

近赤外分光光度計（NIRS）によるリサイクル飼料の一般成分の分析精度

1. 目的

平成 14 年度に報告した近赤外分光光度計（NIRS）によるリサイクル飼料の一般成分に関する検量線¹⁾についての分析精度を検定し、リサイクル飼料の迅速かつ簡易な分析法を開発する。

2. 試験担当者および試験実施期間

1) 試験担当者

青木 健、花積三千人、米持千里

2) 試験期間

平成 15 年 7 月 1 日～平成 16 年 2 月 13 日

3. 材料および方法

1) 分析用試料

表 1 に示したとおり、平成 15 年 1 月～9 月に収集した発酵乾燥方式により製造されたりサイクル飼料 28 点と、乾熱乾燥方式により製造されたりサイクル飼料 7 点の計 35 試料を供試した。

各試料は、篩分(試験用ふるい: JIS Z 8801、呼び寸法 1mm、枠の直径 200mm、深さ 55mm)し、ふるい上に残った部分については薬研で磨砕したのち、ふるいを通した部分と良く混合して分析用試料とした。

表 1 分析用試料の処理方法別点数

処理方法	提供業者数	試料数
発酵乾燥	6	28
乾熱乾燥	6	7
計	12	35

2) 化学分析

各分析用試料について、飼料分析基準²⁾の方法により水分、粗蛋白質(CP)、粗脂肪(EE)、粗繊維、可溶無窒素物(NFE)および粗灰分を分析した。

3) NIRS による各成分の推定

平成 14 年度に報告したりサイクル飼料の一般成分に関する検量線¹⁾を用い

て、NIRS (NIRS 6500 型、NIRS systems 社) により各分析用試料の水分、CP、EE、NFE、粗繊維および粗灰分含量を推定し、化学分析値との精度検定を行った。なお、解析には近赤外スペクトル解析ソフト NSAS (NIRS systems 社) を用い、分析精度検定の指標としては相関係数 (r)、SEP (Standard Error of Prediction: 未知試料の化学分析値と近赤外推定値との残差の標準誤差) および Williams による RPD³ { Ratio of standard deviation of reference data in prediction sample set to SEP (SD/SEP) } を用いた。

4. 結果および考察

1) 分析用試料の化学分析値

分析用試料の化学分析値を表 2 に示した。

今年度収集した分析用試料の範囲についてみると、水分 2.28 ~ 24.09%、CP12.05 ~ 27.92%、EE2.98 ~ 19.18%、NFE33.91 ~ 66.15%、粗繊維 0.61 ~ 4.88%、粗灰分 1.63 ~ 9.68% であって、昨年までに収集したりサイクル試料との間に大きな差はみられなかった^{1、4、5)}。

表 2 分析用試料の化学分析値 (%)

成分	平均	範囲	SD
水分	9.69	2.28 ~ 24.09	4.99
CP	17.32	12.05 ~ 27.92	3.34
EE	10.15	2.98 ~ 19.18	3.17
NFE	56.19	33.91 ~ 66.15	8.06
粗繊維	2.31	0.61 ~ 4.88	1.17
粗灰分	4.35	1.97 ~ 9.68	1.82

2) NIRS による推定値の分析精度

平成 14 年度に作成した検量線を用いた NIRS 推定値の分析精度検定結果を表 3 に示した。

水分、CP、NFE および粗灰分の相関係数および RPD は、いずれも平成 14 年度の試験結果と同等の精度であり、この検量線を用いることで実用上ほぼ問題のないと思われる推定値が得られることが確認された。しかし、EE では昨年度より精度が低下した。この原因としては、平成 14 年度において作成した EE の検量線は、選択された波長が 1 波長のみであったことによるものと思われ、新たな検量線を作成する必要があることが示唆された。

表 3 平成 14 年度に作成した検量線による分析精度検定結果

成分	検量線			分析精度検定		
	波長数	r	SEC	r	SEP	RPD
水分	3	0.950	1.50	0.958	1.30	3.4
CP	4	0.962	1.02	0.895	1.51	2.2
EE	1	0.963	1.26	0.857	1.75	1.9
NFE	4	0.976	1.87	0.923	3.20	2.6
粗繊維	2	0.814	1.56	0.577	1.86	1.2
粗灰分	4	0.868	1.08	0.666	1.48	1.3

3) PLS 法による検量線の作成と NIRS 推定値の分析精度

これまでに検討してきた NIRS によるリサイクル飼料の成分分析推定においては、検量線の作成に MLR 法を用いていた。しかし、これまでの 4 年間にリサイクル飼料の一般成分に関する分析データを比較的多量に蓄積できたことから、解析に用いる情報量が多く、より高精度の推定値が得られるとされている PLS (Partial Least Squares) 法⁶⁾による検量線の解析を試みた。

検証線の作成にあたっては表 4-1 に示したとおり、平成 12 年度～平成 15 年度に収集したリサイクル飼料 223 点のうち、検量線群に 149 点、検定群に 74 点を振り分けた。その化学分析値の範囲は表 4-2 に示したとおりであった。

表 4-1 PLS 法による検討に用いた試料数

処理方法	検量線群	検定群
発酵乾燥	90	47
乾熱乾燥	32	18
油温脱水処理	17	2
その他・不明	10	8
計	149	74

表 4-2 試料の化学分析値 (%)

成分	検量線群			検定群		
	平均	範囲	SD	平均	範囲	SD
水分	8.33	2.28 ~ 25.77	3.75	8.99	3.81 ~ 26.83	3.72
CP	17.81	9.26 ~ 44.83	4.72	17.83	9.46 ~ 34.89	4.46
EE	10.11	2.98 ~ 22.06	4.68	11.13	1.82 ~ 22.93	4.98
NFE	53.30	15.90 ~ 73.96	9.72	50.36	16.82 ~ 71.43	10.61
粗繊維	4.55	0.17 ~ 20.04	3.39	4.87	0.23 ~ 22.74	3.71
粗灰分	6.01	1.86 ~ 12.26	2.77	6.82	2.16 ~ 53.65	6.09

