

幼児・児童における空気概念の 発達・学習に関する概観（その3）

—「空気の存在」に関する理科・生活科教科書や 科学読み物と認知発達研究の照合—

永盛 善博

空気は、周囲のどこにでもある一方で、直接観察できないという二面性を持ち、科学教育において「具体と抽象の架け橋」となる重要な存在と考える。そこで本論文では、子どもの空気概念の発達・学習に関する示唆を得ることを目的に、生活科や理科の教科書、科学の読み物における空気の存在に関する記述内容を検討した。その結果、これらの書籍においては「みんなのまわりに」「どこにでも」「いっぱい」空気が存在するといった記述がなされていることを確認した。くわえて、これらの記述について認知発達研究の知見との照合を行い、これらの記述だけでは、子どもが持つ「蓋のついたものの中には空気はない」「蓋や封をはずすと空気が煙のように出ていく」といった科学的には誤った考えの発生原因はわからないこと、そしてこういった誤った考えが、子どもの認知の特徴に即することを意識した書籍や実践からも生じうる可能性を指摘した。

1. はじめに

本論文は、先行する2つの論文に続く、第3のものである。第1論文では、幼児・児童が持つ空気概念に関する認知発達研究を概観した。その結果、空気が持つさまざまな性質（圧縮できる、物を動かすなど）のうち、認知発達研究では、最も基本的な「空気の存在」（我々の周囲に空気が存在していること）に関する研究が中心であること、そして複数の研究において、幼児や、小学校低学年の児童が持つ空気概念は、それ以降のものとは異なっていることが示された。より具体的には、小学校低学年までの子どもは、密閉されていない空間からは空気が煙のように漏れていくと考えたり、呼吸や運動によって空気が生み出されると考えたり、空気は場所を全く占めないと考えたりしていることなどである（永盛, 2013）。つづく第2論文では、過去の学習指導要領で取り扱われた内容の変遷や内容の取り扱い順序をたどり、学習指導要領の版によって取り扱う内容の違いはあるものの、内容間の取り扱い順序は一定であること、そしてそれらが認知発達研究の結果とおおむね一致することを確認した（永盛, 2014）。

この流れを受け、本論文では以下の点を検討することを目的とする。まず学習指導要領よりも子どもにとって身近で、実際に子どもが接することになる理科や生活科の教科書、科学読み物などで、空気についてどのように取り扱われているかを概観する。特に、認知発達研究との関連から、「空気の存在」の取り扱われ方に焦点を絞る。その上で、認知発達研究の知見と、これらの書籍内での記述内容との照合を行う。

先行する2論文に共通する点として、空気概念が子どもの思考を「具体と抽象をつなぐ架け橋」であることが確認されている。空気は、身の回りにあり、風を感じることができるという点では身近である。一方で、目に見えないなど直接観察不可能な存在であり、袋の中に入れて閉じ込めるなどして、袋を潰そうとしてもつぶれないといったことから間接的にその存在を推測しなければならない。また、発達の側面から見ると、小学校3、4年生頃に9、10歳の壁を迎えるとされる。これは、それまでの具体的な物事に関する思考から、抽象的な物事に関する思考への発達の際に見られる学習の困難であり、つまずきの一要因ともなっている。空気概念は、身近でありつつ直接観察できないという具体性と抽象性の二面性を併せ持った存在として、この壁を越える適当な道具となりうるのではないかと著者は考えている。来栖・高瀬(1990)は「空気教材は、児童を科学の世界に導く優れた教材である」(p.17)と述べており、著者と同様の指摘を行っていると思われる。

この「抽象と具体の架け橋」という特徴を踏まえると、空気概念は理科学習において重要で固有の役割を果たすことになる。したがって、子どもが目にする教科書や読み物においては、空気に関して子どもが理解しやすいように記述されていることが期待される。理解しやすいという場合、平易な表現や図表などの工夫もあるが、子どもの認知の特徴を踏まえていることも重要であろう。教科書や読み物の目的によっては、考える力を養うため、子どもが疑問を持つような記述の工夫がなされている場合もあるだろう。しかし、子どもの認知の特徴からかけ離れているのでは、疑問を持つことすら難しい。小谷・長瀬(2013)は「低学年の児童の発達特性に適応かつ特化した低学年教育を構築していく必要がある」(p.23)と述べており、教科書や読み物においても、子どもの認知の特徴を踏まえた記述がなされることが必要であると言える。

