

2021.8.2
飯館村教職員研修会

子どもたちに放射線を どう教えるか？



避難指示解除(2017.3.31)

東京大学
大学院農学生命科学研究科
溝口 勝



Dr.ドロえもん
1

1

小中学校教育に関心がある理由

- モチベーションは10歳頃までに決まる？
– 大学生になってからでは育てられない
- Dr.ドロえもんプロジェクト(mizo研) (予習)
– <http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/doroemon.html>
- 学会におけるアウトリーチ活動 (予習)
– 水土の知, 80(1), pp.1-2, 2012
– http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/doro/mizo_2012_jsisre.pdf

2

2

飯館村小学生の 東京大学キャンパスツアー

- 2013年8月19日
 - 当日の様子
 - <http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/edrp/fukushima/130819/image.html>
- 2014年8月20日
 - [つぼみプロジェクト2日目\(8/20\)の活動報告](#)
 - [インタビュー ～復興支援事業「つぼみプロジェクト2014」を終えて～](#)
 - 小学生のための土壌科学「飯館村の土」に対するコメント(2014.8.23メール)
 - すばらしい授業、工夫された授業、準備された授業、ありがとうございました。子どもたちの目もキラキラしていました。今回のツアーの最終日、「あなたが目指したいもの」をそれぞれまとめました。そこに、複数の子どもが、何と、「大学の先生」とありました。行く前は考えられなかった目指すものです。先生の授業力、準備いただいた皆様に感謝します。(八巻義徳)





3

3



— 土に触れ、水をやリ、種を育て、自然の力強さと命の輝きを学ぶ —



2014.8.20
飯館村小学生特別講義
東京大学農学部

ここからp.51まで当時使った資料をそのまま使って説明します。

小学生のための土壌科学 飯館村の土

東京大学
大学院農学生命科学研究科
溝口 勝 (Dr.ドロえもん)

4

4

大学って何をするとところ？

- 小学生 -12歳
 - 中学生 -15歳
 - 高校生 -18歳
 - 大学生 -22歳？
 - 大学院生(修士)
 - 大学院生(博士)
 - (ポスドク)
 - 助教
 - 准教授
 - 教授
- 10年
- 30年
- 5
- Cs-137の半減期

5

東大の学部

- 法学部(ほう)
- 医学部(い)
- 工学部(こう)
- 文学部(ぶん)
- 理学部(り)
- 農学部(のう)
- 経済学部(けいざい)
- 教養学部(きょうよう)
- 教育学部(きょういく)
- 薬学部(やく)

いろいろな専門(せんもん)がある

6

農学部

- 応用生命科学課程
 - 生命化学・工学
 - 応用生物学
 - 森林生物科学
 - 水圏生物科学
 - 動物生命システム科学
 - 生物素材化学
- 環境資源科学課程
 - 緑地環境学
 - 森林環境資源科学
 - 木質構造科学
 - 生物・環境工学
 - 農業・資源経済学
 - フィールド科学
 - 国際開発農学
- 獣医学課程
 - 獣医学

7

7

農学生命科学研究科(大学院;専攻)

- 生産・環境生物学
- 応用生命化学
- 応用生命工学
- 森林科学
- 水圏生物科学
- 農業・資源経済学
- 生物・環境工学
- 生物材料科学
- 農学国際
- 生圏システム学
- 応用動物科学
- 獣医学

土の研究者のいる専攻分野

8

8

土のはたらき

- 食料をつくる
- 命をそだてる
- 環境を守る
- 水と環境



日本(農文協)



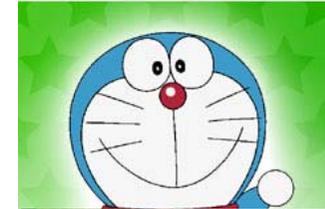
Dirt Doctor(イギリス)

9

9

土の秘密(ひみつ)

by Dr. ドロえもん



10

10

土って何？

土(つち)、土壌(どじょう)

土質(どしつ)、泥(どろ)、土地(とち)

- 土は何でできているの？

11

11

実験1:土の足し算

用意するもの:

- ①メスシリンダー(4) ②砂20ml(2) ③水20ml(2)

- 問題1: 水20+水20=?
- 問題2: 砂20+砂20=?
- 問題3: 砂20+水20=?
- 問題4: 水20+砂20=?

