

レーザー式生育センサを活用した秋まき小麦に対する  
可変追肥技術の地域適応性

平成24年12月

網走農業改良普及センター

目 次	頁
要約	1
目的、試験方法	2
可変施肥技術の方法	
1 可変施肥のイメージ図	3
2 可変施肥技術の方法	4
3 実証ほ場図	6
試験結果	
1 実証ほ場における試験結果	7
2 実証ほ場における収量調査結果	8
3 止葉期の可変施肥が収量・歩留まりに与える効果	9
4 止葉期前および出穂直前2回の可変施肥が生育、収量に与える効果	11
5 可変施肥による均一化	12
可変追肥技術の経済性、作業性	
1 可変施肥の経済性評価	13
2 肥料費の低減効果	14
3 可変追肥技術の作業性	15
総合考察	16
今後の課題	17

## 要約

オホーツク管内の現地試験では、可変施肥による増収効果は、製品収量で5%増収した。

止葉期以降の窒素施肥に可変施肥技術を導入することが、製品収量、製品歩留まり、千粒重の向上に有効であることを確認した。但し、止葉期における生育ムラが窒素以外によるものである場合や、可変施肥量設定の上限値を超える多収条件となった場合は、可変施肥の効果にばらつきが生じる。追肥量を算出する際には上位茎数に注意する必要がある。歩留まりの変動幅は小さく、可変施肥は均一化が図られる。

可変施肥利用下限面積は、収量が600kg/10aの場合、センサのみでは14ha、施肥機+センサ等を導入した場合は、24haの作付けで、固定費を回収することができる。収量水準が上がれば、少ない面積でも効果は大きい。

肥料費の10a当たりの価格差は可変施肥が58円安となる。投下労働時間は技術体系に比較して、96%である。

センシングと同時に施肥する体系は、施肥作業の効率化と施肥作業者が小麦の肥培管理技術に精通していない場合でもある程度の高品質安定生産に対応した施肥が可能な体系と考えられる。センシング結果に基づきマップ作成後に施肥する体系はセンシングと施肥作業、施肥マップの作成に時間が必要となるが、ほ場の特性等を反映した施肥が可能な体系と考えられる。

止葉期前にも可変施肥を行うことで、止葉期の生育が均一化されていることが確認できた。止葉期の生育ムラを、止葉期以降のみの可変施肥で解消することは難しいため、幼穂形成期の段階でも、小麦の生育ムラに応じて可変施肥することで、さらなる増収効果が期待できるものと考えられる。

## 目的、試験方法

### 1 目的

レーザー式生育センサを活用した秋まき小麦に対する可変追肥技術はこれまで、十勝管内の試験成績しかない。本調査はオホーツク管内における生育センサ出力値(S1値)と止葉期の茎数・葉色値に基づく窒素吸収量の関係を明らかにして、地域適応性を確認し、生育センサを活用した可変施肥技術の普及定着を図ることを目的とする。

### 2 設置場所:大空町東藻琴、佐呂間町浜佐呂間

### 3 実施機関:網走農業改良普及センター美幌支所、遠軽支所湧別分室

### 4 試験方法

#### (1) 調査内容

止葉期の追肥作業における生育センサー出力値(S1値)を確認し、可変施肥及び定量施肥の茎数、葉色値、窒素吸収量を確認する。

#### (2) 区制

##### ア 大空町東藻琴

可変施肥区: S1値による可変施肥(M1 - 3、M4 - 1)

定量施肥区: 定量施肥(M1 - 3、M4 - 1)

可変施肥の実証 (M1 - 8、N農場、Y農場)

##### イ 佐呂間町浜佐呂間

可変施肥の実証(H34)

#### (3) 調査項目

##### ア 生育センサーを活用した可変追肥作業時

センサー出力値(S1値)、葉色値(SPAD計値)

上位茎数、止葉期窒素吸収量

##### イ 収量構成要素、品質調査

収量、製品歩留まり、

m<sup>2</sup>当たり穂数、1穂粒数、千粒重、蛋白含有率、容積重

##### ウ 経済性及び省力化効果の確認

経済性評価(機械価格、販売単価)、肥料費低減効果

作業能率(作業時間、作業人数)

#### (4) 供試機械

生育センサ(トプコン社製CropSpec)

ブロードキャスト(アマゾーネ)

システム(イソップアグリシステム、アマトロン)

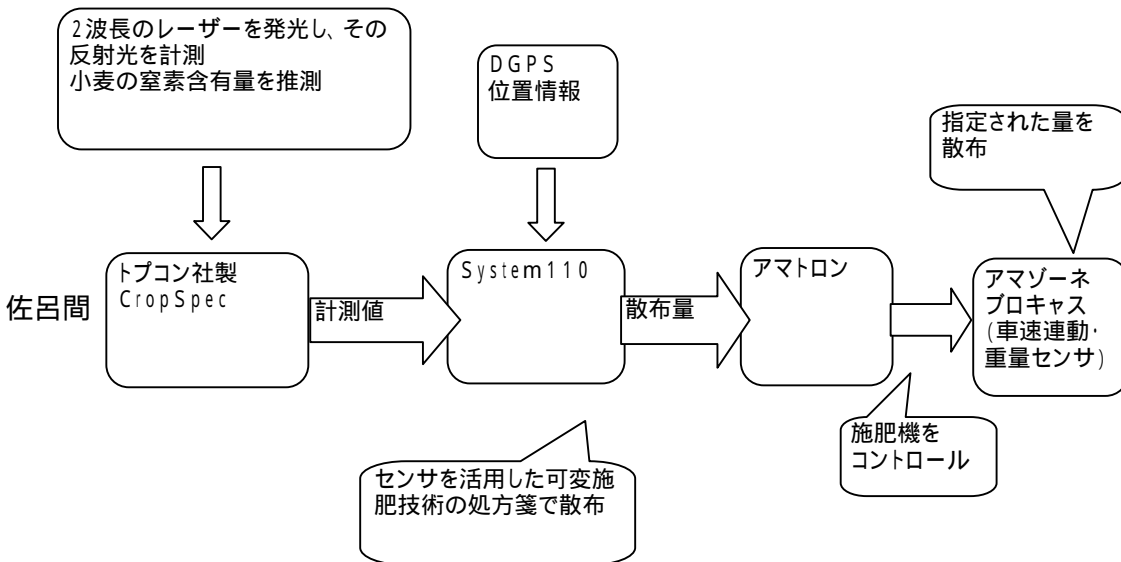
	センサ、システム	可変施肥機
大空町東藻琴	CropSpec、イソップアグリシステム	ZA - M2501Profis
佐呂間町浜佐呂間	CropSpec、system110	ZA - M1501Profis

