

網走管内の畑地における緑肥および麦稈の分解過程

今野 一男*² 菊地 晃二*² 平井 義孝*³

網走管内の畑地において、各種緑肥および麦稈の秋埋設後の分解過程をガラス繊維ろ紙法とリターバック法を用いて検討した。6ヶ月後の乾物減少率は、緑肥の場合49～68%（ガラス繊維ろ紙法）および50～74%（リターバック法）、麦稈の場合28%（ガラス繊維ろ紙法）および24%（リターバック法）であった。また1年後では、緑肥の場合68～80%および82～96%、麦稈の場合59%および57%であった。炭素の分解と埋設時の化学成分組成との関係を見ると、分解率はC/N比の低いものほど、またC/N比が同一の場合には炭水化物含量が高く、リグニン含量の低いものほど大きかった。窒素の分解はC/N比の小さいものほど大きく、ガラス繊維ろ紙法の結果では、C/N比が約40以下の場合分解率がプラスとなり、またC/N比が約25以下の場合無機化が進むことを認めた。一方、有機成分の分解率は糖・デンプン>ヘミセルロース≒セルロース>リグニンの順で、緑肥中の糖・デンプンは最初の6カ月間で大部分が分解された。また、麦稈のC/N比および還元糖割合は、1年後にはそれぞれ41および35%まで低下した。

I 緒 言

北海道の畑作専業地帯では、地力維持の観点からムギ類跡地に緑肥作物の導入が行われている^{11・18}。緑肥は、土壤中での分解過程において、窒素を中心とした養分供給、団粒の増加と安定化、微生物相の多様化と活性の増大など多様な効果を示すものとされている¹¹。また、麦稈との併用の際には麦稈の分解を促進し、かつ窒素飢餓の発現を抑制する効果も明らかにされている^{3・16}。しかし、このような有機物の施用は、*Pythium* 属菌の急激な増殖やフェノール性酸などの有害物質によって作物に悪影響を及ぼす危険も指摘されている^{6・17}。このことから、緑肥および麦稈を有機物資材として有効利用するためには、まず資材自体の土壤中における分解過程を解明することが

重要と考えられる。

一方、有機物の分解過程はそれらの化学成分組成が異なることによって著しく相違する²³。網走管内では畑輪作に各種の緑肥作物が導入されているが、緑肥の化学成分組成は、作物の種類および栽培条件などによってかなり変動することが認められている¹¹。さらに、有機物の分解は気象や土壌など環境条件の影響も大きいとされている。北海道においては、緑肥や麦稈のような有機物はほとんどが秋に鋤込まれているが、道内の畑土壌で秋鋤込み後の分解過程を調査した事例はほとんど見当たらない。

そこで、本報告では、有機物資材としての緑肥および麦稈の有効利用を進める観点から、網走管内の畑地において数種の緑肥および麦稈の秋鋤込み後の分解とそれらの分解に伴う化学成分の経時的変化を検討した。

II 試験方法

1. 供試緑肥および麦稈

緑肥作物としてエンバク（茎葉）、レバナ（茎葉）およびアカクロバ（茎葉・根）を供試した。

1992年3月27日受理

*¹ 本報の一部は、1985年日本土壌肥科学会北海道支部で発表した。

*² 北海道立北見農業試験場（現、北海道立中央農業試験場、069-13 夕張郡長沼町）

*³ 同上（現、080-24 帯広市西19条南4丁目）

エンバク・レバナは後作緑肥として8月上旬～下旬、アカクローバは間作緑肥として5月上旬にそれぞれ播種し、10月下旬に収穫したものをを用いた。なお、エンバク・レバナは播種期によって鋤込み時の有機成分組成が変動するので、ここでは播種期を2段階に設定した。一方、麦稈の場合はコムギの収穫残渣を用いた。これらの化学成分は表1に示すとおりである。

2. 緑肥および麦稈の分解率測定

圃場条件において有機物の分解過程を調査する方法として、ガラス繊維ろ紙法とリターバック法がある。本試験では、有機物全体の分解推移を調査する目的でガラス繊維ろ紙法を、また個々の化学成分の経時変化を調査する目的でリターバック法を用いた。

ガラス繊維ろ紙法：前田・鬼鞍¹⁴⁾および渡辺等²⁴⁾の方法に準じた。すなわち、2 mmのふるいを通した生土を供試し、乾土30 g相当量の土壌に風乾・粉碎した(2 mm以下)緑肥または麦稈を5 g(緑肥・麦稈混合物の場合はそれぞれ2.5 g)ずつ混和した。これをガラス繊維ろ紙筒に入れ、

全体をサラン網で包んでから地表7～10 cmの深さに埋設した。試料を添加しない土壌についても同様に埋設し、対照区とした。土壌は、淡色黒ボク土(南網走)、多腐植質黒ボク土(北見農試)、灰色台地土(常呂)の3種類を供試し(表2)、埋設周辺の土壌はろ紙内と同じものに入れ替えた。1983年11月8日に設置し、翌年春から2連ずつ経時的に採取し、内容物の乾物重、全炭素、全窒素を測定した。処理区と対照区との差から、添加量に対する残存率(%)を求め、 $[100 - \text{残存率}]$ を分解率(%)とした。

