

PRINT ISSN 0916-4405
ONLINE ISSN 2189-9363

森林総合研究所研究報告

Vol.16 No.1 (No.441)

BULLETIN

of the
Forestry and
Forest Products
Research Institute



March 2017

国立研究開発法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

The Chief Editor

河原 孝行 Takayuki KAWAHARA (Principal Research Director, FFPRI)

The Vice-Chief Editor

小泉 透 Toru KOIZUMI (Principal Research Director, FFPRI)

宮本 基杖 Motoe MIYAMOTO (Public Relations Division, FFPRI)

Editor

韓 慶民 Qingmin HAN (Department of Plant Ecology, FFPRI)

橋田 光 Koh HASHIDA (Department of Forest Resource Chemistry, FFPRI)

伊原 徳子 Tokuko IHARA (Department of Forest Molecular Genetics and Biotechnology, FFPRI)

磯田 圭哉 Keiya ISODA (Forest Tree Breeding Center, FFPRI)

伊藤 崇之 Takayuki ITO (Department of Forest Engineering, FFPRI)

倉本 恵生 Shigeo KURAMOTO (Department of Forest Vegetation, FFPRI)

丸山 温 Yutaka MARUYAMA (College of Bioresource Sciences, Nihon University)

松村 ゆかり Yukari MATSUMURA (Department of Wood Properties and Processing, FFPRI)

野口 享太郎 Kyotaro NOGUCHI (Department of Forest Site Environment, FFPRI)

野口 正二 Shoji NOGUCHI (Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI)

岡 輝樹 Teruki OKA (Department of Wildlife Biology, FFPRI)

岡野 通明 Michiaki OKANO (Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI)

斎藤 幸恵 Yukie SAITO (Graduate School of Agriculture and Life Sciences, The University of Tokyo)

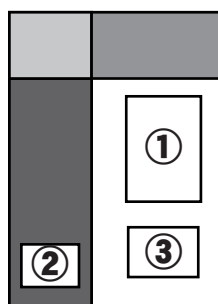
砂川 政英 Masahide SUNAGAWA (Department of Mushroom Science and Forest Microbiology, FFPRI)

高山 範理 Norimasa TAKAYAMA (Department of Forest Management, FFPRI)

上田 明良 Akira UEDA (Kyushu Research Center, FFPRI)

This journal is indexed in CAB Abstracts.

表紙写真 Photograph in Cover



①トラス梁とラチス壁を使用した木造庁舎(岩手県住田町)

Wooden town hall constructed with truss beams and lattice walls.(Sumita Town, Iwate Prefecture)

②アラスカ内陸部のクロトウヒ林火災跡地に生育するウマスギゴケ

Polytrichum commune in a black spruce stand in interior Alaska after wildfire

③(本文29～60ページ)

九州の鹿北流域試験地3号沢における2001～2014年の雨水と渓流水の水質

Rainwater and streamwater chemistry between 2001 and 2014 in the Kahoku experimental watershed no.3, Kyushu

森林総合研究所研究報告 第 16 巻 1 号 (通巻 441 号) 2017. 3

目 次

論 文

木材 - プラスチック複合材 (混練型 WPC) の耐候性に及ぼす木粉含有率と
表層研削の影響

小林 正彦、片岡 厚、石川 敦子、松永 正弘、神林 徹、
木口 実 1

研究資料

国産材由来セルロースナノファイバーに求められるもの - 市場調査報告 -

下川 知子、真柄 謙吾、野尻 昌信、久保 智史、戸川 英二、
木口 実、林 徳子 13

九州の鹿北流域試験地 3 号沢における 2001 ~ 2014 年の雨水と溪流水の水質

釣田 竜也、大貫 靖浩 29

Bulletin of FFPRI, Vol.16 No.1 (No.441) March 2017

CONTENTS

Original article

Influence of wood contents and surface sanding on weathering properties of wood plastic composites (WPCs) in outdoor exposure test

Masahiko KOBAYASHI, Yutaka KATAOKA,
Atsuko ISHIKAWA, Masahiro MATSUNAGA,
Toru KANBAYASHI and Makoto KIGUCHI 1

Research record

What is required in cellulose nanofibers from domestic timbers

– A market research report –

Tomoko SHIMOKAWA, Kengo MAGARA, Masanobu NOJIRI,
Satoshi KUBO, Eiji TOGAWA, Minoru KIGUCHI
and Noriko HAYASHI 13

Rainwater and streamwater chemistry between 2001 and 2014 in the Kahoku experimental watershed no.3, Kyushu

Tatsuya TSURITA and Yasuhiro OHNUKI 29

論文 (Original article)

木材 - プラスチック複合材 (混練型 WPC) の耐候性に及ぼす木粉含有率と表層研削の影響

小林 正彦¹⁾ *、片岡 厚¹⁾、石川 敦子¹⁾、松永 正弘¹⁾、神林 徹¹⁾、木口 実²⁾

要旨

木材 - プラスチック複合材 (混練型 WPC) (以下、WPC と略す) は、耐水性や耐朽性が比較的高いことから主にデッキ材等のエクステリア材料として利用されているが、長期間屋外で使用する間の変色や、デッキ材表面に粉がふくチョーキング現象の発生といった耐候性に関する問題への対策が求められている。そこで、WPC の屋外利用における変色とチョーキングの発生に及ぼす表面処理や WPC 中の木粉の質量割合 (木粉含有率) の影響を検討することを目的として、木粉含有率の異なる試験体を製造し、木質感を得るために表層を研削処理したものとそうでないもののそれぞれについて、6 か月間の屋外暴露試験を行った。その結果、変色に関しては、表層未研削の WPC における色差 (変色の大きさ) の値が研削した場合と比較して大きいこと、その変色傾向が、木粉含有率 30% を境にして大きく異なることが明らかになった。また、チョーキングに関しては、表層研削の WPC における発生度合が、未研削の WPC と比較して高いこと、また木粉含有率を高くするに従い、チョーキング発生度合が高くなることが明らかになった。以上の結果から、屋外で使用された WPC 表層の劣化挙動とそれに及ぼす木粉含有率、および表面処理の影響を考察するとともに、表層劣化のモデルを提案した。

キーワード：木材・プラスチック複合材 (WPC)、屋外暴露試験、光劣化、変色、チョーキング

1. 緒言

木粉と熱可塑性のプラスチックを原料として製造される木材 - プラスチック複合材 (混練型 WPC) (以下、WPC と略す) は、加熱により自由な成形加工が可能な材料である。また、木質廃棄物や未利用木材、プラスチック廃棄物を原料にできること、使用後には再成形してリサイクルできることから、環境適合材料として位置づけられている (Caulfield ら 2003, 岡本 2003, 高谷ら 2008)。WPC の原料のプラスチックには疎水性の高いオレフィン系プラスチックが用いられている場合が多く、そのため、高い耐水性、耐朽性を持つことが知られており (木口ら 2010a, 2010b)、わが国でも屋外デッキ材を中心に急速に使用量が增大している。しかし、長期に屋外で使用する間に、変色や、デッキ材表面に粉がふくチョーキング現象の発生といった耐候性に関する問題が散見されており、これらの問題に対する対策が求められている。

これまで WPC の屋外使用時の変色 (Kiguchi ら 2007, 木口ら 2012, Stark ら 2003, Lee ら 2012) や、チョーキングの発生に影響を与える因子 (Ebe ら 2015, Kiguchi ら 2011) に関して様々な研究が行われてきている。これらの研究は、実際に現在施工されている WPC の耐候性に関する問題の把握とその解決法の開発を目的としていることから、市販品やそれに近い条件

で製造された WPC を用いており、WPC 中の木粉の質量割合 (木粉含有率) が 50% 前後で、木質感を得るために WPC の表層を研削し、さらに色調を調整するために顔料などを添加している場合が多い。変色に関しては、屋外暴露試験やウェザーメータによる促進耐候性試験において、WPC の色調が比較的短期間のうちに変化することが知られており、屋外暴露試験では約 3 から 9 か月後までに、促進耐候性試験では約 100 時間後までに、変色の大きさを示す色差の値が急激に増加し、表面の色調が元の褐色から白色に変化することが報告されている (大島ら 2011, Kiguchi ら 2007, Lee ら 2012)。一方、チョーキングの発生については、屋外暴露試験の 12 か月後まで増加し続け、それ以降はほぼ平衡に達することが報告されている (木口ら 2012, Ebe ら 2015)。また、著者らは市販品に近い WPC を用いて、変色やチョーキングの発生に及ぼす表面処理の影響について検討し、WPC の表層を研削してから使用した場合には、未研削の場合と比較して色差が小さくなるが、チョーキングの発生量が増加することを報告した (Kiguchi ら 2011)。

近年、WPC の変色やチョーキングの抑制を目的とする検討がなされており、顔料や相溶化剤、紫外線吸収剤、光安定化剤などを添加することで、ある程度の抑制効果は得られているが (Kiguchi ら 2007, 木口ら

原稿受付：平成 28 年 9 月 29 日 原稿受理：平成 28 年 12 月 5 日

1) 森林総合研究所木材改質研究領域

2) 森林総合研究所研究ディレクター

* 森林総合研究所木材改質研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1

2009, Stark ら 2004, Muasher ら 2006)、必ずしも十分な効果が得られていない。問題を解決するうえで、変色やチョーキングの発生度合いに及ぼす表面処理や、主原料である木粉とプラスチックの配合割合の影響等の基礎的な知見を得ることは重要である。このため本研究では、添加剤を使用せず、木粉とプラスチック（ポリプロピレン：PP）のみを原料として木粉含有率が異なる WPC 試験体を製造し、表層を研削したものと未研削のそれぞれについて屋外暴露試験を行い、WPC の耐候性や劣化挙動に及ぼす研削処理や木粉含有率の影響を検討した。なお、実験にあたっては、色差やチョーキングの変化量が比較的大きい屋外暴露試験の初期（～6 か月）における変化に着目し、顕微鏡観察、表面粗さ測定、FTIR 分析により、詳細な検討を行った。さらに、表層劣化のメカニズムについて考察し、WPC 表層を研削した場合と未研削の場合のそれぞれについての劣化モデルを提案した。

2. 実験方法

2.1 WPC の製造

スギ（Japanese cedar: *Cryptomeria japonica* D. Don）木粉（粒径 150 μ m 以下）とポリプロピレン（PP：プライムポリプロ E-200GP：（株）プライムポリマー製）を 180℃ で混練し、二軸パラレル押出成形機を用い、木粉の質量割合（木粉含有率）が 20 %、30 %、40 %、50 %、60 % の 5 種類の WPC を製造した。なお、それぞれの密度は 0.95g/cm³（20 %）、0.96 g/cm³（30 %）、0.98g/cm³（40 %）、1.04g/cm³（50 %）、1.07g/cm³（60 %）であった。5 種類の WPC のそれぞれに対し、表層を研削した試験体と未研削の試験体（幅 20mm×長さ 70mm×厚さ 4mm）の 2 種類、計 10 種類の試験体を用意し、それぞれ 2 体ずつ屋外暴露試験に供した。なお、表層の研削は電動サンダーに P400 の粗さのサンドペ

ーパーを装着して、試験体の長さ方向に、表層の厚み約 0.3mm がほぼ均等に削り取られるまで行った。未研削の試験体の幅方向の算術平均粗さが約 2～3 μ m であったのに対し、表層を研削した試験体の幅方向の算術平均粗さは約 6～7 μ m であった。

2.2 屋外暴露試験

茨城県つくば市内の森林総合研究所・第二樹木園内屋外暴露試験場（北緯 36 度 02 分，東経 140 度 05 分）にて、2015 年 7 月から 6 か月間実施した。試験体は、南向き傾斜 45 度の条件で設置した。なお、Table 1 につくば市（館野（AMeDAS；地点コード 47646））における試験期間の月別の気象情報（日平均降水量、日平均気温、日平均全天日射量）を示す。

2.3 変色の評価

屋外暴露期間 1 か月、2 か月、3 か月、6 か月での WPC の表面の測色を行った。測色には色差計（NF333；日本電色工業株式会社）を用い、JIS K 5600-4-6 に準じて、 L^* 、 a^* 、 b^* を測定し、各パラメータの変化量（ ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* ）から下記の式に従い、色差（ ΔE^*ab ）を算出した。

$$\Delta E^*ab = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

測色は、各種 WPC 2 体のそれぞれ 2 か所で行い、その平均値で変色を評価した。

2.4 顕微鏡観察

屋外暴露前、および暴露期間 1 か月、6 か月での WPC の表面状態を観察するため、デジタルマイクロスコープ（VH-7000C；株式会社キーエンス）を用い、顕微鏡写真を撮影した。レンズは VH-Z25 ズームレンズ

Table 1. つくば市における暴露試験期間における月ごとの気象情報
Monthly weather data during the test period of outdoor exposure at Tsukuba.

	日平均降水量(mm) daily average rainfall	日平均気温(°C) daily average temperature	日平均全天日射量(MJ/m ²) daily average global solar radiation
2015年7月 July 2015	6.2	25.4	17.1
2015年8月 August 2015	3.2	25.6	15.0
2015年9月 September 2015	12.0	21.6	11.6
2015年10月 October 2015	1.4	16.7	12.5
2015年11月 November 2015	5.0	12.5	7.6
2015年12月 December 2015	1.3	7.2	8.3
2016年1月 January 2016	2.7	3.9	9.7

を使用し、100 倍の画像を得た。

2.5 チョーキングの発生度合の評価

チョーキングの発生度合は、著者らの開発したクロッキング試験 (Kiguchi ら 2011) に準じて評価した。前報 (Kiguchi ら 2011) では、顔料を含む WPC を用いており、チョーキング物質にも顔料が含まれていたため、白色綿布を用いたが、今回用いた試験体は顔料を含んでおらず、チョーキング物質が白色であるため、試験には黒色綿布を用いた (小林ら 2014)。各種 WPC の表面のそれぞれに黒色綿布を静置し、指により約 5kPa の圧力で試験体の幅方向に 20mm 擦った後、チョーキング物質の付着した黒色綿布の変色を上記の変色の評価 (2.3) と同様の方法で測色することにより、クロッキング試験を行った。測色により得られた色差を、チョーキング色差と定め、各種 WPC 2 体の平均値でチョーキング発生度合を評価した。なお、試験は暴露前、および屋外暴露期間 1 か月、2 か月、3 か月、6 か月にそれぞれの試験体の異なる部分 1 か所において行った。

2.6 表面粗さ測定

屋外暴露前、および暴露期間 1 か月、6 か月での WPC の表面粗さに関する知見を得るために、表面粗さ測定を行った。測定には、ダイヤモンド針 (先端半径 $\phi = 2.0\mu\text{m}$ 、開き角 $= 60^\circ$ 、測定荷重 $= 0.75\text{mN}$) を備えた、接触式サーフコーダ (SE3500; 株式会社小坂研究所) を使用した。評価長さを 10mm に設定し、走引速度は 1mm/s とした。JIS B 0601 に準じ、測定データの短波長、長波長成分を分離するためにカットオフ値 λ_c を 2.5 としてガウシアンフィルタ処理を行い、測定データから試験体のうねりを除去して種々の粗さパラメータを測定した。本研究における表面粗さは、同一試験体での測定値に大きなばらつきが認められなかったことから、各種 WPC 2 体の試験体の定位 1 か所を幅方向に測定を行い、算術平均粗さ (R_a 値) の平均値により評価した。

2.7 WPC 表面の赤外分光分析

屋外暴露前、および暴露期間 1 か月、6 か月での WPC 表面の主要な官能基の変化に関する知見を得るために、WPC 表面の赤外分光分析を行った。分析は、フーリエ変換赤外分光分析装置 (FT/IR-470 plus; 日本分光株式会社) と一回反射 ATR 装置 (PRO450-S; 日本分光株式会社) を組み合わせ、波数 $4000\text{--}550\text{ cm}^{-1}$ の範囲で行った。試料を ZnSe 結晶板の上に置き、直径 2mm の金属治具を用いて一定圧力で押し付け、密着した状態で、表面部分の赤外吸収スペクトルを測定した。測定条件は、積算回数 32 回、分解能 4 cm^{-1} とした。

3. 結果及び考察

3.1 屋外暴露試験による色の変化

Fig. 1 に、表層研削、未研削の様々な木粉含有率の WPC を屋外暴露した際の暴露期間と変色の大きさ (色差) の関係を示す。暴露期間を通じ、表層を研削した WPC (—: 実線) の色差は、未研削の場合 (---: 点線) と比較して小さかったが、木粉含有率を 20%、30%、40% と増加するに従って大きくなる傾向が認められた。また、木粉含有率 50% と 60% の変色の傾向は木粉含有率 40% の場合と類似しており、暴露期間 2 か月での色差は 10 程度であった。しかし、暴露期間を長くした際の色差の増加はわずかであり、最も色差が大きい木粉含有率が 60% の場合でも、暴露期間 6 か月での色差は 10 程度を維持した。一方、未研削の WPC は、暴露期間 1 か月で、木粉含有率 20% の場合は色差 10、木粉含有率 30% 以上の場合は色差 30 を超えるなど、短期間の間に研削の場合と比較して色差が大きく変化することが示された。また、木粉含有率 30% 以上の WPC に関しては、暴露期間に対する変色の傾向が類似しており、暴露期間 2 か月で色差の値がほぼ平衡に達することが明らかとなった。

3.2 屋外暴露試験体表面の顕微鏡観察

WPC の変色についてさらに詳細な知見を得るために、屋外暴露前後の WPC の表面の顕微鏡観察を行った。Fig. 2 に暴露前、暴露期間 1 か月、および 6 か月における、表層研削、未研削の様々な木粉含有率の WPC の表面を CCD 顕微鏡で観察した写真を示す。表層を研削した木粉含有率 20% の WPC の暴露前の写真では、研削による凹凸により光の散乱が生じ、表面に露出している透明なポリプロピレン (PP) が白色化しているのが観察された。他の表層未研削の試験体では、暴露開始後には光劣化による白色化が生じたことが見て取れるが、表層を研削した試験体では元々研削による白色化が見られたため、光劣化に伴う変化が不明瞭になったと考えられ、これが研削した WPC の色の変化が未研削の WPC と比較して、屋外暴露期間での色差の変化が小さかった (Fig. 1) 要因の一つであると考えられる。一方、光の散乱の影響が少ない表層未研削の WPC に着目すると、木粉含有率 20% の WPC においては、暴露期間 1 か月で、木粉の周辺が部分的に白色化しているのが観察され、木粉含有率 30%、および 60% の WPC においては、暴露期間 1 か月で PP を含め全体が白色化しているのが見て取れる。屋外で使用されている WPC の表面劣化は、表面の木材成分の光劣化による水溶性化と雨水による溶脱、同時に木材成分の一つであるリグニンから発生するラジカルによる PP の劣化が原因であることが報告されているが (木口 2010c, Morrell ら 2006)、暴露期間 1 か月では、木粉の含有量が少ない木粉含有率 20% の WPC では、木粉

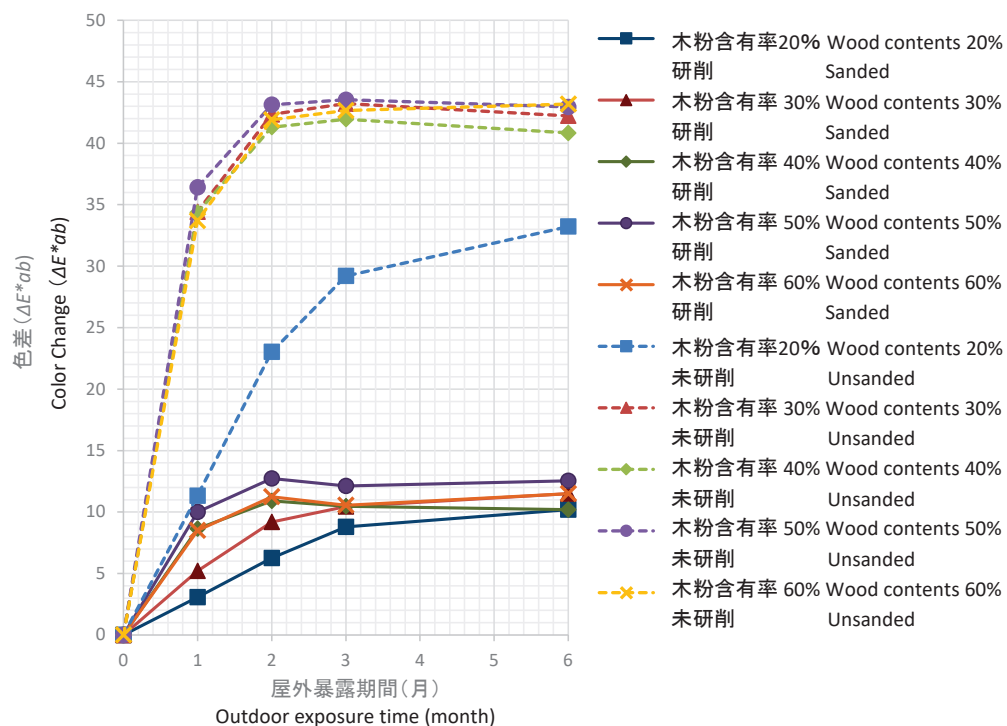


Fig. 1. 表面性状の異なる（研削・未研削）様々な木粉含有率（20% -60%）のWPCの屋外暴露試験における暴露試験期間と色差の関係

Discoloration of WPCs with various wood contents (20%-60%) having different surface characteristics (sanded and unsanded) exposed to outdoor for 6 months.

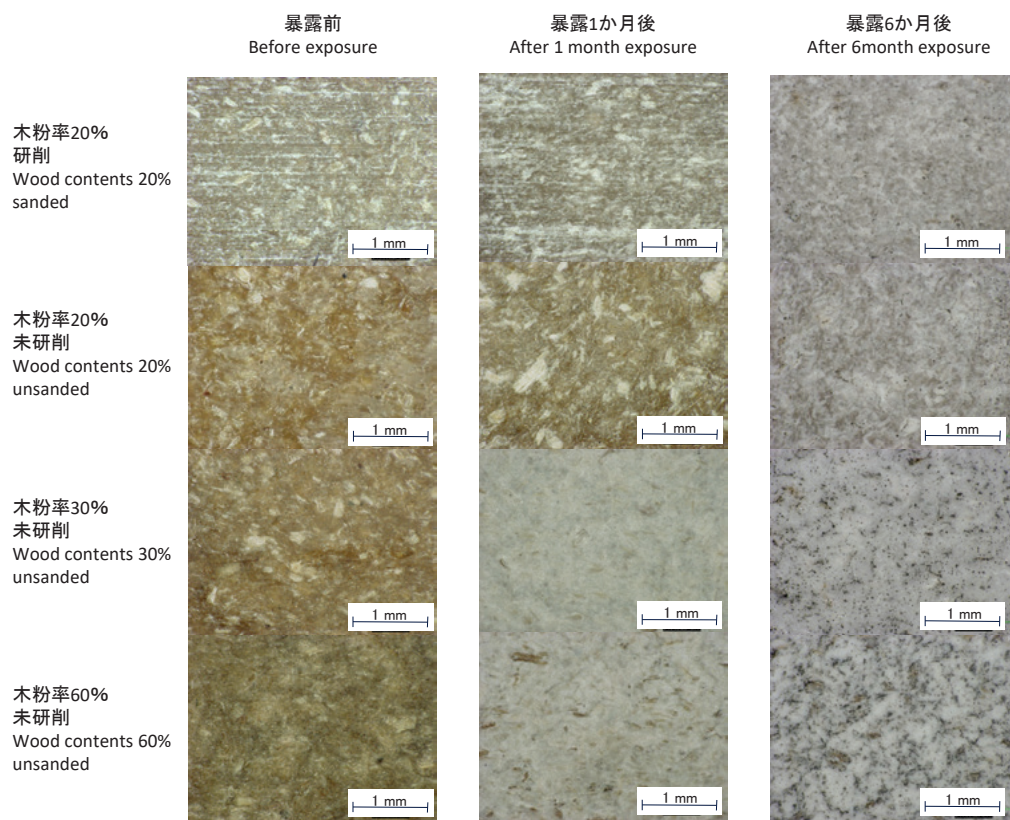


Fig. 2. 表面性状の異なる（研削・未研削）様々な木粉含有率（20% -60%）のWPCの屋外暴露試験における表面変化

Visual appearances of WPCs with various wood contents (20%-60%) having different surface characteristics (sanded and unsanded) as function of outdoor exposure time.

周辺のPPのみが光劣化の影響を受けているのに対し、木粉含有率30%以上のWPCでは、表面のPP全体を光劣化させるのに十分な量のラジカルが発生し、WPC表面の変色を速めた可能性が考えられる。

3.3 屋外暴露試験によるチョーキングの発生度合い

Fig. 3に表層研削、未研削の様々な木粉含有率のWPCを屋外暴露した際の暴露期間とチョーキングの発生度合いを示すチョーキング色差との関係を示す。表層を研削したWPC(—:実線)に関しては、暴露期間3か月までに、木粉含有率20%のWPCはチョーキング色差が10を超え、木粉含有率30%以上のWPCは20を超えるなど木粉含有率の異なるすべてのWPCにおいてチョーキングが発生することが示された。これは、研削により平滑面と比べて外力の影響を受けやすい凸部が生じるのに加え、太陽光に暴露される表面積が増大するため、暴露期間1か月から光劣化の影響を受け、表層が崩壊しやすい状態となり、クロッキング試験により擦り取られやすくなることが考えられる。また、木粉含有率が増加するに従って、チョーキング色差が高くなる傾向が認められた。木粉含有率の高いWPCほど、木粉由来のラジカル発生量が多く、物理的に崩壊しやすい状態になることが考えられる。また、暴露期間を長くするに従い、チョーキング色差も高くなる傾向が認められたが、木粉含有率が30%以上のWPCに関しては、暴露期間3か月から6か月までのチョーキング色差の変化が小さいことが判明した。これ

に対し、表層未研削のWPC(---:点線)に関しては、暴露期間1か月までは木粉含有率の違いに寄らず、チョーキング色差が低く抑えられていた。しかし、暴露期間2か月以降、木粉含有率30%以上のWPCは木粉含有率が高いほどチョーキング色差が大きくなる傾向が見られ、さらに、暴露期間3か月以降は、それまでチョーキングの発生度合いが低水準に抑えられていた木粉含有率20%のWPCを含め、木粉含有率の異なるすべての試験体においてチョーキング色差が増加傾向を示した。

3.4 屋外暴露試験によるWPC表面の表面粗さの変化

光劣化によるWPCの表層の崩壊に関する知見を得るために、表面粗さ測定を行った。Fig. 4に表層研削、未研削の様々な木粉含有率のWPCの表面粗さ測定の結果を示す。表層を研削したWPC(—:実線)については、木粉含有率20%のWPCの表面粗さの変化は小さかったが、木粉含有率30%、60%のWPCにおいては、表面粗さが減少する傾向が認められた。その傾向は木粉含有率が高い60%のWPCにおいて比較的大きく、Fig. 3でチョーキングの発生が平衡に達する暴露期間3か月から6か月の間に減少している傾向が見られた。これは、研削により平滑面と比べて外力の影響を受けやすい凸部が生じるのに加え、太陽光に暴露される表面積が増大することにより光劣化の影響を強く受けることから、凸部が脆くなって剥落しやすくなり、その結果として、チョーキングが発生することを

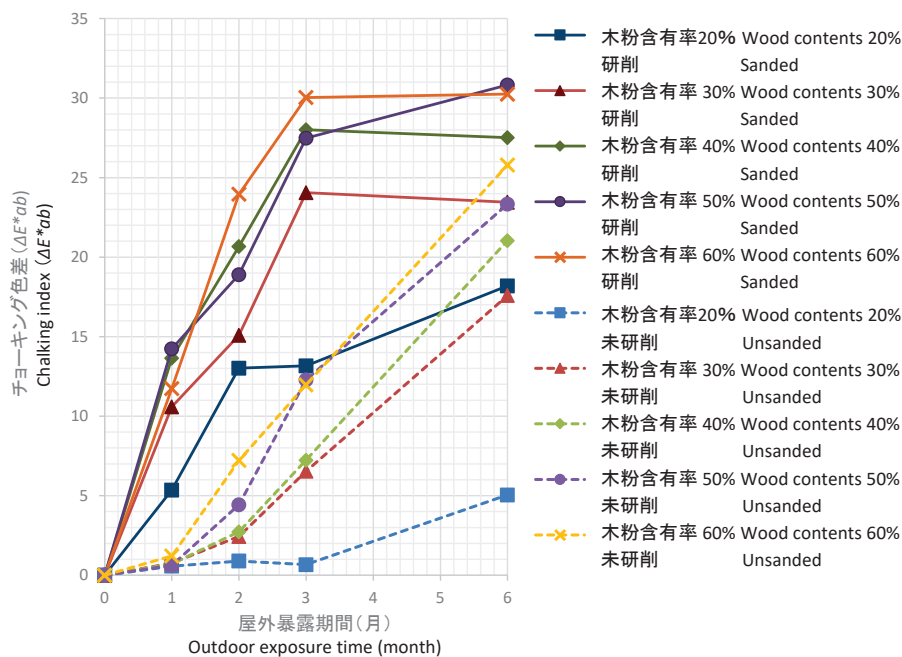


Fig. 3. 表面性状の異なる(研削・未研削)様々な木粉含有率(20%-60%)のWPCの屋外暴露試験における暴露試験期間とチョーキング発生度合いとの関係

Degrees of chalking for WPCs with various wood contents (20%-60%) having different surface characteristics (sanded and unsanded) exposed to outdoor for 6 months.

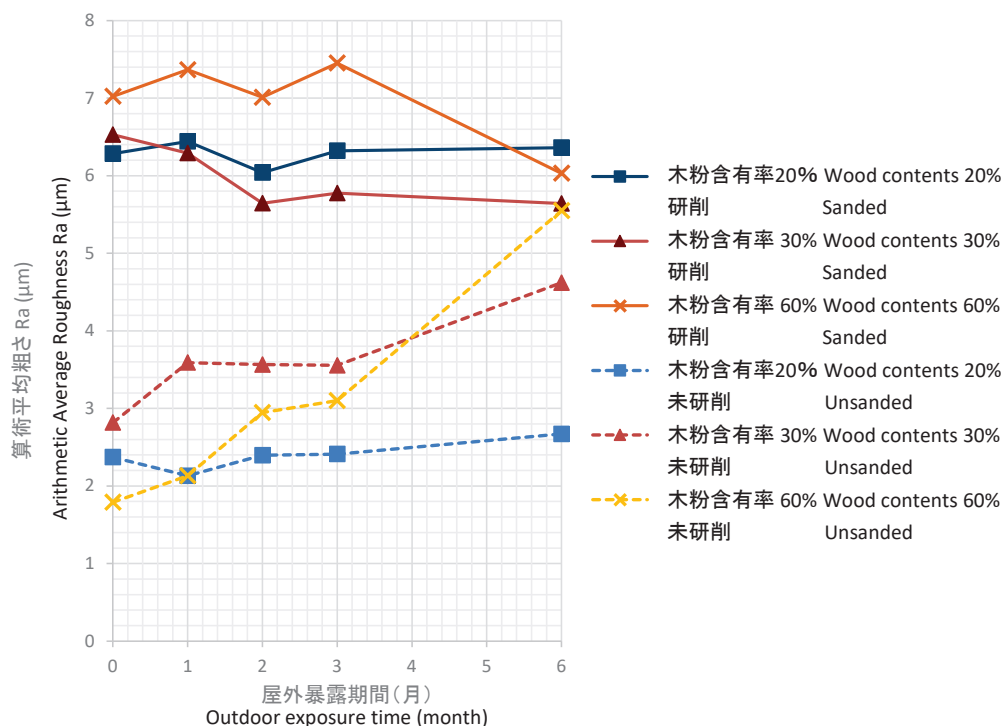


Fig. 4. 表面性状の異なる（研削・未研削）様々な木粉含有率（20%、30%、60%）の屋外暴露試験における暴露試験期間と表面粗さ（算術平均粗さ）との関係
Surface roughness of WPCs with various wood contents (20%, 30%, and 60%) having different surface characteristics (sanded and unsanded) exposed to outdoor for 6 months.

示唆している。また、木粉含有率 20% の WPC において、チョーキングが発生しているにもかかわらず、粗さの変化が小さいという結果が得られたが、この原因としては、クロッキング試験では、綿布によりチョーキング物質を物理的に擦り取っているのに対し、粗さ測定を行っている部位はクロッキング試験の影響を受けておらず、光劣化を受け脆くなっており、クロッキング試験では擦り取られるが、屋外暴露の過程で剥落することのない部分が残っているためであると考えられる。

一方、未研削の WPC (---: 点線) においては、木粉含有率 20% の WPC の表面粗さは、暴露期間 6 か月間の間にほとんど変化しなかったが、木粉含有率 30% と 60% の WPC の表面粗さは、暴露期間を長くするに従い、増加する傾向が見られた。特に、木粉含有率 60% の WPC は暴露期間 1 か月から徐々に粗さが大きくなり、暴露期間 6 か月では表層を研削した WPC とほぼ同様の値を示した。未研削の場合には表層が徐々に光劣化を受けて表層が劣化し、徐々に凹凸が生じ、表層が崩壊しやすい状態に変化する傾向にあることが考えられる。また、木粉含有率 20% の WPC に関しては、表層を研削した WPC と同様に、光劣化による粗さの変化がほとんど認められなかったことから、木粉含有率が 30% を境に表層の粗面化または平滑化の傾向が異なることが考えられる。これは、3.2 で考察したが、

木粉含有率 20% の WPC は木粉の含有量が少いため、暴露による木粉からのラジカル発生量が少なく、光劣化の影響が WPC 表面全体に及んでおらず、研削の有無にかかわらず、表層の崩壊が抑えられていることが原因であると考えられる。しかし研削 WPC では暴露期間 1 か月、未研削 WPC では暴露期間 6 か月でチョーキングの発生が認められることから、木粉含有率が 20% の WPC であっても、表面は光劣化の影響を受けて表層が崩壊しやすい状態になることが推察される。

3.5 屋外暴露試験による WPC 表面の主要官能基の変化

Fig. 5 に表層を研削した様々な木粉含有率の WPC の暴露前の試験体表面の赤外吸収スペクトルを示す。なお、同図のスペクトルは PP の CH_3 結合に起因する 1374 cm^{-1} の吸収ピーク (McDonald ら 1961) の高さをそろえて標準化しているため、WPC の木粉含有率が 20%、30%、60% と増加するに従い、木粉の主成分であるセルロース、ヘミセルロースのもつ C-O-C 結合に起因する 1030 cm^{-1} (片岡ら 2000) やリグニンの芳香核に起因する 1500 cm^{-1} の吸収ピーク (Faix 1991) が増大しているのが見て取れる。

Fig. 6 に Fig. 5 と同一の試験体の暴露期間 1 か月での表面の赤外吸収スペクトルを示す。この図においても PP 由来の 1374 cm^{-1} の吸収ピークの高さをそろえて標準化していることから、木粉由来の 1030 cm^{-1} の

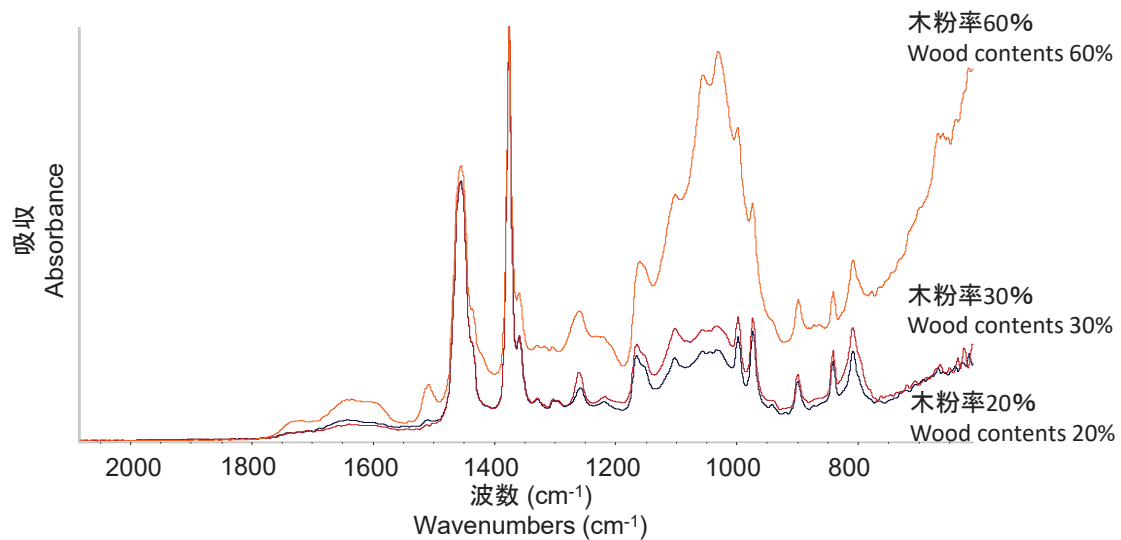


Fig. 5. 屋外暴露前の表層を研削した様々な木粉含有率（20%、30%、60%）の WPC 表面の赤外吸収スペクトル
IR spectra of sanded WPCs with various wood contents (20%, 30%, and 60%) before outdoor exposure.

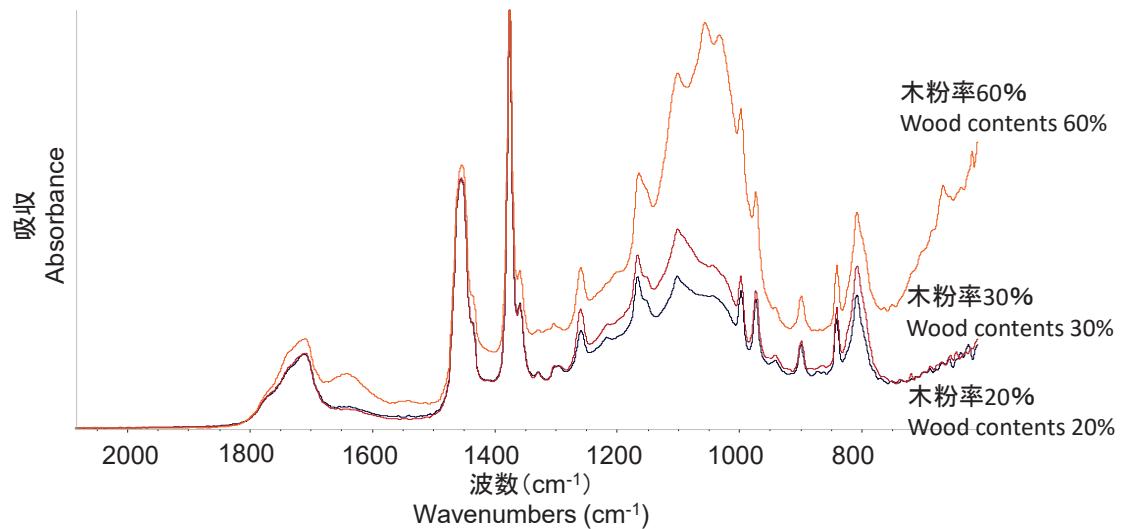


Fig. 6. 暴露期間 1 か月での表層を研削した様々な木粉含有率（20%、30%、60%）の WPC 表面の赤外吸収スペクトル
IR spectra of sanded WPCs with various wood contents (20%, 30%, and 60%) after 1 month outdoor exposure.

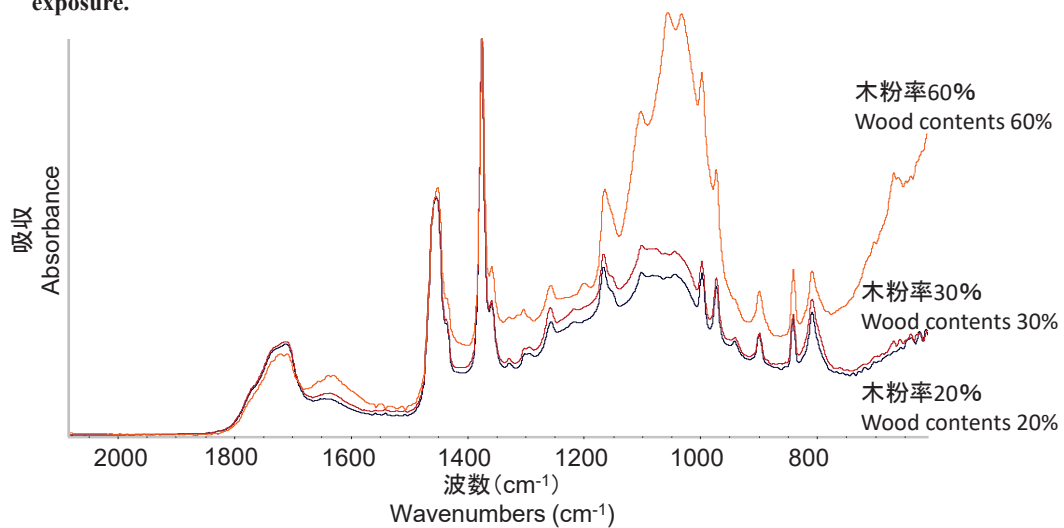


Fig. 7. 暴露期間 6 か月での表層を研削した様々な木粉含有率（20%、30%、60%）の WPC 表面の赤外吸収スペクトル
IR spectra of sanded WPCs with various wood contents (20%, 30%, and 60%) after 6 months outdoor exposure.

吸収ピークは、暴露前と同様に木粉含有率が増加するに従って増大している。リグニンの芳香核に起因する 1500 cm^{-1} の吸収ピークは暴露期間 1 か月で、すでに消失している。リグニンは光酸化の影響を受けやすく、芳香族の開裂により $\text{C}=\text{O}$ 結合をもつカルボキシル基を生じることが知られている (Faix 1991, Nemeth 1994)。また、PP は光酸化反応により $\text{C}=\text{O}$ 結合をもつメチルケトン残基を生じることが知られている (Shiono ら 1978)。分析の結果からもリグニンと PP の光酸化反応により生じる $\text{C}=\text{O}$ 結合に起因する吸収ピークの重なる 1720 cm^{-1} の吸収ピークの増大が認められた。また、木粉含有率の異なるすべての WPC において、 1110 cm^{-1} の吸収ピークの増大が認められるが、これは、PP の光酸化反応により生じたメチルケトン残基における $\text{C}-\text{C}-\text{C}$ 結合に起因するものであると推察さ

れる (Silverstein ら 1963)。

Fig. 7 に Fig. 5 と同一の試験体の暴露期間 6 か月での表面の赤外吸収スペクトルを示す。暴露期間 6 か月では、暴露期間 1 か月と比較し、 1720 cm^{-1} の吸収ピークが増大しており、暴露期間を長くすることで木粉、PP の光劣化が進行していることが示唆されたが、それ以外の明瞭な変化は認められなかった。

Fig. 8 に様々な木粉含有率の表層未研削の WPC の暴露前の試験体の表面の赤外吸収スペクトルを示す。表層を研削した WPC (Fig. 5) とほぼ同一の結果が得られた。このことから、研削では表面の主要官能基は変化しないことが確認された。

Fig. 9 に Fig. 8 と同一の試験体の暴露期間 1 か月での表面の赤外吸収スペクトルを示す。表層未研削の WPC においては、Fig. 6 に示した表層を研削した場合

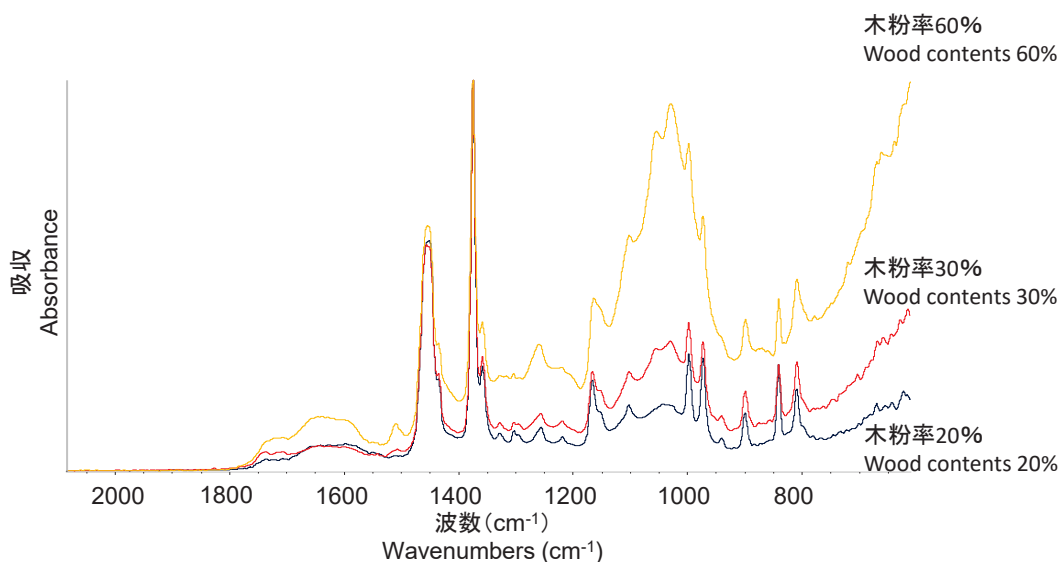


Fig. 8. 屋外暴露前の表層未研削の様々な木粉含有率 (20%、30%、60%) の WPC 表面の赤外吸収スペクトル
IR spectra of unsanded WPCs with various wood contents (20%, 30%, and 60%) before outdoor exposure.

