室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

積雪寒冷地における戸建て住宅地の樹木分布特性と二酸化炭素固定効果に関する研究

メタデータ	言語: Japanese
	出版者: 北海道開発技術センター
	公開日: 2012-08-30
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 市村, 恒士, 深川, 隆道, 黒澤, 和隆
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/1596

室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

積雪寒冷地における戸建て住宅地の樹木分布特性と二酸化炭素固定効果に関する研究

その他（別言語等）のタイトル	A Study on the trees distribution property and the atmospheric CO_2 storage effect of detached houses in snowy and cold area
著者	市村　恒士，深川　隆道，黒澤　和隆
雑誌名	寒地技術論文・報告集
巻	21
ページ	332-339
発行年	2005
URL	http://hdl.handle.net/10258/1596

第21回　寒地技術シンポジウム
2005年12月 5，6，7日

CTC05－I－053

積雪寒冷地における戸建て住宅地の樹木分布特性と二酸化炭素固定効果に関する研究

市　村　恒　士（室蘭工業大学　建設システム工学科）
深　川　隆　道（㈱淺沼組）
黒　澤　和　隆（室蘭工業大学　建設システム工学科）

A Study on the trees distribution property and the atmospheric CO_2 storage effect of detached houses in snowy and cold area

K. Ichimura　(Muroran Institute of Technology)
T. Fukagawa　(Asanuma Corp.)
K. Kurosawa　(Muroran Institute of Technology)

COLD
REGION
TECHNOLOGY
CONFERENCE 2005

1　研究の背景及び目的

京都議定書や気候変動枠組条約締約国会議（COP）等の地球温暖化防止に関わる国際的な議論の中でも，温室効果ガスの吸収源対策として都市緑化が位置づけられることとなり，我が国で策定された地球温暖化防止推進大綱[1]においては，京都議定書で取り決められた削減量である二酸化炭素（以降，CO_2）排出量6%（1990年排出比）削減の目標に対し，その内0.33%（全排出量の0.02%）のCO_2排出量の削減分を都市緑化によるCO_2固定に期待している。

一方で，国際的な議論[2]や我が国の地球温暖化防止推進大綱[1]においても指摘されているように，都市緑地のCO_2固定量に関する妥当な推定法や推定の際に必要となる原単位等が明らかになっていない現状において，これらを明らかにすべく都市緑地のCO_2固定効果に関する研究[3)4)など]が求められている。

他方で，我が国の建設関連からのCO_2排出量は全体の約1/3を占める状況の中，建築分野においては，次世代省エネルギー基準の設定，建築物の$LCCO_2$の検討等の，「建築物」を中心とした地球温暖化対策を進めてきたが，近年では，例えば，CASBEE等の総合環境性能評価において「敷地内外部空間」の環境品質・性能が位置づけられたように，「建築物」のみならず「敷地内外部空間」も含めた環境対応，地球温暖化対策が求められる状況となってきている。

このような状況のもと，戸建て住宅地における樹木のCO_2固定効果について検討することは，都市緑地のCO_2固定効果に関する研究蓄積に寄与するだけでなく，住宅地を対象とした総合環境性能評価や$LCCO_2$の検討に際して，「敷地内外部空間」のCO_2固定能を位置づけることにも寄与すると考えられる。

そこで本研究では，積雪寒冷地における戸建て住宅地を対象として，その樹木分布特性を明らかにすること，それに基づきCO_2固定量を明確にすること，等を目的とした。

なお，本研究では，積雪寒冷地の住宅地を対象としたが，理想的には，多様な気候，植生や住宅地の特性を鑑み，様々なタイプの住宅地を対象とした網羅的な研究が求められる。一方，積雪寒冷地においては，住宅地に植栽される樹種や樹木の成長が他地域とは異なること，戸建て住宅地の植栽形態についても，雪置きスペースを配慮する等の他地域とは異なる敷地内外部空間の特性を有することから，他地域とは異なる独自のCO_2固定効果が想定され，本研究の結果は，前述したような網羅的な研究の一端を構成できるものと考えられる。

市村　恒士／室蘭工業大学建設システム工学科
（〒050-8585　室蘭市水元町27-1　TEL＆FAX：0143-46-5240　E-mail：kichi@mmm.muroran-it.ac.jp）

2 研究の方法

2.1 調査対象住宅の選定

本研究では，緑化のためのスペース確保が可能である一定程度の敷地面積を有する住宅であること，現状において比較的緑化されている状況にあること等を条件に，札幌市清田区平岡公園東にある74戸を調査対象住宅として選定した。調査対象住宅の立地する清田区の一部は，緑化重点地区に指定され民有地の緑化も推進している。特に平岡公園東地区は，第1低層住居専用地域であり地区計画も行われている新興住宅地である。

2.2 調査対象住宅の敷地条件等の把握

調査対象住宅の敷地条件等を把握するために，現地調査及びアンケート調査を実施した。調査内容は，敷地面積，建築面積，空地面積，居住者特性（人数，居住年数）等である。

2.3 調査対象住宅の樹木分布特性の把握と CO_2 固定量の推定

都市緑地の CO_2 固定量の評価には，これまでに吸収固定した CO_2 を大気中に放出しないで今までにどれだけ樹木体内に貯留してきたかという意味でのストック効果と，樹木の成長に伴って年間にどれだけ CO_2 を固定できるかという成長効果とに大別される[5]。本研究においても，ストック効果を評価する「累積 CO_2 固定量」と成長効果を評価する「年間 CO_2 固定量」の2つの CO_2 固定量を評価の対象とすることとした。