リターバック法：1/5000 aポット(高さ40 cm, 無底)を圃場に埋め込み、5 mmのふるいを通した生土(淡色黒ボク土)を充填した。緑肥は5～10 cmに切断した生サンプル、麦稈は10 cmに切断した風乾サンプルを供試し、それぞれサラン網に包んでポット内の土層5 cm, 25 cmの深さに埋設した。1985年10月31日に設置し、翌年春から2連ずつ経時的に採取し、0.5 mmのふるいに残存したものについて乾物重、全炭素、全窒素および有機成分を調査した。

表1 供試緑肥および麦稈の化学成分(乾物中%)

項 目	エ ン バ ク			レ バ ナ			アカクローバ		麦 稈	
	A*	B**	C*	A*	B**	C**	茎葉	根	A	B
T-C	43.0	44.0	43.0	42.1	42.0	40.6	45.5	45.3	43.5	41.8
T-N	1.60	2.71	1.62	1.76	3.39	3.86	3.50	2.50	0.78	0.65
C/N比	26.9	16.2	26.5	23.9	12.4	10.5	13.0	18.1	55.8	64.3
糖・デンプン	11.2	17.0	11.9	12.0	12.9	9.6	6.9	14.9	3.4	1.4
ヘミセルロース	16.7	11.9	14.7	9.8	8.6	5.3	11.5	20.9	23.2	19.2
セルロース	23.6	13.9	15.8	20.0	8.8	7.5	17.7	14.3	38.4	29.5
リグニン	7.7	6.3	6.2	5.9	5.3	5.5	9.9	4.3	12.2	12.7
フェノール	1.3	1.6	1.2	1.3	2.1	1.9	1.4	0.9	1.1	1.0

*播種期：8月上旬, **同：8月下旬

表2 供試土壌の理化学性

供試土壌	土性	pH (H ₂ O)	T-C (%)	T-N (%)	C/N 比	CEC (meq/100 g)	可給態N* (mg/100 g)	Truog P ₂ O ₅ (mg/100 g)
淡色黒ボク土	SL	6.1	2.56	0.19	13.5	20.2	3.3	11.5
多腐植質黒ボク土	L	5.2	6.57	0.49	13.4	27.6	6.0	13.3
灰色台地土	CL	5.9	2.43	0.17	14.3	16.3	6.5	13.6

*30℃, 4週間培養後の無機態N

なお、本試験は北見農業試験場圃場（表層多腐植質黒ボク土）で実施し、埋設地点の周辺はいずれも裸地条件とした。

3. 測定期間中の気象経過

埋設後1年間の地温および降水量の月別推移を表3に示すとおりである。

地温：各年とも12月～3月の4ヶ月間は土壤凍結のため0℃以下で推移した。土壤間の比較では、凍結期間を除く10月～5月において多腐植質黒ボ

ク土が、また7月～8月の高温時には淡色黒ボク土がそれぞれ低い傾向を示したが、その差は僅かであった。土層の深さ別では、10月～12月において25cm区が5cm区より高かったが、4月以降は5cm区が高く推移した。

降水量：両試験年とも年間降水量は平年値よりも少なかった。特にガラス繊維ろ紙法の場合、6月～8月に高温で推移したこともあって、隣接圃場で早ばつ傾向もみられた。

表3 埋設後1年間の地温および降水量の月別推移

項目	試験法*	土層深 (cm)	土壌の種類**	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
地温 (℃)	G	8～9	I	3.9	<0	<0	<0	<0	1.9	11.0	18.8	21.9	22.8	17.0	8.6
			II	3.5	<0	<0	<0	<0	1.4	10.7	18.9	22.2	23.2	17.1	8.2
			III	3.9	<0	<0	<0	<0	1.9	11.2	18.9	22.2	23.4	17.2	8.6
	L	5	I	3.0	<0	<0	<0	<0	4.7	11.4	16.2	18.9	22.5	16.8	7.8
		25	I	5.4	1.1	<0	<0	<0	2.5	9.1	14.1	16.9	20.8	16.2	8.3
	平年			62	43	57	32	52	41	67	74	71	113	93	75
降水量 (mm)	G			29	39	32	15	102	25	32	28	85	75	46	44
	L			38	50	27	20	44	31	72	20	94	75	128	34
	平年			62	43	57	32	52	41	67	74	71	113	93	75

注) 地温は最高・最低の平均値
黒ボク土, III: 灰色台地上

*G: ガラス繊維ろ紙法, L: リターバック法, **I: 淡色黒ボク土, II: 多腐植質

4. 化学成分の分析法

全炭素はCNコード法, 全窒素はケルダール法で測定した。

有機成分については、まずオートクレーブを用いて熱水抽出(105℃, 1時間)を行った。残渣は95%エタノールで洗浄し、風乾後0.7N塩酸を加えて2.5時間煮沸した。風乾した残渣に72%硫酸を加え、20℃で4時間放置後蒸留水を加えて0.78N硫酸とし、4時間煮沸した。熱水可溶物、0.7N塩酸可溶物および72%硫酸可溶物中の還元糖はSomogyi法により定量し、それぞれ糖+デンプン、ヘミセルロース、セルロースとした。また、これらの合計量から井ノ子¹⁰⁾の方法にしたがって還元糖割合を算出した。リグニンは72%硫酸不溶物から粗灰分と窒素化合物(全窒素×6.25)を差し引いて求めた。フェノールはSivapalan et al¹⁹⁾の方法に準じて熱水抽出液中の全フェノールをFolin-Denis法で測定した。なお、フェノールの標準試薬にはタンニン酸を用いた¹³⁾。

