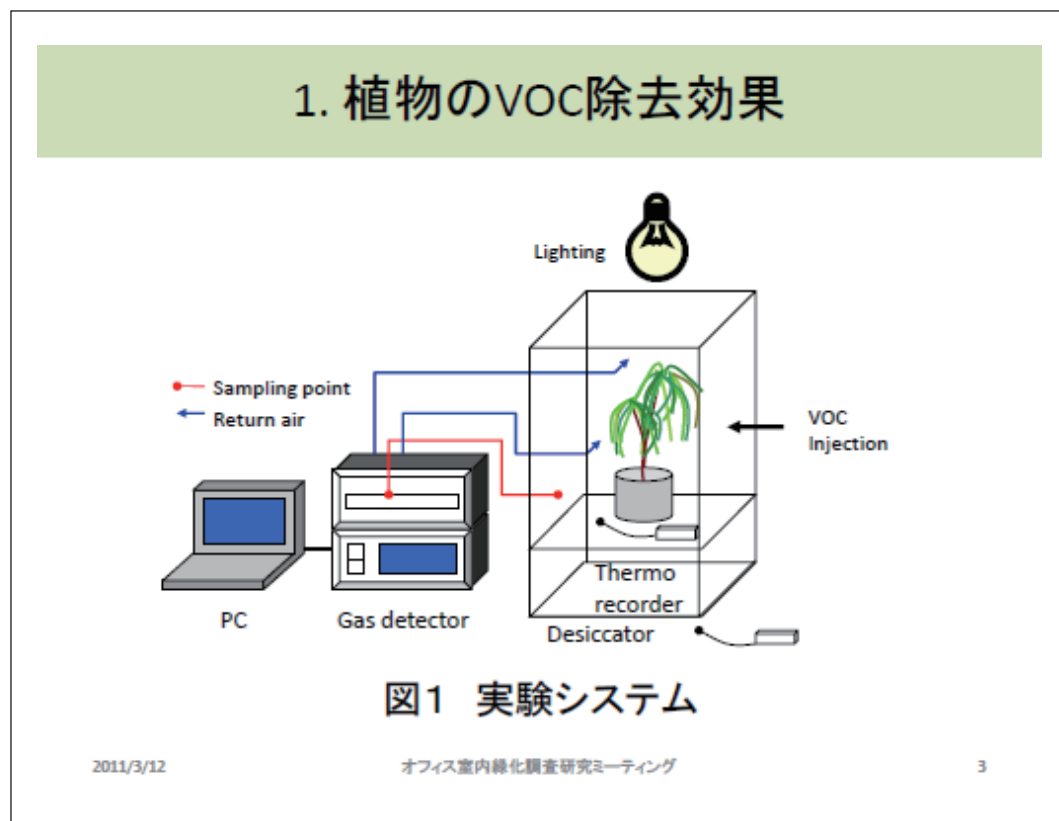


「植物の化学物質除去の実際、ならびに 観葉植物が人間の知的生産性に及ぼす影響」

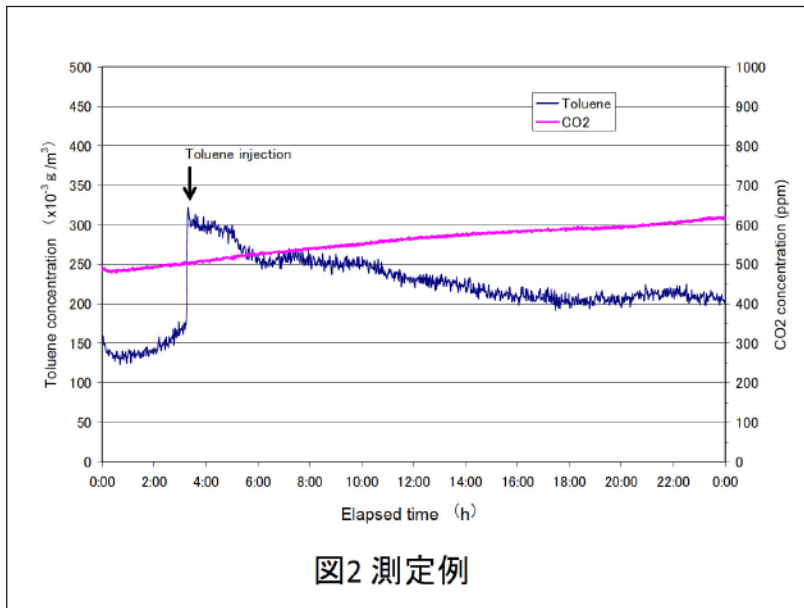
豊橋技術科学大学大学院工学研究科 教授
松本 博



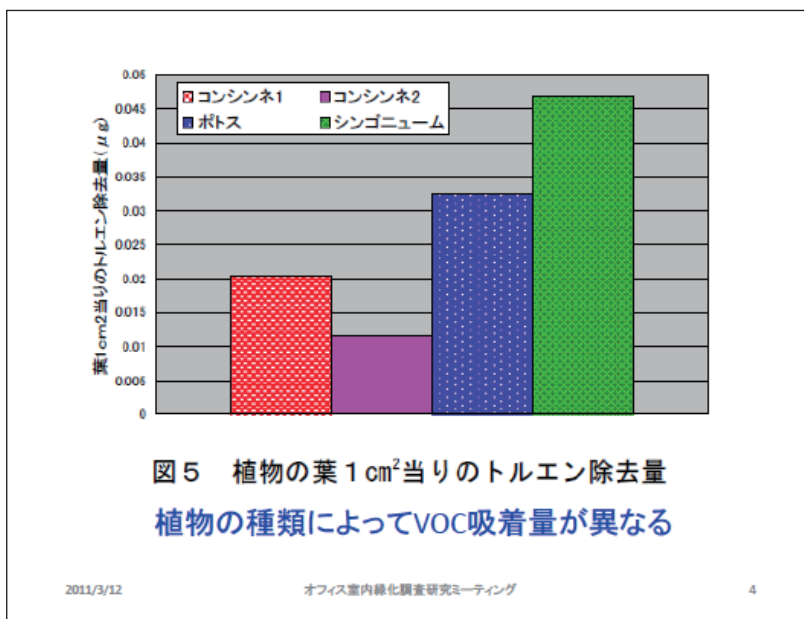
こんばんは、松本でございます。豊橋技術科学大学という、地方にある工科大の大学として、もともと農業とは全く無縁の大学として創立されましたけれども、豊橋が、みなさんご存じのように豊橋市、そして田原市を含め、日本有数の農業が盛んなところで特に園芸施設に関しては、多分、日本では最も進んでいるのではということで、必然的に、工学系と農業系の産業と結び付いたような研究が、いわゆる農工連携ということで始まっております。私も、もともと建築なんですけれども、その建築環境、室内環境で熱環境とか空気環境を研究してまして、高度経済成長から始まって、新宿みたいな高層ビルが成立した、その技術的な論点はいわゆるアクティブ制御ってことで、まあ、力任せの人工環境を作り出すことですが、その反省があって、最近では高層ビルでも自然換気を取り入れたり、通風換気を取り入れたり、あるいは自然のようにといった、いわゆる環境に適応した環境制御技術というのが非常に重要になっています。