



# 論文内容要旨

わが国の草地は積雪地帯に広く分布し、中でも放牧を対象とした永年草地は自然立地条件の厳しい山地傾斜地に多い。牧柵はこうした草地で牛群管理を行うための放牧施設であるが、実際にはこの機能が十分でないために家畜管理や牧柵の維持管理上の問題が多い。これは、牧柵が多雪で複雑な地形に設置されてその機能が損なわれ易く、牧柵構造について家畜行動学的に研究されていないからである。このため積雪地帯の山地傾斜地でも機能する牧柵の構造については畜産・草地学のみならず家畜行動学的な側面や、土木工学や雪氷学などの側面から総合的に研究する必要がある。

本研究では、積雪地帯における牧柵の問題点を実態調査によって摘出し、牧柵の機能を改善するために多雪地における実証試験や家畜の放牧試験から牧柵構造を検討し、また、牛群管理のための牧柵構造について家畜行動学的な検討をすることとした。

## I. 積雪地帯における牧柵の問題点

1. 積雪地帯における公共育成牧場は預託を主目的としているため、放牧期間中は牧場側が家畜の脱柵や病気に配慮している。この預託牛の脱柵を防止するために牧柵の維持管理に多大な労力や経費を要しており、このことが公共育成牧場の経営赤字の一因をなしている。牧柵の維持管理費を高騰させる原因は牧柵に雪害が生じ易いからである。

2. 牧柵の雪害には支柱や支柱の傾倒や緩みなどのほか、架線の断線や弛みなどがあり、土地の傾斜が急な個所ほど支柱の破損が多かった(図1)。また、傾斜地におけるコーナー柱は倒れ易く、この倒れに伴った架線の弛みが目立った。多雪地における牧柵の架線の弛みは上段架線ほど多く、この弛みが脱柵の誘因となるため架線をペンチで巻き込んで弛みを調整する。この調整個所が多いほど断線が多く認められ(図2)、この断線は支柱から20cm以内に生じ(図3)、また、積雪が深く架線を針金で支柱に留める割合が大きいほど断線が多かった(図4)。

3. 牧柵構造は、支柱間隔が外柵・内柵とも4m間隔、架線段数が外柵・内柵とも4段張り、架線間隔が4段張りでは30cm間隔、また、支柱は支柱10本あるいは5本に1本の割合で取り付けられる場合が多かった。このような画一的な牧柵構造は機能的に不十分な点が多く、牧柵の雪害や維持管理上の問題を引き起こしている。牧柵の機能を高めるための牧柵構造は自然立地条件に合うように家畜行動学的に研究する必要性を認めた。

## II. 積雪地帯における牧柵の機能と構造

1. 架線に作用する積雪沈降荷重は、青森県野辺地町や七戸町の多雪地における5寒候期の試験から、最深積雪深の発生した後の3月上旬から中旬にかけて最大となり、この荷重は下段架線よりも上段架線ほど、鋼線よりも有刺鉄線ほど大きかった。このことは牧柵架線の弛みが上段ほど多くなることを裏付けており、また、有刺鉄線は刺があるため、鋼線より大きな積雪沈降荷重を受けることを確認した。

2. 牧柵雪害のメカニズムは、架線を覆った積雪が沈降する際にその積雪沈降荷重が架線を弛ませ、主柱から架線が外れない場合は断線したり、主柱に間接的に作用して傾倒や緩みなどを引き起こすことである。このメカニズムから、傾斜地では急な斜面ほど積雪移動圧を直接受けて支柱の付いた主柱ほど傾き易く、また、コーナー柱に支柱が付いていても倒れ易いことが想定された。このことから断線を低減するために張力の大きな高張力有刺鉄線を使用し、傾斜地や牧区角部における牧柵構造を強固とする必要性を確認した。

