

龍の口山森林理水試験地
(岡山市)

森林流域における水循環の 解明を目指して

名古屋大学大学院生命農学研究科
服部重昭

85 8 25

歩んだ道のり

主な研究内容

1970名古屋大学農学部林学科卒業

農林省 国立林業試験場
理水研究室(目黒区)

モデル斜面での植被別水
収支、水移動解析

1978 (つくば移転)

比較解析、群落蒸発散量
解析(タワー観測)

水文素過程の森林間の

1985農林水産省林業試験場

関西支場(京都市)

里山林流域における水
収支・熱収支解析および

土壌侵食防止研究

1995名古屋大学農学部

落葉広葉樹林、混交林の

1999 生命農学研究科

蒸発散解析と予測モデル

の構築、間伐の影響解析

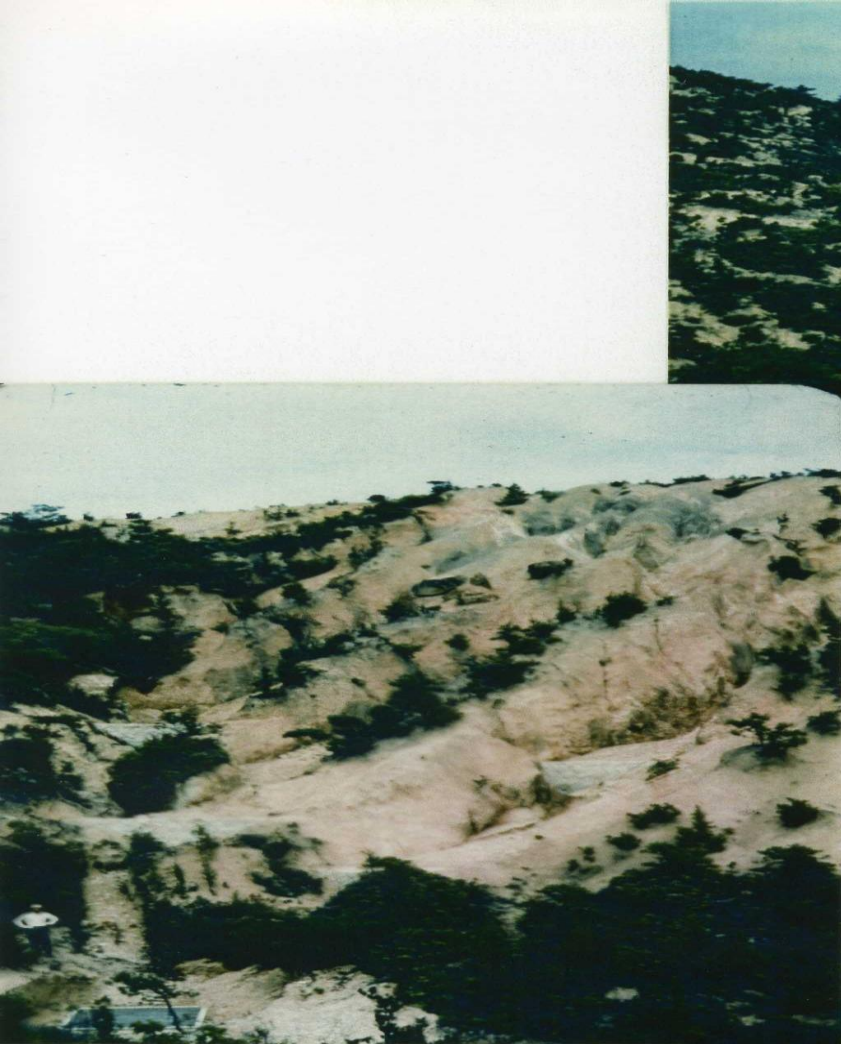
この間に、ブラジル(流域管理プロジェクト)、中国(黄土高原
緑化プロジェクト)、カンボジア(地球環境研究RR2002)で海外
での森林水文観測を経験。

わが国の森林で生起した主な変化

1. はげ山の消失(国土緑化、森林資源の育成)
世界的には森林伐採による裸地化・土壌劣化が深刻化 2.
- スギ・ヒノキなどの人工林の拡大(拡大造林) 3.
- 土地利用の変更
都市、農地、リゾートなどの開発 4.
- 手入れ不足や放置された人工林の増加(農山村社会の衰退) 5.
- 多様な森林の育成(生物多様性や生態系の保全)
- 長伐期林、針葉樹・広葉樹混交林、育成天然林、複層林など 6.
- 都市(住民)との連携・協働・交流／森林環境税の導入

研究目的

森林が水循環に及ぼす影響を定量的に評価し、水保全に適した、森林の整備・管理、技術開発等に資する。



瀬戸内のはげ山(岡山県)



本日の講演内容

1. 森林流域における流域水収支特性と森林施業の影響把握
2. 森林流域における水文素過程の実態解明
3. 森林が水循環に及ぼす影響の定量的評価と数値モデルの構築

森林水文学における研究手法の流れ



1930

1960

1990

B.B. Approach

- ・流域試験(小流域)
- ・降雨流出応答解析
- ・森林施業の影響評価
- ・長期水文観測
- ・統計解析

P-O Approach

- ・水文素過程
- ・物理則(数値モデル)
- ・現象場の不均質性
- ・森林群落構造の評価
- ・長期フラックス観測

C. Approach

- ・生態学／生理学／水文学
- ・同位体の利用
- ・リモセン技術の応用
- ・プロジェクトベース化
- ・H₂O／CO₂同時観測



宝川森林理水試験地(初沢流域:群馬県)

研究目標

- ・水収支の解明
- ・流出特性
- ・流域貯留量の推定
- ・森林施業の影響評価
- ・洪水到達時間解析
- ・短期水収支解析(蒸発散量推定)

水収支の基礎式

$$\text{降水量} = \text{流出量} + \text{蒸発散量} \pm \text{貯留変化量}$$



定山溪試験流域
(北海道:平成3年開設)

龍の口山森林理水試験地
(岡山県:昭和12年開設)





トヨタフォレストヒルズ

山城水文試験地(京都府)

落葉広葉樹二次林の流域



中国山西省吉県



クーニャ森林水文試験地
(ブラジルサンパウロ州)

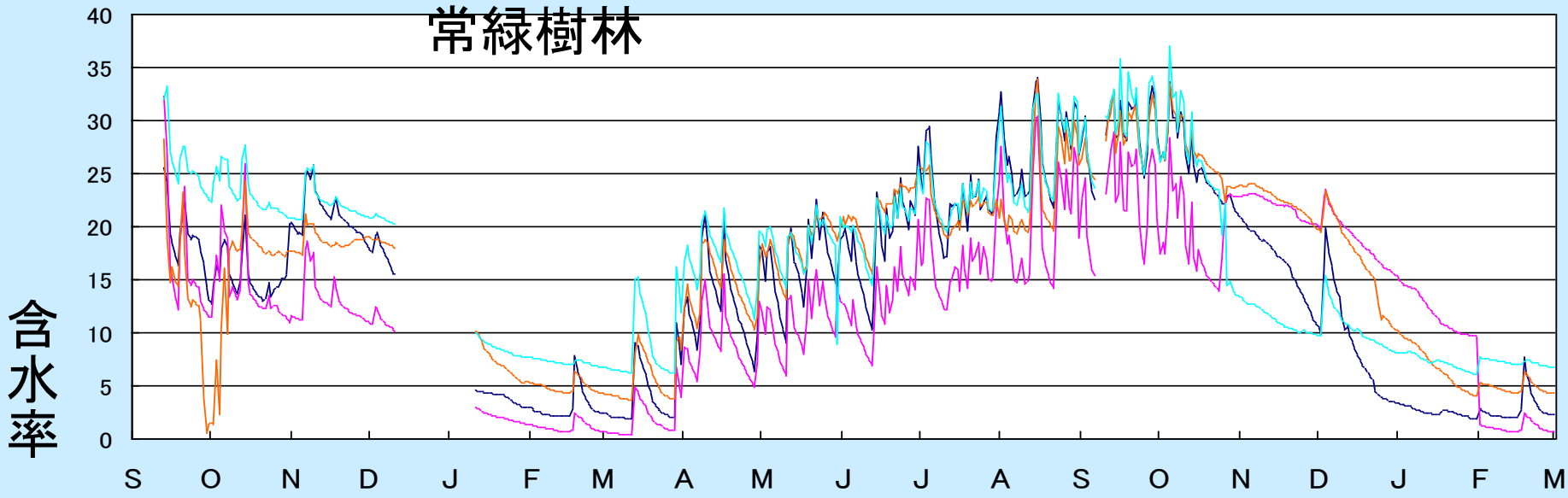
調査地点



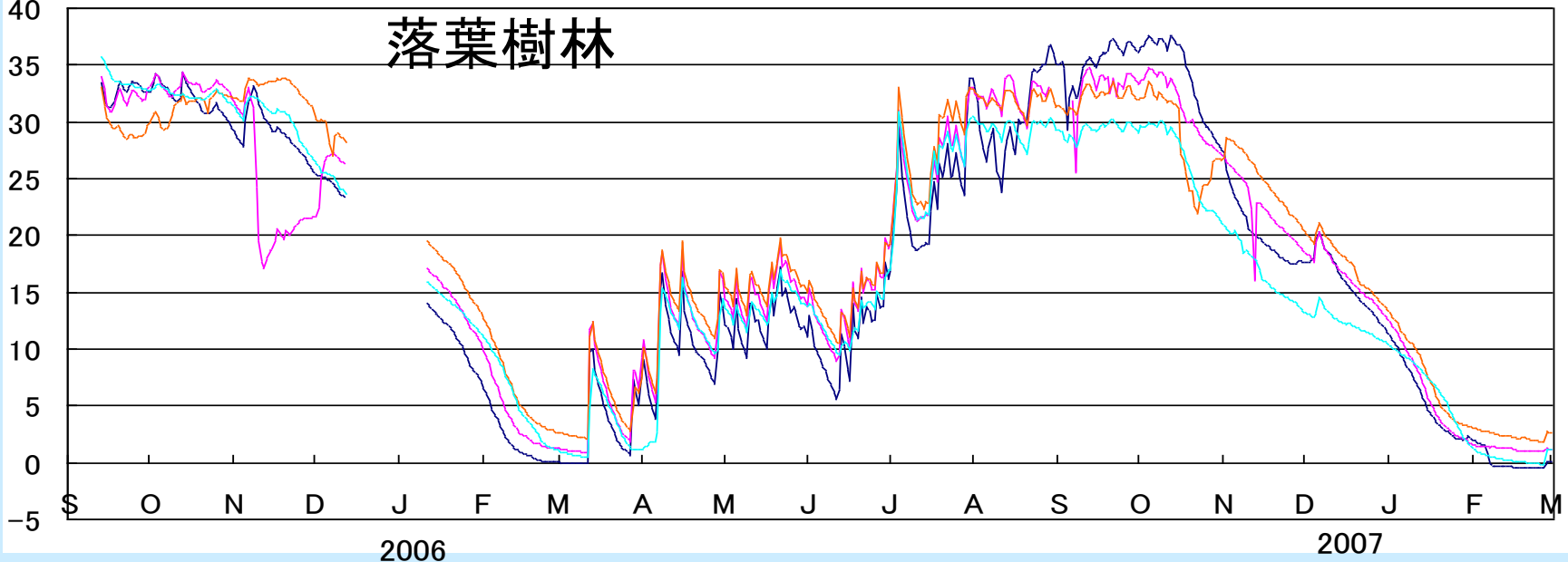
水位一流量曲線の作成

流速計による流量観測
(カンボジア: 乾季)

常緑樹林

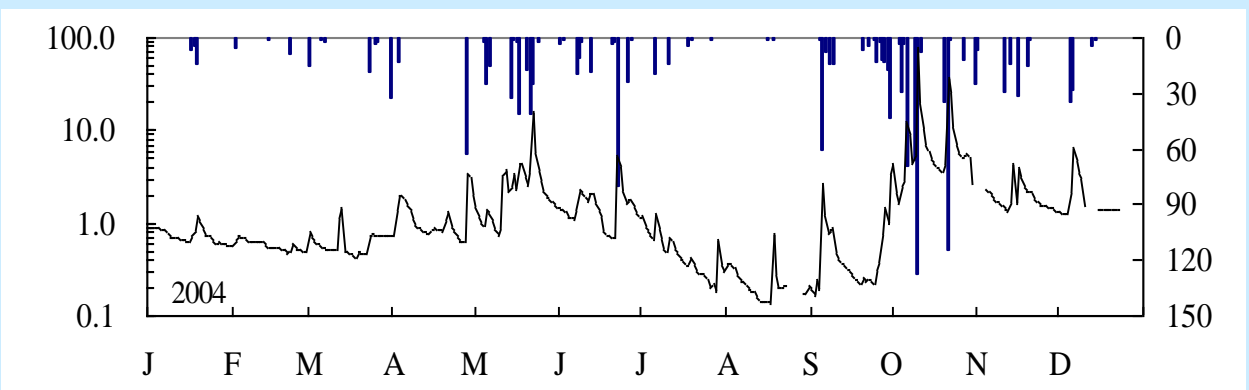
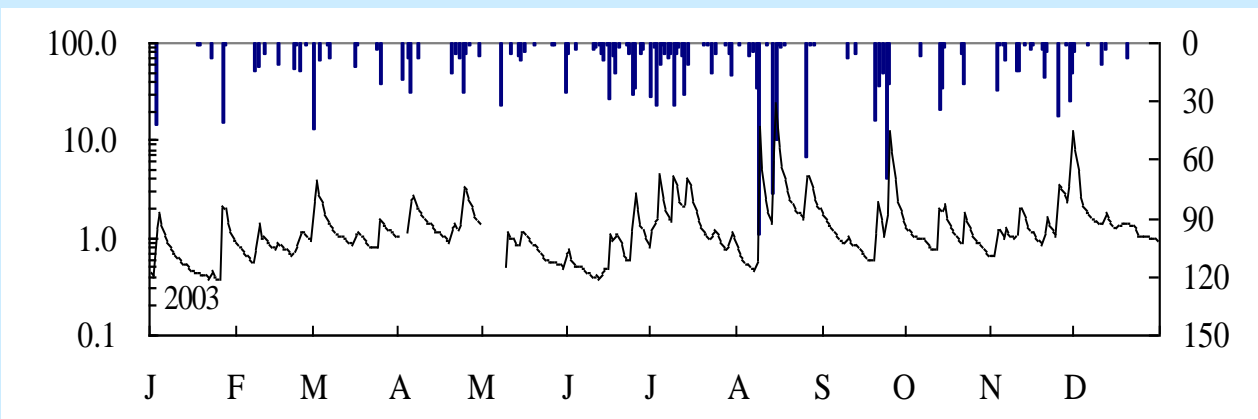
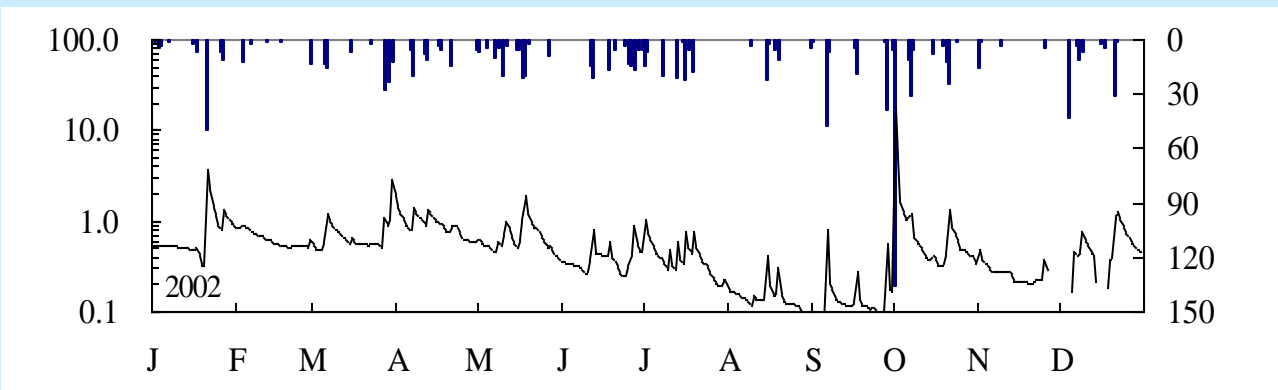


