

高等学校生物基礎における血液凝固反応実験の新たな試み —日常生活や社会と関連した実験の開発と授業実践—

藤浪 圭悟・田中 伸也

血液凝固反応実験と、社会的な課題であるエコノミークラス症候群を関連付けた授業を考案し、授業実践を行った。その結果、エコノミークラス症候群の理解に一定の効果が得られた。また、生徒も血液凝固という学習内容を日常生活や社会と関連付けることが出来ていた。探究活動にもつながり、さらなる研究の余地が見いだせるものとなった。

1. はじめに（研究動機と目的）

日本人の死因の上位には脳梗塞や心筋梗塞など血栓が原因の循環障害があげられており、社会的な課題といっても良い。一方、高等学校生物基礎においては、学習内容が日常生活や社会と関連していることに気づかせることが大切であるとされている。しかしながら、新聞やニュース等で生徒も耳にすることが多いであろうにも関わらず、こと授業においては血栓が原因となる循環障害について考えさせる授業実践は散見できない。

本稿は、血液凝固反応を中心に、血栓が原因となる循環障害について考察させる授業を考案、実施し、その効果を検証することを目的とする。

2. 授業の考案

2-1 血液凝固反応と線溶の反応機序

血液凝固反応及び線溶は実に複雑な反応であるが、ここではその概略を述べる。

血管が破れると血小板が破損した血管外壁を構成する結合組織のコラーゲン繊維に付着する。付着した血小板は、化学伝達物質を放出し、他の血小板を誘引する。このようにして次々に血小板が集まり付着しあって凝集塊となり、血管の傷口を防ぐ白色血栓を形成する（一次止血）。また、血小板から放出された別の伝達物質によって、傷害部近くの血管が収縮させられ、この付近の血液循環を制限し、出血を妨げるのに役立つ。これらの止血反応と並行して血しょうが血管外の組織に接触したことが引き金となって、ある因子が不活性型から活性型へ変わる。そして、この活性型因子が別の因子を活性型に変えるというようにして一連の反応系が徐々に活性化され、血しょう中に含まれる水溶性タンパク質のフィブリノーゲンからフィブリンが作られる。これが互いに結合して、不溶性のフィブリン繊維となり、血球や血小板を包み込んで血液の凝固した塊である血べいを作り出し、出血の阻止をより強固なものにする（二次止血）。

フィブリン形成に至る一連の反応系には非常に多くの因子が複雑に関与しているが、その様々な段階の反応過程には Ca^{2+} が必要であり、 Ca^{2+} を含む様々な因子により、プロトロンビンがトロンビンに変わる。そして、トロンビンがフィブリノーゲンに作用してフィブリンが形成される。

血液凝固反応の流れを図にしてまとめたものに図1のようなものがある。凝固反応の機序が滝の流れる様子に似ていることから、カスケード理論と呼ばれる。

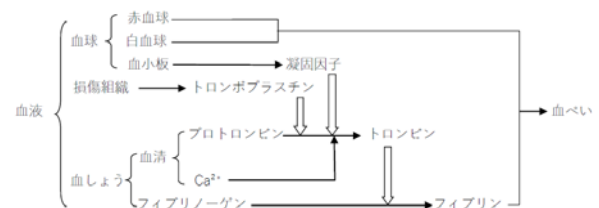


図1 カスケード理論

(愛知県教育センターホームページ)

<http://www.aichi-c.ed.jp/contents/rika/koutou/seibutu/se12/ketueki/ketueki.htm> より引用)

一方、線溶とは、凝固したフィブリンのかたまりがプラスミンによって溶解される現象のことである。プラスミンは、ふだん血液の中で不活性なプラスミノゲンとして存在している。血液の中でフィブリンのかたまりが生ずると、プラスミノゲンアクチベータと呼ばれる血液中のタンパク質分解酵素がプラスミノゲンに作用して、これを活性型のプラスミンに変え、プラスミンはフィブリンを分解する。

この血液凝固反応と線溶が、身体のなかでは互いに平衡しあっていると考えると都合が良い。たとえば、凝固が進んでくるとプラスミンが活性化し、反対に線溶が進むと凝固過程がはたらき出す。もしなにかの疾患でこの