III 試験結果

1. 緑肥および麦稈の分解経過

図1には緑肥および麦稈の乾物残存率の推移を示した。これをみると、ガラス繊維ろ紙法では、埋設後の6ヶ月間で緑肥49～68%、麦稈28%、1年間で緑肥68～80%、麦稈59%の分解率(いずれも3種類の土壌の平均値)を示した。また、リターバック法では、6ヶ月間で緑肥50～74%、麦稈24%、1年間で緑肥82～96%、麦稈57%の分解率を示した。このことから、緑肥の場合には秋から翌春までの間に大半が分解され、また、麦稈と比較するとその分解率は2～3倍も大きいことが示された。

一方、リターバック法で調査した埋設位置の影響については、麦稈では判然としなかったが、緑肥の場合には、いずれも土層5cm区が土層25cm区より分解がやや速く進む傾向を示した。

ところで、両測定法の乾物残存率を比較すると、緑肥の場合埋設後6ヶ月以上経過したものはリターバック法がガラス繊維ろ紙法よりも低い値を

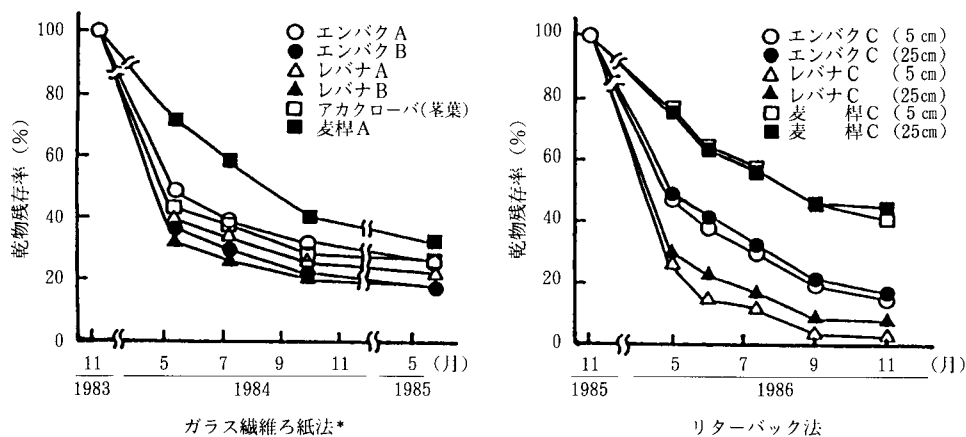


図1 麦稈および緑肥の乾物残存率の推移
* 3種類の土壌の平均値

示した。この差は特にレバナで大きかったが、その要因は、分解が進むと試料の崩壊が顕著になり、回収率が低下するためと考えられた。したがって、リターバック法ではこのような崩壊しやすい有機物の分解過程を長期間正確に把握することは困難とみなされた。

そこで、次にガラス繊維ろ紙法を用いて測定した炭素、窒素の残存率の推移を表4に示した。まず、炭素残存率をみると、埋設後6ヶ月目で緑肥29～47%、麦稈61%、同1年目で緑肥18～29%、麦稈35%、同1年6ヶ月目で緑肥17～26%、麦稈31%であった。これらは、乾物残存率と比較して緑肥で2～6%、麦稈で6～11%低かった。

一方、窒素残存率は、埋設後6ヶ月目で緑肥48

～81%、麦稈115%、同1年目で緑肥28～59%、麦稈121%、同1年6ヶ月目で緑肥27～56%、麦稈112%であった。これらはいずれも乾物残存率より高く、特に麦稈の場合には長期にわたり100%を上回る残存率を示した。このことから、窒素の分解率は、緑肥、麦稈とも炭素より小さく、また、その差は麦稈のようにC/N比の大きいものほど顕著となる傾向であった。

表5には炭素、窒素の残存率を土壌間で比較した結果を示した。緑肥の場合、その種類によって若干のバラつきがみられたが、平均値でみると炭素、窒素とも淡色黒ボク土>多腐植質黒ボク土>灰色台地土の傾向であった。また、麦稈の場合は、炭素で多腐植質黒ボク土>淡色黒ボク土>灰色台

表4 緑肥および麦稈の炭素・窒素残存率の経時的变化 (ガラス繊維ろ紙法)

