



Title	北海道北部の天然生林のリターフォールと窒素還元量の季節変化
Author(s)	春木, 雅寛; HARUKI, Masahiro; 呉, 範龍 他
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 50(1), 137-159
Issue Date	1993-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21366
Type	departmental bulletin paper
File Information	50(1)_P137-159.pdf



北海道北部の天然生林のリターフォールと 窒素還元量の季節変化

春 木 雅 寛* 吳 範 龍*

Seasonal Changes of Litterfall and Nitrogen Return Amount
in Natural Forests of Northern Hokkaido, Japan.

By

Masahiro HARUKI and Beom-Ryong OH

要 旨

1991年6月から1992年5月の1年間にリタートラップ法を利用して、リターフォールによって林地に還元される有機物量および窒素量を林齢の異なる6林分(トドマツ林, ミズナラ林, シラカンバ林, ダケカンバ林, ケヤマハンノキ林, ヤナギ林)で調べた。年間リター量はミズナラ林の3.29ton/haからダケカンバ林の0.32ton/haであり, 年間窒素還元量はミズナラ林の18.96kg/haからダケカンバ林の4.25kg/haであった。葉のリターフォールと窒素還元量の季節変化をみると, 落葉広葉樹林は秋に, 針葉樹林は秋と冬に集中する傾向を示した。葉を除いた他のリターは秋と冬に集中する傾向を示した。樹種は異なるが, 各林分の年間リター量に対する年間窒素還元量の比率は全体として林齢の多い林分で低い値を示し, 林分の成熟度がリター中の窒素含有率と深い関係がある可能性を示唆した。

キーワード: リターフォール, 窒素還元量, 落葉広葉樹林, 針葉樹林, 針広混交林帯

1992年9月30日受理 Received september30,1992.

* 北海道大学大学院環境科学研究科

Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo 060.

目 次

1. はじめに	138
2. 調査林分の概要と気象環境	139
3. 調査方法	144
4. 結果および考察	144
4.1. リターフォールの年間生産量と季節変化	144
4.2. 窒素の年間還元量と季節変化	149
5. まとめ	153
引用文献	154
Summary	156
写 真	157

1. はじめに

森林生態系は陸地の生態系の中で最も高い生産性を有するが、その物質循環のメカニズムには解明されていない点が多く残されている。中でも、森林生態系における様々な樹種からなる群落の物質循環については国内、国外で種々の研究がなされているが、日本のような豊富な樹種にめぐまれた国で、主要な様々な樹種が季節的にどのような物質循環のパターンをもっているのかについては不明の点が多い。著者らが調査を行った北海道北部にある北海道大学雨竜地方演習林内の天然生林については、これまでアカエゾマツ、トドマツを主体にダケカンバ、ミズナラなどをまじえる天然林でシマランキル・五十嵐 (1986, 1987), SIMARANGKIR (1987) がリターフォールと分解の季節変化について1984-1986年の2年間調査し、冬期に落枝量が多いのは寒冷積雪地帯のリターフォールの特徴と考えられること、またリターフォールの合計では乾燥重量で3.00ton/ha/年、分解による重量減少は0.35ton/ha/年となり、年分解速度を6.8%とすると、A0層の現存量44ton/haから、有機物遺体が95%分解されるのに44年かかり、本州の亜高山帯での諸報告とはほぼ同様の結果を得たと述べている。これらの調査はアカエゾマツ、トドマツ、ダケカンバ3種のリターフォールの各器官別重量の季節変化の特徴やリターバッグを用いた分解による重量変化を細かく把えており、道内におけるリターフォールと分解に関するまとまった調査としては最初のものといえる。次に、アカエゾマツ林、トドマツ林、シラカンバ林およびミズナラ林を対象として、HARDIWINOTOら (1991) が1988-90年の2年間のリターフォール量と季節変化を器官別に把握し、1年目と2年目ではリター量の大きな年変動が認められなかったと述べ、林分別にみると胸高断面積合計が高くなると総リター量が多くなる傾向を明らかに認めた。さらにHARDIWINOTO (1991a) は同林分を対象として、1988年6月から1989年5月まで、リターフォールの各器官別の養分分析をN, P, K, Ca, Mgの5元素について行い、供給養分量の季節変化は

リター量に大きく影響され、総養分量は養分濃度に影響されていること、また総養分量は落葉広葉樹林、常緑針葉樹林とも北海道より南方に位置する森林よりも低いことを明らかにした。また HARDIWINOTO (1991b) は同林分内でリターバッグを用いた養分分析を上記4樹種を対象に5元素について行った。リターバッグの林内設置後7, 12, 19, 24ヵ月後の葉や枝の分解速度が林種により異なること、養分濃度と総量増加は微生物、降水、虫のふん、植物リター、菌等の影響によるのではないかと述べている。著者らはこれらとは異なる観点から HARDIWINOTO と同じトドマツ林、シラカンバ林、ミズナラ林に加えヤナギ林、ケヤマハンノキ林、ダケカンバ林の6樹種林分を対象として、1年間ではあるが、樹種および林齢の異なるこれら6コの林分における物質循環パターンの違いに関して、リター生産量と窒素還元量および月別変化を調査し比較考察を行った。

なお、本研究を進めるにあたり、現地調査に種々便宜を計っていただいた北海道大学農学部付属雨竜地方演習林の林長松田 彊博士ならびに門松昌彦博士に深甚なる謝意を表す。

2. 調査林分の概要と気象環境

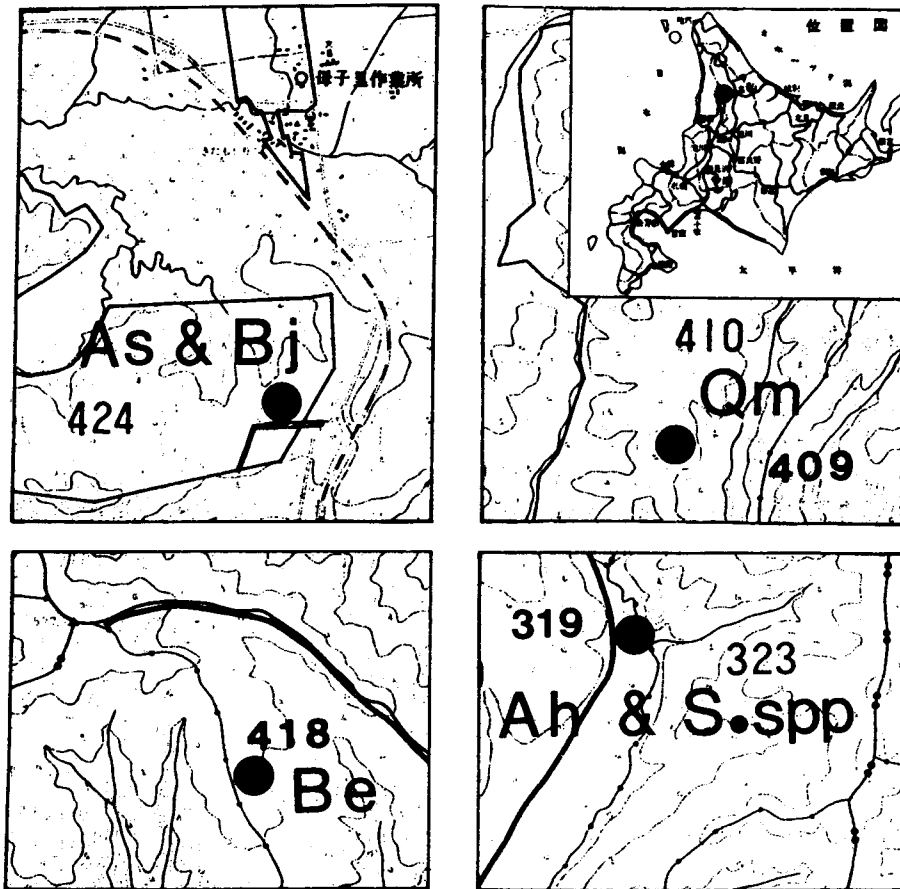
調査は北海道北部の雨竜郡幌加内町字母子里に所在する北海道大学雨竜地方演習林において、424林班にあるトドマツの優占する成熟林、同林班のシラカンバの優占する壮齢林、410林班のミズナラの優占する成熟林、319林班のヤナギ幼齢林およびケヤマハンノキ幼齢林、418林班のダケカンバの優占する幼齢林内にそれぞれ試験地を設定して行った(図-1)。林分高および林齢(1992年秋)はトドマツ優占林が25.5m(約120年)、シラカンバ優占林が22.1m(約62年)、ミズナラ優占林が26.5m(約180年)、ヤナギ幼齢林13m(約15年)、ケヤマハンノキ幼齢林10.9m(約16年)、ダケカンバ幼齢林が7.5-8.7m(約18年)である。各調査林分の概要は1992年春の調査によると以下のようである。なお、各植物種に付した被度価は生態学実習書懇談会編(1967)による。

