

2001/12/17

## 第2回 生態系モニタリング調査手法検討作業委員会 資料 —水 質—

東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 環境学専攻 篠村 善徳

ここでは千葉市大草を含めた一般的な里地地域において予測される人為的なインパクトをあげ、それに対する水質・水量などの水環境の変化について紹介する。

水は降雨→浸透(水源涵養)→湧出→流出(水路)→蒸発という一連の循環系である。それぞれの水の状態に人為インパクトが働いた場合の、水の応答をしめす。

【水源涵養域： 降雨→浸透→湧出】

### ★人為インパクト

1. 森林伐採

2. 土地利用変化(住宅地や畑地への開発)

### ★予測される変化

1. 森林伐採

#### ○水質の変化(塚本, 1992)

→図1・図2

- ・ 土壌温度の上昇→有機物の分解促進→土壌溶液中の硝酸態窒素の増加→土壌溶液中の陽イオンの増加→湧出水の元素濃度の増加
  - ・ 蒸散量および養分養分吸収量の減少→湧出水量の増加による湧水の流出元素量の増加
  - ・ 樹木による吸収の停止
- ※除間伐や枝打ち等の影響は軽微である。

#### ○土壌の変化

→図2・図3

- ・ 特に A<sub>1</sub> 層において、有機物の分解過程が進み、有機物量が減少する → A 層では全炭素量が伐採前の 78%、全窒素が 84%に減少した(小林, 1982)。
  - ・ 有機物量の減少と、伐採、搬出時の土壌の圧密によって透水性が 57%に減少した(小林, 1982)。
- 地形条件によっては表層土壌の浸食が起きる可能性あり。

#### ○水量の変化

- ・ 広葉樹を伐倒し、そのまま放置した場合、伐倒初年度より流出量が増加する。その後、下草の成長による蒸散と地面蒸発が増加して、流出量は指数関数的に減少するが、20年以上も流出量増加傾向は継続する(W.T.Swankら, 1988)。 →図4
- ・ 森林伐採による流出増加量は広葉樹より針葉樹の方が多し。針葉樹の方が実蒸発散が大きい(ため)(Bosch & Hewlett, 1982)。 →図5
- ・ 1回の降雨における流出量は、降雨強度、土壌の含水量、土壌の浸透強度特性などに規定される。 →表1・図6

2. 土地利用変化(住宅地や畑地への開発)

#### ○水質の変化

- ・ 篠村(2001)において、千葉市郊外(大草を含む)の谷津における湧水の水質とその水源涵養域の土地利用との相関を考察したところ、以下のような結果を得た。 →図7
  - ・  $\text{SO}_4^{2-}$ ・ $\text{Mg}^{2+}$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ については、住宅地開発の影響を受けやすい。
  - ・  $\text{Mg}^{2+}$ および $\text{NO}_3^-$ については、畑地開発の影響を受けやすい。
- ・ 畑地における野菜や果樹への窒素肥料の施肥や家畜の尿尿による地下水の窒素汚染については、これまでに数多く研究報告がある(田口, 1995)。「地下水汚染実態調査」(環境庁, 1982)によれば、我が国の浅井戸の1083井中116井(11%)が窒素の飲料基準(10mg/L)を越えているという。大草においても一部の湧水で窒素汚染が確認された。 →表2

### ○水量の変化

- ・土地利用によって、蒸発散量や浸透能がある程度決まってくる。湧水量を確保するためには、樹林地や草地として涵養域を確保することが望まれる(庄司ほか, 1997)。→図8・表3
- ・1回の降雨における流出量についても、土地利用によって大きく左右される。→図6