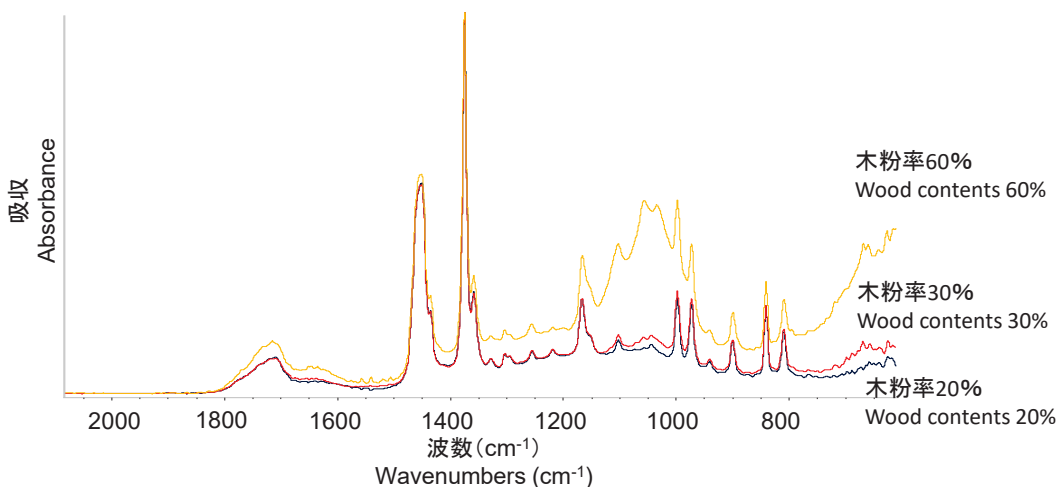


Fig. 9. 暴露期間 1 か月での表層未研削の様々な木粉含有率 (20%、30%、60%) の WPC 表面の赤外吸収スペクトル
IR spectra of unsanded WPCs with various wood contents (20%, 30%, and 60%) after 1 month outdoor exposure.

と同様に、暴露期間1か月で木粉とPPが光劣化の影響を受けていることが示された。表層を研削したWPCとの大きな違いは、木材由来の 1030 cm^{-1} の吸収ピーク高さに比べ、PP由来の 1374 cm^{-1} の吸収ピークが増大していることであり、この傾向は木粉含有率の高い、木粉含有率60% WPCにおいて顕著であった。これは、Fig. 10に図示したモデルのように、表層未研削のWPCでは、暴露初期に表面に露出していた木粉のみが表層から剥落し、PPの連続層がWPC表面に露出した可能性を示唆している。Starkらは、主原料に高密度ポリエチレンを用い、木粉含有率を50%として製造したWPCの促進耐候性試験において、3000時間の試験後に木粉のみがWPC表面から剥落することを報告している（Starkら2007）。一方で、表層を研削した場合には、平滑面と比べて外力の影響を受けやすい凸部が生じるのに加え、太陽光に暴露される表面積が増大することにより光劣化の影響を強く受けることから、表層から低分子化したPPと木粉が同時に剥落し易く、剥落したのちに新たなPPと木粉の複合層が露出することが考えられる。このため、Fig. 6、Fig. 7に示したように暴露期間1か月と6か月の間で、WPC表面の主要官能基に変化が認められなかった可能性が考えられる。これは、Fig. 3に示した、チョーキング発生度合いが表層未研削のWPCと比較して高いという結果や、Fig. 4に示した、暴露期間が長くなるにしたがって表面粗さが減少傾向にあるという結果と矛盾しない。

Fig. 11にFig. 8と同一の試験体の暴露期間6か月で

の表層の赤外吸収スペクトルを示す。暴露期間1か月の試験体の分析結果と比較すると木材由来のピークが増大することが判明した。これは、Fig. 4に示した表面粗さ測定の結果において暴露期間が長くなるに従い、表面粗さが徐々に増加していることから、表層未研削のWPCにおいてもFig. 10に示したように、暴露期間6か月では表層の光劣化が進み、PPの連続層が崩壊して粗面化するとともに、研削したWPCと同様にPPと木粉の複合層が露出したためと推察される。

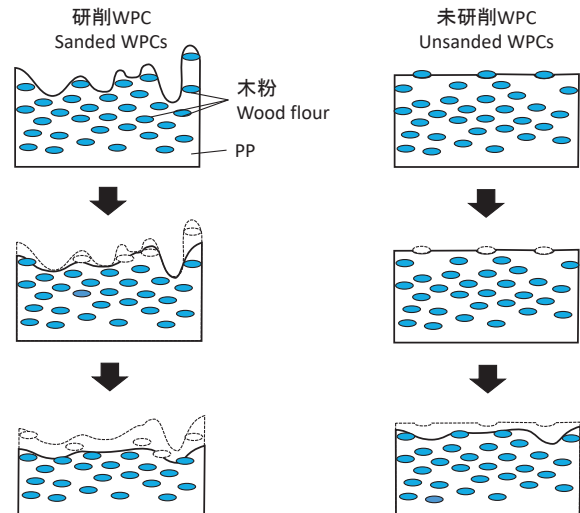


Fig. 10. 屋外暴露試験期間中のWPCの表層劣化のモデル図
Supposed surface decomposition model of WPCs during 6 months outdoor exposure.

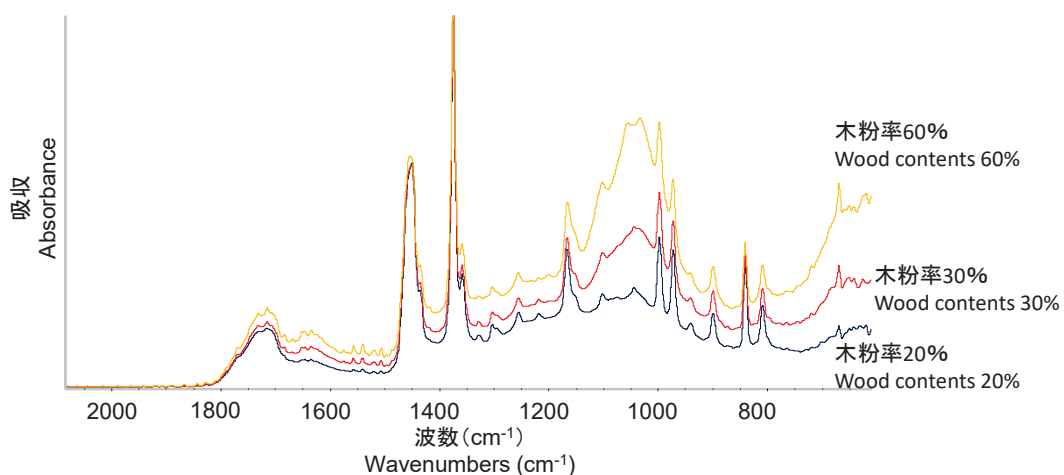


Fig. 11. 暴露期間6か月での表層未研削の様々な木粉含有率（20%、30%、60%）のWPC表面の赤外吸収スペクトル
IR spectra of unsanded WPCs with various wood contents (20%, 30%, and 60%) after 6 months outdoor exposure.

4. 結論

WPC の屋外利用における初期の変色とチョーキングの発生度合いを詳細に検討することを目的として、木粉含有率の異なる WPC を製造し、表層を研削したものと未研削のそれぞれについて屋外暴露試験を行った。その結果として、変色に関しては、表層未研削の WPC が表層研削の WPC と比較して変色が大きくなるという結果が得られた。この原因の一つとしては、表層の研削による凹凸により光の散乱が生じて PP が白色化し、光劣化による白色化の影響が不明瞭となった可能性が考えられる。また、表層未研削の WPC において、木粉含有率 30% を境に変色の傾向が異なるという結果が得られたが、この原因としては、木粉含有率を高めることによりリグニンからのラジカル発生量が増加し、木粉含有率 30% 以上では表層の PP 全体を光劣化させるのに十分な量のラジカルが発生し、WPC 表面の変色を速めた可能性が考えられる。一方、チョーキング発生度合いに関しては、表層を研削した WPC が未研削の WPC と比較し、暴露初期のチョーキング発生度合いが高いことが判明した。これは、表層を研削した WPC において、研削によって生じた凸部が光劣化を受けて脆くなり、チョーキング物質として剥落しやすくなったことが原因であると考えられる。また、木粉含有率を高くするに従いチョーキング発生度合いが高くなるという結果が得られたが、この原因については、木粉含有率の増加に伴って木粉からのラジカル発生量が増加し、PP の劣化を促進した可能性が考えられる。

WPC の変色が木粉含有率 30% を境に傾向が異なることや、木粉含有率を高くするに従いチョーキング発生度合いが高くなることが判明し、その原因が木粉からのラジカル発生量の違いによるものであると考えられることから、今後は、ESR（電子スピン共鳴）分析などによる木粉含有率の違いによるラジカル発生量の定量と、発生したラジカルがどの程度 PP の光劣化に寄与するのかについて検討を行う必要がある。また、WPC の表層の研削が変色、およびチョーキング発生度合いに大きな影響を及ぼすことが示されたことから、今後は、研削条件を変えるなどの手法により、WPC の表面性状と変色、およびチョーキング発生度合いとの関係についてさらに詳細な検討を行う必要がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26450243 の助成を受けたものです。

引用文献

Caulfield, D. F., Clemons, C., Jacobson, R. E., Rowell, R. M. (2003) 13 Wood Thermoplastic Composites, "Handbook of Wood Chemistry and Woos Composites"

, Taylor & Francis, 365-378.

Ebe K., Sekino N. (2015) Surface deterioration of wood plastic composites under outdoor exposure. *J Wood Sci*, 61, 143-150.

Faix O. (1991) Classification of Lignins from Different Botanical Origins by FT-IR Spectroscopy. *Holzforschung*, 45, 21-27.

片岡 厚 (2000) 木材の組織構造を区別した赤外分光分析—顕微 FT-IR の有用性と応用例—。木材保存, 26, 255 — 265.

Kiguchi M., Katoka Y., Matsunaga H. Yamamoto K., Evans P. D. (2007) Surface deterioration of wood-flower polypropylene composites by weathering trials. *J Wood Sci*, 53, 234-238.

木口 実 (2009) 木質バイオマスのマテリアル利用技術—木材・プラスチック複合材の高性能化—。森林と林業。日本林業協会, 14-15.

木口 実, 片岡 厚, 松永 浩史, 桃原 郁夫, 川元 スミレ, 大友 祐晋 (2010a) 木材・プラスチック複合材（混練型 WPC）の耐久性（1）耐水性に及ぼす木粉含有率の影響。木材保存, 36, 52-58.

木口 実, 片岡 厚, 松永 浩史, 桃原 郁夫, 川元 スミレ, 小林 正彦, 大友 祐晋 (2010b) 木材・プラスチック複合材（混練型 WPC）の耐久性（2）土中埋設試験による耐朽性評価。木材保存, 36, 150-157.

木口 実 (2010c) 木材・プラスチック複合材（混練型 WPC）の耐久性と耐候性。塗装工学, 45, 223-230.

Kiguchi M., Katoka Y., Kobayashi M., Kawamoto S., Matsunaga H., Ohtomo Y. (2011) Decreasing the incidence of chalking of weathered wood flour polypropylene composites by UVA and HALS. *Proceedings of International wood fibre polymer composites symposium*, 5, 1-10.

木口 実, 小林 正彦 (2012) 木材・プラスチック複合材（混練型 WPC）の性能と技術動向。木材工業, 67, 50-55.

小林 正彦, 木口 実, 片岡 厚, 石川 敦子, 川元 スミレ, 松永 正弘 (2014) 混練型 WPC の耐候性に及ぼす加溶媒分解木材の添加効果。木材保存, 40(1), 8-16.

Lee C.H., Hung K.C., Chen Y.L., Wu T.L., Chien Y.C., Wu J.H (2012) Effects of polymeric matrix on accelerated UV weathering properties of wood-plastic composites. *Holzforschung*, 66, 981-987.

Muasher M., Sain M. (2006) The efficacy of photostabilizers on the color change of wood filled plastic composites. *Polym Degrad Stab*, 91, 1156-1165.

McDonald M.P., Ward I.M. (1961) The assignment of the infra-red absorption bands and the measurement of

- tacticity in polypropylene. *Polymer*, 2, 341 – 355.
- Morrell J. J. (2006) Durability of wood-plastic composites. *Wood Design Focus*, 16, 7-10.
- Nemeth, K., Faix, O. (1994) Beobachtung der Photodegradation des Holzes durch quantitative DRIFT-Spektroskopie, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 52, 261 – 266.
- 大島 明, 古田 裕三 (2011) 木材・プラスチック再生複合材の長期耐久性に関する研究. 日本建築学会大会学術梗概集, 1203-1204.
- 岡本 忠 (2003) 木材とプラスチックとの複合体開発の現状 - 木質材料の押出成形 -, *木材学会誌*, 49, 401-407.
- Shiono T., Niki E., Kamiya Y. (1978) Oxidative degradation of Polymers (Part 4) Photooxidation of Isotactic Polypropylene powder. *J. Japan Petrol. Inst*, 21, 63-67.
- Silverstein R., Bassler G., Morrill T. (1963) (荒木 峻, 益子 洋一郎, 山本 修訳, 1983) 有機化合物のスペクトルによる同定法 第4版, 東京化学同人, 115pp.
- Stark N.M., Matuana L.M. (2003) Ultraviolet Weathering of Photostabilized Wood-Flour-Filled High-Density Polyethylene Composites. *J Appl Polym Sci*, 90, 2609-2617.
- Stark N.M., Matuana N.M. (2004) Surface Chemistry and Mechanical Property Changes of Wood-Flour/High-Density-Polyethylene Composites after Accelerated Weathering. *J Appl Polym Sci*, 94, 2263-2273.
- Stark N.M., Matuana L.M. (2007) Characterization of weathered wood-plastic composite surfaces using FTIR spectroscopy, contact angle, and XPS. *J Polym Degrad Stab*, 92, 1883-1890.
- 高谷 政広, 岡本 忠 (2008) セルロース系材料における基礎と応用 4. 木質プラスチック複合体. *材料*, 57, 415-420.

Influence of wood contents and surface sanding on weathering properties of wood plastic composites (WPCs) in outdoor exposure test

Masahiko KOBAYASHI^{1)*}, Yutaka KATAOKA¹⁾, Atsuko ISHIKAWA¹⁾,
Masahiro MATSUNAGA¹⁾, Toru KANBAYASHI¹⁾ and Makoto KIGUCHI²⁾

Abstract

Wood plastic composites (WPCs) have been gaining market share in the exterior materials such as decking because of their good water and decay resisting properties. However, the problem of weathering properties, such as discoloration and chalking (formation of fine powder on the surface of WPCs) that often occur during the long term outdoor use, still remains to be solved. In this study, WPCs specimens with various wood contents were manufactured and half of them were subjected to sanding treatment to form a wood-like appearance. They were then exposed to outdoor weathering for 6 months to examine the effects of sanding process and wood content on the extent of discoloration and chalking of WPCs. It was shown that discolorations of sanded WPCs were greater than that of unsanded ones throughout the exposure. The discoloration behavior of WPCs with more than 30% of wood contents was clearly different from that with 20% of wood content. The amount of chalking products for sanded WPCs was higher than that for the unsanded ones, and the degree of chalking increased as wood contents increased. Possible causes of these behaviors were discussed and a surface degradation model of WPCs in outdoor exposure were proposed.

Key words : Wood plastic composites (WPCs), outdoor exposure test, photodegradation, discolorations, chalking

Received 29 September 2016, Accepted 5 December 2016

1) Department of Wood Improvement, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Principal Research Director, FFPRI

* Department of Wood Improvement, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; e-mail: masa7355@ffpri.affrc.go.jp

研究資料 (Research record)

国産材由来セルロースナノファイバーに求められるもの - 市場調査報告 -

下川 知子^{1)2)*}、真柄 謙吾²⁾、野尻 昌信²⁾、久保 智史¹⁾²⁾、
戸川 英二¹⁾²⁾、木口 実³⁾、林 徳子¹⁾

要 旨

森林資源の有効活用を図り、中山間地域の活性化を推進する方向性の一つとして、新素材であるセルロースナノファイバー (CNF) の活用が挙げられる。国産材を利用した CNF の用途開発を展開していくため、CNF 全般及び国産材由来の CNF の問題点や課題などを把握し、実用化のための資料とする市場動向調査を実施した。CNF 全般に対して、コストダウン、分散化技術の確立、特性評価、品質の安定化、安全性といった項目が挙げられ、課題を解決するために事業推進体制を整備し、CNF の生産・制御技術等の確立による生産性の向上、製品化を通じた CNF の生産規模拡大による低価格での安定供給が求められていることが示された。「中山間地域で生産される国産材由来の CNF」を使用するユーザーメリットについては、環境配慮、天然由来の姿勢が企業イメージの向上に寄与する点に賛同意見があったことから、持続可能な森林資源を使用し、環境に優しい資源であるといった具体的な情報や付加価値を、製造者と消費者の両方へしっかりと伝えていくことが、将来的な国産材由来 CNF の取り組みに必要であることが示唆された。

キーワード：セルロースナノファイバー、市場調査、国産材

1. はじめに

森林資源の有効活用を図り、中山間地域の活性化を推進する方向性の一つとして、新素材であるセルロースナノファイバー (CNF) の活用が挙げられる。CNF は軽量・高強度を特徴とするバイオマス由来の素材であり、様々な分野で社会実装のための用途開発が進められている。森林総合研究所では、ソーダアントラキノン蒸解により国産材から調製したパルプを原料とし、酵素処理と機械処理を併用した湿式粉砕によって無修飾の CNF を製造するプロセスを構築し、国産材利用に資するための用途開発を行っている (林ら 2015、下川ら 2015)。

新素材である CNF の有する潜在的可能性は広範に知られるようになってきたところであるが、中山間地域の活性化に資する国産材を利用した CNF の用途開発を展開していくためには、現状の問題点・課題の整理が欠かせないと考えられた。そのため、CNF を扱う可能性のある、化学工業、木材工業、食品関係を中心とした企業を対象としてマーケティング調査を行い、中山間地で生産される国産材 (スギ、ヒノキ、タケ等) 由来の CNF に対して求めるもの、問題点、改良すべき点などを抽出、把握し、実用化のための資料とするための市場動向調査を実施した。

2. 聞き取り調査方法

CNF を扱う可能性のある、化学工業、木材工業、食品関係を中心とした企業を中心として市場調査を行った。企業の地域は限定せず、詳細な意見を求めるため、直接企業の関係者に話を聞くこととし、聞き取り調査に応じる企業の数として、30 社を目標とした。調査を行った項目を Table 1 に示す。回答可能性のある企業数社に文書で依頼を実施し、回答に賛同を得られた 30 社から聞き取り調査を行う以上の調査は、矢野経済研究所への委託により実施した。回答の中には、公開不可の情報が含まれたため、本資料では、公開不可の情報は省いており、得られた結果は 2016 年 1 月 29 日時点で取りまとめたものである。

Table 1. 市場調査項目

1. CNF に関する認知状況
2. CNF に対する取り組みの現状
3. CNF の応用分野・用途
4. CNF の採用条件
5. 現使用品からの切り替え可能性有無
6. CNF の許容価格
7. CNF の問題点・課題に関する調査
8. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対するニーズ
9. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に関する問題点・課題

原稿受付：平成 28 年 10 月 4 日 原稿受理：平成 29 年 1 月 10 日

1) 森林総合研究所新素材研究拠点

2) 森林総合研究所森林資源化学研究領域

3) 森林総合研究所研究ディレクター

* 森林総合研究所新素材研究拠点 〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1

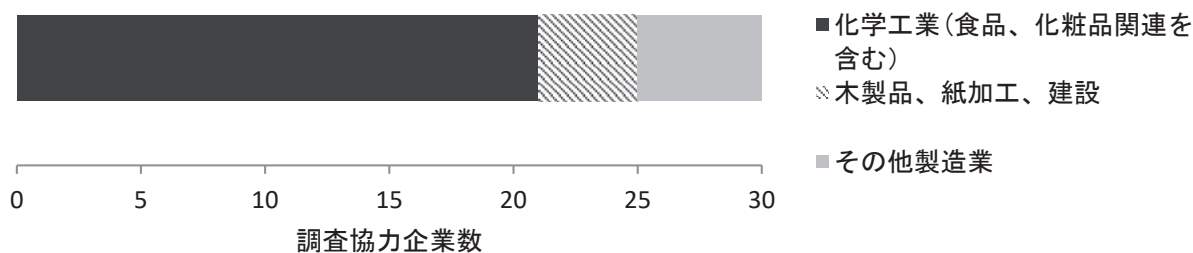


Fig. 1. 市場調査協力会社の業種内訳

3. 結果及び考察

聞き取り調査に応じた企業の業種を Fig. 1 に示す。業種は、「化学工業（樹脂、ゴム、プラスチック製品製造業、食品・化粧品関連を含む）」、「木材・木製品、紙加工品、建材・建設業」、「その他」、に分類した。最も多い業種は化学工業関連であり、CNF が原料として使用されるためと考えられる。

3.1 CNF に関する認知状況

CNF に関する認知状況を、便宜的に 1 億円を境界として資本金額に照らして比較した。資本金額が 1 億円以上の企業は認知状況が「情報収集～実用（化）」に集中し、同未満の企業は「情報収集以前～研究開発」に分布しており、資本金額の多寡が認知に影響している可能性がある。

3.2 CNF に対する取り組みの現状

CNF に対する取り組みの現状を情報収集、研究開発、実用化、その他の 4 タイプに大別したところ、情報収集 7 件、研究開発 17 件、実用化 2 件、その他 4 件と分類され、研究開発が最も多く、情報収集段階がこれに続いた。Table 2 では、取り組みの現状に関して、「その他」の分野に分類された企業の意見も「研究開発中」もしくは「情報収集段階」に分類して、得られた聞き取りの内容を整理した。1 社が複数の意見を述べている場合もあるが、得られた回答を羅列して記載した。本来の情報から特定の団体を示す固有名詞や、具体的すぎると判断した内容を削除しており、以下、同様の扱いとした。

3.3 CNF の応用分野・用途

CNF の応用分野・用途に回答した企業は 25 社であり、木材加工、断熱材、樹脂（特性改善）、フィルム、塗料、粘度調整剤、接着剤、化粧品原料、食品添加物と多岐にわたる検討が行われていることが示された（Table 3）。回答企業のうち、40% が樹脂への混練に注目しており、セルロースナノファイバーの軽量、高強度の特性を活かし、樹脂製品の特性向上に期待が寄せられている傾向が示された。

3.4 CNF の採用条件

CNF の採用条件については 13 社から回答が得られた。

採用条件として、8 社が価格の引き下げについて、6 社が CNF を溶媒中に均一に分散させるための分散化（技術）を挙げている（Table 4）。つぎに、供給体制、品質の安定化の達成が、今後の CNF の採用に重要であることが示された。

3.5 使用品からの切替可能性の有無

現使用品からの切替可能性を否定した回答は無かった。既に CNF を製品として利用している企業もあるが、CNF の取り扱いについて未検討である企業では、可能性有無の明示には至らなかった。

3.6 CNF の許容価格

CNF の現行価格は 1 kg（リットル）あたり 1,000 円～数千円ではほぼ一致していた。これに対し競合する現行品の価格（コスト）は、木粉が 100 円で最安価、増粘剤が数百円～4 千円前後、接着剤の添加剤が 500 円以下～1000 円以下（価格はいずれも 1 kg あたり）と、下値は CNF の現行価格を下回っており、価格引き下げを採用条件とする多数見解を支持する格好となった。CNF 利用による効果や性能の向上の度合いが価格の増加分に見合うのであれば、高額での切り替えもあり得る、という意見がほぼ共通した見解として得られた（Table 5）。

3.7 CNF の問題点・課題

回答した 20 社のうち、50% にあたる会社が問題点・課題として分散化技術の確立を指摘した。また、対処すべき問題として 8 社が CNF の高額さについて挙げている。その他、安全性や CNF という事業の推進体制に関する問題提起もなされた（Table 6）。総じて、コストダウン、分散化技術の確立、特性評価、品質の安定化、安全性といった課題を解決するために事業推進体制を整備し、CNF の生産・制御技術等の確立による生産性の向上、製品化を通じた CNF の生産規模拡大による低価格での安定供給が求められていると考えられる。

3.8 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対するニーズ

中山間地域で生産される国産材由来の CNF のニーズについて回答した社は 17 社であり、ニーズは無いと明示したのは 5 社であった。他方、積極的に評価している会社

が2社あり、環境配慮、天然由来の姿勢が企業イメージの向上に寄与する点に肯定性を見出している（Table 7）。国産材由来のCNFに対して期待を寄せる意見としては、中山間地域の活性化、国産材の価値向上、国内木材加工業の活性化につながるなどが挙げられた。ニーズを見出し難いとした回答からは、海外産の方が安価というコスト面の懸念や、事業面からの利点を見出し難いこと、セルロースであればどのような由来であっても問題が無く、国産材に由来するメリットを打ち出すことが出来ない等の現状が示された。国産材に由来することがニーズにつながるか分からない、という意見もあることから、国産材利用拡大のためには、中山間地域由来の国産材を利用する具体的なメリットをしっかりと打ち出していく必要性がある。

3.9 中山間地域で生産される国産材由来のCNFに関する問題点・課題

中山間地域で生産される国産材由来のCNFということにどのような価値を置くか（どのような価値を見出すか）という問題意識が指摘の根本にあるように見受けられる。製造工程や手間・労力の違いによって生じるコストパフォーマンスに起因する問題も指摘された（Table 8）。中山間地域で生産される国産材由来のCNFに対する問題の前に、CNFの利用方法、用途、価格といった素材・材料それ自体が抱える問題の解決を指摘する意見もあり、3.7で明らかになったCNF全般に関する指摘と同様に、価格や技術面の課題を解決していくことが重要と考えられる。

4. まとめ

市場調査により、CNFの軽量かつ高強度である特性を活かし、新たな価値を有する製品を作り出すための、様々な取り組みが示された。問題点・課題として、CNFのコストダウン、分散化技術の確立、特性評価、品質の安定化、安全性といった項目が挙げられ、課題を解決するために事業推進体制を整備し、CNFの製造技術や安定的な分散化を実現する技術等の確立による生産性の向上、製品化を通じたCNFの生産規模拡大による低価格での安定供給が求められていることが示された。特に価格については、CNF利用による効果や性能の向上の度合いが価格の増加分に見合うのであれば、高額での使用

もあり得るというほぼ共通した見解はあるが、現状ではCNFの価格が高すぎるという意見が多数であった。1kg（リットル）あたり1,000円～数千円に対し、応用分野の競合品の価格はそれを下回ることが多く、現行競合品の価格は、木粉が100円程度で最安価、増粘剤が数百円～4千円前後、接着剤の添加剤が500円以下～1000円以下（価格はいずれも1kgあたり）と、下値はCNFより低く（Table 5）、CNFの現行価格の引下げニーズを裏付ける結果となった。今回の調査で示されたCNFの値段はスラリー状のものであり、濃度が様々に異なっている。そのため、乾燥重量あたりに換算した価格は更に高くなることが予想され、価格削減の努力が必要である。

「中山間地域で生産される国産材由来のCNF」を使用するユーザーメリットについては、環境配慮、天然由来の姿勢が企業イメージの向上に寄与する点に賛同意見があったことから、持続可能な森林資源を使用し、環境に優しい資源であること、さらに、国産材を使用していくことでどのような利点があるのか、といった具体的な情報・付加価値を製造者と消費者の両方へしっかりと伝えていくことが、将来的な国産材由来CNFの取り組みに必要と考えられる。

謝辞

本調査は、林野庁による「新規木材需要創出事業のうちセルロースナノファイバー製造技術実証事業」の一環として実施されたものであり、関係各位に謝意を表する。

引用文献

- 林 徳子・下川 知子・渋谷 源・野尻 昌信・真柄 謙吾・池田 努・戸川 英二・久保 智史 (2015) 環境にやさしいセルロースナノファイバー製造技術－叩き潰さずにほぐします－. 森林総合研究所平成27年度研究成果選集, 34-35.
- 下川 知子・池田 努・真柄 謙吾・大塚 祐一郎・中村 雅哉・戸川 英二・菱川 裕香子・林 徳子・小川 睦美・高尾 哲也・中山 榮子 (2015) タケパルプからの酵素反応とビーズミルを用いたセルロースナノファイバー製造. 第11回バイオマス科学会議開催概要プログラム, P-41.

Table 2. CNF への取り組みの現状に対して得られた回答

情報収集段階	・ 具体的な取り組みはまだ見られない ・ CNF について関心をもっているが、製品応用に向けた調査など積極的に動いているというわけでない ・ 自社製品への応用の検討経験なし ・ 化成品にはすべて関心があるが、特に、CNF は、最近注目の材料であり、今後の取扱量が増えることが見込めることから、積極的に取り組む方針 ・ 情報収集段階（6 件）
研究開発中	・ CNF に対してはユーザーの立場、CNF の取り扱い経験あり ・ 大学との協力関係の下、CNF の製作から解繊装置の開発、用途開発に至るまで従事してきた ・ 複合材料の開発を研究所と共同で実施 ・ 使用経験は既にある。応用研究として共同研究している ・ CNF については情報収集およびトライアルを行っている ・ 環境配慮型部材の多様な展開を目指して研究を進めているが、その一環として CNF を用いた高いガスバリア性を有するフィルム包装材料の開発を目指している ・ 断熱材として、従来のウレタンやグラスウールではなく、木材由来の CNF に魅力を感じて、取り組みを始めている ・ 現在、数社と共に樹脂への混練など実用化に向けた技術を共同開発・コンサルティング ・ CNF をプラスチックの強化剤として活用する方法を開発 ・ 数年後をめどに商品化を目指す ・ 竹由来の CNF を用いてポレオレフィンの特性を改善することを目指している ・ 樹脂への CNF の使用を試みた ・ プラスチックリサイクル技術の活用を検討 ・ CNF を用いて、いくつかの知見を得ており、一部特許化している ・ 開発を一時中断していたが再度取り組む予定 ・ フェノール樹脂複合体の開発 ・ 部品適用化などについて開発中 ・ 塗料の特性改善 ・ CNF の使用経験がある。ゴムは、そのままでは工業製品として使えず、カーボンブラックなどを添加して硬さをまし製品化されている。カーボンブラックを CNF で代替する試みを実施している。ただし、カーボンブラックの全部を CNF に置き換えることは不可能なので、一部を置き換えることを検

Table 2. CNF への取り組みの現状に対して得られた回答（つづき）

	討している ・化粧品原料として活用すべく、その新しい用途・機能開発に向けた共同開発を進めている ・課題を解決しながら、CNF の実用化を図ることを目指している ・食物繊維は、食事の中で重要な要素であり、食物繊維の一つとして CNF には大いに興味を持っており、CNF を食品に添加する研究を進めている ・今までのノウハウを活かして、CNF の機械的解繊に応用展開
実用化	・商品化（2 件）

Table 3. CNF の応用分野・用途に対して得られた回答

木材加工	・ CNF の特徴として特に樹脂への適用において謳われているように、木材の強度アップが打ち出されるのではない ・ CNF を木材加工に使用して強度向上や寸法安定に結び付けられないか
断熱剤	・ 住宅用断熱材
樹脂	・ プラスチックに添加して特性改善するための強化剤としての応用。軽量で自然に優しいという特性を活かして、幅広いアプリケーションが考えられる ・ ポリオレフィンを利用する業界すべてが対象となる。特に、自動車業界においては、需要が多く、軽量化ニーズの高まりなどポリマー特性に対する要求も厳しいことから、象徴的なターゲットになりえる ・ 薄い強度は向上した加工品を作ることが可能ではないか ・ CNF と樹脂（主として PP, PE）の複合材 ・ 樹脂に添加して、樹脂の特性を改善。機械的強度、摩擦特性、耐熱性など ・ プラスチックリサイクル製造時の添加剤 ・ CNF の取り扱いはまだ始まったばかりで不透明なところが多いが、現状では、樹脂の特性改善のために添加といった用途が一番有望ではないかという意見が多い。 ・ 自動車用樹脂の特性改善 ・ 樹脂の耐熱性アップへの寄与を期待する ・ 生分解性樹脂材料の開発に成功 ・ 自動車の軽量化、金属部品の代替として CNF 複合樹脂による自動車部品の試作および性能評価を行い、燃費向上及び二酸化炭素削減効果の検証
ゴム	・ ゴム硬化剤として添加されているカーボンブラックの一部を代替。環境に優しい製品を推進すると同時に、特性改善を図る ・ 樹脂の次の流れとして、ゴムへの利用が検討されてきており、既に開発に着手している企業も数社ある。剛性・高度が出て、かつ植物由来で環境負荷の低減に寄与する点で評価されている
フィルム	・ 透明性を損なわずに高いガスバリア性をもった包装材料への適用が考えられる
塗料	・ セルロースであるので、増粘剤として水性塗料に添加してはどうか ・ CNF には補強材というイメージがある。塗装面の硬度が上がるというのであれば興味深い ・ 粒子が細かいのであれば透明性が上がることも期待できるのではないだろうか ・ 塗料での新しい機能
粘度調整	・ 繊維添加物という点でみれば粘度調製剤に用いるのが適している

Table 3. CNF の応用分野・用途に対して得られた回答（つづき）

	・水性ボールペンインキの増粘剤
接着剤	・接着剤でも環境負荷の低減が謳われており、従来の化学由来の製品（添加剤）を置き換えていけるのであれば時代の流れにはマッチしている
化粧品	・化粧品原料
食品関連	・食品添加物
その他	・スピーカー振動版への適用。紙の振動版に比べて高音域の再生が良好となる。高音域の再生だけなら、金属を用いた振動版も存在するが、CNF を用いるなら軽量で実現できるメリットがある。音の感じも、金属よりソフトになる

Table 4. CNF の採用条件に対して得られた回答

価格引下げ	・価格引下げ（現状より 1 桁以上） ・価格引下げ（同じ回答 6 件）
分散性	・分散にかかわる生産技術の確立 ・分散性の改善 ・分散化ノウハウ（同じ回答 4 件）
供給体制の安定化	・供給体制の安定化 ・流通体制の整備
その他	・品質の安定化 ・量産レベルでの安定的かつ安価な特性改善 ・現使用材料への適用 ・各中山間地域での生産体制の構築による事業化の推進

Table 5. CNF の許容価格に対して得られた回答

価 格 の 現 状	・ CNF の価格はやや高い（現在の購入価格は非開示）。使用量・生産量の増加により将来の価格低下を期待 ・ 購入形態はスラリー状で価格は 1000 円／リットル ・ CNF の購入価格は非開示。価格自体は相当に高いというイメージ ・ 現在流通している CNF は 1kg あたり 1,000 円～数千円（スラリー状）。自動車部品向けでは、ユーザーのコストレベルは非常に厳しく、実ビジネスベースで考えたとき上記価格では見合わないのが現状 ・ 量産規模にもよるが CNF の仕入価格を現行の半額以下にしなければ事業として成り立たず、採用は考えにくい ・ 現状の価格は高いが、現状の価格が製品価格にそのまま反映するわけではなく、量産化すれば劇的に下がるはずである ・ CNF の販売価格（ユーザー購入価格）は 1 kg あたり約 1,000 円～数千円(5,000 円前後)
競 合 品 と の 比 較	・ CNF 入りボールペン、欧米では 1 本 2 ドルで販売している。一般市販品と比べて、若干割高 ・ 具体的購入価格は非開示だが、価格的には代替品よりもやや高い ・ CNF の購入価格は非開示だが、価格的には使用している木質材料の原材料費をはるかにしのぐレベル ・ 従来品（増粘剤）の価格幅は 1 kg あたり数百円から数千円(3,4 千円前後)と広い ・ エクステリアや土台用木材のコストは 1 m³あたり数万円（前半）。木材への使用方法／加工方法は不明だが、エクステリアや土台材よりも高価なものが対象とすればコスト面で見合うのではない ・ 厳密な価格算定には至っていないが、既存のグラスイールやウレタンに比べると格段に高額 ・ 想定する用途がスギ材の木粉の代替品ないし添加物であるため、価格的には木粉と対比することになる。木粉は非常に安価（1 kg あたり 100 円程度）であり、現時点において、CNF の価格はこの 10 倍あるいはそれ以上と聞いている ・ 価格は非開示だが、従来使用している木質材料の原材料費をはるかにしのぐレベル ・ 増粘剤や硬化剤など従来品の用途での切り替えということであれば、数百円～1,2 千円といった従来のコストレベルに収まらないと使ってもらえるのは厳しい ・ 従来品（増粘剤）の価格幅は 1 kg あたり数百円から数千円(3,4 千円前後)と

Table 5. CNF の許容価格に対して得られた回答(つづき)

	広い。高い性能や新規の効果など従来より優れた結果が得られるのであれば、価格はある程度許容可能 ・現製品の価格帯でいえば、1 kg あたり 500 円以下から高くても 1,000 円以下（非エポキシ・ウレタン系＝主として建築用）
高機能である場合	・価格は安い方がよいというのはその通りであるが、機能や性能との兼ね合いといえる。従来の者より少ない添加量で同じ化それ以上の効果が得られるなど、高い性能や新規の効果など従来より優れた結果が得られるのであれば、価格はある程度許容可能である ・CNF により開発された製品の価格については、品質や性能が現状より顕著に向上するのであれば、従来価格を上回ることについて必ずしも否定的にはならない ・CNF を使うことで、製品価格は多少割高になるが、それに伴う付加価値アップの方が大きければ、費用対効果を勘案すると価格アップは問題にならない ・分野や用途、効果によっては高額の場合（たとえば 1 kg あたり数万円の化粧品向け塗料）もある ・機能性向上につながるのであれば、従来品からの切り替えによるコストアップを一概に否定するものではない。たとえば従来の添加量を大幅に下回りつつ、より高い効果が得られる、といったメリットもその一つ
検討中・その他	・CNF 自体の価格も問題であるが、量産のためには新たに設備を導入する必要がある、その投資も考えると事業化は殆ど考えられない状態 ・まだ価格を論じる段階ではない。いずれ量産化されればもっと安くなるのは必然 ・研究段階であり、価格を議論する時期ではない ・研究段階であり、価格など詳細条件は未定 ・CNF の価格水準について具体的な要望ないし見解を打ち出すには至っていない ・性能や用途が不明なので価格の想定は難しい

Table 6. CNF の問題点・課題に対して得られた回答

価格	・最大のネックは価格が高いことで、これを解消しないと流通に乗らない。現状より 1 桁以上下げる必要がある ・樹脂との複合材の場合、樹脂や用途にもよるが、従来の PP や PE との複合、自動車部品としての複合材であれば、現在のコストレベルではクライアントから受け入れてもらうのは困難 ・コストなど従来から引き続いている問題の解決が（短期～中期的に）見られない場合、従来のバイオマスプラスチックで需要が埋められてしまう可能性はある ・木粉との比較では圧倒的に高額であり、また樹脂の添加材としても汎用的なものであれば 100 円台の前半くらいから利用可能であって、現時点において CNF の価格競争力を期待するのは相当難しい情勢 ・材料費として 1/2 以下でなければ事業として成り立たない ・CNF の費用（購入価格）は、将来的には現状の半分程度に落ち着くことを希望する ・価格ダウン ・価格：1,000 円/kg を切ること。広く普及させるには現行の価格は高すぎる
技術	・CNF の分散状態の制御方法を工業的に確立すること ・プラスチックとの混合方法について、ある程度の目途がたったが、さらに、この点での知見を深め、様々な相手(材料)や状況で混合する方法を確立するのが課題 ・ポリオレフィンに CNF を添加する際、CNF の分散状態がポリオレフィンの性状のカギを握っている。もちろん、限りなく分散性を追求することには意味がないが、工業材料として一定の性能を発揮するために必要な分散性を安定的に確保することが求められている ・包装材として、印刷やコーティングなどの後加工をする際に、CNF の性状が変化しないことを確認する必要がある ・トライアルで用いた CNF の元々の形態はスラリー状であった。これをメラミン等の樹脂と混練しようとした場合、均一な含有状態・分散状態にならない。CNF の親水性が要因であるため疎水化して試みたが、従来のパルプと同じ性質が示され、複合物の中で凝集してしまい上手く分散出来ない、という問題がある ・分散性。樹脂との複合化には独特の技術、ノウハウが必要（自社にはない） ・CNF の混合比率をいろいろと変えているが、CNF の量を多くしていった場合に、ゲル状になった CNF から水を抜くのに、かなりの時間を要する点が、製造上の課題となっている

Table 6. CNF の問題点・課題に対して得られた回答 (つづき)

