

樹皮が材の分解に与える影響\*<sup>1</sup>

— スギ枝 —

上野亜寿美\*<sup>2</sup>・鶴川 信\*<sup>3</sup>

上野亜寿美・鶴川 信：樹皮が材の分解に与える影響—スギ枝— 九州森林研究 68：91—94, 2015 人工林の炭素放出量を推定するためには、林地残材の分解過程を検討する必要がある。直径の小さい樹幹ほど材部が早く分解され、分解されにくい樹皮が残るといわれている。また、スギ樹皮は、材よりも窒素や抗菌物質を多く含み、また、保水効果を持つことも考えられる。したがって、樹皮によってスギ枝の分解速度が変わる可能性が考えられ、本研究ではこのことを検証した。3つの直径のスギ生枝から4つの形態（枝、材、樹皮、薄い材）のサンプルを作成し、1年間の分解試験を行い、重量残存率とサンプル含水比を算出した。分解は樹皮、枝、材、薄い材の順に速かったが、この順番はサンプル含水比の高さの順番とは一致しなかった。分解初期では、材と樹皮の相乗効果により枝の分解が速くなることが確認されたが、12ヶ月後にはみられず、樹皮は必ずしも材の乾燥を防ぐとはいえなかった。

キーワード：スギ、枝、樹皮、分解、林地残材

## I. はじめに

地球温暖化対策を考える上で、森林での炭素吸収量および放出量の推定は重要な課題である。針葉樹人工林において間伐が行われると、材や枝条が搬出されず現場に放置されることがある（林野庁, 2012）。したがって、人工林の炭素放出量を推定するためには、林地残材の分解過程を検討するべきである。

我が国の主要樹種は、スギ (*Cryptomeria japonica*) である。間伐において現場に放置されるスギ材の直径は様々であるが、直径の比較的小さい“枝条”は利用間伐においても現場に放置される。そこで我々は、直径の小さいスギ材、つまり、スギ枝を研究対象とした。

細い枝では、形成からの経過年数が少なく、樹幹にみられるような心腐れはほとんど確認されない。したがって、細い枝では、表面に存在する微生物によって、外側から分解が進むと考えられる。しかしながら、細い樹幹では材部が先に分解され、分解されにくい樹皮などが残ることが報告されている（河原・佐藤, 1977）。これは、樹幹の樹皮部より材部の分解速度が速いことを意味している。スギ樹皮の特徴として、抗菌物質を含むこと（小藤田ほか, 2001）や材の約3.7倍の窒素を含むこと（野口ほか, 2009）が知られており、また、材の乾燥を防ぐ効果を持つことが考えられる。したがって、通常、枝の分解は、それを構成する樹皮と材の分解の和ではなく、樹皮が材の分解速度を変化させている可能性が指摘される。

また、河原・佐藤（1977）は、材が細いほど中心部が速く分解されることを示唆している。したがって、樹皮が材の分解速度に与える影響は、材の直径によって変化する可能性が考えられる。

そこで、本研究では「樹皮の有無により、スギ枝の分解速度が変わるかどうかが明らかにすること」を目的として、スギ枝の分解試験を行った。枝、材、樹皮、薄い材（材を樹皮と同程度にスラ

イスしたもの）の4形態のサンプルを用意し、以下の3つの仮説を検証した。

1. 枝、材、樹皮、薄い材の形態ごとに分解速度は異なる
  2. 材と樹皮それぞれから期待される枝の分解速度よりも実際の枝の分解速度は速い
  3. 直径サイズが小さくなるほどこれらの影響は大きくなる
- 本稿では、試験開始から1年間の試験結果について報告する。

## II. 試験地と方法

試験地は、鹿児島大学農学部附属高隈演習林のスギ人工林、1林班や1小班、3林班た小班、13林班と小班的3ヶ所に設置した。各試験地に温度と湿度のデータロガー（簡易データロガー DL 171, アズワン, 大阪）を設置したところ、2013年9月から2014年8月における試験地の平均気温は13.75度、平均湿度は91.10%であった。

