資　料

ヒノキ2年生コンテナ苗の植栽功程と初期生存率*

渡邉仁志・臼田寿生・茂木靖和

キーワード：ヒノキ，植栽功程，地形条件，生存率，コンテナ苗，省力化

Ⅰ　はじめに

人工林管理にかかる費用のうち初期保育が占める割合は非常に高く，植栽後10年間の保育費用は総費用の6割を占める（林野庁，2011）。木材価格の低迷により林業の経営収支が悪化する中，再造林やその後の管理のための多額の経費が森林所有者への負担となり，再造林放棄地（堺，2003）が増加する一因となっている。森林所有者の負担を減らし，確実な再造林を進めるうえで，植栽，下刈りなどを省力化し，初期保育費用を低コスト化することが求められている。

従来から造林に用いられてきた裸苗（普通苗）に代わり，近年，マルチキャビティコンテナを用いて育苗したコンテナ苗（遠藤・山田，2009）への関心が高まっている。この育苗方法は，形状を工夫したキャビティ（育成孔）の栽培容器と灌水・施肥など集約的な管理により，高品質の山出し苗を作出するものである。メリットとして植栽適期の拡大，植栽効率の高さ，活着率の高さ，初期成長の良さなどがいわれている（遠藤，2007；今冨，2011；岩井ら，2012）ことから，コンテナ苗の導入は初期保育コスト削減のための選択肢になりうる可能性がある。

コンテナ苗の導入による植栽功程に関する調査は，スギ（*Cryptomeria japonica*（L.fil.）D.Don）の事例（林野庁，2009；今冨，2011；宮本ら，2011；岩井ら，2012；福田ら，2012），カラマツ（*Larix kaempferi*（Lamb.）Carrière）の事例（林野庁，2009；福田ら，2012；横山・佐々木，2012）のほか，北海道におけるアカエゾマツ（*Picea glehnii*（Fr.Schm.）Masters），トドマツ（*Abies sachalinensis*（Fr.Schm.）Masters）などの事例（林野庁，2009；横山・佐々木，2012）があるが，ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*（Sieb. et Zucc.）Endl.）に関する事例（林野庁，2009）は少なく，また，植栽の作業効率に影響を及ぼすと考えられるさまざまな外的環境要因，たとえば植栽場所の地形や立地条件にまで言及して考察した事例はほとんどない。しかし，下刈り作業では作業効率に作業場所の斜面傾斜が影響する（岡本ら，1988；近藤ら，2001；近藤ら，2004）ことが知られており，同様な環境で作業を行う植栽においても，環境要因によって作業効率が左右されることが予想される。

本研究では，ヒノキ・コンテナ苗と通常造林で用いられているヒノキ・普通苗の苗木形状，および急傾斜地に設定した新植地における植栽功程や植栽後の初期生存率を比較した。これをもとに，急傾斜地，薄い土壌に植栽されることが多いヒノキにおけるコンテナ苗による省力造林の可能性を検討した。

Ⅱ　方　法

1．調査地

岐阜県郡上市八幡町小那比にある郡上市有林に調査地を設置した。調査地は標高約450m，平均傾斜35～40°の西向き平衡斜面の上～中部に位置しており，母材はチャート，土壌型は適潤性褐色森林土（偏乾亜型）である。現地調査の結果，土壌の平均A層厚は5cm以下で，土砂受け箱（塚本，2010）による移動土砂測定の結果，調査地では表土流亡が発生していた（渡邉・田中，未発表）。八幡地域気象観測所（東へ約11km，標高250m）における調査年（2011年）の平均気温は12.5℃，年降水量は2842mm，植栽直後（5～8月）の降水量は1533mmで，平年値（それぞれ12.5℃，2628mm，1243mm）と大きくは異ならなかった（気象庁，2012）。

調査地を含む林分では，2011年2～3月に約50年生ヒノキが皆伐され，2011年4月に先行地拵えが行われていた。緩い凹地形を挟んで斜面の左右に調査地を二分し，コンテナ苗植栽区（0.22ha）と普通苗植栽区（0.15ha）を設けた（図－1）。植栽は2011年4月に，岐阜県立森林文化アカデミーの実習の中で行った。

