇親会

8月23日(日)

午前 研究発表

午後 研究発表，閉会行事

8月24日(月)～25日(火)：野外見学会

Aコース：三重県の中央構造線（1泊2日）

Bコース：伊勢・志摩の地質（1泊2日）

Cコース：尾鷲・熊野地域の地質（23, 24日の1泊2日）

大会参加要項

1. 各種申込み期限

参加申込み期限 当日まで可

巡検・懇親会申込み 7月1日まで ただし定員に達した場合は受付を終了する

発表申込み期限 6月1日

発表予稿集期限 7月1日

予稿集のみの申込み（郵送）の期限 7月1日

申込み方法 上記申込みはすべて大会 HP（準備

中）から申し込む。

2. 大会参加費，懇親会費，巡検参加費

大会参加費 4,000円，ただし7月2日以降は4,500円大学生・院生（現職教員を除く）は2,500円，ただしただし7月2日以降は3,000円

ジュニア・セッションで発表する生徒及び引率教員については無料

懇親会費 4,000円

巡検参加費 後日連絡

予稿集 1,500円＋郵送料

振り込み口座番号 準備中

研究発表募集要項

1. 発表形式 口頭及びポスターセッション 分科会は小学校・中学校分科会と高等学校・大学分科会の2会場を予定していますが，申込みの状況によっては変更することもあります。

2. 発表時間 口頭発表の場合は質疑を含め20分（発表15分，質疑5分），ポスター発表の場合はコアタイム1時間を予定

3. 使用機器 プロジェクター，パソコン，パソコンはできるだけ御自分で御用意下さい。大会事務局から提供するパソコンはパワーポイント2003のみ使用できます。

4. 原稿の形式と送付方法

大会 HP に掲載する書式に従い，大会 HP（準備中）上から投稿してください

大会事務局

〒514-8507 津市栗真町屋町1577 三重大学教育学部

事務局長 荻原 彰

Tel. 059-231-9325

メールアドレス ogi@edu.mie-u.ac.jp

HP アドレス <http://www.jsese09.edu.mie-u.ac.jp> 3月中旬以降に開設

砂場遊びと泥だんご作りに見られる5歳児の科学的萌芽

Incipient Scientific Thinking in Five-year-old Children Playing with Mud and Sand

加藤 尚裕*

Takahiro KATO

Abstract: Incipient development of scientific thinking in five-year-old children playing with mud and sand was analyzed, based on the children's conversations and soliloquies. Play with mud was found to be useful for developing the child's initial appreciation for science, as exemplified in the many "fundamental scientific utterances" and "temporary expression utterances" that the children employed. As well, the play with sand was found to be of great value in developing the children's social skills, because the children formed co-operative play relationships, based on human ones.

Key words: awakening scientific cognition, sandbox play, mud ball play, early education, preschool content (surrounding)

1. はじめに

子どもの遊びでよく見られる砂場遊びは、「通常、構不成ないし表現活動の一種としてとらえられていることが多い。砂という素材のもつ性質上、子どもが自分の好む形を比較的自由に作りあげることができるからだ」(Constance and Rheta, 1977)と言われたり、子どもの砂場遊びでは、何でもみんなで分け合うこと、散らかしたら自分で片付けをすることなど、人生に必要な知恵を学んだりすることができる遊びである(Robert, 1988)と言われたりする。

一方、子どもの泥だんご作りも、「現在の子どものもっている能力と、目の前に見える活動が要求している技能との間に適切なギャップがあるとき、子どもは自主的にそのギャップを埋めるための活動を展開してやがてその活動をこなしていく」という発達の欲求を満たす活動であると言われている(汐見, 2001)。このように、幼稚園や保育園で子どもたちが行っている砂場遊びや泥だんご作りの活動は、多様な教育的価値をもっているといえるだろう。

ところで、これらの活動は、理科教育にとってどのような意味があるのだろうか。砂や泥は地球表層部の代表的な構成物である。そのため、砂場遊びや泥だんご作りを通して、子どもたちはそれらの感触に触れることになる。秦(2002)は、土についての認識調査から、小学校での土学習で、五感をフルに使って意欲的に学習している子どもは、幼年期に豊かな土体験を経ているとし、幼児期の自然体験が重要な意味をもっていることを指摘している。また、幼稚園教育要領解説(文部省, 1999a)では、子どもたちが自然を感じ取ることができる体験は、子どもたちの科学的な見方や考え方の基礎を培うことができると述べている。このように、砂場遊びや泥だんご作りは、理科教育にとっても意味のある活動であると考えられる。しかし、その根拠となる研究は、筆者の知る限りでは十分に行われているとはいえない。

そこで、本研究では、特に幼児期の砂場遊びと泥だんご作りについて、子どもたちの科学的な見方や考え方の基礎を形成する活動としての価値を検討する。ここでは、「不思議だ」「なぜ」「どうして」などの疑問が

生じたり、自分であれこれ実際に試したり確かめたりして「なるほど、このことはこうなっているのか」「こうだったのか」と考たりするような科学的な見方や考え方（瀧川，2006）につながる芽生え（以下，科学的萌芽と記す）の育成という視点から検討する。

科学的萌芽に関するこれまでの研究では、湊・山田（1998）が生活科における自然遊びを取り上げ、その体験活動から得られる知的な気づきは自然認識の基礎を形成することを指摘している。また、池田・戸北（2004）は生活科における自然教材に触れる活動の中で見られる科学的萌芽の形成に関して、子どもたちの「知的な気づき」は科学的概念の基礎を形成していることを指摘している。これらの研究はいずれも小学校低学年児を対象とした研究であり、幼児を対象とした科学的萌芽の研究はほとんど行われていない。

2. 調査対象および時期

(1) 調査時期

平成 19 年 6 月～7 月

(2) 調査対象

埼玉県ふじみ野市内の私立幼稚園の 5 歳児を対象とした。

ア. 砂場遊び

砂場での自由遊びに参加した子どもは 20 名である。この子どもたちは、これまでも日常保育の中で砂場での遊びを経験している。

実際の砂場での子どもたちの遊びは、例えば、高い山を作りたい、トンネルをうまく掘りたい、固い砂だんごを作りたい等、自分の思いや願いを叶えるために一生懸命活動をしている姿が見られた。なお、安全を

配慮して 2 名のクラス担任がついた。活動時間は、およそ 40 分程度である。

イ. 泥だんご作り

泥だんご作りに参加した子どもは、85 名である。活動時間はおよそ 30 分程度である。クラス担任 3 名がついた。

実際の泥だんご作りでは、子どもたちは荒木田土と砂を混ぜて、それに水を加えながら練る。水加減は、土に水が全部行き渡る程度だが、子どもによっては水が多すぎたり、少なすぎたりしている様子も見られた。一人ひとりが土を手に取り丸めたり、手で握り締めながら、泥だんごの芯を作ったり、両手のなかで転がしながら丸くしたり、乾いた荒木田土を振りかけ、表面に載った土を払い落としながら、表面を球形にしていったりする様子が見られた。

3. 研究の方法

子どもの科学的萌芽を検討するためには、自然な状態で活動する子どもの言語表現に着目し、子どもの気づきなどを分析していく方法がよいと考えられている（池田・戸北，2004）。そこで、本研究での砂場遊びと泥だんご作りにおける科学的萌芽を検討するに当たっては、池田・戸北（2004）の分析方法を参考にすることにした。

砂場遊びでは、子どもに IC レコーダーを装着させて、砂場での活動の中で見られるつぶやきや会話を録音した。数名で一緒に遊んでいる子どもの中の 1 名に IC レコーダーを装着させた。全部で 10 グループ分の子どもたちのつぶやきや会話をサンプリングした。

サンプリングをしたつぶやきや会話から分析の対象

表 1 遊びの中に見られるつぶやきや会話カテゴリ

主カテゴリ	下位カテゴリ
科学の基礎的発言	問題点の確認、経験、試行錯誤・試し、根拠ある発言・発見、特徴づけ・たとえ、予想・アイディア
一時的な表現の発言	感覚、呼びかけ、返答、独語的説明、独語的提案、事実の確認、知識の披瀝
共感的な発言	助ける・教える、ほめる・認める、心配する・なぐさめる、相手のいる提案・呼びかけ、友達に許可を求める、友達に質問、友達への返事・回答
利己的な発言	自分勝手、わりこみ、他人の否定、保身的発言、あきらめ、根拠のない主張、けんか、攻撃、命令、ふざげ・悪のり、そのほか支配的な言葉
教師依存発言	許可要求、指示要求、代行要求、その他教師の発言を根拠にする等

※池田・戸北（2004）を一部加筆修正した

としたものは、活動の始めの教師の説明と終わりの片付けの場面を除いた時間、すなわち、子どもたちが自由に砂場遊びをしている場面での会話時間、31分間であった。

泥だんご作りでは、子どものつぶやきや会話のサンプリング方法は、砂場遊びの場合と同じ方法で行った。つぶやきや会話がほとんど録音されていなかったり、再生段階で会話記録が聞き取れなかったりしたものを除いた8グループ分の子どもたちのつぶやきや会話をサンプリングした。

サンプリングをしたつぶやきや会話から分析の対象としたものは、活動の始めの教師の説明、準備と終わりの片付けの場面を除いた時間、すなわち、子どもたちは泥だんご作りを行っている場面での会話時間、15分間である。

分析の手続きは、サンプリングをしたつぶやきや会話のプロトコルを作成し、子どもの発言一つひとつについて、表1に示されているように、自然事象にかかわる内容で、経験を基にした言葉、根拠のある発言・発見に関する言葉や自然事象の特徴づけ・たとえに関する言葉などの発言は、「科学的基礎的発言」に整理した。また、つぶやき・ひとりごとなどの独語の説明や提案、事象の確認や事象を感覚的にとらえた言葉などの発言は、「一時的な表現の発言」に整理した。自然事物にかかわる気づきではなく、友達に対しての思いやりや相手への呼びかけなどの言葉は、「共感的な発言」に整理した。また、自己主張をしたり、相手を押さえ込もうとしたりする言葉などの発言は、「利己的な発言」に整理した。さらに、教師への直接的な依存や要求などの言葉は、「教師依存発言」に整理した。そして、こうした分析結果を基にして科学的萌芽の育成につながる言語表現について検討を行った。

なお、プロトコルを基にした発言内容の整理は、筆者を含む二人で行った。一致しなかった内容は、二人で協議をして判断した。

4. 砂場遊びと泥だんご作りに見られる子どものつぶやきや会話について

(1) 自然事象に関する主なつぶやきや会話

ア. 砂場遊び

まず、「科学的基礎的発言」として整理できるつぶやきや会話には、例えば、砂山を作ってトンネルを掘っている場面で、「ねえ、水かけたから、崩れちゃったんじゃないのかな(図1①)」という発言が見られる。こ

れは、A君がトンネルを掘っていると、砂が崩れてきた。その原因を砂に水をかけたことと関係づけて考えていることから表出された言葉であると考えられる。また、「ねえ、ねえ、ここ掘っているとすぐ壊れるんですけど。柔らかいから(図1④)」という発言が見られる。これは、A君が掘っているトンネルがすぐに崩れてしまう。その原因を砂の柔らかさと関係づけて考えていることが推測できる。さらに、D君が砂で平べったい皿を作っている様子を、Cちゃんが見ている場面で、「触わってみな、ふわふわのベッドだから(図1⑥)」という発言が見られる。これは、D君が自分の作った砂の平らな皿を手で触ったときの感じを「ふわふわ」という言葉とともに、その特徴をベッドにたとえてCちゃんに伝えようとする言葉であると考えられる。

次に、「一時的な表現の発言」に整理できるつぶやきや会話には、例えば、トンネルを掘って行って、「ここ、つながるかな。つながらないね(図1②)」という発言のように、自分の考えていることを自分自身で確認している独り言、つぶやきが見られる。また、A君の掘っているトンネルがBちゃんの掘っている砂で埋まりそうな場面で、「埋まっちゃうんですけど(図1③)」という自分のトンネルが埋まっていく様子をとらえた独り言が見られる。さらに、D君が砂で平べったい皿を作り、自分自身がそれを触ったときの感覚を表現した「ふわふわ(図1⑤)」という発言も見られる。

イ. 泥だんご作り

まず、「科学的基礎的発言」として整理できるつぶやきや会話には、例えば、「ヌルヌルだから、すぐに固まるよ、そのうち(図2②)」という発言が見られる。これは土に水を含ませてだんごにしているときに、ヌルヌルとした感じの状態になれば泥が固まってくるという経験から出ている言葉であると考えられる。また、「粘土みたいだね、これ(図2⑤)」という発言が見られる。これは土に水を混ぜて土をこねている様子を粘土にたとえて表現した言葉であると考えられる。さらに、「これをつけるとピカピカになるんだよ、きっと(図2⑩)」という発言の「きっと」という言葉に見られるように、ある程度泥だんごができ、それに乾いた土をつけてみかくと、ピカピカの泥だんごになることを、これまでの経験から推測している言葉であると考えられる。

次に、「一時的な表現の発言」では、例えば、「いや

<場面1>

c: ねえ、水かけたから、崩れちゃったんじゃないのかな (1-根拠のある発言・発見) ①

c: ここいっぱい掘ってるから、気を付けてね。 (3-心配する)

c: ここ、つながるかな。つながらないね。 (2-独語的説明) ②

c: ここ掘ってる。こんなになってるんですけど。 (3-教える)

c: 埋まっちゃうんですけど。 (2-独語的説明) ③

c: ねえ、ねえ、ここ掘っているとすぐ壊れるんですけど。柔らかいから。 (1-根拠のある発言・発見) ④

<場面2>

c: ふわふわ。 (2-感覚) ⑤

c: 触ってみな、ふわふわのベットだから。 (1-特徴づけ・たとえ) ⑥

c: 本当だ。 (2-返答)

c: ○君は。 (3-呼びかけ)

<場面3>

c: もう、いいんじゃない。 (3-相手のいる提案) ⑦

c: もうちょっとだね。 (3-友達への友好的な回答) ⑧

c: もうちょっと固めないとだめじゃない。 (3-教える) ⑨

c: そうか。 (3-友達への友好的な回答) ⑩

c: 壊れた。 (2-事実の確認)

c: 壊れたか、もう一回つくりなおしな。 (3-なぐさめる)

<場面4>

c: ねえ、そこあんまりやんないでくれる、崩れるから。 (4-自己主張) ⑪

c: 俺の方がきたないぞ。 (4-自己主張)

c: あそこ、おれがつくったところだ。 (4-自己主張)

<場面5>

c: 先生、水やっていい。 (5-許可要求) ⑫

t: 何つくるの？

c: チョコレート。 (2-返答)

t: チョコレートのお水？

c: うん。 (5-教師への回答) ⑬

※ t: 先生 c: 子ども () は分析結果を示す。
 1-: 科学的基礎的発言 2-: 一時的な表現の発言 3-: 共感的な発言
 4-: 利己的な発言 5-: 教師依存発言

図1 砂場遊びの中での子どものつぶやきや会話

だー、ヌルヌルだー (図2①)」という発言が見られる。これは土に水を含ませて土をこねているときに手に感じたことを表現している言葉であると考えられる。また、「固まってきた (図2③)」という発言が見られる。これは、こねている土が固くなってきたという状態をE君自身が認識した言葉であると考えられる。さらに、「うちんち、ちょっと、うちんち、硬いおだんご作るから、キューキューってする (図2④)」という発言が見られる。これは、Fちゃんが自分自身に対し

て硬いだんごを作りたいから力を入れてだんごを作るという意志を表現した言葉であると考えられる。

ウ。自然事象に関する主なつぶやきや会話についてまず、5歳児の砂場遊びと泥だんご作りの活動の中で見られる自然事象に関するつぶやきや会話における「科学的基礎的発言」では、前述のア、イで示したように、目の前の現象を砂の柔らかさと関係づけている言葉、子どもたちのこれまでの自らの経験をもとに説明している言葉、目の前の現象の理由を説明しようとする

<場面1>

c: いやだー,ヌルヌルだー(2-感覚)①
 c:ヌルヌルだから,すぐに固まるよ,そのうち。(1-経験)②
 c:固まってきた(2-事実の確認)③
 c:うちんち,ちよっと,うちんち,硬いおだんごつくるから,ギューギューつてする(2-独語の説明)④

<場面2>

c:粘土みたいだね,これ(1-特徴づけ・たとえ)⑤
 c:粘土みたいだ(2-独語の説明)
 c:粘土だ,ねばねばになってきた(2-感覚)
 c:ねばねば!(2-感覚)

<場面3>

c:あのさあ,こういうふうにするの(3-教える)⑥
 c:作ってみるって,どうやって?(3-友達に質問する)⑦
 c:もっとこっちでやろう!(3-相手のいる提案・よびかけ)⑧
 c:ああ,そうだね,こっちにしよう(3-友達への返事・回答)⑨
 c:この班にしよう(3-相手のいる提案・よびかけ)

<場面4>

c:これをつけるとピカピカになるんだよ,きっと。(1-予想)⑩
 c:何で,こんなところでやっているの?(3-友達に質問する)
 c:いいじゃん(3-友達への返事・回答)
 c:それでおだんご作ってどうするんだよ(4-他人の否定)⑪
 c:丸めたよー(2-独語の説明)
 c:できたから,少しもらった(4-自分勝手)⑫

<場面5>

c:先生!お水入れる?(5-指示要求)⑬
 t:入れない
 c:〇〇君と同じやつ,入れたい!(5-許可要求)⑭
 c:まだかたまんない!(2-事実の確認)

