

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されません

研究課題名	人工マクロポアによる土壌水下方浸透の促進と有機物貯留による劣化土壌環境の修復
研究機関・ 部局・職名	国立大学法人岡山大学・環境生命科学研究科・准教授
氏名	森也寸志

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	59,000,000	59,000,000	0	59,000,000	59,000,000	0	0
間接経費	17,700,000	17,700,000	0	17,700,000	17,700,000	0	0
合計	76,700,000	76,700,000	0	76,700,000	76,700,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	1,192,800	20,791,811	5,166,604	10,848,615	37,999,830
旅費	0	950,390	3,206,520	1,984,835	6,141,745
謝金・人件費等	0	3,300,043	3,998,597	5,592,505	12,891,145
その他	0	1,145,686	485,180	336,414	1,967,280
直接経費計	1,192,800	26,187,930	12,856,901	18,762,369	59,000,000
間接経費計	0	9,158,581	5,208,119	3,333,300	17,700,000
合計	1,192,800	35,346,511	18,065,020	22,095,669	76,700,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
グロースチャンバ	三洋電機株式会社製 MLR-351H	1	1,192,800	1,192,800	2011/3/31	岡山大学(島根大学より移管)
土壌マルチプローブ(30本セット)	メイワフォーシス株式会社製 HP II-30S	1	1,821,960	1,821,960	2011/6/15	岡山大学(島根大学より移管)
物質微細構造非破壊検査システム	株式会社島津製作所製 SMX-90CT	1	16,275,000	16,275,000	2011/11/1	岡山大学(島根大学より移管)
オートサンプラ	株式会社島津製作所製 SIL-10Ai	1	735,000	735,000	2012/3/27	岡山大学
蛍光・吸光・発光プレートリーダー	米国BIOTEK社製 Synergy HT	1	2,499,000	2,499,000	2012/4/24	岡山大学
低真空分析走査電子顕微鏡	日本電子株式会社製 JSM-6010LA(但しLVSEポートを除く)	1	9,975,000	9,975,000	2013/4/23	岡山大学

5. 研究成果の概要

土壌の二重間隙構造性を模した人工マクロポアで、透水性不良で低栄養の土壌でも下方浸透が促され有機物の貯留が見られた。耕耘せずに透水性を高めるという背反する課題を解決し、表面流の発生を軽減し、表土流亡のリスクを回避した。人工マクロポアを使えば土壌有機物の分解は限定的で、植生回復がそれを上回り、全炭素は植物バイオマスと土壌有機物をあわせた形で増加した。植物のレスポンスは非常に早く、植物の多様性も高まった。土壌は元々自然界の炭素貯留源であるが、環境工学的に土壌有機物量を増やせれば、非常に有用である。世界規模では莫大な面積が対象となるため、重量あたり1%の改善でもその効果は非常に大きい。同時に、強雨時の土壌流亡や濁水発生を防止するため、気候変動の影響を軽減し、社会の課題解決にも貢献すると考えられる。

課題番号	GS021
------	-------

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます
------------------

研究課題名 (下段英語表記)	人工マクロポアによる土壌水下方浸透の促進と有機物貯留による劣化土壌環境の修復
	Enhancing infiltration and introducing organic carbon by artificial macropores for restoration of degraded soils
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	国立大学法人岡山大学・大学院環境生命科学研究科・准教授
	Okayama University, Graduate School of Environmental and Life Science, Associate Professor
氏名 (下段英語表記)	森 也寸志
	Yasushi Mori

### 研究成果の概要

(和文): 土壌は陸域最大の炭素貯留源であるが、透水不良などによって劣化が進み、有機物が地中に到達しない特徴を呈していた。耕耘をすれば土壌の細粒化によって風雨で流亡し、また有機物の分解促進に繋がる。そこで土壌の二重間隙構造性を模した人工マクロポアを作ると、耕耘することなく下方浸透が促された。また、低栄養土壌で土壌有機物が増加し、植生が回復する場合ならば、全炭素は植物バイオマスと土壌有機物をあわせた形で増加した。陸域炭素収支からみて大規模植林と同程度の炭素貯留効果が想定され、また、将来的には土壌環境修復と同時に排出権取引または技術供与に対するオフセットが期待された。

(英文): Of all terrestrial media (including vegetation and the atmosphere), soil is the largest store of carbon. However, at present, soils cannot carry out their basic water storage or plant-supporting roles, because of heavy rain caused by climate change, or soil degradation as a result of inappropriate management. In this study, artificial macropores were introduced into soils with the purpose of enhancing infiltration without cultivation. After the artificial macropore installation, the amount of plant biomass had doubled, and there was a significant increase in soil carbon. Artificial macropores successfully introduced surface water and organic matter into soils, which subsequently stimulated vegetation growth. This novel technique has many advantages as it

mimics natural processes, is low cost, and has a simple structure. If this was extended to large land areas, the technique could equally contribute to the terrestrial carbon budget as large-scale afforestation. The technique could be developed as a carbon offset.