表 1 本研究で用いた容積密度数及び平均年輪幅[9)10)11)]

適応した樹種別の容積密度数及び平均年輪幅[1)]			本調査対象となった樹種
適応した科	容積密度数[注2)] (kg/m³)	平均年輪幅[注3)] (mm)	
イチイ科平均-低木[注4)]	0.43	0.19	キャラボク
イチイ科平均	0.43	0.95	イチイ
カエデ科平均	0.54	1.60	カエデ，モミジ
カバノキ科平均	0.49	2.40	シラカンバ
コウヤマキ科平均	0.26	1.40	コウヤマキ
スギ科平均	0.29	3.20	スギ
ツバキ科平均	0.58	0.90	ナツツバキ
トチノキ科平均	0.43	1.30	トチノキ
バラ科平均-低木[注4)]	0.48	0.26	コデマリ，バラ
バラ科	0.48	1.30	アンズ，ウメ，カリン，サクラ，サクランボ，ナナカマド，ヒメリンゴ，プラム，モモ，リンゴ
ヒノキ科	0.31	1.24	ヒノキ
ブナ科	0.60	2.18	クリ，スダジイ
マツ科	0.37	2.14	マツ，モミ
マメ科-低木[注4)]	0.54	1.89	エニシダ
マメ科	0.54	9.45	ネムノキ
ミズキ科	0.52	2.20	ヤマボウシ
モクセイ科-低木[注4)]	0.57	0.32	ライラック，レンギョウ
モクレン科	0.39	1.50	ヒメコブシ，モクレン
モチノキ科-低木[注4)]	0.70	0.22	ウメモドキ
落葉広葉樹平均-低木[注4)]	0.46	0.55	グミ，サラサドウダンツツジ，シャクナゲ，ツツジ，ツリバナ，ニシキギ，バイカウツギ，ボタン，ムクゲ，エゴノキ，ガマズミ，ブドウ
落葉針葉樹平均	0.43	2.50	イチョウ
広葉樹平均	0.50	2.44	ブルーン

注1)：参考：林業試験場木材部・木材利用部（1982）
注2)：林業試験場木材部・木材利用部（1982）に掲載される各科，各区分の容積密度の平均値
注3)：林業試験場木材部・木材利用部（1982）に掲載される各科，各区分の平均年輪幅の平均値
注4)：低木[注5)]については便宜的に各科の1/5の値とした。これは，高木種の胸高直径最大値が概ね50cm～100cm程度である一方で低木種のそれが10cm～20cm程度であるため[注5)]である
注5)：参考：飯島，安藤（1974a，b）

(1) 累積 CO_2 固定量の推定

都市緑地の CO_2 固定量の推定において基礎となるのは，緑地内の個々の樹木（：立木）の累積 CO_2 固定量である。これを積み上げることによって，各緑地全体の累積 CO_2 固定量を算出することができる[5]。

本研究では，以下のような立木の累積 CO_2 固定量の推定法を用いることとした。

まず，74戸の調査対象住宅の庭に植栽された樹木（以下，調査対象樹木）の測定・調査を行った。測定・調査項目は，胸高直径，樹高及び樹種であり，測器として，胸高直径については巻き尺を，樹高については，シュピーゲルレラスコープ（オーストリア製）を用いた。調査対象樹木となった樹木本数は1,407本（胸高直径1.2mに満たない樹種及び胸高直径2cm以下の樹木は除外した）となった。

次に，幹及び根[注1)]の材積量を推定した。具体的には，樹木の測定・調査で得られた各調査対象樹木の胸高直径及び樹高のデータを，林野庁の立木材積表[6]に当てはめ，幹材積量（単位：m^3）を推定した。また，幹と根の材積比に関する文献[7)8)]から幹：根＝10：2として，幹材積量に1.2を乗じて幹及び根材積量（単位：m^3）を算出した。

さらに，各調査対象樹木の幹及び根の材積量（単位：m^3）に生木の材積量と乾燥重量の比（容積密度数（単位:kg/m^3））を乗じて乾燥重量（単位：kg）を算出し，得られた乾燥重量に0.5を乗じて[注2)]炭素換算[注3)]した累積 CO_2 固定量（単位:kg-C）を推定した。

実際に用いた容積密度数は，既往文献[9]にある我が国の主要樹種別の容積密度数のデータを活用した（表1）[注4)]。

(2) 年間 CO_2 固定量の推定

都市緑地の年間 CO_2 固定量は，n年時の累積 CO_2

固定量と，累積 CO_2 固定量の算出のためのパラメータ（胸高直径，樹高等）の年間成長量分を反映した（n+1）年の累積 CO_2 固定量との差分を算出することで把握が可能となる [5]。本研究においては，既往文献 [5]の平均年輪幅のデータを参考として年間 CO_2 固定量を推定することとした[注5]。

具体的には，まず，各調査対象樹木について，調査時の胸高直径に調査後 1 年経過ごとに平均年輪幅（表 1）の 2 倍の値を加えることで，調査後 1 年後～調査後 31 年後[注6] 各年の胸高直径を予測した。実際に用いた平均年輪幅は，既往文献 [9]にある我が国の主要樹種別の平均年輪幅のデータを活用した[注4]。