※t:先生 c:子ども ()は分析結果を示す。
 1-:科学的基礎的発言 2-:一時的な表現の発言 3-:共感的な発言
 4-:利己的な発言 5-:教師依存発言

図2 泥だんご作りの中での子どものつぶやきや会話

る言葉や泥と水が混ざった状態を特徴づける言葉など、子どもたちが遊んでいる過程で多様な思考活動を行っていることを裏づける表現が見られる。こうした子どもたち自身でアイデアを考えたり工夫したりする思考活動を伴っている言葉から、汐見(2001)が指摘しているように、砂場遊びと泥だんご作りは、教育的価値が高いと言える。

また、こうした言葉は、「子どもが見付けた事物や現象についての直感的な特徴付けやアイデア、比較や関

係付けを行って得られた考え方」(文部省, 1999b)であると考えられ、「知的な気付き」に相当すると解釈できる。したがって、池田・戸北(2004)が指摘するように、5歳児の砂場遊びと泥だんご作りの活動の中で見られる「科学的基礎的発言」は、科学的萌芽を形成していく可能性があると考えられる。

次に、自然事象に関するつぶやきや会話における「一時的な表現の発言」では、前述のア、イで示したように、自然の事象に関する気づきとしてのつぶやきや

独り言が見られる。あるいは、池田・戸北(2004)も指摘しているように、内的に考えてきたことを一瞬、表出させる言葉、目の前の現象を感覚的にとらえた言葉や対象の特徴をとらえた言葉などが見られる。こうした言葉は、将来「知的な気付き」を誘発する素地となる可能性があり、科学的萌芽の形成につながる発言群であると考えられる。

以上のことから、自然事象に関するつぶやきや会話には、科学的萌芽の形成や科学的萌芽の形成につながる可能性のある発言が、5歳児の砂場遊びと泥だんご作りの活動には認められた。

(2) 人に関する主なつぶやきや会話

ア. 砂場遊び

まず、「共感的な発言」に整理したつぶやきや会話では、例えば、Hさんが砂でだんごを作っている場面で、G君が「もう、いいんじゃない(図1⑦)」と、Hさんに対して砂だんごができあがったことを教えている発言が見られる。そこに、I君が「もうちょっとだね(図1⑧)」と、G君の提案に対して好意的な助言をしている。それに対して、さらにJさんも「もうちょっと固めないとだめじゃない(図1⑨)」とI君の考えに賛同している発言が見られる。そうした友達からの教えに対して、Hさん自身が「そうか(図1⑩)」と、砂だんごを作り上げるためには、もう少し固くする必要があることに気づいている言葉が見られる。

次に、「利己的な発言」に整理したつぶやきや会話では、例えば、「ねえ、そこあんまりやんでくれる、崩れるから(図1⑪)」という発言は、自分が今作っているトンネルが壊れることをおそれて、K君に対して自分の利益を主張している言葉に相当するものであると考えられる。その他に、「ここはうちたちの砂場だね」といった、自己主張をした発言や「まったく、ちゃんとおいとかないとだめでしょ」といった相手を注意する発言などが見られる。

最後に、「教師依存発言」に整理したつぶやきや会話では、例えば、「先生、水やっいい(図1⑫)」というように、先生に対して水を使ってよいかどうかの許可を求めている言葉が見られる。また、「うん(図1⑬)」という発言のように、先生からの質問に依存し、自分の言葉として表現できていないものも見られる。

イ. 泥だんご作り

まず、「共感的な発言」では、例えば、「あのさあ、こういうふうにするの(図2⑥)」という発言が見られる。これは、L君がMさんにうまく泥だんごを作るこ

とができるように土と水の混ぜ方やだんごの作り方を教えているときの言葉であると推測できる。また、「作ってみるって、どうやって?(図2⑦)」という発言が見られる。これは、MさんがL君から泥だんごの作り方の説明を聞いたがよくわからなかったので、わからないことをL君に質問している言葉である。さらに、「もっとこっちでやろう!(図2⑧)」という発言が見られる。これは、L君がMさんに場所を移動することを誘い、L君の提案に対してMさんが、「ああ、そうだね、こっちにしよう(図2⑨)」と好意的に同意している発言であると考えられる。

次に、「利己的な発言」では、例えば、「それでおだんご作ってどうするんだよ(図2⑩)」という発言が見られる。これは、N君が砂だけでだんごを作っている様子を見て、O君がN君の泥だんごの作り方を批判している言葉であると考えられる。また、「できたから、少しもらった(図2⑪)」という発言が見られる。これは、P君の泥だんごができあがり、もう一つ泥だんごを作ろうとして友達のを勝手にとっていく場面の言葉であると考えられる。

最後に、「教師依存発言」では、例えば、「先生!お水入れる?(図2⑫)」という発言が見られる。これは、先生に対して土の入った入れ物にもっと水を入れるのかどうかを尋ねている言葉であると考えられる。また、「〇〇君と同じやつ、入れたい!(図2⑬)」という発言が見られる。これは、Q君と同じ荒木田土を入れたいことを先生に強く求めている言葉であると考えられる。

ウ. 人に関する主なつぶやきや会話について

砂場遊びと泥だんご作りの活動の中で見られる人に関するつぶやきや会話において、特に「共感的な発言」では、前述のア、イで示したように、子どもたち相互で学び合っている様子を読み取ることができる。また、相手を思いやったり、なぐさめたりする言葉に相当するものも読み取れる。あるいは、友達をほめる言葉や友達への好意的な返事や回答などの言葉が見られる。

こうしたことから、「共感的な発言」には、池田・戸北(2004)が指摘するように、「人間関係を構築する発言であり、協同的な学びを形成しようとする発言」に相当する言葉が5歳児の砂場遊びと泥だんご作りの活動の中で見られることがわかる。

5. 砂場遊びと泥だんご作りの科学的萌芽について

5歳児の砂場遊びと泥だんご作りの活動の中で見られるつぶやきや会話を検討してみると、自然事象に関する表現から科学的萌芽を形成する可能性が推測できる。また、人に関する表現から人間関係を構築していく可能性があることが示された。

次に、これらの活動の科学的萌芽を育成するうえでの教育的価値を検討する。ここでは、つぶやきや会話を、科学的萌芽の育成に関する視点から検討してみる。

そのために、まず、表2に示したように、5歳児の発言を科学的萌芽そのものにかかわる発言（以下、科学的萌芽発言と記す）と科学的萌芽に直接かかわらない発言（以下、非科学的萌芽発言と記す）とに整理し、発言数の差異について、 χ^2 検定を行った。なお、科学的萌芽発言数は、「科学の基礎的発言」数と「一時的な表現の発言」数を合わせたものであり、非科学的萌芽の発言数にはそれ以外の「共感的な発言」「利己的な発言」「教師依存発言」の発言数を合わせたものである。

検定の結果、1%水準で有意であった($\chi^2(1) = 68.384, p < .01$)。したがって、科学的萌芽発言は、1%水準で砂場遊びより泥だんご作りが有意に多い。また、非科学的萌芽発言は、1%水準で泥だんご作りより砂場遊びが有意に多いことが示された。

次に、砂場遊びと泥だんご作りの発言内容の特徴を

表2 砂場遊びと泥だんご作りに関する科学的萌芽発言と非科学的萌芽発言の比較

	科学的萌芽発言	非科学的萌芽発言
砂場遊び	544 ▽	722 ▲
泥だんご作り	357 ▲	201 ▽

※▲は有意に多い、▽は有意に少ない、 $p < .01$

見いだすために、表3に示すように、「科学の基礎的発言」「一時的な表現の発言」「共感的な発言」「利己的な発言」「教師依存発言」による発言数の差異について、 χ^2 検定を行った。

検定の結果、1%水準で有意であった($\chi^2(4) = 74.897, p < .01$)。したがって、「科学の基礎的発言」と「一時的な表現の発言」は、泥だんご作りのほうが砂場遊びより1%水準で有意に多いことが示された。また、「共感的な発言」と「利己的な発言」は、砂場遊びのほうが泥だんご作りより1%水準で有意に多いことが示された。

以上のことから、泥だんご作りは科学的萌芽を形成する活動としての可能性が高いとを示す。言い換えれば、5歳児における泥だんご作りは、科学的萌芽を育成する遊びとして適していると考えられる。

一方、「共感的な発言」は、泥だんご作りより砂場遊びのほうが多いことから、5歳児の砂場遊びは、人間関係を構築したり協同的な学びを形成しようとしたりする、いわゆる子どもの社会性を育てるのに適した遊びであると解釈できる。

6. まとめ

5歳児の砂場遊びや泥だんご作りの活動の中で見られるつぶやきや会話を検討した結果、泥だんご作りでは、「科学の基礎的発言」「一時的な表現の発言」が多いことから、科学的萌芽を形成する遊びとして価値があることが示された。また、砂場遊びは、科学的萌芽を形成する発言より人間関係を構築したり協同的な学びを形成したりする発言が多いことから、どちらかという和社会性を構築する遊びとして価値があることが示された。

幼稚園や保育園で砂場遊びや泥だんご作りをカリキュラムに位置づけると、これらの教材のもつ教育的価値を最大限に活かすことが必要である。すなわち、砂場遊びは子どもの社会性を構築することを主なねら

表3 砂場遊びと泥だんご作りに関する主カテゴリーの発言数

	科学の基礎的発言	一時的な表現の発言	共感的な発言	利己的な発言	教師依存発言
砂場遊び	95 ▽	449 ▽	552 ▲	103 ▲	67
泥だんご作り	85 ▲	272 ▲	158 ▽	25 ▽	18

※▲は有意に多い、▽は有意に少ない、 $p < .01$

いとして、また、泥だんご作りは科学的萌芽の育成を主なねらいとしてカリキュラムに位置づけること。そして、保育者は、こうしたねらいを十分に理解したうえで、子ども一人ひとりに対して声かけや支援を積極的に行い、子どもにとって砂場遊びや泥だんご作りが充実した活動の時間になるようにしていくことが大切である。さらに、幼稚園や保育園での泥だんご作りのような科学的萌芽を育成する遊びが多く行われることは、小学校以降の理科学習にとっても重要な経験となるだろう。

謝辞 調査に協力していただきました私立ながみや幼稚園の園長先生をはじめ年長組の担任の先生方に感謝を申し上げます。また、直接確率計算では、上越教育大学の田中 敏先生の JavaScript-STAR を使用させていただきました。ここに記して謝意を表します。

なお、本研究は、科学研究費基盤研究 C（代表加藤尚裕、課題番号 18500682）として実施したものである。

引用文献

- Constance, K. and Rheta, D. (1977): Piage for Early Education. ピアジェ理論と幼児教育（稲垣佳世子訳、1980）。チャイルド本社、東京、210 p.
- 秦 明德 (2002): 理科学習における地域の活用. 柴 一実 (編), 21 世紀の初等教育学シリーズ 4 「初等理科教育学」, 共同出版, 東京, pp.159-161.
- 池田仁人・戸北凱惟 (2004): 生活科に見られる科学的萌芽の形成に関する研究—学びの場に表示される「知的な気付き」の分析を通して—. 理科教育学研究, 45(1), 1-9.
- 湊 秋作・山田卓三 (1998): 生活科における自然遊びの役割—自然との理解と環境教育の基盤を育成する自然遊び—. 日本教科教育学会誌, 21, 1-9.
- 文部省 (1999a): 幼稚園教育要領解説. フレーベル館, 東京, 94 p.
- 文部省 (1999b): 小学校学習指導要領解説生活編. 日本文教出版, 東京, 63 p.
- Robert, F. (1988): All I Really to Know I Learned in Kindergarten. 新・人生に必要な知恵はすべて幼稚園の砂場で学んだ (池 央耿 訳, 2004). 河出書房新社, 東京, pp.21-26.
- 汐見稔幸 (2001): 汐見稔幸が語る「遊び論」. 汐見稔幸・加用文男・加藤繁美, 子どもの文化 21 世紀ライブラリー「これが、ボクらの新・子どもの遊び論だ」. 童心社, 東京, 112 p.
- 瀧川光治 (2006): 日本における幼児期の科学教育史・絵本史研究. 風間書房, 東京, pp. 299-311.

加藤尚裕: 砂場遊びと泥だんご作りに見られる 5 歳児の科学的萌芽 地学教育 62 巻 1 号, 1-8, 2009

〔キーワード〕 科学的萌芽, 砂場遊び, 泥だんご作り, 幼児教育, 保育内容 (環境)

〔要旨〕 5 歳児の砂場遊びや泥だんご作りの活動の中で見られるつぶやきや会話を検討した。その結果、泥だんご作りでは、「科学の基礎的発言」、「一時的な表現の発言」が多かった。このことから、この遊びは、科学的萌芽を形成する遊びとして価値があることが示された。また、砂場遊びでは、科学的萌芽を形成する発言より人間関係を構築したり協同的な学びを形成したりする発言が多かった。このことから、この遊びは、どちらかという社会性を構築する遊びとして価値があることが示された。

Takahiro KATO: Incipient Scientific Thinking in Five-year-old Children Playing with Mud and Sand. *Educat. Earth Sci.*, 62(1), 1-8, 2009

学部教育のための電波天文学実習用教材の開発 —アンモニア分子輝線を題材として—

A Teaching Material of Radio Astronomy for Undergraduate Students,
Using the Emission Lines of the Ammonia Molecule at 23–24 GHz

濤崎 智佳*¹・久野 成夫*^{1,3}・樋口 あや*^{1,2}

梅本 智文*¹・高野 秀路*^{1,3}・澤田 剛士*¹

Tomoka TOSAKI, Nario KUNO, Aya HIGUCHI, Tomofumi UMEMOTO,
Shuro TAKANO and Tsuyoshi SAWADA

Abstract: A teaching material of radio astronomy for undergraduate students was developed, based on the spectral data obtained during “the hands-on training of the radio astronomical observations” held at Nobeyama Radio Observatory in 2007. The teaching material is based on the real data of the ammonia (NH₃) emission lines at 23–24 GHz observed in star-forming regions of the Milky Way Galaxy. Students quickly and easily analyze the data presented in the teaching material using only a scale and pocket calculator, and learn how to quickly derive physical quantities, such as the radial velocity, optical depth, kinetic temperature, and column density (abundance) of the molecule. Radio astronomy is generally believed to be more difficult and unfamiliar for young students than is traditional optical astronomy. The teaching material is useful for students, not only to learn the basic skill to analyze the molecular emission lines, but also to help them become more familiar with, and develop an interest in, radio astronomy.

Key words: radio astronomy, interstellar molecule, undergraduate education.

1. はじめに

本論文では、23～24 GHz 帯のアンモニア分子輝線の解析法を習得するために開発した学部生向けの天文学教材について報告する。この教材は、国立天文台野辺山宇宙電波観測所が主催する「電波天文学観測実習」(2007年度、以後単に観測実習という)で取得したデータを利用して、誰でも手軽に利用できる電波天文学の教材としてまとめたものである。本論文では、天文学的に重要なアンモニア分子輝線の解析法につい

て解説しつつ、この教材の利用法について述べる。

野辺山宇宙電波観測所の観測実習は、1998年より毎年継続的に実施されている実習である。この実習の目的は、理系の学部生に電波天文学に実際に触れてもらうことで同分野の大学院への進学を促し、将来のプロの研究者養成につなげることである。基礎学力が整いつつある若い学部生に電波天文学に対する強いモチベーションを与えることを念頭においているため、まだ専門的な研究テーマを決めていない3年生を中心とした若い学生を主な受講対象としている。研究者養

*¹ 国立天文台 *² 東京工業大学 *³ 総合研究大学院大学
2008年8月8日受付 2009年1月9日受理

成という明確な目的をもつ極めて専門性の高い教育実践である。

この実習では、観測所のスタッフ数名が協議して天文学的に重要な研究テーマと具体的な観測手段を用意する。観測手段としては野辺山 45m 電波望遠鏡によるミリ波帯の分子分光観測を用いるが、具体的な観測対象については毎年変えている。実習のテーマは一般的な学部生のレベルを超えた高度で専門的なものにならざるを得ないので、具体的な計算例を豊富に記載したテキストを実習前に送付し予習してもらったうえで、丁寧な事前講義を施す。事前講義では、マンツーマンに近いスタッフ数を配置して実習に必要な物理学・天文学の知識を短期間で習得させるようにしている。

講義の後、受講生は、観測計画立案から実際の観測、データ解析、データから得られるさまざまな物理量の導出、それに基づいた議論、それらの発表という順序で、論文出版を除いた実際の研究の流れをすべて体験する。一連の作業には担当スタッフが随時相談に応じ、受講生の主体性を尊重しつつ適宜アドバイスを与える。この具体的な研究体験によって、これから専攻を選んでいく学生が電波天文学を身近に感じ、将来の現実的な専攻として電波天文学研究を自然に意識するようになる、という効果を期待している。特に電波天文学は、可視光天文学などと比べて直観的にとらえにくい分野であるため、このような研究活動を体験させる意義は大きい。

上記の野辺山宇宙電波観測所における観測実習のほかにも、同様の効果を期待した天文学の専門的な実習が、可視光観測を中心にいくつか行われている。例えば、高校生向けの実習としては、東京大学木曾観測所が主催する銀河学校（西浦ほか、2007）や、国立天文台が行う「君が天文学者になる4日間」（縣・室井、2002）などが知られている。これらのほとんどは、可視光帯での観測・データ解析等の体験を通して科学への興味をもたせる入門的な実習となっている。それに対し、電波天文学を題材とした実習例は、皆無ではないものの（尾久土ほか、2007; Handa ほか、2003）、現在のところ全国的にも非常に限られている。その理由は、マイクロ波技術を駆使した電波天文学の観測装置は非常に複雑であり、また指導できる専門家も限られているためである。これらの観測装置を駆使した実践的な実習を行うことは、一般的な理科系大学では、機材的にも人材的にもほぼ不可能であると言わざるを得ない。

