

ダム堆積砂を利用した三河湾における干潟・浅場の再生*

蒲原 聡

1. 三河湾の現状

三河湾では港湾整備等にもなう埋め立てにより、1957年から1999年の間に35.7 km²の面積が減少した¹⁾。また、マクロベントス出現数が5種類未満で、懸濁物除去機能がほとんど機能していない航路・泊地等の海域(デッドゾーン)は、三河湾の極沿岸域に27.8 km²存在しており²⁾、合わせて三河湾(面積582.5 km²)¹⁾の約11%が消失もしくは機能を失っている。本来、干潟・浅場(アマモ場を含む)は、二枚貝の成育場、魚介類稚仔魚の保育場として機能しているが、消失等によりこれらの機能が直接奪われると同時に、その場に生息する生物の摂餌にもなう水質浄化機能が衰えることにより、全湾規模で赤潮および貧酸素水塊の発生が拡大した³⁾。貧酸素水塊は夏季の底生性魚介類の生息範囲を狭め⁴⁾、さらに生まれてから干潟・浅場に着底するまでの浮遊期間の稚仔魚を死滅させると指摘されている^{5, 6)}。このように、現在の三河湾は魚介類が成育する海域として十分に機能を果たしていない。その対策として水質総量削減にもなう大幅な負荷量減少が実施されているが、貧酸素水塊面積は横ばいもしくは拡大傾向にあり⁷⁾、抑制効果はみられていない。三河湾を多様な生物が生息する豊かな海とするため、生物生産および水質浄化の機能を有する干潟・浅場を保全・再生するなど、三河湾の環境修復に向けた取り組み計画が提案され、一部実行に移されている⁸⁾。しかし、利用可能な海砂が少なくなり、干潟・浅場造成のための砂の確保が難しくなっている。また、2014年以降、主要な漁獲対象であり干潟・浅場を代表する生物であるアサリの漁獲量が減少している。

2. ダム堆積砂の現状

試験造成に利用した砂は、矢作川上流に位置する矢作ダム(図1)の堆積砂(以下、ダム砂)を利用した。矢作川は、長野県南部の下伊那郡大川入山を水源として発し、愛知、岐阜県境の山岳地帯を縫って流れ、愛知県の平野部を貫流して三河湾北西部の知多湾に注ぐ幹川流路



図1 矢作ダム、矢作川、三河湾の位置関係

118 km、流域面積1,830 km²の一級河川である⁹⁾。水利に係る市町村人口は約178万人で、中下流部は一大農業・工業地帯となっている。この地域に上水道・農業・工業用水と電力を供給するため、矢作川本流の河口上流34 km地点(明治用水頭首工)から80 km地点(矢作ダム)までの約46 km区間に7つのダムが建設された。これにより、矢作川の水利用率は平均40.8%に達し¹⁰⁾、流域の人々の生活は矢作川に支えられている。しかし、矢作ダムでは計画堆積量1,500万m³に対し、2009年時点で堆積量の割合が103%となり¹¹⁾、ダム貯水機能の低下が生じている。

3. 山・海連携による試験造成

ダム管理および三河湾再生の双方の課題を解決するため、国土交通省中部地方整備局矢作ダム管理所および愛知県農林水産部の連携により、干潟・浅場造成へのダム砂の利用に向けて、2007、2008年に自然に近い環境を人工的に設けた干潟メソコスムを用いた室内実験や海域における小規模試験を実施した。その結果、アサリ稚貝、マクロベントス、メイオベントスの生息密度は、海砂と比較して同程度あるいはダム砂の方が多くなる傾向がみられた¹²⁾。また、浅場域において2009年8月の試験造成後5年にわたる追跡調査を行った結果、底質が改善され、水質浄化機能が向上することが確認された¹³⁾。さらに、干潟域において2015年10月の試験造成後2年半にわたる追跡調査を実施した。当造成においては、ダム砂の盛る厚さを比較検討するため、20 m×20 mの試験区を4段階(投入砂量から厚さを計算: 対照区, 14 cm区, 28 cm区, 41 cm区)設け、流速、地盤高、粒度組成、アサリの密度および殻長、底質温度を調査した。造成後の



Satoru Kamohara
 博士(学術)
 昭和60年 三重大学水産学部卒業
 同年 愛知県栽培漁業協会技師
 平成22年 名城大学総合学術研究科卒業
 28年 愛知県水産試験場漁場環境研究部長