1. 執行金額 76,700,000 円  
 (うち、直接経費 59,000,000 円、間接経費 17,700,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

土壌は陸域最大の炭素貯留源であるが、土地管理の粗放化と劣化が進み、水貯留や植物の培地、環境負荷の緩衝など本来の機能が果たせていない。構造が発達した土壌は粗大間隙(マクロポア)と微細間隙(マイクロポア)の二重間隙構造(図 1)をもち、動脈と毛細血管のような機能分化をしている。ここでは劣化土壌に人工マクロポアという疑似孔隙(図 2)を作り出し、土壌表層にわずかに薄く存在する有機物を下方かつ土壌体全体に浸透させ、土壌の有機質化による炭素貯留と二酸化炭素削減効果、また植栽としての土壌環境の修復を図ることである。人工マクロポアの中には地域未利用資源である竹繊維を挿入し、構造・機能の長期維持と毛管力による自発的な下方浸透を促す。

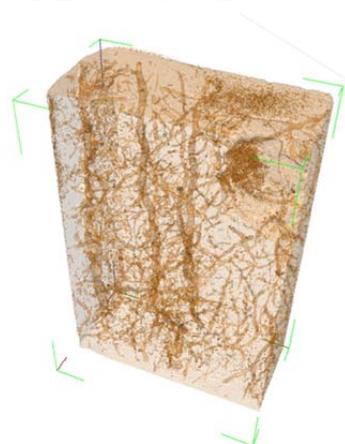


図 1 X線CTで捉えた土壌間隙構造。構造が発達した土壌では植物根によって鉛直孔が形成されている。

4. 研究計画・方法

以下の3つの点について達成目標を掲げて技術開発を行い、効果の検証を行った。

- ①人工マクロポアによる効率的物質輸送:人工マクロポア処理区において、降雨時の下方浸透が対照区に比べて有意に促進されていると判断されること。
- ②有機物貯留促進技術の開発:土壌浸透水の誘導や季節変動によって土壌有機物は貯留と消失を示すが、この貯留についての正負の条件を明らかにし、貯留が上回る条件を明らかにすること。
- ③広域土壌における適地探査と有機物貯留の現場実験、及びその効果の評価: $0.0005\text{g-C g-soil}^{-1}\text{yr}^{-1}$ を当初実現数値としているが、これを倍以上に引き上げること。

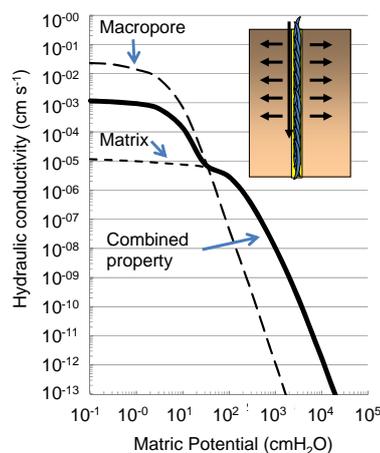


図 2 人工マクロポア概念図  
 疑似間隙構造によってマクロポア・マトリクス  
 の二重間隙構造性が形成されている。

5. 研究成果・波及効果

①低栄養で植生に乏しい赤黄色土壌の斜面において、人工マクロポアを設置し、センサーによって水分をモニターし、また季節毎に深さ毎の土壌調査を行った。すると人工マクロポア区では降雨と連動するように土壌水分センサーが増減し、対照区に比べて下方浸透が促進されていることが裏付けられた。この時マクロポア区では土壌水分量と土壌全炭素量(Total carbon、TC)には正の相関があり、下方浸透によって有機物を輸送・貯留するという本研究の基本的なプロセスを示すことが出来た(図3)。シミュレーションと実験により、繊維の充填密度が $0.3 \text{ gcm}^{-3}$ の時、最適となり、2 - 20 mmの浸透強度(弱雨～台風)において下方浸透の促進と不飽和時の毛管力の発現がほぼ最大となった(図4)。

②下方浸透の促進による有機物貯留の際には、同時に発生する可能性のある有機物の不用意な分解を防がなければならない。人工マクロポアを設置した土壌に有機物のマーカーとしてセルロースを混合し、無機栄養塩を表層に散布して意図的に分解促進されやすい条件を作り、インキュベータ内に静置した。中間生成物としてのグルコースに注目すると、人工マクロポア区は下方浸透促進をしながらも、耕耘区よりグルコース生成量が小さかった。土壌の透水性改善として耕耘が行われるが、有機物の貯留については人工マクロポアの方が明らかに有利であるとわかった(図5)。対照区は分解としてのグルコースの生成は少ないが、下方浸透による有機物供給もないため、全体としては有機物貯留は貧弱となる(図6以降)。人工マクロポアでは耕耘をせずに透水性改善をするため、土壌の細粒化を防止しながら微生物活性の低い土壌深部に溶質を送り込むことが有利に働いていると判断できた。また、栄養塩と有機物を同時に下方浸透させ、分布形状を見ると、栄養塩は蒸発と共に表層に集積し、有機物はその大きさからか土壌深部にとどまった。深部に貯留されている限り栄養塩による分解の影響は限定的であると考えられた。

