

学内施設見学のすゝめ

竹口 昌之*

Recommendation of On-campus Facility Tours

TAKEGUCHI Masayuki*

Abstract: Off-campus educational activities are restricted in COVID-19 calamity. Therefore, the domestic wastewater treatment facility, which is an on-campus facility in National Institute of Technology (KOSEN), Numazu College, was used as an educational subject for advanced course lectures. It was found that the social implementation required for KOSEN education is possible by utilizing the on-campus facilities.

Key Words: On-campus facilities, On-campus Facility Tours, Social implementation

1. はじめに コロナ禍による学外活動の制限

沼津高専では実験・実習科目において企業等の見学を通して“社会における技術者の役割と責任”と“技術の重要性を学ぶこと”を目的とする企業見学（工場見学）を実施している。また、第4学年以上の学年では夏季休業期間を利用して、企業等で実務訓練を行う学外実習を実施している。特に専攻科1年次には4ヵ月の長期学外実習を行っている。

これら教育活動の形態が2020年2月末に一変した。新型コロナウイルス禍で世界中の教育機関が対面授業を中止し、遠隔授業に置き換わった。2021年度後期において感染力の強い変異型の台頭が懸念されており、大学では対面授業再開に対し慎重な姿勢をとっている [1]。これまで本校の教育活動に協力いただいた企業においても新型コロナウイルス禍では接触機会を控え、工場見学や学外実習の受け入れ停止が続いている。学外実習を受け入れている企業においても、実習先となる製造現場に集めることを避け、動画の配信やライブ中継などの遠隔配信で現場を伝えるケースが増えている [2]。

新型コロナウイルス禍において休校のリスクが拭えない中、学びを止めないためにも、学びの体制整備は喫緊の課題である [3]。以前と同様の教育体制には戻ることが困難な状況の中、これまでに行っていた化学工業の現場を実際に見学することが困難になっている。そこで、本論文では学内施設を生物工学および化学工学の教材として活用した事例を紹介し、工学教育への学内施設使用の可能性につ

いて考察する。

2. 教材としての学内施設

沼津高専は昭和37年に国立工業高専の第1期校として設置された。現在、学生定員1,048名（本科5学科と1専攻）が敷地面積89,599 m²（建物：36,214 m²）にて学校生活を送っている。また、本校では1・2年生に対しては全寮制を実施しており、本科3年生以上を含めた寮生406名（令和3年4月1日現在）が本校キャンパス内で生活している。学生と教職員の生活に必須なライフライン設備（電気・ガス・水道・下水道の設備や通信設備）は開校時より順次整備されてきた。生活廃水の処理については、開校当時から公共下水道との接続が望まれていた。しかし、令和3年4月1日現在においても下水道計画区域であるものの事業計画区域に至っておらず、下水道接続による污水处理は先が見通せない状況となっている [4]。校舎竣工時から昭和58年3月までは、建物ごとに浄化槽が設置され、生活廃水処理が行われていた。本校では昭和58年3月にキャンパス全体の生活廃水を処理することを目的に生活廃水処理施設が竣工した。この生活廃水処理施設に接続する目的で校内に汚水屋外配管が整備され、図1に示す汚水路線系統が構築されている。その他のライフラインとして水道（上水）については沼津市より供給を受け、敷地内に128 tの受水槽を設け、これを起点に学内給水設備より配水している。なお、グラウンド内一部施設については駿東郡長泉町より供給を受けている。さらに、本校では節水による環境保全や水道代のコスト削減を目的に、生活廃水処理施設で処理されたトイレ用水や散水、冷却・冷房用水、消火用水、清掃用水などを雑用水として再利用する中水設備を有している。