3. 岩手県葛巻町の多雪傾斜地における牧柵の調査から、等高線に直角な牧柵ラインにおける主柱は、急傾斜になるほど支柱のある方が支柱の無いものよりも傾きがちであった(図5)。これは、主柱と支柱が斜面において積雪移動圧を同時に受けるからである。このように傾斜地における牧柵の機能を高めるためには、主柱と支柱の1組に代えて断面形状が大きく根入れが20cm深い主柱の使用を提起し、これを主力柱と呼んだ。

この主力柱の耐雪性をみるために、岩手県安代町の多雪傾斜地において越冬試験を行った。その結果、主力柱を使った牧柵構造は急傾斜地でも安定し(図6)、積雪地帯の傾斜地では耐雪性が大幅に向上することを実証した。主力柱を使用すれば、放牧牛が歩行時に支柱に脚を引っ掛けて外傷を負わなくて済み、採草放牧兼用地での採草時に支柱付近の刈り残しがなくなり、さらに、主力柱が従来の主柱と支柱の1組よりも安価であった。山地傾斜地で雪害の生じ易い牧区角部や軟弱地などに主力柱を使用すれば、低コストで安定した牧柵構造となり機能の改善が図られ、主力柱が妥当なものであることを立証した。

## III. 家畜行動からみた牧柵の機能と構造

1. 柵外への採食回数は架線の中央に10cmの弛みのある方が弛みのない場合よりも多く、脱柵回数

は架線間隔の広い牧柵ほど多く(図7)、牧柵の維持管理上、架線を弛ませてはならないことが示唆された。また、脱柵はコーナー柱が倒れた場合に多かった。これは、コーナー柱が積雪沈降荷重によって倒れた場合を想定したものであるが、架線が弛んで張力がなくなり柵外への採食行動中に上段の架線ほどその間隔が広がり、脱柵し易い条件となるからである。このことから、コーナー柱は倒れの生じない構造とすべきである。

2 柵外への採食行動において脱柵行動は脱柵経験牛や比較的体高の低い牛が先導し、他の牛もこれに追従したり隣接する牧柵から脱柵中の牛の行動を模倣する特徴を認めた。これらの牛群行動は脱柵の事前行動が柵外への採食行動であることを示唆しているから、牛群管理の牧柵は一頭でも脱柵させない機能を持たなければならない。

3 3段、4段および5段張りで支柱間隔が2～12m、有刺鉄線およびこれと鋼線との組み合わせ架線の牧柵内で肉用成雌牛を供試し隔障機能についての放牧試験を行った結果、有刺鉄線4段張り牧柵は隔障機能が高く、この場合の支柱間隔は最大でも6mまでとし強固にすべき架線の高さは地上約30～80cmと示唆された(図8)。

4 有刺鉄線4段張り、支柱間隔4、5および6mで、標準的な慣行型牧柵と、これと対比するために試作した牧柵2種類を用いて柵外への採食行動を観察した。架線の高さおよび根入れ深さは、慣行型牧柵が地上30、60、90、120cmおよび地下55cm、試作Ⅰ型牧柵が30、55、80、120cmおよび55cm、試作Ⅱ型牧柵が30、50、75、110cmおよび65cmとした。その結果、採食回数は支柱間隔が狭くなるほど少なくなり、試作Ⅰ・Ⅱ型の方が慣行型よりも少なく、また、試作Ⅱ型は柵外への採食行動を効果的に規制し、支柱間隔4mが架線間からの採食時間を短縮できた(図9)。このことから有刺鉄線牧柵では画一的な架線間隔とせず、架線の高さで地上30～80cm間を狭くすれば隔障機能が高まることを実証した。

#### Ⅳ. 牛群管理のための積雪地用牧柵システム

1 慣行型牧柵に使用する有刺鉄線は刺による隔障機能のメリットだけで、むしろ、人間や家畜が外傷を負い易い点、刺が支柱や架線留め金具に引っ掛かり緊張できず複雑地形の多い山地傾斜地では弛んだまま放置され易い点、架線の弛んだ箇所から放牧牛が脱柵し易い点、架線の弛みを補修した箇所から断線し易い点、積雪地帯では雪中で刺が拘束されて断線し易い点などのデメリットが多い。そこで高張