我々、当研究室も、そういうことを踏まえて、なるべく従来型の力任せの環境制御ではなくて、人間に優しい環境に優しい技術を今、ずっと追っています。10年ほど前に、先ほど山下先生からお話もありましたけれども、NASAのレポートで、密閉された空間で観葉植物が化学物質を除去するという報告を見まして、本当かなと、それがきっかけで始めた研究です。



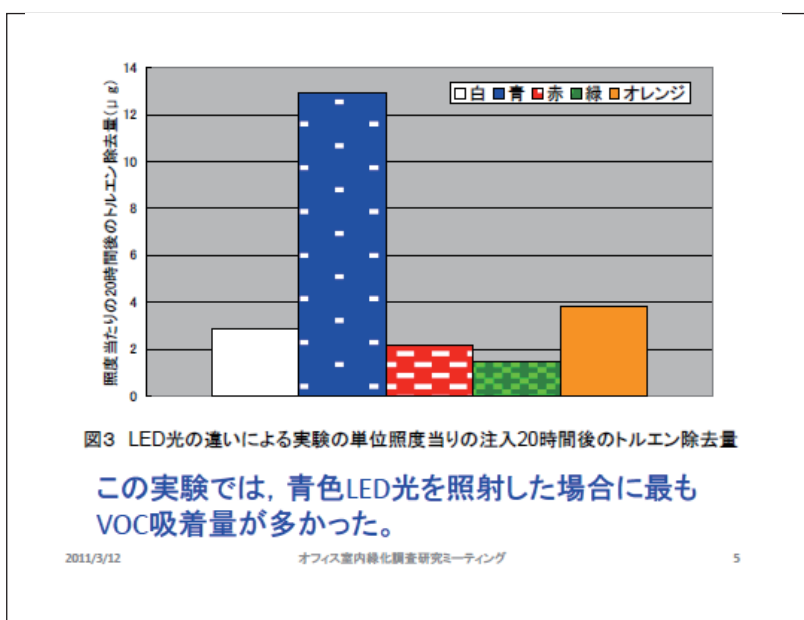
これがNASAの実験装置で、研究室の中でそういった効果が本当にあるのかどうかということ、まずは目で見て実感してみたいということで、こういったデシケーターの中に緑を置いて、シリンジでトルエンとかホルムアルデヒドを注入して時間的な濃度変化を見てみました。



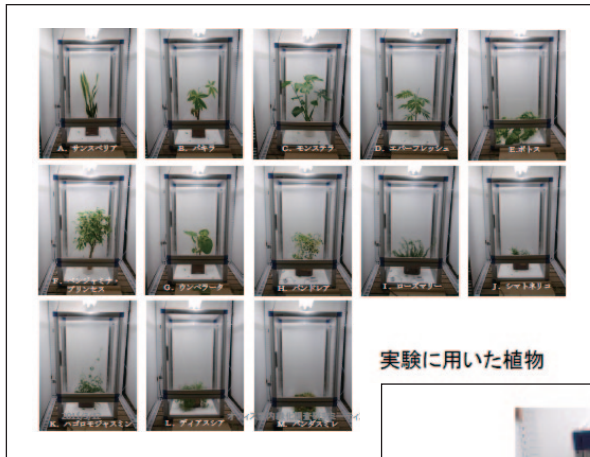
上に矢印がありますけれども、あの時点でトルエンを注入して時間経過を出したところ、濃度が下がっていて、びっくりしまして、ならばなんとかこれを工学的な応用として、実際の室内環境に応用できないかということで研究を始めました。