平衡関係が崩れると血液が凝固性を失い、血管が傷害されて出血をおこし、またあるときは血液が凝固性を増して血栓を生じさせる。

2-2 教科書における血液凝固反応の扱い

高等学校学習指導要領には、「血液凝固については失血を防ぐことによって体内環境を保つことに関わっていることに触れる。」とあるが、教科書ではどのように扱われているだろうか。以下の表1は、5社の教科書において①「血液凝固反応」を生徒実験として取り上げているか②「血液凝固」と病気との関連について、記述があるか③図1のようなカスケード理論の図が掲載されているかの3点について調べたものをまとめたものである。(○はあり、×はなし)

表1 教科書における血液凝固の取扱い

教科書会社	A社	B社	C社	D社	E社
①生徒実験の有無	△※1	○	×	×	×
②病気との関連についての記述の有無	×	○	○	×	×
③カスケード理論の図の有無	○ (発展)	○ (発展)	○ (発展)	×※2	○ (発展)

※1 A社は探究活動のページ中の一部で、「血液凝固の観察」として取り上げている。

※2 図はないが、内容は発展の中で記述がある。

表1から以下の3点を指摘できる。

- ・生徒実験としての凝固反応実験は、1社のみが取り上げている。
- ・5社中2社が病気との関連を取り上げている。
- ・ほとんどの教科書には、カスケード理論の図を発展として記載している。

また、B社の教科書に記載されている生徒実験の流れは以下のようなものである。

- | |
|---|
| <p>① 試験管に凝固防止剤を含むブタの血液(以下、血液)を入れ、塩化カルシウム水溶液を少しずつ加える。</p> <p>② 数分間室温で静置する。</p> <p>③ 試験管の内容物(血ぺい)をシャーレに取り出して観察する。</p> |
|---|

この実験では、クエン酸ナトリウムで処理済みの血液に塩化カルシウムを加えることで凝固反応をリスタートさせ、血ぺいを形成させる、という流れになっており、

血液凝固のしくみを理解させることに主眼がおかれていることが分かる。

2-3 エコノミークラス症候群をテーマにした授業の考案

2-2から、血液凝固により失血を防ぎ、体内環境を保つ働きがあることを生徒に十分理解させたうえで、梗塞などの血栓が原因の循環障害を扱うことは、教科書の記述内容からみても不自然ではないであろう。そこで、血液凝固反応とエコノミークラス症候群を関連させた授業の考案を試みた。エコノミークラス症候群をテーマとしたのは、東日本大震災や熊本地震、平成30年西日本豪雨などの災害時の避難場所で対策が叫ばれており、生徒にとって、よりリアルな文脈で問題として認識されうると想定したからである。

エコノミークラス症候群は、肺塞栓症とも呼ばれる。静脈血の流れが悪くなり、そこに血の固まり(深部静脈血栓)が発生する。静脈血栓は、はがれて肺に流れて肺の血管を詰まらせることがあり、胸の痛み、呼吸困難、失神、ショック状態などの症状が現れ、最悪の場合、心肺停止にいたることがある。血栓形成を促す条件は、1. 血流速度の低下 2. 血管内皮の障害 3. 血液凝固が促進される血液の変化(血液の粘度や凝固因子の濃度の変化など)の3つが指摘されている。そのため、エコノミークラス症候群の予防として、水分の摂取と運動が推奨されていることから、血液の濃度と流動性の2つの条件に着眼した生徒実験を考案した。以下がその概要である。(詳細は資料1を参照)

実験①

非希釈血液、2倍希釈血液、3倍希釈血液に塩化カルシウム水溶液をそれぞれ加えて数分間静置し、血ぺいの形成状況を確認する。

実験②

非希釈血液に塩化カルシウム水溶液を加えて、数分間転倒攪拌させ、血ぺいの形成状況を確認する。

杉本によれば、生体血管内の血流環境は血流の速さのみならず、血管の太さにも影響を受けるが、静脈血流のように一定した低速度下では静止系や閉鎖攪拌系の実験システムが使用できると考えて良い。しかし、一般的な血流を想定し、実験②における転倒攪拌の方法については、血流の速さが大静脈では25 cm/s程度であることから、遠沈管(15 mL、長さ約12 cm)を1秒に180°傾けるくらいの速度で、手で握りしめながら振った。(授業では、「転倒攪拌」ではなく、「振る」と表現した。したがって、以下、「転倒攪拌」のことを「振る」もしくは「振る操作」と述べることにする)。