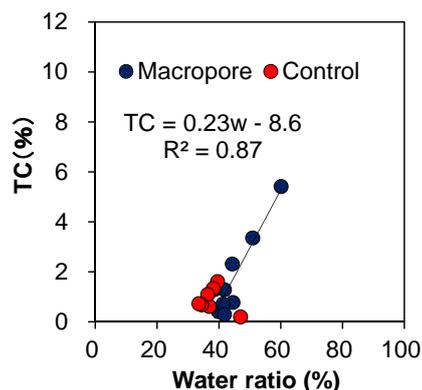


図3 水分と土壌有機物量の連動  
土壌水分量と有機物量には正の相関があり、下方浸透が有機物輸送に効果を示していると思われる。

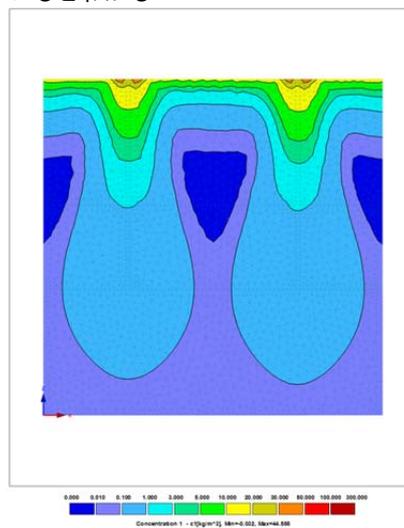


図4 実験とシミュレーションで示された下方浸透促進の様子

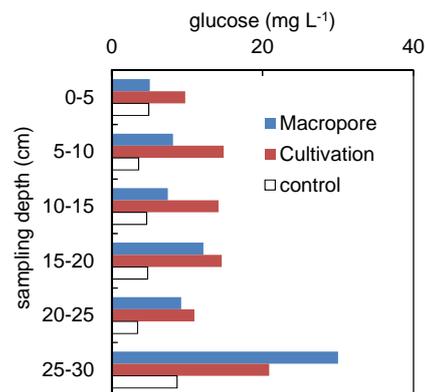


図5 土壌管理毎の有機物分解生成物の違い。  
グルコース量が多いほど分解が進んでしまうことを示す。

③長期調査を継続していた現場において、 $0.001 \text{ g-C g-soil}^{-1}\text{yr}^{-1}$ を超える高い有機物貯留量を示し(例えば図 6)、ほぼ本プロジェクトの当初目的を達成できることがわかった。グラフを見ると対照区では表層だけ全炭素量が多く、下方浸透が促されないサイトの特徴を有している。表層以外では下方浸透が促進された試験区の方が全層にわたって炭素量が多くその成果は明らかである。また、土壤環境を改善すると、下方浸透による有機物の蓄積に加えて、同時に植生が回復する例が顕著であった。栄養塩の添加があっても(植生には有利だが、土壤有機物分解の可能性もある)、降雨のみでも、マクロポア区では土壤有機物・植生ともに対照区より多くなり、下方浸透という非常にシンプルな処置が土壤環境全体の回復に大きな影響を与えていることが推測された。特に植生の早い回復については当初目的以上のプラスアルファの効果であると考えられた。この時、植物の多様性も大きくなる(図 7)など、当初予想もしなかったプラスの効果があり、従って植生の回復が期待できるサイトについては植物バイオマスと土壤有機物量を併せて評価する方が妥当であると判断した。