教育の側面で見ると、幼児や小学校低学年にも科学教育を推進する動きがある。小学校低学年で理科がなくなって生活科が加わり、空気の存在の取り扱いがなくなっている中での動きである。空気に関して言えば、小谷・長瀬(2013)は、低学年科学教育プログラム「かがく」というものを提唱し、実際に実践を行っている。また、大貫(2014)は活動マップというものを考案して幼児の科学活動の萌芽を捉えようとしている。この点においても、子どもが触れる教科書や読み物は、子どもの認知に即したものであることが期待される。

以上のような点から、本論文では、教科書や読み物内での取り扱われ方を確認し、認知発達研究との照合を行うこととする。

2. 現行の生活科教科書、理科教科書での取り扱われ方

ここでは、現行の生活科教科書や理科教科書を数種取り上げ、「空気の存在」についてどのようなことが記されているかを確認する。前論文(永盛, 2014)で見たよう

に、学習指導要領にはいくつもの版があり、教科書もその要領に準じた内容となる。前論文との対応で考えれば各学習指導要領に対応した教科書を検討するところであるが、これまでの教科書が入手困難であったため、本論文では現行の教科書の分析のみ行う。

今回入手した教科書のうち、空気や風を取り扱っていたのは表1・2である¹。これらのうち、本論文の対象である「空気の存在」に関連があると思われるものを分析対象とする。

表1. 空気や風に関する取り扱いのある「生活科」教科書

教科書タイトル	著者	出版社	出版年	内容
新編 あたらしい せい いかつ 1・2 上	中野重人ら	東京書籍	2005	凧揚げ、風車
新版 たのしい せい かつ 上 なかよし	東洋・ 滝沢武久ら	大日本図書	2005	紙飛行機、凧揚げ
わくわく せい かつ 上	天野正輝・ 寺尾慎一ら	啓林館	2005	傘袋のロケット、パラ シュート、空気砲
いきいき せい かつ 下	天野正輝・ 寺尾慎一ら	啓林館	2005	風船遊び
せい かつ 下 なかよ し ひろがれ	養老孟司・ 児島邦宏ら	教育出版	2005	凧揚げ

表2. 空気や風に関する取り扱いのある「理科」教科書

教科書タイトル	著者	出版社	出版年	内容
新編 新しい理科 4下	三浦 登・ 奥井智久・ 毛利 衛ら	東京書籍	2005	物のかさと力 物のかさと温度
新編 新しい理科 6上	三浦 登・ 奥井智久・ 毛利 衛ら	東京書籍	2005	物の燃え方と空気 動物の体の働き
新版 たのしい理科 4上	戸田盛和・ 有馬朗人	大日本図書	2005	閉じ込めた空気を押す
新版 たのしい理科 4下	戸田盛和・ 有馬朗人	大日本図書	2005	空気の温度とかさ 空気が温まる様子
新版 たのしい理科 6上	戸田盛和・ 有馬朗人	大日本図書	2005	物の燃え方と空気

2-1. 生活科教科書での取り扱われ方

生活科は、体験に基づく学習を重視する。それは今回の5冊の教科書で徹底されており、いずれも、遊ぶことがその中心内容となっている。教科書内での空気や風を取り扱った部分の見出しは以下のようにになっている。

「つくってあそぼう」（『新編 あたらしいせい
いかつ 1・2上』 pp.74-75）

「かぜで あそぼう。」（『新版 たのしい せい
いかつ 上 なかよし』 pp.78-81）

¹ あくまで「入手できたもの」であり、これ以外の出版社の教科書には空気や風に関する記載がなかったというわけではない。

「あそび大すきあつまれ！」(『いきいき せいかつ 下』pp.38-43)