力鋼線を使用すれば有刺鉄線のデメリットが改善できると考えられた。

2 高張力鋼線を使用する際の牧柵構造条件を把握するために、成雌牛15頭あるいは成雌牛3頭と子牛3頭を1群とし、草量が少ない条件下で放牧試験を行った。その結果、高張力鋼線を張力80～100 kgfで緊張し、架線間隔が広がらないように線間隔保持材を使用し、その保持材の間隔を2～4 mとした牧柵は慣行型の有刺鉄線牧柵と変わらない機能を持つことを明らかにした(図10)。

3 高張力鋼線を張力100 kgf程度で維持するために強固なコーナー柱や端柱とし、柵外への採食行動があっても架線間隔が広がらないような線間保持材を入れた牧柵は、山地傾斜地の凹凸地でも設置可能となる。また、積雪地帯では架線と線間隔保持材とを退牧後に倒伏し、入牧前にこれを復元する方式とすれば無雪害な牧柵となる(図11)。この方式を積雪地用牧柵システムと呼んだ。

4 積雪地用牧柵システムを多雪地に設置し、隔障機能や耐雪性などを調査した。その結果、この牧柵システムは慣行型牧柵の問題点を解決し、牛群管理上合理的な構造で複雑地形・山地傾斜地・多雪地でも機能し無雪害となり、維持管理の簡易性・耐久性を有し、低コストな施工や維持管理となることを実証し、積雪地用牧柵システムが妥当なものであることを確認した。

以上、わが国の主たる草地畜産地帯であり、今後の発展も期待されている東北地方の積雪地帯における牧柵の問題点を抽出し、牧柵の機能と構造について造構学と家畜行動学の両面から検討し、耐雪性・耐久性・隔障機能を付与するための一連の基礎的研究を行った。そしてこれらの成果を集約し、慣行型牧柵に代わる積雪地帯のための牧柵システムを開発試作し、現地試験を行い、本研究で得られた結果の妥当性を実証した。

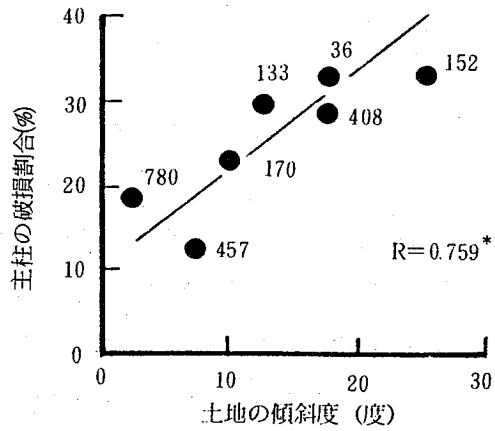


図1. 土地の傾斜度と支柱の破損割合<sup>a)</sup>

\* :  $P < 0.05$ .