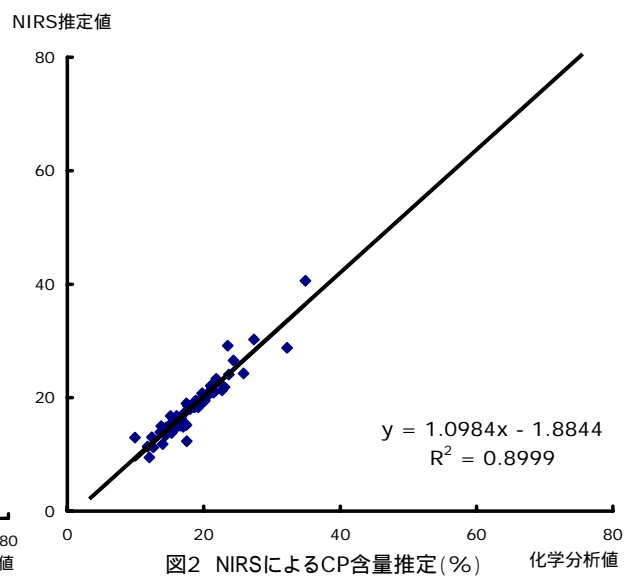
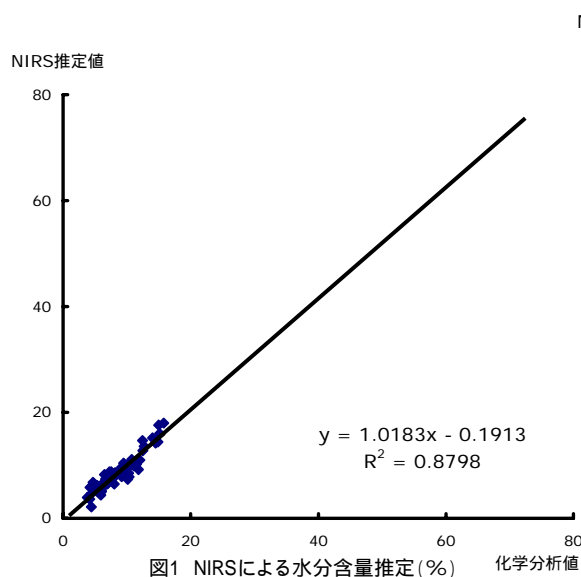
PLS 法を用いて作成した検量線の相関係数および SEP と、分析精度検定結果

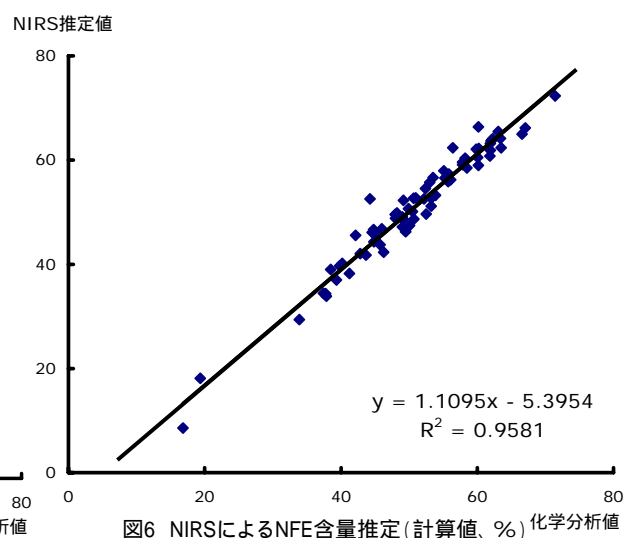
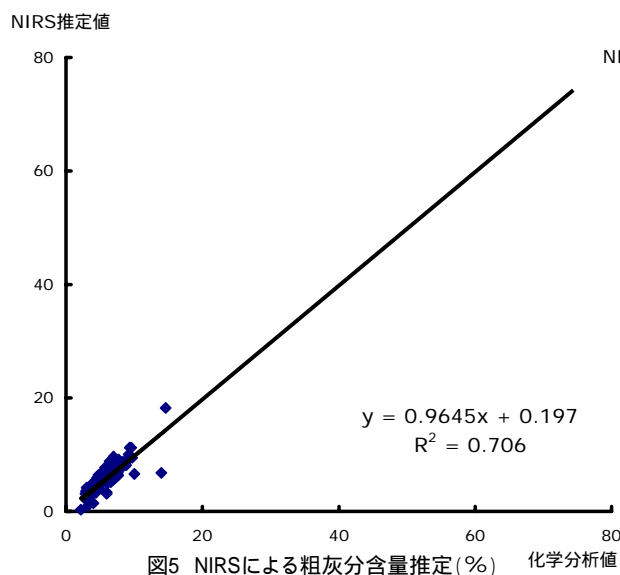
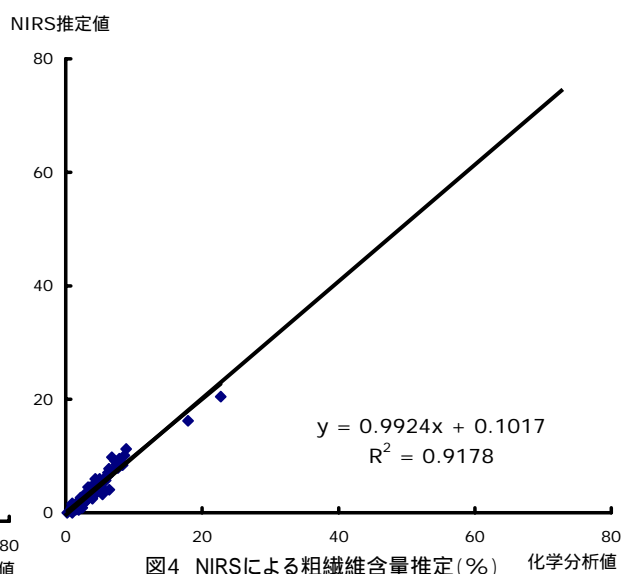
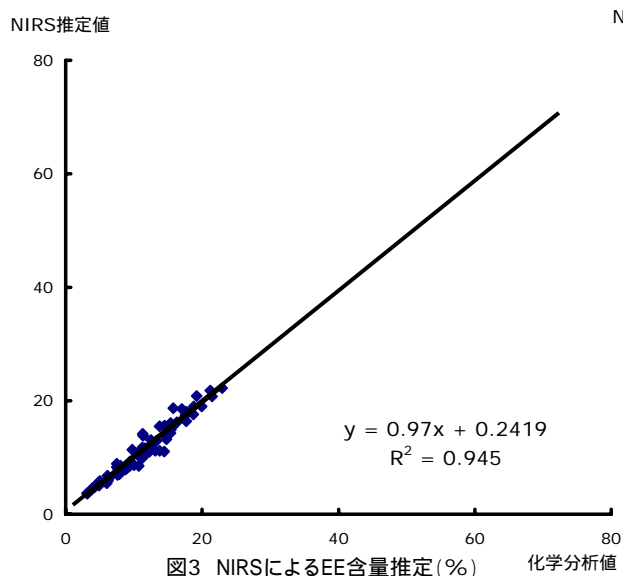
は表 5 に示したとおりであって、水分、CP、EE、NFE および粗繊維では、いずれも 2.7 以上の RPD が得られた。さらに、平成 14 年度に報告した MLR 法による検量線と今回作成した PLS 法による検量線の精度を比較すると、全ての成分で SEP が小さくなり、全体的に精度が向上した。また、図 1~5 に示したとおり、水分、CP、EE、粗繊維および粗灰分の NIRS 推定値と化学分析値との乖離は全体的に少なく、実用上問題のないものと思われた。なお、NFE についても、これら 5 成分と同様に NIRS 推定値と化学分析値の乖離はかなり少なかったが、PLS 法を用いて推定した水分、CP、EE、粗繊維および粗灰分から NFE を算出 (100 - (水分 + CP + EE + 粗繊維 + 粗灰分)) した結果、図 6 に示したとおり NIRS により NFE を推定した場合に比べて著しく高い寄与率 ($R^2=0.979$) を示した。