「わくわく おもちゃらんど」(『わくわく せいかつ 上』pp.116-117)

「びゅうびゅうとかぜとあそぼうよ」(『せいかつ 下 なかよし ひろがれ』p.24)

「むかしからのあそび」(『せいかつ 下 なかよし ひろがれ』p.33)

記述の特徴として、遊びから学ぶ内容までは踏み込んでおらず、遊びや遊び方、作り方の紹介がなされているという点が挙げられる。本論文のテーマである空気の存在に関してはそもそも主題的に扱われておらず、イラストとともに「おもちゃをうごかすよ ふうせん(くうき・かぜ)」(『いきいき せいかつ 下』p.41)と書かれていたり、傘袋ロケットに対して写真とともに「くうきを いれて びにるてえぶでとめる」や「くうきほう」(『わくわく せいかつ上』p.116)と書かれていたりする程度であった。昭和52年の学習指導要領までは小学校1、2年の理科で「空気の存在」が取り扱われていたが、現在ではそもそも低学年の理科自体がなくなっている。また、生活科においては、「空気の存在」は少なくとも学習指導要領や教科書のレベルで主題的に取り扱われなくなったと言える。当然、教科書に書かれていなくとも、教師が遊びながら伝えるということはあるだろう。しかし、この点については、本論文の主題から外れるため新たな機会に検討することとする。

2-2. 理科教科書での取り扱い方

理科教科書においても、生活科と同様、空気の存在に関する記述はほぼ見られなかった。唯一、『新版 たのしい理科 4上』の「とじこめた空気や水をおしてみよう」(pp.56-65)の冒頭において、袋を広げて空気を入れている男児の写真の傍で、イラストの男児が「身の回りには空気があるんだ」(p.56)と述べている程度であった。永盛(2013)によれば、小学校3年生ごろには、周囲に空気があることをある程度理解している。今回の教科書はいずれも4年生以降のものであった。現行の学習指導要領では「風を起こす」ことが3年生での取り扱いとなっている。これらのことを踏まえると、小学校3、4年生ごろには空気が存在していることを理解しているため、あらためてそのことを記述する必要がないと判断され、書かれていない可能性がある。

3. 科学読み物での取り扱い方

ここでは、子どもが目にする科学読み物中での取り扱い方を確認する。科学読み物としては科学のお話・物語や科学マジック、学習漫画、実験紹介などの本を含む。今回空気に関連する記述があると考えて収集した書籍は表3~6であった。これらのうち、教科書の場合と同様、空気の存在に関する記述があるものを検討対象とする。なお、検討対象とならなかった書籍において、「空気」という文言が出てこなかったわけではない。出てきていても解説はなく、「風は空気の動きです」(『超はっけん大図鑑12 空と天気のおしごと』p.22)、「地上の水が、湯気のようにじょうはつして、空気の中にまじりながら」(『なぜ? どうして!? 1・2年生』p.129)のように何かの説明語して使われていることが見られた。これらの場合、子どもが空気の存在を理解していることは、その何かの説明の前提となっており、空気の存在そのものが説明対象とは見なされていないと言える。もしくは「空気は、いろいろなものがまざって

できています」（『かがく なぜ どうして』 p.116）のように、空気が説明対象となっているものの、空気の存在についてはないといったものもある。

表3. 空気・風に関する科学読み物

タイトル	著者	出版社	出版年
空気の重さをはかるには	板倉聖宣	国土社	1971
空気をみつけよう	大竹三郎	国土社	1982
空気の実験をしよう	小林卓二	さ・え・ら書房	1983
空気の科学	平田雅子	童心社	1989
科学の質問箱30 空気もこおることがあるってホント？	子どもの科学編集部	誠文堂新光社	1990
My Science Book 1 空気	Neil Ardley	創隆社	1991
水や空気のふしぎ	太田 眞	ポプラ社	1994
空気と水のふしぎ	大竹三郎	国土社	1995
名探偵コナン理科ファイル 空気と水の秘密	川村康文	小学館	2012
実験対決シリーズ12 空気の対決	ゴムドリCO.	朝日新聞出版	2013

