

# 体重による放牧和牛の採食量推定法

齋藤 治・近藤喜嗣\*・中畑秀一\*・橋本直子\*・杉本一恵\*・岡洋祐\*・豊邊純子\*・大浦克彦\*・

岡田幸男\*・関口和道\*・間宮寿頼\*・重田多恵子\*・村上 武\*

柘植清成\*・南川典久\*・宮本憲助\*・関川 堅\*

信州大学農学部附属農場

\*信州大学農学部 食料生産科学科 家畜管理学研究室

Body weight method for measuring the forage consumed by  
grazing Japanese black cattle

Osamu SAITO, Yositugu KONDO, Syuuiti NAKAHATA,  
Naoko HASHIMOTO, Kazue SUGIMOTO, Yousuke OKA,  
Junko TOYOBE, Katuhiko OHURA, Yukio OKADA,  
Kazumiti SEKIGUTI, Kazuyori MAMIYA, Taeko SHIGETA,  
Takeshi MURAKAMI, Kiyoshige TUGE, Norihisa MINAMIGAWA,  
Kensuke MIYAMOTO and Katashi SEKIGAWA

## 緒 言

近年わが国では、輸入飼料に頼った畜産の傾向がますます強まってきており、世界中の飼料穀物の値段の乱高下による影響や畜産廃棄物などさまざまな問題を抱えている<sup>1)</sup>。そのような現状の中で、牛肉輸入自由化が実施され、わが国の牛肉生産は国際化の時代を迎えた。それによる価格、消費量など食肉の需給関係に及ぼす影響は大きく、肉用牛経営者は対応を模索しているが、その打開策の一つとして生産コスト低減が考えられている<sup>2)</sup>。

畜舎に繋がれた牛は、自ら歩き回って採食する必要がないので、運動不足は決定的である。従って蹄ものびる。消化の良い濃厚飼料が多給される場合は1日の飼料の噛み時間、すなわち顎の運動時間が放牧牛に比べて少ない。反芻時間についても同様であろう。全身運動の不足に加えた、顎の運動不足の体力への影響は大きいとそれ以上に心理的な影響も見逃すことはできなく、牛の欲求不満が大きいことは容易に推測される。長い間に蓄積された強い欲求不満から、行動障害としての異常行動を発現する個体もある<sup>3)</sup>。

放牧は牛の経済的な生産性や栄養の面から好ましいといえる。自由に運動しながら、自らの好む草を好きなだけ採食でき、しかも豊かに繁茂した牧草は蛋白質、無機質及びビタミンに富み、安価な生

産費と少ない労力で供給される。放牧によって採食される同一栄養量の経費は乾草やサイレージの 1/2、根菜の 1/3、濃厚飼料の 1/5 から 1/6 である<sup>4)</sup>。そして、特に肉用繁殖牛に関しては放牧のみ(牧草生育期間中)での飼養が十分可能とされている<sup>5)</sup>。以上の事により、牛を放牧することが望ましい、といえる。

公共育成牧場を中心に乳用育成牛及び肉用繁殖牛等が全国的に放牧が盛んに行われるようになったのは 1965 年頃からである。当初は乳用牛が放牧の主体を占めその後、徐々に肉用繁殖牛の放牧利用のウエートが高まってきている<sup>6)</sup>。しかし、放牧の技術は難しく特に、過放牧は放牧牛を低栄養にするだけでなく、植物構成の不安定性を増し、確立している植物相を消滅させる<sup>7)</sup>。放牧により、草と牛のバランスを考え、より効率的な飼養管理を行う為には、放牧地の収容力を知る必要があり、その為には放牧牛の牧草摂取量を把握する事が重要である<sup>8)</sup>。また、効率的な放牧管理を行うことは、生産性の向上につながる<sup>9)</sup>。

舎飼いでは比較的一定の条件で牛を飼養できるが、放牧牛では飼養条件を一定にすることは難しいことが多く、採食量を知ることも制御することも難しく、推定値をもって採食量としている。牛の放牧地における牧草摂取量を推定するには複数の方法があり、それぞれの長所、短所がある。草地の数箇所に一定面積のケージをかぶせたり柵で囲い、牛が食えないようにし、放牧後ケージ内外の草を同じ高さに同面積刈り取ってその重量差を採食量とする刈取法<sup>10)</sup>がある。放牧期間が長い場合や草の生長が速い場合には、放牧期間中の草の生長量を補正する。群全体の採食量は求められるが一頭毎の採食量は測定できない。また、定置放牧や不均一な草地では正確に推定することが非常に難しい。植物中の不消化物質とみなされているクロモージェンを消化率推定の指標として用い、排糞量の推定には酸化クロムを用いて、消化率と排糞量の両者から採食量を推定するダブルインディケーター法<sup>11)</sup>も報告されている。排糞量と消化率から採食量を推定する方法はそれぞれの誤差により誤差が大きくなること、特に草の消化率が高い場合は消化率の推定誤差より採食量の誤差が大きくなること、また個体毎の消化率の差が反映されないことが欠点である。また近年、採食行動を解析し採食量を推定する方法も報告されている。採食量は次式で決定される。

$$\text{採食量} = \text{採食速度} \times \text{採食時間} = \text{喫食量} \times \text{喫食速度} \times \text{採食時間}$$

ただし、喫食量(一噛みの採食量、g/回)、喫食速度(単位時間当たりの喫食回数、回/分)。比較的短時間の測定に限定されていたが、近年は性能が高いセンサー、テレメータ、データログの開発によって、数日間の連続測定も可能となった<sup>12)</sup>。草量計を用いて採食量を推定する方法も開発されている。ここで重要なのは、試験草地を刈り取って得られた草量の実測値と草量計から得られた測定値から、その試験草地に適した推定式の作成が必要である、と言う事である。排糞量と草の消化率から採食量を推定する際には、排糞量推定のマーカーとして酸化クロムが広く用いられているが、糞中の酸化クロム濃度の日内変動が避けられない為、正確な排糞量の推定には酸化クロム濃度が日平均を表す糞サンプルを採取する必要がある。そのため、酸化クロムの投与回数、投与時間及び糞の採取方法を検討しなければならない、という欠点が指摘されている。この欠点を解消する為に酸化クロムカプセルが開発された。酸化クロムカプセルは糞中の酸化クロムの日変動を小さくし、何回も投与する必要性を無くした。牛と羊用があり、1回の投与で 25 日間は濃度が一定に維持されるので、投与してから 6 から 20 日間はいつでも糞を採取してもよい、という利点がある。植物体表面のワックス層には飽和炭化水素(アルカン)が含まれているので、最近このアルカンの炭素鎖がほとんど奇数であること、難消化性であること等の特徴を利用して、消化率や採食量を推定する試みがなされている。これは消化率の高い草の場合での誤差の克服、また個体毎の消化率の差を反映、といった点で注目されている

13)14)15)。植物の表皮細胞・維管束細胞に沈着する植物ケイ酸体は、植物の種類により特徴のある形態をもつ。これを指標物質として採食草種の判定と採食量の推定が可能かどうかの検討も行われている<sup>16)</sup>。

しかし、これらの方法では手間と労力が掛かりすぎて実際の飼養農家で行うには困難である。本研究で検討した体重差法は放牧前後の体重の変化から採食量を推定する方法で、動物用電子体重計の開発により、短時間でそれほどの労力も掛からず、体重を測定、採食量を推定することができる。体重差法は次式によって決定される。

$$Fof=B+(Ff+U)-W$$

ただし、Fof:採食量

B:放牧前後の体重差

Ff:排糞量

U:排尿量+不感蒸散量

W:飲水量、とした。

ここで問題になるのは、Ff と U 即ち、排泄量である。近藤らの報告によると、体重差法では、排泄量の正確な推定が不可欠である<sup>9)</sup>。また、排泄量の中で特に測定困難な不感蒸散量であるが、5月下旬から10月下旬にかけての放牧でエネルギー消費量は5月下旬からしだいに増加し、7、8月の夏季に最高値に達し、以後減少するが10月には異常に減少する<sup>10)</sup>、といった季節変動がある。本研究は舍飼いされた牛の牧草摂取量、排糞量及び給与前後の体重差を正確に測定する事により、測定困難な排尿量と不感蒸散量などを把握し、牧草摂取量とそれに関与する諸要因との関係を調べ、先に実施された近藤、岡田らの体重差法による採食量の推定値と比較検討する事により、牛の放牧時の牧草採食量のより正確な推定式を導き出す事を目的として行われた。

## 材料及び方法

### 1.調査期間及び調査対象地

調査は1997年から1998年にかけての2年間で輪換放牧により飼育されている繁殖用の雌の和牛群(黒毛和種)を調査対象として、信州大学農学部附属農場内にある牛舎に隣接したパドックの一角において実施した。

1997,1998年度には各々、調査期間は3期にわけて、'97調査1は6月7日am10:00から6月10日am10:00まで、'97調査2は7月27日am10:00から7月30日am10:00までのそれぞれ連続72時間、'97調査3は、10月4日am10:00から10月10日am10:00までの連続144時間、'98調査1は6月5日am10:00から6月8日am10:00まで、'98調査2は7月29日am10:00から8月1日am10:00まで、'98調査3は、10月6日am10:00から10月9日am10:00までのそれぞれ連続72時間にわたり実施した。なお、供試牛の体調を考慮し、それぞれの調査の前に7日間以上の予備試験を設けた。

### 2.供試牛及び供試牧草

'97'98調査における供試牛の生年月日と月齢及び産子数を調査開始時の体重と共に表1に示した。供試牛は群から選んだ平均的な体重の牛であり、それぞれ計4頭である。ただし、'97調査3においては、'97調査1,2で用いた牛の1頭が死亡したため、新たに1頭他の牛を加えて調査を行った。

'97'98調査における供試牧草は共に信州大学農学部附属農場内9号牧草地(オーチャードグラス優

先の混播草地)からランダムに刈り取ったものである。それぞれ調査 1 では開花期の 1 番草、調査 2 では栄養成長期の 2 番草、調査 3 では栄養成長期の 3 番草を用い、スタンションに終日繫留した供試牛に給与した。

### 3.調査内容及び方法

#### 1).生草給与量

'97 調査では、生草給与量は 1 日当り 20kg とした。'98 調査では飽食とし、足りなくなったら刈り取りにいき測定、牧草給与時間中、常に牧草がある状態にした。なお、牧草給与時間は am10:00 から pm3:00 とした。

#### 2).飲水量

水槽に目盛りをうち、減った分から飲水量を測定した。

#### 3).残草量

pm3:00 即ち給与時間終了時に食べ残しを測定した。

#### 4).体重測定

給与時間の前後、即ち am10:00 と pm3:00 に、'97 調査では動物用電子式体重計 AG703 型を用いて測定し、'98 調査では、WINFX31 型を用いて測定した。

#### 5).排糞量

排糞後、即座に回収し、計測をした。

#### 6).排尿量と不感蒸散量の合計量

次式より算出した。

$$Fof=B-W+Ff+U、即ち、U=(Fof+W)-(B+Ff)$$

ただし、Fof:生草摂取量/日、B:牧草給与前後の体重差、W:飲水量/日、Ff:生糞量/日、U:排尿量+不感蒸散量/日、とした。

#### 7).牧草のサンプル採取

刈り取ってきた草、即ち給与草と残査からランダムに 1kg 生草を採取し、水分含量測定に供した。

#### 8).糞のサンプル採取

回収した糞をタルに集めていき、翌朝 10:00 の時点で 1 日量とした。その中から 200g をランダムに採取し、1 日量のサンプルとした。

#### 9).天候及び気温測定

調査期間中の毎日の天候を記録し気温は、最高最低寒暖計を用いて測定し、表 2 に示した。

#### 10).供試牧草及び糞の調整と乾物量の測定法

各調査で採取した牧草と糞のサンプルについて、通風乾燥機を用いて 65℃で 3 日間乾燥させその後、数日室内に放置し水分含量を平衡状態にさせ風乾物重を計測した後、ウイレー式粉碎機を用い、1mm の篩により調整した。調整された試料約 1.0g を 2 サンプルずつ計り取り、105℃乾燥恒量法により水分含量を測定し、牧草と糞の新鮮重からそれぞれの水分量を差し引いて乾物量を求めた。

#### 11).生草摂取量

前述した方法で牧草乾物摂取量を算出し、そこから、am10:00 の時点の牧草乾物率(DM %)を用いて生草摂取量を求めた。

## 結果及び考察

'97、'98年各調査における1日の生草摂取量、乾物摂取量、飲水量、水分摂取量、生糞量、糞乾物量及び排尿量+不感蒸散量を個体別に、'97調査は表3に、98調査は表4にそれぞれまとめた。また、am10:00の体重と、給与時間であるam10:00からpm3:00における体重差と、日増体重を'97調査は表5に、'98調査は表6にそれぞれ示した。これらの関係数値をを解析することで、採食量に対する体重差、飲水量、水分摂取量、排糞量及び排尿量+不感蒸散量の関係を導き出す事が可能であると考へた。なお、各調査における供試牛の体重が異なる為、採食量、体重差、飲水量、水分摂取量、排糞量及び排尿量+不感蒸散量はいずれも体重100kgあたりに換算して検討した。

### 1. 排泄量について

一般に、体重が400から550kgでの繁殖和牛の生糞量の平均は約20kg<sup>17)</sup>とされている。'97調査で、生草給与量を制限しているため参考にならなかった。表4から明らかのように、98調査における排糞量は調査1が15.67kg、調査2が17.58kg、調査3が17.59kgと比較的少ない傾向が認められた。この糞量の差は1日1回の給与の時間制限給与が影響しているものと推察された。和牛の排泄量に関する文献は少なく、解明していかなければならない点は多いと考へられる。本項ではその中で特に給与時間における体重差と排泄量の関係を調べた。採食前後の体重差を用いた採食量を推定する場合、排泄量を適確に把握する事が必要である<sup>18)</sup>。ここで、まず考慮に入れなければならない消化管滞留時間であるが、採食した飼料が最も多く排泄されるのは、採食してから30時間から48時間である<sup>19)</sup>。そこで、本研究では、給与時間における体重差と排泄量の関係で、1日ずらした、要するに翌日の排泄量を用いて関係を検討した。

#### 1). 体重差(B)と生糞量(Ff)との関係

図1-1に体重100kgあたりの体重差(am10:00からpm3:00)と翌日の生糞量(1日)との関係を示した。'98調査1では、 $r=0.963^{**}$ ( $p<0.01$ )という高い正の相関が認められた。ついで'98調査2、'98調査3、'97調査1、'97調査2、'97調査3となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.813^*$ 、 $r=0.809^*$ 、 $r=0.774^*$ 、 $r=0.728^*$ 、 $r=0.548^*$ (いずれも $p<0.05$ )であった。

体重を維持するためには、また、そうさせなければならない繁殖和牛において、採食前後の体重差と1日の排泄量の間には、正の相関関係があると思われる。今回の調査の結果から、排泄量中の生糞量でも同じ事がいえる事が分かった。

また、これらのデータを'97、'98年それぞれ、全調査でまとめたのが、図1-1-1である。'97、'98両調査それぞれ $r=0.637^{**}$ 、 $r=0.760^{**}$ での正の相関が認められた。'97、'98調査結果を通じての生糞量に対する体重差のデータから以下の一次回帰式が得られた。

$$'97 \text{ 調査、} B=1.82Ff+0.67$$

$$'98 \text{ 調査、} B=1.41Ff-0.21$$

#### 2). 体重差(B)と糞乾物量(Fd)との関係

図1-2に体重100kgあたりの体重差(am10:00からpm3:00)と翌日の糞乾物量(1日)との関係を示した。'97調査1、2では、各個体で日別の糞のサンプルは採取はしたが、乾物率(DM%)はまとめて計測したため、データ不足となり解析には至らなかった。'98調査1では、 $r=0.832^*$ という高い正の

相関が認められた。ついで'98 調査 2、'98 調査 3、'97 調査 3 となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.826^*$ 、 $r=0.805^*$ 、 $r=0.489^*$ であった。排糞量の生重でも同じような結果が得られたため、糞の水分含量(%)を検討してみたが、'97 調査 3 では、 $84.6 \pm 1.89$ 、'98 調査 1 では、 $83.82 \pm 1.97$ 、'98 調査 2 では、 $85.32 \pm 2.51$ 、'98 調査 3 では、 $83.70 \pm 1.43$  となった。糞の水分含量は約 83 から 85%と調査間に大差が認められなかった為、糞乾物量でも生糞量と同じ結果が得られたと考えられる。

また、これらのデータを'97、'98 年それぞれ、全調査でまとめたのが、図 1-2-1 である。'97 全調査での解析は前述の通りできなかつたが、'98 調査では、 $r=0.659^{**}$ での正の相関が認められた。'98 調査結果を通じての糞乾物量に対する体重差のデータから以下の一次回帰式が得られた。

$$'98 \text{ 調査、} B=8.72Fd-0.05$$

### 3). 体重差(B)と排尿量+不感蒸散量(U)との関係

測定が困難である排尿量と不感蒸散量は、表 4 から明らかなように、夏季に実施した調査 2 では約 32kg と推定され、春季の調査 1 の約 16kg に比較しての約 2 倍の値となった。

図 1-3 に体重 100kg あたりの体重差(am10:00 から pm3:00)と翌日の排尿量+不感蒸散量(1 日)との関係を示した。全調査で有意な相関は認められなかった。排尿量と不感蒸散量はほとんど水分の排出量であり、体重差よりもむしろ天候や気温、またそれらに基づく水分摂取量に大きく関与していると考えられる。体重差、そして最終的に採食量との間に数字的な関係を導き出すためには、まず、水分摂取量についての検討が必要であると考えた。

### 4). 体重差(B)と排尿量+不感蒸散量+糞水分量(U+Fw)との関係

排尿量+不感蒸散量+糞水分量は総排泄量の水分量であると見なす事ができる。これは排泄量全体の約 94%を占めた。これも、前項と同様に気温と水分摂取量がかなり関係していると考えられるので後述する。

図 1-4 に体重 100kg あたりの体重差(am10:00 から pm3:00)と翌日の排尿量+不感蒸散量+糞水分量(1 日)との関係を示した。前述の通り、'97 調査 1、2 では日別の糞のサンプルは採取しておらず、解析には至らなかった。'98 調査 1 では、 $r=0.776^*$ となり正の相関が認められた。また、これらのデータを'97、'98 年それぞれ、全調査でまとめたのが、図 1-4-1 である。'97 全調査の解析は前述の通りできなかつたが、'98 調査で、 $r=0.737^{**}$ での正の相関が認められた。'98 調査結果を通じての排尿量+不感蒸散量+糞水分量に対する体重差のデータから以下の一次回帰式が得られた。

$$'98 \text{ 調査、} B=0.64(U+Fw)+0.20$$

## 2.水分摂取量について

放牧牛は主に飲水と採食草から水分を摂取しているが、水分摂取量は気象条件を始めとする様々な要因の影響を受ける<sup>20)</sup>。本項ではその中で特に給与時間内における体重差と排泄量と飲水量及び水分摂取量の関係を調べた。気象条件に関しては後に述べる。

前項で体重差との明確な関係が示されなかつた排尿量と不感蒸散量であるが、特に熱放散量(HL)は春から増加し夏季に最高に達し、以後減少する<sup>10)</sup>。エネルギー消費量から又、体重の維持のため、夏季には採食量、水分摂取量は多く、秋季には少く、といった管理が必要不可欠である。そのため、水分摂取量と採食量に伴う体重差、排尿量、不感蒸散量の関係を明確にすることは意義のある事だといえる。

### 1).体重差(B)と飲水量(W)との関係

図 2-1 に体重 100kg あたりの体重差(am10:00 から pm3:00)と飲水量(1 日)との関係を示した。'97 調査 2 では、 $r=0.908^{**}$ という高い正の相関が認められた。ついで'98 調査 1、'97 調査 1、'97 調査 3 となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.653^*$ 、 $r=0.590^*$ 、 $r=0.4256^*$ であった。'98 調査 2、3 では有意な相関は認められなかった。

飲水量は、水分摂取量の 1 部であり牧草から摂取する水分量と並んで重要であるが、より正確な関係式を導き出す為には、牧草中の水分重を飲水量に加えた水分摂取量で検討した方が良いと考えた。

また、これらのデータを'97、'98 年それぞれ、全調査でまとめたのが、図 2-1-1 である。'98 調査は、前述の通り調査 2、3 で相関が認められず解析は不可能であった。'97 調査では、 $r=0.486^{**}$ での正の相関が認められた。'97 調査結果を通じての排尿量+不感蒸散量+糞水分量に対する体重差のデータから以下の一次回帰式が得られた。

$$'97 \text{ 調査、} B=0.61W+2.60$$

### 2).体重差(B)と水分摂取量(W+Fow)との関係

図 2-2 に体重 100kg あたりの体重差(am10:00 から pm3:00)と水分摂取量(1 日)との関係を示した。'98 調査 1、3 ではそれぞれ、 $r=0.819^{**}$ 、 $r=0.843^{**}$ という高い正の相関が認められた。ついで'98 調査 2、'97 調査 1、'97 調査 2、'97 調査 3 となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.774^*$ 、 $r=0.713^*$ 、 $r=0.619^*$ 、 $r=0.521^*$ であった。

周知の通り、牛は大量に水分を摂取する。水分摂取量は、体重差をはじめ排泄量、気象条件に大きく関与している要因であると考えられる。

また、これらのデータを'97、'98 年それぞれ、全調査でまとめたのが、図 2-2-1 である。'97、'98 両調査それぞれ、 $r=0.502^{**}$ 、 $r=0.711^{**}$ での正の相関が認められた。'97、'98 調査結果を通じての水分摂取量に対する体重差のデータから以下の一次回帰式が得られた。

$$'97 \text{ 調査、} B=0.58(W+Fow)+0.51$$

$$'98 \text{ 調査、} B=0.50(W+Fow)+1.18$$

また、前項で結果の出なかった排尿量と不感蒸散量の合計量を水分摂取量との関係で、次項でもう一度考えてみた。

### 3).水分摂取量(W+Fow)と排尿量+不感蒸散量(U)との関係

図 2-3 に体重 100kg あたりの水分摂取量(1 日)と排尿量+不感蒸散量(1 日)との関係を示した。98 調査 2 では  $r=0.923^{**}(p<0.01)$ という高い正の相関が認められた。ついで'97 調査 1、'98 調査 3、'97 調査 3、98 調査 1、97 調査 2 となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.864^{**}$ 、 $r=0.862^{**}$ 、 $r=0.767^{**}$ 、 $r=0.762^{**}$ 、 $r=0.595^*$ であった。また、これらのデータを'97、'98 年それぞれ、全調査でまとめたのが、図 2-3-1 である。'97、'98 両調査それぞれ、 $r=0.730^{**}$ 、 $r=0.930^{**}(p<0.01)$ での正の相関が認められた。

水分摂取量と排尿量+不感蒸散量の間に関係が認められたが、水分収支という点で、より正確な関係式を得る為には糞水分量(Fw)も考慮に加えて、水分摂取量と排尿量+不感蒸散量+糞水分量の間関係を次項で検討した。

'97、'98 調査結果を通じての排尿量+不感蒸散量に対する水分摂取量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

$$'97 \text{ 調査、} (W+Fow)=0.69U+1.99$$

'98 調査、 $(W+Fow)=1.00U+2.56$

#### 4).水分摂取量(W+Fow)と排尿量+不感蒸散量+糞水分量(U+Fw)との関係

水分摂取量と排尿量+不感蒸散量+糞水分量は、厳密には違うが単純に水分収支の関係といっても良いと考えられる。両者の平均 1 日量はほぼ等しくなると推察される。'98 調査平均では水分摂取量は約 35kg で、排尿量+不感蒸散量+糞水分量は約 38kg となった。排尿量+不感蒸散量の中に多少、水分以外の成分が含まれている事や測定誤差を考慮に入れれば、ほぼ推定通りの結果となった。