	・樹脂材料に単に混合しただけではセルロースナノファイバーは凝集してしまい、強度を確保するための均一な分散は得られない。他方、凝集を防ぐために可塑剤を利用しているが、添加量によっては樹脂の剛性を損なう可能性があり、そのバランスの見極めが難しい（ノウハウになる） ・分散性のさらなる改善が望まれる。CNF をインクに混合した際に、凝集が起きるので、それを回避するために、界面活性剤などを用いている。一定の成果があがっているので製品化にこぎつけたが、分散性をさらに改善することで、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる ・水系の CNF は水系塗料には問題なく使用できるが、溶剤系塗料にはそのままでは適用できない。用途展開が限定されてしまうので、溶剤系塗料への適用が最大の課題である ・性状を理解するためのデータ（少なくとも比重、粒度分布、ノンボラ（不揮発分、懸濁液であれば）等）がなければ正しく評価するのは難しい ・CNF の分散性を改善することが最大の課題 ・ゴムに CNF を添加した場合の最大の問題は CNF の分散である。ゴムという柔らかい素材と CNF という比較的硬い素材の混合は、そもそも難しい上に、CNF の分散性が悪いことから、良好な混合状態を得るのが難しい。様々な機械的解砕処理を施して分散性を改善するようにしているが、現状ではあまりうまくいっていない
供給	・品質の安定性：天然由来品を工業用途で用いる場合、製品（バッチ）によるバラつきが問題になる ・主事業において新規に CNF を用いると想定した場合、そのための機器や設備が必要になることが懸念される ・CNF 特有の処理特性や処理ニーズが多様化していった場合には、いずれ、CNF 専用機械の開発も検討することになるかもしれない ・供給体制の安定：まだ多くが研究開発段階であり需要が安定しないこともあり、確固たる供給体制を組むに至っていない ・実験室レベルでは、樹脂に CNF を添加して特性改善したかどうかを確認することはできる。問題は、それを量産レベルで、安定かつ安価に実現することである。ここが最大の課題でありネックとなる ・メカニズム、製法、特性評価法など分散にかかわる生産技術を確立する必要がある。そうでないと、安定した製品が供給されない
その他	・研究の話ばかりで一向に実用例が聞かれない。それではどのような問題、課題があるのか具体的に把握できない ・性能や用途、コストなど CNF そのものについて研究や議論がなされるのは分かるが、CNF を使ってどのような事業を展開していくのか、といった事

Table 6. CNF の問題点・課題に対して得られた回答（つづき）

	業化、ビジョンに関する議論が聞かれないことに物足りなさを感じる。可能なものから順次実用化を進めることとして、流通体制を整備しつつ各中山間地域に CNF の生産体制を構築しどんどん事業化を進めていけばコストも自ずと下がるであろう。事業化を構想し実現していくエンジン・旗振り役が不在なのではないか ・材料の新規採用や変更に装置・設備の変更を伴うことは自然の流れ。そこまで視野に入れると用途もある程度限定的になるのではないか ・量産化の方法は見出したので、次の段階に進んだ場合の課題を抽出中 ・ナノ粒子のように皮膚浸透性のあるようなものの取り扱い方やその規制は業界でも問題になっている。ナノであれば肺に刺さるし、アスベストの問題があつてから繊維状のものに対する規制が厳しい。サンプルでさえ他に出す際に SDS を出さなければならない。扱うときには保護メガネ、マスク、手袋の着用義務付けなど、健康被害防止に向けた管理がたいへん厳しい
--	---

Table 7. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対するニーズに対して得られた回答

肯定的意見	・ CNF が自然由来のものであるということは、ある程度のアドバンテージになるし、企業イメージにもプラスである ・ 林業や製材業など木材（加工）業の観点から考えれば、国産材から付加価値の高い製品が生み出されることは中山間地域の活性化につながり、各地にそうした取り組みが広がれば国産材の価値向上・国内木材加工業の活性化が期待できるということであれば、そうした取り組みはどんどん進めて欲しい ・ 樹種により生産される CNF に違いが生ずるのであれば、樹種の違いがそのまま製品特徴の違い・差別化につながることを期待出来るのではないかと考える ・ 資源の有効活用が図れる ・ バイオマス材料の活用を全社的に重視しており、環境に配慮した製品をアピールしている。したがって、中山間地域で生産された CNF というのは、社の企業イメージとマッチする ・ 東京都の間伐材利用、バイオマス利用による環境への配慮を旗印としているので、中山間地域の国産材を用いるというコンセプト自体には異論・違和感はない ・ 品質や性能に変わりがなく価格が見合うのであれば中山間地域で生産される国産材由来の CNF を利用することに問題はない ・ 業界も環境保護の観点から天然由来に対する意識が向上してきており、その点木質セルロースであれば、受け入れられる余地があると思う
否定的意見	・ ニーズはない（3 件） ・ 環境への配慮、地域の活性化という観点からは、中山間地域で生産される国産材由来の CNF が事業化されることは望ましいことであるが、他方、CNF に対する事業上のニーズについてみれば、現時点において特に必要はなく、開発や導入を具体的に検討する段階にはない ・ セルロースは木材由来であり、木材住宅中心の日本にマッチしている。国産材というこだわりは少ない ・ 樹種の違いが CNF にどのような違い・影響をもたらすかという問題意識はない ・ セルロースなら、どのような由来であっても変わりはないのではないかと考えるので特にニーズは無い ・ 価格的には海外産の CNFの方が国産に比べて安価と聞いたことはある ・ ニーズはあるかもしれないが、現状ではそこまで考慮する余裕がない ・ 国産材由来を使用することについて、社会においてメリットがあるかもしれないが、そこまで関心がない

Table 7. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対するニーズに対して得られた回答（つづき）

その他	・ CNF の性能という観点からは素材・原料が中山間地域の国産材由来となることでどのように変化するか（利点があるか）が不明なので、評価・判断はできない ・ 現在使用している CNF は竹由来だが、そのまま放っておけば有効活用されることはないという点で似ている ・ 「中山間地域で生産される国産材由来であるから」得られるメリットが自社のニーズに合えばニーズはある。そこが合致しなければ、ニーズはない ・ 環境負荷低減のため天然由来が好まれているのでイメージとしてはよい。そうしたイメージがニーズにつながるかはわからない ・ 自然素材という点では、社のスタンスとマッチするし、エンドユーザーにも訴えろと考えられる。しかし、中山間地域という点まではどうか？そこまでの意識をエンドユーザーがもっているか疑問
-----	---

Table 8. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対する問題点・課題に対して得られた回答

製造工程	・ 間伐材→チップ→CNF という製造過程とパルプ→CNF という製造過程を比べると後者の方がコスト的には安価という指摘がある ・ 原料（国産材）を単一樹種で揃えられるかを考えるユーザーがいるのではない。樹種によって CNF の作り方・作りやすさが変わる。たとえば森林組合で、樹種を揃えて出荷できる地域は少ない（スギであれば富山、京都、熊本、ヒノキであれば岡山くらいではないか）。多数の森林組合からは、スギ、ヒノキ、アカマツ、ベイマツなどがミックスでやってくる。これを樹種ごとにわけると人件費を入れると CNF はコスト的に見合わなくなる可能性が高い
付加価値	・ 国産材というところまでの意識は低い。環境にやさしいというフレーズはエンドユーザーに対する評判はすこぶるよい。ただ、そのために余分の金は払わないという傾向が強い。つまり、環境にやさしいということは、企業イメージアップに役立つが、だからといって価格の上乗せはできない ・ 「中山間地域で生産される国産材由来」の CNF に限らず、付加価値の高い特性がない限り、既存品の数百円、千円といったレベルでのコスト感・価格レベルにならざるを得ない
その他	・ 分からない。そこまで厳密に精査・検討していない ・ CNF の場合、中山間地域であることや国産材であることの問題が何かを考える以前に、利用方法や用途、価格といった素材・材料それ自体が抱える問題をまず解決する必要があるのではない

What is required in cellulose nanofibers from domestic timbers – A market research report –

Tomoko SHIMOKAWA¹⁾²⁾, Kengo MAGARA²⁾, Masanobu NOJIRI²⁾, Satoshi KUBO¹⁾²⁾,
Eiji TOGAWA¹⁾²⁾, Minoru KIGUCHI³⁾ and Noriko HAYASHI¹⁾

Abstract

The utilization of cellulose nanofiber (CNF) has potential as one of the promising ideas to revitalize the hilly and mountainous areas in Japan. To clarify the problems and improvements related to CNFs derived from domestic timbers, a market trend survey was performed. Many respondents pointed out high prices of CNFs, the establishment of technology for dispersing, characteristic evaluation, the stabilization of quality, and confirming the safety of CNFs as problems and challenges. The survey results also suggested the importance of a business promotion system for improving productivity and obtaining a stable supply of inexpensive CNFs by scaling up through commercialization. Regarding user benefits of using "CNFs derived from domestic timbers produced in the hilly and mountainous areas", some respondents agreed with the view that the use of CNFs is environmentally conscious and the attitude of natural origin contributes to the improvement of corporate images. For future efforts of CNFs derived from domestic timbers, it is important to communicate to the manufacturer and consumers specific and value-added information such as environmentally conscious resources using sustainable forest resources.

Key words : Cellulose nanofiber, Market trend survey, Domestic timber

Received 4 October 2016, Accepted 10 January 2017

1) Center for Advanced Materials, Forestry and Forest Products Research Institute(FFPRI)

2) Department for Forest Resource Chemistry, FFPRI

3) Principal Research Director, FFPRI

* Center for Advanced Materials, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; e-mail: tshimo@ffpri.affrc.go.jp

研究資料 (Research record)

九州の鹿北流域試験地 3 号沢における 2001 ～ 2014 年の 雨水と溪流水の水質

釣田 竜也^{1)*}、大貫 靖浩¹⁾

要旨

九州の鹿北流域試験地 3 号沢における 2001 ～ 2014 年の雨水と溪流水の主要な溶存成分濃度の年平均値を算出し、年々変動を調べた。雨水中の非海洋由来の Ca^{2+} と Ca^{2+} 濃度の年平均値には 2006、2007 年頃にピークが認められたが、他の成分には明瞭な変動傾向が見られなかった。雨水による溶存態無機窒素の年平均流入量は $8.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ で、そのうち約 6 割が $\text{NH}_4^+\text{-N}$ であった。非海洋由来の硫酸の年平均流入量は $34.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ で、硫酸流入量の 95% に相当した。溪流水の K^+ 濃度の年平均値には 15 年の間に徐々に増加する傾向が認められたが、他の成分には明瞭な変動傾向が見られなかった。東アジア酸性雨モニタリングネットワークの水質管理基準を適用してデータの完全度を評価した結果、雨水、溪流水とも概ね 80% 以上の高い完全度を示した。

キーワード：雨水、溪流水、溶存成分濃度、年々変化、データの完全度、鹿北流域試験地 3 号沢、九州

1. はじめに

多くが河川の上流域にある日本の森林には、清浄な水を安定的に供給する働き（水質保全機能）が期待されている。この機能は、雨水が土壌に染み込み、土層を通過して溪流水として流出する過程で発揮される。伐採等の森林のかく乱は、流出する溪流の水質をすぐに変化させ (Tokuchi and Fukushima 2009, 浦川ら 2005)、場合によっては硝酸濃度の著しい増大 (Likens et al. 1970) などの水質低下を引き起こすことが知られている。さらに、都市域から供給される窒素酸化物や、アジア大陸から越境して飛散する大気汚染物質なども森林の物質循環のかく乱要因として懸念されている (稲垣ら 2008)。これらは森林伐採のようにすぐには水質変化を引き起こさないが、森林の養分状態を徐々に変化させ、森林の水質保全機能に影響を及ぼすと考えられる。大都市圏に近い森林で溪流水の硝酸濃度が高いといういくつかの研究事例 (Mitchell et al. 1997, 伊藤ら 2004, 吉永ら 2012) から、大都市由来の窒素酸化物の大量供給が森林の窒素循環を徐々に変化させていることが予想される。森林施業や大気由来物質によるかく乱が複合的に生じている現実の森林において、これらの要因が森林の水質保全機能に及ぼす影響を予測するには、多様な森林における雨水と溪流水の長期的な水質モニタリングに基づいて、変化の実態を把握する必要がある。その上で、水質データと各森林の立地要因（降雨特性、大気降下物量、施業履歴、土壌特性など）との関係を解析し、森林かく乱の影響を受けやすい立地要因の抽出や水質保全機能を低下させない森林管理手法の提示に結びつけていくことが重要である。

このような背景のもと、森林総合研究所では 2000 年以降、2 つの交付金プロジェクト研究「酸性雨等の森林・溪流への影響モニタリング」(2000 ～ 2004 年)、「森林流域の水質モニタリングとフラックスの広域評価」(2005 ～ 2008 年) と、2 つの基盤事業「降雨溪流水質モニタリング」(2011 ～ 2015 年)、「森林における降雨・溪流水質モニタリング」(2016 ～ 2020 年) により、全国 7 地点の森林で本所支所連携して雨水と溪流水の水質モニタリングを実施してきた。そのデータは「森林降水溪流水データベース (FASC-DB)」に順次整備され (稲垣ら 2008)、森林総合研究所のウェブサイトを通じて公開されている (現時点で 2008 年データまで公開)。ここでは、九州地方のモニタリング地点について、2001 ～ 2014 年までの 14 年間の雨水と溪流水の主要な溶存成分濃度の年々変動の傾向を把握することを目的に、FASC-DB で公開されていない 2009 年以降の水質データを加えて整理した結果を報告する。

2. 調査地と方法

2.1 調査地

降水および溪流水を採取した鹿北流域試験地 3 号沢 (以下、3 号沢) は、熊本県北部、熊本森林管理署管内長生国有林内 (N 33° 08' 13", E 130° 42' 34") に位置する (Fig. 1)。3 号沢の集水面積は 3.69ha、標高は海拔 160 ～ 250m、基盤地質は黒色片岩 (熊本県 1996) である。3 号沢には主に褐色森林土が分布し、頂部には一部赤色土が認められる (土壌型および土層厚分布の詳細は、釣田ら (2015) を参照)。3 号沢の植生分布および水

原稿受付：平成 28 年 10 月 28 日 原稿受理：平成 29 年 1 月 10 日

1) 森林総合研究所立地環境研究領域

* 森林総合研究所立地環境研究領域 〒 305-8687 茨城県つくば市松の里 1

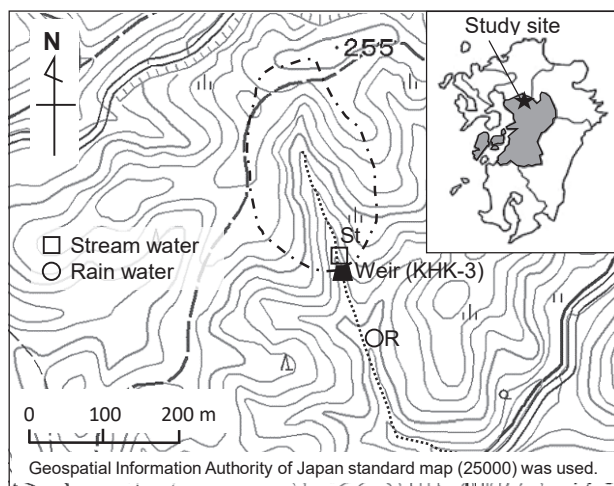


Fig. 1. 鹿北流域試験地 3 号沢の位置図と採水地点
Location of the Kahoku Experimental Watershed no.3 (KHK-3), showing sampling location of the stream water and rain water.

文特性は Shimizu et al. (2003) に詳しい。斜面下部ではスギ (*Cryptomeria japonica*) 人工林 (2016 年時点で 60 年生)、斜面上部ではヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) 人工林 (2016 年時点で 41 ~ 60 年生) が主体であるが、一部ではアラカシ (*Quercus glauca*)、ツブラジイ (*Castanopsis cuspidata*)、コナラ (*Quercus serrata*) 等が優先している。3 号沢の 1992 ~ 1999 年の年平均雨量は 2166mm (Shimizu et al. 2003)、また 2009 ~ 2013 年の年平均雨量は 2437mm (釣田ら 2015) であり、例年 2000mm を超える雨量がある。

2.2 雨水の採取方法

3 号沢の堰から約 100m 下流の露場 (Fig. 1 の R) に受水口径 210mm (2000 ~ 2004 年は 300mm) のロートを設置し、連結したポリ容器に原則月 2 回の頻度 (2004 ~ 2007 年は月 1 回の頻度) で採取した。ロート内にはポリ容器内への落葉片や虫の落下を防止する目的で、ナイロン樹脂製の網を入れた。また 2009 年以降は蒸発を抑制する目的でピンポン球を入れた。採取試料の重量から採水期間毎の雨量を算出した。なお、オーバーフローや積雪等により採水量からの算出が困難な場合は、R に隣接して設置してある転倒マス雨量計の値やアメダス鹿北の雨量 (気象庁 2016) から期間雨量を算出した。観測開始は 2000 年 9 月 5 日である。

2.3 渓流水の採取方法

3 号沢の堰の沈砂池に入る直前の地点 (Fig. 1 の St) で、雨水と同様、原則月 2 回 (2008 ~ 2011 年は原則週 1 回) の頻度で採取した (250ml ポリ瓶使用)。採取時に 3 号堰の水位を測定し、採取時流量を算出した。観測開始は 2000 年 9 月 5 日である。

2.4 分析方法

採取試料を分析開始まで 2 ~ 4℃で冷蔵保存し、pH をガ

ラス電極法 (堀場 F-22、東亜ディーケーケー HM-30R)、電気伝導度 (EC) を白金電極法 (東亜電波 CM-40S、東亜ディーケーケー CM-30R) で測定した。1.00 μm (2000 ~ 2004 年) もしくは 0.45 μm 孔径 (2005 ~ 2014 年) のメンブレンフィルターでろ過した後、 Na^+ 、 K^+ 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 濃度をイオンクロマト法 (Dionex DX-320、Dionex DX-500、Dionex ICS1600) で測定した (ただし、2000 ~ 2004 年の Ca^{2+} 、 Mg^{2+} は原子吸光分析法 (日立 Z-6100))。SiO₂ 濃度を ICP 発光分析法 (PerkinElmer Optima-4300DV、SII Nano Technology SPS4000) で測定した (分析開始は 2006 年試料から)。HCO₃⁻ 濃度を硫酸滴定法による pH4.8 アルカリ度から算出した。また、非海洋由来のカルシウム (nss-Ca^{2+}) と硫酸 (nss-SO_4^{2-}) イオン濃度を、海水の $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Na}^+$ の重量比に基づいて算出した (酸性雨調査法研究会 1993)。

2.5 分析データの品質管理と精度保証

試料の採取時や分析時に生じたとされる異常データを除外するため、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET) で採用している、東アジア湿性沈着モニタリング技術マニュアル (アジア大気汚染研究センター 2000a) および東アジア陸水モニタリング技術マニュアル (アジア大気汚染研究センター 2000b) の quality assurance/quality control program に準じ、以下に示すイオンバランスの基準 (R1) と電気伝導度の基準 (R2) を同時に満たすデータのみを以降の計算に用い、それ以外のデータを除外した。

R1 は総陽イオン濃度 (Cations) と総陰イオン濃度 (Anions) のバランスに関する基準で、以下の 1) 式から算出される。

$$R1 (\%) = (\text{Cations} - \text{Anions}) / (\text{Cations} + \text{Anions}) \times 100 \cdots 1)$$

なお、Cations には水素イオン濃度 (pH から算出) も含める。この R1 が、3 段階に設定された以下の基準値を超えるデータを計算対象から除外した。

Cations + Anions (meq L ⁻¹)	R1 (%)
< 0.05	± 30
0.05 ~ 0.1	± 15
> 0.1	± 8

R2 は電気伝導度 (EC) の実測値 (EC_{obs}) と各イオン濃度の分析値から算出した計算値 (EC_{cal}) の誤差に関する基準で、以下の 2) 式から算出される。

$$R2 (\%) = (\text{EC}_{\text{cal}} - \text{EC}_{\text{obs}}) / (\text{EC}_{\text{cal}} + \text{EC}_{\text{obs}}) \times 100 \cdots 2)$$

なお、EC_{cal} は東アジア陸水モニタリング技術マニユア

ル (アジア大気汚染研究センター 2000b) に準じて算出した。この R2 が、3 段階に設定された以下の基準値を超えるデータを計算対象から除外した。

EC _{obs} (mS m ⁻¹)	R2 (%)
< 0.5	± 20
0.5~3	± 13
> 3	± 9

また、雨水試料については、リン酸イオン (PO₄³⁻) が 0.01mg L⁻¹ 以上の含まれるデータを計算対象から除外した (溪流水については、リン酸イオンの検出試料を除外対象としなかった)。さらに 9 月から観測を始めた 2000 年については、1 年を通じた観測が出来なかったため、年平均値を算出しなかった。

2.6 溶存成分濃度の年平均値の計算方法

1 月最初から 12 月最後採取分までを各年の試料とし、この中で除外されなかったデータを使って各溶存成分濃度の年平均値を算出した。雨水については、採水期間毎の雨量を加味した加重平均値を算出した。溪流水については、算術平均値を算出した。あわせて、各年のデータの完全度を、雨水については以下の 3) 式により評価した。

$$\text{雨水データの完全度 } C_R (\%) = \Sigma R_{\text{eff}} / R \times 100 \cdots 3)$$

ここで、R は各年の年総雨量、 ΣR_{eff} は有効なデータの期間雨量の積算値である。また、溪流水については、以下の 4) 式により評価した。

$$\text{溪流水データの完全度 } C_{\text{St}} (\%) = N_{\text{St,eff}} / N_{\text{St}} \times 100 \cdots 4)$$

ここで、N_{St} は各年の全データ数、N_{St,eff} は有効なデータ数である。

2.7 雨水による年間流入量の計算方法

2.6 で算出された雨水中の各溶存成分濃度の加重平均値と年総雨量 (除外データの期間雨量も含めて積算) の積から雨水による年間流入量を算出した。

3. 結果と考察

3.1 雨水の溶存成分濃度の年平均値の変化

2001 年から 2014 年までの主要な溶存成分濃度の年平均値を Table 1 に示す。各溶存成分 (年総雨量、pH、EC_{obs} を除く) の年々の変動の大きさの指標である変動係数は 16 ~ 72% の値を示し、nss-Ca²⁺、Ca²⁺、K⁺、Cl⁻ は比較的分動が大きい成分、NO₃⁻、SO₄²⁻、nss-SO₄²⁻、NH₄⁺ は比較的分動が小さい成分であった。なお、各年の雨水データの完全度 (C_R) は、pH と EC の欠測が多く完全度

が算出できなかった 2005 年を除いて 77 ~ 100% の値を示した。東アジア湿性沈着モニタリング技術マニュアル (アジア大気汚染研究センター 2000a) では、完全度の目標値を 80% 以上としており、本データはこの基準を概ね満たしたと言える。

各成分の年々の変動傾向を見るため、各成分の 2001 ~ 2014 年の平均値を 1 とした時の各年の相対値を Fig. 2 に示す。これを見ると、陽イオンでは nss-Ca²⁺ と Ca²⁺ が 2006、2007 年付近にピークを持つ特徴的な変動を示し (Fig. 2d, 2i)、陰イオンでは nss-SO₄²⁻ と SO₄²⁻ が変化は小さいがこれと同調する傾向を示した (Fig. 2h, 2j)。他の成分にはあまり明瞭な変動傾向が認められなかった。

3.2 雨水による溶存成分の年流入量の変化

2001 年から 2014 年までの主要な溶存成分の年流入量を Table 2 に示す。DIN (溶存態無機窒素) の年流入量は 6.0 ~ 11.8 (平均 8.9) kg ha⁻¹ y⁻¹ であった。また DIN 中の NH₄⁺-N と NO₃⁻-N の比率は、観測期間を通じて NH₄⁺-N が 5 ~ 6 割を占めた。nss-SO₄²⁻ の年流入量は 22.5 ~ 46.7 (平均 34.0) kg ha⁻¹ y⁻¹ であり、SO₄²⁻ の年流入量の 95% が非海洋由来 (Ca²⁺ も 95% が非海洋由来) と算出された。各流入量の 2001 ~ 2014 年の平均値を 1 とした時の各年の相対値を Fig. 3 に示す。これを見ると、Fig. 2 と同様、nss-Ca²⁺ と Ca²⁺ が 2006、2007 年付近にピークを持つ変動を示し (Fig. 3d, 3i)、nss-SO₄²⁻ と SO₄²⁻ が変化は小さいが同調する傾向を示した (Fig. 3h, 3j)。他の成分にはあまり明瞭な変動傾向が認められなかった。

3.3 溪流水中の溶存成分濃度の年平均値の変化

2001 年から (SiO₂ は 2005 年から) 2014 年までの主要な溶存成分濃度の年平均値を Table 3 に示す。2001 ~ 2014 年の平均値を雨水のそれと比較すると、NH₄⁺ と NO₃⁻ では減少、それ以外では増加した。各溶存成分 (pH、EC_{obs}、非常に低濃度の NH₄⁺ を除く) の年々の変動の大きさの指標である変動係数は 3 ~ 32% であり、雨水に比べると全体的に小さくなった。また雨水と異なり、NO₃⁻ と K⁺ が比較的分動の大きい成分で、その他が比較的分動が小さい成分となった。各年の溪流水データの完全度 (C_{St}) は、2004 年を除けば 89 ~ 100% の値を示した。なお、2004 年の低い完全度は、全 12 サンプル中 11 サンプルで R1 もしくは R1 と R2 の両方が基準を満たさなかったためである (詳細は Appendix2 を参照)。

各成分の 2001 ~ 2014 年の平均値を 1 とした時の各年の相対値を Fig. 4 に示す。K⁺ は変動しながらも増大する傾向が認められたが (Fig. 4b)、他の成分には明瞭な年々変動の傾向は認められなかった。雨水で 2006、2007 年頃にピークを持つ変動を示した nss-Ca²⁺ と Ca²⁺ は、溪流水では 2007 ~ 2009 年頃に小さなピークを持つ変動を示したが、あまり明瞭ではなかった。

謝辞

鹿北流域試験地でのモニタリングの継続に際し、九州森林管理局熊本森林管理署、熊本大学理学部水文学研究室ならびに森林総合研究所本所、九州支所の関係各位にご協力頂いた。試験地の維持管理および雨量の補正では九州支所山地防災研究グループおよび森林生態系研究グループの方々にご協力頂いた。2000～2004年のデータは森林総合研究所の酒井正治氏と小林政広氏が採取・分析されたものである。SPS4000によるSiO₂分析では、当時九州沖縄農業研究センターの久保寺秀夫氏および草場敬氏にご協力頂いた。試料分析では森林総合研究所九州支所非常勤職員の阪本由美子氏、作森あかね氏にご協力頂いた。これらの方々に感謝の意を表します。

引用文献

- アジア大気汚染研究センター (2000a) Technical Manual for Wet Deposition Monitoring in East Asia, アジア大気汚染研究センター, 74pp, http://www.eanet.asia/jpn/docea_f.html.
- アジア大気汚染研究センター (2000b) Technical Manual for Monitoring on Island Aquatic Environment in East Asia, アジア大気汚染研究センター, 50pp, http://www.eanet.asia/jpn/docea_f.html.
- 稲垣 昌宏・池田 重人・金子 真司・高橋 正通 (2008) 森林降水渓流水水質データベース (FASC-DB) の構築. 森林科学, 54, 53-55.
- 伊藤 優子・三浦 覚・加藤 正樹・吉永 秀一郎 (2004) 関東・中部地方の森林流域における渓流水中のNO₃⁻濃度の分布. 日林誌, 86, 275-278.
- 気象庁 (2016) 過去の気象データ検索より熊本県鹿北町を選 択 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (参照 2016-8-19).
- Likens, G. E., Bormann, F. H., Johnson, N. M., Fisher, D. W. and Pierce, R. S. (1970) Effects of Forest Cutting and Herbicide Treatment on Nutrient Budgets in the Hubbard Brook Watershed-Ecosystem. Eco. Mono., 40 (1), 23-47.
- Mitchell, M. J., Iwatasubo, G., Ohnui, K. and Nakagawa, Y. (1997) Nitrogen saturation in Japanese forests: an evaluation. For. Ecol. Manage., 97, 39-51.
- 酸性雨調査法研究会 (1993) 酸性雨調査法. ぎょうせい, 267-268.
- Shimizu, A., Shimizu, T., Miyabuchi, Y. and Ogawa, Y. (2003) Evapotranspiration and runoff in a forest watershed, western Japan. Hydrol. Process., 17, 3125-3139.
- Tokuchi, N. and Fukushima, K. (2009) Long-term influence of stream water chemistry in Japanese cedar plantation after clear-cutting using the forest rotation in central Japan. For. Ecol. Manage., 257, 1768-1775.
- 釣田 竜也・大貫 靖浩・壁谷 直記 (2015) 九州北部の森林小流域における土壌から溪流への水質変化. 地形, 36, 173-193.
- 浦川 梨恵子・戸田 浩人・生原 喜久雄 (2005) 高齢化したスギ・ヒノキ人工林小流域の斜面下部伐採が土壌および溪流の水質に及ぼす影響. 日林誌, 87, 471-478.
- 吉永 秀一郎・伊藤 優子・相澤 州平・釣田 竜也 (2012) 関東平野北東部の森林流域における渓流水のNO₃⁻濃度分布と東京都心からの距離との関係. 日林誌, 94, 84-91.

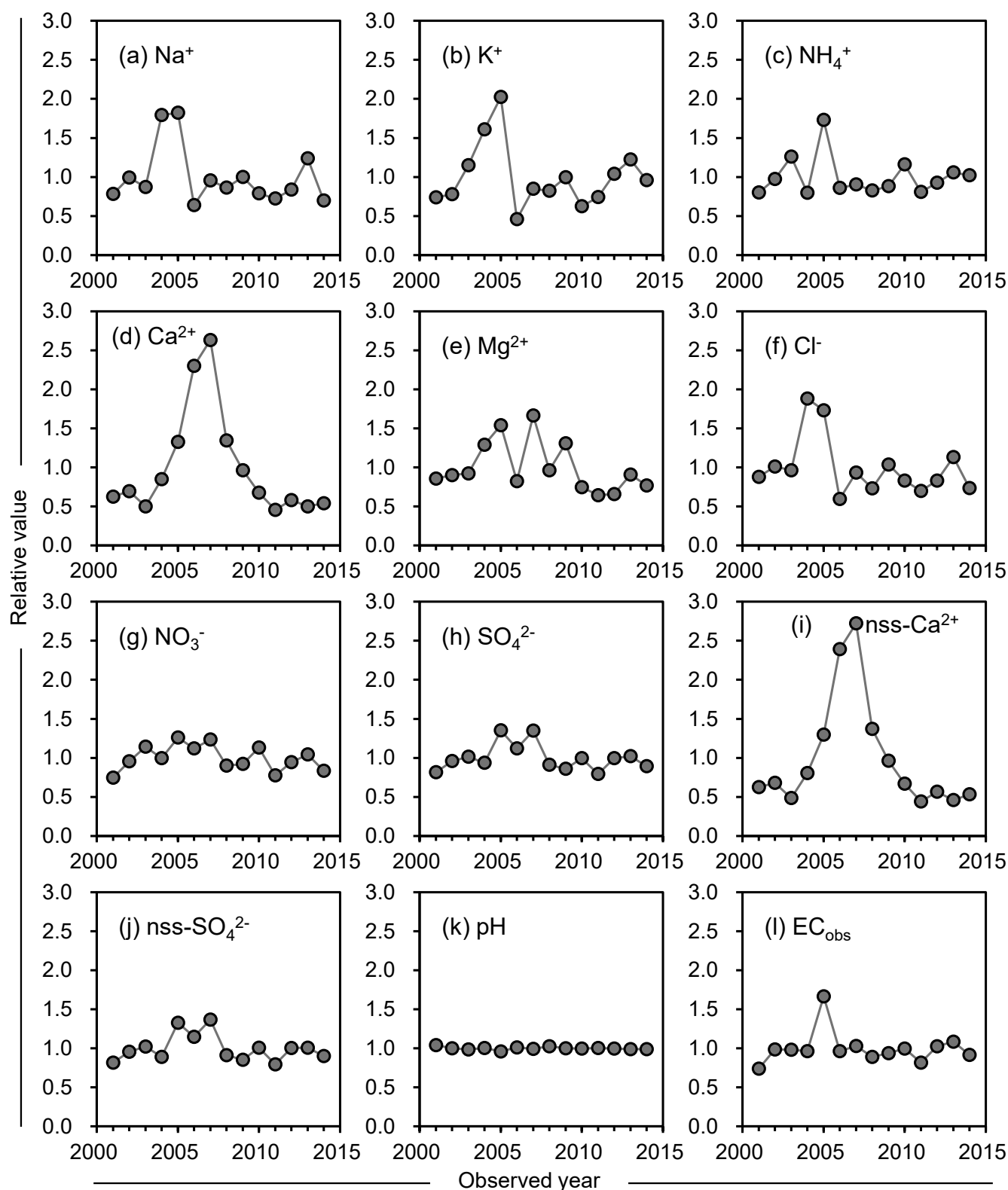


Fig. 2. 雨水の (a) Na^+ 、(b) K^+ 、(c) NH_4^+ 、(d) Ca^{2+} 、(e) Mg^{2+} 、(f) Cl^- 、(g) NO_3^- 、(h) SO_4^{2-} 、(i) nss-Ca^{2+} 、(j) nss-SO_4^{2-} 、(k) pH、(l) EC_{obs} の年平均値の変化。

2001 年～2014 年の平均値を 1 としたときの相対的变化

Change of mean annual value of (a) Na^+ 、(b) K^+ 、(c) NH_4^+ 、(d) Ca^{2+} 、(e) Mg^{2+} 、(f) Cl^- 、(g) NO_3^- 、(h) SO_4^{2-} 、(i) nss-Ca^{2+} 、(j) nss-SO_4^{2-} 、(k) pH and (l) EC_{obs} in the rainfall.

Relative change to the average value between 2001 and 2014, which is defined as one.

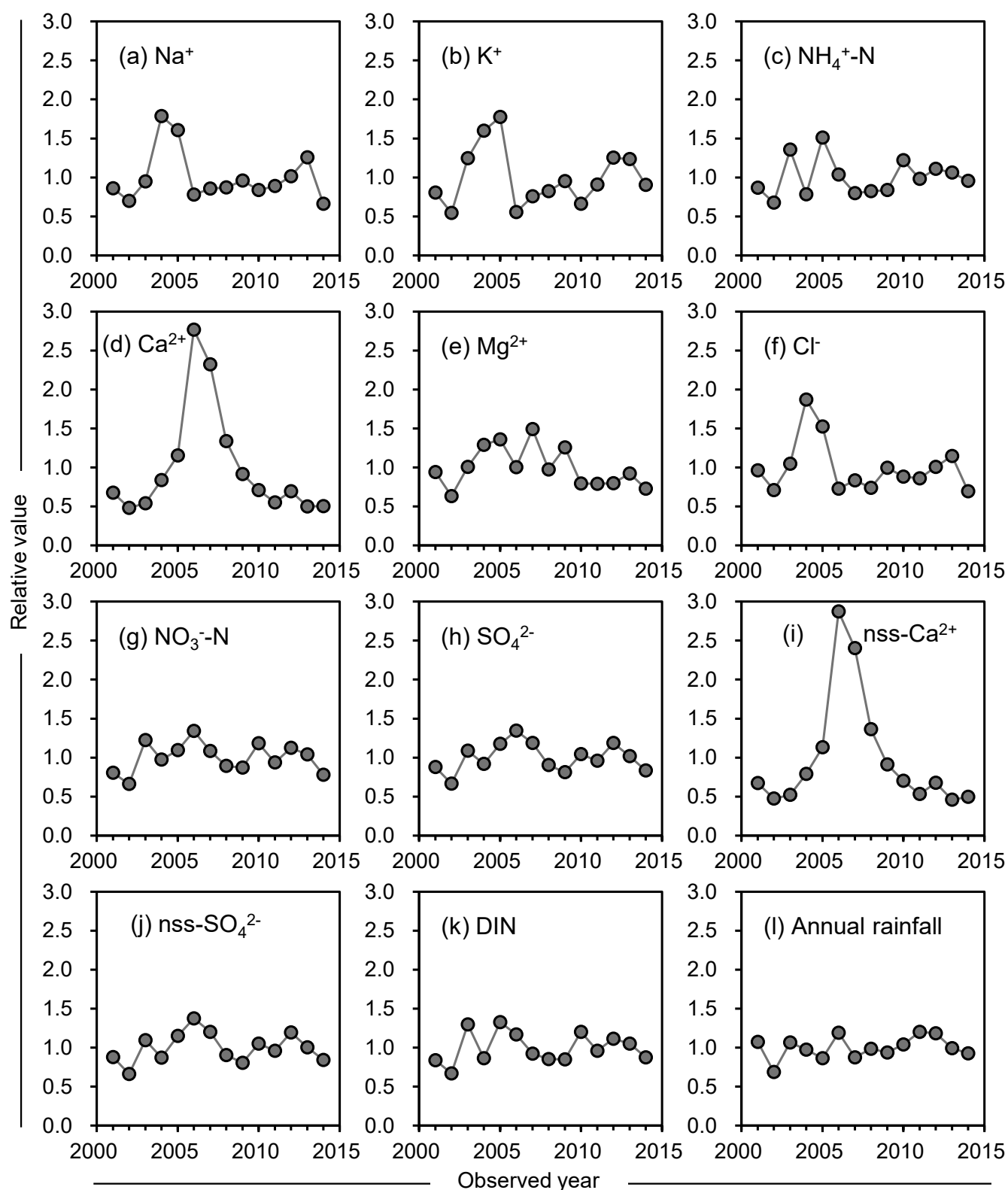


Fig. 3. 雨水による (a) Na⁺, (b) K⁺, (c) NH₄⁺, (d) Ca²⁺, (e) Mg²⁺, (f) Cl⁻, (g) NO₃⁻, (h) SO₄²⁻, (i) nss-Ca²⁺, (j) nss-SO₄²⁻, (k) DIN の年流入量および (l) 年総雨量の変化。

2001 年～2014 年の平均値を 1 としたときの相対的变化

Change of annual input of (a) Na⁺, (b) K⁺, (c) NH₄⁺, (d) Ca²⁺, (e) Mg²⁺, (f) Cl⁻, (g) NO₃⁻, (h) SO₄²⁻, (i) nss-Ca²⁺, (j) nss-SO₄²⁻, (k) DIN through rainfall and (l) annual rainfall.

Relative change to the average value between 2001 and 2014, which is defined as one.

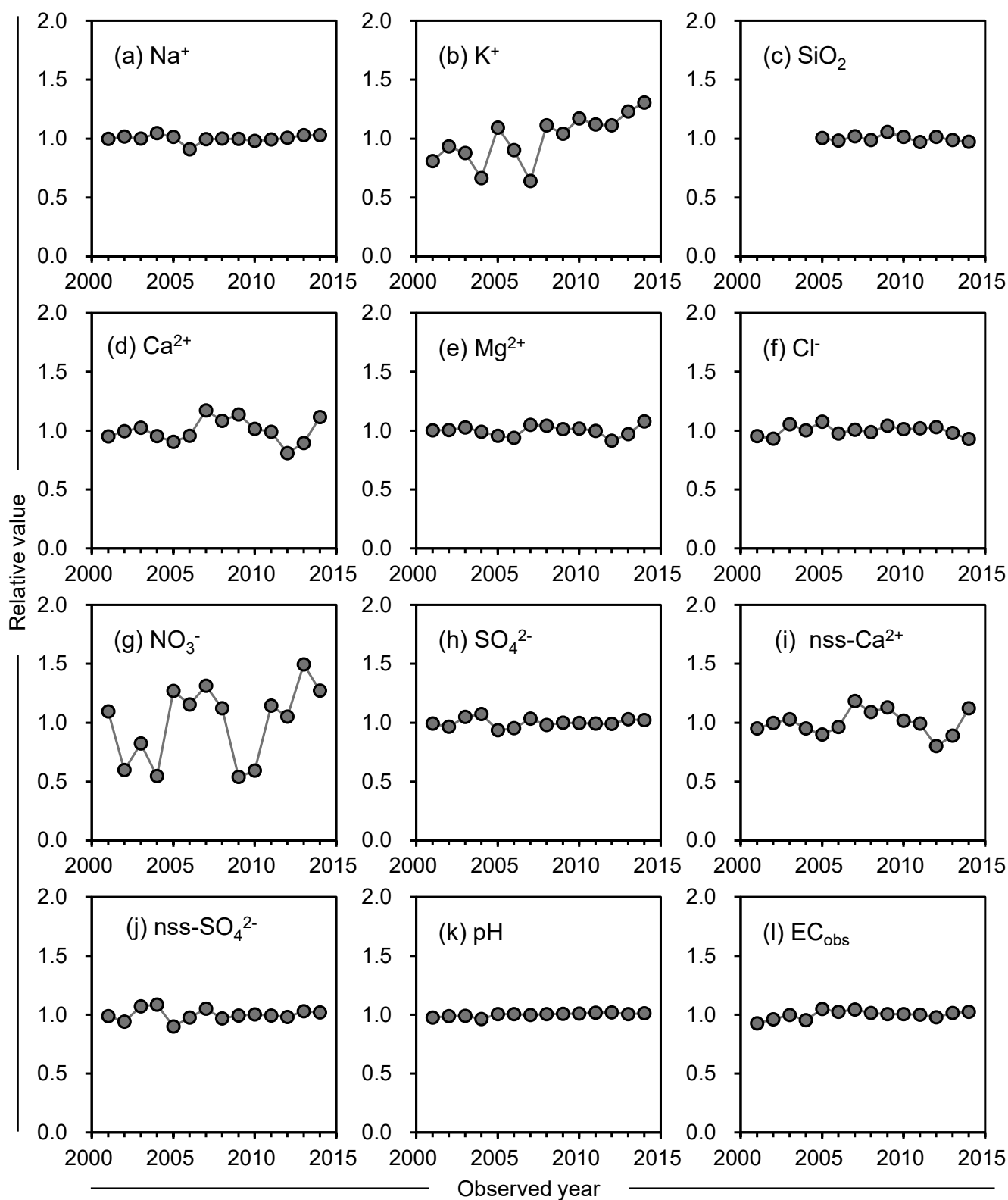


Fig. 4. 雨水の (a) Na^+ 、(b) K^+ 、(c) SiO_2 、(d) Ca^{2+} 、(e) Mg^{2+} 、(f) Cl^- 、(g) NO_3^- 、(h) SO_4^{2-} 、(i) nss-Ca^{2+} 、(j) nss-SO_4^{2-} 、(k) pH、(l) EC_{obs} の年平均値の変化。
2001 年～2014 年の平均値を 1 としたときの相対的变化

Change of mean annual value of (a) Na^+ , (b) K^+ , (c) SiO_2 , (d) Ca^{2+} , (e) Mg^{2+} , (f) Cl^- , (g) NO_3^- , (h) SO_4^{2-} , (i) nss-Ca^{2+} , (j) nss-SO_4^{2-} , (k) pH and (l) EC_{obs} in the stream water.

Relative change to the average value between 2001 and 2014, which is defined as one.

Table 1. 鹿北流域試験地 3 号沢における雨水中の主要溶存成分濃度の年平均値 ^{*1}
 Mean annual solute concentrations ^{*1} of rainfall at the Kahoku experimental watershed no.3.