落葉樹林



浅層土壤水分の季節変化(カンボジア)

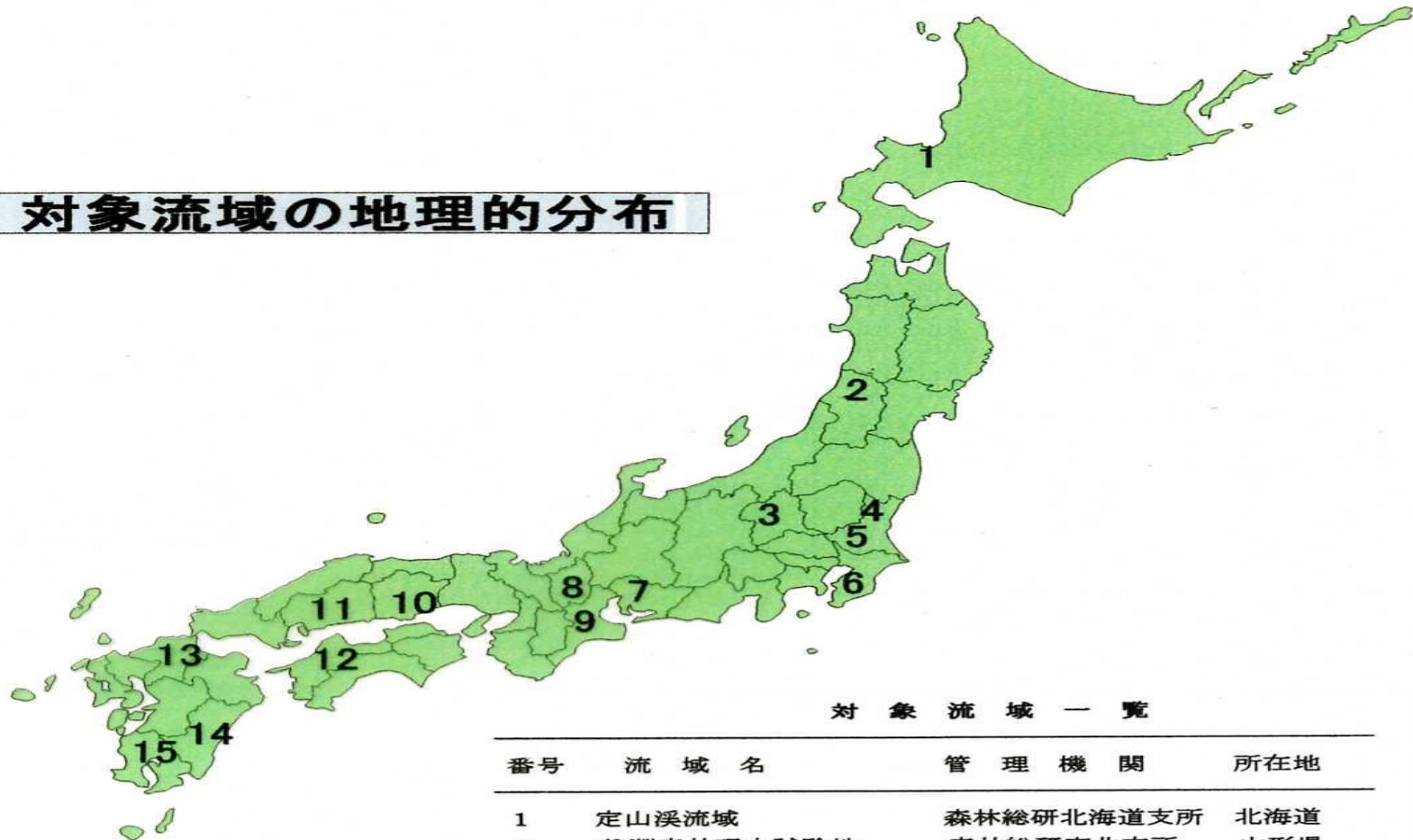
流出量



降水量

降雨／流出の応答関係 (mm／日)

対象流域の地理的分布



対象流域一覧

番号	流域名	管理機関	所在地
1	定山溪流域	森林総研北海道支所	北海道
2	釜淵森林理水試験地	森林総研東北支所	山形県
3	宝川森林理水試験地	森林総合研究所	群馬県
4	常陸太田森林水文試験地	森林総合研究所	茨城県
5	筑波森林水文試験地	森林総合研究所	茨城県
6	袋山沢流域	東京大学	千葉県
7	愛知演習林試験流域	東京大学	愛知県
8	桐生試験地	京都大学	滋賀県
9	ぬたの谷流域	三重大学	三重県
10	竜の口山森林理水試験地	森林総研関西支所	岡山県
11	江田島試験流域	広島県	広島県
12	大洲試験地	愛媛大学	愛媛県
13	大藪3号流域	福岡県	福岡県
14	去川森林理水試験地	森林総研九州支所	宮崎県
15	高隈1号試験地	鹿児島大学	鹿児島県
16	南明治山・辺戸名流域	沖縄県	沖縄県

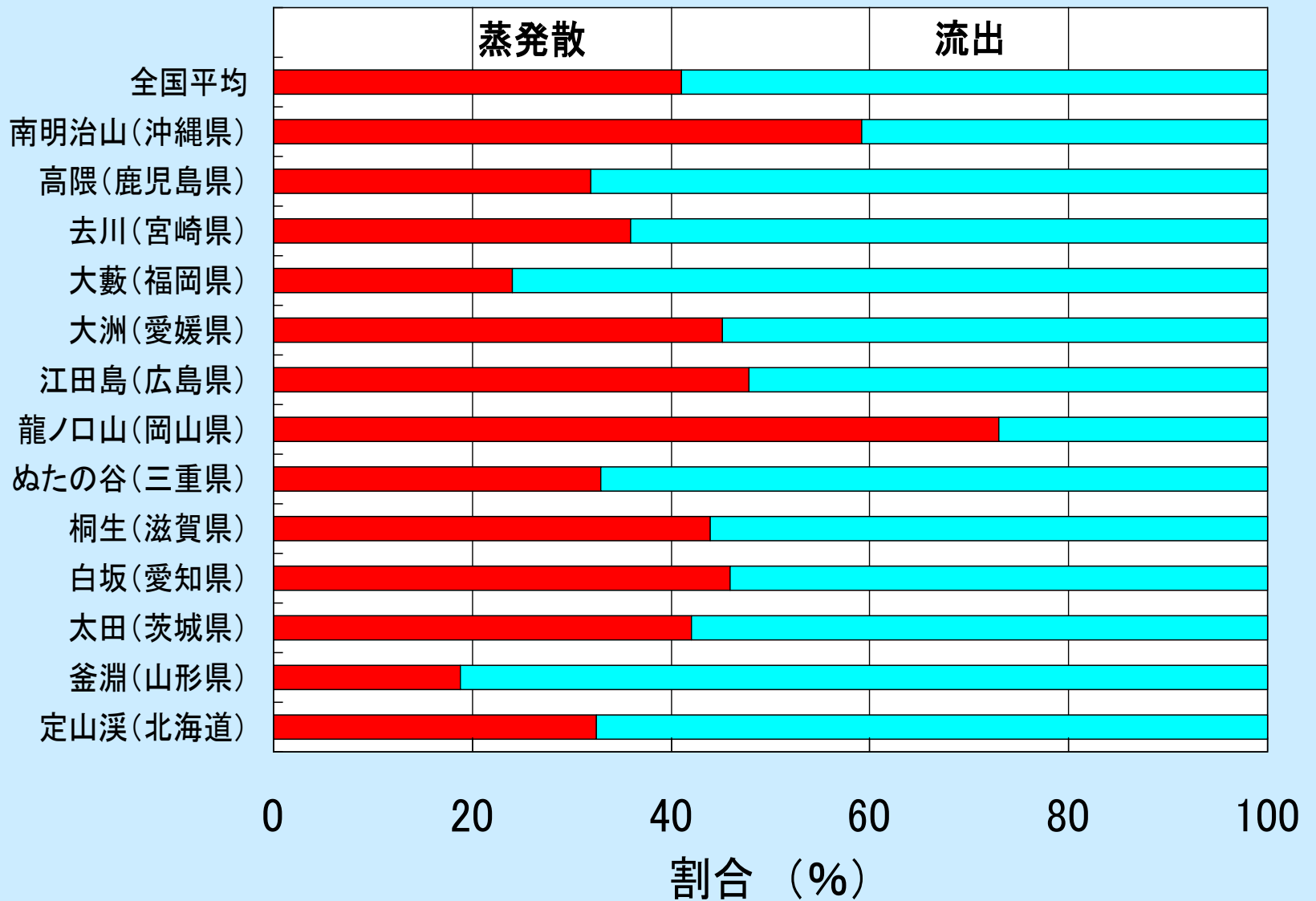
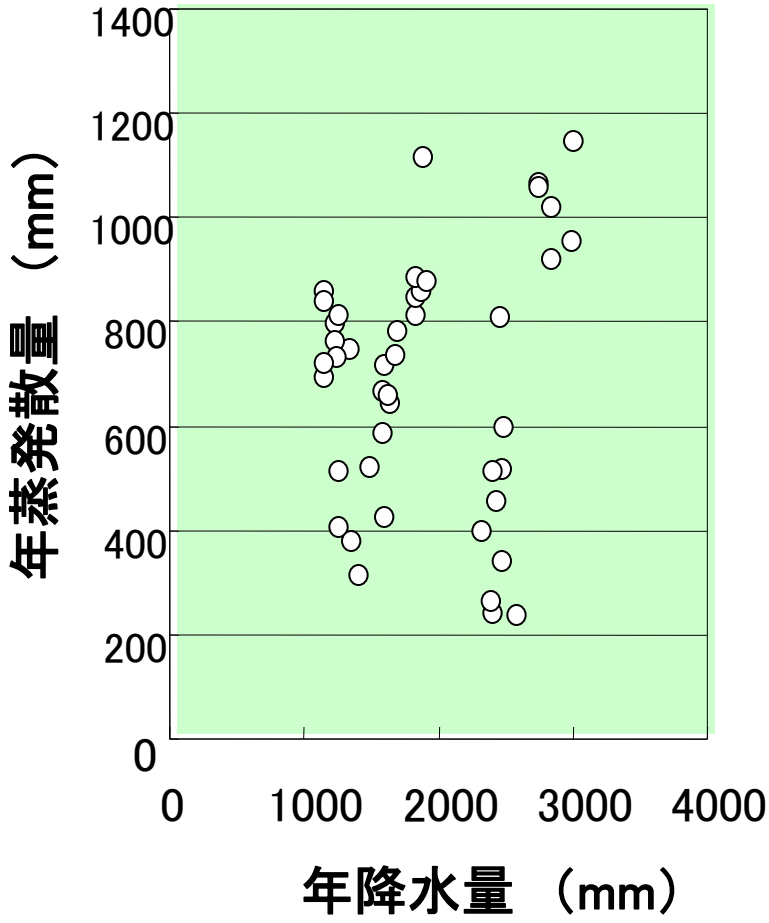
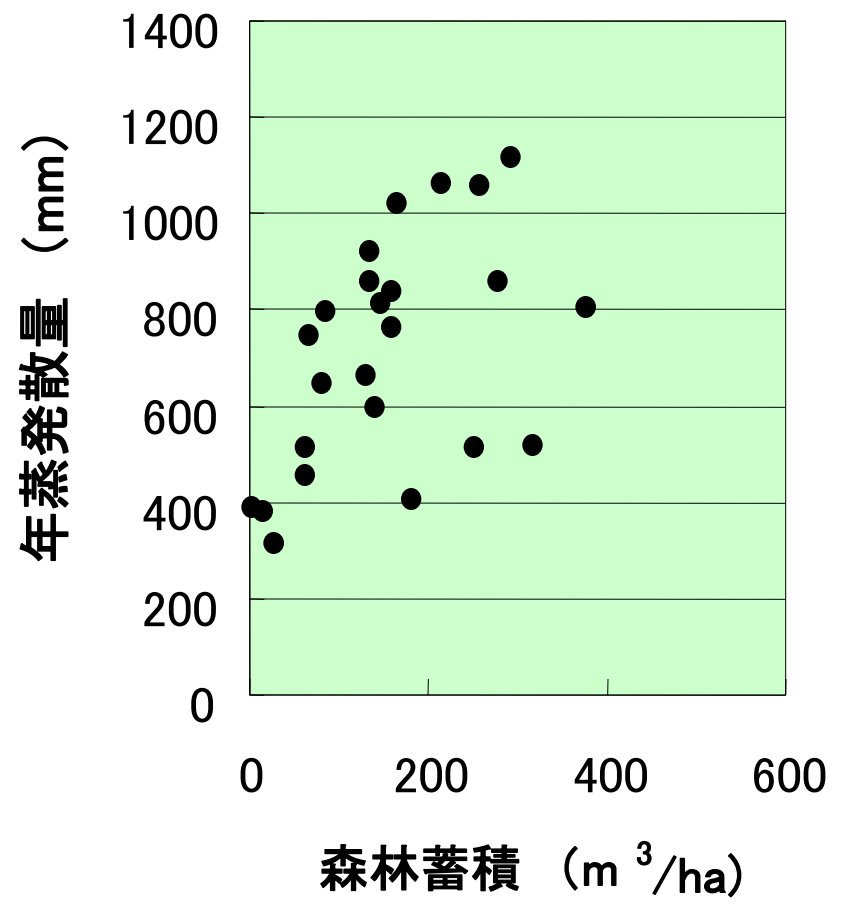