図 2-4 に体重 100kg あたりの水分摂取量と(1 日)と排尿量+不感蒸散量+糞水分量(排泄量水分重/日)との関係を示した。前述の通り、'97 調査 1、2 では日別の糞のサンプルは採取しておらず、解析には至らなかった。98 調査 2 では  $r=0.986^{**}$  という高い正の相関が認められた。ついで'98 調査 3、'98 調査 1、'97 調査 3 となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.964^{**}$ 、 $r=0.931^{**}$ 、 $r=0.825^{**}$ であった。また、これらの'98 各調査におけるデータを全調査でまとめたのが、図 2-4-1 であり、 $r=0.978^{**}$ での高い正の相関が認められた。'98 調査結果を通じての排尿量+不感蒸散量+糞水分量に対する水分摂取量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

'98 調査、 $(W+Fow)=0.92(U+Fw)-0.05$

また水分摂取量と排泄量の水分量の間には、やはり明らかに気象条件、特に最高気温が関与していると考えられる。そこで次項で最高気温について若干の知見を得たので触れてみた。

### 3.気象条件、特に最高気温の影響について

牛は寒さに強く、我が国では特に防寒対策の必要性は求められていないが<sup>21)</sup>、防暑対策に関しては管理上、把握しておかなければならない重要な役割の一つである。本項目ではその中で特に最高気温について触れたいと思う。前項で水分摂取量を検討し、それぞれに密接な関係が認められた。飲水量は気温の影響を受け、気温の上昇に伴って飲水量が増加する傾向が認められた<sup>20)</sup>、また、水分摂取量と平均気温及び最高気温との間の相関係数はそれぞれ  $0.642^{**}$ 、 $0.725^{*}$ でいずれも  $p<0.01$  での高い正の相関が認められた、という報告もある<sup>22)</sup>。従って、繁殖和牛の維持管理に必要な水分収支量をより正確に把握する為に、それに最も大きく影響していると考えられる最高気温の関係を検討した。

#### 1).飲水量(W)と最高気温(T)との関係

図 3-1 に体重 100kg あたりの飲水量と最高気温との関係を示した。最高気温のサンプル数が少なかったため、'97、'98 両調査共に、全調査を通して解析をした。'98 調査で、 $r=0.810^{*}$ という正の相関が認められたが、'97 調査では有意な相関は認められなかった。やはり、前項 2-1)同様、より正確な推定式を導く為には飲水量ではなく水分摂取量で考えた方が良いという事が示唆された。'98 調査結果を通じての最高気温に対する飲水量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

'98 調査、 $W=0.22T-1.79$

#### 2).水分摂取量(W+Fow)と最高気温(T)との関係

図 3-2 に体重 100kg あたりの水分摂取量(1 日)と最高気温との関係を示した。前項と同様、全調査を通した解析である。'98 調査で  $r=0.605^{*}$ という正の相関が認められたが、'97 調査では有意な相関は認められなかった。'97 調査において、飲水量、水分摂取量共に最高気温との関係を見出す事は出



来なかった。この原因は、給与草量の違いであると考えられる。給与草量が違えば当然、摂取量も異なる。'97 調査では給与草量は一定であり、図 3-2-1 に示した様に乾物摂取量にそれほどの差異は無く、気温が高くなる調査 2 においても水分摂取量の増加が認められなかった。'98 調査との違いはここにあり、'97 調査では供試牧草中からの乾物摂取量と水分摂取量が制限された為、飲水量までも制限されたと考えられる。従って、'98 調査 2 のように夏季で水分摂取量が多くなるという、常識的な結果が'97 調査 2 では出てこなかった為に、'97 調査における水分摂取量と最高気温の有意な正の相関関係は認められなかったものと推察された。'98 調査結果を通じての最高気温に対する水分摂取量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

$$'98 \text{ 調査、}(W+Fw)=0.31T+0.60$$

### 3). 排尿量+不感蒸散量(U)と最高気温(T)との関係

図 3-3 に体重 100kg あたりの排尿量と不感蒸散量の合計量(1 日)と最高気温との関係を示した。これも前項同様、全調査を通じた解析である。'97、'98 両調査それぞれ、 $r=0.713^*$ 、 $r=0.712^*$ での正の相関が認められた。'97、'98 調査結果を通じての最高気温に対する排尿量+不感蒸散量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

$$'97 \text{ 調査、}U=0.71T+2.16$$

$$'98 \text{ 調査、}U=0.34T-2.81$$

以上の事より、水分摂取量と排尿量+不感蒸散量と最高気温との間には、'98 調査においてそれぞれに全て正の相関が認められた。特に、排尿量+不感蒸散量に関しては体重差との関係が解明できなかったが、水分摂取量と最高気温の値から推定する事は可能である。

### 4). 排尿量+不感蒸散量+糞水分量(U+Fw)と最高気温(T)との関係

図 3-4 に体重 100kg あたりの排尿量と不感蒸散量と糞水分量の合計量(排泄量水分重/1 日)と最高気温との関係を示した。これも前項同様、全調査を通じた解析である。前述の通り、'97 調査 1、2 では日別の糞のサンプルは採取しておらず、解析は不可能であり、'97 全調査におけるその関係を調べる事はできなかった。'98 調査で、 $r=0.683^*$ での正の相関が認められた。'98 調査結果を通じての最高気温に対する排尿量+不感蒸散量+糞水分量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

$$'98 \text{ 調査、}(U+Fw)=0.37T-0.09$$

前項 3-3)同様、水分摂取量と排尿量+不感蒸散量+糞水分量と最高気温は、'98 調査においてそれぞれに全て正の相関が認められた。いわゆる、水分収支と最高気温の関係であるが、最高気温が高くなるとその収支の幅(水分を摂取して排出)が大きくなる、という事である。

### 4. 日増体重(Dg)について

繁殖和牛としての基本能力である繁殖、哺育能が最大限に発揮できるような飼養管理が望まれるが、その管理において重要な点はまず、その体重維持である。特に体重過多は発情周期の不定期化や発情停滞の原因となり、繁殖成績の低下につながる恐れがある<sup>9)</sup>。繁殖和牛の管理の指標である日増体重(日増体重)と体重差の関係を明確にすることは、大変、意義のある事だと考えられる。

図 4 に体重 100kg あたりの体重差(am10:00 から pm3:00)と日増体重との関係を示した。'98 調査 1 で、 $r=0.784^{**}$ での高い正の相関が認められた。ついで'98 調査 3、'97 調査 1、'97 調査 2、'98 調査 2、'97 調査 3 となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.690^*$ 、 $r=0.687^*$ 、 $r=0.679^*$ 、 $r=0.669^*$ 、 $r=0.445^*$

であった。

また、これらのデータを全調査でまとめたのが、図 4-1 である。'97、'98 両調査共に、 $r=0.397^{**}$ 、 $r=0.504^{**}$ での正の相関が認められた。'97、'98 調査結果を通じての日増体重に対する体重差のデータから以下の一次回帰式が得られた。

'97 調査、 $B=0.61Dg+3.45$

'98 調査、 $B=1.59Dg+5.27$

## 5.採食量に関与する諸要因

放牧中における家畜の採食量の把握は飼養家畜頭数の決定、輪換の計画、家畜の摂取養分過不足の判定などに必要なことである。採食量を放牧牛について正確に測定することは困難であり、さまざまな方法が考案され用いられてきたが、いまだ方法が確立されていないので、今後の重要な研究課題である<sup>23)</sup>。先に述べたように、電子体重計の開発により実際の農家でも体重測定は容易に行える。この電子体重計から測定した体重差を用いて、採食量を推定する上で、それに関与する諸要因との関係を調べる事は意義のある事であると考えた。本項では、その中で特に体重差、排糞量、日増体重について相互関係を検討した。なお、放牧期間を通しての採食量と水分摂取量、飲水量の關係に相関は認められなかった<sup>20)</sup>、という報告もあり、これらと、排尿量+不感蒸散量に関しては採食量以上に最高気温との結びつきが強いと考えられるのでここでは触れないことにした。

### 1). 生草摂取量(Fof)と体重差(B)との関係

生草摂取量を個体毎に比較してみたが、'97 調査は勿論、飽食にさせ試験を行った'98 調査でも 100 号を除いてそれほど差異は無かった。(表 3、4)

図 5-1 に体重 100kg あたりの生草摂取量(am10:00 から pm3:00)と体重差(am10:00 から pm3:00)との関係を示した。前述の通り、'97 調査では生草摂取量 20kg で一定であり変動をみることができずに解析には至らなかった。'98 調査 3 で、 $r=0.862^{**}$ での高い正の相関が認められた。ついで'98 調査 1、'98 調査 2 となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.775^{**}$ 、 $r=0.759^{**}$ であった。これらの'98 各調査を全調査でまとめて示したのが図 5-1-1 であり、 $r=0.811^{**}$ での正の相関が認められた。'98 調査結果を通じての体重差に対する生草摂取量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

'98 調査、 $Fof=0.90B+1.59$

### 2). 乾物摂取量(Fod)と体重差(B)との関係

図 5-2 に体重 100kg あたりの乾物摂取量(am10:00 から pm3:00)と体重差(am10:00 から pm3:00)との関係を示した。'98 調査 3 で  $r=0.858^{**}$ での高い正の相関が認められた。ついで'98 調査 1、'97 調査 1、'98 調査 2、'97 調査 3、'97 調査 2 となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.780^{**}$ 、 $r=0.766^{*}$ 、 $r=0.757^{**}$ 、 $r=0.733^{**}$ 、 $r=0.700^{*}$ であった。'98 調査において、前項 5-1)と同じような事がいえたので、牧草中の乾物率(DM%)を検討してみた結果、'98 調査 1 で  $22.29 \pm 0.29$ 、'98 調査 2 で  $21.76 \pm 0.58$ 、'98 調査 3 で  $19.55 \pm 2.68$  であった。調査 3 で若干、高いとも思われるがほぼ変動は無かった。

これらの'97、'98 各調査を全調査でまとめた示したのが図 5-2-1 であり、'97、'98 両調査でそれぞれ、 $r=0.485^{**}$ 、 $r=0.798^{**}$ での正の相関が認められた。'97、'98 調査結果を通じての体重差に対する乾物摂取量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

'97 調査、 $Fod=0.08B+0.51$

'98 調査、 $Fod=0.16B+0.56$

### 3).生草摂取量(Fof)と生糞量(Ff)との関係

図 5-3 に体重 100kg あたりの生草摂取量(am10:00 から pm3:00)と翌日の生糞量(1 日)との関係を示した。'98 調査 1 で  $r=0.713^*$ での正の相関が認められた。これらの'98 各調査を全調査でまとめた示したのが図 5-3-1 であり、 $r=0.597^{**}$ での正の相関が認められた。'98 調査結果を通じての生糞量に対する生草摂取量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

'98 調査、 $Fof=1.22Ff+1.47$

### 4).乾物摂取量(Fod)と糞乾物量(Fd)との関係

図 5-4 に体重 100kg あたりの乾物摂取量(am10:00 から pm3:00)と翌日の糞乾物量(1 日)との関係を示した。'97 調査 1、2 では各個体で日別の糞のサンプルを採取しておらず、解析には至らなかった。'98 調査 1 で  $r=0.840^{**}$ 、調査 2 で  $r=0.795^*$ での正の相関が認められた。これらの'98 各調査を全調査でまとめた示したのが図 5-4-1 であり、 $r=0.599^{**}$ での正の相関が認められた。'98 調査結果を通じての糞乾物量に対する乾物摂取量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

'98 調査、 $Fod=1.51Fd+0.54$

### 5).生草摂取量(Fof)と日増体重(Dg)との関係

図 5-5 に体重 100kg あたりの生草摂取量(am10:00 から pm3:00)と日増体重との関係を示した。'98 調査 3 で  $r=0.709^*$ での高い正の相関が認められた。ついで'98 調査 2、'98 調査 1 となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.668^*$ 、 $r=0.622^*$ であった。また、これらの'98 各調査を全調査でまとめて示したのが図 5-5-1 であり、 $r=0.649^{**}$ での正の相関が認められた。'98 調査結果を通じての日増体重に対する生草摂取量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

'98 調査、 $Fof=2.71Dg+6.60$

### 6).乾物摂取量(Fod)と日増体重(Dg)との関係

図 5-6 に体重 100kg あたりの乾物摂取量(am10:00 から pm3:00)と日増体重との関係を示した。'98 調査 3 で  $r=0.801^{**}$ での高い正の相関が認められた。ついで'98 調査 1、'97 調査 3、'98 調査 2、となり相関係数はそれぞれ、 $r=0.699^*$ 、 $r=0.683^{**}$ 、 $r=0.677^*$ であった。これらの'98 各調査を全調査でまとめた示したのが図 5-6-1 であり、 $r=0.502^{**}$ での正の相関が認められた。'98 調査結果を通じての日増体重に対する乾物摂取量のデータから以下の一次回帰式が得られた。

'98 調査、 $Fod=0.32Dg+1.36$

## 6. 採食量と体重差、排糞量、排尿量+不感蒸散量、飲水量、水分摂取量、日増体重及び最高気温の関係式。

本研究の目的は採食量の推定であり、繁殖和牛の維持管理に必要なだけの採食量をできるだけ幅広い方面から算出することである。そのために以下の推定式を作成した。なお、'97 調査において、前項 5 での解析がほとんど不可能であったので、採食量の推定式は誤差が大きくなると考えられるので省略した。

### 1).生草採食量の推定式

前項 1 から 5 で解析した、'98 調査から、

$$B=1.41Ff-0.21(1)$$

$$Fof=0.90B+1.59(2)$$

$$W=0.22T-1.79(3)$$

$$U=0.34T-2.81(4)$$

$$Fof=1.22Ff+1.47(5)$$

$$Fof=2.71Dg+6.60(6)$$

(2)に(1)を代入、

$$Fof=1.26Ff+1.40(7)$$

(3)と(4)から、

$$(0.34T-2.81)W=(0.22T-1.79)U(8)$$

(5)+(6)+(7)+(8)より、

$$Fof= \{0.83Ff+(0.07T-0.60)U\}+0.90Dg-(0.11T-0.94)W +3.16(\text{これを推定式 1 とした。})$$

ただし、Fof:生草採食量/日、Ff:生糞量/日、U:排尿量+不感蒸散量/日、Dg:日増体重、W:飲水量/日、T:最高気温(℃)、単位は最高気温以外は全て kg/体重 100kg とした。

### 2).乾物採食量の推定式

前項 1 から 5 で解析した、'98 調査から、

$$B=8.72Fd-0.05(1)$$

$$Fod=0.16B+0.56(2)$$

$$B=0.50(W+Fow)+1.18(3)$$

$$(W+Fow)=0.31T+0.60(4)$$

$$B=0.64(U+Fw)+0.20(5)$$

$$(U+Fw)=0.37T-0.09(6)$$

$$Fod=1.15Fd+0.54(7)$$

$$Fod=0.32Dg+1.36(8)$$

(2)に(1)を代入、

$$Fod=1.41Fd+0.55(9)$$

(3)と(4)から、

$$(W+Fow)=0.67B+0.21T-0.39(10)$$

(5)と(6)から、

$$(U+Fw)=0.61B+0.22T-0.18(11)$$

(10)と(11)より、

$$(0.61B+0.22T-0.18)(W+Fow)=(0.67B+0.21T-0.39)(U+Fw)(12)$$

(7)+(8)+(9)+(12)より、

$Fod= \{0.85Fd+(0.22B+0.07T-0.13)(U+Fw)\}+0.11Dg-(0.20B+0.07T-0.06)(W+Fow)+0.82(\text{これを推定式 2 とした。})$

ただし、Fod:乾物採食量/日、B:採食時間前後の体重差、Fd:糞乾物量/日、Fw:糞水分量/日、Fow:牧草水分量/日、単位は最高気温以外は全て kg/体重 100kg とした。

## 7. '95、'96 調査における体重及び飲水量データを用いた体重差法による牧草採食量の推定の検証

近藤、岡田らは、放牧時間前後の体重、放牧地とパドックにおける飲水量、又、それらのデータを用いてパドックでの排泄量を推定、そしてその比率により放牧地での排泄量を推定し、放牧地における牧草採食量を推定した。これらの体重、飲水量データを前項で紹介した数式にあてはめ、前述の近藤らの推定値と比較、検証する事によりその精度が上がり、今後の課題が見つかると思った。

### 1). '95 調査における体重及び飲水量データを用いた体重差法による牧草採食量の推定の検証

近藤らは、'95 年放牧期間の 158 日の 22 頭の飲水量と放牧前後の体重を連続測定した結果、平均生草採食量を体重 100kg あたりで、7.1kg と推定した。また、同年サンプリングした生草の平均乾物率 (DM) は、23% であり、乾物採食量は、体重 100kg あたりで、1.6kg と推定した。

体重 100kg あたりの放牧前後の体重差(B)、1 日の飲水量(W)、日増体重(Dg)は、放牧期間の平均で、それぞれ 7.19kg、4.2kg、0.23kg である。また、最高気温(T)は、これも放牧期間の平均で、24.67℃ である<sup>9)</sup>。これらの'95 データを本研究での推定式にあてはめて、平均生草採食量と乾物採食量を推定した。

#### ①放牧期間の平均生草採食量(Fof)の推定

推定式 1 を用いて、

$$Fof = \{0.83Ff + (0.07T - 0.60)U\} + 0.90Dg - (0.11T - 0.94)W + 3.16$$

ただし、Fof: 生草採食量

Ff: 生糞量

U: 排尿量 + 不感蒸散量

Dg: 日増体重

W: 飲水量

T: 最高気温、とした。

まず、Ff の推定から、前項 1 の関係式を使って、

$$B = 1.41Ff - 0.21$$

B = 7.19kg を代入、Ff = 5.24kg と推定される。

次に U の推定、前項 3 の関係式を使って、

$$U = 0.34T - 2.81$$

T = 24.67℃ を代入、U = 5.62kg と推定される。

B、T、W、Ff、U、Dg の数値をを推定式 1 にそれぞれ代入すると、Fof 即ち、体重 100kg あたりの生草採食量は放牧期間の平均で 6.7kg と本研究からは推定される。

#### ②放牧期間の平均乾物採食量(Fod)の推定

推定式 2 を用いて、

$$Fod = \{0.85Fd + (0.22B + 0.07T - 0.13)(U + Fw)\} + 0.11Dg - (0.20B + 0.07T - 0.06)(W + Fow) + 0.82$$

ただし、Fod: 乾物採食量

Fd: 糞乾物量

B: 体重差

U + Fw: 排尿量 + 不感蒸散量 + 糞水分量

Dg: 日増体重

W + Fow: 水分摂取量

T:最高気温、とした。

まず、Fd の推定から、前項 1 の関係式を使って、

$$B=8.72Fd-0.05$$

B=7.19kg を代入、Fd=0.83kg と推定、

次に W+Fow の推定、前項 2、3 より、

$$B=0.50(W+Fow)+1.18$$

$$(W+Fow)=0.31T+0.60$$

2 式より、

$$(W+Fow)=0.67B+0.21T-0.39$$

B=7.19kg、T=24.67°C を代入、W+Fow=9.50kg と推定、

U+Fw の推定、前項 1、3 より、

$$B=0.64(U+Fw)+0.20$$

$$(U+Fw)=0.37T-0.09$$

2 式より、

$$(U+Fw)=0.61B+0.22T-0.18$$

B=7.19kg、T=24.67°C を代入、U+Fw=9.73kg と推定、

B、T、W+Fow、Fd、U+Fw、Dg をそれぞれ推定式 2 に代入すると、Fod 即ち、体重 100kg あたりの乾物採食量は放牧期間の平均で 1.5kg と本研究から推定された。

①、②より、本研究での生草採食量と乾物採食量は、それぞれ 6.7kg、1.5kg と算出され、いずれも近藤の推定値 7.1kg 及び 1.6kg に比べて若干、低い値となった。これは、近藤らが、排泄量に関して全て推定であり、また特に、不感蒸散量と日増体重を考慮していない事から、採食量を過大評価してしまったというのが主な原因と考えられる。さらに、スタンションに繋留された牛はエネルギーの消費量が少なく、それに伴い採食量も少なく見積られる、という事を示唆している。

## 2). '96 調査における体重及び飲水量データを用いた体重差法による牧草採食量の推定の検証

翌'96 年、岡田らは牧草採食量の推定をより正確に把握するため、近藤らと同じ手法を用い、特に供試牛を大型牛と小型牛に分け調査を行った。放牧期間 158 日の 16 頭(大型牛 8 頭、小型牛 8 頭)の飲水量と放牧前後の体重を連続測定した結果、体重 100kg あたりの推定生草採食量は、放牧期間を通して大型牛が 4.82kg、小型牛が 6.36kg と推定し、小型牛が大型牛のそれよりも多くなった。近藤らのデータから本研究での関係式は、ある程度信憑性はある事が分かったが、本研究での供試牛は前述の通り体重が平均的である。この事から大型牛、小型牛でそれぞれ分類してこの関係式にどれほどの精度があるのか、というのが本項のテーマである。

岡田らの'96 体重、飲水量測定の結果、放牧期間における体重 100kg あたりの平均体重差(放牧前後)、飲水量、日増体重は大型牛で、それぞれ 5.03kg、3.9kg、0.26kg であった。また小型牛では、それぞれ 6.22kg、3.9kg、0.26kg であった。なお、平均最高気温は、24.80°C、これらのデータ<sup>24)</sup>を本研究での関係式にあてはめて検討をした。

### ①大型牛における放牧期間の平均生草採食量(Fof)の推定

推定式 1 を用いて、

$$Fof = \{0.83Ff + (0.07T - 0.60)U\} + 0.90Dg - (0.11T - 0.94)W + 3.16$$

ただし、Fof:生草採食量

Ff:生糞量  
U:排尿量+不感蒸散量  
Dg:日増体重  
W:飲水量  
T:最高気温、とした。

まず、Ffの推定から、

$B=1.41Ff-0.21$  から、

$B=5.03\text{kg}$  を代入、 $Ff=3.71\text{kg}$

次にUの推定、

$U=0.34T-2.81$  から、

$T=24.80^\circ\text{C}$  を代入、 $U=5.66\text{kg}$

B、T、W、Ff、U、Dgの数値をを推定式1にそれぞれ代入すると、大型牛における体重100kgあたりの生草採食量は放牧期間の平均で5.84kgと本研究からは推定される。

## ②小型牛における放牧期間の平均生草採食量(Fof)の推定

これも推定式1を用いて、

$Fof = \{0.83Ff + (0.07T - 0.60)U\} + 0.90Dg - (0.11T - 0.94)W + 3.16$

Ffの推定、

$B=1.41Ff-0.21$  から、

$B=6.22\text{kg}$  を代入、 $Ff=4.55\text{kg}$

Uの推定、

$U=0.34T-2.81$  から、

$T=24.80^\circ\text{C}$  を代入、 $U=5.66\text{kg}$

B、T、W、Ff、U、Dgの数値をを推定式1にそれぞれ代入すると、小型牛における体重100kgあたりの生草採食量は放牧期間の平均で6.74kgと本研究からは推定される。

前項7-1)の結果、本研究での関係式における採食量は、近藤らのそれよりも多少、少なく見積もられる、という理に適った考察ができたが、本項で牛を体重別に考えたときには、誤差が大きいという事が分かった。体重別で正確な採食量を測定するためには、本研究のように平均的な体重の牛を使うのではなく、それに見合う体重の牛を供試牛として関係式を導く事が不可欠である。