以上の結果から、水分、CP、EE、粗繊維および粗灰分については PLS 法による検量線を用いて推定し、NFE についてはこれらの推定値から算出することでリサイクル飼料の一般成分を化学分析と同程度の精度で簡易・迅速に把握する方法が確立できたものといえよう。

表 5 リサイクル試料の PLS 法による検量線

成分名	検量線			分析精度検定		
	Factor	r	SEC	r	SEP	RPD
水分	14	0.987	0.65	0.958	1.08	3.3
CP	4	0.949	1.52	0.945	1.65	2.7
EE	5	0.974	1.09	0.973	1.14	4.3
NFE	7	0.961	2.75	0.958	3.12	3.3
粗繊維	11	0.969	0.88	0.965	1.03	3.6
粗灰分	11	0.905	1.22	0.851	1.56	1.7





4. 参考文献

- 1) 青木健、花積三千人、米持千里：近赤外分光光度計（NIRS）による食品循環資源利用飼料の分析精度、平成14年度生産振興総合対策事業 食品循環型資源利用飼料表示基準設定事業報告書、日本科学飼料協会（2003）。
- 2) 飼料分析基準研究会編：飼料分析基準注解（第三版）、日本科学飼料協会（1997）。
- 3) Phil Williams：第12回非破壊計測シンポジウム講演要旨集、日本食品科学工学会、1-15（1996）。
- 4) 青木健、米持千里、花積三千人、高木久雄：近赤外分析による飼料の簡易分析法の開発、平成12年度飼料安全性・環境改善対策事業（安全性対策事業）報

告書、日本科学飼料協会（2001）。

5) 青木健、花積三千人、米持千里：近赤外分光光度計による食品循環型資源利用飼料の一般成分の簡易分析、平成13年度飼料安全性・環境改善対策事業（安全性対策事業）報告書、日本科学飼料協会（2002）。

6) 自給飼料品質評価研究会編：改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック、（社）日本草地畜産種子協会、53-71（2001）。

付表 1-1 平成 14 年度に作成した検量線を用いたリサイクル飼料の水分含量の推定(%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-2003-001	14.87	13.35	1.52
TO-2003-002	22.54	20.40	2.14
TO-2003-003	17.46	15.93	1.53
TO-2003-004	6.00	5.57	0.43
TO-2003-005	9.33	10.43	-1.10
TO-2003-006	7.99	7.21	0.78
TO-2003-007	12.90	12.59	0.31
TO-2003-008	11.80	8.77	3.03
TO-2003-009*	48.36	-	-
TO-2003-010	7.18	8.26	-1.08
TO-2003-011	10.34	5.29	5.05
TO-2003-012	24.09	19.76	4.33
TO-2003-013	15.09	14.16	0.93
TO-2003-014	8.22	8.73	-0.51
TO-2003-015	3.62	4.13	-0.51
TO-2003-016	9.47	10.08	-0.61
TO-2003-017	15.14	15.61	-0.47
TO-2003-018	8.35	9.06	-0.71
TO-2003-019	3.64	3.62	0.02
TO-2003-020	12.69	12.65	0.04
TO-2003-021	9.38	10.30	-0.92
TO-2003-022	9.38	9.73	-0.35
TO-2003-023	10.57	11.23	-0.66
TO-2003-024	8.76	9.53	-0.77
TO-2003-025	6.01	6.45	-0.44
TO-2003-026	5.95	6.18	-0.23
TO-2003-028	5.71	5.97	-0.26
TO-2003-031	5.75	5.07	0.68
TO-2003-035	6.47	6.84	-0.37
TO-2003-037	7.66	8.76	-1.10
TO-2003-040	6.78	7.49	-0.71
TO-2003-041	4.76	4.89	-0.13
TO-2003-045	12.48	12.81	-0.32
TO-2003-046	6.78	6.83	-0.05
TO-2003-047	2.28	0.65	1.63