* 物質工学科, Department of Chemistry & Biochemistry

表 1 化学・生物系分野において教材として利用可能と考える学内上下水道関連施設

施設名(管理部署)	主要装置 ^{*1}	モデルコアカリキュラム(MCC) ^{*2} 技術者が備えるべき能力(学習内容)
生活廃水処理施設 (施設係)	【沈砂槽設備】 【流量調整槽設備】 【沈殿槽設備】 【接触ばっ気装置】 【消泡水ポンプ設備】 【滅菌設備】 【汚泥濃縮槽設備】 【汚泥貯留槽設備】 【換気設備】	II-E ライフサイエンス・アースサイエンス(大気と海洋, 生態系, 人間活動と地球環境の保全) IV-B 技術者倫理および技術史(持続可能性) V-E-5 化学工学(物質収支, 液体と気体の流れ, 物質の分離と精製, 反応装置) V-E-6 基礎生物(細胞, エネルギーと代謝) V-E-7 生物化学(糖, 脂質, タンパク質, 核酸, 酵素, 異化, 同化) V-E-8 生物工学(微生物, 微生物の増殖と培養, 微生物の代謝とその利用) VI-E 化学・生物系分野(実験・実習能力) 化学工学実験, 生物工学実験
給水設備 (施設係)	移送用ポンプ	V-E-5 化学工学(物質収支, 液体と気体の流れ) VI-E 化学・生物系分野(実験・実習能力) 化学工学実験
雨水屋外排水管 (施設係)	円管内の流れ	V-E-5 化学工学(物質収支, 液体と気体の流れ) VI-E 化学・生物系分野(実験・実習能力) 化学工学実験
汚水屋外排水管 (施設係)	円管内の流れ	V-E-5 化学工学(物質収支, 液体と気体の流れ) VI-E 化学・生物系分野(実験・実習能力) 化学工学実験, 生物工学実験
中水設備 (施設係)	移送用ポンプ 【ろ過設備】	V-E-5 化学工学(物質収支, 液体と気体の流れ, 物質の分離と精製) VI-E 化学・生物系分野(実験・実習能力) 化学工学実験, 生物工学実験

*1 【】は設備を示し, 化学工学・分離工学(単位操作)で使用する各種装置が含まれる

*2 分野別の専門工学(化学・生物系分野)について記載 [5]

本校が保有する上・中・下水道, 生活廃水処理施設および関連設備は, 化学工業や公共施設で使用される水処理設備の規模は異なるものの同等の機能を有する設備である。この設備に使用されている技術は, モデルコアカリキュラム(MCC)で定められている「技術者が備えるべき分野別専門能力」内の“化学工学”や“生物工学”の学習内容で取り上げられている事項である [5]。MCCの分野別の専門工学(化学・生物系分野)において教材として利用可能と考える沼津高専学内の上下水道関連施設を表 1 に示す。雨水・汚水屋外排水管はMCC V-E-5 化学工学・学習内容「液体と気体の流れ」で到達目標として設定されている“管径と流速・流量・レイノルズ数の計算ができ, 流れの状態が判断できる”, “流れの物質収支の計算ができる”, “流れのエネルギー収支やエネルギー損出の計算ができる”の教材となる。給水設備は上記に加え, “流体輸送の動力の計算ができる”も網羅することになる。さらに, 中水設備ではMCC V-E-5 化学工学・学習内容「物質の分離と精製」で到達目標として設定されている“吸着や膜分離の原理・目的・方法を理解できる”を含む。

生活廃水処理施設では微生物を用いた廃水処理が行われており, MCC V-E-5 化学工学に加えて, MCC V-E-8 生物工学の学習内容「微生物の代謝とその利用」で到達目標として設定されている“微生物を用いた廃水処理・バイ