本論文の目的は、野辺山宇宙電波観測所で過去に実施した観測実習のテーマの一部を、より一般的な教材としてまとめ直すことである。すでに取得済みの観測データを誰もが自由に利用することのできる形で教材化することにより、観測装置をもたない大学の教員や学生でも気軽に電波天文学の実習に取り組めるようになることが期待される。このような教材を開発・整備することは、電波天文学については日本の天文学全体の裾野を広げるためにも、重要である。

本論文で紹介する具体的な教材は、アンモニア分子 (NH_3) の 23~24 GHz 帯の分子輝線を利用したものである。この分子輝線は、星間雲の中でも特に密度の高い領域（分子雲コア）のガスの温度や柱密度の計測にしばしば利用される天文学的に重要な輝線である。

観測実習そのものの紹介と、過去の参加者に対する追跡調査に基づく実習の長期的な教育効果についての解析は別の機会に述べることにし、本論文では主にアンモニア分子輝線に関する教材について紹介する。この教材の対象としては主に大学で天文学を学ぶ学部生を想定しているが、一般的な理系の学部生でも十分理解できるよう、本論文中に必要な解説を加えた。つづく第2章で、分子輝線から星間雲中のガスの温度や柱密度を推定するための基礎理論について述べる。第3章では、2007年度の観測実習で得られたデータを利用して作成した教材を示す。また、この教材を利用した課題の例を、第4章に示す。第5章では、この教材のもととなった実際の観測実習（2007年度）の概要と受講生の反応、および課題達成度などの教育的効果について、簡単に述べる。本論文のまとめを6章に示す。

2. 基礎理論

2.1 星間物質と分子輝線

宇宙には、星だけでなく星間物質と呼ばれるガスや塵が存在している。これらはその名のとおり星間空間に存在し、密度や温度によっていくつかの相、すなわち物理状態の違いに分類される。一般に、密度の低いところ（水素原子が1立方cmあたり1個程度）では電離ガスや中性の原子ガスが支配的であるが、密度の高いところでは分子ガスとして存在するようになる。

図1に星間ガスの各相の密度と温度を示す。分子ガスが存在するのは、密度が 10^2 個 cm^{-3} 以上あるような密度の高い相である。そのようなガスからなる星間雲は分子雲と呼ばれる。分子雲は星の誕生の場であることが知られている。分子雲は電波によって直接観測

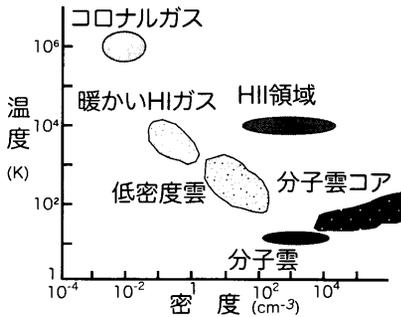


図1 星間物質のさまざまな相. Verschuur and Kellerman (1988) の図 4.1 をもとに作製

が可能である。電波観測は星の形成メカニズムを研究するための重要な手法となっている(赤羽ほか, 1988; Spitzer, 1980; Rohlfs and Wilson, 2003)。

量子力学で示されるように、分子は高いエネルギー準位から低いエネルギー準位へ遷移するとき、その差に相当するエネルギーをもつ光子を放出する。高いエネルギー準位を E_u 、低いエネルギー準位を E_l 、放出される光子の周波数を ν_0 とすると、

$$E_u - E_l = h\nu_0 \tag{1}$$

となる。ここで、 h はプランク定数である。エネルギー準位は各々の分子の種類ごとで決まった値を取るため、放出される光子の周波数 (ν_0) も各々の分子で決まった値をもつ。すなわち、各々の分子は決まった周波数(静止周波数)の輝線を放射する。ただし、天体から観測される分子輝線の周波数は、その天体が観測者に対して相対的に運動している場合、ドップラー効果によってこの静止周波数からずれていく。したがって、静止周波数の分かっている輝線を観測したとき、逆にそのずれから観測者に対する視線方向に沿った運動の速度(視線速度といい、遠ざかる方向を正とする)を知ることができる。

天体の視線方向の速度を V 、観測される周波数を ν とすると、 V が光速 c に対して十分小さいときには、

$$\nu = \nu_0 \left(1 - \frac{V}{c}\right) \tag{2}$$

という近似式が成り立つ。

分子のエネルギー準位には、分子中の電子の励起状態、分子構造自体の振動による励起状態、分子全体の回転による励起状態があるが、電波領域では主に回転エネルギー準位間の遷移が重要である。輝線を放射す

るには、高いほうのエネルギー準位に分子が存在しなくてはならない。星間空間にある分子は、主に最も存在量の多い水素分子との衝突によってより高いエネルギー準位へ励起される。一方、高いエネルギー準位にある分子は、輝線を放射し低いエネルギー準位へ移ってしまう。したがって、衝突によって単位時間あたりに高いエネルギー準位へ移る分子数が、放射によって低いエネルギー準位へ移る分子数と同程度以上にならないと、分子輝線は連続的に放射されず、観測されないことになる。放射による遷移が起こる確率(インシュタインの A 係数)はそれぞれの輝線で決まっているが、衝突によって励起される確率は水素分子の密度に依存するので、それぞれの輝線が連続的に放射されるために最低限必要なガス密度が決まる(臨界密度)。したがって、異なる分子輝線で星間雲を観測すると、分子雲内部の異なる密度領域を調べることができる。例えば、最もよく観測される一酸化炭素分子(CO ; 回転遷移 $J=1-0$ の静止周波数 115 GHz)からの電波は、密度が 10^2 個 cm^{-3} 以上という比較的低密度の領域でも観測されるが、周波数 88.6 GHz のシアン化水素分子(HCN)からの電波は 10^5 個 cm^{-3} を超えるような高密度領域でないと観測されないのである。

温度 T の黒体から放射される周波数 ν の電波強度は、以下のプランクの放射式で表される。

$$I_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp(h\nu/kT) - 1} \tag{3}$$

ここで、 k はボルツマン定数である。 $h\nu \ll kT$ の場合、式 3 は、

$$I_\nu(T) \approx \frac{2kT}{c^2} \nu^2 \tag{4}$$

と近似され、電波強度は温度 T に比例することになる(レイリー・ジーンズの法則)。天体からの電波強度は、その放射が黒体放射とは全く異なっている、この関係を使って対応する黒体の温度で表すこととする。これを輝度温度と呼ぶ。ただし、 $h\nu \ll kT$ が成り立たない場合は

$$J(T) = \frac{h\nu/k}{\exp(h\nu/kT) - 1} \tag{5}$$

を式 (4) の T の代わりに使うことになる。

分子雲は電波を出す一方、自分自身で電波を吸収する。吸収の割合は光学的厚さで表される。例えば、図

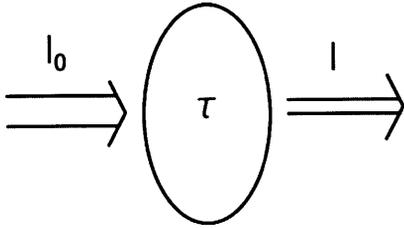


図2 光学的厚さ τ による電波の吸収

2のように、光学的厚さ τ の分子雲を通過した電波の強度は、

$$I = I_0 e^{-\tau} \tag{6}$$

のように減衰する。

式4を用いて電波強度を輝度温度で表す。観測における電波強度は、アンテナ温度 T_A^* を用いて表されている。 T_A^* は、輝度温度に対し、(1) アンテナが目的天体からの電波を集める効率、(2) アンテナが感度をもつ空間的広がりに対して分子雲の広がりが占める割合、の二つの影響が含まれている。また、実際の観測では大気吸収の影響は差し引かれて表される。(詳細は赤羽ほか(1988); Rohlfs and Wilson (2003)を参照)。なお、今後は、観測対象である分子ガスは熱平衡であるとし、その温度は T で表すこととする。 T_A^* は、実際の分子ガスの温度と光学的厚さを用いて次のような式で表されることが知られている。

$$T_A^* = \alpha(T - T_{bg})(1 - e^{-\tau}) \tag{7}$$

ここで、 α は、上記二つの影響を表したパラメータであり、0 から 1 の間の値をとる。 T_{bg} は分子雲の背景からの電波強度である。

分子輝線の光学的厚さは、分子雲の温度と柱密度に依存する。柱密度とは、視線方向に積分した単位面積当たりの全粒子数(密度×視線方向の長さ)である。低いエネルギー準位にある分子が電波を吸収して高いエネルギー準位へ遷移するため、低いエネルギー準位にある分子が多いほど光学的厚さは大きくなる。低いエネルギー準位にある粒子の割合は、ガスの温度によって決まる(熱平衡の場合には、ボルツマン分布になる)。分子雲の温度が一定ならば、分子輝線の光学的厚さは分子の柱密度に比例することになる。

光学的厚さが 1 より十分に大きい(光学的に厚いという)場合、式(7)は $T_A^* = \alpha(T - T_{bg})$ となり、 α が分

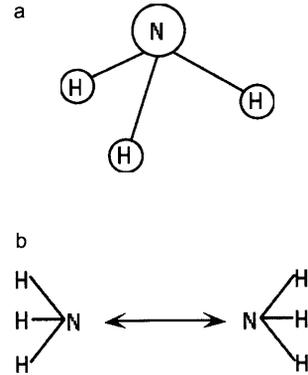


図3 アンモニア分子の構造の模式図(a)と反転運動(b)

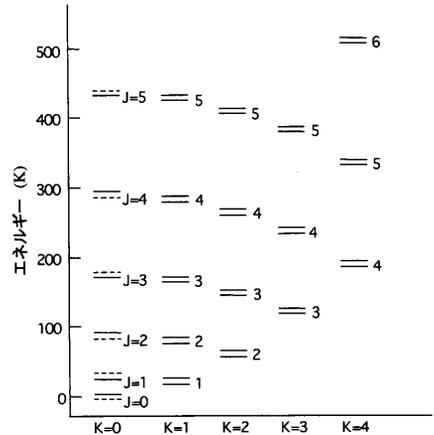


図4 アンモニア分子の回転エネルギー準位。Jは回転量子数、Kは分子の回転対称軸へのJの射影

かっていれば、観測される温度 T_A^* から分子雲の温度 (T) を容易に推定することができる。一方、光学的厚さが小さい(光学的に薄いという)場合、 $T_A^* = \alpha(T - T_{bg})\tau$ となり、 T_A^* は τ に比例する。よって、分子雲の温度が一定であると仮定すると、 T_A^* は結局柱密度に比例することになるのである。

2.2 アンモニア分子

アンモニア分子 (NH_3) は星間空間で最初に検出された多原子分子である(Cheung ほか(1968); 本論文の図3a)。アンモニア分子は周波数 23~24 GHz の電波領域に多くの輝線をもち、それらを使ってガスの温度や光学的厚さを求めることができるため、星間物質の性質を調べる重要な手段として使われている。

アンモニア分子の回転エネルギー準位は図4のようになっている。アンモニア分子は、一つの回転エネ

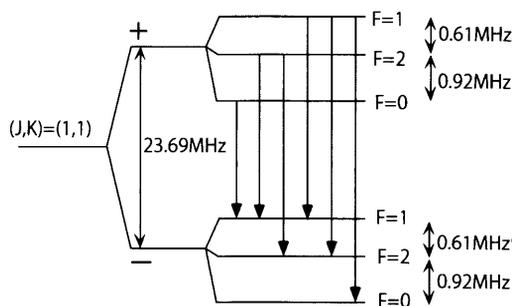


図5 $(J, K) = (1, 1)$ の超微細構造. Ho and Townes (1988) をもとに作製. F は全角運動量の量子数

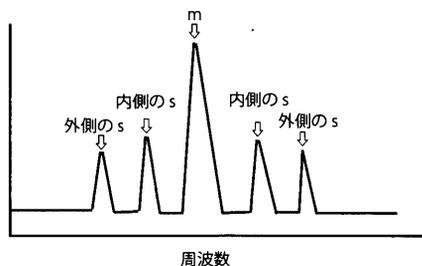


図6 $(J, K) = (1, 1)$ の場合のアンモニア輝線のプロフィールの模式図

ルギー準位上でも、窒素原子が三つの水素原子の作る面を通り抜けて反対側へ移動する反転運動(図3b)がおきるため各エネルギー準位が二つに分かれている(図5)。この教材で使用するのは、この反転運動に伴って生じた二つの準位間で起こる遷移の観測データである。回転エネルギー準位は、図5のようにさらに四重極超微細構造に分かれ、選択則($\Delta F = 0, \pm 1$)に従ってそれぞれの準位間の遷移が観測される。実際に観測されるスペクトルには、図6のように5本のピークが見られる。中心の最も強いピークをメインの成分と呼び、 $\Delta F = 0$ の遷移に相当する。その両脇に見られる四つのピークは $\Delta F = \pm 1$ の遷移によるものである。

2.3 アンモニアの分子輝線から導出できる物理量

ここでは、分子ガスが熱平衡にあるものとして、その解析方法について解説する。より深い知識を必要とする場合は、Ho and Townes (1983)などを参照されたい。今回教材として用いる観測データでは、各観測点でアンモニア分子の回転エネルギー準位 $(J, K) = (1, 1)$ および $(2, 2)$ における上記の遷移を用いる。各観測点でのスペクトルについて、以下のように物理量を求

める。

2.3.1 視線速度・速度幅 熱平衡にある分子雲の速度分布はマクスウェル分布に従い、そこからの輝線の強度分布はガウス関数で表すことができるものとする。

$$f(V) = T_{\text{peak}} \exp\left(-4 \ln 2 \frac{V - V_0}{\Delta V}\right) \quad (8)$$

$$\Delta V = \sqrt{4 \ln 2 \frac{2kT}{M}} \quad (9)$$

これらの式で T_{peak} はピークでのアンテナ温度である。 ΔV は半値幅(強度が最大値の半分となるところでの線幅)、 V_0 は強度の最大値での速度、 T はガスの温度、 M は分子の質量である。

$F = 0$ に対応するメインの成分をガウス関数でフィットし、そのスペクトルの V_0 と ΔV を求めることができる。

2.3.2 光学的厚さ 各成分の強度が式(7)のように表せることから、回転エネルギー準位 (J, K) でのメインの成分と $\Delta F = \pm 1$ の成分の強度比を用いてそれぞれの成分の光学的厚さを求めることができる。

$$\frac{T_A^*(J, K, m)}{T_A^*(J, K, s)} = \frac{1 - e^{-\tau(J, K, m)}}{1 - e^{-\tau(J, K, s)}} \quad (10)$$

$T_A^*(J, K, m)$ は (J, K) のエネルギー準位でのメインの成分の観測されたアンテナ温度、 $T_A^*(J, K, s)$ は $\Delta F = \pm 1$ の成分の観測されたアンテナ温度、 $\tau(J, K, m)$ 、 $\tau(J, K, s)$ は各々メインの成分と $\Delta F = \pm 1$ の光学的厚さである。 $(J, K) = (1, 1)$ の場合、メインの成分の光学的厚さと内側二つのピークでは $\tau(1, 1, s) = 0.28\tau(1, 1, m)$ 、外側では $\tau(1, 1, s) = 0.22\tau(1, 1, m)$ の関係にある。それぞれの成分をガウス関数でフィットし、ピーク温度の比から式(10)により光学的厚さを求める。

$\Delta F = \pm 1$ の成分が弱く、直接 $\tau(J, K, m)$ が求められない場合でも、 $\tau(1, 1, m)$ が分かっていたら式(10)と同様に $(J, K) = (2, 2)$ 等に対して以下の式から $\tau(J, K, m)$ を求めることができる。

$$\frac{T_A^*(J, K, m)}{T_A^*(1, 1, m)} = \frac{1 - e^{-\tau(J, K, m)}}{1 - e^{-\tau(1, 1, m)}} \quad (11)$$

2.3.3 温度・柱密度 各エネルギー準位に存在する分子数は、ボルツマン分布で表される。

$$\begin{aligned}\frac{N(2,2)}{N(1,1)} &= \frac{g(2,2)}{g(1,1)} \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right) \\ &= \frac{5}{3} \exp\left(-\frac{41.5}{T}\right)\end{aligned}\quad (12)$$

ここで、 $N(J, K)$ はエネルギー準位 (J, K) にある分子の柱密度、 $g(J, K)$ はエネルギー準位 (J, K) における統計的重み（縮退度）、 ΔE は $(J, K)=(2, 2)$ と $(J, K)=(1, 1)$ のエネルギー準位の差である。

一方、光学的厚さと柱密度の間には次のような関係が成り立つ。

$$\begin{aligned}\tau_i(J, K) &\simeq 6.1295 \times 10^{-24} \\ &\times \frac{K^2}{J(J+1)} \frac{\nu}{\Delta V} N(J, K) \frac{1}{T}\end{aligned}\quad (13)$$

ここで、 ν は輝線の静止周波数（単位は Hz）、 ΔV は速度幅 (km/s)、 τ_i はメインの成分と $\Delta F = \pm 1$ の成分の光学的厚さの和であり、 $(J, K)=(1, 1)$ の場合は、 $\tau_i = (1 + 0.28 \times 2 + 0.22 \times 2)\tau(1, 1, m) = 2.0\tau(1, 1, m)$ となる。従って、異なるエネルギー準位での遷移の光学的厚さの比から、分子雲の温度を知ることができる。

$$\begin{aligned}T &= -41.5 / \ln\left[-\frac{0.282}{\tau(1,1,m)}\right] \\ &\times \ln\left(1 - \frac{T_A^*(2,2,m)}{T_A^*(1,1,m)} \times (1 - e^{-\tau(1,1,m)})\right)\end{aligned}\quad (14)$$