## 可変施肥技術の方法

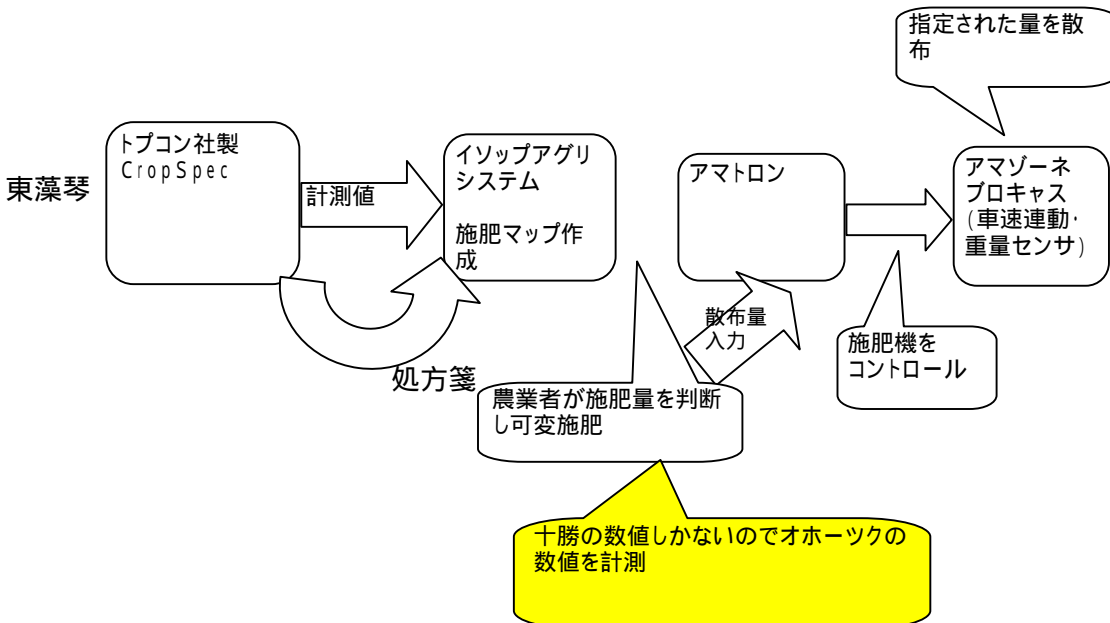
### 1 可変施肥のイメージ図

今回の施肥では、センシングと同時に施肥する体系およびセンシング結果に基づき目標収量を細分化した施肥マップを作成後に可変施肥を行う体系を調査した。

#### センシングと同時に施肥する体系



#### センシング結果に基づき目標収量を細分化した施肥マップを作成後に可変施肥を行う体系



## 2 可変施肥技術の方法

大空町東盛町 馬渡農場における秋まき小麥止葉期の可変施肥試験

平成24年11月 網走農業改良普及センター







ブロードキャスタ (AMAZONE社profisシリーズ)の可変施肥量・散布幅を制御するコンピュータユニット「AMATORONH」アマトロン・プラス。

GISの地図情報、D-GPSの位置情報、CropSpecのセンシング結果を画像で示し、可変施肥を制御する、システムサプライ社の制御システム。

TOPCON社のガイダンスシステム System 10

3



トラクタのキャビン上に取り付けられた生育センサ



生育センサ値がsystem 10に表示されている



AMAZONE社profisシリーズのブロードキャスタには重量センサが搭載されており、肥料の形状や比重も入力できるので、正確な散布量の作業が可能。



システムサプライ社のコントローラでは、施肥作業が終了した箇所が塗り分けされる。

4

### 3 実証ほ場図

Mほ場試験区のCropSpec計測結果マップ(図 -1、図 -3)及び可変施肥マップ(図 -2、図 -4)、G-PADによる面積計測と試験区(図 -3、図 -6)を示した。

M 1 - 3

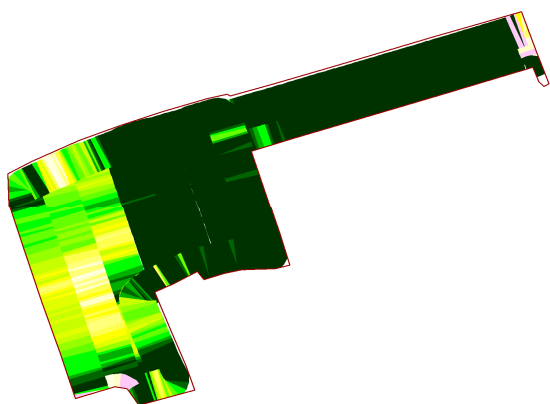


図 -1 CropSpec計測結果(M1-3)面積62797m<sup>2</sup>

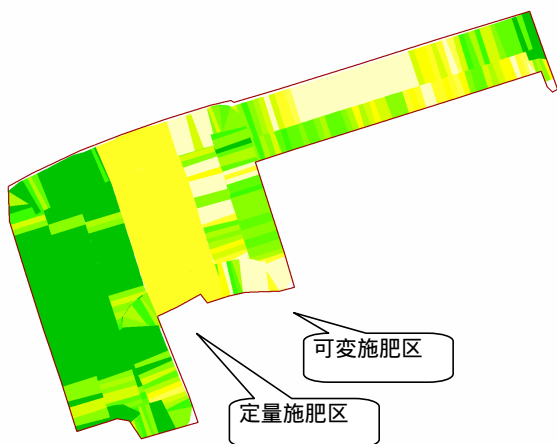


図 -2 可変施肥結果(M1-3)面積62797m<sup>2</sup>

M 1 - 3	定量施肥区	可変施肥区
定量区	4	7 10
計測面積	4481m <sup>2</sup>	計測面積 4210m <sup>2</sup>
通路	273.2m <sup>2</sup>	(通路無し)
実質面積	4207.8m <sup>2</sup>	実質面積 4210m <sup>2</sup>
長さ	136.6m	長さ 136.6m
幅	32.91m	幅 28.55m
	5 6	8 9 11 12

