

## 新方式作業道の開設および耐久試験

壁村, 勇二  
九州大学農学部附属演習林宮崎演習林

鍛治, 清弘  
九州大学農学部附属演習林宮崎演習林

井上, 幸子  
九州大学農学部附属演習林宮崎演習林

久保田, 勝義  
九州大学農学部附属演習林宮崎演習林

他

<https://doi.org/10.15017/15058>

---

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 89, pp.63-74, 2008-03. 九州大学農学部附属演習林  
バージョン：  
権利関係：

## 論文

## 新方式作業道の開設および耐久試験\*

壁村勇二\*\*・鍛冶清弘\*\*・井上幸子\*\*・久保田勝義\*\*・  
馬渕哲也\*\*\*・熊谷朝臣\*\*\*\*・内海泰弘\*\*\*\*

## 抄 録

九州大学農学部附属演習林宮崎演習林は傾斜30度以上の急傾斜地が約30%を占め、また林道密度が5.6m/haと低く、木材の搬出は主に架線を用いている。そのため生産費用が高く、間伐材の搬出により利益を上げることは困難であるため、間伐材はすべて切り捨て処分としている。木材の生産費用を下げるためには林道の開設が有効であるが、急峻な地形と多雨地帯という地理条件のため開設箇所が限定されてきた。高知県四万十町では、構造物を用いず低費用で耐久性の高い、新方式作業道の開設が行われている。そこで、宮崎演習林のような急傾斜地における最適な林道開設方法を明らかにすることを目的として、四万十町方式に準じた作業道（新方式作業道）と試験地周辺で一般的な方式の作業道（従来方式作業道）を近接地に開設し、作業道の強度と耐久性、開設費用の比較を行った。その結果、両方式で開設費用の面では差がなく、新方式作業道の土壤硬度は1年2ヶ月間の計測で常に従来方式作業道を上回り、路面の強度・耐久性の面で従来式に勝ることが示唆された。

キーワード：作業道，表土ブロック積み工法，土壤硬度計，耐久性，比較

---

\*KABEMURA, Y., KAJI, K., INOUE, S., KUBOTA, K., MABUCHI, T., KUMAGAI, T. and UTSUMI, Y.  
: The construction and durability test of new type forest road

\*\*九州大学農学部附属演習林宮崎演習林  
Siiba Research Forest, Kyushu University, Siiba, Miyazaki, 883-0402, Japan

\*\*\*九州大学農学部附属演習林北海道演習林  
Ashoro Research Forest, Kyushu University, Ashoro, Hokkaido, 089-3705,  
Japan

\*\*\*\*九州大学大学院農学研究院森林資源科学部門森林生態圏管理学講座  
Division of Forest Ecosystem Science and Management, Department of Forest  
and Forest Products Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University,  
Sasaguri, Fukuoka 811-2415, Japan

## 1. はじめに

森林内で保育作業，伐出作業，毎木調査などの各種作業を行う上で林道ないし作業道（以下，作業道）は必要不可欠である．人工林の場合，地ごしらえ，植え付け，除伐といった植栽木の保育作業を行う時に，作業道が林地に隣接しているか否かで作業の効率は大きく変わってくる（白石，1994；酒井，2007a）．間伐や皆伐を行う場合，作業道があれば高性能林業機械（プロセッサ，タワーヤーダ，フォワーダなど）を用いた伐出作業ができるので，伐採の選択肢が広がる（松村，2004；酒井，2007c）．しかし，作業道がない場合，急傾斜地では架空索による集材をせざるを得ず，費用の面での選択肢も狭まる（酒井，2004；2007b）．

天然林においても特に教育・研究に関わる森林では作業道の開設によって実際に利用可能になる森林の範囲が広がるだけでなく，観測機器の運搬や設置，データの回収，傷病者の運搬といった多目的な効果が期待できる．このように作業道の開設に伴う利点は多いが，日本の森林の多くは山岳急傾斜地にあり，通常の方法では作業道の開設自体が困難とされる場合が多い．また作業道の開設ができてその維持管理に費用がかかるため，開設後に放置されたり，補修費用が新規作業道の開設費用を圧迫することもある．