a) : 北上山系新山貞任地区の調査結果

注) 図中の数字は各傾斜度ごとの支柱数

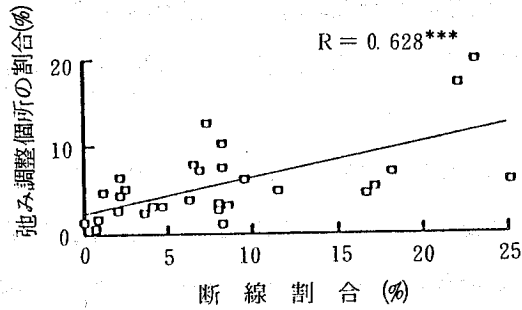


図2. 架線の断線割合と弛み調整個所の割合<sup>a)</sup>

\*\*\* :  $P < 0.001$

a) : 北上山系新山貞任地区の調査結果

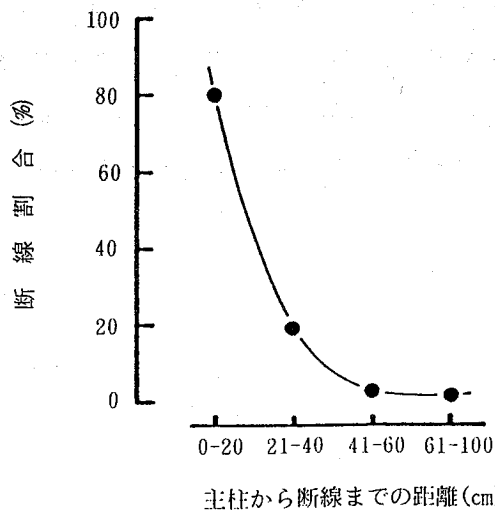


図3. 支柱から断線までの距離と断線割合<sup>a)</sup>

a) : 北上山系新山貞任地区の調査結果

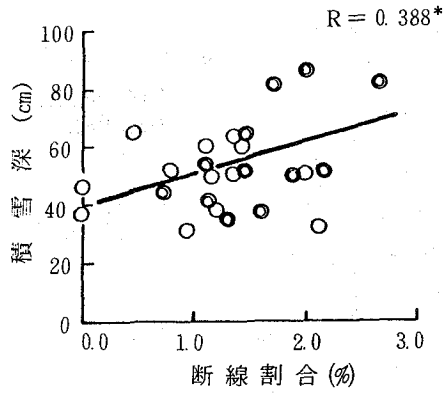


図4. 断線割合<sup>a)</sup>と積雪深<sup>b)</sup>

\* :  $P < 0.05$