## 8.実用化と今後の課題

体重が平均的な和牛群であれば、体重差と気温の測定から、水分摂取量、排泄量、そして採食量を推定する事が可能である。図6に体重100kgあたりの体重差5kgを例に取った乾物採食量と水分摂取量と排泄量を最高気温と合わせて示した。気温が上昇するにつれて水分摂取量と排泄量も増加するが乾物採食量は低下していく傾向が認められた。夏季には高温のために牧草の生育が停止し夏枯れ現象がみられることがあり<sup>2)</sup>、牛の採食性もわるくなるのでこのような結果となったと考えられる。牧草量と放牧牛のバランスであるが、放牧牛の必要要求量、採食量は年間にわたりほとんど変化しない<sup>25)</sup>。また、採食量は可食部供給量と高い正の相関が認められており<sup>26)</sup>、従って、このような時期でも放牧牛の採食量を高める為には、葉部割合の高い草を密になるようにし、牛による倒伏が起きない程度で草の量が確保できる草丈にする事が大切である<sup>25)</sup>。

また、表7に本研究で推定した1日の体重100kgあたりの採食した牧草中の乾物量、DCP及びTDN

とその維持要求量を示した。摂取した DCP、TDN は日本標準成分<sup>27)</sup>を用いて、維持要求量は日本飼養標準<sup>28)</sup>を用いた。乾物採食量は本研究で推定した所、採食前後の体重差が 5.3kg から 5.4kg の時、その維持要求量 1.35kg と一致した値となった。また、採食前後の体重差が 5.3kg の時の日増体重は 0.02kg と推定された。本調査対象放牧地で生育する牧草から牛に摂取される TDN、DCP は維持要求量以上となり、DCP に関しては、むしろ過剰に摂取される傾向が認められ繁殖用雌牛にとって過肥の可能性が推察される。これは、この放牧地が近年は繁殖用黒毛和種の輪換放牧に供用されているが、乳牛用として造成された混播草地であるという事に基ずくものと考えられる。

また、放牧地における牛の運動に必要なエネルギーを考慮し、維持要求量の 10%、20%、30%増しで検討した。乾物採食量では、10%増しでの維持要求量は 1.47kg/(体重 100kg)であり、その時の採食前後の体重差は 6.1kg から 6.2kg であった。20%増しでの維持要求量は 1.62kg であり、採食前後の体重差は 7.0kg であった。30%増しでの維持要求量は 1.75kg であり、採食前後の体重差は 7.8kg であった。DCP、TDN に関しては、いずれの場合でも前述の通り要求量を十分に満たす摂取量であった。

採食量に影響する要因の数は非常に多く、本研究における推定式も改良されるべき点が多い。例えば牛の月齢、先に述べた体重、産次数、妊娠、肥満度などの生体側の要因、飼料構成、化学組成、消化率などの飼料要因、その他管理的な要因<sup>29)</sup>も考慮に入れる事、また放牧ではエネルギー消費量が大きくエネルギー効率が明らかに舎飼いと異なる事<sup>30)</sup>を考慮に入れ、更に検討し、より正確な放牧地における採食量の推定式を確立する事が今後の課題である。

## 要 約

本研究は舎飼いされた牛の牧草摂取量、排糞量及び給与前後の体重差を正確に測定する事により、測定困難な排尿量と不感蒸散量などを把握し、牛の放牧時の牧草採食量のより正確な推定式を導き出す事を目的として行われた。調査期間は'97 から'98 年の 2 年間で、信州大学農学部附属農場において飼育されている黒毛和種繁殖用雌牛 4 頭を調査対象とし、それぞれ 6 月上旬、7 月下旬、10 月上旬の 3 期にわたり実施した。生草給与量は'97 調査は 20kg、'98 調査は飽食にさせ、スタンションに終日繋留した供試牛に給与した。供試牛の牧草摂取(給与時間は AM10:00 から PM3:00)前後の体重、1 日当りの飲水量、排糞量並びに最高気温を測定した。各調査で採取した牧草と糞のサンプルについて風乾後、乾物量を測定し、排糞及び乾物摂取量を算出した。得られた結果を要約すると以下の通りである。

1) 牧草摂取量、給与前後の体重差、飲水量、排糞量、日増体重並びに最高気温の測定値から、体重 100kg あたり、1 日の生草及び乾物採食量が以下の式により推定された。

$$Fof = \{0.83Ff + (0.07T - 0.60)U\} + 0.90Dg - (0.11T - 0.94)W + 3.16.$$

ただし、Fof: 生草採食量、W: 飲水量、Ff: 生糞量、U: 排尿量+不感蒸散量、Dg: 日増体重、T: 最高気温、とした。

$$Fod = \{0.85Fd + (0.22B + 0.07T - 0.13)(U + Fw)\} + 0.11Dg - (0.20B + 0.07T - 0.06)(W + Fow) + 0.82.$$

ただし、Fod: 乾物採食量、B: 採食前後の体重差、Fd: 糞乾物量、Fw: 糞水分量、Fow: 生草からの水分摂取量、とした。



2)近藤らは、放牧期間 158 日の 22 頭の飲水量と放牧前後の体重を連続測定した結果、生草及び乾物採食量をそれぞれ 7.1kg、1.6kg と推定した'95 年の実測値を用いて全放牧期間、全頭の体重 100kg あたりの採食前後の体重差、飲水量、日増体重、最高気温は平均で、それぞれ 7.2kg、4.2kg、0.2kg、24.7℃であった。本研究で導かれた推定式を用いて計算すると、生草採食量は 6.7kg、乾物採食量は 1.5kg となり、いずれも近藤の推定値に比べて低い値となった。近藤らの採食量推定式に用いた排泄量は全て推定値であり、不感蒸散量と日増体重を考慮していない事から、採食量を過大評価してしまったと考えられる。

## 参考文献

- 1) 塩見正衛, 草と家畜の接点におけるこれからの研究. 畜産の研究 52 巻 2 号. 1998.
- 2) 宮崎昭, 肉牛マニュアル-規模拡大への経営と管理-. 1-5. 1991.
- 3) 石井幹, 乳牛の放牧行動は合理的舎飼への道標. 畜産の研究 52 巻 2 号. 286-287. 1998.
- 4) 高野信雄, 乳牛 1 頭当りの放牧面積のきめ方. 畜産の研究 17 巻 12 号. 1575. 1963.
- 5) NEUMANN A. L., BEEF CATTLE 第 7 版. 25. 1979.
- 6) 後藤福光, 放牧をとりいれた黒毛和種(去勢)の肥育技術. 畜産の研究 49 巻 2 号. 274. 1995.
- 7) 扇元敬司・角田幸雄・永村武美・三上仁志・森地敏樹・矢野秀雄・渡邊誠喜・中井裕, 新畜産ハンドブック, 277-279. 1995
- 8) 吉田重治, 草地の生態と生産技術 第 3 版. 240. 1981.
- 9) 近藤喜嗣, 放牧和牛の牧草摂取量推定に関する研究. 修士学位論文. 1996.
- 10) 羽部義孝編, 肉用種和牛全講増改訂版. 1975.
- 11) 三井計夫, 飼料作物草地ハンドブック. 315. 1964.
- 12) Mikel F・WallisDeVries・Emilio A.L・Montague W.D, From feeding station to patch: scaling up food intake measurements in grazing cattle. Applied Animal Behaviour Science. 301-315. 1998.
- 13) 梶村恭子, 飼料・栄養研究-そのレビューと明日-(4) 4. 放牧草の採食性と採食量推定法. 畜産の研究 50 巻 4 号. 515-520. 1996.
- 14) 梶村恭子, 放牧家畜の採食量推定法に関する新しい情報-草量計, 酸化クロムカプセル, アルカン法-. 畜産の研究 50 巻 8 号. 889-894. 1996.
- 15) 秋山典昭・梶村恭子・荒谷博・斎藤祐二, 植物体ワックスアルカン含有量の草種、番草、部位による変動. 日本草地学会誌 41 巻別号. 255-256. 1995.
- 16) 松本弘子・菅原和夫・伊藤巖, 植物ケイ酸体を用いた放牧家畜の採食草種の判定と採食量の推定 -ウシノケグサ型ケイ酸体を用いた OG・TF の採食割合の推定-. 日本草地学会誌 38 巻別号. 349-350. 1992.
- 17) 松田従三, マニユア・コントロール 資源としての牛糞尿処理と利活用. 87. 1991.
- 18) 田中広実・橋本盛義, 乳牛の輪換放牧に関する試験. 日本草地学会誌 9 巻 2 号. 83-88. 1963.
- 19) 甘利雅弘・森登・新宮博行・榎木茂彦・阿部亮, 乳牛におけるチモシー乾草の自由採食量と飼料組成、第一胃内滞留時間、消化率、消化速度との関係. 日本草地学会誌 44 巻 3 号. 248-254. 1998.
- 20) 菅野勉・福山正隆・佐藤節郎. 梅田直円・山田明央・寺田裕・石田貢, 自動計測装置を利用した放牧牛の飲水行動の把握 2 -放牧牛の採食草からの水分摂取量と飲水行動の関係-. 日本草地学会誌 39 巻. 別号. 287-288. 1993.

- 21) 津田恒之・柴田章夫, 新乳牛の科学. 207-234. 1987.
- 22) 岡洋祐, 放牧和牛の飲水量に関する諸要因の解析. 卒業論文. 1996.
- 23) 江原薫, 飼料作物、草地の研究. 249-260. 1971.
- 24) 岡田幸男, 体重差法を用いた放牧牛の食草量推定. 卒業論文. 1997.
- 25) 大久保忠旦・高崎康夫等, 草地学. 250-254. 1990
- 26) 上条忠治・岡島毅・横田浩臣・大島光昭, 放牧草地における牧草供給量と採食量の関係-重回帰分析-. 日本草地学会誌 37 巻. 別号. 309-310. 1991.
- 27) 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 日本標準飼料成分表. 中央畜産会. 1995.
- 28) 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 日本飼養標準・肉用牛. 中央畜産会. 1995.
- 29) 岡本全弘, 飼料・栄養研究(14)-そのレビューと明日-. 畜産の研究 51 巻 2 号. 274. 1997.
- 30) 黒川勇三・大久保忠旦・松井寛二・持丸均, トールフェスク放牧草地における牧草の供給から放牧牛による増体蓄積までのエネルギー効率. 日本草地学会誌 36 巻 3 号. 238. 1990.

表1. 供試牛の調査開始時における体重、生年月日、月齢、産子数

97調査	個体番号	体重(kg)	生年月日	月齢	産子数
調査1	16号	447	1982. 1. 15	184	9
	21号	477	1991. 1. 10	76	2
	48号	481	1990. 1. 23	88	2
	20号	478	1990. 12. 14	77	1
	平均	471		106	4
調査2	16号	444	1982. 1. 15	186	9
	21号	473	1991. 1. 10	78	2
	48号	475	1990. 1. 23	90	2
	20号	473	1990. 12. 14	79	1
	平均	466		108	4
調査3	16号	418	1982. 1. 15	188	9
	21号	455	1991. 1. 10	80	2
	48号	447	1990. 1. 23	92	2
	100号	447	1985. 4. 25	149	1
	平均	442		127	4
98調査	個体番号	体重(kg)	生年月日	月齢	産子数
調査1	16号	393	1982. 1. 15	196	9
	21号	459	1991. 1. 10	88	2
	1486号	418	1993. 10. 23	55	0
	100号	441	1985. 4. 25	157	1
	平均	427. 75		124	3
調査2	16号	394	1982. 1. 15	198	9
	21号	465	1991. 1. 10	90	2
	1486号	433	1993. 10. 23	57	0
	100号	433	1985. 4. 25	159	1
	平均	431. 25		126	3
調査3	16号	393	1982. 1. 15	200	9
	21号	460	1991. 1. 10	92	2
	1486号	457	1993. 10. 23	59	0
	100号	432	1985. 4. 25	161	1
	平均	435. 5		128	3

表2. 天候及び気温

97調査日	天候	気温(℃)		
		最高	最低	
調査1	6月7日	晴れ	27	7
	6月8日	晴れ, 夜になって小雨	23	9
	6月9日	曇り時々雨	18	14
	平均		23	10
調査2	7月27日	曇り時々晴れ, 夜から雨	28	21
	7月28日	雨	21	18
	7月29日	曇り時々晴れ	31	19
	平均		27	19
調査3	10月4日	雨	15	12
	10月5日	曇りのち晴れ	19	12
	10月6日	晴れ	21	8
	10月7日	曇り	18	10
	10月8日	曇り時々晴れ	20	10
	10月9日	晴れ	14	1
平均		18	9	
98調査日	天候	気温(℃)		
調査1	6月5日	曇り	20	14
	6月6日	曇り時々雨	24	18
	6月7日	雨	22	12
	平均		22	15
調査2	7月29日	晴れ一時曇り	32	20
	7月30日	曇り時々雨, 雷を伴う	29	21
	7月31日	曇り時々晴れ	28	21
	平均		30	21
調査3	10月6日	曇り	23	14
	10月7日	雨一時曇り	22	15
	10月8日	晴れ一時曇り	22	12
	平均		22	14

表3.'97各調査(生草20kg制限給餌条件)における摂食量、飲水量、水分摂取量、排糞量及び  
排尿量+不感蒸散量の平均値(kg/1日)

	個体番号	生草摂取量(kg)	乾物摂取量(kg)	飲水量(kg)	水分摂取量(kg)	生糞量(kg)	糞乾物量(kg)	排尿量+不感蒸散量(kg)
調査1	16号	19.46±0.36	4.12±0.51	9.21±2.65	24.55±2.98	8.61±0.96	1.15±0.11	21.39±3.02
	21号	20.00±0.00	4.24±0.56	4.95±2.03	20.71±1.94	6.79±0.99	1.17±0.18	17.83±2.43
	48号	20.00±0.00	4.24±0.56	3.75±1.19	19.51±1.36	7.77±0.69	1.18±0.12	15.98±2.90
	20号	19.56±0.12	4.14±0.53	7.95±1.98	23.37±1.57	8.67±2.03	1.23±0.30	17.84±3.14
	平均	19.76±0.12	4.18±0.54	6.46±1.81	22.04±1.81	7.96±1.09	1.18±0.18	18.26±2.45
調査2	16号	19.69±0.15	2.84±0.63	4.42±4.54	21.17±3.84	6.50±1.44	0.98±0.18	17.82±5.74
	21号	19.92±0.03	2.88±0.66	2.70±1.82	19.74±1.20	6.39±1.21	1.11±0.20	18.56±2.14
	48号	19.86±0.19	2.87±0.62	6.00±3.00	23.00±3.00	5.99±1.40	0.92±0.23	20.87±4.40
	20号	18.60±1.15	2.66±0.43	4.55±2.13	20.49±2.38	5.59±0.38	0.92±0.06	22.56±3.04
	平均	19.52±0.36	2.81±0.59	4.42±2.34	21.12±1.76	6.12±0.72	0.98±0.11	19.95±3.03
調査3	16号	20.00±0.37	3.40±0.37	6.92±3.42	23.51±3.34	7.32±0.77	1.00±0.10	18.76±3.28
	21号	19.99±0.01	3.40±0.37	3.73±2.01	20.32±1.95	5.28±0.69	0.93±0.08	18.27±2.09
	48号	20.00±0.01	3.40±0.37	5.85±2.51	22.45±2.64	5.66±0.55	0.97±0.08	20.19±3.72
	100号	19.80±0.25	3.37±0.34	8.43±1.81	24.86±1.95	7.13±0.59	1.03±0.07	21.10±3.20
	平均	19.95±0.06	3.39±0.36	6.23±1.60	22.78±1.65	6.35±0.21	0.98±0.03	19.58±2.58

表4.'98各調査(生草飽食条件)における摂食量、飲水量、水分摂取量、排糞量及び  
排尿量+不感蒸散量の平均値(kg/1日)

	個体番号	生草摂取量(kg)	乾物摂取量(kg)	飲水量(kg)	水分摂取量(kg)	生糞量(kg)	糞乾物量(kg)	排尿量+不感蒸散量(kg)
調査1	16号	17.81±1.07	4.86±0.25	17.25±2.50	30.20±2.90	16.34±0.78	2.28±0.17	18.06±2.89
	21号	21.53±2.83	5.88±0.78	10.80±1.73	26.46±3.66	15.11±0.79	2.63±0.07	16.56±5.06
	1486号	22.13±2.25	6.04±0.65	13.44±1.51	29.53±3.09	18.94±1.86	2.79±0.31	15.30±3.54
	100号	16.07±1.86	4.38±0.50	10.98±4.10	22.67±5.28	12.29±0.54	2.29±0.13	15.43±2.71
	平均	19.39±1.79	5.29±0.49	13.12±2.34	27.21±3.63	15.67±0.51	2.50±0.03	16.34±3.40
調査2	16号	31.11±2.06	6.77±0.50	15.70±8.43	40.04±7.05	19.28±3.32	2.04±0.31	27.87±7.49
	21号	37.28±0.57	8.12±0.32	14.67±9.92	43.83±10.02	17.39±1.01	2.89±0.30	34.56±10.07
	1486号	35.57±1.16	7.74±0.42	17.30±10.46	45.13±10.87	19.53±1.49	2.63±0.27	32.01±9.45
	100号	26.50±1.86	5.77±0.43	18.00±10.58	38.74±10.87	14.12±1.84	2.09±0.11	31.72±9.78
	平均	32.62±1.15	7.10±0.35	16.42±8.70	41.93±8.74	17.58±1.52	2.41±0.12	31.54±7.79
調査3	16号	31.73±2.23	6.22±1.05	12.46±3.97	37.97±4.71	18.78±0.61	2.96±0.28	24.07±4.60
	21号	32.60±0.78	6.36±0.74	12.10±3.75	38.34±2.29	17.33±1.08	2.86±0.17	27.03±3.13
	1486号	26.92±2.94	5.28±0.97	14.00±5.32	35.65±7.29	17.42±0.78	2.79±0.17	23.50±7.37
	100号	25.34±5.36	5.03±1.55	12.50±0.87	32.82±4.24	16.83±5.49	2.79±0.85	22.68±0.85
	平均	29.15±2.36	5.72±1.05	12.76±3.18	36.19±4.36	17.59±1.86	2.85±0.22	24.32±3.95

表5.'97各調査における体重(am10:00)、体重差(am10:00からpm3:00)及び日増体重の平均値(kg)

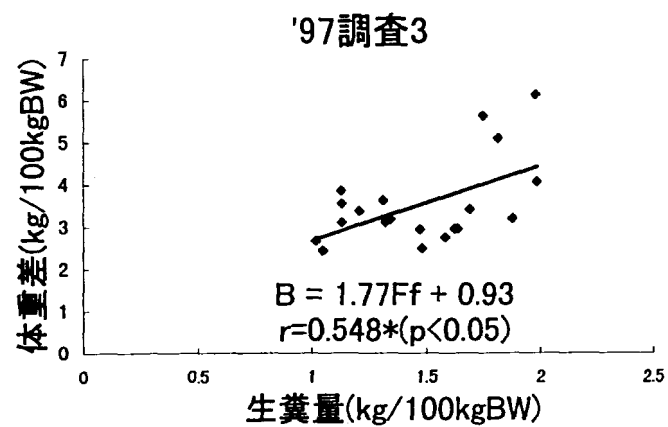
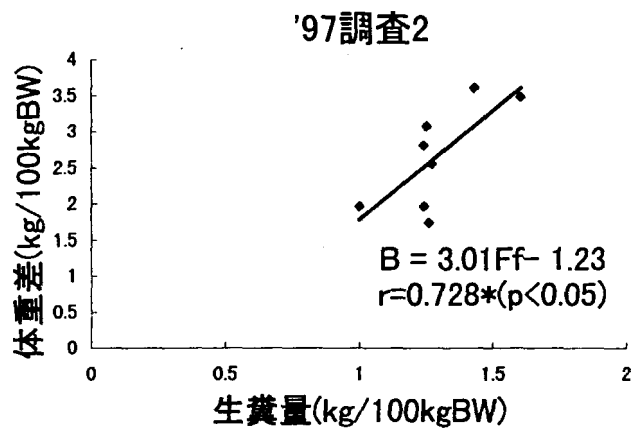
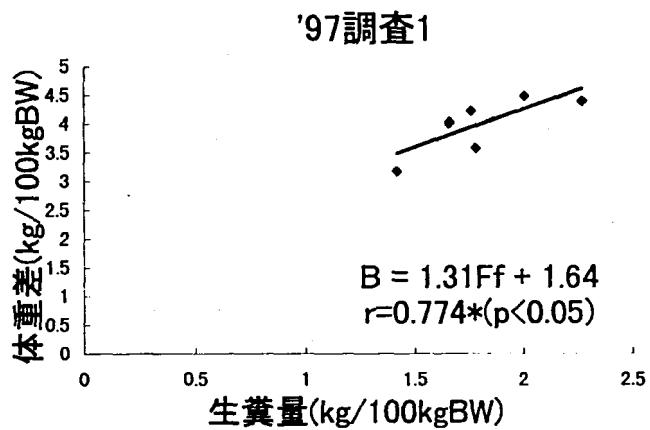
	個体番号	体重(kg)	体重差(kg)	日増体重(kg)
調査1	16号	443.75±2.22	17.67±2.08	-1.33±2.08
	21号	472.25±0.96	15.67±3.06	0.33±1.53
	48号	474.00±0.82	17.33±1.53	0.00±1.73
	20号	476.75±1.89	18.33±3.79	1.00±2.65
	平均	466.69±0.59	17.25±2.14	0.00±1.09
調査2	16号	425.03±1.14	15.46±2.50	-0.21±2.32
	21号	458.75±3.10	12.67±3.51	-2.33±1.53
	48号	458.50±1.29	13.33±3.79	-1.00±0.00
	20号	460.50±6.86	11.00±2.65	-5.00±4.00
	平均	450.69±2.86	13.11±3.00	-2.14±1.79
調査3	16号	410.27±2.02	19.28±4.35	0.83±2.73
	21号	449.43±1.13	14.00±2.28	0.17±1.94
	48号	440.71±1.60	14.67±1.63	0.00±2.10
	100号	438.14±2.04	12.33±1.21	0.00±2.83
	平均	434.64±1.31	15.07±1.26	0.25±2.00

表6.'98各調査における体重(am10:00)、体重差(am10:00からpm3:00)及び日増体重の平均値(kg)

	個体番号	体重(kg)	体重差(kg)	日増体重(kg)
調査1	16号	393.75±0.96	20.33±0.58	0.67±0.58
	21号	460.00±1.15	18.33±1.15	0.67±2.31
	1486号	420.25±2.63	21.67±5.13	1.33±3.21
	100号	441.75±2.22	11.67±1.53	-0.67±3.51
	平均	428.94±0.85	18.00±1.32	0.50±0.90
調査2	16号	394.00±1.41	29.33±2.08	-0.33±2.52
	21号	465.50±0.58	29.67±1.53	0.00±1.00
	1486号	434.75±1.71	25.33±0.58	1.33±0.58
	100号	430.50±1.91	17.83±3.25	-1.33±1.15
	平均	431.19±0.43	25.54±0.89	-0.08±0.80
調査3	16号	395.75±1.89	27.67±5.86	1.33±1.53
	21号	460.50±1.29	25.33±2.52	0.33±2.89
	1486号	457.00±0.00	22.67±2.31	0.00±0.00
	100号	429.25±2.22	19.33±3.79	-1.67±0.58
	平均	435.63±0.43	23.75±2.46	0.00±0.90

表7. 乾物採食量、DCP及びTDN摂取量とその維持要求量(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)

	体重差(kg)											維持要求量(kg)
	5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6	
生草採食量(kg)	6.06	6.18	6.29	6.41	6.52	6.64	6.76	6.87	6.99	7.10	7.22	
乾物採食量(kg)	1.29	1.31	1.33	1.34	1.36	1.37	1.39	1.41	1.42	1.44	1.46	1.35
DCP摂取量(kg)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20	0.10
TDN摂取量(kg)	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.66