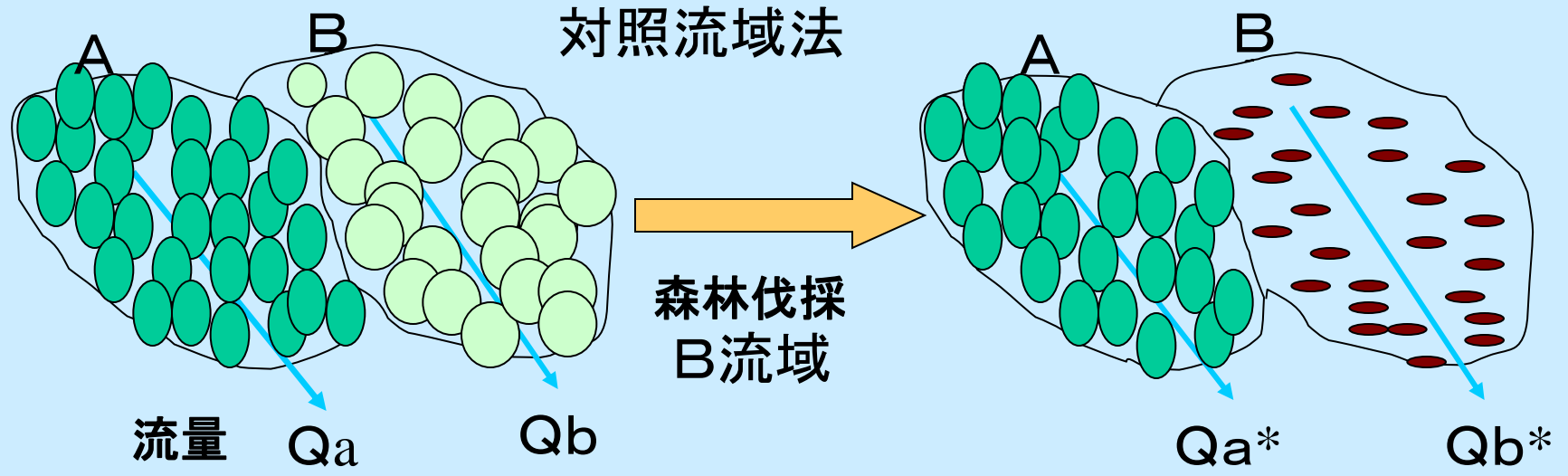
図-2 森林流域の水収支



年蒸発散量と年降水量



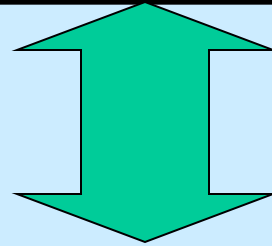
蒸発散量と森林蓄積



基準期間（伐採前）： $Q_b = f(Q_a)$

処理期間（伐採後）： $Q_b(\text{est}) = f(Q_a^*)$

森林伐採による流量変化量 = $Q_b^* - Q_b(\text{est})$



関係解析

観測項目

気象条件、地形・地質・土壌条件

森林条件（材積、樹高、直径、密度、葉量など）

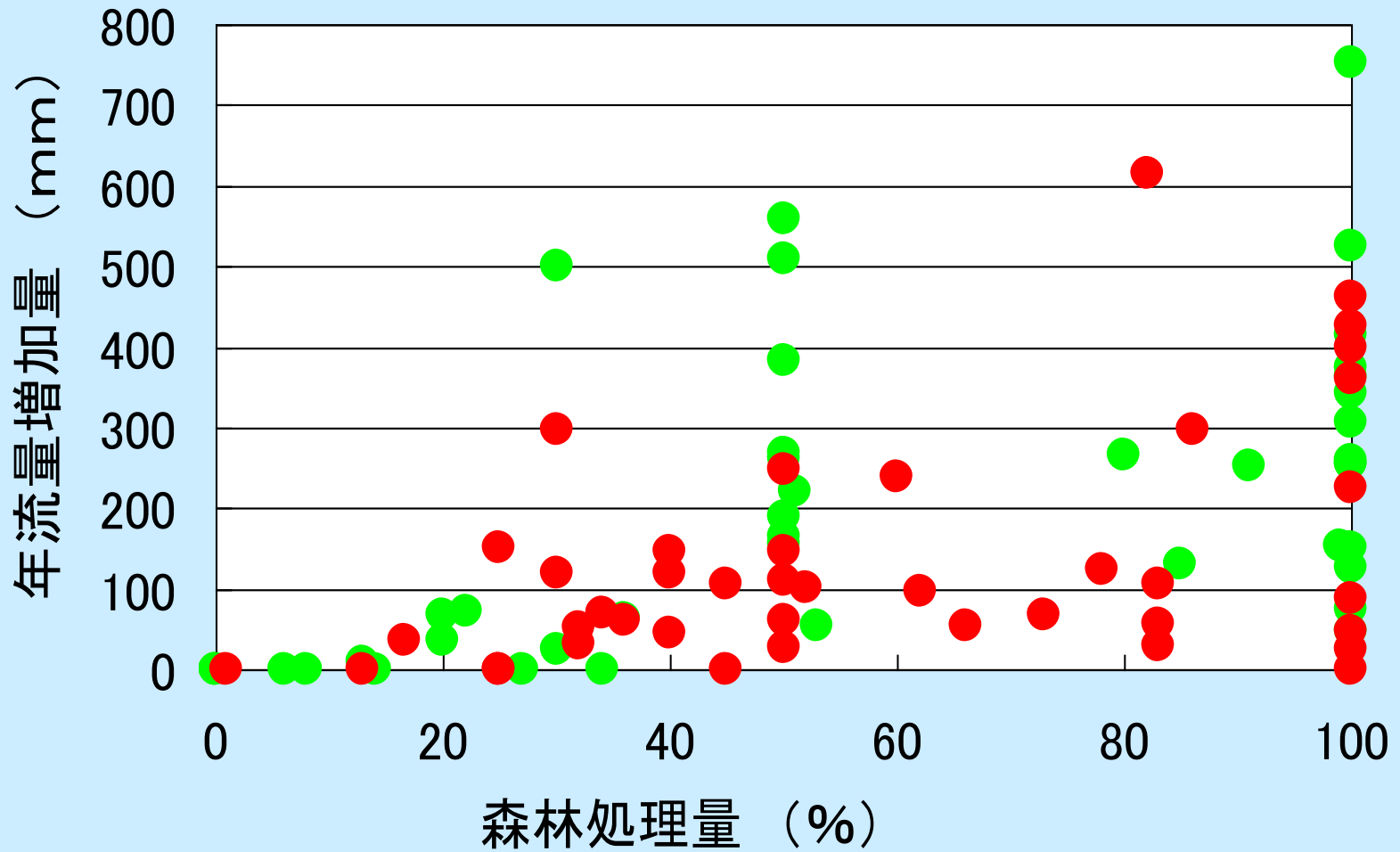


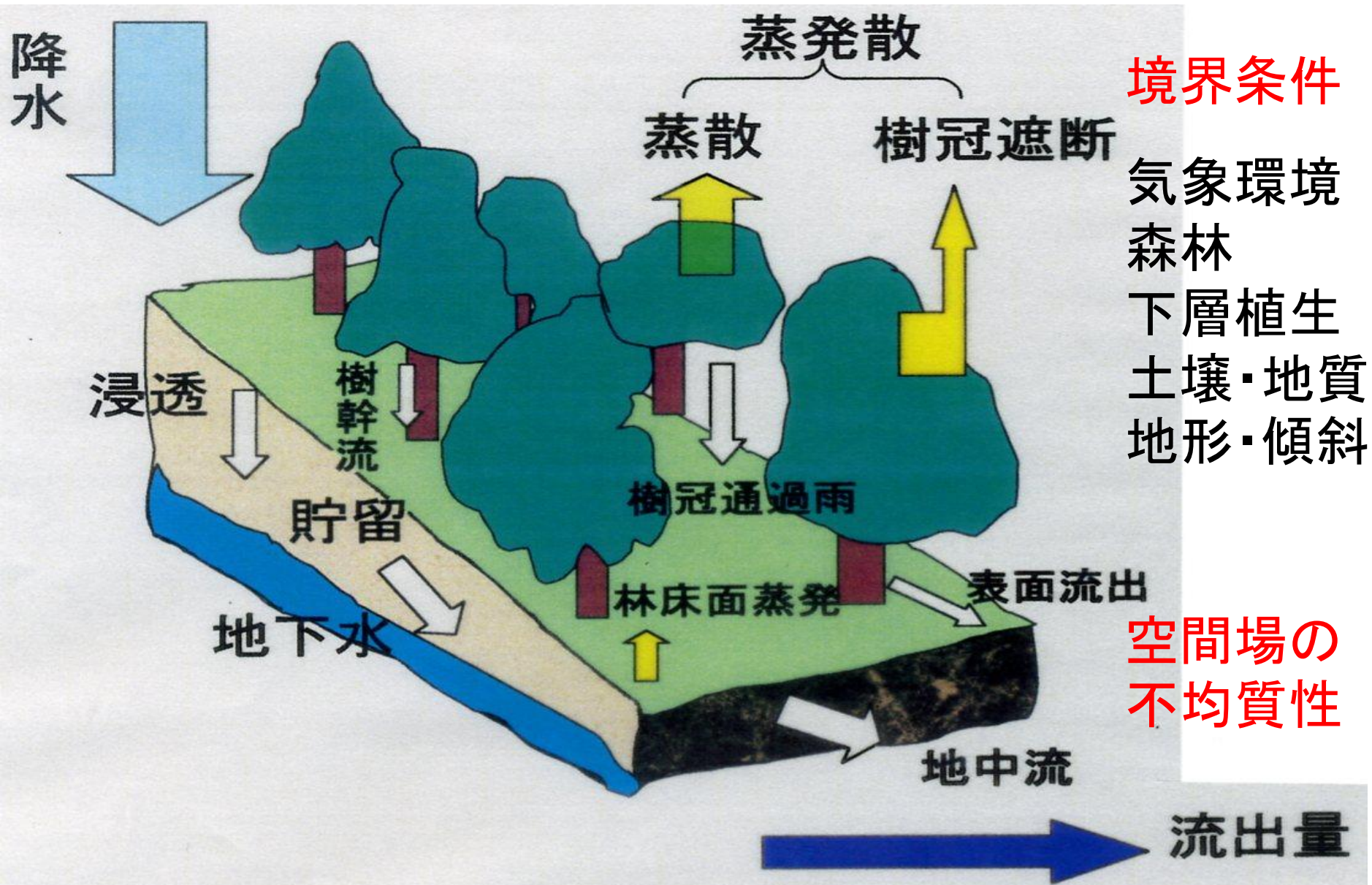
図-3 森林処理が流出量に及ぼす影響

Stedick(1996)のデータを用いて作成

(針葉樹: ● 広葉樹: ●)

本日の講演内容

1. 森林流域における流域水収支特性と森林施業の影響把握
2. 森林流域における水文素過程の実態解明
3. 森林が水循環に及ぼす影響の定量的評価と数値モデルの構築