海外ではインドネシアにおいて、人工マクロポアからの距離を指標にその効果を比較した。熱帯で気温が高く、炭素貯留には極めて不

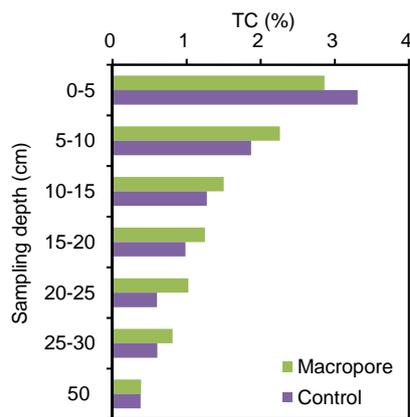


図 6 人工マクロポア処理後の土壤全炭素量 (1年後) 対照区で表層のみ TCが多いのは、透水不良の劣化土壤の特徴

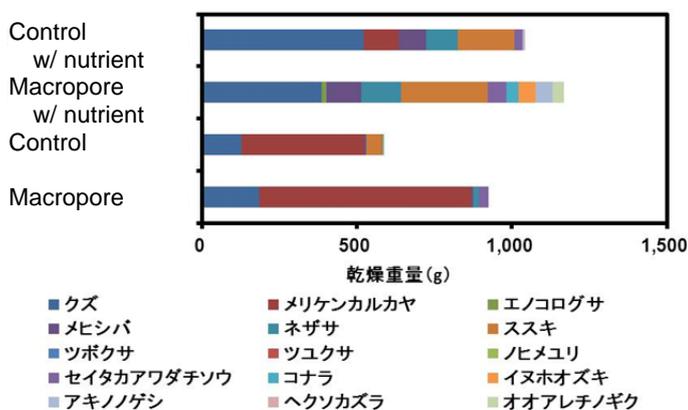


図 7 人工マクロポアによって修復した土壤の地上部の植生。栄養塩を与えても栄養塩がなくても植生の回復についてはマクロポア区の方が有利であった。

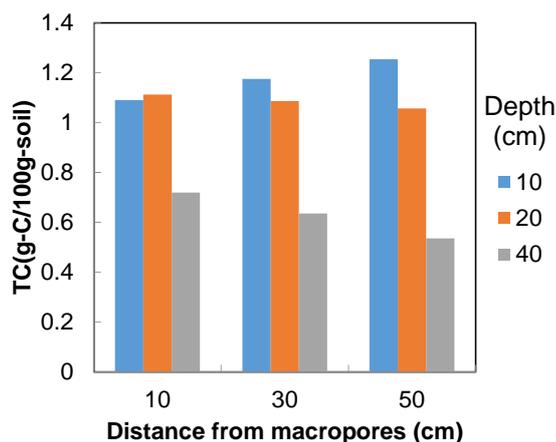


図 8 インドネシアにおける人工マクロポア実施例。添え字は深さ(cm)。表層 10cm の有機物を深部 40cm に輸送する形が同え、相対的に有機物の分解回避に有利な土壤深部の貯留量が増加した。

利な状況であるが、全体での炭素量は変わらないものの人工マクロポア区直近では土壌深部での炭素貯留が多いことがわかった。熱帯の気温の影響を受けにくく貯留には有利な鉛直分布形状が得られていることがわかる。つまり下方浸透を促すため表層の炭素は見かけ上減るが、長期蓄積に有利な深部の炭素に増加が見られ(図8)、数年のスパンでこれを続けていくことでより顕著な効果が見られるものと期待している。

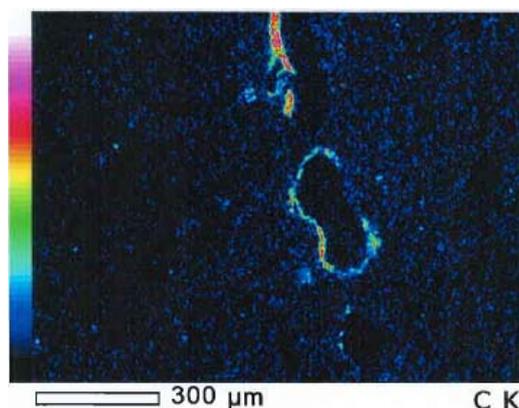


図9 マクロポア周辺の炭素(SEM/EDS分析)  
未攪乱土壌を採取して元素分析を行うとマクロポアの壁に炭素が集積している様子が明らかだった(ハイライト部分)。

実際に、修復の対象とはしない、自然の構造が発達した土壌のマクロポア周囲の元素分析を行うと、図9に見られるようにマクロポアの壁に炭素が集積している様子が明らかであった(ハイライトされた部分)。下方浸透によって有機物が輸送・貯留されていることがわかり、自然のプロセスとしても土壌の有機質化に下方浸透が貢献していることが推定される。今回の試験サイトでは期間が短いため画像としての明確な蓄積を観察できなかったが、長期的な成果としてはこのような蓄積も観察され则认为している。

#### 波及効果と将来展望

今回の炭素固定量は  $0.001 \text{ g-C (g-Soil)}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  であり、これは  $5.5 \text{ Mg-C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  に相当する。これは現在、欧・北米・南米を中心に行われている、農耕地の不耕紀栽培への移行時に蓄積される炭素量とほぼ同じ量である。本研究では、改変直後に加えて土壌が元は貧栄養であったという背景はあるが、貧栄養で農林地にはならず、表面流が発生するような劣化土壌の修復として、環境工学的な手法を使えば非常に大きな効果が上げられることを示している。