なお、血液は東京芝浦臓器より購入したブタの血液を

用いた。購入後 8.5 cm×12 cm のビニールパックに分注して冷凍保存し、1 ヶ月以内のものを使用した。また、塩化カルシウム水溶液は約 3% にしたものを血液に加えるようにした。血液の希釈に際しては、0.9% の塩化ナトリウム水溶液（生理食塩水）を用いた。

図 2 と図 3 の写真は実験①と実験②の結果である。

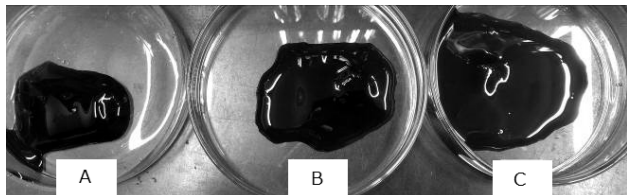


図 2 実験①の結果

(A: 非希釈・静置, B: 2倍希釈・静置, C: 3倍希釈・静置)

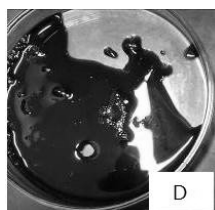


図 3 実験②の結果

(D: 非希釈・振る)

図 2 の写真から、非希釈血液、2 倍希釈血液、3 倍希釈血液の順に血ぺい（血塊）の大きさが小さくなっていくことが分かる。これは血中フィブリン等濃度が希釈により減少し、それにつれて生じる血ぺい（血塊）の大きさが小さくなるからである。一方、図 3 の振った非希釈血液は血ぺい（血塊）がほぼ確認されない。これは血液に流動性があり、ほとんどゲル化しないからであると考えられる。

この実験を利用して以下のような授業を考案した。

時間(分)	学習活動	指導上の留意点
導入	◎前時の学習内容の確認 血液凝固が様々な反応の連鎖で起こることを確認する。	
5	西日本豪雨災害や熊本地震の避難所において話題になったエコノミークラス症候群についての記事を読む。	エコノミークラス症候群による被害を伝える記事を紹介する。

展開	◎本時の学習内容の提示 エコノミークラス症候群と血液凝固反応との関係を、実験を通して考えてみよう。	
10	◎演示実験 血液凝固反応の確認実験	
15	◎結果の確認	反応の条件が揃うと凝固が起こり、血ぺい（血塊）が作られることを確認する。
	◎話し合い活動 どのような血液の状態であれば血液凝固が起きやすいか。班で意見を出し合う。	
20	◎生徒実験 血液の状態によって血液凝固の起きやすさを調べる実験	
35	◎結果の確認	血液凝固反応は、血液の濃度や流動性に影響を受けることを確認する。
終結	◎まとめ エコノミークラス症候群を防ぐ方法として、なぜ運動や水分の摂取が重要かを考察し、班で共有し発表する。	

終結にもあるように、生徒に実験結果を用いて、エコノミークラス症候群の予防として水分の摂取と足の運動がどのように有効かを考えさせることとした。

さらに、次時以降に、実験で疑問に感じたことをもとに、その疑問を解決するための追加実験を 4 人から 5 人の班で計画・実行させる探究活動を取り入れた。探究活動を取り入れたのは、「振ることで血ぺい（血塊）ができにくくなるのはなぜだろう」や「条件を変えたら血ぺい（血塊）の形成のしやすさに変化はでるのか」など、生徒の疑問が追加実験へと向かいやすく、適切であると考えたためである。

なお、図 3 をよくみてみるとごく少量のフィブリンが形成されている。以下は生徒実験では取り上げていない

ものの、フィブリンが形成されていることを次の方法で確認できるので報告する。冷凍前の全血を遠心分離(3000 rpm, 10 分間)し、血しょうを取り出して同様の実験をした。その結果が図4の写真である。全体は凝固していないものの、白い繊維状のかたまりが生じており(矢印の先)、触ってみるとかたく、フィブリンが形成されているのが確認できる。