トドマツ優占林は424林班の車道沿いの緩斜地に位置する。調査区(20m×20m)内における2m以上の上木の被覆率はほぼ100%で、トドマツを主体とする。樹高は25.5m、胸高直径59.5cmにおよぶ。2m以下の林床は被覆率92%で、ウリュウザサ(稈高1.0~1.4m、被度5,以下同じ)が優占する。高木種はトドマツ(2~4cmの稚苗が散在し、0.5~2mの個体もみられる。被度1)、イタヤカエデ(0.1~1.7m, 1)、ハルニレ(1.1m, +)、ハリギリ(0.7m, +)、シナノキ(0.4~1.6m, 1)、腐朽倒木上のアカエゾマツ(0.2m, +)の6種で、他にクロツリバナ(+), ツリバナ(+), ノリウツギ(+), オオカメノキ(+), ミヤママタタビ(+), ヤマブドウ(+), ツルアジサイ(1), ウド(+), マイヅルソウ(+), エンレイソウ(+), オオアマドコロ(+), シラネウラボ(+), の12種で草本類が少ない。

ミズナラ優占林は410林班の車道沿いで尾根から延びる斜面上に位置する。調査区(30m×30

m) 内における。2m 以上の上木の被覆率は約97%で, HARDWINOTOら (1991) の調査時に比べホオノキ2個体が倒伏している。樹高26.5m, 胸高直径115.5cmにおよぶ。上木はミズナラ(被度5), トドマツ(1), ウダイカンバ(1), ホオノキ(1), ベニイタヤ(1), ハリキリ(1)の6種である。2m以下の林床は被覆率100%である。高木種はホオノキ2個体(1.4~1.5m, +), ベニイタヤ3個体(0.1m, +), ハウチワカエデ(0.1m, +)の3種にすぎず, 他はウリュウザサ(稈高1.2~1.4m, 5)が密生し, ツルアジサイ(+)がわずかにみられる程度である。

シラカンバ優占林は上述のトドマツ優占林に近く, 同様に424林班の車道沿いの緩斜地に位置する。調査区(20m×20m)内における2m以上の上木の被覆率はほぼ100%で, 上層はシラカンバからなるが4-8mの層には少数のトドマツ, エゾマツ, ヒロハノキハダ, ハルニレ, ホ



図一1 調査地位置図

Fig.1. Study areas in the Uryu Experiment Forest, Hokkaido University. As:*Abies sachalinensis* stand, Bj:*Betula japonica* stand, Qm:*Quercus mongolica* var. *grosseserrata* stand, Be:*Betula ermanii* stand, Ah:*Alnus hirsuta* stand, and S. spp:*Salix pet-susu* and *Salix sachalinensis* stand

オノキなどが散在する。HARDWINOTOら (1991) の調査時に比べエゾノバッコヤナギ 1 個体が倒伏している。シラカンバ林の樹高は22.1m, 胸高直径25.5cmにおよぶ。2 m以下の林床は被覆率ほぼ100%で, ウリュウザサ (稈高1.1~1.4m, 5) が密生し優占する。高木種はダケカンバ (1.8~1.9m, +), トドマツ (1.1~1.4m, 1), アカエゾマツ (1.8m, 1), ハリギリ (0.7~1.2m, 1) の4種で, 他にオオカメノキ (1), クロツリバナ (+), ミヤママタタビ (+), ツルアジサイ (1), ウド (1), アキタブキ (+), オトコエシ (+) の7種と少ない。なお, 林内ではA層中の深さ2~2.5cmの部分に炭化した木片の層がみられることから, かつての山火事跡に一斉状に更新した林分とみられる。

ダケカンバ幼齢林は418林班の車道沿いで三角点尾根から延びる緩斜地に位置する。1974年10月のレーキドーザによる表土掻き起こし地の更新林分である。調査区(10m×10m)はダケカンバ上木の被覆率は100%で, 47個体と大部分を占め樹高7.5~8.7m, 胸高直径4.6~9.6cmにおよぶ。他に樹高2 m以上ではヒロハノキハダ2個体 (2.2~2.3m, +) がみられるだけである。調査区周辺には上層に少数のシラカンバや稀にヒロハノキハダをまじえ, シラカンバは樹高9.8~10.9mと高く, 胸高直径も8.0~17.7cmに達し, ヒロハノキハダは樹高5.6m, 胸高直径8.1cmである。2 m以下の林床植物の被覆率は約60%で, トドマツ2個体 (樹高0.1~0.45m, 被度+), ミズナラ4個体 (0.25~0.4m, +), ヒロノキハダ4個体 (0.5~1.65m, +), ナナカマド1個体 (0.3m, +), ヤチダモ1個体 (+), イタヤカエデ1個体 (+), ハウチワカエデ1個体 (0.4m, +), エゾニワトコ (2), エゾイチゴ (1), ヨツバヒヨドリ (+), オオイタドリ (+), マイヅルソウ (1), オオバクスミレ (+), チシマザサ (稈高1.5~2.0m, 2), オクヤマザサ (稈高1.2~1.5m, 1), シラネワラビ (1) と16種をかぞえる。

ケヤマハンノキ幼齢林は後述のヤナギ幼齢林分に隣接し, とともに319林班の車道沿いで, ブトカマベツ川右岸から山脚に向かう境界部の緩斜地に位置する。調査区(10m×10m)は2 m以上の上木の被覆率が100%で, 樹高10.9m, 胸高直径11.8cmにおよぶ。上木はケヤマハンノキが39個体と大半を占め, 他にエゾノキヌヤナギ4個体 (高さ2.7m, 被度1), ダケカンバ5個体が散在する程度である。2m以下の林床は高木種がシナノキ (0.4m, +), ハルニレ (0.2~0.4m, +), イタヤカエデ (0.2~0.6m, +), ダケカンバ (1.6m, 1), トドマツ (+) の5種で, 他にはマユミ (+), エゾイチゴ (1), ツルアジサイ (1), エゾニュー (3), エゾアザミ (3), アキタブキ (2), エゾゴマナ (1), ヨブスマソウ (1), オオヨモギ (1), ハンゴンソウ (1), ヨツバヒヨドリ (+), ミミコウモリ (+), ヤマブキショウマ (1), オニシモツケ (1), ツボスミレ (1), ニリンソウ (1), エゾノリュウキンカ (1), クガイソウ (+), ヤマハッカ (+), ツルニンジン (+), オオウバユリ (1), タチギボウシ (+), カンスゲ (1) の22種でキク科植物が多い。被度ではエゾニュー (30%), エゾアザミ (30%), アキタブキ (20%) が多い。