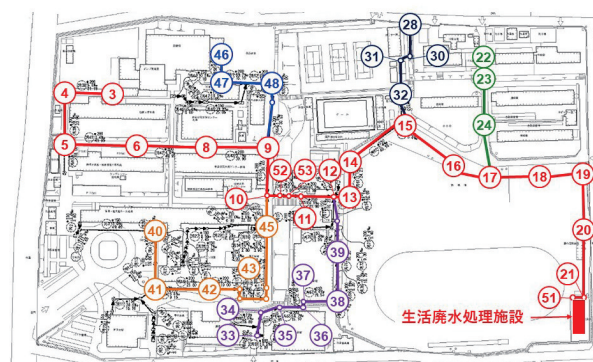


図 1 沼津高専 汚水路線系統図

丸番号はマンホール蓋の位置を示す

オレメディエーションについて説明できる”の教材となる。

3. 生活廃水処理施設の教材利用

沼津高専が保有する生活廃水処理施設の概要を表 2 に示す。本校では汚水と雨水は排水管が異なる分流式であり, 本施設では 1000 人規模が排出する汚水を処理できる仕様となっている。汚水屋外排水管にて運ばれてきた汚水中の有機物は, ばっ気槽内で好気性微生物に代謝されることで処理される。この処理方法は活性汚泥法と呼ばれ, 多くの下水処理場で採用されている。生物学的酸素要求量(BOD)

表 2 沼津工業高等専門学校 生活廃水処理施設 概要

処理対象人員	1080 人
汚水の排除方式	分流式
処理方式	接触ばっ気方式 (国土交通省告示第 154 号)
日平均汚水量	220 m ³ /day
流入最大汚水量	660 m ³ /day
流入水BOD	200 mg/L
流入水SS	—
放流水BOD	20 mg/L
放流水SS	40 mg/L
除去率	90%以上
放流先	黄瀬川
竣工	昭和 58 年 3 月 28 日

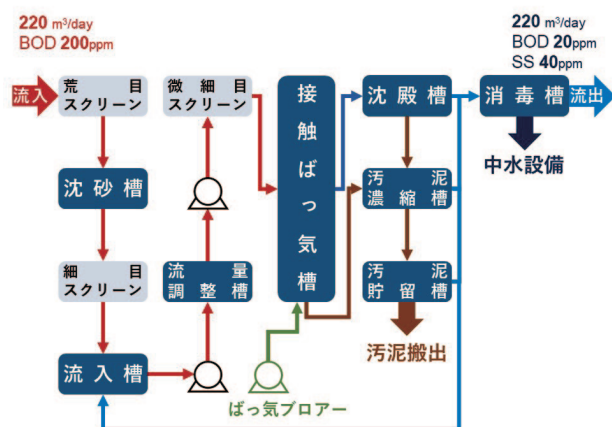


図 2 沼津高専 生活廃水処理施設フローシート

ベースで 90%の除去が可能な設計となっており、処理水は池田川を通して黄瀬川に放水されている。また、処理水の一部は中水として学内で雑用水として利用するため過後、学内の中水受水槽に貯水されている。

図 2 に本校の生活廃水処理施設で採用されている接触ばっ気方式のフローシートを示す。汚水屋外排水管にて運ばれてきた汚水は沈砂槽と荒目・細目スクリーンを通り流入槽に流入する。流入槽から流量調整槽にポンプ移送され、微細目スクリーンを通過して接触ばっ気槽に流入する。汚水中の有機物は散気装置によって接触材に保持された好気性微生物と接触しながら生物酸化処理される。その後、処理水は沈殿槽にて汚泥が除去され、上澄みは消毒槽で消毒されたのち河川に放流または中水受水槽に貯水される。本施設で利用されている技術は、MCC V-E-5 化学工学の学習内容「物質収支」、「液体と気体の流れ」、「物質の分離と精製」、「反応装置」と MCC V-E-8 生物工学の学習内容「微生物の代謝とその利用」が含まれている。本施設を教材として取り上げ、座学による処理原理の理解、施設見学