図 -3 G-PADによる面積計測と試験区(M1-3)

M 4 - 1

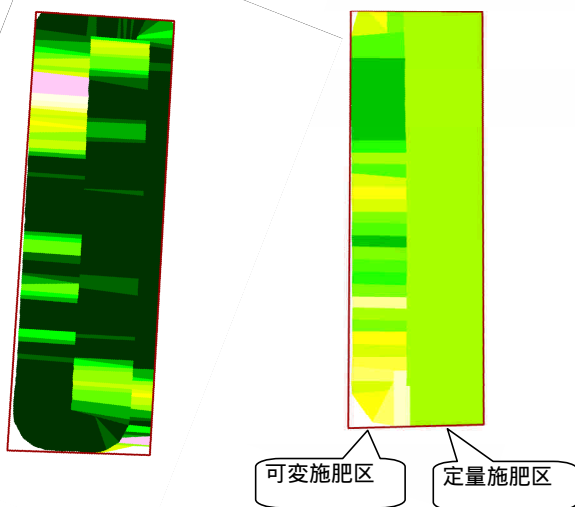


図 -4 CropSpec計測結果(M4-1)面積19759m<sup>2</sup>

図 -5 可変施肥結果(M4-1)面積19759m<sup>2</sup>

M 4 - 1	可変施肥区	定量施肥区
可変区	4	定量区
計測面積	5077m <sup>2</sup>	計測面積 6442m <sup>2</sup>
通路	450.12m <sup>2</sup>	通路 450.12m <sup>2</sup>
裸地	44.9m <sup>2</sup>	
実質面積	4581.98m <sup>2</sup>	実質面積 5991.88m <sup>2</sup>
長さ	225.95m	長さ 225.06m
幅	22.28m	幅 28.92m
	5 6	2 3 1

道 路

図 -6 G-PADによる面積計測と試験区(M4-1)

## 試験結果

### 1 実証ほ場における試験結果

実証ほ場は大空町東藻琴、佐呂間町浜佐呂間に設置し、止葉期の追肥作業における生育センサ出力値(S1)を確認し、可変施肥区及び定量施肥区の茎数、葉色値、窒素吸収量を調査した(表1)。

表 -1 可変施肥結果(2012 オホーツク)

区	止葉期調査データ						収量調査データ						収穫物調査		
	計測値読み取り	計測	計測	上位茎数と葉色値からの計算	試験場依頼	止葉期以降の	手刈り結果						インフラテック		
	S1値	葉色(6/2) (SPAD値)	上位茎数(6/2) (本/m <sup>2</sup> )	N吸収量(kg/10a)	N吸収量(kg/10a)	N施肥量(kg/10a)	穂数(本/m <sup>2</sup> )	粗原収量(kg/10a)	製品歩留まり(2.2上)	製品収量(kg/10a)	千粒重(2.2上)	1穂粒数(2.2上)	容積重(g/斗)	蛋白(%)	
M4-1可変区	4	26.6	34.6	528	6.1	8.0	7.5	504	936	87.9	823	39.0	41.9	840	9.1
	5	41.1	38.6	704	9.7	16.1	5.5	528	974	93.4	909	42.8	40.2	859	10.3
	6	38.6	39.8	752	10.8	7.6	6.5	584	955	94.7	904	42.2	36.7	843	8.4
M4-1定量区	1	40.0	40.9	800	11.9	6.9	5.0	588	901	93.9	846	42.2	34.1	855	8.7
	2	43.1	41.4	744	11.1	10.7	5.0	568	922	90.8	837	41.1	35.8	856	10.2
	3	41.5	41.1	736	10.9	11.7	5.0	584	935	93.3	872	41.4	36.1	855	9.7
M1-3可変区	7	52.9	47.0	768	13.2		0.0	560	840	93.7	787	41.3	34.0	853	9.3
	8	49.5	45.5	864	14.5		1.5	640	744	86.6	644	38.5	26.1	845	10.2
	9	48.4	44.7	736	12.0		2.5	640	779	88.4	688	40.1	26.8	845	9.4
	10	36.9	35.3	768	9.6	20.9	6.5	480	819	93.8	768	41.3	38.8	847	8.9
	11	47.6	46.2	752	12.7	16.9	2.0	608	730	92.8	677	40.4	27.5	842	9.4
	12	43.4	40.6	656	9.5	11.1	4.5	512	832	90.7	754	39.9	36.9	849	9.2
M1-3定量区	1	50.3	44.1		13.5		2.0	832							8.7
	2	40.4	41.1		13.0		2.0	864							10.2
	3	49.3	46.1		15.9		2.0	928							9.7
	4	45.8	42.1	704	10.4	8.9	2.0	688	819	81.2	665	38.2	24.7	838	9.1
	5	50.3	44.4	752	14.6	14.1	2.0	888	689	79.1	545	37.0	19.6	832	10.3
	6	47.5	45.5	720	12.0	6.4	2.0	724	821	87.5	718	37.3	26.7	840	8.4
H34可変実証	1	37.7	40.3	536	9.2	12.2		712	698	99.5	695	45.5	28.5	865	9.5
	2	39.6	42.2	560	8.5	12.9		536	819	99.1	812	45.8	31.6	870	10.0
	3	38.5	40.3	592	8.4	12.9		600	815	98.7	804	44.0	30.9	853	8.8
	4	38.4	39.7	504	9.7	11.6		488	778	99.7	775	46.1	33.3	868	9.2
	5	38.0	39.5	528	9.4	11.7		552	971	99.3	963	46.3	39.4	872	9.8
	6	39.9	40.1	624	8.0	11.9		680	827	99.0	819	43.4	30.2	859	9.2
M1-8可変実証	1	33.1	34.5	720	8.7		9.5								
	2	33.2	34.3	688	8.2		8.5								
	3	35.7	41.8	752	11.4		4.5								
N農場可変実証	1	37.5	35.4	720	9.0		5.5								
	2	24.1	28.6	528	4.8		8.0								
	3	46.7	39.7	860	12.5		0.0								
Y農場可変実証	1	58.0	47.0	960	16.8		0.0								
	2	28.2	33.5	528	5.9		8.0								
	3	41.9	39.2	864	12.3		3.0								