2．苗木の育成および苗木形状の評価

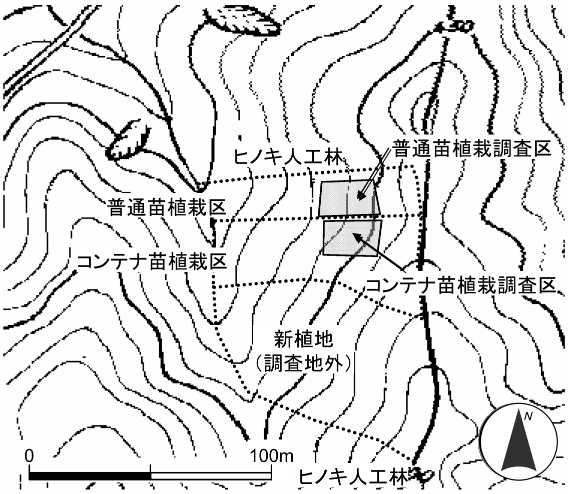
苗木は，岐阜県白鳥林木育種事業地（岐阜県郡上市

*本研究の一部は，第124回日本森林学会大会で発表した。

表－1　植栽苗木の育苗条件

種類	育苗期間	育苗方法		元肥		追肥	
		1年目	2年目	肥料成分 (N-P-K-Mg)	施用量	肥料成分 (N-P-K-Mg)	施用量
コンテナ苗	2年	苗畑	コンテナ	6-40-6-15 *	50 g/10L 1)	10-10-10-1 ****	1.5g/個体
普通苗	2年	苗畑	苗畑	14-14-14-0 ** 0-18-2-1 ***	60 g/m^2 40 g/m^2	－	－

1) コンテナ苗育苗・植栽マニュアル（遠藤・山田，2009）における標準施肥量，* マグァンプK中粒（ハイポネックスジャパン製），** グリーンランドオール14号（住商アグリビジネス製），*** くろがねりん肥18号（三菱商事アグリサービス製），**** IB化成S1号（ジェイカムアグリ製）



図－1　植栽区の位置および植栽区内における調査区の配置

白鳥町；以下，県育種事業地）で生産された県内産精英樹種子を用いたヒノキ2年生苗2種類（普通苗1種類，コンテナ苗1種類）である（表－1）。このうち普通苗は，岐阜県山林種苗協同組合（以下，県種苗組合）の組合員の苗畑（岐阜県加茂郡富加町）において育苗された。コンテナ苗は，普通苗と同様に県種苗組合員が育苗した1年生苗を，ヒノキ，マツの標準培地（遠藤・山田，2009）を充填した300cc（育成孔の上部の径56mm，下部の径43mm，有効深140mm）×24孔のマルチキャビティコンテナ（JFA-300；林野庁，2009）に移植し，県育種事業地のガラス室の架台上で標準的な施肥管理（遠藤・山田，2009）のもと1年間育苗したものである。

苗木の形状を把握するため，育苗期間終了後の2011年4月に，植栽に用いたのと同ロットの苗木（各12本ずつ）について，苗高，地際0cmの根元直径（直径），地際から根の先端までの長さ（根長）を計測した。次に，地上部（幹，枝，葉），根に分別し，各々の乾燥重量（80℃，48時間）を秤量した。

3. 植栽功程調査

植栽功程の調査は，2011年4月26日に両植栽区の中央に設定した植栽調査区（それぞれ0.03ha）で行った（図－1）。当日の天気は曇り，作業中の気温は8～10℃であった（八幡地域気象観測所のデータ；気象庁，2012)。作業は岐阜県立森林文化アカデミー・エンジニア科2年の学生（10代）が行い，各植栽調査区を各1名が担当した。植栽は1.8m間隔の方形植え（約3000本/ha）で設計し，植栽器具は普通苗が唐鍬，コンテナ苗が汎用の植え付け器（螺旋状の刃によりコンテナ苗の根鉢と同径の植え穴を掘ることができる器具）とした。植栽に際し，普通苗の植栽では，植栽位置の周りを整地し鍬を入れて植え穴を掘り，根を広げて植え穴に入れ根が外に出ないよう土をかけてから苗木の周囲を軽く踏みつけること，コンテナ苗では，整地し根鉢以上の深さの垂直な植え穴を掘り，根鉢が外に出ないように植え，周囲を軽く踏みつけることを指示した。