本研究では、3つの直径（5mm, 10mm, 20mm）のスギ枝につき、4つの形態（枝、材、樹皮、薄い材）のサンプルを用意し、合計12の処理区のサンプルについて、上述の3つの試験地で分解試験を行った。「枝」は未加工の枝、「材」は枝から樹皮を剥いだもの、「樹皮」は枝から剥いだ樹皮、「薄い材」は材を樹皮と同程度の薄さにスライスしたものを示す。ただし、樹皮については内樹皮と外樹皮に分離することが難しかったため、本研究では一括して樹皮として扱った。枝と材を比較し、樹皮の有無による分解速度の差を評価した。また、樹皮と薄い材を比較し、構造の違いを取り除いた上で、基質の違いによる分解速度の差を評価した。また、樹皮の存在によって枝の分解が速まったのか（分解において、材と樹皮の相乗効果があったのか）を検証するため、個別に分解させた材と樹皮それぞれから期待される枝の分解速度（以後、合成したデータを「材+樹皮」と表記する）と、未加工で分

\*<sup>1</sup> Ueno, A. and Ugawa, S.: Effect of bark on the decomposition of twig of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*).

\*<sup>2</sup> 鹿児島大学大学院農学研究科 Grad. Sch. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan.

\*<sup>3</sup> 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan.

解させた枝との分解速度の差を測定した。さらに、樹皮に材の乾燥を防ぐ効果があるのか否かを検討するため、分解後の枝のサンプルを材部と樹皮部に分離し、その材部（以後、「枝の材部」と表記する）と、個別に分解させた材のサンプル含水比を比較した。

1つの試験地に各処理区20個のサンプルを設置し、3ヶ月ごとに各処理区5つずつサンプルを回収した。分解試験は2013年9月10日に開始し、3ヶ月後（2013年12月12日）、6ヶ月後（2014年3月11日）、9ヶ月後（6月11日）、12ヶ月後（9月9日）にサンプルの回収を行った。分解試験にはリターバック法を用いた。まず、演習林内で採取したスギの生枝を長さ5cmに切断した。これらの生枝から、直径5mm、10mm、20mmの3つの直径のものを抽出し、さらに、4つの形態（枝、材、樹皮、薄い材）に加工した。これらのサンプルは、70度で48時間乾燥させたのち、乾燥重量（以後、「分解前の乾燥重量」と表記する）を測定した。また、これらのサンプルの中で、枝と材については、切断面にシリコンを塗布した。間伐の作業中に切断された枝は、側面（樹皮側）だけでなく切断面からも分解が進むが、本試験で用いたサンプルは、1本の枝のうち切断部分から数10cm離れた部分と仮定し、切断面よりも側面における微生物の侵入の影響を受けることを考慮した。さらに、これらのサンプルをネットに入れ、上述する3つの試験地に、地面に触れるように固定した。1つの試験地に設置した複数のサンプルが互いに影響を及ぼさないよう、サンプル間は30cm以上離すように配置した。サンプル回収時は、サンプルからできるだけ土や火山灰などの付着物を取り除き、サンプルの破損や乾燥を防ぐためジップロックに入れて実験室に持ち帰った。持ち帰ったサンプルについて、すみやかに重量（以後、「回収直後の重量」と表記する）を測定したのち、枝は材部と樹皮部に分離し、それぞれの重量を測定した。分解後の枝は生枝とは状況が異なり、分離するのは容易ではないが、樹皮部と思われるものは全て材部から剥がした。さらに、これらのサンプルを70度で48時間乾燥させ、回収時に取り除けなかった火山灰を除去した。そして、これらの火山灰と火山灰を除去したサンプルを再び70度で48時間乾燥させ、火山灰の重量とサンプルの重量（以後、「分解後の乾燥重量」と表記する）を測定した。以上で得られたデータから式1にしたがって重量残存率を計算した。

#### 【式1】

$$\text{重量残存率(\%)} = \frac{\text{分解後の乾燥重量(g)}}{\text{分解前の乾燥重量(g)}} \times 100$$

また、式2にしたがって、サンプル含水比を計算した。ただし、試験開始6ヶ月後に回収したサンプルについては、火山灰の重量測定にミスがあり、サンプル含水比を計算できなかった。

#### 【式2】

$$\text{サンプル含水比(\%)} = \frac{\text{回収直後の重量(g)} - \text{火山灰の重量(g)} - \text{分解後の乾燥重量(g)}}{\text{分解後の乾燥重量(g)}} \times 100$$

