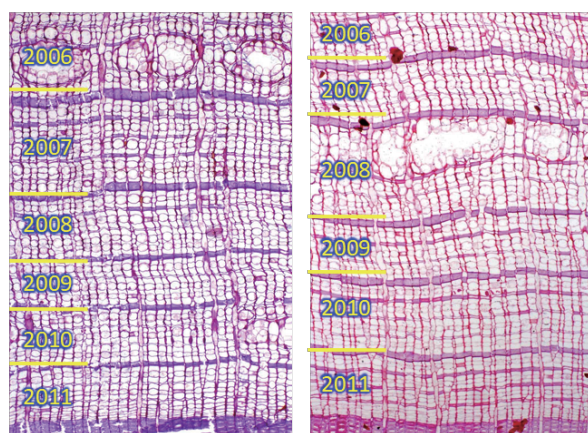


森林総合研究所研究報告

Vol.17 No.4 (No.448)

BULLETIN

of the
Forestry and
Forest Products
Research Institute



December 2018

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute



The Chief Editor

山中 高史 Takashi YAMANAKA (Principal Research Director, FFPRI)

The Vice-Chief Editor

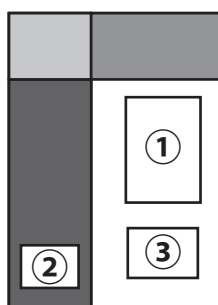
片岡 厚 Yutaka KATAOKA (Public Relations Division, FFPRI)

Editor

青井 秀樹 Hideki AOI (Department of Forest Policy and Economics , FFPRI)
福田 健二 Kenji FUKUDA (Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo)
五十嵐 哲也 Tetsuya IGARASHI (Department of Forest Vegetation, FFPRI)
石塚 成宏 Shigehiro ISHIZUKA (Department of Forest Soils, FFPRI)
松井 直之 Naoyuki MATSUI (Department of Forest Resource Chemistry, FFPRI)
毛利 武 Takeshi MOHRI (Department of Forest Molecular Genetics and Biotechnology, FFPRI)
小南 裕志 Yuji KOMINAMI (Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI)
黒川 潮 Ushio KUROKAWA (Kyushu Research Center, FFPRI)
渋谷 龍也 Tatsuya SHIBUSAWA (Department of Wood-based Materials , FFPRI)
小長谷 啓介 Keisuke OBASE (Department of Mushroom Science and Forest Microbiology, FFPRI)
岡 裕泰 Hiroyasu OKA (Forestry Division, Japan International Research Center for Agricultural Sciences)
岡 輝樹 Teruki OKA (Department of Wildlife Biology, FFPRI)
高務 淳 Jun TAKATSUKA (Department of Forest Entomology, FFPRI)
谷口 亨 Toru TANIGUCHI (Forest Tree Breeding Center, FFPRI)
山口 浩和 Hirokazu YAMAGUCHI (Department of Forest Engineering, FFPRI)
矢崎 健一 Kenichi YAZAKI (Department of Plant Ecology, FFPRI)

This journal is indexed in CAB Abstracts.

表紙写真 Photographs in Cover



- ① 中信森林管理署奈良井国有林のヒノキコンテナ苗植栽地(長野県)
Plantation of containerized Hinoki(*Chamaecyparis obtusa*) seedlings at Narai National Forest in Nagano Prefecture.
- ② カラマツ材を使用した木造庁舎(長野県長和町)
Wooden town hall constructed with Japanese Larch (*Larix kaempferi*) at Nagawa Town, Nagano Prefecture
- ③ (本文305～316ページ)
「栓皮」、屋根葺き材としてのヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)の樹皮における樹脂道(英文)
Resin canals in “hiwada”, bark of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) as roofing material

森林総合研究所研究報告 第 17 巻 4 号 (通巻 448 号) 2018. 12

目 次

論 文

「桧皮」、屋根葺き材としてのヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の樹皮における
樹脂道 (英文)

藤井 智之・大住 克博・窪野 高德 305

短 報

木質バイオマス発電所燃焼灰の若齢ヒノキ林への施用試験

大谷 達也・酒井 寿夫 317

研究資料

台風攪乱を伴った壮齢コジイ二次林の地上部純一次生産量の変動

佐藤 保・齊藤 哲・荒木 眞岳 325

桂不動谷津流域における 2001 ～ 2014 年の降水と溪流水の水質

小林 政広・吉永 秀一郎・伊藤 優子・篠宮 佳樹・相澤 州平
岡本 透・釣田 竜也 333

Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute

Vol.17 No.4 (No.448) December 2018

CONTENTS

Original article

- Resin canals in “hiwada”, bark of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) as
roofing material
Tomoyuki FUJII, Katsuhiro OSUMI and
Takanori KUBONO 305

Short communication

- An application test of combustion ash from a woody biomass power
generator to a young hinoki cypress plantation
Tatsuya OTANI and Hisao SAKAI 317

Research record

- Temporal dynamics of aboveground net primary production following
typhoon disturbances in an old *Castanopsis* coppice stand in
southwestern Japan
Tamotsu SATO, Satoshi SAITO and Masatake G. ARAKI 325
- Precipitation and streamwater chemistry in the Katsura Fudo-yatsu
experimental watershed in the Kanto region, 2001 - 2014
Masahiro KOBAYASHI, Shuichiro YOSHINAGA,
Yuko ITOH, Yoshiki SHINOMIYA, Shuhei AIZAWA,
Toru OKAMOTO and Tatsuya TSURITA 333

論文 (Original article)

Resin canals in “hiwada”, bark of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) as roofing material

Tomoyuki FUJII^{1)*}, Katsuhiro OSUMI²⁾ and Takanori KUBONO³⁾

Abstract

“Hiwada” is a major roofing material of wooden cultural buildings in Japan, and can be harvested from outer bark of large-diameter trees of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) at roughly 10-year intervals. Hinoki is well known for having no normal resin canals in either xylem or phloem, but tangential bands of traumatic resin canals in the bark can be easily detected on the cross section of “hiwada” material. To clarify whether “hiwada” harvest is a stimulus to form traumatic resin canals in the phloem of hinoki, the distribution and the formation of resin canals were investigated on the occasion of the second “hiwada” harvest experiment at Kibune site in Kyoto in October 2011.

The first “hiwada” harvest in 2002 did not affect xylem and phloem production in subsequent years. Tangential bands of traumatic resin canals were scattered widely in the secondary phloem of most sample trees regardless of the debarking treatment, and their occurrence was not synchronous within the trees studied. After the second harvest in 2011 microscopic investigation confirmed that the debarking treatment did not induce traumatic resin canal formation.

The pathogenous stem canker fungus *Cistella japonica* was isolated from outer barks of some sample trees, but its presence was not related to the incidence of resin canals.

The injuries due to the samplings in October and December induced the formation of traumatic resin canals, consistent with previous studies, generally in the following year in the latest 2 growth rings of the phloem.

In conclusion, “hiwada” harvest does not induce the formation of traumatic resin canals in the hinoki phloem. Although the cause is unfortunately entirely unknown, traumatic resin canal bands are common in the hinoki bark.

Keywords: phloem, debark, wood culture, anatomy, thin section, growth ring, *Cistella japonica*

1. Introduction

1.1 Supply of “hiwada” for cultural heritage wooden buildings in Japan

The importance of forest resources to maintain Japanese “wood culture” that places the origin on symbiosis in harmony with nature was discussed by Yamamoto (2005). He stated that “hiwada” is one of the roofing materials of cultural wooden buildings in Japan, that must be replaced every 30 to 40 years. “Hiwada” is a bark material that can be harvested from outer bark of large-diameter trees of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) over 70 years old at roughly 10-year intervals. There are about 700 wooden buildings roofed with “hiwada” designated as National Treasures and Important Cultural

Properties in Japan. In order to replace the roofs at 35-year intervals roughly 3,500 m² of “hiwada” is required each year. For stable supply, it is necessary to secure constantly about 350,000 hinoki trees of over 70 years old as “hiwada” harvest trees. For numerous additional wooden buildings roofed with “hiwada” not designated as important cultural properties in Japan, the amount of “hiwada” necessary for their maintenance is estimated to be several times higher. However, in recent decades the supply of “hiwada” tends to decline by a serious decrease of forest owners who cooperate in the “hiwada” harvest for fear that it may inhibit the growth of hinoki trees and/or affect wood quality.

For this reason, a research group of Yamamoto set up 4

Received 16 May 2018, Accepted 3 September 2018

1) Fellow, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Field Science Center, Faculty of Agriculture, Tottori University

3) Department of Mushroom Science and Forest Microbiology, FFPRI

* e-mail: tomoyuki63fujii@gmail.com

experiment sites in university research forests to verify the influence of “hiwada” harvest on the growth rate and wood quality. As a result, all the inner bark and a part of the outer bark were still remaining in the debarked trees studied (Utsumi et al. 2006), and no obvious damage by “hiwada” harvest conducted in March 2002 were observed in the cambium nor in the inner bark (Koga and Utsumi 2005). “Hiwada” harvest did not obviously influence tree growth and wood quality (Yamamoto 2005, Saito et al. 2015). The “hiwada” tradition probably owes its sustainability to the fact that of outer bark harvests can be repeated without affecting the production of the high quality wood of hinoki (Koga and Utsumi 2005).

1.2 Anatomy and growth ring structure of bark in hinoki (*Chamaecyparis obtusa*)

According to the IAWA List of Microscopic Bark Features (Angyalossy et al. 2016), bark of trees has the following anatomical structure. Bark is partitioned by the innermost periderm, and is distinguished into “inner bark” on the inner side and “outer bark” on the outer side. In most tree species, cork cambium is active for a relatively short period, and a new periderm is sequentially formed in the inner phloem. In outer bark separated by the newly formed periderm, dead phloem tissue and periderm formed a layered structure.

Anatomical structure of the bark of hinoki was studied by Takamatsu (1928) and revealed to have a typical regular arrangement of “fiber - sieve cell - parenchyma cell - sieve cell”. Miyoshi and Shimakura (1935) described that the cell wall thickness of the fiber bands were arranged from thick to thin inward, and then supposed that a tangential band of thick-walled fibers should be a growth ring boundary. The growth ring boundary situates between the last formed parenchyma cells and newly formed sieve cells reported by Itoh et al. (1968) for sugi (*Cryptomeria japonica*; Cupressaceae).

1.3 Traumatic resin canal formation in hinoki phloem

Yamanaka (1984) reported that healthy sugi and hinoki do not form axial resin canals in the phloem, but that traumatic canals are formed in response to insect damage or disease; trees damaged by the beetle sugikamikiri (*Semanotus japonicus*), form resin canals over 2 growth rings; areas of resin canals induced by resinous cankers (pathogen: *Monochaetia* spp.) are narrower than those caused by insect damage, and those due to shoe-string rot (pathogen: *Armillaria mellea*) spread widely forming annular and continuous bands that are concentrated in the lower stem where resin drainage is also massive. He suggested that the traumatic resin canals are formed in response to mechanical, biological or chemical stimuli.

Kuroda and Suzuki (1985) studied the formation of

traumatic resin canals induced by “rooshi” resinous canker. Yamanaka (1989) and also Kuroda (1998) studied traumatic resin canal formation due to mechanical injury. Yamanaka (1989) assumed the youngest mature parenchyma cells preferentially develop traumatic resin canals. Kuroda (1998) clearly described that axial parenchyma that can redifferentiate must be younger than 2 years old.

1.4 Kinds of “hiwada” hinoki bark: “arakawa (rough bark)” and “kurokawa (black bark)”

“Hiwada” harvested for the first time from a trunk of hinoki is said not to be of a good quality and is called “arakawa (rough bark)”. “Hiwada” harvested for the second or subsequent times is considered excellent, and is called “kurokawa (black bark)” (Utsumi et al. 2006).

In 2009 T. Fujii found white dotted lines on the cross section of a “hiwada” bundle exhibited at the Technical Training Center for Preservation of Cultural Property Buildings, Kyoto City. The white were identified by hand lens as axial resin canals filled with solid resin arranged in continuous tangential bands (see Photo 3). As mentioned previously, normal resin canals are not formed in the healthy bark of hinoki, so that the resin canals observed in the “hiwada” bundle were considered to be of traumatic origin. But, they were so frequent and so constant in every piece that they seemed to be different from the traumatic resin canals caused by insect or disease damage reported by Yamanaka (1984). Therefore, considering that high quality “kurokawa (black bark)” is produced in bark 8-10 years after a previous “hiwada” harvest, Fujii hypothesized that those resin canals in “hiwada” were formed by the stimulation of the previous “hiwada” harvest, debarking. If “hiwada” harvest is a stimulus to induce traumatic resin canal formation, “arakawa (rough bark)” which is harvested for the first time from virgin bark should be free from such resin canals.

In this study, we aim to clarify whether “hiwada” harvest is a stimulus to form traumatic resin canals in the phloem of hinoki. Therefore, on the occasion of the second “hiwada” harvest experiment at the “hiwada” harvest experimental site at Kibune, Kyoto, the distribution and the formation of resin canals were investigated. Fresh samples of inner and outer barks were sampled subsequently from the harvesting time to the next year, and the formation of traumatic resin canals induced by the debarking for “hiwada” harvest and also by mechanical injuries were investigated. Furthermore, the possibility of a pathogenic induction of resin canals was tested by culturing bark fragments for the presence/absence of stem canker fungi.

2. Materials and methods

2.1 Sample trees

In 2002, Kinki Chugoku Regional Forest Office Bureau, Forestry Agency, has set up "hiwada" harvest experimental sites towards the stable supply of "hiwada". In the experimental site at Kibune, Kyoto (0.11 ha), twelve large-diameter hinoki trees were selected (Table 1). Six were debarked, and the remaining trees served as controls. The first "hiwada" harvest experiment was conducted in October 2002, and the 6 sample-trees and some other trees were debarked. On 14th March 2010, the sample trees were inspected. All trees were in good health, obvious changes since the previous investigation in 2006 were not detected, and new traces of insect damage were not observed on the trunks (Table 1).

On 14th March 2010, increment cores of about 10 cm depth were taken in 4 orthogonal directions of each sample tree at 40 cm above ground, and annual ring width were measured. The growth analysis before and after the "hiwada" harvest and also between the debarked (No.11-16) and control trees (No.1-6) were conducted.

2.2 Sampling of "hiwada" material on the occasion of the "hiwada" harvest

The second "hiwada" harvest experiment at the Kibune site was conducted in October 2011 in the framework of a workshop for fostering "motokawashi (master of "hiwada" harvest)", and most trees except the 6 control trees were debarked (Photo 1).

On this occasion, small pieces (about 5 cm²) of "hiwada" material were sampled at breast height of most trees debarked at the site. "Kurokawa" samples were collected from "hiwada" strips harvested from the 6 debarked sample trees and 2 other debarked trees, and "arakawa" samples were from 18 trees which had never debarked. Resin canals were observed

by a hand lens in cross section of these samples collected from "hiwada" materials, and also in microscopic sections of punched-out samples from control trees as described below. Small pieces were also collected from "arakawa" material of some trees recording the height position.

2.3 Sampling to observe resin canal formation induced by "hiwada" harvest experiment

Fresh sample blocks from outer bark to outer xylem were taken at breast height using a leather punch of 7 mm in diameter (Photo 2). The sampling dates were 11th October 2011 for the debarked trees (No. 11 to No.16), and 19th October for the control trees (No. 1 to No. 6). The leather punch was sterilized in 70 % ethanol just before the sampling.

To investigate the effect of the "hiwada" harvest experiment on the phloem, fresh samples were similarly collected on 8th December 2011 and 27th June 2012. Mutual effects of the injuries of the samplings were avoided by separating the sampling positions of 3 times (October, December and June) each other by about 40 to 50 cm in the lateral direction at the same height (Fig. 1).

The punched samples were immediately immersed in 2 % glutaraldehyde/phosphate buffer in bottles individually, and then dissected into small blocks in the laboratory. After the chemical fixation with glutaraldehyde in a refrigerator (4 °C), the small blocks were dehydrated with ethanol series, through propyleneoxide, and were embedded in epoxy resin (a mixture of Quetol 812 100 ml, DDSA 25 ml, MNA 75 ml and DMP-30 1.0 ml, A: B = 2: 8) by the usual procedure (Kushida 1974).

Thin cross sections (about 3 µm thick) were cut out from the resin embedded samples with a rotary microtome (Yamato RV-24) equipped with a glass knife. Then the thin sections were double stained with 0.5 % crystal violet aqueous solution and 1 % safranin in a 30 to 50 % ethanol solution on slide

Table 1. Results of the investigation in March 2010

Sample tree No	treatment	girth (cm) at dbh	girth 40cm agl	tree height (m)	Insect damage	tree vigor
11	debarked	164.0	181.3	23	no trace	good
12	debarked	191.6	217.5	24	no trace	good
13	debarked	203.9	235.2	29	no trace	good
14	debarked	181.8	202.3	28	no trace, but a dent due to scratches on the mountain side	good
15	debarked	201.7	227.1	27	no trace	good
16	debarked	164.1	181.7	29	a slight damage under bark at ground height	good
1	control	165.0	194.3	21	no trace	good
2	control	158.2	182.4	26	no trace	good
3	control	205.6	223.4	23	dent on trunk, damage caused by mining insect (old)	good
4	control	210.0	238.5	27	dent on trunk, insect pit	good
5	control	201.9	235.9	24	trace of insect damage	good
6	control	175.8	199.1	24	ant pathways (many)	good



Photo 1. 1a: Workshop for the second “hiwada” harvest experiment at the Kibune site. 1b: “Hiwada” harvest on a trunk.

Photo 2. Sampling with a leather punch (14 mm in diameter for pathogen detection) and a hole of a 7 mm leather punch.

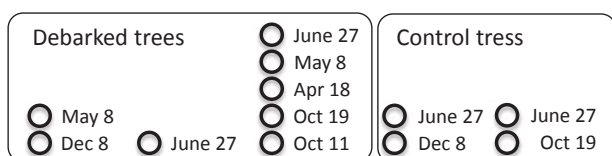


Fig. 1. Schematic diagram of sampling positions and collection dates

glasses, and mounted in Canada Balsam. Those sections were observed under an optical microscope, and digital microscopic images were recorded.

2.4 Isolation of pathogens of resinous stem canker

To detect pathogens of resinous stem canker, on 8th December 2011 two sample blocks from each sample tree were taken with a sterilized leather punch with 14 mm diameter (Photo 2), at a portion close to the sampling hole for microscopic observation. The sample blocks were individually placed into polyethylene bags with sealing fastener, and stored in a refrigerator for a few days until sent out to Tsukuba for a further experiment.

Each sample was dissected into three parts of "outer bark", "inner bark" and "sapwood". The surfaces of these samples were sterilized with 80 % ethanol and 0.1 % aqueous solution of Mercury Chloride (HgCl_2), and the samples were transplanted on a potato dextrose agar medium (PDA medium). The petri dishes were cultured in a 10 °C incubator for about 2 months, and the emerging fungi were identified.

2.5 Samples for resin canal formation induced by mechanical injuries

In order to investigate traumatic resin canal formation

induced by mechanical injuries, fresh samples were taken from the debarked trees with a leather punch with 7 mm diameter on 19th October 2011 about 1-3 cm above the sampling hole of 11th October. Further samples were subsequently punched 2-3cm above the previous sampling hole on 18th April, 8th May, and 27th June 2012. Also from above the sampling holes of 8th December 2011 samples were punched on 8th May 2012 (Fig. 1).

For the control trees, samples were punched in the same way on 27th June 2012 from above each sampling hole of 19th October and 8th December 2011.

The sample blocks were fixed, embedded and sections as described above.

3. Results

3.1 Resin canals in “hiwada”

“Hiwada” traditionally assembled in 75 cm long bundles (Photo 3a) showed resin canals in white lines at the cross sections of all samples (Photo 3b). In outer bark, periderms were located at irregular radial intervals disrupting the regular cell arrangement (Photo 4). The regular cell layering of “sieve cells – flattened phloem parenchyma cells with colored substances lining the cell wall – phloem fibers” was well retained, and formed annual growth rings (Photo 5). Resin canals had large diameters and irregular shapes (Photo 5), and occurred at irregular radial intervals.

In samples of “kurokawa” and “arakawa”, all the samples had resin canals regardless whether those sample trees have ever been debarked or not, and most had more than 2 bands of resin canals.

The occurrence of resin canals in the height direction in tree trunks were observed using samples cut from outer bark strips of “arakawa” material. Although the number of samples

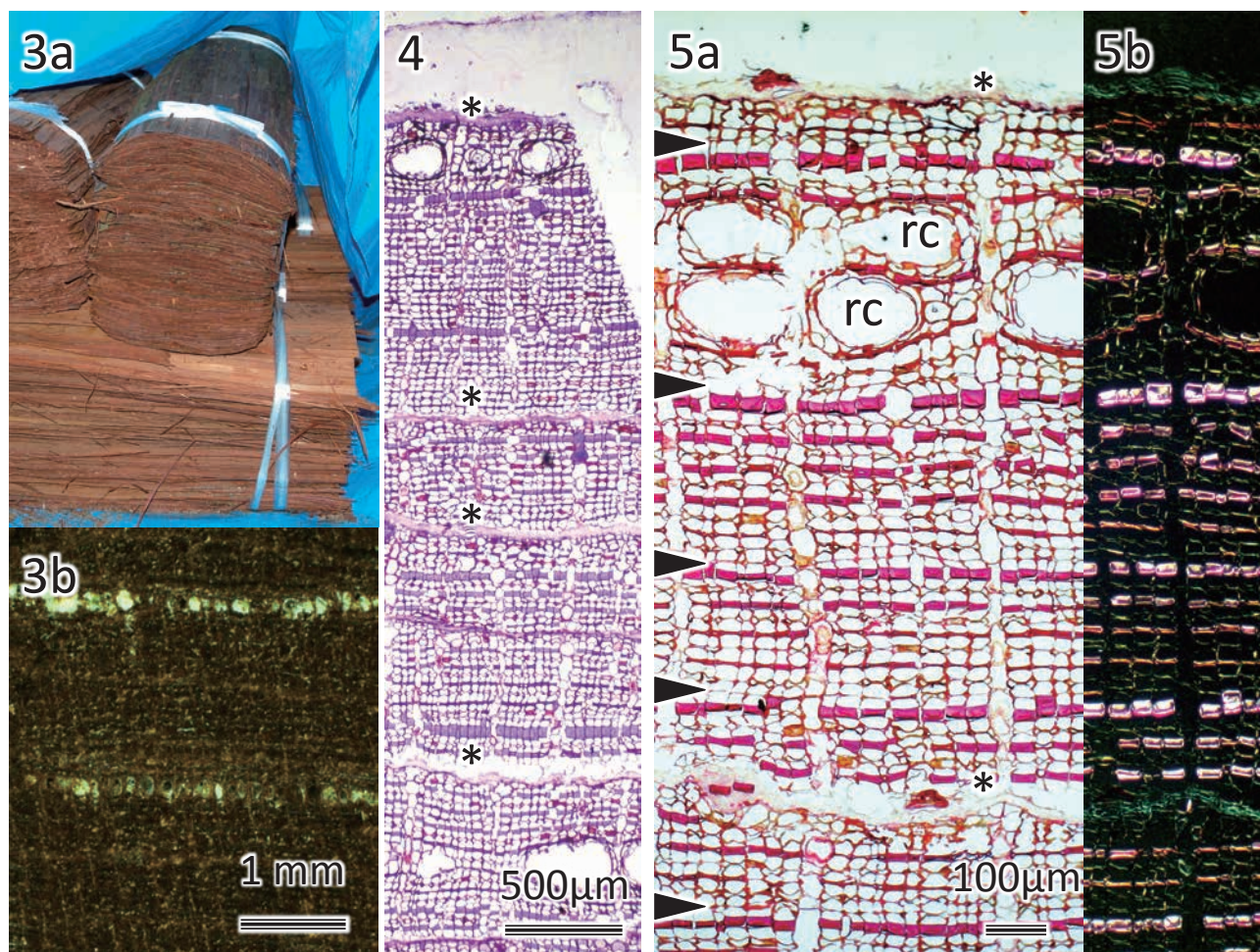


Photo 3. Overview of “hiwada” bundles. 3a: A bundle of “hiwada” material sized into about 75 cm long. 3b: A part of Photo 3a showing axial resin canals in tangential bands of white dotted lines on the edge.

Photo 4. Micrograph of outer bark in a control tree collected on 19th October 2011. *: periderm.

Photo 5. Micrograph of outer bark in a control tree collected on 19th October 2011. 5a: Ordinary micrograph. 5b: the same area in polarizing microscope highlighting fiber bands. Arrow head: growth ring boundary, *: periderm, rc: resin canal.

was limited, resin canals were observed in all samples with variation in the number of resin canal bands in each sample. And resin canal bands always occurred in all samples up to about 5 m above the ground.

3.2 Effect of the first “hiwada” harvest on resin canal formation

Photo 6 illustrates a bark of hinoki collected on 8th December 2011. Growth rings of secondary phloem were visible especially clearly under a polarizing microscope. Axial resin canals in tangential bands were found also in inner bark, and were similar in anatomical features to those in the outer bark as illustrated in Photo 4. Within a growth ring, each of phloem elements arranged regularly in a tangential layer, where phloem parenchyma cells had somewhat swelled in cross section, and also fiber bands showed gradual decrease in the diameter and in the cell wall thickness inward (Photo 7).

In the inner bark of samples collected in October and December, 2011 and June, 2012, resin canals in tangential bands were found in all the debarked trees, and number and location of those resin canals were different among samples within individual trees and also among the sample trees. The ratio of resin canal incidence in individual growth rings observed in the samples collected three times is summarized in Fig. 2, and varied by year. In the growth ring of 2002, it seems to be slightly higher than before and after, and also obviously higher than the control. Here, the growth ring of 2002 was the youngest growth ring upon the first debarking treatment and therefore resin canals are supposed to had been induced by the “hiwada” harvest in 2002 autumn.

The effect of the second “hiwada” harvest was analyzed using the samples collected on 27th June 2012, when newly developed phloem was obvious and resin canals formed in response to the harvest was expected to be detectable. The ratio

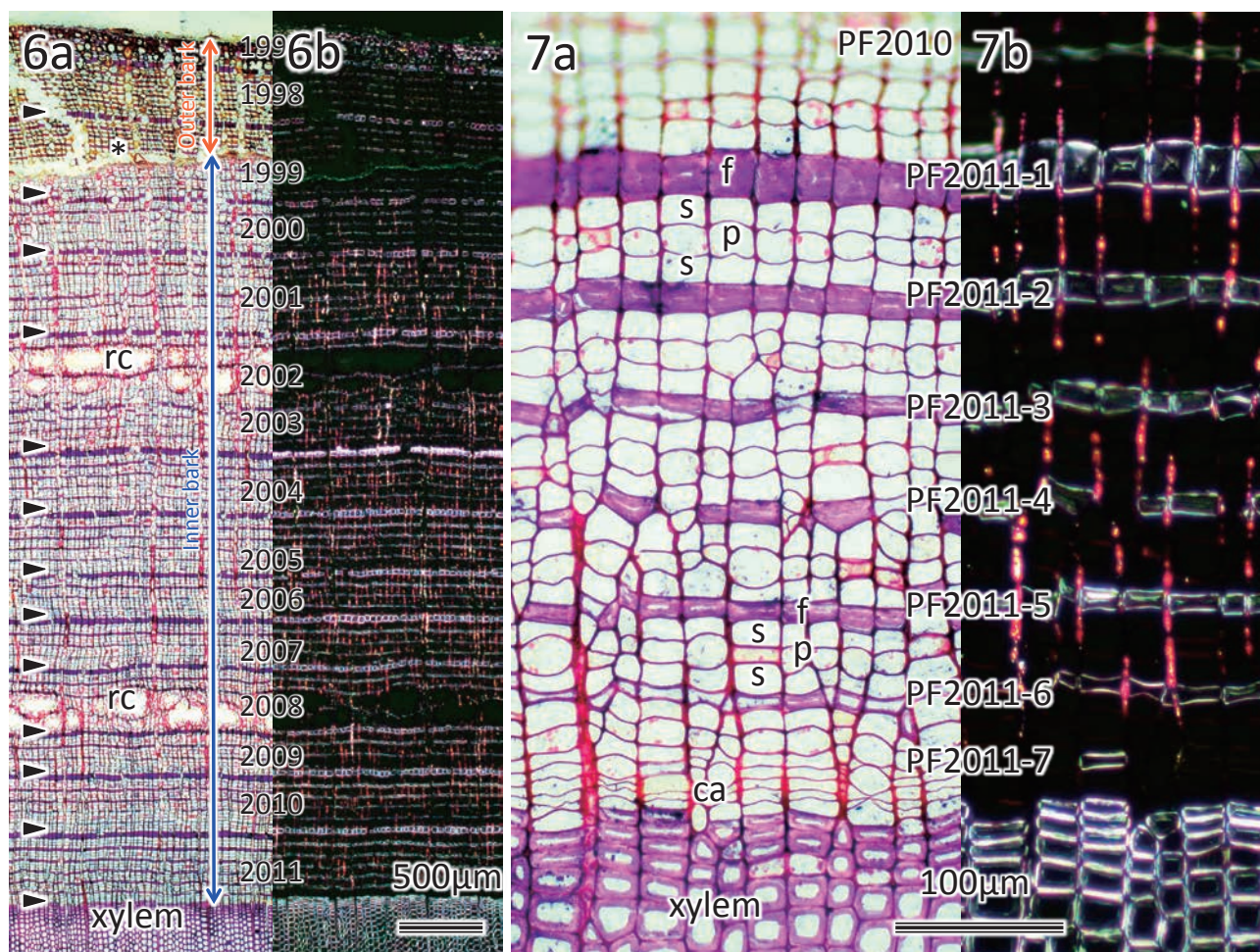


Photo 6. Micrographs of hinoki bark in a debarked tree collected on 8th December 2011. 6a: ordinary optical micrograph, 6b: polarizing micrograph of the same area as 6a. arrow head: growth ring boundary, *: periderm, rc: resin canal, 4 digit number: formation year.

Photo 7. A part adjacent to cambial zone in Photo 6. Regular cell arrangement of phloem elements is clear. 7a: ordinary optical micrograph, 7b: polarizing micrograph of the same area as 7a. f: phloem fiber, s: sieve cell, p: phloem parenchyma cell, ca: cambial zone, PF2011-1 etc.: phloem fiber band formed in 2011 and the order of formation.

of sample trees with resin canal incidence in the growth rings of 2010 and 2011 was added in Fig. 2. It was a little lower than that of total of the three subsequent sampling dates, because some resin canals were already formed in the samples collected in October and December but not in the sample of June.

In inner bark of the control trees, resin canals were also frequently found (Fig. 2) consistent with the results on “hiwada” materials previously mentioned. Furthermore, in some growth ring years such as 1996 and 2005, the ratio was apparently higher than those in the debarked trees.

In the samples collected in October, the cambial zone was still active in some samples, as there were more than several layers of wall-thickening cells with flat shape and thin walls both in phloem and xylem, and several layers of xylem tracheids were still developing secondary walls (Photos 8a & 8b). In some other samples (Photos 8c & 8d), the cambium was nearly dormant, but the latest latewood tracheids in xylem

had thin secondary walls and were still continuing cell wall thickening. Comparing the cambial zones in October (Photos 8c & 8d) to those in December (Photos 8e & 8f), it is apparent that the latest phloem fibers were also in the wall thickening stage in October. The rest trees were already inactive as the dormant stage.

In December, the cambial zones were completely dormant in all samples (Photos 8e, 8f & 9). In the debarked trees, resin canals in the growth ring of 2010, the second youngest growth ring upon the second “hiwada” harvest, were found in 2 out of 6 sample trees, but not in the other 4 trees. All samples did not have resin canals in the growth ring of 2011, the youngest growth ring upon the treatment. Also, the resin canals in the 2010 annual ring were also observed in the control trees which had not been subjected to the debarking treatment.

In the samples of 27th June in the next growing season, no resin canals were formed in the growth ring of 2011 in the

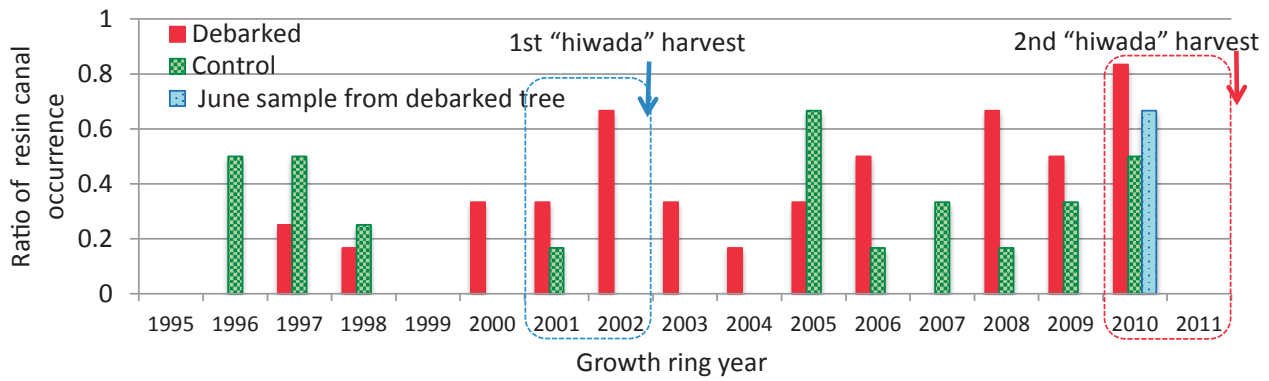


Fig. 2. Ratio of sample trees with resin canals in growth ring of each year to total sample trees. Broken lines indicate the youngest 2 growth rings at the "hiwada" harvest.

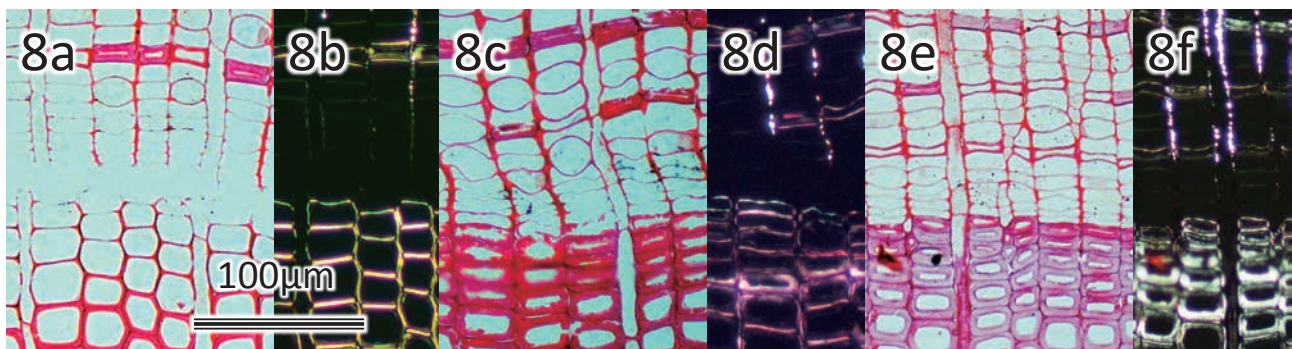


Photo 8. Micrographs of cambial zones in debarked trees collected on 11th October 2011 (8a & 8c) and in a debarked tree collected on 8th December 2011 (8e). 8b, 8d and 8f: polarizing micrograph of the same part of 8a, 8c and 8e, respectively.

debarked trees (Photo 10). In the growth ring of 2010, resin canals were found in 3 control trees which did not have resin canals in the sample of December.

3.3 Effect of mechanical injury on resin canal formation

A symptom of traumatic resin canal formation in response to the injury caused by leather punch sampling in October was first observed in the samples collected 8 days later in the growth ring of 2010 in some trees (3 of 6 trees; No.11, No.13, No.14) as expanding phloem parenchyma cells (Photo 11). These trees (No.11 and No.13) were already almost in cambial dormancy at the time of the injury. Other trees (No.12 and No.15) had a relatively wide cambial zone in October. The condition of trees No.14 and No.16 were unknown because of accidental lack of cambial zone in the samples.

Injuries in October frequently induced traumatic resin canal formation in both or one of the latest 2 growth rings in the next spring, but the responses to the injuries were not uniform among the sample trees, and some trees did not develop any traumatic resin canals in response to the injury. The ratio of trees which developed traumatic resin canals in the growth rings of 2010 and 2011 individually is summarized in Fig. 3. Traumatic resin canals present in those growth rings

in the samples collected at the time of injury time were not counted for the response to injuries, but included in the total.

Injuries in December also frequently but not always induced traumatic resin canals in the following year similarly to that given in October (Fig. 3).

Injuries in April and May given on the debarked trees induced typical traumatic resin canals in both growth rings of 2010 and 2011 in all trees without exceptions.

3.4 Isolation of pathogens of resinous stem canker

In the samples used in this study, only a few fungi were isolated both from debarked and control trees. They were *Cistella japonica*, *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Phomopsis* sp. and unidentified fungi. But excepting *C. japonica*, these fungi are not considered to stimulate the formation of resin canals in the bark.

3.5 Analysis of xylem growth in the "hiwada" harvest trees

There is no significant difference in average growth ring width before and after the first "hiwada" harvest, and also between debarked and control trees (Fig. 4). Those of the debarked trees look to be slightly higher in the years after

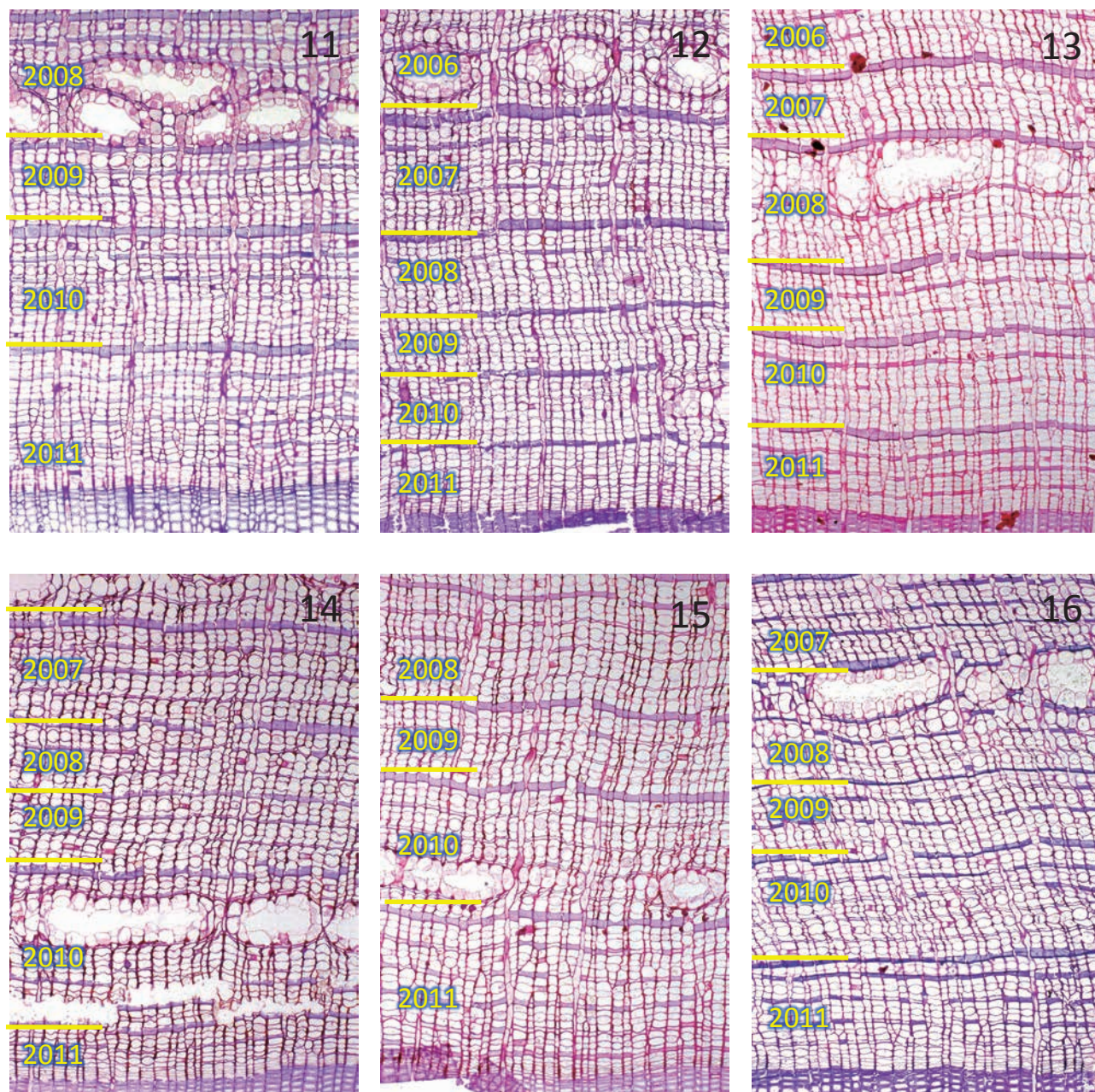


Photo 9. Micrographs of inner bark of debarked trees on 8th December 2011. Digits imposed are formation year of each growth ring and the sample tree number.

the experiment year. But, slightly wider growth ring width are shown also in a few years before the experiment, on which the debark treatment can not have been a causal factor. Furthermore the control trees show a similar tendency.

