

2017 年度修士論文

スマート下水道の実現に向けた
e-Learning コンテンツの開発及び実践

2018 年 1 月

指導教員 史 中超

東京都市大学大学院環境情報学研究科

環境情報学専攻

1683105 鏑木達也

目次

第1章 研究背景と目的	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 下水道の役割	1
1.1.2 下水道技術の成熟と利用モラルの現状	2
1.2 環境教育について	3
1.2.1 環境教育の歴史的発展	3
1.2.2 環境教育教材について	6
1.2.3 e-Learning 教材について	9
1.2.4 e-Learning 教材のメリット・デメリット	10
1.2.5 e-Learning 教材の調査	11
1.3 先行研究・文献調査	12
1.3.1 先行研究	12
1.3.2 文献調査	14
1.4 研究目的	16
第2章 開発構想	17
2.1 下水道知識に関するアンケート調査	17
2.2 スマート下水道とは	19
2.3 開発構想	20
第3章 コンテンツの開発	22
3.1 e-Learning コンテンツの開発	22
3.1.1 adobe animate cc について	23
3.1.2 adobe muse について	23
3.2 Animate CC での開発方法	24
3.2.1 基本知識	24
3.2.2 オブジェクトのシンボル化	30
3.2.3 モーショントウイーン	30
3.3 ActionScript3.0 での開発	35
3.3.1 基本的なムービークリップの制御	36
3.3.2 主に使用する機能	37
3.4 開発したコンテンツ	38
3.4.1 コンテンツ全体の構造	38
3.4.2 ストーリー型コンテンツ	40
3.4.3 クイズゲーム型演習コンテンツ	43
第4章 e-Learning コンテンツの実践	45
4.1 事前・事後アンケート調査	45

4.2 事前事後調査集計結果	48
4.2.1 事前調査	49
4.2.2 事後調査	50
第 5 章 まとめ	56
参考文献	58

第 1 章 研究の背景と目的

1.1 研究背景

1.1.1 下水道の役割

「下水道」は、我々の日々の生活の中で、欠かすことのできない物となっている。よごれた水または家庭や工場などから流れる使用済みの汚れた水を「下水」といい、下水や雨水を流す排水路、またはそれら全体の処理施設のことを下水道と言い、下水を流す方法として、合流式と分流式がある。合流式下水道は、降雨による雨水と家庭などの汚水を、ひとつの管路でまとめ処理場へと送る方式のことを、分流式下水道は、降雨による雨水と家庭などの汚水を、別々の管路で処理場へと送る方式である(図 1-1)。

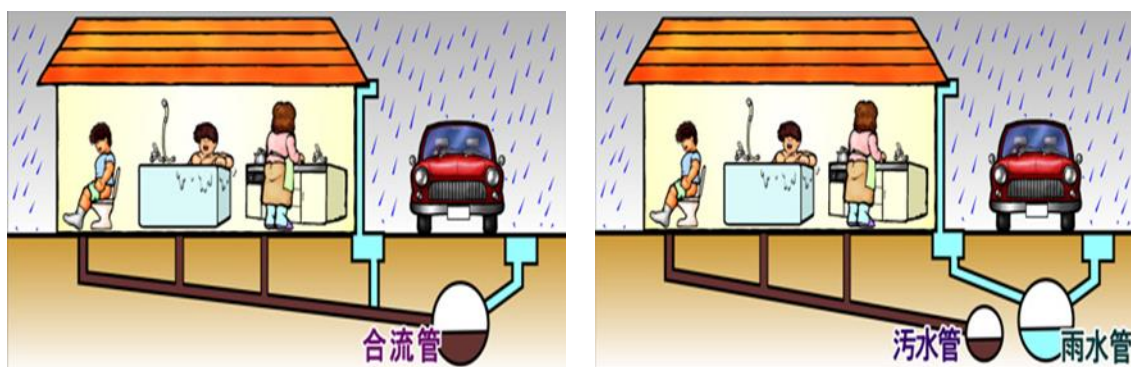


図 1-1 合流式・分流式下水道
(横浜市環境創造局より抜粋)

この下水道には、大きな役割 3 つ存在し、「浸水から守る」・「環境を守る」・「衛生的な暮らしを守る」である (図 1-2) [1]。

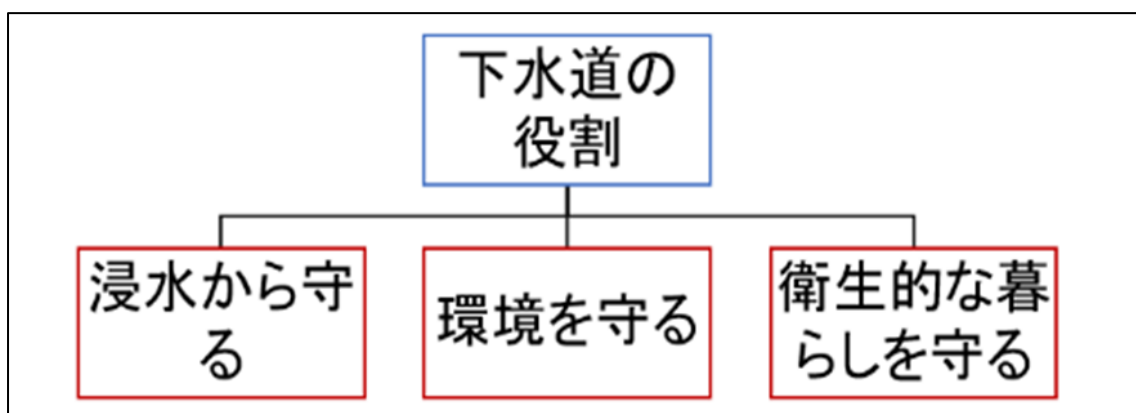


図 1-2 下水道の 3 大役割

「浸水から守る」

まず一つ目して、街を浸水から守るという役割がある。こちらは、雨水を速やかに排除し、住民の生命や財産、都市機能などを守る役割である。都市部では、近年雨水と汚水を

まとめて処理場へと水を運ぶ合流式下水道よりも、雨水と汚水を別々の管路で処理場へと送る分流式の方が良いとされている。なぜなら分流式下水道の場合降った雨は、私設の雨水マスや道路の側溝から公共の雨水マスに集められ、雨水管を通過して河川や海に排出されるためである。しかしながら、都市部では浸水被害が増加している。なぜなら近年世界規模における局地的な異常気象が増加傾向にあり、日本でも1時間当たり50mmを超える集中豪雨が数多く起きているため、排水が困難となり、浸水を引き起こしている。

「環境を守る」

河川や湖沼、海域等の公共用水の水質保全のため、環境基本法に水質汚濁に関わる環境基準の設定義務、基準達成のための努力義務が規定されている。下水道法では、その目的の一つに「公共用水域の水質保全に資すること」を規定している。日本においては、高度経済成長期に、公共用水域の水質悪化が社会問題となり、これを受けて水質汚濁防止法が制定、下水道法が改正された。これにより、水質保全を目的として下水道整備が進み、水質の改善効果が表れた。

「衛生的な暮らしを守る」

家庭や生産活動によって排出される汚水をすみやかに排除・処理する役割がある。汚水が住宅周辺の雑排水路に停滞すると、悪臭やハエ・蚊などの発生源となり、周辺環境悪化の原因となる。健康で快適な生活の確保に下水道は欠かすことができないものである。

1.1.2 下水道技術の成熟と利用モラルの現状

日本における最初の下水道施設は、1884年と1885年、東京に施工された神田下水である。1873年から1877年まで、銀座の煉瓦街建設の際、付帯工事として道路の両側に洋風の有蓋溝渠を設けたが、財政上で行き詰まり、頓挫してしまった。1900年に下水道法、汚物掃除法が公布されたが、本格的な下水道構想は再び財政上の問題があり、なかなか実現されなかった。1922年の三河島汚水処分場が完成するのを前に、1921年に東京市下水道条例が制定され、市民は家庭雑排水を下水管に繋いで排出することを求められた。しかし以後、財政難によって下水道施設の整備が頓挫する状況は、戦後まで改善されなかった。大きな動きがあったのは1958年のことで、4月に旧下水道法が改正された。1962年に東京都下水道局が発足、1964年の東京オリンピックを前に、下水道整備のための予算がふんだんに確保され、急速に整備が進んでいった。近年になり、下水道を流れる汚水処理の技術が大幅に発展した。

1980年代より、日本の下水道に高度処理の時代が訪れた。高度処理は、水域の富栄養化の防止、下水処理水の再利用などを目的として行われ、3次処理とも呼ばれる[2]。2000年代より、下水道処理のプロセスの中で排出され、本来無駄なものとしてそのまま廃棄されていた汚泥などの有機性廃棄物の資源化も進んだ[3]。下水処理の技術は、今後もさらなる発展が見込まれる。

日本の下水道普及率は、平成 28 年 3 月末現在 77.8%である(地方共同法人 日本下水道事業団)。一方、全世界では、57.5%である(WHO 世界保健機関)。欧州を中心に、100%の普及率を達成している国もあるが、日本が 100%の普及率を達成できない理由として、2つの原因が挙げられている。

1. 公共団体の財政事情が厳しい中、下水道は初期投資が高く、事業期間が長期に渡ることから、いかに下水道事業の予算を確保するかが課題であること
- 2.人口減少、高齢化が進んでおり、今後もその傾向は続くものと予測され、現在の計画のままでは下水道が非効率になることが懸念されていること

これらの原因から、下水道の着手や概成等に対する明確な方針が打ち出せない市町村が存在している[4]。

このように下水道の普及に関しては課題が残るものの、技術面では着実に成熟が進んでいる。しかし、人為的問題によりが正常な下水処理を妨げることがたびたび起きている。人為的問題には、本来流してはいけないものを流すなど下水道の利用モラルの低下や、利用方法の知らない人の正しくない利用により発生した詰まりなどの問題への対処法を知らないことに起因する問題などがある。

1.2 環境教育について

温暖化や自然破壊など地球環境の悪化が進み、環境問題への対応が人類の生存にとって重要な課題となっている。地球の自然環境を守り、子孫へと引き継いでいくためには、エネルギーの効率的な利用などと言った(持続可能な社会)を構築することが大切とされている。そのため、国民が環境問題について学習し、自主的・積極的に環境保全活動に取り組んでいくことが重要であるとされている[8]。

1.2.1 環境教育の歴史的発展

環境教育は 1948 年に国際自然保護連合 (IUCN) の会議で持ち上がった話であったが、実際に取り上げられ取り組みがはじまったのは 1970 年代になってからである。

1948 年 : IUCN の設立総会において「環境教育 (Environmental Education)」を初めて使用

1970 年 : IUCN/WWF のネバダ会議において、「環境教育の定義」を採択

1972 年 : ストックホルム会議において、「人間環境宣言」の採択および「行動計画の 107 の勧告」の採択

114 カ国が参加し、国連専門機関などをあわせて 1300 人を超える代表がスウェーデンのストックホルムに集まり、史上初の環境に関する大規模な国際会議が行われた。その中で、「人間環境宣言・勧告に関する議論」、「南北間の意見の対立」があった。南北間の意見の対立では、環境問題に対する認識の相違と先進国への疑心が問題として取り上げられた。ここでは環境教育と経済成長・発展のジレンマから、有限な資源の枯渇をどう防げばいいかという意見の一方で環境問題は人間居住の改善や貧困・飢餓の削減の手段として捉える、

つまり環境自体の問題としてではなく他の問題を解決するための方法の1つとして認識していた。そのため、環境教育は先進国の考え方が途上国に伝えられ措置をとられていたが、途上国側が環境教育を利用して途上国をいつまでも後発国にしておくための陰謀ではないかという先進国に対する疑惑の念まで生んでしまった。本来は、こういった疑念を生みたくないためにも環境教育は経済発展と並行して見ながら繋げて考えていく必要がある。

1975年：国際環境教育ワークショップ（ベオグラード会議）において、「ベオグラード憲章」の採択

旧ユーゴスラビアのベオグラードにて環境教育政府間会議（トビリシ会議）の準備会合として環境教育専門家96人が参加し開催された。ここでは、ベオグラード憲章の採択がされ、そこでは、人間と環境の均衡と調和ということを満足させ、貧困、飢餓、文盲、汚染、搾取、専制といったものを根本的になくし、世界の資源は万人の利益となるように、また万人の生活の質の向上に役立つ開発を進めることが必要であることを明確に述べている。この会議をうけて環境教育地域専門家による会合が開催された（アフリカ、アジア、アラブ、ラテンアメリカ、北米ヨーロッパ）。

1977年：環境教育政府間会議（トビリシ会議）において、「トビリシ宣言」「トビリシ勧告」の採択

1975年ベオグラード会議や1976-7年環境教育地域専門家会合の成果をうけて、旧ソ連のグルジア共和国トビリシにて開催された。日本からは中山・榊原（文部省初等中等局視学官）が出席し、各国政府を代表する代議員265人と65人の計330人が出席した。ここでは、地球に住むすべての人の中に環境倫理を確立させること、新しい価値観を創造することの重要性が多く国の代表によって表明された。また、トビリシ勧告には、国際的合意事項とされる環境教育の目標・指導原則などが明記された。しかし、旧ソ連代表は、環境倫理の確立は新しい宗教を作り出すことだと指摘した。この会議では、南北抗争や東西対決がない拡張専門家会合の様相を有しており、全会一致で勧告や宣言は採択された。また、1976年環境教育アジア地域会合において、環境教育を独立教科にすべきではないとの結論が、このトビリシ会議でも大きく取り上げられ、その後の世界の環境教育のあり方に影響を及ぼすこととなる。

1975年-1987年：UNESCO-UNEP 国際環境教育計画（IEEP）の設立と活動

1987年：UNESCO-UNEP 環境教育・訓練に関する国際会議（モスクワ会議）において、「1990年代の環境教育と訓練のための国際的行動戦略」を提案

旧ソ連のモスクワでUNESCOとUNEPの共催によって開催された。ここでは、1990年代の環境教育や訓練に必要な42の国際的行動戦略が提案された。戦略は以下の様な内容である。

- ①情報の国際的システムの強化・経験の共有
- ②環境教育の内容・方法の開発、研究と実験、組織化、伝達戦略の強化
- ③環境教育カリキュラム・教材開発

- ④教員・指導者の有資格者の養成・再養成
- ⑤環境領域を技術・職業教育に取り組むこと
- ⑥ICT利用による効果的な情報提供
- ⑦教育資源・訓練の開発による一般大学教育への組み込み
- ⑧環境療育の科学・技術的訓練を目的とした専門家育成
- ⑨環境教育の国際協力・地域協力

これらの戦略は、個人に対する教育としての環境教育と訓練と並んで、一般大学教育での環境教育、専門的な環境訓練が主要課題となっている。

こういった会議や経験を踏まえて学際的・問題解決的な環境教育の性格の確立が成されていった。複雑で世界的な環境問題群に対して、教育を3つにプログラム化し、後にこの教育システムのスタイルが自覚なしに環境教育されるシステムを作る基盤となったと言えるだろう。

学校などで行われるフォーマル教育（FE）や、博物館・NGO・公民館などフォーマル教育以外で教育目的をもった養育システムによって行われるノン・フォーマル教育（NFE）は組織的な教育であるのに対し、イン・フォーマル教育（IFE）は、日常の社会生活の中で家族や友人関係、マスメディア、図書館なども含めた地域社会のあらゆる側面における影響により、環境教育の目的である関心、知識、態度、技能（スキル）、参加の向上（調査して見えなかったものを”見える化”させる）などを獲得する生涯にわたる組織的ではない教育プロセスのことである。イン・フォーマル教育の改善が必要な例として、エイズ問題などが挙げられる。思春期の若者の性の知識は他の青少年や娯楽メディアなどイン・フォーマル教育によるものが多い。しかし、そこで誤った知識を得てしまい、それが危険な行動につながってしまうというリスクとも隣り合わせなのがイン・フォーマル教育なのである。

これらの3つの教育プログラムは

- ・個人と社会集団の関心、知識、態度、技能、参加の向上
- ・問題解決能力の重視
- ・学際的な教育や研究の重要性

を全て満たすために必要な教育プロセスである。

また、これらの教育の中で注意しなければならない点がいくつかある。

まず、社会的な情報を伝達する際、一般の人に受け入れられるように伝えなければ、何も伝わらないどころかむしろ拒絶されてしまう。一般の人はほとんどが数値を見ても関心を持つことはない。そのため受容性を高めるためには、論理的にCO₂の数値を出すよりも、その量を分かりやすいデザイン（絵や図表など）を表示して理解させるのが最も効果的である。

次に、環境を変えるために「環境」を教育しようとする場合、ただ教育するだけでは何の効果もあげられない。そこには沢山の要因を含んでいく必要があるのだ。その要因とは、

主に、協調協力、法規制、技術開発、経済措置、情報、教育の6つである。法規制、技術開発、経済措置などは行政によって強く推されているものである。また、価値の意味づけとして情報に対しどのようにコミュニケーションを取り、いかに見えないものを見える化できるかが重要となり、さらにこれらの要因といかに共有するかが重要となってくる。