なお、式 (8) の ΔV から温度 T を求められることに注意が必要である。一般的に、式 (14) から求めた温度は、 ΔV から求める温度に比べ低くなっている。これは、 ΔV から求めた温度には乱流等のガスの熱運動以外の成分が卓越しているためである。

さらに、式 (13) は、以下のように変形できる。

$$\begin{aligned}N(J, K) &= T\tau_i(J, K) / (6.1295 \times 10^{-24}) \\ &\times \frac{J(J+1)}{K^2} \frac{\Delta V}{\nu}\end{aligned}\quad (15)$$

この式と求めた T から、 $(J, K)=(1, 1)$ と $(2, 2)$ にある分子の柱密度を求めることができる。

3. 教 材

野辺山宇宙電波観測所主催の 2007 年度の観測実習では、星形成領域として知られる NGC7538 および DR21 領域の二つの領域について、アンモニア分子輝線を用いた観測を行った。得られたデータを 2.3 節の式 (8)~(13) を用いて解析し、これらの領域の諸物理

量を計算した。本論文では、このとき取得した両領域のデータを教材としてまとめた。

以下に、二つの領域について簡単に紹介した後、作成した教材とその具体的な活用例について述べる。

3.1 星生成領域 NGC7538

NGC7538 (別名 S158) とは、もともと重い星の集団である「カシオペア座 OB2 アソシエーション」に付随する H II 領域の名称である。H II 領域とは、誕生したばかりの質量の大きい表面温度の高い星からの紫外線によって周りの星間ガスが電離された領域である。太陽系から約 2.8 kpc (= 9100 光年) の距離にあり、銀河系の渦状腕「ペルセウス腕」に位置する (視線速度は約 -53 km/s)。この領域には星が生まれるものとなる巨大な分子雲 (質量は太陽の 20 万倍) が存在し、現在でも大質量星が活発に形成されていると考えられている (Reid ほか, 2005)。事実、この領域では生まれたばかりの若い星と思われる赤外線源が、11 個見ついている (Ojha ほか, 2004)。NGC7538 領域は太陽系から最も近い大質量星形成領域の一つであり、その形状も比較的単純であることから、大質量星がどのようにして生まれるかを調べるうえで格好の研究対象の一つになっている。

3.2 DR21 領域

DR21 領域ははくちょう座方向にあり、分子雲や星間塵 (固体微粒子) が多く存在する領域として知られている (Jacob ほか, 2007)。太陽系からの距離は 1.7 kpc (= 5500 光年) であり、視線速度は -3 km/s である。この領域は、中心付近に超コンパクト H II 領域である DR21、および、さらにその北にはこの DR21 よりも若く比較的活発な DR21 (OH) と呼ばれる星形成領域という二つの特徴的な天体を含んでいる。最近の赤外線の観測によれば、DR21 付近では、可視光で見た場合より赤外線で見ただけのほうが明るく見える。これは、まだ周囲を厚い塵に覆われた若い星が多数存在していることを示唆している (Kumar ほか, 2007)。

3.3 教材

2007 年度の観測実習では、上記の二つの領域に対して野辺山 45 m 電波望遠鏡を用いたアンモニア分子輝線による観測を行った。NGC7538 領域では 49 点、DR21 領域では 43 点で $(J, K)=(1, 1)$, $(2, 2)$, および $(3, 3)$ のデータを取得した。

本論文では、これらのデータを整理し、二つの領域について各々 2 種類の教材としてまとめた。一つは、

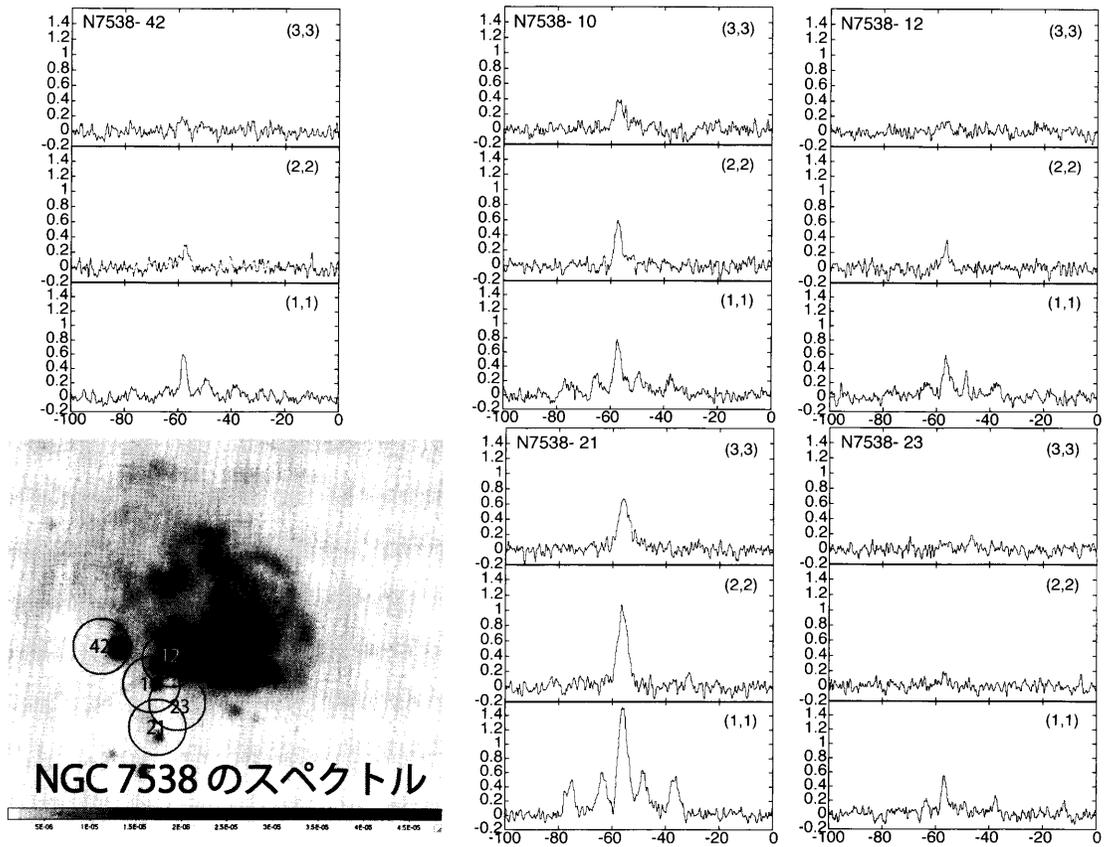


図7 NGC7538のスペクトルと観測点. グレースケールは人工衛星に搭載された観測機器による同領域のイメージ (MSX band A=8.28 μ mによるもの. 比較的温度的の高い塵 (絶対温度で300度程度) から放射されており, 一般的には星形成と関連すると言われている. <http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/MSX/>)

すべての観測点のデータを活用できるようにしたものである. もう一つは, 二つの領域についてそれぞれ特徴的な5点分のスペクトルのみを抜粋して表示したものである. 前者の教材は, 観測天体に対し, 細かい間隔で観測したデータを解析することにより, 分子の温度や速度勾配といった物理量の空間分布を各領域全体について描き出すことができるという利点をもつ. 一方, 解析に時間がかかるため, 学部の限られた授業時間内に実習を完了するのは容易ではない. 後者は, この難点を克服するための教材であり, いわば前者の簡易版である. 温度等の連続的な空間分布は描き出せないものの, 解析の方法を短時間で習得することができる. 後者の教材を, 本論文の図7 (NGC7538領域) および図8 (DR21領域) に示す. 図中の写真とその中の円は, 中間赤外線による各領域の写真と五つのデー

タを取得した観測点である (円の大きさは45m電波望遠鏡の角分解能を表す). また, すべてのデータを記載した前者の教材については, 誰でもダウンロードして活用できる電波天文学の教材として我々のホームページで公開しているので, 適宜活用されたい (<http://www.nro.nao.ac.jp/~epo/kyouzai/>).

4. 課題と実習の例

図7・8および我々のホームページにまとめた教材では, スペクトルの縦軸・横軸が同じスケールになるように (J, K)=(1,1), (2,2), および(3,3)を領域ごとにそれぞれ1枚に並べてある. これは, 学生がものさしと電卓を使って手軽に取り組めるよう, 配慮したものである. 学部の演習等の授業で活用する場合には, 教員はホームページからダウンロードした図や本論文の

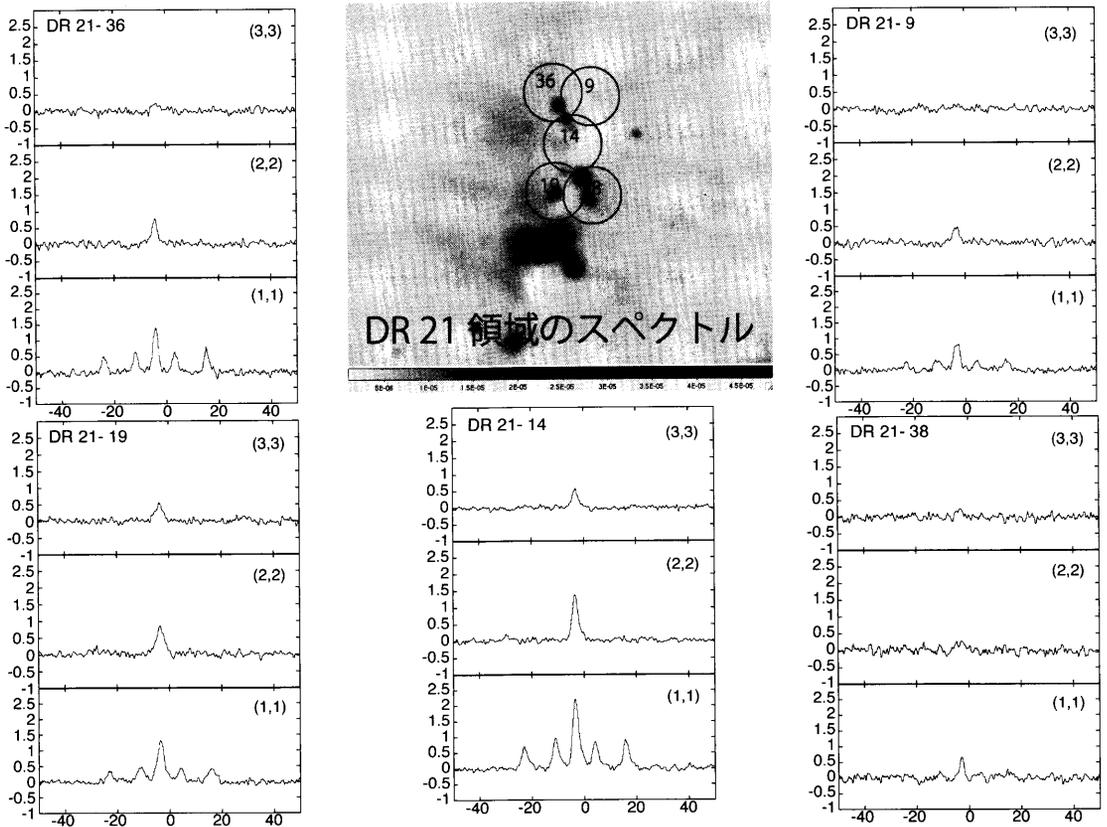


図8 DR21領域のスペクトルと観測点。グレースケールは図7と同じ

図7・8のコピーを受講生に配布すればよい。

開発した教材を実際の授業で使用する場合、受講生が行う作業の流れと具体的な計算の例を、以下に示す。

4.1 実習の流れ

まず、図7・8に示した教材(簡易版)やホームページからダウンロードした教材を配布し、各観測点の輝線について式(8)の速度 V 、線幅 ΔV 、ピークでのアンテナ温度 T_A^* をものさしで測定する。

次に、得られた輝線パラメータを基に、星間ガスに関する観測点ごとの物理量を以下の順序で求めさせる。

- a. 光学的厚さ
- b. 温度
- c. 柱密度

aは2.3.2の式(10)および(11)、b・cは2.3.3の式(13)および14, 15を用いて導出する。具体的な計算例については、次節で述べる。

最後に、得られた結果について考察する。例えば、

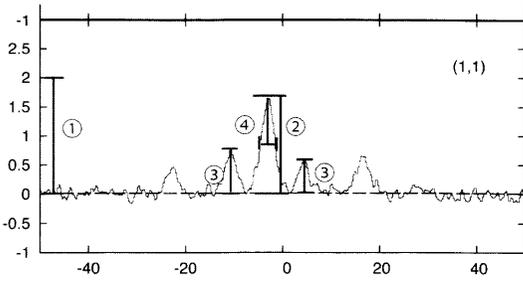
導出した温度等の物理量と星形成(例えば光で見える構造)の位置との関係調べる。2007年度の観測実習では、NGC7538での温度は14~27 K程度で、北西側が高くなっているという空間的な変化をとらえることができた。

4.2 計算の例

DR 21で得られたスペクトルの一つ(図9)を例として、実際のデータの読み取り方法と物理量の算出法を以下に例示する。スペクトルから直接測定する観測量は、以下の3個である。

- 視線速度 V
- ピークでのアンテナ温度 T_A^*
- 速度幅 ΔV

これらの輝線パラメータの測定手順としては、まず、メインの成分のピークのある位置の横軸の値を読み取り、視線速度 V を測定する。図9の横軸はメインの成分の静止周波数からのズレを式(2)に基づいて視線速度へ変換した値であり、他の $\Delta F = \pm 1$ の成分に



- ①目盛りを測る(2 K=37 mm, 100 km/s=148 mm)
- ②メインの成分(1, 1, m)のアンテナ温度を測る(30 mm=1.6 K)
- ③ $\Delta F = \pm 1$ の成分(1, 1, s)のアンテナ温度を測る(14, 10 mm=0.76, 0.54 K)
- ④②の半分の高さになるところの速度幅を測る(5.0 mm=3.4 km/s)。また、メインの成分のピークの速度も測る。

図9 観測量測定の手順
数値は23倍に拡大された図で測定したもの

表1 測定した値

	ものさしによる測定値	ガウシアンフィットによる測定値
V (km/s)	-2.7	-3.0
$T_A^*(1, 1, m)$ (K)	1.6	1.6
$T_A^*(1, 1, s)$ (K) (平均)	0.76, 0.54 (0.65)	0.70, 0.53 (0.61)
$T_A^*(2, 2, m)$ (K)	1.1	1.1
ΔV (km/s)	3.4	3.4

とっては意味のない速度であることに注意して欲しい。次に、ピークでのアンテナ温度 T_A^* の高さの値をメインの成分(1, 1, m)と $\Delta F = \pm 1$ の成分(1, 1, s)について読み取る。さらに、メインの成分がピークの半分になるところでのスペクトルの半値幅 ΔV を読み取る。一連の作業を、図9の①～④に示す。

これらの読み取りは、横軸・縦軸をものさしで測り、図上で1 cmあたりのアンテナ温度・速度の値を出しておき、各々の値をものさしで測り、相当する値を計算すればよい。

図9に示したスペクトルに対して実際にものさしで読み取った値を、表1に示す。参考までに、このスペクトルに対して計算機でガウシアンフィットして得られた値も示しておく。両者は10%以内でよく一致

表2 光学的厚さとピークアンテナ温度の比の関係

$\tau(1, 1, m)$	$\tau(1, 1, s)$	$\Delta T_A^*(1, 1, m) / \Delta T_A^*(1, 1, s)$
0.1	0.028	3.45
0.2	0.056	3.33
0.3	0.084	3.22
0.4	0.112	3.11
0.5	0.140	3.01
0.6	0.168	2.92
0.7	0.196	2.83
0.8	0.224	2.74
0.9	0.252	2.66
1.0	0.280	2.59
1.1	0.308	2.52
1.2	0.336	2.45
1.3	0.364	2.38
1.4	0.392	2.32
1.5	0.420	2.27
1.6	0.448	2.21
1.7	0.476	2.16
1.8	0.504	2.11
1.9	0.532	2.06
2.0	0.560	2.02

しており、ものさしを用いた測定でも、学部生の実習という意味では十分な精度が得られることが分かる。

このように測定した値から、2.4節で述べた方法を用いて、光学的厚さ、温度、柱密度を導出する。以下の(1)～(3)に、その手順を示す。

(1) 光学的厚さ

(J, K)=(1, 1)として読み取った $T_A^*(1, 1, m)$ および $T_A^*(1, 1, s)$ を式(9)に代入する。 $\tau(1, 1, s) = 0.28\tau(1, 1, m)$ であるため、式(9)において未知の変数は1個となる。しかし、式(9)は解析的には解けないため、次の(ア)・(イ)のような手法を用いることにする。

(ア): $\tau(1, 1, m)$ を0.1から2程度まで0.1刻みに変化させ、 $\tau(1, 1, s) = 0.28\tau(1, 1, m)$ として式(9)より $T_A^*(1, 1, m) / T_A^*(1, 1, s)$ の比を計算する(表2)。