* Restoration of Tidal Flats and Shallow Area in Mikawa Bay by Using the Sand Accumulated at Dam

各試験区中央の地盤高は、対照区が D.L. = -21 cm, 14 cm 区が D.L. = +5 cm, 28 cm 区が D.L. = -21 cm, 41 cm 区が D.L. = -29 cm であった。結果をダム砂の造成材としての特徴から以下にまとめた。

3.1 地盤の安定性

アサリは地盤の移動により度々掘り出されると衰弱してへい死する¹⁴⁾。このため、波浪の影響を受けやすい干潟域では、地盤の安定性がアサリ生息の重要な要素の一つとなる。造成後の現場流速を基に、砂およびアサリ稚貝の移動限界を川俣¹⁵⁾の方法により解析した。対照区の砂 ($D_{50} = 0.16$ mm) および投入したダム砂 ($D_{50} = 1.8$ mm) の移動限界をアサリ稚貝 (殻長 0.2 mm) と合わせて図 2, 3 に示した。秋冬季および夏季とも、対照区では砂およびアサリ稚貝の一部が移動限界を超えて枠外の上へ出たが、ダム砂区では、台風時の 4 計測値を除き移動限界の範囲内にあった。このことから、ダム砂は、地盤を安定させて、アサリ稚貝を留まらせる働きがあると推測された。

地盤高の変化を図 4 に示した。各試験区の高差は、対照区 50 cm, 14 cm 区 28 cm, 28 cm 区 7 cm, 41 cm 区 12 cm であった。厚み 28 cm 以上では地盤高の変化が小さく、砂の移動が少ない傾向を示した。なお、対照区は 5 月から測定した。

粒度組成を図 5 に示した。造成前の 5 月は、各測点とも細砂分が 9 割以上を占め、中央粒径は 0.16 mm であった。ダム砂は、中礫分、細礫分、粗砂分、中砂分、細砂分、シルト・粘土分が各 15.1%, 26.7%, 30.4%, 20.6%, 2.4%, 4.8% と中砂分以上が 92.8% を占め、中央粒径は 1.8 mm であった。造成後の 2 月には、対照区は現状維持、14 cm 区は細砂分が 89.8% を占め対照区とほぼ似ていた。28 cm 区はダム砂とほぼ似た粒度組成を示した。

41 cm 区は粗礫の割合が 45.1% と粒径が粗かった。6 月には、28 cm 区で細砂分が 5.0% から 40.7% に増加して原地盤の砂の割合が増えた。41 cm 区は他の試験区と比較して大きな変化はなかった。9 月の 28 cm 区は細砂分が減少し粗礫分が増加した。これは、6 月に増加した細砂分を含めた砂分が 10 m s^{-1} 以上の風が吹いた台風第 9 号 (8/22) および 10 号 (8/30) の影響を受けて流出したためと推測された。これらのことから、41 cm 区の粒径変動が比較的少ないことが観察された。

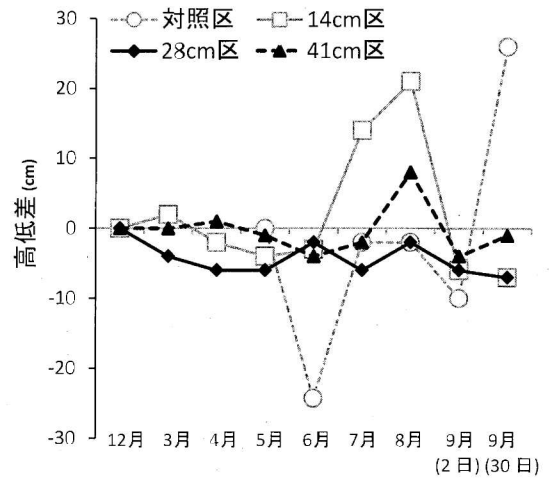


図 4 地盤高の変化

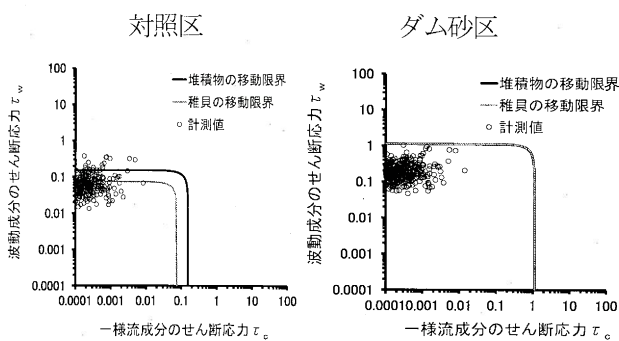


図 2 堆積物・稚貝の移動限界 (2015. 10. 29~2016. 1. 8)

