
フィリピン大学ディリマン（フィリピン） 研修報告書

パッシング川水域の水質浄化，フィリピン産 GCA を使用した水質浄化実験

工学研究科 社会基盤環境工学専攻 高田 大貴

1. はじめに

2018 年 8 月 10 日から同年 9 月 8 日の間、フィリピン共和国のフィリピン大学ディリマンにてパッシング川水域の水質浄化に関する研究や現地の水環境問題の解決に向けた GCA の利用法の検討を行った。その結果を以下に報告する。

2. 共同研究課題の決定

本研究室では石炭灰を主原料とした石炭灰造粒物（GCA : Granulated Coal Ash）の研究が行われている。GCA は石炭灰を有効活用することが可能な技術であるとともに、ヘドロ化した河川沿岸域に敷設することで底質を改善する技術である。広島県内では既に複数の河川沿岸域で GCA の実証試験が行われており、GCA による環境改善効果が確認されている。一方で、フィリピン共和国では経済の急激な発展に伴い、マニラ市内を流れるパッシング川などでは環境汚染が深刻化しているため、環境改善技術が必要とされている。本研究では GCA 技術をフィリピン共和国で適用し、パッシング川水域の水質浄化を行うことを目的としており、フィリピン大学と共同で研究を行った。

3. 共同研究スケジュール

8 月 10 日 出国

8 月 11 日～9 月 7 日 研究、プレゼンテーション

9 月 8 日 帰国

4. 共同研究派遣先の概要

大学名: University of the Philippines Diliman

所在地: フィリピン メトロ・マニラ ケソンシティ

指導教員: Dr. Augustus C. Resurreccion

5. 共同研究内容

5. 1 概要

フィリピン共和国の首都マニラでは近年の人口急増に対して環境インフラが追い付かず、大規模な汚水の直接流入により水環境汚染が深刻化している。フィリピン国内において過去 15 年以上にわたり様々な取り組みが実施されたが、抜本的な解決には至っていない。昨年度より、我が研究室とフィリピン大学との共同研究がスタートし、日本でのみ製造されていた石炭灰造粒物（GCA : Granulated Coal Ash）をフィリピン現地のフライアッシュをもとに製造することに成功した。製造しただけでなく実際の河川環境での効果を立証するために 20 m³ の GCA を製造し、マニラ市内を流れるサンミゲル川（パッシング川水域）へ施工も成功させた。本報告書ではフィリピン大学と行ったサンミゲル川（パッシング川水域）への GCA 施工区のモニタリング調査結果とフィリピン産フライアッシュを使用した新 GCA の製造結果、さらに現地の悪臭問題や排水問題に対する GCA 技術の利用に関する模擬実験結果について報告する。

5. 2 実験方法

5. 2. 1 フィリピン産灰を使用した石炭灰造粒物の性能試験（圧縮強度）

フィリピンの複数の石炭火力電力会社から、発電後の石炭灰を回収し、セメント、水を混合してフィリピン GCA を作成した。この際フライアッシュとセメントの混合比を変更し、各 Case に対して 3 パターンの GCA を作成した。造立した GCA は 30 日気中風乾後、圧縮強度試験を実施

し施工に必要な強度を満たしているか検証した。この時の配合 Case を Table 1 に示す。

Table.1 GCA 配合 Case

	Mixture 1	Mixture 2	Mixture 3	Remarks
Coal ash : Cement	85 : 15	90 : 10	95 : 5	Weight ratio
Weight per 1 lot				Total 4 lots mixture
(Weight of GCA)				(coal ash species)
Case1	20kg	20kg	20kg	UPPC
Case2	20kg	20kg	20kg	AES