急傾斜地で降水量の多い宮崎県椎葉村に所在する九州大学農学部附属演習林宮崎演習林（以下，宮崎演習林）では，1961年度から本格的な作業道開設工事を行っている（薛・井倉，1989）．2003年度までの約40年間で，作業道開設に総額219,183,590円が投入され，15,879mが開設された（1mあたりの単価は13,803円）．一方，作業道の補修に要する金額は2003年度までに総額135,221,436円となっており，1mあたりの単価は8,516円と新設工事の約2/3にもなる（壁村ら，2007）．これは，新設後も台風その他の集中豪雨や，冬期の土壌の凍結と融解の繰り返しなどにより，法面崩壊や路肩決壊が頻繁に起こり，その補修工事が必要となるためである．このように作業道の新設費・補修費はともに多額になるため作業道開設が進まず，宮崎演習林内の作業道密度は2006年現在で5.6m/haと非常に低いままである（井上ら，2006）．

従来，このような急傾斜多雨地域に高密度な路網を整備することは費用対効果の面から困難であるとする考えが大勢を占めてきた（吉村・神崎，1995）．しかし近年，森林管理者（林家）によって開発された急傾斜地における様々な作業道開設方法が脚光を浴びている．たとえば大阪府千早赤坂村にある大橋林業は，間伐材の生産を目的として地形及び排水処理を考慮した路網整備を行い，丸太組工法を取り入れた耐久性の高い作業道開設方式を開発した（大橋，2001；酒井，2007d；2007e；2007f）．また，高知県四万十町では，間伐材生産を目的とする町有林施業のために，開設費用を抑えながら恒久的に使用できる作業道作りを目指し，構造物を用いず支障木の伐根と表土を含めた林地の土壌だけで路面を作る表土ブロック積み工法を開発した（四万十町役場産業課，2007）．四万十町では，町の直営班が作業道の開設時にこの手法を用いて間伐材を低費用で搬出し利益を上げている（有村・小池，2006；今富ら，2006）．最近では，これらの成果を参考にして林野庁（各森林管理局）をはじめ各地方自治体（徳島県，鳥取県，山梨県など）が同様な作業道開設に着手している（九州森林管理局，2005；徳島県阿南農林事務所，2005；日笠，2007；中西，2007；山梨県森林総合研究所，2007a；2007b）．

このような急傾斜地に対応した作業道の開設は、森林管理者が現場で試行錯誤して行うので、ひとたび改良された作業道が完成すると、従来方式の作業道を改めて作ることは考えられない。そのため、改良されたと考えられる方式が従来方式と比較して道路自体の強度、耐久性や開設、維持費用の面でどの程度優れているのかを定量的に解析された報告は少ない。そこで本研究は、急傾斜で降水量の多い宮崎演習林を試験地とし、経験的に優れるとされる四万十町方式に準じた方式（新方式作業道）と試験地周辺で一般的な方式の作業道（従来方式作業道）の強度、耐久性、開設費用の比較を行うことを目的とした。

## 2. 試験地と方法

### 2.1. 試験地

宮崎演習林第35林班「と小班」および「ち小班」（北緯32° 24'，東経131° 10'）を試験地とした。

「と小班」の面積は9.31haで主にヒノキ林からなり、斜面方位は南東である。「ち小班」の面積は8.18haですべてスギ林からなり、斜面方位は北西である。

いずれも標高は1086～1221mに位置し、平均傾斜38度の急峻な地形である。地質は西南日本外帯に属し、中生代白亜紀～新生代古第三紀（1億3千万年～2千3百万年前）にかけて形成された四万十累層群が基盤をなす（田中・岩松，1993）。これらは砂岩・頁岩などの堆積岩類を主体とし、広域変成作用により千枚岩もしくは片状岩化しているものが多く、薄く層状に剥がれ風化しやすくもろい（井上ら，2006）。

土壌は地表から5～30cmに黒色土壌、その下層には粘性の強い黄色土層が存在しており、適潤で弱酸性を呈している（井上ら，2006）。

また本試験地の気候は、九州中部山岳地帯に位置するため年平均気温が低く、九州で最も雨の多い宮崎県地方でも特に雨の多い地域に属している（荒上，1987）。宮崎演習林の事務所（標高600m）における1944年から2004年までの60年間の平均では、年平均気温は13℃、年降水量は3472mmとなっている（古賀，2005）。試験期間中、宮崎演習林事務所敷地において転倒ます型雨量計を用いて時間降水量を計測し、これを積算して日降水量を得た。