(イ): 表2から読み取ったアンテナ温度の比で最も近くなる値の $\tau(1, 1, m)$ を見つける。

図9に挙げたスペクトルの例では、 $T_A^*(1, 1, m) = 1.6$ K, $T_A^*(1, 1, s) = 0.61$ Kであり、その比は2.5となる。表から、最も近い $\tau(1, 1, m)$ は1.1となる。なお、これらのアンテナ温度に対してNewton法を用いて数値的に $\tau(1, 1, m)$ を求めた場合、 $\tau(1, 1, m) = 1.0$ となる。これも10%以内の範囲でほぼ一致しており、この方法が良い近似値を与えていることが分かる。

こうして $\tau(1, 1, m)$ を求めることができれば、同様に式10を用いて $\tau(2, 2, m)$ を求めることができる。

(2) 温度

次に、(1)で求めた光学的厚さを用いて、式(13)から温度を導出できる。これは、 $\tau(1, 1, m)$ と $T_A^*(1, 1, m)$ 及び $T_A^*(2, 2, m)$ を式(13)の右辺に代入することで直接的に求めることができる。ここで挙げた例では22.4 Kとなる。

(3) 柱密度

温度が得られれば、先に求めた光学的厚さと合わせて式(12)から柱密度を求めることができる。 $T=22.4$ K, $\tau(1, 1)=2.0\tau(1, 1, m)=2.0 \times 1.1=2.2$ であるので、アンモニア分子の柱密度 N は $2.3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ となる。

5. 2007年度実習の概要と参加者の感想

本論文で教材化した観測データは、2007年度の観測実習で取得されたものである。2007年度の観測実習は9月18日から5日間、8名の参加者(4年2名、3年5名、2年1名)に対して実施された。応募者は23人であるので、倍率は約3倍である。参加希望者には、1. 物理実験の経験の有無、2. 経験ありの場合、印象に残った実験、3. 天文学への思い・イメージ、4. 参加の動機を記した書類を提出してもらい、その書類をもとに将来性、実習で期待できる効果の予想等を考慮して観測所のスタッフ数人が参加者の選考を行った。

実際の実習時には、スタッフに加え、観測所で学ぶ大学院生数人もサポートスタッフとして参加した。この大学院生の中には、かつての実習参加者も多いた。この年の実習の流れを、表3に示す。実習に際しては、初日に2章で解説した基礎理論を講義し、

その後45m電波望遠鏡で観測を行い、得られたデータに対して3章に示した一連の解析を行わせた。さらに、データの解釈を自力で行わせたいうで、成果発表会を行った。

参加者に対し、実習終了後に感想等を質問したアンケートを行った。質問と得られた解答を、表4にまとめる。実習は参加者8名のうち7名が期待以上と回答、残り1名も期待通りと回答しており、実習が満足できるものであったことが分かった。また、質問5の回答を見ると、電波天文学を身近に感じてもらうという初期の目的に対しても、実習参加後に電波天文学のイメージが大きく変わっていることがわかる。感想も全体として好意的であり、やや問題となるとすれば、「解析から成果発表までの時間が足りない」という回答が見られたことであるが、これも参加者が発表に対しどこまでの完成度を求めるかに依存するものであり、観測結果の発表という意味では十分なものであった。このように、直観的にとらえにくい電波天文学の実際に触れてもらうという初期の目的は十分達成していると考えられる。

さらに、問4を見ると、将来を考えるうえでの重要な経験となったとの回答も多く寄せられており、実習の目的はある程度の高いレベルまで達せられていることが分かる。実際、2007年の参加者のうち4年生2名は、2名とも天文学あるいは関連分野の大学院に進学していることが確認されており、3年生5名のうち少なくとも3名は天文学あるいは関連分野の大学院進学を希望していることが判明している。これらを考えると、プロの天文学研究者養成のための第1段階すなわち大学院進学時に天文学特に電波天文学を選択肢として考慮してもらうという第一目標はある程度達成できたと考えられる。

前章までに紹介したアンモニア分子輝線の解析は、観測実習に参加した多くの学部生にとっては既学習範囲を大きく超える高度なものである。それにも関わらず、アンケート調査では好意的な回答が得られた。また、受講生のその後の進級・進学状況も良好である。これは、綿密な事前指導さえ十分に行えば、最先端の観測装置を用いた高度な実習が学部生の科学への興味を増幅させ、将来の職業として科学者を目指すモチベーションを高めるのに効果的である、ということ強く示唆しているものと考えられる。

表3 2007年度観測実習の流れ

第1日	集合(13:00) 全体説明 事前講義 観測計画立案
第2日	観測計画立案 観測(14:00-18:00/18:00-22:00) データ解析
第3日	観測(14:00-18:00/18:00-22:00) データ解析
第4日	データ解析 成果報告会(17:00-18:00) 懇親会
第5日	アンケート 観測所内見学 解散(10:30)

表4 観測実習後のアンケートと回答(抜粋)

質問
1. 実習は期待していた通りのものでしたか？
期待以上：7人、期待通り：1人、やや不満：0人、かなり不満：0人
2. 実習の内容(観測、データ解析、資料等)についての感想
<ul style="list-style-type: none"> ・生のデータに触れて、それを用いて自分の頭で解析していくプロセスを経験することができて良かった。 ・観測計画を立てるところから自分達で考えられたところが一番良かった。自主的に考えるように指導していただいたありがたかった。資料は英語論文だったので、自分の英語力のなさを感じた。 ・観測データからどんな事が分かるかを考える場面では、天文学はもちろんのこと、物理の知識の大切さを知り、もっと勉強しないと感じた。 ・普段の観測実習ではレポートを出すだけで、発表を行う機会がほとんど無いので、貴重な体験ができた。 ・自分達が決めた領域を4.5mもあるアンテナを動かし観測するという事は、非常に胸がおどる経験。得られたデータを、観測目的達成の為に解析し、NGC 7538の構造を推測し、決定していく作業も言葉では表現できない程、楽しいものだった。解析手順を理解するのは骨が折れた。物理学科の私には、光学的厚さやその他の知識の基礎学がない為、出てきたデータが何を意味する可能性があるのかという一番考察において重要な点がおろそかになっている気がした。 ・できれば全体の流れを書いたフローチャートなどがあると良い。 ・難しくて苦しむことが多々あったが、とても興味が魅かれる内容。データを解析していく中で、班の人たちと結果について考える時間が楽しかった。
3. 実習の運営(時期、期間、費用、スケジュール等)についての感想(省略)

4. 今回の企画は自分の将来を考える上で影響を与えたと思いますか？
<ul style="list-style-type: none"> ・非常に良い影響を受けることができた ・大変大きな影響を受けた。 ・4年次の研究室配属について、確実に天文研を志望する材料になった。また、院にも行ってみたいとなった。 ・今までは理論しか考えたことがなかったので、実際に観測をできたことで、自分の視野を広げられ適性を見極められた。 ・今回で、「体験」の重要性を知ったので、様々な分野を見ていきたいと思う。 ・どの院に行くか、今後どのような道に進んでどのような研究を行っていくかを考える上で大変参考になった。
5. 実習前と後で天文台、電波天文学に対する印象は変わりましたか？
<ul style="list-style-type: none"> ・ここまでコンピュータ化されているとは思わなかった。 ・電波天文学がこんなに興味をひかれる分野だとは思っていなかった。電波を使うとどのような物理量がわかり、宇宙の何を観測できるのかを知ることができた。 ・電波天文学には考えられる物理がたくさんあるということがとても魅力的に思った。 ・電波天文についてよくしらなかったのですが、実際参加してみて非常に良かった。体験をとまなげて知ると「楽しい」イメージになるのでよかったです。 ・変わった。電波で色々な情報を引き出せるということ、今までは知らなかったのです。
6. 全体を通しての感想
<ul style="list-style-type: none"> ・この経験を助みにして、自分の目標に向かって挑戦しようと思えるようになった。 ・講演会等で学ぶ天文は、実体験が無い為、実感が持てない為、頭の中にしか天文がなかったが、この実習をした為、五感を身を持って天文を始められた気がした。

6. おわりに

本論文では、野辺山宇宙電波観測所が主催する「電波天文学観測実習」(2007年度)で得られたアンモニア分子輝線のデータを利用して、電波天文学のための学習教材を開発した。学部生を対象としたこの教材には、高度な解析をものさしと電卓だけで手軽に行うことができる、という特徴がある。また、電波天文学に馴染みの薄い学生や教員でも本教材を有効に利用できるよう、基礎理論を本稿にできるだけ詳しく述べた。これにより、観測装置をもたない大学や電波天文学の専門家がない大学でも、演習・実習等の授業でこの教材を手軽に利用できる。

今後、本論文で紹介したアンモニア分子輝線以外にも、一酸化炭素分子(CO)等の分子輝線も順次教材化を目指していく予定である。光赤外天文学に比べ電波天文学は一般には馴染みが薄いのが、このような教材が電波天文学入門のよいきっかけとなることを期待する。

謝辞 本研究は野辺山宇宙電波観測所で実施している電波天文観測実習に基づくものである。本研究を

進めるにあたり、酒井 剛氏、中西裕之氏(現・鹿児島大学)をはじめ45mグループに多大なサポートを受けました。ここに感謝いたします。

引用文献

縣 秀彦・室井恭子(2002): 研究機関滞在型体験学習に関する考察—「君が天文学者になる4日間」の実践とその評価より—, 地学教育, 55, 37-42.

赤羽賢司・海部宣男・田原博人(1988): 宇宙電波天文学. 共立出版, 東京, pp. 25-74.

Cheung, A. C., Rank, D. M., Townes, C. H., Thornton, D. D. and Welch, W. J. (1968): Detection of NH₃ Molecules in the Interstellar Medium by Their Microwave Emission. *Phys. Rev. Lett.*, 21, 1070-1705.

Kumar, M. S. N., Davis, C. J., Grave, M. C., Ferreira, B. and Froebrich, D. (2007): WFCAM, Spitzer/IRAC and SCUBA observations of the massive star-forming region DR21/W75-II. Stellar content and star formation. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 374, 54-62.

Handa, T., Furusho, R., Arai, T., Harada, I., Kakeya, Y., Kawada, T., Nagai, T. and Ohshima, O.: JAHOU curriculum on spectroscopy, In Melchior, A.-L. and Felet, R. (ed.), *Global Hands-on Universe 2002*. Frontier Group, 181-182.

Ho, P. T. P. and Townes, C. H. (1983): Interstellar

- Ammonia. *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **21**, 239–270.
- Jacob, H., Kramer, C., Simon, R., Schneider, N., Ossenkopf, S., Graf, U. U. and Stzuki, J. (2007): The cooling of atomic and molecular gas in DR 21. *Astron. Astrophys.*, **461**, 999–1012.
- 西浦慎吾・中田好一・三戸洋之・宮田隆志 (2007): 高校生のための天文学実習用教材「宇宙年齢を測る」の作成. 地学教育, **60**, 53–66.
- Ojha, D. K., Tamura, M., Nakajima, Y., Fukagawa, M., Sugitani, K., Nagashima, C., Nagayama, T., Nagata, T., Sato, S., Vig, S., Ghosh, S. K., Pickles, A. J., Momose, M. and Ogura, K. (2004): A Near-Infrared Study of the NGC 7538 Star-Forming Region. *The Astrophysical Journal*, **616**, 1042–1057.
- 尾久土正己・佐藤奈穂子・藤沢健太・富田晃彦・石塚瓦・佐藤敏行・塩川貴之・近多健輔・雪谷俊之, 半田利弘 (2007): 中性水素 21 cm 輝線用の小型電波望遠鏡の製作と高校での天の川の観測実習. 地学教育, **60**, 171–178.
- Reid, M. A. and Wilson, C. D. (2005): High-Mass Star Formation. I. The Mass Distribution of Submillimeter Clumps in NGC 7538. *The Astrophysical Journal*, **625**, 891–905.
- Rohlfs, K. and Wilson, T. L. (2003): *Tools of Radio Astronomy*. Springer, pp. 333–392.
- Spitzer, L. (1978): *Physical Process in Interstellar Medium*. 星間物理学 (高窪啓弥訳, 1980). 共立出版, 東京, pp. 81–87.
- Verschuur, G. L. and Kellerman, K. I. (1988): *Galactic and Extragalactic Star Formation*. Springer, pp. 155–194.

濤崎智佳, 久野成夫, 樋口あや, 梅本智文, 高野秀路, 澤田剛士: 学部教育のための電波天文学実習用教材の開発—アンモニア分子輝線を題材として— 地学教育 62 巻 1 号, 9–20, 2009

〔キーワード〕 電波天文学, 星間分子, 大学学部教育

〔要旨〕 国立天文台野辺山宇宙電波観測所が主催する学部生向けの「電波天文観測実習」(2007 年度) で取得したデータを利用して, 学部教育で活用できる電波天文学の教材開発を行った. この教材では, 銀河系内の星生成領域で得られた本物のアンモニア分子輝線 (23~24 GHz 帯) のデータを用いて, 分子ガスの運動, 光学的厚さ, 温度, 柱密度等の物理量を簡単に解析することができる. ものさしと電卓だけで一連のデータ解析を行えるよう教材を工夫したため, 観測装置のない大学や電波天文学の専門家がない大学でも, 演習・実習等の授業で本教材を手軽に活用することができる. 一般に, 多くの学部生にとって電波天文学は馴染みの薄い分野であるが, 本教材が入門のよいきっかけとなることを期待する.

Tomoka TOSAKI, Nario KUNO, Aya HIGUCHI, Tomofumi UMEMOTO, Shuro TAKANO and Tsuyoshi SAWADA: A Teaching Material of Radio Astronomy for Undergraduate Students, Using the Emission Lines of the Ammonia Molecule at 23–24 GHz. *Educat. Earth Sci.*, **62**(1), 9–20, 2009

中学生に対する水防災学習プログラムの開発と実践

—2005年台風14号で被災した山口県美川町を事例として—

The Development and the Practice of Learning Program for
Prevention of Flood to Junior High School Students

—A Case Study of Mikawa Town, Yamaguchi

Prefecture Stricken by Typhoon 0514—

白水隆之*1・山本晴彦*2・高山 成*2・岩谷 潔*2

Takayuki SHIROZU, Haruhiko YAMAMOTO,
Naru TAKAYAMA and Kiyoshi IWAYA

1. はじめに

山口県では、2005年台風14号の通過時に記録的な豪雨を観測し、県東部の錦川が氾濫した。岩国市や玖珂郡美川町(現在岩国市美川町)では、台風14号の影響で増水した錦川流域において外水氾濫、内水氾濫が発生し、2,000戸を超える住家の床上浸水や床下浸水が発生した(山口県, 2005)。また美川町は、過去にも1951年のルス台風で死者・行方不明者139名、全壊戸数446戸など幾度となく水害に見舞われている水害常襲地である(美川町, 1969)。

東山ほか(2006)は、美川町で発生した水害に関するアンケート調査を実施している。その中で美川町の水防災に関して、被害の現状や被災者の意見を後世に語り伝えること、また美川町は、高齢化率が50%以上の地域であり、避難勧告の発令時期、高齢者に対する情報伝達方法、避難場所の見直しなど改善の必要性を指摘している。

これまで実施されてきた防災教育には、教科書がなく、授業の先行きが見えにくいことや、持続可能なものになりにくいといった課題が挙げられている(諏訪, 2006; 三浦, 2001; 越村ほか, 2006)。

また、藤岡(1999)は、従来、地学教育で取り扱う自然災害は、地震や火山に注目されがちであるが、河川という身近な自然環境を含むだけに水害教材にも取り

組む必要があると述べている。さらに河川を頻繁に扱ってきた地学教育の中でも、水害は十分に取扱われたとは言にくく、そのため、水害の直接の原因となる豪雨・洪水・地形などの自然現象や条件に関する教材化の研究・開発は、防災教育からの立場からも重要である。

こうした指摘や課題を踏まえ、特に水害に着目し、他地域でも応用できるパワーポイント等の講義資料(教科書)や観測機器の整備を行い、今後も美川町と同様の水害常襲地において、実施可能な水防災学習プログラムの開発を目指して、美川町を最初の事例として本プログラムを実践し、その概要を報告した(白水ほか, 2007)。本論文では、筆者らが実施した水防災学習プログラムについて、内容の詳細、成果と今後の展望を述べる。

2. 水防災学習プログラムの概要

1) サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト事業と防災教育チャレンジプラン

平成19年度に筆者らの講座型学習活動「水防災学習プログラム—最新の観測技術と防災情報を理解し、自らが地域を水害から守るプランをつくる—」が、サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト事業(以下SPP事業)に、採択された。SPP事業とは、文部科学省の「次代を担う人材への理数教育の拡充」施策の

*1 山口大学大学院農学研究科(現 小郡市生涯学習課)
2008年5月16日受付 2008年12月12日受理

*2 山口大学農学部

表1 平成19年度水防災学習プログラムの実施状況（白水ほか，2007）

実施月日	実施内容	講義資料（主な部分）	授業時間（分）	実施場所
7月10日	最新の気象観測の理解と雨量計の実測に基づく雨量の局地解析	・自然災害、台風等について ・気象観測装置の仕組み	200分	午前：山口大学 午後：美川中学校
8月9日	インターネット気象情報の利活用と水害回避	・山口県の予報区、観測所 ・雨量・河川水位情報	165分	山口大学
8月31日	国土数値情報・気球空撮を用いた錦川流域の複雑地形の把握	・気球空撮システムの説明 ・国土数値情報を用いた集水域の解析法	240分	美川中学校
9月6日	高齢者への聞き取り調査による過去の水害調査	・高齢者への聞き取り調査表	160分	美川中学校
10月15日	2005年台風14号の浸水マップ作成と避難所の実態把握調査と評価	・浸水深の調査について ・避難所実態調査の調査項目	180分	美川中学校
10月27日	美川中学校文化祭における水防災学習プログラムまとめの発表		70分	美川中学校