次に，全調査対象樹木の調査時の胸高直径と幹及び根の材積量との関係式を作成し，その関係式に調査後 1 年後～調査後 31 年後各年の胸高直径データの予測値を代入することで，各年の幹及び根の材積量を推定した。

さらに，推定された各年の幹及び根の材積量から，前述した累積 CO_2 固定量の推定方法にもとづき各年の累積 CO_2 固定量を推定した。

そして，n 年時の累積 CO_2 固定量と（n+1）年の累積 CO_2 固定量との差分を算出し，調査時～調査後 30 年後各年の年間 CO_2 固定量を算出した。

このように得られた調査対象樹木の CO_2 固定量について，各戸ごとに積算し，敷地面積等で除すことで，各調査対象住宅の各戸当たり，敷地面積 1 ㎡当たり，及び空地面積 1 ㎡当たりの累積及び年間の CO_2 固定量について推定した。

2.4 調査対象住宅における住民の緑化等に関する意識の把握

住民の緑化意向等に関する意識を把握するためにアンケート調査を実施した。調査内容は，住民の属性，庭の現況，緑化の意向，環境問題への意識等に関する質問である。実際には，現地調査と同時に実施した。

3 結果及び考察

3.1 調査対象住宅の敷地条件等の概要

調査対象住宅の敷地条件等をみると，表 2 に示すとおり，各々の要素の平均及び最大値は，家族構成平均 3.3 人，居住年数 10.1 年，15 年，敷地面積 245.4 ㎡，369.8 ㎡，空地面積 141.6 ㎡，248.6 ㎡，建蔽率 39%，57%となった。

3.2 調査対象住宅の樹木分布特性

調査対象住宅の樹木分布特性をみると，表 3 に示すとおり，各戸当たりの樹木本数は，平均 19 本，最大 63 本，敷地面積 1 ㎡当たりの樹木本数は，平均

表 2 調査対象住宅の敷地条件等の特性

	家族人数（人）	居住年数（年）	敷地面積（㎡）	建築面積（㎡）	延床面積（㎡）	空地面積（㎡）	建蔽率	容積率
平均	**3.3**	**10.1**	**245**	**95**	**148**	**142**	**39%**	**60%**
最大値	7.0	15.0	370	132	229	249	57%	80%
最小値	1.0	1.0	165	55	99	53	28%	46%

表 3 調査対象樹木の樹木分布特性

	樹本木数（本）	敷地面積 1m²当たり樹木本数（本）	空地面積 1m²当たり樹木本数（本）	樹木被覆地面積（㎡）	樹木被覆地率（/敷地面積）	樹木被覆地率（/空地面積）
平均	**19**	**0.08**	**0.14**	**43.3**	**17%**	**31%**
最大値	63	0.22	0.39	120.6	39%	60%
最小値	1	0.01	0.01	12.6	6%	11%

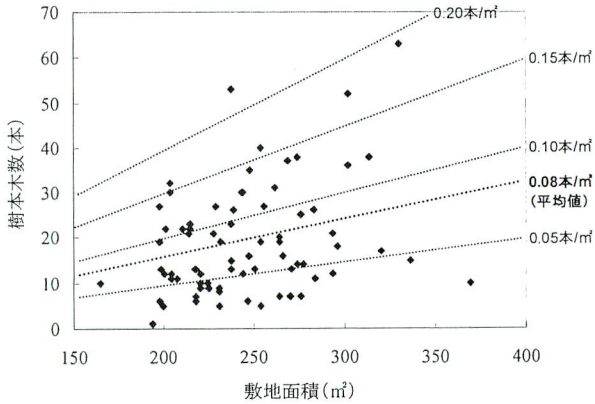


図 1 敷地面積と樹木本数との関連性

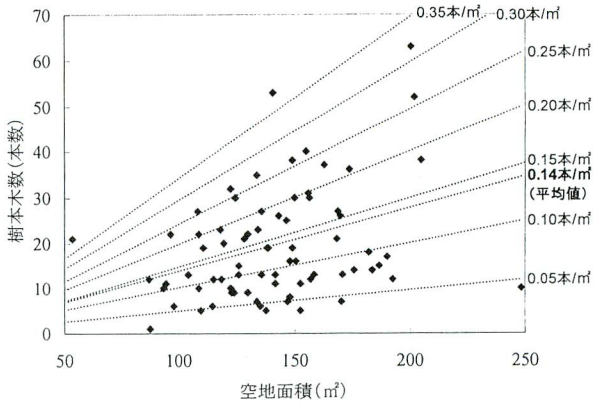


図 2 空地面積と樹木本数との関連性

0.08 本/㎡，最大 0.22 本/㎡，空地面積 1 ㎡当たりの樹木本数は，平均 0.14 本/㎡，最大 0.39 本/㎡となった。また，航空写真にもとづき緑被地面積を計測した結果，各戸の敷地面積当たりの樹木被覆地率は，平均 17%，最大 39%，空地面積当たりの樹木被覆地率は，平均 31%，最大 60%となった。