図4 血しょうのみでの結果

3. 考案した授業の実践

2-3で考案した授業を、高等学校生物基礎「体内環境」において以下の表2に示すような単元計画で実践を行った。第7~9時が考案した内容である。

実施時期 2018年10月~11月

実施対象 当校5年生 3クラス(100名)

表2 「体内環境」の単元計画

時	内容
1	体内環境と恒常性, 血液組成
2	脊ついで動物の血球の観察
3	体液循環
4	ニワトリの心臓の解剖と観察
5	血液の働き, 酸素解離曲線
6	酸素解離曲線, 血液凝固反応の仕組み
7	エコノミークラス症候群と血液凝固反応実験
8	第7時を踏まえた追加実験の計画
9	計画した追加実験の実施と考察

4. 実践の様子

4-1 ワークシートの記述内容からみる生徒の様子

第7時のワークシートにおいて、「今回の実験を通して明らかになっていないことは何だろうか、そしてどのような実験をすれば明らかになるか。また、新たな疑問があれば記入する。」という欄についての記述の抜粋を記す。

・B,Cの振る ver. もやればよかったと思う。流動性があるもの(D)と比較して水分があるときどれくらい効果があるか見ると反応の大きさが分かるような気がする。

あと、血液のゼリーの弾力はどこから来てるのかも知りたい

・なぜ動かしたら固まりにくいのか

温度差による違い(暑いところで動かないのと寒いところで動かないのはどのような仕組みが生まれるのか)他の動物の血でも同じ結果になるのか

・温度→温度を変える対照実験をする

血糖値など他の血小板とか以外の要素の大小でどうなるだろうか

・フィブリノーゲン→フィブリンという反応はトロンビンという酵素があって反応が速く進むだけであって、なくても反応は進むのではないか?

・B,Cを振った実験を行い、Dと比べてみる

血ぺいが全くできないようにするにはどのくらい希釈する必要があるか、また、どのくらい激しく振る必要があるか?(可能か)

・運動だけで血ぺいができなくて、水分が足りていても血ぺいができてしまうことから、運動の方が重要な感じがする?のはなぜ?

・Dで血液が固まりにくかった理由は?

DでA~Bとは違い、ザラザラっぽい形になったのはなぜか。希釈し続けたら血ぺいはできなくなるのか

・なぜフィブリンはできるのに振ると固まりにくくなるのか

・白っぽいかたまりができたのはなぜか(3分経過するまでに一定時間ごとに様子を見ればよい?)

・ぱっとみ大きさがそんなに違いがなく、かたさの違いはよくわかった。できるに違いないのならばそのかたさの違いが血栓がつまることと関係があるのでは?流れをつくることでフィブリンにからまった血球がかたまりを作る前にくずれる

・今回は希釈していったけど逆に濃くしたり塩化カルシウム水溶液の量を変えるとどうなるのか

・運動を加えて血ぺいができにくくなるのは、そもそも血ぺいは赤血球や血小板等が集まって(運動が少なくなると)できるものだから?水分をCよりたくさん入れたらDくらいサラサラになったりしないか気になる

・傷がなくてもフィブリンはできるのか

・振った原液には血栓のようなプルプルしたものはなかったけれど、小さなつぶつぶのかたまりの集合があってそれがなにか気になった。傷がなくてもフィブリンはできて血ぺいはできるということ?

・高血圧だと血液凝固しやすいのはなぜ？血圧の高さと関係がある？そもそも血圧の違いの実験はどのようにするのか？

・原液を振っても少し血ぺいのできたので、水を含ませた血液を振ったら血ぺいは全くできないのかなと疑問に思った

以上のように、第7時終了時には数多くの疑問が生じていたが、特に振る操作によって血ぺいが生じないことについての疑問やそれについて自分の見解を示す内容が多かった。また、前時まで学習していた内容である「フィブリン」や「トロンピン」などの用語も使用して説明できていることも分かる。

4-2 第8, 9時の様子

第8時では、第7時での疑問に基づいて、どのように実験条件を変更すれば凝固のしやすさに違いがでるのかを班で考えさせた。表3は、あるクラスの8つの班が計画した追加実験の内容を示したものである。

表3 各班が計画した追加実験の内容

	実験内容
班1	希釈血液も振って比較する
班2	希釈度合い、血糖値、振る操作の有無の3つの条件を組み合わせて比較する
班3	血糖値を上げて比較する
班4	血糖値を上げて比較する
班5	血糖値と、温度の条件を組み合わせて比較する
班6	血糖値と、温度の条件を組み合わせて比較する
班7	温度を変更して比較する
班8	温度を変更して比較する