* 異質な試料のため、試料群より除外した

付表 1-2 平成 14 年度に作成した検量線を用いたリサイクル飼料の CP 含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-2003-001	12.05	12.35	-0.30
TO-2003-002	12.28	16.60	-4.32
TO-2003-003	17.58	19.21	-1.63
TO-2003-004	18.31	18.17	0.14
TO-2003-005	27.92	29.92	-2.00
TO-2003-006	20.75	18.78	1.97
TO-2003-007	19.71	20.47	-0.76
TO-2003-008	23.51	25.74	-2.23
TO-2003-009*	10.19	-	-
TO-2003-010	12.27	13.22	-0.95
TO-2003-011	17.53	13.12	4.41
TO-2003-012	20.75	21.88	-1.13
TO-2003-013	13.31	15.58	-2.27
TO-2003-014	14.37	15.46	-1.09
TO-2003-015	15.13	15.91	-0.78
TO-2003-016	20.37	20.10	0.28
TO-2003-017	15.06	17.25	-2.19
TO-2003-018	16.41	16.71	-0.30
TO-2003-019	17.30	17.34	-0.04
TO-2003-020	16.15	18.20	-2.05
TO-2003-021	16.05	15.86	0.19
TO-2003-022	16.23	17.55	-1.32
TO-2003-023	19.21	19.24	-0.03
TO-2003-024	17.76	17.21	0.55
TO-2003-025	16.63	15.83	0.80
TO-2003-026	21.23	19.97	1.26
TO-2003-028	16.03	16.27	-0.24
TO-2003-031	21.31	20.97	0.34
TO-2003-035	17.63	17.00	0.63
TO-2003-037	17.04	17.34	-0.30
TO-2003-040	18.07	17.51	0.56
TO-2003-041	16.61	16.64	-0.03
TO-2003-045	13.63	16.20	-2.57
TO-2003-046	14.99	15.95	-0.96
TO-2003-047	15.60	16.58	-0.98

* 異質な試料のため、試料群より除外した

付表 1-3 平成 14 年度に作成した検量線を用いたリサイクル飼料の EE 含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-2003-001	6.01	7.07	-1.06
TO-2003-002	7.13	10.83	-3.70
TO-2003-003	9.61	13.25	-3.64
TO-2003-004	13.13	11.64	1.49
TO-2003-005	16.86	15.60	1.26
TO-2003-006	11.68	10.52	1.16
TO-2003-007	12.72	14.43	-1.71
TO-2003-008	19.18	23.51	-4.33
TO-2003-009*	4.73	-	-
TO-2003-010	11.82	7.82	4.00
TO-2003-011	6.32	6.87	-0.55
TO-2003-012	2.98	5.90	-2.92
TO-2003-013	6.86	7.78	-0.92
TO-2003-014	7.45	7.53	-0.08
TO-2003-015	7.77	7.80	-0.03
TO-2003-016	14.50	13.00	1.51
TO-2003-017	8.39	9.57	-1.18
TO-2003-018	9.27	9.16	0.11
TO-2003-019	9.83	9.42	0.42
TO-2003-020	9.43	10.66	-1.23
TO-2003-021	13.09	13.04	0.05
TO-2003-022	12.77	12.03	0.74
TO-2003-023	12.36	12.05	0.31
TO-2003-024	12.58	13.92	-1.34
TO-2003-025	10.00	8.21	1.79
TO-2003-026	8.98	8.65	0.33
TO-2003-028	9.74	8.53	1.21
TO-2003-031	9.38	8.90	0.48
TO-2003-035	9.38	8.12	1.27
TO-2003-037	11.19	9.77	1.42
TO-2003-040	9.64	8.65	0.99
TO-2003-041	11.01	9.15	1.86
TO-2003-045	7.49	7.99	-0.50
TO-2003-046	8.00	7.96	0.04
TO-2003-047	8.48	8.38	0.10

* 異質な試料のため、試料群より除外した

付表 1-4 平成 14 年度に作成した検量線を用いたリサイクル飼料の NFE 含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-2003-001	60.17	64.93	-4.76
TO-2003-002	52.88	48.62	4.26
TO-2003-003	49.82	48.59	1.23
TO-2003-004	58.20	58.37	-0.17
TO-2003-005	34.14	35.82	-1.68
TO-2003-006	47.99	51.21	-3.22
TO-2003-007	41.17	43.23	-2.06
TO-2003-008	33.91	31.94	1.97
TO-2003-009*	34.29	-	-
TO-2003-010	66.15	71.31	-5.16
TO-2003-011	56.44	61.03	-4.59
TO-2003-012	47.80	49.26	-1.46
TO-2003-013	58.29	59.57	-1.28
TO-2003-014	63.22	62.06	1.16
TO-2003-015	65.29	60.89	4.40
TO-2003-016	50.75	50.85	-0.10
TO-2003-017	53.89	52.99	0.90
TO-2003-018	57.54	57.61	-0.07
TO-2003-019	59.93	55.86	4.07
TO-2003-020	56.09	62.43	-6.34
TO-2003-021	55.52	61.09	-5.57
TO-2003-022	55.73	63.32	-7.59
TO-2003-023	50.68	56.99	-6.31
TO-2003-024	53.97	57.47	-3.50
TO-2003-025	63.09	63.96	-0.87
TO-2003-026	59.33	58.49	0.84
TO-2003-028	63.44	63.14	0.30
TO-2003-031	58.22	58.07	0.15
TO-2003-035	62.23	60.74	1.49
TO-2003-037	60.05	59.59	0.46
TO-2003-040	61.93	60.99	0.94
TO-2003-041	63.72	62.48	1.24
TO-2003-045	60.18	62.09	-1.91
TO-2003-046	63.41	63.36	0.05
TO-2003-047	65.27	61.22	4.05