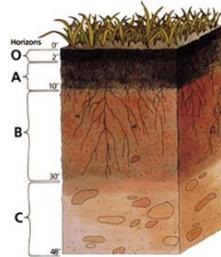


12

12

土壌学(どじょうがく)の基礎-1

- 土は何でできているのか？
 - 土粒子、水、空気、有機物
- 土粒子の分類
 - 大きさで分類される
 - 砂、シルト、粘土



13

13

実験2: にごり水ジュース

用意するもの:

- ①ペットボトル(2) ②水 ③土

実験:

1. ペットボトルに土(少々)と水(多量)を入れる
2. ふたをしてよく振る
3. 机に置く

観察(かんさつ):

- 下に先に沈むもの ... 砂(すな)
- にごっているもの ... 粘土(ねんど)



粘土(ねんど):

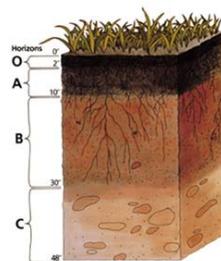
焼物(やきもの)、化粧品(けしょうひん)、薬(くすり)

14

14

土壌学(どじょうがく)の基礎-2

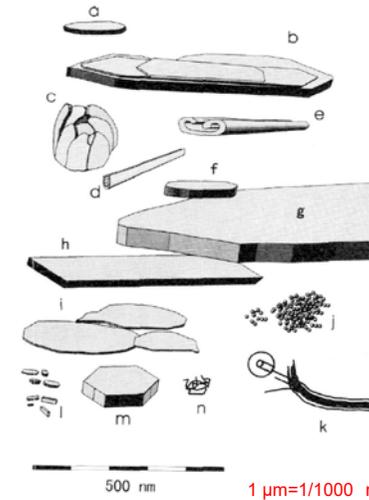
- 粘土の性質
 - 水に沈みにくい
 - 水を含むとドロドロ
 - 乾くとカチカチ
 - 粒が小さい
 - 2 μm (2/1000 mm) 以下



15

15

粘土粒子の形と大きさ



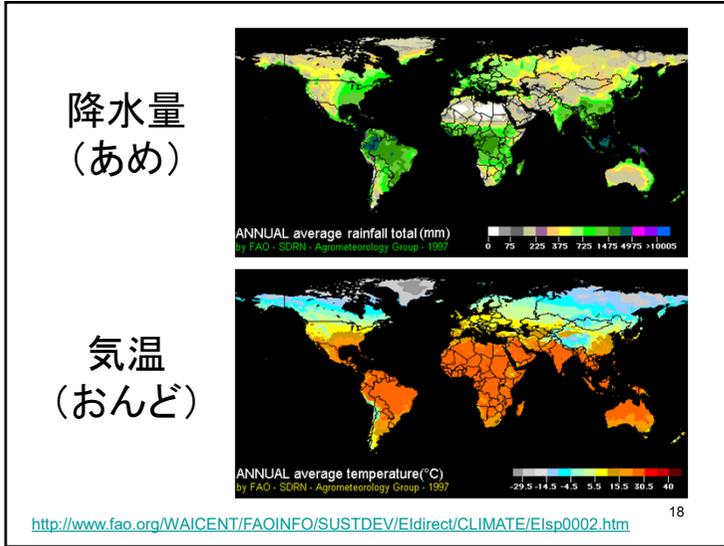
- a. カオリナイト
- b. カオリナイト
- c. ハロサイト
- d. ハロサイト
- e. ハロサイト
- f. イライト
- g. パーミュキュライト
- h. スメクタイト
- i. スメクタイト
- j. アロフェン
- k. イモゴライト
- l. ヘマタイト・ゲータイト
- m. ギブサイト
- n. 腐植酸