なお、試験地までには、斜面下部にほぼ等高線に沿った行き止まりの既存作業道が1本存在する。

### 2.2. 作業道の開設法

これまで試験地周辺で行われてきた作業道開設法を「従来方式作業道」、高知県四万十町の作業道開設法（四万十町役場産業課，2007）を参考とした方式を「新方式作業道」とした。

作業道開設に当たっての新方式作業道と従来方式作業道の相違点は表1の通りである。

なお、従来方式作業道でも重機の安全確保が必要なときは路面および路肩の一部は踏み固め、急傾斜でやむを得ない場合は支障木と伐根を使用した。また、従来方式作業道で斜度が大きく一定勾配での開設ができない区間は等高線に従わず開設した。

図1に開設した作業道の概略図を示す。新方式作業道は、「ち小班」に2006年7月に263m、

表1 新方式作業道および従来方式作業道開設法の相違点

Table 1 Difference between the new type road and conventional forest roads.

	従来方式作業道	新方式作業道
開設作業	路面はならず程度で表土は使用しない	1~2m程掘り下げ数層に分け、締め固める表土は路肩に挟み込んで固定
カーブの傾斜	内カント	外カント
排水処理	考慮しない	カーブ及び道路の凸凹毎に分散排水
法切り	斜め切りで高さの制限なし	直切りで法高は2m以内
道路勾配	等高線に沿って一定勾配	地形に配慮し勾配を変える
支障木及び切り株	使用しない	路肩を固める際に使用

2007年5月に160m開設した。従来方式作業道は、「と小班」に2006年8月に238m、「ち小班」に2007年6月に150m開設した。2006年開設作業道の幅員は2.3m、2007年開設作業道の幅員は3.0mとした。

新方式作業道の開設単価は2006年度で969円/m、2007年度で447円/mであり、従来方式作業道の開設単価は2006年度で1,261円/m、2007年度では437円/mであった（壁村ら、2007）。

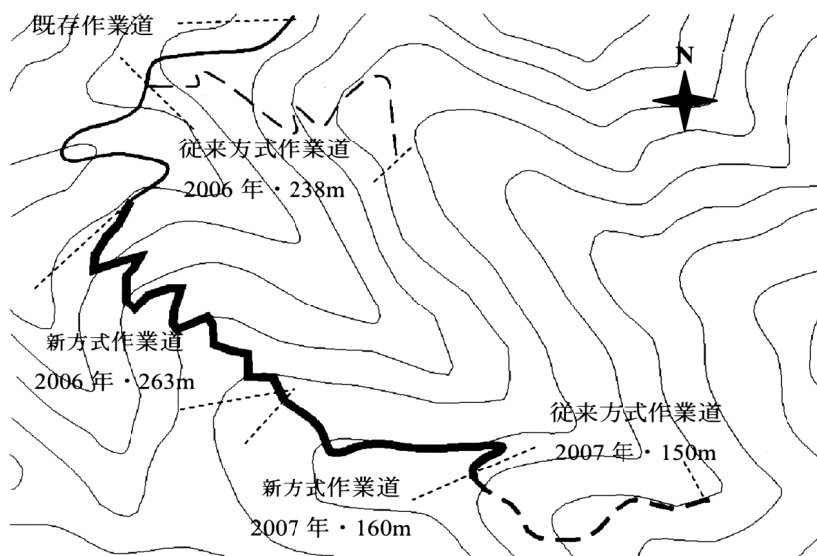


Fig. 1 Location of new type and conventional forest roads.

図1 作業道の概略図

### 2.3. 作業道の評価法

作業道の評価のため土壤貫入硬度計（CP40, Rimik, Toowoomba, Australia）により路面表層の土壤硬度を計測した。CP40は、動力による土壤貫入によって同一地点で連続して深度別硬度を計測・自記できるほか、継続して他の地点での計測が可能である。そのため、深さ方向を含めた多点計測が容易である。測定深度は275mmまでとし25mm間隔で各深度のデータを得た。2006年および2007年開設作業道において作業道の始点から終点の間で測定地点を等間隔に10箇所設定した。

2006年と2007年では開設した距離が異なったため、測定地点の間隔は2006年開設作業道では20m、2007年開設作業道では15mとした。各測定地点で山側、谷側、中央の3点を設定し一試験区間で計30カ所計測した。山側、谷側、中央の3点の間隔は1mとした。なお切土側で母岩が出現している箇所や敷き詰めたレキの密度が高い場所では、土壤貫入計が設定した測定深度まで入らないことがあった。この場合は最初の計測点から半径10cmの範囲で最大10回まで測定を繰り返し、最大深度まで到達不可能な場合は一番深く貫入できたところまでのデータを解析に利用した。従来方式作業道と新方式作業道における各地点の深度別データの平均値の比較には2つの標本の母集団の差に関するノンパラメトリック検定である Mann-WhitneyのU検定を用いた。