Year	RF ^{*2} mm	pH ^{*3}	EC _{obs} ^{*4} mS m ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	C _R ^{*5} %
2001	2398	4.92	1.14	0.25	0.05	0.23	0.15	0.05	0.56	0.57	1.31	0.14	1.25	77
2002	1538	4.72	1.53	0.32	0.05	0.28	0.16	0.05	0.64	0.74	1.54	0.15	1.46	93
2003	2383	4.65	1.52	0.28	0.08	0.37	0.12	0.05	0.61	0.88	1.63	0.11	1.56	89
2004	2181	4.75	1.49	0.58	0.11	0.23	0.20	0.07	1.20	0.77	1.51	0.18	1.36	96
2005	1930	4.54	2.57	0.59	0.13	0.51	0.31	0.09	1.10	0.97	2.18	0.29	2.03	— ^{*6}
2006	2666	4.78	1.49	0.21	0.03	0.25	0.53	0.05	0.38	0.86	1.80	0.53	1.75	100
2007	1957	4.69	1.59	0.31	0.06	0.26	0.61	0.09	0.59	0.95	2.17	0.60	2.09	100
2008	2204	4.85	1.37	0.28	0.05	0.24	0.31	0.05	0.47	0.69	1.46	0.30	1.39	97
2009	2099	4.72	1.45	0.32	0.07	0.26	0.22	0.07	0.66	0.71	1.38	0.21	1.30	98
2010	2323	4.71	1.54	0.25	0.04	0.34	0.16	0.04	0.53	0.87	1.60	0.15	1.54	97
2011	2690	4.74	1.26	0.23	0.05	0.24	0.11	0.04	0.45	0.60	1.27	0.10	1.22	96
2012	2648	4.70	1.59	0.27	0.07	0.27	0.14	0.04	0.53	0.73	1.60	0.12	1.53	99
2013	2218	4.68	1.68	0.40	0.08	0.31	0.12	0.05	0.72	0.80	1.64	0.10	1.54	88
2014	2070	4.66	1.42	0.22	0.06	0.30	0.13	0.04	0.47	0.64	1.44	0.12	1.38	83
Average ^{*7}	2236	4.72	1.55	0.32	0.07	0.29	0.23	0.06	0.64	0.77	1.61	0.22	1.53	
CV ^{*8} (%)	14	2	21	37	41	25	69	32	37	16	17	72	17	

^{*1} 採水期間毎の雨量で重み付けした加重平均値。 Weighted averages with rainfall amount of each sampling period.

^{*2} 年総雨量。 Annual rainfall.

^{*3} H⁺濃度の加重平均から算出。 Calculated using weighted average of H⁺ concentration.

^{*4} ECの観測値。 Observed EC value.

^{*5} 雨水データの完全度。 Completeness of rainfall data.

^{*6} pHとECの欠測が多く完全度が算出不能。 Completeness is not calculated because of no pH and EC data.

^{*7} 単純平均。 Simple average.

^{*8} 変動係数。 Coefficient of variation.

Table 2. 鹿北流域試験地 3 号沢における雨水による主要溶存成分の年流入量
Annual element input through rainfall to the Kahoku experimental watershed no.3.

Year	RF ^{*1} mm	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	DIN ^{*2}
kg ha ⁻¹ y ⁻¹												
2001	2398	6.0	1.2	4.3	3.5	1.2	13.5	3.1	31.4	3.3	29.9	7.5
2002	1538	4.9	0.8	3.4	2.5	0.8	9.9	2.6	23.7	2.3	22.5	6.0
2003	2383	6.7	1.8	6.8	2.8	1.2	14.6	4.7	38.9	2.5	37.2	11.6
2004	2181	12.6	2.3	3.9	4.3	1.6	26.1	3.8	32.8	3.9	29.6	7.7
2005	1930	11.3	2.6	7.6	6.0	1.7	21.3	4.2	42.0	5.5	39.1	11.8
2006	2666	5.5	0.8	5.2	14.3	1.2	10.1	5.2	48.1	14.1	46.7	10.4
2007	1957	6.0	1.1	4.0	12.0	1.8	11.6	4.2	42.4	11.7	40.9	8.2
2008	2204	6.1	1.2	4.1	6.9	1.2	10.3	3.5	32.2	6.7	30.7	7.6
2009	2099	6.8	1.4	4.2	4.7	1.6	13.9	3.4	29.0	4.5	27.4	7.6
2010	2323	5.9	1.0	6.1	3.7	1.0	12.3	4.6	37.3	3.4	35.8	10.7
2011	2690	6.3	1.3	4.9	2.8	1.0	12.0	3.6	34.3	2.6	32.7	8.6
2012	2648	7.1	1.8	5.6	3.6	1.0	14.1	4.4	42.4	3.3	40.6	9.9
2013	2218	8.9	1.8	5.3	2.6	1.1	16.0	4.0	36.4	2.2	34.2	9.4
2014	2070	4.7	1.3	4.8	2.6	0.9	9.7	3.0	29.7	2.4	28.6	7.8
Average ^{*3}	2236	7.1	1.5	5.0	5.2	1.2	14.0	3.9	35.8	4.9	34.0	8.9
CV ^{*4} (%)	14	33	37	24	71	26	33	19	18	75	19	20

^{*1} 年総雨量。 Annual rainfall.

^{*2} 溶存態無機窒素。 Dissolved inorganic nitrogen (= NH₄⁺-N + NO₃⁻-N).

^{*3} 単純平均。 Simple average.

^{*4} 変動係数。 Coefficient of variation.

Table 3. 鹿北流域試験地 3 号沢における溪流水中の主要溶存成分濃度の年平均値^{*1}
Mean annual solute concentrations^{*1} of streamwater at the Kahoku experimental watershed no.3.

Year	pH ^{*2}	EC _{obs} ^{*3} mS m ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	C _{St} ^{*4} %
2001	6.95	3.79	4.00	0.29	0.01	2.92	0.60	2.07	0.52	3.00	— ^{*5}	2.77	2.00	94
2002	7.02	3.93	4.07	0.34	0.00	3.06	0.60	2.02	0.28	2.93	— ^{*5}	2.91	1.90	96
2003	7.04	4.08	4.00	0.32	0.00	3.15	0.61	2.29	0.39	3.17	— ^{*5}	3.00	2.17	89
2004	6.86	3.90	4.19	0.24	0.00	2.93	0.59	2.18	0.26	3.25	— ^{*5}	2.77	2.20	8
2005	7.15	4.29	4.06	0.39	0.00	2.78	0.57	2.34	0.61	2.84	7.75	2.62	1.82	89
2006	7.15	4.19	3.64	0.33	0.01	2.94	0.56	2.12	0.55	2.89	7.59	2.81	1.97	100
2007	7.10	4.27	3.99	0.23	0.01	3.61	0.62	2.19	0.63	3.13	7.87	3.45	2.13	100
2008	7.14	4.15	4.01	0.40	0.01	3.33	0.62	2.15	0.53	2.97	7.63	3.18	1.96	100
2009	7.16	4.11	4.00	0.38	0.00	3.50	0.60	2.27	0.26	3.03	8.16	3.29	2.01	100
2010	7.18	4.11	3.93	0.42	0.01	3.12	0.61	2.20	0.28	3.02	7.82	2.97	2.03	100
2011	7.23	4.09	3.98	0.40	0.00	3.04	0.59	2.22	0.55	3.01	7.49	2.89	2.01	100
2012	7.26	4.00	4.04	0.40	0.00	2.49	0.54	2.24	0.50	3.00	7.83	2.33	1.98	100
2013	7.16	4.15	4.12	0.44	0.00	2.75	0.58	2.13	0.71	3.12	7.63	2.59	2.08	100
2014	7.20	4.19	4.12	0.47	0.00	3.43	0.64	2.02	0.61	3.09	7.51	3.27	2.06	100
Average ^{*6}	7.11	4.09	4.01	0.36	0.00	3.08	0.60	2.17	0.48	3.03	7.73	2.92	2.02	
CV ^{*7} (%)	2	3	3	20	112	10	4	4	32	4	3	10	5	

^{*1} 単純平均値。 Simple average.

^{*2} H⁺濃度の平均値から算出。 Calculated from H⁺ concentration.

^{*3} ECの観測値。 Observed EC value.

^{*4} 溪流水データの完全度。 Completeness of stream water data.

^{*5} SiO₂未測定。 SiO₂ not measured.

^{*6} 単純平均。 Simple average.

^{*7} 変動係数。 Coefficient of variation.

Appendix 1. 鹿北試験地 3 号沢の雨水分析データ
Analytical data of rainwater at the Kahoku experimental watershed no.3.

Date	RF ^{*1} mm	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2000/10/3 ³	173	4.67	1.55	0.022	0.27	0.03	0.18	0.04	0.12	0.56	n.d.	0.51	n.d.	1.36	n.d.	n/a	0.03	1.29	0.06	0.05	1.36	3	-6.7	
2000/10/31	66	4.35	2.55	0.045	0.28	0.10	0.25	0.04	0.16	0.59	n.d.	0.62	n.d.	2.76	n.d.	n/a	0.03	2.69	0.09	0.08	2.48	2.3	-1.3	
2000/11/30	157	4.94	0.93	0.012	0.12	0.02	0.10	0.02	0.14	0.28	n.d.	0.25	n.d.	0.76	n/a	n/a	0.02	0.73	0.04	0.03	0.76	11.8	-10.4	
2000/12/28	40	4.36	3.29	0.044	0.66	0.14	0.32	0.11	0.50	1.42	n.d.	1.46	n.d.	3.01	n.d.	n/a	0.08	2.84	0.14	0.13	3.05	5.1	-3.7	P
2001/1/30	106	4.80	2.30	0.016	1.04	0.17	0.47	0.44	0.16	1.81	n.d.	0.98	0.09	2.46	n.d.	n/a	0.40	2.20	0.13	0.12	2.12	3.4	-4.1	R1
2001/2/26	91	6.71	2.94	0.000	1.22	0.19	0.79	2.49	0.30	1.83	n.d.	1.33	n.d.	3.35	n/a	n/a	2.44	3.04	0.25	0.14	2.61	27.4	-5.9	
2001/3/26	77	4.86	2.83	0.014	1.29	0.15	0.55	0.91	0.25	2.43	n.d.	1.93	n.d.	3.55	n/a	n/a	0.86	3.23	0.17	0.17	2.73	-1	-1.7	
2001/4/27	64	6.18	2.48	0.001	1.01	0.21	0.74	1.44	0.23	1.78	n.d.	2.12	n.d.	4.03	n/a	n/a	1.40	3.78	0.18	0.17	2.41	3.8	-1.4	
2001/5/29	89	4.45	2.46	0.036	0.05	0.07	0.68	0.17	0.03	0.22	n.d.	1.06	n.d.	3.25	n.d.	n/a	0.17	3.24	0.09	0.09	2.32	-1.8	-3	
2001/6/26	476	5.01	0.90	0.010	0.19	0.03	0.16	0.07	0.03	0.46	n.d.	0.42	n.d.	0.95	n/a	n/a	0.06	0.90	0.03	0.04	0.79	-8.2	-6.4	
2001/7/19 (838)		5.07	0.69	0.009	0.08	0.03	0.17	0.02	0.02	0.25	n.d.	0.33	n.d.	0.77	n/a	n/a	0.02	0.75	0.02	0.03	0.62	-6.9	-5.1	P
2001/7/31	3	4.84	3.29	0.015	0.21	0.37	2.58	0.27	0.08	0.98	n.d.	1.95	0.29	6.31	n/a	n/a	0.26	6.26	0.20	0.19	3.27	1.4	-0.2	R1
2001/8/30	142	4.62	1.72	0.024	0.08	0.03	0.34	0.05	0.02	0.27	n.d.	0.91	n.d.	1.85	n.d.	n/a	0.05	1.83	0.05	0.06	1.50	-8.7	-6.9	R1
2001/9/17	106	4.57	1.81	0.027	0.02	0.08	0.25	0.03	0.01	0.23	n.d.	0.42	n.d.	2.07	n.d.	n/a	0.03	2.06	0.05	0.06	1.52	-10.3	-8.6	R1
2001/10/10	104	4.74	1.08	0.018	0.06	0.02	0.13	0.04	0.02	0.23	n.d.	0.40	n.d.	1.47	n.d.	n/a	0.04	1.45	0.03	0.04	1.07	-15.2	-0.4	R1
2001/10/25	92	4.83	0.99	0.015	0.13	0.02	0.05	0.08	0.03	0.35	n.d.	0.27	n.d.	1.01	n/a	n/a	0.08	0.98	0.03	0.04	0.88	-7.9	-5.7	
2001/11/8	83	4.55	1.67	0.028	0.27	0.04	0.15	0.11	0.05	0.70	n.d.	0.68	n.d.	1.73	n.d.	n/a	0.10	1.66	0.06	0.07	1.69	-6.4	0.5	
2001/11/30	91	4.72	1.96	0.019	0.65	0.11	0.37	0.14	0.09	1.19	n.d.	0.76	n.d.	2.02	n.d.	n/a	0.12	1.86	0.08	0.09	1.74	-1.7	-6	
2001/12/11	6	4.28	4.11	0.053	0.30	0.42	0.77	0.48	0.11	1.31	n.d.	2.44	n.d.	4.52	n.d.	n/a	0.47	4.44	0.15	0.17	3.80	-5.9	-3.9	
2001/12/25	32	4.73	2.19	0.019	1.26	0.06	0.22	0.29	0.17	2.26	n.d.	1.27	n.d.	1.72	n.d.	n/a	0.24	1.40	0.12	0.12	2.11	-1.9	-1.9	
2002/1/11	6	4.44	9.85	0.037	10.10	0.67	1.22	1.04	1.11	19.95	n.d.	4.82	n.d.	7.32	n.d.	n/a	0.66	4.78	0.70	0.79	10.96	-6	5.3	
2002/1/25	41	4.58	2.48	0.027	0.86	0.07	0.41	0.15	0.11	1.56	n.d.	1.08	n.d.	2.12	n.d.	n/a	0.12	1.90	0.10	0.11	2.19	-0.5	-6.1	
2002/2/14	35	4.80	2.01	0.016	0.89	0.06	0.17	0.41	0.11	1.46	n.d.	1.07	n.d.	2.01	n.d.	n/a	0.38	1.79	0.09	0.10	1.77	-2.8	-6.3	
2002/2/28	57	4.69	2.00	0.021	0.21	0.07	0.44	0.23	0.04	0.43	n.d.	1.09	n.d.	2.04	n.d.	n/a	0.22	1.99	0.07	0.07	1.60	-1.3	-11.1	
2002/3/15	82	4.67	2.27	0.022	0.40	0.09	0.51	0.17	0.06	0.77	n.d.	1.10	n.d.	2.42	n.d.	n/a	0.15	2.32	0.08	0.09	1.83	-4.2	-10.7	R1
2002/3/29	73	5.59	1.02	0.003	0.26	0.08	0.31	0.59	0.08	0.51	n.d.	0.76	n.d.	1.54	n/a	n/a	0.58	1.47	0.07	0.06	0.95	8.1	-3.5	
2002/4/15	74	5.03	1.26	0.009	0.14	0.06	0.33	0.28	0.05	0.35	n.d.	0.88	n.d.	1.48	n/a	n/a	0.27	1.44	0.05	0.05	1.03	-1.5	-9.9	
2002/4/26	118	5.00	1.35	0.010	0.29	0.06	0.31	0.21	0.06	0.59	n.d.	0.71	n.d.	1.54	n/a	n/a	0.20	1.47	0.06	0.06	1.10	-3	-9.8	
2002/5/14	205	5.05	0.83	0.009	0.08	0.02	0.23	0.13	0.02	0.19	n.d.	0.42	n.d.	0.97	n/a	n/a	0.13	0.95	0.03	0.03	0.73	2.1	-6.5	
2002/5/31	141	4.74	1.28	0.018	0.03	0.02	0.16	0.11	0.01	0.16	n.d.	0.55	n.d.	1.34	n.d.	n/a	0.11	1.33	0.04	0.04	1.07	-8.2	-9	
2002/6/11	35	4.78	1.32	0.017	0.11	0.17	0.38	0.23	0.04	0.28	n.d.	0.49	n.d.	1.74	n.d.	n/a	0.23	1.71	0.06	0.05	1.28	8.3	-1.4	R1
2002/6/24	61	4.57	1.55	0.027	0.04	0.05	0.34	0.13	0.02	0.16	n.d.	0.73	n.d.	1.75	n.d.	n/a	0.13	1.74	0.06	0.05	1.56	3.6	0.2	
2002/7/16	173	5.08	0.72	0.008	0.07	0.03	0.24	0.12	0.02	0.22	n.d.	0.41	n.d.	0.77	n/a	n/a	0.12	0.75	0.03	0.03	0.68	6.7	-2.9	
2002/7/30	71	4.86	1.17	0.014	0.21	0.05	0.35	0.10	0.04	0.41	n.d.	0.62	n.d.	1.29	n/a	n/a	0.09	1.24	0.05	0.05	1.10	3.4	-3	
2002/8/9	18	4.41	2.32	0.039	0.18	0.10	0.39	0.12	0.05	0.69	n.d.	0.42	n.d.	2.53	n.d.	n/a	0.11	2.48	0.08	0.08	2.25	1.1	-1.5	

*1 採水期間毎の雨量。括弧書きはオーバーフローのため近接雨量データの値。 Rainfall amount of each sampling period. Adjacent raingage data is given in parentheses in case of over flow.

*2 水質管理の結果。Pはリン酸の検出を、R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。

Results of quality control. P denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

*3 Sampling started 2000/9/5.

n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 1. 鹿北試験地 3 号沢の雨水分析データ (つづき)

Analytical data of rainwater at the Kahoku experimental watershed no.3(Continued).

Date	RF ^{*1} mm	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations meq L ⁻¹	Anions meq L ⁻¹	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}	
2002/8/28	42	4.54	1.92	0.029	0.31	0.08	0.35	0.13	0.05	0.68	n.d.	1.12	n.d.	1.76	n.d.	n/a	0.12	1.68	0.07	0.07	1.86	0.2	-1.5		
2002/9/13	10	5.19	1.48	0.007	0.84	0.19	0.27	0.45	0.12	1.56	n.d.	0.54	n.d.	1.63	n/a	n/a	0.42	1.42	0.10	0.09	1.41	4.6	-2.3		
2002/9/26	39	4.59	1.48	0.026	0.13	0.04	0.21	0.13	0.02	0.32	n.d.	0.61	n.d.	1.55	n.d.	n/a	0.13	1.52	0.05	0.05	1.47	0.8	-0.6		
2002/10/7	29	4.51	1.79	0.031	0.09	0.05	0.28	0.12	0.02	0.26	n.d.	0.66	n.d.	2.02	n.d.	n/a	0.12	2.00	0.06	0.06	1.74	-0.9	-1.6		
2002/10/29	27	4.20	3.29	0.064	0.56	0.09	0.37	0.18	0.08	0.93	n.d.	1.74	n.d.	2.93	n.d.	n/a	0.16	2.79	0.13	0.12	3.47	4.2	2.7		
2002/11/12	86	4.38	2.71	0.042	1.29	0.08	0.26	0.15	0.16	2.29	n.d.	1.04	n.d.	2.15	n.d.	n/a	0.10	1.83	0.13	0.13	2.95	3.2	4.2		
2002/11/26	1	5.31	3.47	0.005	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
2002/12/13	59	4.55	1.48	0.028	0.24	0.02	0.09	0.14	0.04	0.52	n.d.	0.51	n.d.	1.27	n.d.	n/a	0.13	1.21	0.05	0.05	1.52	4.7	1.5		
2002/12/25	59	4.58	1.62	0.027	0.32	0.05	0.24	0.12	0.05	0.63	n.d.	0.84	n.d.	1.54	n.d.	n/a	0.11	1.46	0.06	0.06	1.64	1	0.7		
2003/1/14	16	6.28	4.80	0.001	2.87	1.27	3.53	0.34	0.44	5.41	n.d.	0.99	n.d.	3.12	n/a	n/a	0.23	2.40	0.41	0.23	4.41	27	-4.2	R1, P	
2003/1/30	51	6.06	3.00	0.001	1.47	0.54	1.92	0.47	0.25	2.79	n.d.	1.47	n.d.	3.69	n/a	n/a	0.41	3.32	0.23	0.18	2.87	12.2	-2.2	R1, P	
2003/2/7	5	6.52	8.60	0.000	1.86	2.75	8.88	0.90	0.47	3.42	n.d.	6.59	n.d.	7.34	n/a	n/a	0.83	6.87	0.73	0.36	7.74	34.3	-5.2	R1, P	
2003/2/24	89	4.34	3.10	0.046	0.59	0.15	0.76	0.24	0.10	1.22	n.d.	1.88	n.d.	3.77	n.d.	n/a	0.22	3.62	0.14	0.14	3.29	-2.2	2.9		
2003/3/7	82	4.60	1.50	0.025	0.32	0.04	0.21	0.18	0.06	0.72	n.d.	0.72	n.d.	1.54	n.d.	n/a	0.17	1.46	0.07	0.06	1.62	1.1	3.7		
2003/3/25	50	4.44	2.20	0.037	0.41	0.10	0.33	0.23	0.08	0.91	n.d.	1.15	n.d.	2.19	n.d.	n/a	0.21	2.09	0.09	0.09	2.31	1.6	2.4		
2003/4/15	74	4.50	2.10	0.032	0.22	0.08	0.36	0.26	0.06	0.48	n.d.	1.04	n.d.	2.72	n.d.	n/a	0.25	2.66	0.08	0.09	2.10	-3.6	-0.1		
2003/4/28	161	4.72	1.30	0.019	0.20	0.06	0.36	0.11	0.04	0.47	n.d.	0.88	n.d.	1.38	n.d.	n/a	0.10	1.33	0.06	0.06	1.35	1.5	1.9		
2003/5/16	151	4.69	1.20	0.021	0.12	0.05	0.22	0.12	0.04	0.31	n.d.	0.70	n.d.	1.22	n.d.	n/a	0.12	1.19	0.05	0.05	1.24	3	1.8		
2003/5/30	18	4.13	3.70	0.075	0.16	0.09	0.21	0.28	0.07	1.55	n.d.	0.67	n.d.	2.81	n.d.	n/a	0.27	2.77	0.11	0.11	3.72	0.5	0.3		
2003/6/13	44	4.63	1.30	0.024	0.13	0.05	0.16	0.10	0.03	0.38	n.d.	0.41	n.d.	1.28	n.d.	n/a	0.10	1.25	0.05	0.04	1.31	2.8	0.3		
2003/6/30	354	4.82	1.30	0.015	0.32	0.12	0.46	0.12	0.06	0.68	n.d.	0.81	n.d.	1.53	n/a	n/a	0.11	1.45	0.07	0.06	1.37	3.3	2.5		
2003/7/16	333	4.61	1.70	0.025	0.29	0.06	0.46	0.10	0.05	0.58	n.d.	1.09	n.d.	1.84	n.d.	n/a	0.09	1.77	0.07	0.07	1.73	0.6	0.8		
2003/7/25	278	4.88	0.90	0.013	0.15	0.04	0.23	0.06	0.03	0.35	n.d.	0.58	n.d.	0.83	n/a	n/a	0.05	0.79	0.04	0.04	0.91	3.1	0.4		
2003/8/27	349	4.76	1.20	0.018	0.09	0.07	0.38	0.05	0.02	0.24	n.d.	0.71	n.d.	1.45	n.d.	n/a	0.05	1.43	0.05	0.05	1.19	-0.3	-0.2		
2003/9/29	96	4.54	2.10	0.029	0.92	0.04	0.24	0.13	0.12	1.73	n.d.	1.01	n.d.	1.62	n.d.	n/a	0.10	1.39	0.10	0.10	2.16	0.3	1.5		
2003/10/31	14	4.08	4.30	0.084	0.47	0.24	0.40	0.32	0.11	1.38	n.d.	1.90	n.d.	4.28	n.d.	n/a	0.30	4.16	0.16	0.16	4.59	-0.8	3.3		
2003/11/28	184	4.73	1.90	0.019	0.21	0.02	0.14	0.05	0.03	0.92	n.d.	0.61	n.d.	1.54	n.d.	n/a	0.04	1.49	0.04	0.07	1.31	-24.8	-18.4	R1, R2	
2003/12/26	36	4.29	2.80	0.052	1.24	0.24	0.37	0.27	0.21	2.53	n.d.	1.51	n.d.	2.29	n.d.	n/a	0.22	1.98	0.16	0.14	3.53	6.2	11.6		
2004/1/30	39	4.18	3.70	0.067	1.86	0.21	0.61	0.26	0.24	3.39	n.d.	2.17	n.d.	3.40	n.d.	n/a	0.19	2.93	0.22	0.20	4.73	4	12.2	R2	
2004/3/3	107	4.96	2.70	0.011	1.58	0.20	0.71	0.64	0.23	2.79	n.d.	1.67	n.d.	3.74	n/a	n/a	0.58	3.34	0.17	0.18	2.76	-2.4	1.1		
2004/3/26	83	5.00	1.80	0.010	1.01	0.08	0.33	0.53	0.15	1.99	n.d.	1.16	n.d.	2.29	n/a	n/a	0.49	2.04	0.11	0.12	1.89	-4.1	2.4		
2004/4/30	194	4.96	1.20	0.011	0.28	0.07	0.44	0.20	0.05	0.62	n.d.	0.82	n.d.	1.79	n/a	n/a	0.19	1.72	0.06	0.07	1.24	-3.5	1.8		
2004/5/31 (445)	471	1.10	0.020	0.10	0.02	0.17	0.09	0.02	0.30	0.30	n.d.	0.67	n.d.	1.14	n.d.	n/a	0.09	1.11	0.04	0.04	1.14	-3.9	2		
2004/7/1	285	4.67	1.30	0.022	0.28	0.05	0.17	0.09	0.03	0.60	n.d.	0.82	n.d.	1.09	n.d.	n/a	0.08	1.02	0.05	0.05	1.33	-1.7	1.2		
2004/7/30	70	4.74	1.50	0.018	0.35	0.26	0.52	0.08	0.04	0.78	n.d.	1.14	n.d.	1.76	n.d.	n/a	0.07	1.67	0.08	0.08	1.61	-0.7	3.5		

*¹ 採水期間毎の雨量。括弧書きはオーバーフローのため近接雨量データの値。 Rainfall amount of each sampling period. Adjacent rain gauge data is given in parentheses in case of over flow.*² 水質管理の結果。Pはリン酸の検出を、R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。Results of quality control. P denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d.は検出限界以下、n/aは欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 1. 鹿北試験地 3 号沢の雨水分析データ (つづき)

Analytical data of rainwater at the Kahoku experimental watershed no.3(Continued).

Date	RF ^{*1} mm	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2004/9/2	235	4.48	2.30	0.033	0.43	0.15	0.38	0.27	0.07	1.12	n.d.	1.33	n.d.	2.36	n.d.	n/a	0.25	2.25	0.10	0.10	2.33	-3.3	0.7	
2004/10/1	(424)	4.84	1.70	0.015	1.39	0.20	0.03	0.25	0.14	2.76	n.d.	0.27	n.d.	1.28	n/a	n/a	0.20	0.93	0.11	0.11	1.83	-1.5	3.8	
2004/10/29	142	5.26	0.40	0.006	0.10	0.07	0.06	0.05	0.02	0.27	n.d.	0.25	n.d.	0.27	n/a	n/a	0.05	0.24	0.02	0.02	0.41	4.9	0.9	
2004/11/30	42	4.75	1.70	0.018	0.41	0.19	0.77	0.21	0.08	0.90	n.d.	1.14	0.12	2.46	n.d.	n/a	0.19	2.36	0.10	0.09	1.89	2.6	5.4	P
2004/12/28	98	4.72	1.10	0.019	0.20	0.09	0.20	0.10	0.03	0.48	n.d.	0.66	n.d.	0.96	n.d.	n/a	0.09	0.91	0.05	0.04	1.19	4.6	4	
2005/2/1	59	4.26	3.77	0.055	1.73	0.15	0.48	0.35	0.23	2.96	n.d.	1.91	n.d.	2.92	n.d.	n/a	0.28	2.49	0.20	0.18	4.07	5.9	3.8	
2005/2/28	106	4.39	3.16	0.041	1.72	0.13	0.43	0.32	0.22	3.00	n.d.	0.99	n.d.	2.27	n.d.	n/a	0.25	1.84	0.18	0.15	3.33	8.9	2.6	RI
2005/3/25	145	4.43	2.30	0.037	0.59	0.13	0.42	0.32	0.11	1.08	n.d.	1.52	n.d.	2.38	n.d.	n/a	0.30	2.23	0.11	0.10	2.57	4.5	5.6	
2005/5/5	193	n/a	n/a	n/a	0.20	0.21	0.49	0.44	0.07	0.49	n.d.	0.82	n.d.	1.53	n/a	n/a	0.43	1.48	0.07	0.06	n/a	n/a	n/a	n/a
2005/5/30	87	n/a	n/a	n/a	0.71	0.46	0.88	0.23	0.03	1.02	n.d.	1.05	n.d.	2.47	n/a	n/a	0.20	2.29	0.11	0.10	n/a	n/a	n/a	n/a
2005/7/1	150	n/a	n/a	n/a	0.55	0.49	1.98	0.33	0.19	1.10	n.d.	0.47	0.47	2.06	n/a	n/a	0.31	1.92	0.18	0.08	n/a	n/a	n/a	n/a
2005/7/27	(652)	n/a	n/a	n/a	0.55	0.10	0.68	0.33	0.08	1.08	n.d.	1.08	n.d.	3.03	n/a	n/a	0.31	2.89	0.09	0.11	n/a	n/a	n/a	n/a
2005/8/30	126	n/a	n/a	n/a	0.26	0.10	0.27	0.21	0.04	0.60	n.d.	0.31	n.d.	0.99	n/a	n/a	0.20	0.92	0.04	0.04	n/a	n/a	n/a	n/a
2005/10/1	206	n/a	n/a	n/a	0.26	0.05	0.17	0.07	0.02	0.44	n.d.	0.07	n.d.	0.41	n/a	n/a	0.06	0.34	0.03	0.02	n/a	n/a	n/a	n/a
2005/11/1	53	n/a	n/a	n/a	0.25	0.07	0.40	0.20	0.04	0.56	n.d.	1.20	n.d.	1.55	n/a	n/a	0.19	1.49	0.05	0.07	n/a	n/a	n/a	n/a
2005/11/8	99	4.86	1.04	0.014	0.10	0.02	0.10	0.07	0.02	0.33	n.d.	0.39	n.d.	1.01	n/a	n/a	0.07	0.98	0.03	0.04	0.86	-11.0	-9.2	
2005/11/29	14	4.58	4.31	0.027	1.13	0.82	1.09	1.08	0.22	2.30	n.d.	3.71	n.d.	5.54	n.d.	n/a	1.04	5.26	0.23	0.24	4.03	-2.4	-3.4	
2005/12/27	43	5.84	4.85	0.001	4.93	0.28	0.68	1.33	0.74	8.63	n.d.	3.16	n.d.	4.12	n/a	0.05	1.14	2.88	0.40	0.38	5.03	2.6	-2.8	
2006/2/2	57	5.30	1.48	0.005	0.45	0.06	0.25	0.97	0.14	0.74	n.d.	1.03	n.d.	1.88	0.62	0.02	0.95	1.76	0.10	0.09	1.37	6.8	-4.0	
2006/3/7	176	4.72	1.76	0.019	0.49	0.05	0.31	0.56	0.08	0.86	n.d.	0.96	n.d.	2.14	n.d.	n.d.	0.54	2.02	0.09	0.08	1.76	5.1	0.1	
2006/4/5	176	4.83	2.57	0.015	0.44	0.12	0.67	1.20	0.13	0.79	n.d.	2.02	n.d.	4.21	0.12	0.04	1.18	4.10	0.14	0.14	2.44	0.0	-2.7	
2006/4/18	117	5.08	1.11	0.008	0.15	0.02	0.24	0.52	0.05	0.28	n.d.	0.72	n.d.	1.77	0.55	0.01	0.52	1.73	0.06	0.07	1.08	-5.1	-1.3	
2006/5/9	93	5.49	1.00	0.003	0.25	0.03	0.13	0.77	0.08	0.42	n.d.	0.62	n.d.	1.92	0.97	0.03	0.29	1.85	0.07	0.08	1.04	-7.6	1.9	
2006/6/1	228	4.58	1.67	0.027	0.12	0.04	0.21	0.30	0.03	0.26	n.d.	0.61	n.d.	1.82	n.d.	0.01	0.76	1.79	0.06	0.06	1.57	5.6	-2.9	
2006/6/26	(465)	4.90	0.89	0.013	0.09	0.01	0.15	0.17	0.02	0.18	n.d.	0.56	n.d.	0.89	0.18	n.d.	0.16	0.87	0.03	0.04	0.84	-1.3	-2.9	
2006/7/11	271	4.99	0.96	0.010	0.17	0.01	0.21	0.29	0.03	0.28	n.d.	0.64	n.d.	1.12	0.67	n.d.	0.28	1.08	0.05	0.05	0.95	-6.9	-0.6	
2006/7/25	(464)	4.55	1.91	0.028	0.17	0.02	0.35	0.24	0.03	0.32	n.d.	0.96	n.d.	2.14	n.d.	n.d.	0.24	2.10	0.07	0.07	1.79	0.7	-3.1	
2006/8/8	58	6.62	2.14	0.000	0.13	0.02	0.51	2.73	0.04	0.21	n.d.	1.30	n.d.	2.56	6.95	0.02	2.72	2.53	0.17	0.19	2.20	-5.4	1.5	
2006/8/25	217	4.90	0.96	0.013	0.08	0.01	0.17	0.43	0.02	0.14	n.d.	0.85	n.d.	0.86	0.22	0.02	0.43	0.85	0.05	0.04	0.95	10.9	-0.4	
2006/9/13	138	4.36	2.51	0.044	0.08	0.02	0.19	0.38	0.02	0.22	n.d.	0.90	n.d.	2.68	n.d.	0.01	0.38	2.66	0.08	0.08	2.34	1.4	-3.4	
2006/10/11	37	6.41	1.33	0.000	0.45	0.05	0.00	1.43	0.09	0.87	n.d.	n.d.	n.d.	1.18	3.12	0.08	1.41	1.07	0.10	0.10	1.20	0.0	-5.3	
2006/11/17	53	6.20	1.84	0.001	0.75	0.03	0.12	1.88	0.16	1.35	n.d.	1.00	n.d.	2.40	3.12	0.02	1.85	2.21	0.15	0.16	1.90	-2.6	1.6	
2006/11/28	66	5.14	0.67	0.007	0.08	0.01	0.01	0.54	0.04	0.18	n.d.	0.41	n.d.	0.80	0.55	0.04	0.54	0.78	0.04	0.04	0.71	5.4	3.2	
2006/12/27	54	6.05	1.83	0.001	0.52	0.03	0.20	1.90	0.10	0.99	n.d.	1.67	n.d.	2.75	2.09	0.02	1.88	2.62	0.14	0.15	1.85	-2.7	0.6	
2007/2/7	41	4.38	6.13	0.042	4.23	0.23	0.54	1.76	0.58	7.88	n.d.	3.50	n.d.	5.88	n.d.	0.03	1.60	4.82	0.41	0.40	6.50	-0.6	2.9	

*1 採水期間毎の雨量。括弧書きはオーバーフローのため近接雨量データの値。 Rainfall amount of each sampling period. Adjacent raingage data is given in parentheses in case of over flow.

*2 水質管理の結果。Pはリン酸の検出を、R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。

Results of quality control. P denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 1. 鹿北試験地 3 号沢の雨水分析データ (つづき)

Analytical data of rainwater at the Kahoku experimental watershed no.3(Continued).

Date	RF ^{*1} mm	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}	
2007/2/21	74	4.96	1.62	0.011	0.26	0.04	0.29	1.12	0.07	0.49	n.d.	0.98	n.d.	3.05	0.59	0.01	1.11	2.98	0.10	0.09	1.65	4.1	1.1	
2007/3/30	142	4.68	1.52	0.021	0.32	0.03	0.08	0.66	0.06	0.58	n.d.	0.81	n.d.	1.88	n.d.	0.01	0.64	1.80	0.07	0.07	1.59	6.7	2.3	
2007/4/24	94	5.01	2.33	0.010	0.75	0.05	0.69	1.48	0.36	1.31	n.d.	2.00	n.d.	4.26	0.68	0.03	1.45	4.07	0.19	0.17	2.66	4.6	6.7	
2007/5/8	107	6.13	1.07	0.001	0.14	0.01	0.11	1.48	0.10	0.28	n.d.	0.60	n.d.	1.71	2.83	0.02	1.48	1.68	0.09	0.10	1.21	-2.2	6.2	
2007/5/22	51	5.87	2.84	0.001	0.58	0.05	0.68	2.99	0.22	0.95	n.d.	2.56	n.d.	6.00	2.44	0.07	2.97	5.86	0.23	0.23	3.12	0.0	4.7	
2007/6/5	81	4.86	1.17	0.014	0.09	0.11	0.18	0.70	0.18	0.33	n.d.	0.89	n.d.	1.96	0.37	0.01	0.70	1.94	0.08	0.07	1.41	7.0	8.8	
2007/6/21	101	4.62	1.62	0.024	0.07	0.03	0.26	0.55	0.03	0.20	n.d.	0.69	n.d.	2.16	n.d.	0.01	0.55	2.14	0.07	0.06	1.57	7.2	-1.5	
2007/7/3	142	4.70	1.45	0.020	0.27	0.07	0.33	0.37	0.06	0.53	n.d.	1.02	n.d.	1.79	n.d.	0.01	0.36	1.73	0.07	0.07	1.57	4.5	4.1	
2007/7/20 (610)		4.63	1.22	0.024	0.09	0.05	0.19	0.24	0.05	0.20	n.d.	0.60	n.d.	1.56	n.d.	n.d.	0.24	1.54	0.05	0.05	1.39	6.9	6.7	
2007/8/16	208	4.63	1.48	0.024	0.10	0.07	0.39	0.26	0.05	0.21	n.d.	0.92	n.d.	2.11	n.d.	0.01	0.26	2.08	0.07	0.06	1.61	2.7	4.5	
2007/9/14	97	4.51	2.10	0.031	0.42	0.03	0.25	0.60	0.08	0.84	n.d.	1.32	n.d.	2.39	n.d.	0.02	0.59	2.29	0.11	0.09	2.23	2.9	2.9	
2007/10/10	120	5.19	0.65	0.007	0.21	0.04	0.09	0.32	0.05	0.41	n.d.	0.31	n.d.	0.77	0.97	0.01	0.31	0.72	0.04	0.05	0.76	-7.7	7.2	
2007/11/22	23	4.61	1.76	0.025	0.48	0.07	0.19	0.49	0.11	0.71	n.d.	1.30	n.d.	2.10	n.d.	0.02	0.47	1.98	0.10	0.08	1.90	3.7	3.9	
2007/12/27	58	4.23	3.36	0.059	0.40	0.16	0.42	0.36	0.10	0.88	n.d.	1.68	n.d.	3.61	n.d.	0.02	0.35	3.51	0.14	0.13	3.49	1.0	1.8	
2008/1/16	60	4.84	2.57	0.015	1.99	0.11	0.28	0.57	0.29	3.42	n.d.	0.72	n.d.	2.36	0.06	0.01	0.49	1.86	0.17	0.16	2.59	3.9	0.3	
2008/2/7	87	4.53	1.39	0.030	0.08	0.01	0.07	0.12	0.02	0.18	n.d.	0.58	n.d.	1.08	n.d.	0.01	0.12	1.06	0.05	0.04	1.41	10.3	0.8	
2008/2/29	29	4.72	2.65	0.019	0.83	0.44	0.70	0.56	0.17	1.44	n.d.	1.70	0.88	3.00	n.d.	0.02	0.53	2.79	0.15	0.13	2.46	6.0	-3.7	P
2008/3/5	24	7.26	8.77	0.000	4.09	0.45	2.03	7.48	0.64	3.57	n.d.	6.94	n.d.	14.97	16.41	0.13	7.32	13.95	0.73	0.79	9.56	-4.3	4.3	
2008/3/19	46	5.62	1.42	0.002	0.26	0.23	0.82	0.56	0.05	0.55	n.d.	0.60	0.14	2.55	2.03	0.01	0.55	2.48	0.10	0.11	1.47	-6.7	1.6	P
2008/4/2	70	4.50	2.76	0.032	0.35	0.07	0.55	0.52	0.08	0.64	n.d.	1.95	n.d.	2.84	n.d.	0.02	0.51	2.75	0.11	0.11	2.45	1.5	-6.0	
2008/4/15	66	4.68	1.55	0.021	0.13	0.03	0.18	0.20	0.04	0.27	n.d.	0.52	n.d.	1.68	n.d.	n.d.	0.20	1.65	0.05	0.05	1.32	0.4	-8.0	
2008/4/30	103	4.58	1.87	0.027	0.06	0.05	0.25	0.09	0.02	0.19	n.d.	0.64	n.d.	1.83	n.d.	n.d.	0.09	1.81	0.05	0.05	1.50	-3.4	-11.0	
2008/5/15	51	5.48	0.86	0.003	0.08	0.07	0.18	0.31	0.05	0.20	n.d.	0.52	n.d.	1.03	0.80	n.d.	0.30	1.01	0.04	0.05	0.66	-12.2	-12.9	
2008/5/28	71	4.93	0.96	0.012	0.06	0.04	0.21	0.32	0.02	0.15	n.d.	0.63	n.d.	1.06	n.d.	n.d.	0.31	1.05	0.04	0.04	0.90	9.9	-3.0	
2008/6/11	169	4.99	0.67	0.010	0.04	0.02	0.07	0.17	0.02	0.09	n.d.	0.36	n.d.	0.56	n.d.	n.d.	0.17	0.55	0.03	0.02	0.61	13.6	-4.4	
2008/6/18	111	5.45	0.42	0.004	0.02	0.01	0.02	0.09	0.01	0.04	n.d.	0.16	n.d.	0.40	0.29	n.d.	0.09	0.40	0.01	0.02	0.29	-19.9	-19.2	
2008/6/25	321	5.10	0.70	0.008	0.08	0.01	0.14	0.05	0.02	0.20	n.d.	0.31	n.d.	0.61	n.d.	n.d.	0.05	0.59	0.02	0.02	0.56	0.4	-11.4	
2008/7/9	81	4.77	1.52	0.017	0.31	0.03	0.14	0.12	0.05	0.52	n.d.	0.72	n.d.	1.21	n.d.	0.01	0.10	1.13	0.05	0.05	1.18	-2.1	-12.6	
2008/7/23	33	6.56	1.49	0.000	0.54	0.11	0.90	0.56	0.09	0.78	n.d.	1.22	n.d.	1.85	1.01	0.03	0.54	1.71	0.11	0.10	1.41	7.3	-2.6	
2008/8/6	28	6.05	0.93	0.001	0.34	0.05	0.20	0.56	0.06	0.63	n.d.	0.42	n.d.	1.14	1.01	0.04	0.55	1.05	0.06	0.06	0.84	-2.5	-4.8	
2008/8/14	13	5.92	1.23	0.001	0.14	0.15	0.60	0.82	0.08	0.49	n.d.	0.63	n.d.	2.09	1.42	0.03	0.81	2.06	0.09	0.09	1.26	0.9	0.9	
2008/8/20	202	4.81	1.20	0.016	0.15	0.03	0.34	0.17	0.03	0.26	n.d.	0.57	n.d.	1.41	n.d.	n.d.	0.16	1.37	0.05	0.05	1.14	6.8	-2.6	
2008/8/26	130	4.82	1.83	0.015	0.47	0.04	0.35	0.14	0.07	0.85	n.d.	0.93	n.d.	1.82	n.d.	n.d.	0.12	1.70	0.07	0.08	1.44	-6.0	-11.9	
2008/9/3	50	4.95	1.05	0.011	0.09	0.02	0.19	0.37	0.02	0.20	n.d.	0.55	n.d.	1.33	n.d.	0.01	0.37	1.31	0.05	0.04	0.94	4.6	-5.4	
2008/9/17	77	5.19	1.03	0.007	0.16	0.15	0.20	0.33	0.02	0.16	n.d.	0.52	n.d.	1.34	n.d.	n.d.	0.32	1.30	0.05	0.04	0.79	6.2	-12.9	

*¹ 採水期間毎の雨量。括弧書きはオーバーフローのため近接雨量データの値。 Rainfall amount of each sampling period. Adjacent rain gauge data is given in parentheses in case of over flow.*² 水質管理の結果。Pはリン酸の検出を、R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。Results of quality control. P denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 1. 鹿北試験地 3 号沢の雨水分析データ (つづき)
Analytical data of rainwater at the Kahoku experimental watershed no.3(Continued).