これは7、8年前のデータ。数種類の植物を使って、葉面積1cm²当たりのトルエンの除去量を調べました。人間にも個性があるように、植物にも違いがあるということがよくわかりまして、この場合ですと、シンゴニウムがかなり高い除去量を示していました。



それから、先ほどの波長分布なんかも植物の生育に関係するだろうということで、いろいろなLEDの単色光を使って調べました。当時は青色LEDが非常に高い除去量を示しています。



実験に用いた植物

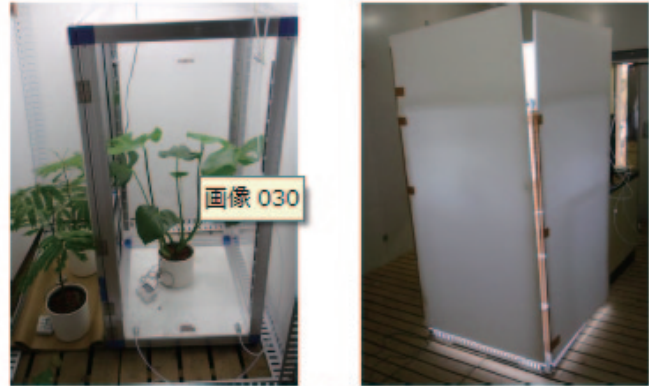
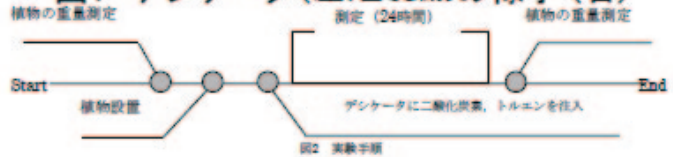


図1 デシケータ(左)と実験の様子(右)



2011/3/12

オフィス室内緑化調査研究ミーティング

7

これは最近の実験ですが、当研究室はいろいろな種類の植物に対して、VOCの除去や蒸散量を計りました。基本的に同じ環境条件、同じ照度で、とにかく調べてみました。

表3 実験に用いた植物

サンスベリア(SS)	パンドレア(PA)
パキラ(PK)	ローズマリー(RM)
モンステラ(M)	シマトネリコ(SN)
エバーフレッシュ(E)	ハゴロモジャスミン(H)
ポトス(P)	ディアシア(D)
ベンジャミナ・プリンセス(V)	パンダスミレ(PS)
ウンペラータ(U)	