表4. 空気の周辺テーマを取り扱った科学読み物

タイトル	著者	出版社	出版年
楽しいふうせんの科学	伍井一夫	新生出版	1991
超はっけん大図鑑12 空と天気のおしぎ	武田康男	ポプラ社	2003
ふうせんの科学	伍井一夫	星の環会	2003
化学の物語1 酸素の物語	Karen Fitzgerald	大月出版	2006
おもしろサイエンス 真空の化学	木ノ切恭治	B&Tブックス	2013

表5. 科学マジックや科学実験

タイトル	著者	出版社	出版年
米村傳治郎のおもしろ科学ミュージアム	大沢幸子	オーム社	2005
米村でんじろうのDVDでわかるおもしろ実験	米村でんじろう	講談社	2009
ガリレオ工房の面白科学マジック	ガリレオ工房	新星出版社	2011
考える力と表現する力を身につけよう！ 演じて楽しい科学マジック	庄司タカヒト	日経BP社	2014

表6. 学年別の科学のお話

タイトル	著者	出版社	出版年
なぜ？ どうして？！ ようちえん	川上ケイ	高橋出版	2001
かがく なぜ どうして 1年生 (2年生版、3年生版もあり)	久道健三	偕成社	2002
なぜ？ どうして？！ 3・4年生	速水八重子	高橋出版	2004
なぜ？ どうして？！ 1・2年生	本間正夫	高橋出版	2007
なぜ？ どうして？ かがくのお話 (1年生～3年生、学年ごとに1冊)	大山光晴	学研	2009
なぜ？ どうして？ 科学のお話 (4年生～6年生、学年ごとに1冊)	大山光晴	学研	2010
なぜ？ どうして？ もっとかがくのお話 (1年生～4年生、学年ごとに1冊)	森本信也	学研	2014

これらの書籍のうち、空気の存在に関する記述があったものは8冊に限られていた。表7にその記述をまとめる。

表7. 「空気の存在」に関する各書籍での記述

書籍内での記述	タイトル
<u>わたしたちの、まわりには、どこにでも、</u> 空気が、 <u>いっぱい</u> あります。けれども、月には、空気が、まったくありません。(p.32)	空気の重さをはかるには
見えないけれど、 <u>ここにも、あそこにもあるもの</u> —それが空気です。空気は、 <u>ちきゅうのどこにでも</u> あります。ゴムまりの中にも、タイヤの中にも、 <u>ぼくのまわりにも</u> 、からだの中にも、うちのまわりにも、まちにも、山にも、自然の <u>どこにでも</u> ……、ちきゅうのまわりにも、でも、地面から <u>だんだん</u> あがっていくと空気はうすくなります。そして、うちゅうにでると、なくなってしまう。(pp.10-13)	空気をみつけよう
宇宙船から、地球を見ると、地球のまわりを青いものが取りまいているのがわかります。この青く見えるのは空気なのです。(中略)地球は、あつさ1000kmもの空気です。わたしたちをのせて回っています。(中略) <u>わたしたちのまわり</u> に、 <u>ふんだんにある</u> 空気を使って実験してみたいと思います。(pp. 4-5)	空気の実験をしよう
空気が <u>まわり</u> に <u>いっぱい</u> あるということはね、それだけ空気に関係したことがらに <u>出あう</u> きかいが、たくさんあるということなんだから、うまくそれをつかまえて勉強していけばいいのよ。(p.12)	空気の科学
みなさんは空気があることに気づいてましたか。たぶん、気づいてはいなかったでしょう。それもそのはず。空気は目に見えませんが、風の強いときでもなければ <u>めったに</u> 感じることはないからです。(中略)空気は、わたしたちの <u>まわりじゅう</u> にあります。(pp. 6-8)	My Science Book 1 空気
空気は <u>わたしたちのまわり</u> の、 <u>どこにでも</u> あります。ふくろの中に空気をいれて、口をとじれば、ふくろは <u>ふくらんだ</u> ままです。ふくろの中に空気をとじこめたからです。(p. 5)	空気と水のふしぎ
<u>みんなのまわり</u> には、めに <u>みえない</u> くうきという <u>もの</u> があります。(p.135)	なぜ? どうして?! ようちえん
<u>みんなの周り</u> には空気が <u>いっぱい</u> ! 普段、軽い運動をしても息は苦しくならないよね。それは、 <u>身の回り</u> に空気が <u>いっぱい</u> あるからだ。(p.40)	名探偵コナン理科 ファイル 空気と水の秘密

