

ヒトの循環系に関する科学的認識を志向した理科授業の試み

—中学校第2学年を対象にして—

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 中等教科教育分野 佐藤蓮太

1. はじめに

我が国の中学校理科において、ヒトの循環系については、第2学年単元「動物の体のつくりと働き」で取り扱われている。具体的には、胸部中央に位置する心臓を起点とした血液循環（肺循環・体循環）等について学習する（文部科学省、2018）。これまでに、国内外の中学生を対象として、循環系に関する認識調査研究も多数遂行されており、心臓の位置や心臓内部の血流経路、及び血液循環（肺循環・体循環）に関する非科学的認識が報告されてきた。

例えば、心臓の位置に関する既存研究として、Reiss *et al.* (2002) や佐々木・飯田・松森 (2020) を挙げることができる。Reiss *et al.* (2002) は、台湾などの11カ国の中学校第3学年に、人体の内部構造を図示させ、心臓の位置を胸部左側に描く生徒の存在を報告している。また、佐々木・飯田・松森 (2020) は、日本の中学校第1学年・第3学年を対象にして、ヒトの心臓の位置に関する認識調査を行い、心臓の位置を胸部左側と誤って認識している者が、それぞれ約10%と50%に及ぶことを指摘している。さらに、ヒトの心臓内部の血流経路に関しては、佐々木・佐藤・飯田・松森 (2019) を挙げることができ、ヒトの心臓内部、及び心臓に繋がる血管を流れる血流経路について、中学校第1学年・第3学年ともに、完全正答者は皆無であったことを明らかにしている。

一方、血液循環については、久松・伊藤・天野 (1983) や Arnaudin & Mintzes (1986) が報告している。久松・伊藤・天野 (1983) は、日本の中学校第1学年・第3学年に、人体における血液循環の図を描画させたところ、肺循環・体循環の両系統を表現したものは、それぞ

れ約10%と60%に留まり、両系統の低い認識状態が明らかにされている。また、Arnaudin & Mintzes (1986) は、米国の第8学年を対象に、ヒトの心臓から出た血液の循環経路を尋ね、肺循環・体循環を正しく認識していた者が10%に満たなかったことを報告している。

このように、国内外を問わず、循環系に関する中学生の低い認識状態が明らかにされている。しかしながら、こうした生徒の実態を踏まえて設計された理科授業は、ほとんど報告されていない。そこで、本研究では、既存研究で明らかになった知見等を基に、心臓の位置や心臓内部の血流経路、及び血液循環（肺循環・体循環）に関する認識達成を志向した理科授業を実践したので、結果とその課題について報告する。

2. 研究目的

本研究の主な目的は、以下の通りである。

目的1：ヒトの心臓の位置や心臓内部の血流経路、及び血液循環（肺循環・体循環）に関する科学的認識を志向した理科授業を構想すること。

目的2：構想した理科授業を実践し、その課題を明らかにすること。

3. 理科授業の構想

3.1 理科授業の構想における基本的視座

佐々木・飯田・松森 (2020) では、心臓の位置を胸部左側とした生徒の回答理由として、心音を挙げるものが散見した。例えば、「聴診器で心臓の音を聞くとときに左側が一番きこえやすいから。(中1-男子)」等である。本実践では、こうした生徒の実態を踏まえ、身体における心音が良く聞こえる位置と、人体模型における心

臓の位置との比較・照合等を行いながら、まず、心音が胸部左側から良く聞こえる理由を考えさせたい。

その後、血液循環の起点としての心臓の位置等に関する認識が形成されたところで、引き続き、心臓内部、肺、及び全身に、どのように血液が流れているか等（肺循環や体循環等）に対する認識を促す。具体的には、心臓内部や肺、及び全身の血管等に関する断面図を使用し、

心臓の構造や機能等に注目させながら認識させていく。

3.2 構想した理科授業の概要

構想した全3時間（第1次～第3次）の理科授業の流れは、図1の通りである。一覧すれば分かるように、第1次で心臓の位置、第2次で肺循環、及び第3次で体循環を取り上げ、循環系に関する認識達成を志向するという一連の流れである。