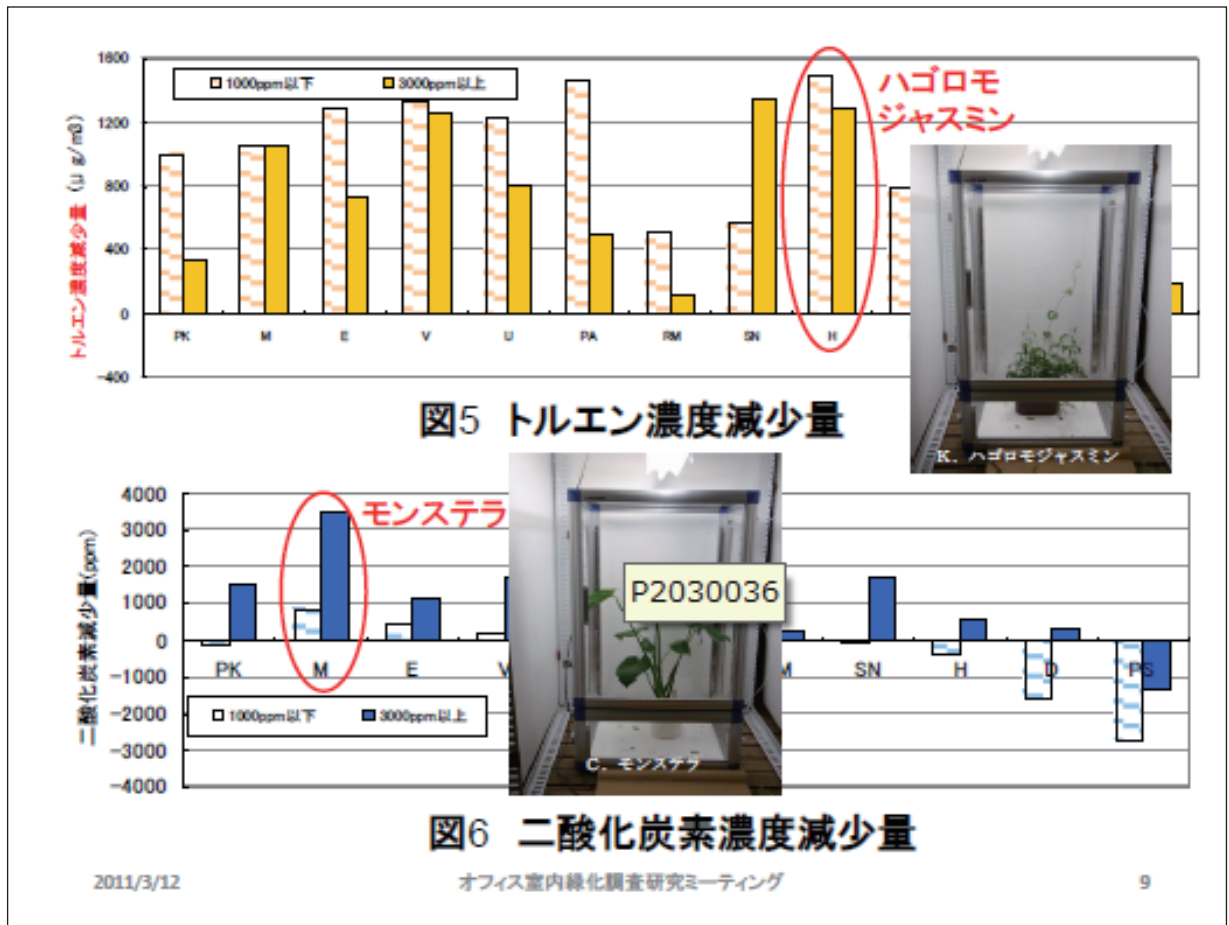
表4 各実験条件における温湿度

	デシケータ内		デシケータ外
	1000ppm以下	3000ppm以上	
温度 [°C]	25.1(±0.8)	25.5(±1.1)	25.0(±1.1)
相対湿度 [%]	91.5(±4.8)	88.1(±6.6)	10.0(±7.4)

*表中の括弧内は標準偏差を示す。
2011/3/12 オフィス室内緑化調査研究ミーティング

8

左は調べた植物のリスト。下は条件。温度、相対湿度、それから、CO2の初期濃度をいくつか変えておこなっています。



これが、トルエンの濃度の減少量で、下が二酸化炭素の減少量ということで、横軸に先ほどの植物を示しています。縦の棒が2種類あって、薄い色と濃い黄色があるんですけども、それぞれ、初期濃度1000ppm、3000ppmとしたときにトルエン、あるいは二酸化炭素がどの程度減少したかという結果です。詳しくはまだ、検証しておりませんが、上のトルエンではハゴロモジャスミン、下の二酸化炭素濃度ではモンステラが極めて高い減少量を示したということになっております。

2. 観葉植物が知的生産性に及ぼす影響

- ▶ 温度制御可能な実大チャンバー(内法3.6×2.7×2.4m)
- ▶ ベンジャミンとアレカヤシの2種類の観葉植物をチャンバー内に配置した場合と同種の擬似観葉植物を配置した場合、配置しない場合の3条件

ここからが本番ということで、工学ですから、環境の価値をいかに高めるかっていうのが大事です。中でも、CO₂やVOC濃度を下げるのはもちろんのことですが、環境の本来の用途である作業のしやすさとか、あるいは快適感というものが我々の大事なターゲットですので、そのための実験をおこないました。チャンバーと呼んでいる小さな6畳間くらいの環境を作り、机を二つ並べて、学生にボランティアになってもらって、その環境の評価とかプロダクティビティ、非常に広い意味がありますけれども、単純作業ですか、

ちょっと知的な作業、例えば記憶ですか、タイピングですか、ちょっと難しい文章の構成ですか、最近ではちょっと変わった数読みたいなことを、いろいろな環境条件の中でおこないまして条件や植物の有る、無しでどう変わるのかということ調べました。

被験者・実験手順

Table.1 身体データ

Sex	No	Age[year]	Height[cm]	Weight[kg]
Male	8	23.4±2.9	171.4±5.7	69.4±12.6
Female	2	23.5±0.7	151.0±7.1	51.2±7.7
All	10	23.4±2.5	167.3±10.2	65.7±13.7

Mean ± Standard Deviation

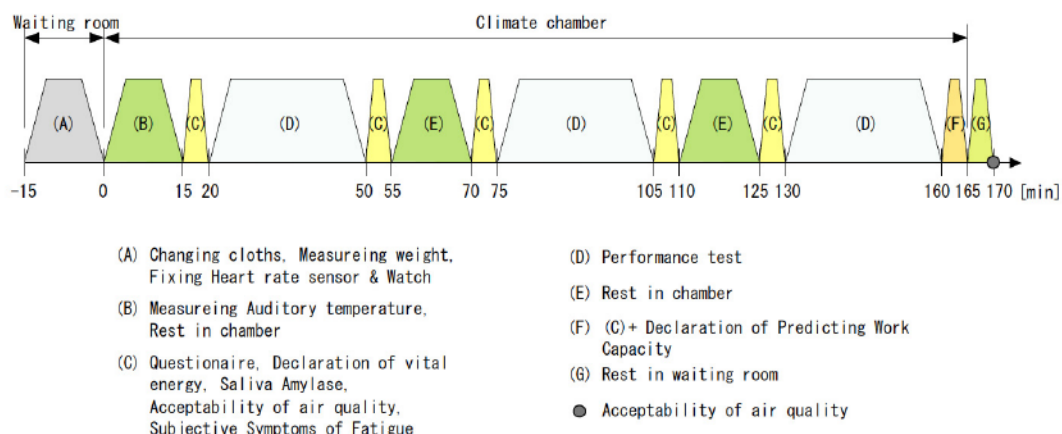


Figure 1 実験手順

被験者は、学生男女10名、下がそのスケジュールです。1回の実験で3時間くらい拘束しますので、学生は終わるときには、大分くたびれていて、すぐには実験はできませんけれども、中立的な場所で休んでもらってアンケート、それから作業、アンケート、休んでもらってという3セット、こういったスケジュールでやりました。

1. Saliva amylase

$$AMY_{score} = 4 \frac{AMY - AMY_{min}}{AMY_{max} - AMY_{min}} + 1$$

植物ありの方が、アミラーゼの値の上昇が少なかった。人工植物も効果あり⁴。

AMY_{score} : normalized amylase (1 ≤ AMY_{score} ≤ 5)
 AMY_{max} : amylase measurements
 AMY_{min} : maximum every subjects
 AMY : manimum every subjects