### 【水路：湧出→流出→蒸発】

#### ★人為インパクト

1. 水田の耕作放棄
2. 水路のコンクリート化
3. 農薬散布

#### ★予測される変化

1. 水田の耕作放棄

##### ○水質の変化

- ・水田は、灌漑期において流下する水の窒素分を除去する働きがある。休耕田になってしまうと、この機能が失われてしまう(田淵ほか, 1991)。→図9

##### ○水量の変化

- ・耕作放棄されると、植物の堆積物が次第に堆積し、乾燥化して、地表流がなくなってしまう。

2. 水路のコンクリート化

##### ○水質の変化

- ・コンクリートの水路になると、植物による窒素分の吸収がおこなわれなくなる。

3. 農薬散布

- ・水田部において、最も生物への影響が強く、水質・土壌汚染につながっているのが、農薬の使用である(環境庁, 1999)。→表4

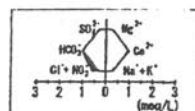
### 【検討されるべき調査項目】

流量、水温、pH、電気伝導度、硝酸態窒素濃度 (BOD)

例：ゲンジボタル幼虫の生息環境(埼玉県ほか, 1993) →表5

#### (参考文献)

- Bosch, J.M. and Hewlett, J.D. (1982): A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J.Hydrology*, 55
- 環境庁水質保全局土壌農薬課 (1999): 農薬の生態影響評価その中間報告概要. *かんきょう*, 1999-4, 6-20
- 黒田久雄ほか (1991): 森林小集水域における流出水の濃度と流出負荷. *農業土木学会論文集*, 154, 25-35
- 村井宏・岩崎勇雄 (1975): 林地の水および土壌保全機能に関する研究(第1報). *林試研報*, 274
- 小林繁男 (1982): 森林の皆伐に伴う土壌の変化. *ペドロジスト*, 26, 2, 150-163
- 小川滋 (1983b): 山林地における水土保全機能の定量的評価について(Ⅲ). *水利科学*, 150
- 埼玉県, 国立公園協会 (1993): 『県民休養地小昆虫生息環境保全計画調査(ホタル)』. 埼玉県自然保護課
- 篠村善徳 (2001): 下総台地における開発にともなう谷津の水質の変化. *日本地理学会発表要旨集* 59
- 庄司美和・濱谷稔夫 (1997): 緑の質及び量との関係から見た都市域の水収支—東京都世田谷区を事例として—. *東農大農学集報*, 42, 3, 184-200
- Swank, W.T. and Crossley, D.A. (1988): *Forest hydrology and ecology at Coweeta*. Spring-Verlag
- 田淵俊雄・黒田久雄 (1991): 台地と谷津田の農業集水域の窒素流出構造—面源主体の農業集水域からの流出負荷に関する研究(Ⅲ)—. *農業土木学会論文集*, 154, 65-72
- 田口雄作 (1995): 窒素による地下水汚染の水文学の課題. *ハイドロロジー*, 25, 2, 51-56
- 塚本良則 (1992): 『現代の林学6・森林水文学』. 文永堂出版, 319p.



資料 (篠村委員)

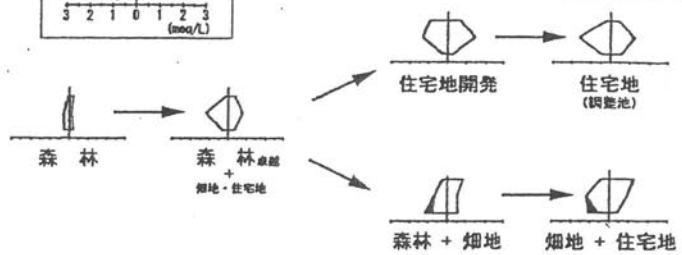


表2 他流域からの窒素流出

		kg/ha・y		出典		
西 林	飯坂	3カ所	3.4	5回/6ヵ月	建設省(1976)	
	飯坂		(12.4)	1985-87	飯坂	
	飯坂	養生	(1.5)	1968-69	酒1回	
	飯坂	若女	1.83	1976-83		
	飯坂	朽木	2.66	1979-80		
	飯坂	電王	4.20	1982-83		
	アメリカ	ニューハンプシャー	(2.3)	1963-69	酒1回	Likens(1969)
		ニューハンプシャー	(2.3)	1972	酒1回	Likens(1975)
		ニューハンプシャー	(2.0)	1971	隔週	Pierce(1972)
		ニューハンプシャー	(4.5)	1970-72	酒1回	Hornbeck(1975)
ノースカロライナ		(0.2)	1973-74	酒1回	Swank(1975)	
	ニューメキシコ	0.9	1974-75	酒1回、冬隔週	Goas(1978)	
畑 地	田舎集落区	茨城	75	1974-77	小川	
	多肥区	茨城	150	1974-77	小川	
	広域灌漑	茨城	37	1974-77	小川	
牧草地		広島	34~57		広島西沢	
例園地	みかん	愛媛	145	1987-88	福山(1989)	
水田	水田群	茨城	10~44	1974-76	茨大森	