第1次：心臓の位置に関する科学的認識

○ 課題「胸の左側から心臓の音が大きく聞こえるのはなぜだろうか。」

- ・小学校で学習した内容に関する3つのクイズ（クイズ1：心臓の機能、クイズ2：心臓のつくり、及びクイズ3：心臓の位置、等）に回答を求めた後、人体模型を用いて心臓の位置が胸部中央にあることを確認する。
- ・引き続き、身体における心音が良く聞こえる位置（胸部左側）と、人体模型における心臓の位置（胸部中央）とを比較・照合した後、課題を設定する。
- ・課題に対して個人で予想したのち、心臓の断面図を提示して再度予想する。最後に、個人の予想をもとに班で議論を行った後、クラスで共有して、心臓の位置に関する科学的認識を促す。

第2次：肺循環に関する科学的認識

○ 課題「心臓や血管を流れる血流の向きはどうなると思うか。」

- ・心臓内部と心臓に繋がる血管及び肺を流れる血流の向きを心臓の断面図（佐々木ら、2019）を用いて、予想する。
- ・予想の確認後、肺も付した心臓の断面図で、再度予想する。
- ・個人の予想をもとに班で議論した後、クラスで意見を共有して、肺循環に関する科学的認識を志向する。
- ・ブタの血液を用いて、静脈血から動脈血に変化する様子を演示実験で示し、肺の機能も合わせて確認する。

第3次：体循環に関する科学的認識

○ 課題「心臓から全身への血流の向きはどうなるか。血管を流れる血液は動脈血・静脈血のどちらか。」

- ・全身を流れる血液の流れる向きとその性質について、全身の血管も示した図を用いて予想する。
- ・個人の予想をもとに班で議論を行った後、クラスで共有して、体循環に関する科学的認識を目指す。

図1 循環系に関する理科授業の構想（全3時間）

4. 理科授業実践とその課題

4.1 理科授業実践の時期、及び対象

2022年9月下旬から10月上旬にかけて山梨県内の公立A中学校第2学年4クラスに実施した。次節以降では、1クラスを取り上げて、授業終了後の板書等に基づきながら、理科授業実践の結果や課題等を報告する。

4.2 第1次（心臓の位置）の実践について

第1次の授業終了後の板書は、図2の通りである。概観すれば分かる通り、板書左側に、心臓に関する3つのクイズ（クイズ1：心臓の機能、クイズ2：心臓のつくり、及びクイズ3：心臓の位置）の結果、中央上部に、本時の課題

と生徒の予想、及び教材として使用した心臓の外形図・断面図が示されている。また、中央下部には、課題に対する各班の考え、右側上部にクラスのまとめが記されている。

第1次では、まず3つのクイズへの回答を求めており、表1は、クイズ1（「心臓のはたらきはなんですか？」）について、6つの選択肢から回答を求めるもの）の結果である。大多数の生徒が正答選択肢である③（血液を循環させること）を選んでいる一方、①（血液をつくること）や②（血液をきれいにする）の回答者も散見しており、心臓の機能に関する不十分な認識が認められた。なお、⑥を選択した生徒は、「動

表1 クイズ1の選択肢と結果 n=23

選択肢	回答者(人)
① 血液をつくること	12
② 血液をきれいにする	5
③ 血液を循環させること	21
④ 感情を生み出すこと	0
⑤ わからない	0
⑥ その他の考え	1

くこと(ポンプ)」と回答しており、回答選択肢③と同一の意味内容であった。

クイズ2「心臓は何でできていますか？」に対しては、血や筋肉といった回答が出た。その後、心臓のポンプ機能や心臓が筋肉であること等を全体で確認し、クイズ3「心臓はどこにありますか？」への回答を求めた。20名に及ぶ生徒が、心臓の位置を胸部左側と考えており、その理由を複数の生徒に尋ねると、「心臓の音が左側からドクドク聞こえるから」等の心音に起因した回答であった。その後、人体模型で心臓の位置を確認させたところ、心臓の位置と心音が良く聞こえる位置とが異なることに、多く

の生徒が疑問を抱く様子が認められた。引き続き、課題「胸の左側から心臓の音が大きく聞こえるのはなぜだろうか。」を提示し、個人で予想をさせた。複数の生徒から、「左側に強く動くところがある」や「大きな血管が左側にある」等の考えが出し、心臓内部の様子を知りたいといった声が上がったため、心臓の断面図を配布した。