16

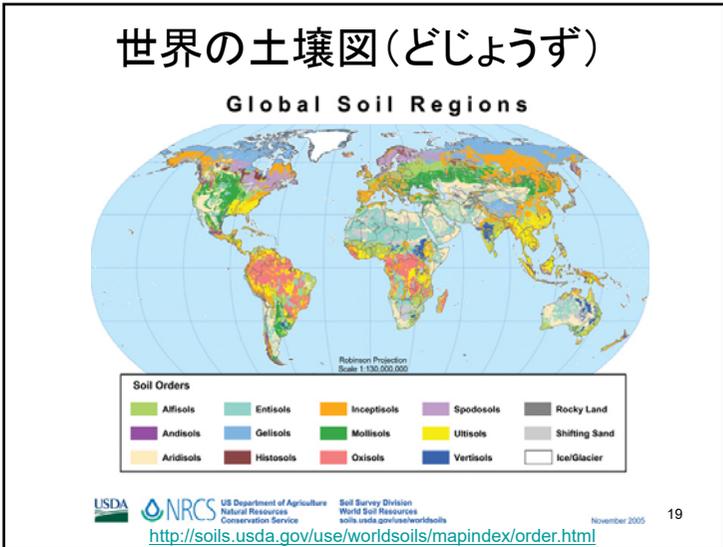
16



17



18



19



20

インドネシアー焼畑(やきはた)調査 (2007.10.6)



21

21

シベリア



Tundra basin near Tiksi, Russia, surveyed in August, 1998 22

22

穴を掘るのも大変!



23

23

ツンドラの土



コケ
泥炭土
粘土
40cm
永久凍土面 24

24

穴に埋まって、はいポーズ (2000.7)