森林流域における水循環の概念図

森林水文学における研究手法の流れ



1930

1960

1990

B.B. Approach

- ・流域試験(小流域)
- ・降雨流出応答解析
- ・森林施業の影響評価
- ・長期水文観測
- ・統計解析

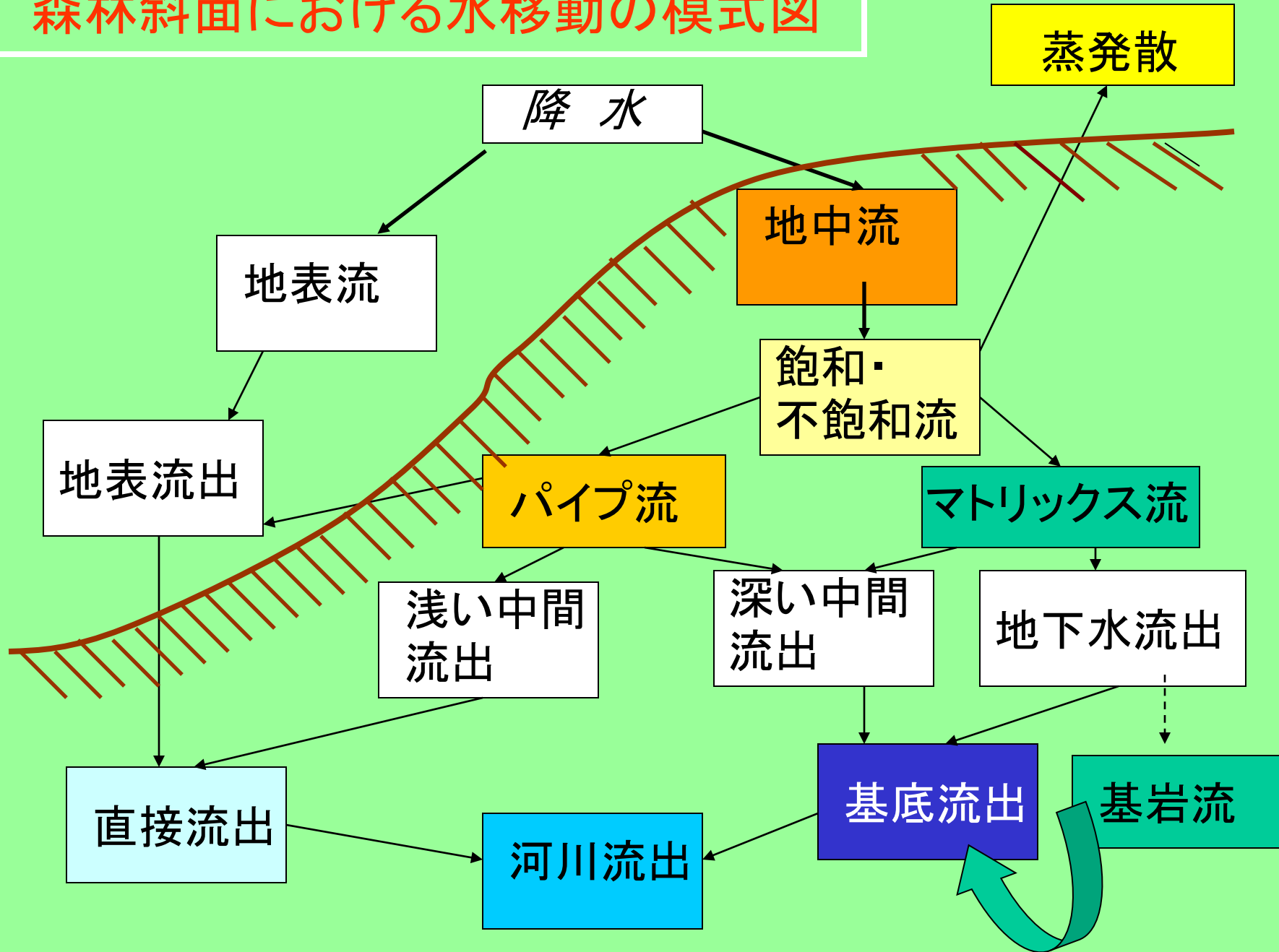
P-O Approach

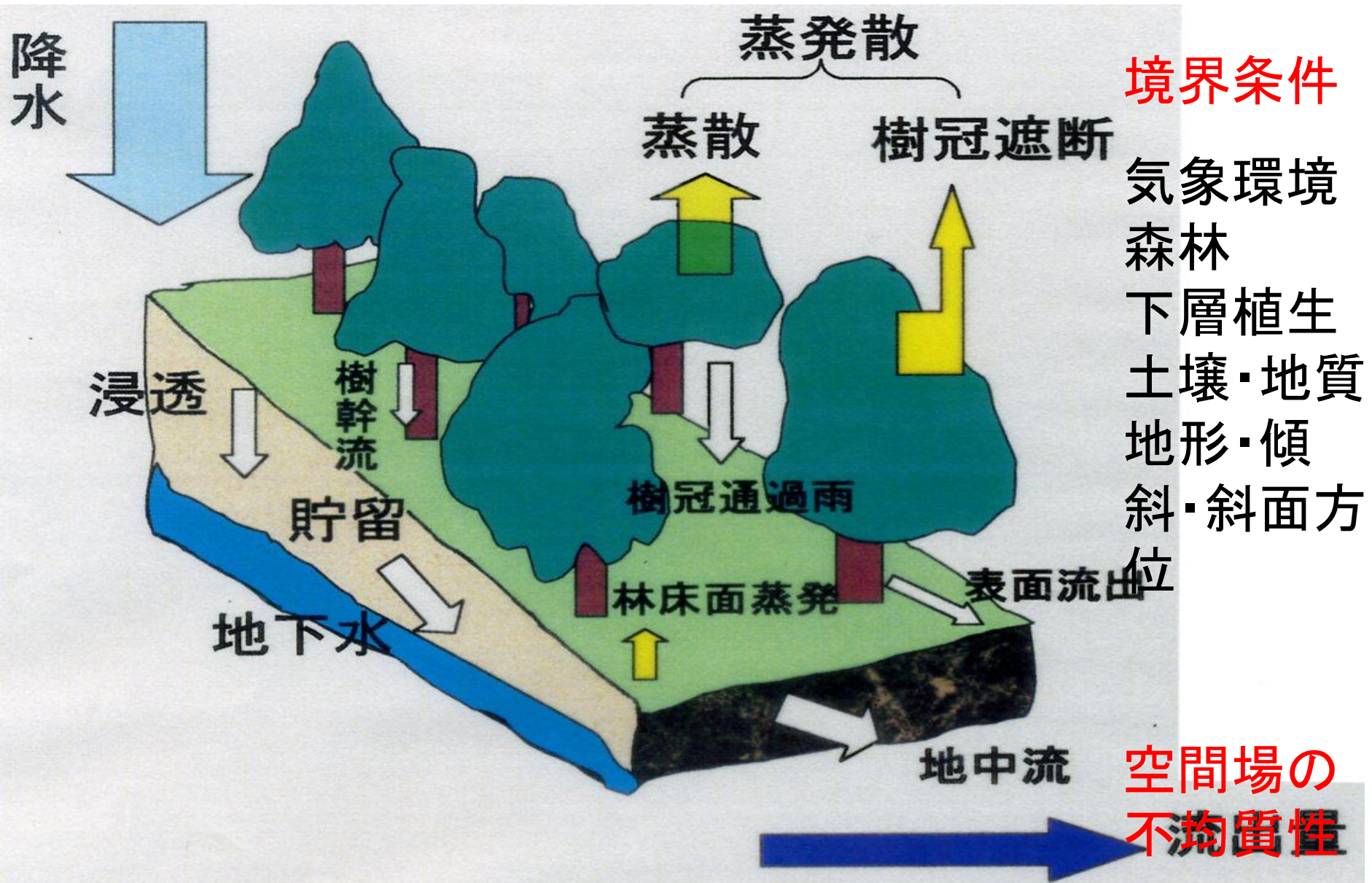
- ・水文素過程
- ・物理則(数値モデル)
- ・現象場の不均質性
- ・森林群落構造の評価
- ・長期フラックス観測

C. Approach

- ・生態学／生理学／水文学
- ・同位体の利用
- ・リモセン技術の応用
- ・プロジェクトベース化
- ・H₂O／CO₂同時観測

森林斜面における水移動の模式図





森林流域における水循環の概念図

解析時間スケール

分 時 日 月 年

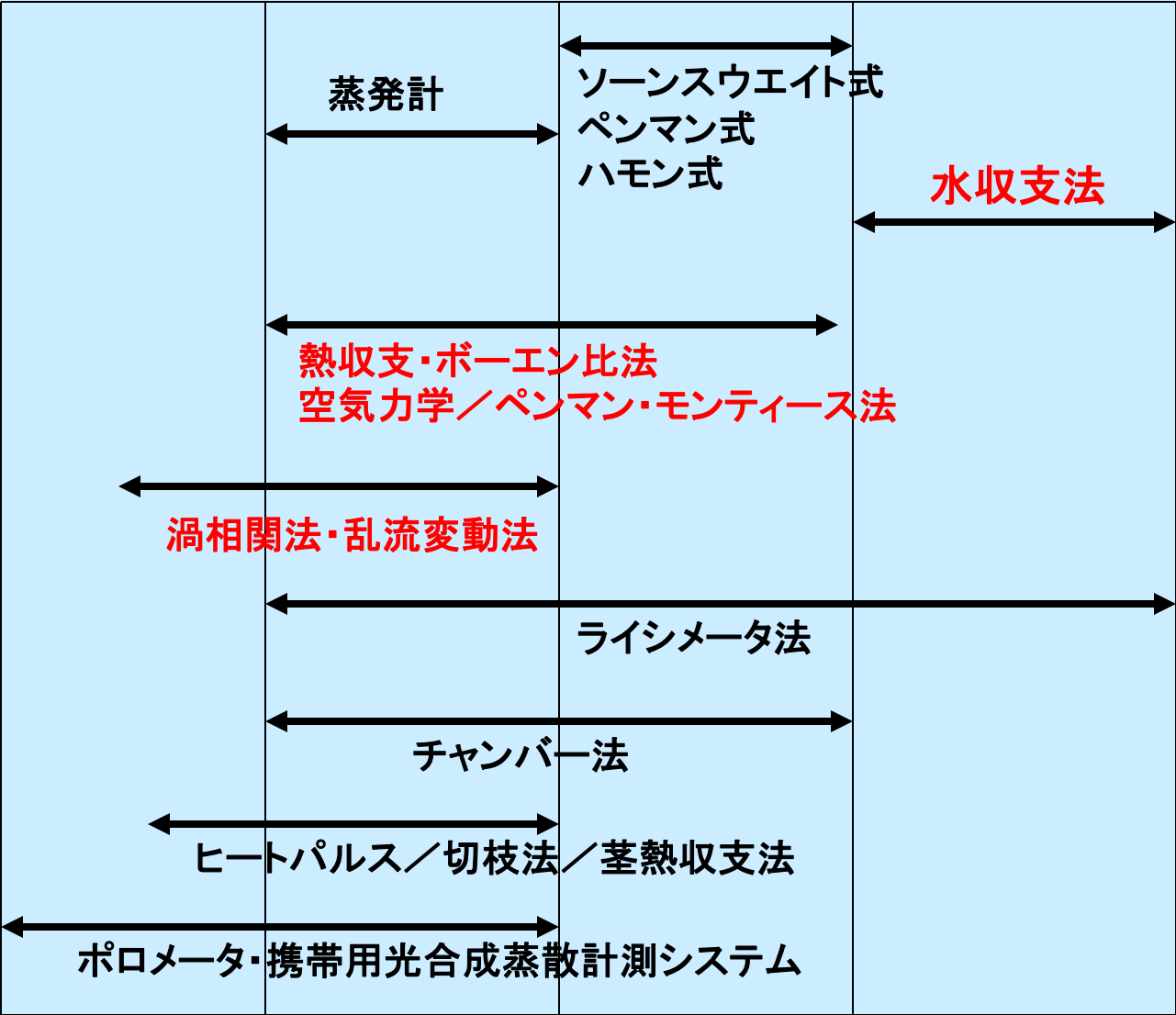
可能蒸発散量／可能蒸発量

流域

群落

複数木
個木

個葉





カラマツ人工林



アカマツ林

研究目標

- ・蒸発散量の計測
(主にdry canopy)
- ・熱収支構造の解明
- ・放射収支特性の解明
- ・反射率(アルベド)の
季節変化
- ・群落構造の定量化
- ・微気象環境の鉛直
プロフィール実態解析

大田原営林署管内(栃木県) 千代田試験地(茨城県)

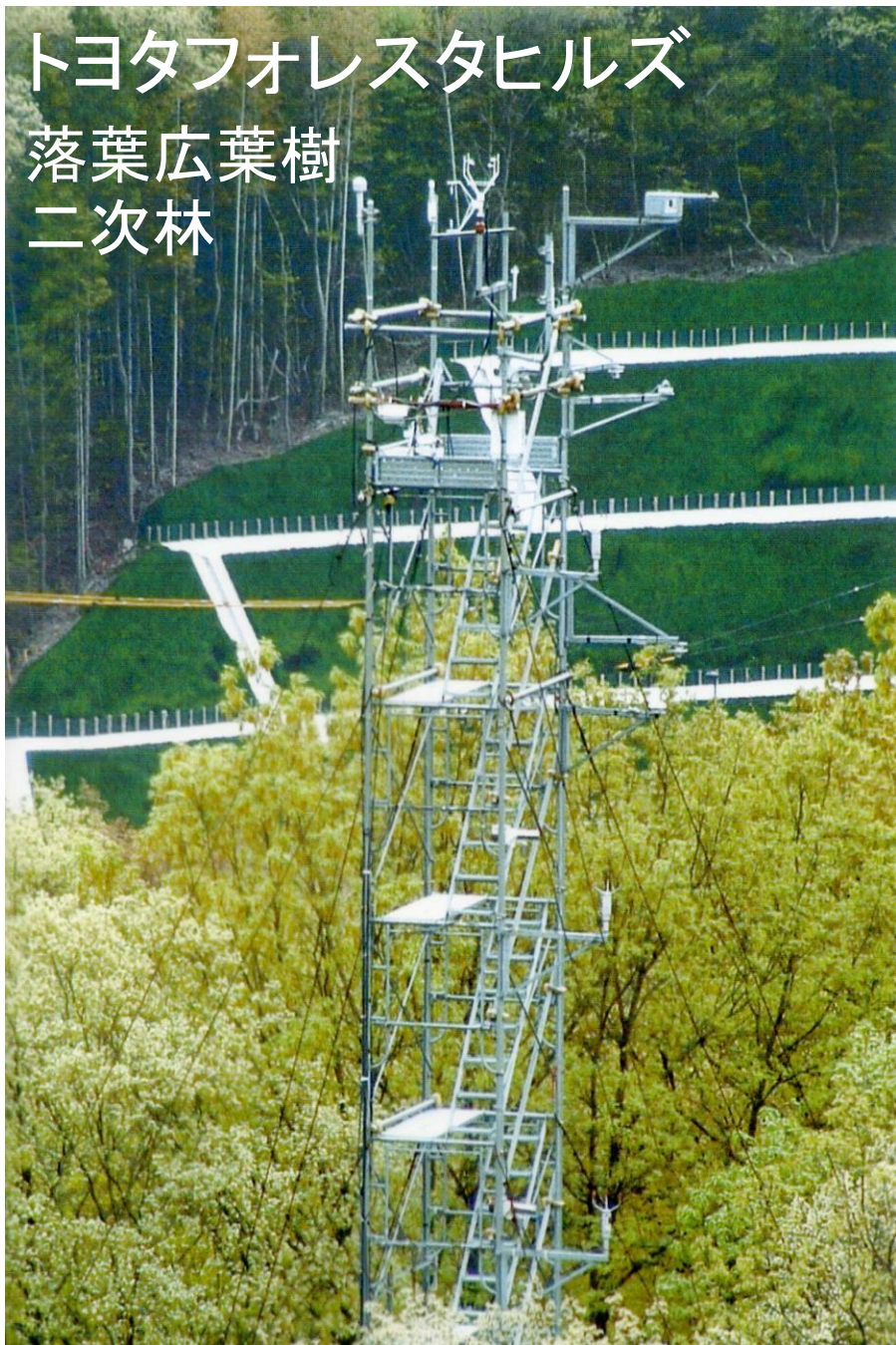


ヒノキ人工林
天岳良国有林(茨城県)