今回の成果を地球上の劣化土壌の5%に施すと仮定すると  $4.8 \text{ Gt-CO}_2 \text{ yr}^{-1}$  となり、大規模植林のポテンシャル ( $1.3\text{--}13.8 \text{ Gt-CO}_2 \text{ yr}^{-1}$ ) に劣らない効果を上げられると推測できる。植物が生えにくいような土地でも、土壌自身への炭素貯留とそれに続く植生回復が期待できるため、この値には合理性がある。しかしながら、先に述べたように一般には修復初期は急増し、その後徐々に平衡に達することが考えられるので、土壌の有機物増加は長期にはもう少し緩やかになると考えられる。初期のインパクトとしての数値であると解釈して、季節毎の増減や、降雨・気温の影響を受けた分解など研究を継続していく。

本研究で用いた手法は、大がかりな土木工事を伴わず、地域未利用資源(日本では貧栄養地に生える竹の繊維、インドネシアではサトウキビの絞りかすバガス)を用いており、低コストで環境修復の技術として有利である。下方浸透促進による劣化土壌の有機質化のみならず、表面流発生防止による土壌流亡の防止、続く水環境の悪化の防止にも貢献しており、極端な強雨や乾燥など極端現象が増加傾向にある近年、環境保全技術としても貢献することが期待される。

6. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 10 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 7 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) J. Ide, M. Chiwa, N. Higashi, R. Maruno, Y. Mori, K. Otsuki, Determining storm sampling requirements for improving precision of annual load estimates of nutrients from a small forested watershed. <i>Environmental Monitoring and Assessment</i> 183(9), 1-16, 2011, DOI: 10.1007/s10661-011-2299-9. 2011</li> <li>2) Mori, Y., A. Suetsugu, Y. Matsumoto, A. Fujihara and K. Suyama, Enhancing bioremediation of oil-contaminated soils by controlling nutrient dispersion using dual characteristics of soil pore structure <i>Ecological Engineering</i>, Volume 51(2), 237-243, 2013.</li> <li>3) Somura, H., I. Takeda, J. Arnold, Y. Mori, J. Jeong, N. Kannan, D. Hoffman, Impact of suspended sediment and nutrient loading from land uses against water quality in the Hii River basin, Japan, <i>Journal of Hydrology</i>, 450-451, 25-35. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.05.032., 2012.</li> <li>4) 高橋絵里奈, 米 康充, 森 也寸志, 宗村広昭, 井手淳一郎, 佐藤利夫, 竹内典之, 島根県隠岐の島町スギ人工林における間伐の現状, <i>森林応用研究</i>, 21(2), 9-16, 2012.</li> <li>5) 宮本珠未, 川原まどか, 森 也寸志*, 宗村広昭, 井手淳一郎, 高橋絵里奈, 米 康充, 末継淳, 多周波数電磁探査法による森林の管理が土壌環境に及ぼす影響評価. <i>土壌の物理性</i>, 124. 17-24, 2013.</li> <li>6) Mori, Y. and Y. Hirai, Effective Vertical Solute Transport in Soils by an Artificial Macropore System, <i>Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste</i>. 18(2), DOI:10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000192, 2014.</li> <li>7) Ide, J., H. Somura, T. Nakamura, Y. Mori, I. Takeda and K.Nishida, Hydrological effects on relationships between <math>\delta^{15}N</math> of river nitrate and land use in a rural river basin, western Japan., <i>River Res. Applic.</i>, DOI: 10.1002/rra.2756, 2014</li> </ol> <p>(掲載済み一査読無し) 計 2 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8) 森 也寸志. テイラーメイドの修復技術を土壌に -土壌中の浸透現象を制御する- <i>化学工学</i> 75(12), 792-794. 2011</li> <li>9) 森 也寸志, 斎藤広隆, 「物質移動と環境リスク評価」への招待 -地球科学への土壌物理の貢献-, <i>土壌の物理性</i> 124. 3-9, 2013.</li> </ol> <p>(未掲載) 計 1 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>10) 和穎朗太, 早津雅仁, 青山正和, 森也寸志, 波多野隆介, 井藤和人, 浅野真希, 土壌団粒構造と土壌プロセス, <i>日本土壌肥料学会誌</i> 85(3), 2014. 印刷中.</li> </ol>
<p>会議発表 計 38 件</p>	<p>専門家向け 計 37 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 森也寸志・末継淳・山本哲也, 人工マクロポアによる連続的な土壌水下方浸透の促進, 北海道札幌市, 2011.10.28 土壌物理学学会大会, 2011.</li> <li>2) 森澤太平・森也寸志・金子信博, 土壌中の有機物が土壌の団粒に及ぼす影響, 北海道札幌市, 2011.10.28, 土壌物理学学会大会, 2011.</li> <li>3) 川原まどか・宮本珠未・大西政夫・森也寸志, 多周波数電磁探査法で推測する土壌を通じた水質形成過程, 北海道札幌市, 2011.10.28, 土壌物理学学会大会, 2011.</li> <li>4) 宮本珠未・川原まどか・森也寸志, 多周波数電磁探査法による農林地の土壌環境管理の評価, 北海道札幌市, 2011.10.28, 土壌物理学学会大会, 2011.</li> <li>5) 山本哲也・森也寸志・森澤太平, 人工マクロポアが土壌中の下方浸透に及ぼす影響, 北海道札幌市, 2011.10.28, 土壌物理学学会大会, 2011.</li> <li>6) 末継淳・森也寸志, Hydrus2D による人工マクロポア設置土壌中の水分分布シミュレーション, 北海道札幌市, 2011.10.28, 土壌物理学学会大会, 2011.</li> <li>7) Yasushi Mori, Enhancing Bioremediation for Oil-contaminated Soils by Controlling Nutrient Dispersion using Dual Characteristics of Soil Pore Structure, Ningxia, China, 2011.7.29-31, The 15th Conference of Agroecology in China, 2011 招待講演</li> <li>8) Yasushi Mori, Tetsuya Yamamoto and Atsushi Fujihara, Enhancing Infiltration and Carbon</li> </ol>