5. 2. 2 フィリピン GCA (UPGCA : University of Philippines GCA) を使用した排水処理実験

昨年度の海外共同研究において作成した UPGCA を使用して現地排水処理問題の解決に向けた GCA 装置を作成して汚水の浄化を行った。実験装置図を Fig.1 に示す。1st タンクには現地下水処理会社（マニラッド社）から採水した生下水を静置させ、調節ねじをひねることで GCA で満たした 2nd タンクへ汚水を送水した。2nd タンクでは 1st タンクから送水された汚水を 1h もしくは 3h 静置させ、各静置時間経過後 2nd タンクと同様に GCA で満たされた 3rd タンクへ調節ねじをひねることで汚水を送水した。3rd タンクへ送水された汚水は 2nd タンクの場合と同様に 1h もしくは 3h 静置し、各静置時間経過後排水した。各タンクにおいて排水された汚水を 1st tank、2nd tank、3rd tank として採水し、pH, ORP, EC, PO₄³⁻, NH₃, SO₄²⁻, Ca²⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, COD について分析した。

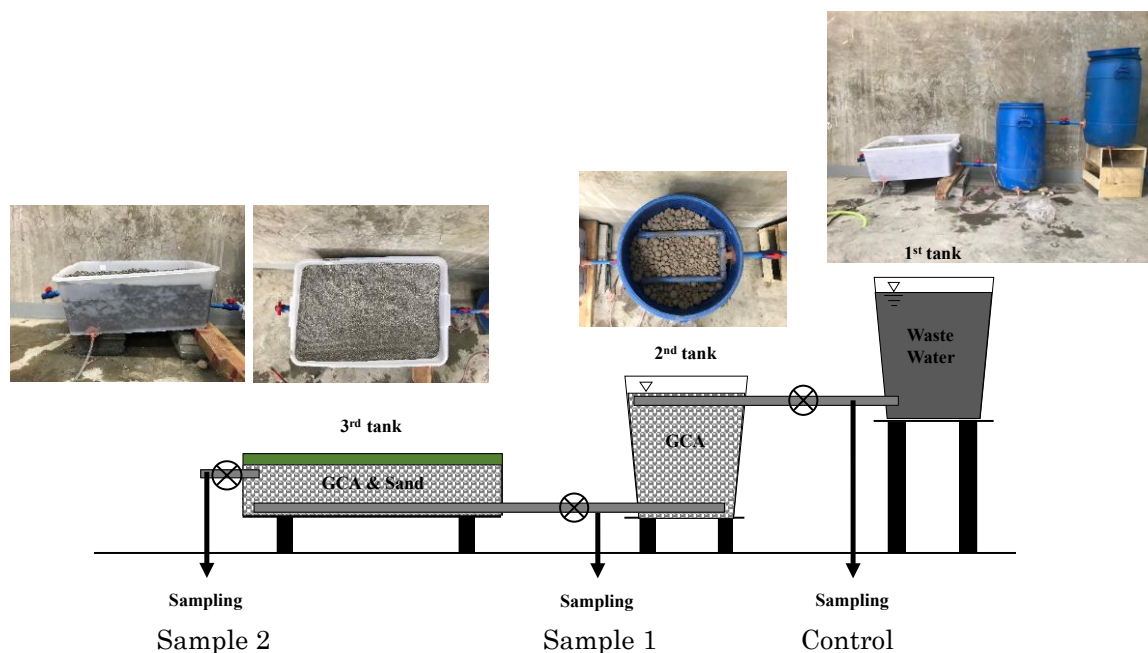


Fig .1 実験装置図

5. 2. 3 サンミゲル川における GCA 施工区の現地観測

昨年度、マニラ市内を流れるサンミゲル川（パッシング川水域）に UPGCA ダムが施工された（Fig.2）。本実験では、施工区において河川水と GCA 層内の間隙水を採水し、分析することで施工後半年以上経過した現地において、GCA による水質改善効果を検討した。