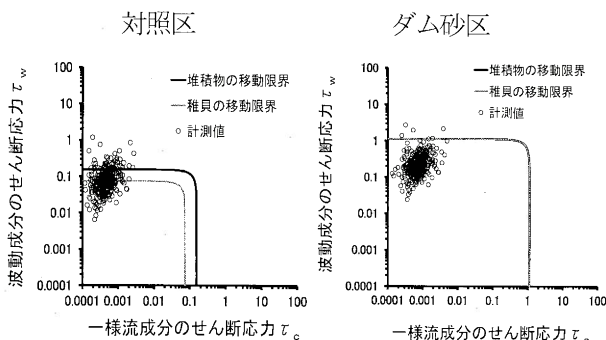


図 3 堆積物・稚貝の移動限界 (2016. 8. 17~9. 30)

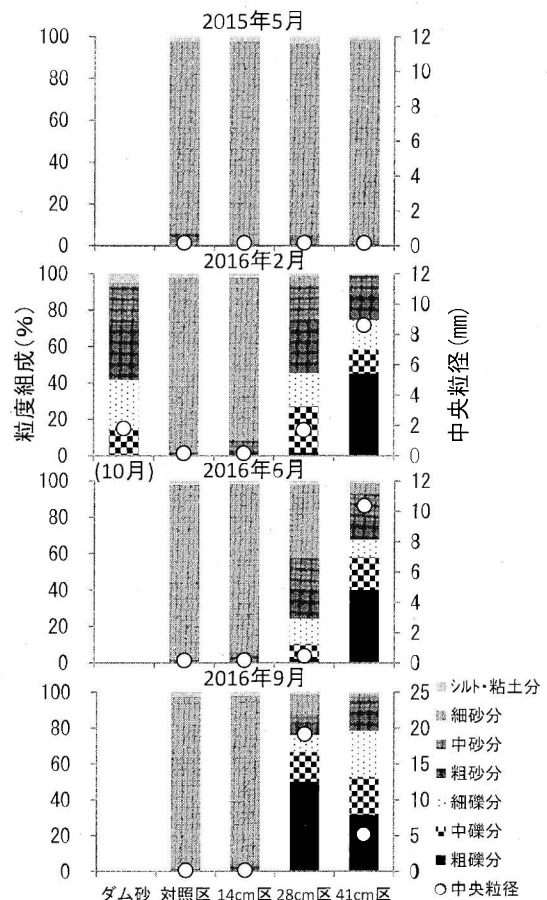


図 5 粒度組成

3.2 アサリ稚貝の着底基質として

アサリ稚貝（殻長1 mm未満）の着底は、図6のように41 cm区では12、1月の秋仔、28 cm区では6~8月の春仔で着底数が多く、28 cm区および41 cm区で着底数が増える傾向がみられた。

3.3 アサリ稚貝・成貝の成育場として

4 mm目合のふるいに残ったアサリの生息密度の変化を図7に、全サンプルのコホート別の殻長変化を図8に示した。図6の2015年12月11日、2016年1月22日、3月11日に着底した稚貝はその後の成長が確認できなかったが、2016年6~8月にかけて着底した稚貝が、28 cm区や41 cm区で成長する様子が観察された。28 cm区は2016年9月30日および2017年3月1日に1,680および1,744 個体 m^{-2} と多く生息したが、2017年9月19日に296 個体 m^{-2} と減少して、2018年5月28日には1,064 個体 m^{-2} に回復した。41 cm区は2017年3月1日に472 個体 m^{-2} と28 cm区の27%の生息密度であったが、2018年5月28日には1,648 個体 m^{-2} に増加した。アサリの生息密度は、28 cm区は変動が大きく、41 cm区は徐々に増加した。これは、41 cm区が浸食や堆積が少なく比較的安定しているのに対して、28 cm区は図5の2016年6、9月のように、原地盤の砂が堆積、逸散を繰り返すことが影響していると推測された。これらのことから、この場所のアサリの生産には、41 cm区のように原地盤の砂の影響を受けにくい高さが必要だと考えられた。図8から、2016年以降アサリの着底と成長が繰り返されており、継続性のある生産の場になっていると考えられた。また、底質の間隙水中のクロロフィルaを簡易な方法により測定すると、ダム砂区は対照区と比べて、同程度か高い傾向にあった（図9）。アサリ減耗要因として餌不足