項 目	時 期 (年・月・日)	エンバク		レ バ ナ		アカクローバ		麦稈 A	アカクローバ (茎葉) + 麦稈 A
		A	B	A	B	茎葉	根		
炭素残存率 (%)	1984・5・11	47	35	39	32	42	36	61	48
	7・5	32	25	30	22	35	27	49	39
	9・25	26	21	24	18	29	23	35	37
	1985・5・24	23	19	22	17	26	19	31	35
窒素残存率 (%)	1984・5・11	81	62	78	48	64	66	115	79
	7・5	77	50	65	42	54	50	130	77
	9・25	59	35	49	28	42	35	121	69
	1985・5・24	56	33	47	27	37	31	112	65

注) 3種類の土壌の平均値

表5 土壌別の炭素・窒素残存率の経時的変化（ガラス繊維ろ紙法）

項 目	時 期 (年・月・日)	緑 肥 平 均			麦 稈 A		
		I	II	III	I	II	III
炭素残存率 (%)	1984・5・11	42	38	34	63	62	59
	7・5	34	27	26	52	52	43
	9・25	24	24	21	32	40	34
	1985・5・24	24	22	20	28	34	30
窒素残存率 (%)	1984・5・11	70	68	62	118	118	109
	7・5	65	55	51	143	131	118
	9・25	47	42	39	131	117	113
	1985・5・24	46	40	34	120	111	105

注) I : 淡色黒ボク土, II : 多腐植質黒ボク土, III : 灰色台地土

地土、窒素で淡色黒ボク土>多腐植質黒ボク土>灰色台地土の傾向であった。このことから、緑肥、麦稈とも分解速度は灰色台地土が両黒ボク土よりも大きかった。

2. 緑肥および麦稈の分解に伴う有機成分の変化

リターバック法で調査した緑肥および麦稈の有

機成分の経時的変化を表6に示した。ここでは、土層5cmと25cmの埋設位置による成分の差異は僅かであったので、両者の平均値を示した。

まずC/N比をみると、エンバク（当初のC/N比26.5）の場合、埋設後6ヶ月目から8ヶ月目の間に低下傾向を示し、8ヶ月目以降のC/N比は20以下で推移した。レバナ（同10.5）の場合は、

表6 緑肥および麦稈の分解過程における化学成分変化（リターバック法）

供 材	試 料	時 期 (月・日)	T－C	T－N	C／N 比	糖・デ ンブ	ヘミセル ローズ	セルロ ース	リグニン	フェノ ール	還元糖 割 合
エンバク C		10・31*	43.0	1.62	26.5	11.9	14.7	15.8	6.2	1.2	44
		5・1	43.4	1.58	27.5	3.1	19.3	23.8	16.0	1.2	47
		5・30	42.7	1.66	25.7	2.5	17.6	20.4	16.8	1.0	42
		7・10	41.9	2.11	19.9	2.2	17.5	13.4	19.4	1.0	35
		9・1	40.9	2.05	20.0	1.7	15.0	13.9	20.0	0.8	33
		11・1	38.1	1.96	19.4	1.3	11.8	10.5	21.7	0.9	28
レバナ C		10・31*	40.6	3.86	10.5	9.6	5.3	7.5	5.5	1.9	25
		5・1	23.5	2.17	10.8	1.6	4.2	6.4	7.0	0.2	24
		5・30	23.4	2.16	10.8	1.7	5.2	5.1	8.1	0.2	23
		7・10	22.8	2.14	10.7	1.4	5.6	5.8	10.0	0.2	25
		9・1	25.1	2.13	11.8	1.3	6.8	6.7	11.1	0.2	26
		11・1	24.4	2.03	12.0	0.5	6.4	5.3	10.0	0.3	22
麦 稈 B		10・31*	41.8	0.65	64.3	1.4	19.2	29.5	12.7	1.0	53
		5・1	41.7	0.56	74.5	1.1	19.0	29.3	16.6	0.6	52
		5・30	42.0	0.68	61.8	1.5	19.0	26.8	19.3	0.5	49
		7・10	41.4	0.88	47.0	1.2	17.6	21.9	21.4	0.5	44
		9・1	41.5	0.90	46.1	1.1	15.9	19.6	20.6	0.5	39
		11・1	39.0	0.95	41.1	1.2	13.4	16.0	22.2	0.6	35

注) 成分含量は乾物中%で示す。 *埋設開始時(1985年)

埋設後6ヶ月間で炭素、窒素とも含有率が著しく低下したが、C/N比には大きな変動は認められなかった。麦稈(同64.3)の場合は、埋設6ヶ月後に窒素含有率の低下でC/N比は75に高まったが、その後は窒素含有率が増加に転じたため1年後には41まで低下した。

糖・デンプン含有率は、エンバク、レバナの場合、埋設時には10~12%であったが、翌年5月以降は2~3%以下となり、最初の6ヶ月間で激減した。

ヘミセルロース、セルロース含有率は、エンバクの場合、それぞれ当初の15%、16%が埋設6ヶ月後19%、24%に増加したが、その後速やかに低下し、1年後には12%、11%となった。また麦稈の場合は、埋設後6ヶ月間はほとんど変動がみられなかったが、1年後には当初の19%、30%が16%、22%まで低下した。なお、レバナの場合は、エンバク、麦稈と比較して当初から低かったため、埋設後の変動も小さく、一定の傾向はみられなかった。