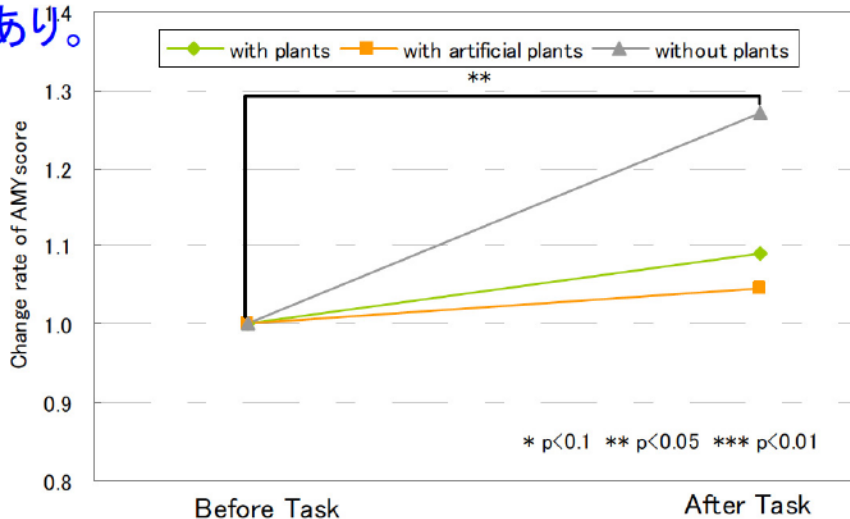


Figure 2 AMYscore変化率

とりあえず、植物の有り、無しですけれども、アミラーゼという、ストレスを計る一つの指標、図を見ていただくと、横軸がBEFOREとAFTERという、作業をおこなう前と後の比較です。植物の無い場合は作業が終わった後のアミラーゼが高くなっています。それに比べて、植物のある場合や模擬的な植物。ある場合はそれほどアミラーゼが上昇しない結果でした。

2. Heart Rate

$$R = \frac{H}{H_0}$$

H_0 : mean of first 15 minutes (during rest)

H : Heart rate measurements

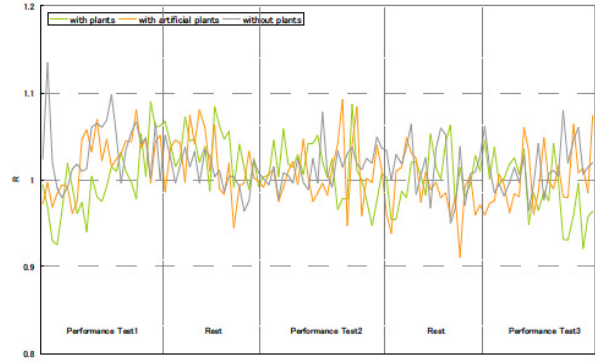


Figure.3. R

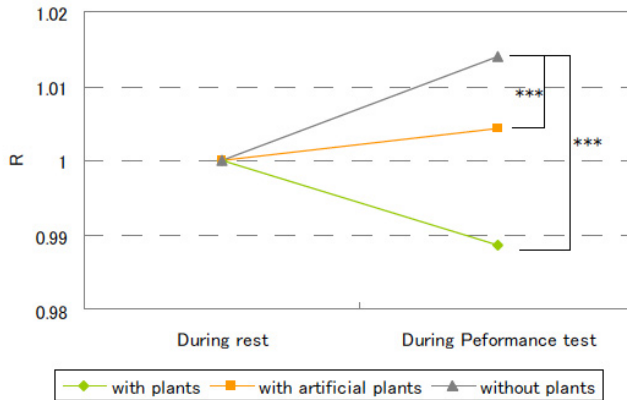


Figure 4 R変化率

植物なしの場合は作業終了後、心拍数の上昇がみられたが、植物ありの場合では心拍数の減少が見られた。

14

これが心拍数です。心拍数にも効果があらわれます。実際の植物で、作業場に比べて作業後の心拍数が落ちているという、リラックス効果が見られました。

Memory TEST

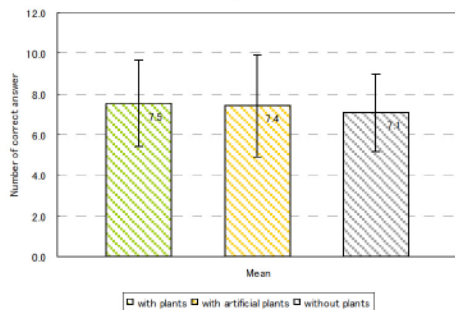


Figure 5 Result of Performance test (Memory test)

