

Dissolved carbon dynamics in rivers and coastal areas of the Philippines: evaluation of terrestrial inputs using dissolved inorganic carbon stable isotopic composition

*Naoko Morimoto¹, Atsushi Watanabe², Yu Umezawa³, Maria Lourdes San Diego-McGlone⁴, Charissa M. Ferrera⁴, Toshihiro Miyajima¹

1. Department of Chemical Oceanography, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Department of Transdisciplinary Science and Engineering, School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, O-okayama 2-12-1 W8-13 Meguro, Tokyo 152-8552, Japan, 3. Faculty of Fisheries, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo, Nagasaki 852-8521, Japan, 4. Marine Science Institute, University of the Philippines, Diliman, Quezon City 1101, Philippines

River load of anthropogenic materials is one of key sources for degradation of coastal habitats as with aquacultures. They change coastal water quality directly and indirectly, and local multiple organic sources such as mariculture fish feeds/feces, resuspended sediment and coral mucus complicate those influences. To assess the effect of allochthonous inputs, isotope signatures of dissolved inorganic carbon (DIC) and particulate organic matter (POM) were examined to identify sources and their loading processes. In Bolinao, where mariculture is densely deployed in semi-closed embayment, $\delta^{13}\text{C}$ -DIC and $\delta^{13}\text{C}$ -POC values of river water were almost similar between the wet and dry seasons, and were decreased as decreasing salinity. However, the relationship between $\delta^{13}\text{C}$ -DIC and $\delta^{13}\text{C}$ -POC was unclear. In the coastal area, large decrease of salinity was observed in the wet season. The negative correlation between salinity and each parameter suggests that river inputs mainly decreased $\delta^{13}\text{C}$ -DIC (-5.8‰) and $\delta^{13}\text{C}$ -POC (-28.5‰) in the wet season. In the dry season, mariculture, maybe fish feeds/feces, was mainly attributed to the decrease of $\delta^{13}\text{C}$ -DIC values especially in the surface layer through their decomposition. In contrast, in Iloilo, where some rivers input to the strait among islands, the character of river $\delta^{13}\text{C}$ -DIC and $\delta^{13}\text{C}$ -POC was similar as Bolinao. In coastal area, the decrease of $\delta^{13}\text{C}$ -DIC was not so serious in the wet season (-1.4‰) compared to Bolinao, however low $\delta^{13}\text{C}$ -POC value was observed in the bottom layer (-27.7‰). It may be ascribed to resuspension of settled materials which was originated from river inputs. We try to unravel their underlying multiple processes and discuss the relationship between river and coastal area in terms of dissolved carbon dynamics in those areas.

Keywords: terrestrial inputs, stable isotopic composition, dissolved inorganic carbon, particulate organic matter, tropical coastal area

現場チャンバー実験によるサンゴ礁一次生産者の光合成、石灰化および有機炭素・窒素フラックスの測定

Photosynthesis, calcification, and organic carbon and nitrogen fluxes from coral reef primary producers measured with in-situ chamber experiments

*渡邊 敦¹、中村 隆志¹、中野 義勝²、灘岡 和夫¹

*Atsushi Watanabe¹, Takashi Nakamura¹, Yoshikatsu Nakano², Kazuo Nadaoka¹

1. 東京工業大学 環境・社会理工学院、2. 琉球大学 熱帯生物圏研究センター

1. School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, 2. Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus

サンゴ礁の主要一次生産者の光合成、石灰化、および有機炭素・窒素フラックスを現場チャンバー実験により測定した。主要一次生産者として2種の造礁サンゴ（*Acropora pulchra*と*Porites cylindrica*）、海草藻場、大型藻類（*Sargassum* sp.）、砂地の5つを選び、沖縄県石垣島の白保サンゴ礁で実験を実施した。実験は2012年7-8月（2種のサンゴおよび砂地）および10月（海草藻場および大型藻類）に、各群集を対象に24時間（2時間×12回）実施した。光合成および石灰化速度は採水した炭酸系（全アルカリ度および全炭酸）の分析とチャンバー内にてセンサーを使用して1分間隔で測定したpH-DOデータを用いて算出した。採水試料の全有機炭素（TOC）、全窒素（TN）および栄養塩（ NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- ）分析から有機炭素、窒素フラックスを算出した。