一方、リグニン含有率は、緑肥、麦稈とも埋設後著しく高まり、1年後には当初の1.7~3.5倍となった。また、フェノール含有率は埋設後低下し、6ヶ月目以降はいずれも1%以下で推移した。

還元糖割合は、このような有機成分の推移を反映して、エンバクの場合、当初の44%から埋設8ヶ月後には35%、1年後には28%まで、また、麦稈は当初の53%から1年後には35%までそれぞれ低下した。レバナの場合は変動がほとんどみられず、各時期とも当初の25%と同程度であった。

次に、エンバク、麦稈に含まれる主要な有機成分の残存率の経時的变化を図2に示した。糖・デンプンは、最初の6ヶ月間で激減し、翌年5月の残存率はエンバクの場合12%であった。ヘミセルロース、セルロースは、エンバクの場合、それぞれ最初の6ヶ月間で35%、28%、その後の6ヶ月間で50%、61%減少し、1年後の残存率は15%、11%となった。また、麦稈の場合は最初の6ヶ月間で25%、27%、その後の6ヶ月間で44%、50%減少し、1年後の残存率は31%、23%となった。このことから、両成分とも糖・デンプンと比較すると分解は緩やかで、分解期間は1年以上継続することが示された。

一方、リグニンの場合は、埋設後8ヶ月目まで

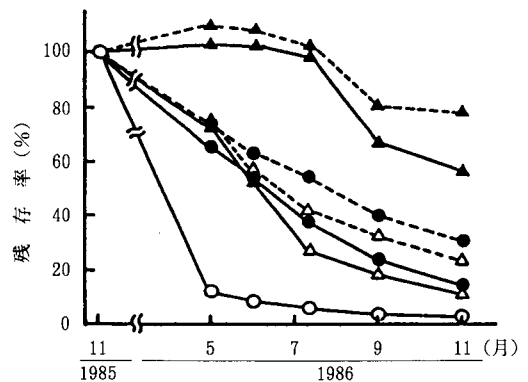


図2 各種有機成分の残存率の推移

注) 実線: エンバクC 破線: 麦稈B
○: 糖・デンプン △: セルロース
●: ヘミセルロース ▲: リグニン

残存率の低下がほとんど認められなかったが、その後は漸次低下する傾向を示した。埋設1年後の残存率はエンバクが56%、麦稈が78%で、他の有機成分と比較すると分解は著しく緩やかであった。

IV 考 察

1. 秋埋設後の緑肥および麦稈の分解経過

緑肥および麦稈の分解を乾物残存率の推移で見ると、緑肥の場合、秋埋設時から翌春までの6ヶ月間で50~70%程度が分解され、麦稈と比較するとこの期間の分解率が2~3倍も大きいことを認めた。一方、麦稈の場合は、リターバック法でみると6ヶ月間で24%、1年間で57%の分解率を示した。この値を諸外国での調査事例(いずれもリターバック法による)と比較すると、英国⁷⁾、デンマーク^{4, 5)}の50%および75~80%、米国 Idaho²⁰⁾の35~40%および65~80%より低く、スエーデン²⁾の10%以下および50%より高かった。このような分解率の差は気象や土壌条件等の相違と考えられるが、とりわけ最初の6ヶ月間は土壌凍結の影響が大きかったものと思われる。本試験地では、12月から3月まで土壌凍結が認められることから、麦稈の分解が実質的に進んだのは4月以降と推測された。

一般に、土壌中での有機物の分解過程は、水分の過不足がない条件では地温と密接な関係を示すといわれている。速水⁸⁾および渡辺等²⁵⁾は、炭素分解率と積算地温との関係は指数式モデル(D

$= a T^b$, D : 炭素分解率, T : 積算地温, a , b : 定数) が良く適合すると報告している。ちなみに炭素分解率を積算地温との関係でみると, 積算地温 1000°C では緑肥の場合 $65\sim 75\%$, 麦稈の場合 50% 前後, また積算地温 3000°C (約 1 年間に相当) では緑肥の場合 $70\sim 80\%$, 麦稈の場合 65% 前後と予測された。本試験の結果は, 渡辺等²³⁾ が疑似グライ土で調査したものよりやや高かったが, 速水⁸⁾ が灰色低地土で調査したものとの比較では同程度かやや低い傾向であった。このような炭素分解率の相違は, 供試土壌の理化学性や埋設地点の水分環境等が影響したものと思われる。

なお, 炭素, 窒素分解率を土壌別にみた本試験の結果では, 灰色台地土 > 多腐植質黒ボク土 > 淡色黒ボク土の順に高い傾向が認められた。これは, 速水⁸⁾ が指摘したように窒素肥沃度と pH の影響が大きかったものと考えられる。すなわち, 淡色黒ボク土が他の土壌より分解が劣ったのは窒素肥沃度が低かったためであり, また, 多腐植質黒ボク土が灰色台地土より劣ったのは pH が低かったためと推察された。