* 異質な試料のため、試料群より除外した

付表 1-5 平成 14 年度に作成した検量線を用いたリサイクル飼料の粗繊維含量の推定
(%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-2003-001	2.91	3.69	-0.78
TO-2003-002	1.67	1.40	0.27
TO-2003-003	1.51	1.56	-0.05
TO-2003-004	1.52	0.88	0.64
TO-2003-005	2.90	3.31	-0.41
TO-2003-006	3.27	6.20	-2.93
TO-2003-007	3.82	6.66	-2.84
TO-2003-008	2.78	7.16	-4.38
TO-2003-009*	0.80	-	-
TO-2003-010	0.61	0.00	0.61
TO-2003-011	4.86	8.40	-3.54
TO-2003-012	1.29	0.00	1.29
TO-2003-013	2.73	0.80	1.93
TO-2003-014	2.76	1.39	1.37
TO-2003-015	4.04	1.94	2.10
TO-2003-016	1.23	0.87	0.36
TO-2003-017	3.60	1.87	1.73
TO-2003-018	4.14	1.24	2.90
TO-2003-019	4.88	1.69	3.19
TO-2003-020	1.92	0.43	1.50
TO-2003-021	2.48	0.00	2.48
TO-2003-022	2.15	2.74	-0.59
TO-2003-023	2.40	2.37	0.03
TO-2003-024	2.56	0.00	2.56
TO-2003-025	0.93	0.00	0.93
TO-2003-026	0.85	0.00	0.85
TO-2003-028	1.82	0.82	1.00
TO-2003-031	1.55	0.00	1.55
TO-2003-035	1.15	1.87	-0.72
TO-2003-037	0.97	0.90	0.07
TO-2003-040	0.81	0.30	0.51
TO-2003-041	0.84	0.01	0.83
TO-2003-045	2.15	0.00	2.15
TO-2003-046	2.45	0.04	2.41
TO-2003-047	2.89	0.16	2.73

* 異質な試料のため、試料群より除外した

付表 1-6 平成 14 年度に作成した検量線を用いたリサイクル飼料の粗灰分含量の推定
(%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-2003-001	3.99	4.10	-0.11
TO-2003-002	3.50	4.06	-0.56
TO-2003-003	4.02	5.21	-1.19
TO-2003-004	2.84	4.80	-1.96
TO-2003-005	8.85	6.28	2.57
TO-2003-006	8.32	8.52	-0.20
TO-2003-007	9.68	7.91	1.77
TO-2003-008	8.82	9.18	-0.36
TO-2003-009*	1.68	-	-
TO-2003-010	1.97	0.44	1.54
TO-2003-011	4.51	7.33	-2.82
TO-2003-012	3.09	0.45	2.64
TO-2003-013	3.72	3.25	0.47
TO-2003-014	3.98	3.93	0.05
TO-2003-015	4.15	4.39	-0.24
TO-2003-016	3.68	4.24	-0.56
TO-2003-017	3.92	2.46	1.47
TO-2003-018	4.29	2.96	1.33
TO-2003-019	4.42	3.94	0.48
TO-2003-020	3.72	4.82	-1.10
TO-2003-021	3.48	4.07	-0.59
TO-2003-022	3.74	7.05	-3.31
TO-2003-023	4.78	6.45	-1.67
TO-2003-024	4.37	5.37	-1.00
TO-2003-025	3.34	4.02	-0.68
TO-2003-026	3.66	4.78	-1.12
TO-2003-028	3.26	4.27	-1.01
TO-2003-031	3.79	4.66	-0.87
TO-2003-035	3.14	5.74	-2.60
TO-2003-037	3.09	5.12	-2.03
TO-2003-040	2.77	4.62	-1.85
TO-2003-041	3.06	4.05	-0.99
TO-2003-045	4.07	2.20	1.87
TO-2003-046	4.37	2.91	1.46
TO-2003-047	5.48	3.69	1.79

* 異質な試料のため、試料群より除外した

付表 2-1-1 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の水分含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-00-003	5.30	6.21	-0.91
TO-00-016	11.06	9.94	1.12
TO-00-018	12.05	11.02	1.03
TO-00-021	11.14	10.01	1.13
TO-00-024	11.50	10.20	1.30
TO-00-028	7.08	6.87	0.21
TO-00-030	9.97	9.31	0.66
TO-00-034	14.05	15.17	-1.12
TO-00-035	6.97	7.03	-0.06
TO-00-037	9.53	9.62	-0.09
TO-00-038	9.51	10.40	-0.89
TO-00-044	9.45	9.61	-0.16
TO-00-046	9.25	9.64	-0.39
TO-00-047	6.89	6.51	0.38
TO-00-054	10.10	7.39	2.71
TO-00-058	9.19	7.87	1.32
TO-00-059	7.54	8.80	-1.26
TO-00-060	9.16	9.59	-0.43
TO-00-061	6.49	8.29	-1.80
TO-00-070	6.67	7.45	-0.78
TO-00-076	4.69	6.82	-2.13
TO-00-082	15.77	18.01	-2.24
TO-00-085	9.44	9.15	0.29
TO-00-088	5.38	5.80	-0.42
T-01-002	10.74	11.09	-0.35
T-01-004	5.45	5.04	0.41
T-01-005	8.15	8.66	-0.51
T-01-010	9.11	9.01	0.10
T-01-011	9.59	10.15	-0.56
T-01-029	5.73	6.00	-0.27
T-01-030	4.96	5.77	-0.81
T-01-031	4.46	4.70	-0.24
T-01-036	9.41	9.08	0.33
T-01-040	8.68	8.64	0.04
T-01-042	10.30	8.53	1.77
T-01-045	7.01	6.60	0.41
T-01-072	9.43	9.27	0.16
T-01-073	9.00	8.93	0.07
T-01-074	8.24	8.41	-0.17
T-01-078	8.72	8.64	0.08
T-01-081	7.73	7.52	0.21
T-01-083	12.43	14.66	-2.23
T-02-001	8.82	8.76	0.06
T-02-002	14.49	14.24	0.25
T-02-004	5.84	5.76	0.08
T-02-006	3.81	3.94	-0.13
T-02-010	4.19	3.65	0.54
T-02-017	8.85	8.99	-0.14
T-02-019	8.99	8.56	0.43
T-02-022	4.22	5.86	-1.64
T-02-028	5.91	4.41	1.50