空気が存在していること自体の表現は、いずれの書籍においても数行程度の非常に簡潔なものであった。ただ、その記述には、いくつかの特徴が見られた。第一に、「どこにでも」という記述である(記述中の___部)。これらは単に存在しているのではなく、言うなれば遍在していることを伝えようとしていると言える。「まわりじゅうに」という表現も見られたが、これはまさしく遍在していることを伝えるものである。また、「いっぱい」という記述もいくつかの書籍で見られた(記述中の___部)。この

表現も、どこかに少量あるのではなく遍在していることを伝える意図があると推測される。次に、「みんなのまわりに」という記述である（記述中の〰〰部）。これは、どこか自分とは関係のないところに空気が存在するのではなく、自分のすぐそばに存在することを伝え、空気を身近な存在に感じ、空気に興味を持ったり、空気の存在を理解したりすることを促す効果があると思われる。

4. 認知発達研究との照合

前節での記述内容について認知発達研究の知見と照合すると、これらの記述では不十分な可能性が示唆される。いずれの書籍でも、周囲のどこにでも空気が存在すると記述していた。大人であれば、それだけで十分かもしれない。しかし、子どもには子ども独自の認知の特徴があり、その特徴をもとに空気の存在を理解する。実際、第1論文（永盛、2013）でまとめたように、子どもは空気が蓋のない場所から煙のように出て行ってしまふと考えたり、小学校高学年でも押し入れなど暗い場所や伏せたコップの中、水の中などには空気がないと考えたりする。また、永盛（2013）では検討対象となっていなかった藤原（1986）の調査では、小学校2年生40名に授業実践に先立って空気について尋ねている。その結果、全員が「空気」という言葉を知っており、風車などで遊んだことがあるにもかかわらず、からっぽのコップの中には空気がないと約3分の1の児童が答えている。また、そのコップを目の前で机に伏せると、半数近い子どもは何も入っていないと答えた。この点について、藤原は「『空気』という言葉は全員が知っていても、『空気』をわかってはいないし、意識として『空気』を対象に活動した経験も少ない」（p.85）とまとめている。

これらの点を踏まえると、「周囲のどこにでも空気が存在する」という記述にさらに何かを追加する必要があると思われる。たとえば、『空気をみつけよう』で見られたように、子どもが理解できそうな場所を複数挙げて、「どこにでもある」ことの意味を伝わりやすくするという方法は有効に見える。しかし、この記述だけでは、なぜ子どもが「コップの中には空気はない」と答えたり、蓋のないものから出ていくと考えるかが分からない。また、『空気をみつけよう』の記述では、子どものこの誤解を解消できない。

この点について『空気の科学』の中に興味深い記述が見られた。それは以下のようなものである。

<空気をたしかめよう>

空気は目に見えないし、手にさわってもわからないし、においもないのでほんとうに空気ってあるのかな、とみなさんはぎもんに思うかもしれませんね。

ビニール袋の口を両手で大きくあけて、空気をいっぱいに入れてみましょう。そして、口をとじたらどうなるのかしら。さっきまでぺしゃんこだった袋がぷーっとふくらんでいるでしょう？目に見えない空気が袋の中にとじこめられていることがわかります。袋をおさえても空気はかんたんににげだすことはできません。