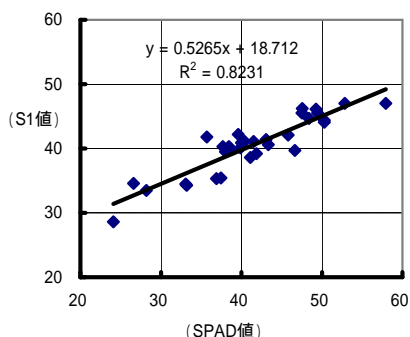


図 -1 SPAD値とS1値の関係

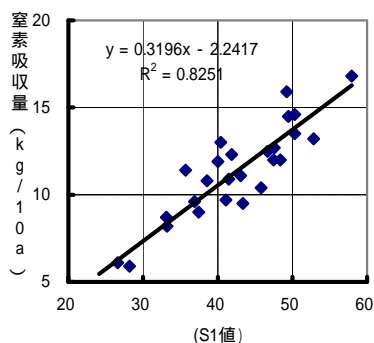


図 -2 S1値と推定窒素吸収量の関係

**小括**  
 止葉期のSPAD値とS1値の関係は、実証ほ場において高い正相関が認められた(図-1)。  
 S1値と窒素吸収量との関係を見ると高い正相関が認められた。しかし、近似線より上の地点は、S1値やSPAD値に対して上位茎数が多いと考えられる。上位茎数計測地点がほ場全体の平均値とかい離している場合、S1値のみでは倒伏の可能性が考えられる。したがって、追肥量を算出する際には上位茎数に注意する必要があると考えられる。また、近似線より下の地点はS1値やSPAD値に対して上位茎数が少ないことが考えられる。上位茎数計測地点がほ場全体の平均とかい離している場合、S1値のみによる追肥量算出でも影響しないものと考えられる(図-2)。



## 2 実証ほ場における収量調査結果

可変施肥区と定量施肥区を区分してコンバイン収穫を行い、各区毎に計量したトラックスケール計測による実収量データである(表 -2)。

表 -2 実証ほ場収量調査結果(トラックスケール計測による実収量)

	粗原収量 (kg/10a)	製品歩留まり (%)	製品収量 (kg/10a)	製品収量百分比 (%)
M4-1可変区	980	92.0	902	105
M4-1定量区	924	92.7	856	100
増収効果	106	99	105	
M1-3可変区	784	91.0	713	107
M1-3定量区	808	82.6	667	100
増収効果	97	110	107	
M可変区平均	882	91.5	808	
M定量区平均	866	87.6	762	
<b>Mほ場増収効果</b>	<b>102</b>	<b>105</b>	<b>106</b>	

歩留まりは2.2mm篩上

	粗原収量 (kg/10a)	製品歩留まり (%)	製品収量 (kg/10a)
Hほ場可変実証	602	90.2	543
町平均	617	84.8	523
<b>Hほ場増収効果</b>	<b>98</b>	<b>106</b>	<b>104</b>
<b>増収効果平均</b>	<b>100</b>	<b>105</b>	<b>105</b>

### 小括

大空町東藻琴ほ場では、可変区が882kg/10aで、定量区866kg/10aと比較して2%増収した。歩留まりは、87.6%から91.5%と4%増加したことから、製品収量では6%の増収となった。  
 佐呂間町ほ場では、実証ほ場と町平均を比較して粗原収量では2%下回ったものの、製品歩留まりで6%増加したことから、製品収量は4%増加した。  
 可変施肥による増収効果は、実証ほ場を平均すると、粗原収量では変わらないものの、歩留まりで5%増加し、製品収量では5%増収した。

### 3 止葉期の可変施肥が収量・製品歩留りに与える効果

- (1) 今回の試験では、M4-1ほ場及びM1-3ほ場に可変施肥区と定量施肥区を設置し、可変施肥区と定量施肥区を区分してコンバイン収穫を行い、処理区毎の計量値から算出した実収量データと、手刈り（坪刈り）データを収集した。各ほ場各処理区において、実収量データと手刈りデータに大きな差異は見られなかった（図 -3）。このため本項での検討は、比較事例数を確保する観点から、手刈り収量データを用いることとした。

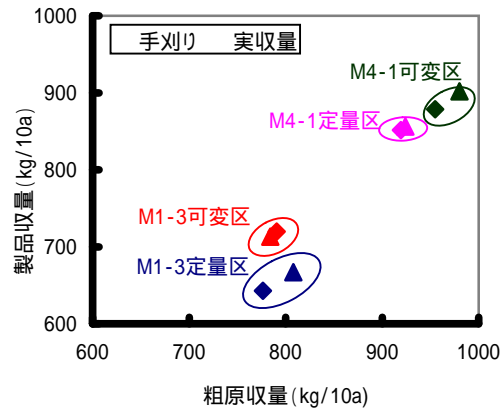


図 -3 手刈り収量と実収量の差異

- (2) 生育センサのS1値に応じて変化する止葉期以降窒素施肥量と製品収量データを比較すると、可変施肥区が優る割合が多かった。可変施肥区が定量施肥区を下回った地点は、可変施肥の上限値として設定した量を上回る窒素施肥が必要であったか、生育ムラが窒素栄養条件の差以外に起因するものであったと考えられる（図 -4）。