表3のように、他の条件を変えてみるなど、第7時で疑問に思ったことを踏まえた計画を立て、実験を行っている班が多かった。また、他のクラスのある班では、「加える塩化カルシウム水溶液の濃度を変えて比較する」という実験内容もあった。条件の変更はいくつかの班で共通しているが、血糖値や温度の設定など、具体的な条件については多様であった。

5. 実践の効果検証

5-1 アンケート調査における効果検証

本授業実践の効果を検証するために以下のような要領でアンケート調査を行った。

・調査対象

考案した授業実践の第7時～9時の内容を実施したクラス（3クラス100名；以下、処遇群）と実施しなかったクラス（2クラス70名；以下、対照群）

・調査時期 単元に入る1週間前と単元終了の2ヶ月後（ただし、対照群については単元終了後のみ）

・内容

「あなたは糖尿病、脳梗塞、エコノミークラス症候群について簡単でも良いので説明できますか」と問い、「はい・いいえ」の2択で答えてもらった。

結果は表4の通りである。

表4 アンケート調査の結果

処遇群					
		「はい」と答えた 人数とその割合		「いいえ」と答えた 人数とその割合	
前	糖尿病	77人	81.9%	17人	18.1%
	脳梗塞	59人	62.8%	35人	37.2%
	エコノミークラス症候群	49人	52.1%	45人	47.9%
後	糖尿病	81人	87.1%	12人	12.9%
	脳梗塞	61人	65.6%	32人	34.4%
	エコノミークラス症候群	76人	81.7%	17人	18.3%
対照群					
		「はい」と答えた 人数とその割合		「いいえ」と答えた 人数とその割合	
後	糖尿病	49人	80.3%	12人	19.7%
	脳梗塞	39人	63.9%	22人	36.1%
	エコノミークラス症候群	33人	54.1%	28人	45.9%

表4からもわかるように、エコノミークラス症候群について説明できると答えた生徒は実施前の52.1%から81.7%へ上昇している。一方、対照群は処遇群の実施前とあまり変わらないことも分かる。事後調査は授業を行ってから2ヶ月経過しているなかでの結果であるため、エコノミークラス症候群についての理解への自信が高まっていることが窺える。

一方で、エコノミークラス症候群と同様に血栓が詰まることが原因となる脳梗塞についての理解への自信は高まっていないことが分かる。

5-2 計量テキスト分析による効果検証

計量テキスト分析は樋口によると、次のように定義されている。「計量分析手法を用いてテキスト型データを

整理または分析し、内容分析(content analysis)を行う手法である。計量テキスト分析の実践においては、コンピュータの適切な利用が望ましい。」すなわち、自由記述や新聞記事などのテキスト型データ一般を扱い、様々な統計処理を施しながら分析する手法であり、テキストマイニングとも呼ばれる。

授業において血液凝固反応実験を行ったグループ 24 名のワークシートにある生徒の自由記述内容(4-1の全記述内容)を分析用ソフトウェアである KHcoder を利用し、頻出する抽出語リストを作成した。表 5 はその結果である。24 名の自由記述は、2 回以上の頻度で 37 語が抽出された(表 5 抽出語リスト)。特に高頻度なのは血餅(頻度 14)、振る(頻度 9)、D(頻度 8)、固まる(頻度 8)であり、血液凝固反応において、血液に塩化カルシウム水溶液を加えて振る操作を行うことについて疑問、ないし、今回の実験操作で血液凝固に関する明確な結果を得ることができていないと感じたようであった。