1980年代：さまざまな地球環境問題

1986年のチェルノブイリ原発事故を始め、温暖化問題、酸性雨問題、北海でのアザラシの大量死、公害輸出、オゾン層の破壊など数多くの地球環境問題と直面した。

2002年：ヨハネスブルク会議、世界サミット（WSSD）において、持続可能な開発に関する教育が決議

持続可能な開発を促進するためには教育が決定的に重要であると提案され、2005年から始まる「持続可能な開発のための教育の10年（UNDESD）」を採択するか検討された。結果、2005年から実際に開始されることが決議された。

1.2.2 環境教育教材について

環境教育に用いられる教材は数多くあり、図2-2にあるような媒体が用いられている。この図からもわかるように、主な学習教材のフォーマットは以下の通りである。

- ・文字、絵教材（例：ポスター、壁新聞、パンフレット、書籍、雑誌、etc）
- ・フォークメディア（例：演劇、影絵、語り、パペット、歌）
- ・実験、観察教材
- ・視聴覚教材（例：DVD、VCD、ラジオ、TV、音楽、写真・スライド、Youtube）

このような教材は、対象者や対象者の学習ニーズに合った形で取り組まれる。

対象者は主に

- ・非識字者、新識字者、成人識字者
- ・初等教育段階、中等教育段階、高等教育段階
- ・一般市民、子供の保護者、子供の家庭構成員
- ・教育課程の学生、現職教師
- ・企業関係者、メディア関係者、自治体・政府関係者、NGO・社会教育関係者
- ・村落・地域社会の構成員（世代、ジェンダー、役割分担）

である。この環境教育における対象者とは、子供から大人までのあらゆる年代が対象である。そのため、環境教育には大きく分けて3つのアプローチがあると言われている。こういったアプローチが適切かどうかを年代、目的などに応じて検討する必要がある。さらに、各アプローチにおいて教育側がどのような形に関わるかも大きく異なってくる。そのため、教育側はそれを理解した上で対応をしていく必要がある。そもそも環境教育の目的は、環境や環境問題に関心・知識をもち、人間活動と環境とのかかわりについての総合的な理解と認識の上に立ち、環境の保全に配慮した望ましい働きかけのできる技能や思考力、判断

力を身に付け、持続可能な社会の構築を目指してよりよい環境の創造活動に主体的に参加し、環境への責任ある行動をとることができる態度を育成することである。[10]。



図 1-3 環境教育教材の例[9]

そして、1977年に開催されたトビリシ会議で環境教育の5つの目的が示され、今日においても基本的な理念として扱われている。

表 1-1 学習内容に基づく教材のタイプ

教材のタイプ	内容
動機づけ型教材	学習者がテーマに対して関心を持ち、動機づけを促す教材
参加型教材	学習者が活動への参加を通して楽しみながら、理解を深める教材
指導型教材	課題解決にむけて明確な知識・技能を提示した教材。
フォローアップ教材	全体を関連づけ、付加的な情報を提供するとともに、包括的な説明と意味合いを述べる教材。

また目的を達成させるために一番効果的な、学習内容に基づいた教材のタイプが主に4つに分けられている（表 1-1）。

一番一般的な教材として用いられている指導型教材である（図 1-4）。課題に対して、具体的な知識や技能を提供し、すぐに活用が可能なものも多くある。人々にとって生活の中での環境問題改善に最も直結した教材である。しかし、前提知識が必要なものや、わかりづらくうまく活用できない等、啓発するといった面ではあまり有効ではない。そのため、実際に直面している現状の課題改善に役立つものしか取り入れず、将来を見据えて取り組んでいかなければならない知識についての訴えかけが難しい。



図 1-4 文字教材[11]

啓発に特化した動機付け型教材(図 1-5)は、学習者がテーマに興味を持つように美しく描画され、環境問題に対する訴えに関しては悲惨な風景の写真やイラストなどで視覚的にインパクトのあるデザインにしようといった工夫がなされている。このような教材は日々目にするものである事から、関心を持たせるということに対して大変有効である。



図 1-5 絵教材 (ポスター) [11]

しかし、数多くある多種多様なポスターの中で注目させ、さらに関心を持たせることは簡単ではなく、そのデザイン性や伝えたい情報を正確に伝える技術も問われるため、やみくもな制作では成果を得られない。

参加型教材は、学習者が活動を通して楽しみながら理解を深めるのが特長である。特に、フリップチャートや紙芝居などは大人数で楽しみながら行えるので、教科書のイメージの強い学習者（特に途上国の子供たち）には、新たな体験や経験ができる教材としてよく用いられる。しかし、大人数での参加型教材はファシリテーターが最も重要であり、対象者の学習能力レベル・年齢や世代・ニーズの把握などはもちろん、事前に学習者の日常生活

を熟知して対応する必要がある。そのため、日常的にコミュニケーションを取り、実際の生活環境のフィールドでも活用できるような学習プロセスを構築して取り組まなければ意味がなくなってしまう。



図 1-6 絵教材（フリップチャート・紙芝居） [11]

主に動機づけ型、指導型教材である（図 1-7）は、一方的な情報の伝達がメインとなるため、視聴後のフォローアップが大変重要となってくる。そのため、ファシリテーターの存在が必要不可欠であり、その技量が問われる教材の 1 つである。

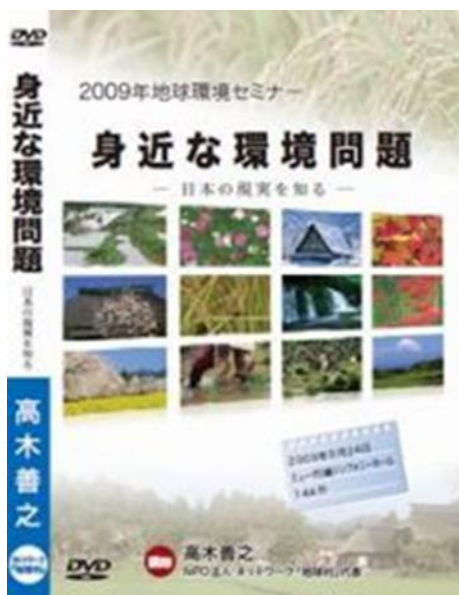


図 1-7 視聴覚教材（DVD） [11]

1.2.3 e-Learning 教材について

e-Learning 教材とは主にインターネットを利用した学習形態のことである。従来の学習形態は、指導者と学習者が同じ場所に長時間いなければならない、学習者の進歩状況や情報管理などはすべて人間が行う必要があった。そこで、ビデオ教材などの取り組みが行われたが、一方的な情報提示のみで学習者からのアクションが反映されず、学習効果は伸び

悩むものであった。そこで、各学習者の理解度に応じた学習内容を提示できる CAI (Computer Aided Instruction) と呼ばれるシステムが世界各国で研究され、それを元に CBT (Computer Based Training) と呼ばれる CD-ROM を教材とした学習が開始された。その後、インターネットの発展に伴い、WBT (Web Based Training) と呼ばれるインターネットを利用した学習へと発展し、現在ではこのようなオンラインでの教育は、総称して e-Learning と呼ばれ、従来の集合教育のスタイルに大きな変化をもたらしている。さらに、近年ではデジタルデバイスも多種にわたり、よりパーソナルなものへと発展して e-Learning 教材は飛躍的な進化を続けている。[12]

1.2.4 e-Learning 教材のメリット・デメリット

e-Learning 教材のメリットとデメリットは学習者側と指導者側で異なる (表 2-2、2-3)。いかにこのメリットに合った教材内容にできるかでその効果に大きな変化をもたらす。そのためには、学習者側のデメリットだけでなく、指導者側のデメリットをどのように取り入れてより良い教材にするかを作成時に考える。

表 1-2 学習する立場からの e-Learning 教材のメリット・デメリット

メリット	デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・ 職場や自宅などで学習できる。 ・ 自分のペースで学習できる。 ・ 進捗状況やテスト結果などのフィードバックが即座に確認できる。 ・ 結果をもとに最適な学習方法が選択され、効果的に習得できる。 ・ 操作説明など、画面上の動きがわかりやすい。 ・ 音声や動画により、学習理解度をさらに深められる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ スポーツなどの実技がともなう学習では、効果的に習得しにくい。 ・ 一般的に、リアルタイムに講師側との交流が取れない。

表 1-3 学習してほしい立場からの e-Learning 教材のメリット・デメリット

メリット	デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・ 学習者の進捗管理が自動処理されるので、チェックや集計が迅速に一括で行える。 ・ 教材やプログラムはサーバーに保存されているので、変更が迅速かつ容易。 ・ 最新の教材を全学習者に一律に提供できる。 ・ 導入以降のコストを削減できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 書籍などに比べると学習教材を制作する手間やコストがかかり、また作成技術が必要となる。 ・ 教材配信・履歴管理するためのシステム (LMS) が必要になる。

1.2.5 e-Learning 教材の調査

e-Learning 教材の種類は様々な型で取り組まれている。一般的に以下の6種類に分類されている。

- ①FLASH アニメ型
- ②セミナー・映像配信型
- ③シミュレーション型
- ④テスト型
- ⑤映像配信型
- ⑥モバイル型



図 1-8 FLASH アニメ型の学習ゲーム教材例[13]

中でも、近年注目されているのが FLASH アニメ型を用いた学習ゲーム教材である（図 1-8）。独自の世界観やストーリーがあり、学習者に興味を持たせることで、楽しく学習を継続させる面で非常に優れている。こういった教材は、主に小学校高学年から高校生を対象とし、国語・数学・英語・理科・社会などといった主要教科に多く用いられている。しかし、環境問題などのような我々が生きていく中で誰もが取り組まなければならない問題に特化した e-Learning 教材はまだ数少なく、普及していないのが現状である。

1.3 先行研究・文献調査

1.3.1 先行研究

下水道の可視化についての取組みは、環境教育として行われるものは多く存在している。そこで、下水道の可視化及び普及を目的とした研究「下水道を核とした環境教育プログラムの開発と実践」、及び環境教育と e-Learning、水保全の意識向上に取り組んだ研究「小中学生を対象とした水保全の意識向上に向けた e-Learning 教材の開発」を先行研究として参考とした。

まず「小中学生を対象とした水保全の意識向上に向けた e-Learning 教材の開発」では、水不足、水質汚染・汚濁、水害、富栄養化などの水問題の解決に、e-Learning 教材を用いた環境教育のプランを立て、実際に教材を作成することで取り組んでいる。今まで、水問題の解決には、主に科学技術、政策、教育による方策が検討されてきたが、水を汚染させない、浪費させないという観点からは、教育が非常に重要であると思われた。水の汚染や浪費が起こるのは、水保全への知識が少なく、水保全への重要性の理解不足や水保全向上に対する意識の薄さが原因のためである。また、e-Learning 教材の普及が以前にもまして重要視されていた。教育機関や企業での e-Learning 導入事例も増え、有効性も証明されつつあると考えられた。このため、水保全の環境意識を向上させるための参加型 e-Learning 教材の開発を行っている。



図 1-9 e-Learning 教材のメイン画面 [5]

ストーリーの冒頭説明に、コンセプトの説明がされている。

「ある日、地球上に住む人間以外の動物たちが凶暴化し人間を滅ぼす恐ろしい敵となってしまった。その原因は、地球の水問題であった。このままではやがて人間は滅亡してしまうだろう。そこで僕は、敵を元の優しい動物たちに戻すために、あらゆる水問題のエリア

に向かい、問題を「解決」する旅に出た。そこで水博士と出会い、水問題について教えてもらいながら凶暴化した動物たちを救っていくこととなる。」

学習者は主人公のマナブ君となり物語を進めながら啓発教育を受ける。実生活とゲームを繋げるために世界観は非常に重要なものと位置づけている。日常とのリンク付けを行うことで、興味関心を持たせ、自発的な行動を促すポイントとしている。

ゲームは Adobe Flash を用いて制作されている。ゲームの構造は、「水博士」と水問題を学ぶ「TRIP 編」と、水問題によって病気になったり、凶暴化した動物を、クイズに答えることで救って行く「RESCUES 編」に分かれている(図 1-9)。

そして「下水道を核とした環境教育プログラムの開発と実践」では、20 歳代の主な情報通信機器の普及状況は、汚水の流れ着く先を 20 歳代に気比べて知っていた 50 歳代に比して非常に多いと言う結果であった。そこで、下水道に対する意識改善と利用モラルの向上のために、PC やスマートフォン上で動作する、下水道の管内を若者世代でも興味を持って探索できるアプリケーションを作成し、実践している。下水道で起っている様々な問題を結合して、下水道管内の探索ゲーム「下水道 explorer」を作成している(図 1-10)。



図 1-10 下水道 explorer top 画面

こちらのゲームでは、体験者が下水道の管内に入っていく、STOP・GO・BACK のボタンを操作しながら内部探索を行っていくものとなっている(図 1-11)。また、探索の中では、下水道利用モラル向上のための問いかけや、正しい利用方法などについて学ぶことで、下水道に対する認識を深めていくことを狙いとしている。



図 1-11 下水道 explorer 探索開始の画面

1.3.2 文献調査

現在、自治体や企業が下水道に関してすでにどのような宣伝・PR 活動が行われている。まず東京都下水道局では、「バーチャル下水道」という Flash を用いたゲーム形式の教材を提供している。この作品は、東京都下水道局のオリジナルキャラクター「なびくん」が、「じのあめんぼ号」と名付けられた、アメンボを模したキャラクターに乗って下水道管内を体験し、下水道行政が行っている清掃事業などの取組みを学ぶという設定のものである。対象者は、進む・戻るボタンを操作し、ゲームを進めて行く。ビデオクリップ・詳細ステータス・豆知識などを知ることができるボタンも配置している。気象条件によって下水道に流入する水量は変化するが、対象者が晴れ・雨・大雨の中から条件を選択できる。対象者にとって比較的自由度の高い下水道環境教育教材である。しかし、本プログラムは低年齢層を対象としているため、キャラクターを多用し、下水道管内で起きている問題についてはあまり触れないようにしている。また、下水道で起きている現状の紹介についてもデフォルメが多用されているため、いわば「臭いものには蓋をする」印象が拭えず、20代以上の成人を対象としたリアルな下水道環境教育を行う教材としてはリアリティに欠けると考えられる。



図 1-12 バーチャル下水道 top 画面

次に、日本下水道協会では、「スイスイランド」という Flash を用いた下水道教育コンテンツを提供している。



図 1-13 スイスイランド top 画面

このコンテンツでは、下水道のマスコット「スイスイ」が下水道の知識を絵や文字で紹介していく設定になっているものである。対象者は、好きな項目を選び、文章を読みなが

ら次へ進むボタンを押しながら解説を読んで進める。ページ内にゲームやクイズもあるので大人のみならず子供向けにも良いと思える。ゲームは、コンテンツの内容とは関係なく、起動させるためには **Shockwave Player** が必要であるため、人によってはダウンロードする必要性が出てくる。そしてクイズでは、下水道の内容は含まれていて正解を選ぶと次の問題に進むが、不正解を選んでしまうと自動的に新規タブでヒントページが開かれる仕組みになっているため気がつかずにやめてしまう人もいるかも知らない。

1.4 研究目的

下水道は利用者にとっても普段から意識することが難しいものである。特に、排水された汚水の流れ着く先を知らないということは、普段の生活で下水道に流される水がどのように処理され、川に流されるかを利用者が知らない恐れがある。そこで、本研究では、**Adobe Animate CC** (旧 **Adobe Flash Pro**) を使い大人のみならず子供も楽しめる環境教育コンテンツを作り、ゲームやクイズなどを含めた **e-learning** コンテンツとしてインターネット上で提供し、安全安心な下水道環境の実現や利用者の意識を改善する事を目的とする。

第2章 開発構想

2.1 下水道知識に関するアンケート調査

実際に下水道の知識を人々がどれぐらい知っているかを把握するために下水道利用に関するアンケート調査を学生と大人合わせて40人に行った(図2-1)。

下水道利用調査アンケート

1. 性別

① 男性
② 女性

2. あなたは下水道や下水処理について、関心がありますか。

① 関心がある。
② 関心がない。

3. 下水道には、(汚水と雨水が同じ管路を通過して水再生センターへ流れていく「合流式」と(汚水は水再生センターへ、雨水は別の管路を通過して川や海へ直接放流する「分流式」)の2つの方式があることをご存じですか。

① 知っている ② 知らない

4. 以下のものは下水道の役割や仕組みについて書かれている。下水道の役割や仕組みについて正しいと思う物に○をつけてください。(複数選択可)