日中の光合成速度は砂地を含め、光合成有効放射（PAR）に応答し変化した。暗呼吸は日没直後に最大となり、その後夜間に減少した。この傾向はチャンバー内水温の減少と対応していた。日中の石灰化速度は2種のサンゴでPARに明瞭に応答し、また砂地および大型藻類はやや正の石灰化速度を示したが、海草藻場は負の値を示し炭酸塩の溶解を示した。夜間においてはサンゴ2種の石灰化速度はpHの減少とともに減少傾向を示し、夜間の石灰化速度は*A. pulchra*の方が*P. cylindrica*より有意に高かった。砂地ではpHが8.1を下回ると溶解が確認され、海草藻場では砂地より大きな溶解がpHによらず確認された。これは海草藻場では、海草由来の有機物の分解により炭酸塩の溶解が促進されていることを示唆する。

有機物フラックスに関しては、*A. pulchra*は日中に夜間と比べて大きなTOC放出速度が確認された。海草藻場および大型藻類は昼夜を問わずTOCを放出しており、その放出速度はサンゴ2種より大きかった。有機窒素の放出速度も海草藻場や大型藻類でサンゴ2種より大きな値を示した。これらの観測結果は、海草藻場や大型藻類が隣接する群集に対して重要な有機炭素・窒素供給源になっていることを示唆している。

キーワード：サンゴ礁、一次生産者、光合成、石灰化、チャンバー実験

Keywords: Coral reef, Primary producers, Productivity, Calcification, Benthic chamber

石垣島川平湾におけるサンゴの白化現象と濁りによる死滅の回避

The high turbidity reduced mortality of coral bleaching in Kabira Bay, Ishigaki Island

*矢代 幸太郎¹、金城 孝一²、中村 由行³*Kotaro Yashiro¹, Koichi Kinjo², Yoshiyuki Nakamura³

1. 横浜国立大学大学院都市イノベーション学府／株式会社東京久栄、2. 沖縄県衛生環境研究所、3. 横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院

1. Department of Urban Innovation, Yokohama National Univ. / Tokyo Kyuei Co., Ltd., 2. Okinawa Prefectural Institute of Health and Environment, 3. Institute of Urban Innovation, Yokohama National Univ.

川平湾は沖縄県石垣島の北西部に位置する湾口から湾奥まで約1.5 km、幅約0.5–1 kmの小規模な内湾である。湾口は大小の島々で塞がれ、狭く浅い水道によって外海に通じる閉鎖的な環境にある。湾内は静穏で、湾奥部を中心にシルト分の多い底質が広がっている。近年、地元住民等から、湾内の透明度の低下、有藻性イシサンゴ（以下、サンゴ）群集の衰退が指摘されている。

2012–2013年に川平湾のサンゴ群集の現況調査を行った。繊細な構造の枝状・洗瓶ブラシ状ミドリイシは、1970年代後半には湾内東岸のほぼ全域で優占種となっていたが（堀越 1979）、現在はその大半が失われ、湾中央部では死滅してサンゴ礫となっていた。一方で、湾奥部の水深2–6 mでは生残し、高被度で分布していた。

死滅の要因について、水温連続観測データ、航空写真、周辺海域のサンゴ群集モニタリングデータ、地域情報に基づいて考察すると、湾内で2007年の夏季に高水温による大規模な白化が起き、広範囲でサンゴ群集が死滅したと考えられた。湾奥部もこの高水温に曝されたが、何らかの要因で死滅が回避されたと考えられる。

死滅の回避要因について、高水温が緩和した可能性を検討した。2006–2011年の湾奥部の水温は、毎年7月ごろに30°Cを超え、集中豪雨により2°C程度低下して数日後に戻る変動がみられた。湾奥部の水深5 m層では100 mm/日以上降雨で1.5±0.6°C（3日間の平均±標準偏差）水温が低下したが、集中豪雨が無い場合はほとんど水温変動がなかった。2013年8月27日–9月30日に実施した水温連続観測（期間中の降雨は最大15 mm/日）では、水深5 mの水温は湾中央部で28.7±0.7°C（期間平均±標準偏差）、湾奥部で28.7±0.8°Cと差がなかった。これらのことから、川平湾において湾奥部のみが低温となるには、集中豪雨が頻繁に降ることが条件となると考えられた。2007年の大規模白化が起きた期間、集中豪雨は60 mm/日が1日観測されたのみで、湾奥部において継続的に水温が低下した可能性は低い。従って、死滅の回避は、高水温の緩和以外の要因によると考えられる。