続いて、心臓の断面図をもとに、再度、課題に対する個人で予想する時間を設けた後、班での意見交流を行った。その結果、「左側に血管が多いから(3班)」等の血管に言及した班や、「左側に筋肉が多い(2班)」や「おくりだすのが左側(5班)」等の心臓の筋肉に言及した班の2通りの回答パターンが出た。その後、クラスでの議論を通して、心臓が血液循環の起点であり、心臓左側の筋肉が強く血液を送り出すときに音がすると意見がまとまった。最後に、課題に対するまとめ「心臓の左側の方が筋肉が厚く、強い力で血液をおくるから」を板書して授業を終了した。

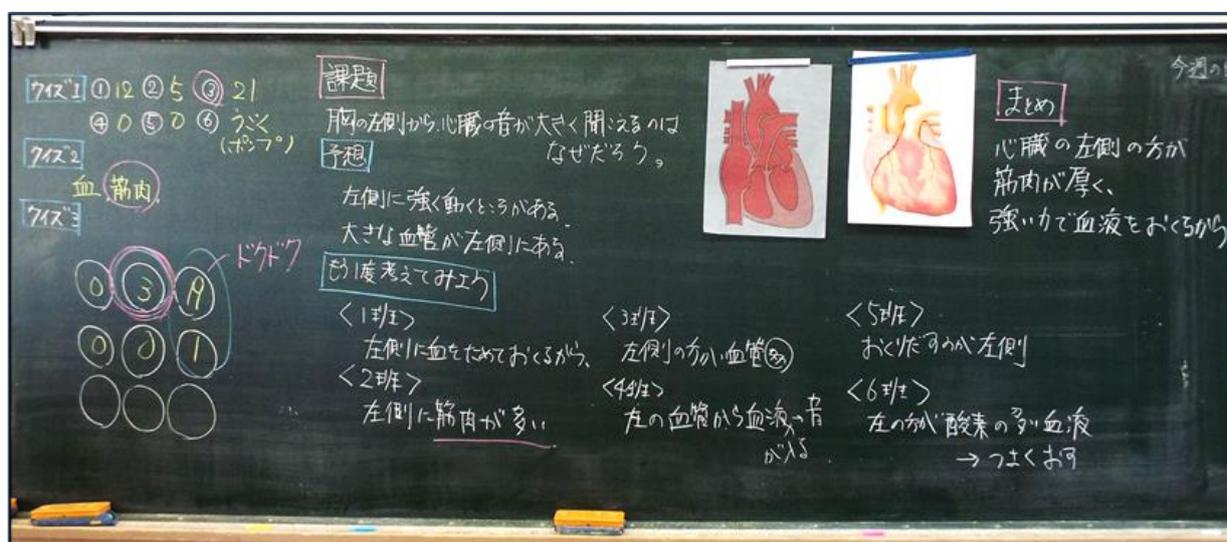


図2 心臓の位置に関する学習(第1次の板書)

4.3 第2次(肺循環)の実践について

図3は、第2次の授業終了後の板書である。板書上部は本時の課題、板書中央から下部には課題に対する各班の考えが示されている。

第2次では、冒頭で第1次の学習内容を確認した後、課題「心臓や血管を流れる血流の向きはどうなると思うか。」を提示した。心臓の断面図を使って、その内部の血流の向きを個人で検

討させたところ、心臓の断面図のみでは血流をイメージしにくいとの声も上がったため、心臓だけでなく肺も記された断面図を配布した。それに基づき、再度個人で予想を立ててもらい、引き続き、班での議論を促した。個人での予想段階では、血流の向きに誤りを含む回答も散見されたが、班での議論により、心臓の弁の向きや、血流の一方方向性等に依拠して正しい回答に至る班も、クラスの半数程度存在した(図3の③④⑤⑥:正答, ①②:誤答)。その後、何人かの生徒に、心臓と肺との血液の流れについて説

明を求めたところ、筆記用具等をハの字にして弁の機能を解説したり、血液が一方方向に流れなければ血流が止まる等の考えが表出したりした。こうしたクラスでの意見交流を通して、最終的には、多くの生徒が、肺循環における正しい血液の流れについて、納得している様子であった。さらに授業の最後には、ブタの静脈血に酸素を吹き込み動脈血へ変化させる演示実験を行い、肺の機能も合わせて確認して授業を終了した。