ヤナギ幼齢林の調査区 (10m×10m) おける2m以上の上木の被覆率は100%で, 樹高13m, 胸高直径13.3cmにおよぶ。上木はエゾノキヌヤナギが18個体と最も多く, オノエヤナギが次の

で8個体を占める。樹高や胸高直径サイズはエゾノキヌヤナギが優勢である。他にケヤマハンノキ7個体(樹高4.5~11.5m, 胸高直径10.5~11.1cm), ダケカンバ2個体(樹高7m, 胸高直径3.5~7.4cm), ナナカマド(樹高3m, 胸高直径1.2cm), ヤチダモ7個体(樹高3.1m, 胸高直径1.3cm)がみられる。2m以下の林床は被覆率ほぼ100%で, 高木種は散在するヤチダモ(1)とイタヤカエデ(+)の2種のみで, 他にはマユミ(+), エゾニワトコ(+), ツルアジサイ(1), エゾニュウ(3), エゾアザミ(3), アキタブキ(1), ハンゴンソウ(1), ヨブスマソウ(+), ミミコウモリ(+), オオヨモギ(+), エゾゴマナ(+), タチツボスミレ(1), オオイタドリ(+), エゾノギシギシ(+), ウド(+), オオハナウド(+), ヤマハッカ(+), ニリンソウ(1), エゾイラクサ(1), タガラシ(+), オオバナノエンレイソウ(+), オオウバユリ(1), カンスゲ(35%)の23種と豊富である。被度ではエゾニュウ(40%), エゾアザミ(35%)が多く, アキタブキ(8%)がこれに続く。以上に述べた各調査林分の概要は表-1のようである。また, 調査域での1991年6月~1992年5月の気象環境を示すと表-2のようである。ミズナラ林, ヤナギ林とケヤマハンノキ林, ダケカンバ林での気温は1時間毎の日平均を求め算出した。また, 同演習林母子里観測所の観測値は, 1日8回(3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24時)の日平均値から算出した。同観測所では, 最低気温は1992年2月の-32.1°C, 最高気温は1991年6月の27.3°Cで, 約60°Cにおよぶ1年間の温度差を示した。各観測地点での温度差をみると, 月平均最高気温と月平均気温ではほとんど地点間の差はなかったが, 月平均最低気温はヤナギ林と母子

表-1 各林分の方形区調査結果の要約

Table 1. Quantitative summary of 6 stands investigated.

Stand	Alt. (m)	Direction	Slope	Stand age (years)	Plot area (m×m)	TTS	Ind. (/ha)	Hmax. (m)	Dmax. (cm)	Floor
As	310	N240°W	+5°	120	20×20	9	2,050	25.5	59.5	Ss
Qm	360	N175°W	-9.5°	180	30×30	8	662	26.5	115.5	Ss
Bj	310	N170°E	+5°	62	20×20	5	1,625	22.1	25.5	Ss
Be	515	N15°W	+7°	18	10×10	2	4,900	8.7	9.6	Sk, Md
Ah	295	N73°W	+8.5°	16	10×10	3	4,800	10.9	11.8	Au, Ck
S.spp	295	N86°W	+6.5°	15	10×10	5	4,200	13.0	14.6	Au, Ck

1. TTS:No. of tall tree species, Ind.:No. of individuals over 6cm in diameter at breast high, Hmax.:Maximum tree height, Dmax.:Maximum diameter in breast high, Floor: Dominant floor plant species.
2. Ss: *Sasa sylvatica*, Sk: *Sasa kurilensis*, Md: *Maianthemum dilatatum*, Au: *Angelica ursina*, Ck: *Cirsium kamtschaticum*.

表-2 調査林分における気温測定結果

Table 2. Air temperature on 4 stands from June 1991 to May 1992.

Stand ¹⁾	Air temp.	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY
Qm	Mean ³⁾	14.2	16.2	17.4	12.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	Max.	27.2	24.2	28.6	24.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	Min.	7.0	5.8	8.7	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-
Be	Mean	14.2	15.5	16.8	12.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	Max.	27.0	24.5	25.8	22.7	-	-	-	-	-	-	-	-
	Min.	6.0	7.5	9.4	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-
Ah& S.spp	Mean	14.5	16.0	16.7	12.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	Max.	25.6	25.3	25.6	23.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Min.	3.4	3.3	4.6	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
Moshiri ²⁾	Mean ⁴⁾	15.0	16.7	17.2	12.8	7.8	0.8	-3.1	-6.5	-5.4	-2.3	7.4	12.0
	Max.	27.3	26.5	27.2	24.6	20.8	13.1	13.3	11.0	11.2	17.9	21.4	22.7
	Min.	1.2	1.8	3.6	-0.2	-4.2	-13.8	-27.9	-29.9	-32.1	-27.0	-11.4	-2.2

1) Qm: *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, Be: *Betula ermanii*, Ah& S.spp: *Alnus hirsuta* and *Salix* spp.

2) Moshiri observatory of the Uryu Forest Experiment, Hokkaido University.

3) Mean temperatures in each stand were measured at one-hour intervals.

4) Mean temperatures were measured at three-hour intervals.

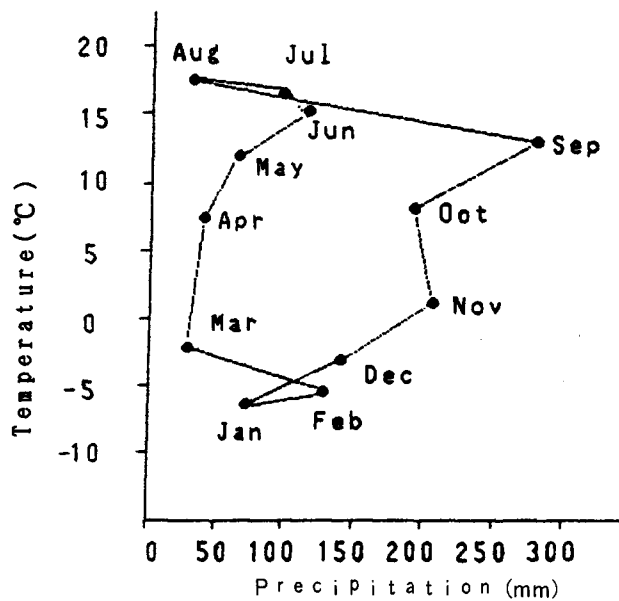


図-2 北海道大学雨竜演習林母子里観測所のハイザーグラフ
Fig.2. Hythergraph of Moshiri Observatory (June 1991-May 1992).