植栽調査区における植栽作業をビデオ撮影し，①移動（次の植栽予定位置までの移動と検尺による植栽位置の確認），②整地（植栽位置周辺の整理），③植え穴掘り，④植え付け（植え付け，土寄せ）を1サイクルとして，各作業に要した時間を計測した。また，偶発的な作業として器具準備（器具の土落とし）の時間をあわせて計測した。植栽調査区までの苗木の運搬，コンテナ苗のコンテナからの抜き取り，植栽時の苗木の袋入れ，作業中の打ち合わせおよび休憩に要する時間は除いた。1日の労働時間を6時間として1日あたりの植栽本数（本/人・日）を算出した。

実際の植栽本数は，コンテナ苗植栽調査区が86本/調査区（2800本/ha），普通苗植栽調査区が105本/調査区（3200本/ha）となった。植栽後には，獣類による食害を防ぐため，新植地の周囲に高さ1.8mのシカ柵と1.0mのウサギ柵を併用して設置した。

4. 毎木調査，土壌調査および解析

植栽から1成長期経過後の2011年12月12日に，各植栽調査区において毎木調査を行い，生存個体を計数し初期生存率を計算した。さらに，両植栽調査区の中央に深さ30cmの土壌断面を掘り，定法（農林省林業試験

表－2　植栽区における土壌条件

層位	層厚（cm）	石礫	土性	構造	堅密度	水湿状態
A	3	小半角礫 1%	壌土	粒状	軟	乾
B	30＋	小半角礫 3%	埴質壌土	塊状	堅	潤

表－3　苗木の重量および大きさ

種類	苗木の重量			苗木の大きさ		
	地上部（g）	根（g）	合計（g）	苗高（cm）	直径（mm）	根長（cm）
コンテナ苗	5.71 a	1.39 a	7.10 a	32.0 a	5.2 a	12.9 a
普通苗	5.32 a	1.74 a	7.06 a	30.2 a	4.8 a	10.8 b

数値は平均値，異なる添え字は，苗の種類による有意差（Mann-WhitneyのU検定，p＝0.009）を示す。

場，1955；森林土壌研究会，1993）に基づいて土壌調査を実施した。

苗木の形状と各部位の重量，および苗木の種類による植栽功程の比較は，Mann-WhitneyのU検定により検定した。また，植栽作業のうち器具準備作業の発生率，および苗木の種類ごとの初期生存率の比較は，χ^2検定を用いて検定した。以上の統計処理には，統計パッケージR2.152（R Core Team，2012）を使用した。

Ⅲ　結　果

1. 植栽区における土壌条件

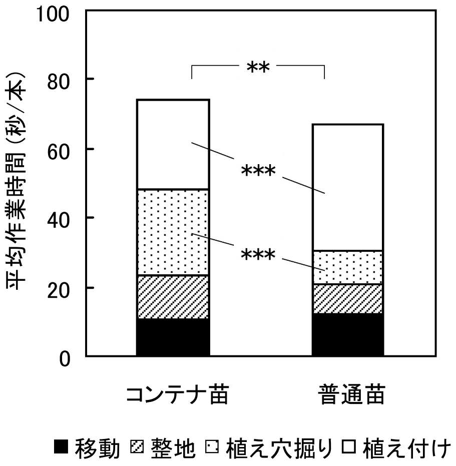
植栽調査区の土壌条件を表－2に示す。A層，B層とも石礫は少なかった。土性はA層が壌土でB層が埴質壌土であった。また，両層の土壌構造，堅密度，水湿状態には違いがみられた。

2. 苗木の形状

植栽時の苗木形状を表－3に示す。コンテナ苗と普通苗を比較すると，根長はコンテナ苗の方が長く，その差は有意であった（表－3，Mann-WhitneyのU検定，p=0.009）。また，コンテナ苗はいずれの個体も根鉢（根＋培土）を形成していた。苗高および直径には有意な差はみられなかった（表－3，Mann-WhitneyのU検定，それぞれp＝0.563，p=0.172）。また，苗の地上部重量，根重量，合計重量にも有意差はなかった（表－3，Mann-WhitneyのU検定，それぞれp＝0.932，p=0.160，p＝0.887）。