白化による死滅を低減させる要素に、濁りによる減光がある。Goreau et al. (2000)は、1998年の大規模白化において、濁った場所で白化による死亡率が低かったことを報告した。濁りは、原因物質である浮遊懸濁物質（以下、SS）が光を散乱させるなどして光ストレスを低減し、白化による死亡率を下げる場合がある。

川平湾の湾奥部は恒常的に濁度が高い環境にあった。2013年8月27日–9月30日に実施した濁度の連続観測では、観測を行った全ての水深層で湾奥部の濁度が最も高かった。水深5 mの太陽光の強度は、湾中央部では海面の約6.5 %であるが、湾奥部では約2.7 %と顕著に低下しており、濁りによる減光が認められた。また濁度の連続観測では、湾奥部において日中の干潮時に濁度が上昇する傾向がみられた。この現象は、水位低下に伴う風波による巻き上げや、干潟に堆積した赤土等のSSとしての移送と考えられた。日中の干潮時は日射による影響が最も強い条件であり、濁りによる減光の効果はさらに高いと判断できる。

一方、濁りはSSで10–20 mg/lになると枝状ミドリイシが白化するといった阻害的な影響を誘引する(Erftemeijer et al. 2012)。湾奥部の濁度は平均で約2 FTUで、SS換算では2.3 mg/lであった。これらのことから、川平湾の湾奥部の濁りは、減光の効果がありつつ阻害的影響が起きない範囲にあったと考えられる。

近年、湾奥部において赤土等の流入量が増加したという指摘があり、白化による死滅の回避が起きやすかったと考えられる。赤土等の流入量を調整してサンゴ群集に好適な濁り条件を維持できれば、頻発する白化からサンゴ群集を守る保全方策となり得る。

引用文献

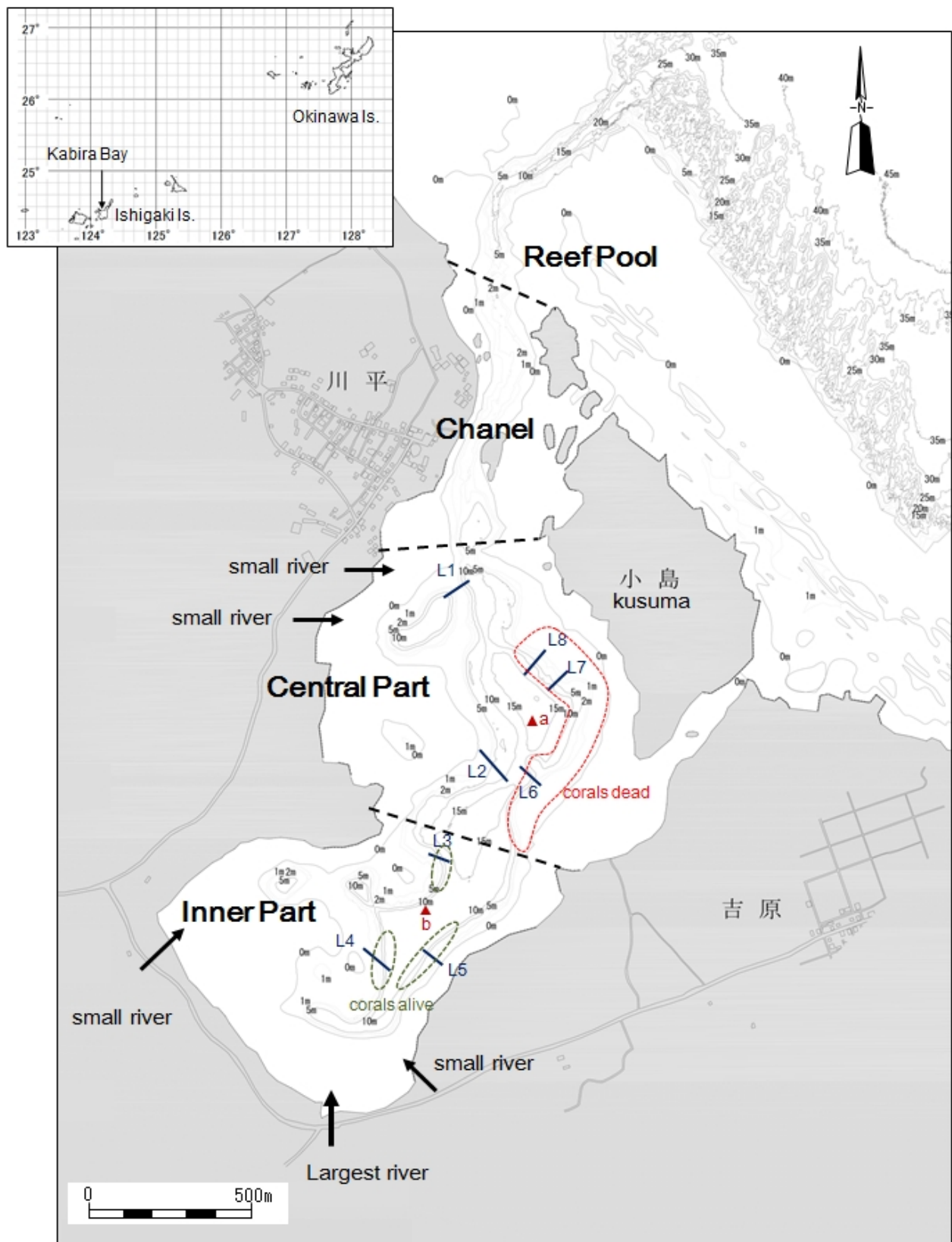
Erftemeijer et al. (2012) Mar. Pollut. Bull. 64, 1737-1765