25

タイのハウレンソウ畑

2007年12月20日にFS設置



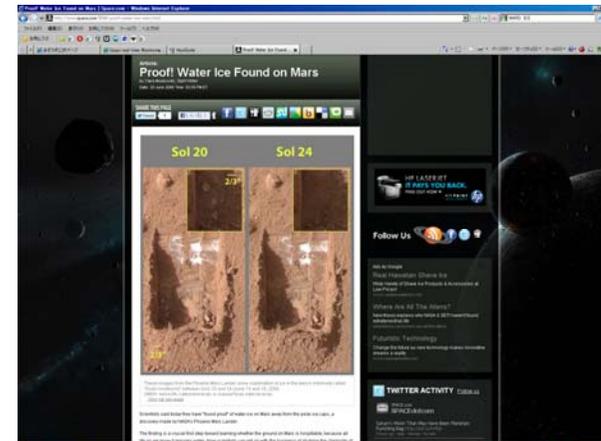
26

タイの土



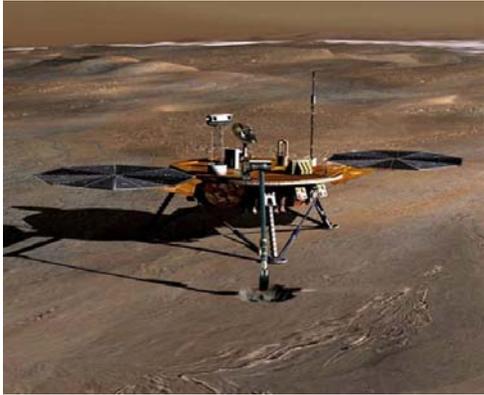
27

火星の土？



28

火星探査ロボット

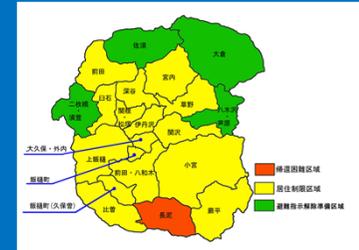


写真

29

29

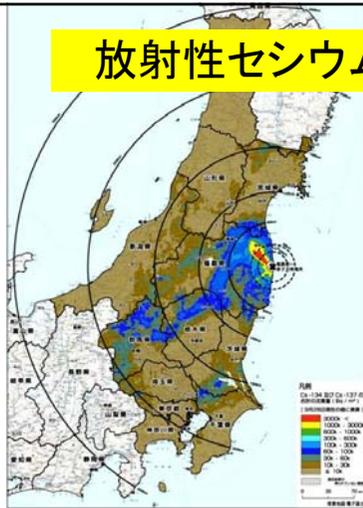
福島県飯舘村の土



30

30

放射性セシウムの分布

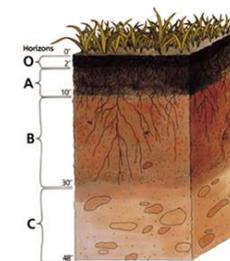


31

31

土壌学(どじょうがく)の基礎

- 土は何でできているのか？
- 土粒子、水、空気
- 土粒子の分類
- 大きさで分類される
- 砂、シルト、粘土
- 粘土の性質
- 水に沈みにくい
- 水を含むとドロドロ
- 乾くとカチカチ



ペットボトルの土粒子沈降実験

32

32

粘土粒子の形と大きさ

- a. カオリナイト
- b. カオリナイト
- c. ハロサイト
- d. ハロサイト
- e. ハロサイト
- f. イライト
- g. **パーミュキュライト**
- h. スメクタイト
- i. スメクタイト
- j. アロフェン
- k. イモゴライト
- l. ヘマタイト・ゲータイト
- m. ギブサイト
- n. 腐植酸

33

33

実験3： 粘土粒子を見てみよう！

用意するもの：
 ①顕微鏡 ②粘土粒子(パーミュキュライト)

34

34

粘土の化学—モンモリロナイト

○酸素原子
●Si 原子

○酸素原子
●Mⁿ⁺: Mg²⁺, Al³⁺, etc.

35

35

放射性セシウムは粘土表面の穴に落ちている！

Hydrophilic Sites

1 to 2 nm

「粘土表面の放射性セシウムの吸着特性とその挙動」の資料より抜粋

36
by Prof. C.T Johnston @Purdue Univ.

36

放射性セシウムはカリウムと交換して粘土に固定される

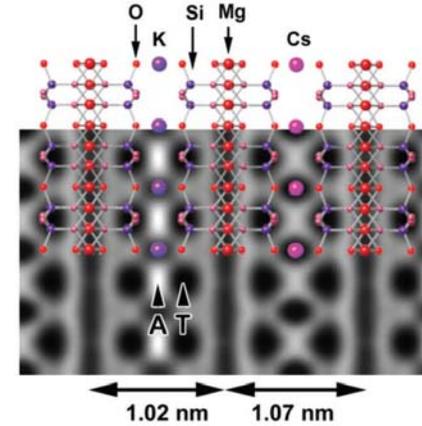


卵パック=粘土粒子 白卵=カリウム 赤卵=セシウム

37

37

電子顕微鏡がとらえた雲母中のCs



T. Okumura et al. Direct observation of Cs in mica
Microscopy 63(1): 65-72 (2014)
doi: 10.1093/jmicro/dft045

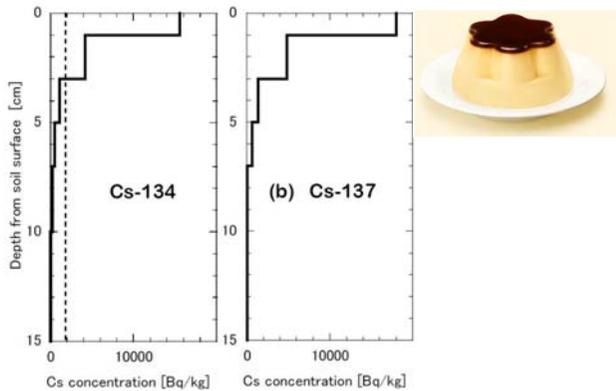
38

Fig. 1. Atomic arrangement of the phlogopite super-cell in which K-

38

放射性セシウムの濃度(2011.5.24)