3. 植栽功程の比較

苗木1本あたりの平均植栽時間はコンテナ苗で76.8秒/本，普通苗で67.2秒/本で，両者には有意な差がみられた（図－2，Mann-WhitneyのU検定，p＝0.001）。1日あたりの植栽本数はそれぞれ281本/人・日，321本/人・日であった。個別の作業に要した平均時間を比較すると，植え穴掘りにかかる時間はコンテナ苗（25.3秒/本）の方が普通苗（9.6秒/本）よりも長く，植え付け時間は普通苗（36.8秒/本）の方がコンテナ苗（25.7秒/本）よりも長かった（図－2）。また，それらに要する時間には有意差がみられた（Mann-WhitneyのU検定，いずれもp＜0.001）。移動，整地にかかる時間には，苗木の種類による有意差はなかった（図－2，Mann-WhitneyのU検定，それぞれp＝0.119，p＝0.071）。



図－2　苗木の種類による植栽功程の比較
アスタリスクは，苗の種類による植栽時間または各作業時間の有意差（Mann-WhitneyのU検定，**：p＝0.001，***：p＜0.001）を示す。

表－4　苗木の種類による初期生存率の比較

種類	植栽本数（本）	枯死本数（本）	生存本数（本）	生存率（%）
コンテナ苗	86	16	70	81.4 a
普通苗	105	4	101	96.2 b

異なる添え字は，苗の種類による有意差（χ^2検定，p＝0.001）を示す。

器具準備作業は，コンテナ苗で13回（発生率15.1％），普通苗で1回（同1.0％）発生し，平均作業時間は，それぞれ18.1秒，10.0秒であった。器具準備作業はコンテナ苗の方で多く発生し，その発生率には有意な差がみられた（χ^2検定，p＜0.001）。

4. 苗木の初期生存率

植栽1成長期後の生存率には苗木の種類によって有意な差がみられ，コンテナ苗の初期生存率の方が低かった（表－4，χ^2検定，p＝0.001）。動物（種類不明）による食害がコンテナ苗で2本，普通苗で3本発生したが，それらの個体は枯死しなかった。現地観察の結果，枯死個体の枯死原因や枯死時期は特定できなかったが，それらの個体の苗高は植栽時と1成長期後でほとんど違いがなかった。

Ⅳ 考 察

コンテナ苗の長所に植栽効率が高いこと（遠藤，2007；今冨，2011；岩井ら，2012）が挙げられている。今冨（2011）は，スギ・コンテナ苗の鍬による植栽作業時間が，緩傾斜地，中傾斜地，急傾斜地（具体的な傾斜角度は記載されていない）ともに普通苗のそれに比べて約半分に短縮できた事例を報告している。また，岩井ら（2012）も，専用の植え付け器（プランティングチューブ）を用いることによって，スギ・コンテナ苗の植栽効率が普通苗に比べて2.7～3.7倍に向上したとしている。

一方，本研究では，コンテナ苗の植栽に要する時間は普通苗のそれよりも長かった（図－2）。これは，普通苗と比べると，コンテナ苗の植え付けにかかる時間は短縮できたものの，植え穴掘りにかかる時間が長かったためである（図－2）。本研究で使用したコンテナ苗は，重量（植物体のみの乾燥重量で根鉢に含まれる培土の重量を除く）や地上部サイズにおいて普通苗のそれらと変わらなかったが，根長が長いこと（表－3）や根鉢を形成していることから，裸苗である普通苗に比べて地下部分の体積が大きかった。本植栽区のような急傾斜地（最大傾斜40°）では，唐鍬により土を崩すことによって，普通苗を植栽するための植え穴が容易に掘削できる（福田ら，2012）のに対し，コンテナ苗の植栽では，根鉢を完全に土中に埋めるために，植え穴を深く掘る必要があったと考えられる。一方，普通苗は植え付けにかかる時間が長かった（図－2）。唐鍬は土を大きく崩すため，それらを苗木の根元に戻す土寄せ作業に時間がかかったものと推測される。

本植栽区は土壌のA層厚が薄い（表－2）ため，10.8～12.9cmある根（または根鉢，表－3）を土中に埋め込むための植え穴はB層に達していた。B層の土性は埴質壌土でA層に比べて粘性が高いことと，塊状構造で，堅く，湿っていた（表－2）ことから，植え穴が掘削しづらいうえに，器具に土が付着しやすかったと推察される。コンテナ苗の植栽で器具準備（器具の土落とし）作業の発生率が高かったのは，器具がコンテナ苗用の専用の植え付け器でなかったことに加え，形状が唐鍬と比べて複雑であったためと考えられる。