すべての測定は前日に降雨がない日に行った。2006年に開設した作業道では、1回目の測定を2007年6月21日に、2回目の計測を同8月6日に行った。2007年に開設した作業道での測定は2007年9月3日に行った。

## 3. 結 果

### 3.1. 降水量の経時変化

最初の作業道を開設した2006年7月から最後の土壤硬度測定を行った2007年9月までの日降水量の経時変化を図2に示す。2007年5月に開設した新方式作業道では開設から計測までの97日間で1411.5mmの降雨があり、2007年6月に開設した従来方式作業道では84日間で1386.0mmであった。

2006年7月に開設した新方式作業道では、開設から1回目の計測までの331日間で1446.5mm、2回目の計測までの377日間で2535.5mmの降雨があった。2006年6月に開設した従来方式作業道では、1回目の計測までの323日間で1445.5mm、2回目の計測までの369日間で2534.5mmであった。

### 3.2. 2007年開設作業道における土壤硬度の比較

2007年9月3日に計測した土壤硬度の平均値は、新方式作業道では1246kPa。従来方式作業道では1116kPaであった。山側、谷側、中央での深度別の土壤硬度を図3に示す。

新方式作業道においては谷側の土壤深度25mmの箇所を除いて全ての土壤深度で1000kPaを越えていた。

従来方式作業道の中央では土壤深度25～125mmの区間が777～871kPaと比較的低い値を示した。新方式作業道での山側、谷側、中央での土壤硬度の平均値はそれぞれ1118, 1344, 1257kPaであり、従来方式作業道ではそれぞれ1306, 1141, 903kPaであった。

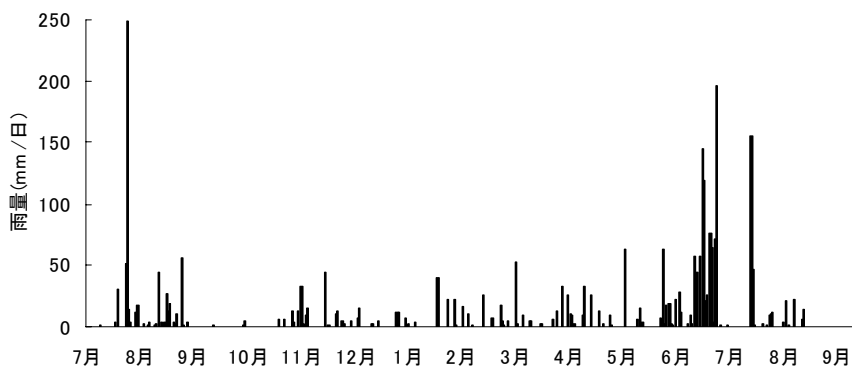


Fig. 2 Daily precipitation from July 2006 to September 2007.

図2 2006年7月から2007年9月までの日降水量の変化

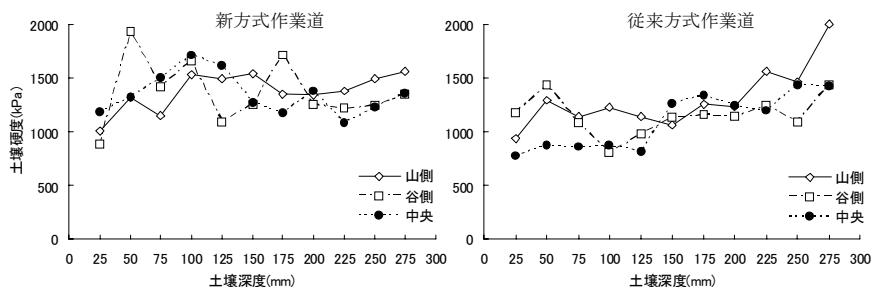


Fig. 3 Soil hardness of forest roads at three month after construction.