-40-

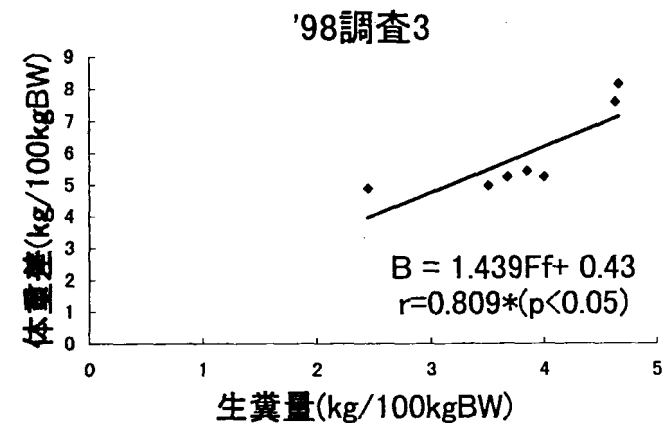
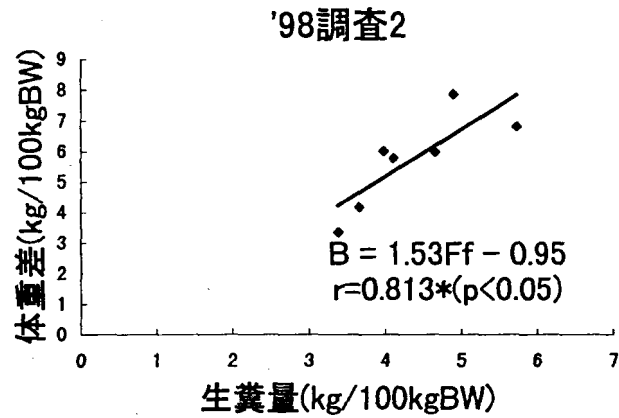
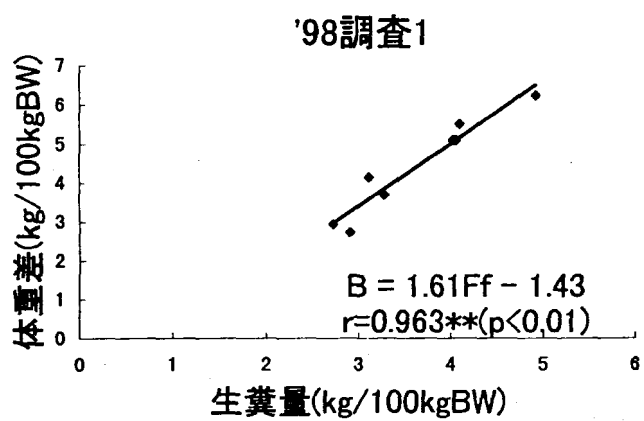


図1-1. 体重差(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と翌日の生糞量(kg/100kgBW/日)との関係

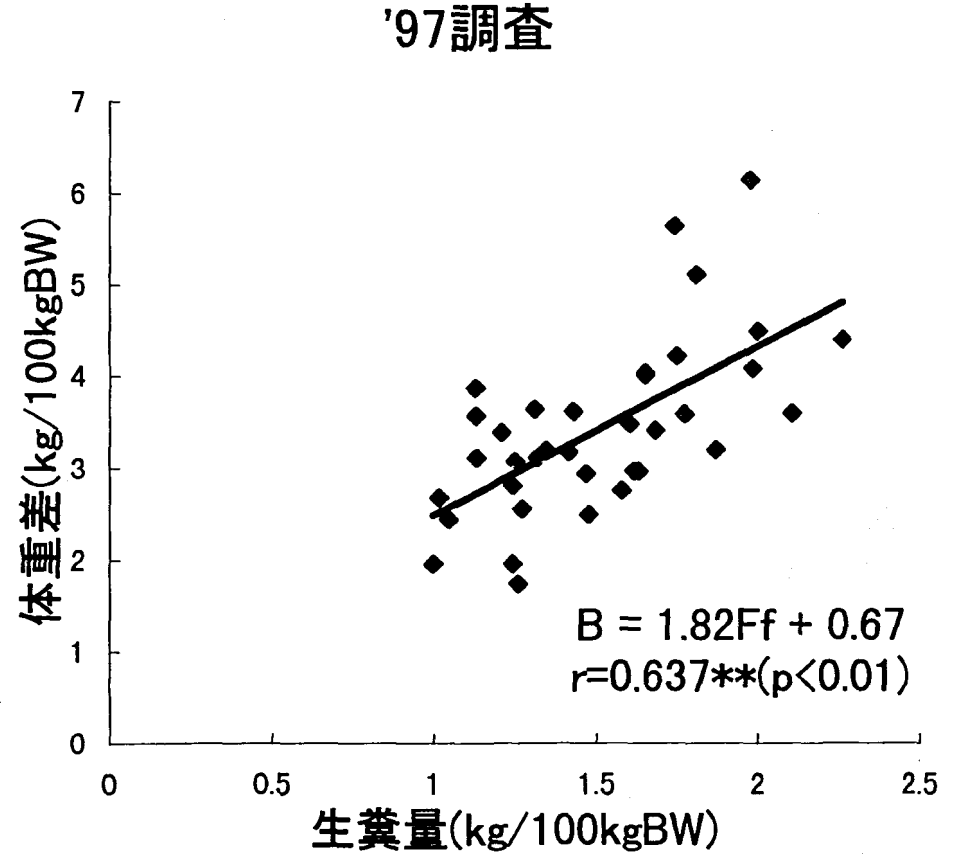
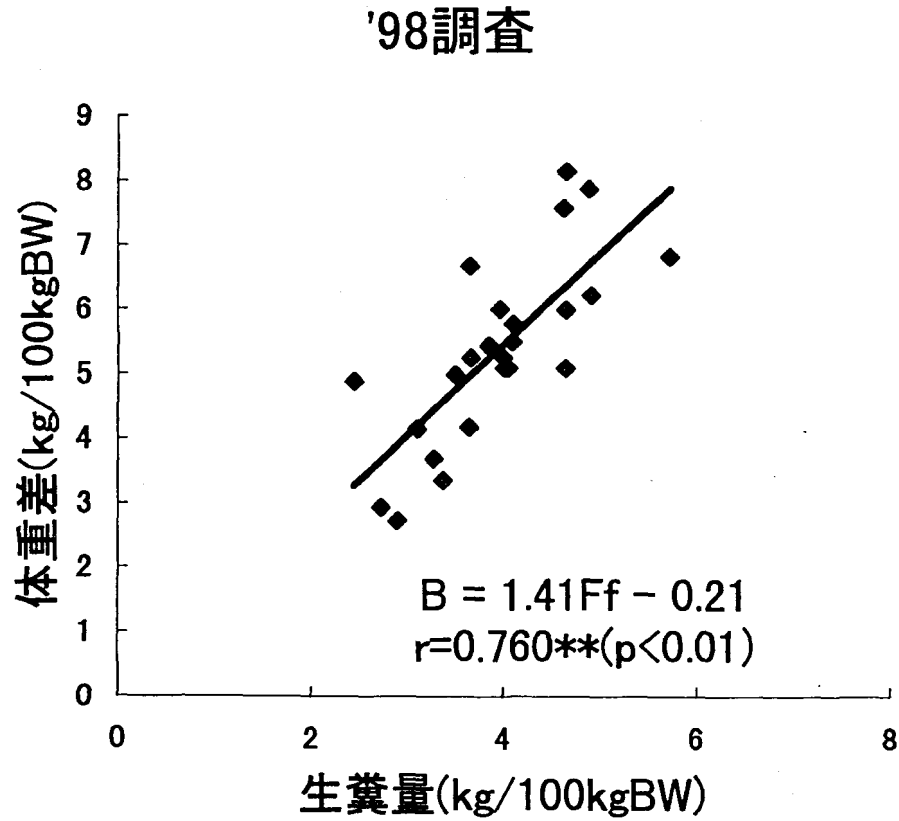
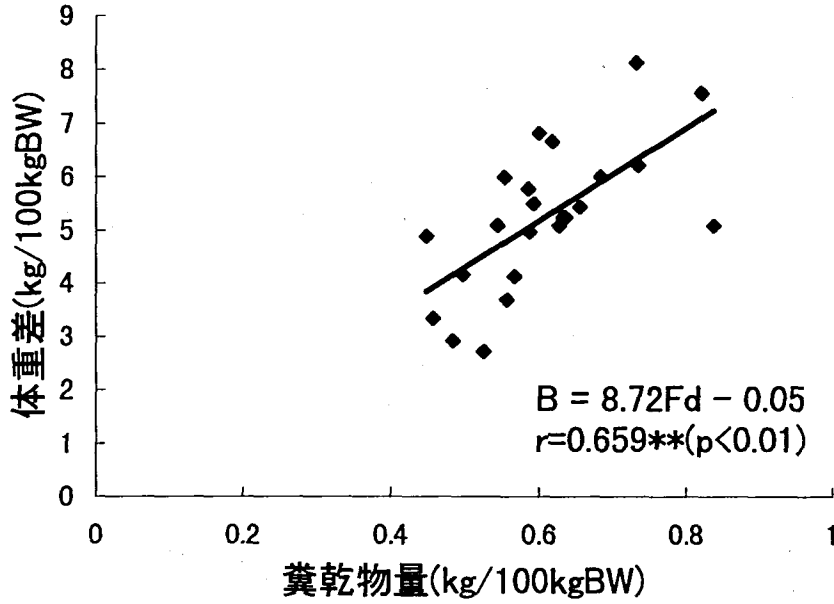
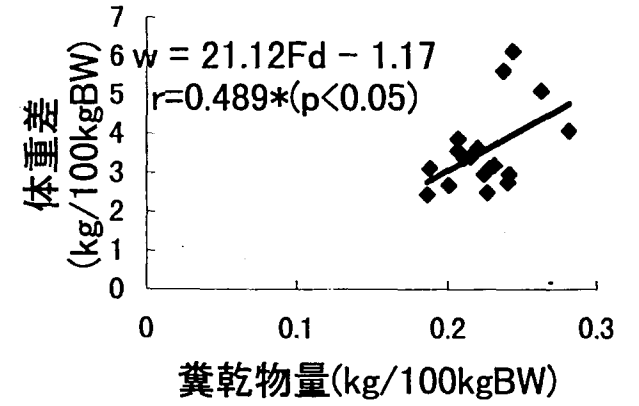


図1-1-1. 体重差(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と翌日の生糞量(kg/100kgBW/日)との関係

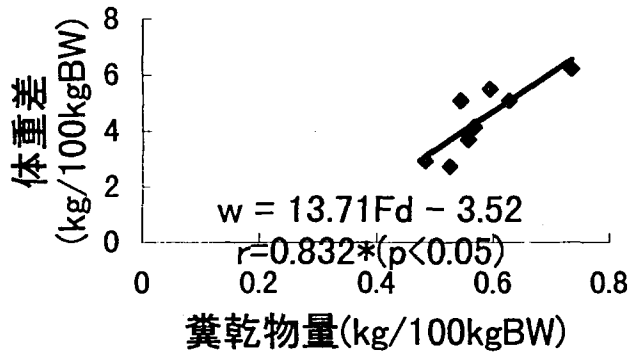
'98調査



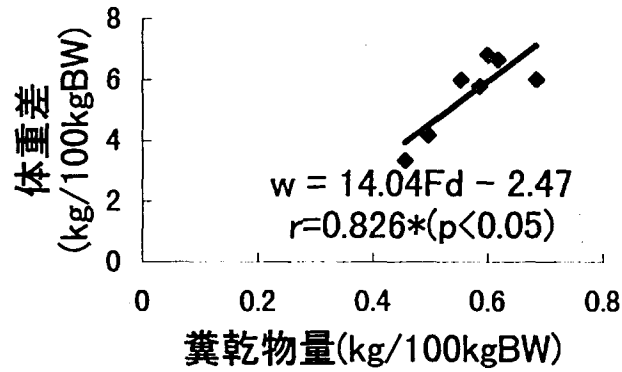
'97調査3



'98調査1



'98調査2



'98調査3

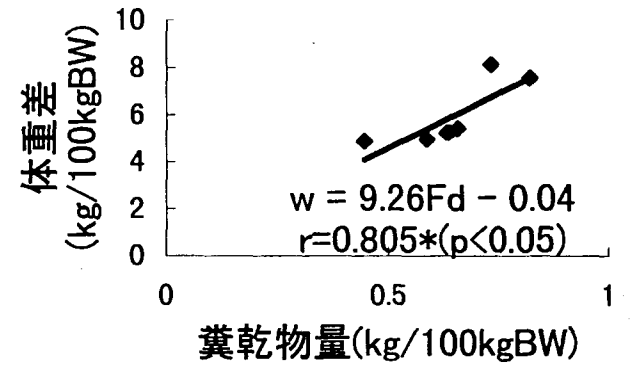


図1-2. 体重差 (kg/100kgBW/am10:00からpm3:00) と翌日の糞乾物量 (kg/100kgBW/日) との関係



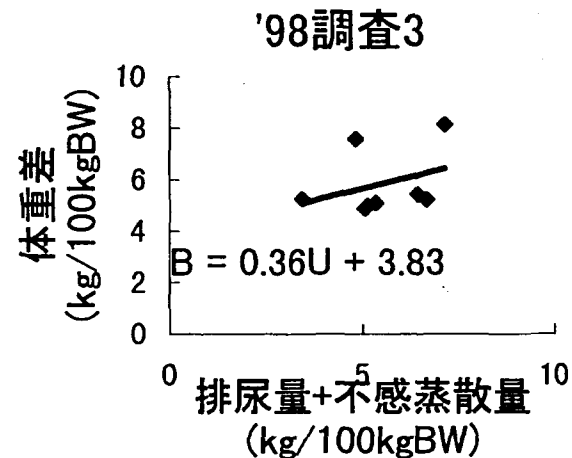
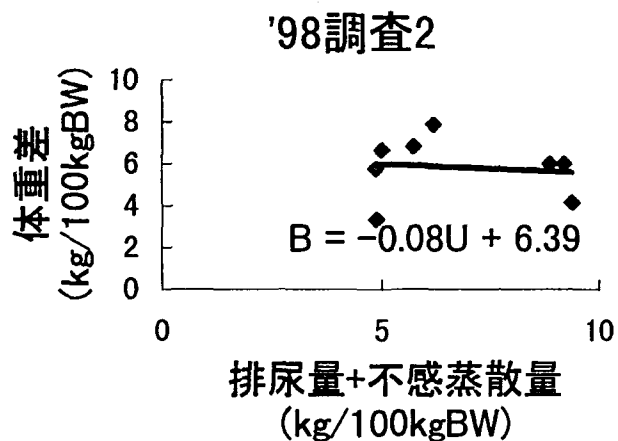
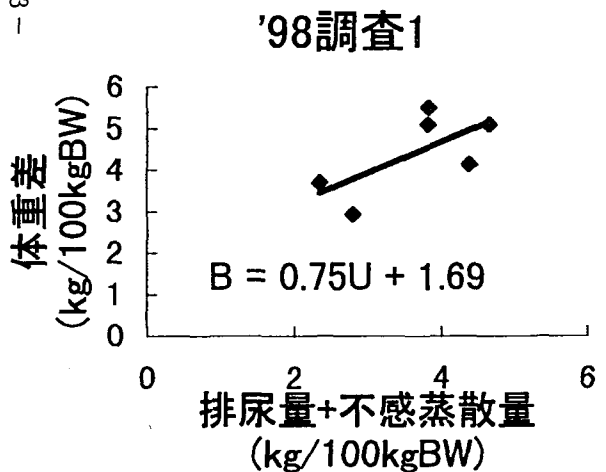
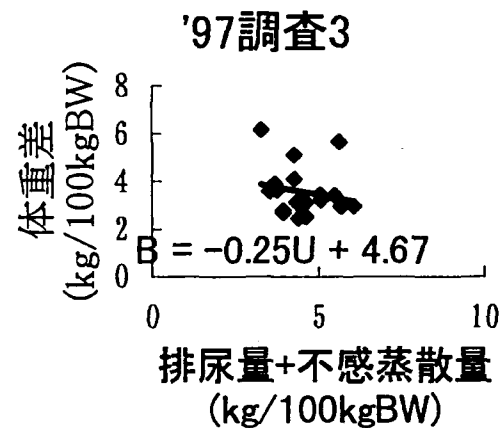
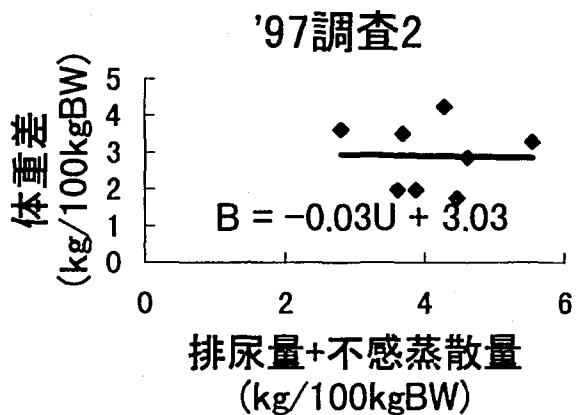
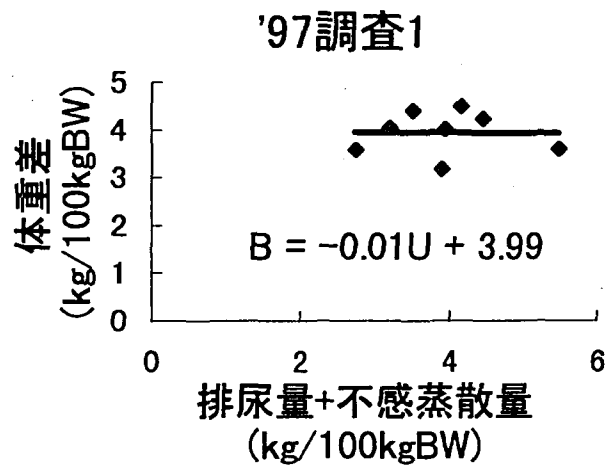
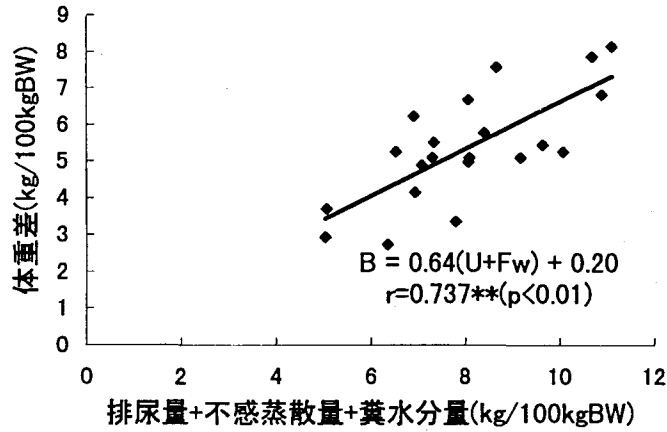
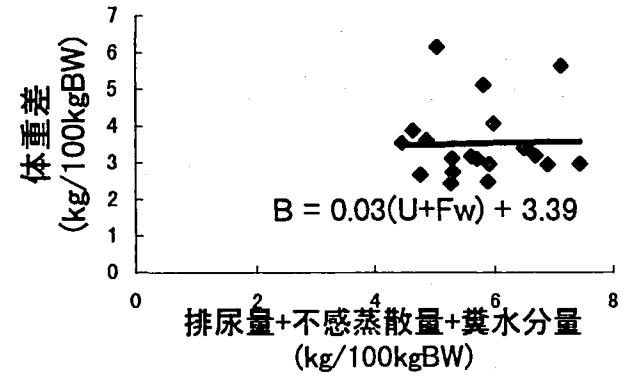


図1-3. 体重差(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と翌日の排尿量+不感蒸散量(kg/100kgBW/日)との関係

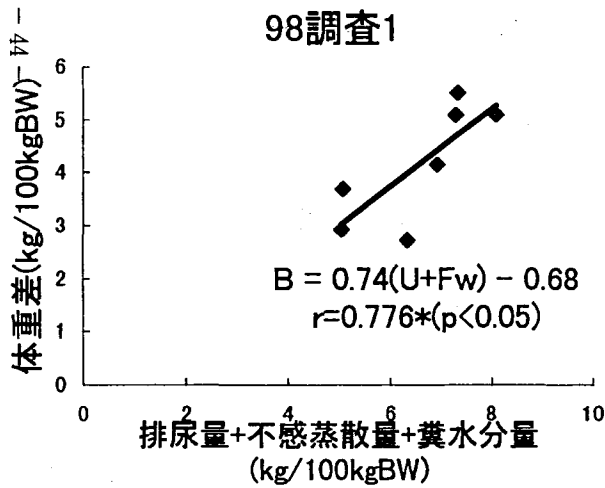
'98調査



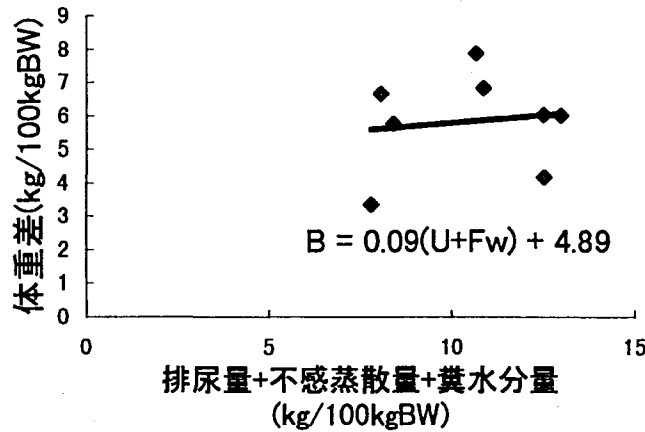
'98調査3



98調査1



'98調査2



'98調査3

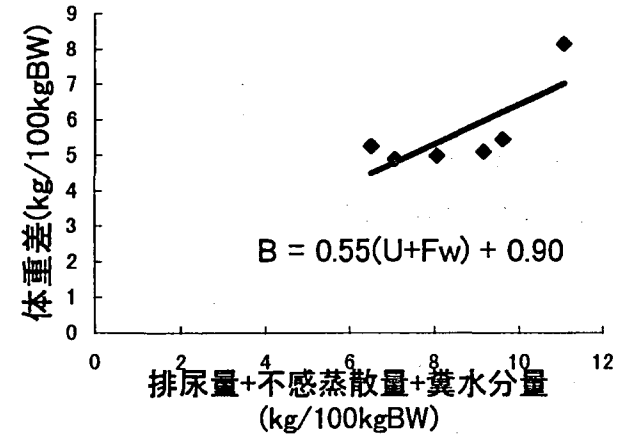


図1-4. 体重差(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と翌日の排尿量+不感蒸散量+糞水分量(kg/100kgBW/日)との関係