Goreau et al. (2000) Conserv. Biol. 14, 5-15

堀越 (1979) 環境科学としての海洋学3, 東海大学出版, 東京, 145-169

キーワード：石垣島川平湾、枝状・洗瓶ブラシ状ミドリイシ、白化、濁り

Keywords: Kabira Bay, Acroporidae, Coral bleaching, Turbidity



東北地方太平洋沖地震の津波により分布が減少した岩手県大槌湾湾奥部のアマモ場の回復状況の検証

Verification of Seagrass Beds recovery in the inner part of Otsuchi Bay, Iwate prefecture, where the distribution decreased due to the tsunami associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

*田中 義幸¹、福田 秀樹²、宮島 利宏³

*Yoshiyuki TANAKA¹, Hideki FUKUDA², Toshihiro Miyajima³

1. 八戸工業大学 基礎教育研究センター、2. 東京大学 大気海洋研究所 国際沿岸海洋研究センター 沿岸保全分野、3. 東京大学 大気海洋研究所 海洋地球システム研究系 生元素動態分野

1. Center for Liberal Arts and Sciences, Hachinohe Institute of Technology, 2. Coastal Conservation Section, International Coastal Research Center, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. Marine Biogeochemistry Group, Division of Ocean-Earth System Science, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

これから書きます

キーワード：回復、アマモ

Keywords: recovery, *Zostera marina*

沿岸域の底質中に存在するアマモ (*Zostera marina*) DNAの定量分析法 Quantitative DNA assays for detecting *Zostera marina* DNA in coastal Sediments

*堀 正和¹、浜口 昌己¹、島袋 寛盛¹、吾郎 吉田¹、宮島 利宏²

*Masakazu Hori¹, Masami Hamaguchi¹, Hiromori Shimabukuro¹, Goro Yoshida¹, Toshihiro Miyajima²

1. 国立研究開発法人水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所、2. 東京大学 大気海洋研究所 海洋地球システム研究系
1. National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research and Education Agency,
2. Division of Ocean-Earth System Science, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo,

The sequestration of organic carbon (OC) in seagrass meadows has been attracting more attention as global actions to climate change mitigation and adaptation increase. A direct method to detect *Zostera marina* DNA in coastal sediments, which is essential to unravel long-term *Z. marina*-derived OC accumulation, was developed as an environmental DNA (eDNA) detection techniques. Quantitative real-time PCR (qPCR) and droplet digital PCR (ddPCR) were applied to quantify ancient *Z. marina* DNA in coastal sediments, using specifically-designed dual-labeled probes (DLPs) and primers for one nuclear and one chloroplast gene. Suitable pretreatments and methods for extracting *Z. marina* DNA from coastal sediments were examined and their applicability to environmental samples was determined. Surface sediments collected from *Z. marina* meadows contained about 2000 times more DNA than the adjacent unvegetated tidal-flats in the Seto Inland Sea. Moreover, both qPCR and ddPCR successfully detected *Z. marina* DNA in ancient sediments (up to 5000 calibrated years before present (yr cal BP)), evidencing that *Z. marina* DNA can be sequestered in temperate coastal sediments for several millennia. In addition, qPCR and ddPCR results obtained in the present study were highly correlated, although the later was more accurate than qPCR, particularly at low eDNA concentrations and in PCR inhibitor-rich samples. Thus, the present study sets the basis for clarifying the process of *Z. marina*-derived OC sequestration and demonstrates that seagrass meadows have been present in the Seto Inland Sea for at least 5000 years.