緩傾斜地（平均傾斜4°，10°）ではコンテナ苗の植栽効率が向上した一方，急傾斜地（平均傾斜39°）ではそれが低下した事例は，岩手県におけるカラマツ・コンテナ苗の植栽試験（福田ら，2012）でも報告されている。日尾・鈴木（2003）は，平均傾斜20～25°の林地においてヒノキ・2年生ポット苗と3年生普通苗の植栽時間が変わらなかったこと示し，その理由として両者の形状に大きな違いがないことを挙げた。また，コンテナ苗専用の植え付け器を使った実証試験では，苗木形状の違いや器具への土の付着により，コンテナ苗の植栽効率が低下する（宮本ら，2011）ことが報告されている。コンテナ苗と専用の植え付け器を使った植栽によって，林地条件のよい場所では，労働強度が低く作業効率が高まるものの，急傾斜地，地表被覆物の多いところ，礫がちな土壌，堅密土壌では使い勝手が悪いこと，逆に唐鍬は立地を選ばず，条件不利地でも作業可能で，急傾斜地ほど労働強度が低くなるという指摘（遠藤・山田，2009）がある。

本研究の結果やこれらの報告は，苗木形状や植栽場所の地形，立地条件が植栽効率に影響を与えることを示している。つまり，植栽器具を選択したり，その形状を工夫する検証の必要性は残されてはいるものの，林地の条件によっては，コンテナ苗の導入が植栽効率を向上させる場合ばかりではないことが示唆された。

コンテナ苗導入のもうひとつの利点として，培土付きで植栽することによる活着率の高さがある（遠藤，2007；岩井ら，2012）。既往研究によれば，コンテナ苗の活着率（生存率）は，植栽後2年のスギにおいて100％（対照の普通苗85.7％），緩傾斜地（平均傾斜4°）に植栽した植栽当年のカラマツにおいて100％（普通苗98.6％）であった（岩井ら，2011；福田ら，2012）。

しかし，本研究において，植栽当年のヒノキ・コンテナ苗の生存率は，普通苗と比較して低かった（表－4）。植栽年の気象条件や植栽直後の降水量（気象庁，2012）は平年値とかけ離れたものではなく，苗木の活着にとって過酷な気象状況であったとは考えにくい。また，動物による食害個体は枯死に至っておらず，枯死個体はほとんど成長しないまま枯死していることから，枯

死の原因は，活着不良によるものである可能性が高い。前述の福田ら（2012）は，急傾斜地（平均傾斜39°）に植栽した植栽当年のカラマツ・コンテナ苗の活着率が90.6％（普通苗96.9％）であった事例も報告しており，調査地によって活着率が異なった原因を植栽時期や植え方に求めている。本研究では，コンテナ苗の植栽方法を事前に指導したが，それでも植え込みの程度が十分でなかった可能性がある。また，植栽区では表土流亡が発生している（渡邉・田中，未発表）ため，植栽後，二次的に根鉢が露出した可能性も考えられる。さらに，植え付けの際，コンテナ苗と植え穴の間にできた隙間が，土壌の性質（表－2）や植栽方法のために埋まりにくかったことが推測できる。植栽作業員の植え方の違いに起因することも考えられるが，コンテナ苗の植え枯れが発生しないように植栽するためには，コンテナ苗をさらに確実に植えることが必要になる。より深い植え穴を掘削し，より丁寧に植え付けることによって，コンテナ苗植栽の作業効率はさらに低下することが予想される。

また，コンテナ苗は培土がついているために重く，根鉢がかさばるため，普通苗と比べると運搬効率が低下する（福田ら，2012）ことが報告されている。コンテナ苗を導入し，かつ植栽作業を省力化するためには，植栽時期を選ばないという長所を利用して伐採，地拵え，植栽の一貫作業を行う（今冨，2011）など，運搬に関するデメリットも解消する必要がある。