里作業所では低い値を示した。リターフォール量の季節及び年変化の重要な要因といわれる月平均気温(斎藤, 1981)と月別降水量の変化を示すと図-2のようである。秋から冬にかけて降水量が多く、とくに、本地域は冬期間の積雪が2-3mにおよぶ多雪地域である。

3. 調査方法

トドマツ林内とシラカンバ林内に20m×20m, ミズナラ林内に30m×30m, ヤナギ林, ケヤマハンノキ林, ダケカンバ林内には各々10m×10mの試験地を設定した。リタートラップは縦横各85cm, 深さ30cmの木製で, 底は雨水を抜くために1mmメッシュの寒冷紗張りとした。トラップの個数はプロットの面積のおおよそ1%の割合としてミズナラ林10個, トドマツ林, シラカンバ林は各8個, ダケカンバ林, ヤナギ林, ケヤマハンノキ林は各5個ずつ, 1991年6月1日に設置し11月1日までの間, 毎月1日に前月に落下したリターを回収した。1991年11月から1992年5月までの積雪期間に落下したリターは1992年6月8日に一括して回収した。回収したリターは, 各調査林分の優占樹種は葉, 枝, 樹皮, その他に分け, 他の非優占樹種は葉を分別し, 80°Cで24時間乾燥して乾燥重量とした。窒素の分析は乾燥したリターを粉碎して70°Cで24時間乾燥した後C-Nコーダを用いて分析した。

4. 結果および考察

4.1. リターフォールの年間生産量と季節変化

(1) 年間のリターフォール量

各林分の1年間のリター量を示すと表-3および図-3のようである。全リター量は林分によってかなり差がみられ, ミズナラ林の3.30ton/haが最も多く, 以下シラカンバ林1.45ton/ha, トドマツ林1.27ton/ha, ヤナギ林0.60ton/ha, ケヤマハンノキ林0.47ton/haの順で, ダケカンバ林はミズナラ林の約1/10の0.32ton/haで最も少なかった。世界の温帯性の森林の年間平均生産量の落葉広葉樹林4.23ton/ha, 針葉樹林4.43ton/ha (VOGTら, 1986)や, 河原(1971)による本州地方のミズナラ林4.50ton/ha, ブナ林4.21ton/ha, アカマツ林7.75ton/haと比べてもかなり小さい値を示している。この要因としては, 林分の生活型の違い (VOGTら, 1986; 上田ら, 1980; 河原, 1971), 林分密度やギャップの有無 (SUMIDA, 1991; FYLESら, 1986; ANDO, 1970), 林齢(EWEL, 1976; ANDO, 1970)などの生物的要因, 気候 (SPAIN, 1984; 斎藤, 1981), 土壌(上田ら, 1986; 片桐ら, 1973)などの物理的要因が考えられる。HARDIWINOTOら(1991)が1988-89年に著者らと同じトドマツ林, ミズナラ林, シラカンバ林の3林分について調査した結果は, トドマツ林3.36ton/ha, ミズナラ林3.20ton/ha, シラカンバ林2.68ton/haで, これに比べると今回ミズナラ林はほぼ同じ年間量を示したが, トドマツ林, シラカンバ林は約38-54

表-3 各林分の器官別年間リター量

Table 3. Amount of litterfall of each component on 6 stands from June 1, 1991 to June 8, 1992(kg/ha・yr).

	As	Qm	Bj	Be	Ah	S. spp
LEAVES	704.2 (55.6)	2134.6 (64.8)	819.1 (56.6)	260.7 (80.2)	321.0 (67.9)	253.2 (42.3)
BRANCHES	199.5 (15.7)	507.5 (15.4)	305.0 (21.1)	35.9 (11.0)	96.5 (20.4)	240.4 (40.2)
BARKS	19.7 (1.5)	71.4 (2.2)	143.9 (9.9)	0.4 (0.1)	5.2 (1.1)	1.6 (0.3)
OTHER TREE LEAVES	246.0 (19.4)	287.9 (8.7)	67.9 (4.7)	1.7 (0.5)	33.3 (7.0)	60.6 (10.1)
OTHERS	102.0 (8.0)	293.9 (8.9)	110.0 (7.6)	26.1 (8.0)	16.9 (3.6)	42.4 (7.1)
TOTAL	1266.5	3295.4	1446.0	324.9	472.9	598.4
(%)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)

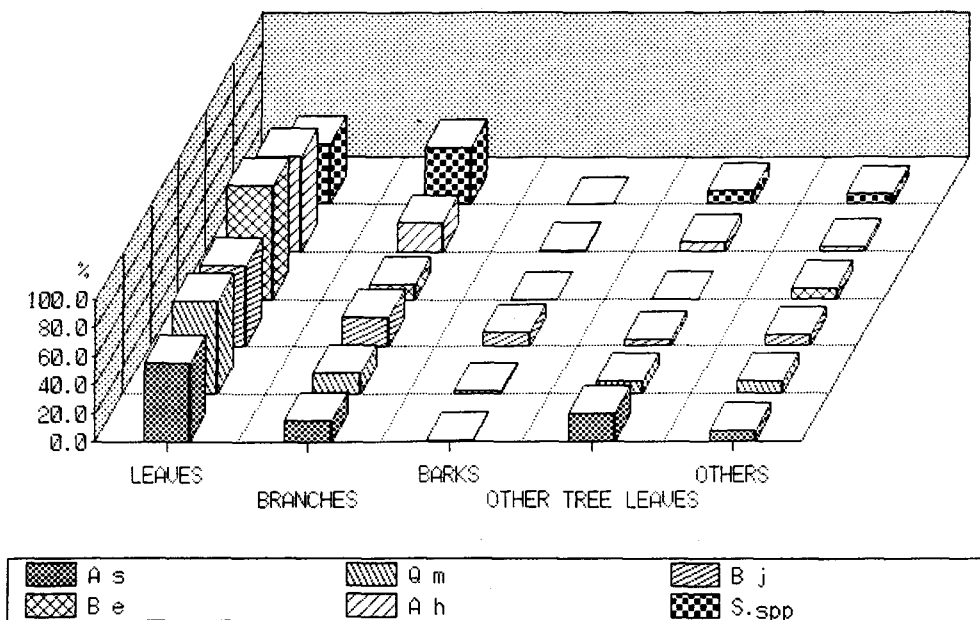


図-3 各林分の年間リター量の器官別組成

Fig. 3. Ratio of litterfall of each component on 6 stands.

%の年間量であった。このように、同じ林分においても、年によって年間量が違う原因として齊藤(1981)は壮齢ヒノキ人工林で、調査前年の黄葉直後から次の黄葉までの期間における日平均気温(>+10℃)の積算温度(1975年約2170℃, 1966年約1860℃)との間に有意な関係が認めら

れたと述べている。しかし、本調査の日平均気温の積算温度は約2269°C、HARDWINOTOら(1991)について1987-88年の積算温度を計算すると約2072°Cで、本調査値が約200°C多いにもかかわらず年間リター量が少なく、斉藤の結果とは異なっていた。