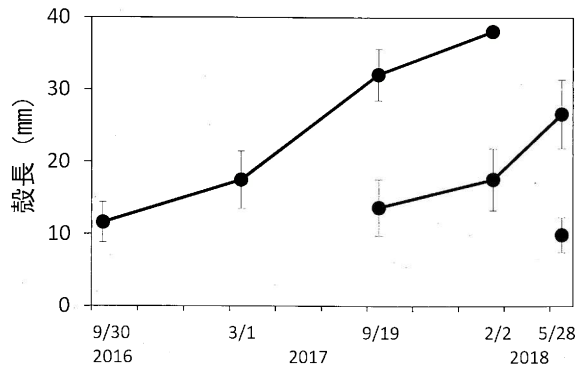


図8 コホート別のアサリ殻長変化（範囲は標準偏差）

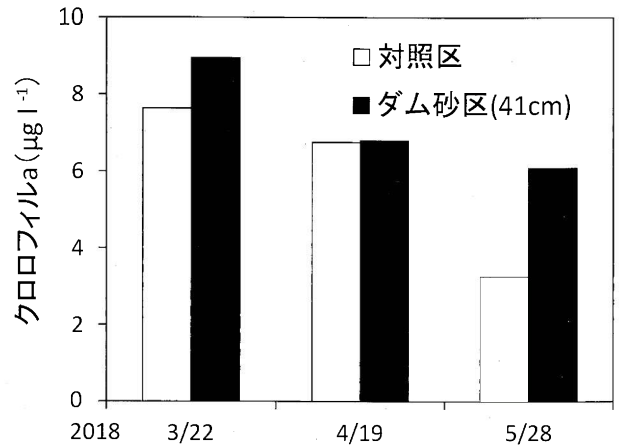


図9 底質間隙水中のクロロフィル a

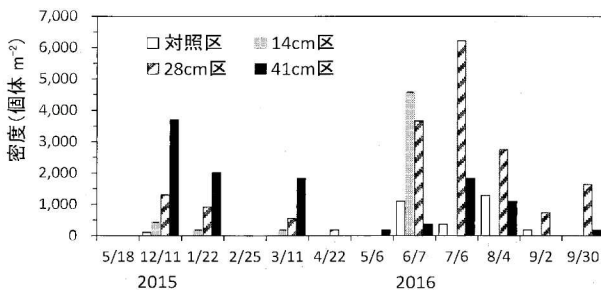


図6 着底初期稚貝の密度変化

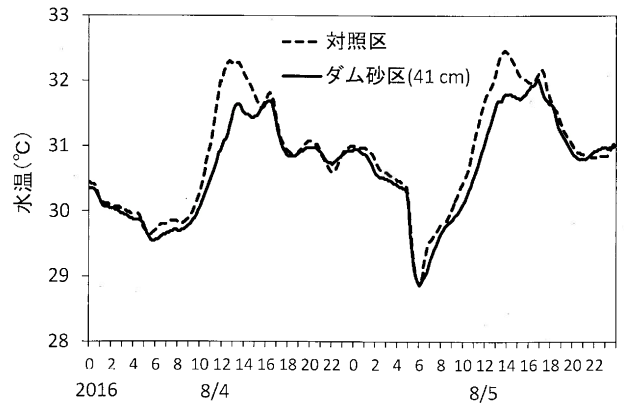


図10 ダム砂を盛砂した底質温度の変化

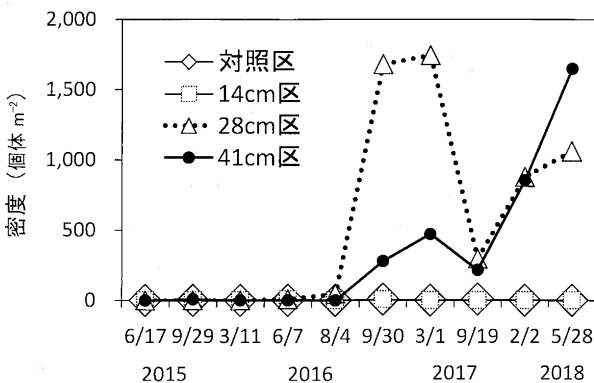


図7 アサリ生息密度の変化

が疑われる三河湾において、今後、アサリの餌料環境に影響を与える付着藻類の生産速度に、地盤の安定性や粒度組成の観点からアプローチする必要がある。

3.4 底質温度

対照区と41 cm区における地盤高D.L-31 cmの場所に、底面下3 cmに連続温度記録計を埋設させて底質温度を観測した。このうち、大潮かつ晴天であった2016年8月4日（最高気温32.1 °C）、5日（最高気温32.4 °C）の底質温度の変化を図10に示した。ダム砂が存在することにより、温度上昇が抑えられることが分かった。これは、粒径が大きく不揃いなダム砂は、粒径が揃い細かい原地盤の砂より間隙水が多かったためと推測された。アサリ

は稚貝期の高温耐性が低く、33.0℃では24時間後の死亡率が28.3%であることから¹⁶⁾、2日間の最高水温が31.6℃および32.0℃と原地盤より0.7℃および0.5℃低く推移したダム砂区は対照区と比較して温度ストレスの少ない環境にあったと考えられた。以上のことから、原地盤より粒径を大きくして造成できるダム砂の特徴が、アサリの生残向上を可能にすると考えられた。

4. 今後に向けて

本来、川から海へ自然に運ばれて干潟となる砂の運搬を人が担うためには、運搬費用やルート確保などの課題がある。費用に関しては、ダム管理者と干潟・浅場造成事業者との連携による、相互のコスト削減が欠かせない。図11に示すように、これまでに実施された工程はルート1であるが、仮置きを中継地の1ヵ所にまとめるルート2も考えられる。この場合は、三河湾の環境修復や干潟・浅場での漁業活動を目的とする複数の事業者が利用可能となる。