アカシア人工林
中国山西省吉県

エリオットマツ人工林
サンパウロ州

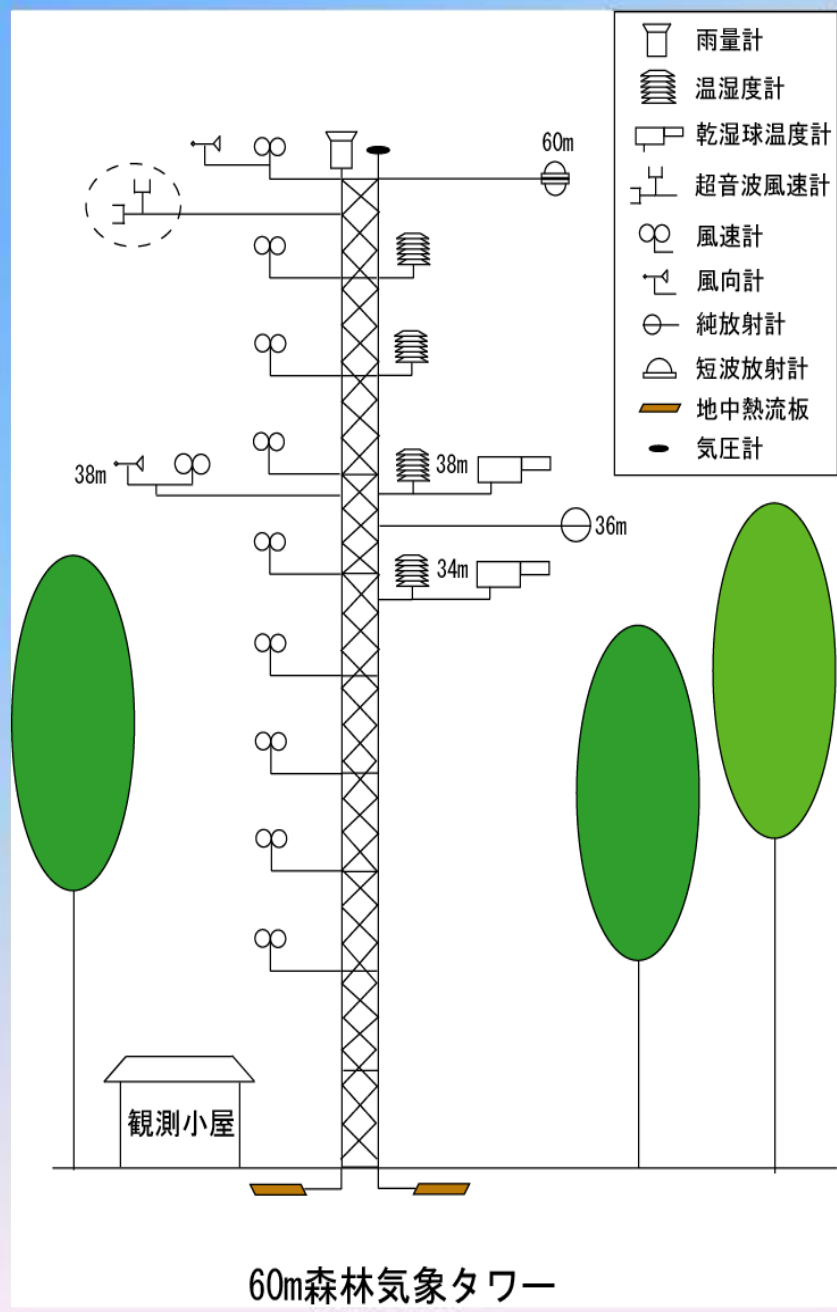
トヨタフォレストスタヒルズ
落葉広葉樹
二次林



瀬戸国有林(針・広混交林)

森林気象観測タワー(常緑広葉樹林流域:60m)

カンボジア



森林の蒸散量

林分	測定方法	蒸散量 (mm y ⁻¹)	文献
シトカトウヒ	ライシメータ法	340	Law(1956)
ドイツトウヒ	エネルギー収支法 と空気力学的方法	362	Tajchman(1972)
	水収支式	279	Brechtel(1976)
	P-M式 ²⁾	290	Calder(1977)
	P-M式	340	Calder(1977)
	P-M式	330	Calder(1977)
オウシュウアカマツ	水収支式	324	Brechtel(1976)
	P-M式	353	Gashら(1977)
	P-M式	427	Rutter(1968)
	P-M式	342.8 ³⁾	Lindroth(1985)
カシ	水収支式	327	Brechtel(1976)
		320	Institute Hydrology
ブナ		344	Schnock(1971)
ヒノキ	ボーエン比法	250.8 ⁴⁾	Hattori(1987)
	切枝法と重回帰式 の組合せ	282.6	東京都水道局(1973)
アカマツ・ヒノキ	流域水収支と遮断 量測定	396.8	Suzuki(1980)

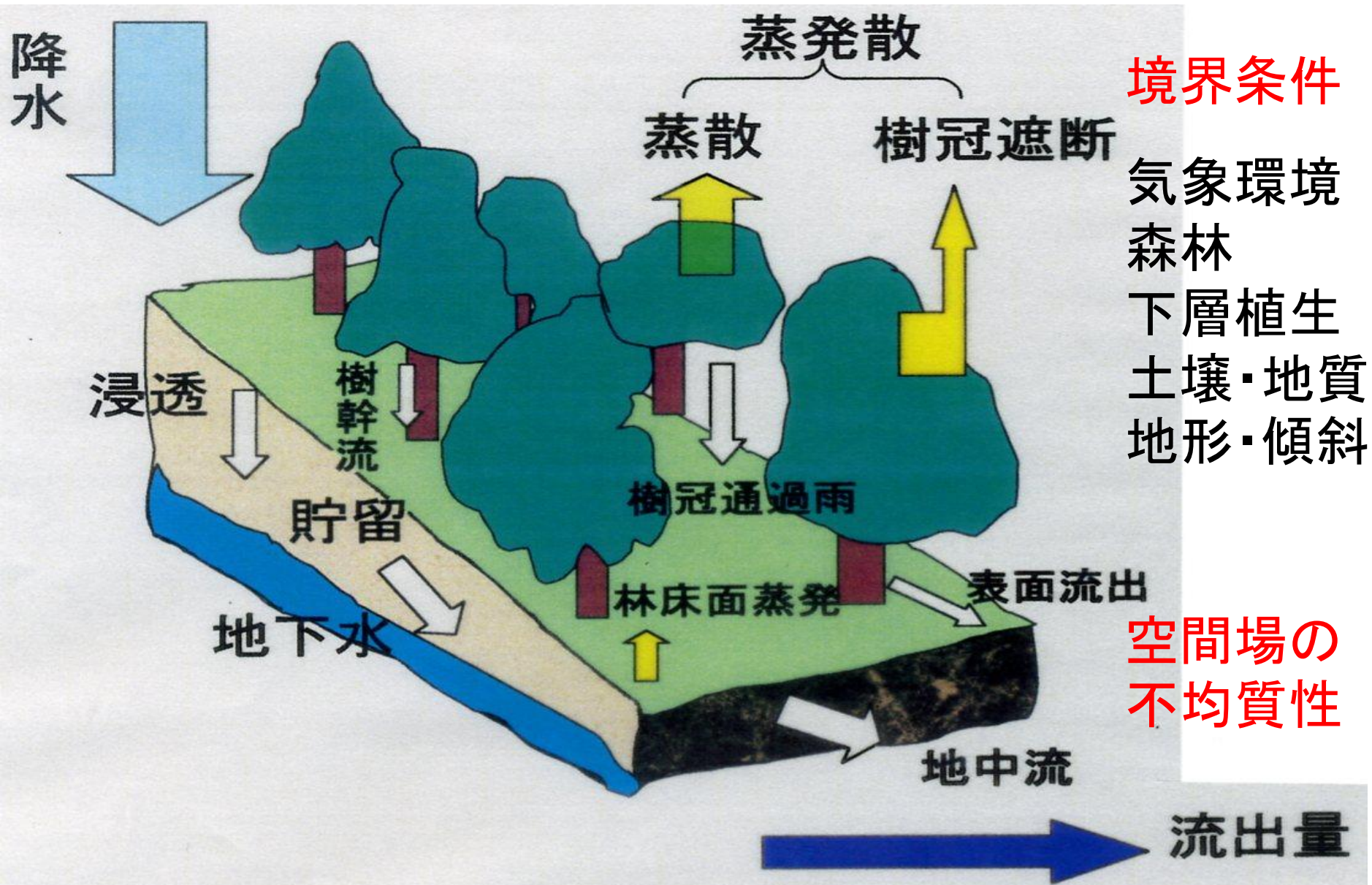
注) ¹⁾: Roberts(1983)に他林分のデータを追加, ²⁾: Penman-Monteith式を意味する, ³⁾: 測定期間は5~10月, ⁴⁾: 測定期間は4~10月.

多くの森林(ヨーロッパが中心)における年間蒸散量の平均値として、

針葉樹: 334 ± 37 (範囲280~360) mm

落葉広葉樹: 303 ± 37 (範囲240~360) mm

Bruijnzeel(2001): The Forests Handbook



森林流域における水循環の概念図

降雨の空間分布測定(樹冠遮断蒸発の測定)

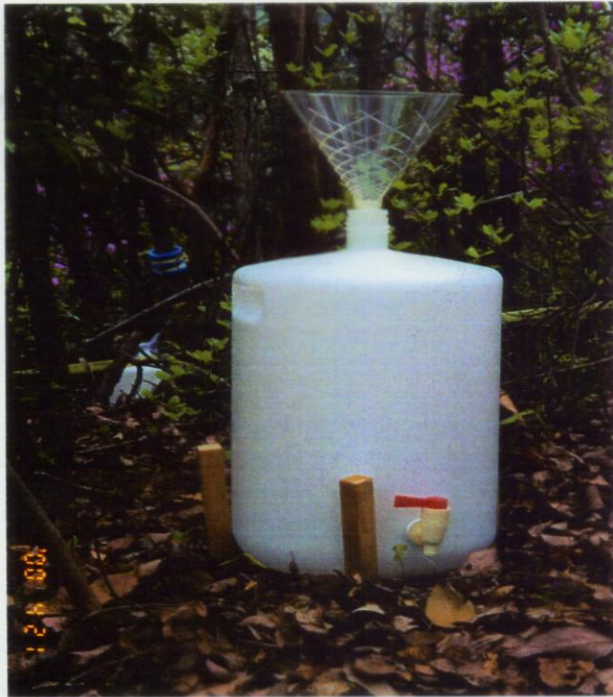
瀬戸国有林



熱帯林における 樹幹流下量の観測



トヨタフォレストヒルズ 観測プロット



樹冠通過雨量測定器



樹幹流下量測定器

(カンボジア)



ヒノキ人工林での樹冠遮断量観測

樹冠遮断量

林分	測定法 ¹⁾	降水量 (mm)	樹冠遮断量 (mm)	樹冠遮断率 (%)	文献
アカマツ	1	1024.4	198.5	19.4	村井(1970)
カラマツ	1	874.0	178.7	20.4	村井(1970)
ヒノキ	1	1793.0	457.8	25.5	岩坪ら(1967)
	1	1542.5	328.9	21.3	服部ら(1982)
	3	1336.4	312.9	23.4	服部ら(1988)
アカマツ・ヒノキ	1	1777.9	352.1	19.8	Suzukiら(1980)
スギ	1	1621.6	378.3	23.3	丹下(1982)
	1	1702.7	245.3	14.4	丹下(1983)
広葉樹 ²⁾	1	1793.0	360.4	20.1	岩坪ら(1967)
広葉樹 ³⁾	1	1702.7	224.1	13.2	丹下(1983)
落葉広葉樹二次林	1	1627.0	209.9	12.9	Hattori(1994)
落葉広葉樹二次林	1	1257.8	207.3	15.7	出口ら(2001)
オウシュウアカマツ・ コルシカマツ	2	595.1	213.6	35.9	Gashら(1977)
オウシュウアカマツ	2	493	252	51.1	Gashら(1980)
	3	493	247	50.1	Gashら(1980)
シトカトウヒ	2	802	300	37.4	Gashら(1980)
	3	802	249	31.0	Gashら(1980)
シデ	1	447.0	160.3	35.9	Leytonら(1967)
混生常緑樹	3	1938.5	527	27.2	Pearceら(1981)
	3	2058.3	538	26.1	Pearceら(1981)
熱帯降雨林	1	2593	363	14.0	Shuttleworth(1988)