条件間で有意差は確認されなかったが、観葉植物有の場合に最も正解数が多い結果となった

15

これも単純作業で記憶力はそれほど大きな違いはありませんけれども、若干、左にある植物有りの方が、記憶の正答数が高くなったというものです。

Addition TEST

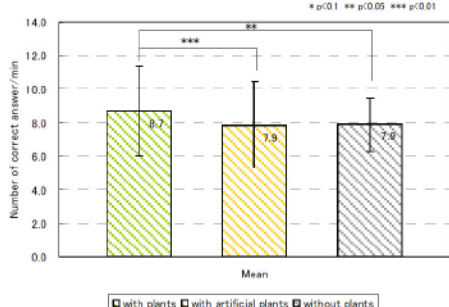
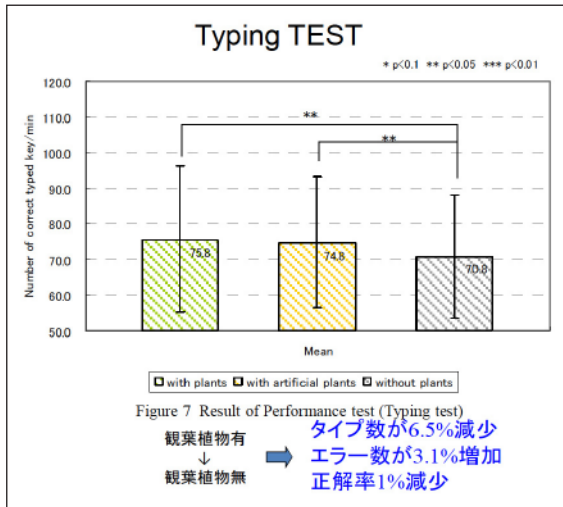


Figure 6 Result of Performance test (addition test)

観葉植物有
↓
観葉植物無 → 正答に要する時間が9.3%短縮
正解率に関しては有意差無

足し算の場合は明らかに緑が有の方が0.1%の有意差がありました。



これがタイピングです。これも若干ですけれども効果がみられます。

3. オフィスにおける観葉植物が執務者の知的生産性に及ぼす影響に関する調査

- 調査期間: 2011年2月21～2011年3月4日
- 調査対象: 豊橋市内Aビル内B社
- 調査項目:
 - 物理環境 (温湿度, グローブ温度, CO2, 粉塵, ホルムアルデヒド, トルエン, 照度分布, 等価騒音レベル)
 - 主観的評価 (SAP, Subjective Assessment of Workplace: 温熱, 空気質, 音, 光, 空間, 知的生産性), CVM (Contingent Valuation Method)
 - 生理量 (アミラーゼ)
- 被験者: 30名 (内アミラーゼ 10名)

表1 被験者の属性

性別	被験者数 (人)	年齢 (才) 平均±標準偏差
男性	13	44.1±8.9
女性	17	32.2±6.4
全体	30	36.8±7.7

2011/3/12

オフィス室内緑化調査研究ミーティング

11

これが最新のデータで、先週までやっていた実際のオフィスを対象にした物理測定と、それからアミラーゼの測定。それから、心理的な評価ということでアンケートを実施しました。これは豊橋市内にあるビルのB社ということで、大体100人くらいのオフィスの中で、男女合わせて30名の方に調査の協力をさせていただきました。



2011/3/12

オフィス室内緑化調査研究ミーティング

12

これは左側がBEFOREで、緑化をした後がAFTER。通路がそんなに広がらないので、これ以上だとちょっと邪魔になるということで、それでも置けるだけ緑を置いたら、雰囲気が変わっていますね。

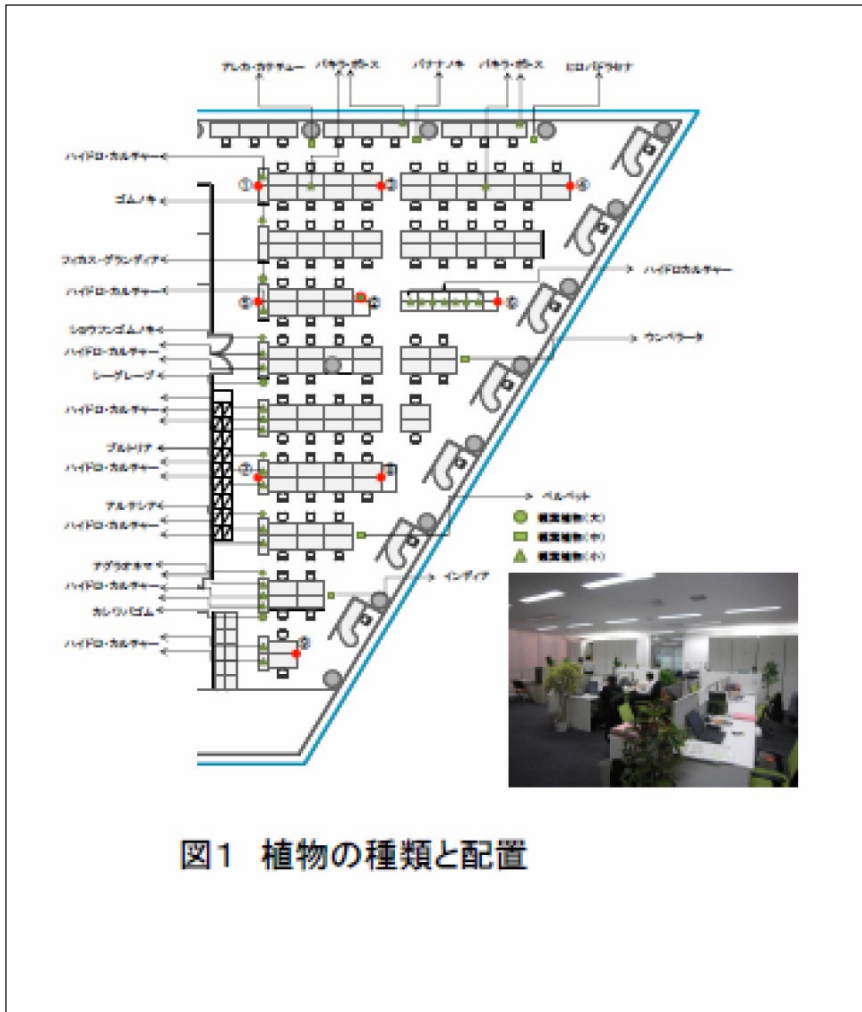
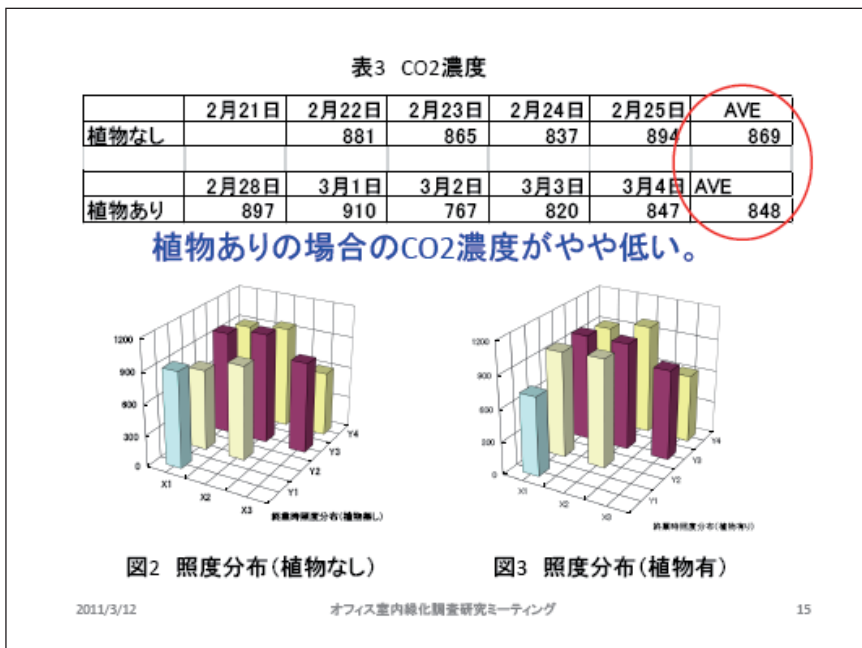