お風呂に入ったとき、「タオルぼうず」の遊びをしたことはありませんか？

お湯の上にぬれたタオルをふわっとひろげ、たまをつくるように上から両手で

タオルをまあるくつかんでみると、タオルぼうずができます。これも空気がとじこめられたのですね。でも上からぎゅっとにぎると、空気はかんたんに外ににげてしまいます。ビニール袋よりもタオルの方がすきまがずっと多いので、にげだすことができるからですね。(pp.10-11。下線は引用者による。)

この部分では、子どもが大人から「空気はどこにでもある」と聞いたときの疑問から始まっている。子どもの目線に立っており、子どもも「この人は自分のことをわかってくれる。この人の言うことなら聞こう、信じよう。」という思いになると思われる。また、例を挙げての話の進め方も丁寧であり、子どもにとって理解しやすいものと思われる。空気の存在は、直接確かめることはできない。しばしば用いられるのが、この「空気を袋に閉じ込めて口を縛り、押してみても押し潰せないことから、何か(=空気)がそこに入っている」と子どもに推理を促すという方法である。ここでの要点は、下線部分、「にげだす」という記述である。すなわち、周囲のどこにでもある空気が、別の場所に「出ていく」わけである。子どもからすれば、出ていった後には空気は残っていない、そして封や蓋のない場所からは空気は煙のように漏れていくと考えるようになっていても不思議ではない。

このような内容の展開は、読み物だけに限らない。教科書において、空気の弾性を理解する際だけでなく空気の存在を確認する際にも、この「閉じ込める」という手法が用いられている(表2『新版 たのしい理科 4上』がまさしくそうである)。「閉じ込める」があれば、反対に「逃げ出す」も推理されるわけである。

また、教育実践の観点から見ると、上述した来栖・高瀬(2013)の「かがく」プログラムでも、この「逃げ出す」に類する実践が行われている。このプログラムでは、第1回目の授業では「袋に空気を閉じ込める」、第2回目の授業では「水中で袋の中の空気を放出すると泡になる」、第3回目の授業に「軽石やチョークなどの中に隠れた空気が、水中で放出される」といった現象を実験・観察する。この経験から、空気がどこにでもあるという学びを得ることも当然あるが、空気が逃げ出したり放出されたりといったインパクトの大きさから、「空気がない場所もある」という理解を生み出すこともありうるだろう。また当然、書籍を読んだり、授業を受けたりするだけでなく、子どもが日常生活において煙や目に見える気体の動きを観察する中で、独自にこのような理解を導き出す場合もあるだろう。

まとめると、子どもの認知に即して、子どもが具体的な現象を体験することから理解するということを踏まえることが、逆に子どもの誤解を引き起こす可能性もあるということである。前述したとおり、小学校3・4年生にもなれば、空気の存在をある程度正しく理解できるようになる。そのため、小学校低学年の頃に、子どもの認知をそこまで踏まえる必要はないし、誤解が生じて後にも消えるから問題ない、という考え方もあるだろう。一方で、せっかく子どもが学ぶからには、そして適切に伝えれば正確に理解できるからには適切に伝えるというのは不自然な考えではないと思われる。

なおその他に、この「何かが入っている」という推理を子どもの異なった認知の特徴から見ると、新たな示唆が得られる。すなわち、「何かが入っている」というこの「推理」を、そもそも子どもが大人と同じようにできるとは限らないのである。たとえば小学校中学年以前の子どもは、「目の前の箱の中には、リンゴが入っているか、リンゴが入っていないかのどちらかです」と言われた場合、この言明が正しいかどうかは箱を開けてみないとわからないと答える。論理的には、入っているかないかの

どちらかしかないため、箱を開けてみなくとも言明は常に正しくなるのだが、子どもはそのような推理を行うことができない。また、永盛（2013）で見たように、子どもの物質概念も大人と異なっている。子どもは、空気は場所を占めず、もともとの箱とぴったりの大きさの箱を上から入れると、空気は完全に押しつぶされてなくなると考える。さらに、物質の移動に関しても、子どもは異なる考えを持つ。たとえば、部屋の中で手であおいで風を起こし、子どもにこの風がどこから来たか尋ねると、幼児や小学校低学年の子どもは「窓のすき間から外の風が手にかけてきた」と答えたりする。これらの子どもの特徴を踏まえると、「袋に封をすれば空気が閉じ込められる、袋を開ければ出ていく。でも空気はどこにでもある」という理解を、子どもが必ずしも導けるとは限らないであろう。ここにはもう一言、「出て行ったけど、また別の空気が入ってくるから、何もない状態にはならない」といった、空気の粗密に関する言及が必要になると考えられる。