表 5 抽出語のリスト

#	抽出語	品詞/活用	頻度
1	血餅	タグ	14
2	振る	動詞	9
3	D	未知語	8
4	固まる	動詞	8
5	フィリン	未知語	7
6	運動	サ変名詞	5
7	ごと	タグ	4
8	違い	ナイ形容	4
9	温度	名詞	4
10	関係	サ変名詞	4
11	血液	名詞	4
12	反応	サ変名詞	4
13	B	未知語	3
14	C	未知語	3
15	希釈	サ変名詞	3
16	思う	動詞	3
17	実験	サ変名詞	3
18	水分	タグ	3
19	全く	副詞	3
20	違う	動詞	2
21	加える	動詞	2
22	塊	名詞C	2
23	気	名詞C	2
24	血圧	名詞	2
25	血液凝固	タグ	2
26	血小板	タグ	2
27	血栓	名詞	2
28	見る	動詞	2
29	原液	名詞	2
30	行う	動詞	2
31	作る	動詞	2
32	傷	名詞C	2
33	進む	動詞	2
34	必要	形容動詞	2
35	分かる	動詞	2
36	変える	動詞	2
37	理由	名詞	2

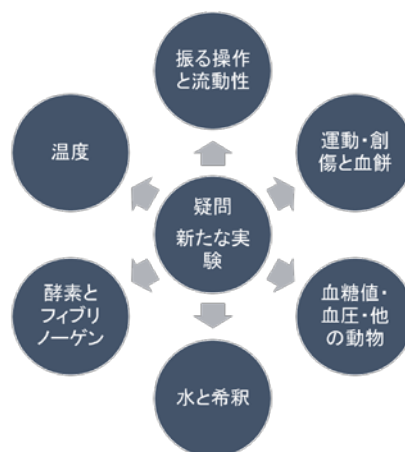


図 5 自由記述内容の鳥瞰図

(なお、「血餅」という語には「血ぺい」, 「振る」という語には「振っ」, 「固まる」という語には「固まら」「固まり」という語も含んでカウントされている。他にも、似た語について同様に抽出語としてカウントされている。)この傾向は4-1の抜粋からの考察と一致する。さらに、3回以上の頻度を示すものの中には、温度や希釈という実験条件を示唆する言葉も現れている。表3において示したように、振る・温度・希釈といった条件設定は、案出しやすいことが分かる。一方、表3の4つの班が実験条件として選んだ血糖値については、頻度2以上のリスト中にないため、生徒にとって発想が得にくいですが、実験として着手しやすく興味深い題材なのだと予想される。

次に、「文書のクラスター解析」を行い、その示唆から自由記述の特徴を6つ捉えることができた(図5)。その特徴は次の①~⑥である。

- ①振る操作と流動性について
(振る,振った,流れ,流動,流れる)
- ②運動・創傷と血餅について
(運動,傷)
- ③血糖値・血圧・他の動物について
(血糖値,血圧,動物,豚)
- ④水と希釈について
(水,希釈,濃度)
- ⑤酵素とフィブリノーゲンについて
(フィブリノーゲン,トロンビン,酵素)
- ⑥温度について
(温度,湯,温め)

なお、6つの特徴についてそれぞれ丸括弧内の抽出語が記述に含まれる場合を単純集計したものが図6である。

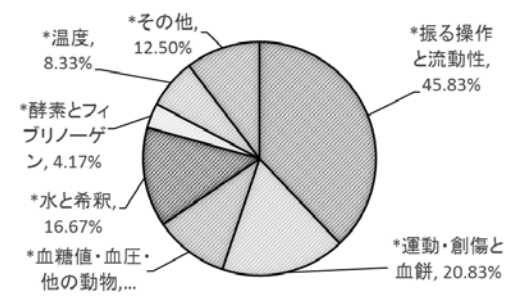


図6 特徴的な語の使用される割合

①～⑥の特徴をもつ自由記述は文書の87.5%であり、割合としては多い順に「振る操作と流動性」、「運動・創傷と血餅」、「血糖値・血圧・他の動物」、「水と希釈」、「酵素とフィブリノーゲン」、「温度」であった。「振る操作と流動性」に関するもの、「運動・創傷と血餅」に関するもので半数以上を占めており、実験において最後に行った振る条件に関する内容が最も自由記述の俎上に載ったこと、「運動・創傷と血餅」の形成についても生徒が強く反応したことを示している。「運動・創傷と血餅」は身のまわりにおける現象で、血液凝固という生理現象と関連付けることができた生徒もいた。そのため、学習内容が日常生活と関連していることに気づかせることに成功したように見える。特に運動については、生徒の記述“運動を加えて血ペイができにくくなるのは、そもそも血ペイは赤血球や血小板等が集まって（運動が少なくなって）できるものだから？水分をCよりたくさん入れたらDくらいサラサラになつたりしないか気になる”のように、水で希釈していく実験条件の中に運動との関連を見出しているものがあり、やはり、学習内容が日