Date	RF ^{*1} mm	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2008/10/1	180	5.56	0.51	0.003	0.08	0.06	0.15	0.26	0.05	0.09	n.d.	0.33	n.d.	0.63	0.89	n.d.	0.61	0.03	0.04	0.51	-3.6	0.8	
2008/10/15	21	4.41	2.59	0.039	0.18	0.07	0.16	0.55	0.05	0.50	n.d.	0.71	n.d.	3.06	n.d.	0.02	3.02	0.09	0.17	2.37	0.0	-4.5	
2008/11/5	14	4.70	3.27	0.020	0.49	0.34	1.11	1.26	0.12	0.94	n.d.	2.81	n.d.	4.73	n.d.	0.03	4.60	0.18	0.09	3.06	3.9	-3.3	
2008/11/12	22	4.40	2.29	0.040	0.03	0.03	0.17	0.09	0.01	0.15	n.d.	0.69	n.d.	2.06	n.d.	n.d.	2.05	0.06	0.06	1.96	-1.6	-7.8	
2008/12/1	42	4.39	3.24	0.041	0.65	0.09	0.32	0.39	0.11	1.18	n.d.	1.48	n.d.	2.89	n.d.	0.01	2.73	0.12	0.12	2.79	0.2	-7.5	
2008/12/16	65	4.94	1.64	0.012	0.67	0.19	0.19	0.51	0.13	1.22	n.d.	0.90	n.d.	1.63	0.12	0.01	1.46	0.09	0.08	1.51	3.8	-4.1	
2009/1/8	1	4.33	3.49	0.047	0.69	0.10	0.45	0.38	0.11	1.33	n.d.	1.49	n.d.	3.35	n.d.	0.01	3.18	0.13	0.13	3.16	0.3	-4.9	
2009/1/23	38	4.18	5.70	0.067	1.99	0.21	0.80	0.69	0.31	3.74	n.d.	3.50	n.d.	4.66	n.d.	0.02	4.16	0.26	0.26	5.43	0.7	-2.4	
2009/2/5	41	4.15	2.47	0.071	0.86	0.07	0.21	0.42	0.14	1.64	n.d.	0.94	n.d.	2.08	n.d.	0.01	1.86	0.15	0.10	3.76	19.1	20.6	R1, R2
2009/2/19	54	4.68	2.89	0.021	1.46	0.15	0.63	0.54	0.24	2.68	n.d.	1.13	n.d.	3.14	n.d.	0.01	2.77	0.17	0.16	2.83	3.2	-1.1	
2009/3/5	84	4.50	2.28	0.032	0.20	0.06	0.32	0.44	0.08	0.48	n.d.	1.06	n.d.	2.45	n.d.	0.01	2.40	0.09	0.08	2.09	3.8	-4.3	
2009/3/23	119	5.04	1.08	0.009	0.26	0.06	0.27	0.31	0.06	0.52	n.d.	0.56	n.d.	1.29	0.02	n.d.	1.23	0.06	0.05	1.01	6.2	-3.4	
2009/4/7	24	4.66	1.84	0.022	0.25	0.07	0.26	0.35	0.11	0.60	n.d.	0.90	n.d.	1.86	n.d.	n.d.	1.80	0.08	0.07	1.63	3.6	-5.9	
2009/4/21	40	4.66	1.92	0.022	0.24	0.10	0.41	0.46	0.08	0.58	n.d.	1.01	n.d.	2.33	n.d.	n.d.	2.27	0.09	0.08	1.80	3.7	-3.2	
2009/5/7	64	4.84	1.08	0.015	0.10	0.02	0.05	0.35	0.04	0.25	n.d.	0.28	n.d.	1.25	n.d.	n.d.	1.22	0.04	0.04	0.97	6.7	-5.6	
2009/5/19	42	4.50	3.13	0.032	0.46	0.31	0.84	0.43	0.12	1.03	n.d.	1.95	n.d.	3.62	n.d.	0.01	3.50	0.14	0.14	2.84	0.6	-4.9	
2009/6/4	96	4.92	0.99	0.012	0.08	0.05	0.26	0.28	0.04	0.22	n.d.	0.54	n.d.	1.15	0.08	n.d.	1.13	0.05	0.04	0.96	9.5	-1.0	
2009/6/23	74	4.58	2.41	0.027	0.66	0.36	0.57	0.30	0.13	1.48	n.d.	1.46	n.d.	2.45	n.d.	n.d.	2.28	0.12	0.12	2.41	2.3	0.0	
2009/6/30	358	4.93	0.73	0.012	0.08	0.01	0.17	0.07	0.03	0.17	n.d.	0.28	n.d.	0.61	0.19	n.d.	0.59	0.03	0.03	0.72	10.0	-0.6	
2009/7/7	157	4.89	0.86	0.013	0.12	0.02	0.11	0.08	0.03	0.25	n.d.	0.36	n.d.	0.67	0.12	n.d.	0.64	0.03	0.03	0.78	4.3	-5.0	
2009/7/21	153	4.93	1.41	0.012	0.65	0.11	0.33	0.16	0.10	1.33	n.d.	0.81	n.d.	1.14	0.17	0.03	0.98	0.08	0.08	1.38	0.4	-0.8	
2009/8/4	(395)	4.80	1.07	0.016	0.14	0.02	0.21	0.11	0.05	0.26	n.d.	0.48	n.d.	0.99	n.d.	0.01	0.96	0.04	0.04	1.01	9.6	-3.0	
2009/8/11	7	5.45	0.91	0.004	0.20	0.21	0.52	0.23	0.12	0.47	n.d.	0.86	n.d.	1.15	2.03	0.02	1.10	0.07	0.08	1.11	-7.7	9.8	
2009/9/1	79	4.70	1.59	0.020	0.67	0.05	0.16	0.64	0.23	1.27	n.d.	0.78	n.d.	1.12	n.d.	n.d.	0.95	0.08	0.07	1.59	5.9	0.0	
2009/9/29	29	4.27	3.20	0.054	0.33	0.18	0.64	0.79	0.12	0.74	n.d.	1.88	n.d.	4.12	n.d.	0.03	4.04	0.16	0.14	3.60	7.1	5.8	
2009/10/20	67	4.65	1.22	0.023	0.14	0.05	0.01	0.23	0.05	0.36	n.d.	n.d.	n.d.	1.32	n.d.	0.04	1.28	0.05	0.04	1.21	9.4	-0.4	
2009/11/13	56	4.90	0.97	0.013	0.26	0.06	0.05	0.23	0.06	0.55	n.d.	0.40	n.d.	0.91	0.34	0.01	0.85	0.04	0.05	0.96	-2.0	-0.3	
2009/12/8	61	4.59	1.42	0.026	0.34	0.03	0.14	0.24	0.08	0.73	n.d.	0.81	n.d.	1.13	n.d.	0.04	1.04	0.07	0.06	1.57	7.7	5.1	
2009/12/16	57	4.37	2.14	0.043	0.11	0.03	0.20	0.20	0.06	0.32	n.d.	1.22	n.d.	1.69	n.d.	0.02	1.67	0.07	0.06	2.18	6.9	0.9	
2009/12/28	9	3.87	8.92	0.136	3.93	0.30	1.07	0.72	0.61	8.36	n.d.	5.00	n.d.	6.15	n.d.	0.02	5.16	0.46	0.44	9.95	1.6	5.5	
2010/1/15	10	4.19	8.47	0.065	4.96	0.50	1.12	1.62	0.82	9.58	n.d.	6.42	n.d.	7.37	n.d.	0.04	6.13	0.50	0.53	8.76	-2.3	1.7	
2010/2/2	85	4.43	2.90	0.037	0.51	0.06	0.34	0.29	0.12	1.10	n.d.	1.07	n.d.	2.72	n.d.	0.02	2.59	0.10	0.10	2.51	-0.4	-7.2	
2010/2/22	33	4.55	2.17	0.028	0.34	0.09	0.46	0.28	0.06	0.71	n.d.	1.56	n.d.	2.07	n.d.	0.04	1.99	0.09	0.09	2.05	0.6	-2.8	
2010/3/16	183	4.76	1.59	0.018	0.20	0.06	0.34	0.13	0.03	0.45	n.d.	0.78	n.d.	1.66	n.d.	0.07	1.61	0.06	0.06	1.32	-3.5	-9.3	
2010/3/23	21	4.73	3.81	0.019	1.43	0.25	1.14	1.40	0.30	2.46	n.d.	3.03	n.d.	4.81	n.d.	0.05	4.45	0.24	0.22	3.70	5.7	-1.5	

*1 採水期間毎の雨量。括弧書きはオーバーフローのため近接雨量データの値。 Rainfall amount of each sampling period. Adjacent rain gauge data is given in parentheses in case of over flow.

*2 水質管理の結果。Pはリン酸の検出を、R1、R2はそれぞれの基準が満たなかったことを示す。

Results of quality control. P denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 1. 鹿北試験地 3 号沢の雨水分析データ (つづき)
Analytical data of rainwater at the Kahoku experimental watershed no.3(Continued).

Date	RF ^{*1} mm	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2010/4/6	108	4.78	1.71	0.017	0.37	0.07	0.44	0.34	0.07	0.70	n.d.	1.21	n.d.	2.01	n.d.	0.03	0.33	1.92	0.08	0.08	1.61	0.2	-3.0	
2010/4/27	214	4.82	1.09	0.015	0.07	0.02	0.13	0.10	0.02	0.27	n.d.	0.44	n.d.	1.07	n.d.	0.03	0.10	1.06	0.03	0.04	0.93	-7.4	-8.3	
2010/5/6	14	7.02	3.59	0.000	1.01	0.13	0.68	3.87	0.37	1.61	n.d.	2.11	n.d.	4.32	8.39	0.10	3.83	4.07	0.31	0.31	3.76	0.2	2.2	
2010/5/10	30	4.43	2.50	0.037	0.09	0.05	0.47	0.35	0.04	0.54	n.d.	1.16	n.d.	2.68	n.d.	0.05	0.35	2.66	0.09	0.09	2.34	-0.4	-3.4	
2010/5/18	6	3.69	4.07	0.206	0.06	0.05	0.31	0.55	0.12	2.64	n.d.	1.39	n.d.	9.87	n.d.	0.09	0.55	9.85	0.26	0.30	9.88	-7.1	-4.2	
2010/5/25	256	5.12	0.70	0.008	0.08	0.00	0.19	0.08	0.01	0.17	n.d.	0.47	n.d.	0.75	0.30	0.03	0.08	0.73	0.03	0.03	0.63	-10.9	-5.2	
2010/6/14	49	4.43	2.55	0.037	0.21	0.11	0.37	0.26	0.06	0.68	n.d.	1.12	n.d.	2.67	n.d.	0.09	0.26	2.62	0.09	0.09	2.34	-2.9	-4.2	
2010/6/29	266	4.90	0.87	0.013	0.08	0.02	0.19	0.03	0.01	0.21	n.d.	0.35	n.d.	0.93	n.d.	0.04	0.02	0.91	0.03	0.03	0.79	-2.8	-4.8	
2010/7/9	93	4.36	3.29	0.044	0.07	0.06	1.41	0.09	0.01	0.21	n.d.	2.34	n.d.	4.28	n.d.	0.04	0.08	4.26	0.13	0.13	3.19	-0.5	-1.6	
2010/7/21	330	5.07	0.66	0.009	0.16	0.01	0.13	0.03	0.02	0.30	n.d.	0.40	n.d.	0.49	0.41	0.02	0.02	0.45	0.03	0.03	0.63	-9.9	-2.7	P
2010/7/27	6	6.13	1.91	0.001	1.17	0.40	0.68	0.70	0.36	1.64	n.d.	0.81	0.10	2.99	2.14	0.42	0.65	2.70	0.16	0.16	2.10	2.4	4.8	
2010/8/11	98	4.52	2.12	0.030	0.29	0.05	0.58	0.08	0.04	0.60	n.d.	1.18	n.d.	2.44	n.d.	0.02	0.07	2.36	0.08	0.09	2.08	-1.9	-1.0	
2010/8/24	93	4.63	1.78	0.024	0.34	0.05	0.54	0.10	0.05	0.58	n.d.	1.17	n.d.	1.89	n.d.	0.06	0.08	1.81	0.08	0.07	1.75	2.4	-0.9	
2010/9/7	45	4.86	1.44	0.014	0.23	0.04	0.56	0.20	0.04	0.41	n.d.	1.23	n.d.	1.78	0.69	0.03	0.19	1.73	0.07	0.08	1.43	-6.9	-0.4	
2010/9/21	74	4.74	1.58	0.018	0.44	0.03	0.40	0.06	0.05	0.77	n.d.	1.13	n.d.	1.42	n.d.	0.03	0.04	1.31	0.07	0.07	1.48	-1.5	-3.4	
2010/10/4	132	4.73	1.23	0.019	0.14	0.03	0.19	0.04	0.01	0.32	n.d.	0.56	n.d.	1.13	n.d.	0.02	0.03	1.09	0.04	0.04	1.10	-3.1	-5.5	
2010/10/19	6	4.06	4.69	0.088	0.26	0.11	0.15	0.11	0.04	0.82	n.d.	1.26	n.d.	4.33	n.d.	0.03	0.10	4.27	0.12	0.13	4.28	-6.0	-4.6	RI
2010/11/4	53	5.17	0.60	0.007	0.18	0.06	0.07	0.04	0.02	0.38	n.d.	0.24	n.d.	0.48	0.73	0.01	0.03	0.43	0.02	0.04	0.58	-22.1	-1.9	
2010/11/16	18	4.31	4.76	0.049	1.37	0.31	0.90	0.85	0.21	2.49	n.d.	2.86	n.d.	5.68	n.d.	0.05	0.80	5.34	0.23	0.23	4.59	-1.9	-1.8	
2010/11/29	16	4.59	2.14	0.026	0.54	0.24	0.23	0.28	0.08	1.11	n.d.	1.13	n.d.	1.92	n.d.	0.03	0.26	1.79	0.09	0.09	1.97	-0.4	-4.3	
2010/12/14	68	4.58	1.94	0.027	0.45	0.04	0.30	0.12	0.05	0.88	n.d.	1.30	n.d.	1.56	n.d.	0.02	0.11	1.45	0.07	0.08	1.81	-2.9	-3.5	
2010/12/27	23	4.22	4.62	0.061	1.61	0.12	0.46	0.33	0.19	2.85	n.d.	2.50	n.d.	3.76	n.d.	0.03	0.27	3.35	0.19	0.20	4.38	-2.0	-2.7	
2011/1/11	31	4.56	6.68	0.028	5.25	0.51	1.05	1.14	0.69	9.23	n.d.	4.53	0.28	5.00	n.d.	0.03	0.94	3.68	0.44	0.44	6.61	0.3	-0.5	P
2011/1/25	5	4.20	8.63	0.064	4.22	0.44	2.01	1.46	0.60	7.58	n.d.	8.85	n.d.	6.90	n.d.	0.04	1.30	5.84	0.49	0.50	8.53	-0.9	-0.6	
2011/2/10	6	4.10	9.02	0.080	3.08	0.59	2.17	1.51	0.49	5.10	n.d.	7.14	n.d.	9.95	n.d.	0.06	1.40	9.18	0.46	0.47	8.69	-0.2	-1.9	
2011/2/21	49	4.68	1.84	0.021	0.67	0.03	0.25	0.17	0.07	1.17	n.d.	0.97	n.d.	1.58	n.d.	0.01	0.14	1.41	0.08	0.08	1.69	-1.7	-4.2	
2011/3/11	47	4.61	1.89	0.025	0.36	0.07	0.43	0.19	0.06	0.66	n.d.	1.18	n.d.	1.84	n.d.	n.d.	0.18	1.75	0.08	0.08	1.79	2.7	-2.5	
2011/3/22	41	4.48	2.05	0.033	0.12	0.04	0.28	0.21	0.04	0.32	n.d.	0.64	n.d.	2.17	n.d.	n.d.	0.20	2.14	0.07	0.06	1.89	2.8	-4.1	
2011/4/5	2	3.90	19.16	0.127	5.08	0.74	4.26	8.42	1.46	11.12	n.d.	33.84	n.d.	16.01	n.d.	0.11	8.23	14.73	1.14	1.19	19.48	-2.2	0.8	
2011/4/21	40	4.89	1.54	0.013	0.53	0.17	0.30	0.23	0.06	0.88	n.d.	0.81	n.d.	1.78	0.64	n.d.	0.21	1.65	0.07	0.09	1.44	-7.9	-3.2	
2011/5/6	88	4.61	2.60	0.025	0.30	0.08	0.80	0.59	0.07	0.59	n.d.	1.77	n.d.	4.03	n.d.	n.d.	0.58	3.95	0.12	0.13	2.47	-4.0	-2.5	
2011/5/17	187	5.18	0.68	0.007	0.19	0.03	0.19	0.04	0.02	0.37	n.d.	0.28	n.d.	0.78	0.43	n.d.	0.03	0.73	0.03	0.04	0.65	-12.7	-2.7	
2011/6/2	149	4.34	2.41	0.046	0.05	0.02	0.16	0.06	0.02	0.32	n.d.	0.51	n.d.	2.50	n.d.	n.d.	0.05	2.49	0.06	0.07	2.25	-6.2	-3.5	
2011/6/14	268	4.85	0.77	0.014	0.05	0.02	0.10	0.02	0.01	0.14	n.d.	0.31	n.d.	0.62	0.27	n.d.	0.02	0.61	0.02	0.03	0.75	-5.1	-1.5	
2011/6/21	340	5.07	0.45	0.009	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	n.d.	0.22	n.d.	0.28	0.29	n.d.	0.00	0.28	0.01	0.02	0.42	-15.4	-3.3	

*¹ 採水期間毎の雨量。括弧書きはオーバーフローのため近接雨量データの値。 Rainfall amount of each sampling period. Adjacent rain gauge data is given in parentheses in case of over flow.

*² 水質管理の結果。Pはリン酸の検出を、R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。

Results of quality control. P denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.
n.d. is 検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N/d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 1. 鹿北試験地 3 号沢の雨水分析データ (つづき)

Analytical data of rainwater at the Kahoku experimental watershed no.3(Continued).

Date	RF ^{*1} mm	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2011/6/29	180	5.25	0.56	0.006	0.22	0.03	0.12	0.06	0.04	0.38	n.d.	0.17	n.d.	0.53	0.84	n.d.	0.05	0.47	0.03	0.04	0.58	-15.0	2.3	
2011/7/5	176	4.62	1.71	0.024	0.26	0.03	0.57	0.08	0.03	0.44	n.d.	1.22	n.d.	1.83	n.d.	n.d.	0.07	1.77	0.07	0.07	1.72	3.0	0.1	
2011/7/12	201	4.97	0.71	0.011	0.07	0.02	0.23	0.03	0.01	0.13	n.d.	0.31	n.d.	0.75	0.57	n.d.	0.02	0.74	0.03	0.03	0.73	-7.8	1.3	
2011/7/26	70	5.91	1.65	0.001	1.12	0.18	0.88	0.20	0.13	1.94	n.d.	0.54	0.16	1.79	1.19	n.d.	0.16	1.51	0.12	0.13	1.66	-0.4	0.5	P
2011/8/15	135	4.95	0.95	0.011	0.14	0.07	0.21	0.28	0.05	0.26	n.d.	0.50	n.d.	1.30	0.21	n.d.	0.27	1.26	0.05	0.05	0.97	3.3	1.2	
2011/8/19	81	4.58	1.98	0.027	0.66	0.07	0.48	0.10	0.08	1.02	n.d.	1.27	n.d.	1.70	n.d.	n.d.	0.07	1.54	0.09	0.08	1.99	5.4	0.2	
2011/9/6	202	4.56	1.72	0.028	0.28	0.03	0.38	0.07	0.03	0.54	n.d.	0.77	n.d.	1.66	n.d.	n.d.	0.06	1.60	0.07	0.06	1.70	4.4	-0.4	
2011/9/30	68	5.19	0.79	0.007	0.28	0.22	0.20	0.09	0.05	0.52	n.d.	0.28	n.d.	0.75	0.94	n.d.	0.08	0.68	0.04	0.03	0.73	11.7	-3.9	
2011/10/11	4	4.39	3.40	0.041	1.03	0.28	0.66	0.52	0.21	1.58	n.d.	1.91	0.09	4.31	n.d.	n.d.	0.48	4.05	0.17	0.17	3.50	1.5	1.4	P
2011/10/24	90	4.90	0.96	0.013	0.38	0.08	0.11	0.06	0.04	0.69	n.d.	0.31	n.d.	0.84	0.48	n.d.	0.04	0.75	0.04	0.04	0.94	1.9	-1.1	
2011/11/7	62	4.52	1.68	0.030	0.25	0.21	0.06	0.15	0.10	0.65	n.d.	0.29	n.d.	1.67	n.d.	n.d.	0.14	1.60	0.06	0.06	1.71	5.7	1.0	
2011/11/22	120	4.56	1.47	0.028	0.26	0.07	0.07	0.04	0.03	0.52	n.d.	0.18	n.d.	1.27	n.d.	n.d.	0.03	1.21	0.05	0.04	1.43	5.4	-1.1	
2011/11/28	7	4.57	1.58	0.027	0.36	0.06	0.20	0.22	0.07	0.64	n.d.	0.77	n.d.	1.65	n.d.	n.d.	0.21	1.56	0.07	0.06	1.71	5.2	3.9	
2011/12/13	38	4.55	1.60	0.028	0.22	0.06	0.20	0.20	0.06	0.46	n.d.	0.49	n.d.	1.69	n.d.	n.d.	0.19	1.63	0.06	0.06	1.58	0.2	-0.5	
2011/12/27	3	4.10	18.83	0.080	19.55	0.99	1.41	2.02	2.50	30.86	n.d.	10.35	n.d.	10.17	n.d.	n.d.	1.28	5.26	1.34	1.25	19.03	3.5	0.5	
2012/1/10	2	3.56	25.00	0.278	7.37	0.80	4.80	1.15	1.03	13.12	n.d.	16.69	n.d.	22.47	n.d.	n.d.	0.87	20.62	1.02	1.11	22.64	-3.9	-5.0	
2012/1/24	22	4.46	2.33	0.035	0.16	0.07	0.14	0.13	0.03	0.39	n.d.	0.64	n.d.	2.14	n.d.	n.d.	0.12	2.11	0.06	0.07	1.89	-4.8	-10.6	
2012/2/7	37	4.68	2.05	0.021	0.58	0.09	0.41	0.20	0.07	0.96	n.d.	1.20	n.d.	1.93	n.d.	n.d.	0.18	1.79	0.09	0.09	1.80	0.4	-6.5	
2012/2/21	44	4.39	2.72	0.041	0.28	0.06	0.22	0.08	0.03	0.63	n.d.	0.80	n.d.	2.23	n.d.	n.d.	0.07	2.16	0.07	0.08	2.22	-2.4	-10.0	
2012/3/5	116	4.94	1.81	0.012	0.33	0.07	0.25	0.87	0.08	0.60	n.d.	0.90	n.d.	3.02	0.66	n.d.	0.86	2.94	0.09	0.11	1.67	-6.8	-4.0	
2012/3/21	59	4.59	2.24	0.026	0.19	0.12	0.58	0.32	0.05	0.35	n.d.	1.47	n.d.	2.73	n.d.	n.d.	0.31	2.68	0.09	0.09	2.02	-0.5	-5.2	
2012/4/4	143	4.89	1.62	0.013	0.51	0.07	0.34	0.21	0.06	0.89	n.d.	0.68	n.d.	1.91	n.d.	n.d.	0.19	1.78	0.07	0.08	1.39	-3.1	-7.7	
2012/4/18	51	4.62	1.55	0.024	0.08	0.04	0.08	0.10	0.02	0.21	n.d.	0.38	n.d.	1.79	n.d.	n.d.	0.10	1.77	0.04	0.05	1.32	-10.5	-8.0	
2012/5/1	65	4.54	2.13	0.029	0.17	0.18	0.36	0.10	0.03	0.38	n.d.	0.75	n.d.	2.42	n.d.	n.d.	0.10	2.37	0.07	0.07	1.84	-3.6	-7.4	
2012/5/15	38	4.56	1.88	0.028	0.12	0.10	0.20	0.10	0.02	0.22	n.d.	0.65	n.d.	2.09	n.d.	n.d.	0.09	2.06	0.05	0.06	1.60	-6.2	-8.2	
2012/5/29	14	3.96	6.12	0.111	0.08	0.11	0.38	0.30	0.06	1.48	n.d.	1.21	n.d.	5.41	n.d.	n.d.	0.30	5.39	0.16	0.17	5.51	-5.1	-5.3	
2012/6/13	26	4.01	6.78	0.099	0.16	0.34	1.44	0.54	0.11	1.41	n.d.	2.65	0.14	7.90	n.d.	n.d.	0.54	7.86	0.23	0.25	6.24	-4.6	-4.2	P
2012/6/21	290	5.02	0.60	0.010	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.11	n.d.	0.10	n.d.	0.49	0.34	n.d.	0.01	0.48	0.01	0.02	0.50	-20.1	-9.2	
2012/6/25	165	5.01	0.68	0.010	0.09	0.01	0.04	0.02	0.01	0.18	n.d.	0.22	n.d.	0.50	0.19	n.d.	0.01	0.48	0.02	0.02	0.55	-11.0	-10.6	
2012/7/5	305	4.86	1.20	0.014	0.23	0.03	0.34	0.03	0.02	0.44	n.d.	0.74	n.d.	1.11	0.43	n.d.	0.02	1.05	0.05	0.05	1.09	-7.9	-4.9	
2012/7/10	23	4.60	2.97	0.025	1.11	0.09	0.98	0.17	0.11	1.85	n.d.	2.07	n.d.	2.90	n.d.	n.d.	0.13	2.62	0.15	0.15	2.76	0.7	-3.7	
2012/7/17	(487)	4.69	1.47	0.021	0.18	0.03	0.31	0.08	0.02	0.33	n.d.	0.69	n.d.	1.36	n.d.	n.d.	0.08	1.32	0.05	0.05	1.30	3.4	-6.2	
2012/7/23	56	4.85	1.13	0.014	0.09	0.05	0.25	0.05	0.01	0.20	n.d.	0.79	n.d.	0.97	n.d.	n.d.	0.05	0.94	0.04	0.04	0.94	-3.1	-9.2	
2012/8/8	76	4.29	2.95	0.052	0.04	0.07	0.44	0.08	0.01	0.20	n.d.	1.08	n.d.	3.13	n.d.	n.d.	0.08	3.11	0.08	0.09	2.71	-1.9	-4.2	
2012/8/21	195	4.49	1.92	0.033	0.12	0.02	0.28	0.02	0.01	0.30	n.d.	0.61	n.d.	1.84	n.d.	n.d.	0.02	1.81	0.06	0.06	1.73	-1.1	-5.2	

*¹ 採水期間毎の雨量。括弧書きはオーバーフローのため近接雨量データの値。 Rainfall amount of each sampling period. Adjacent rain gauge data is given in parentheses in case of over flow.*² 水質管理の結果。Pはリン酸の検出を、R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。Results of quality control. P denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d.は検出限界以下、n/aは欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 1. 鹿北試験地3号沢の雨水分析データ (つづき)
Analytical data of rainwater at the Kahoku experimental watershed no.3(Continued).

Date	RF ^{*1} mm	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2012/9/4	55	5.56	0.67	0.003	0.25	0.13	0.22	0.04	0.02	0.49	n.d.	0.31	n.d.	0.73	0.67	n.d.	0.04	0.66	0.03	0.04	0.60	-14.7	-5.2	
2012/9/18	55	4.88	1.26	0.013	0.38	0.08	0.30	0.06	0.03	0.77	n.d.	0.47	n.d.	1.26	0.48	n.d.	0.05	1.17	0.05	0.06	1.18	-7.9	-3.4	
2012/10/2	30	4.80	1.13	0.016	0.08	0.06	0.11	0.08	0.02	0.23	n.d.	0.70	n.d.	1.06	n.d.	n.d.	0.08	1.04	0.03	0.04	0.97	-9.3	-7.8	
2012/10/30	120	4.67	1.51	0.022	0.28	0.27	0.11	0.08	0.03	0.56	n.d.	0.49	n.d.	1.53	n.d.	n.d.	0.07	1.46	0.05	0.06	1.38	-1.8	-4.5	
2012/11/13	49	5.00	1.28	0.010	0.45	0.36	0.19	0.09	0.05	0.80	n.d.	0.47	n.d.	1.50	0.23	n.d.	0.08	1.39	0.06	0.07	1.14	-5.3	-5.7	
2012/11/26	53	4.60	3.24	0.025	1.30	0.23	0.80	0.56	0.18	2.43	n.d.	2.99	n.d.	3.20	n.d.	n.d.	0.51	2.87	0.17	0.18	3.18	-2.4	-1.0	
2012/12/11	22	4.48	5.89	0.033	4.05	0.25	0.69	1.34	0.57	7.28	n.d.	3.96	n.d.	5.44	n.d.	n.d.	1.19	4.42	0.37	0.38	5.95	-2.0	0.5	
2012/12/25	51	4.54	2.39	0.029	0.48	0.11	0.26	0.24	0.06	1.06	n.d.	1.25	n.d.	2.26	n.d.	n.d.	0.22	2.14	0.08	0.10	2.09	-7.3	-6.8	
2013/1/9	36	4.68	1.42	0.021	0.14	0.02	0.07	0.05	0.02	0.36	n.d.	0.39	n.d.	1.25	n.d.	n.d.	0.04	1.22	0.03	0.04	1.14	-9.9	-10.8	
2013/1/21	33	4.78	1.17	0.017	0.17	0.04	0.09	0.08	0.03	0.36	n.d.	0.57	n.d.	0.92	n.d.	n.d.	0.07	0.88	0.04	0.04	0.99	-3.5	-8.3	
2013/2/5	69	4.44	3.10	0.037	0.71	0.14	0.52	0.17	0.07	1.29	n.d.	1.59	n.d.	3.06	n.d.	n.d.	0.14	2.89	0.11	0.13	2.72	-4.8	-6.6	
2013/2/18	88	4.74	1.34	0.018	0.14	0.07	0.30	0.07	0.02	0.29	n.d.	0.52	n.d.	1.68	n.d.	n.d.	0.07	1.64	0.05	0.05	1.23	-3.6	-4.0	
2013/3/5	60	4.55	1.98	0.028	0.24	0.11	0.25	0.11	0.03	0.48	n.d.	0.54	n.d.	2.03	n.d.	n.d.	0.10	1.97	0.06	0.06	1.71	-0.4	-7.3	
2013/3/18	67	4.64	2.99	0.023	0.78	0.23	0.98	0.45	0.13	1.30	n.d.	1.71	n.d.	4.15	n.d.	n.d.	0.42	3.96	0.15	0.15	2.77	-1.0	-3.7	P
2013/4/2	39	4.31	3.50	0.049	0.32	0.12	0.40	0.50	0.08	0.68	n.d.	1.22	n.d.	4.11	n.d.	n.d.	0.48	4.03	0.12	0.12	3.12	-1.9	-5.7	
2013/4/16	50	4.85	2.32	0.014	0.77	0.15	0.53	0.65	0.12	1.28	n.d.	2.23	n.d.	2.78	0.04	n.d.	0.63	2.59	0.12	0.13	2.15	-2.9	-3.8	
2013/4/30	108	4.38	2.79	0.042	0.23	0.13	0.45	0.15	0.04	0.54	n.d.	0.82	n.d.	3.55	n.d.	n.d.	0.14	3.50	0.09	0.10	2.58	-5.9	-3.8	
2013/5/14	29	4.44	2.26	0.037	0.15	0.10	0.21	0.17	0.05	0.38	n.d.	0.86	n.d.	2.61	n.d.	n.d.	0.16	2.58	0.07	0.08	2.10	-6.5	-3.8	
2013/5/28	28	4.79	1.68	0.016	0.17	0.48	0.37	0.24	0.05	0.40	n.d.	0.82	n.d.	2.63	n.d.	n.d.	0.24	2.59	0.07	0.08	1.56	-4.4	-3.6	
2013/6/11	117	4.42	2.01	0.038	0.04	0.04	0.25	0.07	0.02	0.39	n.d.	0.50	n.d.	1.75	n.d.	n.d.	0.07	1.74	0.06	0.06	1.91	3.3	-2.5	
2013/6/25	178	5.06	1.21	0.009	0.58	0.20	0.47	0.08	0.08	0.92	n.d.	0.47	n.d.	1.24	0.53	n.d.	0.05	1.09	0.08	0.07	1.22	0.9	0.5	P
2013/7/9	270	4.78	1.47	0.017	0.41	0.08	0.29	0.02	0.02	0.81	n.d.	0.86	n.d.	1.32	n.d.	n.d.	0.00	1.22	0.06	0.06	1.31	-7.7	-5.9	
2013/7/23	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2013/8/6	130	4.48	2.91	0.033	0.40	0.08	1.05	0.13	0.04	0.65	n.d.	2.64	n.d.	2.96	n.d.	n.d.	0.12	2.85	0.12	0.12	2.68	-0.6	-4.1	
2013/8/20	1	6.07	3.89	0.001	1.05	0.88	2.41	0.93	0.31	1.41	0.09	5.07	n.d.	4.28	1.83	0.02	0.89	4.02	0.27	0.25	3.55	4.6	-4.5	P
2013/8/28	278	5.26	0.56	0.006	0.23	0.01	0.12	0.03	0.03	0.38	n.d.	0.22	n.d.	0.43	0.49	n.d.	0.02	0.37	0.03	0.03	0.53	-7.3	-2.7	
2013/9/5	327	5.06	0.64	0.009	0.22	0.02	0.08	0.03	0.03	0.34	n.d.	0.17	n.d.	0.54	0.33	n.d.	0.02	0.49	0.03	0.03	0.62	-3.3	-1.7	
2013/9/19	6	4.02	6.21	0.096	0.23	0.23	1.75	0.49	0.09	0.50	0.02	2.71	n.d.	7.81	n.d.	n.d.	0.48	7.75	0.24	0.23	6.05	3.1	-1.3	P
2013/10/1	3	4.37	5.48	0.043	1.26	0.74	2.16	1.21	0.28	2.86	0.03	2.81	n.d.	7.22	n.d.	n.d.	1.16	6.90	0.32	0.28	5.41	5.8	-0.6	P
2013/10/15	88	4.74	1.50	0.018	0.41	0.06	0.21	0.08	0.05	0.72	n.d.	0.34	n.d.	1.34	n.d.	n.d.	0.06	1.23	0.06	0.05	1.29	3.7	-7.4	
2013/10/29	72	5.04	0.88	0.009	0.39	0.03	0.07	0.09	0.06	0.70	n.d.	0.28	n.d.	0.59	0.16	n.d.	0.08	0.49	0.04	0.04	0.79	1.6	-5.5	
2013/11/12	42	4.27	3.40	0.054	0.62	0.19	0.62	0.26	0.10	1.05	n.d.	1.35	n.d.	3.46	n.d.	n.d.	0.24	3.31	0.14	0.12	3.38	6.5	-0.3	
2013/11/26	24	4.50	2.69	0.032	1.10	0.16	0.45	0.32	0.16	1.73	n.d.	1.30	n.d.	2.30	n.d.	n.d.	0.28	2.02	0.14	0.12	2.63	7.8	-1.1	
2013/12/10	38	4.43	3.75	0.037	1.27	0.30	0.86	0.68	0.23	2.05	0.02	2.85	n.d.	3.36	n.d.	n.d.	0.63	3.04	0.20	0.17	3.62	7.3	-1.8	
2013/12/24	35	4.49	4.72	0.033	4.07	0.42	0.55	0.30	0.49	6.63	n.d.	1.77	n.d.	2.82	n.d.	n.d.	0.15	1.80	0.31	0.27	4.73	5.5	0.1	

*1 採水期間毎の雨量。括弧書きはオーバーフローのため近接雨量データの値。 Rainfall amount of each sampling period. Adjacent rain gauge data is given in parentheses in case of over flow.

*2 水質管理の結果。Pはリン酸の検出を、R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。

Results of quality control. P denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 1. 鹿北試験地 3 号沢の雨水分析データ (つづき)

Analytical data of rainwater at the Kahoku experimental watershed no.3(Continued).

Date	RF ^{*1} mm	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2014/1/9	25	5.58	2.58	0.003	1.41	0.11	0.52	1.86	0.23	1.75	0.02	2.52	0.17	3.95	1.41	n.d.	1.81	3.60	0.21	0.20	2.72	1.7	2.6	P
2014/1/21	3	3.58	24.30	0.265	9.96	1.01	7.35	2.52	1.42	16.68	0.06	29.07	0.33	23.21	n.d.	n.d.	2.14	20.71	1.37	1.43	26.73	-2.2	4.8	P
2014/2/3	41	5.01	2.04	0.010	0.63	0.43	0.91	0.49	0.10	0.88	n.d.	0.90	0.29	3.31	2.24	n.d.	0.47	3.16	0.13	0.15	2.13	-7.9	2.2	P
2014/2/18	77	4.58	1.66	0.027	0.16	0.08	0.12	0.23	0.04	0.47	n.d.	0.43	n.d.	1.39	n.d.	n.d.	0.22	1.35	0.06	0.05	1.49	7.3	-5.4	
2014/3/4	27	4.39	2.45	0.041	0.13	0.04	0.51	0.14	0.04	0.50	0.02	1.22	n.d.	2.00	n.d.	n.d.	0.14	1.97	0.09	0.08	2.31	6.4	-3.0	
2014/3/18	61	4.72	1.33	0.019	0.19	0.04	0.24	0.11	0.03	0.37	n.d.	0.51	n.d.	1.24	n.d.	n.d.	0.10	1.19	0.05	0.04	1.21	5.6	-4.6	
2014/4/2	149	4.72	1.65	0.019	0.51	0.06	0.45	0.14	0.07	0.78	n.d.	1.00	n.d.	1.54	n.d.	n.d.	0.12	1.42	0.08	0.07	1.59	7.1	-2.0	
2014/4/8	15	6.19	6.01	0.001	2.30	0.35	2.61	4.08	0.56	3.89	0.03	9.05	0.19	8.49	3.42	0.07	3.99	7.91	0.50	0.49	6.65	0.9	5.1	P
2014/4/22	62	4.53	1.72	0.030	0.05	0.05	0.21	0.13	0.03	0.34	n.d.	0.47	n.d.	1.46	n.d.	n.d.	0.12	1.45	0.05	0.05	1.56	5.7	-5.0	
2014/5/7	21	4.69	2.82	0.021	0.66	0.30	1.30	0.57	0.17	1.05	0.03	2.21	n.d.	4.06	n.d.	n.d.	0.54	3.90	0.17	0.15	2.85	6.6	0.4	
2014/5/21	121	4.62	1.35	0.024	0.02	0.04	0.14	0.08	0.01	0.14	n.d.	0.32	n.d.	1.39	n.d.	0.01	0.08	1.38	0.04	0.04	1.24	1.0	-4.6	
2014/6/4	33	4.74	1.40	0.018	0.06	0.10	0.27	0.33	0.06	0.26	n.d.	0.78	n.d.	1.57	n.d.	0.03	0.33	1.56	0.06	0.05	1.31	6.1	-3.3	
2014/6/17	29	4.83	1.45	0.015	0.06	0.16	0.60	0.29	0.05	0.24	n.d.	0.95	n.d.	2.03	n.d.	0.02	0.29	2.01	0.07	0.06	1.41	6.8	-1.2	
2014/7/2	134	4.39	2.04	0.041	0.01	0.03	0.08	0.05	0.01	0.25	n.d.	0.27	n.d.	1.88	n.d.	0.02	0.05	1.88	0.05	0.05	1.89	-0.4	-3.9	
2014/7/8	224	4.88	0.87	0.013	0.08	0.02	0.13	0.05	0.02	0.18	n.d.	0.42	n.d.	0.69	n.d.	n.d.	0.04	0.67	0.03	0.03	0.76	3.2	-7.2	
2014/7/15	67	4.55	1.94	0.028	0.21	0.05	0.60	0.12	0.04	0.47	n.d.	1.23	n.d.	1.81	n.d.	0.01	0.11	1.76	0.08	0.07	1.88	6.8	-1.4	
2014/8/1	62	4.77	1.46	0.017	0.15	0.07	0.52	0.14	0.04	0.46	n.d.	0.78	n.d.	1.52	n.d.	0.02	0.13	1.48	0.06	0.06	1.35	6.1	-3.7	
2014/8/12	303	4.97	0.95	0.011	0.16	0.07	0.38	0.08	0.03	0.31	n.d.	0.55	n.d.	1.08	0.04	0.01	0.07	1.04	0.05	0.04	0.93	7.9	-1.2	P
2014/8/27	183	5.11	0.80	0.008	0.19	0.04	0.32	0.08	0.04	0.34	n.d.	0.44	n.d.	0.80	0.24	0.01	0.07	0.75	0.04	0.04	0.77	1.8	-1.8	
2014/9/10	82	4.55	1.70	0.028	0.07	0.03	0.43	0.09	0.03	0.19	n.d.	1.00	n.d.	1.67	n.d.	0.02	0.09	1.65	0.06	0.06	1.65	5.1	-1.3	
2014/9/25	50	4.59	1.74	0.026	0.20	0.08	0.30	0.12	0.04	0.51	n.d.	0.77	n.d.	1.43	n.d.	0.02	0.11	1.38	0.06	0.06	1.57	4.6	-5.2	
2014/10/7	21	3.97	5.54	0.108	0.41	0.31	0.33	0.36	0.09	1.31	n.d.	1.36	n.d.	5.41	n.d.	0.04	0.35	5.30	0.18	0.17	5.52	1.6	-0.2	
2014/10/21	61	5.55	0.77	0.003	0.58	0.16	0.04	0.19	0.08	1.10	n.d.	0.09	n.d.	0.42	1.02	0.02	0.17	0.28	0.05	0.06	0.76	-6.1	-0.8	
2014/11/6	50	4.94	0.98	0.012	0.15	0.04	0.28	0.11	0.04	0.29	n.d.	0.55	0.03	1.05	n.d.	n.d.	0.10	1.02	0.04	0.04	0.91	4.4	-3.8	P
2014/11/20	29	4.53	1.87	0.030	0.41	0.04	0.16	0.15	0.08	0.79	n.d.	0.48	0.16	1.64	n.d.	0.02	0.13	1.54	0.07	0.07	1.77	1.2	-2.7	P
2014/12/4	84	4.83	1.44	0.015	0.55	0.06	0.26	0.17	0.08	0.89	n.d.	0.55	n.d.	1.39	n.d.	0.02	0.15	1.26	0.07	0.06	1.32	4.9	-4.2	
2014/12/18	28	4.35	4.10	0.045	1.90	0.11	0.45	0.40	0.24	3.10	n.d.	1.63	n.d.	3.50	n.d.	0.03	0.33	3.02	0.19	0.19	3.84	2.1	-3.3	
2014/12/29	25	4.41	2.31	0.039	0.44	0.03	0.13	0.12	0.06	0.91	n.d.	0.80	n.d.	1.71	n.d.	0.02	0.11	1.60	0.08	0.07	2.15	1.8	-3.6	

*¹ 採水期間毎の雨量。括弧書きはオーバーフローのため近接雨量データの値。 Rainfall amount of each sampling period. Adjacent raingage data is given in parentheses in case of over flow.