付表 2-1-2 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の水分含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
T-02-032	10.67	10.67	0.00
T-02-037	7.30	8.77	-1.47
T-02-042	14.98	17.62	-2.64
T-02-045	6.25	6.65	-0.40
T-02-046	9.17	9.01	0.16
T-02-052	7.94	8.45	-0.51
T-02-056	6.09	5.64	0.45
T-02-058	4.42	2.18	2.24
TO-03-001	14.87	14.40	0.47
TO-03-004	6.00	5.00	1.00
TO-03-006	7.99	6.47	1.52
TO-03-008	11.80	9.19	2.61
TO-03-011	10.34	7.80	2.54
TO-03-017	15.14	16.01	-0.87
TO-03-020	12.69	13.60	-0.91
TO-03-022	9.38	8.72	0.66
TO-03-023	10.57	10.46	0.11
TO-03-025	6.01	5.23	0.78
TO-03-037	7.66	7.41	0.25
TO-03-045	12.48	12.80	-0.32
TO-03-046	6.78	7.10	-0.32

付表 2-2-1 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の CP 含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-00-003	25.83	24.27	1.56
TO-00-016	16.56	15.03	1.53
TO-00-018	17.30	15.33	1.97
TO-00-021	17.45	15.17	2.28
TO-00-024	16.97	14.90	2.07
TO-00-028	18.64	18.33	0.31
TO-00-030	20.15	19.44	0.71
TO-00-034	20.22	19.94	0.28
TO-00-035	20.58	20.31	0.27
TO-00-037	15.36	15.20	0.16
TO-00-038	22.07	22.89	-0.82
TO-00-044	14.39	13.33	1.06
TO-00-046	14.15	13.80	0.35
TO-00-047	14.35	13.52	0.83
TO-00-054	16.41	16.23	0.18
TO-00-058	19.54	18.78	0.76
TO-00-059	15.89	14.60	1.29
TO-00-060	21.05	22.12	-1.07
TO-00-061	17.99	17.98	0.01
TO-00-070	19.47	19.65	-0.18
TO-00-076	27.39	30.23	-2.84
TO-00-082	15.28	13.78	1.50
TO-00-085	17.20	15.29	1.91
TO-00-088	15.11	16.75	-1.64
T-01-002	14.62	13.82	0.80
T-01-004	15.34	15.46	-0.12
T-01-005	24.34	26.58	-2.24
T-01-010	15.57	15.56	0.01
T-01-011	9.93	12.97	-3.04
T-01-029	21.42	20.91	0.51
T-01-030	21.50	20.97	0.53
T-01-031	22.70	21.30	1.40
T-01-036	13.77	14.99	-1.22
T-01-040	14.45	14.75	-0.30
T-01-042	17.48	18.98	-1.50
T-01-045	17.86	18.55	-0.69
T-01-072	15.82	15.98	-0.16
T-01-073	15.45	15.69	-0.24
T-01-074	16.68	16.33	0.35
T-01-078	14.79	14.96	-0.17
T-01-081	16.08	15.93	0.15
T-01-083	13.97	11.84	2.13
T-02-001	18.41	18.85	-0.44
T-02-002	16.30	16.45	-0.15
T-02-004	23.02	21.83	1.19
T-02-006	18.81	19.51	-0.70
T-02-010	23.69	24.08	-0.39
T-02-017	21.20	21.72	-0.52
T-02-019	19.78	19.67	0.11
T-02-022	16.88	15.74	1.14
T-02-028	17.66	18.58	-0.92

付表 2-2-2 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の CP 含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
T-02-032	12.39	13.04	-0.65
T-02-037	16.05	16.80	-0.75
T-02-042	32.24	28.79	3.45
T-02-045	21.82	23.31	-1.49
T-02-046	34.89	40.63	-5.74
T-02-052	19.75	20.79	-1.04
T-02-056	11.77	11.39	0.38
T-02-058	12.59	11.24	1.35
TO-03-001	12.05	9.45	2.60
TO-03-004	18.31	18.71	-0.40
TO-03-006	20.75	20.93	-0.18
TO-03-008	23.51	29.16	-5.65
TO-03-011	17.53	12.33	5.20
TO-03-017	15.06	14.33	0.73
TO-03-020	16.15	15.48	0.67
TO-03-022	16.23	16.03	0.20
TO-03-023	19.21	18.31	0.90
TO-03-025	16.63	16.24	0.39
TO-03-037	17.04	17.18	-0.14
TO-03-045	13.63	13.94	-0.31
TO-03-046	14.99	14.75	0.24

付表 2-3-1 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の EE 含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-00-003	10.68	10.40	0.28
TO-00-016	4.77	5.23	-0.46
TO-00-018	3.98	4.62	-0.64
TO-00-021	4.18	4.69	-0.51
TO-00-024	3.82	4.36	-0.54
TO-00-028	18.73	17.60	1.13
TO-00-030	19.94	19.01	0.93
TO-00-034	17.73	18.02	-0.29
TO-00-035	21.46	20.75	0.71
TO-00-037	7.63	8.02	-0.39
TO-00-038	14.79	13.95	0.84
TO-00-044	11.23	11.76	-0.53
TO-00-046	13.28	12.92	0.36
TO-00-047	10.51	10.51	0.00
TO-00-054	15.78	18.65	-2.87
TO-00-058	13.75	15.51	-1.76
TO-00-059	11.26	14.15	-2.89
TO-00-060	21.18	21.79	-0.61
TO-00-061	17.04	18.54	-1.50
TO-00-070	17.68	16.37	1.31
TO-00-076	14.78	13.24	1.54
TO-00-082	17.58	17.45	0.13
TO-00-085	11.36	13.87	-2.51
TO-00-088	7.51	8.90	-1.39
T-01-002	5.02	5.86	-0.84
T-01-004	11.60	11.66	-0.06
T-01-005	15.33	14.30	1.03
T-01-010	4.73	5.51	-0.78
T-01-011	3.16	3.62	-0.46
T-01-029	9.05	8.23	0.82
T-01-030	8.96	8.11	0.85
T-01-031	8.92	8.14	0.78
T-01-036	6.16	5.94	0.22
T-01-040	6.10	5.88	0.22
T-01-042	15.75	15.54	0.21
T-01-045	16.30	16.18	0.12
T-01-072	7.86	7.04	0.82
T-01-073	7.60	6.91	0.69
T-01-074	8.90	8.26	0.64
T-01-078	9.04	8.21	0.83
T-01-081	8.78	7.86	0.92
T-01-083	12.52	13.09	-0.57
T-02-001	15.38	14.84	0.54
T-02-002	12.23	11.02	1.21
T-02-004	9.34	8.46	0.88
T-02-006	6.11	6.80	-0.69
T-02-010	9.75	11.39	-1.64
T-02-017	13.74	11.21	2.53
T-02-019	10.71	8.54	2.17
T-02-022	4.93	5.07	-0.14
T-02-028	15.38	16.07	-0.69