図3 2007年開設作業道における各深度別の土壤硬度

### 3.3. 2006年開設作業道における土壤硬度の比較

2007年6月21日に計測した土壤硬度の平均値は、新方式作業道では1268kPa、従来方式作業道では887kPaであり、両方式の値には有意な差が認められた（有意水準1%）。山側、谷側、中央での深度別の土壤硬度を図4に示す。新方式作業道においては中央の土壤深度25mmの箇所を除いて全ての土壤深度で1000kPaを越えていた。従来方式作業道では谷側と中央のほとんどの地点で1000kPa以下であった。

山側、谷側、中央での土壤硬度の平均値は、新方式作業道ではそれぞれ1161、1378、1267kPa、従来方式作業道ではそれぞれ1146、662、853kPaであった。谷側で、両方式の土壤硬度の平均値に有意な差が認められた（有意水準5%）。

2007年8月6日に測定した土壤硬度の平均値は、新方式作業道では1335kPa、従来方式作業道では1070kPaであり、両方式の値には有意な差が認められた（有意水準1%）。山側、谷側、中央での深度別の土壤硬度を図5に示す。新方式作業道においては中央の土壤深度150mmの箇所を除いて全ての土壤深度で1000kPaを越えていた。従来方式作業道では谷側、中央ともに土壤深度25～150mmの区間では1000kPa以下であった。山側、谷側、中

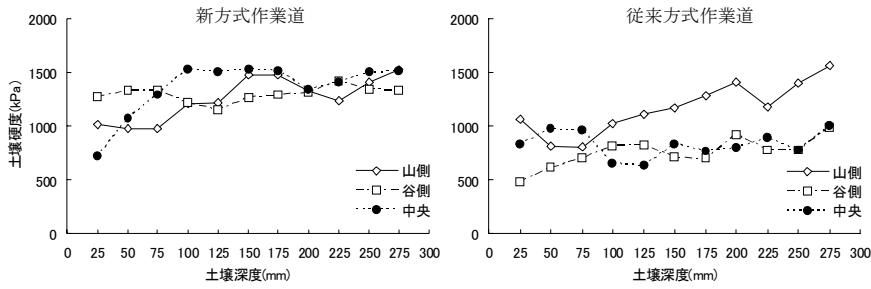


Fig. 4 Soil hardness of forest roads at 12 month after construction

図4 2006年開設作業道における各深度別の土壤硬度(測定1回目)

中央での土壤硬度の平均値は、新方式作業道ではそれぞれ1431, 1292, 1283kPa, 従来方式作業道ではそれぞれ1418, 900, 891kPaであった。中央と谷側で、両方式の土壤硬度の平均値に有意な差が認められた(有意水準5%)。

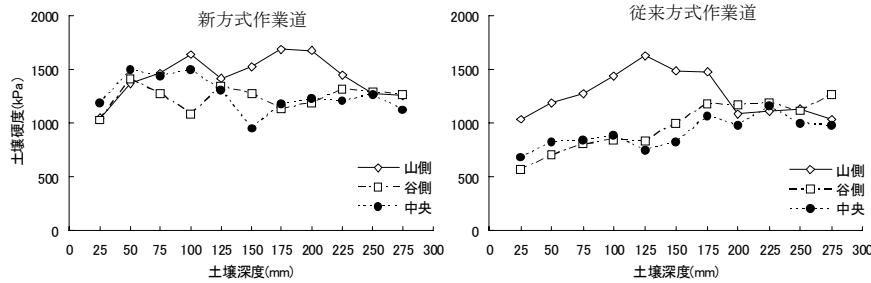


Fig. 5 Soil hardness of forest roads at 14 month after construction.

図5 2006年開設作業道における各深度別の土壤硬度(測定2回目)

### 3.4. 土壤硬度の経時変化

山側・谷側・中央の平均値の経時変化を図6に示す。新方式作業道での最大値は1629kPa, 最低値は1000kPaであった。従来方式作業道ではそれぞれ1539kPaと765kPaであった。

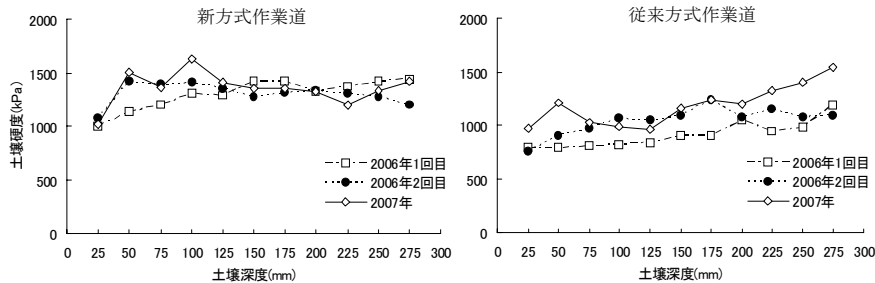


Fig. 6 Time courses of soil hardness of forest roads.