*² 水質管理の結果。Pはリン酸の検出を、R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。

Results of quality control. P denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の溪流水分析データ
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3.

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2000/9/5	1.94	6.71	3.14	0.20	3.97	0.36	0.04	0.49	2.38	1.99	n.d.	0.37	0.18	2.68	13.58	n/a	1.68	0.40	0.35	4.09	7.8	13.1	R2
2000/10/3	1.58	6.96	3.34	0.11	4.04	0.43	0.04	0.56	2.70	1.98	n.d.	0.80	0.19	2.73	14.26	n/a	1.72	0.44	0.37	4.38	9.2	13.5	R1, R2
2000/10/31	0.61	7.02	3.44	0.10	4.10	0.39	n.d.	0.56	2.90	1.98	n.d.	0.43	0.13	2.87	17.87	n/a	1.84	0.46	0.42	4.69	4.1	15.4	R2
2000/11/15	1.46	7.18	3.62	0.07	4.12	0.47	0.05	0.60	3.05	2.22	n.d.	0.35	0.23	3.18	14.53	n/a	2.15	0.48	0.38	4.68	11.1	12.7	R1, R2
2000/11/30	0.99	6.93	3.35	0.12	4.15	0.41	0.04	0.54	2.75	2.04	n.d.	0.33	0.19	2.86	15.93	n/a	1.82	0.45	0.39	4.52	6.8	14.9	R2
2000/12/28	0.75	6.89	3.89	0.13	4.03	0.33	n.d.	0.56	2.97	2.00	n.d.	0.24	0.16	2.95	16.99	n/a	1.94	0.46	0.41	4.63	5.9	8.7	
2001/1/30	1.06	7.21	3.89	0.06	4.00	0.36	n.d.	3.02	0.62	2.04	n.d.	0.52	0.15	3.00	15.66	n/a	2.87	0.38	0.39	4.28	-0.6	4.8	
2001/2/26	0.75	7.19	4.10	0.07	4.00	0.21	n.d.	3.17	0.64	2.05	n.d.	0.60	n.d.	2.91	16.99	n/a	3.02	0.39	0.41	4.37	-2.0	3.2	
2001/3/26	0.56	7.11	4.29	0.08	3.79	0.22	n.d.	3.27	0.65	2.04	n.d.	0.63	n.d.	3.16	18.26	n/a	3.13	0.39	0.43	4.49	-5.5	2.3	
2001/4/27	0.48	7.25	4.43	0.06	4.07	0.24	n.d.	3.49	0.68	2.03	n.d.	0.46	n.d.	2.99	18.89	n/a	3.34	0.41	0.44	4.63	-2.7	2.2	
2001/5/29	0.39	6.83	4.54	0.15	4.02	0.26	n.d.	4.08	0.73	2.00	n.d.	0.54	n.d.	3.00	19.82	n/a	3.93	0.45	0.45	4.90	-0.8	3.8	
2001/6/26	1.73	6.85	3.52	0.14	3.88	0.31	n.d.	2.47	0.55	2.06	n.d.	0.53	n.d.	2.87	13.96	n/a	2.32	0.35	0.36	3.88	-1.4	4.9	
2001/7/19	5.49	6.84	2.79	0.15	3.50	0.27	n.d.	1.43	0.39	2.14	n.d.	0.23	n.d.	2.66	10.61	n/a	1.30	0.26	0.29	3.12	-5.5	5.5	
2001/7/31	2.66	6.97	3.11	0.11	3.89	0.23	0.09	1.76	0.44	2.10	n.d.	0.23	n.d.	2.55	12.60	n/a	1.61	0.30	0.32	3.47	-2.9	5.5	
2001/8/30	4.09	6.67	3.65	0.22	3.63	0.56	n.d.	2.80	0.64	2.08	n.d.	1.39	n.d.	3.96	11.38	n/a	2.66	0.36	0.35	4.11	2.1	6.0	R2
2001/9/17	0.72	6.68	3.47	0.21	4.27	0.35	0.14	2.70	0.56	2.06	0.05	0.46	n.d.	2.68	17.15	n/a	2.54	0.38	0.40	4.30	-2.4	10.7	
2001/9/26	0.66	6.84	3.71	0.15	4.22	0.28	n.d.	2.77	0.57	2.11	n.d.	0.53	n.d.	2.96	17.50	n/a	2.61	0.38	0.42	4.33	-5.1	7.8	
2001/10/10	0.64	6.80	3.73	0.16	4.12	0.34	n.d.	2.91	0.60	2.05	n.d.	0.50	n.d.	2.84	17.68	n/a	2.75	0.38	0.41	4.36	-4.0	7.7	
2001/10/25	0.51	6.99	3.77	0.10	4.13	0.29	n.d.	3.13	0.63	2.05	n.d.	0.51	n.d.	2.89	18.67	n/a	2.97	0.40	0.43	4.51	-4.5	8.9	
2001/11/8	0.78	7.10	3.84	0.08	4.18	0.26	n.d.	3.21	0.62	2.09	n.d.	0.48	n.d.	3.03	16.82	n/a	3.05	0.40	0.41	4.42	-0.7	7.1	
2001/11/30	1.83	6.89	3.57	0.13	4.08	0.38	n.d.	2.85	0.58	2.10	n.d.	0.68	n.d.	3.07	13.76	n/a	2.69	0.38	0.36	4.11	2.4	7.0	
2001/12/11	0.72	7.06	3.83	0.09	4.17	0.25	n.d.	3.27	0.61	2.10	n.d.	0.25	n.d.	3.00	17.15	n/a	3.11	0.40	0.41	4.43	-0.7	7.2	
2001/12/25	0.58	7.01	3.82	0.10	4.28	0.21	n.d.	3.15	0.59	2.10	n.d.	0.28	n.d.	3.14	18.06	n/a	2.99	0.40	0.43	4.49	-3.4	8.1	
2002/1/11	0.53	7.33	4.04	0.05	4.61	0.23	n.d.	1.21	0.43	2.26	n.d.	0.29	n.d.	3.21	18.46	n/a	1.03	0.30	0.44	4.00	-18.3	-0.5	R1
2002/1/25	0.46	7.15	3.82	0.07	3.89	0.29	n.d.	3.36	0.62	2.10	n.d.	0.32	n.d.	3.10	19.11	n/a	3.21	0.40	0.44	4.57	-5.6	9.0	
2002/2/14	0.48	7.22	3.91	0.06	4.18	0.27	n.d.	3.52	0.63	2.00	n.d.	0.33	n.d.	3.03	18.89	n/a	3.36	0.42	0.43	4.63	-2.1	8.5	
2002/2/28	0.78	7.04	4.12	0.09	4.14	0.39	n.d.	3.63	0.68	2.26	n.d.	0.47	n.d.	2.90	16.82	n/a	3.47	0.43	0.41	4.60	2.4	5.6	
2002/3/15	0.53	7.17	4.11	0.07	4.10	0.32	n.d.	3.62	0.62	1.90	n.d.	0.00	n.d.	2.81	18.46	n/a	3.46	0.42	0.41	4.53	0.4	4.8	
2002/3/29	0.58	7.05	3.91	0.09	4.17	0.33	n.d.	3.74	0.64	1.99	n.d.	0.28	n.d.	3.23	18.06	n/a	3.58	0.43	0.42	4.68	0.6	9.0	
2002/4/15	0.61	7.03	4.13	0.09	4.22	0.34	n.d.	3.75	0.66	2.01	n.d.	0.34	n.d.	3.01	17.87	n/a	3.59	0.43	0.42	4.67	1.9	6.1	
2002/4/26	0.85	7.22	3.82	0.06	4.04	0.32	n.d.	3.44	0.61	2.05	n.d.	0.28	n.d.	2.95	16.51	n/a	3.29	0.41	0.39	4.40	1.4	7.1	
2002/5/14	1.44	7.13	3.71	0.07	3.95	0.33	n.d.	2.89	0.55	2.00	n.d.	0.36	n.d.	2.81	14.57	n/a	2.74	0.37	0.36	4.03	1.4	4.1	
2002/5/31	1.26	7.19	3.60	0.07	3.98	0.33	n.d.	2.76	0.54	1.99	n.d.	0.29	n.d.	2.91	15.03	n/a	2.61	0.36	0.37	4.03	-0.5	5.6	
2002/6/11	1.06	7.17	3.74	0.07	3.83	0.38	n.d.	2.95	0.58	2.05	n.d.	0.33	n.d.	2.87	15.66	n/a	2.80	0.37	0.38	4.14	-1.1	5.0	
2002/6/24	2.28	6.84	3.32	0.15	3.27	0.46	n.d.	2.60	0.53	1.49	n.d.	0.45	n.d.	2.72	13.07	n/a	2.48	0.33	0.32	3.59	1.2	3.9	
2002/7/16	0.99	7.18	3.92	0.07	4.11	0.36	n.d.	2.94	0.56	1.98	n.d.	0.22	n.d.	2.79	15.93	n/a	2.78	0.38	0.38	4.16	0.3	3.0	
2002/7/30	1.68	6.91	3.50	0.12	3.97	0.34	n.d.	2.26	0.48	2.02	n.d.	0.14	n.d.	2.88	14.05	n/a	2.11	0.33	0.35	3.77	-2.3	3.7	

*1 採取時の溪流水流出量。 Runoff rate when sampling.

*2 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。 Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.
n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地3号沢の渓流水分析データ (つづき)
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2002/8/9	1.26	7.08	3.77	0.08	4.06	0.33	n.d.	2.38	0.53	2.02	n.d.	0.32	n.d.	2.75	15.03	n/a	2.23	1.73	0.35	0.37	3.91	-2.6	1.9	
2002/8/28	1.14	7.13	3.95	0.07	4.14	0.34	n.d.	2.54	0.56	2.01	n.d.	0.33	n.d.	2.79	15.40	n/a	2.38	1.75	0.36	0.37	4.03	-1.5	1.0	
2002/9/13	0.88	7.19	4.07	0.07	4.25	0.35	n.d.	2.74	0.58	2.03	n.d.	0.35	n.d.	2.81	16.36	n/a	2.58	1.74	0.38	0.39	4.20	-1.5	1.6	
2002/9/26	0.72	7.36	4.14	0.04	4.26	0.33	n.d.	2.84	0.58	2.01	n.d.	0.34	n.d.	2.86	17.15	n/a	2.68	1.79	0.38	0.40	4.29	-2.5	1.8	
2002/10/7	0.78	7.32	4.31	0.05	4.21	0.35	n.d.	2.89	0.63	2.11	n.d.	0.29	n.d.	2.94	17.15	n/a	2.73	1.88	0.39	0.41	4.35	-2.3	0.4	
2002/10/29	0.58	6.69	3.99	0.21	4.19	0.29	n.d.	2.97	0.59	2.07	n.d.	0.32	n.d.	2.89	18.06	n/a	2.81	1.84	0.39	0.42	4.40	-4.1	4.8	
2002/11/22	0.78	6.73	4.17	0.19	4.24	0.38	n.d.	3.09	0.65	2.24	n.d.	0.23	n.d.	3.05	16.82	n/a	2.93	1.99	0.40	0.41	4.45	-0.5	3.2	
2002/11/26	0.46	6.79	4.11	0.16	4.17	0.29	n.d.	3.16	0.63	2.06	n.d.	n.d.	n.d.	2.78	19.11	n/a	3.00	1.73	0.40	0.43	4.48	-3.7	4.3	
2002/12/13	0.46	6.70	4.10	0.20	4.10	0.29	n.d.	3.24	0.64	2.07	n.d.	0.23	n.d.	2.97	19.11	n/a	3.08	1.94	0.40	0.44	4.56	-4.4	5.3	
2002/12/25	0.53	7.17	4.24	0.07	4.17	0.35	n.d.	3.15	0.67	2.07	n.d.	0.32	n.d.	3.45	18.46	n/a	2.99	2.40	0.40	0.44	4.61	-4.2	4.2	
2003/1/14	0.44	6.82	4.30	0.15	4.11	0.25	n.d.	3.70	0.65	2.22	n.d.	0.35	n.d.	3.26	19.34	n/a	3.54	2.23	0.42	0.45	4.80	-3.4	5.5	
2003/1/30	0.44	6.99	4.40	0.10	4.09	0.25	n.d.	3.67	0.67	2.38	n.d.	0.31	0.20	3.38	19.34	n/a	3.51	2.35	0.42	0.47	4.89	-4.8	5.3	
2003/2/7	0.37	7.06	4.30	0.09	4.15	0.28	n.d.	3.81	0.68	2.30	n.d.	0.34	n.d.	3.38	20.08	n/a	3.65	2.34	0.43	0.47	4.95	-4.0	7.0	
2003/2/24	0.51	6.92	4.30	0.12	4.17	0.31	n.d.	3.76	0.69	2.42	n.d.	0.52	n.d.	3.41	18.67	n/a	3.60	2.36	0.43	0.45	4.90	-2.2	6.5	
2003/3/7	0.78	7.06	4.40	0.09	3.80	0.34	n.d.	3.47	0.66	2.45	n.d.	0.36	n.d.	3.47	16.82	n/a	3.33	2.52	0.40	0.42	4.59	-2.6	2.1	
2003/3/25	0.48	7.17	4.60	0.07	4.25	0.30	n.d.	3.91	0.69	2.24	n.d.	0.42	n.d.	3.34	18.89	n/a	3.75	2.27	0.44	0.45	4.91	-0.5	3.3	
2003/4/15	0.30	7.21	4.80	0.06	4.40	0.33	n.d.	4.08	0.71	2.23	n.d.	0.51	n.d.	3.37	21.19	n/a	3.91	2.27	0.46	0.49	5.19	-2.8	3.9	
2003/4/28	0.82	7.17	4.20	0.07	4.07	0.32	n.d.	3.27	0.63	2.31	n.d.	0.45	n.d.	3.17	16.66	n/a	3.12	2.15	0.40	0.41	4.49	-1.4	3.3	
2003/5/16	1.26	7.12	4.20	0.08	3.71	0.33	n.d.	3.21	0.62	2.34	n.d.	0.38	n.d.	3.25	15.03	n/a	3.07	2.32	0.38	0.39	4.28	-0.7	1.0	
2003/5/30	0.48	7.18	4.50	0.07	4.38	0.36	n.d.	3.62	0.65	2.23	n.d.	0.49	n.d.	3.24	18.89	n/a	3.45	2.14	0.43	0.45	4.84	-1.6	3.6	
2003/6/13	0.48	7.15	4.60	0.07	4.32	0.39	n.d.	3.80	0.69	2.21	n.d.	0.42	n.d.	3.34	18.89	n/a	3.64	2.26	0.44	0.45	4.90	-0.4	3.2	
2003/6/30	2.34	7.11	3.80	0.08	3.83	0.33	n.d.	2.56	0.55	2.30	0.07	0.36	n.d.	3.07	12.99	n/a	2.41	2.11	0.35	0.35	3.89	0.1	1.2	
2003/7/16	4.90	7.03	3.20	0.09	3.62	0.29	n.d.	1.80	0.44	2.28	n.d.	0.23	n.d.	2.86	10.90	n/a	1.66	1.95	0.29	0.31	3.36	-2.5	2.5	
2003/7/25	5.70	7.00	3.10	0.10	3.55	0.29	n.d.	1.74	0.43	2.27	n.d.	0.25	n.d.	2.79	10.52	n/a	1.61	1.90	0.28	0.30	3.29	-2.5	2.9	
2003/8/27	2.93	7.00	3.30	0.10	3.51	0.31	n.d.	2.08	0.49	2.17	n.d.	0.42	n.d.	2.76	12.31	n/a	1.95	1.88	0.30	0.33	3.53	-3.5	3.4	
2003/9/29	1.48	7.04	3.70	0.09	3.88	0.30	n.d.	2.36	0.53	2.24	n.d.	0.35	n.d.	2.77	14.47	n/a	2.21	1.80	0.34	0.36	3.88	-3.7	2.3	
2003/10/31	0.88	6.69	3.40	0.21	4.20	0.31	n.d.	2.61	0.55	2.25	n.d.	0.44	n.d.	2.95	16.36	n/a	2.45	1.90	0.37	0.40	4.22	-4.4	10.7	R2
2003/11/28	0.95	6.84	3.70	0.15	4.19	0.41	n.d.	2.79	0.61	2.34	n.d.	0.52	n.d.	3.06	16.07	n/a	2.63	2.01	0.38	0.40	4.34	-2.4	7.9	
2003/12/26	0.64	6.82	3.70	0.15	4.31	0.29	n.d.	3.06	0.60	2.24	n.d.	0.39	n.d.	3.16	17.68	n/a	2.90	2.08	0.40	0.43	4.51	-3.4	9.9	R2
2004/1/30	0.46	6.86	3.90	0.14	4.19	0.24	n.d.	2.93	0.59	2.18	n.d.	0.26	n.d.	3.25	19.11	n/a	2.77	2.20	0.38	0.45	4.53	-7.6	7.4	
2004/3/3	0.48	6.87	4.30	0.14	4.24	0.32	n.d.	2.02	0.48	2.37	n.d.	0.67	n.d.	3.40	18.89	n/a	1.86	2.34	0.33	0.46	4.33	-15.8	0.3	R1
2004/3/26	0.46	7.08	4.40	0.08	4.27	0.32	n.d.	2.17	0.49	2.41	n.d.	0.59	n.d.	3.38	19.11	n/a	2.01	2.31	0.34	0.46	4.40	-14.7	0.0	R1
2004/4/30	0.48	7.17	4.50	0.07	4.34	0.36	n.d.	2.16	0.49	2.36	n.d.	0.27	n.d.	3.27	18.89	n/a	2.00	2.18	0.35	0.45	4.33	-12.9	-1.9	R1
2004/5/31	1.48	6.85	3.80	0.14	3.84	0.45	0.02	1.86	0.48	2.19	n.d.	0.77	n.d.	3.13	14.47	n/a	1.71	2.17	0.31	0.38	3.83	-9.3	0.4	R1
2004/7/1	2.28	6.74	3.50	0.18	3.95	0.36	n.d.	1.39	0.39	2.42	n.d.	0.35	n.d.	2.98	13.07	n/a	1.24	1.99	0.28	0.35	3.53	-10.7	0.4	R1
2004/7/30	0.95	6.93	3.90	0.12	4.24	0.38	n.d.	1.96	0.48	2.33	n.d.	0.58	n.d.	3.00	16.07	n/a	1.80	1.94	0.33	0.40	4.03	-9.5	1.7	R1
2004/9/2	0.82	6.90	3.70	0.13	4.36	0.40	n.d.	1.74	0.44	2.39	n.d.	0.46	n.d.	2.98	16.66	n/a	1.57	1.89	0.32	0.41	4.02	-11.9	4.1	R1

*1 採取時の渓流水流出量。Runoff rate when sampling

*2 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2004/10/1	1.58	6.73	3.50	0.19	4.16	0.45	n.d.	1.48	0.43	2.61	n.d.	0.42	n.d.	3.02	14.26	n/a	1.32	1.98	0.30	0.38	3.78	-11.1	3.8	R1
2004/10/29	1.18	6.72	3.80	0.19	8.19	0.98	n.d.	4.63	1.15	5.01	n.d.	1.17	0.26	6.01	15.27	n/a	4.32	3.95	0.71	0.54	7.24	13.1	31.1	R1, R2
2004/11/30	0.88	6.56	3.50	0.28	4.19	0.37	n.d.	2.08	0.51	2.41	n.d.	0.37	n.d.	3.10	16.36	n/a	1.92	2.05	0.34	0.41	4.10	-9.2	7.9	R1
2004/12/28	0.78	6.64	3.50	0.23	4.34	0.35	n.d.	1.50	0.39	2.44	n.d.	0.38	n.d.	3.11	16.82	n/a	1.34	2.02	0.30	0.42	3.95	-15.3	6.0	R1
2005/2/1	0.70	7.17	4.15	0.07	4.45	0.34	n.d.	3.06	0.65	3.24	n.d.	0.35	0.15	3.10	n/a	n/a	2.89	1.98	0.41	0.17	3.52	42.1	-8.3	R1
2005/2/28	0.73	7.21	3.90	0.06	4.22	0.35	n.d.	2.86	0.60	2.38	n.d.	0.56	0.12	2.95	n/a	n/a	2.70	1.89	0.38	0.14	3.19	46.2	-10.0	R1, R2
2005/3/25	1.26	7.20	3.59	0.06	4.06	0.34	n.d.	2.84	0.61	2.49	n.d.	0.80	0.15	2.93	n/a	n/a	2.69	1.91	0.38	0.15	3.21	43.4	-5.6	R1
2005/4/28	0.77	7.28	4.68	0.05	4.39	0.41	n.d.	2.93	0.59	2.31	n.d.	0.52	0.16	2.99	17.12	8.10	2.76	1.89	0.40	0.42	4.50	-3.1	-1.9	
2005/5/31	1.01	7.35	4.60	0.05	4.27	0.38	n.d.	3.16	0.61	2.28	n.d.	0.59	0.16	2.91	16.39	8.07	3.00	1.84	0.40	0.41	4.48	-0.6	-1.3	
2005/6/14	0.87	7.33	4.44	0.05	4.27	0.46	n.d.	3.33	0.65	2.28	n.d.	0.57	0.18	2.89	17.31	8.28	3.17	1.82	0.42	0.42	4.63	-0.7	2.1	
2005/6/21	0.82	7.25	4.53	0.06	4.32	0.43	n.d.	3.42	0.66	2.25	n.d.	0.64	0.17	2.89	17.66	8.42	3.26	1.81	0.42	0.43	4.69	-0.6	1.8	
2005/6/28	1.39	7.18	4.57	0.07	4.06	0.59	n.d.	3.41	0.69	2.44	n.d.	1.07	0.18	3.01	16.06	6.91	3.26	1.99	0.42	0.42	4.67	0.1	1.1	
2005/7/6	5.31	7.01	4.01	0.10	3.72	0.43	n.d.	2.45	0.55	2.64	n.d.	2.01	0.14	2.75	11.17	6.72	2.31	1.82	0.34	0.35	3.97	-1.6	-0.6	
2005/7/11	17.98	6.84	2.98	0.15	3.19	0.36	n.d.	1.33	0.36	2.58	n.d.	0.78	0.05	2.69	6.83	6.23	1.21	1.89	0.24	0.25	2.92	-2.2	-1.0	
2005/7/14	7.76	7.02	3.23	0.10	3.59	0.36	n.d.	1.50	0.39	2.60	n.d.	0.60	0.12	2.61	9.08	6.84	1.36	1.71	0.27	0.29	3.22	-3.1	-0.1	
2005/7/20	4.06	7.11	3.48	0.08	3.81	0.36	n.d.	1.70	0.41	2.40	n.d.	0.34	0.12	2.63	10.86	7.46	1.56	1.67	0.29	0.31	3.40	-2.7	-1.2	
2005/8/5	2.20	7.11	3.71	0.08	4.00	0.40	0.02	2.05	0.47	2.44	n.d.	0.44	0.15	2.63	12.79	7.63	1.90	1.63	0.33	0.35	3.75	-2.8	0.6	
2005/8/19	1.59	7.14	3.99	0.07	4.12	0.36	n.d.	2.33	0.52	2.31	n.d.	0.46	0.18	2.70	13.97	7.81	2.17	1.67	0.35	0.36	3.95	-2.2	-0.6	
2005/8/25	1.35	7.13	4.14	0.07	4.13	0.40	0.02	2.49	0.55	2.29	n.d.	0.46	0.16	2.69	14.56	7.81	2.33	1.65	0.36	0.37	4.06	-1.5	-1.0	
2005/8/30	1.59	7.15	4.21	0.07	4.19	0.39	n.d.	2.51	0.54	2.28	n.d.	0.50	0.16	2.71	14.57	7.91	2.35	1.66	0.36	0.37	4.07	-1.4	-1.7	
2005/9/7	2.52	7.05	4.10	0.09	3.95	0.45	n.d.	2.46	0.56	2.44	n.d.	1.52	0.15	2.68	12.64	7.29	2.31	1.69	0.35	0.36	4.03	-1.2	-0.9	
2005/9/29	1.01	7.12	4.52	0.08	4.28	0.40	n.d.	2.83	0.58	2.31	n.d.	0.52	0.19	2.78	15.47	8.02	2.67	1.71	0.39	0.39	4.29	-0.7	-2.6	
2005/10/7	0.95	7.19	4.46	0.07	4.29	0.44	n.d.	2.97	0.61	2.31	n.d.	0.51	0.18	2.77	16.45	7.94	2.81	1.69	0.40	0.41	4.42	-1.2	-0.4	
2005/10/19	0.84	7.29	4.51	0.05	4.27	0.40	n.d.	3.04	0.61	2.30	n.d.	0.54	0.16	2.83	16.35	8.15	2.88	1.76	0.40	0.41	4.43	-0.9	-0.9	
2005/10/27	0.83	7.25	4.46	0.06	4.37	0.43	n.d.	3.01	0.61	2.46	n.d.	0.56	0.17	2.96	16.70	8.10	2.84	1.86	0.40	0.42	4.54	-2.1	0.9	
2005/11/8	0.92	7.27	4.80	0.05	4.17	0.43	n.d.	3.12	0.63	2.30	n.d.	0.76	0.16	2.88	16.32	7.94	2.96	1.83	0.40	0.41	4.48	-1.2	-3.4	
2005/11/22	0.76	7.19	4.63	0.07	4.22	0.37	n.d.	3.20	0.62	2.29	n.d.	0.40	0.13	2.95	16.92	8.06	3.04	1.89	0.40	0.41	4.50	-1.3	-1.4	
2005/11/29	0.81	7.22	4.74	0.06	4.27	0.34	n.d.	3.28	0.64	2.35	n.d.	0.37	0.14	3.04	16.98	8.01	3.12	1.97	0.41	0.42	4.58	-0.8	-1.7	
2005/12/14	0.65	7.01	4.55	0.10	3.84	0.25	n.d.	3.31	0.63	2.20	n.d.	0.37	n.d.	3.12	16.32	8.08	3.16	2.16	0.39	0.40	4.38	-1.2	-1.9	
2005/12/20	0.59	7.23	4.80	0.06	3.89	0.29	n.d.	3.42	0.59	2.03	n.d.	n.d.	n.d.	2.98	16.93	8.17	3.27	2.00	0.40	0.40	4.35	-0.1	-5.0	
2005/12/27	0.59	7.23	4.86	0.06	3.82	0.35	n.d.	3.43	0.59	2.12	n.d.	n.d.	n.d.	2.99	17.18	8.14	3.29	2.04	0.39	0.40	4.38	-1.1	-5.2	
2006/1/9	0.53	7.26	4.80	0.06	3.85	0.22	n.d.	3.53	0.59	2.04	n.d.	0.26	n.d.	3.11	17.61	8.10	3.39	2.14	0.40	0.41	4.46	-2.0	-3.7	
2006/1/19	0.51	7.33	4.91	0.05	3.94	0.36	n.d.	3.67	0.62	2.04	n.d.	n.d.	n.d.	2.99	18.04	7.98	3.52	2.00	0.41	0.42	4.54	-0.2	-3.9	
2006/2/2	0.48	7.26	5.05	0.06	3.92	0.37	n.d.	3.75	0.62	2.03	n.d.	n.d.	n.d.	3.08	18.40	8.04	3.60	2.10	0.42	0.42	4.61	-0.5	-4.6	
2006/2/10	0.48	7.29	5.02	0.05	3.85	0.27	0.03	3.70	0.62	2.01	n.d.	0.39	n.d.	3.03	17.91	8.00	3.55	2.06	0.41	0.42	4.56	-1.0	-4.8	
2006/2/21	0.51	7.34	4.84	0.05	3.91	0.29	n.d.	3.74	0.61	2.05	n.d.	0.00	n.d.	3.06	18.34	8.00	3.59	2.08	0.41	0.42	4.57	-0.9	-2.8	
2006/3/7	0.67	7.29	4.84	0.05	3.86	0.35	0.08	3.70	0.63	2.16	n.d.	0.92	n.d.	3.05	17.58	7.64	3.55	2.08	0.42	0.43	4.67	-1.1	-1.8	

*¹ 採取時の渓流水流出量。Runoff rate when sampling.

*² 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.
n.d.は検出限界以下、n/aは欠測または計算不能を示す。N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2006/3/23	0.53	7.38	4.84	0.04	3.99	0.33	n.d.	3.79	0.64	2.06	n.d.	0.65	n.d.	3.06	18.54	7.87	3.64	2.05	0.42	0.44	4.71	-1.5	-1.3	
2006/4/4	0.87	7.31	4.83	0.05	3.82	0.33	n.d.	3.66	0.63	2.11	n.d.	1.03	n.d.	3.20	17.11	7.46	3.52	2.24	0.41	0.42	4.61	-1.6	-2.3	
2006/4/5	2.02	7.22	4.43	0.06	3.56	0.34	n.d.	3.35	0.61	2.32	n.d.	1.81	n.d.	3.02	14.39	6.72	3.22	2.12	0.38	0.39	4.37	-1.6	-0.7	
2006/4/18	1.17	7.38	4.46	0.04	3.78	0.32	n.d.	3.27	0.58	2.16	n.d.	0.85	n.d.	2.95	16.09	7.68	3.13	2.00	0.38	0.40	4.34	-2.1	-1.4	
2006/5/2	0.80	7.38	4.74	0.04	3.97	0.38	n.d.	3.48	0.60	2.07	n.d.	0.61	n.d.	2.95	17.87	8.04	3.33	1.95	0.41	0.42	4.55	-2.0	-2.1	
2006/5/9	0.94	7.32	4.72	0.05	3.89	0.36	n.d.	3.57	0.61	2.11	n.d.	0.37	n.d.	2.95	17.45	8.04	3.42	1.97	0.41	0.41	4.50	-0.7	-2.3	
2006/5/15	2.08	7.29	4.71	0.05	3.71	0.33	n.d.	2.92	0.53	2.19	n.d.	n.d.	n.d.	2.85	14.76	7.55	2.78	1.92	0.36	0.36	3.99	-0.5	-8.2	
2006/6/1	1.69	7.36	4.28	0.04	3.83	0.30	n.d.	3.12	0.56	2.10	n.d.	0.61	n.d.	2.82	16.51	7.89	2.97	1.86	0.38	0.40	4.26	-2.9	-0.2	
2006/6/13	1.05	7.32	4.46	0.05	3.87	0.33	n.d.	3.18	0.56	2.11	n.d.	0.56	n.d.	2.92	16.38	8.11	3.03	1.95	0.38	0.40	4.30	-2.0	-1.8	
2006/6/26	26.09	6.84	2.98	0.15	3.08	0.39	n.d.	1.90	0.69	2.40	n.d.	0.95	n.d.	3.07	6.61	5.83	1.78	2.30	0.30	0.26	3.23	7.3	4.1	
2006/7/7	8.57	7.07	3.13	0.09	2.75	0.24	n.d.	1.70	0.41	2.28	n.d.	0.91	n.d.	2.94	8.87	6.96	1.59	2.25	0.24	0.29	3.06	-7.8	-1.1	
2006/7/11	5.31	7.22	3.28	0.06	3.30	0.24	n.d.	1.85	0.40	2.21	n.d.	n.d.	n.d.	2.68	10.40	7.28	1.73	1.86	0.28	0.29	3.17	-2.4	-1.7	
2006/7/19	7.63	7.07	3.34	0.09	2.84	0.40	n.d.	2.15	0.49	1.80	n.d.	1.86	n.d.	2.58	9.57	5.31	2.05	1.86	0.28	0.29	3.28	-1.7	-0.9	
2006/7/25	16.40	7.06	2.87	0.09	2.97	0.23	n.d.	1.44	0.36	2.32	n.d.	0.37	n.d.	2.64	7.68	6.67	1.33	1.89	0.24	0.25	2.82	-3.1	-0.8	
2006/8/8	3.89	7.29	3.31	0.05	3.42	0.26	n.d.	1.90	0.42	2.16	n.d.	0.30	n.d.	2.62	11.01	7.60	1.77	1.76	0.28	0.30	3.28	-2.7	-0.4	
2006/8/25	3.89	7.26	3.57	0.06	3.27	0.35	n.d.	2.33	0.52	1.82	n.d.	1.58	n.d.	2.43	11.22	6.58	2.20	1.61	0.31	0.31	3.49	-0.2	-1.1	
2006/8/31	3.31	7.26	3.68	0.06	3.46	0.26	n.d.	2.20	0.45	2.08	n.d.	n.d.	n.d.	2.54	12.37	7.48	2.06	1.68	0.30	0.31	3.43	-1.6	-3.5	
2006/9/13	2.52	7.37	3.77	0.04	3.53	0.30	n.d.	2.42	0.51	2.02	n.d.	0.63	n.d.	2.63	13.16	7.58	2.29	1.74	0.32	0.34	3.68	-2.0	-1.3	
2006/9/26	1.74	7.22	3.86	0.06	3.70	0.29	n.d.	2.53	0.50	2.08	n.d.	0.40	n.d.	2.60	13.81	8.09	2.39	1.68	0.34	0.35	3.77	-1.5	-1.2	
2006/10/11	1.39	7.21	3.98	0.06	3.89	0.32	n.d.	2.59	0.50	2.15	n.d.	0.43	n.d.	2.82	14.50	8.07	2.44	1.85	0.35	0.36	3.94	-2.3	-0.5	
2006/10/19	1.30	6.80	3.93	0.16	3.88	0.34	n.d.	2.90	0.54	2.11	n.d.	0.22	n.d.	2.74	15.37	8.20	2.75	1.76	0.37	0.37	4.07	-0.7	1.7	
2006/11/3	1.13	7.05	4.19	0.09	2.75	0.42	n.d.	3.04	0.55	2.12	n.d.	0.42	n.d.	2.84	15.66	8.27	2.94	2.15	0.33	0.38	3.95	-7.7	-3.0	
2006/11/17	0.98	6.88	4.17	0.13	4.25	0.44	n.d.	3.19	0.71	2.20	n.d.	0.08	0.15	2.91	15.37	7.99	3.03	1.84	0.41	0.38	4.39	4.2	2.6	
2006/11/28	1.01	7.08	4.31	0.08	3.89	0.39	n.d.	3.20	0.59	2.17	n.d.	0.49	n.d.	2.92	16.28	8.05	3.05	1.94	0.39	0.40	4.33	-1.2	0.2	
2006/12/13	0.90	6.90	4.38	0.13	3.89	0.38	n.d.	3.32	0.60	2.12	n.d.	0.47	n.d.	3.10	16.63	7.83	3.17	2.12	0.39	0.40	4.41	-1.3	0.4	
2006/12/27	0.70	6.87	4.37	0.14	3.88	0.32	0.06	3.11	0.63	2.22	n.d.	0.44	n.d.	3.27	16.77	8.09	2.96	2.30	0.39	0.41	4.43	-3.1	0.7	
2007/1/10	0.67	7.11	4.15	0.08	3.81	0.27	n.d.	3.14	0.55	2.11	n.d.	0.42	n.d.	3.03	16.69	8.05	2.99	2.07	0.37	0.40	4.28	-3.7	1.5	
2007/1/24	0.61	7.13	4.27	0.07	3.91	0.30	0.03	3.45	0.59	2.09	n.d.	0.45	n.d.	3.09	17.10	8.03	3.30	2.11	0.40	0.41	4.47	-1.4	2.2	
2007/2/7	0.53	7.14	4.38	0.07	3.97	0.29	n.d.	3.57	0.59	2.10	n.d.	0.43	n.d.	3.09	17.81	8.10	3.42	2.10	0.41	0.42	4.56	-1.8	2.0	
2007/2/21	0.59	7.11	4.46	0.08	3.88	0.32	n.d.	3.62	0.63	2.08	n.d.	0.68	n.d.	3.15	18.12	7.97	3.47	2.17	0.41	0.43	4.63	-2.7	1.8	
2007/3/8	0.46	7.12	4.45	0.08	3.80	0.28	n.d.	3.63	0.61	2.04	n.d.	0.55	n.d.	3.16	17.63	7.87	3.48	2.20	0.40	0.42	4.54	-2.1	1.0	
2007/3/22	0.39	7.12	4.55	0.08	3.92	0.30	n.d.	3.76	0.61	2.01	n.d.	0.48	n.d.	3.09	18.55	7.87	3.61	2.11	0.42	0.43	4.65	-1.9	1.1	
2007/3/30	0.51	7.09	4.61	0.08	3.99	0.35	n.d.	3.75	0.63	2.09	n.d.	0.76	n.d.	3.16	17.99	7.83	3.59	2.16	0.42	0.43	4.70	-1.3	1.0	
2007/4/11	0.41	7.14	4.59	0.07	4.04	0.34	n.d.	3.84	0.62	2.01	n.d.	0.58	n.d.	3.16	18.67	7.94	3.69	2.14	0.43	0.44	4.75	-1.2	1.7	
2007/4/24	0.59	7.09	4.67	0.08	4.14	0.26	0.05	3.90	0.80	2.27	n.d.	0.83	n.d.	3.49	18.88	7.67	3.74	2.45	0.45	0.46	5.02	-1.0	3.7	
2007/5/8	0.83	7.11	4.51	0.08	4.07	0.21	0.03	4.06	0.70	2.21	n.d.	0.97	n.d.	3.31	17.69	7.52	3.90	2.29	0.44	0.44	4.88	0.8	3.9	
2007/5/22	0.53	7.13	4.69	0.07	4.20	0.21	0.03	4.43	0.71	2.15	n.d.	0.67	n.d.	3.32	19.36	7.88	4.27	2.26	0.47	0.46	5.10	1.3	4.2	

*1 採取時の渓流水流出量。Runoff rate when sampling.