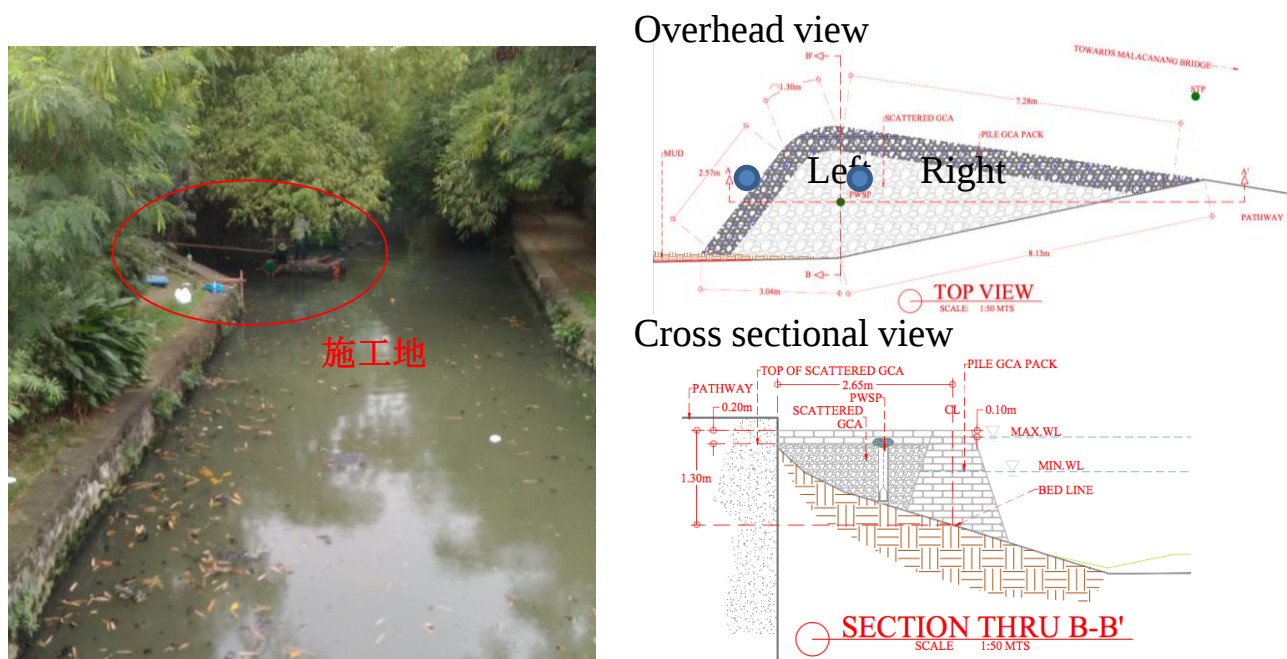


Fig. 2 観測現場図

5. 3 結果

5. 3. 1 フィリピン産灰を使用した石炭灰造粒物の性能試験（圧縮強度）

Fig.3 上図に圧縮強度試験結果を示す。圧縮強度試験は養生開始 14 日後と 20 日後に行った。得られた圧縮強度のうち 1.2N/mm^2 の強度を満たすものを新しい UPGCA とし、今後溶出実験や汚泥との混合実験に使用していくこととした。実験結果より、養生 20 日においてすべての Case で圧縮強度を満たしていることが確認された。

したがって、海外共同研究終了後、フィリピン現地において、今回作成した GCA を使用した溶出実験と汚泥混合実験、重金属溶出試験を行うこととする。

Row data (August 29)

				Average
UPPC 15%	4.06	4.62	3.31	4.00
UPPC 10%	3.53	4.26	3.18	3.66
UPPC 5%	4.45	3.39	2.75	3.53

Row data (September 5)

				Average
UPPC 15%	4.99	5.62	6.77	5.79
UPPC 10%	4.29	3.82	1.89	3.33
UPPC 5%	4.48	3.30	3.95	3.91

				Average
AES 15%	3.10	3.47	2.86	3.14
AES 10%	3.43	3.77	3.95	3.72
AES 5%	1.01	0.92	1.15	1.03

				Average
AES 15%	8.61	8.52	11.39	9.51
AES 10%	7.84	6.67	N/D	7.25
AES 5%	1.99	1.57	N/D	1.78

Unit : N/mm²

Fig.3 上図 圧縮強度試験結果

左図 圧縮実験図

5. 3. 2 フィリピン GCA (UPGCA : University of Philippines GCA) を使用した排水処理実験

Fig.4, 5 に各タンクから採取した排水中の栄養塩濃度と除去率のグラフを示す。GCA によって PO_4^{3-} , NH_3 が固定・吸着されていることが明らかとなっており、特に PO_4^{3-} に関しては接触時間が長いほど高い栄養塩類除去効果が確認された。 NH_3 の吸着に関しても 2nd タンクにおいては同様の効果がみられたが、タンク表層に砂を敷設した 3rd タンクでは砂から NH_3 が溶出することで相対的に NH_3 の除去率が下がってしまった。しかし、Fig.6,7 に示した Ca^{2+} 溶出量、pH の経時変化をみると日本で製造した GCA とよく似た特性 (Ca^{2+} の溶出と pH の向上) が確認され、UPGCA によって現地の污水問題に適した形の GCA の利用が可能である結果が得られた。