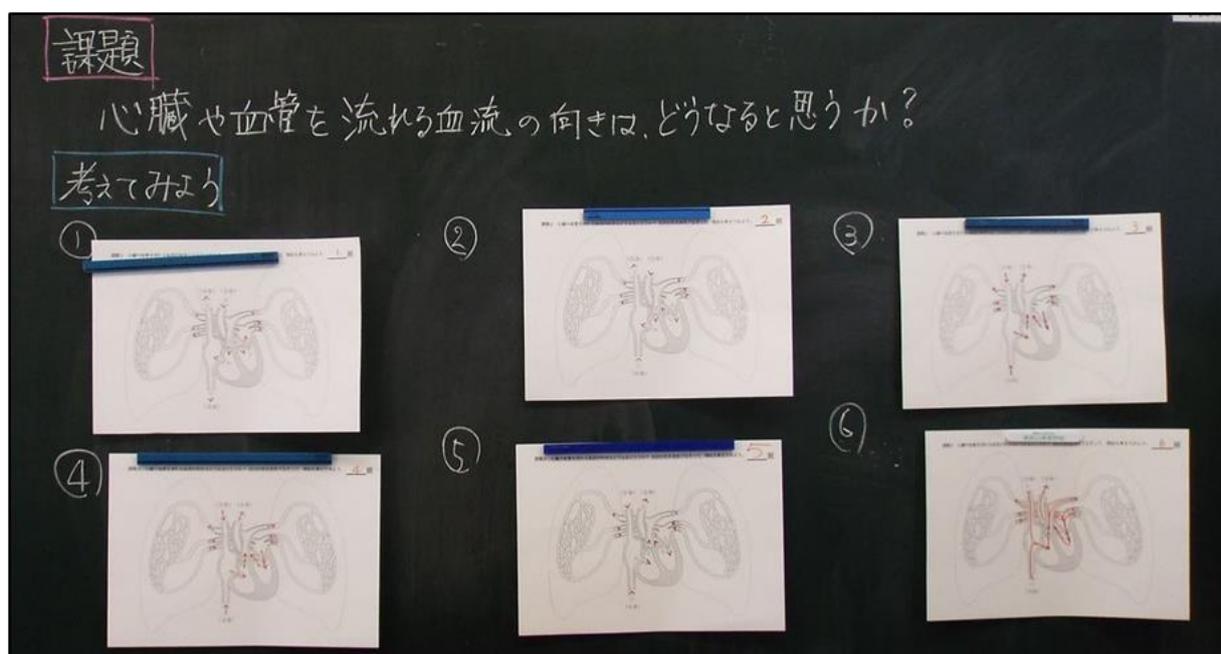


図3 肺循環に関する学習(第2次の板書)

4.4 第3次(体循環)の実践について

第3次では、まず、第2次で学習した内容を踏まえ、心臓の構造に対する名称等(心房・心室、弁、血管の名称、血液の性質等)を確認した(図4)。その後、血液の行き先が分からない3つの血管(大動脈、上大静脈、下大静脈)に着目し、課題「心臓から全身への血流の向きはどうか。血管を流れる血液は動脈血・静脈血のどちらか。」の設定に繋げた。図5は、第3次の授業終了後の板書であり、第2次と同じく、板書上部に本時の課題、その下部に、課題に対する各班の考えが示されている。

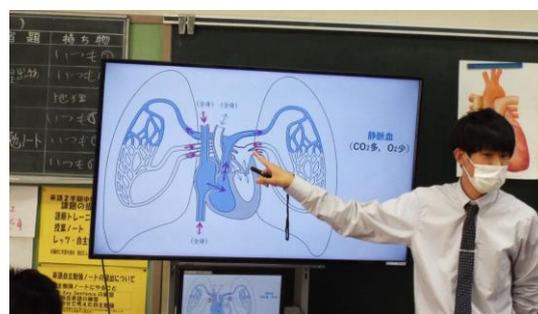


図4 心臓の構造に対する名称等の確認

課題の設定後、全身の血管等に関する断面図を配布して、心臓から全身への血流経路や、全

身を流れる血液の性質について、個人→班の順に予想させた。腹部の器官等に繋がる血管において、血流の向きを一方向に示さず、両方向に示す回答も1班のみ存在したが、その他の班は全て、班活動の段階で正答に至っていた。その