A. 洪水から街を守る B. 汚れた水を処理する C. 環境を守る

D. 処理時発生するエネルギーを再利用している

E. マンホールは下水道管の点検や維持管理をするための入り口である

F. 狭い下水道管内は、テレビカメラを使った調査が行われる

G. 下水道管内には光ファイバーケーブルが設置されている

H. 分流式の下水道では、大雨が降ると、一部の下水が川や海に流されてしまう

I. 汚水処理する際に出たゴミは全て埋立処分される

J. 汚水は微生物によって処理される

K. 週に一度、水質試験室で処理過程の水の検査が行われる

L. 処理された水は消毒が行われる

5. あなたは普段、以下のものを、そのままキッチンや浴室などの排水口やトイレに流していますか。

A. 食用油

① はい ② いいえ

B. 熱湯

① はい ② いいえ

C. 野菜くずや残飯

① はい ② いいえ

D. ティッシュ

① はい ② いいえ

E. 生理用品

① はい ② いいえ

F. 髪の毛

① はい ② いいえ

6. 普段の生活において処理方法が分からなくて困ったもの、困っているものがありますか。

① はい ② いいえ

7. 6で(はい)と答えた人にお願いします。処理方法について困った物、困っている物を具体的に詳細記入ください。

ご協力ありがとうございました。

史 研究室
東京都大学副学情報学研究所
183105 橋本達也
東京都大学副学情報学部
1231004 赤城詩文

図2-1 下水道利用調査アンケート

本アンケートでは、実際に下水道に関心があるか、下水道の種類・役割や仕組みを知っているかなど7問を設け、調査を行った(図2-1)。

アンケートの結果をみると人々は、日々何も下水道の事を考えずに使っている事が良くわかる。今回のアンケート調査では、40人を対象に行ったが、12人が関心ありと答え、残りの28人が関心なしと答えた(図2-2)。これはやはり下水道が人々にとってあってあたり前のものになっていると読みとる事が出来、普段から下水道の事を考えながら生活している人が少ない事が読み取れる。

そこで次に下水道の種類について調査を行った。今回の質問の内容は、下水道には、(汚水と雨水が同じ管路を通過して水再生センターへ流れていく「合流式」と(汚水は水再生センターへ、雨水は別の管路を通過して川や海へ直接放流する「分流式」)の2つの方式があることを知っているかどうかで調査を行った(図2-3)。この調査の結果を見ていただくと、40人中25人は知らないと答え、残りの15人は知っていると答えました。自分が住んでいる街が、分流式なのか合流式なのかマンホールの蓋を見ればわかりますが、マンホールの近くを歩いていたとしても蓋の上を見ている人はそうそういない事から、自分の街はどっち

なのか把握している人は少ないと考えられる。しかし、本大学の学生は、授業内でインフラ整備の事や集中豪雨による浸水被害の事を習う中で下水道のことを説明されます。このように授業内で下水道の種類などの説明があるのにあまりにも知らない人が多すぎるのではないかと思える。

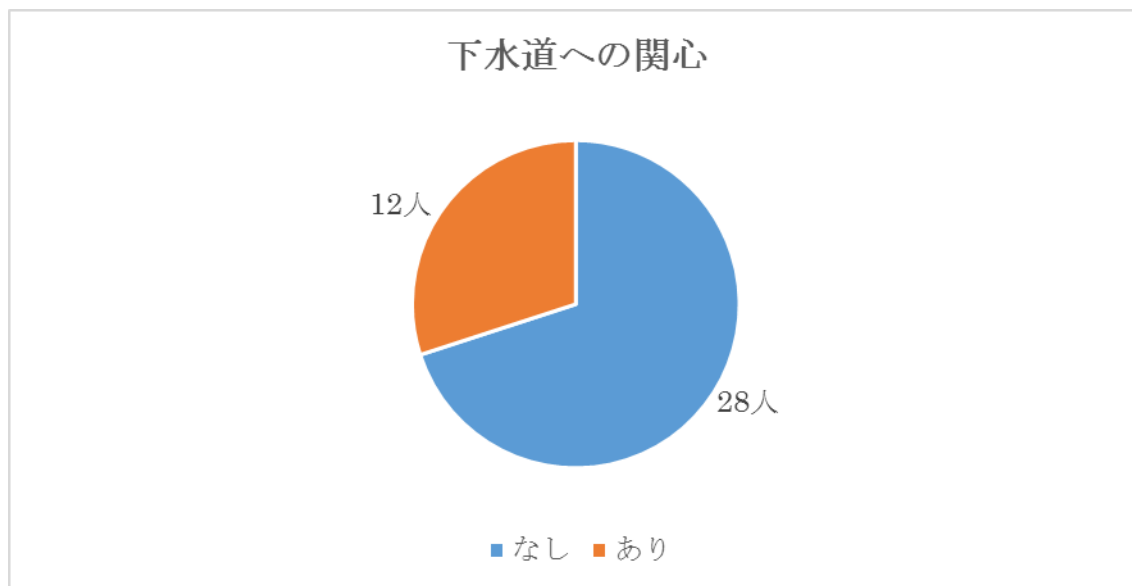


図 2-2 下水道への関心

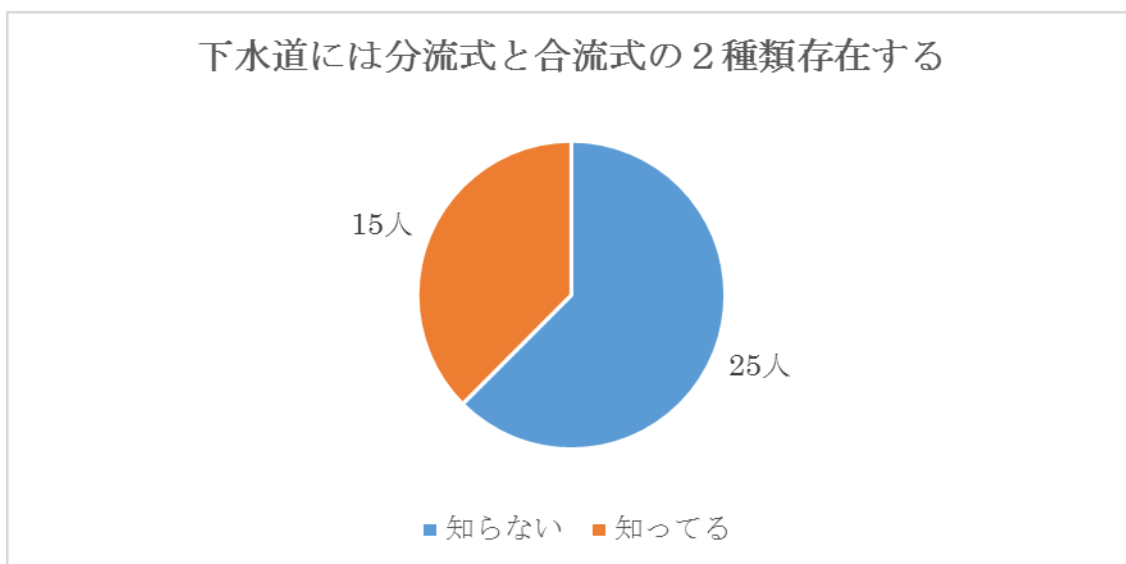


図 2-3 下水道の種類についての調査結果

上の(図 2-2),(図 2-3)で示したように現代の日本人は、下水道への関心や知識がある人はとても少ないと考えられる。これらを解決するためには、下水道に関する知識をより浸透させることが求められる。

2.2 スマート下水道とは

近年、様々なものや現象に、スマートとつける傾向があり、スマートフォンやスマート家電、スマートシティなど数多く存在している。これらの単語では、スマートを賢いと言う意味で使っているが、それぞれの単語の捉え方は違っている。

まず、スマートフォンは、先進的な携帯機器用 OS を備えた携帯電話の一種であり、従来の携帯電話や、パソコンの機能を取り込んでいる携帯端末とされている。また、利用者自身があとからソフトウェア(アプリ)を追加し、自分好みの形にカスタマイズできることから、(スマートフォン)は(賢い携帯)と言う意味で使われている。

次に、スマートシティは、IoT (Internet of Things : モノのインターネット) の先端技術を用いて、基礎インフラと生活インフラ・サービスを効率的に管理・運営し、環境に配慮しながら、人々の生活の質を高め、継続的な経済発展を目的とした新しい都市のことである。

スマート下水道という言葉はまだ存在しないが、人々に下水道を使ってもらうことをこめて作ったものである。たとえば、利用者が自宅でパソコンもしくはスマートフォン・タブレットで使った水の量を把握できるようにし、その見えるかによっていかに多くの水を使っているかを知ることによって節水の行動につながる効果が表れるかもしれない。

また、てんぷらなどで残った油などの処理法をインターネットコンテンツから学ぶことができれば、正しい処理ができ、排水管への負担を減らす事ができ、環境に優しい行動が出来る。

また東京都下水道局では、平成 26 年 6 月に首都東京の都民生活や都市活動を地下で支える下水道の機能を安定的かつ永続的に発展させ、お客さまへの下水道サービスの充実強化を図るため、下水道事業におけるエネルギー基本計画「スマートプラン 2014」を策定している。ここでは、下水道事業におけるエネルギー活用的高度化やエネルギー管理の最適化を図るため 4 つの取組方針をまとめている。この 4 つの取組みとは、(再生可能エネルギー活用の拡大)、(省エネルギーの更なる推進)、(エネルギースマートマネジメントの導入)、(エネルギー危機管理対応の強化) である[7]。

このような取組みは、未来におけるスマート下水道の土台になると考えられる。こちらの計画は、東京都下水道局が行っているもので、各都道府県の下水道局で行われれば、下水道のアービス向上及び浸水対策の強化などに取り組む事ができ、より安全に下水道を利用する事ができると思われる。



図 2-4 スマートプラン 2014 の取組[7]

2.3 開発構想

スマート下水道を実現するためのコンテンツを開発するにあたって、以下の2点が重要であると考えた。

①下水道について楽しく学べるコンテンツを作ること

②ダウンロード不要で、手軽にブラウザで利用できること

まず①において、人々が堅苦しい・難しいと感じるようなコンテンツは利用されにくいと考えた。そして、人々に楽しく学んでもらうためには、大きく分けて2つのコンテンツが必要だと考えた。それは、「ストーリー型コンテンツ」と「クイズゲーム型コンテンツ」である。ストーリー型コンテンツでは、下水道に関する知識や問題を、ストーリー（物語）形式で学べるようにする。クイズゲーム型コンテンツでは、前述したストーリー型コンテンツで学んだ内容を復習できるような内容にする。クイズの正解・不正解によって環境の変化がイラストで変化するようにし、自分の行動が環境に変化を及ぼすことを直感的にわかるようになればいいと考えた。

②においては、コンテンツへのアクセス性の良さや、ダウンロードなどの手間をかけずにすぐコンテンツを利用できるようにしなければいけないと考えた。それを実現するためには、作成したコンテンツを公開するサイトが必要となる。また、ソフトやアプリとして配布するのではなく、サイトにアクセスしてすぐ利用できるような形態が望ましいと考えられる。

そこで考えたものが、オリジナルサイトを作り、ページ上に各種コンテンツを配置する形式である（図 2-5）。ページの右側に大きくコンテンツを表示し、ページの左側には各種コンテンツへのリンクを常に表示させる。この形式であれば、手軽かつ直感的にコンテンツを利用できると考えた。

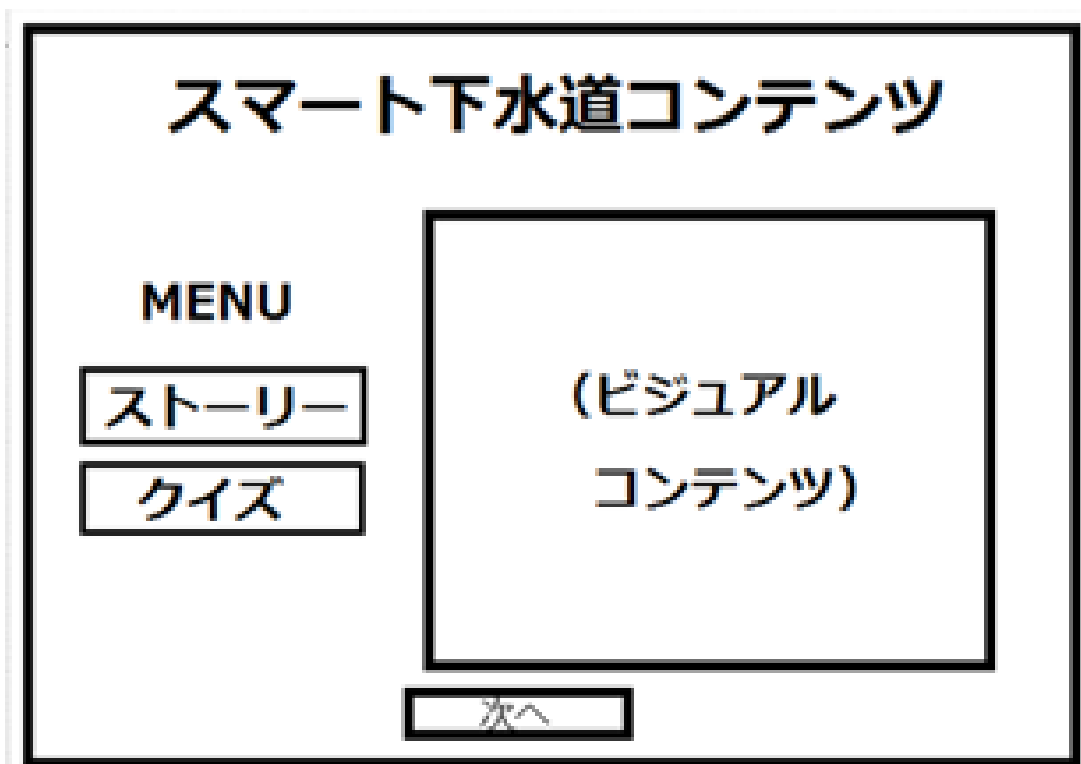


図 2-5 トップページの構想

第3章 コンテンツの開発

3.1 e-Learning コンテンツの開発

本研究では、Adobe Animate CC(旧 Flash Pro)を用い、ストーリー型 Flash コンテンツとクイズ型 Flash ゲームを作成し参加型の e-learning コンテンツを作成した。本コンテンツを参加型にすることによって、文字だけを読むコンテンツや映像又は画像だけを表示しているコンテンツより楽しめると考えた。しかし参加型にしてもストーリーが流れるだけでは、すぐに飽きられてしまう事から、(静的、動的なデザイン)、(キャラクターや背景の活用)を取り入れることにした。

・静的、動的なデザインについて

従来のイラストには作り手の趣向や意向、意図といったものが反映されて描かれていることがほとんどである。そういった独自の感性によって描かれたものは、多くの人に興味を持ってもらえ、ヒットすれば誰もが身近になくはならない存在としての地位を獲得できるものにもなりうる可能性を持っている。

しかし、ただデザイン性が良いからといって、それがわかりやすい、見やすい、作り手の意図が伝わるかどうかは別である。本来伝えたい情報を受け取る側に同じ方向で伝えることができているかという点では、従来のイラストでは不十分となってくる。

そこで、本研究で用いたデザイン方法は、静的な情報をより理解しやすく伝えるための手法である「インフォグラフィックス (IG)」、さらにそれに動きを加えてより高度に情報伝達をするための手法である「インタラクティブインフォグラフィックス (IIG)」を用いた。これは、単純に情報を受け取る側にその情報をわかりやすく伝えるだけでなく、相手が見て取る情報を考慮して、より伝達情報を円滑に異なった意味に捉えさせること無く伝えられるかを考えて描かれる。

・キャラクターや背景の活用

ゲームの中で一番重要で目を引く部分はキャラクターと背景である。特にキャラクターは、使い方によっては学習者に大きな影響を与える材料となるため、注意が必要でもある。しかし、そこを逆に利用し、インディケーターとしてキャラクターを確立させることで、学習者に大きな影響を与える存在として印象づけ、より問題に対しての意識を向上させることができるのではないかと考えた。そこで、ストーリー内においても確認テスト(クイズ)においても、学習者の選択肢によってキャラクターや背景が変化するようにした。また、ストーリー内のキャラクターに関しては、ファシリテーターとしての役割を担えるように、話を整理させる。こういった参加型の教材を用いる際に、特にゲームにはファシリテーターが重要となってくる。そのため、対話型の進行にすることで、相手の意見を尊重・反映しながらの進行を可能とする、つまりファシリテーターとしての役割を担うことができると考えた。

また、このゲーム教材を行った後で、学習者自身や学習者同士の交流をふまえて、以下のような効果が出るように工夫すべきであると考えた。

- ① 下水道に対する興味がふくらみ、下水道の正しい利用や、下水道への考え方が高まる。
- ② ゲームを思考モデルにすることで、下水道について話し合いが噛み合い有効な議論ができる。
- ③ 今まで、見えていなかった新たな視点・考え方が発見できる。

さらに開発したコンテンツを Adobe Muse CC に取り入れることで用いていつでもどこからでもアクセスできるようにした。

3.1.1 Adobe Animate CC について

Adobe Animate CC は、アドビシステムズが開発・販売しているベクターグラフィックス・アニメーション制作ソフトである。旧称は Adobe Flash Professional であり、2016 年初頭に名称が変更された。本研究では Adobe Animate CC を用い、Flash 形式で e-Learning コンテンツを開発した。プログラミングは Flash に使用されるプログラミング言語、ActionScript3.0 で行う。ActionScript を用いると、動画や音声のプレイヤーの作成など、コンテンツに複雑な処理や双方向性をもたせた Flash 作品を作ることが可能になる。



図 3-1 Adobe Animate CC のアイコン

3.1.2 Adobe Muse CC について



図 3-2 Adobe Muse のアイコン

Adobe Muse CC は、アドビシステムズが開発・販売している、コーディングをすることなくウェブサイトを作成できるソフトウェアである。コードや特別な知識を必要とせず、直感的に画像や動画、必要な機能をウィジェットとして追加することで、見た目と機能性を十分に備えたウェブサイトを作ることができる。本研究では Adobe Muse CC を使い、Adobe Animate CC で作成した Flash コンテンツなどを配置したウェブサイトを作成した。