次に，敷地面積と樹木本数との関連性を検討した結果，図 1 に示すとおり，敷地面積の拡大による樹木本数の増加傾向は殆ど認められなかった[注6)]。

さらに，空地面積と樹木本数との関連性を検討した結果，図 2 に示すとおり，敷地面積同様，空地面積の拡大による樹木本数の増加傾向は殆ど認められなかった[注6)]。

3.3 調査対象樹木の形状等の特性と CO_2 固定量

(1) 調査対象樹木の形状等の特性

調査対象樹木となった 1,407 本の樹木の形状等の特性について以下に示す。

まず，調査対象樹木の樹種のうち割合の大きくなった樹種 10 位までを抽出した結果，表 4 に示すとおり，調査対象樹木のうち，構成割合が大きくなった樹種は，ヒノキ（22%），イチイ（17%），モミジ（15%）となった。

次に，調査対象樹木の胸高直径と樹高の散布図を作成した結果，図 3 に示すとおり，調査時における胸高直径は，10cm 以下の樹木が殆どであること，最大でも 20cm 程度であること，樹高は 5m 以下が殆どであり，最大で 9m 程度であること，胸高直径が大きいほど樹高が高くなる傾向が多少認められるが，ばらつきも大きいこと等が把握された。

(2) 調査対象樹木の CO_2 固定量の推定

調査対象樹木の調査時の 1 本当たりの累積 CO_2 固定量の推定値と胸高直径との関連性を検討した結果，図 4 に示すとおり，調査時の 1 本当たりの累積 CO_2 固定量は平均 1.63kg-C/本，最大で 27.03kg-C/本となること，胸高直径が大きいほど 1 本当たりの累積 CO_2 固定量は大きくなる傾向にあること等が把握された。

次に，研究の方法に記したプロセスにもとづき，以下に調査対象樹木の年間 CO_2 固定量を推定した。

まず，調査対象樹木の胸高直径の推移（調査後 30 年まで）を既往文献の平均年輪幅にもとづいて予測した結果，図 5 に示すとおり，調査時に胸高直径 5cm 以下の樹木が約 50%を占めている状況から，10 年後には，5～10cm の樹木が 60%程度，20 年後には，10cm 以上が約 50%，30 年後には 10cm 以上が約 70%程度となることが予測された。

次に，全調査対象樹木の調査時の胸高直径と幹及び根の材積量との関係式を作成した結果，図 6 に示すような累乗の関係式（決定係数：0.875）を得ることが出来た。

得られた関係式と調査後 1 年後～調査後 31 年後各年の胸高直径データの予測値にもとづき推定した調査対象樹木の累積 CO_2 固定量の分布の推移を検討した結果，図 7 に示すとおり，調査時には，累積 CO_2 固定量が 5kg-C/本以下の樹木が 95%であるが，調査後 10 年後においては，5kg-C/本以下の樹木は，約 80%，20 年後には，約 60%と減少し，30 年後には 5kg-C/本以上の樹木が半数以上を占めることが把握された。

また，調査対象樹木の累積 CO_2 固定量から，年間

表 4 調査対象樹木の樹種特性

上位10種	樹種	本数	割合
1	ヒノキ	308	22%
2	イチイ	235	17%
3	モミジ	209	15%
4	ツツジ	75	5%
5	ドウダンツツジ	66	5%
6	ナツツバキ	52	4%
7	ライラック	50	4%
8	マツ	46	3%
9	サクラ	34	2%
10	シャクナゲ	34	2%
	総計	1407	100%

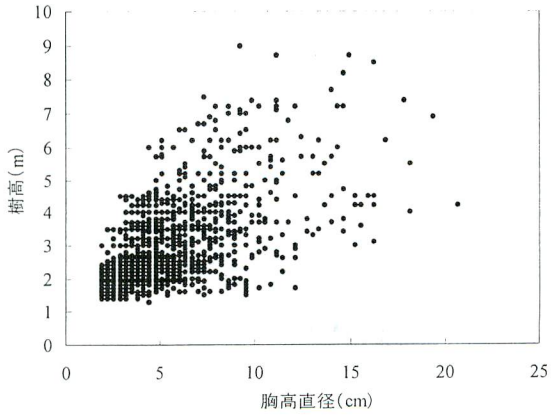


図 3 調査時の胸高直径と樹高との関連性

CO_2固定量を推定した結果，図 8 に示すとおり，調査時においては，年間 CO_2固定量が 0.2kg-C/本以下の樹木が約 90%を占めるが，年数が経過するとともに全体的に固定量は増加傾向を示し，30 年後には 0.2kg-C/本以上の樹木が半数以上を占めることが把握された。

3.4 調査対象住宅の CO_2固定量

(1) 調査対象住宅の累積 CO_2固定量

調査対象住宅における各種の累積CO_2固定量を推定した結果を以下に示す。

まず，調査対象住宅における 1 戸当たりの累積CO_2固定量の推移をみると，図 9 に示すとおり，調査時は，平均 29kg-C/戸，最大 103kg-C/戸程度であること，調査後 30 年まで増加傾向を示し，調査後 30 年後には，平均 169kg-C/戸，最大 871kg-C/戸となること等が把握された。