図7 開発にともなう水質の変化 (篠村, 200)

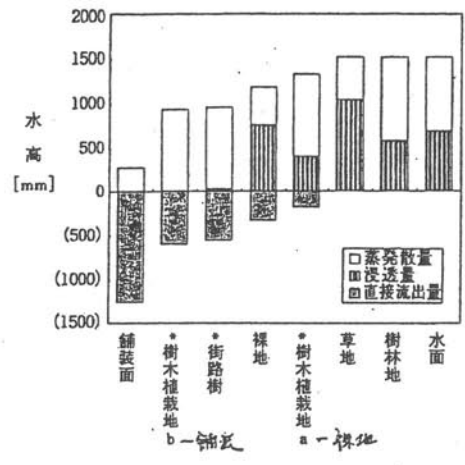


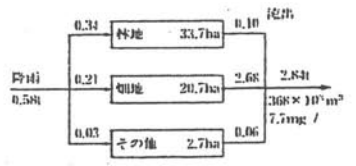
図8 世田谷区内の地表面被覆状態種目ごとの年間水収支 (左) 氏山 1977, (右) 氏山 1985~1994年

表3 世田谷区内の被覆状態種目ならびに土地利用区分別の水収支と環境貢献指数

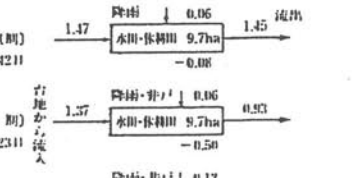
【被覆状態種目】と土地利用区分項目 (コード)	蒸 発 散 <sup>1)</sup>		浸 透 <sup>2)</sup>		水 収 支	
	E <sub>0</sub>	e	I	i	環境貢献指数 (e+i)/2	型
【樹林地】	926.0	2.2	584.0	0.8	1.50	
【水面】	817.0	1.9	693.0	0.9	1.40	潮湿型
【草地】	470.0	1.1	1,040.0	1.4	1.25	moist
庭公園	695.3	1.6	533.9	0.8	1.20	
【雑草地】	427.0	1.0	427.0	0.8	1.00	
森林等 (F)	559.7	1.3	398.2	0.5	0.90	
公園等 (P) <sup>3)</sup>	551.0	1.3	391.7	0.5	0.90	準潮湿型
緑地等平均	501.0	1.2	392.0	0.5	0.85	semi-moist
農用地等 (Fm)	416.6	1.0	426.6	0.6	0.80	
運動場・雑地等 (G)	476.5	1.1	341.2	0.4	0.75	
官公庁・文教地区 (1)	392.0	0.9	206.2	0.3	0.60	
世田谷区全体	364.0	0.9	240.0	0.3	0.60	
住宅地区 (6)	352.2	0.8	234.7	0.3	0.55	準乾燥型
厚生医療施設 (2)	372.4	0.9	166.5	0.2	0.55	semi-arid
宅地平均	352.0	0.8	227.0	0.3	0.55	
事務所・商業地区 (4)	283.0	0.7	26.9	0.0	0.35	乾燥型
【舗装面】	272.0	0.6	0.0	0.0	0.30	arid

注 1) E<sub>0</sub>: 年蒸発(散)量 [mm]  
 e: 蒸発散指数  
 I: 年浸透量 [mm]  
 i: 浸透指数  
 2) 高率公理はこれに準ずる。  
 (左) 氏山, 1977 (右) 氏山, 1985~1994