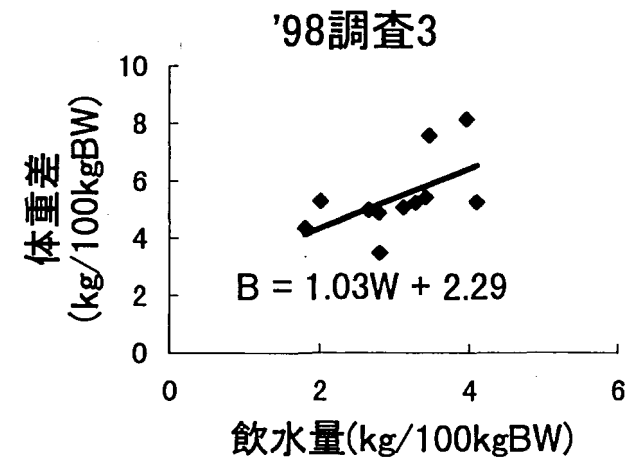
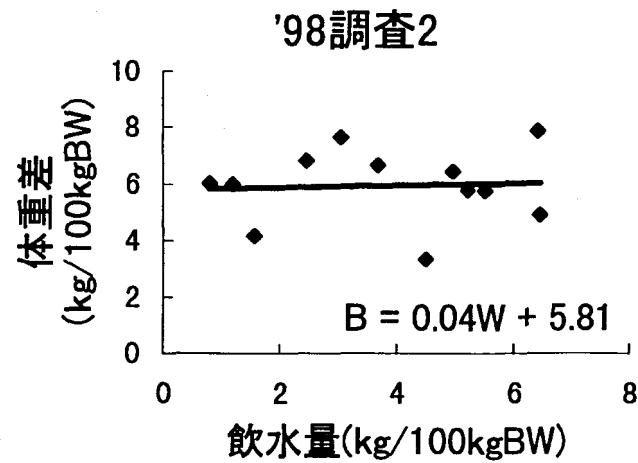
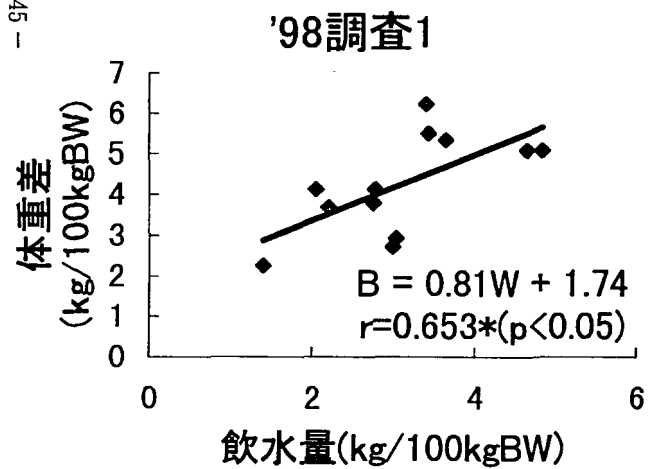
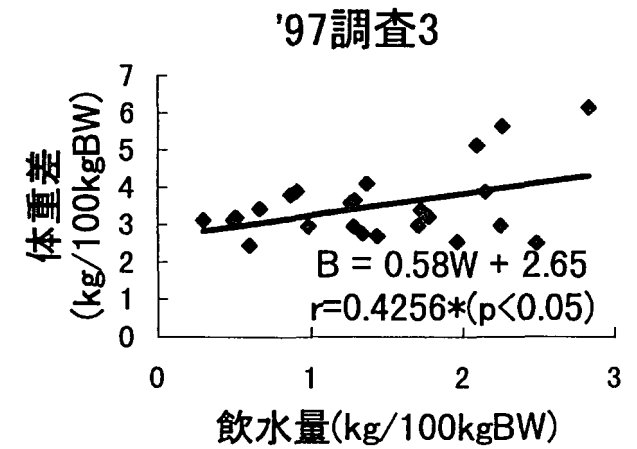
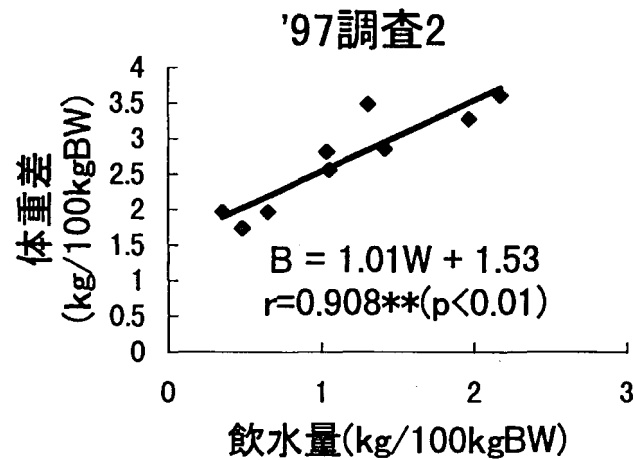
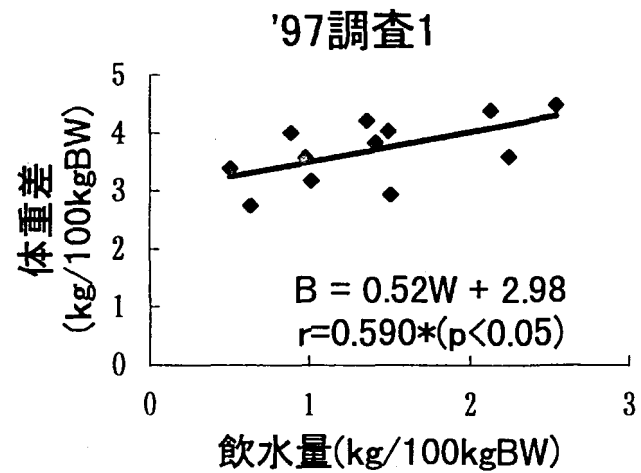


図2-1. 体重差 (kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と飲水量 (kg/100kgBW/日)との関係

'97調査

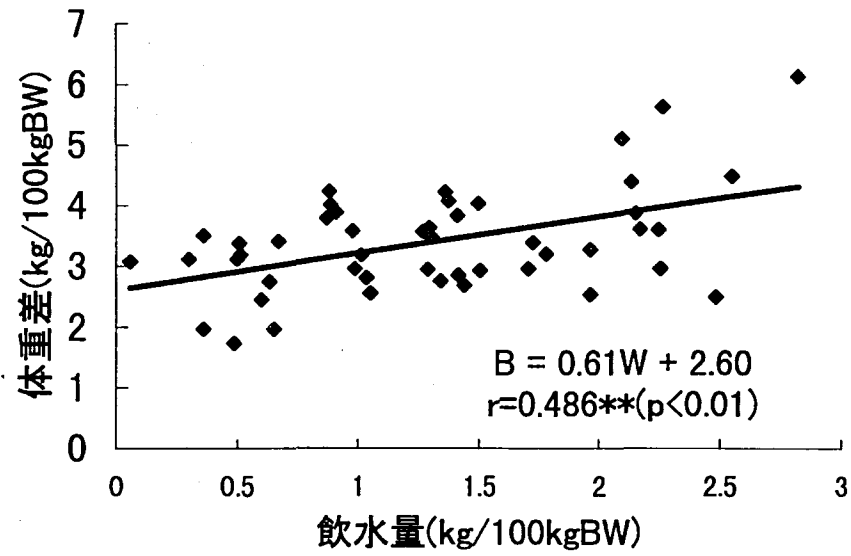


図2-1-1. 体重差(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と飲水量(kg/100kgBW/日)との関係

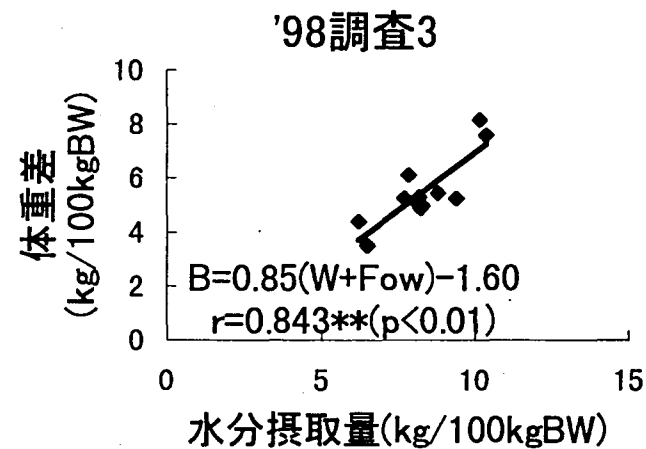
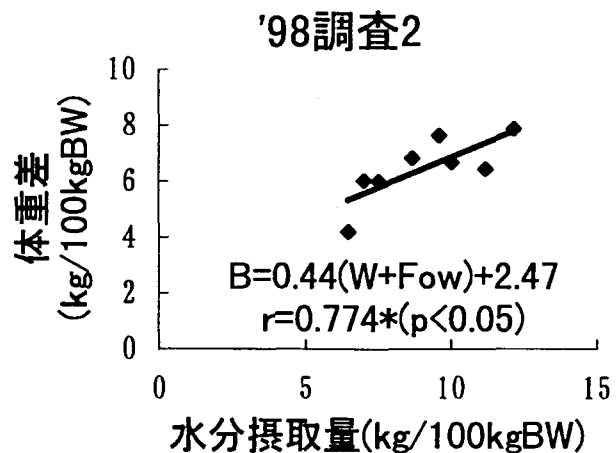
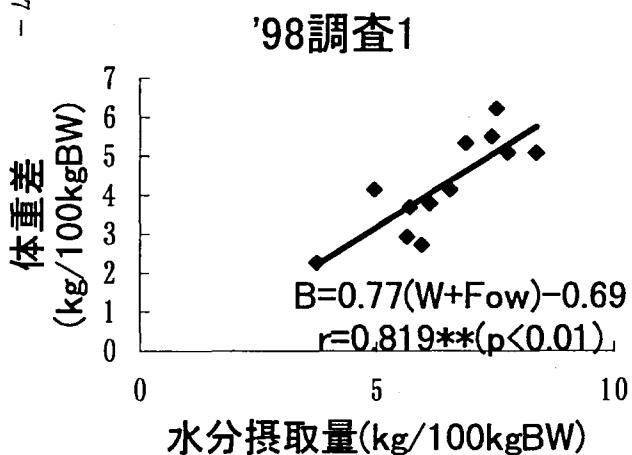
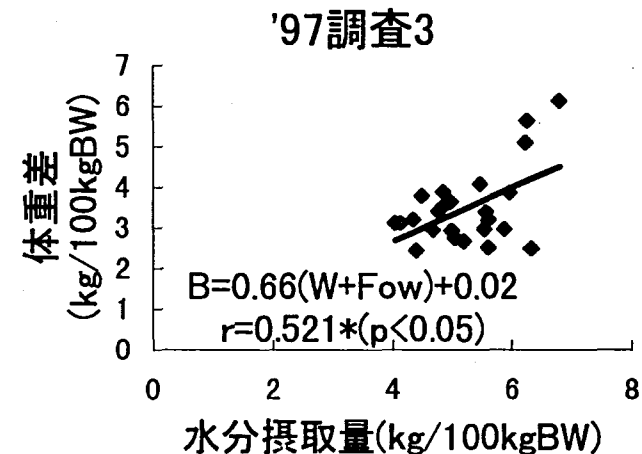
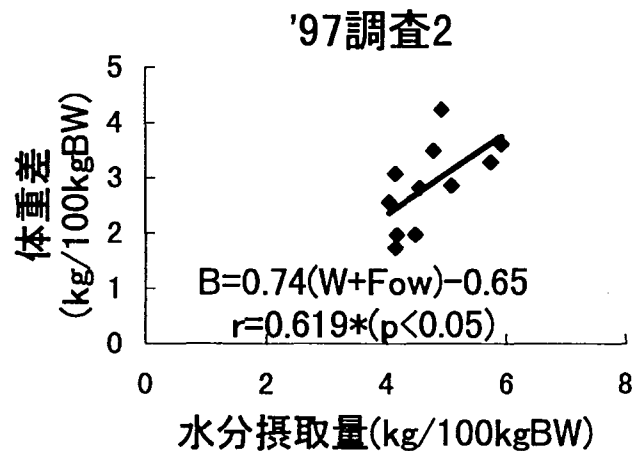
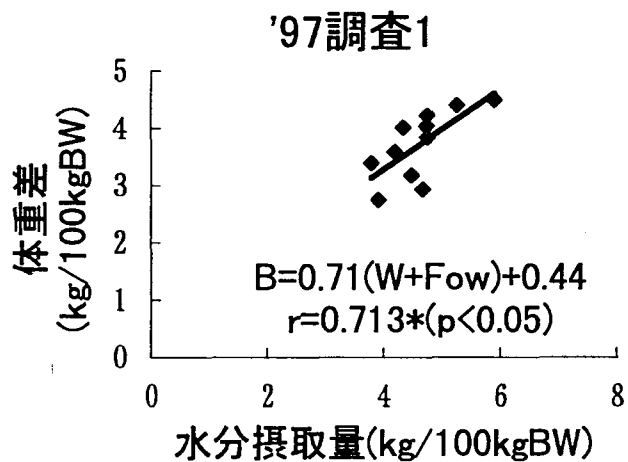


図2-2. 体重差 (kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と水分摂取量 (kg/100kgBW/日)との関係

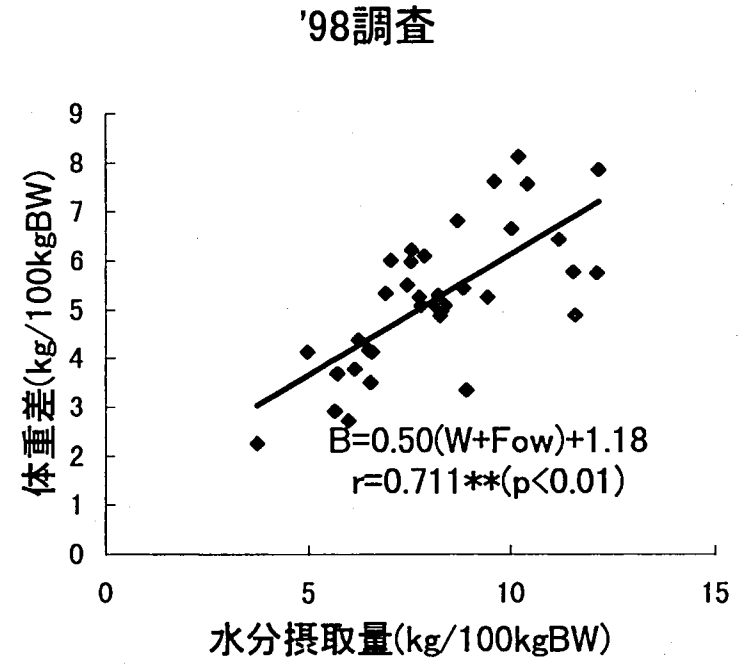
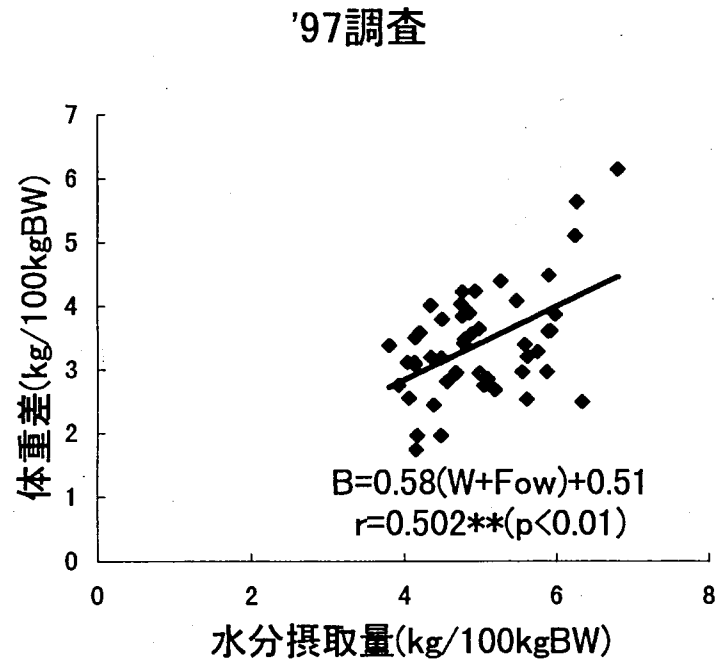


図2-2-1. 体重差(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と水分摂取量(kg/100kgBW/日)との関係

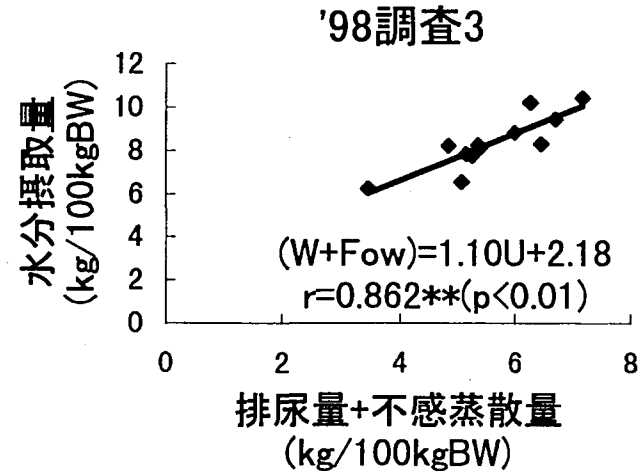
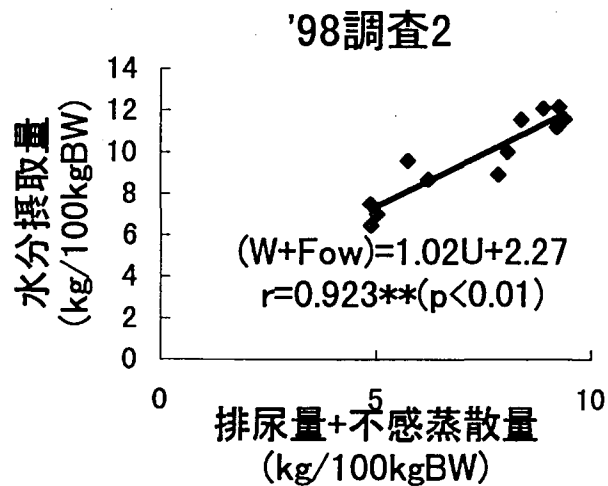
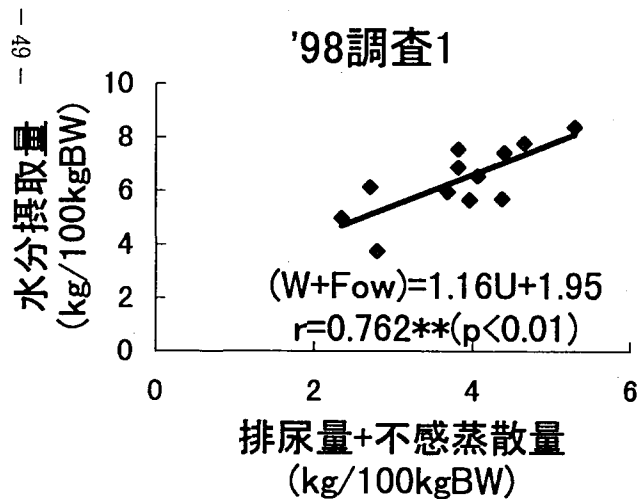
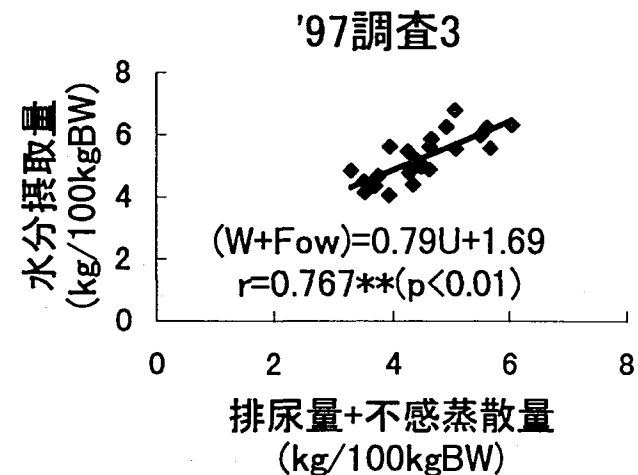
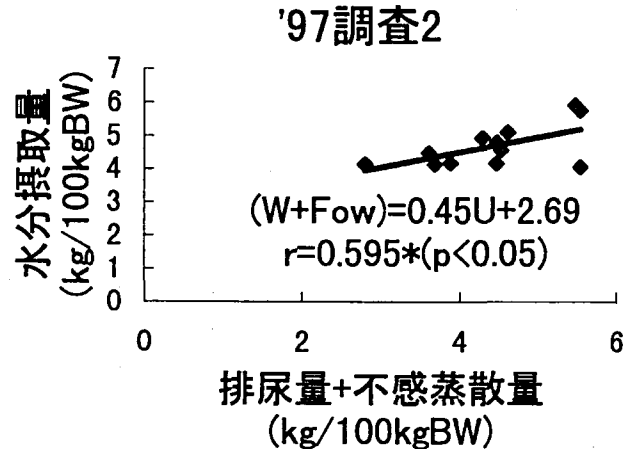
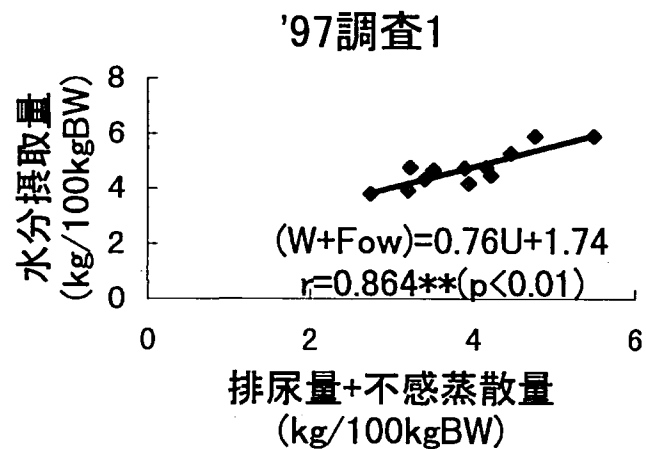


図2-3. 水分摂取量(kg/100kgBW/日)と排尿量+不感蒸散量(kg/100kgBW/日)との関係

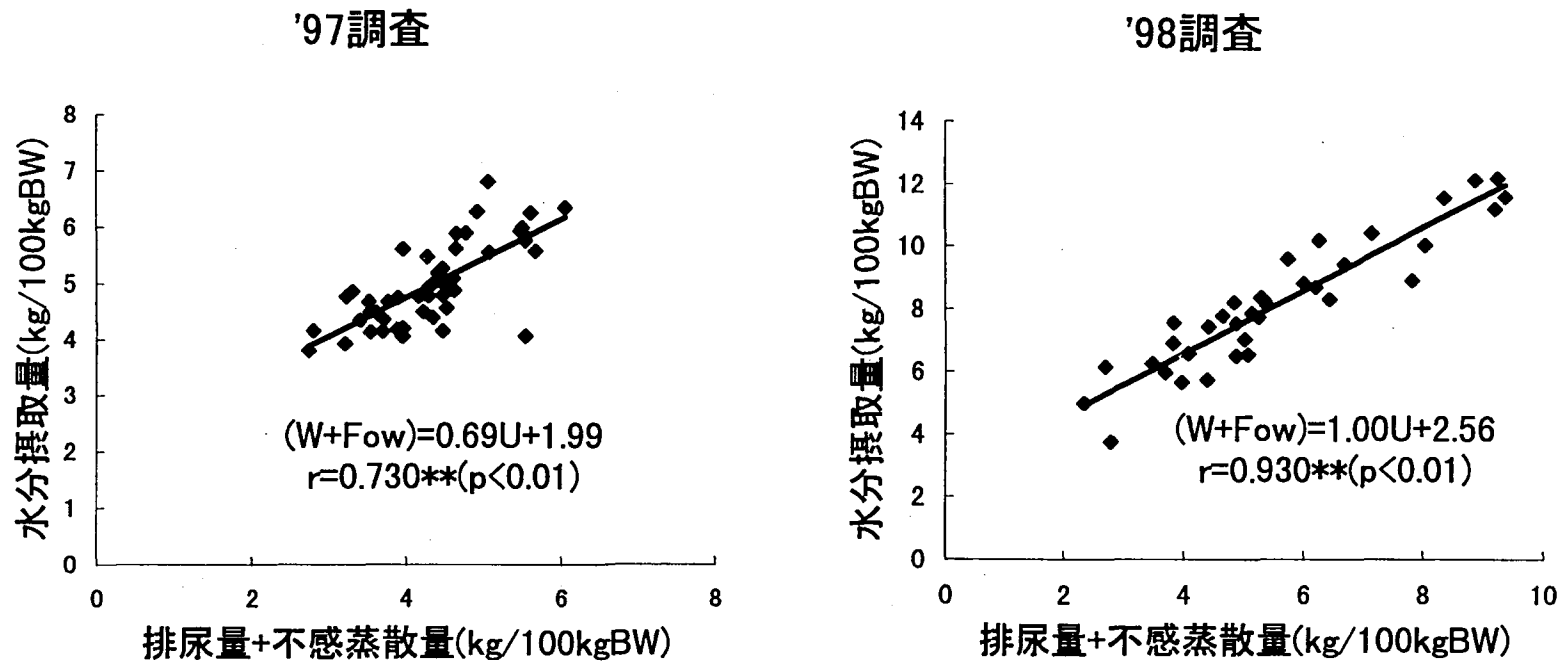
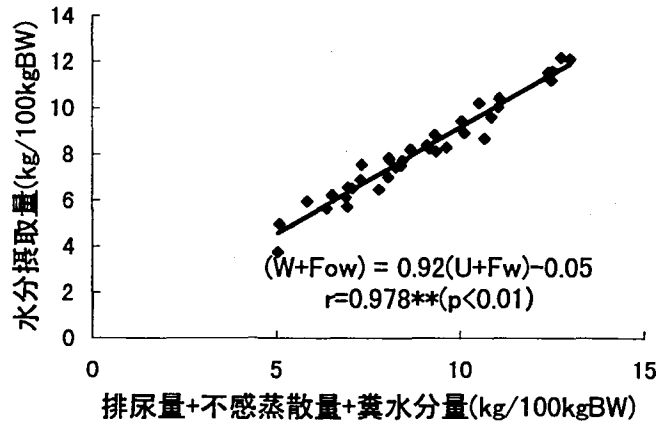