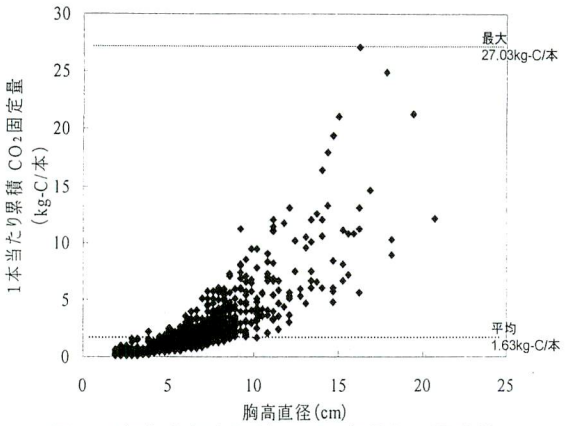


図 4 胸高直径と累積 CO_2固定量との関連性

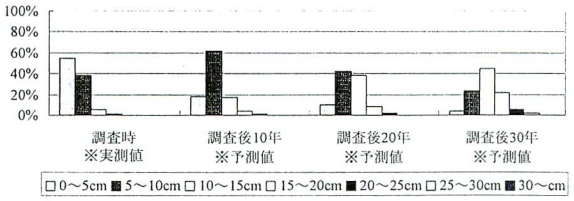


図 5 胸高直径分布の予測推移

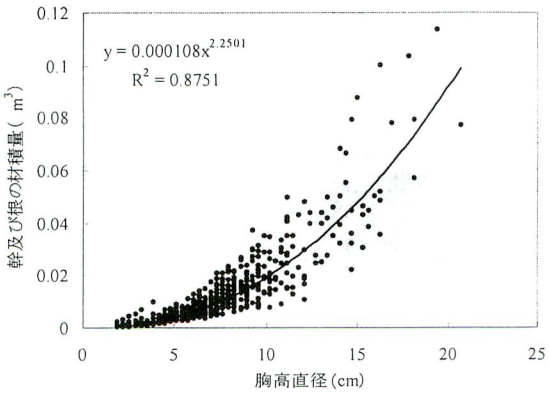


図 6 胸高直径と幹及び根の材積量との関連性

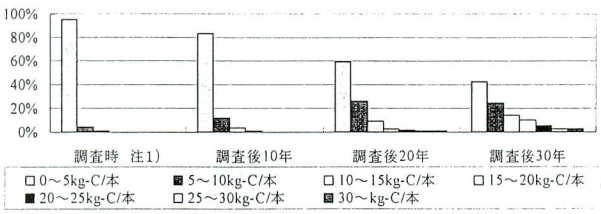
次に，調査対象住宅における敷地面積 1 ㎡当たりの累積 CO_2固定量の推移をみると，図 10 に示すとおり，調査時は，平均 0.11kg-C/㎡，最大 0.33kg-C/㎡程度であること，調査後 30 年まで増加傾向を示し，調査後 30 年後には，平均 0.67kg-C/㎡，最大 2.78kg-C/㎡となること等が把握された。

さらに，調査対象住宅の空地面積 1 ㎡当たりの累積 CO_2固定量の推移をみると，図 11 に示すとおり，調査時は，平均 0.20kg-C/㎡，最大 0.64kg-C/㎡程度であること，調査後 30 年まで増加傾向を示し，調査後 30 年後には，平均 1.18kg-C/㎡，最大 4.25kg-C/㎡となること等が把握された。

(2) 調査対象住宅の年間 CO_2固定量

調査対象住宅における各種の年間CO_2固定量を推定した結果を以下に示す。

まず，調査対象住宅における 1 戸当たりの年間CO_2固定量の推移をみると，図 12 に示すとおり，調査時は，平均 2.3kg-C/戸・年，最大 7.1kg-C/戸・年程度であること，調査後 30 年まで増加傾向を示し，調査後 30 年後には，平均 7.5kg-C/戸・年，最大 53.1kg-C/戸・年となること等が把握された。