4. Discussion

We found that resin canals in the secondary phloem of hinoki had a large diameter and irregular shape and occurred at irregular radial intervals in tangential bands (Photos 4, 5 & 6) as reported for traumatic resin canals induced by mechanical injury and tree diseases by Yamanaka (1984), Kuroda and Suzuki (1985), and Kuroda (1998). In this sense, the resin

canals in the secondary phloem of hinoki resemble to axial resin canals in the xylem of *Shorea* spp. (Dipterocarpaceae) as described by Ogata et al. (2008) as “axial resin canals in more or less continuous concentric bands” not in regular intervals and “often irregular in size and shape, resembling traumatic canals”

“Kurokawa” samples were harvested from the sample trees debarked firstly in autumn of 2002, so that the phloem in “kurokawa” samples should be influenced by the debarking treatment. Assuming that the debarking treatment stimulates to form traumatic resin canals, it is a natural consequence that traumatic resin canals exist in the all “kurokawa” samples. Incidentally, even in “arakawa” samples, that were not affected

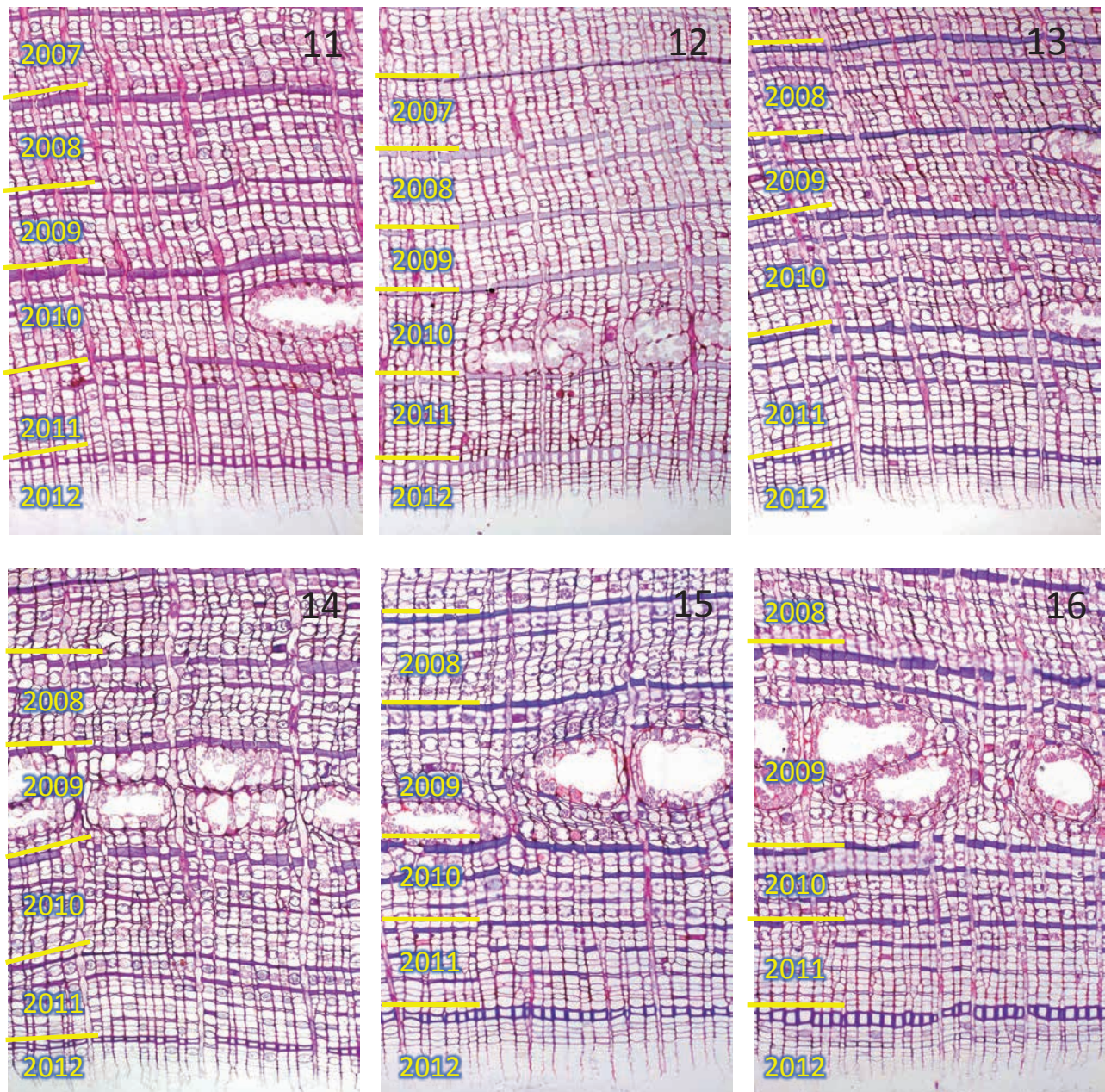


Photo 10. Micrographs of inner bark of debarked trees on 27th June 2012. Digits imposed are formation year of each growth ring and the sample tree number.

by "hiwada" harvest in 2002, resin canals were present and probably extending along the tree height without exception. As already clearly shown in a table of Miyoshi and Shimakura (1935) as a result of the measurement on over 200 hinoki trees collected all over Japan, traumatic resin canals are common and distributed throughout the whole stem bark of hinoki trees.

In the inner bark, tangential bands of resin canals were occurred at irregular radial intervals similarly to the outer bark in the secondary phloem of most sample trees regardless of the debarking treatment, and their occurrence varied among the trees studied (Fig. 2). They were not restricted to the growth rings of 2001, 2002 and 2010, contrary to the prediction that

the resin canals are induced within the youngest 2 growth rings by the stimulation of debarking treatment according to Yamanaka (1989) and Kuroda (1998). Utsumi et al. (2006), who conducted analyses of the bark 4 years after a debarking treatment, simply reported only that resin canals were present in both debarked and control trees, and canals were absent in the first growth ring after the debarking treatment, but did not described in detail.

As shown in the results of the investigation of 2010 (Table 1), most sample trees were healthy without any signs of disease or insect attack. As cautioned by Kuroda (2000), traumatic resin canals may be formed in superficially healthy

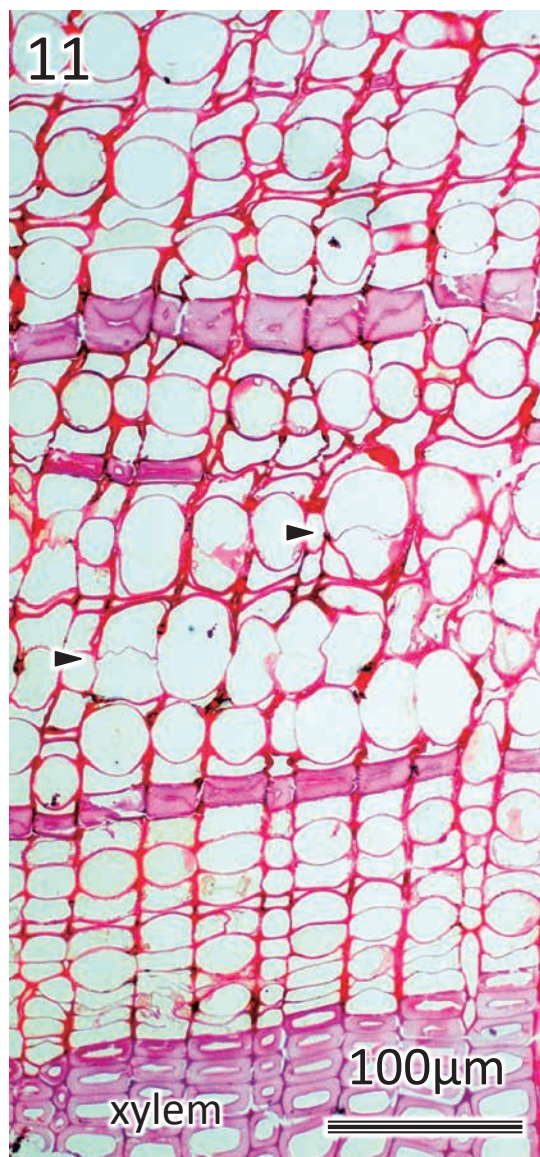


Photo 11. Expansion and periclinal divisions of phloem axial parenchyma in the growth ring of 2010 were observed in the samples collected from just above the mechanical injury of 11th October on 19th October, 8 days after the injury. Arrow head: periclinal division in expanded axial parenchyma cells.

trees due to latent morbidity even if they do not obviously develop resinous stem canker. But, the pathogen of resinous stem canker *Cistella japonica* was not isolated from the inner bark at all and only in a limited number of samples from the outer bark in this study. The potential morbidity of resinous stem canker can therefore not be the factor responsible for the resin canals in this study.

In the both debarked and control trees in this study, resin canals were not formed in the growth ring of 2011, the youngest growth ring at the debarking treatment (Fig. 2 & Photo 10). Mechanical injuries applied on the same day as the debarking treatment induced traumatic resin canal formation

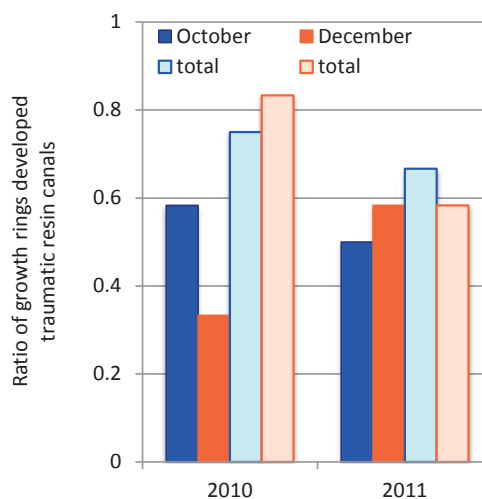


Fig. 3. Ratio of sample trees that developed traumatic resin canals in growth rings of 2010 and 2011, respectively, induced by injuries in October and December. total: including resin canals already present at the time of injury.

in the growth rings of 2010 and 2011 (Fig. 3), and 8 days later phloem parenchyma cells started to periclinal cell division in some trees which were already almost in cambial dormancy (Photo 11). These results suggest that the ability of the growth ring of 2011 to develop traumatic resin canals is assumed high, so that the sample trees could develop traumatic resin canals if the debarking treatment was a certain stimulation to induce resin canals. But they did not. As a result, any causes of the formation of the common resin canals are still unknown.

Therefore, it is reasonable to conclude that the traditional "hiwada" harvest at descending to and during the cambium dormancy does not induce the formation of resin canals in the debarked trees. "Hiwada" harvest does not inhibit the production of high quality wood in hinoki trees agreeing with the results of Koga and Utsumi (2005), Utsumi et al. (2006) and Saito et al. (2015), and does not seem to increase the risk of tree diseases. As has been declared by Yamamoto and his research group, the sustainable traditionally-inherited "hiwada" harvest does greatly contribute to the Japanese wood culture by the supply of the traditional roofing material without affecting the production of high quality wood of hinoki trees.

Acknowledgements

This study was conducted under the technical development project "hiwada harvest experiment (2000-2020)" toward achieving a technical development goal "measures to contribute to cultural property preservation" set up by Kinki Chugoku Regional Forest Office, Forestry Agency, and implemented together with Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute.

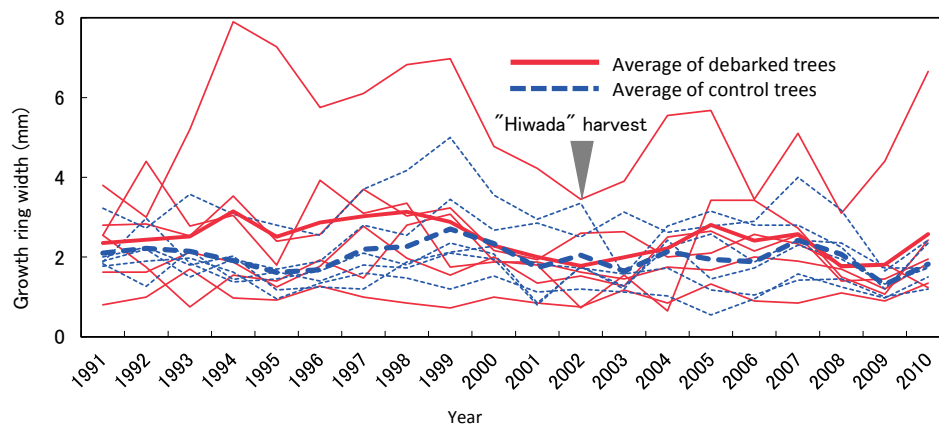


Fig. 4. Annual xylem growth ring width in average of 4 directions, and the average of each of debarked and control trees, before and after the first “hiwada” harvest experiment in autumn of 2002.

The preliminary report of this research (Fujii et al. 2012) was presented at the 63th annual meeting of the Society of Applied Forest Science held at Seta Campus, Ryukoku University on 20th October 2012.

The authors are grateful to Prof. Pieter Baas for his valuable comments and advice in addition to his linguistic correction.

References

- Angyalossy, V., Pace, M.R., Evert, R.F., Marcati, C., Oskolski, A.A., Terrazas, T., Kotina, E., Lens, F., Mazzoni-Viveiros, S.C., Angeles, G., Machado, S.R., Crivellaro, A., Rao, K.S., Junikka, L., Nikolaeva, N. and Baas, P. (2016) IAWA List of Microscopic Bark Features. *IAWA J.*, 37, 517-615.
- Fujii, T., Ohara, H. and Ohsumi, K. (2012) Traumatic resin canal formation and tree growth of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) in “examination on hiwada production” at Kibune, Kyoto. Proceedings of the 63th annual meeting of the Society of Applied Forest Science. C19, 65. (in Japanese)
- Itoh, T., Hayashi, S. and Kishima, T. (1968) Cambial activity and radial growth in SUGI tree (Japanese Cryptomeria). *Wood Research*, 45, 23-35.
- Koga, S. and Utsumi, Y. (2005) Effects of “hiwada” harvest on the growth and quality of hinoki. In the Research report on “Study on securing materials for repairing wooden buildings cultural properties”. Scientific research expenses foundation A, 93-103. (in Japanese)
- Kuroda, K. (1998) Seasonal variation in traumatic resin canal formation in *Chamaecyparis obtusa* phloem. *IAWA J.*, 19, 181-189.
- Kuroda, K. (2000) Anatomical assessment of age of infection with resinous stem canker in hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) and the factors promoting rosinosis. *Mokuzai Gakkaishi*, 46, 503-509. (in Japanese)
- Kuroda, K. and Suzuki, K. (1985) Anatomical studies on “rooshi” resinous canker of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*). *J. Jpn. For. Soc.*, 67, 63-66.
- Kushida, H. (1974) Ultrathin sectioning methods--Embedding (1). *J. Electron Microscopy*, 9, 57-66. (in Japanese)
- Miyoshi, T. and Shimakura, M. (1935) Several considerations on the bark structure. *J. Jpn. For. Soc.*, 17, 577-594. (in Japanese)
- Ogata, K., Fujii, T., Abe, H. and Baas, P. (2008) *Identification of the Timbers of Southeast Asia and the Western Pacific*, Kaiseisha Press, Ohtsu, 94-105.
- Saito, Y., Yamamoto, A., Ohta, M., Arima, T., Utsumi, Y., Koga, S., Kadomatsu, M., Sakamoto, N. and Yamamoto, H. (2015) Does bark-decortication for hiwada production change mechanical properties of xylem in *Chamaecyparis obtusa*? *Mokuzai Gakkaishi*, 61, 25-32. (in Japanese)
- Takamatsu, M. (1928) On the Arrangement of Bast Elements in Conifers. *Sci. rep. Tôhoku Imp. Uni.*, Ser. 4, 3, 821-826, Pl XXXIV.
- Utsumi, Y., Koga, S., Tashiro, N., Yamamoto, A., Saito, Y., Arima, T., Yamamoto, H., Kadomatsu, M. and Sakanoue, N. (2006) The effect of bark decortication for hiwada production on xylem and phloem formation in *Chamaecyparis obtusa*. *J. Wood Sci.*, 52, 477-482.
- Yamamoto, H. (2005) Forest supporting the “wood culture”. *Sanrin (Journal of forestry)*, 2005-8, 2-10. (in Japanese)
- Yamanaka, K. (1984) Normal and traumatic resin-canals in the secondary phloem of conifers. *Mokuzai Gakkaishi*, 30, 347-353. (in Japanese)
- Yamanaka, K. (1989) Formation of traumatic phloem resin canals in *Chamaecyparis obtusa*. *IAWA Bulletin n.s.*, 10, 384-394.

「桧皮」、屋根葺き材としてのヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の樹皮 における樹脂道

藤井 智之^{1)*}、大住 克博²⁾、窪野 高德³⁾

要 旨

「桧皮」は、文化財木造建造物の主要な屋根葺き材で、ヒノキの大径木から約 10 年間隔で採取可能とされる樹皮である。林野庁近畿中国森林管理局が 2002 年秋と 2011 年 10 月の 2 度、桧皮採取を実施した試験地で、高齢ヒノキ（剥皮木：6 本、対照木：6 本）を供試木とし、剥皮前後の樹皮における樹脂道形成を顕微鏡観察した。内樹皮と外樹皮の両方に、剥皮処理の有無に関わらず、接線方向に配列した樹脂道の帯が不規則な間隔で存在し、それらの形成年は供試木間で同調していなかった。桧皮採取時に最新 2 年の師部年輪は、外的傷害によって翌年には樹脂道を形成したことから、傷害樹脂道を発達させる能力を十分に備えていたことが明らかである。しかし、桧皮採取のみでは、これらの年輪に、剥皮木でも樹脂道が形成されない供試木があり、対照木でも樹脂道が形成された供試木があった。従って、桧皮採取のための剥皮処理によって傷害樹脂道の形成が誘引されるものではないことは明らかである。さらに、供試木における樹脂道の形成要因がヒノキ漏脂病の病原菌ではないことが病理学的に示唆された。ヒノキは正常樹脂道を木部にも師部にも持たない樹種とされているが、桧皮には樹脂道が多く含まれている。ヒノキの樹皮の樹脂道は顕微形態的には傷害樹脂道であるが、三好・島倉 (1935) の結果が示唆するように、その存在は普遍的であって、その形成は桧皮採取に起因するものではない。

キーワード：師部、剥皮、木の文化、顕微鏡観察、薄切片、年輪、*Cistella japonica*

原稿受付：平成 30 年 5 月 16 日 原稿受理：平成 30 年 9 月 3 日

1) 森林総合研究所フェロー, 元森林総合研究所 関西支所

2) 鳥取大学附属フィールドサイエンスセンター

3) 森林総合研究所 きのこ・森林微生物研究領域 研究専門員

* e-mail: tomoyuki63fujii@gmail.com

短 報 (Short communication)

木質バイオマス発電所燃焼灰の若齢ヒノキ林への施用試験

大谷 達也^{1)*}、酒井 寿夫¹⁾

要旨

バイオマス発電所燃焼灰の林地施用が樹木の成長に与える影響を検討するため、四国南西部の若齢ヒノキ林において個体あたり年に1 kg ずつ燃焼灰を施用し、年間成長量を2年間にわたって記録した。線形混合効果モデルによって、胸高直径および樹高の年間成長量が灰施用によって減少し、1年1回だけの施用より2年連続2回の施用によって成長量がより低下することが示された。実験室内での溶出試験から、施用後の初回の降雨によってカリウム、硫酸、および塩素といった塩類が高濃度で溶出し、若齢ヒノキの成長を抑制したと考えられた。樹木の成長低下をおこさないように燃焼灰を林地に撒くには、量や散布方法を慎重に検討する必要がある。

キーワード：塩素、成長抑制、カリウム、胸高直径、樹高

1. はじめに

近年、FIT 制度（再生可能エネルギーの固定価格買い取り）の後押しをうけ木質バイオマスを利用した発電所の稼働が全国で相次いでおり、四国内でも稼働中のバイオマス発電所がすでに複数ある（日本木質バイオマスエネルギー協会 2018）。現在の法制度のもとでは、バイオマス発電所の燃焼灰は産業廃棄物となり、処理費用が必要となる。一方で、バイオマスの燃焼灰にはカリウムやカルシウムといった植物にとっての栄養成分が含まれるため肥料としての利用が期待され、ヨーロッパや北米においては、燃焼灰を林地に施用する際の散布量、灰の形状、土壌の化学性、樹木の反応、および重金属汚染といった観点について検討されている（Pitman 2006, Augusto et al. 2008, Hannam et al. 2018）。国内においてもバイオマス燃焼灰を造林地に施用することができれば、灰処理費用の削減につながるかもしれない。

しかし、林地への燃焼灰施用によって樹木成長が促進されるとの報告がある一方で（Solla-Gullón et al. 2006, Pérez-Cruzado et al. 2011）、成長に影響しない（Park et al. 2005, 折橋ら 2011, 梅田・玉川 2012）、あるいは施用量によっては成長が抑制されるとの報告もある（Brais et al. 2015, 長倉ら 2018）。国内において林業樹種に対する燃焼灰施用の影響を検討したものは上記3例しかなく、いずれも苗木や当年生実生を使って苗畑やコンテナ培地への施用の影響を評価したものであり、造林地でももう少し大きな樹木個体を対象に実施した例はいまだない。燃焼灰の林地施用が樹木の成長に

どのように影響するかを検討するためには、より多くの樹種・生育段階の樹木への施用事例を蓄積する必要がある。そこで、高知県南西部に生育する若齢ヒノキ林に燃焼灰を施用して2年間の成長を追跡し、燃焼灰施用が直径および樹高の年間成長量におよぼす影響を検討した。あわせて、実験室内で灰成分の溶出試験をおこない、主要な成分の濃度変化を明らかにした。

2. 材料と方法

2.1 燃焼灰の施用試験

高知県土佐清水市下の加江に生育する若齢ヒノキ林において、2016年3月から2018年3月の2年間にわたり調査をおこなった。試験区1および2として、ともに北向き斜面にあり（傾斜25～32度）、互いに数百m離れた2カ所に調査地を設けた（Fig. 1）。それぞれの試験区には若齢ヒノキ個体50本ずつを含むプロットを4カ所ずつ設置し、燃焼灰を施用するプロットと施用しないプロットを半数ずつ設定した。合計で400本を試験対象木とした。明らかな小個体や異常な樹形のものは除外して、全体におおよそ10 m×20 mの範囲に収まるように互いに近接した50個体を選んで1プロットとした。隣接するプロットは互いに10 mほど離し、同じ試験区内の4つのプロットは斜面の水平方向に配置した。このヒノキ林は試験開始の2016年において7年生であったが、ニホンジカによる食害のため複数回の補植がなされ、同齢個体だけで構成されていない（植栽密度およそ3,000本 ha⁻¹）。いずれの試験区においても、土壌型は適潤性褐色森林土（土じ

原稿受付：平成30年6月27日 原稿受理：平成30年9月3日

1) 森林総合研究所 四国支所

* 森林総合研究所 四国支所 〒780-8077 高知県高知市朝倉西町 2-915

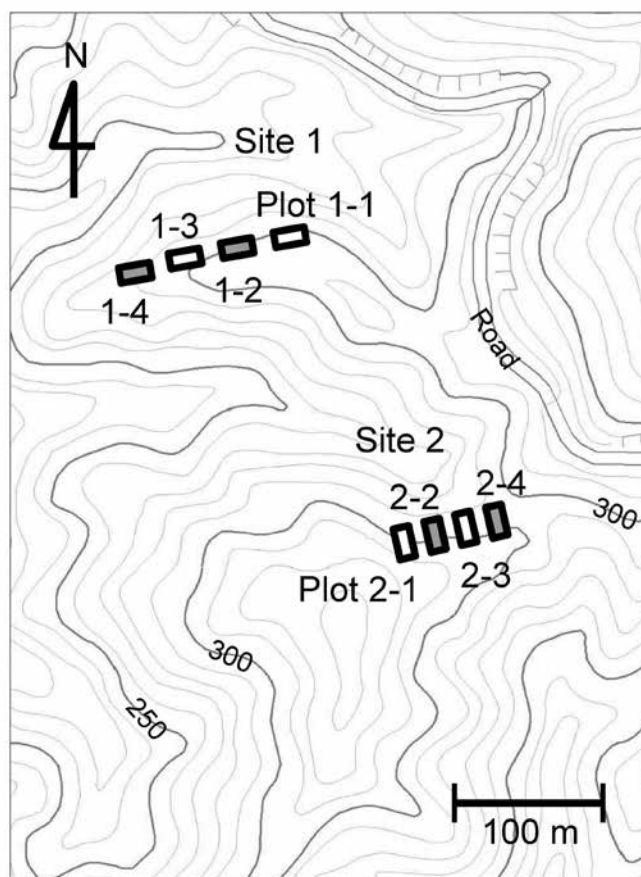


Fig. 1. 調査地の地形および試験区・プロットの配置。
国土地理院地形図をもとに作図。白抜きのプロット
は無処理、灰色のプロットは灰施用を表す。

Map of study sites and plots.

Based on the geographical map published by the
Geospatial Information Authority of Japan. White plot,
control; gray plot, ash application.

よう部 1976)であり、下層植生としてウラジロ、コシダ、ススキ、ヌルデ、およびイチゴ類が繁茂していた。調査地から北へ 10 km 離れた中村気象観測所での記録によれば、年平均気温および年間降水量の順に、平年値で 16.3 °C および 2,669.2 mm、2016 年では 17.2 °C および 3,225.5 mm、2017 年では 16.1 °C および 2,635.5 mm であった (気象庁 2018)。

2016 年 3 月 14 日から 15 日には初回のサイズ測定と試験区 1 の 2 つのプロット (1-2, 1-4) における灰施用、2017 年同日には 2 回目のサイズ測定と試験区 1 と 2 の 4 つのプロット (1-2, 1-4, 2-2, 2-4) における灰施用をおこなった。残りの 4 プロット (1-1, 1-3, 2-1, 2-3) には一度も燃焼灰を施用せず無処理とした。幹の胸高直径については、ノギスを使って直交方向に 0.1 mm 刻みで 2 回測定して平均値を算出した。樹高については測高棒を使って 1 cm 刻みで測定した。いずれの年も、カリウム (K) 18 g を含有するようにヒノキ個体あたり 1.0 kg の燃焼灰を、根元の斜面上側に長さ 30 cm ほどの半円弧状に撒いた。カリウムの量およ

び散布方法については、塘 (1971) を参考に決定した。面積あたりの灰施用量に換算すると 2.5 Mg ha⁻¹ ほどとなる。2018 年 3 月 6 日から 7 日には 3 回目のサイズ測定をおこなった。いずれのサイズ測定にあたって、事前に下草刈りをおこなった。2016 年 3 月調査開始時点の個体サイズは、試験区 1 において胸高直径 16.6 ± 4.9 mm、樹高 233 ± 34 cm (平均 ± SD, n = 200)、試験区 2 においてそれぞれ 22.8 ± 7.1 mm、276 ± 44 cm (n = 200) となり、試験区 2 のほうがやや大きかった。

2.2 燃焼灰の成分と溶出試験

ここで使用した燃焼灰は、(株) グリーンエネルギー研究所 (高知県宿毛市) のバイオマス発電所においてスギ・ヒノキの間伐材や一般家庭の庭木など木質バイオマスのみを燃やして産出されたもので、その成分は燃料の樹種や幹、枝、および葉の混合比率により変動する。本試験に使用した灰は 2016 年 1 月末に産出されたもので、主灰、リドリング灰、および飛灰の 6 : 1 : 3 の混合物であった。この発電所では燃焼灰をいった

ん水に通して回収する湿式のシステムを採用しているため燃焼灰の重量含水率は26%であり、乾物の成分はカルシウム (CaO) 12%、カリウム (K₂O) 2.8%、有機炭素 1.9%、マグネシウム (MgO) 1.8%、リン酸 (P₂O₅) 0.85%、および窒素 0.01% 未満であった (グリーンエネルギー研究所の依頼による東洋電化テクノロジー調べ、2016年2月3日)。調査地の若齢ヒノキ林に施用するまでの期間、燃焼灰はナイロン袋に1 kg ずつ小分けにして保管された。

施用した燃焼灰から降雨によって溶出する成分の濃度を分析するため、灰から溶出する主要な成分の濃度変化を調べた。この溶出試験にはヒノキ林で施用したものと同一の燃焼灰を使用した。内径6 cm のプフナー型ロートにろ紙を敷き、単位面積あたりの量が野外での施用とおおよそ同量となるように14.3 g の灰を入れ、20分ごとに5 mL の超純水を加えて自然落下により溶出液を回収した。合計50 mL の超純水を加えた時点で (試験開始から3時間経過)、吸引をかけて溶出液を回収した。この操作を1日に3回連続して行い、3日間で合計9回、溶出液を採取した。溶出液の一部を使ってpHと電気伝導率 (EC) を測定した。残りの溶出液を0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過し、適度な濃度に希釈した後、イオンクロマトグラフ法によりNa⁺、NH₄⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、およびPO₄³⁻の濃度を定量した (ICS-1600-cation/2100-anion, Thermo Fisher Scientific 製)。この試験での超純水の添加速度は、5.9 mm h⁻¹ の降水量に相当する (3時間で17.7 mm)。

2.3 統計解析

下刈り時の誤伐で幹が傷んだもの、何らかの理由により根元を大きく掘り返されたもの、および明らかに傾いたものを除いて、プロットあたり42本から49本 (46.1 ± 2.1 本、平均 ± SD) を解析の対象とした。直径および樹高について、1年目および2年目の年間成長量を算出した。灰施用が樹木の成長におよぼす影響を検討するため、灰施用の回数 (無施用、1年だけ1回の施用、2年連続2回の施用) を固定効果、調査年・ヒノキ個体・プロット・試験区のちがいをランダム傾きおよびランダム切片とする線形混合効果モデルを、直径と樹高のそれぞれの年間成長量にあてはめた。ここで解析の対象としているのは、各個体について1年目と2年目にそれぞれ算出される直径と樹高の年間成長量である。ランダム傾きとランダム切片の両方、あるいはランダム切片だけを含むモデルを比較して、AICのより小さいモデルを採用した。採用されたモデルについて、灰施用の固定効果を含む場合と含まない場合を比較して尤度比検定をおこない、灰施用の効果について有意性を検討した。統計解析には、R 3.5.0 (R Core Team 2018) および lmerTest 3.0-1 (Kuznetsova

et al. 2017) を使用した。

3. 結果と考察

両試験区の結果をあわせて直径および樹高の年間成長量の頻度分布として灰施用の処理ごとに示すと、Fig. 2 および 3 のようになる。年間直径成長量の平均値は、無処理、1年だけ1回の施用 (以下、1年施用)、および2年連続2回の施用 (以下、2年連続施用) の順に、11.0 ± 2.9 mm (±SD)、10.1 ± 3.0 mm、および 8.2 ± 2.3 mm となり、灰施用の回数が増えると成長量が低下した (Fig. 2)。樹高成長についても順に、61 ± 17 cm、54 ± 21 cm、および 43 ± 19 cm となり、直径と同様の傾向を示した (Fig. 3)。線形混合効果モデルによる解析では、直径・樹高ともに灰施用を固定効果として、ヒノキ個体・プロット・試験区のちがいをランダム切片とするモデルが採用された。調査年のちがいはランダム効果として組み込まない方がより適切なモデルと判定された。灰施用はヒノキ若齢個体の年間の直径成長量に影響し ($\chi^2(1) = 20.6, p = 3.3 \times 10^{-5}$)、1年施用および2年連続施用ともに係数が負の値になることが示された (Table 1)。すなわち、全体の平均で 10.77 ± 0.88 mm y⁻¹ の年間直径成長量が期待されるどころ、1年施用では 0.70 ± 0.20 mm、2年連続施用では 1.31 ± 0.28 mm の成長量低下がおけると示された。同様に樹高について、灰施用は樹高成長量に影響し ($\chi^2(1) = 34.9, p = 2.7 \times 10^{-8}$)、1年施用および2年連続施用ともに係数が負の値になることが示された (Table 2)。すなわち、全体の平均で 62.1 ± 2.0 cm y⁻¹ の年間樹高成長量が期待されるどころ、1年施用では 10.0 ± 2.1 cm、2年連続施用では 18.1 ± 3.0 cm の成長量低下がおけると示された。これらの結果から、胸高直径・樹高ともに灰施用が1回だけでも成長量の低下がおり、2年連続して施用した場合には成長がより大きく低下することが示された。

Table 3 に溶出試験の結果を示した。溶出液の pH は1回目の溶出から9回目まですべて強いアルカリ性 (平均 8.4 ~ 9.0、最小 8.1、最大 9.3) を示した。EC については、1回目は 7.20 ± 0.77 mS cm⁻¹ (平均値 ± SD, n = 5) と非常に高かったが、2回目は 0.91 ± 0.11 mS cm⁻¹ となり1回目のおよそ7分の1となった。その後、ECの値は下がり続け5回目からは 0.3 mS cm⁻¹ を下回った。1回目の溶出液中、濃度が高かったのはカリウム、硫酸、塩素、ナトリウム、およびカルシウムであり、とくにカリウムと硫酸は 1,500 mg L⁻¹ を、塩素は 800 mg L⁻¹ を超えた。これらの成分の濃度はいずれも、2回目以降には急激に下がった。アンモニウムイオンは検出されなかった。

予備試験として、調査地で採取した表層土壌 (0 ~ 10 cm) の風乾細土 10 g に1回目の溶出液の一部 10 mL (pH 8.9, EC 6.64 mS cm⁻¹) を加え5分間の静置後に脱

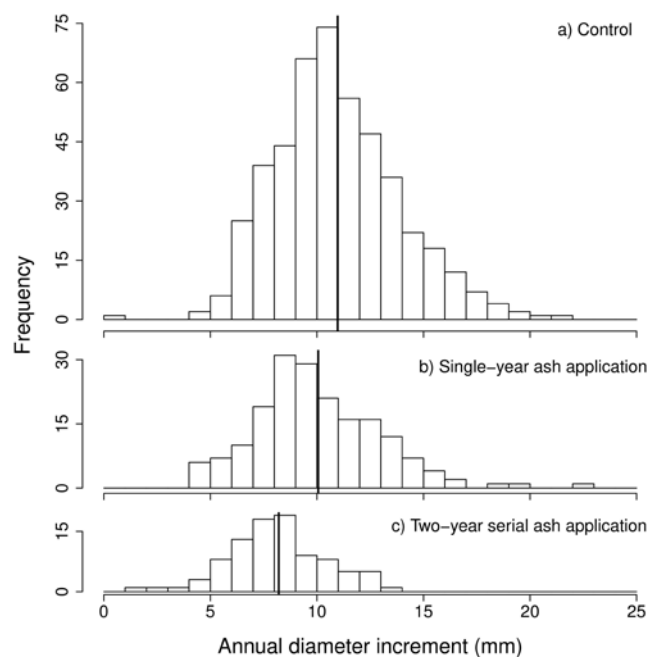


Fig. 2. 若齢ヒノキ個体の年間直径成長量、a) 燃烧灰の無処理、b) 1 年施用、および c) 2 年連続施用。縦黒線は平均値を表す。a) はプロット 1-1、1-3、2-1、2-3 の 1 年目と 2 年目、および 2-2、2-4 の 1 年目、b) はプロット 1-2、1-4 の 1 年目、および 2-2、2-4 の 2 年目、および c) はプロット 1-2、1-4 の 2 年目のデータからなる。

Annual diameter increment of young hinoki cypress trees: a) control, b) single-year application, and c) two-year serial application of the combustion ash.

Vertical bold lines indicate the mean values. Data of a) come from plots 1-1, 1-3, 2-1, and 2-3 in the first and second years, and plots 2-2 and 2-4 in the first year; b) from plots 1-2 and 1-4 in the first year, and plots 2-2 and 2-4 in the second year; and c) from plots 1-2 and 1-4 in the second year.

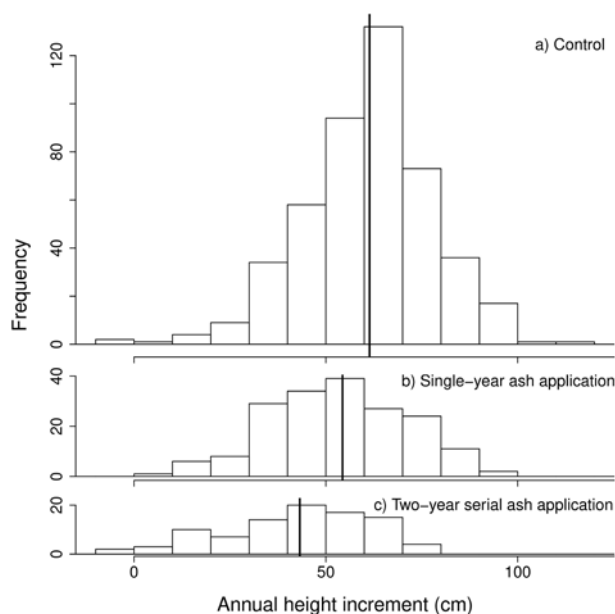


Fig. 3. 若齢ヒノキ個体の年間樹高成長量、a) 燃烧灰の無処理、b) 1 年施用、および c) 2 年連続施用。縦黒線は平均値を表す。データの詳細については Fig. 2. を参照。

Annual height increment of young hinoki cypress trees: a) control, b) single-year application, and c) two-year serial application of the combustion ash.

Vertical bold lines indicate the mean values. See Fig. 2. for the details of data.