なお、この試験は、財団法人漁港漁場漁村技術研究所の協力を得て実施した。ここに感謝の意を表す。

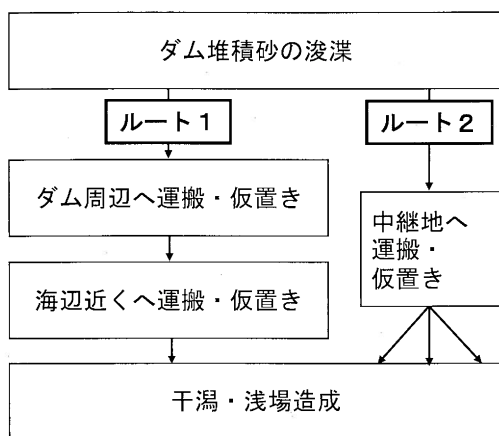


図11 ダム砂利用工程例

参考文献

- 1) 青山裕晃, 2000. 三河湾における海岸線の変遷と漁場環境. 愛知県水産試験場研究報告 7, 7-12.
- 2) 和久光靖, 金子健司, 鈴木輝明, 高倍照洋, 2012. 沿岸域におけるデッドゾーンの分布 - 三河湾の事例 -. 水産海洋研究 76, 1-10.
- 3) Suzuki, T., 2001. Oxygen-deficient waters along the Japanese coast and their effects upon the estuarine ecosystem. Journal of environmental quality 30(2), 291-302.
- 4) 曾根亮太, 蒲原聡, 山田智, 鈴木輝明, 2014. 夏季の三河湾における底層溶存酸素濃度に対するメガベントスの出現確率の推定. 水産海洋研究 78(4), 268-276.
- 5) 蒲原聡, 山田智, 曾根亮太, 堀口敏宏, 鈴木輝明, 2013. 貧酸素水がアサリ浮遊幼生の遊泳停止と沈降後のへい死に及ぼす影響. 水産海洋研究 77(4), 282-289.
- 6) 山田智, 蒲原聡, 曾根亮太, 堀口敏宏, 鈴木輝明, 2014. ガザミ (*Portunus trituberculatus*), クルマエビ (*Marsupenaeus japonica*) およびヨシエビ (*Metapenaeus ensis*) の浮遊幼生に及ぼす貧酸素水の影響. 水産海洋研究 78(1), 45-53.
- 7) 曾根亮太, 蒲原聡, 鈴木輝明, 2016. 内湾環境の現状とより豊かな海とするための課題 - 海から見た下水道整備のあり方 -. 月刊下水道 39, 22-28.
- 8) 愛知県環境部, 2013. 三河湾環境再生プロジェクト行動計画. URL: <http://www.pref.aichi.jp/000050886.html> (2015年9月時点).
- 9) 国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所, 2015. 矢作川, 流域案内. URL: www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/aramashi/yahagigawa/index.html (2015年9月時点).
- 10) 新見幾男, 1997. 良く利用されな美しい矢作川の創造をめざして - 矢作川の現況・課題・豊田市矢作川研究所の設立 -. 矢作川研究 1, 1-6.
- 11) 国土交通省中部地方整備局矢作ダム管理所, 2015. 矢作ダムの取り組み, 矢作ダム排砂工法現地実験. URL: <http://www.cbr.mlit.go.jp/yahagi/03-match/haisakouhou/index.html> (2015年9月時点).