a): 2~4段架線の断線割合を経過年数で割った値

b): 北上山系葛巻地区の融雪期の調査結果

注: 図中●は架線を針金で留めた割合が80%以上の地区

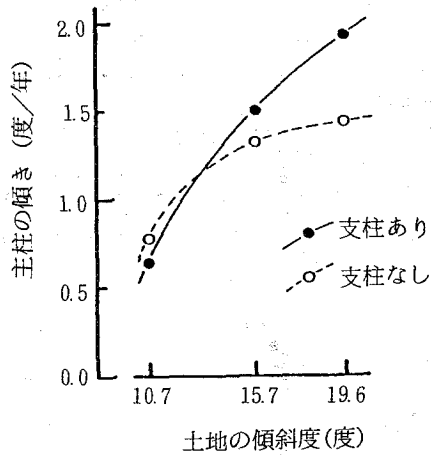


図5. 土地の傾斜度と支柱の有無別の支柱の傾き<sup>a)</sup>

a): 北上山系葛巻地区の調査結果

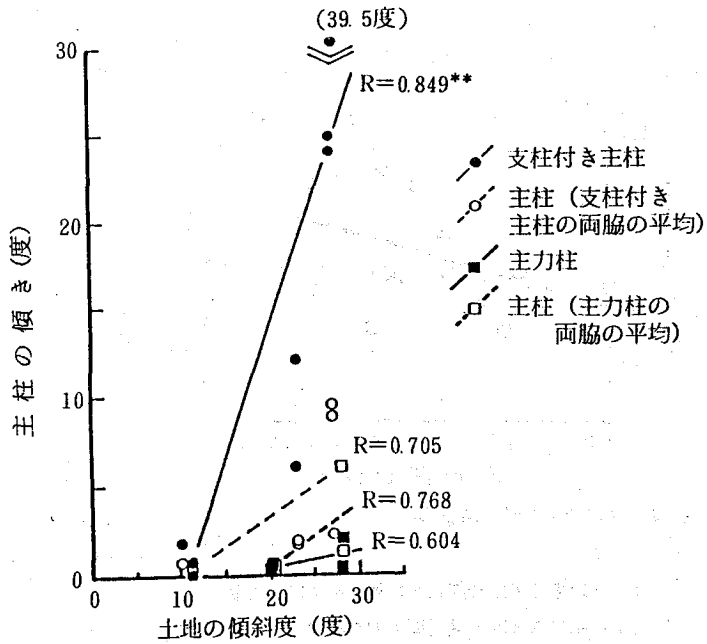


図6. 土地の傾斜度と主柱の傾き<sup>a)</sup>

\*\* :  $P < 0.01$

a) : 岩手県安代町の実証試験結果

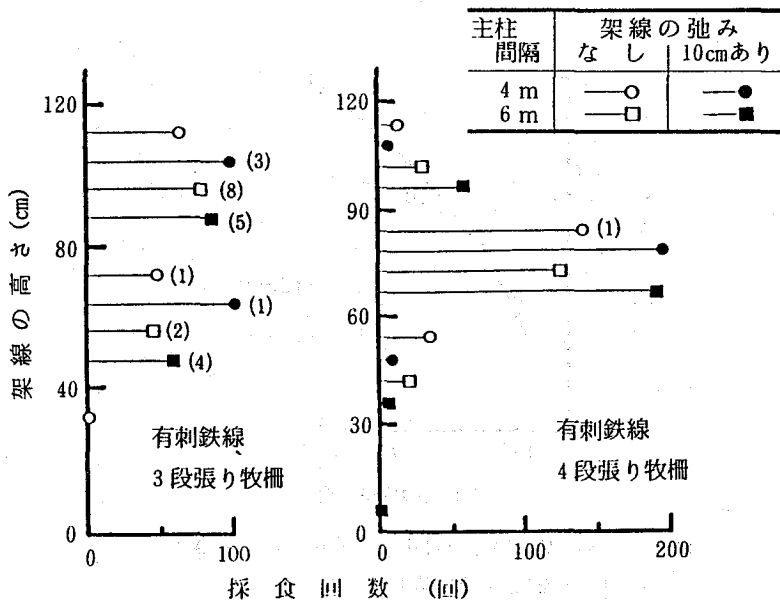


図7. 架線の弛みの有無別の柵外への採食回数と脱柵回数<sup>a)</sup>