による運転方法の理解、さらにグループワークによる本施設の問題解決を実施することで、ラーニング・ピラミッドに基づく高い学習定着率が得られると考えている [6]。

2021 年度専攻科講義「生物工学」にて、汚水屋外排水管と生活廃水処理施設を教材として利用した。本講義における授業計画を以下に示す。

- 1 週 ガイダンス:シラバスの説明:生物工学とは
- 2 週 化学演習
- 3 週 生化学
- 4 週 微生物学
- 5 週 酵素の反応速度論:反応速度式と反応次数
- 6 週 酵素の反応速度論:pH の影響
- 7 週 酵素の反応速度論:阻害剤の影響
- 8 週 微生物反応の速度論
- 9 週 バイオリアクタの種類と特徴,
バイオリアクタ:回分反応器の設計
- 10 週 バイオリアクタ:連続槽型反応器の設計
- 11 週 バイオリアクタ:管型反応器の設計
- 12 週 有機汚濁物質の微生物分解
- 13 週 生活廃水処理施設見学
- 14 週 どうする?トイレ問題 グループワーク
- 15 週 どうする?トイレ問題 発表会

本講義は、本科にて化学・生物系分野を専門的能力として修得していない学生も受講対象としている科目である。そのため、本講義の到達目標を“学内の生活廃水処理施設を事例に、微生物反応を速度論的に解析し、基本的な微生物培養装置を設計できる”ことにした。第 1 回から第 4 回において化学・生物系分野における最低限必要な専門的能力の修得を目指した。第 5 回から第 8 回において、酵素反応と微生物反応の速度論的解析法の演習を行い、第 9 回から第 11 回にて微生物反応器設計法を修得した。第 1 回から第 9 回までの講義では、授業内容に関連した廃水処理に関する演習を行い、常に本講義の到達目標を意識してもらう工夫をした。第 12 回ではこれまで修得した生物工学の専門的能力をもとに生活廃水処理施設の処理原理を説明した。第 13 回には本校施設係職員 2 名の協力を頂き、屋外排水管と生活廃水処理施設の見学を行った。見学ルートを図 3 に示す。なお、見学前に学生に対して停電に伴い生活廃水処理施設が停止し、校内のトイレがどのような状況になるか考えるよう伝えた。図 4 は見学時に施設係職員より屋外排水管の説明を受ける様子を示している。施設見学後、地震等の震災により停電となりトイレが平時と同様に使用できないとき、本校の施設を利用してどのようにその問題(どうする?トイレ問題)を解決するか問いかけた(図

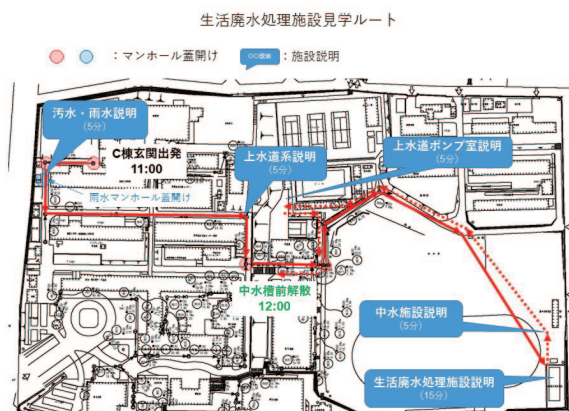


図3 屋外排水管および生活廃水施設見学ルート



図4 施設係職員より屋外排水管の説明を受ける学生

5). 本校体育館は災害時における沼津市の指定避難所として使用される。そのため、本校学生と教職員に加え、近隣住民が利用可能なトイレが必要となる。そこで、受講生を4グループに分け(アメーバ、バチルス、ワムシ、ツリガネ：活性汚泥にて生息する生物の名前をグループ名とした)、被害想定をランダムに選択してもらい、この状況下でのトイレ問題の解決策を検討するグループワークを第14回目に行った。第15回にはグループ毎の提案内容発表会を開催した。本講義で想定した被害想定を図6に示す。被害想定がグループ毎に異なるため、提案内容はグループ毎に全く異なる内容であった。マンホールトイレに利用する水の確保方法、その水の輸送方法、生活廃水処理施設のばっ気用電源の確保方法、東日本大震災の経験を踏まえ衛生面を重要視した提案、簡易型のバイオトイレの利用など多岐にわたった。どの提案も生物工学の講義内容に加え、受講生が本科にて修得した専門的能力を加味した内容であり、MCCが求める技術者が備えるべき分野横断的能力「IX総合的な学習経験と創造的思考力」について分析レベルで達成するものであった。