Table 1. 燃焼灰施用による若齢ヒノキ個体の年間直径成長量 (mm) に対する影響 — 線形混合効果モデルによる解析結果
Effects of the combustion ash application on the annual diameter increment (mm) of young hinoki cypress trees
 — results of the linear mixed-effects model analysis

Fixed effect	Estimate	Standard error	df	<i>t</i> value	<i>P</i>
Intercept	10.77	0.88	2.02	12.10	6.4e ⁻³
Single-year application	-0.70	0.20	208.8	-3.51	5.0e ⁻⁴
Two-year serial application	-1.31	0.28	208.8	-4.62	6.7e ⁻⁶
Random effect	Variance	Standard deviation			
Tree individual (intercept)	4.52	2.13			
Plot (intercept)	0.26	0.51			
Site (intercept)	1.48	1.21			
Residual	2.11	1.45			

Observations, 738; tree individual, 369; plot, 8; site, 2

Table 2. 燃焼灰施用による若齢ヒノキ個体の年間樹高成長量 (cm) に対する影響 — 線形混合効果モデルによる解析結果
Effects of the combustion ash application on the annual height increment (cm) of young hinoki cypress trees
 — results of the linear mixed-effects model analysis

Fixed effect	Estimate	Standard error	df	<i>t</i> value	<i>P</i>
Intercept	62.1	2.0	2.57	30.90	2.2e ⁻⁴
Single-year application	-10.0	2.1	69.3	-4.72	1.2e ⁻⁵
Two-year serial application	-18.1	3.0	69.4	-6.11	5.2e ⁻⁸
Random effect	Variance	Standard deviation			
Tree individual (intercept)	34.8	5.9			
Plot (intercept)	15.5	3.9			
Site (intercept)	1.9	1.4			
Residual	288.7	17.0			

Observations, 738; tree individual, 369; plot, 8; site, 2

イオン水 15 mL を加えたところ、pH 4.5 となった。同様に、風乾細土に脱イオン水 25 mL だけを加えた場合には pH 4.7 となった。このため燃焼灰溶出液の強アルカリ性が、ヒノキの成長低下に直接に影響した可能性は低いと考えられた。一方、これらの試料に脱イオン水をさらに 25 mL ずつ加えて EC を測定したところ (50 mL の溶液を測定)、溶出液と脱イオン水を加えた試料では 1.17 mS cm⁻¹、脱イオン水だけを加えた試料では 0.06 mS cm⁻¹ であった。このことから、調査地の土壌のものの EC 値はかなり小さい一方で、燃焼灰溶出液の添加によって EC 値が大きく上昇することが示された。

燃焼灰からの溶出成分は植物が必要とする養分である一方で、塩類イオンの土壌中濃度が高すぎると、根周辺の浸透圧上昇による水吸収の低下や植物体内の塩含有率上昇による生育障害がおこる (六本木 1998)。塩化ナトリウム以外の塩類が木本植物に及ぼす影響についての研究例はほとんどないものの、多年生草本の水耕栽培の例では (*Prunella vulgaris*, シソ科)、低

濃度のカリウムは成長を促進するものの高濃度 (KCl 40 mM, カリウム 1,564 mg L⁻¹ に相当) では成長が阻害された (Chen et al. 2013)。この濃度は、本試験における 1 回目の溶出液のカリウム濃度 (1,722.9 mg L⁻¹) と同等といえる。本調査地の周辺では、2016 年では灰施用の 3 日後の 3 月 18 日に 60 mm 17 h⁻¹ (17 時間で 60 mm)、2017 年では灰施用の 5 日後の 3 月 20 日から 21 日にかけて 14.5 mm 17 h⁻¹ の降水があった (中村気象観測所、気象庁 2018)。調査地においても降水によって溶出試験と同じように高濃度の塩類が表層土壌に溶け出し、根系への作用の詳細は不明であるものの、若齢ヒノキの成長量を低下させた可能性がある。

カラマツ苗木にバイオマス燃焼灰を施用し樹木成長への影響がなかったとする報告では (折橋ら 2011, 梅田・玉川 2012)、個体あたりの灰施用量は 10 数 g から 35 g とわずかであるとともに、堆肥と混合するなどの前処理を施した。しかし、燃焼灰を処理する目的で林地に散布するならば、ある程度のまとまった量を撒くことも想定する必要があるだろう。さらには、本試験で

Table 3. 連続的な溶出試験により燃焼灰から溶出されたイオン成分濃度

Ionic component concentration of eluate from the combustion ash from the repetitive leaching test using ultrapure water

	Number of times of leaching	pH	EC (mS cm ⁻¹)	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
(mg L ⁻¹)												
Day 1	1 st	8.8 (0.0)	7.20 (0.77)	222.9 (17.9)	nd	1722.9 (184.9)	161.1 (15.1)	26.9 (1.6)	885.1 (64.3)	11.4 (3.3)	1771.5 (184.4)	nd
	2 nd	9.0 (0.2)	0.91 (0.11)	23.5 (3.6)	nd	196.5 (20.2)	17.7 (4.7)	3.0 (0.7)	32.4 (10.8)	0.6 (0.2)	221.7 (30.3)	nd
	3 rd	9.0 (0.2)	0.51 (0.10)	11.4 (1.7)	nd	102.6 (15.8)	13.2 (3.4)	2.3 (0.6)	8.5 (3.9)	0.4 (0.2)	108.6 (28.6)	0.1 (0.1)
Day 2	4 th	8.5 (0.3)	0.52 (0.06)	15.6 (1.6)	nd	107.5 (11.1)	12.9 (2.3)	4.3 (0.6)	15.7 (1.7)	1.3 (0.4)	104.8 (21.6)	0.2 (0.1)
	5 th	8.6 (0.3)	0.25 (0.02)	6.4 (0.6)	nd	53.4 (5.9)	8.5 (1.7)	2.2 (0.3)	0.9 (0.4)	1.9 (0.3)	36.7 (12.3)	0.4 (0.1)
	6 th	8.4 (0.4)	0.19 (0.01)	3.9 (0.4)	nd	36.2 (2.7)	7.5 (0.8)	1.5 (0.2)	0.5 (0.3)	1.5 (0.3)	18.2 (6.6)	0.4 (0.2)
Day 3	7 th	8.5 (0.2)	0.25 (0.02)	5.0 (0.3)	nd	44.8 (2.4)	10.8 (1.6)	2.9 (0.2)	1.3 (0.3)	1.2 (0.3)	25.3 (10.2)	0.2 (0.2)
	8 th	8.5 (0.3)	0.17 (0.01)	2.8 (0.1)	nd	29.2 (1.9)	8.8 (1.0)	2.0 (0.0)	0.3 (0.1)	1.3 (0.3)	12.9 (6.0)	0.5 (0.2)
	9 th	8.7 (0.3)	0.15 (0.01)	2.1 (0.1)	nd	24.2 (1.4)	8.9 (1.5)	1.7 (0.7)	0.2 (0.1)	1.1 (0.3)	10.2 (6.7)	0.4 (0.2)

nd, 検出されず not detected

括弧内の数字は標準偏差を表す (n = 5)。5 mL の超純水を 20 分ごとにロート内の燃焼灰 (14.3 g) に加え、超純水を 50 mL 注ぐごとに溶出液を回収して分析した。

The numbers in parentheses show standard deviation (n = 5). Ultrapure water (5 mL) was added to the combustion ash (14.3 g) in a Buchner funnel every 20 minutes. A total of 50 mL of ultrapure water was added before each eluate was analyzed.

使用した燃焼灰は発電所内で水に浸けてから回収されているので、その時点で多くの成分が溶出している可能性がある。乾いた状態で回収する方式の発電所から排出される燃焼灰には成分が多量に残っており、なにも処理せずにそのまま林地に施用した場合には本試験より高濃度の塩類が溶出すると予想される。Augusto et al. (2008) では、バイオマス燃焼灰を林地に施用する際には成分がゆっくり溶け出すように前処理（粒状化や固化）をおこなうことを推奨している。バイオマス燃焼灰の林地施用にあたっては、樹木の成長に悪影響を与えないように量や散布方法を慎重に検討するとともに、前処理や灰施用にかかる費用に見合うだけの効果があるか十分に算定する必要がある。

謝 辞

（株）相愛には社有林を調査地として使わせていただいた。（株）グリーンエネルギー研究所からは燃焼灰の提供を受けた。（株）松竹には試験地の維持にご尽力いただいた。本研究は、（国研）森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクト「木質バイオマス発電事業の安定的な拡大手法の開発（課題番号 201423）」の一部として行われた。

引用文献

- Augusto, L., Bakker, M.R. and Meredieu, C. (2008) Wood ash applications to temperate forest ecosystems - Potential benefits and drawbacks. *Plant Soil*, 306, 181-198.
- Brais, S., Bélanger, N. and Guillemette, T. (2015) Wood ash and N fertilization in the Canadian boreal forest: Soil properties and response of jack pine and black spruce. *For Ecol Manage*, 348, 1-14.
- Chen, Y., Yu, M., Zhu, Z., Zhang, L. and Guo, Q. (2013) Optimisation of potassium chloride nutrition for proper growth, physiological development and bioactive component production in *Prunella vulgaris* L. *PLoS One*, 8, 1-7.
- 土じょう部 (1976) 林野土壌の分類 1975. 林業試験場研究報告, 280, 1-28.
- Hannam, K.D., Venier, L., Allen, D., Deschamps, C., Hope, E., Jull, M., Kwiaton, M., McKenney, D., Rutherford, P. M. and Hazlett P. W. (2018) Wood ash as a soil amendment in Canadian forests: what are the barriers to utilization? *Can J For Res*, 48, 442-450.
- 気象庁 (2018) "過去の気象データ検索", <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>, (参照 2018

- 年6月10日).
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B. and Christensen R. H. B. (2017) lmerTest package: tests in linear mixed effects models. J Stat Software, 82, 1-26.
- 長倉 淳子・小笠 真由美・山田 毅・平井 敬三 (2018) スギ、ヒノキコンテナ苗育苗地への木質バイオマス燃焼灰混合が苗木の成長と養分状態におよぼす影響. 森林総合研究所研究報告, 17, 75-84.
- 日本木質バイオマスエネルギー協会 (2018) "木質バイオマスエネルギーデータブック 2018", 25 pp, <https://www.jwba.or.jp/>, (参照 2018 年 6 月 10 日).
- 折橋 健・山田 敦・高橋 徹・田代 直明・古賀 信也 (2011) 木質バイオマス燃焼灰の林地還元に向けた基礎知見ーカラマツペレット燃焼灰を用いた検討ー. 九大演報, 92, 13-18.
- Park, B. B., Yanai, R. D., Sahm J. M., Lee, D. K. and Abrahamson, L. P. (2005) Wood ash effects on plant and soil in a willow bioenergy plantation. Biomass and Bioenergy, 28, 355-365.
- Pérez-Cruzado, C., Solla-Gullón, F., Merino, A. and Rodríguez-Soalleiro, R. (2011) Analysis of growth and nutrition of a young *Castanea × coudercii* plantation after application of wood-bark ash. Eur J For Res, 130, 209-217.
- Pitman, R. M. (2006) Wood ash use in forestry - A review of the environmental impacts. Forestry, 79, 563-588.
- R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- 六本木 和夫 (1998) 生理障害. 藤原 俊六郎・安西 哲郎・小川 吉雄・加藤 哲郎編 "新版 土壌肥料用語事典". 農山漁村文化協会, 140-146.
- Solla-Gullón, F., Santalla, M., Rodríguez-Soalleiro, R. J. and Merino, A. (2006) Nutritional status and growth of a young *Pseudotsuga menziesii* plantation in a temperate region after application of wood-bark ash. For Ecol Manage., 237, 312-321.
- 塘 隆男 (1971) 苗畑施肥と林地肥培. 地球出版, 199pp.
- 梅田 久男・玉川 和子 (2012) 木質系燃焼灰の有効利用に関する実証試験. 宮城県林業技術総合センター成果報告, 21, 40-44.

An application test of combustion ash from a woody biomass power generator to a young hinoki cypress plantation

Tatsuya OTANI ^{1)*} and Hisao SAKAI ¹⁾

Abstract

We applied combustion ash from a woody biomass power generator to a young hinoki cypress plantation (*Chamaecyparis obtusa*, 1 kg of ash per tree per year) in the southwestern part of Shikoku Island, Japan, and we monitored the annual diameter and height growth for two years. Linear mixed-effects models indicated that the ash application decreased annual increment of stem diameter and tree height, and the two-year serial ash application lowered the annual tree growth more than the single-year ash application. The results of the laboratory leaching test suggested that a high concentration of K^+ , SO_4^{2-} , and Cl^- was leached from the combustion ash during the first rainfall, and the highly concentrated eluate might effect on the growth of the young hinoki cypress. The ash application to conifer plantations should be considered to determine the ash amount that influences tree growth and the use of the scattering technique.

Key words : chlorine, growth inhibition, potassium, stem diameter, tree height

Received 27 June 2018, Accepted 3 September 2018

1) Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* Shikoku Research Center, FFPRI, 2-915 Asakuranishi, Kochi, Kochi, 780-8077 JAPAN; e-mail: tatsuyao@affrc.go.jp

研究資料 (Research record)

台風攪乱を伴った壮齢コジイ二次林の地上部純一次生産量の変動

佐藤 保^{1)*}、齊藤 哲^{2),3)}、荒木 眞岳²⁾

要旨

高齢化して萌芽能力も低下した壮齢のコジイ二次林の純一次生産量が台風攪乱を交えた場合、どのような変動を示すのかを明らかにすることを目的とし、熊本市郊外の萌芽由来のコジイ二次林の地上部の純一次生産量 (ANPP) を 39 年生から 57 年生までの 18 年間にわたり計測した。18 年間の ANPP は平均 11.96 Mg/ha/ 年であり、幼齢期 (10 ~ 16 年生) に同一林分で得られた平均 13.33 Mg/ha/ 年に比べてやや低く推移していた。調査林分は 1990 年から 18 年間の計測期間中に大きな台風が複数回襲来したが、台風による脱葉や幹折れによって ANPP は低下していた。50 年生以降のコジイ林では、幼齢林分よりも ANPP の年々変動が大きくなる可能性が高くなると考えられた。また、ANPP の年々変動に対する台風攪乱の影響も、壮齢林の方が幼齢林の時に比べて大きいと考えられた。

キーワード：照葉樹二次林、コジイ、強風攪乱、生産力、年々変動

1. はじめに

日本国内の照葉樹林の中でも南九州に分布する照葉樹林は、適地に植栽されたスギ人工林が示す材積成長量との比較から、高い生産量を有することが指摘されている (只木 1963, 菅ら 1965)。それらの研究は水俣 IBP (International Biological Program) 試験地における集約的な測定 (Nagano and Kira 1978, Kira and Yabuki 1978) にみられるように、その多くがコジイ (*Castanopsis cuspidata*) を中心とした二次林で行われてきた。

コジイは、南西日本の萌芽林の主要な構成樹種の一つである。1960 年台の燃料革命以降、薪炭林として成立していた多くの萌芽林は、利用形態の変化から放棄されて、壮齢から老齢に向かって高齢化している。コジイは、萌芽力が強いことから、10 年から 20 年の周期で伐採が繰り返されて、薪炭材として利用されてきた。一般に広葉樹は太径木化すると萌芽能力が低下することが知られており (Shibata et al. 2014)、コジイにもその傾向が認められる (佐藤 2013)。

照葉樹林において、台風は最も重要な攪乱要因のひとつである (Naka 1982, Yamamoto 1992)。台風攪乱によって樹木の更新が促進 (齊藤・佐藤 2007) されるだけでなく、生産量も大きく変動 (Sato et al. 2010) することが示されている。このような高齢化して萌芽能力も低下した壮齢のコジイ二次林の純一次生産量は、台風攪乱を交えた場合、どのような変動を示すのである

うか?ここでは、過去に調査履歴のある九州地方のコジイ二次林において、複数の台風上陸が記録された、1990 年から 2008 年にかけて地上部の純一次生産量 (Aboveground Net Primary Production, ANPP) を測定した結果を報告する。

2. 方法

2.1 調査地の概要

調査は、熊本市の北部にある立田山 (標高 152 m) の南西斜面に設定された、森林総合研究所九州支所の立田山実験林 9 い 2 林小班 (北緯 32° 49' 22", 東経 130° 43' 59") で行った。調査対象の林分 (0.41ha) は、1951 年に皆伐された後に成立した萌芽由来の二次林である。アラカシやクロキなどの常緑広葉樹をわずかに交えるが、高木層から低木層に至るまでほとんどがコジイで占められている。調査林分では、過去にコジイ用材林誘導試験のため、幹本数の異なる 8 つの調査区が設定され、伐採後 10 年目に当たる 1961 年に間伐が行われた履歴がある (只木 1995)。また、1961 年から 1967 年の間に幼齢コジイ林の生産構造に関する一連の研究 (只木ら 1962, Tadaki 1965, 1968, 只木・香川 1968) が行われている。しかしそれ以降、約 30 年以上にわたって調査林分に対して施業は行われておらず、いわゆる放置された林分となっている。

南西向きの緩斜面に位置する本調査林分の土壌は、安山岩を母材とする乾性褐色森林土 (B_c 型) である。

原稿受付：平成 30 年 3 月 30 日 原稿受理：平成 30 年 9 月 5 日

1) 森林総合研究所 森林植生研究領域

2) 森林総合研究所 植物生態研究領域

3) 森林総合研究所 関西支所

* 森林総合研究所 森林植生研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1

近接の熊本地方気象台における年平均気温は 16.2℃、年平均降水量は 1,968mm である。なお、立田山試験地の隣接林分は、タツタヤマヤエクチナシ自生地であり、昭和 4 年(1929 年)に特別天然記念物に指定されている。

2.2 毎木調査

1990 年に、上述の只木らが一連の研究を実施した調査林分内に林野庁酸性雨モニタリング事業の試験地設定基準に基づき、異なる大きさの 3 つの同心円から構成される 0.1ha の円形プロットが設置された(野田ら 2004)。最も内側にある小円プロット(0.02ha)では、胸高である高さ 1.3m 以上の樹高を持つ全立木を対象として胸高直径(DBH)と樹高を計測した。続く中円プロット(0.04ha)では、小円プロットを除いた場所で DBH4cm 以上の立木全てを毎木調査の対象とした。さらに一番外側の大円プロット(0.1ha)では、小円及び中円プロットを除いた場所で DBH18cm 以上の立木を毎木調査の対象とした。毎木調査は、1990 年、1994 年、1998 年、2003 年、2008 年の 5 回となっており、2008 年を除く 4 回の調査は、森林総合研究所九州支所森林資源管理研究グループによって実施された(野田ら 2004)。毎木調査により得られた胸高直径から求めた、個体ごとの断面積の合計値を胸高断面積合計(BA)とし、測定期間ごとの林分構造の比較に用いた。なお、幼齢林段階の林分構造(幹本数や BA など)に関する数値は、只木ら(1962)が設定した試験地の内、今回設定した調査プロットの中心が含まれる III 区のデータを用いることとし、只木(1995)が集計した値を使用した。

2.3 地上部現存量

円形調査プロットに隣接するコジイ二次林の中から 16 個体(1999 年に 1 個体、2001 年に 15 個体)を伐採し、各個体の器官別の重量(Appendix 1)から以下のアロメトリー式を求めた。

$$\begin{aligned}\log W_s &= 0.89 \log \text{DBH}^2 H - 1.35 \quad (r^2 = 0.993) \\ \log W_{s+b} &= 0.88 \log \text{DBH}^2 H - 1.24 \quad (r^2 = 0.991) \\ 1/W_l &= 1/0.09 \cdot W_s + 1/11.53 \quad (r^2 = 0.934)\end{aligned}$$

ここで W_s は幹乾重(kg)、 W_{s+b} ($W_s + W_b$) は非同化部(幹と枝)乾重(kg)、 W_l は葉乾重(kg)、 H は樹高(m)をそれぞれ表わす。プロットの毎木調査により得られた計測値から上記の式を用いて、個体ごとに非同化部重量と葉重量を求め、その合計値から地上部現存量(Aboveground biomass, AGB)を求めた。

2.4 純一次生産量の測定

調査林分の地上部の純一次生産量(ANPP)は、以下の式で表わされる「つみあげ法(summation method)」により求めた。

$$\text{ANPP} = \Delta y + \Delta L$$

ここで、 Δy は AGB の増分、すなわち群落成長量(Stand increment)を、 ΔL は枯死・脱落量をそれぞれ示す。 Δy は、Clark et al. (2001) の計算方法に従い、期間内に生存していた個体の地上部現存量の増加分と、新たに加入した個体による地上部現存量の増加分を足し合わせて求めた。 ΔL は、通常はリターフォール量により求められる(依田 1971)ことから、その測定を地上約 1.3 m の位置に設置した受面積 0.58m² の円形トラップを用いて行った。調査地内に 10 個のトラップを設置し、トラップ内の内容物を毎月末に回収した。内容物を、(1) 葉、(2) 枝(ただし元口が直径 2 cm 未満のもののみを対象)、(3) 生殖器官(花と種子)、(4) その他(上記 3 つに分類されないすべての物)の 4 つに分類した。分類したサンプルは、通風乾燥機にて 70℃、72 時間乾燥させ、乾重を測定した(Appendix 2)。リターフォール量の計測を 1990 ~ 2004 年の各年に行った。計測期間(1990 ~ 2008 年)は、毎木調査の間隔から、1990 ~ 1994 年、1995 ~ 1998 年、1999 ~ 2003 年、2004 年 ~ 2008 年の 5 つに区分されるが、リターフォール量を各区分期間で平均した値を ΔL とし、各区分期間の ANPP の計算に使用した。1991 ~ 1998 年のリターフォール量として、Sato (2004) の値を用いた。2004 ~ 2008 年のリターフォール量として、2003 年と 2004 年の平均値を用いた。

2.5 台風の記録

本報告では、試験地に近接する気象観測施設(旧熊本地方気象台、北緯 32° 48' 52"、東経 130° 42' 29")から台風の中心が 150km 以内を通過した台風のみを調査林分に影響を及ぼしうる台風として考慮した。気象庁は、風速 15 m/s 以上の風が吹いている地域、いわゆる強風域の半径を基準のひとつとして台風の大きさを定義している(上野 2000)。本報告では、台風の強度を定義する基準として風速に着目し、試験地近接の気象観測施設で記録された台風の中で最大風速が 15m/s を超えた台風を「強い台風」(strong typhoon)と定義した。以上の基準をもとに、1990 年から 2008 年までに熊本市で強い台風と定義されたのは 8 個であった(Table 1)。同様に只木(1995)が調査を実施した幼齢林の時期に当たる 1961 年から 1967 年までに熊本市で強い台風と定義されたのは 1 個のみであった(Table 1)。

なお、本報告における台風の呼名は、西暦年号の末尾 2 桁と台風の号数を組み合わせて表記することとする。たとえば、1991 年(平成 3 年)台風 19 号は「T9119」と省略することとする。

3. 結果と考察

3.1 地上部現存量 (AGB) の変動

1990 年の毎木調査時点での幹本数は、10,360 本 /ha であったが、2008 年の調査終了時には初期本数の半分程度の 5,500 本 /ha まで減少しており (Table 2)、林齢の増加に伴う、小径木の枯死による幹本数の減少が生じていた。これとは逆に胸高断面積合計 (BA) と AGB は、1990 年から年々増加する傾向にあったが、2003 年をピークに減少に転じていた。本試験地のコジイ二次林は、台風攪乱の影響を 1991 年 (T9119) と 2004 年 (T0418) に受けていたが、攪乱による被害の形態は兩年の間では異なっていた。T9119 による攪乱による被害は、脱葉が中心であり (野田 2003)、幹折

れや根返りは極めて稀であった。一方、T0418 による攪乱は、幹折れや根返りの被害木を多数発生させていた (Photo 1)。DBH18cm 以上の個体数の減少 (Table 2) からも明らかのように、これら被害個体の多くが林冠を構成していた個体であり、個体あたりの現存量が大きい故にその後の AGB の減少に結びついていた。

3.2 群落成長量および地上部の純一次生産量の ANPP の変動

1990 年から 2008 年までの群落成長量 (Δy) の平均値は 4.53 Mg/ha/年であったが、台風攪乱の有無が群落成長量の多寡に影響を及ぼしていた。T0418 による攪乱を受けた期間 (2003 年～2008 年) に群落成長量

Table 1. 強い台風の記録

台風名	上陸月日	最大風速 (m/s)	最大瞬間風速 (m/s)	備考
T6515	1965.8.6	25.7	NA	只木 (1995) の測定期間内 (1961～1967) に記録された台風
T9119	1991.9.27	25.8	52.6	
T9306	1993.7.30	15.6	30.1	
T9313	1993.9.3	16.8	37.7	
T9612	1996.8.14	17.2	32.5	本報告の測定期間内 (1990～2008) に記録された台風
T9918	1999.9.24	24.9	49.0	
T0418	2004.9.7	23.2	47.4	
T0514	2005.9.6	15.2	28.5	
T0613	2006.9.17	16.9	33.5	

NA：データなし

Table 2. 林分構造および地上部現存量 (AGB) の変化

測定年	林齢 (年)	幹本数 (本 /ha)	BA (m ² /ha)	DBH18cm 以上 の幹本数 (本 /ha)	AGB (Mg/ha)	備考	データ出典
1961	10	15,800	12.4	0	29.8		只木 (1995)
1963	12	15,200	18.7	0	48.4	同一林分の 若齢時の調 査 (Ⅲ区)	只木 (1995)
1965	14	13,900	22.5	NA	63.2		只木 (1995)
1967	16	10,700	28.6	0	83.8		只木 (1995)
1990	39	10,360	46.6	660	183.6		本報告および野田ら (2004)
1994	43	9,735	48.4	660	182.7		本報告および野田ら (2004)
1998	47	6,465	49.2	690	190.7		本報告および野田ら (2004)
2003	52	5,600	57.7	850	225.7		本報告および野田ら (2004)
2008	57	5,500	50.3	650	188.5		本報告

BA：胸高断面積合計

1961 年から 1967 年のデータは、只木 (1995) による集計値 (Ⅲ区) を用いた。

NA：データなし



Photo 1. 調査林分の様子

上：1993 年（42 年生）撮影；下：2004 年（53 年生）撮影

が最も少ない値を示し、直前の期間（1998 年～2003 年）の 3 割程度であった（Table 3）。同一林分が 10 年生から 16 年生当時の群落成長量は 8.98 Mg/ha/年であり、約 30 年を経過してその値にばらつきはあるものの半分程度に減少したことになる。

1990 年から 2008 年までの ANPP は平均 11.96 Mg/ha/年であり、同一林分の幼齢林時（11～16 年生）の平均 13.33 Mg/ha/年（只木 1995）に比べてやや低く推移していた。幼齢段階では、ANPP に占める群落成長の占める割合が多かったが、今回の計測結果ではリターフォール量（ ΔL ）の占める割合が増加しており、特に強度の台風攪乱を受けた時期ではその傾向が顕著

であった。これは台風攪乱によるリターフォール量の増加（Sato 2004）と、林冠攪乱に伴う成長量の一時的な低下によるものと考えられる。

コジイはその樹齢が 50 年を越す壮齢林分で台風などの強風による幹折れによる枯死が急増することを報告されており（埴田 1987）、これら幹折れは腐朽に起因するものと考えられている（Kusunoki et al. 1997）。今回、T0418 による攪乱を受けた時点でのコジイ二次林の林齢は 50 年生を超えており、幹折れによる現存量の低下（Photo 1）と ANPP の減少が生じていた。今回の結果からも、今後、壮齢から老齢段階を迎えるコジイ二次林では台風攪乱への感受性が高くなり、幼齢

Table 3. 地上部純一次生産量 (ANPP) の変化

期間	林齢 (年)	群落成長量	リターフオール量	地上部純一次生産量	期間内に記録された台風	データ出典
1961-1967	10 ~ 16	8.98 (0.67)	4.35 (0.33)	13.33	T6515	只木 (1995)
1990-1993	39 ~ 42	2.67 (0.30)	6.15 (0.70)	8.82	T9119, T9306, T9313	
1994-1997	43 ~ 46	5.77 (0.50)	5.84 (0.50)	11.61	T9612	
1998-2002	47 ~ 51	7.48 (0.49)	7.78 (0.51)	15.26	T9918	本報告
2003-2008	52 ~ 57	2.19 (0.18)	9.94 (0.82)	12.13	T0418, T0514, T0613	

単位はすべて Mg/ha/ 年

括弧内の数値は、地上部純一次生産量に対する割合を示す

林分よりも ANPP の年々変動が大きくなる可能性が高くなると考えられた。

謝 辞

野田巖博士には、森林総合研究所九州支所森林資源管理研究グループ（旧育林部経営研究室）が保有する立田山試験地の未発表データの使用を承諾していただいた。上中作次郎氏、竹下慶子氏、田内裕之博士、田中浩博士、野宮治人氏には現地調査で協力を賜った。また、査読者には審査を通じて有益な助言をいただいた。これらの方に感謝の意を表します。

引用文献

- Clark, D. A., Brown, S., Kicklighter, W. D., Chambers, J. Q., Thomlinson, J. R. and Ni, J. (2001) Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecol. Appl.*, 11, 356-370.
- 菅 誠・齊藤 秀樹・四手井 綱英 (1965) 常緑広葉樹林の物質生産力について. 京大農演報, 37, 55-75.
- Kira, T. and Yabuki, K. (1978) Primary production rates in the Minamata forest. In Kira, T., Ono, Y. and Hosokawa, T. (eds.) "Biological Production in a Warm-Temperate Evergreen Oak Forest of Japan". JIBP SYNTHESIS Volume 18. University of Tokyo Press, Tokyo, 131-138.
- Kusunoki, M., Kawabe, Y., Ikeda, T. and Aoshima, K. (1997) Role of birds in dissemination of the thread blight disease caused by *Cylindrobasidium argenteum*. *Mycoscience*, 38, 1-5.
- Naka, K. (1982) Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. I. Wind damaged trees and canopy gaps in an evergreen oak forest. *Bot. Mag. Tokyo*, 95, 385-399.
- Nagano, M. and Kira, T. (1978) Aboveground biomass. In Kira, T., Ono, Y. and Hosokawa, T. (eds.) "Biological Production in a Warm-Temperate Evergreen Oak Forest of Japan". JIBP SYNTHESIS Volume 18. University of Tokyo Press, Tokyo, 69-82.
- 野田 巖 (2003) 酸性雨モニタリングステーションにおける樹冠開空状態の変化— 8 年間の観測結果から— . 森林総合研究所九州支所年報, 15, 43-44.
- 野田 巖・齋藤 英樹・林 雅秀 (2004) 酸性雨等森林環境モニタリングステーションにおける毎木調査結果. 森林総合研究所九州支所年報, 16, 38-39.
- 齊藤 哲・佐藤 保 (2007) 照葉樹林の主要樹種の台風被害の特性. —綾の LTER サイトにおける複数の台風攪乱の比較解析—. 日本森林学会誌, 89, 321-328.
- Sato, T. (2004) Litterfall dynamics after a typhoon disturbance in a *Castanopsis cuspidata* coppice, southwestern Japan. *Ann. For. Sci.*, 61, 431-438.
- 佐藤 保 (2013) 照葉樹二次林構成種の萌芽能力. 関東森林研究, 64 (1), 37-40.
- Sato, T., Kominami, Y., Saito, S., Niiyama, K., Tanouchi, H., Nagamatsu, D. and Nomiya, H. (2010) Temporal dynamics and resilience of fine litterfall in relation to typhoon disturbances over 14 years in an old-growth lucidophyllous forest in southwestern Japan. *Plant Ecology*, 208, 187-198.

- Shibata, R., Shibata, M., Tanaka, H., Iida, S., Masaki, T., Hatta, F., Kurokawa, H. and Nakashizuka, T. (2014) Interspecific variation in size-dependent resprouting ability of temperate woody species and its adaptive significance. *Journal of Ecology*, 102, 209-220.
- 只木 良也 (1963) 常緑広葉樹林の生産力. 暖帯林, 18(10), 2-7.
- Tadaki, Y. (1965) Studies on the production structure of forest. VII. The primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. *Jpn. J. Ecol.*, 15, 142-147.
- Tadaki, Y. (1968) Studies on the production structure of forest. XIV. The third report on the primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. *J. Jpn. For. Res.*, 50, 60-65.
- 只木 良也 (1995) 立木密度の違うコジイ幼齢林の構造と物質生産. 名大農演報, 14, 1-24.
- 只木 良也・香川 照雄 (1968) 森林の生産構造に関する研究 (13) コジイほか 2、3 の常緑樹林における落葉枝量の季節変化. 日林誌, 50, 7-13.
- 只木 良也・尾方 信夫・高木 哲夫 (1962) 森林の生産構造に関する研究 (III) コジイ幼齢林における現存量の推定と生産力についての若干の解析. 日林誌, 44, 350-359.
- 埴田 宏 (1987) 風害によるコジイ林植生遷移の促進. 神戸群落生態研究会編 “中西 哲博士追悼植物生態・分類論文集”. 神戸群落研究会, 379-382.
- 上野 達雄 (2000) 台風の大きさ・強さ及び熱帯低気圧の分類の表現変更. 気象, 44(5), 4-8.
- Yamamoto, S. (1992) Gap characteristics and gap regeneration in primary evergreen broad-leaved forests of western Japan. *Bot. Mag. Tokyo*, 105, 29-45.
- 依田 恭二 (1971) 森林の生態学. 築地書館, 331pp.

Appendix 1. アロメトリー式作成に用いた重量データ (樹種はすべてコジイ)

個体 No.	DBH (cm)	H (m)	幹乾重 W_s (kg)	枝乾重 W_b (kg)	葉乾重 W_l (kg)
1	0.9	2.5	0.08	0.01	0.02
2	0.6	2.0	0.05	0.02	0.01
3	1.6	2.4	0.22	0.09	0.08
4	1.5	3.3	0.30	0.07	0.08
5	1.8	3.6	0.36	0.06	0.06
6	3.5	3.8	1.39	0.25	0.14
7	4.1	5.4	2.30	0.43	0.16
CC1999	29.9	18.3	294.90	83.70	8.34
WA251	15.8	12.5	79.47	8.72	3.39
WA301	18.1	18.6	127.96	10.13	5.25
WA401	10.5	11.0	22.22	7.67	3.34
WA451	4.2	5.5	2.33	1.56	1.21
WA501	5.8	7.4	5.11	1.88	1.18
WA551	8.4	12.6	14.59	1.04	0.90
WA601	4.2	9.0	2.98	0.20	0.11

Appendix 2. リターフォール量の変化

期間	葉	枝	生殖器官	その他	合計	備考
Mar. 1964 ~ Feb. 1965	3.43	0.50	-	-	3.93	
Mar. 1965 ~ Feb. 1966	4.53	2.55	-	-	7.08	T6515 による攪乱あり
Mar. 1966 ~ Feb. 1967	3.28	0.36	-	-	3.64	
Jan.1991 ~ Dec.1991	4.32	5.71	0.25	0.77	11.05	T9119 による攪乱あり
Jan.1992 ~ Dec.1992	1.70	0.75	0.02	0.39	2.87	
Jan.1993 ~ Dec.1993	2.82	1.79	0.18	0.56	5.35	T9306、T9319 による攪乱あり
Jan.1994 ~ Dec.1994	3.94	0.35	0.64	0.42	5.35	
Jan.1995 ~ Dec.1995	2.53	0.32	0.90	0.43	4.18	
Jan.1996 ~ Dec.1996	5.15	1.03	1.26	0.57	8.00	T9612 による攪乱あり
Jan.1997 ~ Dec.1997	3.99	0.44	0.34	0.47	5.24	
Jan.1998 ~ Dec.1998	4.57	0.59	0.32	0.45	5.94	
Jan.1999 ~ Dec.1999	5.53	3.12	1.11	0.66	10.42	T9918 による攪乱あり
Jan.2000 ~ Dec.2000	2.18	0.52	0.04	0.48	3.22	
Jan.2001 ~ Dec.2001	3.67	1.05	1.49	0.56	6.77	
Jan.2002 ~ Dec.2002	5.00	1.08	4.88	0.71	11.66	
Jan.2003 ~ Dec.2003	4.49	1.25	0.51	0.58	6.84	
Jan.2004 ~ Dec.2004	7.14	4.66	0.30	0.95	13.05	T0418 による攪乱あり
平均 (1991 ~ 2004)	4.07	1.62	0.87	0.57	7.14	

単位はすべて Mg/ha/ 年

1964 年から 1967 年は、只木・香川 (1968) による同一林分の若齢時のデータ (Ⅲ区) による

1991 年から 1998 年は、Sato (2004) のデータによる

Temporal dynamics of aboveground net primary production following typhoon disturbances in an old *Castanopsis* coppice stand in southwestern Japan

Tamotsu SATO^{1)*}, Satoshi SAITO^{2), 3)} and Masatake G. ARAKI²⁾

Abstract

To evaluate the impact of typhoon disturbances to productivity in old secondary *Castanopsis cuspidata* stands that reduce resprouting ability, we monitored fluctuations in aboveground net primary production (ANPP) in a *Castanopsis cuspidata* coppice stand (57 years old in 2008) in Kumamoto, Japan, on an annual scale for 18 years (1990–2008). The average ANPP was 11.96 (range 8.82–15.5) Mg/ha/yr. This value is slightly lower than that of young *Castanopsis* stands in the same area (13.33 Mg/ha/yr for 10–16-year-old stands). Defoliation and stem breakage caused by several typhoons resulted in large annual fluctuations in ANPP. Old coppice stands over 50 years old are more susceptible to disturbance by typhoons and may show larger fluctuations and declines in ANPP with increasing stand age. Our results imply that typhoon disturbances play a more important role in the ANPP dynamics of old *Castanopsis* coppice stands than in young coppice stands.

Key words : secondary lucidophyllous forest, *Castanopsis cuspidata*, strong wind disturbances, productivity, annual fluctuations

Received 30 March 2018, Accepted 5 September 2018

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

2) Department of Plant Ecology, FFPRI

3) Kansai Research Center, FFPRI

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

研究資料 (Research record)

桂不動谷津流域における 2001 ～ 2014 年の降水と溪流水の水質

小林 政広^{1)*}、吉永 秀一郎²⁾、伊藤 優子¹⁾、篠宮 佳樹¹⁾、相澤 州平¹⁾、
岡本 透³⁾、釣田 竜也¹⁾

要旨

茨城県城里町に位置する桂不動谷津流域における 2001 年から 2014 年の降水および溪流水の主要溶存成分濃度および流入量についてまとめ、各年の平均値の変化傾向を解析した。降水中の非海塩性硫酸イオンおよび無機態窒素イオンの流入量はともに変動しながら減少する傾向が認められた。溪流水中の硫酸イオン濃度は 2011 年まではほぼ一定であったが 2012 年および 2013 年の間伐施業時に上昇した。硝酸イオンは間伐前減少傾向にあったが間伐以降上昇に転じた。間伐時の濃度上昇はカリウムイオンおよびカルシウムイオンでも認められた。ケイ素濃度は年平均値の変動が小さく、緩やかに上昇する傾向が認められた。

キーワード：降水、溪流水、水質、桂不動谷津流域

1. はじめに

森林の公益的機能の中で、良好な水質の水を安定的に供給する働きである水源かん養機能に対する国民からの期待は高い。森林から流出する水の水質は、流域内部の様々な生物地球化学的過程を反映して形成される。また、大気汚染による酸性降下物の増加等の環境変動や伐採等の施業の影響を受ける。森林の適切な管理により機能の維持増進を図るとともに、降水や溪流水の水質を長期的にモニタリングして機能の変化の予兆をいち早く察知し、対策につなげることが必要である。このような背景の下、森林総合研究所では北海道から九州までの複数の森林流域において降水および溪流水の水質モニタリングを継続し、データを順次、「森林降水溪流水質データベース：FASC-DB」において公開している（稲垣ら 2008）。本報告は、関東地方のモニタリングサイトである桂不動谷津流域（茨城県城里町）における 2001 年から 2014 年の降水と溪流水の水質データをまとめたものである。これらのデータは、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）、交付金プロジェクト研究「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）、基盤事業「降雨溪流水質モニタリング」（2011 ～）において取得された。

本流域を含む関東周辺の森林流域において溪流水の多点調査が実施されており、本流域は関東平野に接

する地域と比べて溪流水中の硝酸イオン濃度が低いことが明らかにされている（伊藤ら 2004, 吉永ら 2012）。本報告では、2000 年 6 月からの降水と溪流水の全ての水質データを示し、2001 年から 2014 年における年平均値の傾向の概要を示す。

2. 調査地と方法

2.1 調査地

降水および溪流水は茨城県城里町に位置する北山国有林内に設置した桂不動谷津流域試験地（Fig.1）で採取した。同流域は那珂川水系の皇都川の支流に属している。流域末端の東経は 36° 31' 32"、緯度は 140° 18' 38"である。標高は 130 ～ 300 m である。地質は中古生層の堆積岩であり、その上を火山灰が覆っている。土壌は火山灰を主な母材とする褐色森林土である。試験地に最も近いアメダス観測地点である常陸大宮（旧小瀬）観測所（北緯 36° 36.4'、東経 140° 19.5'、標高 95 m）における 2001 年から 2014 年の平均気温は 12.8 °C であった（気象庁、<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>）。流域内の斜面下部は約 40 年生のスギ（*Cryptomeria japonica*）の人工林である。斜面の上部はコナラ（*Quercus serrata*）などの落葉広葉樹の二次林である。尾根部にはアカマツ（*Pinus densiflora*）が混交しているが、マツ材線虫病によりその多くが枯死した。一部にはヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*）も植栽されている。

原稿受付：平成 30 年 6 月 13 日 原稿受理：平成 30 年 9 月 28 日

1) 森林総合研究所 立地環境研究領域

2) 森林総合研究所 多摩森林科学園

3) 森林総合研究所 関西支所

* 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

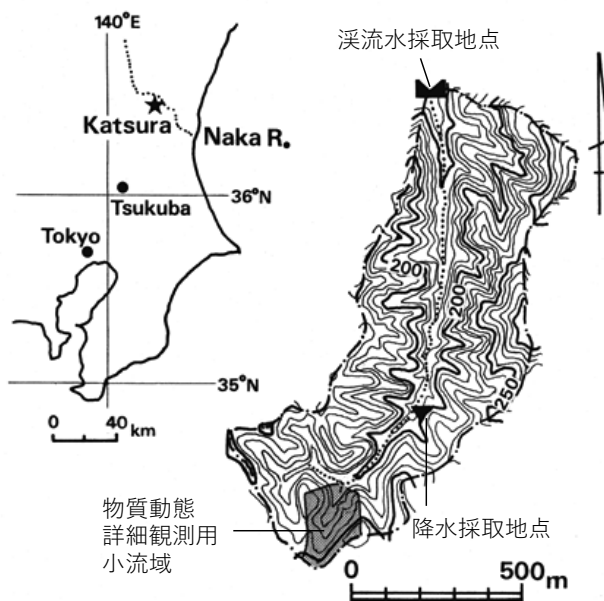


Fig. 1. 桂不動谷津流域試験地
Katsura Fudo-yatsu experimental watershed

2001年の時点において流域内のスギ林は間伐遅れの状態にあった。流域内の上流部に設置された2.3 haの物質動態詳細観測用小流域（桂試験地）では、2003年12月に本数で33%の間伐（定性間伐、材の持ち出しなし）が行われた（野口ら 2009）。2012年および2013年に桂不動谷津流域の全域で間伐が実施され、2012年8月から11月に全流域面積の約1/5に相当する下流右岸側の部分が、2013年6月から8月に残り約4/5の部分が対象とされた。間伐の方法は、作業道の作設をとまう林業機械を用いた本数で約35%の列状間伐であり、材の持ち出しが行われた。作業道は桂不動谷津流域の本流から枝分かれする支流（降雨時のみ流水が生じる沢）に沿って作設された。伐採作業中は支流の沢に枝条が置かれ、伐採作業終了後にその枝条が切土面に被せられた。2012年および2013年の間伐期間中および期間後には、流域内の河道周辺部に流出土砂が堆積している状況が観察された。

2.2 降水の採取方法

降水は、渓流沿いの林道の途中にある樹木が植栽されていない開けた平坦地で採取した。周囲のスギ植栽木までの距離がほぼ樹高以上になる位置に採取装置を1セット設置した。採取装置には、直径300 mmのポリプロピレン製ロート（サンブラテック、ハイスピードロート 300mmφ）と容積10 Lのポリエチレン製タンク（ニッコー、ヘンペイ広口瓶）を合成樹脂製チューブ（日本理化学機器、ユニチューブ）で接続したものを用いた。経路の途中に目開き約1 mmのナイロン

製ネットを入れ、ゴミがタンクに入るのを防いだ。試料回収ごとに装置全体を洗浄済みのものと交換した。試料回収は、2001年から2012年の期間は週に一度、2013年以降は2週に一度の頻度で行った。

2.3 渓流水の採取方法

渓流水は不動谷津流域末端に設置された量水堰のやや上流の流水部から採取した。採水には容積250 mLのポリ容器（ニッコー・ハンセン、Jボトル）を用い、流水から直接ボトルに採取した。

2.4 分析方法

降水および渓流水試料は速やかに森林総合研究所の実験室に運び、pHをガラス電極法（日本分析化学会北海道支部編 2005）（東亜 DKK、HM-30G）で、電気伝導度（EC）を白金電極法（日本分析化学会北海道支部編 2005）（東亜 DKK、CM-30G）で測定した。また、硫酸滴定により pH4.8 アルカリ度（日本分析化学会北海道支部編 2005）を測定した。その後、孔径 0.45 μm のメンブレンフィルタ（アドバンテック、A045A047A）でろ過し、ろ液を溶存成分測定用試料として室温約 4 °C の冷蔵庫で保管した。

Si を除く主要溶存成分（ Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} ）の濃度は、イオンクロマトグラフ法（日本分析化学会北海道支部編 2005）（2001 年から 2012 年は Dionex、IC-20、2013 年から 2014 年は Dionex、ICS-1600）により測定した。また Si 濃度は ICP 発光分光分析法（日本分析化学会北海道支部編

Table 1. 桂不動谷津流域における降水中の主要溶存成分濃度の年平均値. 降水量で重み付けした加重平均。
Mean annual solute concentrations of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. Values were calculated as weighted average by precipitation.