実線: 不耕起水田, 破線: 耕起水田



塩沢ら: 福島県の水田土壌における放射性セシウムの深度別濃度と移流速度, RADIOISOTOPES誌, 8月号, 2011 より引用

39

39

飯舘村役場横の斜面の放射線量測定 (2011.6.25; 溝口・登尾)



2.5 μ Sv/h

3.5 μ Sv/h

7.0 μ Sv/h

40

40



41



42



43



44

までい工法

「までい(真手い)」=飯館村の方言で「手間ひまを惜みず」、
「丁寧に」、「時間をかけて」、「心を込めて」



【までい工法1】汚染表土埋設法
表土剥ぎ取り+天地返し(2012.12.1)

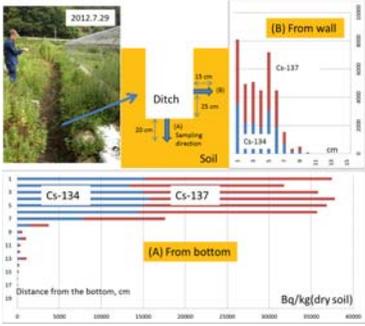


【までい工法2】浅代かき排水法
代かき+天地返し(2013.5.18)

45

除染土の処理実験





洗い流した泥水を溝に蓄積しておき、干上がった後に溝の底と側面の土壌をサンプリングして深度別に放射能測定した結果。
セシウムは土の中に浸みこまない。

46

実験4: 泥水のマジック

用意するもの:
①ペットボトル ②砂 ③泥水

– 砂の入ったペットボトルに泥水を流すと……



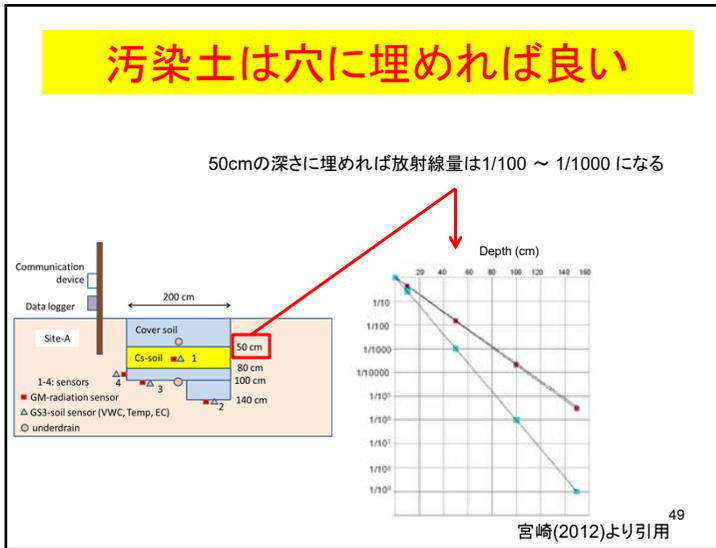

47

土の濾過(ろか)機能



泥水は砂の層を通るだけで透明になって出てくる。放射性セシウムのほとんどは粘土粒子に強く吸着(固定)されているので、セシウムだけが水中に溶け出すことはない。
農地の下の土はこの実験の砂の層よりも厚い上に、砂よりも細かい粒子で構成されていることが多いので、放射性セシウムを固定した粘土はそれらの粒子の間に次々に捕捉される。

48



49

まとめ

- 土は
 - 長い年月をかけてできる
 - 土粒子・水・空気・(有機物)からなる
 - 世界にはいろんな土がある
 - 土地固有の資源である
- 土のはたらき
 - 作物を育てる
 - 環境をまもる

土を
正しく理解して
正しく管理することが大切!

50

50

～土に触れ、水をやり、種を育て、自然の力海と命の輝きを学ぶ～

Google search for "みぞらぼ" showing approximately 2,490,000 results.