(2) リターフォールの組成

次に、リター量の違いが生じる原因のひとつとして、その内訳(器官など)の違いが関係しているであろうから、それについて考えてみる。葉の割合は各林分とも多いが、林分によってかなりの違いがあり、ダケカンバ林の約80%から、ケヤマハンノキ林の約68%、ミズナラ林の約65%、シラカンバ林の約57%、トドマツ林の約56%、ヤナギ林の約42%まで最大と最小とでは、およそ2倍の開きがあった。しかし、今までに、わが国で報告された落葉量の全リター量に対する割合は、約50-85%の値を示していて、本調査結果はヤナギ林を除きこの範囲内にあった。HARDWINOTOら(1991)による1988-89年の結果は、葉の場合はトドマツ林約54%、ミズナラ林約54%、シラカンバ林約64%で、今回の調査結果はトドマツ林とシラカンバ林ではほぼ同じ値を示したが、ミズナラ林では11%多い割合となった。葉に次いで多いのは枝で、葉とは異なり、ダケカンバ林の約11%から、ミズナラ林の約15%、トドマツ林の約16%、ケヤマハンノキ林の約20%、シラカンバ林の約21%、ヤナギ林の約40%まで、最大と最小とでは、およそ4倍の開きがあった。しかし、特にヤナギ林で葉と枝の量の割合が等しいことは興味深い。一般的に各林分の落枝量の違いは林分の生活型の違い(堤,1973)、枝の腐朽の度合と気象要因による物理的な力の兼ね合い(斎藤,1974)が原因とされている。これまでに、わが国で報告された森林タイプ別の落枝量の全リター量に対する割合を見ると、落葉広葉樹林は約8-17%、針葉樹林は約10-25%、照葉樹林は約40%の値を示している。本調査結果の中では、ヤナギ林を除いた他の林分はこれとほぼ同じ値を示しているが、ヤナギ林だけは照葉樹林に匹敵する高い落枝率を示している。ヤナギ林では枝のほとんどは冬期間に落ちたもので、これは、2-3mにおよぶ多量の積雪量による雪圧や枝先端が枯れ易く、また本数密度が高いため、林内の競争による枯死個体からの枝落下などが原因であると考えられる。以上に述べた葉、枝以外のものでは、他樹種の葉がダケカンバ林の0.5%からシラカンバ林の4.7%、ケヤマハンノキ林の7.0%、ミズナラ林の8.7%、ヤナギ林の10.1%、トドマツ林の19.4%まで林分によってかなりの差を示すが、これは各林分の優占種の優占度の違いによるものと考えられる。樹皮は林分によってダケカンバ林の0.1%からヤナギ林の0.3%、ケヤマハンノキ林の1.1%、トドマツ林の1.5%、ミズナラ林の2.2%、シラカンバ林の9.9%までの割合を示した。特に多いのはシラカンバ林で、これは9月に枯立木からの落下によるものが多かったことによる。その他のリターは果実、花、花粉、虫のふんなどが主なものである。中でも、果実はミズナラ林に、花はシラカンバ林に、虫のふんはトドマツ林に多くみられた。

(3) リターフォールの季節変化

これらのリター量の季節変化についてみると、表-4 のようである。図-4 はその変化を視覚的に理解しやすいように図示したものである。リターの各器官別の月別構成比を見ると、葉の場合、落葉広葉樹林の落葉は秋に集中し、針葉樹林の落葉は秋と冬に集中している。その内訳を詳しくみるとヤナギ林、ケヤマハンノキ林、シラカンバ林では9月、10月に集中する傾向を示すのに対し、ダケカンバ林は8月に最も多く9、10月の順に少なくなる。ミズナラ林は落下量のほとんどが10月に集中する傾向があり、本州地方のミズナラ林の調査でも同様の結果が報告されている(河原, 1971)。枝の季節変化をみると、調査林分のほとんどが冬期間に多量の枝を落とすが、これはシマランキル・五十嵐(1987)が本調査域でのアカエゾマツ、トドマツ、ダケカンバを主体とする森林での調査から、雪の荷重により折損したもので冬期間の落枝量増加は積雪地帯の一つの特徴であると述べている。ダケカンバ林、ミズナラ林およびシラカンバ林では、秋にもかなり多量の枝を落とす。秋の落枝の場合は9月、10月に多い台風と強雨の影響であると 考えられる。冬期間の落枝の場合は、上述の多量の積雪などの気象要因、さらには枝の腐朽程度に影響を受けると考えられる。樹皮の季節変化は、落下量が少なく季節変化のパターンを決めるには無理があり、今後の詳しい調査が必要である。その他のリターの場合は、春と冬の二つのピークを示す。春のピークは主に芽鱗や雄花の量が大きな割合を占め、冬のピークは主に果実とタネに起因すると考えられる。

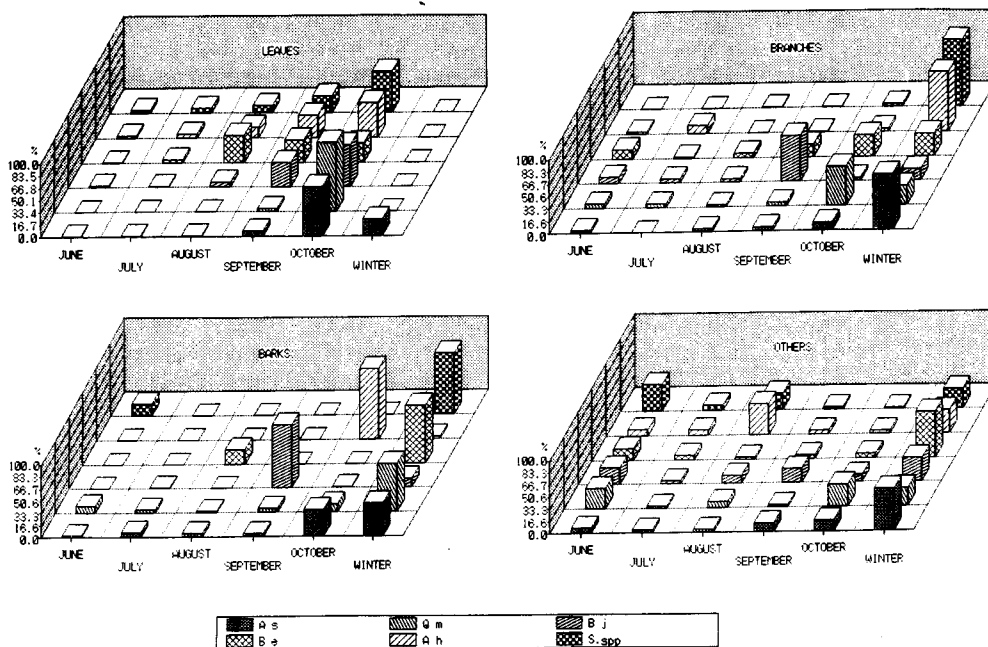


図-4 各林分の月別リター量の変化

Fig. 4. Seasonal relative rate of litterfall of each component on 6 stands.

表-4 各林分の月別リター量の変化

Table 4. Seasonal amount of litterfall in each stand.

		JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	WINTER	TOTAL (kg/ha・yr)
LEAVES	As	6.5	4.3	4.3	51.8	477.2	160.3	704.4
	Qm	6.1	4.7	8.5	100.6	2003.1	11.5	2134.5
	Bj	14.5	9.4	52.0	272.4	466.5	4.2	819.0
	Be	3.5	11.5	97.2	78.9	69.2	0.4	260.7
	Ah	10.3	17.4	44.4	98.5	150.3	0.1	321.0
	S. spp	10.5	16.0	24.4	57.9	143.9	0.5	253.2
BRANCHES	As	3.0	0.7	7.7	9.7	21.2	152.2	199.5
	Qm	33.3	29.2	14.3	29.9	268.2	132.7	507.6
	Bj	25.6	15.7	14.7	190.1	13.7	45.3	305.1
	Be	4.8	0.8	2.5	6.2	10.7	10.9	35.9
	Ah	3.1	10.5	0.3	0.6	3.8	78.2	96.5
	S. spp	1.1	0.7	3.1	2.7	10.1	222.7	240.4
BARKS	As	0.4	1.2	1.0	0.8	7.3	9.0	19.7
	Qm	7.2	3.4	1.7	4.2	8.0	46.9	71.4
	Bj	0.2	1.2	0	124.4	1.1	17.0	143.9
	Be	0	0	0.1	0	0	0.3	0.4
	Ah	0	0	0	0	5.0	0.2	5.2
	S. spp	0.3	0	0	0	0	1.4	1.7
OTHER TREE LEAVES	As	1.8	2.2	4.4	64.0	168.3	5.2	245.9
	Qm	0.6	1.6	7.0	26.4	252.3	0	287.9
	Bj	1.7	0	1.8	24.4	40.0	0	67.9
	Be	1.7	0	0	0	0	0	1.7
	Ah	3.7	0.9	2.7	6.2	19.5	0.2	33.2
	S. spp	1.4	1.3	6.7	14.5	36.4	0.3	60.6
OTHERS	As	8.3	3.9	4.2	11.9	15.2	58.5	102.9
	Qm	82.6	10.0	25.2	11.2	91.1	73.9	294.0
	Bj	25.2	4.9	11.6	21.7	11.1	35.5	110.0
	Be	4.1	1.8	0.9	1.4	1.6	16.4	26.2
	Ah	1.4	1.3	7.1	0.9	0.8	5.4	16.9
	S. spp	15.8	3.0	9.7	1.5	0.9	11.5	42.4
TOTAL <kg/ha・yr>	As	19.9	12.3	21.6	138.2	689.3	385.2	1266.5
	Qm	129.8	49.0	56.8	172.3	2622.5	265.0	3295.4
	Bj	67.2	31.1	80.2	633.0	532.4	102.1	1446.0
	Be	14.2	14.0	100.6	86.5	81.5	28.0	324.9
	Ah	18.6	30.1	54.5	106.2	179.4	84.1	472.9
	S. spp	29.2	21.0	43.9	76.7	191.3	236.3	598.4