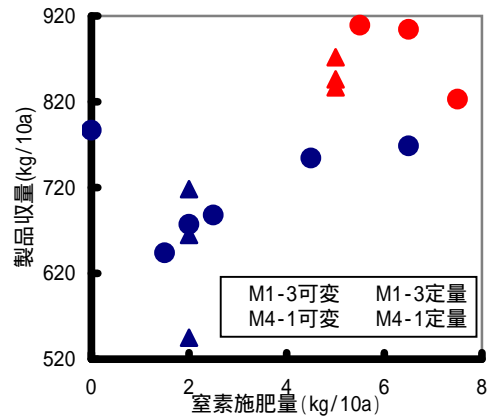


図 -4 止葉期以降窒素施肥量と製品収量との関係

- (3) 止葉期以降の窒素施肥量と製品歩留りは、M4-1ほ場では1地点を除き可変施肥区が定量施肥区に優った。M1-3ほ場では、定量施肥区以上の施肥量となった全ての可変施肥区の製品歩留りが定量施肥区を上回り、S1値に基づく施肥量 0 kg/10aの地点でも、製品歩留りは定量区を上回った。一部の地点では、可変施肥区が定量施肥区を下回ったが、これは可変施肥の上限値として設定した量を上回る窒素施肥が必要であったか、窒素吸収が阻害される何らかの条件下にあったものと考えられる（図 -5）。

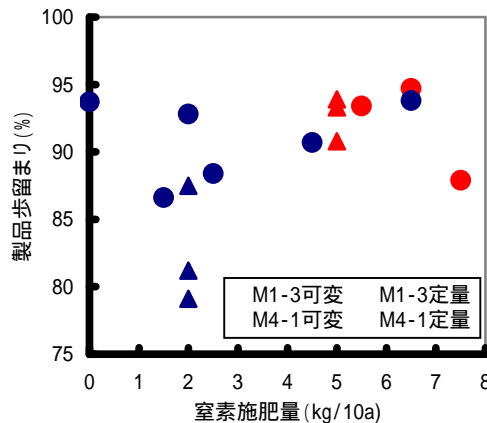


図 -5 止葉期以降窒素施肥量と製品歩留まりとの関係

(4) 止葉期以降の窒素施肥量と千粒重は、可変施肥区が定量施肥区に優れた地点が多く、M1-3ほ場では、可変施肥区全ての地点で定量施肥区を上回った。M4-1ほ場で定量施肥区を下回った1地点は、製品収量及び歩留まりにおいても定量施肥区を下回った箇所と同一であった。一般的に生育後半の窒素施肥は千粒重が増加する作用がある。可変施肥区において止葉期以降の窒素施肥量が定量施肥区より多い地点は施肥窒素が有効に作用したものと考えられ、定量施肥区より少ない地点は土壌由来の窒素を活用したと考えられる。M4-1ほ場の可変施肥区のうち定量施肥区を下回った1地点は、可変施肥の上限値設定量を上回る窒素施肥が必要であったか、窒素吸収が阻害される何らかの条件下にあったものと考えられる(図 -6)。

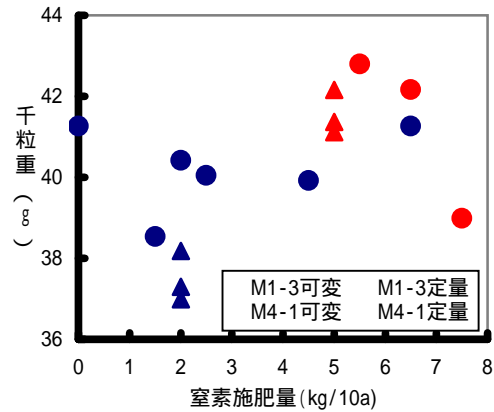


図 -6 止葉期以降窒素施肥量と千粒重との関係

(5) 止葉期以降の窒素施肥量と子実蛋白は、ばらつきが多い結果となった。この要因として、実際の収量が止葉期以降の窒素施肥量を決定する際の目標収量を上回ったためと考えられる(図 -7)。

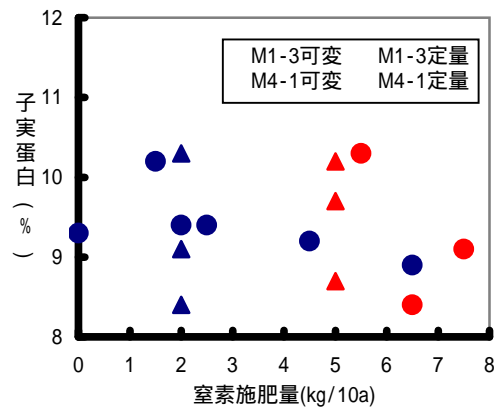


図 -7 止葉期以降窒素施肥量と子実蛋白との関係

小括

止葉期以降の窒素施肥に可変施肥技術を導入することが、製品収量、製品歩留まり、千粒重の向上に有効であることが確認できた。但し、止葉期における生育ムラが窒素栄養条件以外によるものである場合や、可変施肥量の設定上限値を超える多収条件となった場合は、可変施肥の効果にばらつきが生じると考えられる。

#### 4 止葉期前および出穂直前2回の可変施肥が生育、収量に与える効果

今回の試験では、Hほ場は、5月18日にセンシングと同時に可変施肥を実施している。さらに6月11日にセンシングと同時に可変施肥を行った。6月11日の結果を示す(表 -3)。

表 -3 Hほ場の6/11のS1値、葉色、上位茎数

	S1値	葉色 (6/11) (SPAD値)	上位茎数 (6/11) (本/m <sup>2</sup> )	N吸収量 (kg/10a)	N吸収量	
	計測値読み 取り	計測	計測	上位茎数と 葉色値から 計算	試験場依頼	
H34 可変実証	1	37.7	40.3	536	9.2	12.2
	2	39.6	42.2	560	8.5	12.9
	3	38.5	40.3	592	8.4	12.9
	4	38.4	39.7	504	9.7	11.6
	5	38.0	39.5	528	9.4	11.7
	6	39.9	40.1	624	8.0	11.9

表 -4 Hほ場のS1値の変動係数

	5月18日	6月11日
最小値	11.7	37.7
最大値	25.4	39.9
標準偏差	2.67	0.88
平均	18.36	38.68
変動係数	14.56	2.28

表 -5 収量調査結果

	粗原収量 (kg/10a)	製品歩留まり (%)	製品収量 (kg/10a)
H可変実証	602	90.2	543
町平均	617	84.8	523
可変実証 増収効果	98	106	104