	<p>Storage in Soils by Artificial Macropore Systems, Makuhari, Japan, 2011.5.22-27, Japan Geoscience Union Meeting,2011</p> <p>9) 川原まどか, 森也寸志, 井手淳一郎, 宗村広昭, 多周波数電磁探査による土壌環境管理の影響評価と潜在的汚濁負荷の推測, Makuhari, Japan, 2011.5.22-27, Japan Geoscience Union Meeting,2011</p> <p>10) 井手淳一郎, 宗村広昭, 中村高志, 森也寸志, 武田育郎, 西田継,西日本の中山間地域における河川水の硝酸濃度と土地利用との関係について:安定同位体を用いた解析, Makuhari, Japan, 2011.5.22-27, Japan Geoscience Union Meeting,2011</p> <p>11) Mori, Y., A. Suetsugu, T. Yamamoto. Enhancing water infiltration and water-holding in soils by macropore system, Chiba, Japan, 2012.5.19-25, Japan Geoscience Union Meeting, 2012.</p> <p>12) Mori, Y., M Kawahara, J Ide, H Somura, T Miyamoto, EM sounding characterization of soil environment toward estimation of potential nonpoint pollution sources. Chiba, Japan, 2012.5.19-25, Japan Geoscience Union Meeting, 2012.</p> <p>13) Suetsugu, A. and Y. Mori, Numerical simulation of wetting zones generated by artificial macropores. Chiba, Japan, 2012.5.19-25, Japan Geoscience Union Meeting, 2012.</p> <p>14) Yamamoto, T., Y. Mori, T. Morisawa and A Suetsugu, The effect of artificial macropores on the amount of organic matters in soils. Chiba, Japan, 2012.5.19-25, Japan Geoscience Union Meeting, 2012.</p> <p>15) Miyamoto, T., Y Mori, H Somura, J Ide and A Suetsugu, Evaluation of management practices in agricultural and forest lands by the multiplefrequency electromagnetic surveying. Chiba, Japan, 2012.5.19-25, Japan Geoscience Union Meeting, 2012.</p> <p>16) Morisawa, T., Y Mori and N Kaneko, Grain size analysis by laser diffraction particle size analyzer. Chiba, Japan, 2012.5.19-25, Japan Geoscience Union Meeting, 2012.</p> <p>17) 森 也寸志・末継 淳・山本哲也, 人工マクロポアによる表層クラストの影響軽減と水分貯留の促進, 北海道帯広市, 2012.11.2, 土壌物理学会大会講演会, 2012.</p> <p>18) 末継 淳, 森 也寸志, 人工マクロポアを通じた有機物の土壌深部への輸送効果について, 北海道帯広市, 2012.11.2, 土壌物理学会大会講演会, 2012.</p> <p>19) 宮本珠未・森 也寸志・末継 淳・稲生栄子・登尾浩助, 排水不良果樹園における放射性物質の分布特性と下方浸透促進の試み, 北海道帯広市, 2012.11.2, 土壌物理学会大会講演会, 2012.</p> <p>20) 山本哲也・森 也寸志・末継 淳, 人工マクロポアが土壌中の有機物に及ぼす影響, 北海道帯広市, 2012.11.2, 土壌物理学会大会講演会, 2012.</p> <p>21) Mori, Y., Y. Hirai, A. Suetsugu, H. Somura and T. Akae. Effective Vertical Solute Transport in Soils by Artificial Macropores, Cincinnati, OH, USA, 2012.10.21-24, ASA-CSA-SSSA International Annual Meeting 2012.</p> <p>22) Mori, Y., A. Suetsugu, Y. Matsumoto, A. Fujihara, K. Suyama, Enhancing Bioremediation of Oil-contaminated Soils by Controlling Nutrient Dispersion using Dual Characteristics of Soil Pore Structure, San Francisco, CA, USA, 2012.12.3-7, American Geophysical Union Fall Meeting 2012.</p> <p>23) Somura, H., Y Mori, I Takeda and H Sato, Modeling analysis of land-use impact against water qualities in Hii River basin, San Francisco, CA, USA, 2012.12.3-7, American Geophysical Union Fall Meeting 2012.</p> <p>24) Suetsugu A., and Y Mori, Effects of hydrophilic macropore fillings and coatings on the infiltration into water repellent porous media. San Francisco, CA, USA, 2012.12.3-7, American Geophysical Union Fall Meeting 2012.</p> <p>25) Y. Mori, Enhancing Infiltration and Carbon Storage in Soils by Artificial Macropore Systems, Okayama University, 2013.5.22., National Taiwan University Seminar 2013.</p> <p>26) Mori, Y., A. Suetsugu, T. Yamamoto. Artificial macropore installation effect on plant biomass amount at a degraded land, Chiba, Japan, 2013.5.19-23, Japan Geoscience Union Meeting, 2013.</p> <p>27) Yamamoto,T., Mori, Y*. and A. Suetsugu., The Effect of Artificial Macropores on the Amount of Organic Matters in Soils and Plant Biomass, Chiba, Japan, 2013.5.19-23, Japan Geoscience</p>
--	--