Year	RF	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nss-Ca	nss-SO ₄ ²⁻	T-cation	T-anion
	mm		mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹
2001	1503	4.35	3.06	0.80	0.12	0.44	0.35	0.13	1.95	1.48	2.42	0.32	2.22	0.13	0.13
2002	1352	4.42	3.06	0.85	0.13	0.50	0.62	0.16	1.69	1.91	2.72	0.59	2.50	0.15	0.13
2003	1439	4.50	2.18	0.37	0.06	0.30	0.41	0.12	0.85	1.42	1.96	0.40	1.87	0.10	0.09
2004	1608	4.48	2.39	0.44	0.08	0.29	0.48	0.20	0.90	1.77	2.25	0.46	2.14	0.11	0.10
2005	1337	4.51	2.16	0.32	0.08	0.36	0.23	0.09	0.78	1.45	2.06	0.22	1.98	0.08	0.09
2006	1810	4.74	1.56	0.34	0.03	0.28	0.40	0.10	0.71	1.23	1.42	0.39	1.33	0.08	0.08
2007	1316	4.65	2.13	0.53	0.05	0.39	0.48	0.15	1.05	1.51	2.03	0.46	1.90	0.11	0.10
2008	1380	4.63	1.73	0.37	0.07	0.24	0.21	0.08	0.69	1.11	1.43	0.19	1.34	0.07	0.07
2009	1490	4.71	1.36	0.29	0.05	0.19	0.19	0.06	0.58	0.91	1.11	0.18	1.04	0.06	0.06
2010	1665	4.67	1.53	0.31	0.05	0.25	0.25	0.06	0.60	1.22	1.42	0.24	1.34	0.07	0.07
2011	1735	4.83	1.43	0.46	0.10	0.34	0.16	0.09	0.96	0.98	1.09	0.14	0.98	0.07	0.07
2012	1434	4.75	1.51	0.37	0.06	0.32	0.18	0.09	0.82	0.93	1.15	0.17	1.06	0.07	0.06
2013	1530	4.78	1.52	0.47	0.08	0.44	0.22	0.08	0.92	1.23	1.31	0.20	1.19	0.08	0.07
2014	1797	4.81	1.44	0.51	0.07	0.38	0.13	0.07	0.95	0.86	1.13	0.11	1.00	0.07	0.06
Average	1528	4.63	1.83	0.43	0.07	0.33	0.29	0.10	0.90	1.23	1.58	0.27	1.47	0.08	0.08

RF：降水量 precipitation

2005) (Perkinelmer、Optima-4300DV) により測定した。
H⁺ 濃度は pH から、HCO₃⁻ 濃度はアルカリ度から計算した (日本分析化学会北海道支部編 2005)。

2.5 データの集計方法

降水および溪流水の pH、EC、主要溶存成分の各年の平均値を求めた。年の区切りは 12 月の最後の採取日とした。降水は一つの試料の採取期間の降水量で重み付けした加重平均、溪流水は単純平均を平均値とした。計算に先立ち、各試料についてイオンバランスと電気伝導度の 2 項目で分析精度のチェックを行った。チェックの基準は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、下記の通り設定した。

1) イオンバランスによるチェック

主要陽イオンの当量濃度の総和 (T-Cation; meq L⁻¹) と主要陰イオンの当量濃度の総和 (T-Anion; meq L⁻¹) を求め、以下に定義される R1 (%) を計算する。

$$R1=100 \times (T\text{-Cation} - T\text{-Anion}) / (T\text{-Cation} + T\text{-Anion})$$

本報告では R1 の許容範囲を総イオン濃度 (T-ion=T-cation+T-anion; meq L⁻¹) により 3 段階設定し、T-ion

< 0.05 のとき ±8、0.05 ≤ T-ion ≤ 0.1 のとき ±15、T-ion > 0.1 のとき ±30 とした。この条件から外れる試料については参考値とし、平均値、流入量の計算から除外した。

2) 電気伝導度によるチェック

主要イオンの当量濃度から極限電気伝導度を用いて電気伝導度の計算値 (ECcal) を求め、この値と電気伝導度の実測値 (EC) を用いて以下に定義される R2 (%) を計算する。

$$R2=100 \times (EC\text{cal} - EC) / (EC\text{cal} + EC)$$

本報告では R2 の許容範囲を EC により 3 段階設定し、EC < 0.5 のとき ±20、0.5 ≤ EC ≤ 3 のとき ±13、EC > 3 のとき ±9 とした。この条件から外れる試料については参考値とし、平均値、流入量の計算から除外した。

また、降水試料については、リン酸イオン濃度が 0.01 mg L⁻¹ 以上のデータを鳥フン等による汚染の影響を受けていると判断して除外した。

3. 結 果

3.1 降水の水質の変化傾向

2001 年から 2014 年における降水量、降水の pH、EC、主要溶存成分濃度の年平均値を Table 1 に示す。この期間の年降水量は、最小値が 1316 mm、最大値が 1810 mm、平均値は 1528 mm であった。降水の pH

Table 2. 桂不動谷津流域における降水による主要溶存成分の流入量
Annual influx of major elements by precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed.

Year	RF mm	Na ⁺ mg m ⁻²	K ⁺ mg m ⁻²	NH ₄ ⁺ mg m ⁻²	Ca ²⁺ mg m ⁻²	Mg ²⁺ mg m ⁻²	Cl ⁻ mg m ⁻²	NO ₃ ⁻ mg m ⁻²	SO ₄ ²⁻ mg m ⁻²	nss-Ca mg m ⁻²	nss-SO ₄ ²⁻ mg m ⁻²	inorg-N mg m ⁻²
2001	1503	1203	176	665	522	198	2931	2228	3643	477	3341	1020
2002	1352	1154	176	679	845	221	2286	2579	3673	799	3380	1111
2003	1439	528	79	425	590	177	1225	2037	2819	571	2685	791
2004	1608	706	122	473	764	321	1451	2844	3624	738	3444	1011
2005	1337	434	101	480	311	115	1041	1941	2753	293	2644	811
2006	1810	622	59	511	727	173	1292	2219	2564	703	2407	899
2007	1316	697	63	507	635	194	1384	1991	2671	610	2495	844
2008	1380	516	100	338	288	104	957	1535	1972	269	1846	610
2009	1490	428	71	288	281	87	870	1360	1661	265	1557	531
2010	1665	508	86	422	412	104	1000	2036	2367	393	2239	788
2011	1735	807	165	596	274	154	1671	1707	1897	243	1693	849
2012	1434	531	92	456	262	135	1183	1331	1647	241	1514	655
2013	1530	717	118	678	331	126	1405	1876	2004	303	1824	951
2014	1797	917	124	689	239	120	1709	1552	2023	204	1793	886
Average	1528	698	109	515	463	159	1457	1946	2523	436	2347	840

の年平均値は、変動しながらも上昇する傾向が認められた。一方、降水の EC は、年々低下する傾向が認められた。降水量と濃度を乗じて、主要溶存成分の流入量を求めた (Table 2)。この中で、人間活動により大気中に排出され、降水の酸性化に影響すると考えられる非海塩性硫酸イオン (nss-SO₄²⁻) および無機態窒素イオン (Inorg-N: 硝酸イオン + アンモニウムイオン) の 2001 年から 2014 年の平均値は、それぞれ、2089 mg m⁻² および 807 mg m⁻² であった。これらの平均値を 1 としたときの各年の相対値を Fig. 2 に示す。非海塩性硫酸イオンの流入量 (Fig. 2b) は、変動しながら減少する傾向が認められた。関東地方では、2000 年の三宅島噴火後に降水による硫酸イオン流入量が顕著に増加し、その影響は数年に及んだ (藤田ら 2012)。本試験においても同様に影響していた可能性がある。無機態窒素イオンの流入量 (Fig. 2c) は、変動しながら全体としては減少の傾向が認められた。

3.2 渓流水の水質の変化傾向

2001 年から 2014 年における渓流水の pH、EC、主要溶存成分濃度の年平均値を Table 3 に示す。桂不動谷津流域においては、2012 年と 2013 年に分けて流域全体で間伐が行われているため、間伐の前後に分けて傾向を解析する必要がある。変化が明瞭な成分について、2001 年から 2011 年の平均値を 1 としたときの相対値を求めた (Fig. 3 ~ Fig. 5)。硫酸イオン濃度 (Fig. 3a) は、間伐前は 2011 年にやや高かったことを除けばほぼ一定であったが、間伐時に上昇し、間伐が終了していた 2014 年には低下した。硝酸イオン濃度 (Fig. 3a) は、

間伐前は変動しつつ低下する傾向を示していたが、間伐後は上昇傾向に転じた。カリウムイオンおよびカルシウムイオン (Fig. 4a, b) は、間伐前はほぼ一定であったが、間伐が実施された年は上昇した。その傾向はカルシウムイオン (Fig. 4b) でより顕著であった。ケイ素濃度は間伐時に顕著な変化は生じなかった。大きな変動はなく、年々増加する傾向が認められた (Fig. 5)。

謝 辞

桂不動谷津流域における降水および渓流水の水質モニタリングの実施中、関東森林管理局茨城森林管理署には試験地使用の許諾をはじめ、林道の整備や大雨後の土砂の浚渫等、さまざまな形でご協力いただいた。桂不動谷津流域の間伐作業を請け負った美和木材協同組合の作業員の方々には、試料採取のための車両の通行にご協力いただいた。森林総合研究所立地環境研究領域および防災研究領域の方々には、試験地のメンテナンスや観測において多くのご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

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.

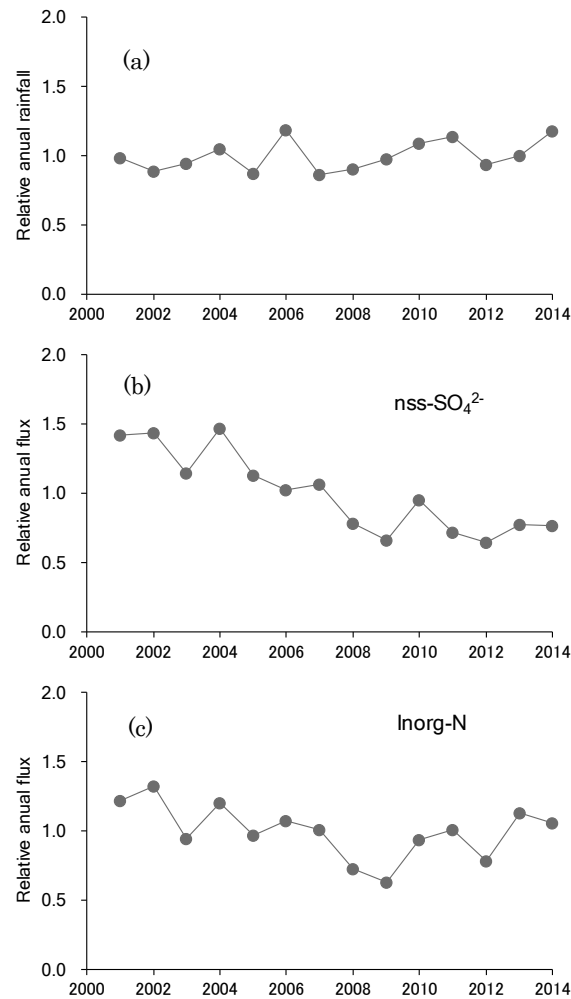


Fig. 2. 年間の降水量 (a)、非海塩性硫酸イオン流入量 (b)、無機態窒素流入量 (c) の変化傾向。
2001 ~ 2014 年の平均値に対する相対値
Trends in precipitation (a), nss-SO₄²⁻ influx (b), inorganic N influx (c).
Relative change to the average value between 2001 and 2014.

Table 3. 桂不動谷津流域における溪流水中の主要溶存成分濃度の年平均値
Mean annual solute concentrations of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed.
Values were calculated as arithmetic average.

Year	RF mm	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹
2001	1503	6.77	4.21	3.37	0.66	0.02	2.52	1.05	3.63	2.08	5.28	8.43	6.53	0.38	0.38
2002	1352	6.86	4.28	3.24	0.61	0.01	2.52	1.02	3.67	1.54	5.38	9.13	6.37	0.37	0.39
2003	1439	6.75	4.15	3.38	0.53	0.00	2.21	1.03	3.90	1.63	4.93	8.36	6.62	0.36	0.38
2004	1608	6.76	4.34	3.12	0.46	0.00	2.27	1.21	3.68	1.94	5.31	8.17	6.77	0.36	0.38
2005	1337	6.78	4.22	3.13	0.52	0.00	2.37	1.03	3.71	1.65	5.47	7.98	6.90	0.35	0.38
2006	1810	6.78	4.17	3.09	0.45	0.00	2.17	0.93	3.58	1.91	5.23	7.88	6.60	0.33	0.37
2007	1316	6.84	4.11	3.13	0.44	0.01	2.36	0.97	3.47	1.39	5.27	8.81	7.03	0.35	0.37
2008	1380	6.82	4.24	3.22	0.52	0.01	2.53	1.04	3.48	1.50	5.40	8.51	6.81	0.37	0.37
2009	1490	6.81	4.18	3.17	0.55	0.01	2.39	1.01	3.45	1.30	5.02	9.04	6.92	0.35	0.36
2010	1665	6.81	3.97	3.26	0.49	0.00	2.27	0.95	3.56	0.84	5.18	7.28	7.06	0.35	0.34
2011	1735	6.86	4.41	3.29	0.54	0.00	2.68	1.05	3.39	0.69	6.33	8.19	7.01	0.38	0.37
2012	1434	6.87	4.79	3.36	0.58	0.01	3.24	1.14	3.36	1.11	7.28	8.96	7.15	0.42	0.41
2013	1530	6.85	5.04	3.50	0.79	0.01	3.63	1.30	3.77	1.17	7.09	10.46	7.28	0.46	0.44
2014	1797	6.82	4.46	3.22	0.71	0.06	2.95	1.09	3.71	1.41	6.00	8.70	7.00	0.40	0.40
Average	1528	6.81	4.33	3.25	0.56	0.01	2.58	1.06	3.60	1.44	5.66	8.56	6.86	0.37	0.38

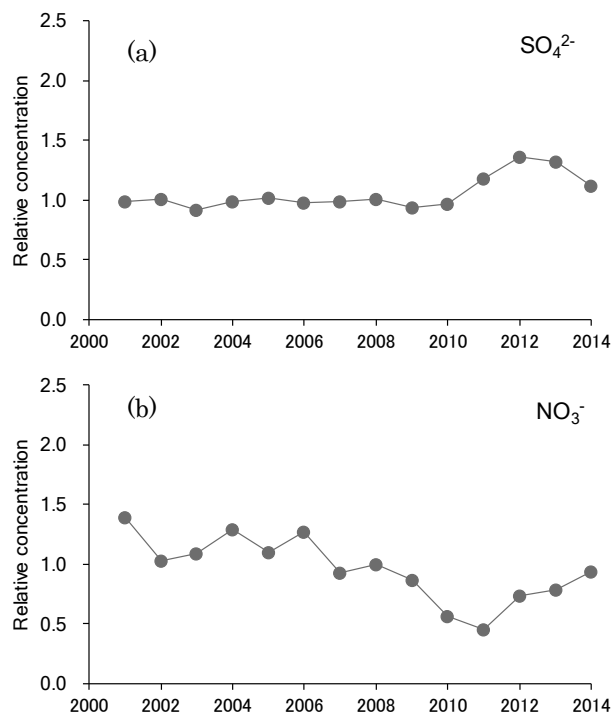


Fig. 3. 渓流水中の硫酸イオン (a) および硝酸イオン (b) の平均濃度の変化傾向。
2001 ~ 2011 年の平均値を 1 としたときの相対値
Trends in SO_4^{2-} (a) and NO_3^- (b) concentrations of streamwater.
Relative change to the average value between 2001 and 2011.

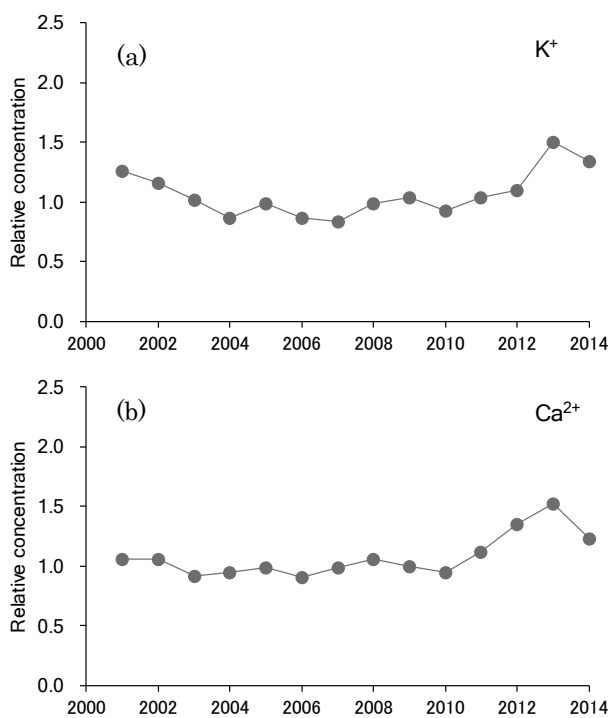


Fig. 4. 渓流水中のカリウムイオン (a) およびカルシウムイオン (b) の平均濃度の変化傾向。
2001 ~ 2011 年の平均値を 1 としたときの相対値
Trends in K^+ (a) and Ca^{2+} (b) concentrations of streamwater.
Relative change to the average value between 2001 and 2011.

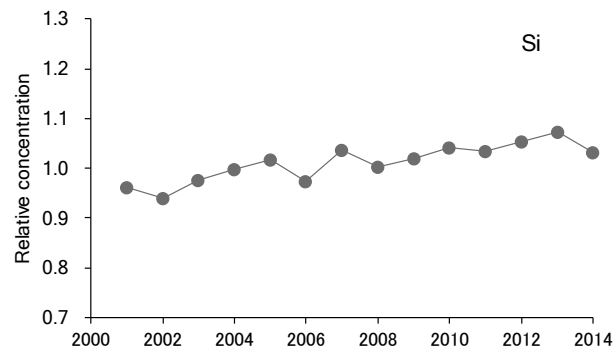


Fig. 5. 溪流水中のケイ素の平均濃度の変化傾向。
2001～2011年の平均値を1としたときの相対値
Trends in Si concentration of streamwater.
Relative change to the average value between 2001 and 2011.

藤田 慎一・速水 洋・高橋 章・光瀬 彦哲・三浦 和彦・出田 智義 (2012) 東京都狛江市における降水組成の経年変化. 環境科学会誌, 25, 26-36.

稲垣 昌宏・池田 重人・金子 真司・高橋 正通 (2008) 森林降水溪流水質データベース (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溪流水中の NO_3^- 濃度の分布. 日本森林学会誌, 86, 275-278.

日本分析化学会北海道支部編 (2005) 水の分析 第5版, 472pp, 化学同人.

野口 享太郎・平井 敬三・高橋 正通・相澤 州平・伊藤 優子・重永 英年・長倉 淳子・稲垣 善之・金子 真司・釣田 竜也・吉永 秀一郎 (2009) 北関東のスギ人工林における地上部炭素・窒素動態に対する間伐の影響. 森林総合研究所研究報告, 8, 205-214.

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溪流水の NO_3^- 濃度分布と東京都心からの距離との関係. 日本森林学会誌, 94, 84-91.

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed.

Sampling date	RF mm	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	nss-Ca ²⁺ mg L ⁻¹	nss-SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2000/6/30	58.4	4.47	2.51	0.19	0.08	0.88	0.12	0.03	0.44	n.d.	2.13	n.d.	2.11	0.11	2.06	0.10	0.09	2.34	5.5	-3.5	
2000/7/7	127.7	4.58	1.92	0.06	0.06	0.68	0.07	0.01	0.21	n.d.	1.89	n.d.	1.39	0.07	1.37	0.07	0.07	1.74	5.0	-4.9	
2000/7/12	171.1	5.52	0.19	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.11	n.d.	0.00	n.d.	0.05	0.00	0.04	0.01	0.00	0.15	16.7	-10.4	
2000/7/18	8.6	4.49	3.21	0.19	0.35	2.21	0.41	0.07	0.46	n.d.	5.00	0.29	2.38	0.40	2.33	0.20	0.14	3.36	16.1	2.3	R1, P
2000/7/25	16.7	4.49	3.06	0.27	0.13	1.01	0.32	0.05	0.66	n.d.	4.10	n.d.	2.61	0.31	2.54	0.12	0.14	2.79	-6.0	-4.6	
2000/7/31	48.5	4.93	0.77	0.09	0.02	0.12	0.06	0.02	0.27	n.d.	0.63	n.d.	0.42	0.06	0.40	0.03	0.03	0.71	1.6	-4.0	
2000/8/8	32.1	4.72	1.16	0.16	0.05	0.31	0.09	0.02	0.42	n.d.	1.20	n.d.	0.67	0.08	0.63	0.05	0.05	1.21	5.6	2.2	
2000/8/15	42.4	4.45	2.49	0.17	0.12	0.81	0.14	0.02	0.41	n.d.	2.80	n.d.	1.54	0.13	1.50	0.10	0.09	2.35	5.5	-2.9	
2000/8/23	1.2	5.87	6.50	2.00	3.86	1.80	1.06	0.90	5.49	n.d.	7.51	n.d.	5.14	0.98	4.64	0.41	0.38	5.56	3.9	-7.8	
2000/9/5	7.6	6.83	4.46	1.05	1.39	5.45	0.20	0.10	1.85	0.09	0.86	0.63	2.84	0.16	2.58	0.40	0.13	3.79	52.5	-8.1	R1, P
2000/9/12	128.4	4.51	2.02	0.18	0.13	0.38	0.08	0.03	0.49	n.d.	0.34	n.d.	2.48	0.07	2.43	0.07	0.07	1.89	-1.1	-3.2	
2000/9/19	40.5	4.63	2.29	0.97	0.08	0.40	0.09	0.11	1.67	n.d.	0.63	n.d.	2.23	0.05	1.99	0.10	0.10	2.09	-0.2	-4.6	
2000/9/27	62.8	4.49	2.70	0.54	0.14	0.52	0.14	0.07	0.95	n.d.	1.02	n.d.	3.18	0.12	3.04	0.10	0.11	2.41	-4.1	-5.6	
2000/10/4	53.7	4.14	4.19	0.13	0.04	0.29	0.06	0.02	0.35	n.d.	1.01	n.d.	4.17	0.06	4.14	0.10	0.11	3.60	-6.5	-7.6	
2000/10/12	3.8	6.86	3.43	1.22	0.79	4.12	0.21	0.18	2.19	n.d.	1.52	1.97	4.31	0.16	4.00	0.33	0.18	3.60	30.0	2.5	R1, P
2000/10/27	56.6	5.18	1.15	0.34	0.09	0.53	0.10	0.05	0.61	n.d.	0.55	n.d.	1.43	0.09	1.34	0.06	0.06	1.02	5.3	-5.9	
2000/11/10	53.0	4.26	3.03	0.19	0.04	0.13	0.06	0.02	0.38	n.d.	1.04	n.d.	2.57	0.05	2.52	0.08	0.08	2.68	-3.4	-6.1	
2000/11/24	68.5	4.25	3.82	1.19	0.08	0.18	0.08	0.14	2.50	n.d.	1.03	n.d.	3.10	0.03	2.80	0.14	0.15	3.57	-5.8	-3.3	
2000/12/27	5.9	4.01	8.30	2.19	0.42	1.37	1.32	0.38	5.04	n.d.	4.32	n.d.	7.64	1.24	7.09	0.38	0.37	7.95	0.7	-2.2	
2001/1/11	41.7	4.90	1.27	0.19	0.05	0.14	0.22	0.05	0.56	n.d.	0.42	n.d.	1.39	0.21	1.34	0.04	0.05	1.04	-6.9	-10.1	
2001/1/24	5.7	5.33	1.32	0.21	0.25	1.39	0.08	0.02	0.48	n.d.	1.69	n.d.	0.62	0.07	0.57	0.10	0.05	1.26	31.4	-2.3	R1
2001/1/31	38.3	5.11	1.01	0.21	0.05	0.05	0.56	0.05	0.27	n.d.	0.50	n.d.	1.01	0.55	0.96	0.05	0.04	0.82	18.1	-10.2	R1
2001/2/8	20.1	4.44	3.20	0.67	0.18	0.47	0.67	0.10	1.05	n.d.	2.34	n.d.	2.97	0.64	2.80	0.14	0.13	2.88	3.1	-5.3	
2001/3/2	40.7	4.84	1.53	0.22	0.06	0.29	0.31	0.05	0.31	n.d.	1.49	n.d.	1.33	0.30	1.27	0.06	0.06	1.26	0.5	-9.9	
2001/3/14	19.6	4.43	3.59	0.99	0.23	0.47	0.85	0.22	2.08	n.d.	2.71	n.d.	3.06	0.81	2.81	0.17	0.17	3.37	1.9	-3.2	
2001/3/21	9.4	3.99	6.28	0.62	0.34	0.38	0.59	0.15	1.71	n.d.	2.45	n.d.	5.54	0.57	5.38	0.20	0.20	5.75	-0.8	-4.4	
2001/3/29	20.2	4.70	2.46	0.69	0.19	0.37	0.71	0.16	1.03	n.d.	2.43	n.d.	2.41	0.68	2.24	0.12	0.12	2.22	2.2	-5.1	
2001/4/11	36.2	4.51	2.27	0.20	0.07	0.49	0.28	0.05	0.36	n.d.	2.16	n.d.	1.99	0.27	1.94	0.09	0.09	2.10	0.0	-3.9	
2001/4/26	17.4	4.43	4.58	0.93	0.32	1.06	1.41	0.24	1.53	n.d.	5.99	n.d.	4.20	1.37	3.97	0.23	0.23	4.24	1.6	-3.9	
2001/5/2	9.2	4.32	3.03	0.11	0.10	0.20	0.41	0.06	0.29	n.d.	0.95	n.d.	3.15	0.41	3.12	0.09	0.09	2.64	1.2	-6.8	
2001/5/10	33.0	4.22	3.20	0.59	0.08	0.38	0.31	0.11	1.14	n.d.	1.62	n.d.	2.74	0.29	2.59	0.13	0.12	3.43	7.1	3.5	
2001/5/17	43.5	4.20	3.03	0.25	0.08	0.42	0.24	0.05	0.46	n.d.	1.78	n.d.	2.81	0.23	2.75	0.11	0.10	3.31	6.8	4.5	
2001/5/25	44.3	4.89	1.10	0.24	0.06	0.28	0.41	0.07	0.43	n.d.	1.00	n.d.	1.28	0.40	1.22	0.07	0.05	1.20	9.5	4.6	R1
2001/5/30	9.5	4.46	4.83	0.43	0.26	2.00	2.05	0.28	1.02	n.d.	6.45	n.d.	7.36	2.03	7.25	0.30	0.29	5.09	1.7	2.7	
2001/6/5	47.7	4.58	1.66	0.36	0.07	0.42	0.23	0.07	0.67	n.d.	1.31	n.d.	1.44	0.22	1.35	0.08	0.07	1.82	9.1	4.5	R1
2001/6/12	39.0	4.04	4.70	0.18	0.15	1.09	0.34	0.06	0.52	n.d.	2.36	n.d.	5.40	0.33	5.35	0.18	0.17	5.11	5.5	4.2	
2001/6/19	68.0	4.40	1.75	0.04	0.03	0.12	0.16	0.03	0.16	n.d.	0.51	n.d.	1.89	0.16	1.88	0.06	0.05	1.92	6.3	4.8	
2001/6/26	3.9	4.09	4.87	0.48	0.13	0.95	0.64	0.13	1.11	n.d.	6.10	n.d.	2.89	0.62	2.77	0.20	0.19	5.03	2.6	1.6	
2001/7/3	9.6	4.12	5.00	0.15	0.17	2.07	0.51	0.08	0.57	n.d.	5.14	n.d.	5.73	0.50	5.69	0.23	0.22	5.42	3.2	4.0	
2001/7/11	26.2	4.31	3.20	0.11	0.07	1.13	0.44	0.06	0.37	n.d.	3.58	n.d.	2.98	0.44	2.95	0.14	0.13	3.36	5.3	2.4	

n.d. は検出限界以下、n.a. はデータなしを示す。P はリン酸の検出、R1、R2 はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。

'n.d.' denotes 'not detected'. 'n.a.' denotes 'not available'. 'P' denotes PO₄³⁻ detection. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻ nss-Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻ nss-SO ₄ ²⁻	T-cation	T-anion	ECcal	R1	R2	QC	
	mm		mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹	mS/m				
2001/7/19	56.4	4.49	1.76	0.09	0.06	0.35	0.30	0.04	0.20	n.d.	1.60	n.d.	1.46	0.30	1.44	0.08	0.06	1.88	9.8	3.3	R1
2001/7/25	40.9	4.45	1.85	0.08	0.05	0.36	0.21	0.03	0.20	n.d.	1.82	n.d.	1.39	0.21	1.37	0.07	0.06	1.97	6.5	3.2	
2001/8/8	2.9	3.67	13.95	0.83	0.50	2.96	1.26	0.22	16.47	n.d.	2.29	n.d.	1.57	1.23	1.36	0.51	0.53	13.50	-2.7	-1.6	
2001/8/15	58.8	3.80	7.78	0.30	0.24	1.36	0.52	0.08	6.57	0.19	2.82	n.d.	4.34	0.51	4.26	0.28	0.32	8.86	-6.1	6.5	
2001/8/24	84.3	4.65	2.94	2.33	0.16	0.37	0.28	0.31	4.08	n.d.	0.43	n.d.	1.89	0.19	1.31	0.19	0.16	2.93	7.5	-0.1	
2001/8/29	17.1	3.71	9.73	0.32	0.11	0.79	0.40	0.09	2.02	n.d.	3.55	n.d.	7.99	0.39	7.91	0.28	0.28	9.56	0.1	-0.9	
2001/9/5	40.6	4.42	2.24	0.33	0.11	0.27	0.13	0.05	2.19	n.d.	0.42	n.d.	1.12	0.12	1.04	0.08	0.09	2.30	-6.6	1.3	
2001/9/13	156.8	4.75	2.58	2.20	0.12	0.16	0.22	0.28	3.87	n.d.	0.31	n.d.	1.61	0.14	1.06	0.16	0.15	2.51	3.8	-1.3	
2001/9/19	32.4	4.96	1.16	0.27	0.12	0.69	0.12	0.06	0.57	n.d.	0.99	n.d.	1.19	0.11	1.12	0.07	0.06	1.24	13.7	3.4	R1
2001/9/27	17.3	4.30	2.54	0.13	0.03	0.21	0.19	0.04	0.36	n.d.	1.85	n.d.	1.68	0.19	1.65	0.08	0.07	2.52	3.6	-0.5	
2001/10/4	63.5	4.58	1.44	0.09	0.03	0.14	0.14	0.03	0.19	n.d.	0.48	n.d.	0.96	0.14	0.94	0.05	0.03	1.31	18.4	-4.4	R1
2001/10/11	149.2	5.20	0.56	0.24	0.03	0.10	0.13	0.06	0.51	n.d.	0.00	n.d.	0.31	0.12	0.25	0.03	0.02	0.55	24.6	-1.2	R1
2001/10/18	33.7	4.55	1.83	0.27	0.10	0.38	0.24	0.06	0.58	n.d.	1.57	n.d.	1.30	0.23	1.23	0.08	0.07	1.84	7.7	0.1	
2001/10/25	32.5	4.56	1.59	0.08	0.03	0.08	0.26	0.06	0.40	n.d.	0.40	n.d.	1.70	0.26	1.68	0.05	0.05	1.54	0.7	-1.7	
2001/11/1	14.1	4.17	4.51	1.35	0.47	0.53	0.25	0.17	2.72	n.d.	1.43	n.d.	4.25	0.20	3.91	0.19	0.19	4.57	1.4	0.7	
2001/11/8	41.4	4.39	3.34	1.81	0.08	0.22	0.30	0.25	3.44	n.d.	0.79	n.d.	2.63	0.23	2.18	0.17	0.16	3.39	1.3	0.8	
2001/11/15	49.3	4.69	1.11	0.11	0.03	0.02	0.22	0.04	0.29	n.d.	0.46	n.d.	0.95	0.22	0.92	0.04	0.04	1.11	7.6	-0.1	
2001/12/4	3.6	4.36	4.29	0.55	0.27	1.01	1.48	0.28	2.21	n.d.	4.12	n.d.	3.97	1.46	3.83	0.23	0.21	4.28	3.6	-0.1	
2001/12/13	8.7	4.45	2.52	0.18	0.07	0.30	0.50	0.10	0.45	n.d.	2.75	n.d.	1.66	0.49	1.61	0.09	0.09	2.30	1.6	-4.6	
2001/12/20	6.4	5.21	0.55	0.04	0.02	0.14	0.34	0.06	0.43	n.d.	0.58	n.d.	0.29	0.34	0.28	0.04	0.03	0.62	16.0	6.5	R1
2001/12/27	9.6	4.58	2.00	0.27	0.04	0.26	0.51	0.09	0.83	n.d.	2.19	n.d.	1.16	0.50	1.09	0.09	0.08	1.91	1.9	-2.4	
2002/1/8	1.0	4.31	7.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.d.	0.00	n.d.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	
2002/1/23	40.5	5.20	4.22	4.87	0.25	0.27	0.60	0.61	8.56	n.d.	0.66	n.d.	2.13	0.41	0.91	0.32	0.30	4.16	3.8	-0.7	
2002/1/30	76.4	5.11	0.76	0.40	0.02	0.03	0.20	0.10	0.76	n.d.	0.11	n.d.	0.45	0.18	0.35	0.05	0.03	0.73	16.5	-2.1	R1
2002/2/6	26.4	4.76	1.15	0.08	0.00	0.08	0.50	0.09	0.14	n.d.	0.76	n.d.	0.81	0.50	0.79	0.06	0.03	1.10	27.0	-2.3	R1
2002/2/20	1.2	4.38	7.27	0.89	0.34	3.36	2.60	0.36	3.02	n.d.	13.10	n.d.	7.66	2.57	7.44	0.43	0.46	7.45	-2.4	1.3	
2002/3/1	2.8	4.23	5.38	0.95	1.24	0.02	1.80	0.44	1.90	n.d.	8.43	n.d.	2.70	1.76	2.46	0.26	0.25	5.07	2.5	-3.0	
2002/3/6	2.8	3.95	8.99	0.72	1.77	1.09	2.20	0.74	2.65	n.d.	11.05	n.d.	6.62	2.17	6.44	0.42	0.39	8.79	3.5	-1.2	
2002/3/13	0.8	4.25	5.98	0.42	0.46	2.33	1.70	0.44	2.01	n.d.	10.72	n.d.	4.15	1.68	4.04	0.34	0.32	6.15	3.1	1.4	
2002/3/20	5.4	6.54	11.56	3.98	0.87	3.33	9.20	0.93	7.77	0.07	16.55	n.d.	14.27	9.05	13.27	0.92	0.78	11.51	7.8	-0.2	
2002/3/27	13.7	5.76	2.20	0.52	0.31	0.04	2.40	0.31	1.21	n.d.	2.51	n.d.	2.84	2.38	2.71	0.18	0.13	2.12	14.7	-1.8	R1
2002/4/5	70.3	4.66	2.68	1.60	0.15	0.39	0.40	0.23	2.84	n.d.	0.79	n.d.	2.36	0.34	1.96	0.16	0.14	2.62	4.6	-1.2	
2002/4/11	10.5	4.25	6.70	1.20	0.26	2.05	2.00	0.39	2.32	n.d.	6.71	n.d.	7.71	1.95	7.41	0.36	0.33	6.44	3.7	-2.0	
2002/4/17	12.6	4.75	1.87	0.33	0.12	0.55	0.90	0.15	0.76	n.d.	2.33	n.d.	2.25	0.89	2.17	0.12	0.11	2.08	7.4	5.4	
2002/4/24	26.5	4.79	1.23	0.34	0.06	0.15	0.60	0.07	0.64	n.d.	0.58	n.d.	0.48	0.59	0.39	0.08	0.04	1.21	34.3	-0.9	R1
2002/5/1	6.8	4.83	2.34	0.87	0.16	0.44	1.10	0.20	1.82	n.d.	2.69	n.d.	2.48	1.07	2.26	0.15	0.15	2.45	2.0	2.2	
2002/5/8	26.7	4.24	3.05	0.35	0.21	0.21	0.30	0.06	0.84	n.d.	1.03	n.d.	3.83	0.29	3.74	0.11	0.12	3.27	-4.7	3.4	
2002/5/15	37.4	4.89	0.81	0.17	0.04	0.10	0.30	0.03	0.28	n.d.	0.50	n.d.	0.88	0.29	0.84	0.04	0.03	0.90	12.6	5.4	
2002/5/22	33.1	4.44	2.05	0.28	0.05	0.21	0.20	0.05	0.62	n.d.	1.00	n.d.	1.41	0.19	1.34	0.08	0.06	1.99	8.9	-1.5	R1
2002/5/29	12.9	4.31	4.04	0.13	0.16	1.34	0.80	0.11	0.78	n.d.	3.22	n.d.	4.78	0.80	4.75	0.18	0.17	3.94	2.3	-1.3	