Winter : Nov. 1991~May 1992

4.2. 窒素の年間還元量と季節変化

(1) 年間の窒素還元量

森林における林地への養分元素の還元は、一部分は降水によるが大部分はリターフォールによる。K, Mg のように溶脱されやすい元素もあるが、降水により還元されるもの比べてリターフォールによるものが大部分を占め、N などでは10倍以上にも達する(片桐ら, 1973)。本調査における各林分の1年間の窒素還元量は表-5 および図-5 のようである。各林分の1年間の窒素還元量はミズナラ林18.96kg/ha, シラカンバ林12.66kg/ha, トドマツ林10.60kg/ha, ケヤマハンノキ林9.30kg/ha, ヤナギ林8.40kg/ha, ダケカンバ林4.25kg/ha の順であった。これは、世界の温帯性落葉広葉樹林の年間平均窒素還元量36kg/ha と針葉樹林の28kg/ha (VOGTら, 1986) や河原(1971)による本州地方の森林の年間平均窒素還元量48-199kg/ha に比べてもかなり小さな値を示している。このような違いについて、堤(1987)は、リターの乾物量が熱帯林から北方の常緑針葉樹林に向かって減少していくのに応じてN やその他の養分量も減少していく。また、この養分量の減少割合はリターの乾物量の減少割合よりも大きく、熱帯林をそれぞれ100としてみると、北方の針葉樹林はリターの乾物量で43であるのに対しNで21である。このことは、熱帯林に比べ北方の針葉樹林の窒素含有率が小さくなっているからと述べている。

表-5 各林分の年間窒素還元量

Table 5. Amount of returned N of each component on 6 stands from June 1, 1991 to June 8, 1992(kg/ha・yr).

	As	Qm	Bj	Be	Ah	S. spp
LEAVES	4.03 (38.0)	11.76 (62.0)	7.99 (63.1)	3.77 (88.6)	7.55 (81.9)	4.65 (55.4)
BRANCHES	2.42 (22.8)	1.74 (9.2)	1.43 (11.3)	0.15 (3.5)	0.82 (8.8)	1.59 (19.0)
BARKS	0.14 (1.3)	0.60 (3.2)	0.85 (6.7)	0.00 (0.0)	0.05 (0.5)	0.01 (0.1)
OTHER TREE LEAVES	2.87 (27.0)	1.99 (10.5)	1.08 (8.6)	0.04 (0.9)	0.53 (5.7)	1.29 (15.3)
OTHERS	1.14 (10.7)	2.86 (15.1)	1.30 (10.2)	0.30 (6.9)	0.35 (3.8)	0.85 (10.1)
TOTAL (%)	10.60 (100)	18.96 (100)	12.66 (100)	4.25 (100)	9.30 (100)	8.40 (100)

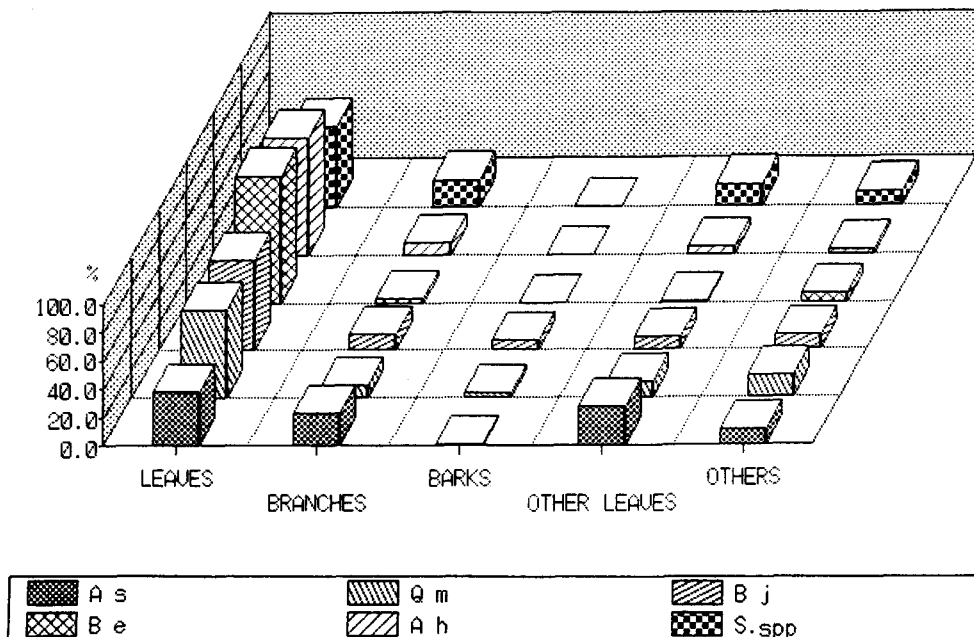


図-5 各林分における器官別の年間窒素還元比

Fig.5. Relative rate of returned N amount of each component on 6 stands.

各林分の年間リター量に対する年間窒素還元量の比率を計算すると表-6 のようである。ミズナラ林は0.57%, トドマツ林は0.83%, シラカンバ林は0.87%, ダケカンバ林は1.30%, ケヤマハンノキ林は1.40%, ヤナギ林は1.96%の順で、樹種は異なるが全体として林齢が多くなるほど高い値を示している。このことは、樹種は異なるが林齢が増加し、林分の成熟度合が高まるに伴い、単位リター量当たりに含まれている窒素含有率が低くなることを意味しており、年間リター量が同じと仮定すると、林齢が低い林分ほど年間窒素還元量が多くなることを示している。以上の結果は、林分による年間養分量の違いはリター量に支配されるという報告(河原, 1971)とは異なり、年間養分量の違いはむしろ、林分の林齢と深い関係がある可能性を示唆している。

表-6 各林分の年間リター中の窒素含有率

Table 6. Ratio of returned N to the annual amounts of total litterfall on 6 stands.