図6 土壤硬度の経時変化



## 4. 考 察

本研究での全3回の計測において新方式作業道の土壌硬度は従来方式作業道よりも大きな値を示した。

これは新方式作業道が従来方式作業道と比べて強度が高いことを示唆している。新方式作業道の土壌硬度は土壌の表面から275mmの深さまでほとんど変化しない（図6）。従来方式作業道が山側から切り崩した土を谷側に盛土して道を開設するのに対して、新方式作業道では山側から谷側まで土を1~2m掘り下げた後に数層に分けて締め固める表土ブロック積み工法を行っている（四万十町役場産業課，2007）。そのため赤土からなる母岩と表土がどの深さでも均一に分布し、土壌硬度も深さによって変化しないと考えられる。

また、作業道の支持力は開設後1年以内が最も低く、2~3年後に最も高くなるとされているが（小林・福田，1975）、新方式作業道において開設後約3ヶ月の測定値と開設後約1年の測定値に顕著な違いは認められない。これは総雨量1165mmの集中豪雨を経た後の2006年2回目の計測値と比較した場合も同様である（図6）。新方式作業道は開設直後から十分な強度を保持しており、降雨によっても大きな変化は生じないと考えられる。

両方式での土壌硬度を山側、中央、谷側に分けて比較したところ2007年開設作業道のデータを除いて谷側で有意な差が認められた。また、従来方式作業道ではいずれの計測時にも山側と比較して中央や谷側で低い値を示したのに対して、新方式作業道では山側が顕著に高くなる傾向は認められなかった。一般に作業道の支持力は路肩や谷側の待避所で弱い（小林・福田，1975）。これは谷側が盛土になるので表土の層が深くなることによる。しかし新方式作業道では盛土側にも赤土からなる母岩と柔らかい表土を交互に積み上げて路面を敷きならすため、切土である山側と盛土である谷側で土壌硬度に差が生じず、いずれの箇所でも高い硬度を保っていると考えられる。

また、作業道の開設単価に両方式で顕著な違いは認められなかった。2006年開設作業道と比較して2007年開設作業道が安価な理由は2007年の開設が演習林職員により行われ、その人件費が含まれていないためである。そこで、2007年の開設費に演習林職員の人件費を演習林規定の日々雇用賃金（1日=8,200円）で積算して加えても新方式作業道で908円/m、従来方式作業道で847円/mと2006年度よりも安価であった（壁村ら，2007）。このように人件費を加えた場合でも1mあたりの単価は新方式作業道で約1,000円/m弱であり、これは従来報告されている一般的な作業道の単価と大きく変わらない（秋田県農林水産部秋田スギ振興課，2005）。路面の安定に効果があるとされる大橋林業の丸太組工法（大橋，2001；酒井，2007d；2007e；2007f）に準じた作業道の開設費用は約3,000円/mであり（小林ら，2005）、費用の面では本研究で用いた工法の方が優れている。

2006年の夏に開設した新方式作業道と従来方式作業道の作業道の路面状況を2007年6月時点で比較したところ、従来方式作業道では土壌がぬかるんでおり全線にわたり軽トラックの通行が不可能であった。

一方、新方式作業道では開設当初は路面の表面に赤土が薄く堆積していたが、降雨のたびに洗い流されて礫が出現したため軽トラックの通行が可能になっていった。

このことから、当試験地において新方式作業道が従来方式作業道と比較して砂利を引くなどの路面改良の必要性が小さく、費用が抑えられる可能性が示唆された（壁村ら，2007）。

法切り高は従来方式作業道では高さに制限を設けなかったため高いところでは3mになり、冬期の凍結と融解の繰り返しなどの風化作用を受けて崩落が生じた。一方、新方式作業道では切土部分での崩壊がほとんどなかった。法切り高を低く抑えることで、法面の崩壊を抑制できるとする指摘はこれまでも多くなされており（酒井，2004），今回の結果はそれを裏付けている。

また，2007年初夏に開設した従来方式作業道では台風および集中豪雨直後により急勾配の盛土箇所（谷側）で大きなひび割れが発生したが，新方式作業道では発生しなかった。