注1)この調査時の累積CO2固定量は，調査後の予測値と同様プロセス(胸高直径と幹及び根の材積式を利用)で推定した値である

図 7 調査対象樹木の累積 CO_2固定量の分布の推移

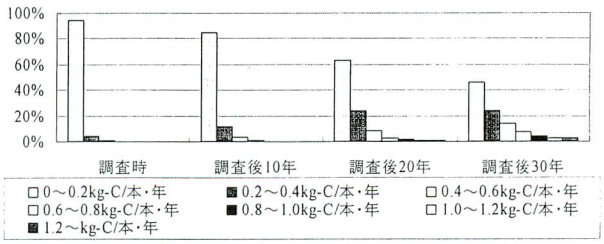


図 8 調査対象樹木の年間 CO_2固定量の分布の推移

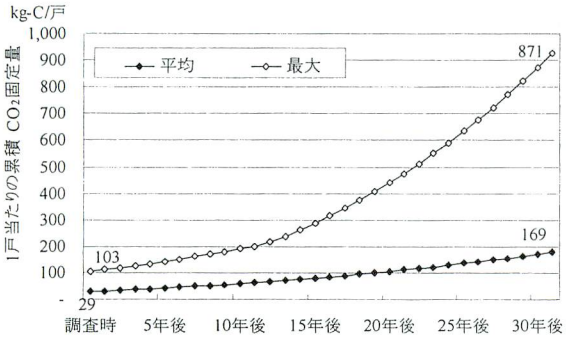


図 9 1戸当たりの累積 CO_2 固定量の推移

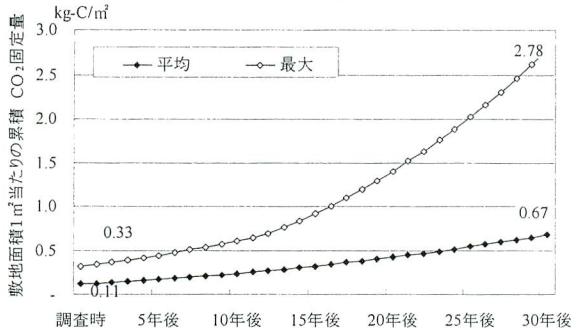


図 10 敷地面積 1 ㎡当たりの累積 CO_2 固定量の推移

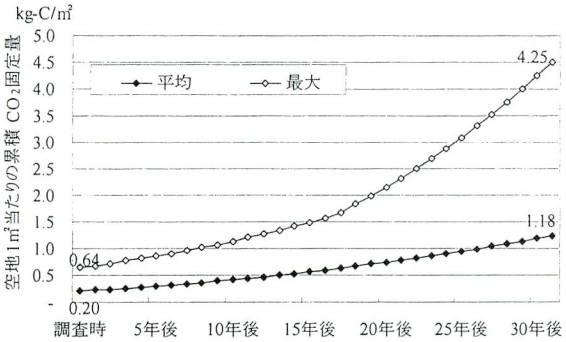


図 11 空地面積 1 ㎡当たりの累積 CO_2 固定量の推移

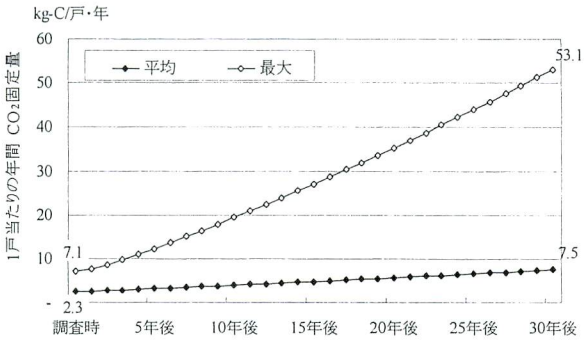


図 12 1戸当たりの年間 CO_2 固定量の推移

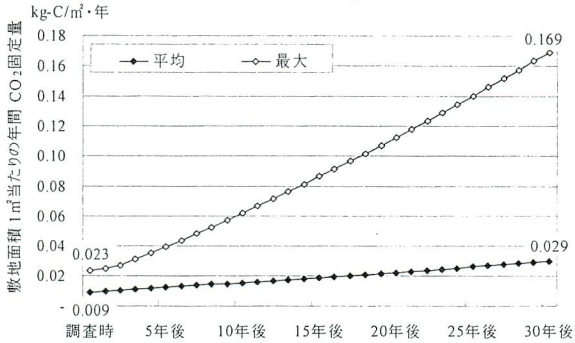


図 13 敷地面積 1 ㎡当たりの年間 CO_2 固定量の推移

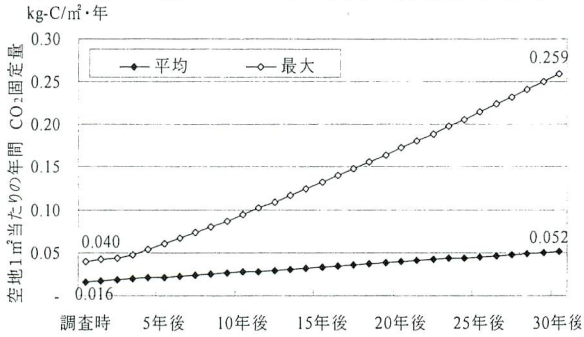


図 14 空地面積 1 ㎡当たりの年間 CO_2 固定量の推移

次に，調査対象住宅における敷地面積 1 ㎡当たりの年間 CO_2 固定量の推移をみると，図 13 に示すとおり，調査時は，平均 0.009kg-C/㎡・年，最大 0.027kg-C/㎡・年程度であること，調査後 30 年まで増加傾向を示し，調査後 30 年後には，平均 0.029kg-C/㎡・年，最大 0.169kg-C/㎡・年となること等が把握された。

さらに，調査対象住宅の空地面積 1 ㎡当たりの年間 CO_2 固定量の推移をみると，図 14 に示すとおり，調査時は，平均 0.016kg-C/㎡・年，最大 0.040kg-C/㎡・年程度であること，調査後 30 年まで増加傾向を示し，調査後 30 年後には，平均 0.052kg-C/㎡・年，最大 0.259kg-C/㎡・年となること等が把握された。

3.5 調査対象住宅の敷地条件及び樹木分布特性と各種の CO_2 固定量との関連性

調査対象住宅の敷地条件及び樹木分布特性と各種の CO_2 固定量との関連性を検討するため，各調査対象住宅の敷地条件及び樹木分布特性に関わる数値と推定された各種の CO_2 固定量（便宜的に 30 年後）間の単相関分析を行った。その結果，表 4 に示すとおり，すべての CO_2 固定量と比較的強い正の相関（相関係数 0.6 以上）が認められたのは，樹木本数であること，敷地面積及び空地面積 1 ㎡当たりの樹木本数についても，多くの CO_2 固定量との間で高い正の相関が認められること，樹木被覆地面積及び樹木被覆地率に関しても，相関係数 0.5 ではあるが，各種