後、クラスでの意見交流を通して、血流の一方向性等を確認し、いずれの班も、体循環における血流の向きと血液の性質を正しく回答するに至った。

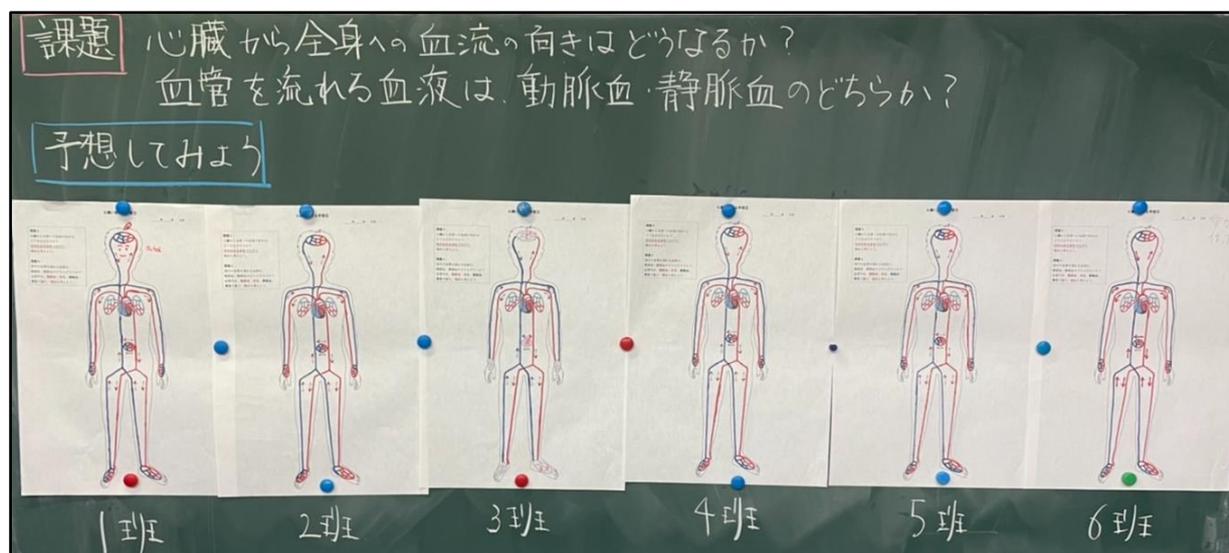


図5 体循環に関する学習（第3次の板書）

4.5 授業終了後の学習感想について

計3時間の授業終了後に回答を求めた学習感想の一部を紹介する。まず、第1次に関する記述としては、生徒の肯定的な意見が多数認められた。例えば、女28「心臓はまん中の上にあるのにどうして左から音が鳴るんだろうということを考えた事もなかったが、言われてみて不思議に思い、一人で考えたり、班で協力して話し合ったりした。」や、女27「心臓は真ん中なのになぜ左側から音がよくする理由（真ん中に心臓はあるが、左側の方が、働く力が大きいため、音は左側からする）を理解することができました。」等が挙げられる。これらの記述から課題解決に意欲的に取り組んだ様子や、心臓の位置を心臓の機能（心臓左側から強い力で血液を送り出す）と合わせて理解できた様子が伺える。

第2次についても、肯定的な記述が散見された。具体的には、男16「今回の単元を通して、心臓の役割、肺とのつながりや関係についてなどを知った。また、心臓にも4つの部屋が分かれていることや逆流しないように弁があるこ

とを知った。」のように、心臓の構造とその機能に詳しく言及する生徒が見受けられた。さらに、男13「班の皆と話し合うことによって自分の意見がより深まり、いつも失敗を恐れて発言できない子も自信がついて、発言につながった。」のように、各授業内で行った班活動やクラスでの議論等についての回答も多く認められた。

一方で、心臓に繋がる血管の名称や、血管内を流れる血液の性質への理解の困難さが伺える記述も複数存在した。例えば、男8「心臓の断面図を見て、どの血管が動脈で静脈なのか、また、動脈血と静脈血のどちらが流れているのか、こんがらがる。」や、女2「心臓の動脈・静脈がまだわかっていない。あいまいなので理解していきたいです。」、さらに女4「静脈はCO₂を多く含んでいる血液が流れていて、動脈はO₂が多い血液が流れている」等の記述を挙げることができる。小学校教員志望学生においても、血管（動脈・静脈）と血液の性質（動脈血・静脈血）とを正しく認識することが困難であることが指摘されていること（佐々木・塚原・松森，2020）からも致し方ないことではあるが、中学