	As	Qm	Bj	Be	Ah	S. spp
TOTAL LITTER (kg/ha・yr)	1266.5	3295.4	1446.0	324.9	472.9	598.4
N (kg/ha・yr)	10.60	18.95	12.66	4.25	9.30	8.39
RATE (N/Total, %)	0.83	0.57	0.87	1.30	1.96	1.40
STAND AGE	120	180	62	18	16	15

(2) 窒素還元量の季節変化

各器官別に季節変化をみると表-7および図-6のようである。葉の場合、落葉広葉樹林は秋に、トドマツ林は秋と冬に集中する傾向を示す。夏の落葉は秋のものに比べ、高い窒素含有率を示す。これは夏の落葉は生理現象による脱葉ではなく、強風や豪雨によって窒素含有率が高い新生部脱葉が多いためと考えられる。特にトドマツ林の落葉の場合、秋に落とす葉に比べ、冬に落とす葉の窒素含有率が高い。これは冬の養分の樹体含有率が秋に比べ高いことを示しているのであろう。枝の場合は、各林分ともリター量に比例する傾向を示している。これは枝では年間を通して窒素含有率があまり変わらないことを物語っている。樹皮の場合は、量的に少なく分析が出来なかった月があり明らかではないが、ほとんど冬に集中する傾向を示している。その他のリターの窒素還元量の季節変化はリター量の季節変化と同じパターンを示し、春(リターは主に芽鱗や雄花)と冬(同じく果実とタネ)の二つのピークを示すが、リター中の窒素含有率は冬に比べ春のものが高かった。

ただ、調査林分のうちダケカンバ林、ケヤマハンノキ林、ヤナギ林の3林分は、密度の高い発達途中の幼齢林であり、リターフォール量の季節変化については必ずしも他の3林分と同列には論じられない点もあり、今後も詳しく調べてゆく必要がある。

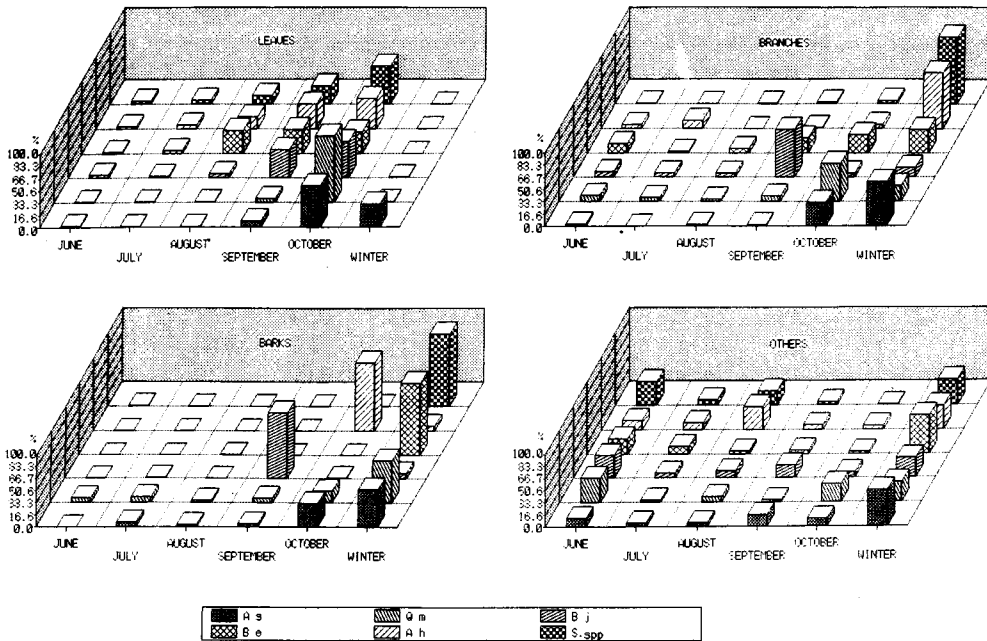


図-6 各林分の月別窒素還元比の変化

Fig.6. Seasonal relative rate of returned N amount of each component on 6 stands.

表-7 各林分の器官別月別窒素還元量の変化

Table 7. Seasonal amount of returned N on 6 stands.

		JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	WINTER	TOTAL (kg/ha・yr)
LEAVES	As	0.07	0.04	0.05	0.34	2.29	1.25	4.04
	Qm	0.14	0.08	0.14	0.67	10.60	0.11	11.74
	Bj	0.33	0.17	0.44	3.08	3.87	0.10	7.99
	Be	0.09	0.15	1.19	1.24	1.09	0.01	3.77
	Ah	0.24	0.41	1.23	2.53	3.14	0	7.55
	S. spp	0.18	0.29	0.58	1.19	2.42	0.01	4.67
BRANCHES	As	0.07	0	0.04	0.05	1.46	0.79	2.41
	Qm	0.15	0.10	0.06	0.14	0.91	0.37	1.73
	Bj	0.10	0.07	0.07	0.93	0.07	0.18	1.42
	Be	0.02	0	0.01	0.03	0.04	0.05	0.15
	Ah	0.05	0.09	0	0.01	0.05	0.62	0.82
	S. spp	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	1.47	1.59
BARKS	As	0	0.01	0	0.01	0.05	0.07	0.14
	Qm	0.04	0.04	0.02	0.04	0.10	0.35	0.59
	Bj	0	0	0	0.78	0	0.06	0.84
	Be	0	0	0	0	0	0	0
	Ah	0	0	0	0	0.05	0	0.05
	S. spp	0	0	0	0	0	0.01	0.01
OTHER TREE LEAVES	As	0.06	0.05	0.08	0.86	1.75	0.07	2.87
	Qm	0.01	0.09	0.23	0.10	0.70	0.77	1.90
	Bj	0.30	0	0.03	0.52	0.24	0	1.09
	Be	0.04	0	0	0	0	0	0.04
	Ah	0.08	0.01	0.06	0.11	0.26	0.01	0.53
	S. spp	0.03	0.03	0.16	0.33	0.73	0.29	1.57
OTHERS	As	0.13	0.06	0.07	0.18	0.13	0.57	1.14
	Qm	0.97	0.09	0.23	0.10	0.70	0.77	2.86
	Bj	0.41	0.08	0.13	0.22	0.10	0.35	1.29
	Be	0.06	0.03	0.01	0.02	0.01	0.16	0.29
	Ah	0.05	0.03	0.11	0.02	0.02	0.12	0.35
	S. spp	0.28	0.06	0.16	0.03	0.01	0.29	0.83
TOTAL (kg/ha・yr)	As	0.33	0.17	0.24	1.43	5.67	2.75	10.59
	Qm	1.32	0.34	0.52	1.25	13.90	1.60	18.93
	Bj	1.14	0.32	0.67	5.53	4.29	0.70	12.65
	Be	0.21	0.19	1.21	1.28	1.14	0.22	4.25
	Ah	0.41	0.55	1.40	2.67	3.51	0.75	9.29
	S. spp	0.50	0.38	0.92	1.58	3.22	1.79	8.39

5. まとめ

リターフォールによって林地に還元される有機物量および窒素量を林齢の異なる6林分、トドマツ林（120年）、ミズナラ林（180年）、シラカンバ林（62年）、ダケカンバ林（18年）、ケヤマハンノキ林（16年）、ヤナギ林（15年）で1991年6月–1992年5月の1年間測定した。

1) 1年間の各林分のリターフォール量は、ミズナラ林の3.30ton/haが最も多く、以下シラカンバ林1.45ton/ha、トドマツ林1.27ton/ha、ヤナギ林0.60ton/ha、ケヤマハンノキ林0.47ton/haの順で、ダケカンバ林はミズナラ林の約1/10の0.32ton/haで最も少なかった。

2) 各林分の年間リター量中、最も多くを占める葉の割合はダケカンバ林の80%から、ケヤマハンノキ林の68%、ミズナラ林の65%、シラカンバ林の57%、トドマツ林の56%、ヤナギ林の42%まで最大と最小とでは、およそ2倍の開きがあった。

3) リター中の葉の月別構成比を見ると、落葉広葉樹林の落葉は秋に集中し、ヤナギ林、ケヤマハンノキ林、シラカンバ林では9、10月に集中する傾向を示すのに対し、ダケカンバ林は8月に最も多く9、10月の順に少なくなる。ミズナラ林は落下量のほとんどが10月に集中する傾向があった。トドマツ林の落葉は秋と冬に集中している。