1年間に回収できたサンプル714個のデータを解析に使用した。重量残存率とサンプル含水比について、形態間、直径間、分解期間の間の差異を、Steel-Dwass法を用いて調べた。また、2つの

形態のみを比較する場合はMann-WhitneyのU検定を用いた。これらの統計解析は、R-2.8.1を用いて行った。重量残存率とサンプル含水比の相関関係についてはSpearmanの順位相関係数で、IBM SPSS Statistics 22を用いて行った。

### Ⅲ. 結果と考察

#### (1) 形態間の分解速度の差異

各形態（枝、材、樹皮、薄い材）の重量残存率の経時変化を図-1に示す。同じ分解期間では、サンプルの重量残存率が低いほど分解が速いことを示す。12ヶ月後の重量残存率の低下を形態間で比較すると、枝の分解は材より速く、樹皮より遅い傾向がみられた。また、この傾向はサンプルの直径が大きいほど明瞭であった。薄い材は材と同じ基質であるにもかかわらず分解が遅かった（ $p < 0.050$ ）。すべての形態において、試験開始から3ヶ月後までは重量が減少した（ $p < 0.010$ ）。その後、直径20mmの樹皮以外の処理区では3ヶ月後から9ヶ月後までは重量の減少がみられず（ $p > 0.050$ ）、9ヶ月後から12ヶ月後の間に再びすべての処理区において重量が減少した（ $p < 0.050$ ）。一部の処理区では、分解期間にともなう重量の増加がみられたが、前後の回収時期の重量残存率と有意な差はみられなかった（ $p > 0.050$ ）。

ここで、試験開始が9月であったことから、試験開始から約1ヶ月間と、9ヶ月後から12ヶ月後（6月から9月）の間は気温が高く、微生物の活動が活発であったと考えられる。これは重量残存率に減少がみられた時期と重なる。しかし、本試験では、各季節は1回しか経ておらず、季節における反復がないため、季節変化の影響を受けた結果かどうかは明確にできなかった。他方、12ヶ月後の結果は、すべての季節を経た1年間の結果であり、試験開始時期に大きく影響を受けないものと考えられる。

また、各形態のサンプル含水比の経時変化を図-2に示す。サンプル含水比を形態間で比較すると、高い順に樹皮、薄い材、枝、材であった。枝のサンプル含水比は材との間に差はみられず（ $p > 0.050$ ）、直径20mmでは薄い材に比べ有意に低かった（ $p < 0.050$ ）。樹皮のサンプル含水比は直径5mmの12ヶ月のサンプルを除き、他の形態に比べ有意に高かった（ $p < 0.050$ ）。樹皮のサンプル含水比はすべての直径において、異なる分解期間の間に差はみられなかったが（ $p > 0.050$ ）、他の3形態は分解期間にともない高くなる傾向を示し、直径が大きくなるほど、枝と薄い材の間、枝と材の間の数値の差は大きくなっていった。

次に、試験開始12ヶ月後の重量残存率とサンプル含水比について、各形態の各直径（全12処理区）において相関分析をおこなった。12処理区中で負の相関が確認されたのは、直径5mmの材、直径5mmの薄い材、直径20mmの材の3処理区のみであった（ $p < 0.050$ ）。一般に、材の含水比は重量残存率が低くなるほど高くなることが知られているが、これは、材の分解が進行すると空隙が増加し、そこに水分が保持されるからである（河原・佐藤、1975）。しかし、本研究では、重量残存率とサンプル含水比の間には特に関係がみられず、試験期間が12ヶ月という短期間であったことが原因として考えられる。