#### 小括

止葉期以前に一度センシングにより可変施肥を実施すると、5月18日に変動係数が14.56だったS1値が2.28と均一化されている(表 -4)。Hほ場では可変施肥により均一化されたほ場にさらに可変施肥を行うこととなった。収量調査結果は、町内平均よりも製品収量で4%上回った(表 -5)。

Hほ場の今年の施肥作業は5月18日と6月11日であった。時期については麦の生育状況を勘案して次年度以降検討する必要がある。

## 5 可変施肥による均一化

実証ほ場における収量及び品質項目を測定した(表 -6)。

表 -6 可変追肥の収量性および品質項目の変動係数(2012年オホーツク 大空町東藻琴ほ場)

	4 - 1可変区	4 - 1定量区	1 - 3可変区	1 - 3定量区	可変区平均	定量区平均
最小施肥量 (kg/10a)	2.0	5.0	0.0	2.0	1.0	3.5
最大施肥量 (kg/10a)	7.5	5.0	6.5	2.0	7.0	3.5
平均施肥量 (kg/10a)	5.0	5.0	4.5	2.0	4.8	3.5
製品収量(トラックデータ)(kg/10a)	902	856	713	667	808	762
製品収量百分比	105	100	107	100	106	100
製品歩留まり(%)	92.0	92.7	91.0	82.6	92	88
製品歩留まり百分比	99	100	110	100	105	100
(平均)						
製品歩留まり	92	93	91	83	92	88
m <sup>2</sup> 当たり穂数	539	580	573	821	556	700
子実蛋白含有率	9.3	9.5	9.4	9.4	9.3	9.5
千粒重	41.3	41.5	40.2	37.5	40.8	39.5
容積重	847	855	847	837	847	846
(標準偏差)						
製品歩留まり	3.6	1.6	3.0	4.4	3.3	3.0
m <sup>2</sup> 当たり穂数	41.1	10.6	67.4	94.9	54.2	52.7
子実蛋白含有率	1.0	0.8	0.4	0.8	0.7	0.8
千粒重	2.0	0.5	1.0	0.6	1.5	0.6
容積重	10.1	0.9	3.9	3.9	7.0	2.4
(変動係数) (C.V)						
製品歩留まり	3.92	1.77	3.28	5.29	3.60	3.53
m <sup>2</sup> 当たり穂数	7.62	1.82	11.76	11.56	9.69	6.69
子実蛋白含有率	10.37	8.01	4.61	8.40	7.49	8.21
千粒重	4.95	1.31	2.53	1.65	3.74	1.48
容積重	1.19	0.11	0.46	0.47	0.83	0.29

表 -7 子実蛋白と製品歩留まりの変動幅

		製品歩留まり	子実蛋白
		2.2上(%)	(%)
可変区	最大値	94.7	10.3
	最小値	86.6	8.4
	平均値	91.3	9.4
定量区	最大値	93.9	10.3
	最小値	79.1	8.4
	平均値	87.6	9.4
変動幅			
	可変区	8.1	1.9
	定量区	14.8	1.9

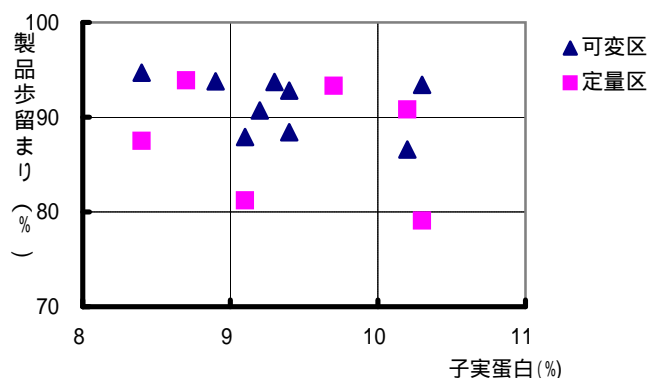


図 -8 子実蛋白と製品歩留まりの変動幅

### 小括

オホーツク管内(大空町東藻琴)における可変施肥試験での可変範囲は、4 - 1可変区2.0~7.5kg/10a、同定量区5.0kg/10a、1 - 3可変区0.0~6.5kg/10a、同定量区2.0kg/10aであった。

製品収量は、4 - 1可変区902kgで、定量区856kgと比較すると105%であった。また、1 - 3可変区は713kg/10aであり、同定量区667kg/10aと比較すると、107%であった。可変区での増収効果は平均6%であった(表 -6)。

製品歩留まり(2.2mm上)は、定量区と比較すると、4 - 1可変区で99%、1 - 3可変区で110%であり平均すると5%増加した(表 -6)。

製品歩留まりの変動幅は可変区8.1、定量区14.8であり、可変区は変動の幅が小さかった。子実蛋白の変動幅は可変区、定量区とも1.9と同等であった(表 -7、図 -8)。



## 可変追肥技術の経済性、作業性

### 1 可変施肥の経済性評価

センサ及び施肥機 + センサを購入した場合の固定費を示した(表 -1)。また、現状の戸別所得補償制度下での所得増収効果と可変施肥利用下限面積を試算した(表 -2)。

表 -1 可変施肥システムの固定費

	センサのみ	施肥機 + センサ
購入価格(円)	3,360,000	5,726,000
耐用年数(年)	7	7
修理係数(%)	5	5
減価償却費	480,000	818,000
修理費用	168,000	286,300
合計	648,000	1,104,300

センサには生育センサ、コンソール、GPS、ケーブルを含む

表 -2 可変施肥システムの利用下限面積

(俵)	収量水準 (kg/10a)	収入 (円/10a)	増収効果(4.9%) (kg/10a)	増収効果収入 (円/10a)	増収額 (円/10a)	利用下限面積(ha)	
						センサのみ	施肥機 + センサ
					= -	固定費 / *10	
8	480	77,450	504	81,245	3,795	17.1	29.1
9	540	87,132	566	91,401	4,269	15.2	25.9
10	600	96,813	629	101,557	4,744	13.7	23.3
11	660	106,494	692	111,713	5,218	12.4	21.2
12	720	116,176	755	121,868	5,693	11.4	19.4
13	780	125,857	818	132,024	6,167	10.5	17.9
14	840	135,538	881	142,180	6,641	9.8	16.6
15	900	145,220	944	152,335	7,116	9.1	15.5
16	960	154,901	1,007	162,491	7,590	8.5	14.5