	<p>Union Meeting, 2013.</p> <p>28) Miyamoto, T., Y. Mori*, E. Inao, A. Suetsugu, K. Noborio, Radioactive fallout removal from the surface soils by enhancing vertical transport, Chiba, Japan, 2013.5.19-23, Japan Geoscience Union Meeting, 2013.</p> <p>29) 森 也寸志, 自然の土壌間隙の構造解明と劣化土壌環境の修復技術について, 土壌肥料学会シンポジウム「土壌団粒構造と土壌プロセス」, 名古屋市, 2013.9.11-13, 土壌肥料学会, 2013.</p> <p>30) 森 也寸志, 末継 淳, 山本哲也, 人工マクロポアを利用した下方浸透の促進と有機物貯留による劣化土壌の修復, 名古屋市, 2013.9.11-13, 土壌肥料学会, 2013.</p> <p>31) 末継 淳, 森 也寸志, 土壌炭素放出のプライミング効果におけるマクロポアの役割, 名古屋市, 2013.9.11-13, 土壌肥料学会, 2013.</p> <p>32) 森 也寸志, 宮本珠未, 稲生栄子, 登尾浩助, 末継 淳, 下方浸透促進による地表からの放射性降下物削減の試み, 福島県福島市, 2013.10.26, 土壌物理学学会大会講演会, 2013.</p> <p>33) 末継 淳, 森 也寸志, 真砂に含まれる雲母様粒子に吸着するセシウム分布の SEM/EDX による観察, 福島県福島市, 2013.10.26, 土壌物理学学会大会講演会, 2013.</p> <p>34) Y. Mori, E. Inao, A. Suetsugu and K. Noborio. Radioactive Fallout Removal From the Surface Soils By Enhancing Vertical Transport With Artificial Macropores., Tampa, Fl. USA, 2013.11.13-16, ASA-CSA-SSSA International Annual Meeting 2013.</p> <p>35) Mori, Y., A. Suetsugu and T. Yamamoto, Enhancing Vertical Infiltration By Artificial Macropores for Increasing Biomass in Degraded Soils, Tampa, FL. USA, 2012.10.21-24, ASA-CSA-SSSA International Annual Meeting 2013.</p> <p>36) 荒井見和、藤江幸一、森也寸志、日下宗一郎、Niswati A.、Swibawa I. G.、Haryani S.、Gunito H.、金子信博, 異なる農地管理が耐水性団粒画分の土壌炭素と安定同位体比に及ぼす影響, 2013.12.17-18, 同位体環境学シンポジウム.</p> <p>37) 荒井見和, 金子信博, 藤江幸一, 森也寸志, 日下宗一郎, 中野孝教, Niswati,A., Swibawa,I.G., Haryani,S., Gunito,H., インドネシア・サトウキビプランテーションにおける農地管理が土壌炭素貯留に及ぼす影響-耐水性団粒と炭素・窒素安定同位体比を用いた解析-, 2014.3.14-18, 日本生態学会.</p> <p>一般向け 計1件</p> <p>38) 森 也寸志, 米 康充, 宗村広昭, 高橋絵里奈, 健全な水源林の管理について. 島根県雲南市, 2012.3.15, 持続可能な水・土・里 in 雲南(島根県, 雲南市, 土地改良連合), 招待講演</p>
<p>図書</p> <p>計 1 件</p>	<p>野中資博, 佐藤利夫, 森 也寸志 共編著, 環境の管理・修復と地域資源の活用, 千鳥印刷, 2011, 253p, ISBN 978-4-9902789-1-5.</p>
<p>産業財産権 出願・取得 状況</p> <p>計2件</p>	<p>(取得済み) 計2件</p> <p>1)「土壌管理方法」, 発明者:森 也寸志, 特許第 4929464 号 (登録 2012 年 2 月 24 日), 国内.</p> <p>2)「土壌改質方法および炭素固定方法」, 発明者:森 也寸志, 特許第 5522626 号 (認証 2014 年.3 月.26 日), 国内.</p> <p>(出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>プロジェクトに関わる自身の HP(<a href="http://www.soilenvir.org/">http://www.soilenvir.org/</a>)の中で研究活動について報告した.</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>1. 特別理科「地球陸域の最表層を覆う環境資源「土壌」へのいざない」, 2011.7.8, 島根大学教育学部附属中学校, 島根県松江市, 中学生対象, 30名.</p> <p>2. 科学技術セミナー「地球陸域の最表層を覆う環境資源「土壌」へのいざない」, 2011.7.21, 島根県立松江東高校, 島根県松江市, 高校生対象, 40人.</p>