マンガ土壌科学入門 (mizo研)
- 4コマギャグまんが -
<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/ehon/>

51

51

さて、子どもたちに放射線を どう教えるか？

ドロえもん博士のワクワク教室
「土ってふしぎ!？」
～放射性セシウムに対する土のはたらき～

<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/book/doroemon-book.html>

<https://read.amazon.co.jp/?asin=B07S6ZTCYC>

52

52

次世代教育と新しい農業



(2020.11.14-15)



観察土壌断面



(2019.9.14-15)

高校生のための現地見学会



(2018.4.28-29)

松塚土壌博物館と飯舘牛

53

53

参考情報

- [Mizo lab](#)
- [飯舘村関連の講義](#)
- [福島土壌除染技術](#)
- [マスコミ報道](#)



溝口研究室

Mizo lab

検索=みぞらぼ

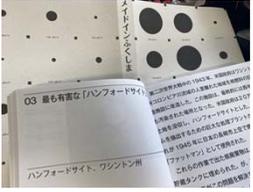
<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/mizolab.html>

連絡先: 03-5841-1606
mizo@g.ecc.u-tokyo.ac.jp



メイドインふくしま

<https://hachikou.theshop.jp/>



54

54

54

展 望

学会におけるアウトリーチ活動

東京大学大学院農学生命科学研究科教授

溝 口 勝

(MIZOGUCHI Masaru)



私が「アウトリーチ」という言葉を聞いたのは、2004年に内閣府総合科学会議事務局で第3期科学技術基本計画の策定を開始した頃だった。しかし、この言葉を知る以前に長女が通っていた小学校の校長先生に頼まれて「総合的な学習の時間」に「土の講義」をしたことがあった。小学生を惹きつけるために、専門用語を使わずに土の不思議、面白さ、そしてその大切さをどう伝えるか。目の前で簡単な実験をやって見せ、土に触らせて、考えさせ、科学することを学ばせる工夫を凝らした。正直、大学の講義を準備する以上に大変だった。しかしこの経験を活かして、私はいまでも「Dr. ドロえもんプロジェクト¹⁾」という小学生相手の出前授業を続けている。

アウトリーチ (outreach) とは、知らない人に手を差し伸べて (reach out)、必要な情報を伝えることをいう²⁾。啓発活動・教育の意味も含まれ、最近ではすべての学問分野で行われつつある。とりわけ、芸術文化の分野では2000年頃から芸術文化の社会的役割について議論を始めていた³⁾。こうした流れの中で、文化庁を擁する文部科学省が「国民の研究活動・科学技術への興味や関心を高め、かつ国民との双方向的な対話を通じて国民のニーズを研究者が共有するため、研究者自身が国民一般に対して行う双方向的なコミュニケーション活動⁴⁾」を科学者の「アウトリーチ活動」と定義している。

ところで、いまなぜアウトリーチなのだろうか。それはここ数十年の社会変化によるところが大きい。公共事業にしる、大学・国の研究機関にしる、独立法人と名のつく組織の活動資金は主として税金である。日本経済が右肩上がりの頃には、公共のためとか基礎研究のためといえどもあまり問題視されなかったが、経済が停滞気味になってきた昨今では、税金の使途が細かくチェックされ説明が求められるようになった。納税者がそれに見合った成果を求めることは当然の権利なのだが、基礎研究と言いながら比較的自由に研究してきた私には国立大学の法人化後のいまの状況はとても窮屈に感じる。

アウトリーチで大切なのは「双方向コミュニケーション」である。伝える側が一方的に教えてやるのではなく、相手に理解してイタダクことが大切である。これは売り手と買い手の関係に似

ている。売り手はサービスを向上させることによって顧客を獲得することができる。つまり、研究者は研究内容をわかりやすく伝えることによってその分野の研究支持者（ファン）を増やし、事業実施者は事業内容をわかりやすく伝えることによって住民の理解を得ることができる。その対価が税金なのである。大学教育の現場でもいまや教授と学生の関係が変わり、教授の講義が学生に対するサービスの良し悪しで評価されるようになってきた。（教授の話が理解できないのは自分の勉強不足によると錯覚して勉強した時代が懐かしい。）