注) 1) : 測定法の1, 2, 3は本文中の①水収支的方法, ②微気象学的方法, ③
 組合せ法にそれぞれ対応する。 2) : ソヨゴ, ツバキ, クリ, リョウブなどが
 混生する。 3) : 上層木はコナラが優占する。

本邦の森林の年平均値

遮断量: 303.7mm

遮断率: 20%

針葉樹

遮断量: 306.6mm

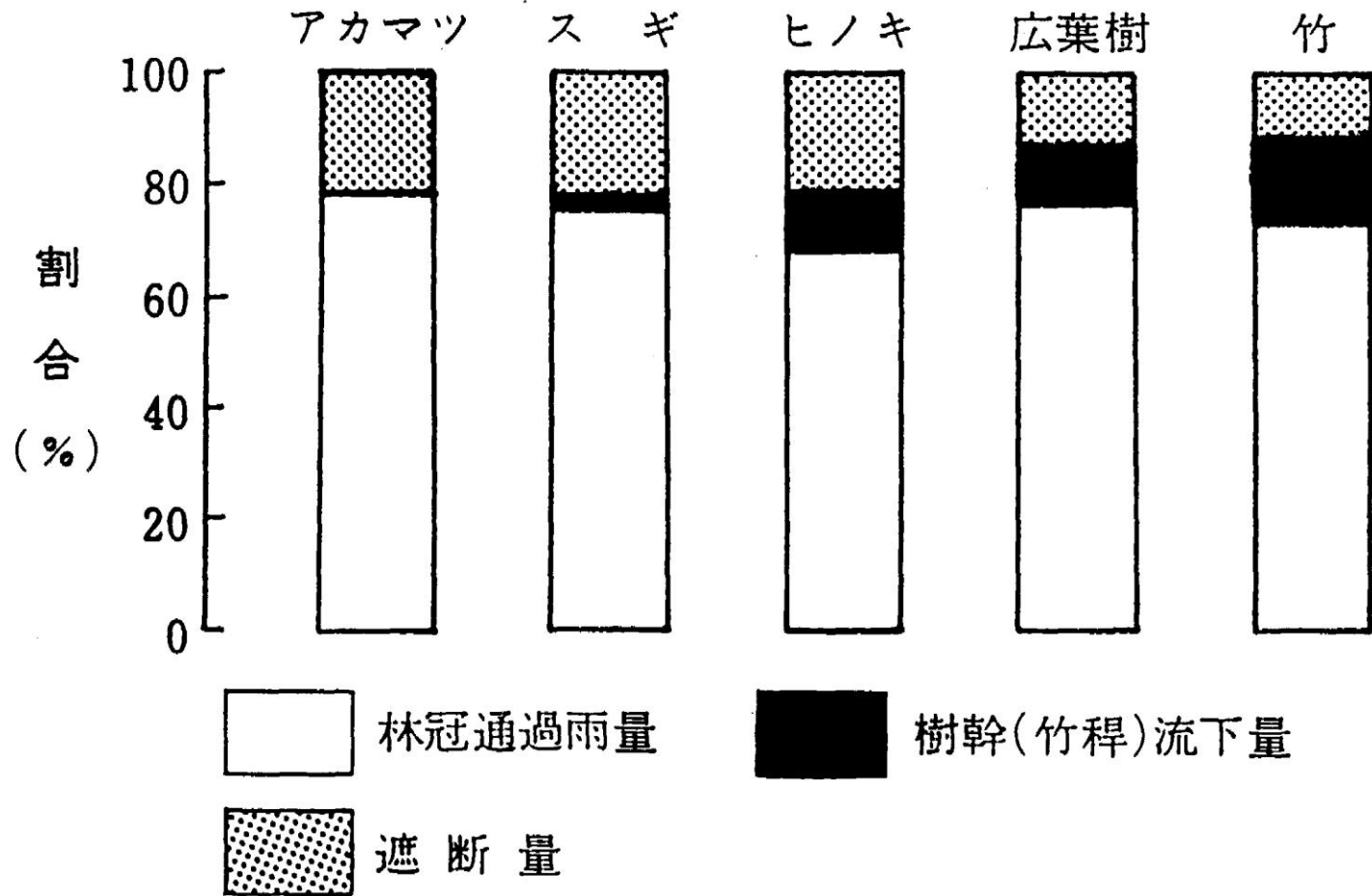
遮断率: 21.0%

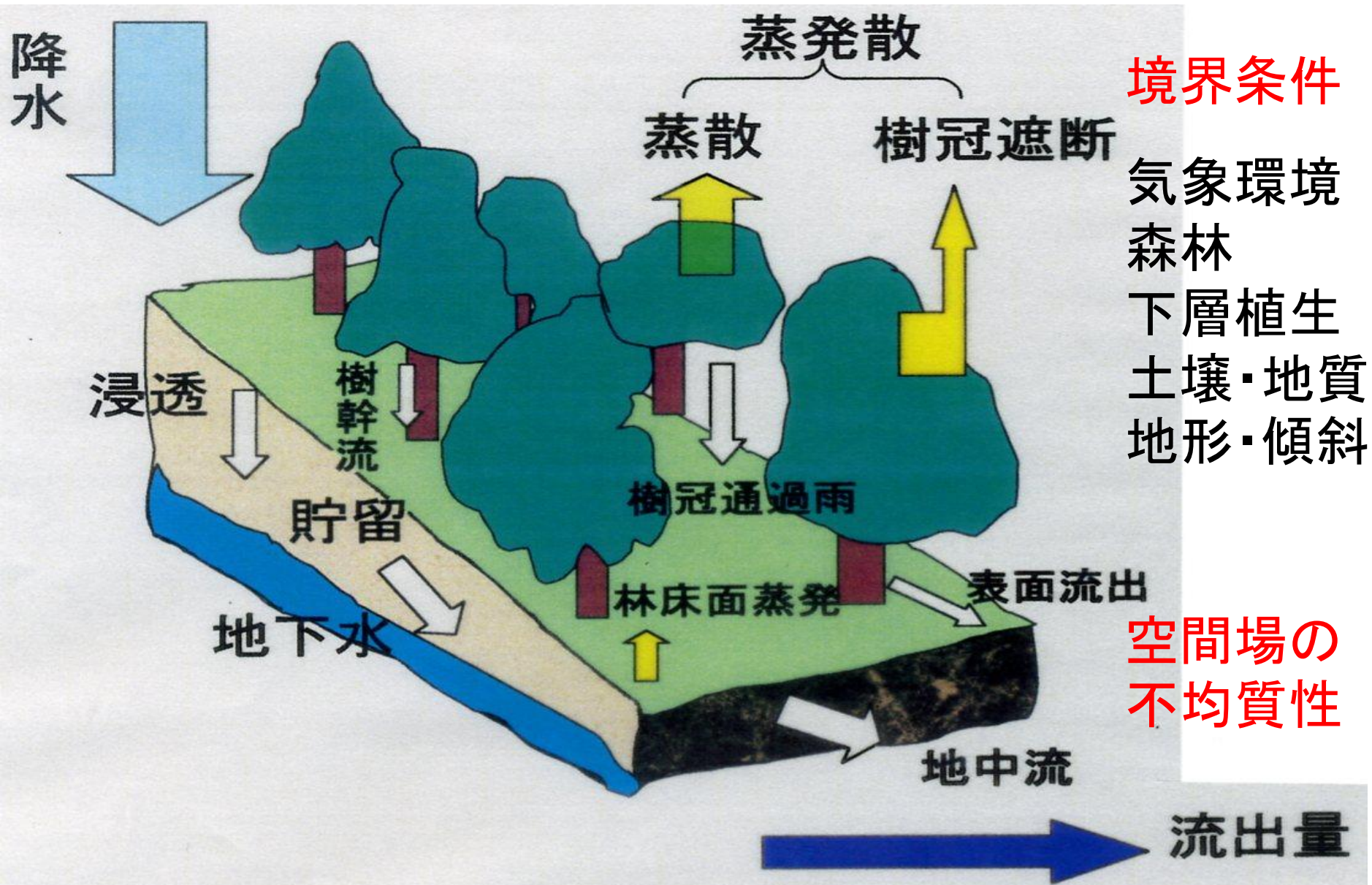
広葉樹

遮断量: 250.4mm

遮断率: 15.7%

降雨に占める3成分の割合比較(年間量)





森林流域における水循環の概念図



マイクロライシメータによる
林床面蒸発量の観測

サイズ: 1000cc





諸元: 50cm × 32cm × 20cm

測定サイクル: 30分 (25分開放 - 5分閉鎖)

サンプリングタイム: 30秒

システム構成: チャンバー

ポンプ

ガスアナライザー (LI-COR、LI-840)

PC

コンプレッサー

測定項

目

温度

湿

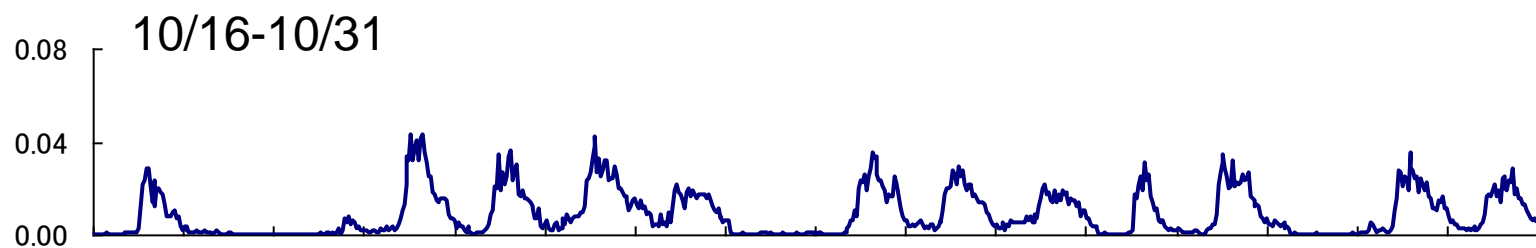
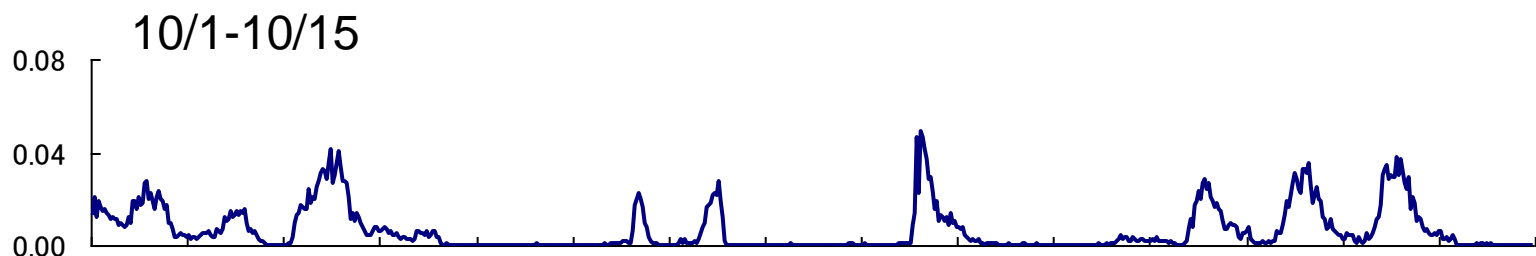
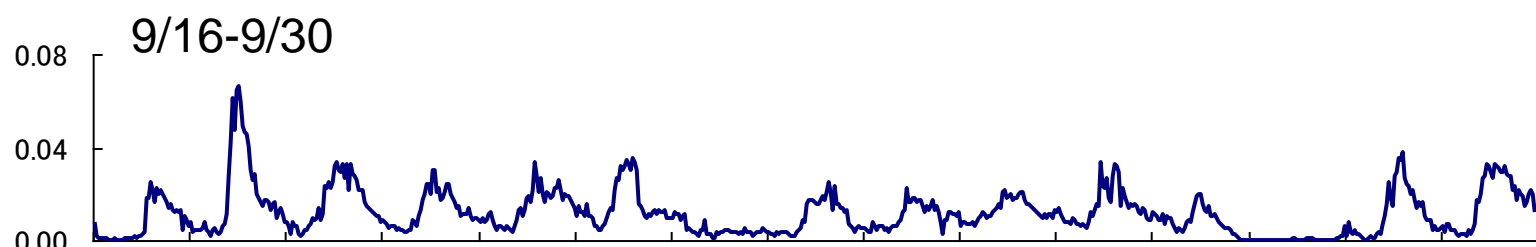
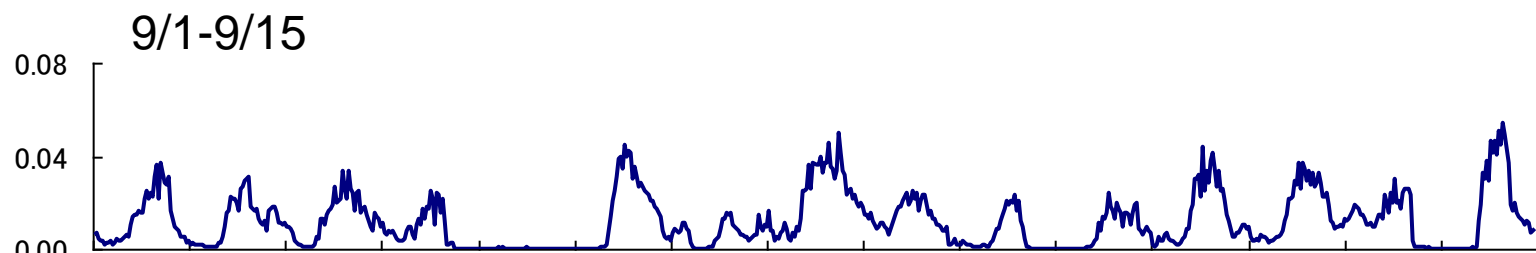
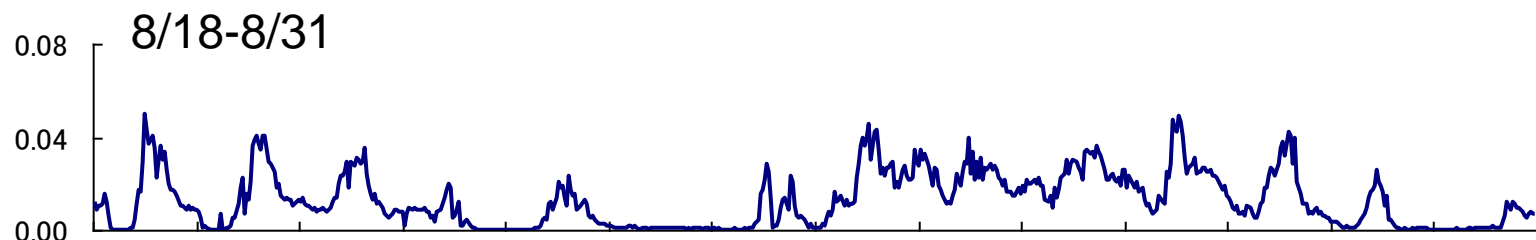
水率 (落葉層・土壌)