	<p>3. 岡山大学サイエンスカフェ, 「陸域最大の炭素貯蔵庫「土壌」の恵み～環境資源「土壌」の劣化と修復～」, 2013.2.14, 岡山県岡山市(岡山大学国際交流センター), 一般対象, 89名.</p> <p>4. 宮城県農業・園芸総合研究所スキルアップセミナー, 「人工マクロポアを使った土壌水下方浸透の促進による劣化土壌環境の修復」, 2012.9.26, 宮城県名取市, 技術者対象, 20名.</p> <p>5. 岡山大学公開講座「陸域最大の炭素貯蔵庫「土壌」の機能を探る」, 2013.6.22, 岡山大学, 一般対象, 30名.</p> <p>6. 津山高校 十六夜プロジェクト「地球陸域の最表層を覆う環境資源「土壌」へのいざない-環境科学入門-」, 2013.7.16, 岡山県津山市, 岡山県立津山高校, 高校生対象, 10名.</p> <p>7. 金光学園中学 中3探究 環境プレゼンテーション「人工マクロポアによる土壌水下方浸透の促進と有機物貯留による劣化土壌環境の修復」「資源循環型社会の構築の試み」2013.12.18, 岡山県浅口市, 金光学園中学, 中学生対象, 120人.</p> <p>8. 明治大学シンポジウム「放射能汚染地区の復興支援を考える」, 「下方浸透促進による放射性降下物の地表からの削減」, 2014.3.8, 神奈川県川崎市, 明治大学生田校舎, 一般対象, 30名.</p> <p>9. 石垣島八重山農林高校セミナー, 「下方浸透促進による劣化土壌環境の修復」2014.3.14, 沖縄県石垣市, 八重山農林高校, 高校生対象, 40人.</p>
新聞・一般雑誌等掲載計2件	<p>1) フロムページ夢ナビ「土壌の小さな穴が、地球温暖化を軽減する」  <a href="http://yumenavi.info/lecture.aspx?GNKCD=g005719">http://yumenavi.info/lecture.aspx?GNKCD=g005719</a></p> <p>2) フロムページ夢ナビ「土壌の管理保全が、地球環境を守る」  <a href="http://yumenavi.info/lecture.aspx?GNKCD=g005720">http://yumenavi.info/lecture.aspx?GNKCD=g005720</a></p>
その他	

### 7. その他特記事項

本技術の応用として、東日本大震災で放射性降下物の影響を受けた宮城県の圃場で、放射性物質の物質循環からの遮断を目的として人工マクロポア技術を施した。有機物に吸着しているために土壌の鉱物に固定されず、交換態のままと考えられる放射性セシウムは表層の蓄積の20%をしめると言われており、植物に吸収されやすく、また雨水によって洗い流されやすい。人工マクロポア技術によって下方浸透を促し、表層蓄積率の変化という指標で評価すると、このうち、約50%を鉱物の多い土壌深部に約一年半で誘導・固定することが出来た。同様の室内実験では排水から放射性物質の検出は見られなかった。農作物からの吸収を軽減する技術として大きな成果で、プラスアルファの成果と捉えている。

Table1 放射能の表層集積率 (単位: %)

	M w/o Nutrient	M w/ Nutrient	X w/ Nutrient	X w/o Nutrient
Average	85.92	86.88	98.20	94.19
Standard deviation	12.08	6.12	1.28	2.89

$$* \text{Surface accumulation} = \frac{0-5\text{cm radioactivity}}{\text{total radioactivity}} \text{ によって計算.}$$

\*\*M:マクロポア区, X:無処理区