(60kg当価格) 9681.3  
(kg当価格) 161.355

小麦価格根拠

1)小麦品代(きたほなみ53,855円/トより60kg当たり3231.3円)(平成24年入札価格)

2)戸別所得補償交付金(60kg当たり6,450円 - 1等Aランク)

3)1俵60kg当たり 3231.3円 + 6450円 = 9681.3円

増収効果

1)製品歩留まりを換算した製品収量とし、4.9%増収するとして試算

#### 小括

表 -2より、10a当たり収量600kgのとき、可変施肥を行うことで、4.9%の収量増加が見込めることから、見込み収量は629kgとなる。10aで29kgの増収が見込めることから、増収効果は4,744円となる。10a当たり4,744円増収すると、13.7ha作付けすれば、648,000円の増収効果となり、センサ固定費と同等となる。

仮に336万円で生育センサ等周辺機器を導入しても、13.7haの小麦を作付けすれば固定費を回収することができる。同様に施肥機 + センサ等を導入した場合は、23.3ha作付けすれば、固定費110万円を回収することができる。

収量水準が上がれば、少ない面積でも効果は大きい。仮に収量720kg/10aの場合はセンサのみ11.4ha、施肥機 + センサの場合でも19.4haで回収が可能である(図 -1)。

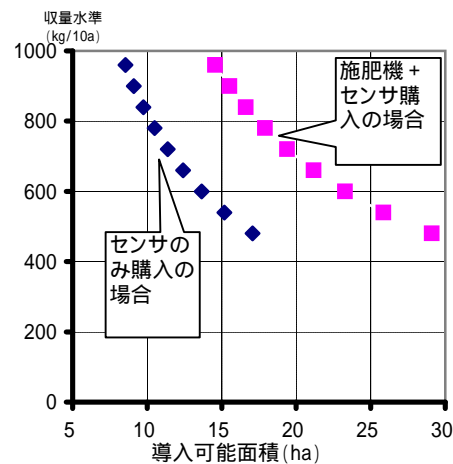


図 -1 収量水準と導入可能面積との関係

## 2 肥料費の低減効果

可変施肥区と定量施肥区を比較し、肥料削減効果を調査した。10a当たり肥料投入量、10a当たり肥料費、可変施肥を行った止葉期の肥料投入量、および10a当たり肥料削減効果を示した(表 -3、4、5、6)。

ほ場番号	基肥	1回目	2回目	止葉期施肥
	858Cu1	硫安	硫安	硫安
M1 - 3	60kg	40	7	15.8
M4 - 1	60kg	10	13	24.2

ほ場番号	基肥	1回目	2回目	止葉期施肥	計
M1 - 3	5,212	1,908	334	754	8,208
M4 - 1	5,212	477	620	1,154	7,463
農業生産技術体系(第三版)					8,386

肥料費 諸元  
 1)投入量は基肥60kg/10a(価格はJ Aオホーツク網走の858cu1(43,434円/500kg)による)  
 2)分施は、硫安(価格はJ Aきたみらい(953円/20kg)による)

6月4日	面積 (m <sup>2</sup> )	肥料投入量 (kg)	金額 (円)	10a当量 (kg/10a)	10a当金額 (円/10a)
M1 - 3	62,797	995	47,462	15.8	754
M4 - 1	19,759	478	22,801	24.2	1,154
合計・加重平均	82,556	1,473	70,262	17.8	851

止葉期追肥	肥料費(円)	硫安投入量(kg)	窒素投入量(kg)
可変施肥	851	17.8	3.7
定量施肥	909	19.1	4.0
差	-58	-1.3	-0.3

止葉期追肥量と費用の比較  
 1)可変施肥試験ほ場は、実証結果の数字。面積のなかに定量区を含む。  
 2)止葉期の定量施肥量は、「道東地域における秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法」にもとづく施肥量。

小括  
 農業生産技術体系にもとづく肥料費は10a当たり8,386円であり、実証ほ場M1 - 3(8,208円)、M4 - 1(7,463円)ともに下回っている(表 -3)。  
 止葉期肥料投入量は、可変施肥実証ほ場(82,556m<sup>2</sup>)が1,473kgで、硫安の価格を47.7円/kgとすると70,262円、10a当たり851円となる(表 -5)。可変施肥実証ほ場では、硫安で17.8kg/10aの施肥量、窒素量では3.7kg/10aとなる(表 -6)。  
 仮に、止葉期に窒素量4kg/10aの定量施肥を行った場合、硫安19.1kg/10aとして、82,556m<sup>2</sup>に施肥すると、1,573kg必要となる。肥料費は75,032円(1,573kg × 47.7円)、10a当たり909円となる。したがって、10a当たりの価格差は可変施肥が58円安となる。硫安投入量では1.3kg、窒素投入量では0.3kg減じることができる。

### 3 可変施肥技術の作業性(大空町東藻琴ほ場)

可変施肥作業時間を調査した。実作業時間および総作業時間から総投下労働時間を示し、北海道農業生産技術体系(第3版)と比較した(表IV-7)。

表IV-7 可変施肥の作業能率

	作業幅 (m)	作業面積 (ha)	作業速度 (m/s)	実作業時間 (min)	総作業時間 (min)	作業内訳(%)			実作業能率 (ha/h)	総作業能率 (ha/h)	作業人員 (人)	総投下労働時間 (人時間/ha)	
						実作業	巡回	移動					
センシング	M1-3	33.00	6.28	2.22	35.0	35.0			10.77	10.77	1	0.093	
	M4-1	33.00	1.98	2.22	6.8	6.8			17.56	17.56	1	0.057	
	平均								14.16	14.16	1	0.071	
可変施肥作業	M1-3	33.00	6.28	2.22	19.0	32.5	58.5	36.9	4.6	19.83	11.59	1	0.086
	M4-1	33.00	1.98	2.22	6.8	10.3	65.9	19.5	14.6	17.56	11.57	1	0.086
	平均						62.2	28.2	9.6	18.70	11.58	1	0.086