3.2 Animate CC での開発方法

3.2.1 基本知識

まず、Animate CC を起動すると、既存のファイルを開くか、新規にファイルを作成するかを問われる。本研究では Action Script 3.0 を用いるので、同名の箇所を選択し新規作成する（図 3-3）。



図 3-3 新規作成画面

ファイルが作成されると、ワークスペースと白紙のレイヤーが表示される（図 3-4）。

ワークスペースは、制作に使用する各種ツールが配置されたパネルやバー、ウインドウが配置されたものだ。これらの配置は、アドビシステムズが用意したレイアウトを選択でき、他のユーザーの好みでレイアウトを作ることもできる（図 3-5）。

新規作成した状態では、レイヤーは 1 つのみである（図 3-6）。

レイヤーは層のようなもので、ユーザーの好みにより自由に増やしていくことができる（図 3-7）。映像作品を作っていく際に、どのレイヤーにどのようなオブジェクトを配置しているのかを把握するために、ユーザーはレイヤーごとに任意の名前をつけられる。

レイヤーを追加するには、レイヤーの名称のあたりを右クリックして、開いたメニューの「レイヤーを挿入」を選択すればよい（図 3-8）。

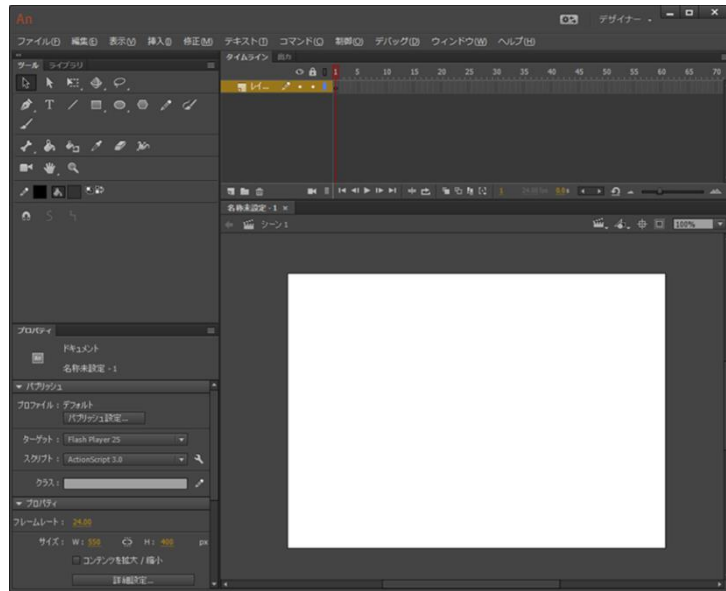


図 3-4 ワークスペースと白紙のレイヤー

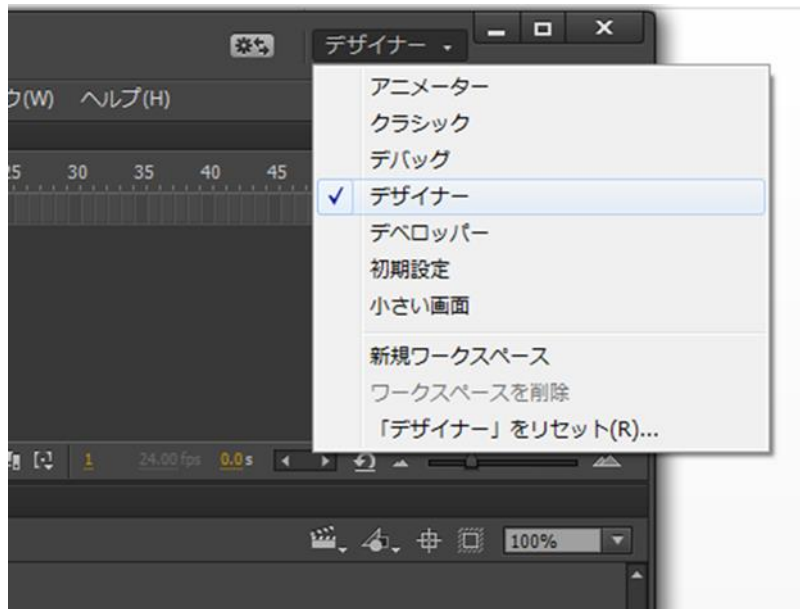


図 3-5 ワークスペースレイアウトの選択・変更

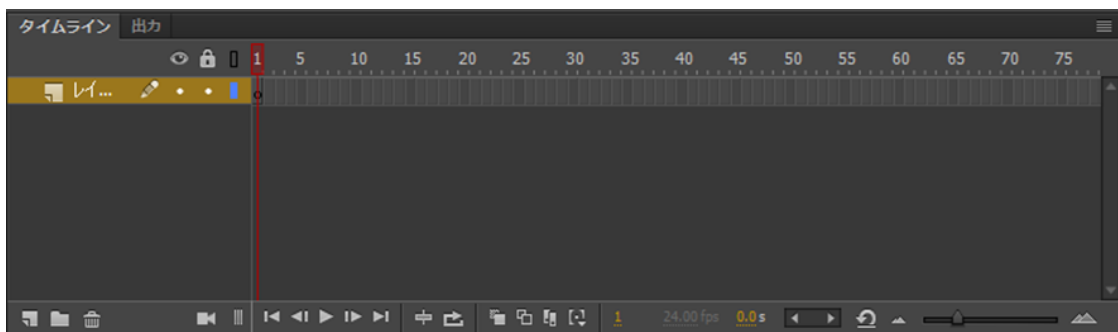


図 3-6 レイヤーが1つの状態

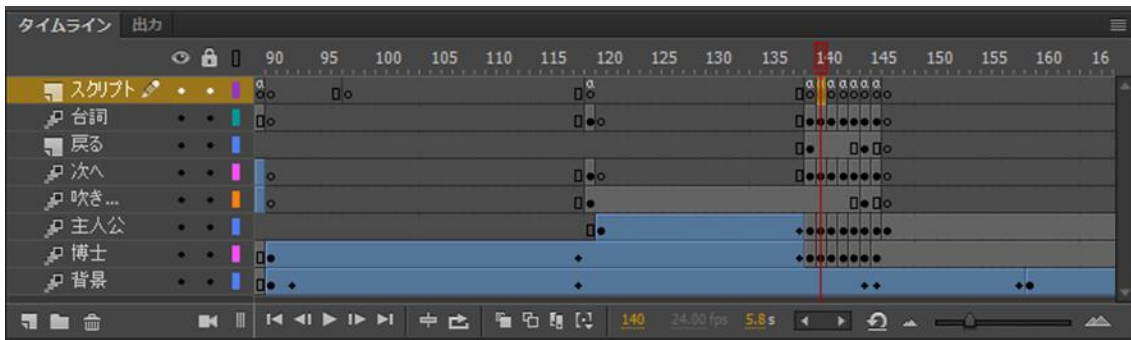


図 3-7 レイヤーが 8 つの状態

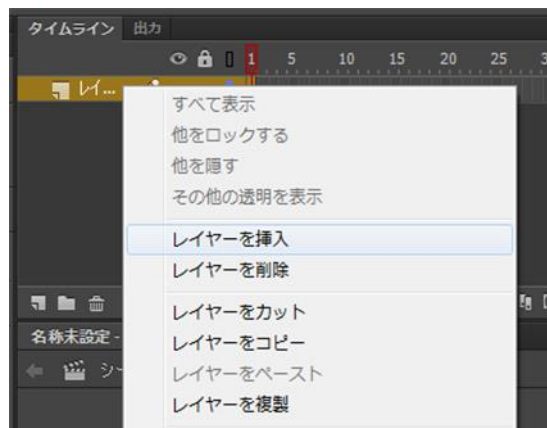


図 3-8 レイヤーの新規作成

縦軸に並ぶものがレイヤーで、横軸に並ぶものはフレームである。フレームは映画フィルムのコマのようなもので、フレームの総数とフレームの再生速度によって映像作品の長さが決まる。フレームは 1 から始まり、右に行くに従ってフレームの番号は 1 ずつ増えていく。映像作品を再生すれば、ActionScript の指示にもよるが、基本的にはフレーム 1 から右へ順に映像が再生されていく。フレームの 1 つ 1 つに、レイヤーごとにオブジェクトを配置していくのが基本的な作成方法である。フレームを新規作成する場合は、フレームを追加させたい場所を右クリックして、開いたメニューの「フレームを挿入」を選択すればよい (図 3-9)。

フレームには、大きく分けて「キーフレーム」「フレーム」「空白キーフレーム」の 3 種類がある。キーフレームは●の記号で表され、新たなオブジェクトが配置される場合に使用される。フレームを表す記号はなく、当該フレーム以前のフレームと同じ配置である場合 (変化がない場合) に使用される。空白キーフレームは○の記号で表され、オブジェクトが配置されていない空白のフレームであることを示している。また、□の記号は 1 つのフレームのまとまりの終点を表している。

オブジェクトの描画は、主にツールウィンドウから行う (図 3-11)。

ツールウィンドウから、線ツールや矩形ツール、ペイントブラシツールなどを選択すると、レイヤー上にオブジェクトを描画できる (図 3-12)。

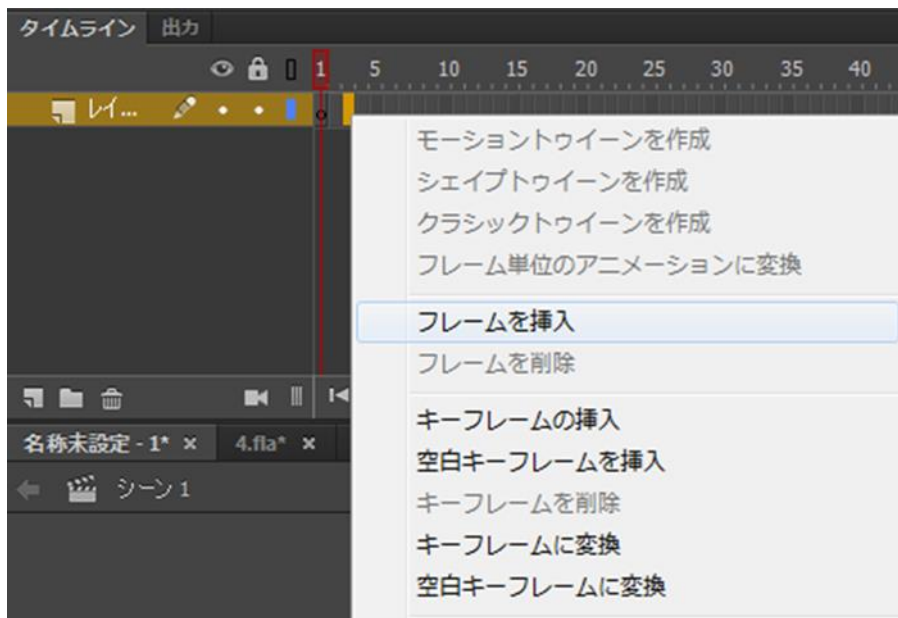


図 3-9 フレームの新規作成

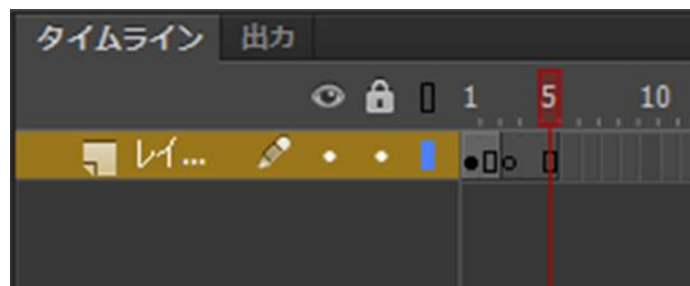


図 3-10 フレームの種類

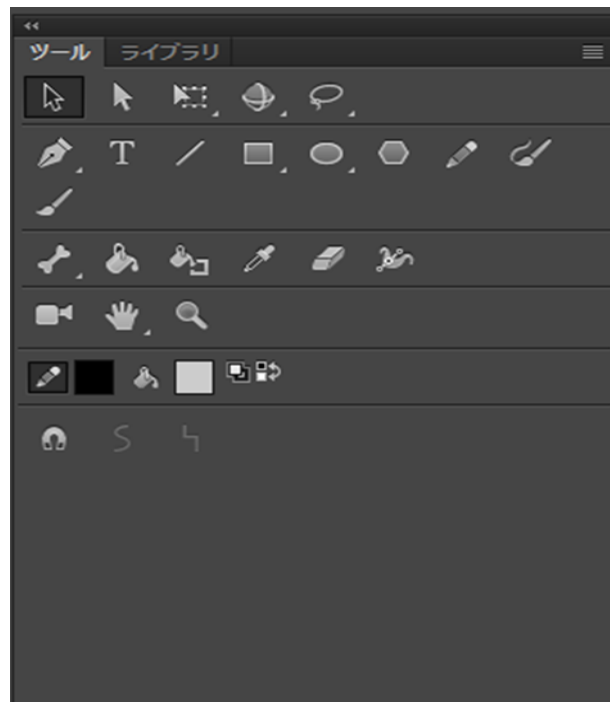


図 3-11 ツールウインドウ



図 3-12 各ツールで描画したオブジェクト

コンピュータ上でグラフィックを表示する形式には、ベクター形式とビットマップ形式がある。Animate CC では、ベクターグラフィックを作成およびアニメーション化することができる。ベクターグラフィックは、ベクターと呼ばれる線と曲線を使用してイメージを表している。ベクターグラフィックを編集する際は、そのシェイプを表す線と曲線のプロパティが修正される。ベクターグラフィックを移動したり、そのサイズやシェイプ、カラーを変更しても画質は変わらない。またベクターグラフィックは解像度に依存せず、様々な解像度の出力デバイスで、画質を損なうことなく表示ができる。

一方、ビットマップグラフィックは、ピクセルと呼ばれるカラードットを使用し、これをグリッド内で配列してイメージを表している。ビットマップグラフィックを編集する際は、線や曲線ではなくピクセルを編集することになる。ビットマップグラフィックは、イメージを記述するデータが特定のサイズのグリッドに固定されるため、解像度に依存される。そのため、ビットマップグラフィックを編集すると、その画質が変化することになる。特に、ビットマップグラフィックのサイズを変更すると、グリッド内でピクセルが再配置されるため、イメージの端がぎざぎざになる（ジャギー）。また、ビットマップグラフィックのイメージより解像度が低い出力デバイスに表示される場合も、画質は劣化する。

実際に Animate CC 上でベクターグラフィックとビットマップグラフィックを比較してみる（図 3-13）。



図 3-13 ベクター形式とビットマップ形式を 476%に拡大したもの

左のベクター形式で描いたものは、画面を 476%まで拡大しても画質が劣化していない。一方右のビットマップ形式の図を読み込んで配置したものは、画質が劣化してしまっている。

描画したオブジェクトは、シェイプに分類されている。選択したオブジェクトは極小の水玉模様で強調表示され、プロパティウインドウに詳細が表示される（図 3-14）。シェイプは、プロパティウインドウでサイズやカラー、線のスタイルなどを変更できる。また、選択ツールを使用することで直感的にシェイプを編集することもできる（図 3-15）。

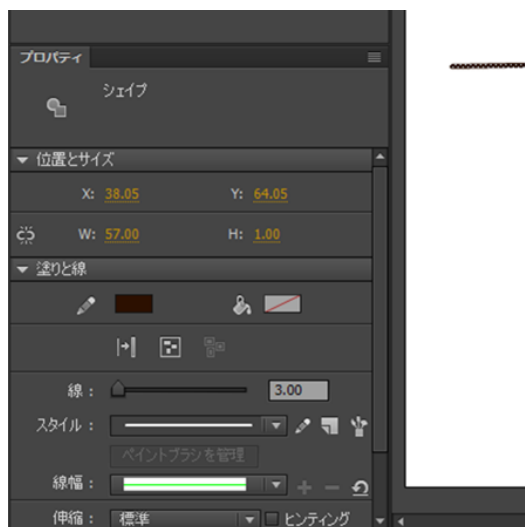


図 3-14 線ツールで描画したシェイプのプロパティ

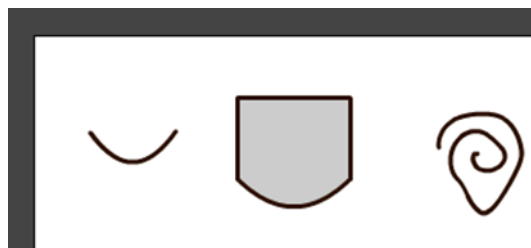


図 3-15 選択ツールで下側に湾曲させたシェイプ

また、ベクターグラフィックは線と曲線で描写されているため、例えば矩形ツールで描かれた矩形は、4つの線と1つの面で描写されることになる（図 3-16）。

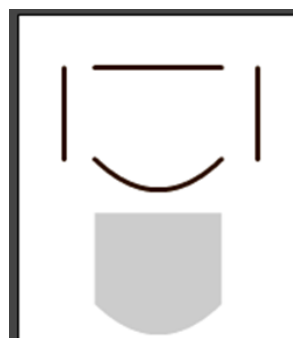


図 3-16 矩形ツールで描いたオブジェクトのパーツを分離させたもの

3.2.2 オブジェクトのシンボル化

シンボルとは、グラフィック、ボタンまたはムービークリップの一種である。ActionScript などを使用して、描画・編集したオブジェクトをアニメーションさせたりボタンに使いたい場合は、オブジェクトをシンボル化させる必要がある。オブジェクトをシンボル化させるには、シンボル化させたいオブジェクトを選択して右クリックし、開いたメニューから「シンボルに変換」を選択すればよい（図 3-17）。選択すると、名称の入力やシンボルの種類などを設定できるダイアログが表示される（図 3-18）。任意の名称を入力し、OK を押すとシンボル化がなされる（図 3-19）。