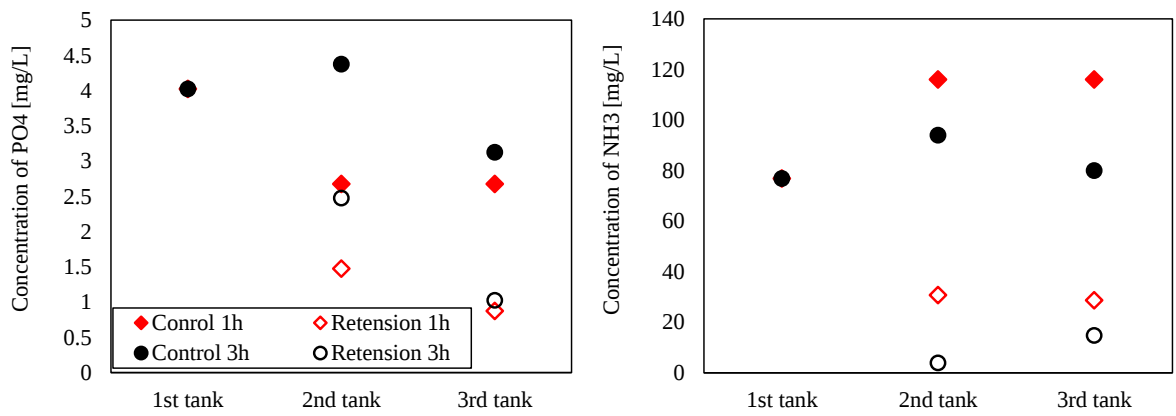


Fig. 4 栄養塩類 (PO_4^{3-} , NH_3) 濃度の経時変化

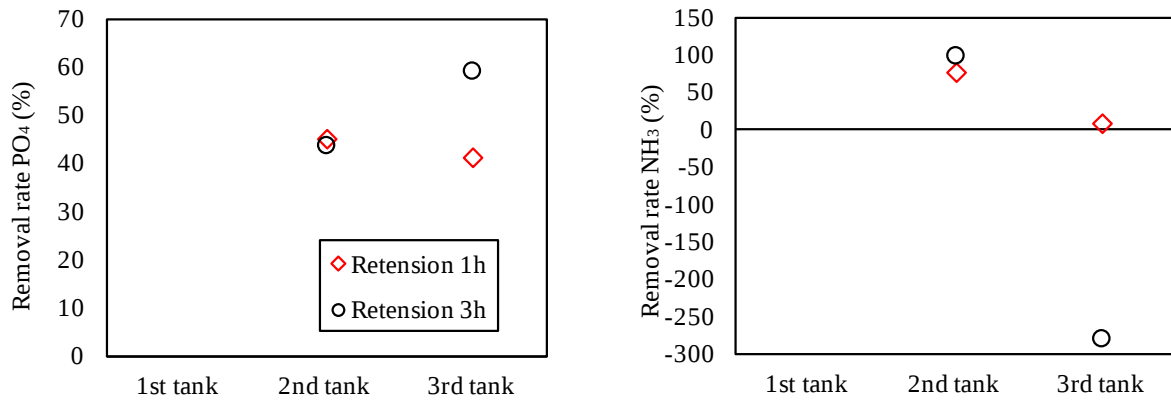


Fig. 5 栄養塩類除去率の変化

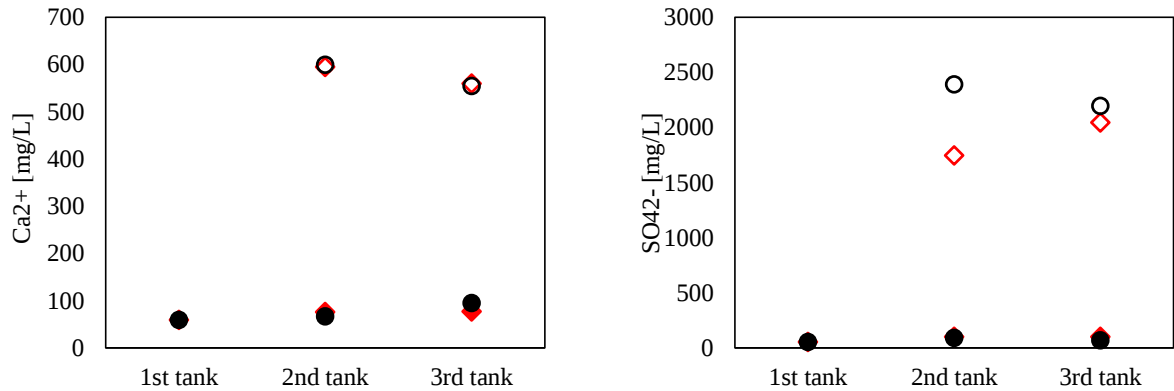


Fig. 6 GCA から溶出する Ca^{2+} 量

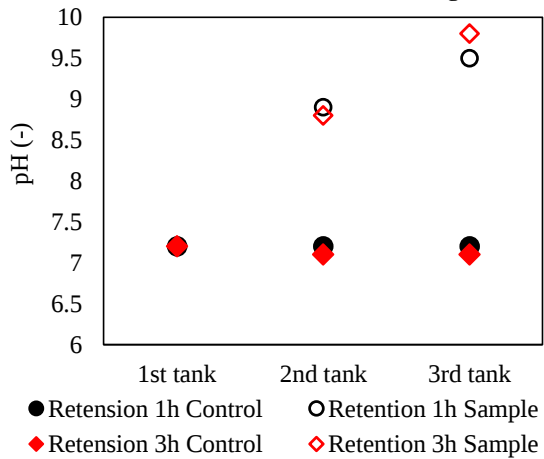


Fig. 7 pH の経時変化

5. 3. 3 サンミゲル川における GCA 施工区の現地観測

Fig.8に GCA 施工区外で採水した河川水(Outside GCA)と GCA 層内で採水した間隙水(Right pipe, Left pipe) の分析結果を示す。GCA 層内外の結果を比較すると、GCA 間隙内の栄養塩濃度は GCA 層外と比較して低くなっており、GCA によって栄養塩類が除去されていることがわかる。しかし、経時変化に注目すると、除去量は低下しており、GCA による栄養塩類除去効果が低下していることが予想される。この時の溶出イオンと pH の経時変化を Fig9,10 に示す。GCA 間隙水中の Ca^{2+} イオン量や pH は GCA 層外に比べて高く、経時的な低下も見られない。したがって、GCA の効果の低下はその他の要因が考えられる。要因としてこの時期フィリピンは雨期であることが挙げられる。連日の降雨によって流量・流速が増加し、十分な接触時間が確保されなかったために除去率が低下したと考えられる。したがって、降雨量が安定すれば GCA の効果も回復する可能性が高いと考えられる。