気象 (日射量、純放射量、

気温、湿度、風速)

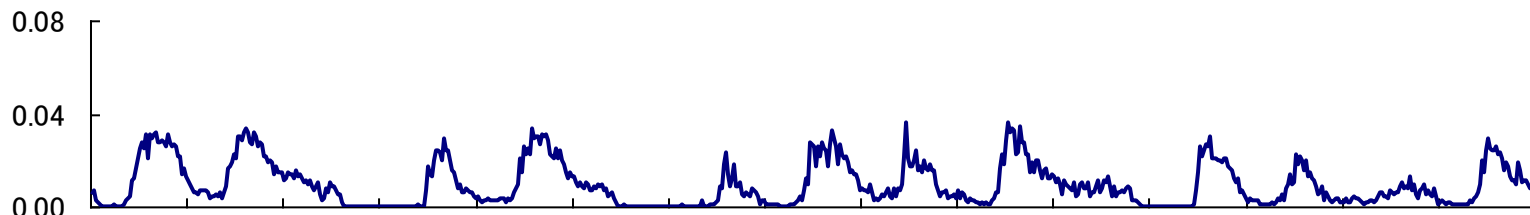
- ・表面
- ・地
- ・含
- ・微

林床面蒸発量 ($\text{mm} \cdot 30\text{min}^{-1}$)

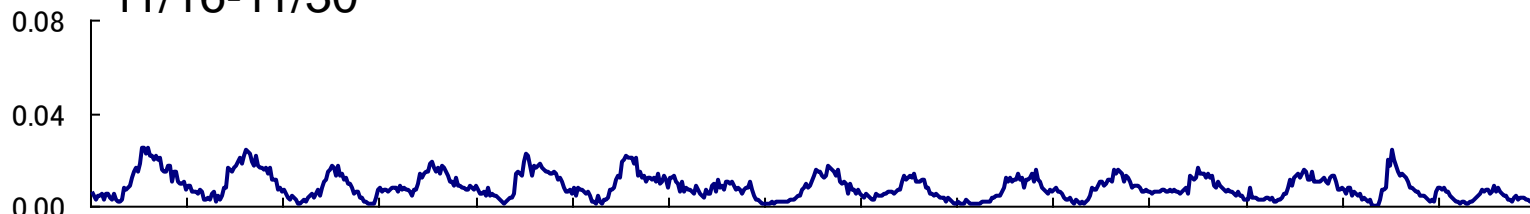


林床面蒸発量 ($\text{mm} \cdot 30\text{min}^{-1}$)

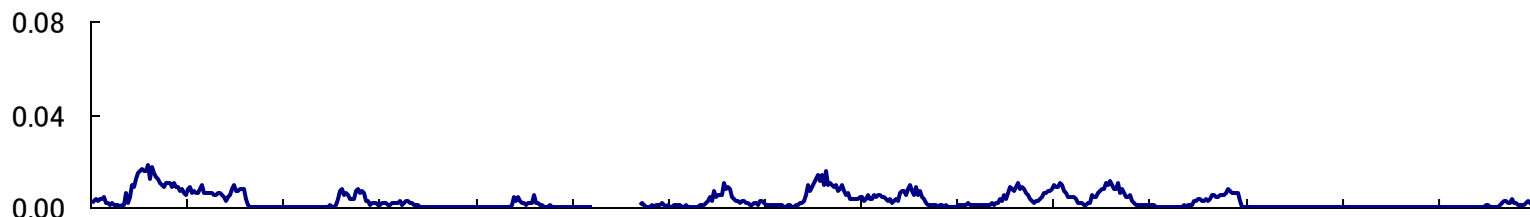
11/1-11/15



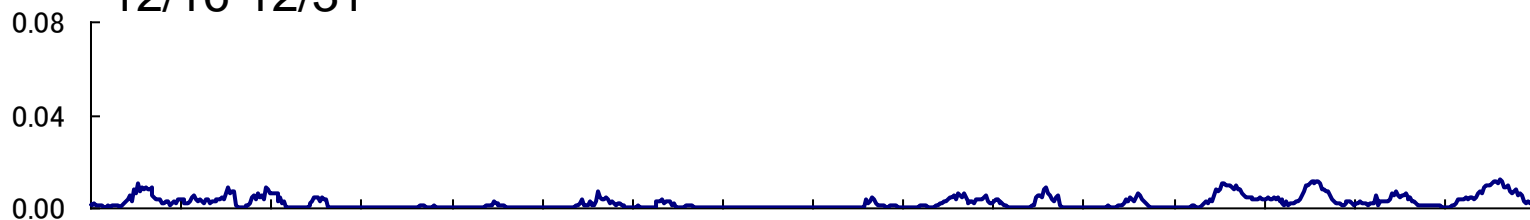
11/16-11/30



12/1-12/15

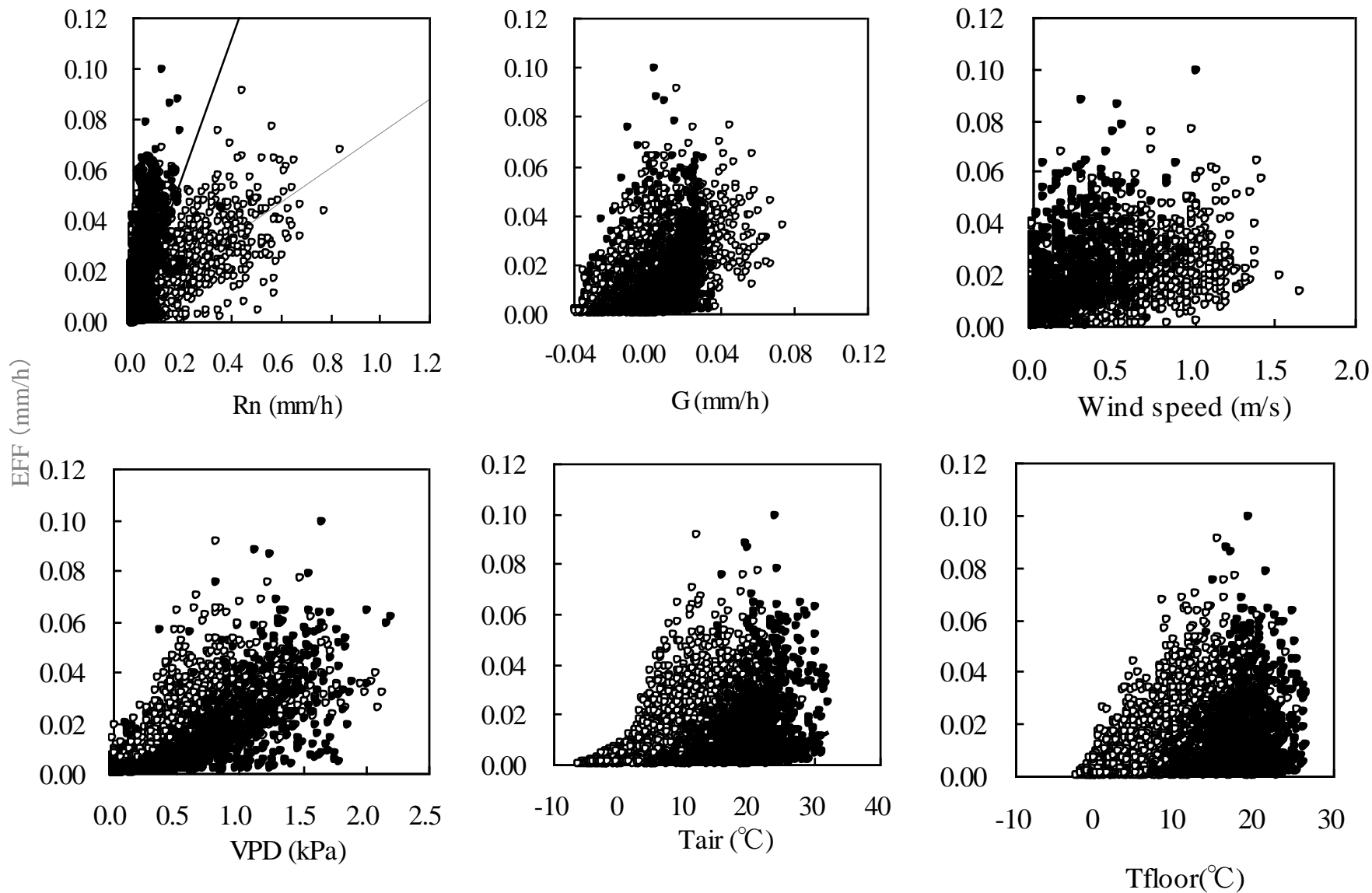


12/16-12/31

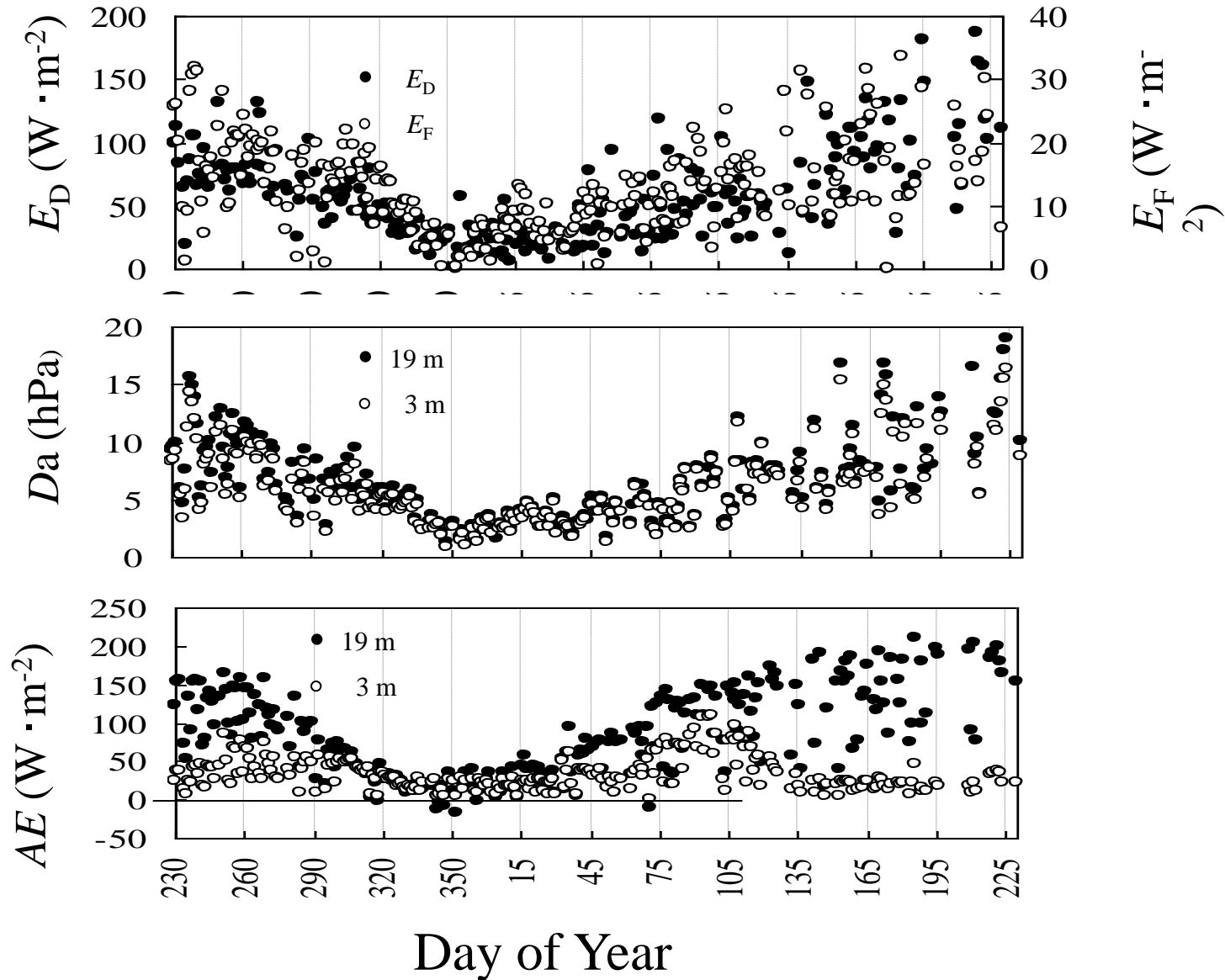


微気象因子が林床面蒸発に及ぼす影響

- 着葉期(10, 11月および5, 6月)
- 落葉期(12月~4月)