図1 植物の種類と配置

これが平面図です。赤丸がその測定点で、黒く、丸とか三角とか四角というのは植物を置いた場所、そして種類を表しています。



CO2は若干ですが、やや低くなっています。

表4 VOC(トルエン, ホルムアルデヒド)濃度

	トルエン		ホルムアルデヒド	
	mean	SD	mean	SD
植物なし	2月21日	0.99 ± 2.13	0.06 ± 0.11	
	2月22日	0.45 ± 0.19	0.02 ± 0.03	
	2月23日	0.85 ± 0.34	0.06 ± 0.01	
	2月24日			
	2月25日			
MEAN	0.77 ± 0.89	0.05 ± 0.05		
植物あり	2月28日	0.93 ± 0.35	0.06 ± 0.03	
	3月1日	0.41 ± 0.21	0.05 ± 0.03	
	3月2日	0.47 ± 0.35	0.05 ± 0.05	
	3月3日	0.63 ± 0.76	0.04 ± 0.07	
	3月4日	0.06 ± 0.06	0.01 ± 0.03	
MEAN	0.50 ± 0.34	0.04 ± 0.04		

(注)厚生労働省ガイドライン:トルエン 0.07ppm, ホルムアルデヒド 0.08ppm

植物ありの場合、トルエンで約40%減、ホルムアルデヒドで約20%減の濃度となった。

これがVOCですけれども、この程度の量でもトルエンやホルムアルデヒドの減少が見られます。

トルエンの場合、約40%減。ホルムアルデヒドで20%減という数値が得られました。

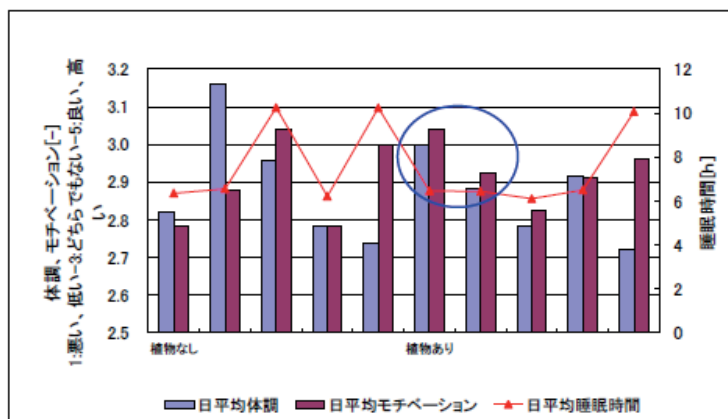


図4 体調, モチベーション, 睡眠時間

植物設置後の2日間と週末にかけて、仕事に対するモチベーションが高くなった。

次は、モチベーションです。調査では2週目に緑を置きました。週明けにオフィスに行きますと、月曜、火曜と、一般にはみなさんモチベーションがなかなか上がらないと思われそうですが、植物がありますと、モチベーションがいつもより上がっているという結果になっています。