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	T-cation	T-anion	ECcal	R1	R2	QC
	mm		mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹	mS/m			
2002/6/5	8.3	3.99	6.72	0.33	0.23	1.79	1.10	0.14	1.31	n.d.	5.23	n.d.	6.88	1.09	6.80	0.29	0.26	6.84	4.1	0.9	
2002/6/12	10.0	4.38	4.91	1.06	0.29	1.88	1.40	0.41	2.17	n.d.	4.69	n.d.	5.96	1.36	5.69	0.30	0.26	5.11	7.4	2.0	
2002/6/19	63.9	4.49	1.81	0.03	0.03	0.28	0.40	0.03	0.22	n.d.	1.25	n.d.	1.76	0.40	1.75	0.07	0.06	1.88	6.7	1.8	
2002/6/26	30.1	4.35	2.97	0.30	0.07	0.66	0.30	0.05	0.64	n.d.	1.37	n.d.	3.05	0.29	2.97	0.11	0.10	2.82	5.1	-2.5	
2002/7/3	20.6	4.08	4.38	0.28	0.06	0.36	0.30	0.03	0.78	n.d.	1.79	n.d.	3.43	0.29	3.36	0.13	0.12	4.18	4.4	-2.4	
2002/7/10	69.1	4.52	1.71	0.57	0.03	0.31	0.30	0.02	1.27	n.d.	0.99	n.d.	1.13	0.28	0.99	0.09	0.08	1.99	8.5	7.5 R1	
2002/7/17	153.5	5.25	0.73	0.33	0.04	0.23	0.30	0.07	0.63	n.d.	0.26	n.d.	0.66	0.29	0.58	0.05	0.04	0.77	20.8	2.4 R1	
2002/7/23	3.2	6.13	1.70	0.57	0.20	1.01	0.70	0.15	1.47	n.d.	1.23	n.d.	1.61	0.68	1.47	0.13	0.09	1.60	17.1	-3.0 R1	
2002/7/31	4.0	6.05	2.17	1.43	0.23	0.77	0.90	0.33	2.89	n.d.	0.76	n.d.	1.91	0.85	1.55	0.18	0.13	2.14	15.8	-0.7 R1	
2002/8/6	26.7	4.31	3.10	0.05	0.05	0.67	0.50	0.05	0.30	n.d.	2.63	n.d.	2.47	0.50	2.46	0.12	0.10	2.96	7.2	-2.4	
2002/8/19	13.2	5.63	1.37	0.58	0.25	0.28	0.70	0.17	1.25	n.d.	0.85	n.d.	1.34	0.68	1.19	0.10	0.08	1.24	12.3	-4.9 R1	
2002/8/28	34.1	4.20	3.19	0.42	0.07	0.20	0.20	0.06	1.00	n.d.	0.78	n.d.	3.09	0.18	2.98	0.11	0.11	3.30	1.7	1.7	
2002/9/10	123.4	5.38	0.84	0.13	0.11	0.58	0.20	0.04	0.29	n.d.	0.45	n.d.	0.90	0.20	0.87	0.06	0.03	0.77	25.9	-4.2 R1	
2002/9/17	61.9	4.39	2.54	0.11	0.05	0.37	0.40	0.05	0.34	n.d.	2.16	n.d.	1.99	0.40	1.96	0.09	0.09	2.40	2.9	-2.8	
2002/9/25	12.6	4.47	2.41	0.24	0.12	0.63	0.50	0.08	0.89	n.d.	1.99	n.d.	2.08	0.49	2.02	0.11	0.10	2.47	6.1	1.2	
2002/9/30	39.3	5.29	0.68	0.11	0.05	0.23	0.20	0.05	0.26	n.d.	0.26	n.d.	0.45	0.20	0.42	0.04	0.02	0.55	29.0	-10.7 R1	
2002/10/2	77.8	5.08	5.89	8.05	0.32	0.06	1.00	0.88	13.11	n.d.	0.00	n.d.	2.14	0.69	0.12	0.49	0.41	5.99	8.6	0.9 R1	
2002/10/8	15.7	4.68	2.77	0.50	0.20	1.51	0.70	0.14	1.42	n.d.	2.03	n.d.	3.15	0.68	3.02	0.18	0.14	2.83	12.5	1.0 R1	
2002/10/15	8.5	4.25	3.37	0.62	0.05	0.34	0.60	0.12	1.05	n.d.	2.94	n.d.	2.39	0.58	2.23	0.14	0.13	3.44	5.9	1.1	
2002/10/22	47.7	4.80	0.94	0.10	0.03	0.20	0.20	0.03	0.36	n.d.	0.64	n.d.	0.61	0.20	0.58	0.04	0.03	0.99	14.4	2.5	
2002/10/29	11.3	4.59	2.04	0.77	0.07	0.23	0.60	0.16	1.37	n.d.	1.83	n.d.	1.28	0.57	1.09	0.12	0.09	2.14	10.3	2.4 R1	
2002/11/5	2.0	5.48	1.39	0.37	0.12	0.56	0.80	0.19	1.03	n.d.	1.79	n.d.	0.90	0.79	0.81	0.11	0.08	1.35	17.4	-1.6 R1	
2002/11/12	3.4	4.34	4.58	0.57	0.51	1.76	1.00	0.19	1.46	n.d.	6.47	n.d.	3.38	0.98	3.24	0.25	0.22	4.54	6.6	-0.4	
2002/11/19	0.2	0.00	0.00	2.29	0.47	3.14	4.90	1.21	9.73	n.d.	8.89	n.d.	6.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
2002/11/27	32.3	5.77	1.15	0.79	0.26	0.19	0.50	0.14	1.53	n.d.	0.56	n.d.	0.93	0.47	0.73	0.09	0.07	1.12	11.3	-1.4 R1	
2002/12/3	3.2	5.97	7.69	0.93	12.48	5.70	1.50	0.49	3.27	2.73	2.39	4.59	4.92	1.46	4.69	0.79	0.23	7.37	54.5	-2.1 R1, P	
2002/12/11	47.9	5.44	0.70	0.14	0.16	0.24	0.40	0.07	0.38	n.d.	0.53	n.d.	0.58	0.39	0.54	0.05	0.03	0.67	25.5	-1.8 R1	
2002/12/17	5.2	5.70	1.01	0.69	0.06	0.21	0.50	0.22	0.66	n.d.	0.93	n.d.	0.87	0.47	0.70	0.09	0.05	0.96	26.1	-2.7 R1	
2002/12/25	14.7	4.83	1.29	0.41	0.03	0.12	0.70	0.13	0.79	n.d.	0.90	n.d.	0.99	0.68	0.89	0.09	0.06	1.37	19.7	2.9 R1	
2003/1/7	21.7	5.28	0.51	0.13	0.05	0.19	0.57	0.22	0.26	n.d.	0.28	n.d.	0.52	0.57	0.49	0.07	0.02	0.74	50.6	18.4 R1, R2	
2003/1/23	19.6	5.04	2.14	0.36	1.63	0.76	0.71	0.11	0.98	n.d.	2.63	0.50	2.03	0.70	1.94	0.15	0.11	2.13	15.3	-0.3 R1, P	
2003/1/29	36.5	4.60	1.45	0.13	0.04	0.00	0.38	0.13	0.36	n.d.	1.04	n.d.	1.27	0.38	1.24	0.06	0.05	1.49	6.9	1.5	
2003/2/14	17.8	4.15	3.87	0.35	0.26	0.47	0.71	0.09	0.98	n.d.	3.77	n.d.	2.60	0.70	2.51	0.16	0.14	4.12	6.1	3.2	
2003/2/19	9.7	4.47	2.07	0.21	0.04	0.36	0.43	0.06	0.79	n.d.	2.14	n.d.	1.47	0.42	1.42	0.09	0.09	2.20	1.5	3.1	
2003/2/26	13.5	4.79	1.53	0.50	0.07	0.18	0.67	0.11	1.18	n.d.	1.14	n.d.	0.93	0.65	0.80	0.09	0.07	1.55	12.9	0.7 R1	
2003/3/4	65.2	4.84	1.29	0.37	0.03	0.10	0.43	0.10	0.82	n.d.	0.37	n.d.	0.95	0.42	0.86	0.07	0.05	1.18	15.2	-4.4 R1	
2003/3/11	57.2	4.91	0.92	0.15	0.05	0.15	0.56	0.12	0.32	n.d.	0.35	n.d.	0.78	0.55	0.74	0.07	0.03	0.99	36.3	3.8 R1	
2003/3/19	16.1	4.65	1.52	0.08	0.09	0.18	0.53	0.10	0.23	n.d.	1.52	n.d.	1.66	0.53	1.64	0.07	0.07	1.59	5.1	2.4	
2003/3/25	3.7	4.61	2.46	0.35	0.63	0.04	1.09	0.26	1.03	n.d.	2.86	n.d.	1.94	1.08	1.85	0.13	0.12	2.38	7.3	-1.6	
2003/4/2	16.1	4.88	1.88	0.55	0.25	0.33	1.01	0.16	1.25	n.d.	1.47	n.d.	2.25	0.99	2.11	0.13	0.11	1.95	8.4	1.8 R1	

Appendix I. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF mm	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	nss-SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2003/4/8	68.5	5.03	0.74	0.15	0.03	0.00	0.20	0.07	0.39	n.d.	0.30	n.d.	0.47	0.19	0.43	0.03	0.03	0.65	11.5	-6.3	
2003/4/16	34.4	5.24	1.61	0.62	0.06	0.32	0.86	0.22	1.29	n.d.	1.33	n.d.	1.98	0.84	1.82	0.11	0.10	1.59	6.6	-0.6	
2003/4/22	2.8	3.84	9.25	0.63	0.23	2.31	1.05	0.20	1.60	n.d.	10.02	n.d.	5.86	1.03	5.70	0.37	0.33	9.05	6.4	-1.1	
2003/4/30	30.5	4.50	3.50	0.76	0.13	0.93	1.03	0.22	1.78	n.d.	3.37	n.d.	3.33	1.00	3.14	0.19	0.17	3.40	4.1	-1.4	
2003/5/14	14.9	5.69	2.47	1.33	0.16	0.62	0.84	0.24	2.57	n.d.	1.84	n.d.	2.32	0.79	1.99	0.16	0.15	2.15	3.1	-6.9	
2003/5/21	49.2	4.47	2.25	0.12	0.03	0.61	0.34	0.06	0.33	n.d.	2.25	n.d.	2.14	0.34	2.11	0.10	0.09	2.28	2.8	0.7	
2003/5/28	0.7	6.25	9.60	5.51	0.79	3.35	3.76	1.47	11.91	n.d.	9.72	n.d.	9.59	3.55	8.21	0.75	0.69	9.78	4.3	0.9	
2003/6/3	66.6	4.44	2.34	0.38	0.03	0.38	0.36	0.09	0.88	n.d.	0.89	n.d.	2.42	0.35	2.32	0.10	0.09	2.35	5.4	0.3	
2003/6/10	3.5	4.10	4.37	0.14	0.04	0.24	0.95	0.17	0.79	n.d.	3.01	n.d.	3.36	0.94	3.32	0.16	0.14	4.35	6.6	-0.2	
2003/6/18	21.3	4.06	5.12	0.23	0.07	1.00	0.51	0.18	0.78	n.d.	4.69	n.d.	3.81	0.50	3.75	0.19	0.18	5.09	4.6	-0.3	
2003/6/25	28.7	4.23	3.92	0.64	0.11	0.69	0.30	0.14	1.33	n.d.	1.65	n.d.	4.39	0.28	4.23	0.15	0.16	3.86	-0.6	-0.8	
2003/6/27	48.8	4.61	1.22	0.08	0.01	0.00	0.08	0.03	0.17	n.d.	0.43	n.d.	1.20	0.08	1.18	0.03	0.04	1.20	-3.0	-0.8	
2003/7/3	10.0	4.21	4.67	0.24	0.18	1.90	1.25	0.27	1.04	n.d.	5.96	n.d.	6.01	1.24	5.95	0.27	0.25	5.42	3.0	7.4	
2003/7/9	72.5	4.38	2.16	0.12	0.03	0.25	0.16	0.05	0.31	n.d.	0.99	n.d.	2.35	0.16	2.32	0.07	0.07	2.23	-0.2	1.7	
2003/7/11	11.5	3.76	8.74	0.40	0.06	1.34	0.44	0.10	1.78	n.d.	3.68	n.d.	8.02	0.42	7.92	0.30	0.28	9.04	3.4	1.7	
2003/7/17	14.5	4.40	2.24	0.06	0.03	0.32	0.47	0.00	0.42	n.d.	2.38	n.d.	1.84	0.47	1.82	0.08	0.09	2.35	-2.6	2.5	
2003/7/23	15.2	4.07	5.55	0.52	0.07	0.91	1.01	0.21	1.29	n.d.	3.69	n.d.	4.99	0.99	4.86	0.23	0.20	5.40	6.4	-1.4	
2003/7/29	27.0	4.46	1.97	0.11	0.03	0.07	0.43	0.06	0.40	n.d.	1.02	n.d.	1.80	0.43	1.77	0.07	0.07	1.93	3.7	-1.1	
2003/8/6	32.3	4.54	2.12	0.17	0.06	0.40	0.41	0.14	0.54	n.d.	1.27	n.d.	2.39	0.40	2.35	0.09	0.09	2.06	3.5	-1.3	
2003/8/10	45.8	5.08	1.78	1.18	0.08	0.29	0.54	0.20	2.32	n.d.	0.33	n.d.	1.57	0.50	1.27	0.12	0.10	1.73	7.9	-1.5	
2003/8/19	115.4	4.86	0.87	0.03	0.01	0.01	0.55	0.10	0.11	n.d.	0.53	n.d.	0.61	0.55	0.60	0.05	0.02	0.89	35.8	1.1	R1
2003/8/28	18.0	4.27	3.49	0.12	0.10	0.68	1.03	0.23	0.60	n.d.	5.72	n.d.	2.13	1.03	2.10	0.17	0.15	3.75	4.8	3.6	
2003/9/2	2.5	3.79	14.16	1.71	0.72	5.72	1.88	0.61	3.63	n.d.	18.18	0.55	12.38	1.82	11.95	0.71	0.65	14.28	4.5	0.4	P
2003/9/9	14.8	6.13	1.97	0.23	0.41	1.89	0.42	0.11	0.49	0.07	2.28	n.d.	2.76	0.41	2.70	0.16	0.11	1.92	18.2	-1.2	R1
2003/9/16	1.2	5.76	7.36	1.84	1.87	4.31	2.93	0.75	3.99	0.07	13.75	0.99	8.28	2.86	7.82	0.58	0.51	7.60	6.4	1.6	P
2003/9/24	75.1	5.41	0.73	0.15	0.13	0.22	0.37	0.13	0.27	n.d.	0.66	n.d.	0.89	0.36	0.85	0.06	0.04	0.73	19.9	0.2	R1
2003/9/30	14.3	4.64	1.53	0.20	0.09	0.14	0.50	0.15	0.65	n.d.	0.71	n.d.	1.58	0.49	1.53	0.08	0.06	1.62	11.4	2.8	R1
2003/10/7	1.8	6.88	4.10	1.23	1.01	3.27	0.66	0.34	3.05	0.08	5.17	0.70	3.30	0.61	2.99	0.32	0.24	3.94	14.9	-2.0	R1, P
2003/10/15	41.7	5.90	0.83	0.22	0.13	0.41	0.35	0.13	0.41	n.d.	0.36	n.d.	0.72	0.34	0.66	0.07	0.03	0.69	33.5	-8.9	R1
2003/10/28	64.8	4.67	1.65	0.46	0.04	0.02	0.32	0.15	0.95	n.d.	0.64	n.d.	1.34	0.30	1.22	0.07	0.07	1.53	4.9	-3.9	
2003/11/11	44.6	4.72	1.53	0.22	0.06	0.00	0.47	0.10	0.50	n.d.	1.07	n.d.	1.12	0.46	1.06	0.06	0.05	1.33	6.0	-7.1	
2003/11/18	5.4	4.50	2.16	0.31	0.06	0.07	0.53	0.12	0.78	n.d.	1.92	n.d.	1.38	0.52	1.30	0.09	0.08	2.04	2.9	-2.8	
2003/11/26	65.9	4.75	1.62	0.81	0.03	0.00	0.27	0.22	1.77	n.d.	0.62	n.d.	0.99	0.24	0.79	0.09	0.08	1.60	2.8	-0.7	
2003/12/2	75.2	4.74	1.07	0.16	0.00	0.00	0.09	0.07	0.29	n.d.	0.28	n.d.	0.77	0.08	0.73	0.04	0.03	0.95	10.2	-5.9	
2003/12/16	21.2	4.65	1.55	0.37	0.05	0.03	0.73	0.26	0.58	n.d.	1.12	n.d.	1.31	0.72	1.22	0.10	0.06	1.69	23.2	4.3	R1
2003/12/25	1.7	5.60	3.17	2.31	0.34	0.43	1.58	0.62	4.25	n.d.	2.00	n.d.	3.08	1.49	2.50	0.27	0.22	3.23	10.2	1.0	R1
2004/1/7	16.6	4.52	2.14	0.26	0.07	0.13	0.54	0.28	0.62	n.d.	3.02	n.d.	1.17	0.53	1.10	0.10	0.09	2.14	5.1	0.0	
2004/1/14	4.7	5.11	1.45	0.61	0.35	0.19	0.87	0.46	0.83	1.26	1.38	0.50	1.67	0.85	1.52	0.13	0.08	1.62	25.3	5.7	R1, P
2004/1/21	6.4	4.85	2.39	0.55	0.69	0.80	1.00	0.38	1.32	n.d.	1.56	n.d.	3.31	0.98	3.17	0.18	0.13	2.55	15.9	3.2	R1
2004/2/3	7.6	4.16	4.27	0.57	0.10	0.27	0.73	0.38	1.61	n.d.	2.49	n.d.	3.86	0.71	3.72	0.18	0.17	4.33	3.7	0.7	

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	T-cation	T-anion	ECal	R1	R2	QC
	mm		mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹	mS/m			
2004/2/10	6.1	4.02	6.57	1.25	0.14	0.95	0.94	0.66	2.67	n.d.	5.11	n.d.	5.96	0.89	5.65	0.31	0.28	6.75	4.2	1.4	
2004/2/17	0.7	4.58	7.90	2.28	0.41	2.16	4.25	0.92	3.88	n.d.	8.90	n.d.	11.79	4.16	11.22	0.54	0.50	7.87	4.3	-0.2	
2004/2/25	4.6	6.35	1.26	0.57	0.46	0.05	0.87	0.37	0.92	n.d.	1.14	n.d.	1.13	0.85	0.99	0.11	0.07	1.19	25.2	-3.0	R1
2004/3/17	0.4	5.84	14.46	6.90	1.19	3.40	8.22	1.95	13.40	0.08	18.95	n.d.	20.09	7.96	18.36	1.09	1.10	14.89	-0.5	1.5	
2004/3/24	45.2	5.54	1.33	0.57	0.07	0.22	0.96	0.30	1.23	n.d.	1.17	n.d.	1.34	0.94	1.20	0.11	0.08	1.37	16.7	1.4	R1
2004/3/30	5.1	4.61	1.92	0.24	0.08	0.20	0.69	0.30	0.63	n.d.	2.38	n.d.	1.85	0.68	1.79	0.11	0.09	2.06	6.1	3.6	
2004/4/6	105.7	4.71	1.64	0.34	0.08	0.14	0.52	0.23	0.70	n.d.	0.92	n.d.	2.04	0.51	1.95	0.09	0.08	1.68	7.1	1.2	
2004/4/13	3.4	4.02	7.84	0.66	0.24	2.11	1.82	0.67	1.01	n.d.	12.80	n.d.	6.33	1.79	6.16	0.39	0.37	7.97	3.4	0.8	
2004/4/20	17.0	4.40	3.89	1.22	0.12	0.47	1.23	0.50	2.38	n.d.	2.37	n.d.	4.75	1.18	4.44	0.22	0.20	4.04	4.7	1.8	
2004/4/28	38.1	4.33	3.71	1.16	0.12	0.23	0.74	0.34	2.32	n.d.	1.92	n.d.	3.31	0.70	3.02	0.18	0.17	3.65	3.6	-0.9	
2004/5/6	16.8	4.99	2.22	1.08	0.12	0.66	0.73	0.30	1.99	n.d.	2.48	n.d.	2.57	0.69	2.30	0.16	0.15	2.38	2.7	3.4	
2004/5/12	30.8	4.71	1.33	0.25	0.04	0.13	0.30	0.11	0.42	n.d.	1.03	n.d.	1.32	0.29	1.26	0.06	0.06	1.36	5.5	1.2	
2004/5/18	58.7	4.84	0.99	0.23	0.04	0.12	0.21	0.08	0.21	n.d.	0.87	n.d.	0.94	0.20	0.88	0.05	0.04	1.01	10.8	1.1	
2004/5/25	96.7	4.74	1.32	0.19	0.04	0.17	0.28	0.10	0.27	n.d.	1.07	n.d.	1.35	0.27	1.30	0.06	0.05	1.29	5.3	-1.2	
2004/6/1	29.6	5.24	0.87	0.33	0.09	0.02	0.57	0.27	0.31	n.d.	0.96	n.d.	0.90	0.56	0.82	0.07	0.04	0.91	26.6	2.5	R1
2004/6/8	9.4	4.50	2.72	0.35	0.09	0.75	0.54	0.20	1.13	n.d.	2.07	n.d.	2.78	0.53	2.69	0.13	0.12	2.70	4.2	-0.4	
2004/6/15	38.5	4.35	2.58	0.15	0.04	0.29	0.32	0.11	0.31	n.d.	2.06	n.d.	2.29	0.31	2.25	0.09	0.09	2.55	1.8	-0.6	
2004/6/22	15.6	4.92	2.12	1.04	0.10	0.51	0.47	0.20	2.58	n.d.	0.81	n.d.	2.43	0.43	2.17	0.13	0.14	2.16	-3.2	0.8	
2004/6/29	37.9	4.28	3.46	0.37	0.07	0.69	0.38	0.14	0.50	n.d.	3.86	n.d.	2.80	0.37	2.71	0.14	0.13	3.40	1.5	-0.8	
2004/7/13	35.6	4.86	1.20	0.19	0.16	0.02	0.67	0.09	0.25	n.d.	1.09	n.d.	1.21	0.66	1.16	0.07	0.05	1.18	15.4	-0.7	R1
2004/7/20	35.6	4.16	3.98	0.17	0.08	0.85	0.47	0.28	0.53	n.d.	5.36	n.d.	2.57	0.46	2.53	0.17	0.15	4.24	5.1	3.2	
2004/7/27	9.5	4.41	4.28	0.34	0.15	1.66	1.04	0.37	0.91	n.d.	5.89	n.d.	4.88	1.03	4.79	0.23	0.22	4.30	2.1	0.2	
2004/8/3	30.9	5.43	1.40	1.40	0.08	0.18	0.50	0.26	2.68	n.d.	0.21	n.d.	0.71	0.45	0.36	0.12	0.09	1.51	13.5	3.6	R1
2004/8/10	28.0	4.37	2.57	0.18	0.13	0.10	0.64	0.11	0.38	n.d.	1.19	n.d.	2.86	0.63	2.81	0.10	0.09	2.53	5.6	-0.8	
2004/8/17	28.5	4.17	4.12	0.22	0.06	0.41	0.59	0.27	0.36	n.d.	3.52	n.d.	3.15	0.58	3.09	0.15	0.13	3.89	7.0	-2.8	
2004/8/24	17.1	4.18	4.01	0.47	0.09	0.26	0.48	0.33	1.16	n.d.	2.85	n.d.	3.43	0.46	3.31	0.15	0.15	3.97	1.2	-0.5	
2004/8/31	45.6	4.45	2.89	0.59	0.09	0.40	0.45	0.22	1.42	n.d.	1.02	n.d.	2.79	0.43	2.64	0.13	0.11	2.67	4.7	-4.0	
2004/9/6	22.6	4.21	4.44	0.45	0.17	0.50	0.45	0.29	1.15	n.d.	3.60	n.d.	3.86	0.43	3.75	0.16	0.17	4.06	-3.6	-4.5	
2004/9/14	1.2	3.75	16.23	3.79	0.99	4.43	2.87	2.27	5.63	n.d.	10.94	n.d.	25.76	2.73	24.81	0.94	0.87	17.65	3.9	4.2	
2004/9/28	38.5	4.26	3.08	0.22	0.07	0.15	0.27	0.16	0.61	n.d.	1.99	0.55	2.46	0.26	2.40	0.10	0.10	2.97	0.2	-1.9	P
2004/10/5	111.4	4.60	1.68	0.38	0.03	0.09	0.29	0.12	0.80	0.07	0.57	n.d.	1.53	0.28	1.43	0.07	0.06	1.64	5.9	-1.3	
2004/10/9	124.7	5.46	0.25	0.05	0.05	0.04	0.07	0.03	0.08	0.07	0.08	0.99	0.15	0.07	0.14	0.02	0.01	0.24	38.6	-1.4	R1,P
2004/10/12	57.1	5.33	0.39	0.05	0.03	0.02	0.12	0.05	0.07	n.d.	0.00	n.d.	0.39	0.12	0.38	0.02	0.01	0.33	30.1	-8.9	R1
2004/10/19	21.4	4.43	2.37	0.22	0.03	0.26	0.27	0.12	0.56	n.d.	2.52	n.d.	1.12	0.26	1.06	0.08	0.08	2.19	3.2	-4.0	
2004/10/26	213.0	5.08	0.60	0.24	0.10	0.03	0.21	0.07	0.49	0.08	0.18	0.70	0.44	0.20	0.38	0.04	0.03	0.67	20.4	5.3	R1,P
2004/11/2	68.3	5.57	0.92	0.35	0.07	0.24	0.64	0.09	0.94	n.d.	0.37	n.d.	0.91	0.63	0.82	0.07	0.05	0.91	16.9	-0.6	R1
2004/11/9	15.1	4.40	2.38	0.23	0.05	0.03	0.23	0.12	0.58	n.d.	1.39	n.d.	1.91	0.22	1.85	0.07	0.08	2.19	-3.1	-4.2	
2004/11/18	39.7	4.53	2.33	0.40	0.14	0.21	0.76	0.21	0.83	n.d.	1.06	n.d.	3.52	0.74	3.42	0.12	0.11	2.44	1.4	2.2	
2004/11/24	33.8	4.67	1.23	0.17	0.04	0.05	0.28	0.08	0.51	n.d.	0.66	n.d.	0.90	0.27	0.86	0.05	0.04	1.27	9.5	1.5	
2004/12/7	32.7	4.87	1.02	0.22	0.04	0.10	0.28	0.09	0.63	n.d.	0.91	n.d.	0.74	0.27	0.68	0.05	0.05	1.05	3.1	1.7	

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF mm	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ -nss-Ca ²⁺ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ -nss-SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2004/12/14	2.1	4.62	2.74	0.83	0.11	0.63	0.71	0.24	2.22	n.d.	1.98	n.d.	2.72	0.68	2.51	0.15	0.15	2.77	0.5	0.6	
2005/1/5	37.6	4.84	1.10	0.30	0.11	0.03	0.43	0.23	0.74	n.d.	0.99	n.d.	0.86	0.42	0.78	0.07	0.07	1.31	0.9	-9.0	
2005/1/12	2.6	4.56	2.77	0.71	0.09	0.00	0.90	0.65	2.78	n.d.	2.11	n.d.	2.43	0.87	2.25	0.16	0.16	2.93	-0.7	-2.8	
2005/1/18	71.1	5.21	0.62	0.24	0.04	0.00	0.25	0.18	0.78	n.d.	0.09	n.d.	0.43	0.24	0.37	0.04	0.05	0.76	-5.9	-10.0	
2005/2/1	4.0	4.29	4.74	1.18	0.09	0.26	1.10	0.72	3.26	n.d.	5.89	n.d.	3.76	1.05	3.46	0.24	0.27	4.81	-5.3	-0.7	
2005/2/8	4.1	4.24	4.50	0.94	0.46	0.74	0.87	0.49	2.26	n.d.	4.74	n.d.	4.62	0.83	4.38	0.24	0.24	4.86	0.8	-3.9	
2005/2/16	14.9	4.77	1.59	0.43	0.11	0.14	0.41	0.21	0.96	n.d.	1.25	n.d.	1.75	0.39	1.65	0.08	0.08	1.62	0.4	-0.7	
2005/2/22	26.5	4.84	1.29	0.31	0.05	0.11	0.31	0.16	0.86	n.d.	1.03	n.d.	1.17	0.30	1.10	0.06	0.07	1.29	-0.5	0.2	
2005/3/1	13.7	5.27	1.43	0.40	0.07	0.12	0.96	0.26	0.62	n.d.	1.29	n.d.	2.45	0.95	2.35	0.10	0.10	1.49	-1.5	-2.1	
2005/3/8	24.7	4.84	1.27	0.29	0.08	0.05	0.37	0.16	0.66	n.d.	1.50	n.d.	0.91	0.36	0.83	0.06	0.07	1.28	-1.9	-0.2	
2005/3/15	8.8	5.19	0.86	0.20	0.08	0.16	0.26	0.06	0.41	n.d.	1.11	n.d.	0.52	0.25	0.47	0.04	0.05	0.80	-6.4	4.0	
2005/3/22	1.2	4.17	6.27	0.72	0.65	0.42	2.50	0.44	1.49	n.d.	6.39	n.d.	7.67	2.47	7.49	0.31	0.30	6.07	0.6	1.6	
2005/3/31	55.2	4.41	2.89	0.42	0.18	0.46	0.17	0.08	0.91	n.d.	1.89	n.d.	3.06	0.15	2.95	0.10	0.12	2.67	-7.9	4.0	
2005/4/5	7.6	4.03	7.51	0.33	0.39	2.13	1.26	0.21	1.40	n.d.	6.16	n.d.	8.88	1.25	8.80	0.32	0.32	7.21	-0.2	2.0	
2005/4/12	4.3	4.55	5.12	1.51	2.22	0.04	1.87	0.73	3.41	0.29	2.90	n.d.	6.10	1.82	5.72	0.31	0.28	4.70	6.1	4.2	
2005/4/19	9.9	4.28	3.63	0.26	0.07	0.80	0.49	0.08	1.75	n.d.	0.99	n.d.	3.46	0.48	3.39	0.14	0.14	3.46	2.1	2.3	
2005/4/26	24.4	4.57	2.83	0.44	0.20	0.64	0.64	0.11	0.90	n.d.	2.58	n.d.	3.84	0.62	3.73	0.13	0.15	2.70	-6.0	2.3	
2005/5/2	19.6	4.29	3.48	0.20	0.18	0.63	0.44	0.07	0.64	n.d.	3.27	n.d.	3.51	0.43	3.46	0.13	0.14	3.37	-5.9	1.6	
2005/5/10	15.9	4.68	1.84	0.40	0.09	0.22	0.36	0.09	0.72	n.d.	0.93	n.d.	2.22	0.34	2.12	0.08	0.08	1.70	-1.8	4.1	
2005/5/17	2.1	4.23	6.57	0.69	0.34	2.29	1.13	0.26	2.21	n.d.	6.46	n.d.	8.06	1.11	7.88	0.31	0.33	6.21	-3.8	2.8	
2005/5/24	14.5	4.43	2.69	0.16	0.10	0.49	0.41	0.07	0.52	n.d.	2.42	n.d.	2.65	0.40	2.61	0.10	0.11	2.53	-3.8	3.1	
2005/5/31	15.9	4.77	1.95	1.21	0.14	0.37	0.28	0.15	2.24	n.d.	1.11	n.d.	1.47	0.23	1.16	0.12	0.11	2.03	4.0	-2.0	
2005/6/7	13.2	4.23	3.75	0.08	0.06	0.96	0.18	0.03	0.50	n.d.	3.10	n.d.	3.66	0.18	3.64	0.13	0.14	3.61	-3.7	1.9	
2005/6/14	7.0	5.05	1.31	0.21	0.08	0.52	0.18	0.05	1.12	n.d.	0.32	n.d.	1.29	0.17	1.23	0.06	0.06	1.15	-1.5	6.4	
2005/6/21	17.2	4.39	3.20	0.13	0.14	0.94	0.29	0.06	0.71	n.d.	2.50	n.d.	3.52	0.28	3.49	0.12	0.13	2.99	-4.5	3.4	
2005/6/28	9.5	4.73	1.16	0.04	0.03	0.20	0.11	0.02	0.29	n.d.	1.02	n.d.	0.85	0.10	0.84	0.04	0.04	1.10	-4.0	2.7	
2005/7/5	72.1	4.47	2.33	0.19	0.02	0.48	0.13	0.04	0.48	n.d.	1.73	n.d.	2.28	0.12	2.23	0.08	0.09	2.16	-5.5	3.9	
2005/7/12	127.3	4.47	2.10	0.05	0.02	0.39	0.07	0.01	0.19	n.d.	1.44	n.d.	1.99	0.07	1.98	0.06	0.07	1.91	-5.3	4.6	
2005/7/19	39.6	4.24	3.93	0.06	0.04	0.90	0.16	0.02	0.36	n.d.	3.49	n.d.	3.54	0.16	3.53	0.12	0.14	3.51	-7.0	5.6	
2005/7/27	90.1	5.14	1.47	1.10	0.05	0.15	0.11	0.16	1.91	n.d.	0.31	n.d.	1.10	0.07	0.83	0.08	0.09	1.31	-2.7	5.5	
2005/8/9	32.4	4.39	2.90	0.07	0.06	0.73	0.12	0.02	0.42	n.d.	1.70	n.d.	3.43	0.12	3.41	0.09	0.11	2.64	-7.5	4.7	
2005/8/16	104.9	4.13	2.65	0.04	0.01	0.32	0.05	0.01	0.23	n.d.	1.51	n.d.	2.53	0.04	2.52	0.10	0.08	3.38	7.5	-12.0	
2005/8/30	121.5	4.74	1.36	0.28	0.03	0.15	0.09	0.05	0.57	n.d.	0.40	n.d.	1.20	0.08	1.13	0.05	0.05	1.18	0.6	7.2	
2005/9/6	15.4	4.39	2.88	0.22	0.12	0.37	0.24	0.06	0.74	n.d.	1.15	n.d.	2.80	0.23	2.75	0.09	0.10	2.49	-2.7	7.2	
2005/9/13	56.9	4.93	1.72	0.29	0.10	0.74	0.40	0.06	0.72	n.d.	2.12	n.d.	1.93	0.39	1.85	0.09	0.09	1.66	-0.2	1.6	
2005/9/27	15.1	4.49	3.74	1.19	0.49	0.61	0.54	0.19	2.72	n.d.	2.43	n.d.	3.61	0.49	3.31	0.18	0.19	3.43	-4.3	4.3	
2005/10/4	3.2	3.84	11.89	4.54	0.40	1.74	0.73	0.60	8.66	n.d.	6.84	n.d.	9.33	0.56	8.19	0.54	0.55	11.48	-0.8	1.8	
2005/10/11	63.9	4.51	2.12	0.40	0.02	0.21	0.08	0.05	0.95	n.d.	1.32	n.d.	1.53	0.07	1.43	0.07	0.08	1.91	-7.7	5.3	
2005/10/18	71.5	4.65	1.47	0.13	0.02	0.09	0.25	0.05	0.39	n.d.	0.72	n.d.	1.20	0.24	1.16	0.05	0.05	1.30	2.3	6.1	
2005/10/25	24.3	4.31	3.43	0.38	0.07	0.66	0.23	0.06	0.90	n.d.	4.10	n.d.	1.99	0.22	1.90	0.12	0.13	3.16	-4.4	4.1	