2. 緑肥および麦稈の分解に及ぼす有機成分組成の影響

まず, 緑肥・麦稈に含有する各種有機成分の分解過程をみると, 分解の速さは糖・デンプン > ヘミセルロース > セルロース > リグニンの順であった。すなわち, 糖・デンプンは秋埋設後翌春までの 6 カ月間で大部分が分解されたが, リグニンの場合は埋設後 8 ヶ月目から分解が進み, 1 年後の分解率は $20\sim 45\%$ と最も小さかった。このことから, 緑肥および麦稈の分解の難易は, 当初含有している有機成分組成の差異を反映した結果とみなされた。

各種植物残渣の分解の難易を示す指標に, 高橋・河合²¹⁾ は水溶性炭素を, また, 前田・志賀¹⁵⁾ はリグニン含量をあげている。本試験の結果では, 秋埋設後翌春までの比較的短期間の場合には糖・デンプン含量, また 1 年以上の長期間の場合にはリグニン含量が分解の難易を示す指標として有効とみなされた。

一方, Herman et al.⁹⁾ は, C/N 比, 炭水化物およびリグニンをを用いて次のような指標を提示している。 $[(C/N \text{ 比}) \cdot (\text{リグニン}\%)] / (\text{炭水化物}\%)^{1/2}$ 。そこで, ここでは埋設時の C/N 比

および Herman et al. の指標と炭素残存率との関係について検討した。その結果, 両者とも炭素残存率とは有意な相関を示したが, C/N 比単独の場合よりも Herman et al. の指標を用いたほうが明らかに高い相関が得られた (図 3)。この

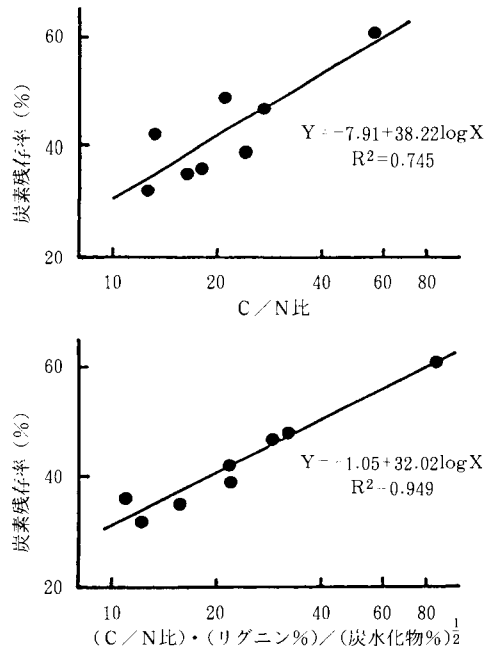


図 3 C/N 比および Herman et al の分解指標と炭素残存率との関係

ことは, C/N 比の低いものほど, また C/N 比が同一の場合には炭水化物含量が高く, リグニン含量の低いものほど分解が大きいことを示すものである。

3. 緑肥および麦稈中の窒素の分解推移と無機化

ガラス繊維ろ紙法の結果をみると, 緑肥の窒素残存率は最初の 6 カ月間で $19\sim 52\%$ の低下を示したが, 麦稈の場合は逆に増加する傾向であった。埋設後 6 ヶ月目の窒素残存率と埋設時の C/N 比との関係をみると, 残存率の低下すなわち窒素分解は C/N 比の小さいものほど大きく, かつ, 窒素の分解が負から正に転換するときの C/N 比は 40 程度を示した (図 4)。このような窒素分解の転換点となる C/N 比について, 渡辺等²⁴⁾ は畑土壌で $36\sim 44$, 前田・志賀¹⁵⁾ は水田土壌で $30\sim 60$ と報告している。本試験の結果はこれらとおお

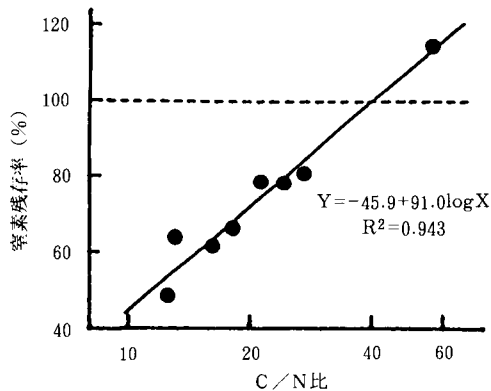


図4 C/N比と窒素残存率との関係

むね一致するものといえる。

次に、埋設後6カ月間の緑肥窒素の分解が有機態窒素の無機化を伴ったものであるか否かを明らかにするため、ろ紙内土壌の無機態窒素を調査した。その結果、C/N比27以上の緑肥および麦稈については無処理区との差がほとんど認められず、C/N比24以下の緑肥の場合のみ増加する傾向を示した(表7)。このことから、窒素の有機化・無機化の分岐点となるC/N比は25前後であり、これよりもC/N比が大きい場合には見かけ上窒素の分解は進んでも無機化は伴わないものと判断した。

一般に植物残渣中の窒素は水溶性画分が高く²⁰⁾、また、水溶性の有機態窒素は降水によって土壌中で溶脱されることが確認されている²¹⁾。本試験では試料の埋設位置が深さ7~10cmと比較的表面に近かったため、窒素の無機化が進む以前に融雪水等の溶脱を受け、それが残存率低下の要因になったものと推察された。