以上の結果から、分解の速さとサンプル含水比の高さは必ずしも一致しないことが示唆された。枝の分解がすべての直径におい

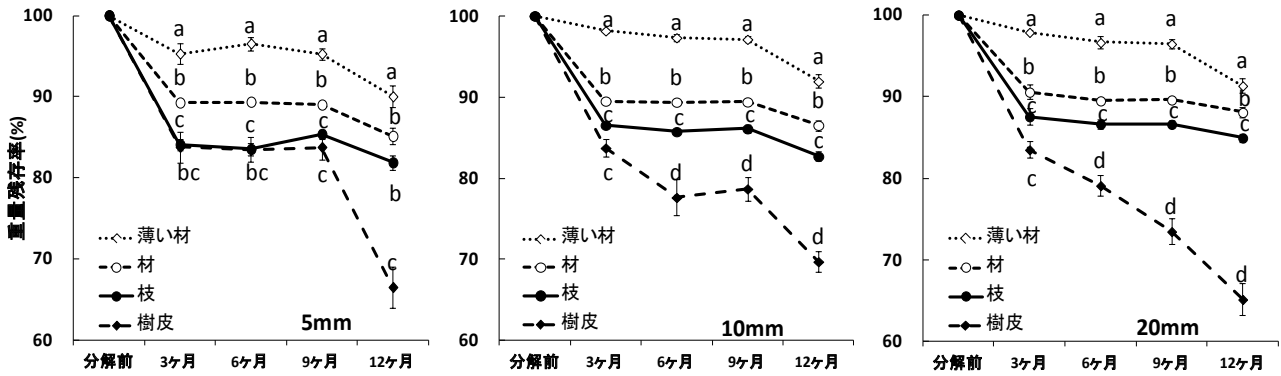


図-1. 各形態(枝, 材, 樹皮, 薄い材)の重量残存率の経時変化  
(異なるアルファベットは同じ分解期間で形態間に有意差があることを示し ( $p < 0.050$ ), エラーバーは標本標準誤差を示す)

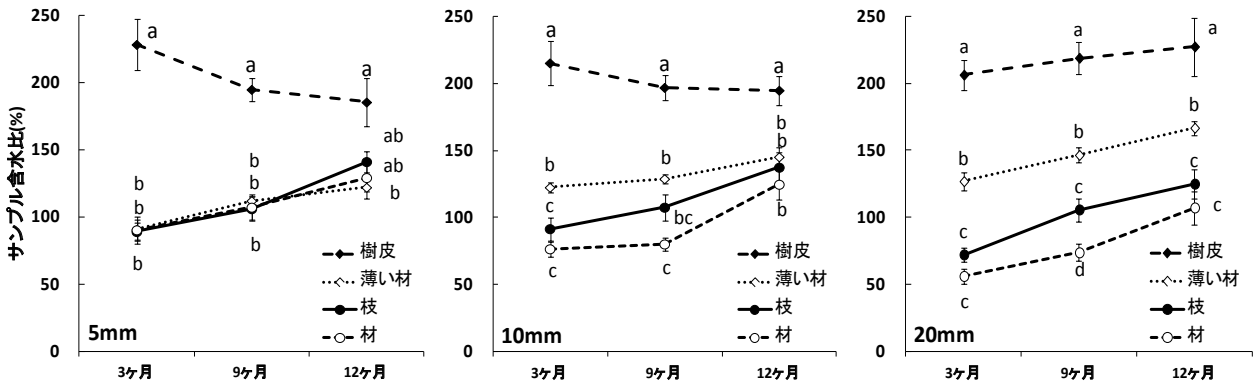


図-2. 各形態(枝, 材, 樹皮, 薄い材)のサンプル含水比の経時変化  
(異なるアルファベットは同じ分解期間中で形態間に有意差があることを示し ( $p < 0.050$ ), エラーバーは標本標準誤差を示す)