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	T-cation	T-anion	ECal	R1	R2	QC
	mm		mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹	mS/m			
2005/11/1	1.8	4.24	5.22	1.02	0.18	0.36	1.31	0.34	2.64	n.d.	5.51	n.d.	3.91	1.28	3.65	0.22	0.24	4.79	-4.6	4.3	
2005/11/8	54.1	4.52	2.15	0.32	0.04	0.32	0.19	0.06	0.81	n.d.	0.93	n.d.	2.35	0.17	2.27	0.08	0.09	2.01	-6.1	3.4	
2005/11/15	12.0	4.74	1.71	0.14	0.09	0.32	0.46	0.07	0.50	n.d.	1.25	n.d.	2.15	0.46	2.11	0.07	0.08	1.59	-2.7	3.7	
2005/12/6	5.4	4.45	2.98	0.36	0.32	0.40	0.47	0.11	1.13	n.d.	1.81	n.d.	2.79	0.46	2.69	0.12	0.12	2.64	-1.5	6.0	
2006/1/17	34.1	5.61	0.78	0.24	0.06	0.11	0.63	0.10	0.40	n.d.	0.81	n.d.	0.87	0.62	0.81	0.06	0.07	0.87	-7.6	-5.7	
2006/1/24	8.1	5.65	1.05	0.40	0.11	0.25	0.61	0.14	0.76	n.d.	1.66	n.d.	0.70	0.59	0.60	0.08	0.09	1.12	-7.6	-3.4	
2006/2/7	38.9	4.48	2.26	0.39	0.05	0.26	0.25	0.08	0.83	n.d.	1.27	n.d.	2.19	0.23	2.09	0.09	0.09	2.15	-2.3	2.5	
2006/2/14	1.5	5.17	3.50	0.59	0.13	1.44	1.86	0.32	2.21	n.d.	4.85	n.d.	4.82	1.84	4.67	0.24	0.25	3.57	-3.6	-1.0	
2006/2/21	20.9	4.39	2.75	0.13	0.03	0.50	0.40	0.07	0.34	n.d.	2.37	n.d.	2.73	0.39	2.70	0.10	0.10	2.60	-1.5	2.8	
2006/2/28	24.8	5.25	2.54	2.58	0.06	0.20	0.31	0.31	4.83	n.d.	0.46	n.d.	1.48	0.21	0.84	0.17	0.19	2.48	-4.8	1.2	
2006/3/8	27.1	4.82	1.12	0.15	0.00	0.11	0.23	0.06	0.33	n.d.	1.02	n.d.	0.89	0.23	0.85	0.04	0.04	1.03	-0.3	3.7	
2006/3/14	5.7	5.81	5.74	1.75	0.51	1.78	3.46	0.48	3.32	0.05	7.31	n.d.	9.00	3.39	8.56	0.40	0.45	5.80	-5.8	-0.5	
2006/3/22	31.5	5.03	1.36	0.65	0.04	0.40	0.39	0.12	1.21	n.d.	1.23	n.d.	1.64	0.36	1.48	0.09	0.10	1.55	-7.0	-6.6	
2006/3/28	12.3	5.44	0.64	0.14	0.42	0.05	0.35	0.08	0.22	n.d.	0.47	n.d.	0.90	0.34	0.86	0.05	0.05	0.73	-5.7	-6.4	
2006/4/5	20.7	4.58	3.03	0.49	0.15	0.86	0.93	0.17	1.47	n.d.	2.31	n.d.	4.03	0.92	3.91	0.16	0.16	3.01	0.0	0.4	
2006/4/11	13.8	4.86	1.53	0.25	0.03	0.34	0.46	0.09	0.56	n.d.	1.58	n.d.	1.64	0.45	1.58	0.08	0.08	1.43	-0.3	3.3	
2006/4/18	32.4	5.30	1.26	0.42	0.02	0.43	0.42	0.12	0.78	n.d.	1.12	n.d.	1.50	0.41	1.39	0.08	0.09	1.25	-5.9	0.3	
2006/4/25	38.0	5.29	2.78	1.22	0.10	0.77	1.25	0.27	2.26	n.d.	2.88	n.d.	3.99	1.20	3.69	0.19	0.22	2.87	-7.6	-1.5	
2006/5/2	16.7	5.80	3.68	0.76	0.11	1.18	2.56	0.31	1.40	n.d.	5.97	n.d.	6.05	2.53	5.86	0.26	0.29	3.74	-5.8	-0.9	
2006/5/10	17.0	4.29	4.33	0.90	0.09	1.07	0.58	0.15	1.72	n.d.	4.84	n.d.	3.39	0.54	3.16	0.20	0.20	4.16	-0.5	2.0	
2006/5/16	18.4	4.75	1.54	0.17	0.02	0.22	0.38	0.08	0.70	n.d.	1.30	n.d.	1.24	0.37	1.20	0.06	0.07	1.40	-1.6	4.7	
2006/5/23	35.4	4.62	1.66	0.22	0.02	0.30	0.25	0.06	0.52	n.d.	1.27	n.d.	1.47	0.24	1.42	0.07	0.07	1.64	-3.4	0.7	
2006/5/30	61.4	5.20	1.29	0.55	0.03	0.32	0.38	0.14	1.14	n.d.	1.18	n.d.	1.41	0.36	1.27	0.08	0.09	1.31	-5.6	-0.7	
2006/6/6	1.7	4.00	7.26	0.27	0.23	1.60	1.03	0.23	1.45	n.d.	7.33	n.d.	6.52	1.02	6.45	0.28	0.29	6.88	-2.1	2.7	
2006/6/13	84.8	4.65	1.68	0.33	0.02	0.24	0.33	0.09	0.74	n.d.	1.09	n.d.	1.43	0.31	1.35	0.07	0.07	1.61	4.6	2.1	
2006/6/20	100.2	4.96	0.87	0.19	0.02	0.18	0.31	0.06	0.37	n.d.	0.40	n.d.	0.85	0.30	0.80	0.05	0.05	0.96	-0.6	-5.0	
2006/6/27	8.3	3.73	12.51	0.32	0.35	3.14	1.73	0.27	1.06	n.d.	9.83	n.d.	16.27	1.72	16.19	0.50	0.53	12.58	-2.2	-0.3	
2006/7/4	79.8	4.43	2.70	0.09	0.05	0.90	0.35	0.07	0.24	0.08	2.55	n.d.	2.44	0.35	2.42	0.12	0.10	2.57	7.2	2.5	
2006/7/11	83.3	4.42	2.54	0.08	0.02	0.41	0.30	0.06	0.32	n.d.	1.76	n.d.	2.10	0.30	2.08	0.08	0.08	2.24	1.9	6.2	
2006/7/18	78.6	4.83	1.12	0.03	0.02	0.22	0.35	0.07	0.21	n.d.	1.16	n.d.	0.75	0.34	0.74	0.05	0.05	1.08	4.0	1.6	
2006/7/25	149.4	4.89	0.79	0.03	0.00	0.04	0.29	0.04	0.19	n.d.	0.71	n.d.	0.50	0.29	0.49	0.03	0.04	0.82	-1.1	-1.7	
2006/8/15	20.5	4.87	1.56	0.29	0.06	0.45	0.44	0.10	0.69	n.d.	1.51	n.d.	1.67	0.43	1.60	0.08	0.08	1.50	3.0	1.8	
2006/8/22	14.1	5.31	1.68	1.35	0.06	0.27	0.50	0.22	2.63	n.d.	0.39	n.d.	1.42	0.45	1.08	0.12	0.12	1.73	0.4	-1.7	
2006/8/29	8.3	4.15	5.48	0.72	0.09	1.34	0.71	0.19	1.47	n.d.	5.31	n.d.	5.44	0.68	5.26	0.23	0.24	5.30	-1.6	1.6	
2006/9/5	18.9	4.25	3.64	0.14	0.06	0.85	0.61	0.12	0.47	n.d.	3.70	n.d.	3.82	0.60	3.79	0.15	0.15	3.74	-0.2	-1.3	
2006/9/12	27.3	4.08	5.27	0.81	0.11	0.79	0.65	0.19	1.70	n.d.	3.50	n.d.	5.23	0.62	5.03	0.22	0.21	5.33	0.5	-0.5	
2006/9/14	70.0	5.11	0.51	0.06	0.00	0.01	0.30	0.06	0.17	n.d.	0.33	n.d.	0.29	0.30	0.27	0.03	0.03	0.57	8.2	-5.8	
2006/9/19	22.2	4.98	1.37	0.65	0.03	0.17	0.42	0.13	1.30	n.d.	0.76	n.d.	1.17	0.40	1.01	0.08	0.09	1.38	-2.9	-0.4	
2006/10/3	98.6	4.89	1.24	0.71	0.00	0.07	0.36	0.16	1.46	n.d.	0.40	n.d.	0.82	0.33	0.64	0.08	0.07	1.35	2.2	-4.1	
2006/10/10	129.9	5.37	0.27	0.02	0.00	0.00	0.26	0.05	0.11	n.d.	0.00	n.d.	0.00	0.26	0.00	0.02	0.02	0.34	8.3	-12.2	

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻ nss-Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻ nss-SO ₄ ²⁻	T-cation	T-anion	ECcal	R1	R2	QC	
	mm		mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹	mS/m				
2006/10/24	71.2	5.22	0.58	0.24	0.00	0.16	0.10	0.03	0.27	n.d.	0.48	n.d.	0.63	0.09	0.57	0.03	0.04	0.63	-8.3	-3.7	
2006/10/30	15.0	3.87	7.78	0.62	0.15	0.97	0.47	0.15	1.58	n.d.	7.29	n.d.	4.39	0.45	4.24	0.26	0.25	7.36	0.7	2.8	
2006/11/14	7.1	4.26	4.58	0.81	0.31	0.12	1.08	0.27	2.24	n.d.	3.52	n.d.	3.48	1.05	3.28	0.18	0.19	4.10	-2.3	5.5	
2006/11/21	48.4	5.18	0.76	0.32	0.00	0.05	0.30	0.08	0.62	n.d.	0.76	n.d.	0.43	0.29	0.35	0.05	0.05	0.79	-5.7	-1.8	
2006/11/28	32.7	4.68	1.92	0.75	0.03	0.12	0.26	0.12	1.45	n.d.	1.20	n.d.	1.16	0.23	0.97	0.08	0.08	1.72	-0.5	5.5	
2006/12/12	8.7	4.60	2.08	0.27	0.02	0.27	0.64	0.13	0.67	n.d.	1.67	n.d.	1.91	0.63	1.84	0.10	0.09	1.95	5.6	3.3	
2006/12/18	19.7	4.45	2.15	0.19	0.02	0.20	0.35	0.07	0.38	n.d.	1.50	n.d.	1.77	0.35	1.72	0.08	0.07	2.04	4.5	2.5	
2006/12/27	152.8	5.45	0.47	0.32	0.00	0.03	0.29	0.06	0.45	n.d.	0.13	n.d.	0.23	0.28	0.14	0.04	0.04	0.56	-0.7	-8.3	
2007/1/11	42.6	6.39	0.59	0.26	0.01	0.01	0.63	0.10	0.42	n.d.	0.18	n.d.	0.49	0.62	0.43	0.05	0.06	0.66	-7.5	-6.0	
2007/2/13	7.0	4.05	7.00	0.58	0.17	1.39	1.04	0.18	2.02	n.d.	6.44	n.d.	6.61	1.02	6.47	0.27	0.30	6.49	-4.3	3.8	
2007/2/20	22.2	4.48	2.44	0.56	0.03	0.28	0.37	0.13	1.16	n.d.	1.50	n.d.	1.95	0.35	1.81	0.10	0.10	2.30	3.1	2.9	
2007/2/27	7.4	4.20	4.76	1.44	0.19	0.43	0.52	0.24	2.72	n.d.	2.14	n.d.	3.71	0.46	3.35	0.20	0.19	4.43	3.5	3.6	
2007/3/6	9.7	5.20	3.42	2.73	0.13	0.17	0.80	0.39	5.23	n.d.	1.32	n.d.	2.55	0.70	1.86	0.21	0.25	3.13	-7.4	4.5	
2007/3/13	15.7	4.66	2.75	0.80	0.05	0.40	0.86	0.20	1.76	n.d.	2.13	n.d.	2.36	0.83	2.16	0.14	0.13	2.47	3.0	5.4	
2007/3/27	31.0	5.01	1.14	0.29	0.02	0.25	0.47	0.10	0.56	n.d.	1.05	n.d.	1.14	0.46	1.07	0.07	0.07	1.17	2.7	-1.3	
2007/4/4	41.2	5.53	2.41	1.21	0.06	0.46	1.42	0.28	1.88	n.d.	2.13	n.d.	3.17	1.38	2.87	0.18	0.17	2.38	1.4	0.6	
2007/4/11	28.2	4.01	5.80	0.32	0.08	0.88	0.59	0.14	0.73	n.d.	4.88	n.d.	4.25	0.58	4.17	0.21	0.19	5.50	4.6	2.7	
2007/4/17	32.6	4.25	4.24	0.54	0.06	0.60	0.46	0.14	1.18	n.d.	2.65	n.d.	3.74	0.44	3.61	0.15	0.15	3.70	-0.7	6.7	
2007/4/24	4.0	5.84	2.68	1.24	0.41	0.86	1.11	0.26	2.33	n.d.	2.88	n.d.	2.66	1.07	2.35	0.19	0.22	2.72	-7.6	-0.8	
2007/5/2	41.1	4.55	2.89	0.58	0.09	0.59	0.54	0.16	1.14	n.d.	1.88	n.d.	2.94	0.52	2.80	0.13	0.12	2.54	2.0	6.4	
2007/5/9	31.6	4.88	1.38	0.10	0.05	0.51	0.26	0.06	0.26	n.d.	0.86	n.d.	2.29	0.26	2.27	0.07	0.07	1.34	-2.4	1.6	
2007/5/15	17.8	4.74	1.73	0.16	0.03	0.25	0.48	0.10	0.39	n.d.	0.97	n.d.	2.23	0.47	2.19	0.07	0.07	1.53	0.2	6.3	
2007/5/23	55.9	4.65	2.30	0.43	0.05	0.53	0.62	0.14	0.82	n.d.	2.01	n.d.	2.43	0.60	2.32	0.12	0.11	2.16	4.1	3.2	
2007/5/30	39.0	5.14	0.89	0.10	0.01	0.10	0.38	0.11	0.26	n.d.	0.62	n.d.	0.84	0.38	0.82	0.05	0.04	0.78	2.8	6.4	
2007/6/6	14.4	5.27	1.31	0.51	0.02	0.51	0.46	0.15	1.14	n.d.	1.45	n.d.	1.20	0.44	1.08	0.09	0.09	1.39	-1.4	-2.8	
2007/6/11	64.4	4.51	2.21	0.14	0.03	0.28	0.35	0.09	0.35	n.d.	1.47	n.d.	1.93	0.35	1.89	0.08	0.07	1.93	3.3	6.6	
2007/6/19	17.9	5.11	0.77	0.06	0.01	0.10	0.29	0.08	0.25	n.d.	0.56	n.d.	0.53	0.29	0.51	0.04	0.04	0.70	0.6	4.8	
2007/6/26	27.2	4.54	2.03	0.10	0.02	0.31	0.44	0.10	0.48	n.d.	2.30	n.d.	0.94	0.44	0.92	0.08	0.07	1.85	8.4	4.5 R1	
2007/7/3	26.4	4.22	4.47	0.19	0.06	1.15	0.42	0.11	0.54	n.d.	3.33	n.d.	4.75	0.42	4.70	0.17	0.17	4.08	-0.6	4.6	
2007/7/11	66.7	4.58	2.05	0.12	0.02	0.42	0.40	0.09	0.30	n.d.	1.30	n.d.	2.25	0.40	2.22	0.08	0.08	1.86	5.0	4.8	
2007/7/17	139.1	5.02	0.52	0.15	0.01	0.05	0.03	0.09	0.28	n.d.	0.29	n.d.	0.34	0.02	0.30	0.03	0.02	0.58	17.3	-5.4 R1	
2007/7/25	17.3	4.01	6.46	0.64	0.10	1.26	0.58	0.18	1.67	n.d.	4.06	n.d.	6.44	0.56	6.28	0.25	0.25	6.21	-0.2	2.0	
2007/7/31	52.7	4.95	1.11	0.07	0.04	0.35	0.39	0.10	0.16	n.d.	0.94	n.d.	1.40	0.39	1.38	0.06	0.06	1.13	5.6	-0.7	
2007/8/8	53.2	4.84	1.57	0.09	0.06	0.68	0.23	0.05	0.26	n.d.	1.61	n.d.	2.24	0.23	2.21	0.07	0.08	1.52	-3.8	1.7	
2007/8/21	10.4	4.55	2.47	0.18	0.17	0.77	0.40	0.09	0.35	n.d.	2.42	n.d.	3.24	0.40	3.19	0.11	0.12	2.42	-1.9	1.1	
2007/8/28	37.9	4.59	2.19	0.10	0.03	0.52	0.46	0.13	0.30	n.d.	3.24	n.d.	1.94	0.46	1.92	0.10	0.10	2.09	-2.9	2.4	
2007/9/4	20.0	4.34	3.24	0.29	0.05	0.45	0.25	0.07	0.80	n.d.	2.32	n.d.	2.95	0.24	2.88	0.10	0.12	2.88	-7.9	5.9	
2007/9/11	133.5	5.47	1.81	1.77	0.06	0.24	0.50	0.31	3.22	n.d.	0.41	n.d.	1.00	0.43	0.55	0.15	0.13	1.87	4.2	-1.7	
2007/9/18	39.0	5.15	0.50	0.03	0.01	0.03	0.21	0.07	0.15	n.d.	0.35	n.d.	0.47	0.21	0.46	0.03	0.03	0.55	-5.1	-4.8	
2007/9/25	5.2	4.79	1.84	0.36	0.07	0.24	0.49	0.19	0.81	n.d.	1.77	n.d.	1.39	0.48	1.29	0.09	0.08	1.59	4.9	7.1	

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻ nss-Ca ²⁺ nss-SO ₄ ²⁻	T-cation	T-anion	ECcal	R1	R2	QC	
	mm		mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹	mS/m				
2007/10/2	61.7	4.73	1.35	0.24	0.02	0.16	0.23	0.07	0.58	n.d.	1.26	n.d.	1.20	0.22	1.14	0.06	0.06	1.34	-4.6	0.3
2007/10/9	6.4	4.67	2.50	0.69	0.10	0.63	0.77	0.24	1.86	n.d.	2.44	n.d.	1.81	0.74	1.64	0.15	0.13	2.48	7.2	0.4
2007/10/23	17.6	4.98	1.41	0.89	0.05	0.01	0.58	0.17	1.76	n.d.	0.85	n.d.	0.97	0.54	0.75	0.09	0.09	1.48	2.5	-2.3
2007/10/30	7.2	5.31	0.51	0.14	0.01	0.00	0.29	0.10	0.29	n.d.	0.15	n.d.	0.36	0.29	0.33	0.03	0.04	0.57	-7.1	-6.1
2007/11/6	9.8	4.22	3.72	0.64	0.06	0.48	0.92	0.24	1.14	n.d.	3.45	n.d.	3.43	0.90	3.27	0.19	0.16	4.03	7.6	-4.1
2007/11/13	34.0	4.58	2.15	0.91	0.04	0.14	0.45	0.20	1.74	n.d.	0.63	n.d.	1.99	0.41	1.76	0.12	0.10	2.18	6.9	-0.6
2007/12/4	2.8	5.17	3.24	1.49	0.19	0.97	1.36	0.40	2.57	n.d.	3.48	n.d.	4.47	1.30	4.10	0.23	0.26	3.46	-6.0	-3.3
2007/12/17	11.7	4.77	1.66	0.30	0.02	0.26	0.53	0.21	0.64	n.d.	1.46	n.d.	2.01	0.51	1.94	0.09	0.10	1.74	-7.0	-2.6
2007/12/27	12.0	4.95	1.10	0.15	0.04	0.03	0.42	0.15	0.52	n.d.	0.65	n.d.	1.22	0.42	1.19	0.05	0.06	1.06	-4.2	2.0
2008/1/15	47.0	4.61	2.04	0.30	0.04	0.34	0.43	0.15	0.58	n.d.	1.69	n.d.	1.90	0.42	1.82	0.09	0.08	1.89	4.0	-4.0
2008/1/29	10.0	4.59	2.06	0.20	0.03	0.34	0.53	0.10	0.41	n.d.	2.38	n.d.	1.42	0.52	1.37	0.09	0.08	1.88	6.0	-4.0
2008/2/13	70.0	4.72	1.33	0.12	0.01	0.22	0.22	0.04	0.29	n.d.	1.41	n.d.	0.83	0.22	0.80	0.05	0.05	1.23	3.0	-4.0
2008/3/11	16.0	4.84	1.79	0.23	0.13	0.18	0.68	0.10	0.41	n.d.	1.92	n.d.	1.87	0.67	1.81	0.08	0.08	1.52	0.0	-8.0
2008/3/25	41.0	4.54	2.95	1.09	0.26	0.33	0.45	0.18	2.10	n.d.	1.50	n.d.	2.58	0.41	2.31	0.14	0.14	2.69	1.0	-5.0
2008/4/1	24.0	4.37	3.46	0.48	0.06	0.68	0.47	0.13	0.84	n.d.	3.16	n.d.	2.91	0.45	2.79	0.14	0.14	3.10	0.0	-6.0
2008/4/15	83.0	4.68	2.22	0.97	0.24	0.22	0.54	0.19	1.77	n.d.	1.47	n.d.	1.88	0.50	1.64	0.12	0.11	2.18	5.0	-1.0
2008/4/30	77.0	4.85	1.04	0.20	0.06	0.19	0.22	0.07	0.40	n.d.	0.70	n.d.	1.09	0.21	1.04	0.05	0.05	1.07	6.0	1.0
2008/5/14	52.0	4.95	1.20	0.34	0.05	0.17	0.38	0.10	0.65	n.d.	0.76	n.d.	1.29	0.36	1.21	0.06	0.06	1.14	5.0	-3.0
2008/5/27	144.0	4.89	0.98	0.19	0.03	0.19	0.08	0.04	0.43	n.d.	0.59	n.d.	0.97	0.07	0.92	0.04	0.04	0.93	-3.0	-2.0
2008/6/10	83.0	4.55	2.10	0.43	0.06	0.26	0.32	0.12	0.82	n.d.	0.92	n.d.	1.80	0.30	1.70	0.09	0.08	1.92	7.0	-5.0
2008/6/24	38.0	4.56	1.67	0.05	0.07	0.30	0.17	0.03	0.16	n.d.	1.63	n.d.	1.24	0.17	1.23	0.06	0.06	1.59	1.0	-2.0
2008/7/8	66.0	4.31	2.87	0.25	0.09	0.52	0.15	0.04	0.49	n.d.	2.06	n.d.	2.55	0.14	2.49	0.10	0.10	2.81	1.0	-1.0
2008/7/22	1.0	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.	0.0	0.0	n.a.	0.0
2008/8/5	34.0	4.20	3.72	0.13	0.12	0.62	0.23	0.03	0.32	n.d.	3.07	n.d.	2.34	0.23	2.30	0.12	0.11	3.39	6.0	-5.0
2008/8/19	70.0	4.40	2.27	0.11	0.04	0.38	0.12	0.02	0.24	n.d.	1.58	n.d.	1.97	0.12	1.95	0.07	0.07	2.17	0.0	-2.0
2008/9/2	128.0	4.61	1.61	0.46	0.06	0.09	0.08	0.07	0.86	n.d.	0.70	n.d.	1.14	0.07	1.03	0.06	0.06	1.51	1.0	-3.0
2008/9/16	65.0	4.91	1.08	0.09	0.08	0.29	0.11	0.03	0.14	n.d.	0.80	n.d.	1.03	0.11	1.01	0.04	0.04	0.92	4.0	-8.0
2008/9/30	49.0	4.90	1.22	0.24	0.10	0.30	0.12	0.04	0.39	n.d.	0.77	n.d.	1.01	0.11	0.95	0.05	0.04	1.03	8.0	-9.0
2008/10/14	47.0	4.80	1.28	0.48	0.06	0.16	0.07	0.03	0.38	n.d.	0.93	n.d.	1.19	0.06	1.07	0.05	0.05	1.15	2.0	-5.0
2008/10/28	102.0	4.71	1.74	0.84	0.05	0.18	0.10	0.11	1.45	n.d.	0.55	n.d.	1.20	0.07	0.99	0.08	0.07	1.60	4.0	-4.0
2008/11/11	0.0	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.	0.0	0.0	n.a.	0.0
2008/11/25	32.0	4.69	1.53	0.33	0.10	0.09	0.17	0.06	0.64	n.d.	0.84	n.d.	0.98	0.16	0.90	0.06	0.05	1.31	3.0	-8.0
2008/12/9	52.0	4.59	1.77	0.39	0.03	0.13	0.11	0.06	0.76	n.d.	0.65	n.d.	1.28	0.09	1.19	0.06	0.06	1.55	2.0	-7.0
2008/12/25	49.0	4.81	1.09	0.19	0.02	0.12	0.12	0.04	0.42	n.d.	0.73	n.d.	0.77	0.11	0.73	0.04	0.04	0.98	0.0	-5.0
2009/1/13	15.0	5.03	0.70	0.07	0.02	0.07	0.10	0.02	0.18	n.d.	0.30	n.d.	0.50	0.10	0.48	0.02	0.02	0.57	7.0	-11.0
2009/1/27	21.0	4.58	1.88	0.28	0.05	0.22	0.26	0.06	0.52	n.d.	1.29	n.d.	1.34	0.25	1.27	0.07	0.06	1.66	5.0	-6.0
2009/2/10	77.0	5.09	0.63	0.13	0.01	0.04	0.11	0.03	0.27	n.d.	0.22	n.d.	0.46	0.10	0.43	0.02	0.02	0.54	8.0	-8.0
2009/2/23	43.0	4.80	1.19	0.20	0.04	0.10	0.22	0.04	0.35	n.d.	0.63	n.d.	0.99	0.21	0.94	0.05	0.04	1.04	5.0	-7.0
2009/3/9	75.0	4.81	1.45	0.46	0.04	0.12	0.17	0.07	0.82	n.d.	0.69	n.d.	1.11	0.16	1.00	0.06	0.06	1.22	1.0	-8.0
2009/3/24	51.0	4.90	1.74	0.73	0.15	0.07	0.35	0.15	1.34	n.d.	0.68	n.d.	1.83	0.32	1.65	0.08	0.09	1.49	-3.0	-8.0

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF mm	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ nss-Ca ²⁺ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ nss-SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2009/4/7	35.0	4.49	2.11	0.23	0.03	0.19	0.22	0.05	0.48	n.d.	1.35	n.d.	1.39	0.21	1.33	0.07	0.06	1.83	3.0	-7.0	
2009/4/22	86.0	4.68	1.87	0.39	0.06	0.38	0.25	0.07	0.79	n.d.	1.01	n.d.	1.79	0.23	1.69	0.08	0.08	1.67	2.0	-6.0	
2009/5/7	65.0	4.73	1.35	0.28	0.04	0.16	0.21	0.06	0.54	n.d.	0.93	n.d.	1.04	0.20	0.97	0.06	0.05	1.27	4.0	-3.0	
2009/5/20	25.0	4.29	3.43	1.00	0.11	0.30	0.35	0.16	1.93	n.d.	1.54	n.d.	2.84	0.31	2.59	0.14	0.14	3.38	2.0	-1.0	
2009/6/3	50.0	4.69	1.61	0.36	0.13	0.21	0.34	0.11	0.42	n.d.	1.36	n.d.	1.57	0.32	1.48	0.08	0.07	1.55	7.0	-2.0	
2009/6/16	27.0	4.25	3.32	0.21	0.06	0.68	0.31	0.06	0.42	n.d.	2.11	n.d.	3.20	0.30	3.15	0.12	0.11	3.27	5.0	-1.0	
2009/6/30	81.0	4.48	1.99	0.11	0.03	0.30	0.22	0.03	0.31	n.d.	1.48	n.d.	1.76	0.21	1.73	0.07	0.07	1.91	0.0	-2.0	
2009/7/14	33.0	4.21	3.12	0.11	0.04	0.39	0.29	0.04	0.32	n.d.	2.33	n.d.	2.32	0.29	2.29	0.11	0.09	3.16	6.0	1.0	
2009/7/29	56.0	4.40	2.49	0.29	0.06	0.67	0.50	0.08	0.59	n.d.	2.95	n.d.	1.88	0.49	1.80	0.12	0.10	2.69	8.0	4.0	
2009/8/11	222.0	4.64	1.06	0.10	0.02	0.14	0.16	0.03	0.22	n.d.	1.14	n.d.	0.99	0.16	0.97	0.05	0.05	1.28	0.0	9.0	
2009/8/25	3.0	3.84	9.94	0.58	0.66	3.16	0.91	0.18	1.17	n.d.	9.66	n.d.	9.39	0.89	9.25	0.42	0.38	9.83	4.0	-1.0	
2009/9/8	64.0	5.90	0.26	0.04	0.06	0.08	0.07	0.02	0.30	n.d.	0.07	n.d.	0.13	0.07	0.12	0.01	0.01	0.22	6.0	-8.0	
2009/9/24	10.0	4.11	6.44	0.59	0.53	2.51	0.55	0.12	1.20	n.d.	3.21	0.46	8.92	0.52	8.77	0.29	0.29	6.27	1.0	-1.0	P
2009/10/6	43.0	4.90	1.33	0.30	0.08	0.47	0.20	0.05	0.62	n.d.	1.09	n.d.	1.25	0.19	1.18	0.07	0.06	1.26	5.0	-3.0	
2009/10/20	87.0	5.05	0.99	0.84	0.05	0.04	0.14	0.08	1.46	n.d.	0.28	n.d.	0.62	0.11	0.41	0.06	0.06	1.05	3.0	3.0	
2009/11/4	99.0	5.28	0.48	0.05	0.02	0.09	0.06	0.09	0.43	n.d.	0.26	n.d.	0.25	0.06	0.24	0.02	0.02	0.46	4.0	-2.0	
2009/11/16	108.0	5.06	0.58	0.15	0.06	0.06	0.06	0.03	0.28	n.d.	0.27	n.d.	0.46	0.05	0.43	0.03	0.02	0.57	8.0	-1.0	
2009/12/1	38.0	4.67	1.37	0.33	0.02	0.18	0.17	0.05	0.61	n.d.	1.01	n.d.	0.79	0.16	0.71	0.06	0.05	1.34	8.0	-1.0	
2009/12/15	76.0	4.80	1.33	0.58	0.02	0.11	0.12	0.07	1.24	n.d.	0.24	n.d.	0.80	0.10	0.66	0.06	0.06	1.22	3.0	-4.0	
2010/1/5	5.0	4.47	2.85	1.24	0.14	0.35	0.64	0.21	2.14	n.d.	1.65	n.d.	2.59	0.59	2.28	0.16	0.14	2.98	6.0	2.0	
2010/2/3	18.0	5.59	1.29	0.52	0.08	0.36	0.95	0.13	0.83	n.d.	1.50	n.d.	1.43	0.93	1.30	0.11	0.08	1.29	15.0	0.0	R1
2010/2/16	29.0	4.63	1.87	0.35	0.05	0.30	0.55	0.09	0.62	n.d.	1.77	n.d.	1.51	0.54	1.42	0.09	0.08	1.82	8.0	-2.0	
2010/3/2	68.0	4.75	1.27	0.29	0.02	0.17	0.25	0.07	0.61	n.d.	1.57	n.d.	1.10	0.24	1.03	0.06	0.07	1.36	-6.0	3.0	
2010/3/17	62.0	4.75	1.32	0.38	0.06	0.09	0.23	0.06	0.58	n.d.	0.92	n.d.	1.02	0.21	0.92	0.06	0.05	1.24	5.0	-3.0	
2010/3/30	52.0	5.47	1.21	0.30	0.30	0.25	0.69	0.11	0.54	n.d.	1.38	n.d.	1.77	0.68	1.69	0.08	0.07	1.16	4.0	-2.0	
2010/4/13	82.0	4.82	1.55	0.81	0.04	0.23	0.42	0.16	1.43	n.d.	1.05	n.d.	1.41	0.39	1.20	0.10	0.09	1.66	6.0	3.0	
2010/4/27	79.0	4.83	1.13	0.29	0.03	0.16	0.16	0.05	0.51	n.d.	0.79	n.d.	0.87	0.14	0.80	0.05	0.05	1.06	3.0	-3.0	
2010/5/11	106.0	5.23	1.16	0.88	0.06	0.11	0.27	0.12	1.73	n.d.	0.54	n.d.	0.82	0.24	0.60	0.08	0.07	1.16	0.0	0.0	
2010/5/25	119.0	4.80	1.02	0.14	0.02	0.21	0.24	0.04	0.42	n.d.	0.94	n.d.	1.43	0.23	1.39	0.05	0.06	1.20	-7.0	8.0	
2010/6/8	35.0	4.06	5.87	0.89	0.09	1.15	0.67	0.17	1.73	n.d.	5.21	n.d.	6.95	0.63	6.73	0.24	0.28	6.11	-7.0	2.0	
2010/6/23	103.0	4.71	1.31	0.06	0.01	0.25	0.19	0.03	0.18	n.d.	1.14	n.d.	1.45	0.19	1.43	0.05	0.05	1.28	-5.0	-1.0	
2010/7/6	81.0	4.39	2.32	0.06	0.03	0.61	0.29	0.04	0.25	n.d.	2.47	n.d.	2.23	0.29	2.22	0.10	0.09	2.49	1.0	4.0	
2010/7/21	62.0	4.37	2.38	0.15	0.03	0.49	0.09	0.02	0.35	n.d.	1.79	n.d.	1.75	0.08	1.71	0.08	0.08	2.33	5.0	-1.0	
2010/8/2	149.0	4.41	2.47	0.12	0.02	0.52	0.31	0.05	0.32	n.d.	1.89	n.d.	2.55	0.30	2.52	0.09	0.09	2.42	0.0	-1.0	
2010/8/17	16.0	4.72	1.71	0.18	0.13	0.41	0.40	0.07	0.42	n.d.	1.92	n.d.	1.45	0.40	1.41	0.08	0.07	1.60	4.0	-3.0	
2010/9/15	19.0	4.49	2.06	0.27	0.08	0.23	0.43	0.07	0.46	n.d.	1.67	n.d.	1.64	0.42	1.57	0.09	0.07	2.01	7.0	-1.0	
2010/9/29	242.0	4.88	0.78	0.14	0.01	0.01	0.07	0.02	0.26	n.d.	0.39	n.d.	0.46	0.07	0.43	0.03	0.02	0.71	5.0	-5.0	
2010/10/13	77.0	6.30	0.91	0.37	0.27	0.89	0.05	0.02	0.51	n.d.	0.61	n.d.	0.86	0.04	0.77	0.08	0.04	0.86	29.0	-3.0	R1
2010/10/27	39.0	5.08	0.83	0.19	0.13	0.27	0.03	0.02	0.36	n.d.	0.69	n.d.	0.67	0.02	0.62	0.04	0.04	0.75	4.0	-5.0	
2010/11/10	103.0	5.48	0.47	0.27	0.04	0.06	0.09	0.06	0.45	n.d.	0.13	n.d.	0.19	0.08	0.12	0.03	0.02	0.40	22.0	-8.0	R1

Appendix1. 柱不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	T-cation	T-anion	ECal	R1	R2	QC
	mm		mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹	mS/m			
2010/11/24	38.0	4.74	1.37	0.36	0.12	0.16	0.11	0.07	0.57	n.d.	0.93	n.d.	1.01	0.10	0.92	0.06	0.05	1.26	4.0	-4.0	
2010/12/7	56.0	5.58	0.76	0.49	0.18	0.12	0.20	0.09	0.89	n.d.	0.42	n.d.	0.54	0.19	0.41	0.05	0.04	0.71	11.0	-3.0	
2010/12/21	25.0	4.41	2.36	0.53	0.05	0.13	0.24	0.09	0.93	n.d.	1.86	n.d.	1.41	0.22	1.28	0.09	0.09	2.29	2.0	-2.0	
2011/1/6	38.0	4.86	2.37	2.32	0.10	0.20	0.24	0.29	3.74	n.d.	0.49	n.d.	1.24	0.15	0.66	0.16	0.14	2.35	8.0	0.0	
2011/2/16	69.0	4.47	2.40	0.42	0.07	0.39	0.27	0.08	0.74	n.d.	2.05	n.d.	1.64	0.26	1.53	0.10	0.09	2.22	4.0	-4.0	
2011/3/1	75.0	5.05	1.01	0.37	0.03	0.25	0.07	0.04	0.59	n.d.	0.65	n.d.	0.67	0.06	0.57	0.05	0.04	0.85	6.0	-9.0	
2011/3/30	73.0	4.68	2.04	0.31	0.25	0.53	0.40	0.09	0.54	n.d.	2.48	n.d.	1.59	0.39	1.51	0.10	0.09	1.88	5.0	-4.0	
2011/4/13	67.0	4.39	3.38	0.59	0.29	1.08	0.49	0.12	1.07	n.d.	3.58	n.d.	3.39	0.46	3.24	0.17	0.16	3.44	3.0	1.0	
2011/4/26	77.0	4.85	2.30	1.49	0.26	0.50	0.22	0.15	2.26	n.d.	1.13	n.d.	1.79	0.16	1.41	0.14	0.12	2.11	7.0	-4.0	
2011/5/11	48.0	6.42	2.09	0.57	0.31	1.41	0.62	0.16	0.91	0.02	1.82	n.d.	2.65	0.60	2.50	0.15	0.11	1.87	17.0	-6.0	R1
2011/5/24	74.0	4.70	1.27	0.11	0.06	0.23	0.23	0.03	0.32	n.d.	1.02	n.d.	1.04	0.23	1.01	0.05	0.05	1.26	6.0	0.0	
2011/6/8	90.0	4.74	1.23	0.19	0.03	0.10	0.14	0.03	0.58	n.d.	0.70	n.d.	0.96	0.13	0.91	0.04	0.05	1.14	-6.0	-4.0	
2011/6/22	83.0	4.38	2.55	0.09	0.07	0.45	0.10	0.10	0.22	n.d.	1.85	n.d.	1.95	0.10	1.93	0.08	0.08	2.32	5.0	-5.0	
2011/7/5	18.0	4.27	3.37	0.25	0.23	0.26	0.47	0.11	0.59	n.d.	2.63	n.d.	2.37	0.46	2.31	0.12	0.11	3.08	4.0	-5.0	
2011/7/21	162.0	5.12	0.83	0.36	0.02	0.16	0.11	0.19	1.21	n.d.	0.41	n.d.	0.50	0.09	0.41	0.05	0.05	0.92	2.0	5.0	
2011/8/3	110.0	5.15	0.68	0.04	0.04	0.34	0.07	0.04	0.31	n.d.	0.77	n.d.	0.54	0.07	0.53	0.04	0.03	0.68	4.0	0.0	
2011/8/17	32.0	4.66	2.10	0.41	0.10	0.86	0.17	0.10	1.05	n.d.	2.49	n.d.	1.65	0.15	1.55	0.11	0.10	2.10	1.0	0.0	
2011/8/31	138.0	6.01	0.90	0.10	0.13	0.70	0.02	0.03	0.48	n.d.	0.67	n.d.	1.11	0.02	1.08	0.05	0.05	0.75	4.0	-9.0	
2011/9/13	89.0	6.07	1.61	1.57	0.10	0.48	0.15	0.20	2.77	n.d.	0.29	n.d.	0.99	0.09	0.60	0.12	0.10	1.51	8.0	-3.0	
2011/9/28	212.0	5.13	0.74	0.49	0.07	0.05	0.11	0.05	0.95	n.d.	0.18	n.d.	0.41	0.09	0.29	0.04	0.04	0.74	6.0	0.0	
2011/10/12	96.0	5.04	0.69	0.11	0.04	0.06	0.11	0.03	0.48	n.d.	0.26	n.d.	0.43	0.10	0.41	0.03	0.03	0.62	-1.0	-5.0	
2011/10/26	63.0	4.67	1.83	0.63	0.08	0.31	0.17	0.09	1.17	n.d.	0.74	n.d.	1.52	0.15	1.36	0.08	0.08	1.70	5.0	-4.0	
2011/11/9	14.0	4.76	1.66	0.12	0.22	0.83	0.09	0.03	0.65	n.d.	2.32	n.d.	1.22	0.09	1.18	0.08	0.08	1.66	0.0	0.0	
2011/11/22	72.0	5.04	0.85	0.15	0.10	0.23	0.09	0.07	0.51	n.d.	0.65	n.d.	0.78	0.08	0.74	0.04	0.04	0.84	0.0	-1.0	
2011/12/7	30.0	4.64	2.07	0.86	0.09	0.33	0.21	0.11	1.58	n.d.	1.24	n.d.	1.15	0.17	0.93	0.10	0.09	1.92	6.0	-4.0	
2011/12/22	5.0	4.04	5.61	0.71	0.11	0.86	0.56	0.12	1.25	n.d.	5.58	n.d.	3.73	0.54	3.55	0.21	0.20	5.44	2.0	-2.0	
2012/1/5	0.0	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.	0.0	0.0	
2012/1/17	0.0	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.	0.0	0.0	
2012/1/31	28.7	5.12	1.16	0.44	0.18	0.25	0.15	0.11	0.90	n.d.	0.77	n.d.	0.74	0.13	0.63	0.06	0.05	0.99	7.3	-7.6	
2012/2/14	27.4	4.78	1.21	0.04	0.07	0.15	0.26	0.09	0.47	n.d.	1.12	n.d.	0.92	0.26	0.91	0.05	0.05	1.16	-1.7	-2.3	
2012/2/28	46.6	4.45	2.30	0.34	0.05	0.36	0.31	0.10	0.87	n.d.	1.09	n.d.	2.06	0.30	1.97	0.09	0.08	2.25	5.6	-1.0	
2012/3/31	132.0	4.73	1.09	0.13	0.05	0.11	0.07	0.08	0.55	n.d.	0.59	n.d.	0.81	0.07	0.78	0.04	0.04	1.11	-0.5	0.8	
2012/3/26	57.4	4.67	1.57	0.11	0.07	0.27	0.25	0.07	0.56	n.d.	1.00	n.d.	1.39	0.25	1.36	0.06	0.06	1.46	0.4	-3.4	
2012/4/10	29.8	5.38	2.32	1.84	0.10	0.28	0.81	0.21	2.56	n.d.	0.82	n.d.	1.66	0.74	1.20	0.16	0.12	1.93	5.8	-6.7	
2012/4/24	78.9	4.87	1.43	0.33	0.07	0.33	0.24	0.11	0.92	n.d.	1.33	n.d.	1.03	0.22	0.95	0.07	0.07	1.33	0.1	-3.7	
2012/5/8	263.4	4.79	1.27	0.27	0.03	0.20	0.07	0.10	0.81	n.d.	0.58	n.d.	0.91	0.06	0.84	0.05	0.05	1.16	-0.2	-4.2	
2012/5/21	72.1	4.51	2.43	0.11	0.06	0.61	0.45	0.10	0.34	n.d.	1.58	n.d.	2.77	0.45	2.74	0.10	0.09	2.25	4.7	-3.8	
2012/6/5	97.9	4.52	2.10	0.19	0.03	0.44	0.25	0.08	0.47	n.d.	1.47	n.d.	1.64	0.24	1.59	0.08	0.07	1.93	7.7	-4.3	
2012/6/19	55.9	4.76	1.25	0.19	0.04	0.22	0.16	0.09	0.58	n.d.	0.76	n.d.	0.94	0.15	0.89	0.05	0.05	1.19	5.1	-2.1	
2012/7/3	161.3	4.77	0.97	0.21	0.03	0.14	0.08	0.07	0.56	n.d.	0.52	n.d.	0.76	0.08	0.71	0.04	0.04	1.06	4.7	4.2	