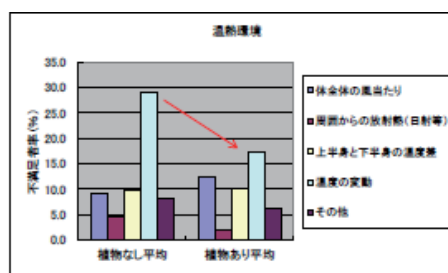


図5 温熱環境に対する不満足者率

温度変動に対する不満が減少

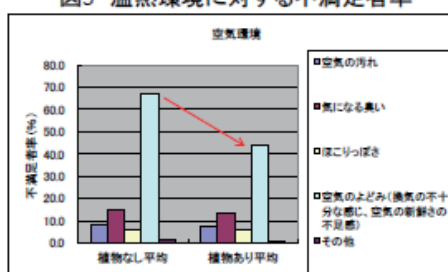
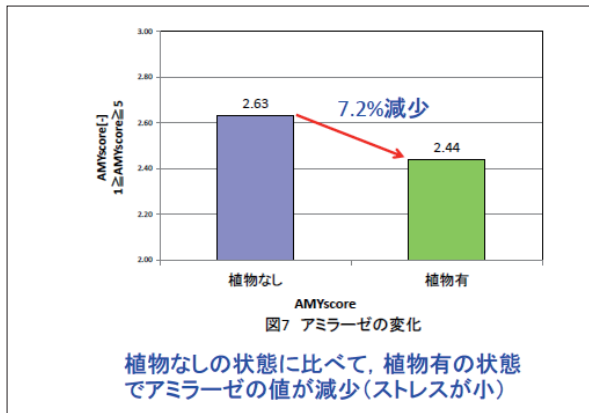


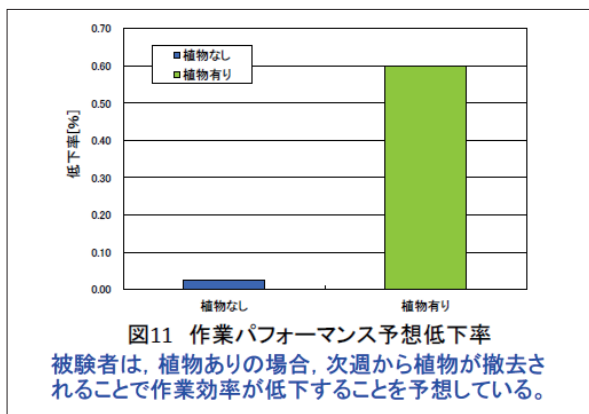
図6 空気環境に対する不満足者率

空気のよどみに対する不満が減少

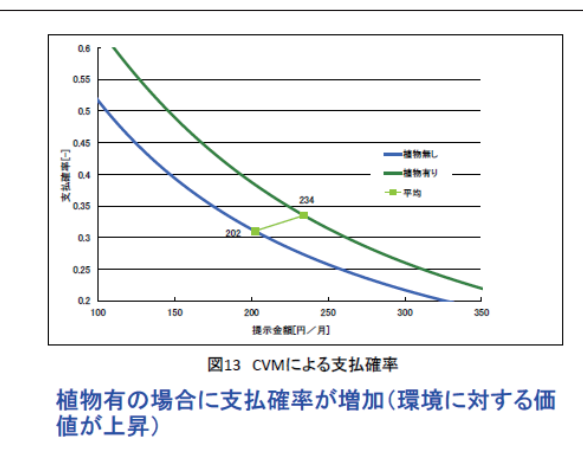
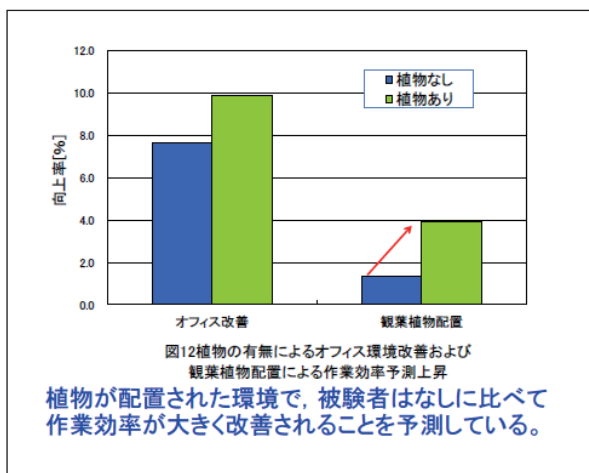
次に、温熱環境に対する不満足者の割合です。植物無しに比べて有りの方が不満と感じる人の割合がグッと減っております。



アミラーゼの結果も約7%減少しております。



これは自覚症状で例えば体がだるいとか、疲れているとか、そういったものを調べたものですが、25%くらい減少しています。



これは作業パフォーマンスですが、実際のパフォーマンスをお願いするわけにもいきませんので、アンケートの中で、そのパフォーマンスを計る、といった仕組みができてまして、これを利用して植物無しの場合と有りの場合で作業パフォーマンスの予想低下率を出しましたところ、次の週に、植物を撤去するというアナウンスをしたところ、そうになったらちょっとがっかりするといいますが、作業パフォーマンスの低下を予想することとなりました。

植物が心理的に、あるいは実際の作業効率に関係するようなアンケートの良い結果がでたと思います。



山下 ありがとうございます。

続きましてお願いいたしますのは桐蔭横浜大学工学部、そして、桐蔭横浜大学大学院工学研究科准教授、飯島健太郎先生です。飯島先生には、植物の持つ癒しというような心理的効果について、それから、たくさんの全国各地の室内緑化の事例なども取材をしてらっしゃいますので、その紹介などもさせていただこうと思っております。