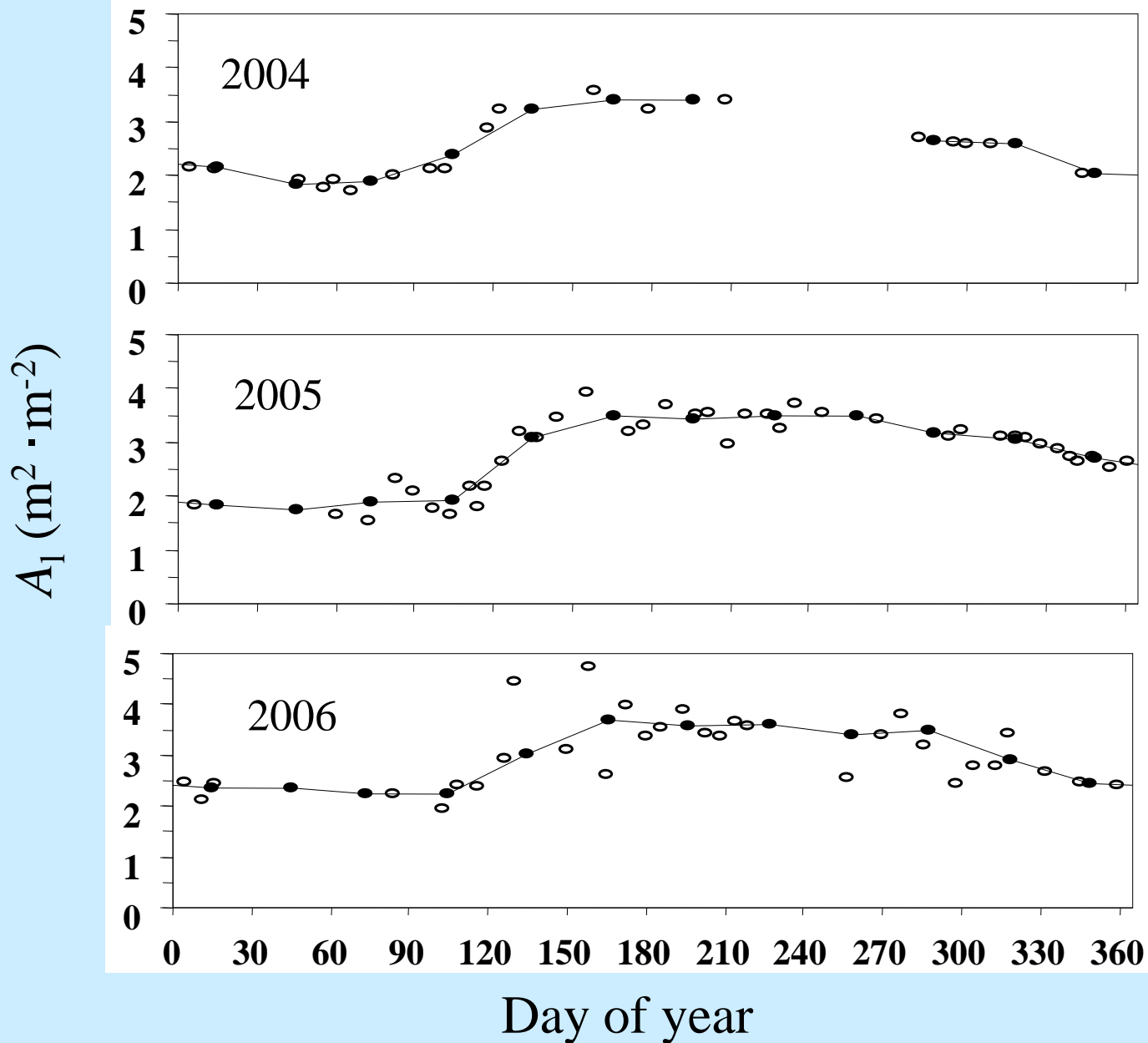
群落蒸発散量と林床面蒸発の季節変化



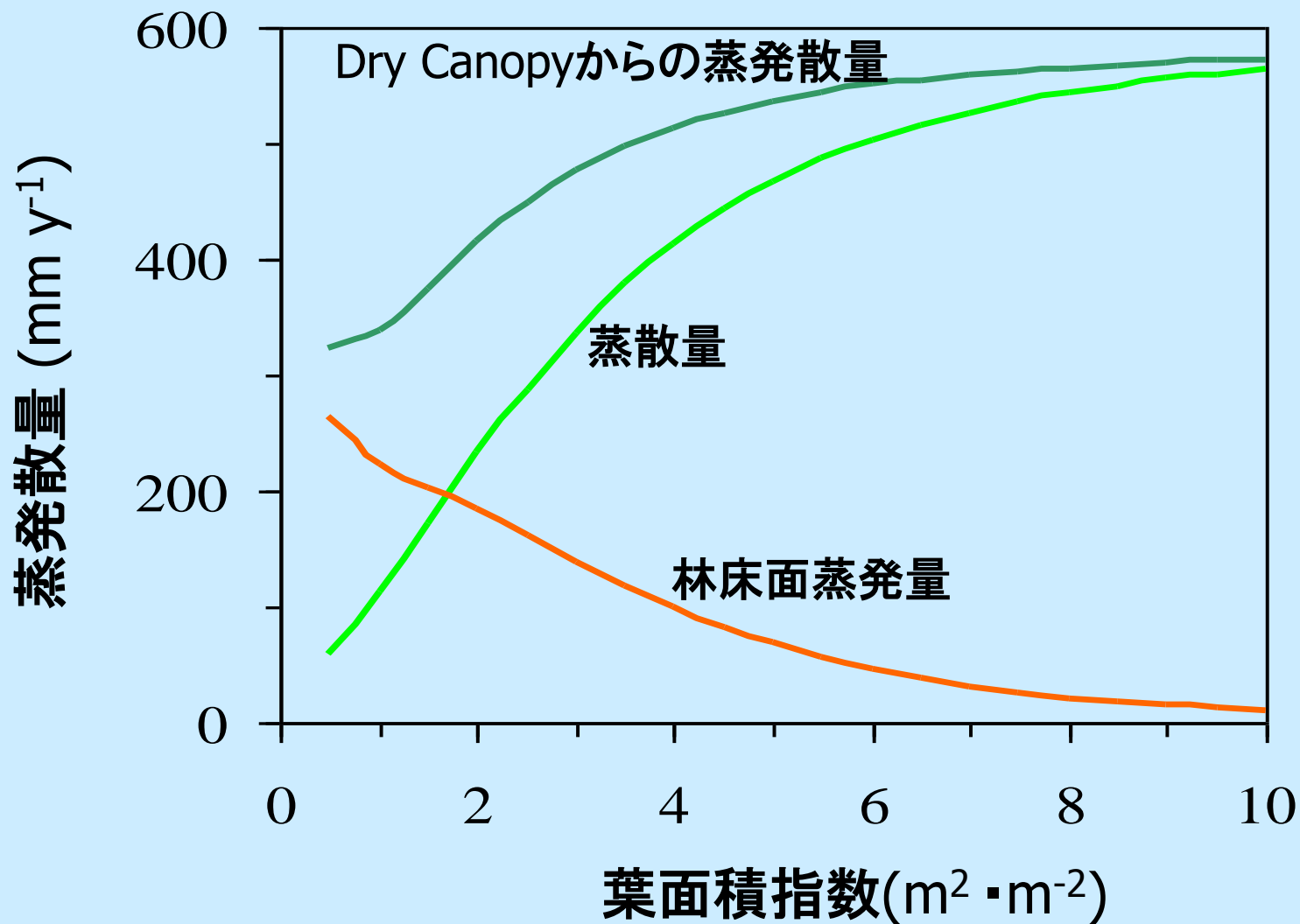
本日の講演内容

1. 森林流域における流域水収支特性と森林施業の影響把握
2. 森林流域における水文素過程の実態解明
3. 森林が水循環に及ぼす影響の定量的評価と数値モデルの構築

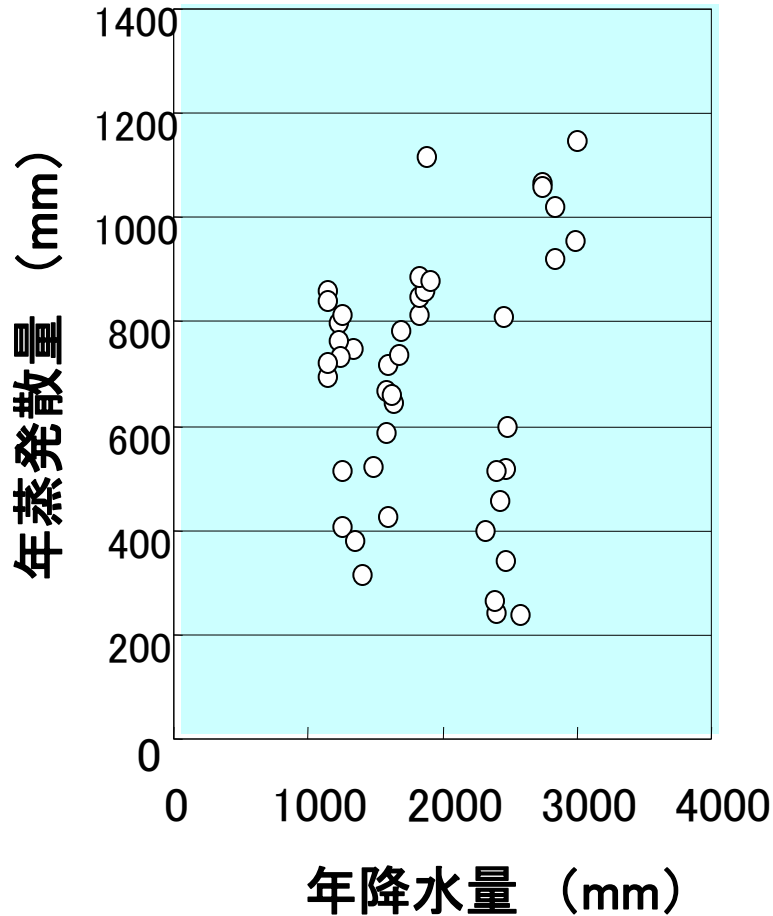
葉面積指数の季節変化



Dry Canopyからの蒸発散量の 葉量依存性



流域水収支の情報



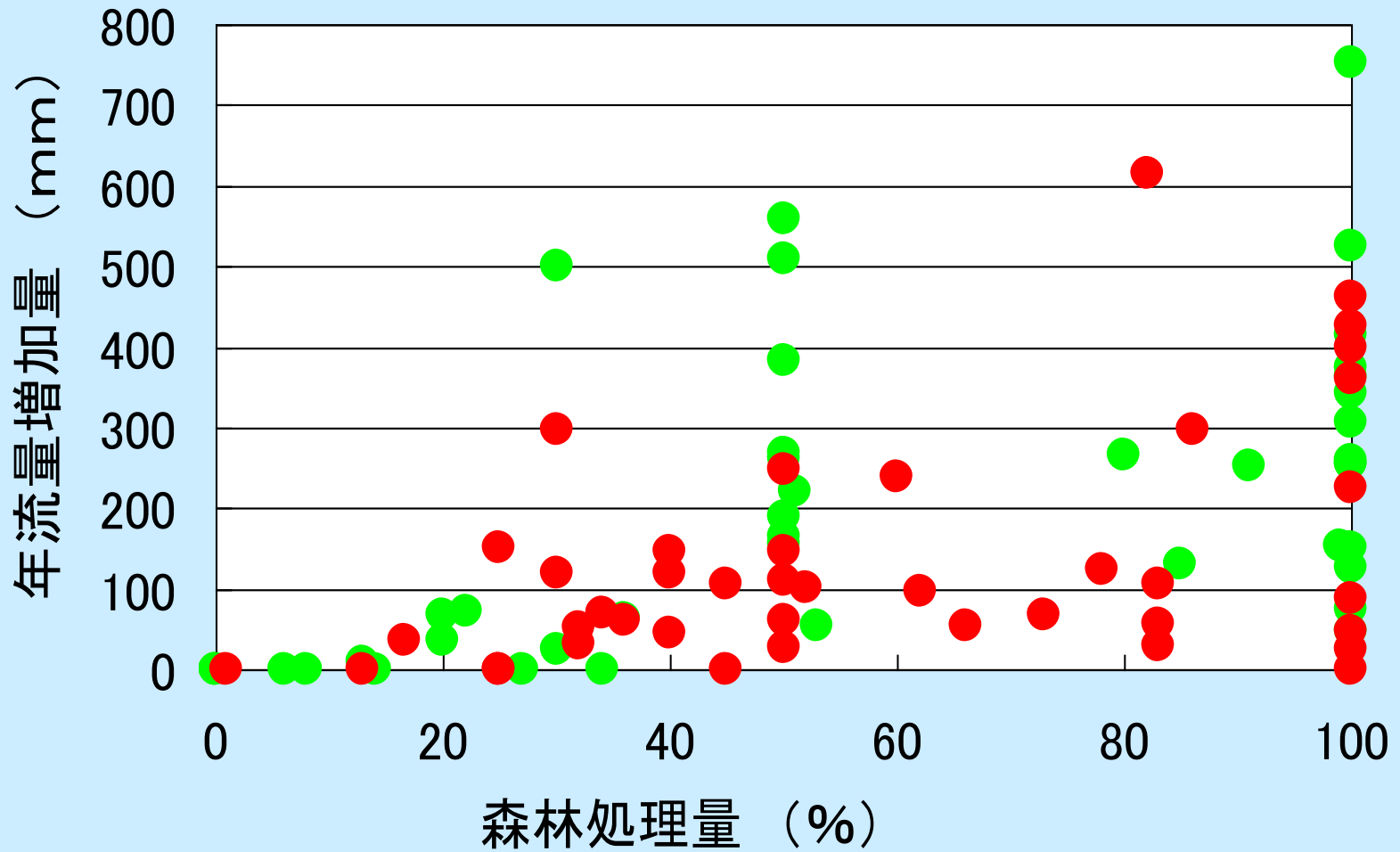


図-3 森林処理が流出量に及ぼす影響

Stedick(1996)のデータを用いて作成

(針葉樹: ● 広葉樹: ●)

黄河本流(山西省)



まとめ(こだわってほしいこと)

1. 何を解明したいのか
2. フィールドの選定(事象は現場で起きている)
3. 根掘り葉掘り調べる態度
4. ライバルを見つけるとともに仲間を増やすこと
5. 論文を作成すること

イグアスの滝





長い間、大変お世話になりました。
心からお礼を申し上げます。