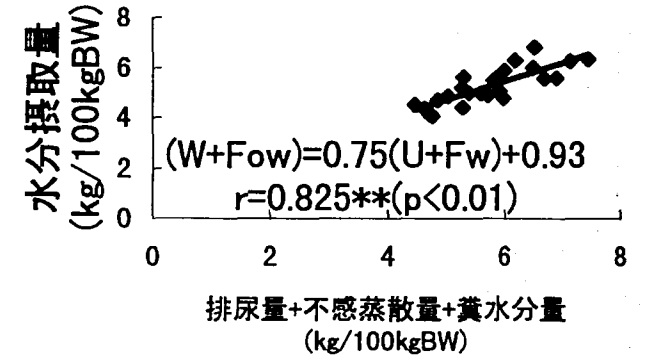
図2-3-1. 水分摂取量(kg/100kgBW/日)と排尿量+不感蒸散量(kg/100kgBW/日)との関係



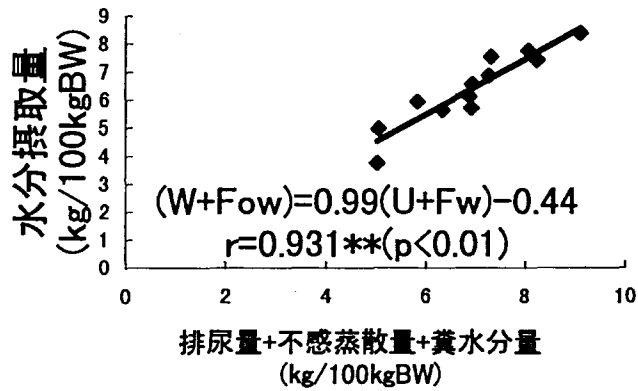
'98調査



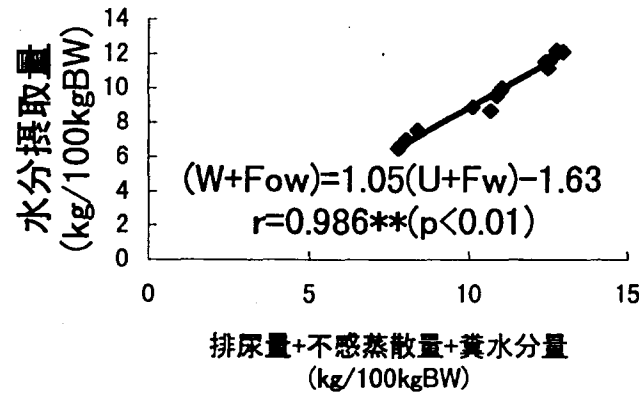
'97調査3



'98調査1



'98調査2



'98調査3

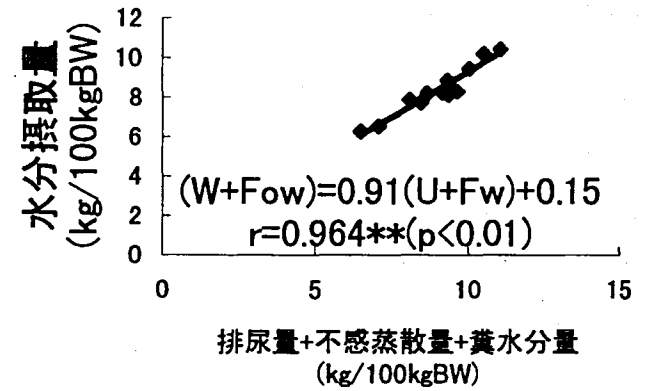
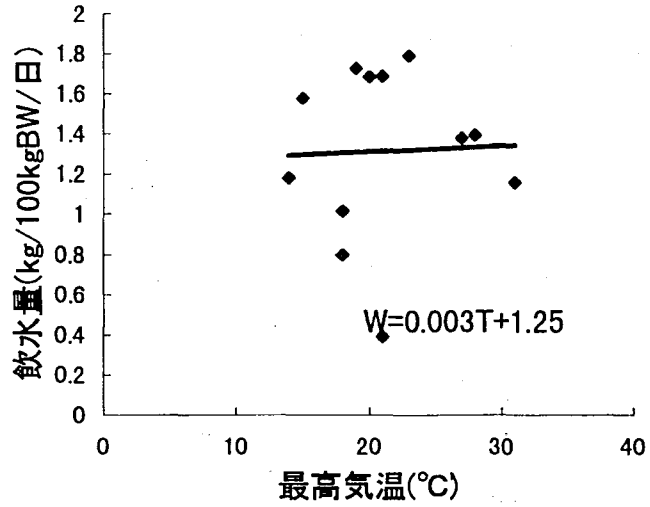


図2-4. 水分摂取量(kg/100kgBW/日)と排尿量+不感蒸散量+糞水分量(kg/100kgBW/日)との関係

'97調査



'98調査

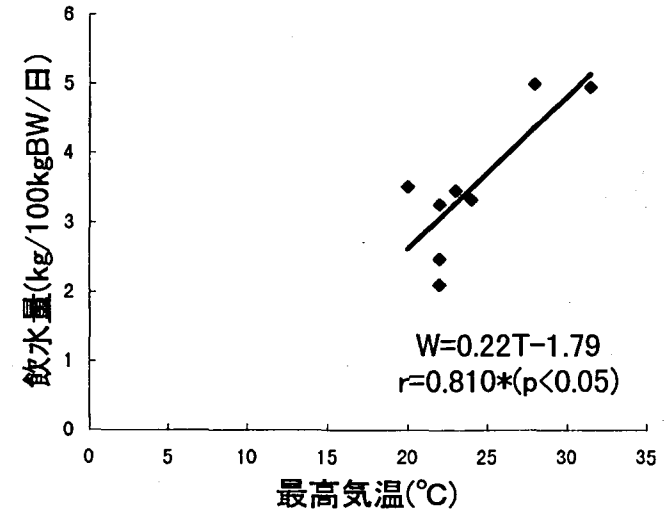
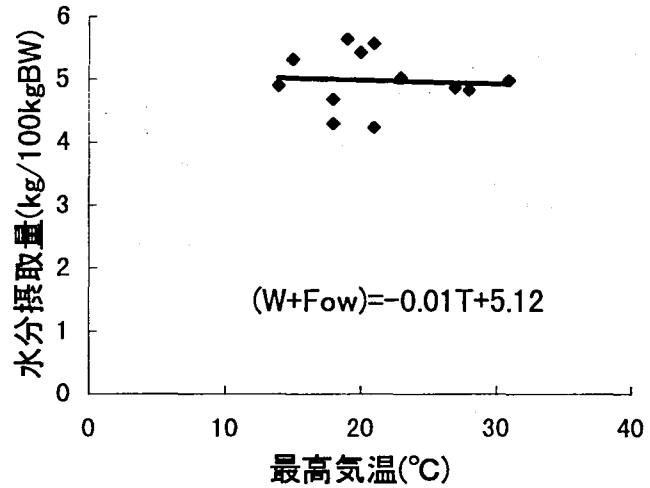


図3-1. 飲水量(kg/100kgBW/日)と最高気温(°C)との関係

'97調査



'98調査

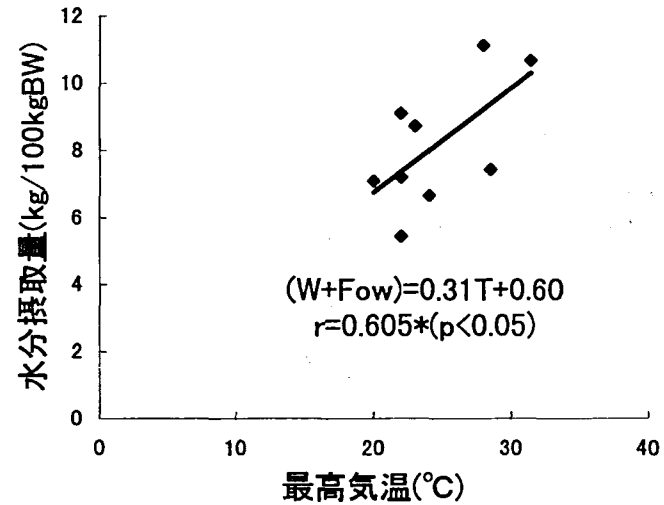


図3-2. 水分摂取量(kg/100kgBW/日)と最高気温(°C)との関係

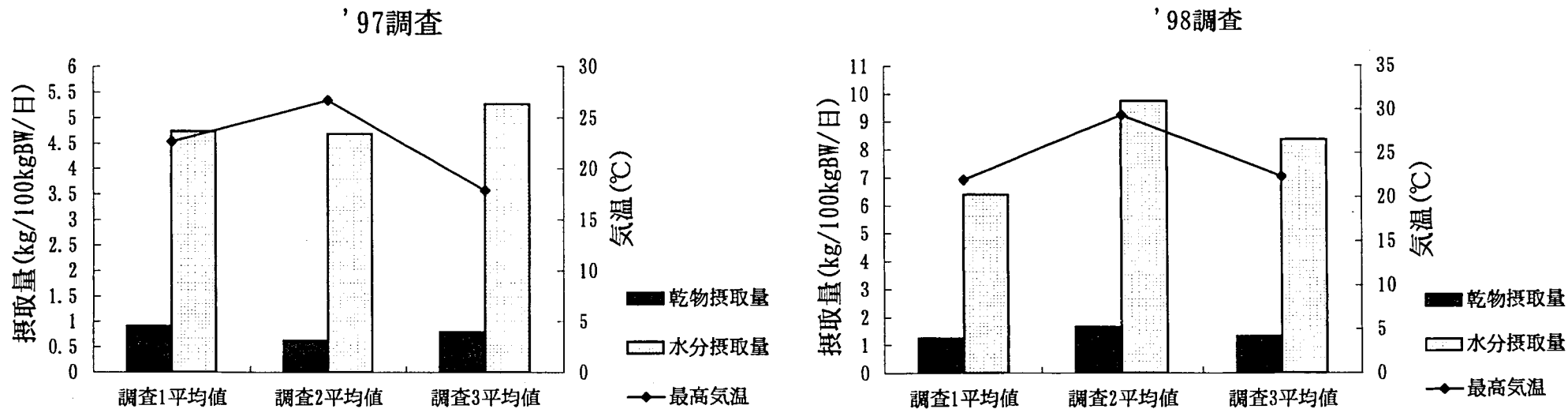


図3-2-1. 調査別の最高気温(°C)と乾物摂取量(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)及び水分摂取量(kg/100kgBW/日)の平均値

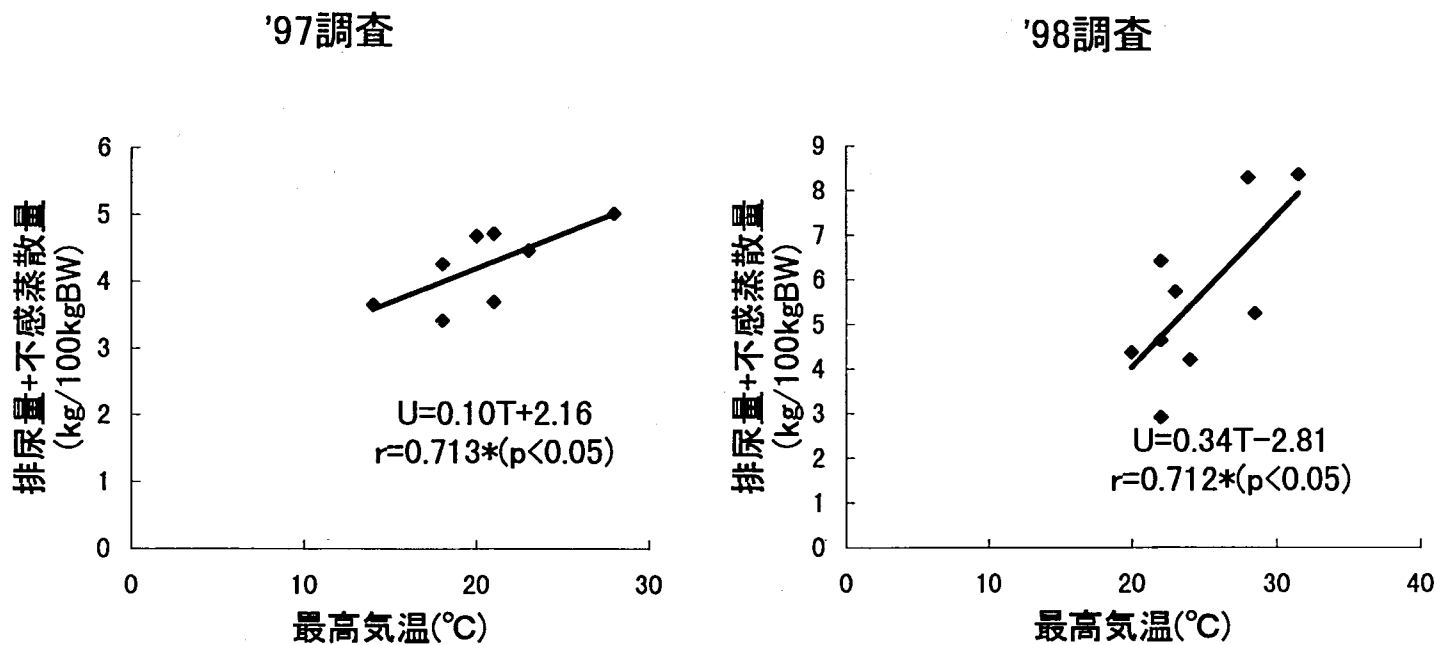


図3-3. 排尿量+不感蒸散量(kg/100kgBW/日)と最高気温(°C)との関係

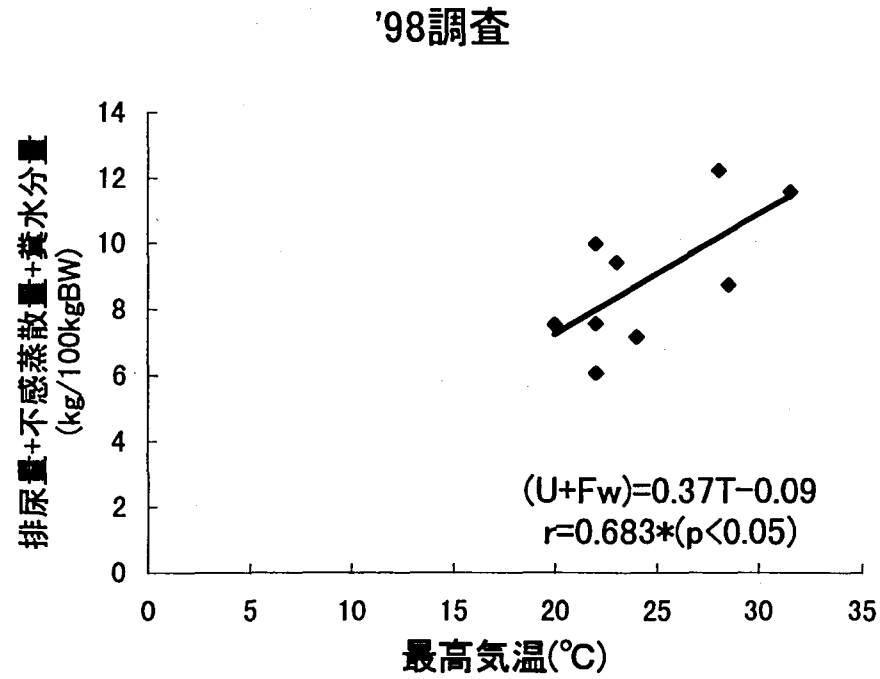


図3-4. 排尿量+不感蒸散量+糞水分量(kg/100kgBW/日)と最高気温(°C)との関係

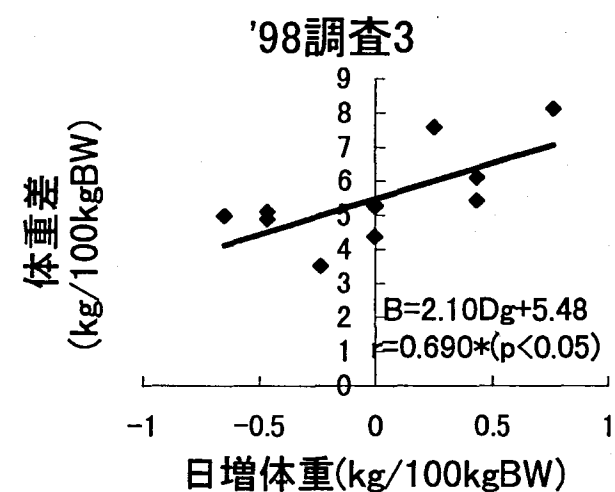
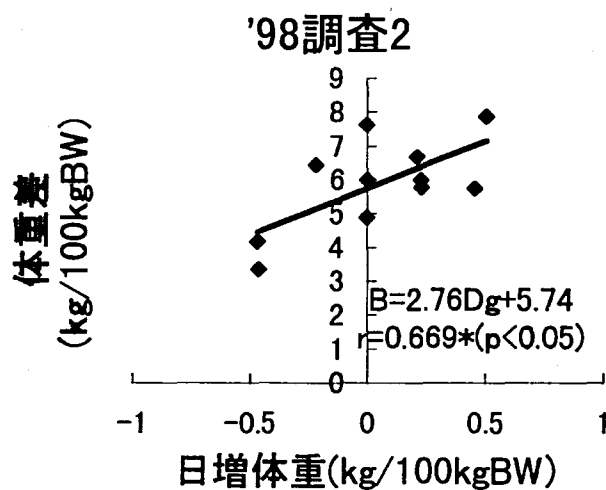
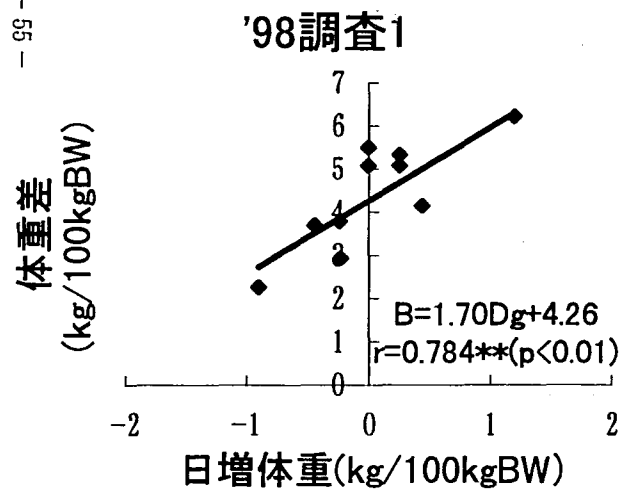
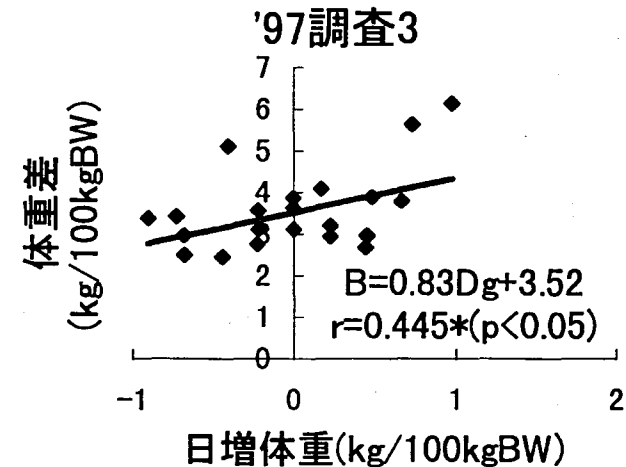
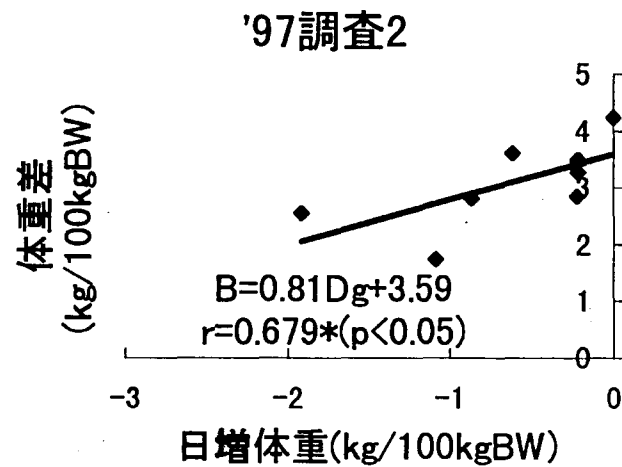
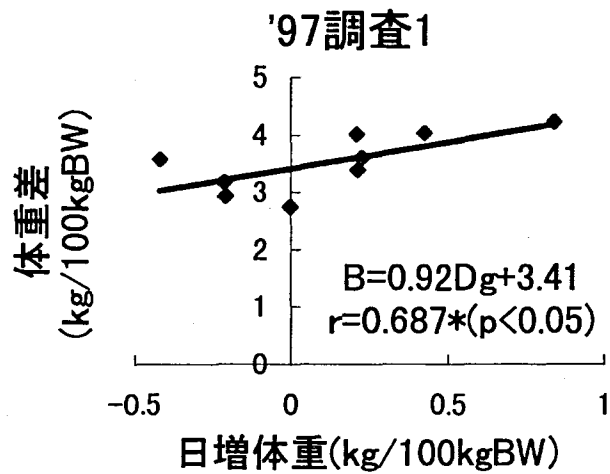


図4. 体重差(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と日増体重(kg/100kgBW)との関係