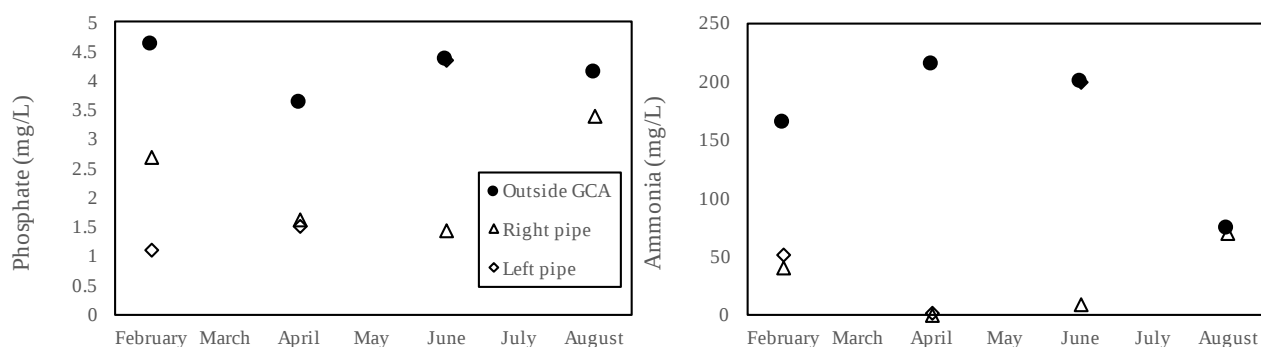


Fig. 8 栄養塩類 (PO_4^{3-} , NH_3) 濃度の経時変化

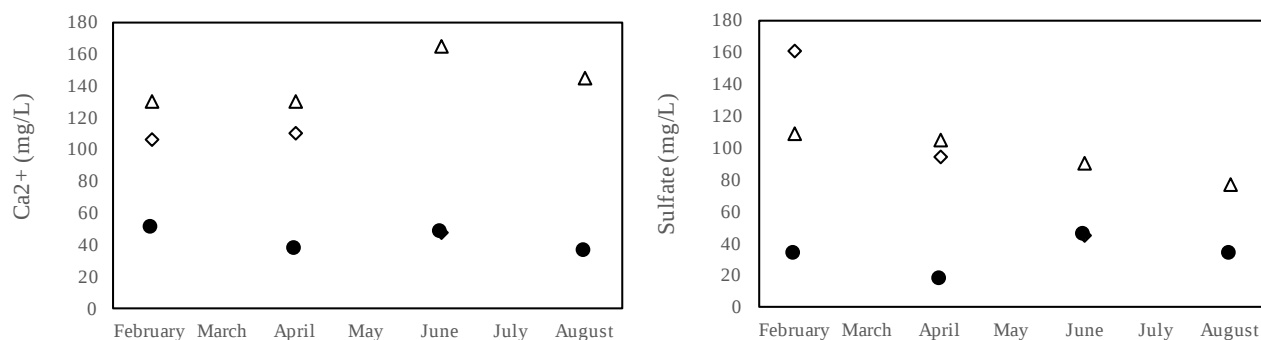


Fig. 9 溶出イオンの経時変化

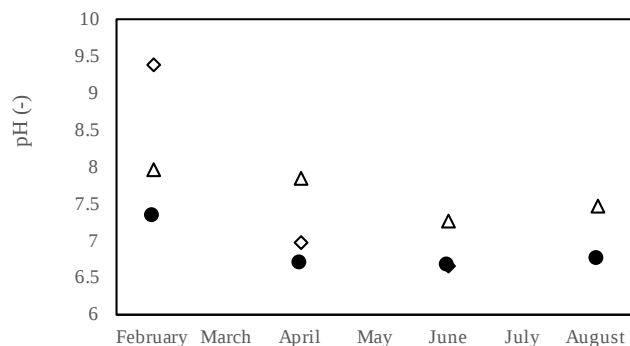


Fig. 10 pH の経時変化

6. まとめ

海外で共同研究を行う上で必要とされることは、現地の価値観や考え方を共有し、主体性・積極性を持って取り組む姿勢であると感じました。共同研究でより良いものを生み出すためには、お互いの意見を交換し、理解する必要があります。また、積極的にコミュニケーションを取ることによってコミュニケーション能力を向上させます。フィリピンでの1 か月は私を成長させ、自信をつけるきっかけとなりました。

最後に、この海外共同研究は私にとって初めての海外経験であり、フィリピンでの滞在に不安を感じていました。しかし、現地の方々に温かく迎えていただき、不自由なく研究に取り組むことが出来ました。今回の研究を通して、人との繋がり的重要性を改めて感じました。今後も人との関わりを意識していきたいと思います。

7. 謝辞

本研究においてご指導して頂いた **Dr. Augustus C. Resurreccion**、研究や現地での生活のサポートをして頂いた研究室の方々には、心より感謝しております。また、貴重な機会を与えて頂いた日比野忠史准教授に厚く御礼申し上げます。最後に、海外共同研究プログラムのサポートをして下さいました実行委員会の諸先生方、学生支援グループ国際事業担当の皆様に深く御礼申し上げます。