一方、麦稈でみられた残存率の増加は、周辺土壌の無機態窒素が拡散によって麦稈に供給され有機化した窒素量が、溶脱された窒素量を上回ったためとみなされた。しかしながら、リターバック法では、麦稈についても埋設後6カ月間で35%の窒素残存率の低下が認められた(データ省略)。同様な測定条件での調査事例をみると、スエーデン²⁾では50%、デンマーク⁵⁾では40%の低下が認められている。この要因は、ガラス繊維ろ紙法と比較して窒素の溶脱量が多く、かつ周辺土壌からの無機態窒素の取り込みが少なかったためと思われる。

4. 有機成分の分解と腐熟度

緑肥や麦稈などの有機物資材は、その分解過程で作物に各種の生育障害を及ぼすことが指摘されている。このような生育障害を回避するためには、各資材毎に有機成分の消長とそれにもとづいた腐熟度を考慮することが必要と思われる。

緑肥の場合には、分解の初期に *Pythium* 属菌が急激に増殖するため、出芽、初期生育に対する障害が懸念されている¹⁷⁾。そこで、*Pythium* 属菌の増殖と密接な関係にある糖・デンプンをみると、前述のように秋埋設後翌春までの間に大部分が分解され消失していた。また、有機物に含有されている各種のフェノール性酸が後作物に悪影響を及ぼす可能性も指摘されているが⁶⁾、本試験の結果では、フェノール物質の大半は埋設後翌春までの間に溶脱または分解によって消失していた。したがって、緑肥等の有機物資材を秋に鋤込んだ場合には、後作物の出芽、初期生育に害作用を及ぼす危険はほとんどないものと推察された。

一方、麦稈のようにC/N比の大きい植物残渣は、後作物に窒素飢餓を引き起こす危険が大きい。

表7 土壌中の無機態窒素 (mg/乾土100g)

項 目	無処理	エンバク		レバナ		アカクローバ		麦稈 A
		A	B	A	B	茎葉	根	
NH ₄ -N	0.7	2.7	51.2	8.5	53.9	50.6	50.1	1.4
NO ₃ -N	1.0	1.1	0.9	2.2	2.4	2.1	1.9	1.0
合 計	1.7	3.8	52.1	10.7	56.3	52.7	52.0	2.4
(無機化率)*	(—)	(0.9)	(12.2)	(3.4)	(11.3)	(9.1)	(11.5)	(0.8)

注) ガラス繊維ろ紙内土壌(多腐植質黒ボク土)、1984年5月11日調査。

* (処理区の無機態N-無処理区の無機態N)/緑肥・麦稈のN含有量×100

リターバック法の結果では、1年間埋設したものでも麦稈のC/N比は41、還元糖割合は35%であった。この値は、稲わらや都市ごみのような繊維質資材に対して設定された腐熟度の基準値（C/N比20以下、還元糖割合35%以下）¹⁰⁾を満たすものではない。すなわち、麦稈を単独で鋤込んだ場合には、1年後においても窒素飢餓を引き起こす危険が解消されていないことを示している。このような生育障害を回避するためには、何らかの窒素源を添加して麦稈自体の分解を促進させることが必要である。このことから、畑輪作においてはムギ類の間作または後作に緑肥作物を導入し、C/N比の低い緑肥を窒素源として利用することが効果的と考えられる¹²⁾。

謝辞：本報告の取りまとめに際し、ご校閲の労を賜った北海道立中央農業試験場古山芳広農産化学部長に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) Allison, F. E. "Green manuring and related practices; Soil organic matter and its role in crop production". Elsevier Scientific Publishing Co., New York. 1973, p. 445-483.
- 2) Wessen, B.; Berg, B. "Long-term decomposition of barley straw: Chemical changes and ingrowth of fungal mycelium". *Soil Biol. Biochem.* **18**, 53-59 (1986).
- 3) Broadbent, F. E. "Nitrogen release and carbon loss during decomposition of added plant residues". *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **12**, 246-249 (1948).
- 4) Christensen, B. T. "Barley straw decomposition under field conditions: Effect of soil type and plant cover on weight loss, nitrogen and potassium content". *Soil Biol. Biochem.* **17**, 691-697 (1985).
- 5) Christensen, B. T. "Barley straw decomposition under field conditions: Effect of placement and initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics". *Soil Biol. Biochem.* **18**, 523-529 (1986).
- 6) Guenzi, W. D.; McCalla, T. M. "Phenolic acids in oats, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity". *Agron. J.* **58**, 303-304 (1966).
- 7) Harper, S. H. T.; Lynch, J. M. "The chemical components and decomposition of wheat straw, leaves, internodes and nodes". *J. Sci. Food Agric.* **32**, 1057-1062 (1981).
- 8) 速水和彦. "各種有機物資材の分解特性" 農耕地における土壌有機物変動の予測と有機物施用基準の策定. 農林水産技術会議事務局, 1985, p. 20-24.
- 9) Herman, W. A.; McGill, W. B.; Dormaar, J. F. "Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species". *Can. J. Soil Sci.* **57**, 205-215 (1977).
- 10) 井ノ子昭夫. "有機物資材の品質とその検定法-腐熟度の観点から". 農業および園芸. **57**, 235-242 (1982).
- 11) 今野一男, 菊地晃二, 平井義孝. "網走管内の畑輪作における緑肥作物の導入実態と主要緑肥作物に対する窒素, リン酸等の施用の影響". 北農. **54** (10), 22-35 (1987).
- 12) 今野一男, 平井義孝, 菊地晃二. "畑土壌における麦稈の分解過程に及ぼす各種緑肥の影響". 日土肥誌. **63**, 466-469 (1992).
- 13) Kuiters, A. T.; Sarink, H. M. "Leaching of phenolic compounds from leaf and needle litter of several deciduous and coniferous trees". *Soil Biol. Biochem.* **18**, 475-480 (1986).
- 14) 前田乾一, 鬼鞍 豊. "圃場条件における有機物の分解率の測定法". 日土肥誌. **48**, 567-568 (1977).
- 15) 前田乾一, 志賀 一. "水田条件下における各種有機物資材の分解経過". 日土肥誌. **49**, 455-460 (1978).
- 16) 沢田泰男, 新田一彦, 吉岡真一. "麦稈の分解と窒素の再放出に対する緑肥の影響". 北海道農試彙報. **92**, 38-44 (1968).
- 17) 沢田泰男. "緑肥の分解に伴う畑作物の生育障害に関する研究". 北海道農試報告. **76**, 1-62 (1969).