一環として、学校と大学・科学館等の連携により、児童生徒の科学技術、理科・数学（算数）に関する興味・関心と知的探究心等を育成することを目的とする事業である（<http://spp.jst.go.jp/>）。

また筆者らは、防災教育チャレンジプラン実行委員会が主催する2007年度防災教育チャレンジプラン「水害常襲地における水防災教育プログラムの開発と実践—平成17年台風14号で被災した山口県美川町を事例に一」にも、同時に参加した。防災教育チャレンジプランとは、次の世代を担う子供達を中心とした家庭や地域の防災にかかわる能力の向上を図ることにより、社会全体の防災力を向上させることを使命として防災教育を多くの人々に紹介し、実践してもらう取り組みである（<http://www.bosai-study.net/top.html>）。

以上からSPP事業は、生徒が最新の観測技術と防災情報に関する興味・関心を高める（川村，2003；三次・林，2003）という点において、また防災教育チャレンジプランは、水害常襲地における水防災教育プログラムを実践し、生徒の防災に関する能力を向上させることで、美川町の地域防災力を高めていく点をねらいとし、両事業を合わせて実施することで、防災教育として、より有効であると考えた。

2) 水防災学習プログラムの学校教育上の位置づけ

水防災学習プログラムを実施していく上において、実践を行った美川中学校では理科の第2分野下における単元「天気の変化」の授業で、気象観測データと天気の関係、雲や雨の出来る様子、天気の変化の起こり方などを事前学習している。社会科の地理分野においては、単元「身近な地域を調べよう」の授業で、空中写真や地形図、野外の調査、統計や文献資料を使った調査、インターネット検索など事前学習している。さらに単元「さまざまな面からとらえた日本」の授業で、わが国の自然災害の状況、自然災害を防ぐ努力、過疎地域の実情、自然環境に合わせた生活の工夫など

総合的な学習において、地域に密着した学習を展開している。以上から、本水防災学習プログラムは、美川中学校の総合的な学習の時間を活用した教育活動に位置づけて、学習に取り組む状況にある。そこで美川中学校の協力のもと、総合的な学習の時間と位置づけて、筆者らは水防災学習プログラムを実施した。

3) 水防災学習プログラムの概要

山口県の岩国市立美川中学校は、過去に1951年のルース台風や2005年台風14号も校舎が浸水被害に遭った中学校であり、全校生徒25名の小規模な学校である。美川中学校の先生方には、野外での演習時には主に生徒の引率をお願いし、水防災学習プログラムの指導は、山口大学農学部山本晴彦研究室で分担し、実施した。また実習を中心とした学習活動を支援するため、大学院生5名がティーチングアシスタントとして、参加した。

表1に示した日程で、①最新の気象観測の理解と雨量計の実測に基づく雨量の局地解析、②インターネット気象情報の利活用と水害回避、③国土数値情報・気球空撮を用いた錦川流域の複雑地形の把握、④高齢者への聞き取り調査による過去の水害調査、⑤2005年台風14号の浸水マップ作成と避難所の実態把握調査と評価などを実施した（白水ほか，2007）。

また水防災学習プログラムでは、継続的な取組みにつなげていくために、表1に示した実施内容の説明用パワーポイントを中心とした講義資料を、教科書と位置づけて、実施した。

3. 水防災学習プログラムの実施と分析

1) まちの雨量を測る（7月10日，8月9日実施）

気象観測データは、生徒にとって、日常生活と密接に関係する部分であり、生徒自身が生データの解析を行うことは、重要である（渡辺・榊原，2002）。また「尾根を越えれば、雨の降り方が違う」と言われているように、降水はきわめて局地性を有しており、例えば

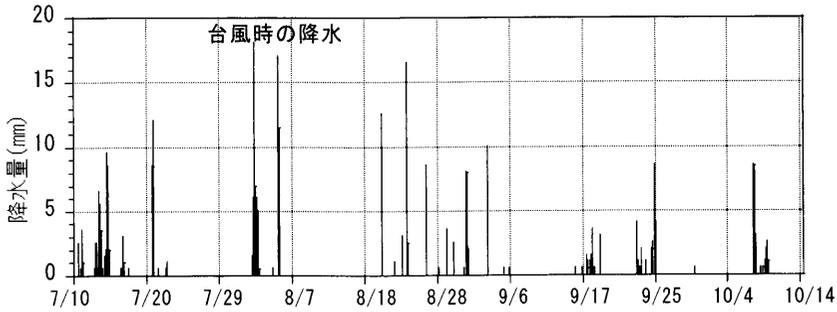


図1 2007年7月11日から10月14日に簡易雨量計により美川コミュニティセンターで観測された雨量

表2 美川コミュニティセンターで測定した降水量を基準とした簡易雨量計の測定各地点での2007年7月11日から10月14日における旬別降水量の差異

	実測値(mm) 美川コミュニティ センター(mm)	美川コミュニティセンター(mm)との差異				
		美川グラウンド (mm)	山元貯木場 (mm)	美川根笠運動 公園(mm)	伊田川自治 会館横(mm)	
7/11~7/20	144.5	+0.5	-1.5	+2.0	+18.0	
7/21~7/31	2.5	-0.5	0.0	+0.5	0.0	
8/1~8/10	136.0	-17.5	+19.0	-5.5	-26.5	
8/11~8/20	12.5	-0.5	+3.5	-14.0	+17.5	
8/21~8/31	70.5	-8.0	-20.5	+9.0	+5.5	
9/1~9/10	17.5	+2.5	-3.5	-3.5	+2.0	
9/11~9/20	22.0	+0.5	+2.5	+7.0	0.0	
9/21~9/30	32.5	+1.5	-5.0	-14.5	+17.5	
10/1~10/10	39.5	0.0	-0.5	0.0	+1.0	
10/11~10/14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
合計	333.0	-22.0	-4.5	-21.0	+17.0	

1997年台風9号により山口県北部で発生した豪雨も著しい局地性が認められた(山本ほか, 1998)。

そこで雨量の局地性を理解するために、生徒が住む美川町内5カ所に2007年7月上旬から10月中旬まで簡易雨量計を生徒とともに設置した。これに加えて、雨量・浸水モニタリングシステム(山本晴彦研究室が設置)、気象庁アメダス(岩国, 広瀬)、山口県土木防災情報システム(生見川ダム)で取得した降水量のデータを用いて、2007年台風5号通過時の降水特性を中心として、解析した(白水ほか, 2007)。

2007年7月11日から10月14日に設置した簡易雨量計によって美川コミュニティセンターで観測された降水量を図1、表2には美川コミュニティセンターで測定した降水量を基準とした簡易雨量計の測定各地点での2007年7月11日から10月14日における旬別降水量の差異を示した。また生徒が解析を行った台風5号通過時の2007年8月2日、3日に観測された時間降水量の推移を図2に示す。

図1より、測定期間中に日降水量が、最も降水量が多かったのは、台風通過時の降水量であることが明ら

かになった。山本ほか(2007)の報告では、2005年9月6日の台風14号通過時には、広瀬アメダスで日降水量352mmを観測している。この2005年9月6日に観測された日降水量は、2007年台風5号通過時の日降水量と比較すると、およそ20倍に相当する激しい雨であることから、台風14号通過時における降水の激しさが伺える。

表2から台風5号通過期間を含む8月上旬を見ると、山元貯木場(美川コミュニティセンターとの距離は約1.8km)のみが、美川コミュニティセンターより19mm高い値を示していた。しかし、8月下旬をみると、山元貯木場が-20.5mmと美川コミュニティセンターを大きく下回る降水量が観測された。

また図2から簡易雨量計を設置した5地点のうち、美川根笠運動公園(美川コミュニティセンターとの距離は約4.5km)のみが降水のピーク時に他の地点と比較すると多くの雨量が観測された。岩国アメダス(美川コミュニティセンターとの距離は約22.0km)の雨量は、簡易雨量計を設置した美川町内の5地点を含む他の7地点の雨量と比較して低い値を示してい

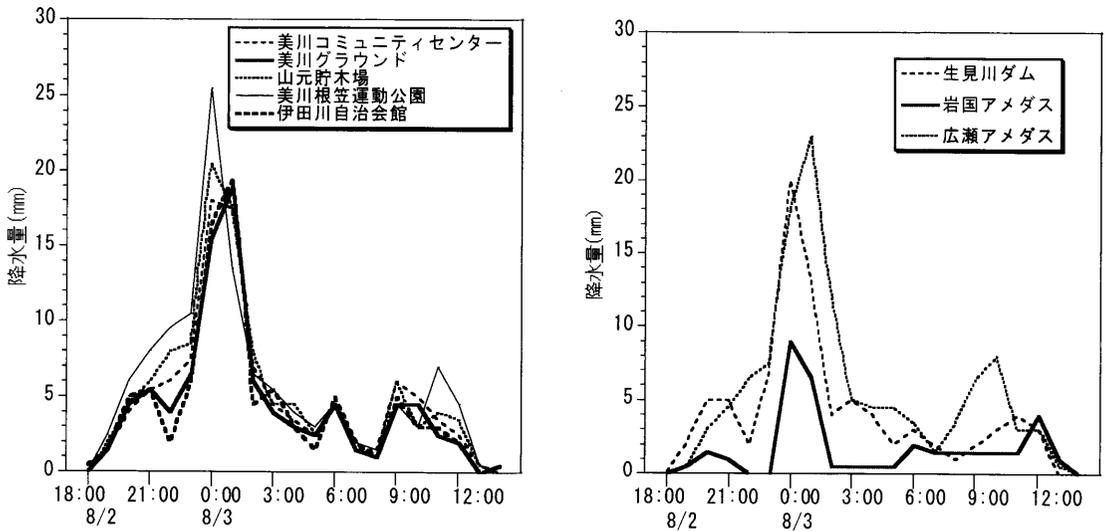


図2 2007年台風5号通過時の時間降水量の推移

た。簡易雨量計で雨量を測定した5地点のうち、美川根笠運動公園、山元貯木場と美川コミュニティセンターの3地点は、残りの2地点と比較すると降水のピークが早いことが明らかとなった。また広瀬アメダスで観測された降水のピークは他の地点と比較すると時間のずれが見られた。これは、台風5号が山口市を北上し、降水のピークもそれに伴い、北上したためと考えられる(気象庁, http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route_map/bstv2000s.html)。

このように降水の特徴の一つである局地性について、生徒が、筆者らと設置した簡易雨量計により、観測したデータ(台風5号通過時の2007年8月2日、3日における雨量を中心に)を用いて、山口大学のパソコン室で一人1台のパソコンを利用し、生徒が雨量の解析を実施した。解析の中で自分たちの住んでいる美川町にも、降水量の局地性が存在することを学習した。併せて、こうした気象情報の利活用に関して、山口県では本プログラムでも活用した『山口県土木防災情報システム』(<http://y-bousai.pref.yamaguchi.jp/>)を開発し、利用者に対して「雨量情報」、「水位情報」、「気象情報」、「洪水予報」など様々な防災情報を提供していることも紹介した。

2) 国土数値情報と気球空撮を用いて錦川流域の複雑地形を読む(8月31日実施)

錦川は、山口県で最大の流路延長(331.9 km)、流域面積(884.9 km²)を有しているが、美川町の上流の出

合において、最大規模の支流である本郷川と合流して大きく流れを変え、美川町南桑地区のある渓谷部を蛇行しながら、岩国市街地のある平野部へと流下する。こうした、大きな集水面積から流出した水が狭いV字谷を流れるという地形・水文の特徴は、美川町で水害が頻発する大きな要因の一つとなっている。そこでこの水防災学習プログラムでは、①鳥瞰図から錦川流域の集水域の確認、②中学校周辺の仮想流路網解析(DDM: Drainage Direction Matrix)、さらに③南桑地区周辺のV字渓谷の様子を気球空撮による上空からの画像で錦川流域の複雑地形を確認した。解析の①、②は市販されている地形情報である数値地図50 mメッシュ標高を使って、フリーソフト「カシミール3D」および「カシバード」を用いて集水域の確認を行った(白水ほか, 2007)。

自然災害の危険性を評価するには、広域的かつ客観的な経済的な調査が望まれる。そこで容易に取得可能な地形情報である国土地理院発行の数値地図50 mメッシュ標高(通称: 50 m-DEM)による自然災害の危険性評価の可能性が検討されている(太田, 2006)。またこのDEMを用いることで仮想流路網解析を行い、地形を把握する求める方法も利用されている(中山, 2000)。そこで、仮想流路網を生徒各人が作成し、美川中学校周辺の流路網の抽出を行った。流路網の解析により、美川中学校周辺の集水域が広いことを確認した。

さらに、錦川流域の複雑地形を生徒の目で確認してもらうために、市販デジタルカメラを用いた高性能・高解像度の利点をもつ山本ほか(2007)が開発した気球空撮システムを用いて、美川小中学校グラウンド上空 300 m から、南桑地区を撮影した(白水ほか, 2007)。

筆者らは、美川中学校の生徒から気球係留等の協力を得て、気球空撮システムで南桑地区の錦川上流部を撮影した。上空から撮影した画像により、美川町の地形は、水害が発生しやすい極めて急峻な V 字谷であることを、生徒とともに確認した。生徒からも、「集水域の解析を試しにやってみて、錦川がこんなに広い集水域があることを初めて知った。」「V 字谷だから錦川が氾濫しやすいと思った。」という声が聞かれた(白水ほか, 2007)。

このように、①鳥瞰図から錦川流域の集水域の確認、②中学校周辺の地形について流路網解析、③南桑地区周辺の V 字溪谷の確認を改めて行い、自分たちの住む美川町の地形を把握した。水谷(1985)も、地域住民が自らの土地の性格と災害の危険性について、共通の知識をもつことは、地域ごぞつての災害に強いまちづくりに役立つと過去の水害分析結果から提案しているように、過去に水害が多発した原因を知ることは重要である。

3) 高齢者への聞き取り調査による過去の水害調査 (9月6日実施)

美川町のように、過去に何度も水害を経験している災害常襲地においては、「災害文化を伝承することは地域防災力の向上につながる」と言われている(北原, 1999)。また高橋(2003)は、高齢者が災害弱者とは限らず、災害の経験者として知恵と知識のある人は多く、災害伝承の役割も果たすことができ、日頃から災

害時に避難の呼びかけや避難経路の指導、避難時の心構えなど何をしてもらえるかをリストアップして置く必要があると報告している。そこで過去の水害について認識を高めるために、地域に長く住み水害体験のある高齢者への聞き取り調査(図3)を実施した。今回は、生徒たちが効率的に聞き取りを行うために、表3に示したあらかじめ筆者らが考えた質問で、聞き取り調査を行った。

生徒が聞き取った結果の中で、地域の高齢者から、「ルース台風のときは、夜中が浸水のピークだった。」「キジア台風のときに風が強くて、屋根が飛んだ。」「堤防が必要だと感じた。」という声が聞かれた。また水害を経験した高齢者が、災害時に最も重要なこととして「人と人の助け合い」ということを挙げており、生徒も聞き取り調査を終えて、「地域で協力して、お年寄りとともに避難所に向かうようにしたい」と貴重な体験を聞くことができた(白水ほか, 2007)。このように、地



図3 高齢者からの聞き取りの様子(岩国市美川町高南桑, 美川小中学校共用体育館, 2007年9月6日撮影)

表3 生徒が高齢者への聞き取り調査に用いた質問表

質問項目	
過去の洪水	Q1 過去の洪水被害の経験について(いつ、どこで、どのような被害など)
	Q2 気象、洪水情報の入手方法(例えばテレビ、ラジオ、インターネットなど)
平成17年 台風14号に 関して	Q3 避難勧告や避難指示の伝達手段(例えば家族からの電話、広報車、防災無線など)
	Q4 避難を決めた、もしくは避難しなかった理由 (例えば避難勧告・指示、経験から自宅周辺が危険と思ったなど)
	Q5 避難所の学校で配布されたもの(例えば毛布、飲料水、食料など)
今後の 防災対策	Q6 気象情報、避難勧告等の情報の入手に関して改善が必要だと感じたこと (例えば情報伝達方法、インターネット環境の整備など)
	Q7 避難所の学校について改善が必要だと感じたこと (例えばエレベータの設置、トイレの洋式設置、手すりなど)
	Q8 災害の被害を受けて、今後各家庭や個人で出来ること (例えば非常食の準備、家庭での避難訓練)
	Q9 ルース台風や平成17年台風14号などの被害から今後生かせること
	自由記述 Q10 自由意見(水害や治水対策、避難情報、ハザードマップ等について)

域住民が将来の地域防災を担っていく子供たちに対して、過去の水害における被害状況と災害の危険性について伝承していくことは、子供たちの防災意識を高めることにもつながったと考えられる。水谷(1985)の報告から、かつての輪中のような水害常襲地では、過去の大水害の被害状況が、地域住民の共通知識として伝えられてきた。しかし、農村地域でも生活様式が都市化しており、災害経験の風化を食い止めるためにも、今後も水防災学習プログラムなどを活用して、地域住民が過去の水害に関して、共通の認識を持つ機会を提供することが必要である。

4) 水害の浸水痕跡を調べる (10月15日実施)

山口県岩国市でも、洪水ハザードマップが作成され、配布されている。しかし、朝位ほか(2006)が、2005年11月に岩国市を対象とした実施しているアンケート調査によると、「ハザードマップの有用性」に関する質問で、半数以上の人々が「ハザードマップを知らない」と回答しており、十分に周知されていない状況にある。そのため、浸水の危険性を理解する上で自分の住む地域の過去の水害における浸水痕跡を知ることは、重要である。錦川流域では、台風14号に伴い、記録的な豪雨に見舞われ、中流域に位置する美川町や下流域でも錦川の洪水によって、住家の浸水被害が発生した。