*2 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2007/6/5	0.46	7.14	4.77	0.07	4.18	0.24	0.03	4.43	0.73	2.11	n.d.	0.80	n.d.	3.41	19.39	7.62	4.27	2.37	0.47	0.46	5.14	1.1	3.7	
2007/6/21	0.59	7.15	4.67	0.07	4.08	0.24	n.d.	4.34	0.71	2.14	n.d.	0.91	n.d.	3.23	19.10	7.86	4.19	2.20	0.46	0.46	5.03	0.4	3.7	
2007/7/3	1.91	7.07	4.27	0.09	3.85	0.47	n.d.	3.69	0.64	2.20	n.d.	1.56	n.d.	3.19	15.61	7.28	3.54	2.23	0.42	0.41	4.63	0.8	4.0	
2007/7/20	3.01	6.99	3.74	0.10	3.78	0.14	0.02	2.91	0.55	2.40	n.d.	0.68	n.d.	3.14	13.02	7.34	2.77	2.20	0.36	0.36	4.03	0.3	3.8	
2007/8/2	1.91	7.03	3.72	0.09	3.79	0.14	n.d.	2.90	0.53	2.30	n.d.	0.48	n.d.	2.90	13.75	7.80	2.76	1.94	0.36	0.36	3.99	-0.2	3.4	
2007/8/16	2.39	7.05	3.70	0.09	3.84	0.16	n.d.	2.81	0.52	2.34	n.d.	0.46	n.d.	2.91	13.01	7.76	2.66	1.95	0.35	0.35	3.92	1.0	2.9	
2007/8/24	1.85	7.05	3.73	0.09	3.92	0.19	n.d.	2.94	0.54	2.31	n.d.	0.45	n.d.	2.88	13.82	7.96	2.79	1.89	0.37	0.36	4.04	1.0	3.9	
2007/8/28	2.14	7.07	3.71	0.09	3.93	0.15	n.d.	2.91	0.54	2.29	n.d.	0.54	n.d.	2.88	13.63	7.93	2.76	1.89	0.36	0.36	4.01	1.1	3.9	
2007/9/14	1.35	7.07	3.89	0.09	4.01	0.17	n.d.	3.19	0.57	2.26	n.d.	0.48	n.d.	2.93	14.90	8.03	3.04	1.92	0.39	0.38	4.23	1.1	4.1	
2007/9/26	1.09	7.04	4.01	0.09	4.09	0.20	n.d.	3.24	0.58	2.28	n.d.	0.56	n.d.	2.95	15.14	8.11	3.09	1.93	0.39	0.38	4.30	1.3	3.5	
2007/10/10	1.26	7.12	4.09	0.08	3.85	0.21	n.d.	3.49	0.64	2.20	n.d.	1.10	n.d.	2.95	15.14	7.65	3.35	1.98	0.40	0.39	4.39	1.3	3.6	
2007/10/24	0.80	7.13	4.15	0.07	4.13	0.20	n.d.	3.45	0.61	2.28	n.d.	0.60	n.d.	3.07	16.08	8.08	3.29	2.04	0.41	0.40	4.48	0.7	3.8	
2007/11/7	0.73	7.08	4.36	0.08	4.18	0.20	n.d.	3.79	0.65	2.29	n.d.	0.57	n.d.	3.15	16.94	8.10	3.64	2.10	0.43	0.42	4.68	1.5	3.5	
2007/11/22	0.64	7.15	4.28	0.07	4.08	0.15	n.d.	3.75	0.63	2.23	n.d.	0.44	n.d.	3.16	16.69	8.01	3.59	2.14	0.42	0.41	4.59	1.4	3.4	
2007/12/6	0.61	7.12	4.34	0.08	4.04	0.16	n.d.	3.89	0.65	2.23	n.d.	0.38	n.d.	3.27	17.15	7.96	3.74	2.25	0.43	0.42	4.67	1.1	3.7	
2007/12/21	0.56	7.16	4.38	0.07	4.10	0.17	n.d.	3.95	0.65	2.20	n.d.	0.35	n.d.	3.26	17.53	7.98	3.80	2.23	0.43	0.42	4.72	1.2	3.7	
2007/12/27	0.41	7.13	4.49	0.07	4.13	0.16	n.d.	4.11	0.68	2.21	n.d.	0.35	n.d.	3.27	18.22	8.09	3.95	2.23	0.44	0.43	4.84	1.1	3.7	
2008/1/9	0.48	7.26	4.49	0.06	4.40	0.41	n.d.	4.06	0.80	2.16	n.d.	0.36	0.15	3.21	18.10	7.91	3.89	2.11	0.47	0.43	4.99	3.9	5.2	
2008/1/16	0.51	7.16	4.33	0.07	4.34	0.43	n.d.	4.17	0.80	2.18	n.d.	0.47	0.18	3.21	17.86	7.79	4.01	2.12	0.47	0.43	5.02	4.4	7.3	
2008/1/23	0.70	7.04	4.43	0.09	4.28	0.46	n.d.	4.12	0.81	2.20	n.d.	0.45	0.17	3.24	17.21	7.46	3.96	2.17	0.47	0.42	4.96	5.2	5.6	
2008/2/7	0.46	7.23	4.32	0.06	4.23	0.39	n.d.	4.10	0.79	2.13	n.d.	0.51	0.18	3.19	17.34	7.65	3.94	2.13	0.46	0.42	4.91	4.4	6.4	
2008/2/22	0.37	7.12	4.51	0.08	4.18	0.35	n.d.	3.99	0.67	2.15	n.d.	0.41	n.d.	3.14	18.54	7.77	3.84	2.09	0.44	0.44	4.84	0.9	3.5	
2008/2/29	0.41	7.17	4.39	0.07	4.16	0.33	n.d.	3.84	0.65	2.23	n.d.	n.d.	n.d.	3.23	17.71	7.80	3.68	2.19	0.44	0.42	4.71	1.7	3.5	
2008/3/5	0.46	7.27	4.50	0.05	4.20	0.39	n.d.	3.94	0.71	2.39	n.d.	0.56	n.d.	3.80	17.04	7.44	3.79	2.75	0.45	0.43	4.92	1.5	4.5	
2008/3/11	0.39	7.35	4.55	0.05	4.22	0.39	0.01	3.97	0.68	2.20	n.d.	0.43	n.d.	3.30	18.08	7.72	3.81	2.24	0.45	0.43	4.86	1.6	3.3	
2008/3/19	0.59	7.22	4.50	0.06	4.13	0.51	n.d.	3.94	0.70	2.13	n.d.	0.74	n.d.	3.47	17.21	6.73	3.79	2.43	0.45	0.43	4.85	2.4	3.8	
2008/4/2	0.39	7.16	4.59	0.07	4.12	0.39	n.d.	4.03	0.70	2.18	n.d.	0.69	n.d.	3.20	18.13	7.56	3.88	2.16	0.45	0.44	4.88	1.3	3.1	
2008/4/8	0.33	7.28	4.76	0.05	4.31	0.43	0.01	4.25	0.72	2.15	n.d.	0.65	n.d.	3.21	19.25	7.68	4.08	2.13	0.47	0.45	5.08	1.8	3.2	
2008/4/15	0.39	7.24	4.59	0.06	4.22	0.42	n.d.	3.93	0.69	2.16	n.d.	0.72	n.d.	3.24	18.11	7.73	3.77	2.18	0.45	0.44	4.88	1.2	3.0	
2008/4/30	0.46	7.08	4.65	0.08	4.23	0.44	n.d.	4.03	0.69	2.12	n.d.	0.66	n.d.	3.19	18.71	7.82	3.87	2.13	0.45	0.44	4.93	1.0	2.9	
2008/5/15	0.35	7.10	4.87	0.08	4.29	0.44	0.01	4.35	0.72	2.11	n.d.	0.66	n.d.	3.15	19.94	7.94	4.19	2.07	0.48	0.46	5.14	1.4	2.7	
2008/5/21	0.33	7.05	4.87	0.09	4.30	0.46	n.d.	4.41	0.73	2.08	n.d.	0.56	n.d.	3.21	20.23	7.99	4.24	2.13	0.48	0.47	5.17	1.3	3.0	
2008/5/28	0.43	7.33	4.81	0.05	4.29	0.47	n.d.	4.26	0.73	2.06	n.d.	0.73	n.d.	3.10	19.88	7.90	4.10	2.02	0.47	0.46	5.10	1.2	2.9	
2008/6/3	0.67	7.35	4.38	0.05	4.05	0.45	0.01	3.78	0.68	2.00	n.d.	0.73	n.d.	3.04	17.54	7.59	3.63	2.03	0.43	0.42	4.69	1.6	3.4	
2008/6/11	4.52	7.07	3.16	0.09	2.73	0.52	n.d.	2.79	0.53	1.24	n.d.	0.92	n.d.	2.22	11.38	4.12	2.69	1.54	0.32	0.28	3.33	5.5	2.6	
2008/6/18	1.22	7.00	4.11	0.10	3.92	0.44	n.d.	3.23	0.60	2.09	n.d.	0.82	n.d.	2.95	15.29	7.55	3.08	1.96	0.39	0.38	4.31	1.1	2.4	
2008/6/25	3.89	6.60	3.33	0.25	3.48	0.38	n.d.	2.31	0.49	2.18	n.d.	0.54	n.d.	2.78	11.28	6.86	2.18	1.90	0.32	0.31	3.56	0.7	3.3	

*¹ 採取時の渓流水流出量。Runoff rate when sampling

*² 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.
n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2008/7/9	1.91	7.04	3.74	0.09	3.84	0.38	0.01	2.66	0.52	2.22	n.d.	0.48	n.d.	2.83	13.66	7.69	2.51	1.86	0.35	0.35	3.93	0.0	2.5	
2008/7/16	1.59	7.25	3.77	0.06	3.96	0.40	n.d.	2.71	0.54	2.21	n.d.	0.50	n.d.	2.79	14.31	7.80	2.56	1.80	0.36	0.36	4.02	-0.1	3.2	
2008/7/17	1.59	7.49	3.87	0.03	4.01	0.42	0.01	2.84	0.57	2.30	n.d.	0.55	n.d.	2.80	14.16	7.82	2.68	1.79	0.37	0.36	4.11	1.4	3.0	
2008/7/23	1.49	7.05	3.89	0.09	3.97	0.43	0.02	2.87	0.55	2.20	n.d.	0.55	n.d.	2.76	14.22	7.93	2.72	1.76	0.37	0.36	4.08	1.6	2.4	
2008/8/6	1.13	7.11	4.01	0.08	4.04	0.40	0.02	2.93	0.55	2.16	n.d.	0.63	n.d.	2.77	14.77	8.07	2.78	1.75	0.38	0.37	4.16	1.1	1.8	
2008/8/14	1.01	7.16	4.10	0.07	4.10	0.42	0.01	3.05	0.57	2.18	n.d.	0.65	n.d.	2.79	15.23	8.15	2.89	1.76	0.39	0.38	4.25	1.2	1.8	
2008/8/20	1.96	7.11	3.83	0.08	3.78	0.42	0.01	2.79	0.54	2.04	n.d.	1.03	n.d.	2.82	13.15	7.50	2.64	1.87	0.36	0.35	3.96	1.5	1.6	
2008/8/26	2.65	7.14	3.73	0.07	3.77	0.37	0.02	2.55	0.51	2.18	n.d.	0.60	n.d.	2.78	12.86	7.59	2.40	1.83	0.34	0.34	3.82	0.5	1.2	
2008/9/3	1.74	7.21	3.84	0.06	3.88	0.38	0.01	2.72	0.54	2.16	n.d.	0.58	n.d.	2.73	13.77	7.83	2.57	1.76	0.36	0.35	3.96	0.9	1.5	
2008/9/9	1.44	7.22	3.92	0.06	3.96	0.38	0.02	2.79	0.54	2.19	n.d.	0.51	n.d.	2.73	14.49	7.95	2.64	1.74	0.37	0.36	4.05	0.3	1.6	
2008/9/17	1.54	6.95	3.93	0.11	3.95	0.40	0.02	2.86	0.56	2.16	n.d.	0.57	n.d.	2.69	14.67	7.59	2.71	1.70	0.37	0.37	4.09	0.7	2.0	
2008/10/1	4.71	7.17	3.71	0.07	3.61	0.41	0.02	2.58	0.54	2.03	n.d.	1.33	n.d.	2.76	12.19	7.17	2.45	1.86	0.34	0.34	3.82	0.9	1.4	
2008/10/7	1.91	7.16	3.81	0.07	3.90	0.38	0.01	2.76	0.56	2.16	n.d.	0.54	n.d.	2.71	14.28	7.81	2.61	1.73	0.36	0.36	4.01	0.5	2.6	
2008/10/15	1.54	7.19	3.87	0.07	3.94	0.37	0.02	2.76	0.55	2.18	n.d.	0.46	n.d.	2.76	14.29	7.93	2.61	1.77	0.36	0.36	4.02	0.6	1.9	
2008/10/21	1.37	7.26	3.95	0.06	3.98	0.36	0.01	2.80	0.55	2.19	n.d.	0.47	n.d.	2.72	14.45	7.96	2.65	1.72	0.37	0.36	4.04	0.7	1.2	
2008/10/31	1.22	7.22	3.92	0.06	3.98	0.34	n.d.	2.85	0.55	2.22	n.d.	n.d.	n.d.	2.70	14.72	7.92	2.70	1.70	0.37	0.36	4.02	1.3	1.3	
2008/11/5	1.26	7.24	3.97	0.06	3.94	0.36	0.01	2.88	0.56	2.18	n.d.	0.44	n.d.	2.78	14.74	7.93	2.73	1.79	0.37	0.37	4.09	0.4	1.5	
2008/11/12	1.13	7.21	3.98	0.06	3.95	0.36	0.01	2.91	0.56	2.21	n.d.	0.40	n.d.	2.85	15.20	7.95	2.76	1.86	0.37	0.38	4.15	-0.6	2.1	
2008/11/19	1.09	7.10	3.95	0.08	3.92	0.33	0.04	2.89	0.58	2.22	n.d.	n.d.	n.d.	2.86	14.43	7.83	2.74	1.88	0.37	0.36	4.05	2.0	1.3	
2008/12/1	1.01	7.22	3.99	0.06	3.94	0.32	n.d.	2.96	0.56	2.16	n.d.	0.31	n.d.	2.94	15.17	7.75	2.81	1.95	0.37	0.37	4.11	0.4	1.4	
2008/12/9	1.09	7.17	4.17	0.07	3.99	0.44	n.d.	3.20	0.61	2.26	n.d.	0.31	n.d.	2.99	15.73	7.27	3.04	1.99	0.39	0.39	4.34	0.7	2.0	
2008/12/16	0.87	7.40	4.07	0.04	3.96	0.34	n.d.	3.13	0.58	2.18	n.d.	0.35	n.d.	2.96	15.82	7.76	2.98	1.97	0.38	0.39	4.27	-0.4	2.4	
2008/12/25	1.05	7.20	4.24	0.06	3.96	0.37	0.04	3.18	0.59	2.18	n.d.	0.46	n.d.	2.99	15.88	7.70	3.03	1.99	0.39	0.39	4.33	0.0	1.1	
2009/1/8	0.73	7.27	4.13	0.05	3.99	0.33	0.02	3.23	0.58	2.17	n.d.	0.35	n.d.	3.01	16.12	7.77	0.84	1.29	0.39	0.39	4.34	-0.2	2.5	
2009/1/16	0.67	7.20	4.11	0.06	4.00	0.30	0.01	3.27	0.62	2.25	n.d.	0.33	n.d.	3.10	15.50	8.35	3.11	2.10	0.40	0.39	4.34	1.1	2.7	
2009/1/23	0.64	7.33	4.23	0.05	4.06	0.37	n.d.	3.64	0.62	2.32	n.d.	0.26	n.d.	3.18	15.82	8.32	3.49	2.16	0.42	0.40	4.52	2.9	3.3	
2009/1/29	0.56	7.13	4.23	0.07	4.10	0.34	n.d.	3.68	0.61	2.26	n.d.	0.34	n.d.	3.10	16.11	8.39	3.52	2.07	0.42	0.40	4.54	2.8	3.5	
2009/2/5	0.61	7.17	4.23	0.07	4.02	0.35	n.d.	3.72	0.62	2.28	n.d.	0.43	n.d.	3.18	16.28	8.27	3.57	2.17	0.42	0.40	4.58	2.0	4.0	
2009/2/9	0.59	7.19	4.30	0.07	4.03	0.34	n.d.	3.82	0.63	2.24	n.d.	0.40	n.d.	3.15	16.41	8.36	3.66	2.14	0.43	0.40	4.60	2.6	3.4	
2009/2/19	0.59	7.20	4.26	0.06	3.98	0.34	n.d.	3.76	0.62	2.24	n.d.	0.44	n.d.	3.18	16.30	8.22	3.61	2.18	0.42	0.40	4.57	2.1	3.5	
2009/2/23	1.26	7.19	4.17	0.07	3.94	0.39	0.01	3.73	0.64	2.31	n.d.	0.78	n.d.	3.21	15.38	7.44	3.58	2.22	0.42	0.40	4.57	3.0	4.6	
2009/3/5	0.67	7.22	4.27	0.06	4.02	0.35	0.01	3.84	0.63	2.21	n.d.	0.49	n.d.	3.15	16.35	8.19	3.69	2.14	0.43	0.40	4.61	3.0	3.9	
2009/3/13	0.70	7.20	4.35	0.06	4.05	0.38	n.d.	3.86	0.63	2.21	n.d.	0.50	n.d.	3.12	16.47	8.01	3.71	2.11	0.43	0.41	4.63	3.0	3.1	
2009/3/23	1.22	7.22	4.21	0.06	3.91	0.38	n.d.	3.69	0.62	2.26	n.d.	0.67	n.d.	3.19	15.56	7.85	3.54	2.21	0.41	0.40	4.52	2.3	3.6	
2009/4/7	0.64	7.21	4.32	0.06	4.02	0.35	n.d.	3.83	0.62	2.23	n.d.	0.25	n.d.	3.13	16.57	8.26	3.68	2.12	0.43	0.40	4.59	2.8	3.1	
2009/4/14	0.73	7.21	4.47	0.06	4.08	0.45	n.d.	4.08	0.68	2.19	n.d.	0.59	n.d.	3.27	17.20	7.54	3.93	2.24	0.45	0.42	4.82	3.0	3.7	
2009/4/21	0.73	7.26	4.58	0.06	4.16	0.43	n.d.	4.15	0.68	2.21	n.d.	0.32	n.d.	3.23	17.75	7.97	3.99	2.18	0.46	0.43	4.87	3.4	3.0	

*1 採取時の渓流水流出量。Runoff rate when sampling

*2 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たなかったことを示す。Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.
n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)

Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2009/4/30	0.59	7.33	4.37	0.05	4.05	0.38	n.d.	3.94	0.63	2.20	n.d.	0.31	n.d.	3.11	16.88	8.42	3.79	2.10	0.43	0.41	4.66	3.1	3.2	
2009/5/7	0.56	7.32	4.46	0.05	4.12	0.40	n.d.	4.06	0.65	2.20	n.d.	0.34	n.d.	3.12	17.60	8.50	3.90	2.08	0.45	0.42	4.78	2.8	3.5	
2009/5/14	0.56	7.31	4.45	0.05	4.25	0.38	n.d.	4.29	0.66	2.20	n.d.	0.21	n.d.	3.15	17.75	8.53	4.13	2.09	0.46	0.42	4.88	4.7	4.6	
2009/5/19	0.61	7.32	4.57	0.05	4.12	0.42	n.d.	4.34	0.67	2.18	n.d.	0.28	n.d.	3.21	18.13	8.39	4.18	2.18	0.46	0.43	4.91	3.5	3.6	
2009/5/26	0.73	7.33	4.51	0.05	4.20	0.39	n.d.	4.27	0.66	2.18	n.d.	0.43	n.d.	3.16	17.41	8.42	4.11	2.10	0.46	0.42	4.86	4.7	3.8	
2009/6/4	0.64	7.22	4.50	0.06	4.14	0.44	n.d.	4.10	0.66	2.17	n.d.	0.18	n.d.	3.23	17.57	8.31	3.95	2.19	0.45	0.42	4.80	3.6	3.3	
2009/6/16	0.56	7.26	4.52	0.06	4.31	0.41	0.01	4.33	0.69	2.20	n.d.	0.35	n.d.	3.18	17.89	8.65	4.16	2.10	0.47	0.43	4.95	4.9	4.6	
2009/6/23	0.64	7.22	4.74	0.06	4.45	0.50	n.d.	4.53	0.73	2.34	n.d.	0.20	n.d.	3.25	18.48	8.29	4.36	2.13	0.49	0.44	5.14	5.7	4.1	
2009/6/30	86.01	6.67	2.35	0.22	2.34	0.35	n.d.	1.40	0.32	1.78	n.d.	0.35	n.d.	2.68	5.34	4.76	1.31	2.09	0.21	0.20	2.40	2.0	1.1	
2009/7/7	3.47	7.14	3.40	0.07	3.68	0.34	n.d.	2.37	0.47	2.35	n.d.	n.d.	n.d.	2.80	11.22	7.82	2.23	1.87	0.33	0.31	3.57	2.8	2.4	
2009/7/14	2.42	7.19	3.59	0.07	3.82	0.37	n.d.	2.63	0.50	2.32	n.d.	0.15	n.d.	2.80	12.59	8.06	2.48	1.84	0.35	0.33	3.80	2.2	2.9	
2009/7/21	4.90	7.05	3.56	0.09	3.47	0.44	n.d.	2.63	0.52	2.26	n.d.	0.81	n.d.	2.92	11.04	6.84	2.50	2.05	0.34	0.32	3.72	2.7	2.2	
2009/8/4	5.10	7.00	3.18	0.10	3.69	0.32	n.d.	1.89	0.49	2.34	n.d.	n.d.	n.d.	2.71	10.10	7.78	1.75	1.78	0.30	0.29	3.33	2.6	2.3	
2009/8/11	3.39	7.10	3.33	0.08	3.72	0.33	n.d.	2.16	0.47	2.37	n.d.	0.06	n.d.	2.64	11.16	8.06	2.02	1.70	0.32	0.31	3.49	1.7	2.3	
2009/8/17	2.79	7.13	3.41	0.07	3.78	0.36	n.d.	2.36	0.48	2.32	n.d.	0.11	n.d.	2.68	11.83	8.10	2.22	1.73	0.33	0.32	3.63	2.2	3.1	
2009/9/1	1.80	7.19	3.66	0.07	3.95	0.35	n.d.	2.63	0.51	2.31	n.d.	n.d.	n.d.	2.72	13.00	8.35	2.48	1.72	0.35	0.33	3.83	2.8	2.3	
2009/9/15	1.30	7.18	3.83	0.07	4.03	0.37	n.d.	2.89	0.55	2.34	n.d.	0.13	n.d.	2.75	14.10	8.55	2.74	1.74	0.37	0.36	4.05	2.5	2.9	
2009/9/29	1.09	7.14	4.00	0.07	4.15	0.37	n.d.	3.18	0.58	2.33	n.d.	n.d.	n.d.	2.82	15.21	8.78	3.02	1.78	0.40	0.37	4.25	2.9	3.1	
2009/10/5	0.98	7.04	4.00	0.09	4.05	0.40	n.d.	3.26	0.59	2.34	n.d.	n.d.	n.d.	2.81	15.05	8.55	3.10	1.80	0.40	0.37	4.25	3.4	3.1	
2009/10/20	0.80	7.12	4.08	0.08	4.13	0.36	n.d.	3.39	0.59	2.30	n.d.	0.11	n.d.	2.88	15.59	8.73	3.23	1.84	0.41	0.38	4.36	3.1	3.3	
2009/10/26	0.77	7.13	4.34	0.07	4.24	0.43	n.d.	3.59	0.65	2.51	n.d.	n.d.	n.d.	3.01	16.41	8.38	3.43	1.95	0.43	0.40	4.60	3.1	2.9	
2009/11/13	0.67	7.15	4.34	0.07	4.18	0.41	n.d.	3.73	0.64	2.38	n.d.	n.d.	n.d.	2.97	17.01	8.72	3.57	1.92	0.43	0.41	4.63	2.8	3.2	
2009/11/25	0.64	7.20	4.32	0.06	4.15	0.38	n.d.	3.71	0.63	2.30	n.d.	n.d.	n.d.	3.01	16.97	8.59	3.55	1.96	0.43	0.41	4.59	2.7	3.0	
2009/12/1	0.64	7.24	4.22	0.06	4.16	0.38	n.d.	3.82	0.64	2.33	n.d.	0.11	n.d.	3.04	16.95	8.62	3.66	2.00	0.43	0.41	4.65	3.0	4.9	
2009/12/8	0.59	7.15	4.24	0.07	4.07	0.34	n.d.	3.82	0.63	2.33	n.d.	0.13	n.d.	3.06	16.75	8.57	3.66	2.04	0.43	0.41	4.61	2.7	4.2	
2009/12/16	0.53	7.16	4.31	0.07	4.06	0.38	n.d.	3.86	0.64	2.35	n.d.	0.10	n.d.	3.11	16.88	8.35	3.70	2.09	0.43	0.41	4.65	2.7	3.8	
2009/12/28	0.48	7.10	4.32	0.08	4.14	0.33	n.d.	3.98	0.65	2.36	n.d.	n.d.	n.d.	3.16	17.06	8.42	3.82	2.12	0.44	0.41	4.71	3.4	4.3	
2010/1/7	0.43	6.80	4.36	0.16	4.04	0.37	n.d.	3.54	0.65	2.18	n.d.	0.30	n.d.	3.15	17.09	8.38	3.39	2.13	0.42	0.41	4.57	0.5	2.3	
2010/1/15	0.46	6.81	4.38	0.16	4.05	0.37	n.d.	3.59	0.66	2.23	n.d.	0.33	0.10	3.20	17.38	8.28	3.43	2.18	0.42	0.42	4.65	-0.5	3.0	
2010/1/19	0.43	6.96	4.44	0.11	4.10	0.36	n.d.	3.67	0.66	2.17	n.d.	n.d.	0.09	3.10	17.61	8.31	3.52	2.07	0.43	0.42	4.63	0.9	2.1	
2010/1/27	0.41	6.98	4.66	0.11	4.02	0.37	n.d.	3.70	0.67	2.17	n.d.	n.d.	0.06	3.18	17.76	8.22	3.55	2.17	0.42	0.42	4.65	0.5	-0.1	
2010/2/2	0.61	6.95	4.49	0.11	4.02	0.41	n.d.	3.67	0.69	2.23	n.d.	n.d.	n.d.	3.24	17.23	7.87	3.51	2.23	0.43	0.41	4.63	1.5	1.5	
2010/2/9	1.01	7.07	4.31	0.09	3.99	0.51	0.14	3.39	0.65	2.45	n.d.	n.d.	n.d.	3.49	15.25	7.18	3.23	2.49	0.42	0.39	4.53	3.1	2.5	
2010/2/16	0.41	7.25	4.59	0.06	4.09	0.41	0.05	3.90	0.70	2.18	n.d.	n.d.	0.13	3.16	18.43	8.15	3.74	2.14	0.44	0.43	4.82	1.1	2.5	
2010/2/22	0.37	7.27	4.58	0.05	4.09	0.38	n.d.	3.94	0.69	2.15	n.d.	n.d.	n.d.	3.20	18.57	8.21	3.79	2.18	0.44	0.43	4.79	1.1	2.2	
2010/3/2	0.73	7.39	4.51	0.04	4.02	0.46	n.d.	3.76	0.71	2.20	n.d.	0.56	0.14	3.25	17.39	7.72	3.61	2.25	0.43	0.43	4.77	0.6	2.8	
2010/3/9	1.26	7.38	4.11	0.04	3.59	0.44	n.d.	3.35	0.65	2.20	n.d.	n.d.	n.d.	3.11	14.85	6.59	3.21	2.21	0.39	0.37	4.22	2.4	1.3	

*¹ 採取時の渓流水流出量。Runoff rate when sampling.*² 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たなかったことを示す。Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.
n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2010/3/16	0.61	7.46	4.52	0.03	3.99	0.44	n.d.	3.79	0.70	2.19	n.d.	n.d.	n.d.	3.21	17.64	7.87	3.64	2.21	0.43	0.42	4.68	1.6	1.7	
2010/3/23	0.61	7.15	4.61	0.07	4.08	0.49	0.03	3.89	0.72	2.32	n.d.	n.d.	n.d.	3.77	17.07	7.29	3.73	2.75	0.45	0.42	4.84	2.5	2.4	
2010/3/30	0.56	7.25	4.40	0.06	3.99	0.40	n.d.	3.80	0.68	2.13	n.d.	n.d.	0.09	3.24	17.61	8.00	3.65	2.24	0.43	0.42	4.68	1.3	3.0	
2010/4/6	0.67	7.25	4.43	0.06	4.05	0.45	n.d.	3.63	0.67	2.15	n.d.	n.d.	0.08	3.18	17.28	8.02	3.48	2.17	0.42	0.41	4.61	1.3	2.0	
2010/4/14	0.51	7.21	4.40	0.06	4.01	0.43	0.04	3.79	0.68	2.13	n.d.	n.d.	0.15	3.25	17.71	8.17	3.63	2.25	0.43	0.42	4.72	1.2	3.5	
2010/4/20	0.90	7.17	4.29	0.07	3.86	0.49	0.03	3.63	0.69	2.10	n.d.	n.d.	n.d.	3.14	16.68	7.18	3.48	2.17	0.42	0.40	4.51	2.6	2.6	
2010/4/27	2.20	7.19	3.76	0.07	3.53	0.44	n.d.	2.97	0.60	1.97	n.d.	n.d.	0.48	0.16	3.07	13.93	2.84	2.18	0.36	0.36	4.04	0.2	3.6	
2010/5/6	0.98	7.33	4.26	0.05	4.04	0.44	n.d.	3.37	0.63	2.12	n.d.	n.d.	0.35	0.17	3.02	16.70	8.10	3.22	0.41	0.41	4.50	0.0	2.7	
2010/5/10	1.01	7.22	4.72	0.06	3.94	0.49	n.d.	3.52	0.67	2.10	n.d.	n.d.	0.43	0.17	3.25	16.52	7.49	3.37	0.41	0.41	4.57	0.6	-1.6	
2010/5/18	0.70	7.37	4.73	0.04	4.15	0.44	n.d.	3.57	0.65	2.19	n.d.	n.d.	0.40	0.20	3.10	17.49	8.36	3.42	0.42	0.43	4.69	-0.2	-0.5	
2010/5/25	4.80	7.04	3.35	0.09	3.48	0.38	n.d.	2.16	0.48	2.13	n.d.	n.d.	0.33	0.15	2.94	10.89	7.22	2.03	0.31	0.31	3.50	-0.3	2.1	
2010/6/1	1.59	7.40	3.78	0.04	3.89	0.39	n.d.	2.80	0.56	2.17	n.d.	n.d.	0.22	0.17	2.99	14.31	8.05	2.65	0.36	0.37	4.07	-0.3	3.7	
2010/6/8	1.26	7.23	3.98	0.06	3.97	0.41	n.d.	2.96	0.58	2.23	n.d.	n.d.	0.33	0.19	2.98	14.94	8.22	2.81	0.38	0.38	4.22	-0.4	2.9	
2010/6/14	1.35	7.28	4.08	0.05	3.88	0.45	n.d.	3.09	0.61	2.14	n.d.	n.d.	0.16	0.14	2.97	15.21	7.88	2.94	0.38	0.38	4.23	0.8	1.8	
2010/6/21	1.39	7.20	4.08	0.06	3.89	0.44	n.d.	3.07	0.61	2.12	n.d.	n.d.	0.36	0.12	3.00	15.24	7.94	2.93	0.38	0.38	4.24	0.3	2.0	
2010/6/29	7.00	7.07	3.00	0.09	2.80	0.44	n.d.	2.15	0.47	1.49	n.d.	n.d.	0.55	0.11	2.41	10.12	5.09	2.04	0.27	0.27	3.09	1.7	1.5	
2010/7/6	3.31	7.07	3.57	0.09	3.60	0.40	n.d.	2.34	0.51	2.19	n.d.	n.d.	n.d.	2.93	11.81	7.44	2.21	2.02	0.33	0.32	3.60	1.5	0.4	
2010/7/9	2.45	7.13	3.65	0.07	3.73	0.38	n.d.	2.41	0.51	2.19	n.d.	n.d.	0.12	2.80	12.48	7.78	2.26	1.87	0.33	0.33	3.70	0.8	0.7	
2010/7/21	4.42	7.02	3.18	0.10	3.54	0.36	n.d.	1.83	0.44	2.31	n.d.	n.d.	0.19	0.11	2.69	10.20	7.62	1.70	0.29	0.29	3.31	-0.7	2.1	
2010/7/27	3.39	7.05	3.34	0.09	3.67	0.36	n.d.	2.00	0.47	2.22	n.d.	n.d.	0.08	0.10	2.66	11.13	7.83	1.86	0.31	0.30	3.43	0.3	1.4	
2010/8/2	2.65	7.18	3.51	0.07	3.73	0.39	n.d.	2.15	0.49	2.21	n.d.	n.d.	0.03	0.16	2.60	11.78	7.91	2.01	0.32	0.31	3.55	0.7	0.5	
2010/8/11	2.39	7.20	3.67	0.06	3.81	0.43	n.d.	2.36	0.52	2.26	n.d.	n.d.	0.29	0.20	2.69	12.30	7.75	2.22	0.34	0.33	3.75	0.8	1.1	
2010/8/17	1.85	7.14	3.70	0.07	3.85	0.40	n.d.	2.44	0.53	2.22	n.d.	n.d.	0.41	0.17	2.67	13.24	7.93	2.29	0.34	0.35	3.84	-0.6	1.9	
2010/8/24	1.69	7.16	3.78	0.07	3.90	0.42	n.d.	2.53	0.54	2.23	n.d.	n.d.	0.40	0.17	2.75	16.50	8.02	2.38	0.35	0.40	4.14	-6.9	4.5	
2010/8/30	1.54	7.13	3.81	0.07	3.91	0.42	n.d.	2.60	0.55	2.22	n.d.	n.d.	0.42	0.16	2.75	13.84	8.10	2.45	0.36	0.36	3.98	-0.4	2.1	
2010/9/7	1.35	7.16	3.92	0.07	4.01	0.43	n.d.	2.74	0.57	2.25	n.d.	n.d.	0.34	0.13	2.84	14.28	8.04	2.59	0.37	0.37	4.08	0.4	2.1	
2010/9/14	1.30	7.17	3.95	0.07	3.94	0.46	n.d.	2.80	0.58	2.23	n.d.	n.d.	0.68	0.14	2.81	14.47	7.98	2.65	0.37	0.37	4.14	-0.4	2.4	
2010/9/21	1.09	7.20	4.04	0.06	4.07	0.45	n.d.	2.87	0.58	2.22	n.d.	n.d.	0.64	0.16	2.77	15.03	8.22	2.72	0.38	0.38	4.22	-0.3	2.2	
2010/9/28	1.44	7.41	4.02	0.04	3.86	0.46	n.d.	2.90	0.60	2.10	n.d.	n.d.	0.88	0.13	2.82	14.59	7.83	2.75	0.37	0.38	4.17	-0.2	1.8	
2010/10/4	1.05	7.43	4.03	0.04	3.98	0.43	n.d.	2.93	0.59	2.15	n.d.	n.d.	0.55	0.17	2.81	15.12	8.11	2.78	0.38	0.38	4.21	-0.3	2.2	
2010/10/8	0.98	7.34	4.09	0.05	4.09	0.40	n.d.	3.00	0.59	2.18	n.d.	n.d.	0.53	0.21	2.89	15.85	8.17	2.85	0.39	0.40	4.33	-1.3	2.9	
2010/10/19	0.90	7.35	4.12	0.05	4.24	0.44	n.d.	3.09	0.60	2.25	n.d.	n.d.	0.55	0.16	2.94	15.95	8.31	2.92	0.40	0.40	4.42	-0.1	3.5	
2010/10/26	0.98	7.29	4.11	0.05	4.07	0.46	n.d.	3.06	0.60	2.22	n.d.	n.d.	0.57	0.19	2.90	15.40	8.14	2.90	0.39	0.39	4.34	0.0	2.7	
2010/11/4	0.73	7.32	4.07	0.05	4.12	0.38	n.d.	3.04	0.58	2.20	n.d.	n.d.	0.49	0.13	2.93	15.40	8.25	2.89	0.39	0.39	4.30	0.2	2.7	
2010/11/10	0.70	7.35	4.11	0.05	4.18	0.38	n.d.	3.12	0.60	2.24	n.d.	n.d.	0.00	0.11	2.97	15.58	8.17	2.97	0.40	0.38	4.31	1.7	2.3	
2010/11/16	0.77	7.34	4.13	0.05	4.11	0.39	n.d.	3.16	0.60	2.24	n.d.	n.d.	0.09	0.10	3.02	15.40	8.03	3.00	0.40	0.38	4.31	1.6	2.1	
2010/11/22	1.09	7.20	4.44	0.06	4.23	0.56	n.d.	3.43	0.67	2.60	n.d.	n.d.	0.44	0.20	3.32	15.58	7.28	3.27	0.42	0.41	4.68	1.6	2.6	

*¹ 採取時の渓流水流出量。 Runoff rate when sampling.

*² 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たなかったことを示す。 Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*)} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*)}
2010/11/29	0.64	7.25	4.16	0.06	4.08	0.38	n.d.	3.23	0.60	2.21	n.d.	0.40	0.19	2.99	15.81	8.12	3.07	1.97	0.40	0.40	4.40	0.2	2.8	
2010/12/8	0.67	7.33	4.32	0.05	4.07	0.40	n.d.	3.38	0.62	2.37	n.d.	0.34	0.12	3.13	16.43	8.00	3.23	2.11	0.41	0.41	4.53	-0.5	2.4	
2010/12/14	0.80	7.31	4.35	0.05	4.08	0.54	n.d.	3.39	0.64	2.33	n.d.	0.61	0.20	3.15	16.75	7.62	3.23	2.13	0.41	0.42	4.64	-1.1	3.2	
2010/12/22	0.64	7.37	4.36	0.04	4.03	0.39	n.d.	3.38	0.61	2.20	n.d.	0.38	0.16	3.08	16.96	8.13	3.23	2.07	0.40	0.42	4.53	-1.4	1.9	
2010/12/27	0.80	7.29	4.30	0.05	3.95	0.40	n.d.	3.26	0.61	2.67	n.d.	0.56	0.17	3.27	15.15	7.54	3.11	2.28	0.39	0.41	4.50	-1.4	2.2	
2011/1/4	0.64	7.31	4.34	0.05	4.18	0.35	n.d.	3.38	0.60	2.36	n.d.	0.42	0.15	3.16	16.41	7.97	3.22	2.12	0.41	0.41	4.56	-0.5	2.4	
2011/1/11	0.53	7.35	4.31	0.05	4.11	0.34	n.d.	3.35	0.59	2.20	n.d.	0.40	0.18	3.18	16.45	8.01	3.19	2.14	0.40	0.41	4.50	-0.8	2.2	
2011/1/21	0.48	7.31	4.31	0.05	4.13	0.31	n.d.	3.42	0.60	2.16	n.d.	0.39	0.14	3.13	16.94	8.06	3.26	2.09	0.41	0.41	4.53	-0.8	2.5	
2011/1/25	0.48	7.31	4.33	0.05	4.17	0.31	n.d.	3.45	0.60	2.18	n.d.	0.34	0.17	3.19	17.05	8.09	3.29	2.14	0.41	0.42	4.58	-0.9	2.8	
2011/2/4	0.46	7.30	4.35	0.05	4.15	0.32	n.d.	3.51	0.61	2.15	n.d.	0.36	0.16	3.16	17.02	8.19	3.35	2.12	0.41	0.42	4.58	-0.3	2.6	
2011/2/10	0.46	7.31	4.46	0.05	4.22	0.34	n.d.	3.63	0.63	2.22	n.d.	0.35	0.16	3.23	17.98	8.08	3.47	2.17	0.43	0.44	4.74	-1.1	3.1	
2011/2/17	0.51	7.28	4.60	0.05	4.24	0.38	n.d.	3.68	0.64	2.41	n.d.	0.39	0.22	3.32	17.47	8.01	3.49	2.16	0.43	0.44	4.81	-0.7	2.2	
2011/2/21	0.46	7.29	4.52	0.05	4.19	0.38	n.d.	3.65	0.64	2.25	n.d.	0.44	0.15	3.21	17.75	8.05	3.51	2.26	0.43	0.43	4.75	-0.8	2.5	
2011/3/3	0.41	7.27	4.57	0.05	4.05	0.36	n.d.	3.73	0.67	2.31	n.d.	0.35	0.27	3.16	17.52	7.50	3.49	2.22	0.43	0.43	4.75	-0.7	2.0	
2011/3/11	0.43	7.25	4.52	0.06	4.05	0.36	0.05	3.65	0.65	2.19	n.d.	0.47	0.09	3.23	17.56	7.48	3.58	2.14	0.42	0.43	4.70	-0.4	2.0	
2011/3/15	0.39	7.42	4.68	0.04	4.27	0.39	n.d.	3.87	0.68	2.31	n.d.	0.44	0.09	3.11	18.59	7.68	3.71	2.04	0.44	0.44	4.89	0.0	2.2	
2011/3/22	0.41	7.38	4.65	0.04	4.14	0.40	n.d.	3.74	0.67	2.21	n.d.	0.56	n.d.	3.29	18.14	6.87	3.59	2.25	0.43	0.44	4.79	-0.6	1.5	
2011/3/29	0.35	7.30	4.57	0.05	4.06	0.35	n.d.	3.73	0.64	2.24	n.d.	0.44	0.14	3.21	18.44	6.79	3.57	2.19	0.42	0.44	4.78	-2.2	2.3	
2011/4/5	0.35	7.32	4.70	0.05	4.14	0.37	n.d.	3.83	0.67	2.13	n.d.	0.53	n.d.	3.22	18.74	6.85	3.67	2.18	0.44	0.44	4.82	-0.8	1.3	
2011/4/14	0.29	7.38	4.71	0.04	4.19	0.38	n.d.	4.04	0.69	2.15	n.d.	0.63	0.20	3.32	18.39	7.55	3.88	2.27	0.45	0.45	4.96	0.3	2.6	
2011/4/21	0.31	7.37	4.75	0.04	4.29	0.42	n.d.	4.10	0.69	2.24	n.d.	0.61	0.15	3.23	19.29	7.67	3.94	2.15	0.46	0.46	5.06	-0.3	3.2	
2011/4/26	0.37	7.48	4.73	0.03	4.29	0.45	n.d.	4.01	0.68	2.21	n.d.	0.61	0.05	3.32	18.88	7.40	3.85	2.24	0.45	0.45	5.00	0.3	2.8	
2011/5/6	0.31	7.46	4.89	0.03	4.37	0.43	n.d.	4.22	0.71	2.19	n.d.	0.55	0.13	3.35	20.05	7.55	4.05	2.25	0.47	0.47	5.18	-0.2	2.9	
2011/5/10	0.70	7.42	4.95	0.04	4.40	0.64	n.d.	4.18	0.75	2.35	n.d.	0.97	0.14	4.05	17.97	6.98	4.02	2.95	0.48	0.47	5.29	1.4	3.3	
2011/5/17	0.73	7.46	4.44	0.03	4.15	0.42	n.d.	3.54	0.64	2.14	n.d.	0.69	0.17	3.18	17.09	7.89	3.38	2.14	0.42	0.42	4.67	-0.4	2.5	
2011/5/27	0.70	7.45	4.70	0.04	4.22	0.49	n.d.	3.88	0.70	2.16	n.d.	0.68	0.17	3.30	18.28	7.77	3.72	2.23	0.45	0.45	4.94	0.3	2.5	
2011/6/2	0.98	7.40	4.36	0.04	4.15	0.43	n.d.	3.43	0.63	2.15	n.d.	0.74	0.20	3.16	16.59	7.83	3.28	2.12	0.41	0.42	4.61	-0.2	2.8	
2011/6/7	1.09	7.21	4.45	0.06	4.17	0.49	n.d.	3.53	0.63	2.09	n.d.	0.47	0.10	3.35	17.25	7.52	3.37	2.30	0.42	0.42	4.66	0.0	2.3	
2011/6/14	4.06	7.15	3.42	0.07	3.67	0.35	n.d.	2.15	0.45	2.12	n.d.	0.59	0.14	2.94	10.69	7.09	2.01	2.02	0.31	0.31	3.53	0.4	1.5	
2011/6/21	21.75	6.89	2.79	0.13	3.08	0.30	n.d.	1.34	0.37	2.16	n.d.	0.42	n.d.	2.96	6.70	6.07	1.22	2.19	0.24	0.24	2.79	0.0	0.0	
2011/6/29	9.42	6.99	2.99	0.10	3.46	0.31	n.d.	1.49	0.38	2.23	n.d.	0.28	0.11	2.80	8.52	6.76	1.36	1.93	0.26	0.27	3.05	-0.8	1.0	
2011/7/5	13.33	7.01	2.97	0.10	3.32	0.37	0.02	1.66	0.43	2.20	n.d.	0.49	0.12	2.96	8.64	6.31	1.53	2.12	0.27	0.28	3.17	-0.5	3.2	
2011/7/12	7.89	7.04	2.99	0.09	3.52	0.36	0.03	1.61	0.43	2.35	n.d.	0.19	0.15	2.67	9.32	6.81	1.48	1.79	0.28	0.28	3.20	-0.5	3.5	
2011/7/19	4.33	7.12	3.28	0.08	3.65	0.38	n.d.	1.89	0.48	2.37	n.d.	0.22	0.15	2.62	10.36	6.57	1.75	1.71	0.30	0.30	3.40	0.5	1.8	
2011/7/26	3.16	7.15	3.33	0.07	3.70	0.37	n.d.	1.98	0.47	2.28	n.d.	0.24	0.15	2.63	11.41	7.24	1.84	1.70	0.31	0.31	3.49	-1.0	2.4	
2011/8/2	2.39	7.11	3.47	0.08	3.78	0.38	n.d.	2.15	0.50	2.23	n.d.	0.29	0.17	2.67	11.94	7.65	2.01	1.72	0.32	0.32	3.62	-0.2	2.1	
2011/8/15	4.24	7.02	3.44	0.10	3.39	0.54	n.d.	2.34	0.54	2.00	n.d.	0.88	0.20	2.55	10.97	6.40	2.21	1.70	0.32	0.31	3.58	2.0	1.9	

*1) 採取時の渓流水流出量。 Runoff rate when sampling.