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF mm	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ -nss-Ca ²⁺ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ -nss-SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2012/7/17	30.0	4.62	1.65	0.06	0.05	0.34	0.23	0.06	0.10	n.d.	1.65	n.d.	1.68	0.23	1.67	0.06	0.06	1.58	-1.1	-2.0	
2012/7/31	2.5	4.18	6.62	1.61	1.12	1.42	1.59	0.39	1.82	n.d.	6.55	n.d.	7.45	1.53	7.05	0.35	0.31	6.47	6.4	-1.2	
2012/8/16	18.7	4.43	2.80	0.26	0.21	0.62	0.58	0.09	0.80	n.d.	3.03	n.d.	1.82	0.57	1.76	0.12	0.11	2.68	6.4	-2.2	
2012/8/28	11.9	4.60	1.75	0.09	0.10	0.38	0.11	0.06	0.51	n.d.	2.03	n.d.	0.79	0.11	0.77	0.06	0.06	1.60	-1.0	-4.4	
2012/9/11	41.5	6.63	3.79	0.45	0.65	5.33	0.09	0.07	0.58	0.04	0.48	0.79	1.89	0.07	1.78	0.34	0.09	2.95	-0.8	3.9	P
2012/9/25	76.4	6.09	1.26	0.45	0.20	1.28	0.08	0.05	0.90	n.d.	0.69	n.d.	0.80	0.06	0.69	0.10	0.05	1.14	-7.0	6.5	
2012/10/9	39.2	5.09	1.66	1.18	0.08	0.23	0.16	0.18	1.97	n.d.	0.90	n.d.	0.87	0.12	0.58	0.10	0.09	1.45	4.9	-6.7	
2012/10/23	50.1	4.81	1.28	0.50	0.03	0.13	0.07	0.06	0.91	n.d.	0.74	n.d.	0.42	0.05	0.30	0.05	0.05	1.10	7.3	-7.2	
2012/11/7	43.6	4.91	1.84	1.20	0.07	0.23	0.08	0.19	1.88	n.d.	0.82	n.d.	0.92	0.03	0.62	0.10	0.09	1.55	7.0	-8.4	
2012/11/20	42.7	4.81	1.41	0.74	0.04	0.23	0.07	0.07	1.21	n.d.	0.67	n.d.	0.84	0.04	0.65	0.07	0.06	1.33	6.1	-2.9	
2012/12/4	16.1	4.57	2.34	0.91	0.07	0.43	0.29	0.11	1.44	n.d.	1.52	n.d.	1.78	0.26	1.55	0.12	0.10	2.24	6.1	-2.2	
2012/12/28	10.4	5.98	2.97	2.18	0.16	0.60	1.30	0.31	3.13	0.02	2.47	n.d.	2.87	1.22	2.33	0.22	0.19	2.75	-4.1	0.3	
2013/1/8	0.0	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.	0.0	0.0	
2013/1/17	83.2	4.86	0.90	0.13	0.03	0.15	0.14	0.07	0.58	n.d.	0.60	n.d.	0.66	0.14	0.62	0.04	0.04	0.95	1.6	2.9	
2013/1/29	13.1	4.51	2.07	0.27	0.15	0.39	0.33	0.12	0.81	n.d.	2.07	n.d.	1.33	0.32	1.27	0.09	0.08	2.10	5.7	0.8	
2013/2/12	19.2	4.67	1.94	0.94	0.08	0.27	0.22	0.17	1.64	n.d.	1.32	n.d.	1.19	0.18	0.96	0.10	0.09	1.92	5.9	-0.5	
2013/2/26	17.8	4.68	2.04	0.68	0.10	0.29	0.62	0.20	1.28	n.d.	2.14	n.d.	1.65	0.59	1.48	0.12	0.10	2.08	5.1	0.9	
2013/3/14	21.8	5.11	1.97	0.74	0.49	0.54	0.72	0.16	1.41	n.d.	1.83	n.d.	2.11	0.69	1.92	0.13	0.11	1.89	7.4	-1.9	
2013/3/25	12.9	5.46	1.44	0.74	0.30	0.19	0.62	0.15	1.53	n.d.	0.71	n.d.	0.97	0.59	0.79	0.10	0.07	1.24	13.0	-7.3	R1
2013/4/9	171.9	4.85	1.61	0.87	0.09	0.35	0.17	0.08	1.41	0.04	0.66	n.d.	1.14	0.14	0.92	0.09	0.07	1.49	8.3	-3.8	R1
2013/4/23	49.8	4.66	2.63	0.77	0.12	0.88	0.72	0.18	1.24	n.d.	2.89	n.d.	2.88	0.69	2.69	0.16	0.14	2.68	5.3	0.9	
2013/5/7	58.6	4.61	2.79	0.83	0.12	1.22	0.60	0.15	1.43	n.d.	2.84	n.d.	3.36	0.56	3.15	0.17	0.16	2.99	5.3	3.5	
2013/5/23	52.6	4.60	1.75	0.13	0.06	0.62	0.20	0.04	0.30	n.d.	1.87	n.d.	1.47	0.19	1.43	0.08	0.07	1.76	6.8	0.4	
2013/6/3	42.0	4.61	1.62	0.29	0.03	0.37	0.19	0.05	0.56	n.d.	1.15	n.d.	1.59	0.18	1.52	0.07	0.07	1.67	3.4	1.5	
2013/6/18	44.6	4.99	0.79	0.07	0.02	0.32	0.11	0.02	0.16	0.02	0.63	n.d.	0.52	0.11	0.51	0.04	0.03	0.74	19.1	-3.0	R1
2013/7/2	96.1	4.44	2.28	0.07	0.03	0.68	0.09	0.02	0.21	n.d.	2.25	n.d.	1.38	0.09	1.36	0.08	0.07	2.13	8.2	-3.5	R1
2013/7/16	38.6	4.85	1.32	0.16	0.03	0.69	0.18	0.04	0.32	n.d.	1.36	n.d.	1.20	0.17	1.16	0.07	0.06	1.31	12.3	-0.3	R1
2013/7/30	101.0	4.37	2.59	0.13	0.04	0.80	0.12	0.03	0.27	n.d.	2.16	n.d.	2.31	0.11	2.27	0.10	0.09	2.58	5.7	-0.2	
2013/8/13	71.0	4.48	2.23	0.15	0.07	1.03	0.20	0.04	0.29	0.02	2.23	n.d.	2.48	0.19	2.44	0.11	0.10	2.42	7.3	4.2	
2013/8/27	64.2	4.59	1.85	0.14	0.09	0.60	0.21	0.04	0.29	0.02	2.14	n.d.	1.28	0.20	1.24	0.08	0.07	1.79	7.1	-1.8	
2013/9/10	103.5	6.55	1.50	0.31	0.16	1.13	0.10	0.05	0.64	0.04	0.80	n.d.	1.30	0.09	1.22	0.09	0.06	1.07	21.0	-16.6	R1, R2
2013/9/24	112.1	5.85	1.05	1.12	0.06	0.09	0.10	0.14	2.07	n.d.	0.14	n.d.	0.52	0.06	0.23	0.07	0.07	0.98	1.0	-3.7	
2013/10/8	51.9	5.29	0.78	0.36	0.03	0.24	0.10	0.07	0.80	0.02	0.54	n.d.	0.48	0.08	0.39	0.04	0.04	0.73	3.9	-3.4	
2013/10/22	182.8	5.54	0.35	0.19	0.08	0.04	0.06	0.02	0.52	n.d.	0.14	n.d.	0.14	0.06	0.09	0.02	0.02	0.35	1.4	0.3	
2013/11/5	73.8	5.09	1.56	1.12	0.08	0.40	0.17	0.15	1.93	n.d.	0.55	n.d.	1.19	0.12	0.91	0.10	0.09	1.50	7.4	-1.9	
2013/11/19	14.6	4.79	1.67	0.61	0.06	0.50	0.16	0.08	1.12	n.d.	1.28	n.d.	1.16	0.13	1.01	0.09	0.08	1.58	6.3	-2.8	
2013/12/3	8.7	5.65	2.86	2.81	0.15	0.60	0.66	0.36	4.62	0.07	1.17	n.d.	2.59	0.56	1.89	0.23	0.20	2.88	4.7	0.4	
2013/12/27	23.8	5.22	0.65	0.14	0.05	0.11	0.25	0.04	0.50	0.05	0.52	n.d.	0.41	0.25	0.37	0.04	0.03	0.62	5.6	-2.4	
2014/1/7	0.0	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.	0.0	0.0	
2014/1/21	18.6	4.76	1.01	0.04	0.02	0.09	0.16	0.01	0.28	0.04	0.99	n.d.	0.53	0.16	0.52	0.03	0.04	0.97	-2.7	-2.0	

Appendix1. 桂不動谷津流域の降水分析データ。(続き)

Analytical data of precipitation at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	RF mm	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	nss-Ca ²⁺ mg L ⁻¹	nss-SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	EC _{cal} mS/m	R1	R2	QC
2014/2/4	3.7	5.60	1.89	0.91	0.16	0.57	0.80	0.13	1.50	0.01	2.04	n.d.	1.85	0.77	1.63	0.13	0.11	1.71	6.1	-4.9	
2014/2/18	150.5	5.20	0.74	0.35	0.03	0.19	0.08	0.04	0.65	n.d.	0.37	n.d.	0.47	0.07	0.38	0.04	0.03	0.68	8.4	-3.9	
2014/3/5	43.6	4.37	3.51	1.28	0.18	0.85	0.23	0.17	2.88	n.d.	1.69	n.d.	2.79	0.18	2.47	0.18	0.17	3.56	2.6	0.8	
2014/3/18	42.5	5.09	1.15	0.56	0.16	0.49	0.15	0.09	1.79	n.d.	0.62	n.d.	0.89	0.12	0.75	0.08	0.08	1.32	-0.4	7.2	
2014/4/4	187.8	5.33	0.92	0.43	0.05	0.38	0.15	0.07	0.68	n.d.	0.45	n.d.	0.90	0.13	0.79	0.06	0.05	0.84	3.1	-1.7	
2014/4/16	13.1	4.55	2.20	0.49	0.05	0.61	0.15	0.06	0.87	0.02	2.12	n.d.	1.17	0.14	1.05	0.10	0.08	2.04	7.7	-3.7	
2014/4/28	15.6	4.04	7.48	1.13	0.28	2.74	0.94	0.22	1.91	n.d.	6.69	0.04	7.94	0.90	7.66	0.36	0.33	7.46	5.1	-0.1 P	
2014/5/13	111.7	6.48	2.11	0.67	0.25	2.30	0.38	0.14	0.95	0.02	1.63	0.31	2.04	0.35	1.87	0.19	0.11	2.05	5.2	5.5 P	
2014/5/27	89.3	5.09	1.09	0.29	0.07	0.58	0.31	0.07	0.83	n.d.	0.91	n.d.	1.27	0.30	1.19	0.08	0.06	1.21	8.3	5.3 R1	
2014/6/10	147.3	4.70	1.55	0.48	0.04	0.30	0.11	0.06	0.76	n.d.	0.79	n.d.	1.20	0.10	1.08	0.07	0.06	1.44	7.8	-3.5	
2014/6/24	76.8	4.45	2.26	0.23	0.06	0.50	0.21	0.04	0.44	n.d.	1.85	n.d.	1.73	0.20	1.67	0.09	0.08	2.17	6.2	-1.9	
2014/7/8	160.2	5.07	1.00	0.16	0.05	0.51	0.07	0.02	0.28	n.d.	0.91	n.d.	1.12	0.06	1.08	0.05	0.05	0.93	4.4	-3.6	
2014/7/22	107.5	4.51	1.71	0.12	0.02	0.32	0.08	0.02	0.24	n.d.	1.22	n.d.	1.15	0.07	1.12	0.06	0.05	1.65	8.4	-1.8 R1	
2014/8/5	33.0	4.69	1.79	0.12	0.05	1.14	0.19	0.03	0.49	0.40	1.96	n.d.	1.53	0.18	1.50	0.10	0.09	1.86	8.5	2.1 R1	
2014/8/19	57.3	4.54	2.01	0.45	0.15	0.57	0.13	0.07	1.57	n.d.	1.43	n.d.	1.39	0.12	1.28	0.10	0.10	2.16	-0.2	3.7	
2014/9/3	47.6	4.54	1.90	0.26	0.05	0.46	0.11	0.03	0.50	n.d.	1.34	n.d.	1.38	0.10	1.31	0.08	0.06	1.80	7.9	-2.7	
2014/9/16	68.1	4.59	1.62	0.12	0.03	0.61	0.08	0.02	0.34	0.01	1.47	n.d.	1.25	0.07	1.22	0.07	0.06	1.66	8.4	1.1 R1	
2014/9/30	11.0	5.56	4.34	1.68	1.42	3.97	0.32	0.24	2.85	0.55	3.16	1.70	7.15	0.25	6.73	0.37	0.35	4.72	-3.4	6.4 P	
2014/10/11	226.4	5.62	0.25	0.04	0.01	0.13	0.02	0.00	0.06	n.d.	0.10	n.d.	0.17	0.02	0.16	0.01	0.01	0.21	-55.1	20.3 R1, R2	
2014/10/29	77.2	5.44	1.75	1.84	0.11	0.32	0.15	0.19	3.03	n.d.	0.26	n.d.	0.97	0.08	0.51	0.13	0.11	1.65	-8.0	2.2	
2014/11/12	19.1	4.30	3.54	1.39	0.09	0.36	0.29	0.11	1.92	n.d.	2.26	n.d.	2.44	0.24	2.09	0.16	0.14	3.42	5.0	-1.7	
2014/11/25	7.4	4.49	2.48	0.33	0.08	0.50	0.32	0.04	0.50	n.d.	1.79	n.d.	2.38	0.30	2.30	0.10	0.09	2.24	1.6	-5.1	
2014/12/9	51.9	4.83	1.36	0.42	0.03	0.12	0.07	0.07	0.70	0.01	0.58	n.d.	0.91	0.05	0.80	0.05	0.05	1.08	1.2	-11.5	
2014/12/24	29.5	4.93	1.21	0.32	0.26	0.15	0.25	0.05	0.55	n.d.	0.96	n.d.	0.85	0.23	0.77	0.06	0.05	1.05	7.6	-7.1	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。
Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed.

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECal mS/m	R1	R2	QC
2000/6/30	6.8	4.07	3.29	0.58	0.00	2.14	0.95	3.85	n.d.	1.72	n.d.	4.65	8.20	6.77	0.34	0.37	4.28	-3.4	2.5	
2000/7/12	6.6	3.59	3.02	0.54	0.03	1.96	0.87	3.83	n.d.	2.00	n.d.	3.83	6.68	6.33	0.32	0.33	3.92	-2.0	4.4	
2000/7/18	6.7	4.02	3.15	0.60	0.00	2.31	0.94	3.67	n.d.	1.59	n.d.	4.59	7.30	6.63	0.35	0.34	4.17	0.1	1.9	
2000/7/25	6.7	4.18	3.28	0.67	0.01	2.47	0.97	3.59	n.d.	1.48	n.d.	5.08	7.77	6.88	0.36	0.36	4.37	0.7	2.2	
2000/7/31	6.7	4.21	3.24	0.64	0.00	2.35	0.96	3.71	n.d.	1.63	n.d.	5.17	7.59	6.97	0.35	0.36	4.35	-1.3	1.6	
2000/8/8	6.7	4.29	3.36	0.78	0.00	2.42	0.98	3.77	n.d.	1.54	n.d.	5.22	7.81	6.94	0.37	0.37	4.46	0.0	2.0	
2000/8/15	6.7	4.32	3.38	0.72	0.01	2.45	1.00	3.72	n.d.	1.85	n.d.	5.14	8.44	7.09	0.37	0.38	4.53	-1.3	2.4	
2000/8/23	6.7	4.45	3.34	0.70	0.00	2.57	1.01	3.75	n.d.	1.55	n.d.	5.62	8.17	6.91	0.37	0.38	4.59	-0.9	1.5	
2000/8/29	6.8	4.51	3.39	0.73	0.00	2.67	1.04	3.57	n.d.	1.48	n.d.	5.94	8.26	6.95	0.39	0.38	4.66	0.2	1.6	
2000/9/5	6.8	4.67	3.34	0.71	0.00	2.81	1.08	3.65	n.d.	1.71	n.d.	6.21	8.24	7.04	0.39	0.39	4.79	-0.3	1.3	
2000/9/6	6.8	4.71	3.47	0.75	0.02	2.76	1.12	3.93	n.d.	3.18	n.d.	5.06	8.81	7.00	0.40	0.41	4.92	-1.3	2.2	
2000/9/8	6.6	4.63	3.72	0.92	0.00	2.87	1.15	3.61	n.d.	2.59	n.d.	5.49	8.90	7.16	0.42	0.40	4.99	2.4	3.7	
2000/9/12	6.5	4.40	3.63	0.84	0.03	2.46	1.18	3.70	n.d.	5.11	n.d.	3.86	9.01	6.82	0.40	0.41	4.90	-1.7	5.4	
2000/9/19	6.6	4.15	3.35	0.65	0.00	2.20	0.97	3.86	n.d.	2.70	n.d.	4.53	7.51	7.17	0.35	0.37	4.38	-2.4	2.7	
2000/9/27	6.6	4.06	3.45	0.69	0.00	2.12	0.96	3.71	n.d.	2.78	n.d.	4.14	6.83	6.88	0.35	0.35	4.25	0.7	2.2	
2000/10/4	6.5	4.18	3.45	0.63	0.00	2.12	1.01	3.97	n.d.	3.55	n.d.	4.16	7.48	6.94	0.36	0.38	4.45	-3.1	3.2	
2000/10/12	6.7	4.20	3.36	0.66	0.00	2.34	0.99	3.68	n.d.	1.81	n.d.	4.67	7.41	7.04	0.36	0.35	4.31	1.4	1.3	
2000/10/17	6.9	4.20	3.41	0.68	0.01	2.45	1.02	3.74	n.d.	1.39	n.d.	5.06	8.07	6.92	0.37	0.37	4.45	1.0	2.9	
2000/10/27	6.6	4.21	3.36	0.68	0.00	2.33	1.00	3.70	n.d.	1.98	n.d.	4.93	7.81	7.01	0.36	0.37	4.41	-0.6	2.4	
2000/11/10	6.8	4.11	3.34	0.61	0.00	2.27	0.98	3.67	n.d.	1.74	n.d.	4.83	7.74	6.86	0.35	0.36	4.31	-0.6	2.4	
2000/11/24	6.7	3.97	3.36	0.59	0.00	2.08	0.97	3.79	n.d.	2.33	n.d.	4.30	7.17	6.64	0.35	0.35	4.22	-0.9	3.0	
2000/11/29	6.7	4.10	3.28	0.68	0.02	2.23	0.97	3.66	n.d.	1.77	n.d.	4.76	7.62	6.63	0.35	0.36	4.28	-0.5	2.2	
2000/12/7	6.8	4.06	3.19	0.56	0.01	2.31	0.98	3.70	n.d.	1.54	n.d.	5.25	7.95	6.58	0.35	0.37	4.35	-2.7	3.5	
2000/12/27	6.7	4.22	3.17	0.53	0.00	2.52	1.01	3.59	n.d.	1.36	n.d.	5.81	7.06	6.50	0.36	0.36	4.40	0.1	2.1	
2001/1/10	6.7	4.31	3.21	0.59	0.04	2.52	1.09	3.73	n.d.	2.54	n.d.	5.42	7.17	6.26	0.37	0.38	4.58	-0.5	3.0	
2001/1/11	6.6	4.24	3.25	0.61	0.01	2.51	1.05	3.75	n.d.	1.94	n.d.	5.75	8.12	6.44	0.37	0.39	4.62	-2.7	4.3	
2001/1/24	6.7	4.28	3.29	0.57	0.01	2.71	1.09	3.70	n.d.	1.37	n.d.	6.52	7.94	6.54	0.38	0.39	4.74	-1.2	5.1	
2001/1/31	6.6	4.14	3.39	0.57	0.01	2.54	1.07	3.76	n.d.	1.83	n.d.	6.01	7.34	6.31	0.38	0.38	4.64	-0.4	5.7	
2001/2/8	6.7	4.14	3.42	0.62	0.04	2.60	1.08	3.72	n.d.	1.78	n.d.	6.13	7.29	6.27	0.39	0.38	4.69	0.6	6.2	
2001/2/15	6.8	4.18	3.49	0.63	0.02	2.63	1.10	3.70	n.d.	1.60	n.d.	6.25	7.98	6.37	0.39	0.39	4.76	0.0	6.5	
2001/2/21	6.8	4.21	3.63	0.77	0.03	2.73	1.11	3.78	n.d.	1.40	n.d.	6.50	7.76	6.30	0.41	0.39	4.87	1.9	7.3	
2001/3/1	6.7	4.30	3.59	0.68	0.05	2.89	1.18	3.55	n.d.	2.46	n.d.	6.04	7.89	5.90	0.42	0.39	4.94	2.8	6.9	
2001/3/2	6.8	4.21	3.08	0.55	0.00	2.41	1.02	2.92	n.d.	2.99	n.d.	4.93	7.66	5.68	0.35	0.36	4.29	-0.9	1.0	
2001/3/2	6.6	4.17	3.50	0.63	0.01	2.68	1.15	3.49	n.d.	2.89	n.d.	5.77	7.44	5.79	0.40	0.39	4.78	1.3	6.8	
2001/3/14	6.6	4.06	3.59	0.61	0.02	2.62	1.10	3.71	n.d.	1.44	n.d.	6.08	8.12	6.03	0.39	0.39	4.74	0.9	7.7	
2001/3/21	6.6	4.14	3.71	0.68	0.03	2.75	1.12	3.71	n.d.	1.16	n.d.	6.32	8.06	6.05	0.41	0.39	4.84	2.9	7.8	
2001/3/29	6.7	4.25	3.67	0.70	0.03	2.84	1.18	3.69	n.d.	1.79	n.d.	5.96	8.32	5.89	0.42	0.39	4.91	3.1	7.2	
2001/4/11	6.8	4.11	3.80	0.72	0.00	2.62	1.09	3.84	n.d.	1.26	n.d.	5.76	8.91	6.16	0.40	0.39	4.80	1.2	7.8	
2001/4/20	6.8	4.39	3.95	0.75	0.03	2.99	1.23	3.83	n.d.	1.46	n.d.	6.04	9.87	6.35	0.44	0.42	5.16	2.8	8.1	
2001/4/26	6.9	4.27	3.26	0.65	0.00	2.38	0.98	3.59	n.d.	1.20	n.d.	5.90	9.77	6.44	0.36	0.40	4.58	-6.0	3.5	

n.d. は検出限界以下、n.a. はデータなしを示す。R1、R2 はそれぞれの基準が満たされなかったことを示す。
'n.d.' denotes 'not detected', 'n.a.' denotes 'not available'. R1 denotes over-criteria in R1. R2 denotes over-criteria in R2.

Appendix 2. 桂不動谷津流域の渓流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECal mS/m	R1	R2	QC
2001/5/2	6.8	4.43	3.27	0.66	0.02	2.59	1.03	3.61	n.d.	1.35	n.d.	6.16	9.40	6.43	0.37	0.41	4.71	-4.0	3.1	
2001/5/10	6.9	4.45	3.30	0.65	0.00	2.55	1.03	3.56	n.d.	1.43	n.d.	6.02	9.35	6.50	0.37	0.40	4.67	-3.8	2.4	
2001/5/17	6.8	4.48	3.25	0.69	0.00	2.64	1.11	2.94	n.d.	3.52	n.d.	4.81	9.15	6.42	0.38	0.39	4.62	-1.0	1.5	
2001/5/25	6.9	4.46	3.42	0.68	0.00	2.53	1.08	3.16	n.d.	2.89	n.d.	4.82	9.85	6.81	0.38	0.40	4.63	-2.1	1.9	
2001/5/30	6.9	4.35	3.36	0.67	0.01	2.44	1.02	3.55	n.d.	1.08	n.d.	5.67	8.84	6.79	0.37	0.38	4.51	-1.4	1.9	
2001/6/5	6.8	4.27	3.36	0.65	0.04	2.39	1.02	3.55	n.d.	2.15	n.d.	5.06	8.89	6.85	0.37	0.39	4.53	-2.3	3.0	
2001/6/12	6.9	4.28	3.45	0.69	0.03	2.51	1.06	3.46	n.d.	2.05	n.d.	5.18	9.02	6.78	0.38	0.39	4.61	-0.6	3.7	
2001/6/19	6.8	3.97	3.30	0.62	0.03	2.15	0.99	3.52	n.d.	2.56	n.d.	4.32	9.01	6.71	0.35	0.38	4.35	-3.9	4.6	
2001/6/26	6.8	4.13	3.64	0.72	0.00	2.56	1.09	3.65	n.d.	1.75	n.d.	5.10	9.24	6.87	0.39	0.39	4.68	0.7	6.2	
2001/7/3	6.9	4.23	3.52	0.71	0.04	2.58	1.07	3.59	n.d.	1.58	n.d.	5.34	10.08	6.81	0.39	0.40	4.73	-1.6	5.6	
2001/7/11	6.9	4.35	3.69	0.77	0.00	2.76	1.13	3.65	n.d.	1.59	n.d.	5.79	9.86	6.95	0.41	0.41	4.92	0.0	6.1	
2001/7/17	7.0	4.54	3.78	0.81	0.06	3.00	1.20	3.72	n.d.	1.69	n.d.	6.23	10.81	7.18	0.44	0.44	5.24	-0.2	7.2	
2001/7/19	6.9	4.42	3.48	0.75	0.01	2.57	1.09	3.57	n.d.	2.92	n.d.	4.94	9.74	7.03	0.39	0.41	4.78	-2.6	4.0	
2001/7/25	6.9	4.27	3.66	0.79	0.09	2.59	1.09	3.78	n.d.	2.30	n.d.	5.35	8.16	6.63	0.40	0.39	4.80	1.8	5.8	
2001/7/31	6.8	4.45	3.47	0.77	0.18	2.66	1.09	3.70	n.d.	1.73	n.d.	5.78	8.55	6.52	0.40	0.39	4.83	1.3	4.1	
2001/8/1	6.8	4.42	3.51	0.76	0.04	2.70	1.09	3.74	n.d.	1.76	n.d.	5.85	8.66	6.45	0.40	0.40	4.82	0.2	4.3	
2001/8/8	6.9	4.60	3.63	0.79	0.00	3.02	1.20	3.84	n.d.	1.80	n.d.	6.40	9.25	6.69	0.43	0.42	5.14	0.6	5.5	
2001/8/15	6.9	4.48	3.45	0.78	0.05	2.64	1.10	3.72	n.d.	2.23	n.d.	5.46	9.48	6.76	0.40	0.41	4.85	-1.8	3.9	
2001/8/20	7.0	4.54	3.50	0.76	0.02	2.80	1.11	3.29	n.d.	2.22	n.d.	5.52	9.27	6.82	0.40	0.40	4.79	1.1	2.7	
2001/8/24	6.8	4.32	4.12	0.87	0.04	2.73	1.25	4.08	n.d.	4.52	n.d.	4.24	6.92	6.70	0.44	0.39	5.05	6.4	7.8	
2001/8/29	7.0	4.33	3.44	0.72	0.03	2.28	1.01	3.48	n.d.	2.92	n.d.	4.70	7.96	6.85	0.37	0.37	4.47	-0.9	1.6	
2001/9/5	6.9	4.36	3.42	0.71	0.02	2.31	1.04	3.56	n.d.	3.01	n.d.	4.35	8.87	6.89	0.37	0.38	4.52	-2.1	1.7	
2001/9/8	6.9	4.41	3.37	0.72	0.02	2.80	1.11	3.75	n.d.	2.16	n.d.	4.91	9.04	7.15	0.40	0.39	4.73	0.8	3.5	
2001/9/11	6.4	4.28	2.80	0.74	0.02	2.29	1.06	4.01	n.d.	6.23	n.d.	3.62	4.34	5.48	0.34	0.36	4.42	-2.3	1.6	
2001/9/13	6.7	3.97	2.93	0.61	0.02	1.96	0.94	3.74	n.d.	4.21	n.d.	3.49	6.45	6.54	0.32	0.35	4.10	-4.8	1.7	
2001/9/19	6.6	3.90	3.01	0.61	0.00	1.99	0.89	3.67	n.d.	2.37	n.d.	4.11	7.54	6.84	0.32	0.35	4.06	-4.7	2.0	
2001/9/20	6.7	3.99	3.53	0.74	0.00	2.39	1.05	3.43	n.d.	2.15	n.d.	4.08	7.91	6.75	0.38	0.35	4.33	4.5	4.0	
2001/9/27	6.9	3.99	3.23	0.66	0.00	2.30	0.96	3.60	n.d.	1.64	n.d.	4.83	8.30	6.67	0.35	0.36	4.31	-1.9	3.8	
2001/10/4	6.9	3.99	3.32	0.64	0.00	2.08	0.94	3.75	n.d.	2.26	n.d.	4.37	8.17	6.64	0.34	0.37	4.27	-3.5	3.4	
2001/10/11	6.5	4.43	3.24	0.61	0.00	2.24	0.96	3.62	n.d.	1.61	n.d.	4.76	8.50	6.58	0.35	0.37	4.29	-2.6	-1.6	
2001/10/18	6.8	3.79	3.01	0.58	0.00	2.00	0.89	3.57	n.d.	2.07	n.d.	4.10	7.91	6.29	0.32	0.35	4.02	-4.5	2.9	
2001/10/25	6.8	3.90	3.09	0.55	0.03	1.88	0.87	3.77	n.d.	2.17	n.d.	4.33	7.93	6.67	0.32	0.36	4.09	-6.8	2.4	
2001/11/1	6.7	3.94	3.19	0.59	0.00	2.53	0.99	3.74	n.d.	1.69	n.d.	4.80	7.58	6.77	0.36	0.36	4.35	0.7	4.9	
2001/11/8	6.9	3.96	3.24	0.57	0.00	2.37	0.99	3.88	n.d.	1.74	n.d.	4.54	8.52	6.81	0.36	0.37	4.37	-2.2	4.9	
2001/11/15	6.9	3.82	3.06	0.52	0.00	2.16	0.92	3.69	n.d.	1.76	n.d.	4.36	8.08	6.58	0.33	0.36	4.12	-3.7	3.8	
2001/11/22	6.8	3.88	3.00	0.54	0.00	2.33	0.92	3.60	n.d.	1.48	n.d.	4.69	8.76	6.56	0.34	0.37	4.22	-4.3	4.2	
2001/11/29	6.8	4.01	2.99	0.54	0.00	2.42	0.94	3.52	n.d.	1.40	n.d.	4.93	9.06	6.47	0.34	0.37	4.29	-4.3	3.3	
2001/12/4	6.9	4.07	2.98	0.58	0.00	2.54	0.97	3.45	n.d.	1.47	n.d.	5.05	8.75	6.43	0.35	0.37	4.33	-2.6	3.1	
2001/12/13	6.8	4.08	2.97	0.56	0.03	2.65	1.00	3.70	n.d.	1.36	n.d.	5.95	7.44	6.66	0.36	0.37	4.48	-1.7	4.7	
2001/12/20	6.9	3.99	2.98	0.52	0.00	2.68	1.01	3.43	n.d.	1.26	n.d.	5.54	8.09	6.44	0.36	0.36	4.39	-0.7	4.7	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2001/12/27	6.8	4.22	3.13	0.57	0.00	2.76	1.05	3.80	n.d.	1.46	n.d.	6.18	8.04	6.47	0.37	0.39	4.68	-2.1	5.1	
2002/1/8	6.8	4.21	3.15	0.54	0.00	2.77	1.03	3.47	n.d.	1.27	n.d.	6.30	8.29	6.14	0.37	0.39	4.61	-1.5	4.6	
2002/1/16	6.9	4.38	3.27	0.57	0.00	2.85	1.05	3.43	n.d.	1.26	n.d.	6.36	8.26	6.09	0.39	0.38	4.68	0.1	3.3	
2002/1/23	6.9	4.39	3.29	0.57	0.00	2.80	1.08	3.77	n.d.	1.81	n.d.	5.80	8.03	6.09	0.39	0.39	4.70	-0.2	3.5	
2002/1/30	6.8	3.80	3.02	0.49	0.00	2.08	0.91	3.57	n.d.	2.09	n.d.	4.24	7.34	5.86	0.32	0.34	4.02	-3.0	2.8	
2002/2/6	6.8	3.71	3.09	0.50	0.00	2.11	0.89	3.34	n.d.	1.70	n.d.	4.52	7.60	5.67	0.33	0.34	4.01	-2.2	3.9	
2002/2/13	6.8	3.91	3.01	0.49	0.00	2.21	0.90	3.45	n.d.	1.21	n.d.	4.92	9.35	2.97	0.33	0.37	4.18	-6.4	3.4	
2002/2/20	6.9	4.00	3.05	0.54	0.00	2.40	0.95	3.47	n.d.	1.11	n.d.	5.26	8.87	3.16	0.34	0.37	4.30	-3.7	3.6	
2002/3/1	6.9	4.09	3.08	0.52	0.00	2.56	0.97	3.66	n.d.	1.16	n.d.	6.00	9.68	5.81	0.35	0.41	4.58	-6.7	5.7	
2002/3/5	7.0	4.21	3.18	0.58	0.04	2.65	1.00	3.70	n.d.	1.08	n.d.	6.16	9.73	5.84	0.37	0.41	4.70	-5.1	5.5	
2002/3/6	6.9	4.15	3.08	0.54	0.00	2.60	0.98	3.72	n.d.	0.99	n.d.	6.08	9.85	5.93	0.36	0.41	4.62	-6.6	5.4	
2002/3/13	6.9	4.21	3.03	0.53	0.00	2.61	0.96	3.62	n.d.	0.93	n.d.	6.14	9.37	5.92	0.35	0.40	4.55	-5.8	3.9	
2002/3/20	7.0	4.32	3.13	0.56	0.00	2.71	1.01	3.55	n.d.	0.94	n.d.	6.48	10.73	5.87	0.37	0.43	4.77	-7.2	4.9	
2002/3/27	6.9	4.42	3.02	0.65	0.03	2.84	1.04	3.66	n.d.	0.99	n.d.	6.64	10.69	5.36	0.38	0.43	4.88	-6.9	5.0	
2002/4/5	6.9	4.20	3.13	0.59	0.00	2.41	0.94	3.79	n.d.	1.21	n.d.	5.51	9.97	5.76	0.35	0.40	4.52	-7.4	3.7	
2002/4/11	6.9	4.27	3.21	0.61	0.00	2.63	1.03	3.74	n.d.	1.10	n.d.	5.87	8.97	6.01	0.37	0.39	4.61	-2.8	3.9	
2002/4/17	7.0	4.32	3.30	0.65	0.03	2.62	1.03	3.62	n.d.	0.98	n.d.	5.77	8.65	5.98	0.38	0.38	4.57	-0.3	2.8	
2002/4/24	7.0	4.30	3.22	0.61	0.03	2.21	1.01	3.35	n.d.	1.05	n.d.	5.17	9.73	6.22	0.35	0.38	4.34	-3.8	0.5	
2002/5/1	6.9	4.40	3.23	0.63	0.03	2.74	1.04	3.52	n.d.	1.03	n.d.	5.73	9.76	6.33	0.38	0.40	4.65	-1.9	2.7	
2002/5/8	6.9	4.33	3.17	0.64	0.03	2.38	1.02	3.38	n.d.	1.42	n.d.	5.42	8.96	6.26	0.36	0.38	4.43	-2.6	1.1	
2002/5/15	6.9	4.25	3.27	0.63	0.04	2.52	1.01	3.75	n.d.	1.33	n.d.	5.35	8.62	6.09	0.37	0.38	4.52	-1.4	3.1	
2002/5/22	6.9	4.22	3.86	0.75	0.06	2.08	1.12	3.79	n.d.	1.29	n.d.	5.33	9.17	5.34	0.39	0.39	4.64	-0.3	4.7	
2002/5/29	7.0	4.28	3.27	0.65	0.06	2.69	1.03	3.61	n.d.	1.15	n.d.	5.71	9.19	6.22	0.38	0.39	4.64	-1.1	4.1	
2002/6/5	6.9	4.48	3.46	0.68	0.04	2.75	1.09	3.62	n.d.	1.35	n.d.	6.07	9.81	6.41	0.40	0.41	4.86	-1.7	4.0	
2002/6/12	6.9	4.68	3.50	0.70	0.00	2.86	1.13	3.48	n.d.	1.34	n.d.	6.03	9.68	6.64	0.41	0.40	4.86	0.2	1.8	
2002/6/14	7.1	4.55	3.48	0.70	0.00	2.78	1.13	3.42	n.d.	1.18	n.d.	6.03	9.22	6.65	0.40	0.39	4.76	1.1	2.3	
2002/6/19	6.9	4.35	3.44	0.69	0.00	2.45	1.08	3.48	n.d.	2.39	n.d.	4.63	7.76	6.56	0.38	0.36	4.45	2.5	1.1	
2002/6/26	6.9	4.43	3.42	0.69	0.00	2.60	1.07	3.41	n.d.	1.33	n.d.	5.19	9.05	6.72	0.38	0.37	4.53	1.4	1.1	
2002/7/3	6.9	4.49	3.42	0.68	0.00	2.58	1.06	3.62	n.d.	1.19	n.d.	5.30	9.10	6.99	0.38	0.38	4.57	0.2	0.9	
2002/7/4	6.8	4.53	3.56	0.73	0.04	2.48	1.04	3.67	n.d.	1.25	n.d.	5.55	9.71	7.04	0.39	0.40	4.69	-1.7	1.7	
2002/7/9	7.2	4.64	3.43	0.72	0.00	2.67	1.07	3.48	n.d.	1.19	n.d.	5.73	10.21	6.95	0.39	0.40	4.73	-1.9	1.0	
2002/7/23	6.8	4.03	3.23	0.63	0.00	2.40	0.96	3.69	n.d.	1.39	n.d.	4.68	8.85	7.00	0.36	0.37	4.34	-1.9	3.7	
2002/7/31	6.7	4.19	3.29	0.62	0.00	2.61	1.01	3.66	n.d.	1.15	n.d.	5.19	10.77	7.00	0.37	0.41	4.62	-4.3	4.9	
2002/8/2	6.9	4.38	3.09	0.62	0.00	2.49	1.02	3.78	n.d.	1.80	n.d.	5.27	10.45	6.75	0.36	0.42	4.64	-7.5	2.9	
2002/8/6	6.9	4.39	3.20	0.64	0.00	2.65	1.01	3.63	n.d.	1.11	n.d.	5.36	10.51	6.85	0.37	0.40	4.62	-4.3	2.5	
2002/8/9	6.9	4.46	3.05	0.63	0.00	2.45	0.95	3.75	n.d.	1.28	n.d.	5.72	9.76	6.94	0.35	0.41	4.55	-7.4	1.0	
2002/8/13	6.8	4.50	3.14	0.64	0.03	2.73	1.03	3.48	n.d.	1.16	n.d.	5.55	9.89	7.01	0.38	0.39	4.61	-2.4	1.2	
2002/8/21	6.8	4.59	3.11	0.64	0.00	2.82	1.03	3.69	n.d.	1.36	n.d.	6.03	9.85	7.11	0.38	0.41	4.76	-4.5	1.9	
2002/8/28	7.0	4.59	3.21	0.68	0.00	2.93	1.07	3.57	n.d.	1.55	n.d.	5.90	9.99	7.07	0.39	0.41	4.83	-2.6	2.5	
2002/9/3	6.9	4.75	3.23	0.69	0.00	2.98	1.09	3.59	n.d.	1.50	n.d.	6.34	10.85	7.23	0.40	0.44	4.99	-4.6	2.5	