図 3-17 オブジェクトのシンボル化

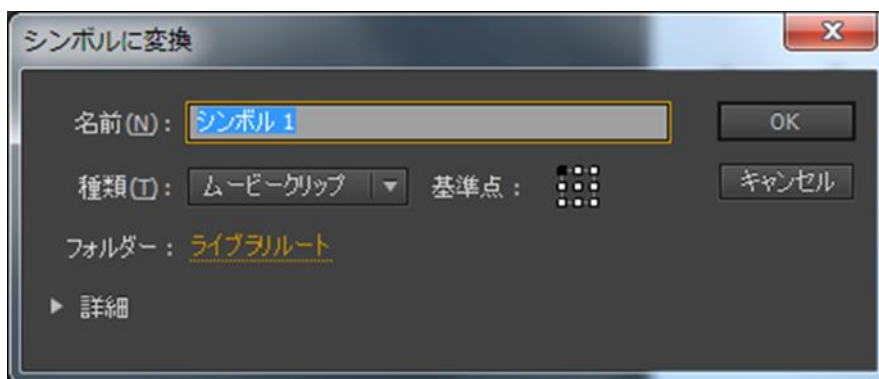


図 3-18 シンボル化ダイアログ

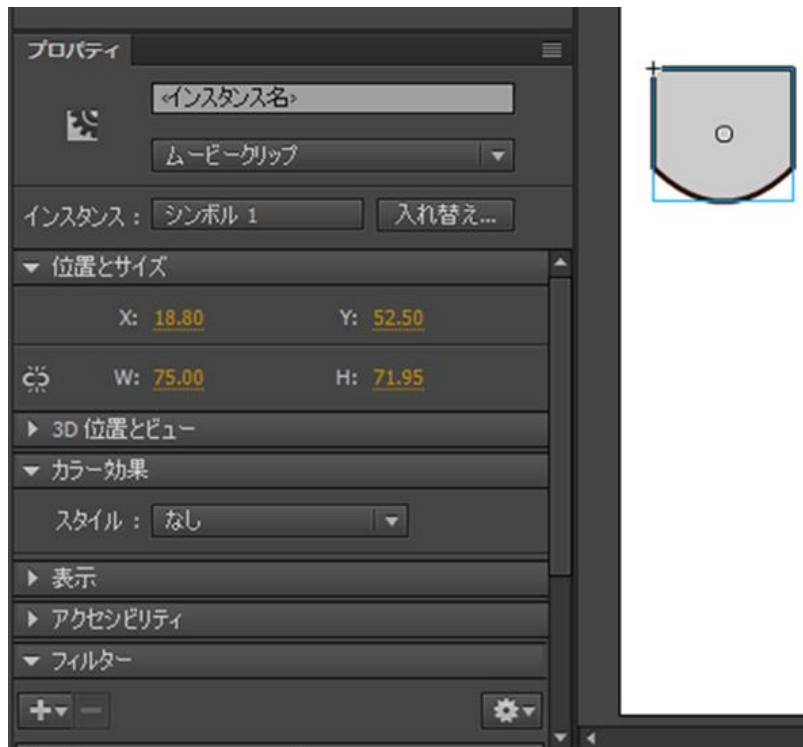


図 3-19 シンボル化したオブジェクトのオプション

作成されたシンボルは、ライブラリウインドウで閲覧できるライブラリに格納される（図 3-20）。

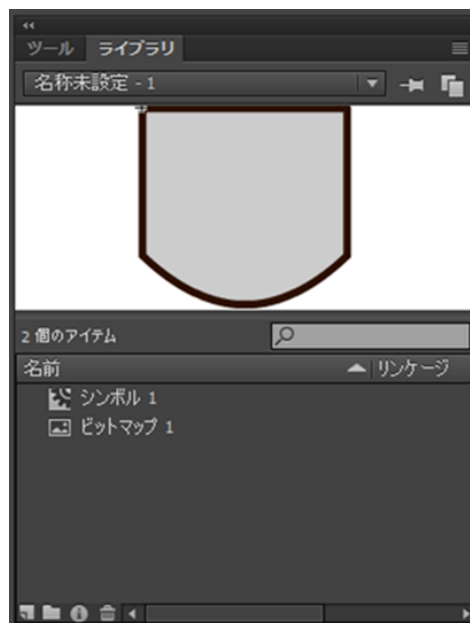


図 3-20 ライブラリウインドウ

格納されたシンボルは、ライブラリからドラッグ・アンド・ドロップするなどで、インスタンスとしてレイヤーに配置できる（図 3-21）。

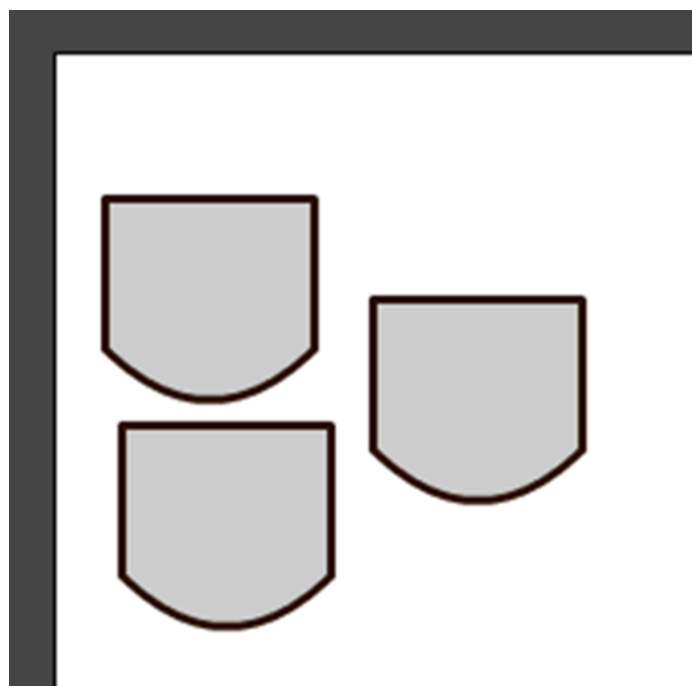


図 3-21 ライブラリから「シンボル 1」を複数配置したもの

インスタンスとは、ステージ上または別のシンボルの内部に配置された、シンボルのコピー（正確には、シンボルを参照するエイリアスのようなもの）である。インスタンスは個々に属性を持ち、元になるシンボルとは異なるカラー、サイズ、機能を備えることができる。シンボルを編集した場合は、そのシンボルの全インスタンスが更新されるが、シンボルの 1 つのインスタンスにエフェクトを適用した場合は、そのインスタンスだけが更新される（図 3-22）。

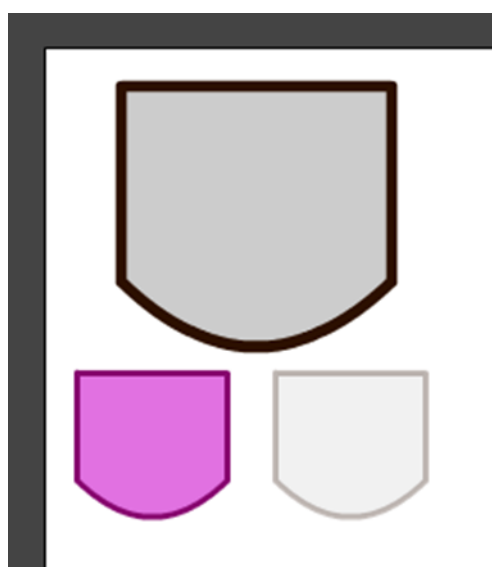


図 3-22 インスタンスごとに異なるカラーやサイズを備えさせたもの

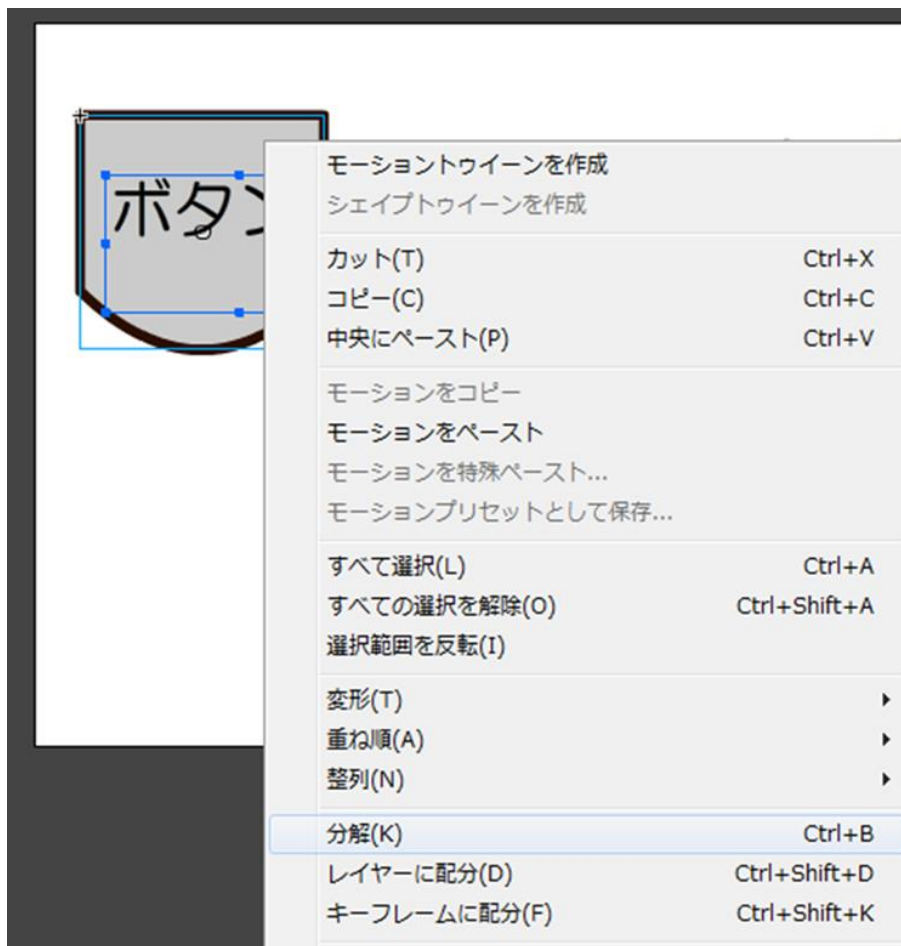


図 3-23 オブジェクトの分解

テキストが含まれたオブジェクトをシンボル化する際に、注意しなければならない点がある。テキストが含まれたオブジェクトをボタン等で利用する場合、テキストが被っている位置をクリックすると認識されないことがある。改善するためには、オブジェクトの分解をしてからシンボル化させる必要がある。オブジェクトの分解は、分解したいオブジェクトを右クリックし、開いたメニューから「分解」を選べばよい（図 3-23）。テキストの分解の場合、分解を実行するたびに「テキストのまとまり」から「1文字ごと」、「シェイプ」と段階を踏んで分解される（図 3-24）。

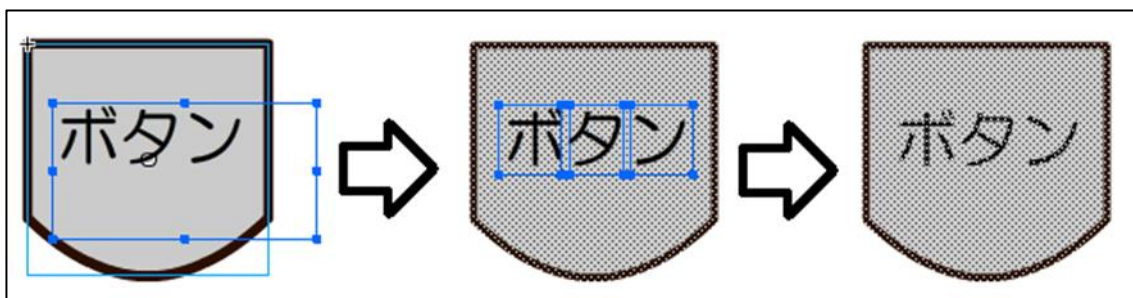


図 3-24 テキストの分解の段階

3.2.3 モーショントウィーン

モーショントウィーンは、Animate CC でアニメーションの動きを作成するために使用される。モーショントウィーンアニメーションは、最初のフレームと最後のフレームの間のオブジェクトプロパティに異なる値を指定することで作成できる。使用できるオブジェクトプロパティには、位置、サイズ、カラー、エフェクト、フィルター、回転などがある。モーショントウィーンを作成するには、任意のシンボルを右クリックし、開いたメニューから「モーショントウィーンを作成」を選択すればよい（図 3-25）。モーショントウィーンが作成されたフレームは青色で表現され、アニメーションの軌跡も表示される（図 3-26）。また、オニオンスキンを使用すると、現在のフレームのオブジェクトを任意の前後のフレームと比較しながらアニメーションを調整することができる（図 3-27）。



図 3-25 モーショントウィーンを作成

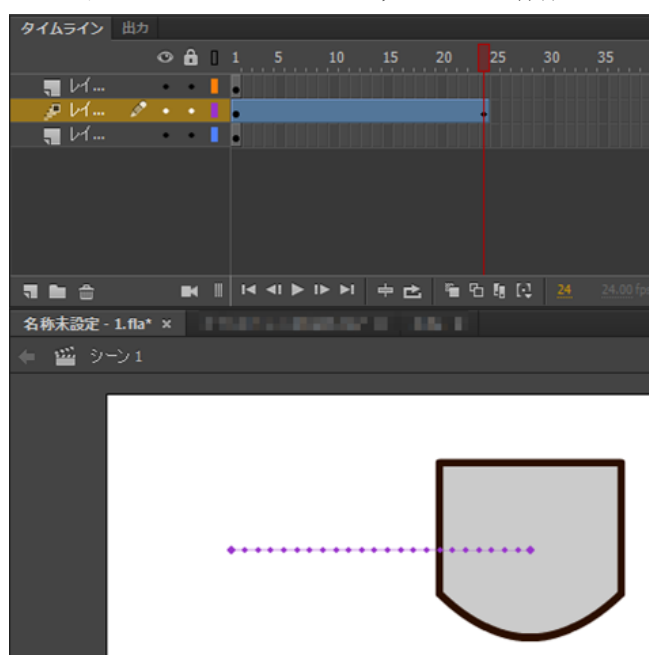


図 3-26 作成されたモーショントウィーン

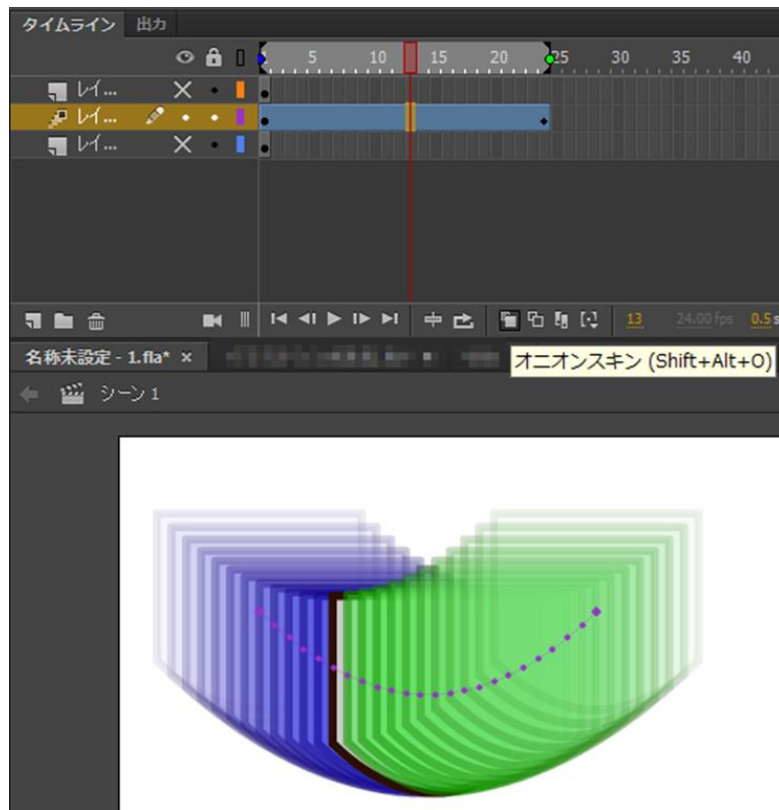


図 3-27 オニオンスキンを適用したもの

3.3 ActionScript3.0 での開発

ActionScript のスクリプトコードは、アクションパネルに入力することで動作する（図 3-28）。アクションパネルの開き方は、任意のフレームを右クリックし、開いたメニューから「アクション」を選択すればよい（図 3-29）。