a) : 供試牛22頭, 5分間試験, ( )内の数字は脱柵回数



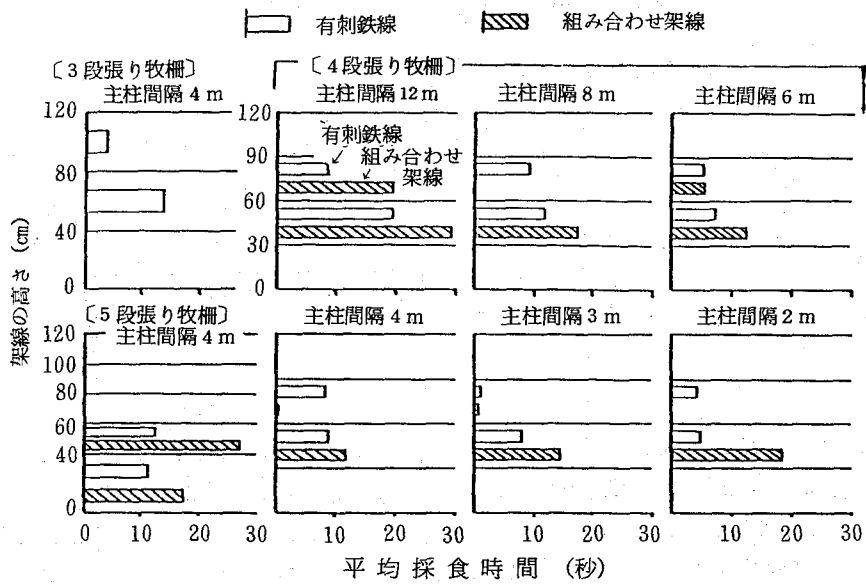


図8. 支柱間隔および架線の高さ別の1頭・試験あたりの平均採食時間<sup>a)</sup>

a): 3試験の平均を日本短角種で示したが、黒毛和種も同様の傾向。1試験時間は3分間。

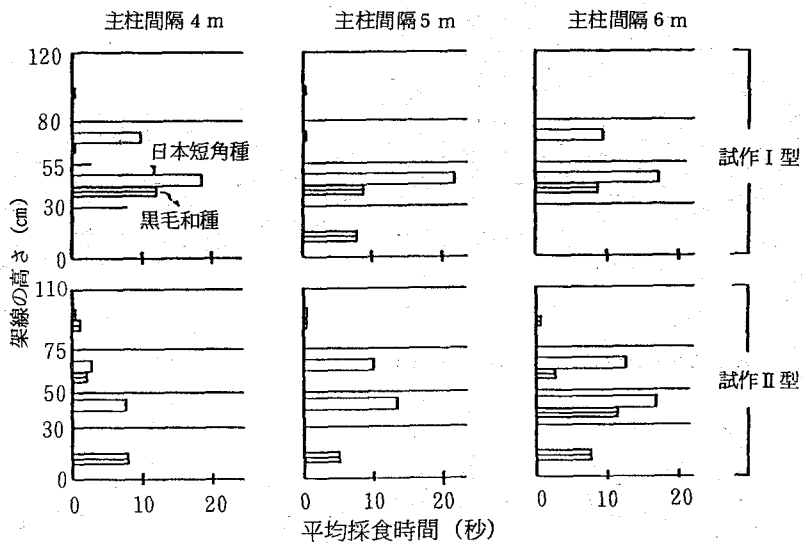


図9. 支柱間隔4～6mの試作型牧柵における平均採食時間<sup>a)</sup>

a): 3試験の平均

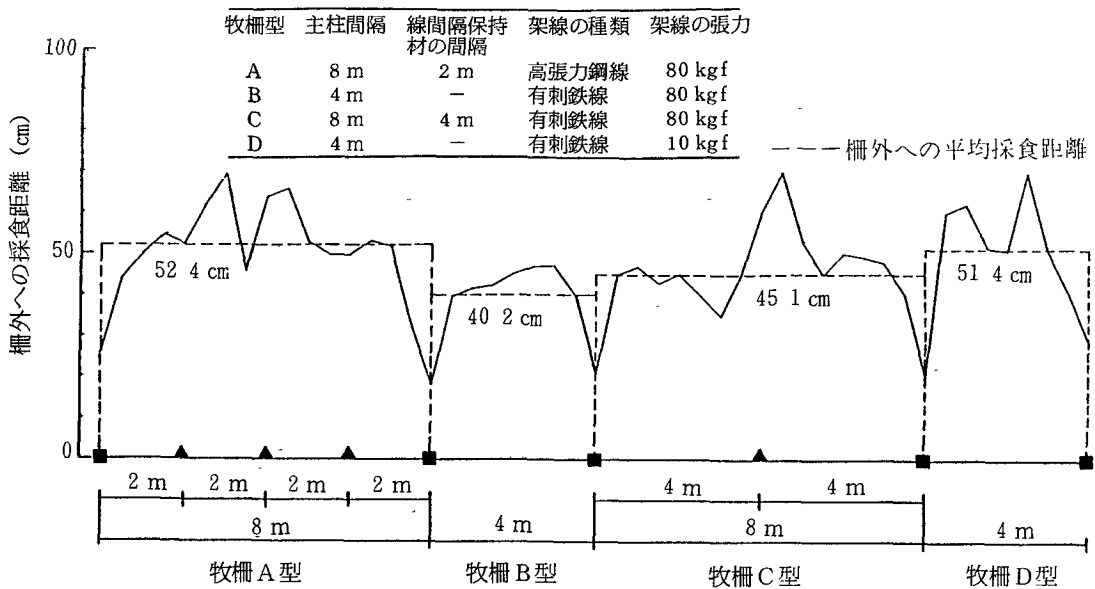
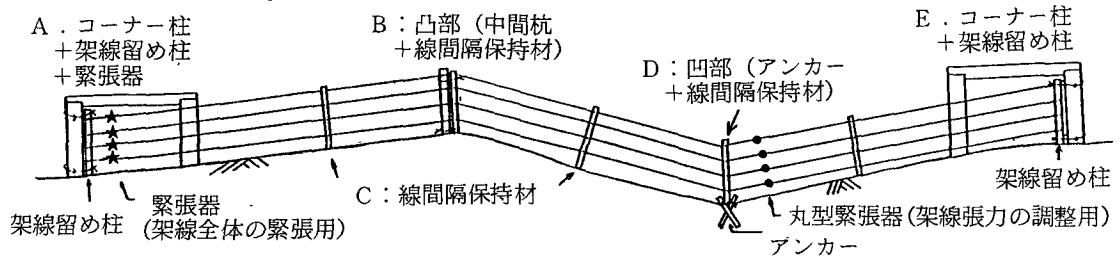