- 12) 本田是人, 青山裕晃, 和久光靖, 向井良吉, 石田基雄, 2011. 人工干潟域の基盤材料としてのダム堆積砂の適正評価. 愛知県水産試験場研究報告 16, 9-19.
- 13) 蒲原聡, 竹内喜夫, 曾根亮太, 2016. 三河湾における干潟・浅場再生への矢作ダム堆積砂の利用効果. 矢作川研究 20, 29-35.
- 14) 慶野英生, 杉山清泉, 西沢正, 鈴木輝明, 2005. 冬季波浪時におけるアサリの潜砂行動とエネルギー消費過程に関する実験的研究. 水産工学 42(1), 1-7.
- 15) 川俣茂, 2008. TSEditor ver.4.15 および TSMaster ver.6.6. URL: <http://cse.fra.affrc.go.jp/matasan/home-page.html> (2008年9月時点).
- 16) 田中彌太郎, 1974. 高水温に対する二枚貝幼稚貝の耐性実験. 温排水の生物に及ぼす影響に関する研究. 昭和48年度研究成績報告書. 東海区水産研究所, 日本海区水産研究所, 水産大学校, pp.98-100.

水試ニュース

541号 (抜粋) 令和3(2021)年8月

アサリ漁業者も満足の砕石覆砂漁場での試験漁獲

漁業生産研究所 栽培漁業グループ

当グループでは、アサリ資源回復のため漁場に粒径の粗い砕石を撒く、「砕石覆砂」の技術開発に取り組んでいます。西三河地区の衣崎漁場では7号サイズ(2-5mm)、一色漁場では6号サイズ(7-15mm)砕石により試験区を造成し、追跡調査をしています。これまでの調査でも、砕石覆砂の高いアサリ保護効果は確認できていましたが、アサリ漁業者に実際の漁具で操業してもらい、漁獲量や漁具の使用感について調査するため、今年7月に腰マンガによる試験漁獲を行いました。

試験漁獲では、ひと掻きごとに多くのアサリが漁獲され、引き桶にどんどん貯められていきました。漁業者1名1時間あたりのアサリ漁獲量は、衣崎漁場で41kg、一色漁場で45kgとなりました。両サイズの砕石とも腰マンガの操業には概ね支障ないことが確認でき、漁獲量も生業として満足できる水準との感想が得られ、漁業者にも砕石の効果を実感していただけました。今後も、アサリ資源回復の足がかりとなるよう、砕石覆砂の成果普及に努めていきます。



写真 覆砂に用いた砕石(左)、腰マンガによる漁獲試験風景(中央:衣崎)及び漁獲状況(右)

<https://www.pref.aichi.jp/suisanshiken/>



本場	蒲郡市三谷町若宮 97	0533-68-5196
漁業生産研究所	知多郡南知多町大字豊浜字豊浦 2-1	0569-65-0611
内水面漁業研究所	西尾市一色町細川大岡一の割 56-6	0563-72-7643
三河一宮指導所	豊川市豊津町柳不呂 95	0533-93-1433
弥富指導所	弥富市前ヶ須町野方 801-2	0567-65-2488