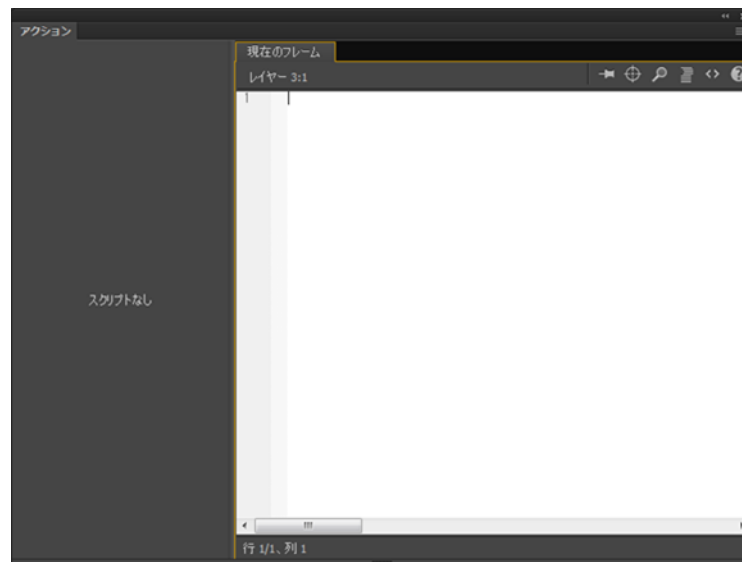


図 3-28 アクションパネル

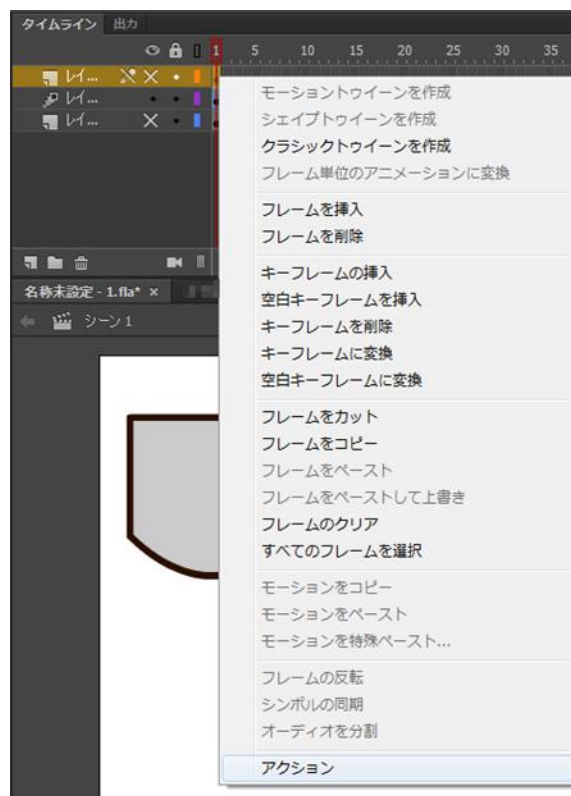


図 3-29 アクションパネルの開き方

3.3.1 基本的なムービークリップの制御

タイムラインやムービークリップは、何も命令していない状態だと自動的に再生されていく。任意のフレームでムービーを止めたい場合、`stop()`命令を記述すると、そのフレームでムービーを停止することができる。

マウス操作やキーボード操作など、様々な任意の動作タイミングがイベントとして定義されている。イベントと、その対象となるオブジェクトを指定し、処理する内容を記述することで動作する。この処理をイベントハンドラという。

```

オブジェクト.addEventListener(イベント, イベントハンドラ名);
function イベントハンドラ名 (変数) {
    処理内容
}

```

図 3-30 イベント処理の書式

例として、「ムービーを停止し、`start2` というインスタンス名をつけたオブジェクトをクリックすると、フレーム 2 へ移動する」といった処理をしたい場合を考えると、必要なコードは図 2-31 のようになる。

```

1      stop();
2
3      start2.addEventListener(MouseEvent.CLICK,fc1);
4
5      function fc1(event:MouseEvent):void {
6
7          gotoAndPlay(2);
8
9      }
10
11

```

図 3-31 イベント処理の例

MouseEvent.CLICK といった部分が、「オブジェクト領域内でマウスをクリック」というイベントの定数である。gotoAndPlay は、()内に示した数字のフレームへ移動し、ムービーを再生させる命令である。

3.3.2 主に使用する機能

コンテンツを作成するにあたって、よく使用した機能がいくつかある。それは演算子と条件分岐、visible と乱数である。

演算子は、ある値に対して演算を行い、新たな値を作る記号のことだ。例えば加算ならば+、乗算ならば*を使用する。また、2つの値の関係を比較できる比較演算子というものもある。例えば、==は2つの値が等しいか比較する場合に使われ、>=は左辺の値が右辺以上か比較する場合に使われる。

条件分岐は、条件によって実行される処理を分けるものである。例えばある値が10以上ならば処理Aを、10未満ならば処理Bを行うといったように、条件に応じて異なった処理を行うことができる。条件分岐にはifを使い、条件式には比較演算子が使われる。条件が成り立たない場合の処理には、else ifを追加して記述していく。

visible プロパティを使用すると、指定したオブジェクトの可視表示・非表示の設定ができる。visible を true とすれば可視表示、false とすれば非表示となる。

```

オブジェクト.visible = true;
オブジェクト.visible = false;

```

図 3-32 visible の基本的な書式

乱数とは、決まった範囲内の中から適当に選び出した値のことである。乱数を取得するには、Math.random()メソッドを使用する。このメソッドでは0.0から0.999...までの小数値を取得することができる(1.0は含まない)。これに任意の値を乗算すると、乱数を好き

な範囲まで広げることができる。たとえば、約 0~100 までの乱数を取得したい場合、`Math.random()`に 100 を掛ければよい。

3.4 開発したコンテンツの説明

3.4.1 コンテンツ全体の構造

本研究で開発した Flash コンテンツは、大きく分けて 4 つに分類される。

- ①トップページとイントロダクションを兼ねた Flash コンテンツ
- ②自分の下水道への知識がどの程度か測ることができる、クイズ型 Flash コンテンツ
- ③下水道に関する知識や問題などを会話形式で学べる、ストーリー型 Flash コンテンツ
- ④ストーリーで学んだ知識を復習できる、クイズゲーム型 Flash コンテンツ



図 3-33 「スマート下水道ツール」トップページ

それぞれのコンテンツについて説明していく。①のイントロダクションでは、下水道が私たちの生活において欠かせないものであることと、その下水道で油詰まりや管破損といった様々な問題が起こっていることを紹介している（図 3-34）。

そして、主人公でありコンテンツ利用者の分身でもある「河川くん」と解説役である「下水道博士」と共に下水道について学んでいこう、といった導入が行われる（図 3-35）。

②のクイズ型コンテンツでは、○×形式の問題が全 15 問用意されている。15 問回答した後に総合得点が表示され、その得点に応じて 3 種類のメッセージが表示される（図 3-37）。また、クイズ回答の正誤により、キャラクターと背景が変化していくようになっている（図 3-38）。このコンテンツの背景は水中を模しており、キャラクターとして魚が泳いでいるものになっている。正解していくほどに新たな魚や水草、蟹といった生物が増えていくことで、環境が良くなっていき生態系も豊かになっていく様子を表している。また、不正解を重ねれば水は茶色に濁り、魚は徐々に弱っていき最終的には死んでしまったように浮かぶことで、環境が悪くなり水質が悪化し生物も死滅してしまう様子を表している。この演出

によって、自分の行動（この場合は問題を解くこと）によって環境に影響を与えることを体験できるようになっている。



図 3-34 イン트로ダクション 下水道での問題



図 3-35 イン트로ダクション 導入部分

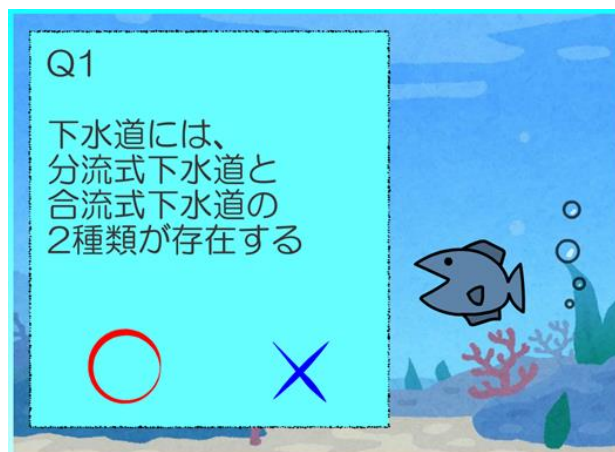


図 3-36 クイズ型コンテンツ



図 3-37 クイズ型コンテンツ 結果画面

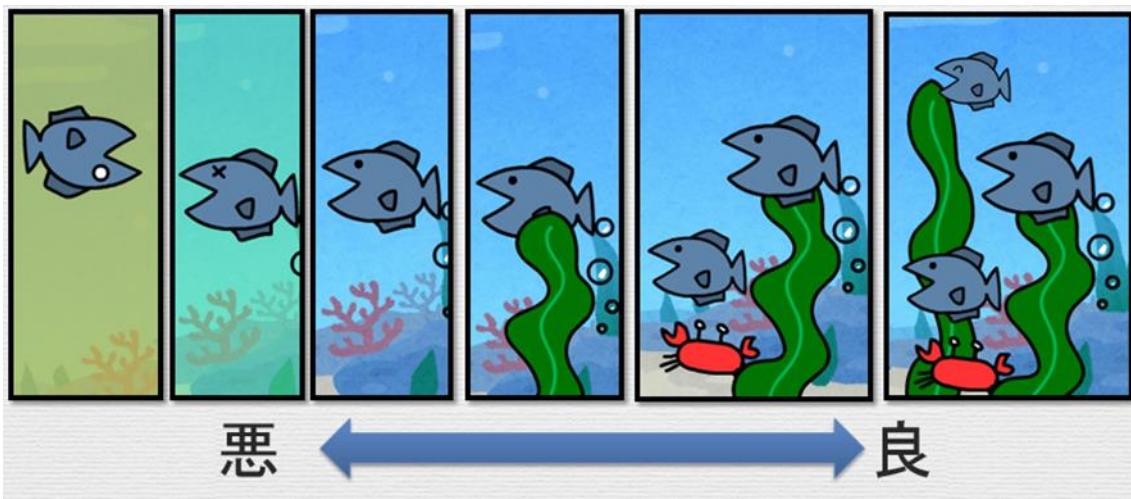


図 3-38 クイズ型コンテンツ 正誤判定によるキャラクター・背景の変化

3.4.2 ストーリー型コンテンツ

③のストーリー型コンテンツでは、「河川くん」と「下水道博士」の2人のキャラクターの対話形式のストーリーによって、下水道に関する知識や問題を学ぶことができる。一方的に話が進んでいくのではなく、適時利用者に問いかけることで単調さの回避や没入度を高められるようにしている（図 3-39）。また、問いかけへの選択や話の内容によってキャラクターの表情が変わることで、共感を持ってもらうことや、感覚で理解しながらストーリーを読み進めてもらうようにしている（図 3-40）。

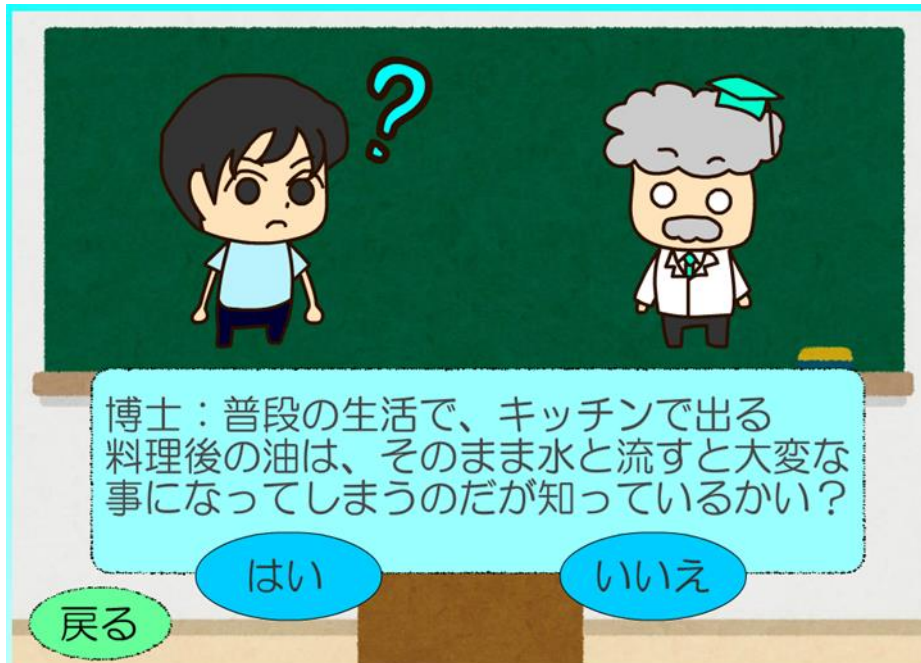


図 3-39 ストーリー型コンテンツ 利用者への問いかけ

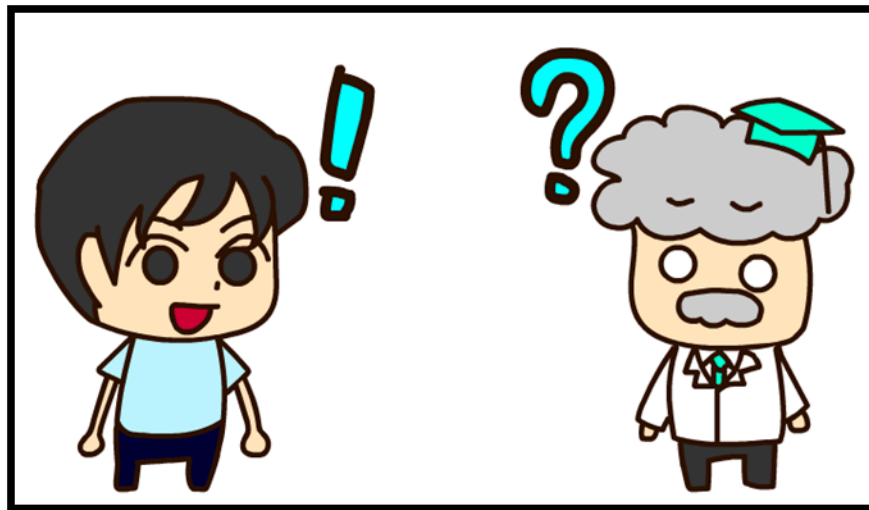


図 3-40 ストーリー型コンテンツ キャラクターの表情の変化

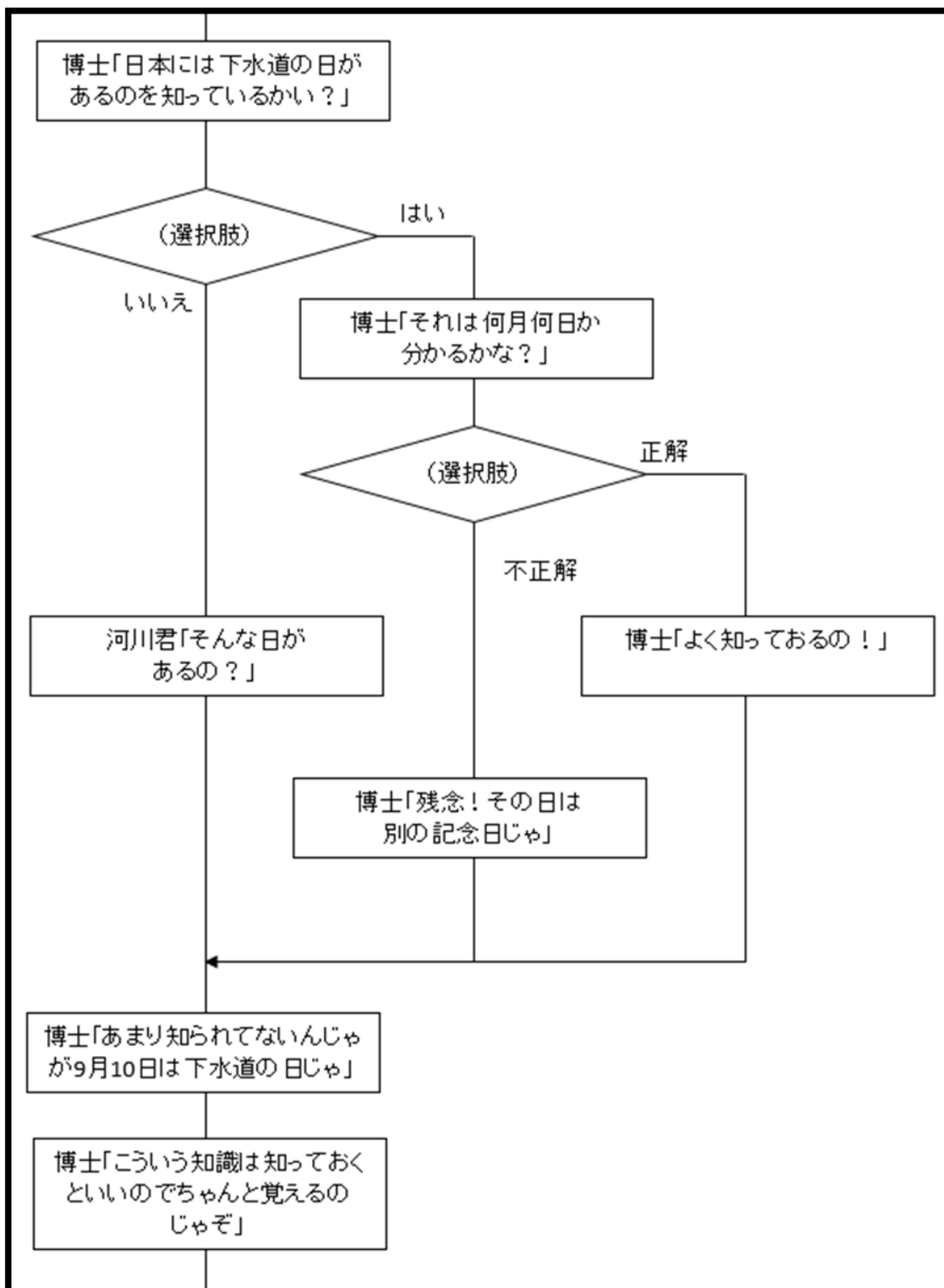


図 3-41 ストーリーのフローチャート（一部）

3.4.3 クイズゲーム型復習コンテンツ

④のクイズゲーム型復習コンテンツは、③のストーリー型コンテンツで学べる内容を元にしたクイズゲームである。このゲームは家庭から水再生センターまでの下水の通り道を模している。スタートとして、一般住宅から下水道を模した線が伸びており、途中でマンホールや道路の下を通りながら、ゴールの水再生センターへと辿り着くようになっている（図3-42）。全5ステージが用意されており、1ステージにつき3問のクイズに挑むことになる。クイズの内容は○×問題、二択問題、三択問題を用意している。ステージごとに初期ライフが3つ用意されており、正解すればライフが1つ回復、不正解ならばライフが1つ減るようになっている（図3-44）。ライフが3つすべて無くなればその時点でゲームオーバーとなり、そのステージはやり直しとなる。ステージをクリアできれば、次のステージが開放される。また、3問クリア時の残りライフの数により、★で表される三段階評価がつけられるようになっている（図3-45）。その評価はトップ画面にも表示され、★をすべて集めたいようにつくり込んでいる。