1) ブロードキャストの作業幅は33mである。

2) センシング時、1-3ほ場では機器不具合により数度停止したことにより時間的ロスがある。

北海道農業生産技術体系	16.50	1.39							2.50	1	0.400
-------------	-------	------	--	--	--	--	--	--	------	---	-------

#### ●肥料投入時間

M1-3	30.0
M4-1	15.0

#### ●機器設置時間

機器設置	60.0
------	------

1) 新たなトラクタに付け替えたため、時間を勘案した。

合計	8.26	189.5							2.61	1	0.383
----	------	-------	--	--	--	--	--	--	------	---	-------

1) 作業はオペレータのみ。

2) 実作業時間は施肥時間のみ。総作業時間は、巡回、移動を含める。

3) 機器設置時間を含めた作業能率を検証した。

#### 小括

可変施肥の作業能率を表IV-7に示した。可変施肥作業はオペレータのみである。作業能率は、実作業時間では18.7ha/h、巡回、移動を含めた総作業時間では11.6ha/h、投下労働時間は0.086人時/haであった。北海道農業生産技術体系の分施1回当たりの投下労働時間は0.4人時/haと比較すると、労働時間は21.5%であり、78.5%減少した。

肥料投入時間を含めた投下労働時間は、0.383人時間/haであり、技術体系と比較して96%である。センシング及び可変施肥作業でほ場を重複して走ることになるが、作業能率は作業体系と比較して上がっている。

大空町東藻琴ほ場では、センシング後S1値と上位茎数、葉色値のデータに基づき、可変施肥の基準量、上限量、下限量を決定している。この計算時間は含めていない。

## 総合考察

- 1 オホーツク管内の試験による可変施肥増収効果は、実証ほ場を平均すると、粗原収量では変わらないものの、歩留まりで5%増加し、製品収量では5%増収した。
- 2 止葉期以降の窒素施肥に可変施肥技術を導入することが、製品収量、製品歩留まり、千粒重の向上に有効であることが確認できた。但し、止葉期における生育ムラが窒素栄養条件以外によるものである場合や、可変施肥量の設定上限値を超える多収条件となった場合は、可変施肥の効果にばらつきが生じると考えられる。
- 3 S1値やSPAD値に対して上位茎数多い場合、S1値のみでは倒伏の可能性が考えられる。追肥量を算出する際には上位茎数に注意する必要があると考えられる。
- 4 歩留まりの変動幅は可変区8.1、定量区14.8であり、可変区は変動の幅が小さかった。子実蛋白の変動幅は可変区、定量区とも1.9と同等であった。
- 5 可変施肥利用下限面積は、収量が600kg/10aの場合、仮に336万円で生育センサ等周辺機器を導入しても、13.7haの小麦の作付けで固定費を回収することができる。同様に施肥機+センサ等を導入した場合は、23.3ha作付けで、固定費110万円を回収することができる。収量水準が上がれば、少ない面積でも効果は大きい。
- 6 肥料費の10a当たりの価格差は可変施肥が58円安となる。硫安投入量では1.3kg、窒素投入量では0.3kg減じることができる。
- 7 肥料投入時間を含めた総投下労働時間は、0.383人時間/haであり、北海道農業生産技術体系と比較すると、総投下労働時間は、96%に止まった。センシング及び可変施肥作業で、ほ場を重複して走ることになるが、作業能率は技術体系と比較して向上している。
- 8 今回の施肥では、センシングと同時に施肥する体系とセンシング結果に基づき目標収量を細分化した施肥マップを作成後に可変施肥を行う体系の調査を行った。前者は、施肥作業の効率化と施肥作業者が小麦の肥培管理技術に精通していない場合でもある程度の高品質安定生産に対応した施肥が可能な体系と考えられる。後者はセンシング作業と施肥作業、さらには施肥マップの作成に時間が必要となるが、生育センサ値のみでは判断できないほ場の特性等を反映した施肥が可能な体系と考えられる。
- 9 S1値決定の基本となる、ほ場の窒素含量の差による生育ムラが幼穂形成期以降から発現することは「レーザー式生育センサを活用した秋まき小麦に対する可変施肥技術」(H24北海道普及推進事項、以下「普及推進事項」と表記)でも整理されている。  
今回の試験におけるHほ場の調査結果でも、止葉期前にも可変施肥を行うことで、止葉期の生育が均一化されていることが確認できた。止葉期の生育ムラを、止葉期以降のみの可変施肥で解消することは難しいため、幼穂形成期の段階でも、小麦の生育ムラに応じて可変施肥することで、さらなる増収効果が期待できるものと考えられる。

## 今後の課題

- 1 「普及推進事項」では幼穂形成期からの可変施肥の活用及び止葉期での活用時における作業適期(止葉期2日前から1週間程度)が示されている。しかし、現場では施肥作業計画日の気象状況によって、計画どおりに作業が出来ない事態も想定される。可変施肥システムの普及に際しては、作業適期内に利用下限面積以上の作業面積を確保できる効率的利用方法を十分検討するとともに、センサ及び施肥機の購入費用の低減が望まれる。
- 2 センシングデータは、ほ場内の生育ムラが窒素吸収量の差によることを示していることから、センシングデータに基づく土壌窒素含量マップを作成することで、小麦以外の作物の施肥においても活用が可能であると思われる。具体的には、小麦の後作物となる場合が多く、かつ、施肥量が多いてんさい作付け時の施肥改善に活用することが可能となれば、可変施肥システムの導入効果が高まるものと思われる。
- 3 単年度の試験結果であり、可変施肥技術の実用化に対応しうるS1値など客観的なデータを積み上げる必要がある。

### 協力機関

大空町東藻琴 馬渡智昭氏  
佐呂間町浜佐呂間 株式会社はまほろ 代表取締役 楢林克幸氏  
オホーツク網走農業協同組合  
佐呂間町農業協同組合  
北海道立総合研究機構北見農業試験場  
株式会社システムサプライ  
株式会社トプコン  
株式会社岩崎

### 担当者

網走農業改良普及センター	主査(人材育成) 馬淵富美子
同	地域係長 玉井雅浩
同	専門普及指導員 笠原亮平