そこで岩国市美川町南桑地区における被災時の浸水分布を把握するために、生徒が自分の背丈と比較しながら、町内を歩いたり、浸水の程度の差を確認したりしながら美川町内を調査した。寺院や住宅(図4)には、2005年台風14号と1951年ルース台風時における浸水痕跡が共に残っており、過去二つの台風による水害の浸水状況を、住民から聞くことができた。図5には、今回作成した美川町南桑地区中心部における2005年台風14号事の最大浸水深マップを示した。ただし、図5は2次元的に浸水分布を示した。南桑地区

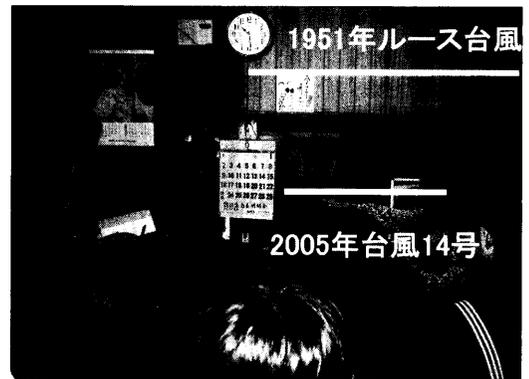


図4 浸水痕跡調査の様子(岩国市美川町南桑, 2007年10月11日撮影)

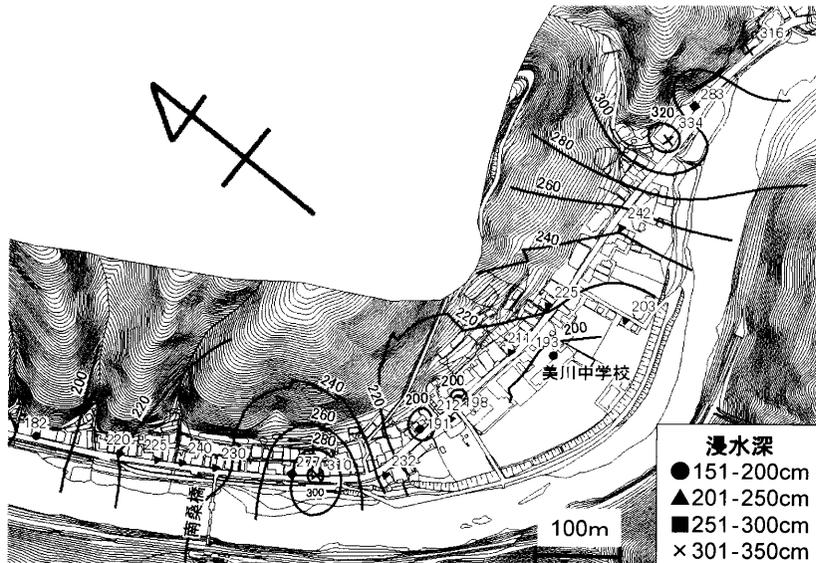


図5 2005年台風14号に伴う水害時の最大浸水深の調査結果(岩国市美川町南桑地区中心部, 2次元的分布)(白水ほか, 2007)

中心部(図5)では、200 cm以上の浸水深を記録している地点が多く、ルース台風時に208 cmの浸水深を記録した南桑中学校(現在の美川中学校)に匹敵していることが明らかになった(美川町, 1969)。

浸水痕跡調査を実施する過程で、生徒が地域住民との直接対話を行うことができ、防災意識の共有にもつながったものと考えられる。さらに、今後もルース台風など過去に甚大な被害をもたらした水害に関しても、生徒や地域住民とともに浸水痕跡の調査・分析を継続的に実施することが必要である。こうした調査・分析の積み重ねが、美川町における水害時の傾向を把握することにつながり、安全な避難路の整備や避難所の選定にも有効であると考えられる。

5) 避難所調査による改善・改良の提案(10月15日, 27日実施)

(1) 水害時における避難所の実態

牛山(2006)によると、2004年7月の新潟・福島豪雨災害では避難所に指定されている公共施設が各地で浸水し、避難者が孤立した状況が新聞等で数多く報じられてきた。このように、これまで避難指定場所等の豪雨災害に対する危険性は必ずしも十分に検討されていなかった問題がある。

美川町においても、台風14号時の南桑地区の錦川沿いの美川小中学校共用体育館(2005年当時は避難指定場所)において、110 cmの浸水被害が生じた。本体育館は美川町が避難所に指定しており、本台風時にも住民約50人が避難していたが、浸水が予測されたため、風雨の中を隣接する小学校の2階と3階の校舎に移動することとなった。現在では美川小学校の2階に避難指定場所が変更となっている(白水ほか, 2007)。こうした経緯を踏まえて、災害に備えて、避難場所の安全を再確認することが重要となる。

(2) 避難所の環境を調べる

避難所の実態調査を、美川中学校の生徒と筆者らが共同で実施した。調査方法としては、図6のように美川中学校の生徒と指定されている避難場所に行き、岩国市職員の方から災害時の状況や問題点に関して説明を受け、避難所の実態調査を実施した。なお、時間の都合で、美川小学校、美川コミュニティセンターのみ生徒と共同で調査を行い、残り3カ所については、筆者らが調査を行い、調査結果を示した表4を美川中学校の生徒に提供した。調査時に部屋の広さについては、巻尺を用いて測定し、避難所の資料から収容人数、設備など避難所に必要な条件を調査した。また入り口のスロープなど、バリアフリーの構造や階段の高さや段数もメジャーを用いて、計測した。また避難時に最も問題となりやすいトイレについても、各階男女別に分けて、洋式和式の違いや数にも注意しながら、調査を実施した。物品に関しては、非常用物資が保管されている箱を開けて、一つずつ確認した(白水ほか, 2007)。

表4には美川町における避難所調査の結果を示した。表4から収容人数が最も多いのは、美川コミュニティセンターで130名であった。逆に最も収容人数が少ないのは、渡里自治会館で20名であった。避難所のスペースは、平均すると一人当たり2.2 m³である。

トイレについては、美川コミュニティセンターは各階男女に洋式も一つずつあった。しかし美川小学校にはトイレの数は多いが、1階のみに洋式が男女一つずつしかなく、2階に洋式はなかった。浸水時には小学校1階の洋式トイレが使用不可能になることも考えられることや、2階が避難指定場所であるため、2階にも洋式を備える必要がある。避難所などでトイレに支障があると、被災者は水分摂取を控える傾向がある。これにより、特に高齢者は体調を崩し、災害によ



図6 避難所調査の様子(左図: 岩国市美川町大字四馬神, 右図: 岩国市美川町南桑, 2007年10月11日撮影)

表 4 美川町内 5 カ所における各避難所の調査結果（白水ほか，2007）

分類	事項	美川小学校	美川基幹 集落センター	美川コミュニテイ センター	みかわ 保育園	美川林業 センター	渡里自治 会館
空間	収容人数	不明	70名	130名	80名	70名	20名
	広さ(洋室)	156㎡	136㎡	221㎡	172㎡	147㎡	なし
	広さ(和室)	8畳	12.5畳	16畳	なし	12畳	20畳
	浸水想定区域	○	○	○	×	×	×
	ベッドの収容	×	○	○	×	○	×
設備	暖房設備	○	○	○	○	○	○
	冷房設備	×	○	○	×	○	○
	発電機	×	○	×	×	○	×
	防災無線	○	○	○	○	○	○
構造	スロープ	×	○	×	×	○	×
	男子トイレ(1階)	小5+洋1+和1	小2+和1	小4+和2+洋1	小4+和3、 和1(大人用)	小2+和1 和1+車イス1	小1+和1
	女子トイレ(1階)	和3+洋1	和1+洋1	和3+洋1			
	男子トイレ(2階)	小5+和2	小2+和1	小4+和2+洋1	小1+和2	小4+和2	なし
女子トイレ(2階)	和4	和2	和3+洋1		和3		
物品	パソコン	○	○	○	○	○	×
	ファクシミリ	○	○	○	○	○	×
	テレビ	○	○	○	○	○	×
	仕切り板	×	×	○	×	×	×
	毛布	○	○	○	○	○	○
	炊き出し用燃料	×	×	○	×	×	○
	消毒液	×	○	○	×	○	○
常備薬	×	○	○	×	○	×	

る 2 次被害を生じかねない。飲み水を確保することに加え、トイレも確保することが極めて重要である。さらに避難所の和室については、各避難所とも 10 畳前後しかなく、災害時要援護者が快適に避難生活を送るためには、足腰に負担が少なく日ごろから馴染み深い畳が必要であり、和室も増設する必要があると考えられる。浸水想定区域については、美川小学校、美川基幹集落センター、美川コミュニティセンターが指定されているが、避難所に指定できる場所が限られるため、指定された。

また避難所の入り口にスロープの構造を備えていたのは、美川基幹集落センター、美川林業センターの 2 カ所のみであった。それ以外は入り口に数段の階段があり、歩行等に障害がある者や高齢者にとっては自力では避難しにくい構造であると言える。例えば美川小学校の入り口には 12 cm×3 段の階段と玄関に 12 cm の段差があった。すべての避難所において点字ブロックはなかった。物品については、渡里自治会館を除き、すべての避難所にパソコン、ファックスなどの情報機器があり、寒さ対策となる毛布は調査対象すべての避難所にあることが明らかになった。

渡里自治会館では、外部から情報を得る手段が防災無線しかなかった。災害時に避難している人々が情報を得られないことで不安を感じる人も出てくる可能性もあることから改善していく必要があると考えられ

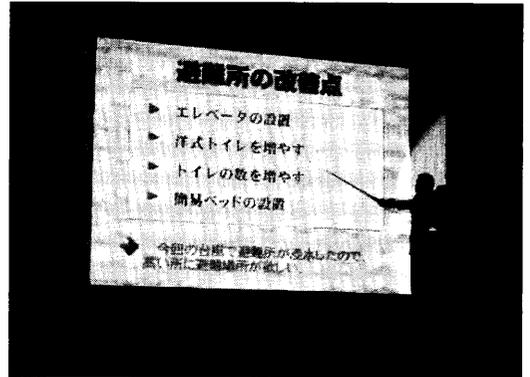


図 7 美川中学校の文化祭での避難所改善点の紹介（2007 年 10 月 27 日撮影）

る。

各避難所において空間、設備、構造、物品に関する調査結果として、避難所によって様々な差異が見られたことから、これらの施設等を早急に改善する必要がある。

(3) 避難所の改善・改良の提案

10 月 15 日に実施した調査結果を踏まえ、10 月 27 日に実施された美川中学校の文化祭で、水防災学習プログラムのまとめの発表が行われ、その中で避難所の改善・改良の提案が行われた（図 7）。なお、美川中学校の生徒が文化祭の事前準備を行うために、水防災学

習プログラムで使用した資料や得られたデータのすべてを提供した。文化祭で発表された生徒の意見として、「2005年台風14号では避難所が浸水していたため、高いところに避難場所が欲しい.」、「トイレの洋式化・バリアフリー、点字ブロックなど体の不自由な人への設備を設ける必要がある.」といった提案がなされた。

また美川町では、高齢化率が50%を超えていることから、特にバリアフリーなど高齢者に着目した提案が、生徒から行われた。今後はこれらに加えて、十河ほか(2002)が実施した2000年有珠山噴火で利用された避難所の実態調査から、避難所開設直後に避難者の人数分を確保することが難しい毛布などの資機材については備蓄を行う必要があること、暖房や電気容量に関しては、避難者を想定した必要量を算出しておくことも必要であると提言されている。

4. 水防災学習プログラム後に実施した生徒対象アンケート調査

1) アンケート調査の目的と方法

筆者らは、学習活動に参加した美川中学生の生徒(全校生徒25名、回答数25)と活動に参加していない岩国市立御庄中学校(美川町から錦川下流約10kmに位置し、美川町と同様に2005年台風14号による家屋の床上浸水等の甚大な水害を受けた地域を校区の多くの部分が占める)の生徒(各学年1クラスずつ66名、回答数40)を対象に、アンケート調査による水防災学習プログラムにおける興味・関心の喚起、知的探究心の育成等の効果について、分析を実施した。また、アンケート調査から甚大な水害を受けた地域にある上記の二つの中学校を比較して、本活動の効果を定量的で客観的に評価した。解析には、SPSSソフト

(ver.13.0J)を用いた。

2) アンケート結果

表5には、水防災学習プログラム後に岩国市立美川中学校、岩国市立御庄中学校の生徒を対象に実施したアンケートの質問項目と各中学校における正答率(()内の数値は美川中学校と御庄中学校の差異を示している)を示した。質問1から質問9については、本プログラムで実施した内容に関して、美川町に水害をもたらした原因や降雨の特徴など、理解度の確認を選択式で行った。質問10から質問12については、災害・防災に関して、例えば災害ボランティアをしてみたいかどうかなど興味や関心を質問した。

美川中学校の生徒は質問2、質問6、質問7、質問8については正答率が100%であった。特に正答率に大きな差が見られた「岩国市や美川町で2005年の大水害に遭った月について」(質問1)、「1951年に錦川の洪水により大水害をもたらした台風の名前」(質問6)については、2005年に台風14号で被災した日である9月6日に高齢者への聞き取り調査による過去の水害調査を行ったことが、高い正答率につながったものと考えられる。このように、質問1から質問9で水害の原因等に関して、質問を実施し、すべての項目について、本プログラムを実施した美川中学校が高い正答率を示していた。

一方で、御庄中学校の生徒も高い正答率を示した質問2、質問3、質問5は、雨量測定の場合など気象要素に関するものであった。また「自分が避難する「避難所」を知っているかどうか」(質問9)に対する正答率も高かった。これは、御庄中学校の校区も台風14号などの水害に遭っていることから避難所を知っているものと考えられる。今後は、御庄中学校の校区においても、過去の水害被害の教訓を風化させないために水

表5 水防災学習プログラム後に岩国市立美川中学校、岩国市立御庄中学校の生徒を対象に実施したアンケートの質問項目と各中学校における正答率(()内の数値は美川中学校と御庄中学校の差異を示している)

質問項目	美川中学校(%)	御庄中学校(%)
質問1 岩国市や美川町で2005年の大水害に遭った月について	92 (+42)	50
質問2 その水害は、何によって発生したか	100 (+5)	95
質問3 どこで雨量が測定されるか	96 (+8)	88
質問4 岩国市で1年間に降る雨の量(雨量)について	68 (+30)	38
質問5 強い雨(豪雨)が降るときの特徴について	92 (+14)	78
質問6 1951年に錦川の洪水により大水害をもたらした台風の名前	100 (+65)	35
質問7 水害の被害を減らす方法として間違っているもの	100 (+30)	70
質問8 錦川の水害が発生しやすい原因	100 (+37)	63
質問9 自分が避難する「避難所」を知っているかどうか	92 (+8)	80
質問10 避難について、家族と話し合いをしているかどうか		
質問11 水害の体験について、家族やお年寄りから聞いた経験について		
質問12 災害時に、災害ボランティアをしたいかどうか		

防災学習プログラムで実施した避難所調査などを行っていくことが重要である。

図 8 には、避難に関して家族と話しているかどうか(質問 10)、水害の体験に関して、家族・親せきやお年寄りから聞いた経験(質問 11)、災害時にボランティアをしてみたいかどうか(質問 12)に対する回答結果をそれぞれ示した。美川中学校の生徒のほとんどが、過去の水害体験について身近な人から話を聞いていることが明らかになった。また御庄中学校の生徒も

2005 年台風 14 号時に被害に遭っていることから、本プログラムを実施していないにも関わらず、半数以上の生徒が、過去の水害体験について身近な人から話を聞いていることが明らかになった。自由記述欄にも、「水防災学習プログラムがきっかけとして家族で台風などの災害についてよく話をするようになった」と記述されており、本プログラムによって、美川中学校の生徒やその家族における防災意識の向上につながったことが示唆された。

また質問 12 に関しては、美川中学校は災害時に災害ボランティアを「してみたい、少ししてみたい」という回答が 100%であり、自分たちの被災経験を生かして防災に貢献したいという高い意欲が示された。この防災意識の高さは、美川町が 2005 年台風 14 号により被害に遭ったことに加えて、本プログラムにより普段接することの少ない地域の高齢者から過去の被災体験を聞いたことで自力では避難できない高齢者等の災害時要援護者の避難支援を行いたいという意欲の高さでもあると考えられる。

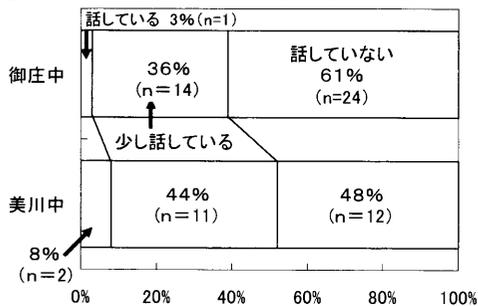
防災に関する興味や関心を確認した質問 10 から 12 についても、美川中学校が御庄中学校と比較して、防災に関する興味や関心が高いことが示唆された。これらのアンケート結果から、美川中学校の生徒が、災害・防災に関する理解度や興味関心ともに高い値を示していたため、有効な学習プログラムである可能性が示唆された。