図10. 放牧試験後の柵外への採食跡と平均採食距離 a)

a) 東北大学川渡農場における黒毛和種（1群：成雌牛3頭と子牛3頭）の放牧試験結果で、牧柵型に有意差はなかった。

放牧期間中で架線を緊張している状態



退牧後に架線と線間隔保持材とを倒伏した状態

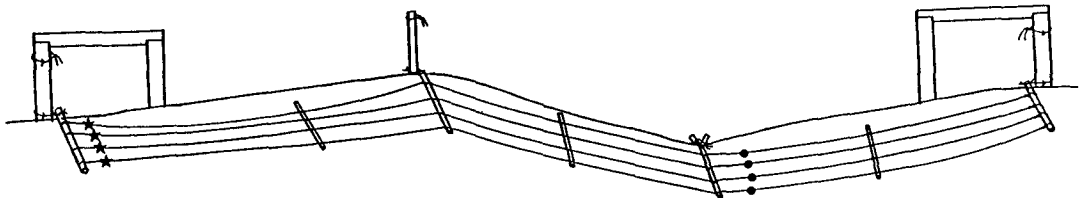


図11. 積雪地用牧柵システムの概念図

## 審査結果の要旨

わが国の放牧地は主に積雪寒冷地帯の山地、傾斜地に分布している。牧柵はこのような放牧地における家畜管理の重要な施設であるが、これまで研究の対象として取り上げられたことはほとんどなかった。

著者は、東北地方の積雪地帯における牧柵について詳細な実態調査を行い、問題点を摘出し、造構学と家畜行動学の両面から研究を進め、つぎの成果を得た。まず、造構学の面から積雪との関連で牧柵の構造と機能について考究し、牧柵架線の弛みと断線、柵柱の傾倒や折損等いわゆる雪害の発生機作を明らかにした。その結果、現在慣行的に用いられている有棘鉄線は鋼線よりも大きな積雪沈降荷重を受けること、また、補強のために柵柱に施工される支柱は、積雪の移動圧によって柵柱の傾倒折損を助長していることを明らかにした。つぎに家畜行動学の面から、牧柵の隔障機能について研究を進め、放牧家畜が脱柵する要因と条件を明らかにした。脱柵の端緒となるのは架線の間から頭を出して柵外で採食することである。著者は、牧柵の隔障機能を定数的に把握するために、柵外採食指数を案出し、これを用いて隔障機能の高い牧柵構造を明らかにした。さらにこれらの研究成果にもとづいて耐雪性、耐久性に優れ、隔障機能の高い慣行型に代る牧柵を試作開発し、現地試験を重ね、研究成果の妥当性を実証した。

以上の成果は、この分野の学術の進展に寄与するところが大きく、審査員一同は、著者に農学博士の学位を授与するに値すると判定した。