1) 古 地



2) 紙 地



3) 全集水地

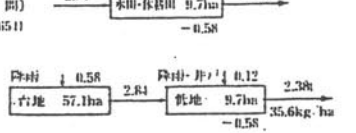


図9 空気のフローダイアグラム (t/y) Nitrogen outflow diagram

表4 農薬の主要な生態影響 (理彦, 1994)

影響の種類	生態影響の内容 (例)
曝露による直接的影響	農薬の直接曝露による急性的な毒性。例えば、農薬の水系への流入による魚類の死亡、水生昆虫の死滅及び個体数の減少、除草剤等による水生植物の生長阻害、散布地に生息する非標的動物等の死滅。一方、最近の研究では、ヘイケボタルのように羽化が長期間に及ぶ場合、結果として個体群の絶滅を回避。
二次的影響	殺虫剤に被害を受けた生物を捕食した動物が間もなく死亡。また、殺虫剤の散布により死亡した鳥類を食した猛禽類や狐等が死亡。
生物濃縮の影響	安定で脂溶性に溶けやすい農薬は動物組織内に蓄積され易く、生態系の食物連鎖を通じて上位種ほど高い濃度となり、死滅あるいは死に至らないまでも野鳥の繁殖障害を生じさせる。
食餌種の減少	例えば、除草剤の使用によって、雑草の枯死→雑草を餌とする昆虫類の生息数の減少→その昆虫類の天敵(鳥類等)が減少。
リサージェンス	薬剤に感受性の高い捕食性天敵(クモ、ハチ等)が農薬により駆逐され、感受性の低い標的害虫がかえって増加する。
競争種の除去による病害虫増加	生物は他種との相互関係により個体数がコントロールされており、農薬使用による標的害虫の駆除によって非標的の雑草や土壌病害虫等が増加。
その他	・生息場所を提供する植物の減少によって昆虫類等に影響を与える可能性。 ・曝露による中毒症によって病気に対する感受性の高まり。 ・昆虫が少量の殺虫剤に刺激されて産卵量を増加。

表5 ゲンジボタル幼虫の生息環境 (参考) (清王, 1994)

項目	内 容
水 温	・冬期: 5℃よりも高い場所 (3℃で摂食観察例あり) が適 ・夏期: 21℃よりも低い場所 (25℃以下で可) が適で安定している。
水 質	・水素イオン濃度 (pH): 6.5~7.8 と生育可能な範囲は広いが 7.0 前後が適 (飼育下では 8.3 の例がある) ・水中の溶存酸素の量: 飽和状態の 90~100% が適 (80~120% が可) ・化学的酸素消費量 (COD): 0.5~1.5 ppm の範囲が適 (飼育下では 1.5 ppm 以上 3.4 ppm の例がある) ・炭酸カルシウム (CaCO <sub>3</sub> ) が多く含まれること。 ・炭酸カリウム (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 炭酸ナトリウム (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 硫酸塩, リン酸塩, 塩化物の含有量が少くないこと。 ・その他 ・農薬, 洗剤などの毒物の混入が少ないこと。 ・細泥の流入が少ないこと。
水 深	・表面流から 100cm の深いところまで幅広く生息するが, 平均 5~30cm が多い。
速 流	・10~30cm/sec 程度がよいとされるが, 緩急の変化があるのがよい。
水 量	・一年を通して安定した水量があること。
底 質 (川底)	・幼虫の潜むのに都合の良い隙などがあること。 ・ケイ藻類の繁殖に必要な太陽光線を遮断しない透明度の高い水であること (太陽光線の 25% 以上の照射が必要といわれる。) ・ケイ藻類の付着しやすい砂礫質であること。