常生活と関連していることに気づかせることができた、と考えられる。併せて、①～⑥までの特徴に分類されなかった12.5%の記述には、i，“サンプルを湯浴した意味が分からない。環境は関係あるのかな。” ii，“Dにできた、小さい繊維状のものは何か。” iii，“白っぽい塊ができたのはなぜか。3分経過するまでに一定時間ごとに様子を見る？”という3つのものが他にないユニークな記述として残った。iについては「温度」についての特徴を備えているが、iiは構造物に対する疑問、iiiについては時間条件の設定に関する記述であり、ユニークなものとして参考にしたところである。

次に、KHcorderにより自由記述のなかでみられる言葉が2つ以上はあるもので共起ネットワークを作成した（図7）。「水分」と「運動」と「B」と「C」と「D」と「希釈」が近い関係にあり、やはり実験条件の中に運動との関連を見出す記述が多いように見える。さらに興味深いことに、「温度」は第8時に8つの班のうち4つの班が新たに実験をするほど、注目していた概念にも関わらず、共起ネットワークでは日常生活とつながりのありそうな言葉との関連がほとんどみられない。確かに、生徒の記述“温度→温度を変える対照実験をする。血糖値など他の血小板とか以外の要素の大小でどうなるだろうか。”のように自由記述には「温度」は日常生活や社会との関連で語られることはなかった。授業では血栓を作るエコノミークラス症候群に焦点を当てていたため、当然の結果ではあるが、温度は体温変化や外気温のように日常生活と大きく関係するため、温度変化を日常生活の文脈で語る授業展開をしたとき、どのような疑問が生徒に表出するのか、新たな課題としたい。

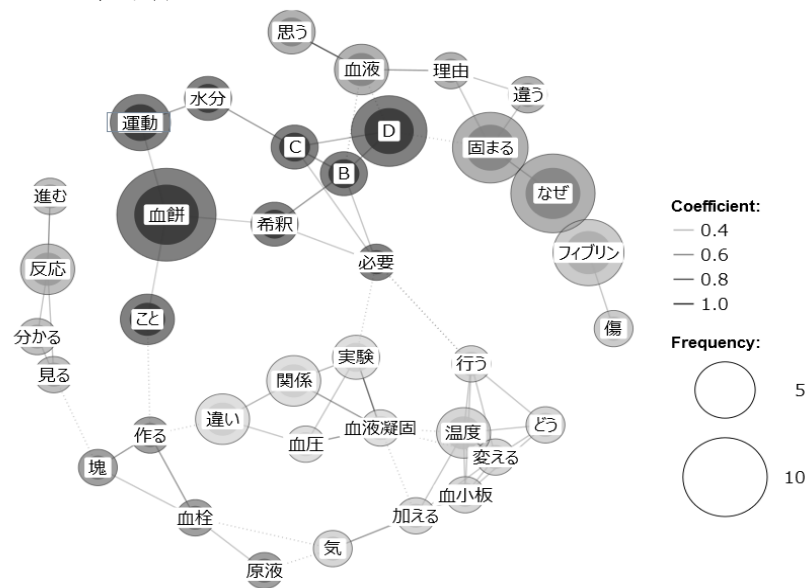


図7 共起ネットワーク

6. おわりに（まとめと今後の課題）

本授業実践は、血液凝固反応を単なる血ぺいの形成を確認させる実験で終わるのではなく、エコノミークラス症候群という社会的な課題に関連付けたものにした。具体的には、予防策と実験結果を科学的に関連付けて考察させる授業にした。その結果、エコノミークラス症候群についての理解への自信が高まったことから、一定の効果は確認できたと考える。また、実践の効果検証においては、生徒が日常生活との関連を学習内容に見出していることが分かった。エコノミークラス症候群という社会的な課題に関連付けた学習効果が表れたか故なのかは不明だが、少なくとも、今回の血液凝固反応実験の結果、日常生活との関連を学習内容に見出すようになるのである。