5. まとめ

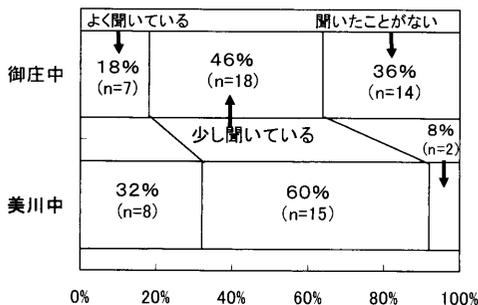
最初に述べたように、これまでの防災教育には、教科書がなく、授業の先行きがみえにくいことや、持続可能なものになりにくいといった課題が挙げられている。また防災教育の目標は、子どもたちが、災害発生時に自分の命を守るという防災意識を高めていくことである(藤原・大西, 2002)。

本プログラム後に、実施したアンケート調査により、美川中学校の生徒が災害・防災に関する理解度や興味関心ともに高い値を示していたことから、本プログラムは防災教育としての有効性が示唆された。これは、美川中学校の生徒が、2005 年台風 14 号により被害を受け、災害に対する意識が高かったことや全校生徒 25 名に対して、TA を含めた山本晴彦研究室 8 名が、丁寧に生徒の質問等に対応することができたことも要因と考えられる。本プログラムでは、山田(1998)が述べているように、知識の一般性に配慮しつつ、主

避難に関して家族と話しているかどうか(質問10)



水害の体験に関して、家族・親せきやお年寄りから聞いた経験(質問11)



災害時に災害ボランティアをしたいかどうか(質問12)

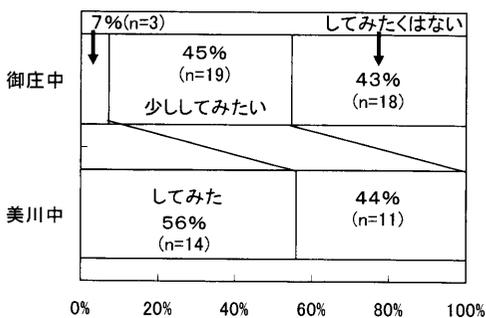


図 8 災害・防災に関する興味や関心(質問 10, 質問 11, 質問 12)に対する回答結果

体的判断や行動を促すために、講義を受けるだけでなく、講義や実習を通じて学習した成果を、生徒自身が発表する場を作り、充実感を持てるように心がけた。

また、表1に示したように、講義の説明に用いたパワーポイントを中心とした講義資料(教科書)、観測機器の整備を行ったことにより、今後も同様な他の水害常襲地において、本プログラムを実施につながる目処が立った。

地域防災力の向上という観点からも、水防災学習プログラムは、美川中学校の生徒に加え、地域住民や高齢者の方々からの協力が、過去の浸水痕跡調査や過去の水害調査など多くの場面において得られた(白水ほか, 2007)。そのため、本水防災学習プログラムを地域への防災意識啓発や交流、災害文化の伝承活動のきっかけとして、さらに過去の災害に関して分析、避難所実態調査と改善などの防災活動を行っていくことで、美川町における、地域防災力の向上につながっていくと考えられる。

しかし、水防災学習プログラム実施において、改善が必要な部分として、災害時には、より広い分野の知識が必要であるため、効率的に実施内容を増やしていくことも必要と考えられる。そのため今後は、筆者らの所属する研究室だけではなく、医療、福祉等幅広い分野の専門家の方々に協力を求めていくことで、さらに意義のある水防災学習プログラムの実践につながるものと考えられる。また、継続的な取組を目指すための課題として、防災教育に携わる人材(担い手・つなぎ手)の育成等を支援していくことも挙げられる。

今後は、本水防災学習プログラムの経験や改善が必要な点を踏まえ、今回作成した講義資料(教科書)や観測機器を用いて、他の水害常襲地、特に九州や山口県を中心として、水防災学習プログラムの実践を積極的に行い、安心して安全なまちづくりに継続的に貢献していきたい。

謝辞 本研究は、平成19年度サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト事業「水防災学習プログラム—最新の観測技術と防災情報を理解し、自らが地域を水害から守るプランをつくる—」, 第4回防災教育チャレンジプラン「水害常襲地における水防災教育プログラムの開発と実践」として実施した。岩国市立美川中学校、岩国市立御庄中学校をはじめ地域住民の方々にご多大なご協力をいただいた。ここに厚く謝意を

表します。

引用文献

- 朝位孝二・榊原弘之・村上ひとみ・木谷洋平・伊藤弘之・諏訪宏行(2006): 台風0514号による錦川の洪水に関するアンケート調査. 第58回平成18年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集, 93-94.
- 藤原祥子・大西一嘉(2002): 兵庫県・神戸市におけるこどもの防災教育. 日本建築学会近畿支部研究報告集, 669-672.
- 藤岡達也(1999): 沖積平野における河川環境と水害・治水に関する教材化について—大阪府河内平野を例として—. 地学教育, 52, 11-21.
- 東山真理子・山本晴彦・岩谷 潔(2006): 2005台風14号(NABI)による山口県美川町で発生した水害に関するアンケート調査. 自然災害科学西部地区部会報・論文集, 30, 65-68.
- 川村教一(2003): 研究者を講師とした地震分野における校外学習, サイエンス・パートナーシップ・プログラム事業による高校地学IBの特別講義として. 地学教育, 56, 113-121.
- 北原糸子(1999): いま, なぜ災害社会史か? (災害の人文社会科学との連携を求めて). 自然災害科学, 18(1), 9-14.
- 越村俊一・後田紘一・今村文彦(2006): 津波災害を生き延びるための防災教育の現状と課題(〈特集記事〉防災教育のフロンティア). 自然災害科学, 24, 369-376.
- 美川町(1969): 美川町史, 630 p.
- 三次徳二・林 慶一(2003): SPP特別講義の課題と実践に基づく解決法の提案. 地学教育, 56, 149-165.
- 三浦 巡(2001): 舞子高等学校における防災教育: 「総合的な学習の時間」における防災教育の取り組みと環境防災科の設置について. 教職教育研究—教職教育研究センター紀要—, 関西学院大学教職教育センター, 6, 87-94.
- 水谷武司(1985): 水害に備えるための参考事項. 過去の水害の分析結果から防災科学技術研究資料, 98, 1-48.
- 中山大地(2000): 細密DEMに関する研究展望. デジタル観測手法を統合した里山のGIS解析. 東京大学空間情報センター公開シンポジウム, 31-34.
- 太田岳洋(2006): 数値地図50 mメッシュ(標高)による三浦半島における斜面崩壊地の地形的特徴に関する検討—50 m-DEMによる自然災害評価の限界と期待—(〈特集〉応用地質における地形情報の活用). 応用地質, 46, 331-340.
- 白水隆之・東山真理子・高山 成・岩谷 潔・山本晴彦(2007): 水防災学習プログラムによる中学生の講座型学習活動の展開—平成19年度サイエンス・パートナーシップ・プロジェクトを事例として—. 中国・四国の農業気象(農業気象学会中国四国支部会要旨集), 20, 38-41.
- 十河哲也・南 慎一・竹内慎一(2002): 避難所における保全に関する研究, 2000年有珠山噴火による避難所利

- 用の実態調査. 2002 年度大会 (北陸) 学術講演梗概集, 281-282.
- 諏訪清二 (2006): 阪神・淡路大震災の教訓を生かした新たな防災教育 (〈特集記事〉防災教育のフロンティア). 自然災害科学, **24**, 356-363.
- 高橋 裕 (2003): 災害情報学への大いなる期待. 災害情報, **1**, 16-17.
- 牛山素行 (2006): 豪雨災害の多発が市町村の防災体制改善に及ぼす影響. 災害情報, **4**, 50-61.
- 渡辺嘉士・榊原保志 (2002): 前線の通過に伴う天気変化の学習におけるアメダスデータの面的活用. 地学教育, **55**, 203-217.
- 山田俊弘 (1998): 授業「濃尾地震をめぐる人々」を実施して—地学史と地震史を STS 教育の視点から教材開発する試み—. 地学教育, **51**, 29-39.
- 山口県 (2005): 平成 17 年台風 14 号災害記録, 20 p.
- 山本晴彦・早川誠而・岩谷 潔 (1998): 山口県北部における 1997 年台風 9 号の豪雨特性と農業災害. 自然災害科学, **17**, 3-16.
- 山本晴彦・岩谷 潔・東山真理子 (2007): 2005 年台風 14 号 (NABI) による豪雨と山口県錦川流域における洪水災害の特徴. 自然災害科学, **26**, 55-68.

白水隆之・山本晴彦・高山 成・岩谷 潔: 中学生に対する水防災学習プログラムの開発と実践—2005 年台風 14 号で被災した山口県美川町を事例として— 地学教育 62 巻 1 号, 21-32, 2009

〔キーワード〕水防災学習プログラム, 水害常襲地, 中学生, 防災教育

〔要旨〕本研究では, 水防災学習プログラムの開発と実践を目的として, 水害常襲地である岩国市美川町の岩国市立美川中学校を対象に水防災学習プログラムの開発と実践を行った. 本プログラム後に実施したアンケート調査の結果が, 災害・防災に関する理解度や興味関心ともに, 高い値を示していたことから, 防災教育としての有効性が示唆された.

Takayuki SHIROZU, Haruhiko YAMAMOTO, Naru TAKAYAMA and Kiyoshi IWAYA: The Development and the Practice of Learning Program for Prevention of Flood to Junior High School Students—A Case Study of Mikawa Town, Yamaguchi Prefecture Stricken by Typhoon 0514—, *Educat. Earth Sci.*, **62**(1), 21-32, 2009

お 知 ら せ

第 48 回（平成 21 年度）下中科学研究助成金募集

財団法人下中記念財団では第 48 回下中科学研究助成金を募集いたします。

下中科学研究助成金は、学校の先生方の教育のための真摯な研究を助成し、その発展を願うためのものであり、平凡社創業者である故下中弥二郎翁が生前その制定を念願した教育奨励賞の意味をもつものであります。従来より、自然科学および科学教育に関わる研究を重視していますが、広く教育全般にかかわる今日的課題を取り上げたものも期待しております。

応募資格：全国小・中・高校の教員（教育センター、盲・聾・養護学校を含む）

対象分野：算数・数学、理科教育、物理、化学、植物、動物、地学・天文、農業・農学、工業・工学、水産、技術・家庭、道徳、国語、外国語、社会科、芸術、教育般、保健体育、特別活動、環境教育、情報教育、国際理解教育、特別支援教育、総合学習、生活

助成金：1件当たり 30 万円。総額 900 万円。

応募締切：平成 21 年 12 月 10 日

お問い合わせ先：

〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-7 伊東ハムイ 301

財団法人下中記念財団『下中科学研究助成金』係

Tel 03-5261-5688

Fax 03-3266-0352

URL <http://www.shimonaka.or.jp/>

E-mail info@shimonaka.or.jp

第 53 回粘土科学討論会

主 催：日本粘土学会

共 催：資源・素材学会、資源地質学会、ゼオライト学会、地盤工学会、日本化学会、日本火山学会、日本鉱物科学会、日本セラミックス協会、日本セラミックス協会原料部会、日本第四紀学会、日本地学教育学会、日本地球化学会、日本地質学会、日本土壌肥料学会、日本熱測定学会、日本ペドロロジー学会、農業農村工学会、岩手大学工学部（予定）

会 期：2009 年 9 月 10 日（木）～11 日（金）

会 場：岩手大学 学生センター棟および人文社会科学部 5 号館

〒020-8550 岩手県盛岡市上田三丁目 18-8

講 演：A. 一般講演：口頭発表、ポスター発表、提案型セッション

B. 特別講演：齋藤徳美（岩手大学 副学長）予定

C. シンポジウム

参加登録料：会員（共催学会員を含む）3,000 円、学生会員 1,000 円、非会員 5,000 円

講演要旨集代：3,000 円

問合せ、討論会・懇親会申込先、講演要旨送付先：

〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3-5

岩手大学大学院工学研究科フロンティア材料機能工学専攻

第 53 回粘土科学討論会実行委員会 成田榮一・平原英俊・會澤純雄

TEL. & FAX. 019-621-6331 または 019-621-6333

E-mail: aisawa@iwate-u.ac.jp

~~~~~  
学 会 記 事  
~~~~~

第4回 常務委員会議事録

日 時：平成20年12月5日(金)午後6時15分
～午後8時20分

場 所：日本教育研究連合会 小会議室

出席者：牧野泰彦・馬場勝良・渋谷 紘・松川正樹・濱田浩美・内記昭彦・高橋 修

議 題：

1. 前回議事録の承認

前回(第3回常務委員会)議事録の承認がなされた。今後、常務委員会議事録に関しては、常務委員会での承認を得ずに、電子メール上で各常務委員によって承認を経た後、「地学教育」評議員、およびホームページ上で公開することになった。

2. 平成21年度以降の大会について

三重大会は平成21年8月22日(土)～25日(火)に、「地学教育と新学習指導要領」を大会テーマとして開催される予定である。次号(62-1)「地学教育」に三重大会第1次案内を掲載予定。平成22年度以降の大会開催地については現在検討、問い合わせ中である。

3. 各種委員会の設置について

広報委員会の設置について議論され、その主な役割として学会ホームページの運営・管理を行う委員会として承認された。委員は5～6名で構成、委員長を互選により選出する。今後、その他の委員会についても委員会の整理を行い、新設が予定されている将来構想委員会(仮称)の設置など、委員会の新設の場合には常務委員会での審議の後、設置および委員の委任をすることになった。

4. 入会者・退会者について

今回は入会者1名、退会者1名が承認された。12月5日現在で、名誉会員6名、正会員585名、学生会員19名、在外会員8名。

入会者：澤田結基(茨城)

退会者：川野良信

5. その他

1) 日本地球惑星科学連合キャリアパス支援委員会への委員の推薦について

学会ホームページ上で公募、常務委員会での審議を経て委嘱することになった。

2) 地学教育功労賞(仮称)・渡部景隆奨励賞(仮

称)について

地学教育功労賞および渡部景隆奨励賞の細則案および内規改訂案について検討した。

報 告：

1. 各種常置委員会から

松川正樹編集委員長より、61-6号の進捗状況について報告があった。

2. 寄贈交換図書

- ・日本理科教育学会：理科の教育, 57, 11
- ・日本理科教育学会：理科の教育, 57, 12
- ・日本地理教育学会：新地理, 56, 2
- ・産業技術総合研究所地質調査総合センター：地質ニュース, 650
- ・産業技術総合研究所：産総研 TODAY, 8, 10
- ・東京地学協会：地学雑誌, 117, 4
- ・熊本地学会：熊本地学会誌, 149
- ・出川通：理科少年が仕事を変える、会社を救う。彩流社。
- ・シンセオロジー編集委員会：Synthesiology, 1, 3.
- ・東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科：学校教育学研究論集, 18

2. その他

- 1) 日本地学教育学会東京大会の会計報告が、松川正樹大会実行委員長からあった。大会報告は次号「地学教育第61巻第6号」誌に掲載予定。
- 2) 本年度の日本教育研究連合会「教育研究表彰」に、秦明德評議員を推薦、受賞したことの報告が庶務からあった。
- 3) 地球惑星科学連合第9回(拡大)評議会の報告が、馬場勝良副会長からあった。地球惑星科学連合は法人化され、その定款案などについても報告がされた。
- 4) 第91回教科「理科」関連学会協議会(CSERS)および第13回教科「理科」関連学会協議会(CSERS)シンポジウムの報告が馬場副会長からあった。次回から、内記昭彦委員が教科「理科」関連学会協議会(CSERS)に、本学会からの委員として馬場副会長に加わって参加する。
- 5) 理科教育協会の報告が牧野会長からあった。理科教育協会として理科予算の増額要求を文部科学省に対して行うことが報告された。

編集委員会より

投稿論文のペースが落ちており、また査読に時間のかかるものが多いため、なかなか掲載に至る論文がそろわない状態です。

投稿される前に何方か信頼できる方に読んでいただきアドバイスをもらえれば、それだけでも受理の確率を上げ、掲載までの時間も大きく短縮できるかと思えます。

皆様のご投稿をお待ちしています。

地 学 教 育 第 6 2 卷 第 1 号

平成 21 年 1 月 25 日印刷

平成 21 年 1 月 30 日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会
発 行 者 代 表 牧 野 泰 彦

〒263-8522

千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33

千葉大学教育学部理科教育教室内

電話 & FAX 043-290-3682 (濱田)

振替口座 00100-2-74684

印 刷 所 株式会社 国際文献印刷社

169-0075 東京都新宿区高田馬場 3-8-8

電話 03-3362-9741~4

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 62, NO. 1

JANUARY, 2009

CONTENTS

Original Article

Incipient Scientific Thinking in Five-year-old Children Playing with Mud and Sand
.....Takahiro KATO... 1~ 8

Practical Article

A Teaching Material of Radio Astronomy for Undergraduate Students, Using the
Emission Lines of the Ammonia Molecule at 23-24 GHz
.....Tomoka TOSAKI, Nario KUNO, Aya HIGUCHI, Tomofumi UMEMOTO,
Shuro TAKANO and Tsuyoshi SAWADA... 9~20

Survey Reports

The Development and the Practice of Learning Program for Prevention of Flood to
Junior High School Students
—A Case Study of Mikawa Town, Yamaguchi Prefecture Stricken by Typhoon
0514—
.....Takayuki SHIROZU, Haruhiko YAMAMOTO,
Naru TAKAYAMA and Kiyoshi IWAYA...21~32

Information (33)

Proceeding of the Society (34)

All communications relating this Journal should be addressed to the
JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION

c/o Faculty of Education, Chiba University; Chiba-shi 263-8522, Japan