最近ではこうした双方向コミュニケーションを旧来の学問分野に組み込むことを目指した「サービス科学⁵⁾」という新しい分野も台頭しつつある。アウトリーチ活動はこのサービスという概念で言えば営業活動といえよう。

内容（コンテンツ）を効果的に伝えるためにはどうしたらよいか。まずは相手を特定することが大切である。相手は小中学生か高校生か大学生か、彼らが必要のコミュニケーションツールは何か。学生が相手ならいまやインターネットは常識である。いきなり分厚い資料を渡すのではなく、TwitterやFacebookを使って面白いと思わせるコンテンツをちょっとだけ伝えるのが効果的であろう。小中学生であればマンガやゲームから導入するのも良いかも知れない。いずれにせよ、はじめの一步を一緒に踏み出し、その先にワクワクする世界が存在することを示す必要がある。

農業農村工学分野には、実際に現場に行かないと実感できない公共施設や公共事業がたくさんある。しかしながら、それらの施設や事業の設計・施工・管理に数々の自然科学や社会科学や工学の知識が使われていることは農業農村工学関係者にしか理解されていない。昔の農業土木技術者であれば、縁の下の力持ちを自称し、一般市民には説明しなくても黙って公共インフラを世の中に出現させることにロマンを感じていたかも知れない。しかし、いまや時代は変わってしまった。アウトリーチという名で農業農村工学分野を戦略的に営業することが求められている。

最近では、「アウトリーチ活動を研究者・研究機関評価の対象に加えるべき」という議論もある⁶⁾。しかしアウトリーチなど考えたことがなかった研究者が評価の対象になるからといって俄にアウトリーチ活動をはじめたところで、「士族の商法」になってしまうことが危惧される。発想の転換が必要である。アウトリーチが求められる一方で、大学で博士号を取得した者すべてに研究者の道が用意されているわけではないという現実もある。コミュニケーション能力と研究能力は相容れない場合もある。そこで、博士号取得者の性格に合わせてサイエンスコミュニケータとして活躍できる道を用意し、学会がそのコミュニケータをリスペクトする雰囲気を作るべきである。大学における人材育成をこうした視点で戦略的に進め、農業農村工学分野のアウトリーチ活動を進めていくのがよいであろう。

2011年3月11日の東日本大震災により起こった福島原発事故。そのデータの公表やマスコミ報道をめぐって、いまほど科学者・技術者の言動が注目されている時はない。いったい科学者・技術者は何をやっていたのか。震災復興のために農業農村工学ができることは何か。国民は本気で専門家によるアウトリーチを求めている。

参考文献（これらの参考文献はすべてインターネットで検索可能）

- 1) 溝口 勝：学会とアウトリーチ活動－『Dr.ドロえもんプロジェクト』を事例として－，第49回農業農村工学会土壌物理研究部会研究集会，pp.1～8（2010）
- 2) 鎌田浩毅：基礎科学のフロンティアとしてのアウトリーチ，東京大学出版会『UP』386，pp.22～28（2004）
- 3) 的場康子：アウトリーチ活動の意義・課題についての一考察－現代における芸術文化の社会的役割，ライフデザインレポート147，pp.26～35（2003）
- 4) 文部科学省：アウトリーチの活動の推進について，学術分科会学術研究推進部会（第10回）配布資料3-5(2005)
- 5) 科学技術振興機構：問題解決型サービス科学研究開発プログラム，<http://www.ristex.jp/servicescience/> (2011)
- 6) 小林俊哉：アウトリーチ活動を研究者・研究機関評価の対象に加えるべき，科学 [ウェブ広場]，http://www.iwanami.co.jp/kagaku/hiroba_1.html（2010）

[2011.11.23.受稿]