新方式作業道において分散排水を目的とするカーブでの外カントの効果および土留め効果のある支障木や根株を用いたため（四万十町役場産業課，2007）急勾配でも路面が安定しているものと思われる。新方式作業道で採用した表土ブロック積み工法は，盛土の使用を最小限に抑える効果もあるが，表土と一緒に低木や草花などを立木のまま土留めに用いることで表土内に含まれる種子の発芽や切り株からの萌芽を促し，土壌を安定させることも考慮されている（四万十町役場産業課，2007）。現在，表土ブロック積み工法は日本中の国有林で運用を検討する取り組みが始まっている（九州森林管理局，2005；関東森林管理局，2007；近畿中国森林管理局指導普及課，2007；四国森林管理局，2007）。

本研究の試験地がある椎葉村大河内地区には「道こそ山の生命」という石碑がある。これは山岳地域に暮らす住民が長年熱望していた生活林道の開通に伴い，石碑にその思いを表現したものである。新方式作業道は先進的な森林経営者によって，これまで経験的に優れているとされてきた。本研究では，この新方式作業道が開設費用の面では差がなく，路面の強度，耐久性の面で従来方式作業道に勝ることが定量的に示唆された。本報告のような調査で明らかな結果を得るには多大の時間を要するが，山里に生活する人々の生活を左右する作業道の開設方法の改善を計るべく，さらに調査研究を継続していく必要がある。

## 謝 辞

本研究にあたり平成19年4月に高知県四万十町で実施された「環境に配慮した作業路開設研修」において四万十町役場林業政策監兼林業振興室長の田辺由紀男氏に多大な御教示，御示唆をいただいた。2006年の作業道開設にあたっては大河内地区在住の甲斐産業の甲斐齊氏，山口良則氏にご協力をいただいた。

また，九州大学大学院流域環境制御学研究室の立石麻紀子氏には日降水量の解析の際にご協力をいただいた。以上の各氏に心より御礼申し上げる。なお本研究は宮崎演習林第6次森林管理計画書（井上ら，2006）の「急傾斜地における木材搬出システムに関する研究」に基づき行われた。

## 引用文献

- 秋田県農林水産部秋田スギ振興課 (2005) : 効率的な路網整備. <http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1135672613226/files/33.pdf>
- 荒上和利 (1987) : 九州中部山岳地帯におけるモミ・ツガ天然林の成立過程に関する研究. 九大演報 **57** : 17-108
- 有村佳将・小池浩一郎 (2006) : 高密度路網を用いた森林経営について—高知県大正町(現四万十町)町有林を事例として—. 2006年林業経済学会秋季大会口頭発表要旨. <http://www.soc.nii.ac.jp/jfes/info/autumn2006abstracts/B26.pdf>
- 日笠浩二 (2007) : 「鳥取式作業道」による高密度路網開設の取り組み—地域ぐるみの低コスト林業を実現する人づくり, 現代林業**2月号2007**, pp.26-29
- 今富裕樹・梅田修史・岡 勝 (2006) : 効率的な作業機械と路網整備による搬出コスト低減技術の開発. 平成18年度独立法人行政森林総合研究所公開講演会講演要旨集. <http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/kouho/kouenyoushi/H18.pdf>
- 井上 晋・熊谷朝臣・内海泰弘・馬淵哲也 (2006) : 九州大学農学部附属演習林宮崎演習林第6次森林管理計画書, 宮崎演習林第6次森林管理計画策定委員会, 椎葉, p.58
- 壁村勇二・鍛冶清弘・久保田勝義・井上幸子・馬淵哲也・内海泰弘 (2007) : 宮崎演習林における高密度作業道路網の開設. 九州大学森林圏管理学講座(演習林)研究発表会講演要旨集, 福岡, pp.3-4
- 関東森林管理局 (2007) : 低コスト路網箇所現在の状況—表土ブロック積工法箇所の検証. <http://www.kanto.kokuyurin.go.jp/works/lowcost/06.html>
- 近畿中国森林管理局指導普及課 (2007) : 低コスト・高効率作業システムの開発・普及～低コスト路網を活用とした効率的な間伐方法の確立～. <http://www.kinki.kokuyurin.go.jp/kyoku/00kikaku/19p-release/4.pdf>
- 小林洋司・福田光正 (1975) : 林道および作業道の路面の支持力に影響を及ぼす因子について. 日林誌**57** : 135-145
- 小林洋司・仁多見俊夫・有賀一広・桜井 倫・杉浦直重 (2005) : 作業道の路体構造と支持力について. 東大演報 **113** : 241-245
- 古賀信也 (2005) : 宮崎演習林概要, 椎葉, p.8
- 九州森林管理局 (2005) : 低コスト路網整備, 広報九州, 1604. <http://www.kyusyu.kokuyurin.go.jp/kouhou/kouhou1709.htm>
- 松村俊憲 (2004) : 「現場ネットワーク」林業機械化最前線 高性能林業機械による低コスト搬出システムへの取り組み—徳島中央森林組合. 機械化林業**10月号2004**, pp.53-56
- 中西 誠 (2007) : 林政ニュース〈林野庁の路網整備の基本的な考え方と取り組み〉低コストで効率的な作業システムに対応した作業路網の整備を進めるために. 現代林業**6月号2007**, pp.44-49
- 大橋慶三郎 (2001) : 道づくりのすべて, (社)全国林業改良普及協会, 東京. p.159
- 酒井秀夫 (2004) : 作業道 理論と環境保全機能, (社)全国林業改良普及協会, 東京, p.281