付表 2-3-2 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の EE 含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
T-02-032	3.12	3.67	-0.55
T-02-037	14.51	15.61	-1.10
T-02-042	18.79	18.97	-0.18
T-02-045	11.36	11.47	-0.11
T-02-046	22.93	22.26	0.67
T-02-052	11.05	10.33	0.72
T-02-056	14.45	11.08	3.37
T-02-058	12.74	12.55	0.19
TO-03-001	6.01	5.44	0.57
TO-03-004	13.13	11.19	1.94
TO-03-006	11.68	10.50	1.18
TO-03-008	19.18	20.84	-1.66
TO-03-011	6.32	6.35	-0.03
TO-03-017	8.39	8.19	0.20
TO-03-020	9.43	9.35	0.08
TO-03-022	12.77	12.58	0.19
TO-03-023	12.36	11.97	0.39
TO-03-025	10.00	8.62	1.38
TO-03-037	11.19	9.83	1.36
TO-03-045	7.49	8.30	-0.81
TO-03-046	8.00	8.60	-0.60

付表 2-4-1 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の NFE 含量の推定（計算値、％）

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-00-003	42.82	42.05	0.77
TO-00-016	55.84	57.29	-1.45
TO-00-018	52.39	54.54	-2.15
TO-00-021	49.20	52.30	-3.10
TO-00-024	50.99	52.76	-1.77
TO-00-028	44.79	46.67	-1.88
TO-00-030	39.79	39.70	0.09
TO-00-034	37.85	33.87	3.98
TO-00-035	38.48	38.98	-0.50
TO-00-037	61.93	63.21	-1.28
TO-00-038	42.15	45.56	-3.41
TO-00-044	55.07	57.93	-2.86
TO-00-046	52.17	52.55	-0.38
TO-00-047	57.85	59.59	-1.74
TO-00-054	45.99	46.78	-0.79
TO-00-058	44.58	46.10	-1.52
TO-00-059	53.22	52.68	0.54
TO-00-060	37.73	34.37	3.36
TO-00-061	46.28	42.34	3.94
TO-00-070	41.25	38.24	3.01
TO-00-076	37.42	34.40	3.02
TO-00-082	40.19	40.17	0.02
TO-00-085	52.49	49.68	2.81
TO-00-088	53.03	55.75	-2.72
T-01-002	57.87	59.09	-1.22
T-01-004	58.47	58.52	-0.05
T-01-005	39.35	36.96	2.39
T-01-010	63.51	62.40	1.11
T-01-011	50.73	48.66	2.07
T-01-029	49.10	48.62	0.48
T-01-030	49.16	48.58	0.58
T-01-031	49.03	49.07	-0.04
T-01-036	66.55	64.97	1.58
T-01-040	67.03	66.18	0.85
T-01-042	44.85	44.30	0.55
T-01-045	45.02	46.03	-1.01
T-01-072	60.23	62.26	-2.03
T-01-073	62.29	64.09	-1.80
T-01-074	59.83	62.09	-2.26
T-01-078	62.15	63.90	-1.75
T-01-081	62.00	63.70	-1.70
T-01-083	50.07	47.42	2.65
T-02-001	45.72	43.74	1.98
T-02-002	43.66	41.77	1.89
T-02-004	47.94	49.59	-1.65
T-02-006	61.87	60.76	1.11
T-02-010	49.49	46.29	3.20
T-02-017	48.23	49.86	-1.63
T-02-019	53.50	56.60	-3.10
T-02-022	61.90	61.85	0.05
T-02-028	49.90	50.70	-0.80

付表 2-4-2 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の NFE 含量の推定（計算値、％）

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
T-02-032	71.43	72.31	-0.88
T-02-037	49.02	47.18	1.84
T-02-042	19.33	18.09	1.24
T-02-045	50.52	50.14	0.38
T-02-046	16.82	8.55	8.27
T-02-052	53.26	51.17	2.09
T-02-056	55.28	56.56	-1.28
T-02-058	44.27	52.54	-8.27
TO-03-001	60.17	66.35	-6.18
TO-03-004	58.20	60.33	-2.13
TO-03-006	47.99	48.79	-0.80
TO-03-008	33.91	29.38	4.53
TO-03-011	56.44	62.35	-5.91
TO-03-017	53.89	53.25	0.64
TO-03-020	56.09	56.23	-0.14
TO-03-022	55.73	55.87	-0.14
TO-03-023	50.68	52.69	-2.01
TO-03-025	63.09	65.51	-2.42
TO-03-037	60.05	60.49	-0.44
TO-03-045	60.18	58.96	1.22
TO-03-046	63.41	64.20	-0.79