4) リターフォールによって還元される窒素量はミズナラ林18.96kg/ha、シラカンバ林12.66kg/ha、トドマツ林10.60kg/ha、ケヤマハンノキ林9.30kg/ha、ヤナギ林8.40kg/ha、ダケカンバ林4.25kg/haの順であった。

5) 各林分の年間リター量に対する年間窒素還元量の比率（リター中の窒素量の割合）はミズナラ林0.57%、トドマツ林0.83%、シラカンバ林0.87%、ダケカンバ林1.30%、ケヤマハンノキ林1.40%、ヤナギ林1.96%の順で全体として林齢の多い林分で高い値を示している。すなわち、樹種は異なるが、林齢の増加に伴い単位リター量当たりの窒素含有率が低くなることを示し、年間リター量が同じ場合を仮定すれば、林齢が低い林分ほど年間窒素還元量が多くなることになる。このことは、林分による年間養分量の違いは、リター量に支配されるという報告（河原, 1971）とは異なり、むしろ林分の林齢、すなわち林分の成熟の度合と深い関係がある可能性を示唆している。

引用文献

- ANDO, M. 1970 : Litterfall and decomposition in some evergreen coniferous forests. Jap. J. Ecol., 20, 5, 170-181.
- EWEL, J.J. 1976 : Litterfall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. J. Ecol., 64, 293-307.
- FYLES, J.W., La ROY, G.H., and ELLIS, R.A. 1986 : Litter production in *Pinus banksiana* dominated stands in northern Alberta. Can. J. For. Res., 16, 772-777.
- HARDIWINOTO, S. 1991a : Nutrient elements in the litterfall of deciduous broad-leaved forests and evergreen coniferous forests of northern Hokkaido, Japan. Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ., 48, 2, 307-324.
- HARDIWINOTO, S. 1991b : Decomposition process and dynamics of nutrient elements of deciduous broad-leaved forests and evergreen coniferous forests of northern Hokkaido, Japan. Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ., 48, 2, 325-355.
- HARDIWINOTO, S., YAJIMA, T., and IGARASHI, T. 1991 : Stand structure and litter production of deciduous broad-leaved forests and evergreen coniferous forests in northern Hokkaido. Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ., 48, 1, 115-155.
- 片桐成夫・堤 利夫 1973 : 森林の物質循環と地位との関係について (I)Litterfall量とその養分量. 日林誌, 55, 3, 83-90.
- 河原輝彦 1971 : Litterfallによる養分還元量について (II)有機物量及び養分-還元量. 日林誌, 53, 8, 231-238.
- 斉藤秀樹 1981 : 綿向山山麓にあるヒノキ林のリターフォールの年変化とこれに影響する要因. 日生態会誌, 31, 179-189.
- 斉藤秀樹 1974 : ヒノキ人工林生態系の物質生産機構. 49-131, 地球社, 東京.
- 生態学実習懇談会編 1967 : 生態学実習書. 336pp., 朝倉書店, 東京.
- SIMARANGKIR, B.D.A.S. 1987 : Litterfall and decomposition process in sub-arctic forest zone in northern Hokkaido, North Japan. Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ., 44, 3, 1041-1110.
- シマランキル, B.D.A.S.・五十嵐恒夫 1986 : 北海道北部の亜寒帯林におけるリターフォールとその分解過程 (II)1984.6-1985.6のリターフォールと分解. 日林論, 97, 215-216.
- 1987 : ————— (III)リターフォールと分解の季節変化. 日林論, 98, 191-192.
- SPAIN, A.V. 1984 : Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian

- rainforests. *J. Ecol.*, 72, 947-61.
- SUMIDA, A. 1991 : Litterfall in a secondary forest with special reference to the relationships between leaf-fall rate, basal area and relative growth rate on a species basis. *Ecol. Res.*, 6, 51-62.
- 堤 利夫 1987 : 森林の物質循環. 56-58, 東京大学出版会, 東京.
- 上田晋之助・堤 利夫 1980 : タブを主とする天然生照葉樹林のリターフォールによる養分の還元について. *京大演報*, 52, 32-43.
- 上田晋之助・堤 利夫 1986 : 壮齡のヒノキ人工林のリターフォール量に及ぼす地位と施肥の影響について. *京大演報*, 58, 51-63.
- VOGT, K.A., GRIER, C.C. and VOGT, D.J. 1986 : Production, turnover and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests. *Adv. Ecol. Res.*, 15, 303-377.

Summary

The amounts of litter fall and nitrogen (N) return were measured in six uneven-aged forests at the Uryu Experiment Forest of Hokkaido University from June 1991 to May 1992. Among them, were old or matured forests, *Abies sachalinensis*(*As*) forest (about 120 years old) and *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*(*Qm*) forest (about 180 years old), as well as a middle-aged, and younger forests, *Betula japonica*(*Bj*) forest (about 43 years old), other *Betula ermanii*(*Be*) forest (18 years old), *Alnus hirsuta*(*Ah*) forest (16 years old) and *Salix* spp. forest (15 years old). Litterfall were sorted into leaves according to species, branches, barks, other parts (flowers, cones and seeds). The amount of N was analyzed for each component.

- 1) The annual amounts of total litterfall were 3.30 ton/ha for *Qm* stand, 1.45 ton/ha for *Bj* stand, 1.27 ton/ha for *As* stand, 0.60 ton/ha for *Salix* stand, 0.47 ton/ha for *Ah* stand and 0.32 ton/ha for *Be* stand.
- 2) Leaf litter was the major constituent in all litters, ranging from 80% for *Be* stand, 68% for *Ah* stand, 65% for *Qm* stand, 57% for *Bj* stand, 56% for *As* stand and 42% for *Salix* stand.
- 3) The annual amount of N return contained in total litter was 18.96 kg/ha for *Qm* stand, 12.66 kg/ha for *Bj* stand, 10.60 kg/ha for *As* stand, 9.30 kg/ha for *Ah* stand, 8.40 kg/ha for *Salix* stand and 4.25 kg/ha for *Be* stand respectively.
- 4) The leaf litter was the major component of litter in the amount of dry matter and of N return. The amounts of leaf litterfall and the amounts of N return peaked in autumn and winter in *As* stand, in autumn in deciduous-broad leaved stands and the other litterfall constituents other than leaf litter peaked in autumn and winter.
- 5) The ratio of N return to the annual amounts of total litterfall while different in each stand, was low in old and matured stand, 0.57% for *Qm* stand, 0.83% for *As* stand, 0.87% for *Bj* stand, 1.30% for *Be* stand, 1.40% for *Ah* stand and 1.96% for *Salix* stand. From this, it is suggested that maturation of a stand is related to the N content in litter.



写真-1 トドマツ-ウリュウザサ林(1992年6月10日撮影)
Photo 1. *Abies sachalinensis*-*Sasa sylvatica* stand (June 10, 1992).



写真-2 ミズナラ-ウリュウザサ林(1992年6月10日撮影)
Photo 2. *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*-*Sasa sylvatica* stand (June 10, 1992).



写真-3 シラカンバーウリュウザサ林(1992年6月10日撮影)
Photo 3. *Betula japonica*-*Sasa sylvatica* stand (June 10, 1992).



写真-4 ダケカンバ林(1991年11月2日撮影)
Photo 4. *Betula ermanii* stand (Nov. 2, 1991).



写真-5 ケヤマハンノキ林(1992年6月10日撮影)
Photo 5. *Alnus hirsuta* stand (June 10, 1992).



写真-6 ヤナギ林(1992年6月10日撮影)
Photo 6. *Salix* spp. stand (June 10, 1992).