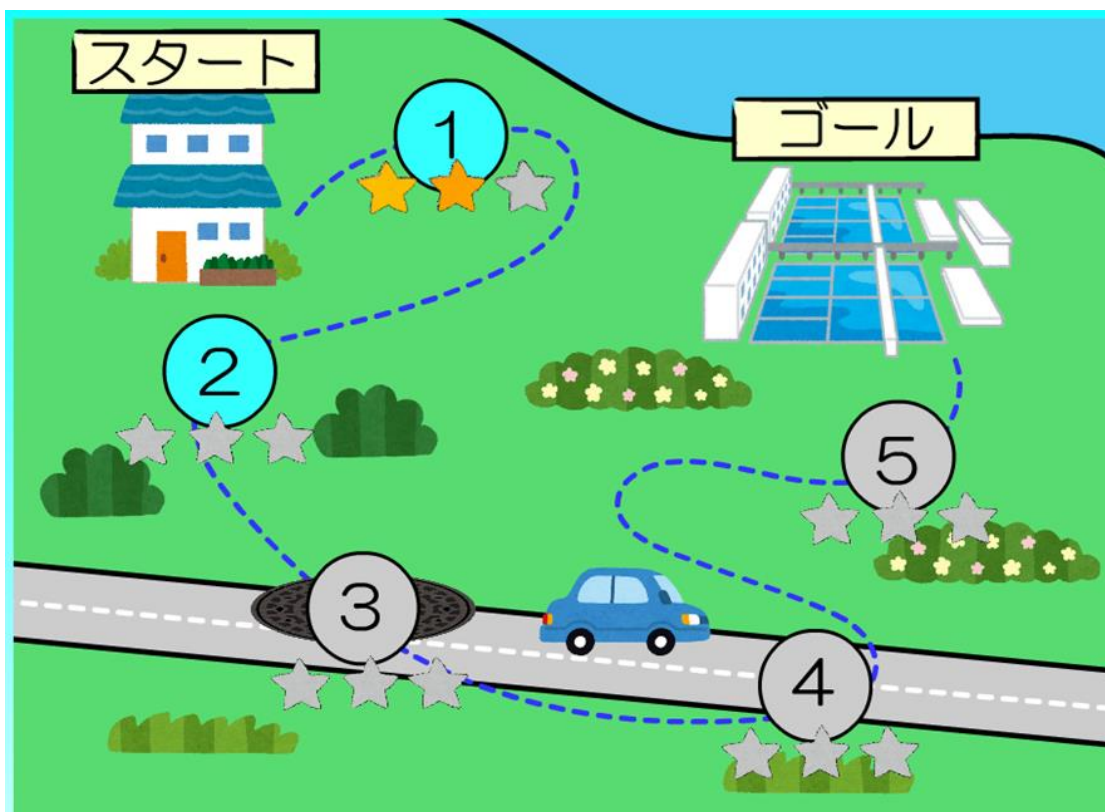


図3-42 クイズゲーム型復習コンテンツ トップ画面

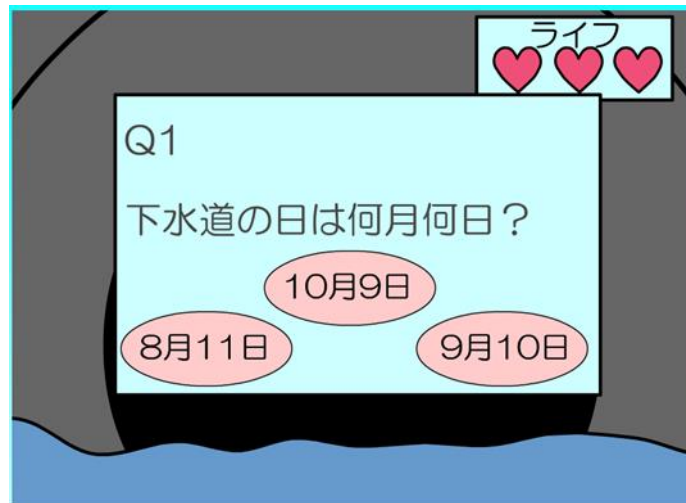


図 3-43 クイズゲーム型復習コンテンツ 問題画面



図 3-44 クイズゲーム型復習コンテンツ 不正解時



図 3-45 クイズゲーム型復習コンテンツ ステージクリア時

第4章 e-Learning コンテンツの実践

4.1 事前・事後アンケート調査

下水道の構造や、下水道に負担をかけている不適切な利用法とその対処を e-learning コンテンツスマート「下水道ツール」の体験を通して学び、下水道に対する意識や行動を変えることを目標としたコンテンツを作成した。「スマート下水道ツール」の体験前と体験後において、対象者の下水道に対する知識の変化を、設問形式の事前調査とプログラム使用後の調査分けて測定した。

実施・調査方法

事前テストを2017年10月24日に行い、e-learning コンテンツ「スマート下水道ツール」を各自で史研究室ホームページにあるリンクから飛んで頂きコンテンツをやって頂いた。その後、コンテンツ内にある事前テストと同一の内容の事後テストをやって頂いた。また、ゼミの時間をお借りして2017年12月19日に事前テストを行い、冬季休暇中に e-learning コンテンツ「スマート下水道ツール」を各自で史研究室ホームページにあるリンクから飛んで頂きコンテンツをやって頂いた。その後、コンテンツ内にある事前テストと同一の内容の事後テストをやって頂いた。

調査期間

2017年10月24日~2017年11月10日

2017年12月19日~2018年1月5日

調査対象者

事前調査では、2017年10月24日に東京都市大学 横浜キャンパス オールラウンドサークル Plukogi(プルコギ)で活動していた大学1年生から大学4年生合計18人と史研究室のゼミ生20人に調査を行いました。コンテンツの使用・事後調査の期間を、東京都市大学 横浜キャンパス オールラウンドサークル Plukogi(プルコギ)で活動していた大学1年生から大学4年生合計18人を2017年10月24日~2017年11月10日とし、史研究室のゼミ生20人は、2017年12月19日~2018年1月5日とし比較対象とした。

調査対象者属性

調査対象者の属性として、性別、学年、を尋ねた。対象者の男女比は男性28名(74%)、女性10名(26%)であった(図4-1)。また対象者の学年別の構成は、38人中1年生が6人(%)、2年生が8人(%)、3年生が14人(%)、4年生が10人(%)であった(図4-2)。

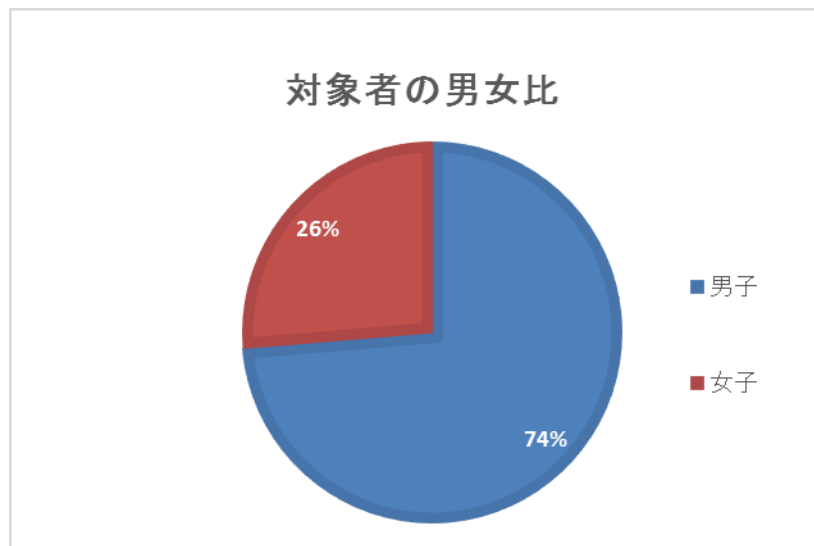


図 4-1 対象者の男女比

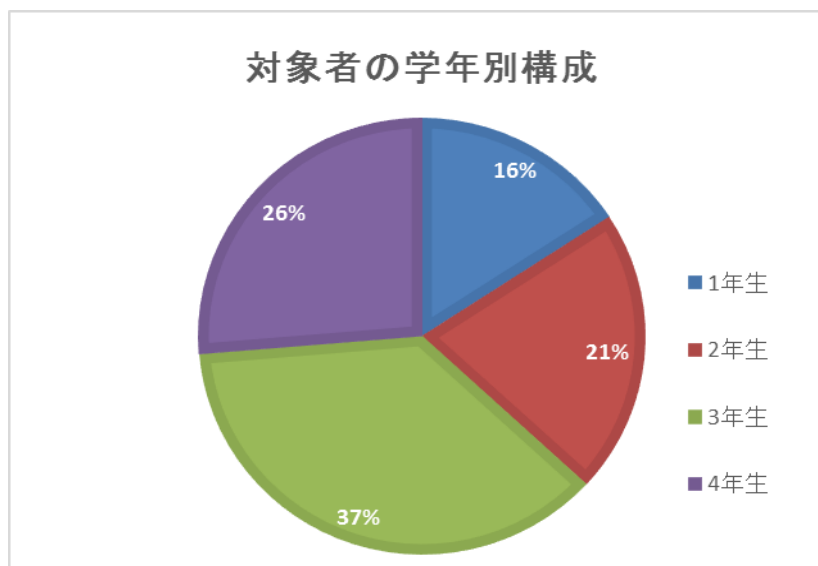


図 4-2 対象者の学年別構成

対象者がプログラムの実施前後に、下水道に関する知識が浸透したか測るため、設問を設定して事前・事後調査を行った(図 4-3)。対象者が「スマート下水道ツール」の体験を通して、下水道に関する知識を向上させたか確認するため、設問は概ねコンテンツのストーリー内で取り扱った事から作成した。

下水道調査アンケート

- あなたの学年を教えてください。..
① 1年生 ② 2年生 ③ 3年生 ④ 4年生
- 日本には、下水道の日というものがある。その日付は何月何日が選んでください。..
① 8月11日 ② 9月10日 ③ 10月9日 ④ 11月10日
- 下水道には、排水方法が2種類存在する。その2種類の排水方法とは何かを選んでください。..
① 分解式下水道 ② 合体式下水道 ③ 分流式下水道
④ 合流式下水道 ⑤ 分譲式下水道 ⑥ 合成式下水道
- 下水道には、代表的な役割が何種類が存在する。その役割とは何種類でしょうか。..
① 2 ② 3 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7
- 下水処理場に集められた水は、処理を行う過程で消毒されます。さてどの段階で消毒されるでしょうか。..
① 下水処理場に水が集められた時
② 水処理を行っている途中
③ 結晶になり海や川に戻される前
- 下水処理場に集められた汚水は、ある物を使って水を結晶にしますが、その物とはなんですか。..
① 洗剤 ② 微生物 ③ 砂・土
- 日本国内の下水道普及率は、現在何%でしょうか。..
① 約68% ② 約78% ③ 約88% ④ 約98%
- 日本国内には数多くの下水処理施設があります。さて下水処理施設の数は何ヶ所存在するでしょうか。..
① 約1800ヶ所 ② 約2200ヶ所 ③ 約2800ヶ所 ④ 約3000ヶ所
- 日本全国には、マンホールが数多くあり、地域によってはご当地マンホールなども存在します。さて日本国内にはマンホールがいくつあるでしょうか。..
① 300万個以上 ② 250万個以上 ③ 200万個以上 ④ 150万個以上

図 4-3 下水道検証アンケート 1 ページ目

10. マンホールは、何をするために存在するでしょうか。..

① 大きいゴミの回収所。..
 ② 下水管の点検や掃除。..
 ③ ご当地マンホール設置のため。..

11. 下水処理場に集められた水の処理にかかる時間はどれくらいでしょうか。..

① 約2~4時間 ② 約4~6時間 ③ 約6~8時間 ④ 約9~10時間。..

12. 家庭などから排出された下水は、下水管の中を通り下水処理場へと運ばれます。この下水処理場に下水が運ばれてきてから放流されるまでの間に大きく分けて5種類の工程があります。以下のカッコ内の工程を正しいと思う順番に並べ替え記号で答えてください。(A. 反応タンク、B. 最初沈殿池、C. 接触タンク、D. 沈砂池、E. 最終沈殿池) ..

下水管⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒放流。..

13. 下水道管の大きさは、小さいものと直径5cmくらいですが、大きいものだとどれくらいでしょうか。..

① 直径2m ② 直径5.5m ③ 直径7m ④ 直径8.5m。..

14. 下水道のつまりや悪臭の原因になる油、下水道管に流さないようにするためには油を処理しないといけませんが、その方法とは、「拭き取る」「破し切る」とあともう一つはなんでしょう。..

① 吸い取る ② 土に埋める ③ 道路にまく。..

15. このサイトを使ってみてどうでしたか? ..

① とても良い ② まあまあ良い ③ 普通 ④ あまり良くない ⑤ 悪い。..

16. このサイトを使ったことによって下水道についての意識は変わりそうですか? ..

① とても変わる ② まあまあ変わる ③ あまり変わらない ④ 変わらない。..

17. 感想・改善点などありましたらご入力お願いします。..

..

..

ご協力ありがとうございました。..