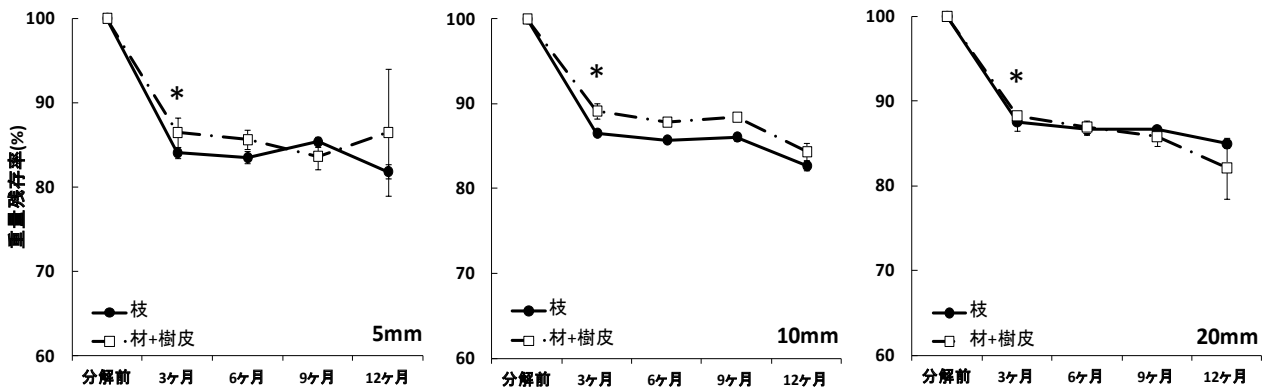


図-3. 枝の場合と材と樹皮を別々に分解させた場合の重量残存率の経時変化  
(アスタリスクは同じ分解期間で形態間に有意差があることを示し ( $p < 0.050$ ), エラーバーは標本標準誤差を示す)

て材より速かったことに対し、枝のサンプル含水比は材との間に差はみられなかった。また、薄い材の分解は最も遅かったが、枝と材に比べ高いサンプル含水比を示した。木材の腐朽に最適な含水比は50~100%の範囲といわれているが(全国林業普及協会, 1998), 本試験で観察された樹皮のサンプル含水比は200%前後であった。材と樹皮ではそれらの構造や含んでいる成分が異なることから、それぞれを腐朽する分解者の種類が異なることが考えられる。分解されにくいとされてきた樹皮が、材や薄い材よりも速く分解された理由を、今後は化学成分や構造に着目して明らかにする意義があるといえる。

## (2) 樹皮による材の分解速度への影響

枝と“材+樹皮”の重量残存率の経時変化を図-3に示す。試験開始3ヶ月後では、枝の分解は“材+樹皮”より速かったが( $p < 0.050$ ), 12ヶ月後では差はみられなかった( $p > 0.050$ )。一般に、体積が同じサンプルにおいて、表面積の大きいものの方が微生物の侵入が多く、分解が速いといわれている(Mackensen *et al.*, 2003)。したがって、枝よりも表面積の大きい“材+樹皮”の方が、分解が速いと予想される。分解初期においては、材と樹皮の相乗効果が存在すると考えられるが、試験開始12ヶ月後には重量残存率の有意差がみられず、6ヶ月後から12ヶ月後に

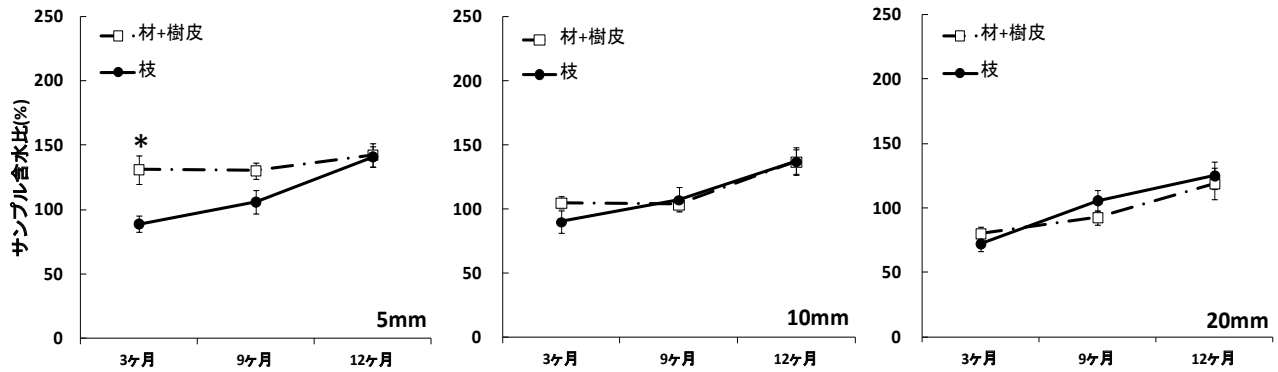


図-4. 枝の場合と材と樹皮を別々に分解させた場合のサンプル含水比の経時変化 (アスタリスクは同じ分解期間で形態間に有意差があることを示し ( $p < 0.050$ ), エラーバーは標本標準誤差を示す)