- 酒井秀夫 (2007a) : 作業道ゼミナール第1回低コスト林業に作業道は不可欠－国産材時代を迎えて－, 現代林業**1月号2007**, pp.40-43
- 酒井秀夫 (2007b) : 作業道ゼミナール第4回高密度による低コスト林業－林業機械の集材費－, 現代林業**4月号2007**, pp.38-41
- 酒井秀夫 (2007c) : 作業道ゼミナール第6回作業道と高性能林業機械の作業システム, 現代林業**6月号2007**, pp.40-43
- 酒井秀夫 (2007d) : 特集大橋式作業道を検証する 大橋慶三郎氏路網の排水処理性能, 現代林業**8月号2007**, pp.14-33
- 酒井秀夫 (2007e) : 作業道ゼミナール第9回作業道作設の基本－急傾斜地の作業道－ (2), 現代林業**10月号2007**, pp.42-45
- 酒井秀夫 (2007f) : 作業道ゼミナール第10回作業道作設の基本－急傾斜地の作業道－ (3), 現代林業**11月号2007**, pp.38-43
- 薛 孝夫・井倉洋二 (1989) : 宮崎演習林50年のあゆみ, 椎葉, p.64
- 四国森林管理局 (2007) : 平成18年度四国の国林野事業の実施状況. <http://www.shikoku.kokuyurin.go.jp/job/kikaku/h18jishi.pdf>
- 四万十町役場産業課 (2007) : 四万十町の林業, 四万十, p. 18
- 白石則彦 (1994) : 林道からの距離別にみた森林施業の実態解析. 日林誌 **76** : 218-223
- 田中健一・岩松 暉 (1993) : 九州四万十帯日向大河内地域の地質. 九大演報 **69** : 31-53
- 徳島県阿南農林事務所 (2005) : 低コストで森林に優しい作業道, 徳島. <http://www.green.pref.tokushima.jp/shinrin/ringyo/pdf/teikosutodesinrinnisayashiisagyodo.pdf>
- 山梨県森林総合研究所 (2007a) : 「四万十式作業路に学ぶ」講演会が開催される. <http://www.pref.yamanashi.jp/barrier/html/shinsouken/69950465802.html>
- 山梨県森林総合研究所 (2007b) : 山梨県簡易作業路作設士認定講習会を実施しました. <http://www.pref.yamanashi.jp/barrier/html/shinsouken/98123375064.html>
- 吉村哲彦・神崎康一 (1995) : 破碎帯急傾斜地における崩壊危険度を用いた高密度路網の計画法(I) : 地形図による崩壊危険度の判定. 日林誌 **77** : 1-8

(2007年10月31日受付 ; 2008年2月7日受理)

## Summary

New type and conventional type forest roads were adjacently constructed in steep slope more than 35 degree and the road surface hardness was measured for three times during 14 months. The new type forest road was constructed by the topsoil sandwich method, of which process was composed of deep digging of road soil and sequential paving the base rock and the topsoil like a sandwich. The soil hardness was higher in the new type forest road than the conventional type forest road in each measurement time. The cost of construction was about 1000 yen / m in both methods.

**Key words** : forest road, top soil sandwich method, soil hardness, durability, comparison