表 5 調査対象地における敷地条件及び樹木分布特性と各種の CO_2 固定量との関連性（単相関分析）

	敷地面積	建築面積	延床面積	空地面積	建蔽率	容積率	樹木本数	敷地面積1m²当たり樹木本数	空地面積1m²当たり樹木本数	樹木被覆地面積	樹木被覆地(/敷地面積)	樹木被覆地率(空地面積)
1戸当たり累積CO2固定量(30年後)	0.40**	0.20	0.35**	0.39**	-0.13	0.00	0.73**	0.65**	0.57**	0.56**	0.50**	0.45**
1戸当たり年間CO2固定量(30年後)	0.39**	0.19	0.35**	0.37**	-0.13	0.01	0.62**	0.54**	0.46**	0.46**	0.39**	0.34**
敷地面積1㎡当たり累積CO2固定量(30年後)	0.24*	0.11	0.23*	0.24*	-0.07	0.04	0.76**	0.74**	0.67**	0.54**	0.55**	0.53**
敷地面積1㎡当たり年間CO2固定量(30年後)	0.26*	0.12	0.25*	0.26*	-0.08	0.05	0.66**	0.62**	0.56**	0.45**	0.44**	0.41**
空地面積1㎡当たり累積CO2固定量(30年後)	0.16	0.19	0.20	0.07	0.11	0.13	0.72**	0.73**	0.76**	0.46**	0.49**	0.57**
空地面積1㎡当たり年間CO2固定量(30年後)	0.20	0.18	0.23*	0.12	0.07	0.12	0.65**	0.63**	0.65**	0.40**	0.41**	0.46**

※無相関の検定 *:5%有意 ,**:1%有意

の CO_2 固定量と関連性があること，一方で，敷地面積，空地面積等の敷地条件と CO_2 固定量との間には，無相関の検定の結果では 1%有意，5%有意の関連性も認められたが，前述した樹木分布特性と比較すると強い関連性は認められないこと等が把握された。

4 まとめ

以下に本研究で得られた主な結果を整理するとともに，これまでの関連既往研究等を踏まえ考察する。

まず，調査対象住宅の敷地条件及び樹木分布特性をみると，各々の要素の平均及び最大は，居住年数 10.1 年，15.0 年，敷地面積 245 ㎡，370 ㎡，空地面積 142 ㎡，249 ㎡，樹木本数 19 本/戸，63 本/戸等となること，敷地面積や空地面積と樹木本数との間には強い関連性は認められないこと等が把握された。

次に，調査対象樹木の各種の CO_2 固定量の推移を推定した結果，累積 CO_2 固定量については，調査時においては 5kg-C/本以下の樹木が殆ど（95%）である（平均 1.63kg-C/本）であること，調査後 30 年後には，5kg-C/本以上の樹木が半数以上を占めること，年間 CO_2 固定量については，年間 CO_2 固定量が 0.2kg-C/本・年以下の樹木が約 90%を占めるが，年数が経過するとともに全体的に固定量は増加傾向を示し，30 年後には 0.2kg-C/本・年以上の樹木が半数以上を占めること等が把握された。

さらに，調査対象住宅の各種の CO_2 固定量の推移をみると，年数が経過するごとに増加傾向にあること，30 年後の 1 戸当たりの年間 CO_2 固定量は，平均 7.5kg-C/戸・年，最大 53.1kg-C/戸・年程度となること，30 年後の敷地面積 1 ㎡当たりの年間 CO_2 固定量は，平均 0.029kg-C/㎡・年（：290kg-C/ha・年），最大 0.169kg-C/㎡・年（：1,690kg-C/ha・年）となること，30 年後の空地面積 1 ㎡当たりの年間 CO_2 固定量は，平均 0.052kg-C/㎡・年（：520kg-C/ha・年），最大 0.259kg-C/㎡・年（：2,590kg-C/ha・年）となること等が把握された。

ここで，これらの CO_2 固定量の値がどの程度の効果であるかを把握するために，各戸の年間 CO_2 排出量及び都市公園の樹木の CO_2 固定量の既往研究の結果の値と比較する。

まず，1 戸当たりの年間 CO_2 排出量 [12] と 30 年後の 1 戸当たりの年間 CO_2 固定量との関連性を検討すると，各戸で 1 年間に排出される CO_2 の量は，1,387kg-C/戸・年程度であるから，30 年後の 1 戸当たりの年間 CO_2 固定量と比較すると，平均 0.54%，最大 3.8%程度を敷地内外部空間の樹木が固定する可能性があることが示唆された。

次に，都市公園（住区基幹公園）の既存調査結果 [3] と各種の面積当たりの年間 CO_2 固定量との関連性について検討すると，都市公園は，平均 1,029kg/ha・年 [3] であるから，各種の面積当たりの年間 CO_2 固定量と比較すると，敷地面積 1 ㎡当たりでは，平均 28%，最高 164%程度，空地面積 1 ㎡当たりでは，平均 51%，最大 255%となり，植栽の状況によっては都市公園並の CO_2 固定量が期待できることが把握された。

調査対象住宅の敷地条件及び樹木分布特性と各種の CO_2 固定量との関連性を検討した結果，主に樹木本数，各種面積当たり樹木本数が各種の CO_2 固定量との関連性が強いことが把握された。一方で，敷地面積や空地面積との関連性は殆ど認められなかった。これは，樹木本数や各種面積当たり樹木本数は，敷地面積や空地面積との関連性が認められないためと考えられる。このことは，研究対象住宅が比較的敷地面積や空地面積が大きいことから，一定程度の植