以上のことから，地形や土壌条件によっては，普通苗と比較してコンテナ苗の植栽効率が高くならない場合があることが明らかとなった。本研究で対象にしたヒノキは，スギに比べて相対的に急傾斜地，薄い土壌に植栽されることが多い樹種であることから，スギなどにおける従来の報告と異なり，コンテナ苗の導入が植栽作業の省力化につながらないことがあるといえる。

今後は，個人差や作業に対する不慣れが作業功程に影響しないよう，植栽作業に慣れた作業員1名がすべての植栽調査区を担当した場合の植栽功程を比較調査する必要があろう。コンテナ苗を用いた低コスト造林技術を開発するためには，さまざまな地形，立地条件の植栽場所で調査を行い，どのような条件の下でコンテナ苗の利用が植栽作業の省力化につながるのかを明確にする必要がある。

謝　辞

本研究を実施するにあたり，岐阜県郡上市には調査地を提供していただいた。現地調査にあたっては，岐阜県郡上市林務課，岐阜県郡上農林事務所，岐阜県森林整備課，岐阜県森林整備課（美濃市駐在，当時）ならびに岐阜県森林研究所の職員の皆さんにお力添えをいただいた。苗木の育成にあたっては，岐阜県林政課（当時），および岐阜県白鳥林木育種事業地の職員の皆さんにご協力いただいた。また，植栽は岐阜県立森林文化アカデミーの実習の中で行い，功程調査にあたっては同アカデミー教員の皆さんのご理解を得て，同アカデミー・エンジニア科2年生に植栽作業をしていただいた。ここに記して各位に厚くお礼申し上げる。

引用文献

遠藤利明（2007）コンテナ苗の技術について．山林1478：60－68

遠藤利明・山田健（2009）JFA-150コンテナ苗育苗・植栽マニュアル．（低コスト新育苗・造林技術開発事業報告書（平成20年度）．林野庁，林野庁）．74－90

福田達胤・松尾亨・渡辺貞幸・木戸口佐織（2012）民国連携によるコンテナ苗の実証試験と普及．平成23年度森林・林業技術交流発表集（東北森林管理局）：113－117

日尾卓司・鈴木善郎（2003）ヒノキ2年生ポット苗の造林後の成長推移．静岡県林技セ研報31：1－6

今冨裕樹（2011）スギ再造林の低コスト化を目指した技術開発，伐採・地拵え・植栽の一貫作業による低コスト化．現代林業542：52－55

岩井有加・大塚和美・長谷川尚史（2012）スギコンテナ苗の形態的特徴と植栽後の成長．現代林業561：40－44

気象庁（2012）気象統計情報，過去の気象データ検索（オンライン）http://www.jma.go.jp/（参照：2012年12月12日）

近藤耕次・吉田智佳史・岡勝・今冨裕樹・鹿島潤・奥田史郎（2001）下刈作業におよぼす諸要因の分析．日林関東支論53：191－192

近藤耕次・吉田智佳史・岡勝・鹿島潤・今冨裕樹・井上源基（2004）下刈作業の作業能率に影響をおよぼす要因について．日林関東支論55：299－300

宮本和美・山形克明・山田建・山田浩雄（2011）高性能林業機械とコンテナ苗を活用した低コスト育林に向けた実証試験．九森研64：150－152

農林省林業試験場（1955）国有林林野土壌調査方法書．林野共済会

岡本憲和・渡辺政俊・中井勇・古野東洲（1988）上賀茂試験地における樹木植栽地の下刈り作業功程に関する検討．京大農演集報18：53－64

R Core Team (2012) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. URL http://www.R-project.org/

林野庁（2009）低コスト新育苗・造林技術開発事業報告書（平成20年度）．林野庁

林野庁（2011）森林・林業白書（平成23年度）．全国林業改良普及協会

森林土壌研究会（1993）森林土壌の調べ方とその性質（改訂版）．林野弘済会

堺正紘（2003）再造林放棄と森林資源管理問題．（森林資源管理の社会化．堺正紘編，九州大学出版会）．18－25

塚本次郎（2010）移動土砂の簡易測定法．（改定版森林立地調査法．森林立地調査法編集委員会編，博友社）．195－196

横山誠二・佐々木尚三（2012）コンテナ苗植栽試験，北海道でのコンテナ苗成長状況の考察（オンライン）．http://www.rinya.maff.go.jp/hokkaido/square/kakutidayori/2012/pdf/kontenanae.pdf（参照：2012年12月12日）