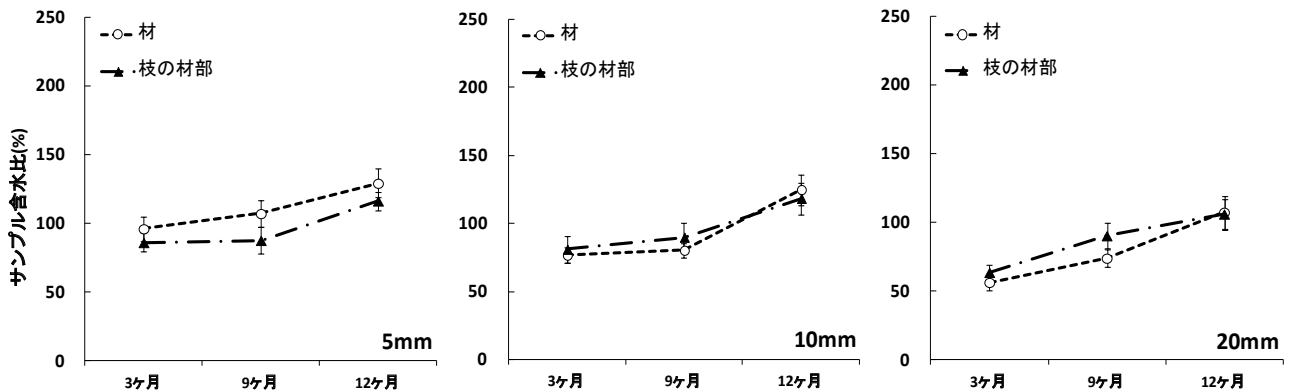


図-5. 枝として分解させた場合の枝の材部と、材のみを分解させた場合のサンプル含水比の経時変化 (アスタリスクは同じ分解期間で形態間に有意差があることを示し ( $p < 0.050$ ), エラーバーは標本標準誤差を示す)

かけて、“材+樹皮”の分解が速くなったことが考えられた。

また、枝と“材+樹皮”のサンプル含水比の経時変化を図-4に示す。サンプル含水比に対する相乗効果の影響には、一貫した傾向がみられなかった。直径5mmのサンプルにおいて、試験開始3ヶ月後では、枝よりも“材+樹皮”の方がサンプル含水比は高かった ( $p < 0.050$ )。一方、直径10mmと直径20mmのサンプルにおいては、いずれの分解期間においても、サンプル含水比の形態間差はみられなかった ( $p > 0.050$ )。

次に、“枝の材部”と材のサンプル含水比の経時変化を図-5に示す。その結果、いずれの直径、分解期間においても、サンプル含水比の形態間差はみられなかった ( $p > 0.050$ )。

以上の結果から、分解速度における材と樹皮の相乗効果は、分解初期に確認されたが、12ヶ月後には確認されなかった。サンプル含水比については相乗効果による影響はみられなかった。そして、樹皮は必ずしも材の乾燥を防ぐとはいえなかった。

#### Ⅳ. まとめ

スギ枝では、樹皮、枝、材、薄い材の順に分解が速かったが、これはサンプル含水比の高さとは関係していなかった。分解の速

さとサンプル含水比における形態間差は、直径が大きいほど傾向が明瞭であった。分解初期は、材と樹皮の相乗効果による分解速度の増加がみられたが、試験開始12ヶ月後にはみられなかった。そして、サンプル含水比の結果から、樹皮は必ずしも材の乾燥を防ぐ効果を持っているとはいえなかった。今後は、分解初期において、材と樹皮の相乗効果がみられた原因（たとえば、樹皮が分解菌の増殖場所となっている可能性）を調べていく必要がある。

#### 引用文献

河原輝彦, 佐藤明 (1975) 日林誌 57: 357-360.  
 河原輝彦, 佐藤明 (1977) 日林誌 59: 321-326.  
 小藤田久義ほか (2001) 木材学会誌 47: 479-486.  
 Mackensen *et al.* (2003) Australian J. Botany 51: 27-37.  
 野口享太郎ほか (2009) 森林総合研究所研究報告 8: 205-214.  
 林野庁 (2012) 平成24年度版 森林・林業白書, 195, 全国林業改良普及協会, 東京.  
 全国林業改良普及協会 (1998) 林業技術ハンドブック, 1519-1520, 全国林業改良普及協会, 東京.

(2014年11月8日受付; 2015年1月5日受理)