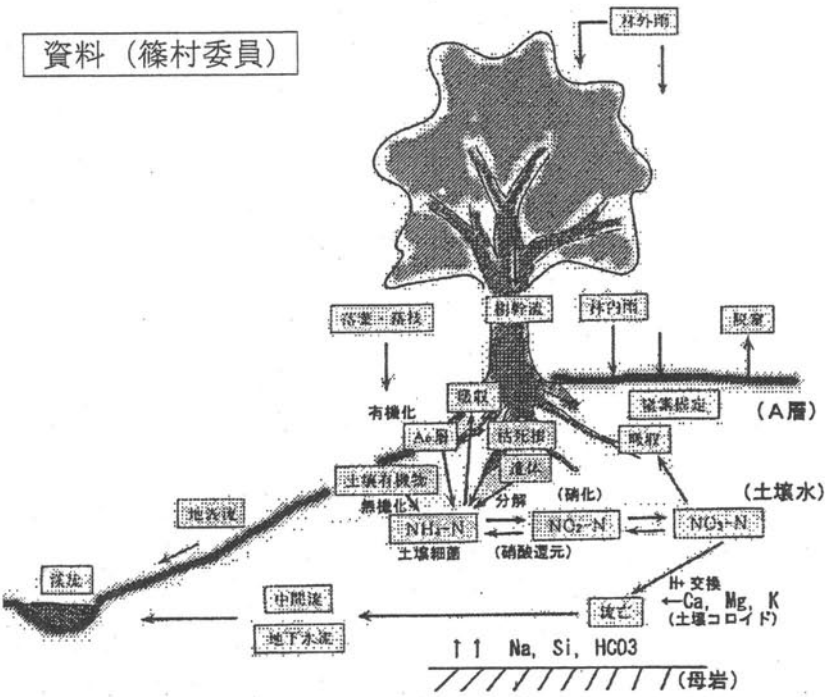


図1 森林生態系での物質の動態 (塚本, 1992 に加筆)

表1 土地被覆条件別の最終浸透能

(最終浸透レート mm h<sup>-1</sup>)

林地		伐採跡地		草生地		裸地			
針葉樹	広葉樹	軽度	重度	自然	人工	崩壊地	歩道	畑地	
天然林	人工林	天然林	撈乱	撈乱	草地	草地			
211.4 (5)	260.2 (14)	271.6 (15)	212.2 (10)	49.6 (5)	143.0 (8)	107.3 (6)	102.3 (6)	12.7 (3)	89.3 (3)
林地平均		伐採跡地平均		草生地平均		裸地平均			
258.2 (34)		158.0 (15)		127.7 (14)		79.2 (12)			

注) ( ) 内の数値は測定した地区数

(村井 宏ら, 1975)

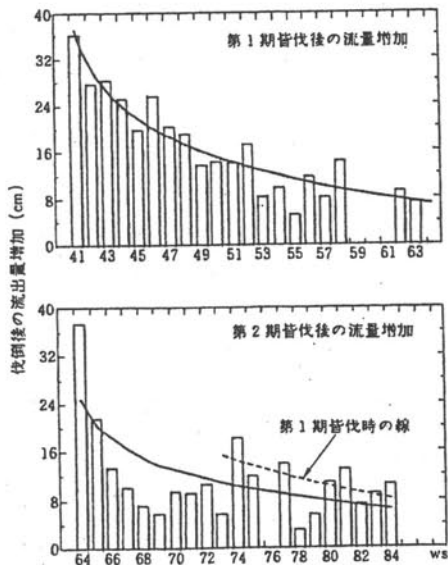


図4 1940年に広葉樹の壮齢林を皆伐してそのまま放置したときの年流出増加量の経年変化 (第1期皆伐) と同一流域に再生林が形成された23年後の1963年に再度皆伐したときの年流出増加量の経年変化 (第2期皆伐) (W. T. Swank ら, 1988 による). NO. 13流域 (40 acre).