どうする？ トイレ問題

2022年(4)月1日に大地震が発生し、1週間が経過した。学内には寮生を含め(8)人の学生と教職員が帰宅できず避難生活を強いられている。また、沼津市の避難所として近隣住民(6)人が第1、第2体育館に避難している。生活廃水処理施設は損壊がなかったものの、学内のライフラインに基大な損壊(④、⑤、⑥)が生じた。停電は解消されたが、上水道は今後1週間程度は断水することがわかっている。

1. 予想されるトイレ問題を説明せよ
2. トイレの確保方法について説明せよ(トイレの形態、設置場所、トイレ用水の確保、汚物処理方法、衛生管理方法)
3. 今回の想定災害より、今行うべきことを提言せよ。

発表時間 12分(上記内容をPowerPoint12枚以内にまとめる)、質疑応答 8分

参考資料：避難所におけるトイレ確保・管理ガイドライン(内閣府、平成28年4月)

http://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/pdf/1604hinanjo_toilet_guideline.pdf

図5 グループワーク(どうする？トイレ問題)課題

被害状況

	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
アメーバ	11月	300人	500人	図書館・C科棟・M科棟・共通棟の電源供給停止	北寮	②
バチルス	5月	400人	600人	第1・第2体育館の電源供給停止	図書	⑧
ワムシ	2月	500人	400人	生活排水処理施設の電源供給停止	南寮	③
ツリガネ	7月	600人	300人	学寮地区の電源供給停止	共通棟	⑨

④：時期 5月、7月、11月、2月

⑤：学生数 300人、400人、500人、600人

⑥：住民数300人、400人、500人、600人

⑦：生活排水処理施設の電源供給停止(D-1)、図書館・C科棟・M科棟・共通棟の電源供給停止(D-2)、第1・第2体育館の電源供給停止(D-3)、学寮地区の電源供給停止(D-4)

⑧：破壊施設 図書館、共通棟、南寮、北寮

⑨：断水ラインの寸断 ⑧、③、⑤、②、⑨、④

図6 本講義で想定した被害想定

4. 総括

専攻科科目「生物工学」において屋外排水管および生活廃水処理施設を教材に授業を行った。講義終了時に受講生に以下の3つのアンケートを行った。

- (1) 本校生活廃水処理施設の見学とグループワークを通して、バイオリクターが身近な反応器であることを理解できましたか。
- (2) 本校生活廃水処理施設の見学とグループワークを通して、生物工学で修得したスキルと知識を深めることができましたか。
- (3) 本校生活廃水処理施設の見学とグループワークを通して、あなたは災害時にトイレ問題が現実になると感じますか。

結果を図7に示す。設問(1)より、学内施設見学を通して受講生のすべてが身近に講義で扱った装置があることを理解したことがわかる。設問(2)より、1名を除き学内施設見学を通して講義内容の理解が深まったことがわかった。また、設問(3)より災害時に本校学内設備には問題があることを認識(課題発見)したことがわかった。本校では2020