5. おわりに

本論文では、子どもの空気概念の発達・学習に関する示唆を得ることを目的に、生活科や理科の教科書、科学の読み物における空気の存在に関する記述内容を検討してきた。その結果、これらの書籍においてはまず空気の存在がテーマと見なされていないこと、取り扱われる場合、「みんなのまわりに」「どこにでも」「いっぱい」空気が存在するといった記述がなされていることを確認した。くわえて、これらの記述について認知発達研究の知見との照合を行い、これらの記述だけでは、子どもが持つ「蓋のついたものの中には空気はない」「蓋や封をはずすと空気が煙のように出ていく」といった科学的には誤った考えの発生原因はわからないこと、そしてこういった誤った考えが、子どもの認知の特徴に即することを意識した書籍や実践からも生じうる可能性を指摘した。

今後の課題として、第1に、空気の存在を中心に、空気概念に関する教育実践研究を概観し、本論文と同じく認知発達の観点からその実践内容を検討するという点が挙げられる。空気は、表2で挙げたように、「存在」以外にも、弾性や物を動かす現象や燃焼、音、物のかさ、動植物の呼吸などさまざまな現象と関係する。そのそれぞれの現象に関する教育実践研究が多数あるため、充実した検討を行えると考える。

第2の課題は、空気の存在に関して本論文で指摘した、子どもの誤解を解く教授を実践するという点である。本論文で行ったのは、あくまで認知発達の側面から見た仮説の提示である。そのため、当然のことながら実践が望まれる。

第3の課題は、これは永盛（2013）でも述べたところであるが、空気概念を他の理科概念とより関連付けたカリキュラムを考えることである。冒頭でも述べた通り、空気は「具体と抽象の架け橋」となるものと著者は考えている。この特性を生かしたカリキュラム、特に9、10歳の壁をスムーズに越えられるようなカリキュラムを構築したいと考えている。

本研究は、日本学術振興会科学研究費助成金（若手研究（B）、課題番号：25871018）の助成を受けて行われた。

引用文献

- 藤原凡人 (1986). めあて意識に支えられた低学年理科の指導：2年「空気」を通して（学習のめあてを育てる理科指導）. 広島大学附属東雲小学校昭和60年度研究紀要, 84-88.
- 小谷卓也・長瀬美子 (2013). 発達という評価指標を組み込んだ低学年科学教育プログラム「かがく」の提案：「かがく」の授業モデル「土のかがく」及び「空気のかがかく」と評価指標としての「発達の姿（試案）」の提案. 大阪大谷大学教育研究, 39, 23-42.
- 来栖公明・高瀬一男 (1990). 小学校理科における空気教材の歴史的研究：「空気の弾性」を中心に. 茨城大学教育学部紀要 教育科学, 39, 17-24.
- 永盛善博 (2013). 幼児・児童における空気概念の発達・学習に関する概観（その1）：認知発達研究の概観. 東北文教大学・東北文教大学短期大学部紀要, 4, 83-97.
- 永盛善博 (2014). 幼児・児童における空気概念の発達・学習に関する概観（その2）：学習指導要領における取り扱いの変遷と学習内容の順序. 東北文教大学・東北文教大学短期大学部紀要, 5, 103-118.
- 大貫麻美 (2014). 幼年期の子どもに見られる科学的思考の萌芽に関する基礎的研究（1）：「活動マップ」の開発と事例「空気の存在」における分析. 帝京平成大学紀要, 25, 97-103.

² 教科書、科学読み物については、本文中と情報が重複するため引用文献から省略した。