キーワード：ブルーカーボン、海草アマモ、環境DNA

Keywords: Blue carbon, Seagrass, eDNA

重水素標識法に基づく海草藻場食物網構造とその環境変動応答の解析技術の開発

Application of deuterium tracer techniques to food-web analysis of seagrass meadows

*宮島 利宏¹、堀 正和²、佐藤 允昭²、濱岡 明子²、濱岡 秀樹²

*Toshihiro Miyajima¹, Masakazu Hori², Masaaki Sato², Akiko Hamaoka², Hideki Hamaoka²

1. 東京大学 大気海洋研究所 海洋地球システム研究系、2. 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所

1. Division of Ocean-Earth System Science, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research and Education Agency

沿岸海洋生態系の生物群集は、現地性・異地性の多様な資源の供給に依存した生活を営んでいる。生物群集に最初に供給される炭素・エネルギー源をbasal resource（基底資源）と呼ぶことにすると、例えばアマモ場生物群集の場合、アマモ自体、アマモに付着する微細藻類、堆積物表面の底生藻類など、現地性の基底資源に加えて、プランクトン由来の懸濁・沈降有機物粒子や、陸域・沿岸湿地等に由来する有機物など、立地条件に応じて多様な異地性の基底資源が供給されていることがわかる。各基底資源は化学的な反応性や元素組成が異なるため、そこから出発する食物連鎖の回転時間や転換効率もまた基底資源ごとに大きく異なっている。このように、異なるダイナミクスを持つ複数の基底資源が生物群集に供給されているという事実が、生態系の安定性や復元力に大きな影響を与えていると考えられている。

安定同位体比マッピングや消化管内容物分析等の従来の食物網研究法は、どの生物がどの基底資源から発する連鎖上にあるかという関係を解明するためには有効な方法であるが、単独では各連鎖系のダイナミクスを明らかにするための直接的な手段とはなりにくいという弱点を持っている。一方、微生物やプランクトンの生態学研究の分野では、回転時間や転換効率を実測するための手法として、放射性同位体や濃縮安定同位体を応用したトレーサー実験の技術が広く普及している。そこで本研究では、海草藻場生物群集における基底資源ごとのダイナミクスを解明するための一手法として、同位体トレーサーによるパルス・チェイス法をメソコスム実験に適用することを試みた。トレーサーとしては重水素（²H）を使用し、海草藻場のマクロベントス（体長1 mm以上の底生動物）群集における現地性基底資源（海草自体とその付着藻類）の利用状況を解析する場合に適用した。

初めに予備実験として、亜熱帯性海草の *Thalassia hemprichii* と *Cymodocea rotundata* を ²H, ¹³C, ¹⁵N で同時にパルス・ラベルして海草への取込と転流のパターンがこれらの元素間でどのように異なるかを調べた。また同様に三種類のラベルをした海草と付着藻類を底生動物に摂食させ、動物による同化率が元素間で異なるか調べた。次に本実験として、同じ海草種と *Syringodium isoetifolium* を重水素単独でラベルして底生動物に摂食させた。重水素標識は他の元素の安定同位体比には影響しないので、各動物種食物網における位置を従来の C-N 安定同位体比マッピングで推定し、同時に同じ試料の水素同位体比を用いてラベルされた資源のその動物による利用率を推定するという複合的なアプローチが可能になる。さらに応用例として、二酸化炭素負荷による酸性化メソコスムを利用して、アマモとその付着藻類を起点とする食物連鎖系が酸性化によってどのような影響を受けるかを解明することを目的とした実験に本手法を応用することを試みた。今回の発表では、これらの実験の方法と得られた結果の概要を説明すると共に、重水素をトレーサーとして用いる場合の技術的な問題点とその考えられる回避策についても論じる。

キーワード：食物網解析、パルス・チェイス実験、安定同位体マッピング、沿岸域底生生態系、生態系機能、メソコスム

Keywords: Food web analysis, Pulse-chase experiment, Stable isotope mapping, Coastal benthic ecosystem, Ecosystem functioning, mesocosms