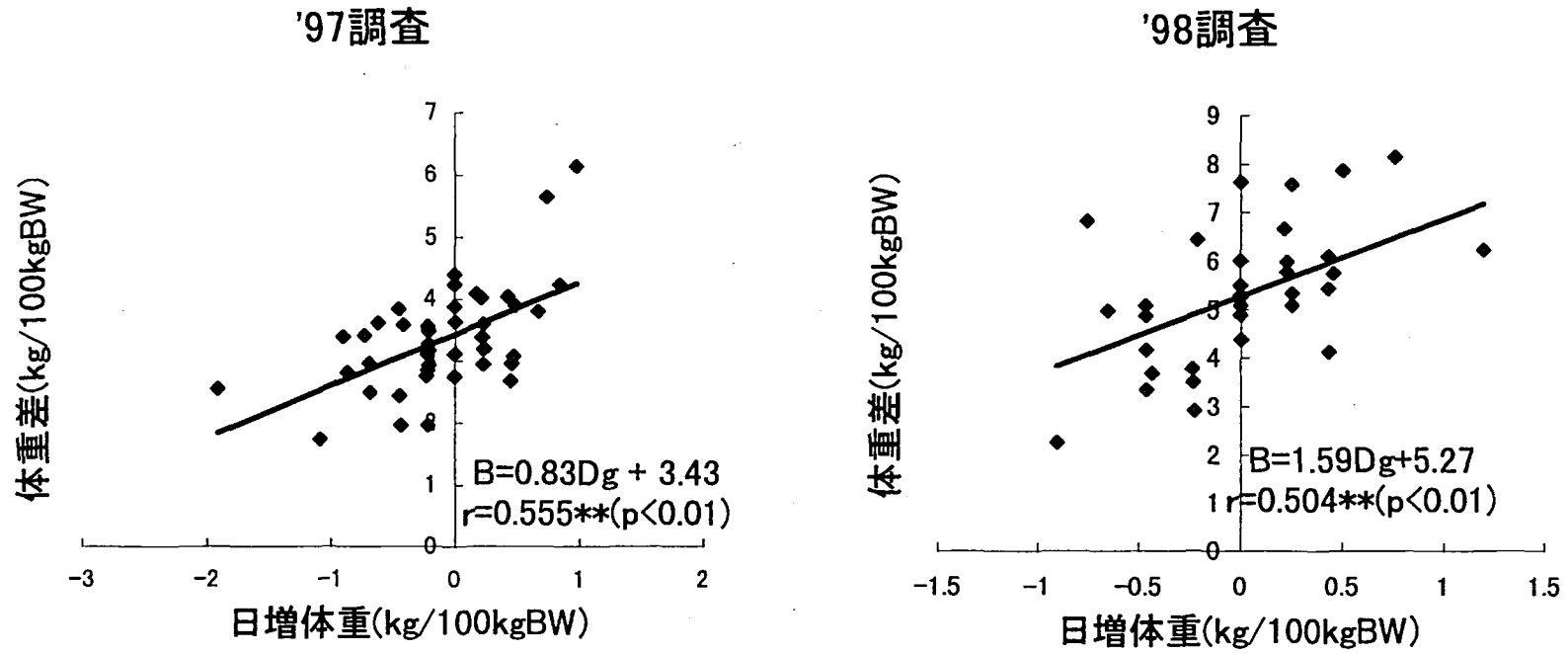


図4-1. 体重差(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と日増体重(kg/100kgBW)との関係

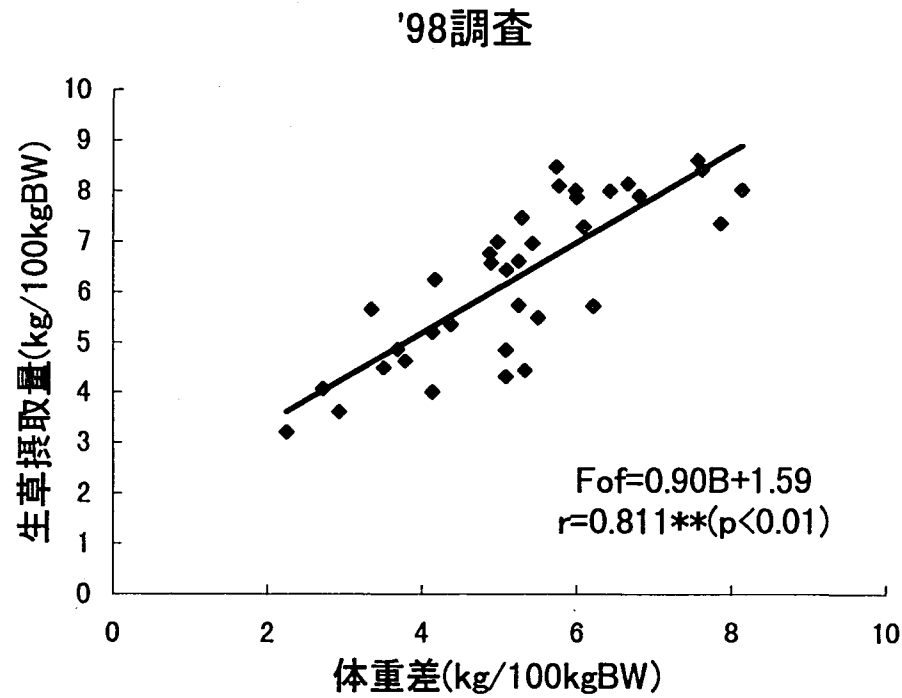
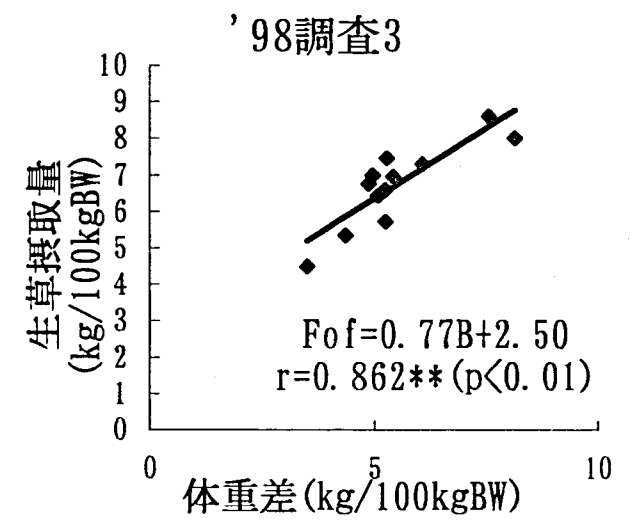
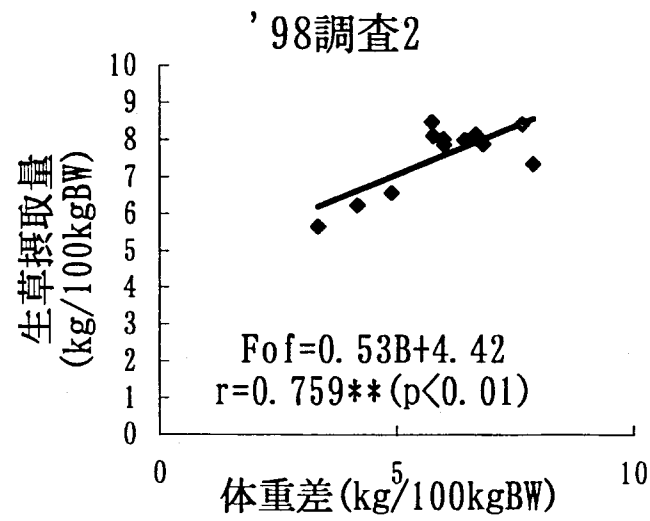
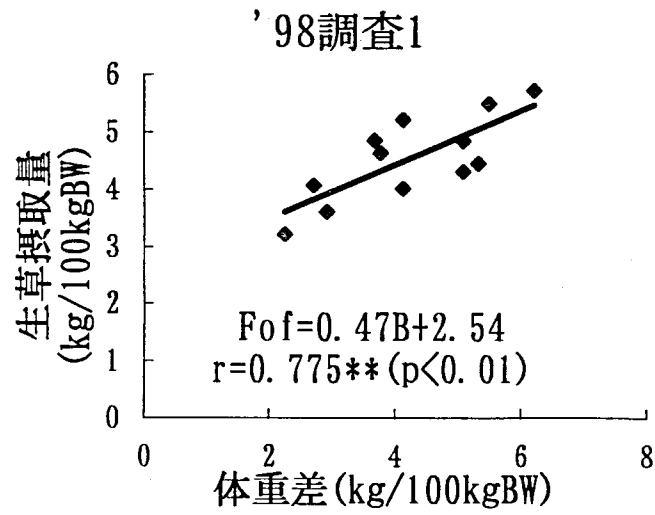


図5-1. 生草摂取量と体重差(いずれもkg/100kgBW/am10:00からpm3:00)との関係

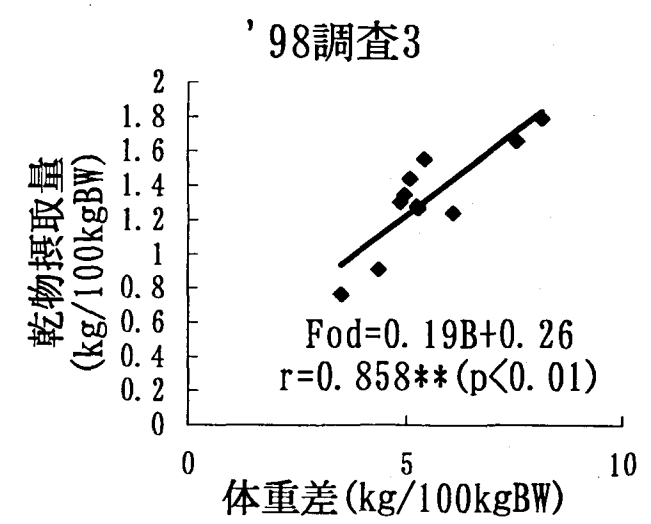
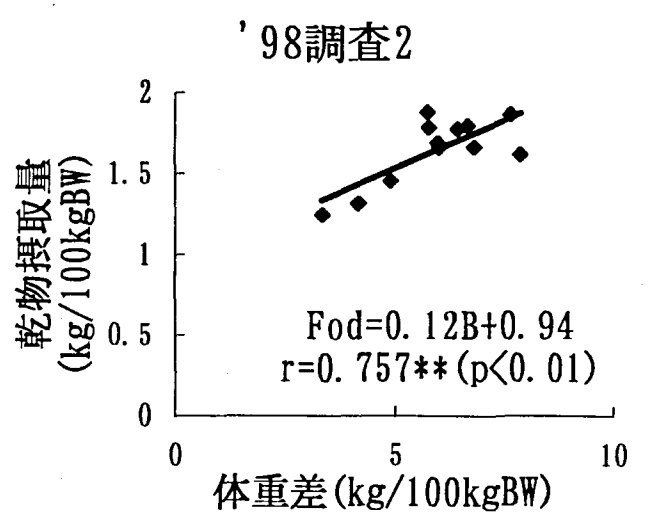
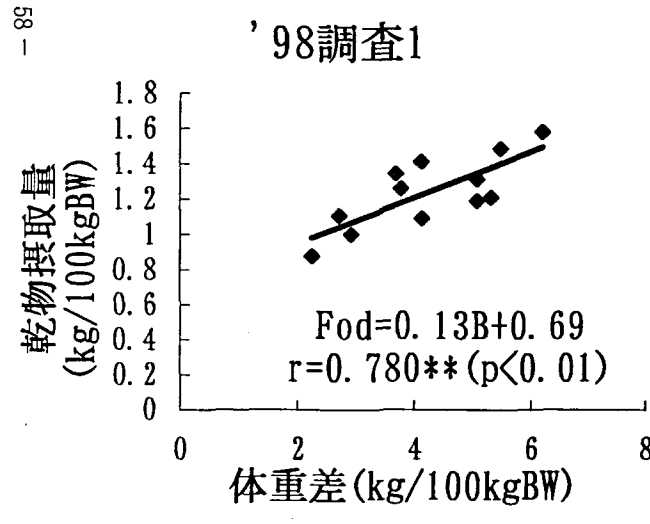
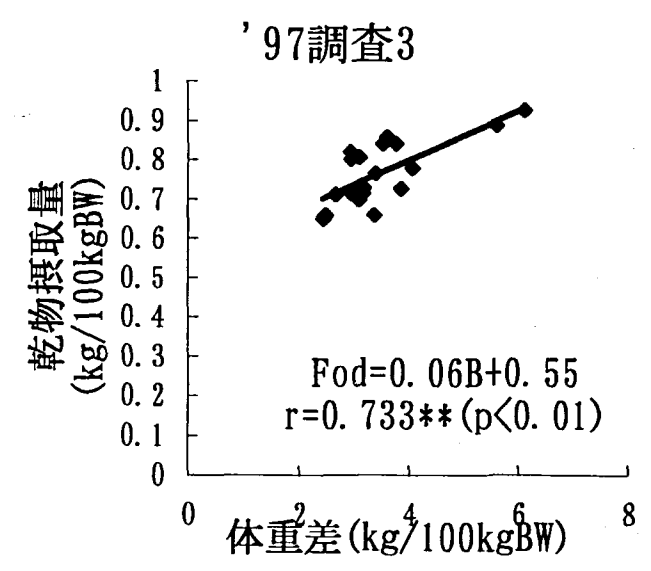
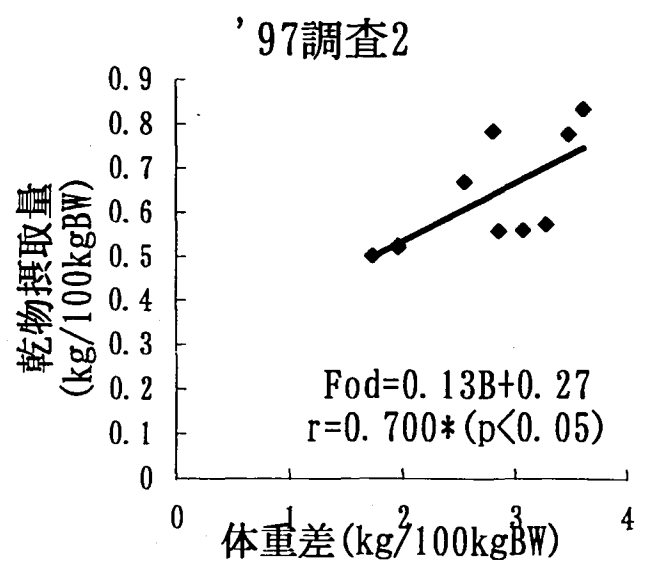
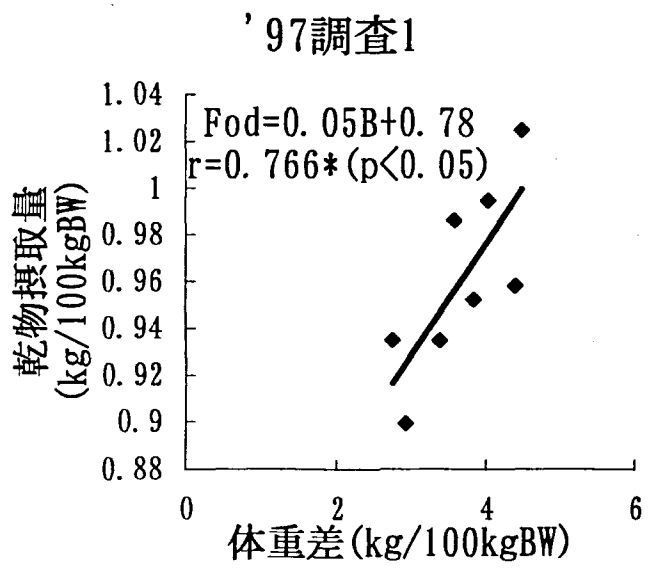


図5-2. 乾物摂取量と体重差(いずれもkg/100kgBW/am10:00からpm3:00)との関係



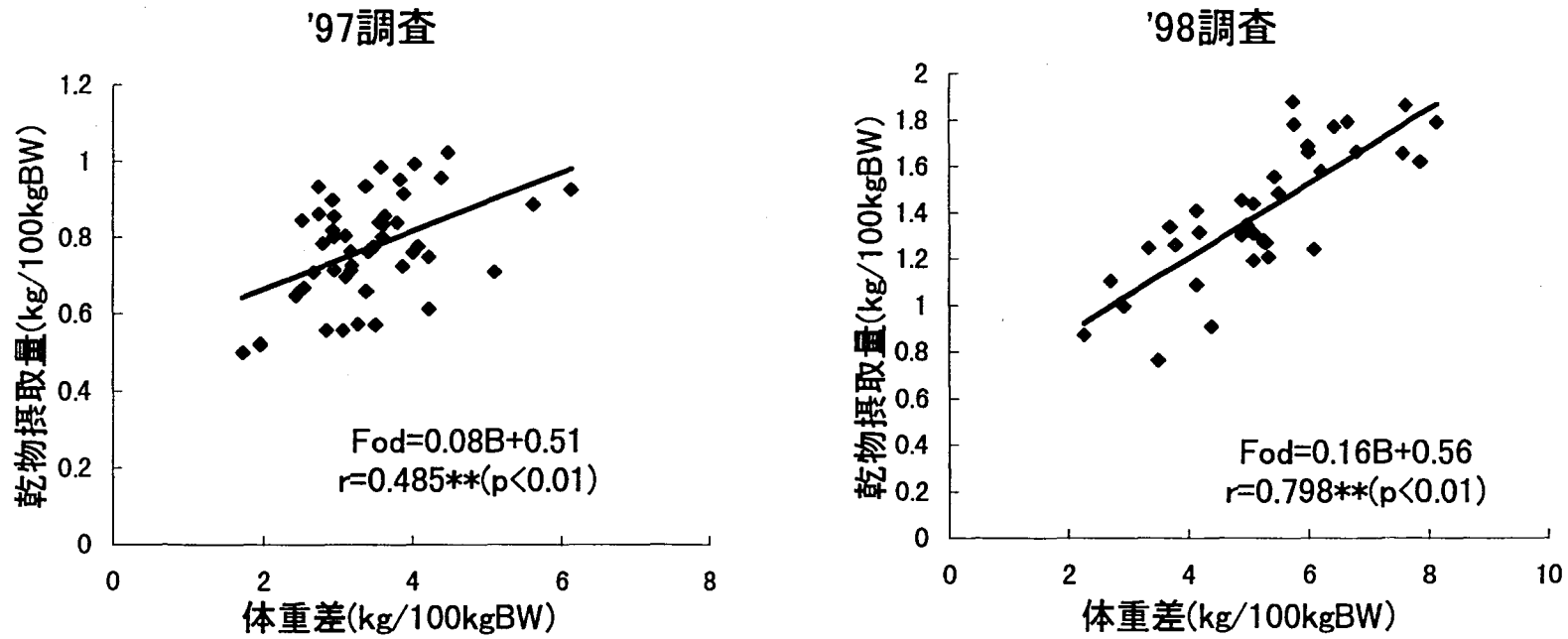


図5-2-1. 乾物摂取量と体重差(いずれもkg/100kgBW/am10:00からpm3:00)との関係

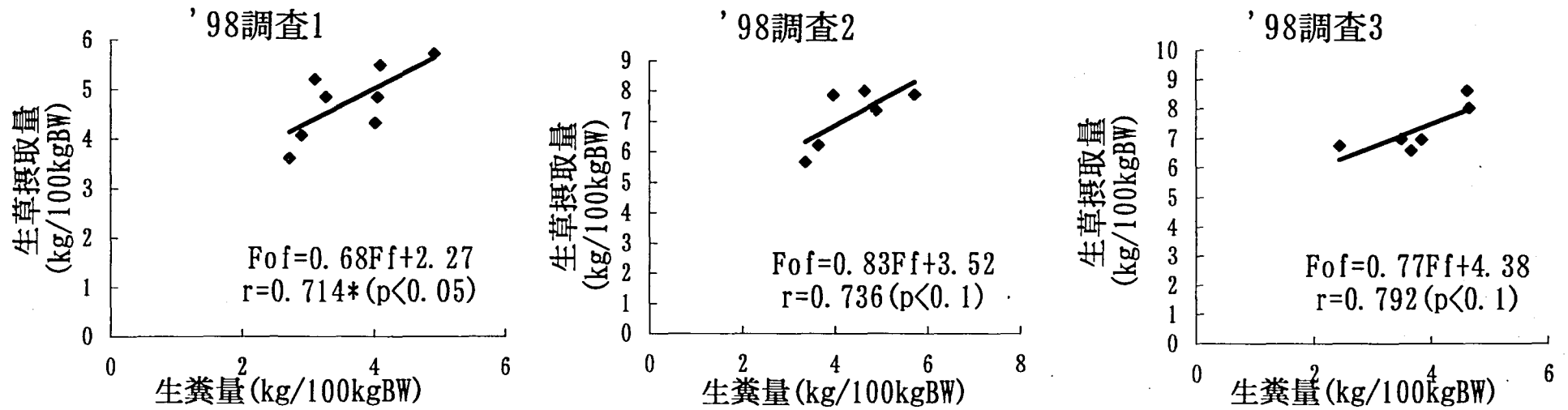


図5-3. 生草摂取量(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と生糞量(kg/100kgBW/日)との関係

### '98調査

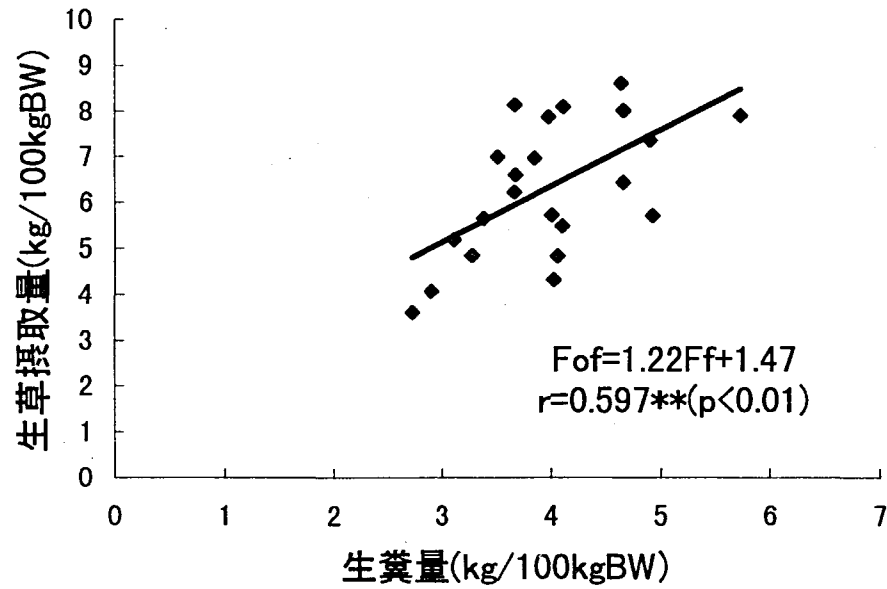
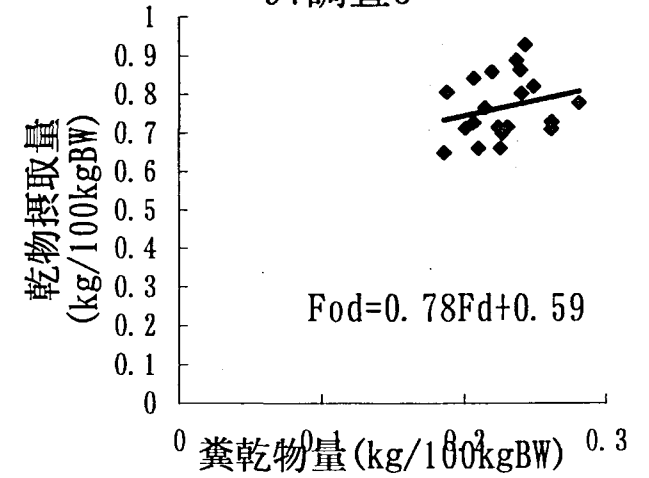
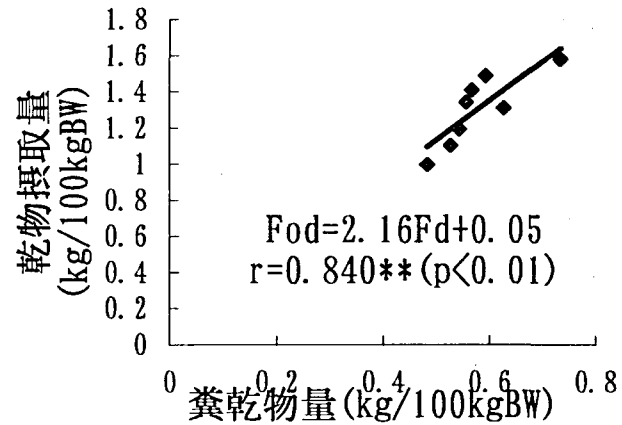