栽スペースが確保出来るため，狭小さによる樹木の植栽の制限より，むしろ各戸の住民の緑化への積極性等の影響が大きいことによると推察される。

ここで，本研究では詳細な検討は割愛するが，アンケートによる住民の緑化等の意識調査の結果からも，庭に対する維持管理（手間がかかる）に対して特に問題視していること(47%)が把握されており，樹木の本数の増加に伴う維持管理の負担増が，一概に敷地面積が広いと樹木本数が多くなるという関係とならない理由の一つとして想定される。

実際，現状以上の CO_2 固定量を求めるには，このような問題をクリアしつつ，各住宅においてこれまで以上の樹木を植栽することが大きな課題となるが，新しい樹木を植える場所があると回答した住宅が41%あること，新規にさらに植栽しても構わないと答えた住宅が 22%程度あることが把握されており，このような住宅に関しては現状以上の樹木本数の増加による CO_2 固定量の増加の可能性も考えられる。

注釈

注1)　特に幹及び根に限定したのは，これらが樹木の主要部位であること，特に幹部の材積量の推定はその他の部位に比べ容易であること，枝は特に剪定等の影響を受けやすいこと等による。

注2)　植物体を構成する成分の多くがセルロース等の多糖類（n $C_6H_{10}O_5$）である。光合成の反応式より，固定される CO_2(分子量:44)と生成されるセルロース（分子量:162）の質量比は次式のように算出される。

n $6CO_2$: n $C_6H_{10}O_5$ = n 6×44 : n 162=44:27

また，CO_2 を構成する CO_2 は C と CO_2 との間の質量比 C : CO_2＝12 : 44 で表される。したがって，乾燥重量×（44/27）×（12/44）＝乾燥重量×12/27 が炭素換算した CO_2 固定量となる。

ただし，本研究においては，一般的な乾燥重量×0.5 を用いて CO_2 固定量を算出することとした。

注3)　炭素換算とは，炭素 C と酸素 O_2 の質量比 12:32 を用いて，CO_2 の重量を換算した炭素のみの重量である。

注4)　（容積密度数，平均年輪幅とも）具体的には，同じ科の樹種のデータがある場合は，同じ科のデータ（同じ科の樹種のデータが複数ある場合はその科の樹種のデータの平均値）を，同様の樹種，科がない場合は，落葉樹・常緑樹別の広様樹・針葉樹に分類し，同データの落葉樹・常緑樹別の広様樹・針葉樹の平均値を適応した。

注5)　樹木の成長は，樹種，気候，土壌及び樹齢等の条件に大きく影響する一方で，樹幹解析の研究事例は少ない状況にあり，条件が異なる年輪幅等のデータを用いた場合，その推定結果の信頼性は低い可能性が高いとの指摘がある[5]。一方で，本研究で対象としたような戸建て住宅地の庭の樹木のように，植栽後の年数が不明確である場合や，将来的な CO_2 固定量を推定したい場合，多くの樹木を対象とする場合には，既往の年輪幅等のデータ等を用いる他に方法はなく，本研究においてもこのような方法を用いることとした。

注6)　一般的に，一定齢級以上の樹木，樹林等についての地上部現存量の増加は収束し 0 に近づくこと等，樹齢により年間二酸化固定量は変化することが知られているが，都市公園を対象とした研究[3]における年間 CO_2 固定量は，植栽後 42.75 年においても大きな変化（収束傾向等）は認められていない。そこで，調査対象住宅における居住年数の最大は，15 年であることを踏まえ，本研究では，調査後 30 年後までの年間 CO_2 固定量（累積 CO_2 固定量については 31 年後）を推定することとした。

注7)　敷地面積及び空地面積と樹木本数との単相関分析を行った結果，敷地面積と樹木本数間の相関係数は，0.30（無相関の検定：有意水準 1 %），空地面積と樹木本数間の相関係数は，0.29（無相関の検定：有意水準 5%）となり，弱いながら正の相関関係が認められた。

参考文献

1)　地球温暖化対策推進本部：地球温暖化防止推進大綱，2002

2)　半田真理子・手代木純：地球温暖化防止に資する都市緑地の評価，都市緑化技術，№56，pp.27～31，2005.4

3)　市村恒士　ほか３名：都市公園における樹木の二酸化炭素固定効果に関する研究，日本都市計画学会学術研究論文集，№34，pp.1～6，1999.11

4)　市村恒士　ほか２名：街路樹の二酸化炭素固定量の推定に関する研究．環境情報科学論文集，№14，pp.267～272，2000.11

5)　柳井重人・市村恒士：都市公園における樹木の二酸化炭素固定効果の推定に係わる課題，都市緑化技術，№56，pp.32～39，2005.4

6)　林野庁計画課：立木幹材積表－東日本編，日本林業調査会，1970

7)　南雲秀次郎・箕輪光博：測樹学，地球社，1990

8)　J.パルデ, J ブゥション；大隅眞一訳：森林計測学，森林計画学会，1993

9)　林業試験場木材部・木材利用部：日本産主要樹種の性質－木材の性質一覧表，林業試験場研究報告 319，pp.85～126，1982

10)　飯島亮，安蒜俊比古：庭木と緑化樹－1 針葉樹・常緑高木，成文堂新光社，1974a

11)　飯島亮，安蒜俊比古：庭木と緑化樹－1 針葉樹・常緑高木，成文堂新光社，1974b

12)　三浦秀一：全国都道府県庁所在都市におけるエネルギー消費と CO_2 排出量の推移に関する研究，日本建築学会計画系論文集 №.528, pp.75-82, 2000