*2) 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。 Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2. n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2011/8/19	2.14	7.15	3.70	0.07	3.81	0.45	n.d.	2.49	0.56	2.23	n.d.	0.69	0.15	2.68	12.77	7.59	2.35	1.73	0.35	0.34	3.87	0.5	2.3	
2011/8/23	5.73	7.11	3.41	0.08	3.22	0.46	n.d.	2.31	0.55	1.70	n.d.	2.09	n.d.	2.31	10.12	5.66	2.18	1.51	0.31	0.30	3.44	2.7	0.5	
2011/9/6	2.02	7.27	3.68	0.05	3.87	0.40	n.d.	2.39	0.54	2.24	n.d.	0.48	0.10	2.65	12.62	7.72	2.24	1.68	0.34	0.34	3.79	0.9	1.4	
2011/9/13	1.69	7.22	3.76	0.06	3.90	0.41	n.d.	2.43	0.54	2.23	n.d.	0.48	0.26	2.66	12.93	7.91	2.28	1.68	0.35	0.35	3.86	-0.1	1.4	
2011/9/20	2.86	7.18	3.68	0.07	3.56	0.55	n.d.	2.67	0.62	1.96	n.d.	1.44	0.15	2.39	12.17	5.99	2.53	1.49	0.35	0.33	3.85	3.0	2.2	
2011/9/30	1.64	7.24	4.09	0.06	4.08	0.54	n.d.	2.91	0.66	2.44	n.d.	0.69	0.14	3.09	13.40	7.09	2.75	2.07	0.39	0.37	4.27	2.9	2.1	
2011/10/5	1.39	7.33	3.96	0.05	4.11	0.43	n.d.	2.75	0.60	2.31	n.d.	0.42	0.20	2.80	14.29	8.10	2.59	1.76	0.38	0.37	4.15	0.7	2.4	
2011/10/11	1.17	7.32	3.99	0.05	4.13	0.41	n.d.	2.82	0.60	2.31	n.d.	0.35	0.20	2.87	14.64	8.04	2.66	1.83	0.38	0.38	4.20	0.4	2.6	
2011/10/18	1.22	7.30	3.94	0.05	4.04	0.43	n.d.	2.81	0.60	2.30	n.d.	0.23	n.d.	2.84	14.10	7.78	2.65	1.82	0.38	0.36	4.08	2.4	1.7	
2011/10/24	1.01	7.29	4.04	0.05	4.12	0.44	n.d.	2.88	0.61	2.28	n.d.	0.60	0.19	2.80	14.61	7.95	2.72	1.77	0.38	0.38	4.24	0.9	2.4	
2011/11/1	1.05	7.30	4.07	0.05	4.02	0.46	n.d.	2.88	0.61	2.24	n.d.	0.61	0.13	2.79	14.72	7.80	2.73	1.78	0.38	0.38	4.21	0.6	1.6	
2011/11/7	1.09	7.30	4.09	0.05	4.02	0.48	n.d.	2.91	0.62	2.28	n.d.	0.59	0.19	2.84	14.93	7.81	2.76	1.83	0.38	0.38	4.26	0.0	2.1	
2011/11/15	0.80	7.25	4.03	0.06	3.98	0.39	n.d.	2.87	0.59	2.26	n.d.	0.48	0.14	2.94	15.02	8.15	2.73	1.99	0.38	0.38	4.21	-1.1	2.2	
2011/11/22	1.09	7.21	3.98	0.06	3.86	0.40	n.d.	2.88	0.59	2.15	n.d.	0.79	0.15	2.96	14.23	7.56	2.72	1.94	0.37	0.37	4.15	-0.4	2.1	
2011/11/28	0.94	7.11	4.09	0.08	4.08	0.41	n.d.	2.95	0.59	2.21	n.d.	0.60	0.17	2.88	15.56	8.09	2.80	1.86	0.38	0.39	4.30	-1.0	2.6	
2011/12/5	0.83	7.14	4.07	0.07	4.00	0.40	n.d.	2.98	0.60	2.28	n.d.	0.51	0.08	2.92	15.10	8.06	2.83	1.91	0.38	0.38	4.25	-0.2	2.2	
2011/12/13	0.80	7.18	4.10	0.07	4.02	0.38	n.d.	3.08	0.60	2.21	n.d.	0.51	0.16	2.98	15.36	8.06	2.92	1.97	0.39	0.39	4.31	-0.2	2.5	
2011/12/20	0.77	7.19	4.12	0.07	3.98	0.35	n.d.	3.04	0.60	2.23	n.d.	0.40	0.21	3.00	16.06	8.05	2.89	2.00	0.38	0.40	4.34	-2.4	2.6	
2011/12/27	0.73	7.19	4.14	0.07	4.00	0.34	n.d.	3.04	0.60	2.22	n.d.	0.40	0.15	3.01	15.91	8.06	2.89	2.01	0.38	0.40	4.32	-1.7	2.2	
2012/1/4	0.70	7.19	4.14	0.07	4.05	0.36	n.d.	3.06	0.61	2.32	n.d.	0.43	0.11	3.07	16.12	7.93	2.90	2.04	0.39	0.40	4.39	-1.8	2.9	
2012/1/10	0.67	7.20	4.13	0.06	4.05	0.35	n.d.	3.11	0.61	2.26	n.d.	0.38	0.09	3.01	16.53	7.95	2.95	1.99	0.39	0.41	4.39	-2.0	3.1	
2012/1/17	0.61	7.11	4.28	0.08	4.13	0.38	n.d.	3.19	0.63	2.28	n.d.	0.39	0.21	3.23	16.86	7.99	3.03	2.19	0.40	0.42	4.54	-2.5	3.0	
2012/1/24	0.59	7.30	4.26	0.05	4.00	0.34	n.d.	3.29	0.64	2.24	n.d.	0.34	0.11	3.20	17.32	8.03	3.14	2.20	0.40	0.42	4.53	-2.8	3.1	
2012/2/7	0.70	7.32	4.44	0.05	4.13	0.47	n.d.	3.30	0.68	2.41	n.d.	0.75	n.d.	3.46	16.48	7.30	3.15	2.42	0.41	0.42	4.65	-1.2	2.3	
2012/2/21	0.56	7.33	4.28	0.05	4.06	0.36	n.d.	3.13	0.61	2.18	n.d.	0.48	0.15	3.08	17.09	7.97	2.98	2.06	0.39	0.42	4.47	-3.2	2.2	
2012/3/5	0.83	7.32	4.40	0.05	4.10	0.45	n.d.	3.27	0.65	2.12	n.d.	0.75	0.15	3.29	17.59	7.53	3.12	2.26	0.41	0.43	4.64	-3.2	2.7	
2012/3/21	0.70	7.33	4.30	0.05	4.05	0.39	n.d.	3.09	0.61	2.15	n.d.	0.69	0.10	3.05	16.93	7.88	2.94	2.04	0.39	0.42	4.45	-3.1	1.7	
2012/4/4	1.01	7.30	4.14	0.05	3.94	0.37	n.d.	2.82	0.57	2.15	n.d.	0.63	0.15	3.03	15.85	7.84	2.67	2.04	0.37	0.40	4.25	-3.9	1.3	
2012/4/18	0.80	7.40	4.25	0.04	4.18	0.39	n.d.	3.02	0.59	2.18	n.d.	0.65	0.12	3.02	17.36	8.10	2.86	1.97	0.39	0.42	4.48	-3.9	2.6	
2012/5/1	0.80	7.44	4.35	0.04	4.20	0.44	n.d.	3.02	0.61	2.15	n.d.	0.44	0.20	3.03	17.48	7.67	2.86	1.98	0.39	0.42	4.50	-3.6	1.6	
2012/5/15	0.90	7.36	4.49	0.04	4.35	0.49	n.d.	3.23	0.66	2.20	n.d.	0.43	0.13	3.37	17.10	7.48	3.07	2.28	0.42	0.42	4.65	-0.7	1.8	
2012/5/29	0.64	7.42	4.40	0.04	4.33	0.45	n.d.	3.07	0.60	2.29	n.d.	0.61	0.21	3.10	17.29	8.20	2.90	2.02	0.40	0.43	4.59	-3.3	2.1	
2012/6/13	0.56	7.41	4.45	0.04	4.45	0.47	n.d.	3.18	0.64	2.23	n.d.	0.71	0.19	3.08	17.88	8.40	3.01	1.96	0.42	0.44	4.71	-2.4	2.8	
2012/6/25	8.70	7.05	3.21	0.09	3.41	0.38	n.d.	1.55	0.42	2.06	n.d.	0.91	0.12	3.05	9.59	6.31	1.42	2.20	0.27	0.30	3.24	-4.9	0.5	
2012/7/10	4.24	7.22	3.33	0.06	3.76	0.40	n.d.	1.56	0.42	2.20	n.d.	0.40	0.10	2.80	9.09	7.33	1.42	1.85	0.29	0.28	3.21	1.2	-1.8	
2012/7/17	n/a	7.00	2.74	0.10	3.26	0.35	n.d.	0.95	0.32	2.17	n.d.	0.25	0.09	2.74	7.82	6.54	0.82	1.92	0.22	0.25	2.74	-6.1	0.0	

*1 採取時の渓流水流出量。 Runoff rate when sampling.

*2 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。 Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.
n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)
Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2012/7/23	7.63	7.12	3.01	0.08	3.56	0.34	n.d.	1.17	0.35	2.20	n.d.	0.25	0.10	2.67	9.59	7.20	1.04	1.78	0.25	0.28	3.01	-5.8	0.1	
2012/8/8	2.94	7.20	3.41	0.06	3.89	0.42	n.d.	1.44	0.41	2.23	n.d.	0.29	0.18	2.64	10.66	7.84	1.29	1.66	0.29	0.30	3.30	-3.0	-1.6	
2012/8/21	3.01	7.18	3.48	0.07	3.91	0.41	n.d.	1.51	0.42	2.19	n.d.	0.47	0.17	2.66	11.12	7.55	1.36	1.68	0.29	0.31	3.38	-3.6	-1.5	
2012/9/4	1.91	7.32	3.70	0.05	4.11	0.41	n.d.	1.72	0.46	2.24	n.d.	0.44	0.16	2.68	12.03	7.87	1.57	1.65	0.31	0.33	3.58	-2.3	-1.7	
2012/9/18	1.74	7.24	3.90	0.06	3.95	0.42	n.d.	1.87	0.44	2.32	n.d.	0.45	0.10	2.71	14.03	8.49	1.72	1.72	0.31	0.36	3.74	-7.5	-2.1	
2012/10/2	1.26	7.39	3.96	0.04	4.17	0.40	n.d.	2.10	0.52	2.29	n.d.	0.44	0.15	2.82	13.61	7.90	1.94	1.78	0.34	0.36	3.88	-2.7	-1.0	
2012/10/16	0.98	7.34	4.05	0.05	4.51	0.43	n.d.	2.49	0.56	2.26	n.d.	0.48	0.18	2.87	15.66	7.88	2.32	1.74	0.38	0.39	4.25	-2.1	2.4	
2012/10/30	0.98	7.34	4.07	0.05	4.21	0.45	n.d.	2.52	0.58	2.25	n.d.	0.61	0.15	2.85	14.89	8.29	2.36	1.79	0.37	0.38	4.15	-1.7	1.0	
2012/11/13	0.85	7.28	4.09	0.05	4.08	0.40	n.d.	2.12	0.53	2.32	n.d.	0.45	0.13	2.99	14.80	8.45	1.97	1.97	0.34	0.38	3.99	-6.2	-1.3	
2012/11/26	0.80	7.25	4.44	0.06	4.06	0.42	n.d.	2.33	0.54	2.46	n.d.	0.52	0.18	3.16	15.24	8.89	2.18	2.14	0.35	0.40	4.16	-6.8	-3.2	
2012/12/11	0.70	7.27	4.18	0.05	4.21	0.38	n.d.	2.53	0.59	2.31	n.d.	0.44	0.14	3.14	15.35	8.34	2.37	2.09	0.37	0.39	4.22	-3.5	0.5	
2012/12/25	0.70	7.24	4.12	0.06	3.99	0.36	n.d.	2.47	0.53	2.28	n.d.	0.48	0.14	3.15	14.76	7.91	2.32	2.15	0.35	0.38	4.08	-4.6	-0.5	
2013/1/9	0.61	7.24	4.27	0.06	4.09	0.36	n.d.	2.53	0.53	2.28	n.d.	0.53	0.16	3.15	15.78	7.83	2.37	2.13	0.36	0.40	4.21	-6.0	-0.7	
2013/1/21	0.61	7.06	4.28	0.09	4.12	0.36	n.d.	2.59	0.55	2.19	n.d.	0.51	0.13	3.13	15.94	7.69	2.44	2.09	0.36	0.40	4.22	-4.9	-0.7	
2013/2/5	0.70	7.23	4.45	0.06	4.15	0.38	n.d.	2.71	0.57	2.22	n.d.	0.69	0.13	3.27	16.21	7.49	2.55	2.23	0.37	0.41	4.34	-5.0	-1.2	
2013/2/18	1.26	7.03	4.25	0.09	3.93	0.39	n.d.	2.39	0.52	2.21	n.d.	1.15	0.13	3.16	14.89	7.15	2.24	2.17	0.34	0.39	4.12	-6.9	-1.5	
2013/3/5	0.80	7.11	4.28	0.08	4.00	0.36	n.d.	2.81	0.55	2.09	n.d.	0.78	0.10	3.13	16.40	7.49	2.66	2.13	0.37	0.41	4.30	-5.1	0.2	
2013/3/18	2.86	6.86	3.81	0.14	3.33	0.50	n.d.	2.03	0.54	2.29	n.d.	1.47	0.07	3.92	10.51	4.33	1.91	3.09	0.30	0.34	3.76	-6.3	-0.6	
2013/4/2	1.91	7.20	4.23	0.06	4.00	0.49	n.d.	2.61	0.59	2.24	n.d.	0.89	0.10	4.21	13.52	6.07	2.45	3.21	0.37	0.39	4.30	-3.2	0.8	
2013/4/16	0.61	7.30	4.55	0.05	4.68	0.41	n.d.	3.26	0.66	2.30	n.d.	0.60	0.16	3.25	17.88	7.79	3.08	2.08	0.43	0.44	4.80	-1.0	2.7	
2013/4/30	0.80	7.20	4.54	0.06	4.63	0.49	n.d.	2.96	0.67	2.26	n.d.	0.98	0.10	3.34	17.13	7.42	2.79	2.17	0.42	0.43	4.70	-1.8	1.8	
2013/5/14	0.61	7.25	4.60	0.06	4.44	0.42	n.d.	2.72	0.63	2.21	n.d.	0.66	0.13	3.19	18.27	7.91	2.56	2.08	0.39	0.44	4.58	-6.1	-0.2	
2013/5/28	0.83	7.19	4.86	0.07	4.73	0.68	n.d.	3.44	0.72	2.75	n.d.	1.05	0.14	3.56	16.68	7.31	3.26	2.37	0.45	0.45	5.05	0.9	1.9	
2013/6/11	0.53	7.25	4.70	0.06	4.87	0.50	n.d.	2.52	0.59	2.25	n.d.	0.86	0.23	3.24	18.33	8.31	2.33	2.02	0.40	0.45	4.67	-6.3	-0.3	
2013/6/25	1.30	7.21	4.31	0.06	4.16	0.45	n.d.	2.08	0.51	2.27	n.d.	1.21	0.12	3.07	14.46	7.81	1.93	2.02	0.34	0.39	4.05	-6.8	-3.1	
2013/7/9	2.86	7.15	3.66	0.07	3.80	0.46	n.d.	2.52	0.52	1.92	n.d.	0.77	0.21	2.92	11.29	7.41	2.37	1.96	0.35	0.32	3.75	4.0	1.2	
2013/7/23	1.26	7.22	3.99	0.06	4.12	0.45	n.d.	2.88	0.55	1.98	n.d.	0.70	0.24	2.92	14.34	7.77	2.73	1.89	0.38	0.37	4.17	1.3	2.2	
2013/8/6	1.39	7.20	4.08	0.06	4.02	0.51	n.d.	3.01	0.60	1.97	n.d.	1.22	0.21	2.89	14.25	7.71	2.86	1.88	0.39	0.38	4.26	1.5	2.2	
2013/8/20	0.90	7.30	4.28	0.05	4.25	0.47	n.d.	3.28	0.59	1.99	n.d.	0.76	0.25	2.95	16.26	8.19	3.12	1.89	0.41	0.40	4.50	0.7	2.5	
2013/8/28	2.59	7.28	3.74	0.05	3.82	0.46	n.d.	2.55	0.53	1.89	n.d.	0.60	n.d.	2.84	12.94	7.53	2.40	1.88	0.35	0.33	3.80	2.1	0.8	
2013/9/5	7.89	7.14	3.17	0.07	3.54	0.41	n.d.	1.81	0.45	1.93	n.d.	0.67	0.19	2.79	9.55	6.98	1.68	1.90	0.29	0.29	3.28	1.1	1.8	
2013/9/19	2.52	7.31	3.54	0.05	3.91	0.40	n.d.	2.19	0.50	1.97	n.d.	0.31	0.24	2.68	12.61	7.75	2.04	1.70	0.33	0.33	3.67	0.0	1.9	
2013/10/1	1.85	7.26	3.74	0.06	3.99	0.41	n.d.	2.41	0.53	1.99	n.d.	0.38	0.22	2.71	13.45	7.98	2.26	1.71	0.35	0.35	3.85	0.2	1.4	
2013/10/15	1.91	7.43	3.84	0.04	4.05	0.47	n.d.	2.68	0.56	2.09	n.d.	0.40	0.24	2.77	14.19	8.81	2.52	1.76	0.37	0.36	4.06	0.7	2.8	
2013/10/29	1.17	7.35	4.03	0.05	4.10	0.43	n.d.	2.96	0.58	2.02	n.d.	0.45	0.21	2.85	15.25	8.05	2.81	1.83	0.39	0.38	4.23	0.6	2.4	
2013/11/12	1.01	7.23	4.10	0.06	4.09	0.43	n.d.	3.14	0.61	2.03	n.d.	0.40	0.22	2.94	15.74	7.91	2.98	1.92	0.40	0.39	4.34	0.7	2.9	
2013/11/26	0.90	6.90	4.17	0.13	4.13	0.43	n.d.	3.06	0.61	2.06	n.d.	0.36	0.20	2.95	15.83	9.05	2.90	1.91	0.39	0.39	4.33	0.3	1.9	

*1 採取時の渓流水流出量。Runoff rate when sampling.

*2 水質管理の結果。R1、R2はそれぞれの基準が満たなかったことを示す。Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.
n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Appendix 2. 鹿北試験地 3 号沢の渓流水分析データ (つづき)

Analytical data of stream water at the Kahoku experimental watershed no.3 (Continued).

Date	Runoff ^{*1} L s ⁻¹	pH	EC _{obs} mS m ⁻¹	H ⁺ μg L ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	Cations	Anions	EC _{cal} mS m ⁻¹	R1	R2	QC ^{*2}
2013/12/10	0.87	6.92	4.43	0.12	4.18	0.48	n.d.	3.58	0.67	2.14	n.d.	0.46	0.23	3.20	16.85	7.88	3.42	2.15	0.43	0.42	4.68	1.1	2.8	
2013/12/24	0.70	7.03	4.21	0.09	4.14	0.40	n.d.	3.55	0.64	2.03	n.d.	0.36	0.20	3.07	16.77	8.51	3.39	2.03	0.42	0.41	4.57	1.4	4.1	
2014/1/9	0.70	6.95	4.32	0.11	4.25	0.43	n.d.	3.56	0.66	2.24	n.d.	0.46	0.20	3.35	16.90	7.81	3.40	2.28	0.43	0.42	4.73	0.5	4.5	
2014/1/21	0.46	6.98	4.28	0.11	4.18	0.37	0.00	3.63	0.64	2.03	n.d.	0.46	0.21	3.16	17.41	8.00	3.47	2.11	0.43	0.42	4.68	0.3	4.4	
2014/2/3	0.53	7.12	4.56	0.08	4.38	0.45	n.d.	3.85	0.69	2.08	0.00	0.50	0.22	3.21	18.81	7.94	3.68	2.12	0.45	0.45	4.95	0.2	4.1	
2014/2/18	0.61	7.07	4.23	0.09	4.13	0.42	n.d.	3.57	0.67	2.04	n.d.	0.52	0.20	3.24	16.75	7.38	3.41	2.20	0.42	0.41	4.64	1.2	4.6	
2014/3/4	0.51	7.09	4.45	0.08	4.18	0.40	n.d.	3.95	0.69	1.97	n.d.	0.53	0.21	3.17	18.47	7.40	3.79	2.12	0.45	0.44	4.87	0.7	4.5	
2014/3/18	1.05	7.13	4.16	0.07	4.09	0.50	n.d.	3.42	0.65	2.01	n.d.	0.67	0.15	3.42	15.26	6.33	3.26	2.39	0.41	0.39	4.51	2.6	4.1	
2014/4/2	0.94	7.32	4.21	0.05	4.17	0.48	n.d.	3.50	0.66	1.98	n.d.	0.78	0.20	3.11	17.26	7.30	3.35	2.07	0.42	0.42	4.66	0.0	5.1	
2014/4/8	0.61	7.26	4.35	0.06	4.20	0.44	n.d.	3.76	0.67	1.98	n.d.	0.60	0.22	3.16	18.16	7.33	3.60	2.10	0.44	0.44	4.80	0.1	5.0	
2014/4/22	0.56	7.37	4.48	0.04	4.37	0.53	n.d.	3.99	0.74	1.96	n.d.	0.54	0.22	3.10	19.29	7.49	3.82	2.00	0.46	0.45	5.01	1.3	5.6	
2014/5/7	0.46	7.30	4.48	0.05	4.27	0.45	n.d.	3.98	0.70	1.98	n.d.	0.56	0.21	3.20	18.82	8.08	3.82	2.12	0.45	0.45	4.95	0.8	4.9	
2014/5/21	0.59	7.32	4.56	0.05	4.28	0.54	n.d.	4.05	0.73	1.95	n.d.	0.69	0.23	3.21	18.42	7.82	3.89	2.14	0.46	0.44	4.98	2.2	4.5	
2014/6/4	0.77	7.32	4.46	0.05	4.21	0.60	n.d.	3.84	0.70	1.90	n.d.	0.64	0.20	3.21	17.85	7.60	3.68	2.15	0.45	0.43	4.84	2.1	4.1	
2014/6/17	2.65	6.88	4.28	0.13	3.54	0.93	0.00	3.74	0.74	1.80	n.d.	1.97	0.23	3.77	12.80	4.91	3.61	2.88	0.43	0.38	4.61	5.9	3.7	
2014/7/2	0.51	7.27	4.77	0.05	4.31	0.55	n.d.	4.19	0.74	1.98	n.d.	0.79	0.23	3.14	19.33	8.02	4.03	2.06	0.47	0.46	5.11	1.5	3.4	
2014/7/15	1.74	7.23	3.96	0.06	3.87	0.56	n.d.	3.12	0.63	1.87	n.d.	0.74	0.19	2.99	15.34	7.13	2.97	2.02	0.39	0.38	4.30	0.7	4.1	
2014/8/1	0.87	7.39	4.29	0.04	4.23	0.52	0.00	3.49	0.65	2.15	n.d.	0.76	0.23	3.04	16.70	7.88	3.33	1.98	0.42	0.42	4.67	1.0	4.2	
2014/8/12	2.45	7.15	3.69	0.07	3.89	0.44	n.d.	2.70	0.55	2.02	n.d.	0.46	0.24	2.86	13.66	7.61	2.55	1.89	0.36	0.36	3.99	0.6	3.9	
2014/8/28	2.39	7.28	3.72	0.05	3.92	0.44	n.d.	2.74	0.56	1.97	n.d.	0.54	0.25	2.80	13.61	7.40	2.60	1.81	0.36	0.35	4.00	1.6	3.6	
2014/9/10	1.85	7.31	3.75	0.05	3.99	0.43	n.d.	2.75	0.56	2.00	n.d.	0.50	0.22	2.80	14.01	7.63	2.59	1.80	0.37	0.36	4.03	1.2	3.7	
2014/9/25	1.49	7.34	3.82	0.05	4.04	0.46	0.00	2.86	0.58	2.01	n.d.	0.51	0.19	2.83	14.39	7.73	2.71	1.82	0.38	0.37	4.13	1.7	3.9	
2014/10/7	1.30	7.30	3.87	0.05	4.05	0.41	n.d.	2.89	0.57	2.04	n.d.	0.43	0.23	2.83	14.88	7.56	2.74	1.81	0.38	0.37	4.17	0.5	3.7	
2014/10/21	1.13	7.31	3.96	0.05	4.16	0.44	n.d.	3.00	0.59	2.04	n.d.	0.46	0.32	2.87	15.72	7.88	2.85	1.83	0.39	0.39	4.33	-0.3	4.4	
2014/11/6	0.98	7.28	3.93	0.05	4.15	0.40	n.d.	2.98	0.58	2.02	n.d.	0.52	0.20	2.89	15.53	7.86	2.82	1.85	0.39	0.39	4.27	0.1	4.2	
2014/11/20	0.83	7.22	3.99	0.06	4.14	0.39	n.d.	3.19	0.59	2.11	n.d.	0.45	0.26	2.99	16.06	8.00	3.03	1.95	0.40	0.40	4.41	-0.3	5.0	
2014/12/4	0.87	7.29	4.07	0.05	4.07	0.45	n.d.	3.28	0.62	2.26	n.d.	0.46	0.19	3.13	15.52	7.33	3.12	2.10	0.40	0.40	4.45	0.8	4.5	
2014/12/18	0.73	7.21	4.27	0.06	4.03	0.36	n.d.	3.23	0.59	2.07	n.d.	0.43	n.d.	3.02	16.02	7.65	3.08	2.01	0.39	0.39	4.33	0.4	0.7	
2014/12/29	0.70	7.20	4.33	0.06	4.10	0.37	n.d.	3.37	0.60	2.04	n.d.	0.42	0.23	3.03	16.25	7.78	3.21	2.00	0.41	0.40	4.45	0.5	1.4	

*¹ 採取時の渓流水流出量。 Runoff rate when sampling.*² 水質管理の結果。R1, R2はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。 Results of quality control. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.
n.d. は検出限界以下、n/a は欠測または計算不能を示す。 N.d. denotes 'not detected'. N/a denotes 'not available'.

Rainwater and streamwater chemistry between 2001 and 2014 in the Kahoku experimental watershed no.3, Kyushu

Tatsuya TSURITA^{1)*} and Yasuhiro OHNUKI¹⁾

Abstract

We calculated mean annual solute concentrations in rainwater and streamwater between 2001 and 2014 at the Kahoku experimental watershed no. 3 and considered the inter-annual trend. Mean annual non-sea salt Ca^{2+} and Ca^{2+} concentration in rainwater peaked in 2006 and 2007. Other elements in rainwater showed no trend. Mean annual dissolved inorganic nitrogen input through rainwater was $8.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, about 60% of which was in the $\text{NH}_4^+\text{-N}$ form. Mean annual non-sea salt SO_4^{2-} input was $34.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, which was about 90% of the total SO_4^{2-} input. Mean annual K^+ concentration in streamwater tended to increase gradually over the 15 years of observation. Other elements in streamwater showed no trend. We conducted quality control of the data and evaluated the completeness of the data using the quality assurance/quality control program of the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET). Each year's completeness of the data was generally high (more than 80%) in both rainwater and streamwater.

Key words : rainwater, streamwater, solute concentration, annual change, completeness of the data, Kahoku experimental watershed no.3, Kyushu

Received 28 October 2016, Accepted 10 January 2017

1) Department of Forest Soils, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* Department of Forest Soils, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; e-mail: tatsuya@ffpri.affrc.go.jp

森林総合研究所研究報告の基本方針

1. 審 査

投稿された論文（論文、短報、ノート、総説、研究資料）は、すべて審査を受けてその採否が決定される。論文の審査方針を次のように定める。

1. 審査の目的

投稿された論文（論文、短報、ノート、総説、研究資料）が、審査の基準に照らして掲載可能か否かを判断することが審査の目的である。

2. 審査の基準

- (1) 新規性：論文の内容が、公知、既発表、または既知のことから容易に導き得るものでないこと。
 - (2) 有用性：論文の内容が、学術的に、または実用上なんらかの意味で価値があること。
 - (3) 信頼性：論旨が通っており、結論等を信頼するに十分な根拠が示されていること。
- さらに、論文はその内容が読者に十分理解できるように簡潔かつ明瞭に記述され、その内容に誤りないことが必要で投稿規程及び執筆要領に規定されたとおりに論文が構成され、記述されていなければならない。

3. 査読者

投稿された論文の査読者2名（ノート及び研究資料の場合1人）は、担当編集委員が選定し、森林総合研究所研究報告編集委員会（以下、「委員会」という）において決定する。査読者の氏名は公表しない。著者との連絡はすべて委員会が行い、査読者は著者と直接連絡しないこととする。

4. 査読の結果

論文は、上記の各項の基準に照らして総合的に審査され、次のいずれかに判定される。

- (1) このまま掲載可。
- (2) 指摘の点を検討・修正の上、編集委員の了承をもって掲載可。
- (3) 指摘の点を検討・修正の上、再審査の必要あり。
- (4) 却下した方がよい（掲載するほどの内容を含まない場合及び掲載すべきでない場合）。
- (5) その他。

(1) から (4) のいずれかに判定し難い時は、(5) と判定されるが、その場合は担当編集者によって、その理由が具体的に示される。

(2)、(3) と判定された論文の場合は、掲載条件が具体的に示されるので、指摘に沿って原稿を修正する。(2) の判定の場合は、重要な内容の訂正を掲載条件としないことを原則とする。2人の査読者がともに (1) または (2) と判定すれば、査読は終了し、掲載可とする。2人の査読者がともに (4) と判定した場合は、却下とする。

1人が (4) と判定し、担当編集者が必要と認めた場合は別の査読者によってさらに査読を行い、その査読者も (4) と判定すれば却下となります。その査読者が掲載可と判定すれば査読は終了し、掲載可となります。(5) については、その理由により委員会の討議を経て、編集委員長が著者及び査読者と協議して対応します。

(2017年1月4日)

2. 投 稿

投稿資格

1. 投稿者は原則として当所の在職職員とする。その他、元職員、依頼研究員及び共同研究者等が、当所あるいは当所と関係のある場所において研究した成果を含む内容も投稿できる。

原稿の種類

2. 原稿の種類は論文、短報、ノート、総説及び研究資料とする。論文は、原著論文として他の出版物に投稿または掲載されていないものに限る。短報は、速報性の高いものを4頁以内にまとめる。ノートは、価値のある新事実または結論を含むものを2頁以内にまとめる。総説は特定の課題に関する研究を広くかつ普遍的に総括・説明したものとする。研究資料は観測データ、調査資料等とする。

原稿の提出

3. 投稿者は、別に定める執筆要領に基づき作成した原稿を「研究報告原稿提出書」とともに広報普及科編集刊行係に提出する。なお、共著原稿の提出にあたっては、共著者全員の同意を得ることとする。提出する原稿は電子ファイルとする。

原稿の提出先 〒305-8687 つくば市松の里1
国立研究開発法人 森林総合研究所
広報普及科 編集刊行係
Tel : 029-829-8373
Fax : 029-873-0844
E-mail : kanko@ffpri.affrc.go.jp

原稿の修正

4. 修正原稿が2ヶ月以内に、短報及びノートでは3週間以内に再提出されない場合には受付を取り消す。なお、特別な理由により期限内に提出できない場合は、期間延長を編集委員長に文書で申し入れする。

原稿の却下

5. 再審査を終えても受理されない論文等については委員会により却下されることがある。

使用言語

6. 使用言語は日本語または英語とする。

著作権

7. 研究報告の著作権は森林総合研究所に帰属する。掲載論文の全体または一部を他の著作物に利用する場合、事前に編集刊行係に申し出て、編集委員長の許可を得るものとする。

(2017年1月4日)

3. 執筆要領

原稿の書式

1. 原稿は Word 形式の電子ファイルとし、次の書式に従う。
 - 1) 和文原稿は、A 4 判白紙に、天地左右各 30mm 程度の余白を残し、原則として 10.5 ポイントの文字を使用し、40 字詰め 20 行で横書きで印字する。語や句を区切る際には、「、」「。」を使用。
 - 2) 英文原稿は、A 4 判白紙に、天地左右各 30mm 程度の余白を残し、原則として 10.5 ポイントの文字を使用し、25 行で印字する。

原稿の構成

2. 原稿の構成は次の順による。
 - 1) 和文原稿
 - (1) 表紙<表題・著者名・所属・英文表題・英文著者名・英名所属・和文ランニングタイトル(全角 25 文字以内)>
 - (2) 英文要旨 (Abstract)、英語キーワード
 - (3) 和文要旨、日本語キーワード
 - (4) 本文
 - (5) 引用文献
 - (6) 図・表・写真の表題と説明 (和文、英文または和英併記)
 - (7) 補足電子資料 (Supplementary data) の表題と説明
 - (8) 図・表・写真 (別添)
 - 2) 英文原稿
 - (1) 表紙<表題・著者名・所属・英文ランニングタイトル (空白含め半角 50 文字以内)>
 - (2) 英文要旨 (Abstract)、英語キーワード
 - (3) 本文
 - (4) 引用文献
 - (5) 和文要旨<和文表題・和文著者名・和名所属を含む>、日本語キーワード
 - (6) 図・表・写真の表題と説明
 - (7) 補足電子資料 (Supplementary data) の表題と説明
 - (8) 図・表・写真 (別添)
- ただし、ノートは表題・著者名・所属、キーワード、本文 (目的、方法、結果などの項目は付けない)、引用文献、図表の表題と説明、補足電子資料の表題と説明の順に記述する。原則として、図、表、引用文献は必要最少限とする。

表題

3. 英文表題 (サブタイトルを含む) の記載は、先頭の単語の頭だけを大文字とし、残りの単語は小文字と

する。

著者名

4. 著者名の記載は英文の場合、執筆者が通常使用しているローマ字で、名 (頭文字を大文字、以後は小文字)、姓 (大文字) を記載する (例: Taro SHINRIN)。共著者のあるときは“,”で区切り、最後の共著者の前に and を入れる。

所属と連絡先

5. 著者の所属は、論文が受付されたときの所属とする。退職者については退職時の所属 (和文にのみ元をつける) とする。なお、著者の所属をその対応が容易にわかるように著者の右肩に 1)、2) の番号を付し、脚注に森林総合研究所、領域・支所・試験地名等を記載する。また、著者のうち 1 名を連絡先 (corresponding author) とし右肩に所属の番号等についで * (アスタリスク) を付し、脚注に連絡先 (現在の所属、住所、E-mail アドレス (推奨)) を入れる。所属が無い場合は、個人の連絡先 (住所または E-mail アドレス等) とする。

要 旨

6. 要旨は、論文の目的、方法、結果などを和文では 600 字 (短報は 300 字)、英文では 300 語 (短報は 150 語) 以内で簡潔に記述する。その際、原則として改行は避け、できるだけ略語、慣用語を用いない。また、原則として表、図、式などを本文中の番号で引用しない。

長文のものについては、和文の場合英文摘要を巻末に、英文の場合和文要旨のかわりに和文摘要を掲載することが出来る。なお、摘要は目的、方法、結果などの要点を簡潔に記述する。

ノートについては、要旨は不要とする。

キーワード

7. 原稿の内容を的確に表すキーワード (論文、短報、総説及び研究資料は 7 語以内、ノートは 5 語以内) を記載する。キーワードの選定は検索に用いられることを考慮し (調査年等是不適)、英語と日本語を対応させ、記載の順序を揃える。英語は、固有名詞の最初の文字を除き、すべて小文字で書く。

本文／見出し

8. 本文の区分けの表題は中央に 1 行取りで書く。

表題をさらに細分化するときには左詰めにしてゴシック指定にする。

見出しで必要な場合はポイントシステムを採用してもよい。

英文の見出しは、英文表題の記載と同様に最初の単語の頭だけを大文字表記とする。

英文字記号および英数字

9. 本文中、引用文献中ともに、括弧(), アポストロフィ('), ピリオド(.), セミコロン(;)等の英文記号を使う場合には、すべて半角で記述する。ローマ数字も半角アルファベットの組み合わせとして記述する。括弧の前後や記号の後には原則として半角スペースを入れる。

具体的には下記の例を参照(_ は半角スペースを表す)。

・・・であると考えられる _ (堀・河合 _ 1965a, b, Dropkin et al. _ 1979)。

・・・堀ら _ (1965) _ の報告がある。

・・・ウスバシロチョウ _ (別名ウスバアゲハ) _ は、・・・引用文献

Ahmad, Q. A. (1952) Fungi of East Bengal. Pakist. J. For., 2, 91-115.

引用文献

10. 1) 本文中の引用文献の記載は下記の例に従う。(_ は半角スペースを表す)

本文末につける場合

(Ahmad_1952) (堀_1965) (Ahmad_1952, 堀_1965)

文中での説明の場合

Ahmad_(1952)_ は～ 近年、堀_(1965)_ は～著者が複数の場合等の記載例

・連名の場合：(Ahmad_and_Baker_1952) (堀・川合_1965a, b) 中点は全角

・著者が3名以上の場合：第1著者名の後に「et_al.」または「ら」を付す。

(Dropkin_et_al._1979) (Dropkin ら_1979)

・複数の文献の場合：年代順に記載し、同年の文献については、著者名のアルファベット順に記載し、単名を先行とする。また、同名の著者は年代順にまとめて記載する。同名で同年の文献については、年の後に a, b をつけて記載する。

(田中_1984, 1989 石塚_1988, 1990a, b)

筆頭著者が同じであれば共著者が異なっても区別しない。

(田中・木村_1984)(田中・鈴木_1988) は (田中ら_1984, 1988) にまとめる。

・訳本の場合：原著者名(訳本の表記に従い、原著者のファミリーネーム)と原著発行年を引用する。(ブレーヌ_1989)

2) 引用文献リストは著者名のアルファベット順に記載し、単名を先行とする。同名の著者は年代順に記載する。詳細は下記の例に従う。(_ は半角スペースを表す)

①雑誌を引用する場合

例 Ahmad, Q. A. (1952) Fungi of East Bengal. Pakist. J. For., 2, 91-115.

Baker, C. F. (1914a) A review of some Philippine plant diseases. Philip. Agr. & For., 3, 157-164.

Baker, C. F. (1914b) First supplement to the list of the lower fungi of the Philippine Islands. Leaflet. Philip. Bot., 7 (Art113), 2417-2542.

Dropkin, V. H. and Foudin, A. S. (1979) Report of the occurrence of *Bursaphelenchus lignicolus* induced pine wilt disease in Missouri. Plant Dis. Rep., 63, 904-905.

Reunanen, M., Ekman, R. and Heinonen, M. (1989) Analysis of Finnish pine tar from the wreck of Frigate St. Nikolai. Holzforschung, 43, 33-39.

・誌名の略記法は慣例にならう。

・氏名が和文体の場合は、姓と名の間に全角スペースを入れる。(■は全角スペースを、 _ は半角スペースを表す)

例 森■章_(2001)_イチイガシの種子生産における同化産物投資 _ 日林誌, 83, 93-100.

堀■高夫_(1965)_路網計画のための図上地形判定について _ 日林誌, 47, 168-170.

上野■洋二郎_(2000)_森林計画における森林諸機能の最適配分 _ 日林誌, 82, 360-363.

田島■正啓・宮島■寛・宮崎■安貞_(1977)_ヒノキパーオキシターゼ・アイソザイムの遺伝子分析 _ 日林誌, 59, 173-177.

②書籍を引用する場合

例 (本一冊を引用する場合)

三浦■伊八郎・西田■屹二_(1948)_木材化学 _ 丸善, 690pp.

(複数の著者によって書かれた編集本の特定部分を引用する場合)

沼田■真_(1967)_植物的環境の解析と評価 _ 森下■正明・吉良■竜夫編 _ "自然：生態学的研究" _ 中央公論社, 163-187.

(叢書の特定部分を引用する場合)

川合■眞一・田中■早苗_(1963)_ " 実用化学講座 17 巻有機化合物の反応 (下) " _ 第2版 _ 日

本化学会編, 丸善, 210-212.

(欧文の単行書のタイトルはイタリックとする)

Ishii, M. (1996b) *Decline and conservation of butterflies in Japan*. In Ae, S. A., Hirowatari, T., Ishii, M. and Brower L. P. (eds.) "Decline and Conservation of Butterflies in Japan III" . The Lepidopterological Society of Japan, Osaka, 157-167.

(訳本を引用する場合は、原著者名 (訳本の表記に従い、姓・名の順) や原著発行年等を引用する)
ブレーヌ■ジャン (1989) (永塚鎮男訳, 2011)
人は土をどうとらえてきたか : 土壌学の歴史とペドロジスト群像, 農山漁村文化協会, 415pp.

- ③ Web ページの引用は、適当な文献資料が利用できないか、または電子テキスト利用の利便性が特に高い場合に限る。引用する場合には、文献の発行年にあたる部分は、当該 Web ページの公表年 (更新年) とするが、公表年が無い場合は筆者が当該ページを確認した年次とし、URL と参照日を記載する。ただし、官公庁等の冊子体資料がそのまま PDF ファイル等の形態で公表されている場合には、冊子体の発行年、発行所、ページ数等を引用し、URL のみを併記する。一連の資料・文書が別ファイル化されている場合には、トップページのみ典拠すればよい。

例 環境省 (2004) “農林水産省と環境省の連携による田んぼの生きもの調査”,

<http://www.env.go.jp/nature/satoyama/tanbo.html>,
(参照 2008-01-24).

Finger Lakes Resource Conservation & Development Council (2007) “Forest land best management practices in the Finger Lakes Region of New York State”,

<http://www.dnr.cornell.edu/ext/bmp/index.html>,
(accessed 2007-11-30).

環境省 (2002) “平成 13 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書”, 環境省, 122 pp,

<http://www.env.go.jp/earth/report/h14-03/index.html>.

- 3) 私信扱いの情報は、下記の例に従い、本文中に記載する。(_ は半角スペースを表す)

なお、所属については、省略することができる。

(氏名, _ 所属, _ 私信)

(Name, _ Affiliation, _ pers, _ comm.)

英文校閲

- 1 1. 英文原稿及び和文原稿の英文摘要は原稿提出前に必ず英文校閲を受ける。

図・表・写真 (補足電子資料含む)

- 1 2. 1) 図・写真はなるべく高解像度の Jpeg、表は Excel 形式とする。表については、表題は表の上部に、注釈は表の下部に記載し、図・写真については、表題及び注釈は本文末にまとめて記載する (印刷では図・写真の下部に記載される)。和文原稿の場合は、表題・注釈及び図表は和文、英文または和英併記とする。また、本文中では「Fig.」「Table」「Photo」を使用。

- 2) 印刷時の図・写真の大きさは、段組幅 (82 mm) か頁幅 (170 mm) のどちらかを明示する。なお、図・表・写真の挿入箇所を本文に朱書きで明示する。

- 3) 原則として、表には縦の罫線を用いない。

補足電子資料 (Supplementary data)

- 1 3. 紙面の都合上掲載できない図表は、補足電子資料として引用文献の後に付記することができ、本文中にも引用できる。印刷版には引用文献の後に図表の表題と公開 URL を、電子版には全てを公開する (例 ; 図 . S1 , 表 . S1)。

補足電子資料の掲載は、論文、短報、ノート、総説、研究資料の全てが対象となる。

(2017 年 1 月 4 日)

担 当 者 御 中
To the person concerned

国立研究開発法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

森林総合研究所研究報告を送付させていただきますのでお受け取り下さい。
貴刊行物と交換願えれば幸いです。なお、貴研究所の名称、住所などを変更
された場合は、下記まで連絡を御願い致します。

Please, find an enclosed Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute.
We greatly appreciate receiving any relevant publications in exchange.
Let us know when the name of your institution and mailing address are changed.

Officer in charge at publication section
Forestry and Forest Products Research Institute
1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 Japan
Tel : + 81-29-829-8373 Fax : + 81-29-873-0844
e-mail : kanko@ffpri.affrc.go.jp

2017年3月 発行 森林総合研究所研究報告 第16巻1号（通巻441号）

編 集 人 森林総合研究所研究報告編集委員会

発 行 人 国立研究開発法人 森林総合研究所
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
電話：029-829-8373 Fax：029-873-0844

製 版・印 刷 筑波印刷情報サービスセンター協同組合
〒300-4111 茨城県土浦市大畑566-2
電話：029-862-5027 Fax：029-862-5306

© 2017 Forestry and Forest Products Research Institute

本誌から転載・複写する場合は、森林総合研究所の許可を得てください。



page1

木材-プラスチック複合材(混練型WPC)の耐候性に及ぼす木粉含有率と表層研削の影響
:小林 正彦、片岡 厚、石川 敦子、松永 正弘、神林 徹、木口 実

Influence of wood contents and surface sanding on weathering properties of wood plastic composites (WPCs) in outdoor exposure test

by Masahiko KOBAYASHI, Yutaka KATAOKA, Atsuko ISHIKAWA, Masahiro MATSUNAGA, Toru KANBAYASHI and Makoto KIGUCHI

page13

国産材由来セルロースナノファイバーに求められるもの -市場調査報告-
:下川 知子、真柄 謙吾、野尻 昌信、久保 智史、戸川 英二、木口 実、林 徳子

What is required in cellulose nanofibers from domestic timbers - A market research report -
by Tomoko SHIMOKAWA, Kengo MAGARA, Masanobu NOJIRI, Satoshi KUBO, Eiji TOGAWA, Minoru KIGUCHI and Noriko HAYASHI

page29

九州の鹿北流域試験地3号沢における2001~2014年の雨水と渓流水の水質
:釣田 竜也、大貫 靖浩

Rainwater and streamwater chemistry between 2001 and 2014 in the Kahoku experimental watershed no.3, Kyushu

by Tatsuya TSURITA and Yasuhiro OHNUKI