図5-3-1. 生草摂取量(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と生糞量(kg/100kgBW/日)との関係

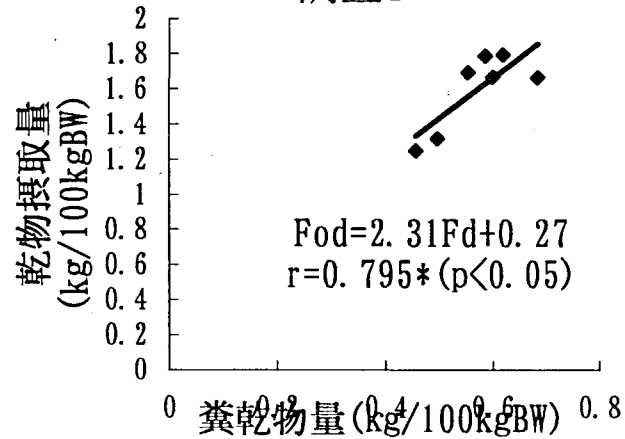
### '97調査3



### '98調査1



### '98調査2



### '98調査3

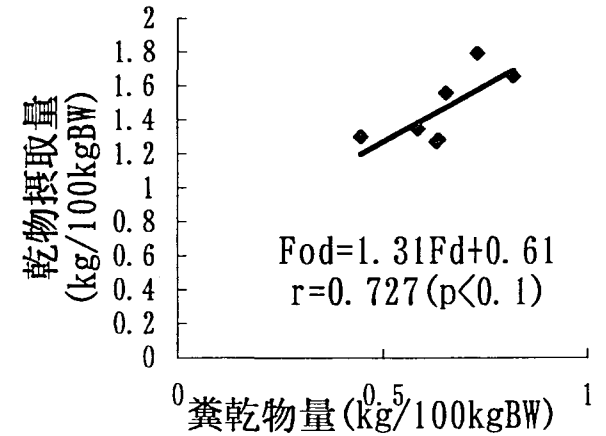


図5-4. 乾物摂取量(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と糞乾物量(kg/100kgBW/日)との関係

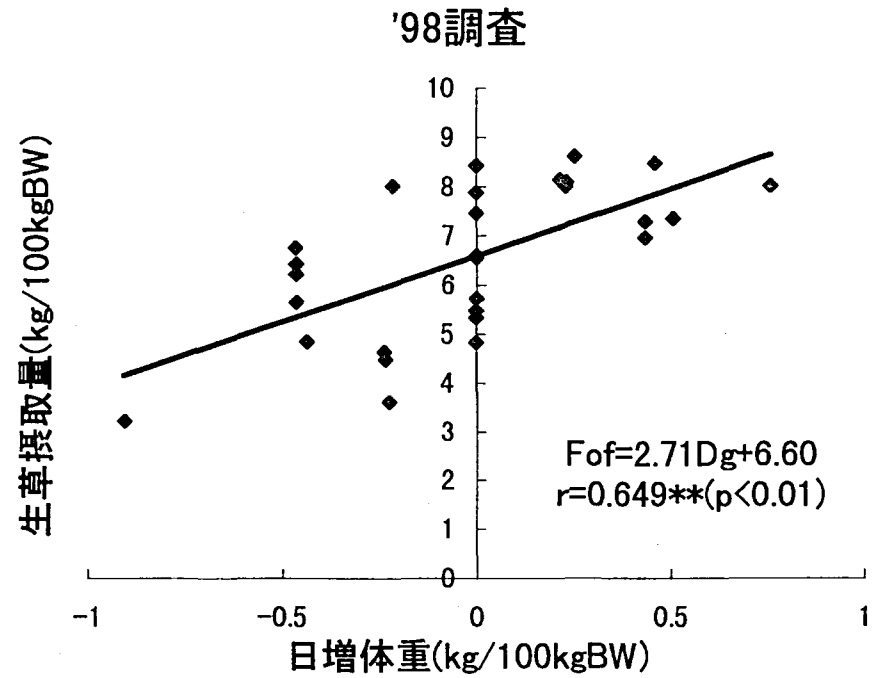
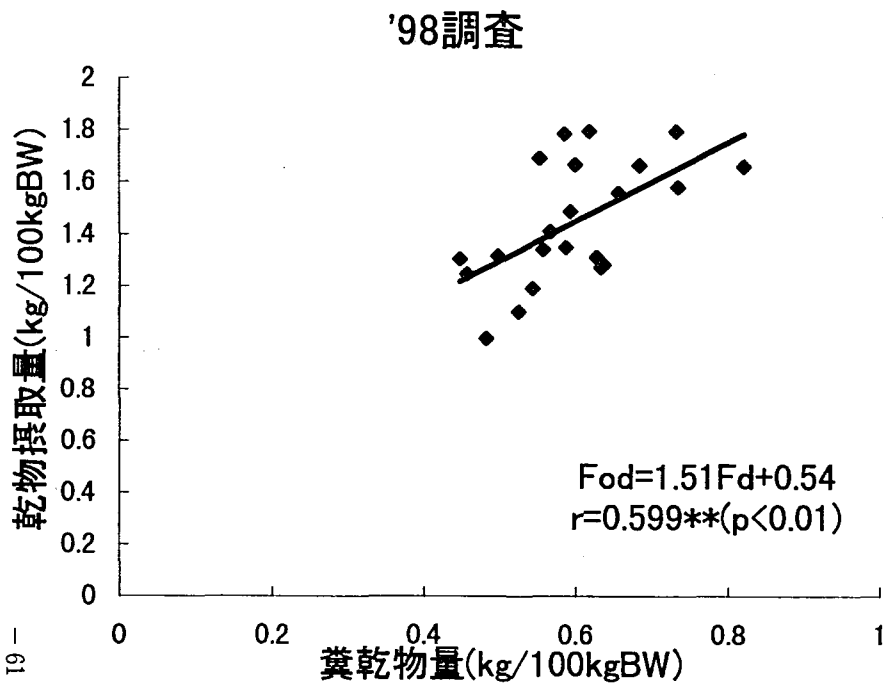


図5-4-1. 乾物摂取量(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と糞乾物量(kg/100kgBW/日)との関係

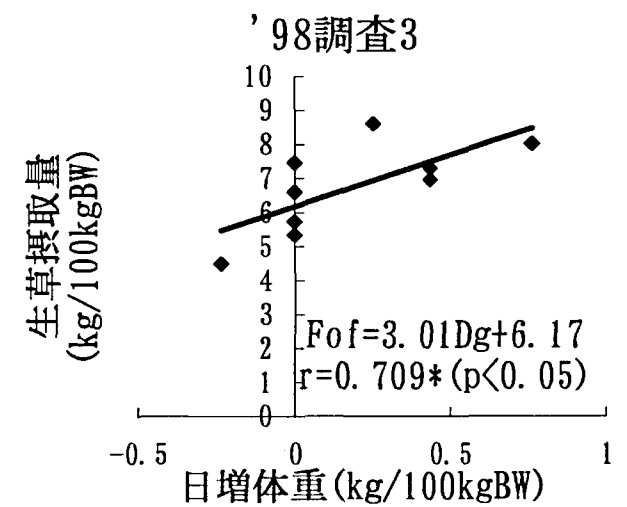
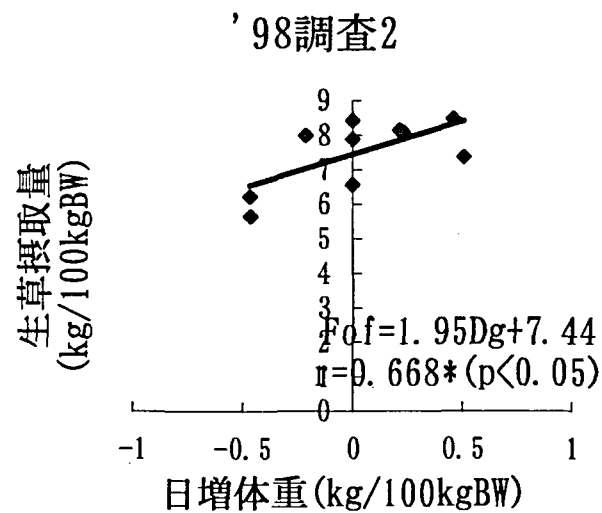
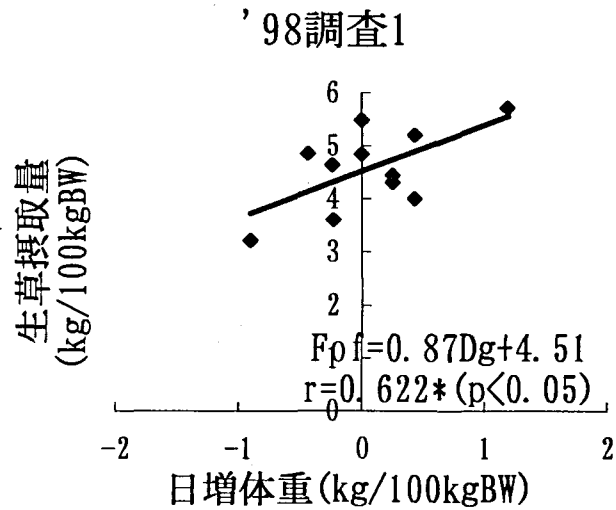


図5-5. 体重100kgあたりの生草摂取量(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と日増体重(kg/100kgBW)との関係

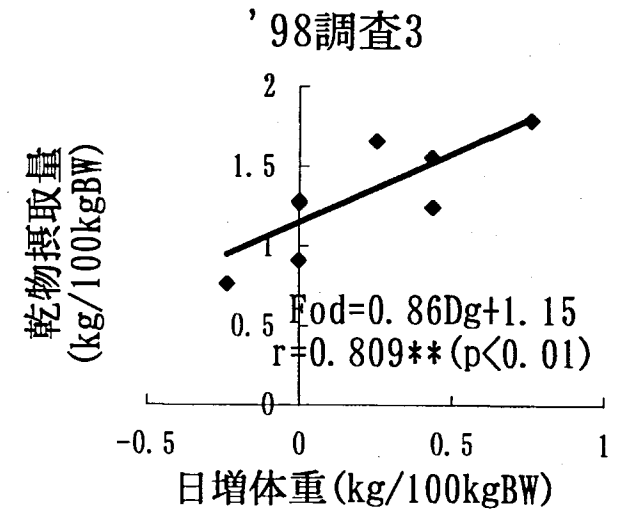
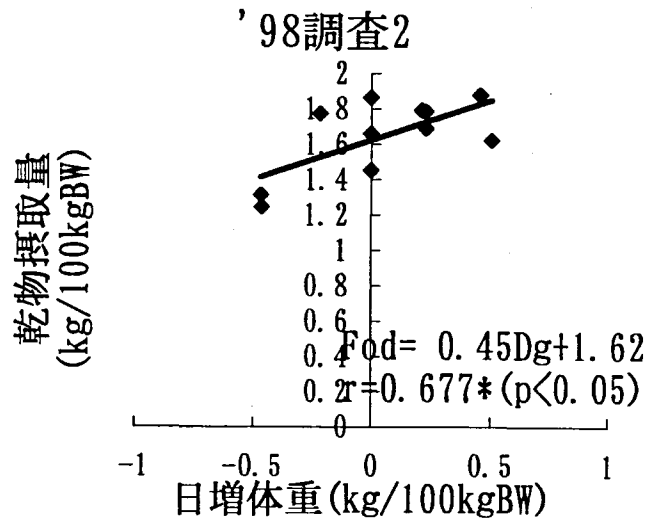
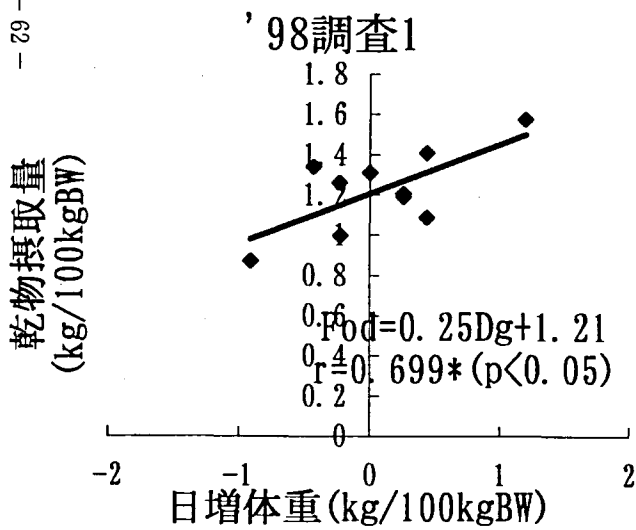
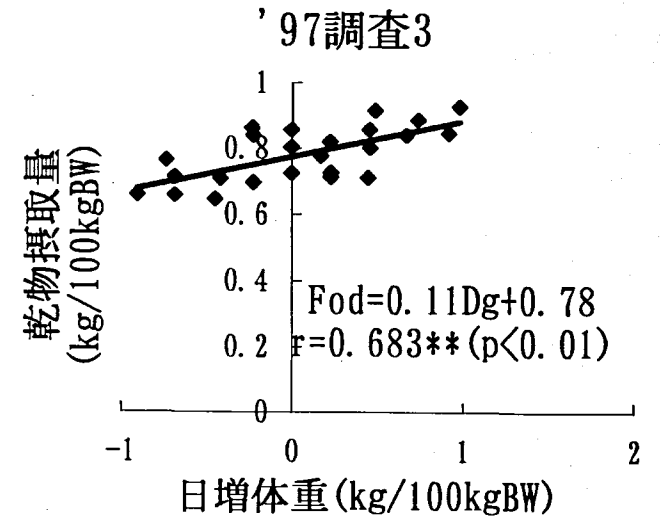
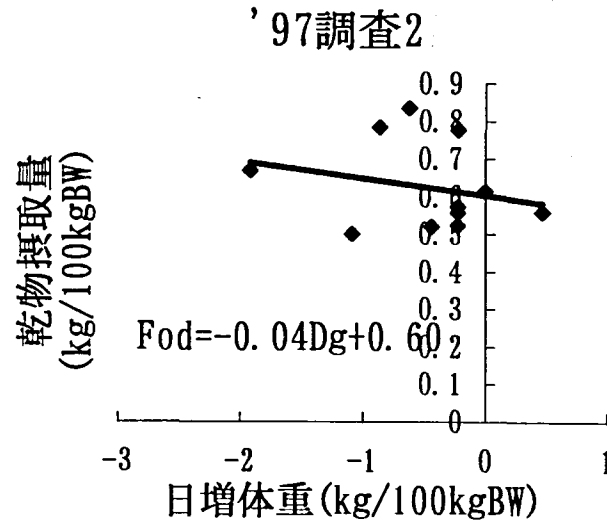
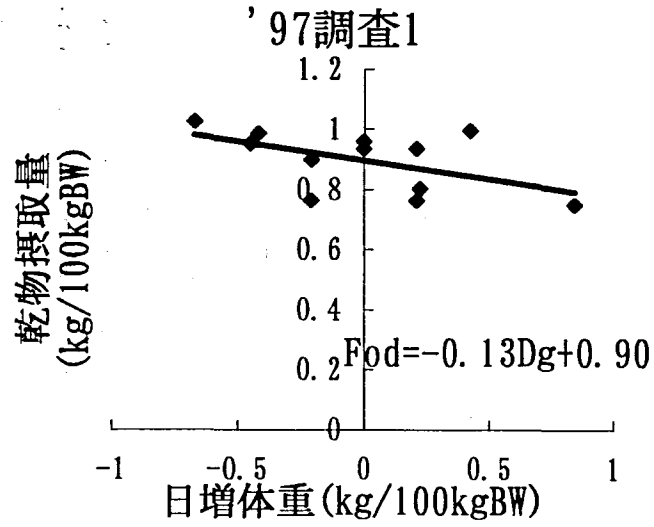


図5-6. 乾物摂取量 (kg/100kgBW/am10:00からpm3:00) と日増体重 (kg/100kgBW) との関係

# '98調査

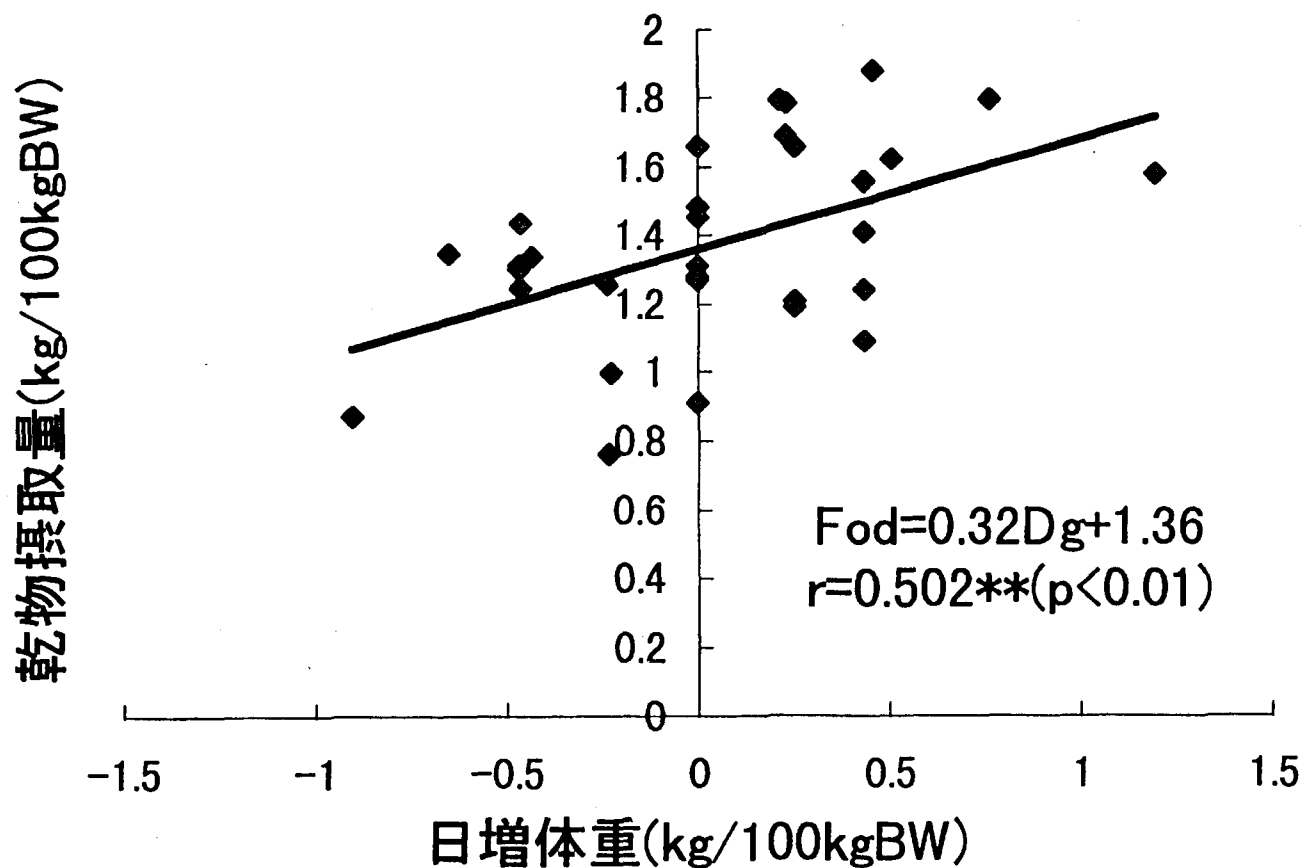


図5-6-1. 乾物摂取量(kg/100kgBW/am10:00からpm3:00)と日増体重(kg/100kgBW)との関係

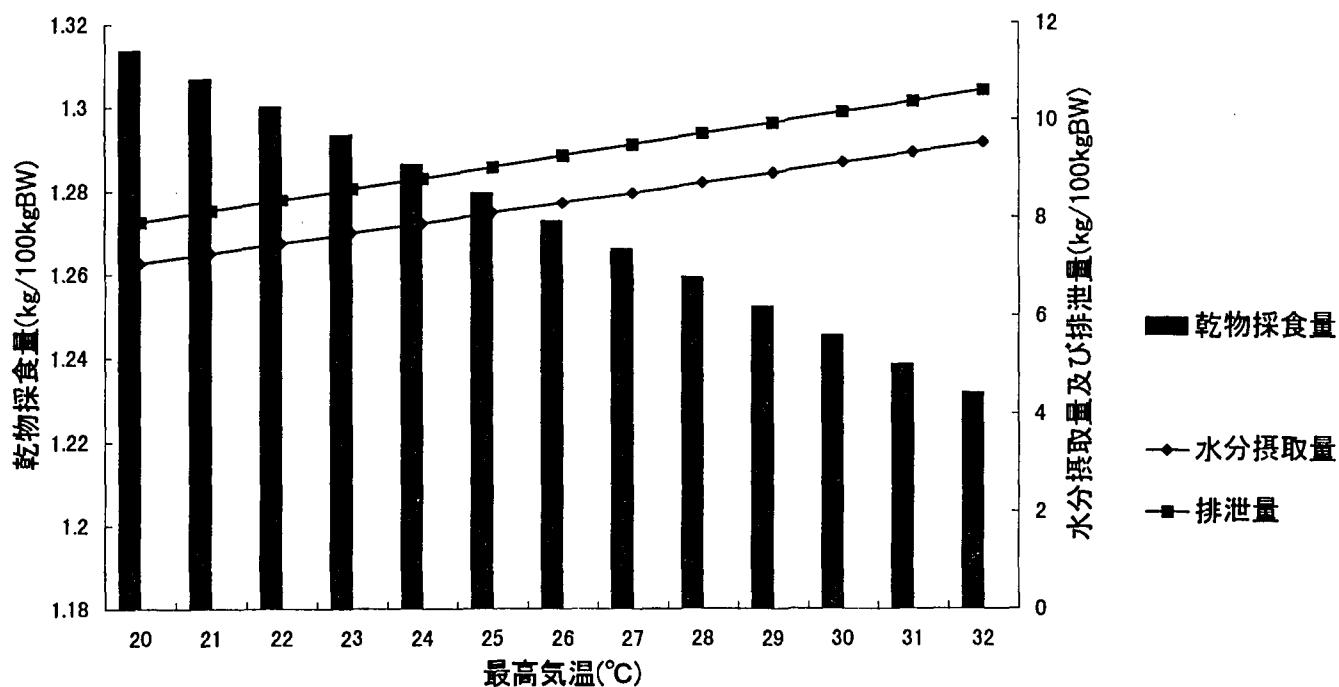


図6. 体重差5kg(採食前後)での乾物摂取量と水分摂取量(1日)及び排泄量(1日)の推移(いずれもkg/100kgBW)