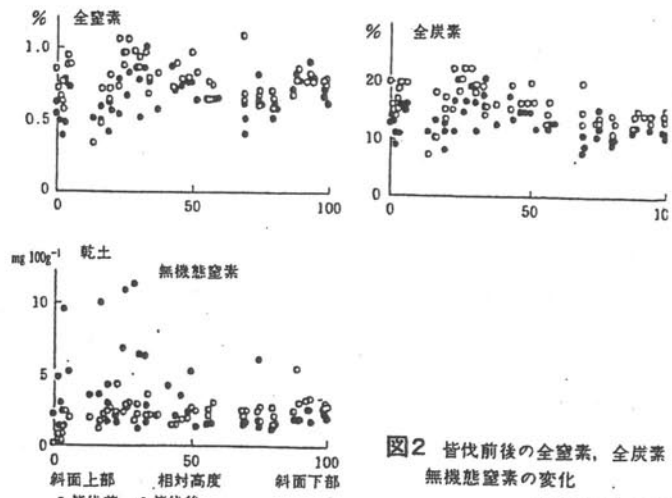


図2 皆伐前後の全窒素, 全炭素, 無機態窒素の変化 (小林繁男, 1982)

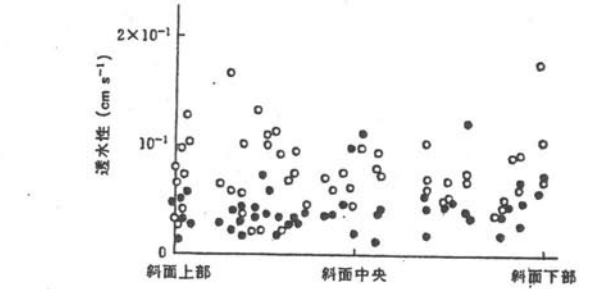


図3 斜面部位別のA層土壌の透水性 (小林繁男, 1982原因のスケールを改変)

○…伐採前, ●…伐採後.

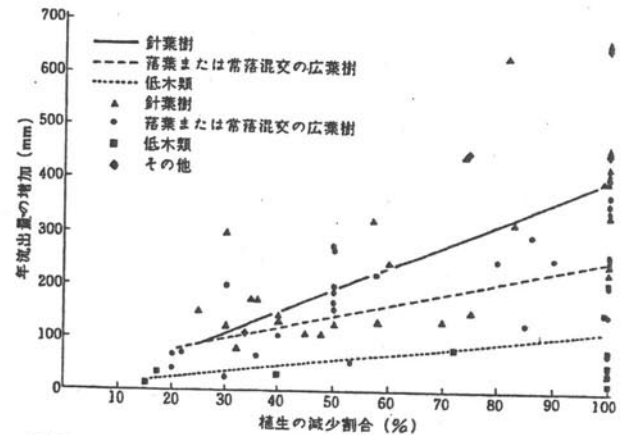


図5 植生の減少に伴う年流出量の増加 (Bosch & Hewlett, 1982)

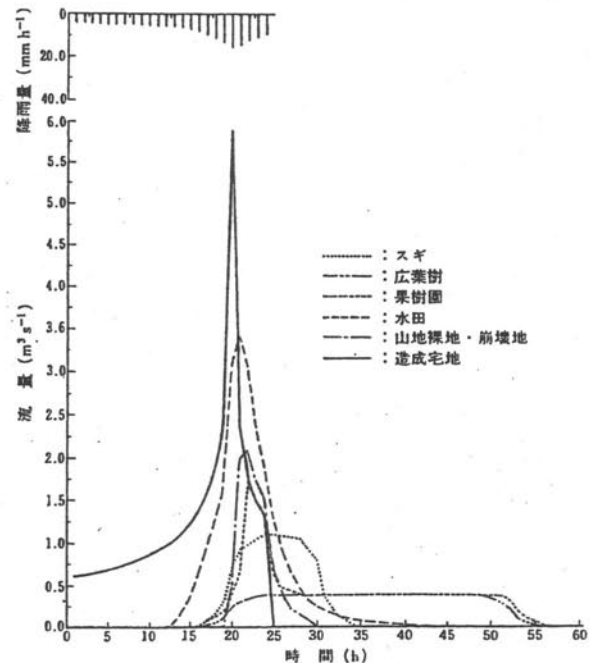


図6 土地利用区分ごとのハイドログラフの比較 (斜面傾斜角5.5°での比較) (小川, 1983b)