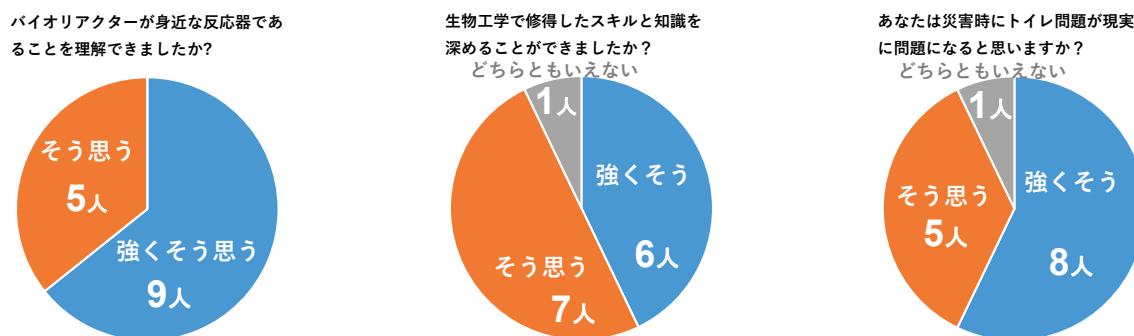


図7 生活廃水処理施設の見学とグループワークに関するアンケート調査結果

年度から二カ年をかけて雨水および汚水屋外配管と生活廃水処理施設のライフライン再生工事を行っている。これらライフライン再生工事において設計当初には予測できなかった劣化等が明らかになった。今後は、これら予測不能な不具合を学生に提示し、この問題点を改善する提案をさせることで、課題解決型の教育活動（Project Based Learning）が可能となると考えている。平時に利用している設備の不具合は、学生に対して現実問題として捉えやすく、社会実装教育に適した教材である。学内施設を社会実装の場にするには、将来の社会を担っていく学生たちに必要なスキルや行動様式を育むことができると考える。

学内には高専教育の教材となりうるハードがあり、加えて、これを管理運営する職員がいる。この教育環境は積極的に利用すべきである。今回は生活廃水処理施設を取り上げたが、学内には太陽光発電システム、変電設備、学内 LAN や保存樹木がある。これら設備の理解は MCC における技術者が備える能力 V-C-5 電力、V-D-6 情報通信ネットワーク、II-E ライフサイエンス・アースサイエンスで示されている到達目標を達成するための教材となりうる。

高専教育ではいずれの学年でも社会の要請とつながった教育が必要と考える。コロナウイルス禍中、全国高専では様々な社会実装教育の取組みが試みられている。長岡高専では必修科目であるインターンシップを同校発スタートアップ企業と連携し、ビデオ会議などを活用した取り組みで対応するなど、新しい学びの体制に挑戦している [7]。

本論文で取り上げた事例は、既存施設を活用し、学内の教職員との連携により実施することが可能である。社会実装教育の達成と共に、教職員間の連携が深まることで災害時等の施設利用が円滑になると考える。高専の社会実装教育を通じて社会の新しいモデルとして自らのキャンパスを活用することに大きな意味があり、今後積極的な学内施設の教育活動利用をすべきと考える。

参考文献

- [1] 対面授業 世界の大学悩む, 日本経済新聞, 2021 年 8 月 22 日, 朝刊, 2 面
- [2] 採用調査最終集計, 日経産業新聞, 2021 年 4 月 19 日, 朝刊, 27 面
- [3] 学びを止めない体制課題, 日本経済新聞, 2021 年 10 月 16 日, 朝刊, 4 面
- [4] 下水道普及図 (令和 3 年 4 月 1 日現在), 沼津市, <https://www.city.numazu.shizuoka.jp/kurashi/sumai/gesui/gaiyo/pdf/fukyu.pdf> (2021 年 11 月 23 日参照)
- [5] 国立高等専門学校機構, モデルコアカリキュラム ガイドライン, 2017 年 4 月 28 日
- [6] 泉美貴, 小林直人, アクティブ・ラーニングとは (総論), 薬学教育 3 (2019) 1-5.
- [7] オンラインで就業体験 長岡高専, 日本経済新聞, 2020 年 8 月 25 日, 地方経済面 信越