付表 2-5-1 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の粗繊維含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-00-003	6.18	7.03	-0.85
TO-00-016	4.86	5.24	-0.38
TO-00-018	6.17	6.51	-0.34
TO-00-021	8.34	8.36	-0.02
TO-00-024	7.43	8.49	-1.06
TO-00-028	4.64	4.32	0.32
TO-00-030	4.34	4.77	-0.43
TO-00-034	4.43	5.34	-0.91
TO-00-035	6.11	6.57	-0.46
TO-00-037	0.97	0.00	0.97
TO-00-038	1.48	0.59	0.89
TO-00-044	3.89	4.00	-0.11
TO-00-046	5.09	5.27	-0.18
TO-00-047	4.36	4.94	-0.58
TO-00-054	4.81	5.34	-0.53
TO-00-058	5.10	4.37	0.73
TO-00-059	4.45	3.41	1.04
TO-00-060	3.91	2.49	1.42
TO-00-061	4.51	4.75	-0.24
TO-00-070	7.21	9.16	-1.95
TO-00-076	6.39	4.07	2.32
TO-00-082	5.36	3.23	2.13
TO-00-085	3.12	3.20	-0.08
TO-00-088	4.97	5.97	-1.00
T-01-002	5.04	4.15	0.89
T-01-004	4.13	4.46	-0.33
T-01-005	3.63	4.14	-0.51
T-01-010	3.93	4.07	-0.14
T-01-011	17.94	16.19	1.75
T-01-029	7.60	8.52	-0.92
T-01-030	8.22	8.80	-0.58
T-01-031	7.66	7.90	-0.24
T-01-036	1.12	0.84	0.28
T-01-040	0.84	0.98	-0.14
T-01-042	6.35	7.74	-1.39
T-01-045	7.84	9.54	-1.70
T-01-072	2.61	2.25	0.36
T-01-073	2.90	2.00	0.90
T-01-074	3.13	2.20	0.93
T-01-078	2.44	2.13	0.31
T-01-081	2.35	2.18	0.17
T-01-083	5.62	6.02	-0.40
T-02-001	6.74	9.78	-3.04
T-02-002	8.58	10.10	-1.52
T-02-004	6.74	7.26	-0.52
T-02-006	3.89	2.85	1.04
T-02-010	4.32	6.00	-1.68
T-02-017	3.54	3.42	0.12
T-02-019	3.33	2.78	0.55
T-02-022	5.18	4.66	0.52
T-02-028	4.62	5.10	-0.48

付表 2-5-1 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の粗繊維含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
T-02-032	0.23	0.00	0.23
T-02-037	5.87	5.75	0.12
T-02-042	5.12	5.26	-0.14
T-02-045	2.44	1.64	0.80
T-02-046	1.57	1.29	0.28
T-02-052	2.24	1.85	0.39
T-02-056	8.86	11.22	-2.36
T-02-058	22.74	20.49	2.25
TO-03-001	2.91	2.89	0.02
TO-03-004	1.52	1.66	-0.14
TO-03-006	3.27	4.51	-1.24
TO-03-008	2.78	3.30	-0.52
TO-03-011	4.86	5.29	-0.43
TO-03-017	3.60	4.52	-0.92
TO-03-020	1.92	0.48	1.44
TO-03-022	2.15	2.69	-0.54
TO-03-023	2.40	0.91	1.49
TO-03-025	0.93	1.68	-0.75
TO-03-037	0.97	1.37	-0.40
TO-03-045	2.15	1.80	0.35
TO-03-046	2.45	2.06	0.39

付表 2-6-1 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の粗灰分含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
TO-00-003	9.19	10.04	-0.85
TO-00-016	6.91	7.27	-0.36
TO-00-018	8.11	7.98	0.13
TO-00-021	9.69	9.47	0.22
TO-00-024	9.29	9.29	0.00
TO-00-028	6.12	6.21	-0.09
TO-00-030	5.81	7.77	-1.96
TO-00-034	5.72	7.66	-1.94
TO-00-035	6.40	6.36	0.04
TO-00-037	4.58	3.95	0.63
TO-00-038	10.00	6.61	3.39
TO-00-044	5.97	3.37	2.60
TO-00-046	6.06	5.82	0.24
TO-00-047	6.04	4.93	1.11
TO-00-054	6.91	5.61	1.30
TO-00-058	7.84	7.37	0.47
TO-00-059	7.64	6.36	1.28
TO-00-060	6.97	9.64	-2.67
TO-00-061	7.69	8.10	-0.41
TO-00-070	7.72	9.13	-1.41
TO-00-076	9.33	11.24	-1.91
TO-00-082	5.82	7.36	-1.54
TO-00-085	6.39	8.81	-2.42
TO-00-088	14.00	6.83	7.17
T-01-002	6.71	5.99	0.72
T-01-004	5.01	4.86	0.15
T-01-005	9.20	9.36	-0.16
T-01-010	3.15	3.45	-0.30
T-01-011	8.65	8.41	0.24
T-01-029	7.10	7.72	-0.62
T-01-030	7.20	7.77	-0.57
T-01-031	7.23	8.89	-1.66
T-01-036	2.99	4.18	-1.19
T-01-040	2.90	3.57	-0.67
T-01-042	5.27	4.91	0.36
T-01-045	5.97	3.10	2.87
T-01-072	4.05	3.20	0.85
T-01-073	2.76	2.38	0.38
T-01-074	3.22	2.71	0.51
T-01-078	2.86	2.16	0.70
T-01-081	3.06	2.81	0.25
T-01-083	5.39	6.97	-1.58
T-02-001	4.93	4.03	0.90
T-02-002	4.74	6.42	-1.68
T-02-004	7.12	7.10	0.02
T-02-006	5.51	6.14	-0.63
T-02-010	8.56	8.59	-0.03
T-02-017	4.44	4.80	-0.36
T-02-019	3.69	3.85	-0.16
T-02-022	6.89	6.82	0.07
T-02-028	6.53	5.14	1.39

付表 2-6-2 PLS 法検量線によるリサイクル飼料の粗灰分含量の推定 (%)

試料番号	化学分析値	近赤外推定値	化学分析値と 近赤外推定値との差
T-02-032	2.16	0.31	1.85
T-02-037	7.25	5.89	1.36
T-02-042	9.54	11.27	-1.73
T-02-045	7.61	6.79	0.82
T-02-046	14.62	18.26	-3.64
T-02-052	5.76	7.41	-1.65
T-02-056	3.55	4.11	-0.56
T-02-058	3.24	1.00	2.24
TO-03-001	3.99	1.47	2.52
TO-03-004	2.84	3.11	-0.27
TO-03-006	8.32	8.80	-0.48
TO-03-008	8.82	8.13	0.69
TO-03-011	4.51	5.88	-1.37
TO-03-017	3.92	3.70	0.22
TO-03-020	3.72	4.86	-1.14
TO-03-022	3.74	4.11	-0.37
TO-03-023	4.78	5.66	-0.88
TO-03-025	3.34	2.72	0.62
TO-03-037	3.09	3.72	-0.63
TO-03-045	4.07	4.20	-0.13
TO-03-046	4.37	3.29	1.08