史 研究室

東京都市大学環境情報学研究所

1683105 鈴木達也

図 4-4 下水道検証アンケート 2 ページ目

設問の概要

本調査では、すべての問題を常識的な問題から雑学的な問題を交えて作成した。Q1~Q11と Q13~Q16 を選択型の問題とし、Q12 は並び替え問題とした。

4.2 事前事後調査集計結果

事前調査と事後調査で同じ問題を使い、コンテンツ使用前と後で対象者の回答がどのように変わったかを検証する。アンケートの中の Q1 は、学年を答えて頂いているので合計人数は、38 人である。

4.2.1 事前調査

Q2は、38人中正解である2番を選択した人は13人(34.21%)となった。その他を選択した人は、1番が3人、3番が7人、4番が15人となっている(表4-1)。この問題は、下水道に関心がある、もしくは下水道局などがインターネットで公開している資料を見たことがあれば答えられる問題となっている。下水道の日と言うものが存在すること自体知っている人あまり多くなく普及活動が必要であると考え

Q3は、正解が2つあることから、2つとも選択した場合を正解とした。そのため38人中正解である3番と4番両方を選択した人は15人(39.47%)となった(表4-3)。不正解だった人たちの中には、両方とも不正解だった人はいたものの、片方だけ正解を選んでの人が多く見られた。この問題は、大学の授業でも取り上げられている内容でもあることからもう少し正解率は多くなるのではないかと思っていた。しかし結果として正解率が低かったことから、授業を聞いていない、もしくは聞いていたが完璧に覚えておらず片方だけの正解になったのではないかと推測できる。

Q4は、38人中正解である2番を選択した人は15人(39.47%)となった。その他を選択した人は、1番が6人、3番が12人、4番が4人、5番が1人となっている(表4-5)。この問題は、下水道に関心がある、もしくは下水道局などがインターネットで公開している資料を見たことがあれば答えられる問題となっている。対象者は、下水道にはいくつほどの役割があるかを正しく理解している人は、多くないと言う結果が読み取れる

Q5は、38人中正解である3番を選択した人は9人(23.68%)となった。その他を選択した人は、1番が9人、2番が20人となっている(表4-7)。下水処理施設に集められた汚水は、施設内のどこかで消毒されている事は誰もが知っていると考え、選択肢を難しくした。選択肢を難しくすることにより処理の過程をより詳しく知っている人を判別する事が出来た。

Q6は、38人中正解である2番を選択した人は25人(65.78%)となった。その他を選択した人は、1番が1人、3番が12人となっている(表4-9)。結果を見る限り、ほとんどの人が汚水処理に微生物が使われているということが把握できる。しかし、解答時に砂・土を選択した人もいる事からこれらを使って不純物の仕分けを行っていると考えたのかもしれない。

Q7は、38人中正解である4番を選択した人は10人(26.31%)となった。その他を選択した人は、1番が6人、2番が8人、3番が14人となっている(表4-11)。普段の生活で使う下水道の国内普及率を知らないと言う事は、問題があると考えられる。下水道の国内普及率が98%もある事によって人々が普段の生活で問題なく過ごせているので多くの人々はもう少し知っておく必要があると考えられる。

Q8は、38人中正解である2番を選択した人は14人(36.84%)となった。この問題は、雑学的な問題となっているため、実際の数字が分からなくても間隔で答えた人もいると考

えられる。正解以外を選択した人は、1番が4人、3番が14人、4番が6人となっている（表4-13）。

Q9は、38人中正解である4番を選択した人は2人（5.26%）となった。この問題も、雑学的な問題となっているため、実際の数字が分からなくても間隔で答えた人もいると考えられる。正解以外を選択した人は、1番が10人、2番が16人、3番が10人となっている（表4-15）。

Q10は、38人中正解である2番を選択した人が35人（92.1%）となった。その他を選択した人は、1番が2人、3番が1人となっている（表4-17）。この問題では、普段道路にあるマンホールの必要性を理解しているかを調査するために作成した。ほとんどの人が目的を知っていたのでよかったと思える。

Q11は、38人中正解である3番を選択した人は10人（26.31%）となった。その他を選択した人は、1番が3人、2番が11人、4番が14人となっている（表4-19）。生活排水などは、下水管を通り下水処理施設に集められ処理されるということは皆が知っていることであるため実際にどれほどの時間をかけて処理しているか対象者は知っているかを調査した。結果としてあまり知っている人は多くないという結果になった。

Q12は、38人中正解した人は1人（2.63%）であった（表4-21）。この問題は、下水処理施設に運ばれた下水処理工程の順番を答えてもらっている。実際に下水道に関して調査や学習を行った経験がないと正しく答えられない。そのため間違えが多くても仕方のない問題になっている。

Q13は、38人中正解である4番を選択した人は11人（26.31%）となった。その他を選択した人は、1番が11人、2番が8人、4番が8人となっている（表4-23）。下水管の直径の長さは、あまり知られていないことから、最小と最大がどれほどの長さであるかを知ってもらいたくこの問題を作成した。下水管の直径は、道路の幅と関係している事が多くあるため、幅の狭い道は下水管の直径が短く、道路の幅が広いと下水管の直径が大きくなる傾向にある。実際に正答率はそこまで高くなかったため良い問題になったのではないかと思われる。

Q14は、38人中正解である1番を選択した人は34人（89.47%）となった。その他を選択した人は、2番が3人、3番が1人となっている（表4-25）。この問題は普段の生活で料理をして正しく油を処理していればわかる問題になっている。調理後の油をそのまま下水道管内に流すのではなく、正しく処理することにより、下水管の詰まりなどが起こりにくくなる。

4.2.2 事後調査

本調査での事前と事後の結果を比べるため、各表の左側に回答の番号、右側に回答者数を表にしている。また各問題に置ける正解は赤色でしましている。Q2は、38人中正解である2番を選択した人は34人（89.47%）となった。その他を選択した人は、1番が3人、3

番が1人、4番が0人となっている（表4-2）。少しばかり間違えている人もいたが、コンテンツの使用まえ（表4-1）と比べると正答率も上がり下水道の日というものがある事をより多くの人に知っていただけそうである。

表 4-1 事前調査時の Q2 回答

回答番号	回答者数
1	3
2	13
3	7
4	15

表 4-2 事後調査時の Q2 回答

回答番号	回答者数
1	3
2	33
3	2
4	

Q3では、正解が2つあることから、2つとも選択した場合を正解とした。そのため38人中正解である3番と4番両方を選択した人は38人（100%）となった（表4-4）。コンテンツ内の下水道の説明で、分流式下水道と合流式下水道の二つの単語しか使っていないため、比較的覚えやすかったのではないかと思われる。事前調査の段階で15人もの人々が以前から知っていたため不正解だった人々もどこかで勉強していたのではないかと考えられる。そのため、コンテンツの利用によって曖昧になっていた情報が頭の中に定着したのではないかと考えられる。

表 4-3 事前調査時の Q3 回答

回答番号	回答者数
1	14
2	3
3	29
4	27
5	2
6	1
両方正解	15

表 4-4 事後調査時の Q3 回答

回答番号	回答者数
1	
2	
3	38
4	38
5	
6	
両方正解	38

Q4では、38人中正解である2番を選択した人は34人（89.47%）となった。その他を選択した人は、1番が3人、3番が1人、4番が0人、5番が0人となっている（表4-6）。コンテンツ内の説明で、下水道の役割は、浸水から守る、環境を守る、衛生的な暮らしを守るといった3種類からの役割があると説明をしました。さらにコンテンツ内の確認ゲームでもこの内容を取り入れていたため利用者の頭の中に残りやすくなっていると考えられる。

表 4-5 事前調査時の Q4 回答

回答番号	回答者数
1	6
2	15
3	12
4	4
5	1

表 4-6 事後調査時の Q4 回答

回答番号	回答者数
1	3
2	34
3	1
4	
5	

Q5 では、38 人中正解である 3 番を選択した人は 35 人 (92.1%) となった。その他を選択した人は、1 番が 0 人、2 番が 3 人となっている (表 4-8)。こちらの正答率は、コンテンツの使用前と使用後で大幅に変化したと言える。コンテンツの使用前では、多くの人が 2 番の水処理を行っている途中で消毒されると答えていたが、使用後には綺麗になり海や川に戻される前が変わっていてコンテンツをしっかりと読んで学習して頂けたのだと理解することが出来た。

表 4-7 事前調査時の Q5 回答

回答番号	回答者数
1	9
2	20
3	9

表 4-8 事後調査時の Q5 回答

回答番号	回答者数
1	
2	3
3	35

Q6 では、38 人中正解である 2 番を選択した人は 38 人 (100%) となった。その他を選択した人は、1 番が 0 人、3 番が 0 人となっている (表 4-9)。この問題は、事前調査の時から正答率が高かったこともあり、コンテンツ使用後には全員が正解する事が出来たと考えられる。また下水処理に使われているものが何なのかを正しく知っておくことはとても重要な事であり、参加者に学んでもらえたと考えられる。

表 4-9 事前調査時の Q6 回答

回答番号	回答者数
1	1
2	25
3	12

表 4-10 事後調査時の Q6 回答

回答番号	回答者数
1	
2	38
3	

Q7では、38人中正解である4番を選択した人は30人(78.94%)となった。その他を選択した人は、1番が0人、2番が3人、3番が5人となっている(表4-12)。日本の下水道普及率は、98%ととても高いにも関わらず日本国民は、下水道がどれほど普及しているかを知っていないと言うことは問題があることだと考える。コンテンツ使用前と比べると正答率は上がり良い結果が出た。しかし世の中の人々はこのような知識を知らないためより多くの人々に提供する必要があると考えられる。

表 4-11 事前調査時の Q7 回答

回答番号	回答者数
1	6
2	8
3	14
4	10

表 4-12 事後調査時の Q7 回答

回答番号	回答者数
1	
2	3
3	5
4	30

Q8では、38人中正解である2番を選択した人は30人(78.94%)となった。その他を選択した人は、1番が3人、3番が5人、4番が0人となっている(表4-14)。本問題は雑学的な問題となっているため、下水道のことを少しでも楽しみながら勉強できればよいと考え作った問題であり予想以上にコンテンツの使用後の調査で正答率が高かった。

表 4-13 事前調査時の Q8 回答

回答番号	回答者数
1	4
2	14
3	14
4	6

表 4-14 事後調査時の Q8 回答

回答番号	回答者数
1	3
2	30
3	5
4	

Q9では、38人中正解である4番を選択した人は31人(81.57%)となった。その他を選択した人は、1番が0人、2番が2人、3番が5人となっている(表4-16)。この問題も雑学的な問題となっているため、下水道のことを少しでも楽しみながら勉強できればよいと考え作った問題であり予想以上にコンテンツの使用後の調査で正答率が高かった。

4-15 事前調査時の Q9 回答

回答番号	回答者数
1	10
2	16
3	10
4	2

表 4-16 事後調査時の Q9 回答

回答番号	回答者数
1	
2	2
3	5
4	31

Q10 では、38 人中正解である 2 番を選択した人は 38 人（100%）となった。その他を選択した人は、1 番が 0 人、3 番が 0 人となっている（表 4-18）。普段の生活で目にするマンホールがいったい何のためにあるのかを知って頂くために作成した問題である。事前調査の時から正答率がよかった事から多くの人が知っていることが把握できたが中には知らない人もいたため良い問題になったのではないかとと思われる。

4-17 事前調査時の Q10 回答

回答番号	回答者数
1	2
2	35
3	1

表 4-18 事後調査時の Q10 回答

回答番号	回答者数
1	
2	38
3	

Q11 では、38 人中正解である 3 番を選択した人は 33 人（86.84%）となった。その他を選択した人は、1 番が 0 人、2 番が 2 人、4 番が 3 人となっている（表 4-20）。問題の選択肢を微妙な差で難しくしたにも関わらず正答率が想像以上に高い結果となった。我々が使った水は、下水管を通り処理施設に集められることは誰もが知っていることではあるが、運ばれた水がどのぐらいの時間をかけて処理されているか知らないものである。処理にかかる時間を詳しく知っていることはとても良いことだと考える。

表 4-19 事前調査時の Q11 回答

回答番号	回答者数
1	3
2	11
3	10
4	14

表 4-20 事後調査時の Q11 回答

回答番号	回答者数
1	
2	2
3	33
4	3

Q12 では、38 人中世界である順番を記入した人は 30 人（78.94%）となった。残りの 8 人は順番を間違えた事により不正解とした(表 4-22)。コンテンツの使用前調査では、1 人し

か正解していなかったところ、コンテンツを使って学習することによって多くの人が正解していた。このような問題は、下水道の事を知るうえで必要な知識であるためより詳しく出来るならしていく必要性があると考え。

表 4-21 事前調査時の Q12 回答

q12	
正解	1
不正解	37

表 4-22 事後調査時の Q12 回答

q12	
正解	30
不正解	8

Q13 では、38 人中正解である 4 番を選択した人は 34 人 (89.47%) となった。その他を選択した人は、1 番が 0 人、2 番が 4 人、3 番が 0 人となっている (表 4-22)。この問題で解答者が 2 番と 4 番に分かれた理由として少数点がついている事は覚えているけどどっちだったか詳しく覚えていないといった人がいたと考えるのが正しいと考える。やはり物事を覚えるのは難しい事なので何度も繰り返し学習してもらわなければならないと思われる。

表 4-23 事前調査時の Q13 回答

回答番号	回答者数
1	11
2	8
3	8
4	11

表 4-24 事後調査時の Q13 回答

回答番号	回答者数
1	
2	4
3	
4	34

Q14 では、38 人中正解である 1 番を選択した人は 38 人 (100%) となった。その他を選択した人は、2 番が 0 人、3 番が 0 人となっている (表 4-26)。この問題は、事前調査の時から正答率が高かったこともあり、コンテンツ使用後には全員が正解する事が出来たと考えられる。処理の正しい方法はしっかり知っている必要性がある。

表 4-25 事前調査時の Q13 回答

回答番号	回答者数
1	34
2	3
3	1

表 4-26 事後調査時の Q13 回答

回答番号	回答者数
1	38
2	
3	

第5章 まとめ

本研究では、下水道に関する役割や仕組みを盛り込んだ e-learning コンテンツ「スマート下水道ツール」を開発し、また、事前、事後アンケート調査による変化を調査・分析した。その結果、すべての設問に対して、コンテンツの使用後に下水道に関する意識や知識の向上がみられ、コンテンツの学習効果が認められた。ただこのコンテンツを掲載しているサイトでは、コンテンツをやってからすぐに確認問題に移れてしまうことからその場でおぼえたことをすぐ解くという形になってしまった。

しかし今回行ったプログラムの実践で調査を行った対象者が大人のみになってしまった事により実際に子供も楽しめるコンテンツが作れたかどうか確認することができなかった。

現在本コンテンツは、史研究室のホームページに掲載しているが掲載方法や掲載場所を変えて、誰もがわかりやすくアクセスできるようにして行く必要がある。

今回作成した体験型のコンテンツでは、ストーリーの文字が表示され対象者が文字を読んでいく形をとったが、より楽しめるコンテンツにするためにキャラクターの読み上げ機能などをつけ加えることでより一層楽しめるものになると考えられる。

謝辞

本論文は、東京都市大学 環境情報学部 環境情報学科 史中超教授のご指導の下で行った研究成果をまとめたものである。本論文を終えるにあたり熱心なご指導、学生室における講義など貴重な経験の機会を賜り深く感謝の意を表し御礼申し上げます。本研究を審議してくださる吉崎教授、大西准教授皆様に深謝いたします。

そして、研究を進める上で、コンテンツ開発において、アドバイスを頂いた 2016 年修了 櫻井様（吉崎研究室）に厚くお礼申し上げます。

最後に、研究室のみなさんに精神的にも支えられました。修士論文にご協力いただきましてありがとうございます。

参考文献

- [1] 国土交通省 都市・地域整備局下水道部 下水道の多様な役割
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/yakuwari.html>
- [2] 松本純一郎,西堀清六 (2001) 下水道工学 第3版,
- [3] タクマ環境技術研究会 (2005) 絵とき下水・汚泥処理の基礎
- [4] 社会資本整備審議会都市計画・歴史的風土分科会 都市計画部会下水道小委員会 第18回議事資料『下水道の未普及解消のための取り組み』
- [5] 小中学生を対象とした水保全の意識向上に向けた e-Learning 教材の開発 (森 美樹 著)
- [6] 下水道を核とした環境教育プログラムの開発と実践 (櫻井 元晴 著)
- [7] 下水道事業におけるエネルギー基本計画
<http://www.metro.tokyo.jp/INET/KEIKAKU/2014/06/70o66100.htm>
- [8] 文部科学省
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kankyou/
- [9] Asia-Pacific Cultural Centre for UNESCO (ACCU)
<https://www.accu.or.jp/jp/approach/material.html>
- [10] 環境教育の重要性と目的
www.edu.pref.kagoshima.jp/curriculum/kankyou/pdf/zyuyousei.pdf
- [11] 環境教育ボランティア 活動ハンドブック
[http://gwweb.jica.go.jp/km/FSubject1801.nsf/3b8a2d403517ae4549256f2d002e1dcc/4ad40d33f85b57e64925788d0010d8b2/\\$FILE/%E7%92%B0%E5%A2%83%E6%95%99%E8%82%B2%E3%83%9C%E3%83%A9%E3%83%B3%E3%83%86%E3%82%A3%E3%82%A2%E6%B4%BB%E5%8B%95%E3%83%8F%E3%83%B3%E3%83%89%E3%83%96%E3%83%83%E3%82%AFS.pdf](http://gwweb.jica.go.jp/km/FSubject1801.nsf/3b8a2d403517ae4549256f2d002e1dcc/4ad40d33f85b57e64925788d0010d8b2/$FILE/%E7%92%B0%E5%A2%83%E6%95%99%E8%82%B2%E3%83%9C%E3%83%A9%E3%83%B3%E3%83%86%E3%82%A3%E3%82%A2%E6%B4%BB%E5%8B%95%E3%83%8F%E3%83%B3%E3%83%89%E3%83%96%E3%83%83%E3%82%AFS.pdf)
- [12] eラーニング | 総合で分かる eラーニング紹介ポータルサイト
<http://elearning-mountain.jp/>
- [13] 小4・5・6年 学習ゲーム ガーディーズ
<http://www.gakugei.co.jp/products/guardies/>
- [14] Adobe Animate ユーザーガイド
<https://helpx.adobe.com/jp/animate/user-guide.html>
- [15] Flash ゲームプログラミング講座 For ActionScript3.0
<http://hakuhin.jp/as3.html>
- [16] Flash 超入門 ActionScript3 基礎
<http://www.mccoy.jp/chie/zaitaku/flashrensyu/step3/index.html>
- [17] Pen+ with New Attitude 21世紀のエコライフを支える下水道の力