しかし、課題もある。その一つはモデル実験としての妥当性である。実際のエコノミークラス症候群は、脱水または血流停滞がカスケードのトリガーとなる。しかし、第7時で行った実験で使用した血液の2倍、3倍希釈は生体内では考えにくいものであり、実験を改良していくべきであろう。加えて、生徒は追加実験で温度条件を変更した計画を立てるのにも関わらず、温度条件を日常生活との関連に見出したわけではないことが分かった。授業の実践を考えるうえでの課題としたい。

今後の展望としては、第8時、9時における探究活動の充実を図りたい。例えば、より血管の状態に近づけるためにビニール製のチューブを用いて小さな循環を作成し、チューブの中に血液を入れて凝固しやすいかを調べさせたり、血ぺいがどこでつまりやすいかを調べさせたりするなどが考えられる。また、各班での実験とその考察をクラス全体で発表させるなど、より充実・発展させたものとした。

（附記）

授業の一部は、第48回広島大学附属福山中・高等学校教育研究会の公開授業で行ったものである。

参考文献

- 1) 嶋田正和, 「生物基礎」, 数研出版株式会社
- 2) 庄野邦彦, 「生物基礎 新訂版」, 実教出版株式会社
- 3) 吉里勝利, 「高等学校 改訂 生物基礎」, 株式会社第一学習社
- 4) 本川達雄・谷本栄一, 「生物基礎」, 株式会社振興出版社啓林館
- 5) 浅島誠, 「改訂 生物基礎」, 東京書籍株式会社

- 6) 文部科学省, 高等学校学習指導要領
(http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/03/30/1304427_002.pdf)
- 7) 庄野邦彦, 「生物基礎 教授用指導書」, 実教出版株式会社
- 8) 愛知県総合教育センター 理科・CST の広場
(<http://www.aichi-c.ed.jp/contents/rika/index.htm>)
- 9) 兵庫県立須磨東高等学校 実験教材の広場
(<http://www.hyogo-c.ed.jp/~sumahigashi-hs/CCP080.html>)
- 10) 一般社団法人 日本血栓止血学会 ホームページ
(<http://www.jsth.org/>)
- 11) 島山茂, 「病理学」, 医歯薬出版株式会社
- 12) 杉本充彦, 血栓形成過程: オーバービュー「脈管学」vol. 51 no. 3
- 13) 樋口耕一, 「社会調査のための計量テキスト分析—内容分析の継承と発展を目指して」, ナカニシヤ出版
- 14) 牛澤賢二, 「やってみよう テキストマイニング—自由回答アンケートの分析に挑戦!」, 朝倉書店

資料1 第7時で使用したワークシート

血液の状態と血液凝固反応		
●目的 血液の状態と血ぺいのできやすさにはどのような関係があるのかを調べる。		
●方法 ①右表のように遠沈管 A~D を用意する（血液は既に入れてある）。 ②すべての遠沈管に（ほぼ）同時に塩化カルシウム水溶液を2 mL 入れ、3、4回振ってなじませる。 ③遠沈管 A~C は3分間静置（湯浴）し、遠沈管 D はキョップを閉め手で攪り、3分間攪り続ける（ストップウォッチで計測）。湯浴は30~35℃を目安。 ④3分後、遠沈管 A~D の中身をシャーレに移す。 ⑤血ぺいの生成量を結果に記録。 ※安全メガネとゴム手袋を着用！		
	遠沈管	内容物
	A	血液 3 mL + 塩化カルシウム水溶液 2 mL (湯浴)
	B	2 倍希釈血液 3 mL + 塩化カルシウム水溶液 2 mL (湯浴)
	C	3 倍希釈血液 3 mL + 塩化カルシウム水溶液 2 mL (湯浴)
	D	血液 3 mL + 塩化カルシウム水溶液 2 mL 振る
●結果等		
遠沈管	血ぺいの生成量 (◎、○、△、× 等で記入)	気づき・なぜそうなったのか等
A (原液、静置)		
B (2 倍希釈、静置)		
C (3 倍希釈、静置)		
D (原液、攪る)		
●まとめ エコノミークラス症候群の予防として、「水分の摂取」や「足の運動」が言われている。これらはどういうように有効な だろうか。実験結果を踏まえて説明してみよう。 水分の摂取は、 足の運動は、 今回の実験を通して、明らかになっていないことは何だろうか、そしてどのような実験をすればそれが明らかになるか、 また、新たな疑問があれば記入する。		