- 18) 沢口正利, 鱈場 尊. “十勝畑作地帯における土壌・施肥管理の実態, 第2報 有機物管理の実態”. 北農. **58**, 161-166 (1991).
- 19) Sivapalan, K.; Fernando, V.; Thenabadu, M. W. “N-mineralization in polyphenol-rich plant residues and their effect on nitrification of applied ammonium sulphate”. *Soil Biol. Biochem.* **17**, 547-551 (1985).
- 20) Smith, J. H.; Douglas, C. L. “Wheat straw decomposition in the field”. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **35**, 269-272 (1971).
- 21) 高橋和司, 河合伸二. “鉍質畑土壌に及ぼす影響からみた各種有機物資材の特性(第1報) 有機物資材の特性をあらわす項目と区分の検討”. 愛知農総試研報. **14**, 461-469 (1982).
- 22) 高橋和司, 河合伸二. “鉍質畑土壌に及ぼす影響からみた各種有機物資材の特性(第2報) 各種有機物の施用が土壌に及ぼす影響の解析”. 愛知農総試研報. **14**, 470-479 (1982).
- 23) Tenney, F. G.; Waksman, S. A. “Composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: IV. The nature and rapidity of decomposition of the various organic complexes in different plant materials, under aerobic conditions”. *Soil Sci.* **28**, 55-84 (1929).
- 24) 渡辺治郎, 小川和夫, 岩間秀矩. “重粘性土壌における有機物の分解過程”. 北海道農試研報. **132**, 1-16 (1981).

Decomposition Processes of Green Manures and Wheat Straw Incorporated into Upland Field in Abashiri District

Kazuo KONNO*, Kouji KIKUCHI* and Yoshitaka HIRAI**

Summary

The decomposition processes of various green manures (oat, levana and red clover) and wheat straw incorporated into upland field in Abashiri district were followed by the glass fiber filter paper method and the litter bag method. The organic materials were buried at the depth of 7–10cm (glass fiber filter paper method), 5 cm and 25cm (litter bag method) in lately autumn, and the plot was kept fallow.

The results obtained were as follows.

1. The percentages of the weight losses after 6 months were 49–68% (glass fiber filter paper method) or 50–74% (litter bag method) in green manures, and 28% (glass fiber filter paper method) or 24% (litter bag method) in wheat straw. Corresponding values after a year were 68–80% or 82–96% in green manures, and 59% or 57% in wheat straw.

2. In the case of the glass fiber filter paper method, the losses of the C and N contained in the organic materials differed markedly according to the initial chemical composition. The percent losses of C were negatively correlated to the composition by the term $[(C/N)(\% \text{ lignin})](\% \text{ carbohydrate})^{-1/2}$, and the percent losses of N were negatively correlated to the C/N ratio. After 6 months, the net N loss was observed when the C/N ratio was below 40, while the N mineralization was observed when the C/N ratio was below 25.

3. In the case of the litter bag method, the order of decomposition rates of organic components was as follow ; sugar and starch > hemicellulose $\approx$ cellulose > lignin. Most of the sugar and starch in green manures was degraded during the first 6 months, while the lignin in oat and wheat straw was not almost degraded during the first 8 months.

4. During a year, the C/N ratio and the ratio of reducing sugar carbon to total carbon in wheat straw decreased from 64 and 53% to 41 and 35%, respectively. The value of C/N ratio after a year was not fulfil the criteria (20 >) on the degree of maturity of decomposed fibrous materials.

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan

** Obihiro, Hokkaido, 080-24 Japan