生にあっては、更なる支援を考える必要がある。

第3次について記述している者は、例えば、男19「心臓から全身に血液が回る時も、2回目の授業の時と同じで、一方向に流れることを使って考えました。」や、女24「全身の血液の流れや種類をいままでの結果を参考にしたらできて、理解できた。」等、血流の一方向性等の既習事項を踏まえ、体循環について考察していた。第3次に関わる記述は、第1次や2次と比べて少なかったが、その一因は、既述した通り、多くの班が、班活動の段階で課題に対する正答に至っており、課題の難易度が低かったこと等も考えられる。

4.6 理科授業実践の課題

4.6.1 血管（動脈・静脈）と血液の性質（動脈血・静脈血）について

上記4.5の学習感想でも紹介したように、血管の名称と血液の性質の認識に困難を抱える生徒が存在した。そのため、例えば、第2次の各用語（動脈、静脈、動脈血、静脈血、等）を説明する際、血管は心臓起点、血液の性質は肺起点で名づけられていること等について、改めて生徒同士に考えさせる活動等を設定すること（例えば、動脈血・静脈血が流れる血管を尋ねる等）も一策であったと考えられる。

4.6.2 課題の難易度について

同じく上記4.5で述べた通り、3時間の授業終了後の学習感想では、第1次や第2次に関する内容が多数を占め、課題に対する関心や学習で得た知識、班活動の利点等を挙げていた。その一方で、第3次については、学習感想自体が少なく、実際の授業を振り返ってみても、多くの生徒が個人の予想段階で、課題に対する正答に至っていた。

そのため、班活動やクラスでの議論が活発にならなかった。今回は、消化系の学習前に、循環系の学習を行ったため、全身の血管等に関する断面図に、内臓（消化器官等）を省略していたが、複数の器官を具体的に示して、血液の流入出を考えさせる等、課題の難易度を上げることも検討したい。

4.6.3 評価について

本実践では、第1次～第3次のいずれにおいても、授業後の生徒に対して、各課題の回答を再度尋ねなかったため、生徒一人ひとりの認識の変容を把握できなかった。構想した授業実践の有効性等を正しく評価するためにも、授業終了直後や、授業終了後に一定の期間を空けて、生徒の認識の変容を把握していく必要がある。

5. 結語に変えて

本稿では、ヒトの心臓の位置や心臓内部の血流経路、及び血液循環（肺循環・体循環）に関する科学的認識を志向した理科授業を実践し、その課題を明らかにした。今後は、得られた課題の克服に向けて、構想した理科授業を再考することを自らの課題としたい。

【引用文献】

- 文部科学省（2018）『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編』 学校図書株式会社。
- Arnaudin, M.W., & Mintzes, J.J. (1986). The Cardiovascular System: Children's Conceptions and Misconceptions. *Science and Children*, 23(5), 48-51.
- 久松一恵・伊藤幸子・天野洋子（1983）「健康教育の媒体としての心臓血管系模式図について」『民族衛生』第49巻、第1号、2-15.
- Reiss, M.J., Tunnicliffe, S.D., Andersen, A.M., Bartoszeck, A., Carvalho, G.S., Chen, S.Y., Jarman, R., Jónsson, S., Manokore, V., Marchenko, N., Mulemwa, J., Novikova, T., Otuka, J., Teppa, S., & Roy, W.V. (2002). An international study of young peoples' drawing of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36(2), 58-64.
- 佐々木智謙・佐藤寛之・飯田萌加・松森靖夫（2019）「ヒトの心臓内部、及び心臓に繋がる血管の血流の向きに関する認識状態の分析：小・中学生を対象にして」『山梨大学教育学部紀要』第30巻、91-101.
- 佐々木智謙・飯田萌加・松森靖夫（2020）「ヒトの心臓の位置に関する小・中学生の認識状態について」『山梨大学教育学部紀要』第31巻、93-100.
- 佐々木智謙・塚原健将・松森靖夫（2020）「ヒトの循環系に関する小学校教員志望学生の認識状態の分析—心臓や心臓に連結する血管とその内部を流れる血液に着目して—」『理科教育学研究』第61巻、第1号、45-56.