Appendix 2. 桂不動谷津流域の渓流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2002/9/10	6.6	4.38	3.18	0.61	0.00	2.38	1.06	3.96	n.d.	3.96	n.d.	3.84	7.93	6.74	0.36	0.39	4.51	-3.4	1.5	
2002/9/17	6.9	4.16	3.33	0.58	0.00	2.28	1.02	3.79	n.d.	2.60	n.d.	4.09	8.36	6.86	0.36	0.37	4.37	-1.9	2.4	
2002/9/25	6.8	4.18	3.26	0.60	0.00	2.53	0.98	3.76	n.d.	1.72	n.d.	5.06	9.02	6.98	0.36	0.39	4.52	-3.0	3.9	
2002/9/30	6.8	4.25	3.41	0.63	0.00	2.55	1.04	3.74	n.d.	2.06	n.d.	4.53	9.30	7.05	0.38	0.39	4.55	-1.1	3.4	
2002/10/2	6.6	4.36	3.66	0.73	0.04	2.16	1.13	3.94	n.d.	4.27	n.d.	3.39	7.25	6.40	0.38	0.37	4.53	1.6	1.9	
2002/10/3	6.7	4.17	3.20	0.57	0.00	2.12	0.97	4.03	n.d.	3.50	n.d.	3.65	7.61	6.66	0.34	0.37	4.30	-4.4	1.5	
2002/10/10	6.8	4.13	3.24	0.61	0.04	2.48	1.01	3.98	n.d.	1.78	n.d.	4.66	8.41	6.87	0.37	0.38	4.47	-1.4	4.0	
2002/10/15	6.8	4.12	3.22	0.60	0.00	2.37	0.96	3.86	n.d.	1.52	n.d.	4.96	8.95	6.84	0.35	0.38	4.43	-4.1	3.6	
2002/10/16	6.9	4.13	3.17	0.59	0.00	2.14	0.91	3.85	n.d.	1.44	n.d.	5.01	8.74	6.87	0.33	0.38	4.30	-6.2	2.1	
2002/10/22	6.8	4.15	3.31	0.60	0.00	2.49	1.07	4.17	n.d.	2.67	n.d.	4.32	8.73	6.71	0.37	0.39	4.61	-2.9	5.2	
2002/10/29	6.8	4.14	3.26	0.56	0.00	2.30	0.95	3.87	n.d.	1.58	n.d.	4.97	8.75	6.71	0.35	0.38	4.40	-4.4	3.0	
2002/11/5	6.8	4.10	3.20	0.62	0.00	2.39	0.98	3.84	n.d.	1.39	n.d.	5.37	8.96	6.58	0.36	0.39	4.49	-4.6	4.5	
2002/11/12	6.8	4.11	3.16	0.54	0.00	2.41	0.95	3.64	n.d.	1.25	n.d.	5.51	9.03	6.53	0.35	0.39	4.43	-4.9	3.7	
2002/11/19	6.9	4.20	3.17	0.54	0.00	2.52	0.97	3.59	n.d.	1.18	n.d.	5.69	8.80	6.58	0.36	0.38	4.47	-3.5	3.1	
2002/11/27	6.9	4.35	3.15	0.57	0.03	2.77	1.09	3.84	n.d.	1.73	n.d.	5.56	8.11	6.83	0.38	0.38	4.65	-0.5	3.4	
2002/12/3	6.8	4.27	2.99	0.51	0.00	2.55	0.98	3.48	n.d.	1.25	n.d.	5.76	8.97	6.79	0.35	0.39	4.44	-4.6	2.0	
2002/12/11	6.2	3.07	3.21	0.56	0.03	2.56	1.08	4.23	n.d.	2.01	n.d.	5.64	8.99	6.97	0.37	0.42	4.81	-5.5	22.1	R2
2002/12/17	6.8	4.12	3.20	0.60	0.00	2.35	0.98	4.03	n.d.	1.68	n.d.	5.53	8.48	6.61	0.35	0.39	4.54	-5.7	4.9	
2002/12/25	6.9	4.23	3.19	0.53	0.00	2.35	0.99	4.03	n.d.	1.66	n.d.	5.61	8.67	6.83	0.35	0.40	4.55	-6.4	3.7	
2003/1/7	7.0	4.08	3.43	0.48	0.00	2.33	0.96	3.92	n.d.	1.54	n.d.	5.65	9.14	6.47	0.36	0.40	4.58	-6.1	5.8	
2003/1/14	6.8	4.17	3.54	0.50	0.00	2.56	0.99	3.82	n.d.	1.30	n.d.	5.92	8.14	6.46	0.38	0.39	4.62	-1.2	5.1	
2003/1/23	6.8	4.07	3.26	0.52	0.00	2.52	0.99	3.63	n.d.	1.35	n.d.	5.86	8.16	6.01	0.36	0.38	4.50	-2.3	5.1	
2003/1/28	6.8	4.19	3.55	0.57	0.00	2.29	0.97	4.11	n.d.	3.51	n.d.	4.54	7.25	5.85	0.36	0.39	4.57	-3.0	4.3	
2003/2/4	6.8	4.00	3.49	0.47	0.00	2.08	1.00	3.84	n.d.	1.44	n.d.	5.19	8.11	6.36	0.35	0.37	4.36	-3.1	4.3	
2003/2/14	6.9	4.06	3.25	0.51	0.05	1.97	0.86	4.08	n.d.	1.15	n.d.	6.11	6.72	6.36	0.33	0.37	4.31	-6.4	3.0	
2003/2/19	6.7	4.04	3.36	0.47	0.00	2.31	0.95	3.54	n.d.	1.10	n.d.	5.38	7.15	6.39	0.35	0.35	4.23	0.7	2.4	
2003/2/26	6.7	4.06	3.27	0.46	0.00	2.29	0.94	3.81	n.d.	0.99	n.d.	5.78	9.04	6.33	0.35	0.39	4.45	-6.3	4.6	
2003/3/4	6.7	3.74	3.19	0.45	0.00	1.93	0.89	4.17	n.d.	2.31	n.d.	4.26	6.95	6.19	0.32	0.36	4.13	-5.5	4.9	
2003/3/11	6.5	3.58	3.01	0.40	0.00	1.88	0.84	3.90	n.d.	1.53	n.d.	4.00	7.27	6.01	0.30	0.34	3.88	-5.1	4.0	
2003/3/19	6.7	3.67	3.06	0.46	0.03	2.17	0.94	3.91	n.d.	1.02	n.d.	4.79	6.26	6.31	0.33	0.33	4.04	0.5	4.8	
2003/3/25	6.8	3.84	3.23	0.52	0.04	2.21	0.90	4.12	n.d.	0.37	n.d.	5.48	8.60	6.22	0.34	0.38	4.34	-5.1	6.1	
2003/4/2	6.6	3.93	3.54	0.52	0.00	2.29	0.90	3.89	n.d.	0.76	n.d.	5.47	7.52	6.24	0.36	0.36	4.34	-0.5	4.9	
2003/4/8	6.7	3.72	3.81	0.49	0.00	2.15	0.93	3.99	n.d.	1.70	n.d.	4.92	6.50	6.24	0.36	0.35	4.32	1.9	7.5	
2003/4/10	6.7	3.82	3.63	0.64	0.00	2.08	0.87	4.63	n.d.	0.83	n.d.	5.02	7.31	6.35	0.35	0.37	4.38	-2.6	6.8	
2003/4/16	6.6	3.82	3.94	0.54	0.00	2.49	1.01	3.88	n.d.	0.85	n.d.	4.55	7.37	6.45	0.39	0.34	4.38	7.4	6.8	
2003/4/22	6.9	3.88	3.62	0.47	0.00	2.01	0.99	4.30	n.d.	0.76	n.d.	5.03	7.05	6.39	0.35	0.35	4.28	-0.3	4.9	
2003/4/30	6.8	4.12	3.68	0.54	0.00	1.89	0.99	3.96	n.d.	0.99	n.d.	5.00	8.27	6.19	0.35	0.37	4.30	-2.4	2.2	
2003/5/2	6.9	3.97	3.67	0.51	0.00	1.95	0.97	3.98	n.d.	0.64	n.d.	5.13	7.53	6.45	0.35	0.35	4.24	-0.4	3.2	
2003/5/6	7.0	4.07	3.82	0.54	0.00	2.19	1.08	3.88	n.d.	0.56	n.d.	5.36	7.73	6.47	0.38	0.36	4.42	2.9	4.1	
2003/5/9	7.0	4.07	3.71	0.50	0.00	1.99	1.04	3.96	n.d.	0.56	n.d.	5.41	8.69	6.58	0.36	0.38	4.40	-2.3	3.9	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2003/5/13	6.9	4.27	3.84	0.51	0.00	2.08	1.14	3.95	n.d.	0.52	n.d.	5.55	9.12	6.67	0.38	0.38	4.55	-0.9	3.2	
2003/5/14	7.3	5.29	3.90	0.52	0.00	2.06	1.08	3.94	n.d.	0.47	n.d.	5.55	8.58	6.54	0.37	0.37	4.48	0.0	-8.2	
2003/5/21	6.9	4.14	3.89	0.57	0.00	2.07	1.11	3.54	n.d.	1.24	n.d.	4.76	8.94	6.36	0.38	0.37	4.41	1.8	3.1	
2003/5/23	6.9	4.33	4.08	0.55	0.00	2.07	1.09	3.99	n.d.	0.69	n.d.	5.72	9.74	6.56	0.38	0.40	4.69	-2.3	4.0	
2003/5/28	6.8	4.39	3.73	0.65	0.00	2.85	1.11	3.79	n.d.	0.71	n.d.	6.17	9.13	6.71	0.41	0.40	4.86	2.0	5.1	
2003/6/3	6.8	4.19	3.48	0.56	0.00	1.96	0.88	4.03	n.d.	1.31	n.d.	4.80	7.94	6.91	0.34	0.36	4.23	-4.1	0.5	
2003/6/10	6.9	4.28	3.24	0.52	0.00	2.60	1.15	3.83	n.d.	1.10	n.d.	5.72	8.58	6.93	0.38	0.39	4.61	-0.9	3.7	
2003/6/18	6.7	4.39	3.40	0.63	0.04	2.86	1.30	3.87	n.d.	1.40	n.d.	5.41	9.11	6.99	0.42	0.39	4.86	2.8	5.1	
2003/6/25	6.8	4.18	3.14	0.83	0.04	2.71	1.15	3.42	n.d.	1.70	n.d.	5.57	8.89	5.66	0.39	0.39	4.68	0.6	5.6	
2003/6/27	6.6	4.13	3.53	0.61	0.03	2.34	1.16	4.04	n.d.	2.34	n.d.	4.46	7.82	6.74	0.38	0.37	4.56	1.4	4.9	
2003/7/1	6.8	4.22	3.31	0.58	0.00	2.37	1.12	3.78	n.d.	1.61	n.d.	4.84	9.01	6.94	0.37	0.38	4.49	-1.5	3.1	
2003/7/3	6.7	4.28	3.43	0.58	0.00	2.46	1.02	3.93	n.d.	1.35	n.d.	5.29	9.44	7.05	0.37	0.40	4.61	-3.5	3.7	
2003/7/9	6.6	3.97	3.40	0.55	0.00	2.10	1.09	4.28	n.d.	2.20	n.d.	4.34	7.56	7.04	0.36	0.37	4.40	-1.9	5.2	
2003/7/11	6.6	3.95	3.36	0.55	0.00	1.84	0.94	4.18	n.d.	1.68	n.d.	4.39	8.63	7.11	0.33	0.38	4.25	-6.8	3.7	
2003/7/17	6.7	4.10	3.50	0.58	0.00	2.26	1.03	3.99	n.d.	1.55	n.d.	4.81	8.37	7.01	0.36	0.37	4.45	-1.4	4.1	
2003/7/23	6.7	4.24	3.23	0.54	0.00	2.19	0.97	4.04	n.d.	1.50	n.d.	5.30	8.96	7.10	0.34	0.40	4.46	-7.0	2.6	
2003/7/29	6.7	4.25	3.31	0.56	0.00	2.35	0.98	4.05	n.d.	1.37	n.d.	5.02	9.14	7.26	0.36	0.39	4.49	-4.6	2.8	
2003/8/6	6.7	4.36	3.30	0.59	0.00	2.32	1.01	3.70	n.d.	1.32	n.d.	4.85	9.95	7.14	0.36	0.39	4.45	-4.3	1.0	
2003/8/8	6.7	4.37	3.30	0.59	0.00	2.24	0.97	3.89	n.d.	1.31	n.d.	5.27	10.27	7.14	0.35	0.41	4.54	-7.7	1.9	
2003/8/10	7.0	4.41	3.60	0.66	0.00	2.09	0.98	4.07	n.d.	2.47	n.d.	4.31	8.19	7.10	0.36	0.38	4.44	-2.7	0.3	
2003/8/12	6.7	4.33	3.50	0.59	0.00	2.17	0.99	3.86	n.d.	1.70	n.d.	4.45	10.03	7.24	0.36	0.39	4.45	-4.8	1.4	
2003/8/15	6.4	4.45	3.10	0.69	0.04	2.45	1.35	4.08	n.d.	5.62	n.d.	4.10	6.88	5.99	0.39	0.40	4.87	-1.9	4.5	
2003/8/19	6.4	3.94	3.21	0.53	0.00	2.00	1.10	4.18	n.d.	2.36	n.d.	4.07	8.25	6.82	0.34	0.38	4.34	-4.5	4.8	
2003/8/26	6.7	3.99	3.38	0.57	0.00	1.98	1.05	3.77	n.d.	1.54	n.d.	4.36	9.67	7.00	0.35	0.38	4.32	-4.6	3.9	
2003/8/28	6.7	4.19	3.22	0.60	0.00	2.47	1.23	4.01	n.d.	1.61	n.d.	4.68	9.07	7.09	0.38	0.39	4.58	-0.7	4.5	
2003/9/2	6.8	4.22	3.17	0.60	0.00	2.29	1.11	3.87	n.d.	1.44	n.d.	4.95	9.43	7.13	0.36	0.39	4.48	-4.1	3.0	
2003/9/9	6.8	4.34	3.29	0.62	0.00	2.70	1.10	4.30	n.d.	0.86	n.d.	5.74	10.20	7.06	0.38	0.42	4.85	-4.6	5.5	
2003/9/16	6.9	4.31	3.27	0.60	0.00	2.49	1.00	3.93	n.d.	0.51	n.d.	5.77	10.04	7.16	0.36	0.40	4.60	-5.1	3.3	
2003/9/21	6.8	4.48	3.22	0.59	0.00	2.39	1.22	3.24	n.d.	4.31	n.d.	4.47	9.35	6.45	0.37	0.41	4.68	-4.1	2.2	
2003/9/24	6.9	4.18	3.48	0.60	0.00	1.86	0.99	4.09	n.d.	2.52	n.d.	4.78	8.23	6.90	0.34	0.39	4.43	-6.7	2.9	
2003/9/30	6.8	4.29	3.28	0.55	0.00	2.26	1.08	3.79	n.d.	1.69	n.d.	4.95	10.29	6.89	0.36	0.41	4.55	-6.2	2.9	
2003/10/7	6.9	4.37	3.54	0.62	0.00	1.87	0.96	3.91	n.d.	1.57	n.d.	5.75	9.56	6.87	0.34	0.41	4.54	-9.2	1.9	R1
2003/10/15	6.9	4.29	3.34	0.59	0.00	1.85	0.97	3.29	n.d.	2.51	n.d.	4.86	9.87	6.68	0.33	0.40	4.34	-8.7	0.6	R1
2003/10/21	7.0	4.43	3.09	0.51	0.00	2.36	1.08	3.54	n.d.	1.56	n.d.	5.67	9.36	6.82	0.35	0.40	4.51	-5.6	0.9	
2003/10/28	6.8	4.54	3.54	0.61	0.00	1.92	1.05	3.79	n.d.	2.58	n.d.	4.76	10.11	6.76	0.35	0.41	4.56	-8.0	0.2	
2003/11/5	6.9	4.48	3.06	0.49	0.00	2.29	1.08	3.62	n.d.	1.53	n.d.	5.23	10.27	6.77	0.35	0.40	4.49	-7.3	0.1	
2003/11/6	6.8	4.58	3.42	0.53	0.00	2.48	1.29	3.78	n.d.	2.23	n.d.	5.00	9.88	6.65	0.39	0.41	4.77	-2.0	2.1	
2003/11/11	6.9	4.46	3.39	0.54	0.00	2.34	1.07	3.64	n.d.	2.57	n.d.	4.65	9.55	6.55	0.37	0.40	4.56	-4.1	1.1	
2003/11/18	7.0	4.23	3.31	0.47	0.00	2.21	1.00	3.84	n.d.	1.60	n.d.	5.17	9.71	6.85	0.35	0.40	4.49	-7.0	2.9	
2003/11/26	6.7	4.20	3.30	0.49	0.00	2.09	1.04	3.98	n.d.	3.55	n.d.	3.99	6.16	6.40	0.35	0.35	4.27	-1.1	0.9	

Appendix 2. 桂不動谷津流域の渓流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	EC _{cal} mS/m	R1	R2	QC
2003/12/1	6.7	4.02	2.96	0.42	0.00	1.93	0.93	3.80	n.d.	3.03	n.d.	3.52	6.41	6.24	0.31	0.33	3.93	-3.4	-1.1	
2003/12/2	6.7	3.92	2.88	0.40	0.00	1.79	0.89	3.67	n.d.	2.44	n.d.	3.47	6.64	6.39	0.30	0.32	3.76	-4.1	-2.0	
2003/12/2	6.7	3.93	2.84	0.39	0.00	1.82	0.82	3.66	n.d.	2.32	n.d.	3.49	6.26	6.35	0.29	0.32	3.69	-3.9	-3.1	
2003/12/3	6.8	3.89	3.08	0.40	0.00	1.96	0.97	3.95	n.d.	2.32	n.d.	3.90	6.68	6.44	0.32	0.34	4.01	-2.6	1.6	
2003/12/4	6.7	3.88	3.04	0.48	0.00	1.94	0.95	3.71	n.d.	1.98	n.d.	3.80	7.22	6.25	0.32	0.33	3.94	-2.2	0.7	
2003/12/9	6.8	3.91	3.15	0.38	0.00	1.94	1.11	3.64	n.d.	1.52	n.d.	4.29	6.88	6.43	0.34	0.33	4.00	0.9	1.1	
2003/12/16	6.7	3.96	3.10	0.39	0.00	2.08	1.17	3.85	n.d.	1.47	n.d.	4.93	7.44	6.76	0.35	0.36	4.25	-1.7	3.5	
2003/12/25	6.8	4.06	3.11	0.47	0.00	2.20	1.02	3.82	n.d.	1.31	n.d.	5.32	7.81	6.76	0.34	0.37	4.30	-3.7	2.9	
2004/1/7	6.9	3.96	3.04	0.37	0.00	2.21	1.22	3.72	n.d.	1.20	n.d.	5.76	7.92	6.83	0.35	0.37	4.40	-3.0	5.3	
2004/1/14	7.0	4.16	3.38	0.45	0.00	2.62	1.25	3.71	n.d.	1.19	n.d.	5.95	7.39	6.78	0.39	0.37	4.62	3.1	5.2	
2004/1/21	6.8	4.13	3.56	0.47	0.00	2.59	1.41	3.86	n.d.	1.14	n.d.	6.29	7.56	6.78	0.41	0.38	4.82	3.8	7.7	
2004/1/28	6.8	4.20	3.03	0.36	0.00	2.41	1.25	3.89	n.d.	1.18	n.d.	6.70	7.93	5.82	0.36	0.40	4.66	-4.5	5.2	
2004/2/3	6.9	4.23	2.98	0.41	0.00	2.57	1.13	3.81	n.d.	1.21	n.d.	6.57	7.68	6.78	0.36	0.39	4.60	-3.8	4.2	
2004/2/10	6.8	4.26	2.99	0.40	0.00	2.17	0.93	3.60	n.d.	1.13	n.d.	6.54	7.67	6.64	0.33	0.38	4.34	-8.0	0.9	
2004/2/11	6.8	4.30	3.03	0.40	0.00	2.22	1.15	3.86	n.d.	1.21	n.d.	6.85	8.43	6.64	0.35	0.41	4.63	-8.1	3.7	
2004/2/17	6.9	4.37	2.98	0.43	0.00	2.40	1.04	3.37	n.d.	0.98	n.d.	6.33	8.25	6.67	0.35	0.38	4.40	-4.4	0.3	
2004/2/25	6.9	4.46	3.19	0.44	0.00	2.94	1.23	4.19	n.d.	1.22	n.d.	7.82	7.88	6.70	0.40	0.43	5.11	-3.8	6.8	
2004/3/2	7.0	4.45	3.25	0.42	0.00	3.00	1.36	4.15	n.d.	1.15	n.d.	7.12	8.64	6.67	0.41	0.43	5.12	-1.4	7.0	
2004/3/9	6.9	4.49	3.62	0.50	0.00	2.62	1.00	3.63	n.d.	1.01	n.d.	7.24	8.73	6.55	0.38	0.41	4.84	-3.7	3.8	
2004/3/17	6.9	4.58	2.87	0.47	0.00	2.54	1.06	3.48	n.d.	0.94	n.d.	7.10	8.04	6.53	0.35	0.39	4.56	-5.6	-0.2	
2004/3/24	7.0	4.49	3.09	0.33	0.00	2.54	1.37	3.73	n.d.	1.52	n.d.	6.89	8.19	6.63	0.38	0.41	4.82	-3.2	3.5	
2004/3/30	7.0	4.56	3.11	0.43	0.00	3.04	1.34	3.69	n.d.	1.25	n.d.	7.27	8.26	6.62	0.41	0.41	5.00	-0.3	4.6	
2004/3/31	6.7	4.19	2.88	0.46	0.00	2.12	1.16	3.51	n.d.	3.55	n.d.	4.56	8.62	5.82	0.34	0.39	4.41	-7.4	2.5	
2004/4/6	6.7	3.92	3.16	0.40	0.00	2.18	1.04	4.27	n.d.	1.94	n.d.	5.02	6.92	6.50	0.34	0.37	4.36	-3.9	5.3	
2004/4/13	6.9	4.11	3.10	0.36	0.00	2.40	1.16	3.67	n.d.	1.19	n.d.	5.47	8.15	6.69	0.36	0.37	4.40	-1.5	3.4	
2004/4/20	6.9	4.27	3.08	0.34	0.00	2.25	1.03	3.52	n.d.	1.47	n.d.	5.31	9.10	6.63	0.34	0.38	4.33	-5.9	0.7	
2004/4/28	6.9	4.38	3.10	0.41	0.00	2.40	1.13	3.48	n.d.	1.40	n.d.	5.49	8.93	6.81	0.36	0.38	4.44	-3.1	0.7	
2004/4/30	6.9	4.29	3.01	0.49	0.00	2.12	1.10	3.56	n.d.	1.32	n.d.	5.48	8.53	6.84	0.34	0.38	4.31	-5.0	0.3	
2004/5/6	6.9	4.36	3.08	0.50	0.00	2.18	1.08	3.65	n.d.	0.96	n.d.	5.68	9.61	6.85	0.34	0.39	4.43	-6.7	0.8	
2004/5/12	7.0	4.30	3.07	0.50	0.00	1.95	1.11	3.60	n.d.	1.20	n.d.	5.24	8.18	6.95	0.34	0.36	4.21	-4.1	-1.0	
2004/5/18	6.8	3.98	3.10	0.42	0.00	2.11	1.08	3.86	n.d.	1.40	n.d.	4.52	7.53	6.96	0.34	0.35	4.15	-1.3	2.1	
2004/5/21	6.5	3.95	2.56	0.39	0.00	1.59	1.29	3.80	n.d.	3.60	n.d.	3.98	5.75	5.80	0.31	0.34	3.99	-5.4	0.6	
2004/5/25	6.7	3.72	2.64	0.34	0.00	1.88	0.99	3.67	n.d.	1.54	n.d.	3.77	7.02	6.60	0.30	0.32	3.74	-3.7	0.3	
2004/6/1	6.8	3.78	2.90	0.42	0.00	1.90	1.04	3.31	n.d.	1.32	n.d.	4.02	9.45	6.52	0.32	0.35	3.96	-5.3	2.3	
2004/6/8	6.8	4.10	3.46	0.44	0.00	1.50	1.27	3.67	n.d.	1.15	n.d.	4.82	8.71	7.05	0.34	0.37	4.20	-3.4	1.2	
2004/6/15	6.7	4.08	3.14	0.37	0.00	2.17	1.10	3.72	n.d.	1.24	n.d.	4.73	9.09	7.12	0.35	0.37	4.28	-3.8	2.4	
2004/6/21	6.9	4.27	3.07	0.39	0.00	1.95	1.24	3.62	n.d.	1.11	n.d.	5.13	8.80	7.15	0.34	0.37	4.27	-3.9	0.0	
2004/6/22	6.7	4.21	3.07	0.38	0.00	2.06	1.23	3.54	n.d.	1.19	n.d.	4.88	9.17	7.13	0.35	0.37	4.28	-3.3	0.8	
2004/6/29	6.8	4.30	3.15	0.52	0.00	2.23	1.14	3.39	n.d.	1.97	n.d.	4.49	9.38	7.04	0.36	0.37	4.34	-2.6	0.4	
2004/7/6	6.8	4.48	3.30	0.44	0.00	1.92	1.40	3.53	n.d.	0.67	n.d.	5.35	9.24	7.44	0.37	0.37	4.39	-1.0	-1.0	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2004/7/13	6.7	4.50	3.41	0.41	0.00	2.24	1.19	3.61	n.d.	1.54	n.d.	5.35	9.37	7.26	0.37	0.39	4.54	-3.0	0.4	
2004/7/20	6.8	4.52	3.15	0.38	0.00	2.08	1.13	3.84	n.d.	1.32	n.d.	5.41	9.48	5.10	0.34	0.40	4.45	-7.3	-0.8	
2004/7/27	6.7	4.65	2.96	0.42	0.00	1.58	1.25	3.19	n.d.	0.66	n.d.	5.23	10.20	6.30	0.32	0.38	4.12	-7.9	-6.0	
2004/7/29	6.8	4.64	3.58	0.51	0.00	2.12	1.44	3.62	n.d.	1.77	n.d.	5.38	9.52	7.20	0.39	0.40	4.71	-0.7	0.8	
2004/8/3	6.7	4.77	3.27	0.55	0.00	2.95	1.50	3.52	n.d.	1.61	n.d.	5.68	9.92	7.34	0.43	0.41	4.97	2.5	2.0	
2004/8/10	6.9	4.81	3.21	0.54	0.00	2.20	1.19	3.46	n.d.	1.69	n.d.	5.61	10.40	7.42	0.36	0.41	4.61	-6.6	-2.1	
2004/8/17	6.8	4.84	3.10	0.62	0.00	3.10	1.24	3.33	n.d.	1.83	n.d.	5.59	9.88	7.39	0.41	0.40	4.84	0.7	0.0	
2004/8/24	6.8	4.89	3.27	0.71	0.00	2.51	1.14	3.56	n.d.	1.91	n.d.	6.01	9.87	7.45	0.38	0.42	4.80	-4.8	-0.9	
2004/8/31	6.8	4.84	3.49	0.58	0.00	2.35	1.52	3.46	n.d.	2.20	n.d.	5.32	9.00	7.40	0.41	0.39	4.78	2.2	-0.6	
2004/9/6	6.8	5.02	3.50	0.58	0.00	2.51	1.42	3.39	n.d.	2.29	n.d.	5.38	10.32	7.61	0.41	0.41	4.88	-0.5	-1.4	
2004/9/14	6.6	5.07	3.39	0.63	0.00	2.11	1.66	3.39	n.d.	1.76	n.d.	6.12	10.97	7.44	0.41	0.43	4.97	-3.1	-1.0	
2004/9/21	6.8	5.13	3.36	0.67	0.00	2.37	1.42	3.39	n.d.	1.67	n.d.	6.43	9.98	7.27	0.40	0.42	4.91	-2.6	-2.2	
2004/9/28	6.9	5.05	3.82	0.68	0.00	3.05	1.35	3.50	n.d.	2.48	n.d.	6.11	10.20	7.53	0.45	0.43	5.26	1.6	2.0	
2004/9/30	6.7	5.21	3.25	0.67	0.00	2.77	1.27	3.64	n.d.	5.84	n.d.	4.85	9.23	7.24	0.40	0.45	5.16	-5.6	-0.5	
2004/10/1	6.8	5.10	3.43	0.64	0.00	2.64	1.55	3.70	n.d.	3.76	n.d.	5.49	9.32	7.51	0.42	0.43	5.16	-0.8	0.6	
2004/10/5	6.9	4.74	3.17	0.68	0.00	2.25	1.50	3.64	n.d.	4.01	n.d.	4.35	8.83	7.04	0.39	0.40	4.76	-1.5	0.2	
2004/10/6	6.6	4.71	3.30	0.45	0.00	2.45	1.67	4.41	n.d.	6.17	n.d.	4.01	6.60	7.01	0.41	0.42	5.08	-0.1	3.8	
2004/10/8	6.9	4.47	3.02	0.55	0.00	2.56	1.18	4.06	n.d.	3.49	n.d.	4.30	7.22	7.19	0.37	0.38	4.56	-1.1	1.0	
2004/10/9	6.4	4.57	2.87	0.53	0.00	2.53	1.40	3.92	n.d.	6.14	n.d.	3.72	4.74	1.34	0.38	0.36	4.62	2.1	0.6	
2004/10/10	6.5	4.14	2.59	0.42	0.00	2.02	1.07	3.64	n.d.	4.40	n.d.	3.15	5.07	6.55	0.31	0.32	3.91	-1.5	-2.9	
2004/10/12	6.6	4.04	3.11	0.31	0.00	1.91	1.35	3.93	n.d.	3.32	n.d.	3.81	6.72	6.73	0.35	0.35	4.26	-0.6	2.6	
2004/10/19	6.8	4.14	3.39	0.42	0.00	2.13	1.36	4.01	n.d.	2.15	n.d.	4.70	7.18	7.06	0.38	0.36	4.47	1.8	3.8	
2004/10/20	6.7	3.91	2.88	0.48	0.00	1.63	1.08	3.64	n.d.	3.69	n.d.	4.01	6.16	5.93	0.31	0.35	4.01	-5.9	1.2	
2004/10/21	6.5	3.81	2.32	0.38	0.00	1.85	1.03	3.47	n.d.	3.84	n.d.	3.67	5.35	5.81	0.29	0.32	3.78	-5.9	-0.4	
2004/10/26	6.8	3.78	2.93	0.42	0.00	2.19	1.08	3.68	n.d.	1.61	n.d.	4.36	5.92	6.94	0.34	0.32	3.98	2.9	2.6	
2004/11/2	6.5	3.87	3.04	0.43	0.00	2.17	1.03	4.08	n.d.	2.06	n.d.	4.49	6.00	6.94	0.34	0.34	4.15	-0.5	3.5	
2004/11/9	6.7	3.93	3.25	0.47	0.00	2.25	1.19	3.76	n.d.	1.11	n.d.	4.68	6.60	7.13	0.36	0.33	4.19	4.9	3.2	
2004/11/18	6.7	3.93	3.04	0.41	0.00	1.85	1.22	3.93	n.d.	1.23	n.d.	4.91	6.49	6.99	0.34	0.34	4.11	-0.5	2.2	
2004/11/24	6.7	3.91	3.02	0.39	0.00	1.93	1.03	3.83	n.d.	1.25	n.d.	4.74	7.39	6.99	0.32	0.35	4.06	-3.8	1.9	
2004/11/30	6.7	3.95	2.86	0.35	0.00	1.94	1.06	3.60	n.d.	1.06	n.d.	4.89	6.91	6.90	0.32	0.33	3.95	-2.5	0.0	
2004/12/7	6.7	3.97	2.81	0.36	0.00	2.07	0.98	3.56	n.d.	1.09	n.d.	4.83	7.20	6.87	0.32	0.34	3.95	-3.2	-0.2	
2004/12/14	6.9	4.07	2.99	0.39	0.00	2.33	1.00	3.80	n.d.	1.37	n.d.	5.59	7.50	7.08	0.34	0.37	4.31	-4.2	2.9	
2004/12/21	6.8	4.15	2.97	0.34	0.00	2.28	1.03	3.52	n.d.	1.23	n.d.	5.55	7.54	7.07	0.34	0.36	4.22	-3.1	0.8	
2004/12/28	6.8	4.20	3.04	0.36	0.00	2.39	1.00	3.66	n.d.	1.31	n.d.	6.06	7.39	6.94	0.34	0.37	4.37	-4.0	2.0	
2005/1/5	6.8	4.11	2.89	0.34	0.00	2.21	1.19	3.55	n.d.	1.29	n.d.	5.83	7.13	6.75	0.34	0.36	4.29	-2.3	-2.1	
2005/1/12	6.8	4.19	2.85	0.31	0.00	2.39	1.00	3.46	n.d.	1.25	n.d.	5.92	7.29	6.64	0.33	0.36	4.24	-3.8	-0.6	
2005/1/18	6.6	3.66	2.73	0.27	0.00	1.90	1.18	3.76	n.d.	2.26	n.d.	4.56	5.55	6.52	0.32	0.33	3.97	-1.5	-4.1	
2005/1/25	6.8	3.85	2.92	0.29	0.00	2.10	1.25	4.08	n.d.	1.44	n.d.	5.69	6.47	6.78	0.34	0.36	4.33	-2.7	-5.9	
2005/2/1	6.8	3.93	2.70	0.42	0.00	1.91	1.25	3.99	n.d.	1.26	n.d.	5.90	7.05	6.85	0.33	0.37	4.29	-6.3	-4.4	
2005/2/8	6.7	4.03	2.92	0.38	0.00	2.37	1.04	3.83	n.d.	0.94	n.d.	6.02	6.84	6.82	0.34	0.36	4.31	-2.7	-3.4	

Appendix 2. 桂不動谷津流域の渓流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2005/2/16	6.8	4.11	2.72	0.35	0.00	2.56	0.94	3.73	n.d.	1.17	n.d.	6.04	7.27	6.54	0.33	0.37	4.31	-5.2	-2.4	
2005/2/22	6.8	3.98	2.78	0.32	0.00	2.18	1.15	3.64	n.d.	0.97	n.d.	5.63	7.22	6.64	0.33	0.35	4.19	-3.0	-2.6	
2005/3/1	6.9	4.04	2.73	0.41	0.00	2.18	1.12	3.76	n.d.	0.83	n.d.	5.96	6.74	6.63	0.33	0.35	4.21	-3.5	-2.0	
2005/3/8	6.9	3.98	2.73	0.41	0.00	2.16	1.09	3.62	n.d.	0.78	n.d.	5.57	7.39	6.55	0.33	0.35	4.14	-3.5	-1.9	
2005/3/15	6.8	3.91	2.89	0.18	0.00	1.94	1.17	3.82	n.d.	1.14	n.d.	5.71	7.16	6.71	0.32	0.36	4.19	-5.6	-3.4	
2005/3/22	7.0	4.04	3.07	0.51	0.00	2.25	0.91	3.93	n.d.	0.45	n.d.	6.33	7.20	6.72	0.33	0.37	4.32	-4.8	-3.4	
2005/3/31	6.9	3.88	2.69	0.30	0.00	2.01	1.08	3.75	0.13	0.41	n.d.	5.10	6.59	6.58	0.31	0.33	3.90	-2.4	-0.3	
2005/4/5	6.9	3.90	3.17	0.50	0.02	2.15	0.90	4.01	n.d.	0.69	n.d.	5.59	7.13	6.59	0.33	0.36	4.23	-3.3	-4.0	
2005/4/12	6.9	4.11	3.22	0.55	0.01	2.33	0.95	3.84	n.d.	0.81	n.d.	5.83	7.96	6.88	0.35	0.37	4.40	-3.3	-3.4	
2005/4/19	7.0	4.17	3.12	0.54	0.00	2.35	0.94	3.74	n.d.	0.75	n.d.	5.99	7.96	6.68	0.34	0.37	4.37	-4.0	-2.3	
2005/4/26	6.9	4.26	3.36	0.43	0.00	2.22	1.49	3.98	n.d.	0.98	n.d.	6.39	8.47	6.93	0.39	0.40	4.78	-1.2	-5.8	
2005/5/2	6.9	4.33	3.36	0.61	0.00	2.55	1.01	3.82	n.d.	1.04	n.d.	6.18	8.88	6.85	0.37	0.40	4.68	-3.4	-3.8	
2005/5/10	6.9	4.47	3.24	0.57	0.00	2.57	1.01	3.02	n.d.	1.14	n.d.	6.12	9.26	7.03	0.37	0.38	4.50	-2.0	-0.4	
2005/5/17	6.9	4.49	3.32	0.58	0.02	2.66	1.04	3.56	n.d.	1.09	n.d.	6.33	8.65	7.03	0.38	0.39	4.67	-1.7	-2.0	
2005/5/24	6.9	4.57	3.39	0.61	0.02	2.74	1.06	3.71	n.d.	1.36	n.d.	6.52	9.18	7.05	0.39	0.41	4.86	-3.1	-3.0	
2005/5/31	6.9	4.56	3.43	0.63	0.02	2.92	1.09	3.84	n.d.	1.25	n.d.	6.60	9.08	7.09	0.40	0.41	4.96	-1.5	-4.2	
2005/6/7	6.8	4.74	3.86	0.71	0.00	3.19	1.21	3.64	n.d.	0.85	n.d.	6.79	9.67	7.26	0.45	0.42	5.18	3.4	-4.5	
2005/6/14	6.9	4.81	3.39	0.64	0.00	2.88	1.08	3.91	n.d.	1.11	n.d.	7.67	9.48	7.30	0.40	0.44	5.13	-5.5	-3.3	
2005/6/21	6.9	4.85	3.58	0.70	0.04	3.01	1.14	3.69	n.d.	1.55	n.d.	7.03	10.14	7.27	0.42	0.44	5.21	-2.5	-3.6	
2005/6/28	6.9	5.03	3.65	0.72	0.02	3.18	1.20	3.54	n.d.	1.53	n.d.	6.92	10.30	7.45	0.44	0.44	5.26	-0.1	-2.2	
2005/7/5	6.8	4.65	3.73	0.72	0.02	2.83	1.17	3.69	n.d.	3.16	n.d.	5.57	9.12	6.93	0.42	0.42	5.07	-0.1	-4.4	
2005/7/12	6.6	3.93	3.23	0.57	0.00	2.13	0.95	3.89	n.d.	2.31	n.d.	4.61	6.90	7.06	0.34	0.36	4.25	-2.2	-3.9	
2005/7/19	6.7	4.14	3.23	0.59	0.01	2.27	0.95	3.58	n.d.	1.93	n.d.	4.88	8.40	7.23	0.35	0.37	4.34	-3.1	-2.4	
2005/7/26	6.6	4.07	2.96	0.63	0.00	2.32	1.01	2.68	n.d.	4.26	n.d.	4.13	8.45	5.99	0.35	0.37	4.28	-3.0	-2.5	
2005/7/27	6.5	3.97	2.96	0.55	0.00	1.98	0.94	3.62	n.d.	3.42	n.d.	4.05	5.59	6.85	0.32	0.33	4.02	-1.9	-0.6	
2005/7/27	6.5	3.94	2.93	0.53	0.00	1.92	0.89	3.66	n.d.	3.12	n.d.	4.03	5.72	6.89	0.31	0.33	3.95	-3.0	-0.1	
2005/8/2	6.7	4.04	3.21	0.56	0.01	2.30	0.94	3.77	n.d.	1.57	n.d.	4.75	7.97	7.09	0.35	0.36	4.28	-1.6	-2.9	
2005/8/9	6.8	4.24	3.22	0.61	0.00	2.42	0.99	3.70	n.d.	2.09	n.d.	5.13	8.16	7.06	0.36	0.38	4.47	-2.7	-2.6	
2005/8/15	6.7	4.19	3.25	0.57	0.00	2.25	0.95	3.79	n.d.	1.80	n.d.	4.80	8.60	7.10	0.35	0.38	4.36	-4.1	-2.0	
2005/8/16	6.6	4.06	3.16	0.55	0.00	2.14	1.00	3.69	n.d.	3.29	n.d.	4.05	6.94	7.19	0.34	0.36	4.23	-1.9	-2.1	
2005/8/23	6.8	4.10	3.25	0.59	0.00	2.36	0.97	3.98	n.d.	1.63	n.d.	5.10	8.65	7.56	0.36	0.39	4.48	-4.2	-4.4	
2005/8/25	6.8	4.12	3.21	0.57	0.00	2.32	0.98	3.80	n.d.	1.91	n.d.	4.81	8.54	7.46	0.35	0.38	4.39	-3.7	-3.2	
2005/8/26	6.4	4.12	3.08	0.57	0.00	2.16	1.02	3.82	n.d.	4.29	n.d.	4.24	5.60	6.90	0.34	0.36	4.31	-2.1	-2.3	
2005/8/30	6.7	3.87	3.13	0.53	0.00	2.11	0.92	3.94	0.06	1.72	n.d.	4.43	7.41	7.20	0.33	0.35	4.15	-3.2	-3.5	
2005/9/6	6.8	4.13	3.06	0.54	0.00	2.29	0.95	3.60	n.d.	1.25	n.d.	4.50	8.67	7.48	0.34	0.36	4.17	-2.5	-0.5	
2005/9/13	6.8	4.15	3.51	0.60	0.00	2.34	1.02	3.89	n.d.	2.08	n.d.	4.54	8.33	7.35	0.37	0.37	4.47	-0.7	-3.7	
2005/9/20	6.8	4.41	3.24	0.57	0.00	2.55	1.01	3.70	n.d.	1.57	n.d.	5.03	9.15	4.24	0.37	0.38	4.51	-2.4	-1.1	
2005/9/27	6.9	4.37	3.23	0.56	0.00	2.58	1.01	3.75	n.d.	0.83	n.d.	5.43	9.11	7.30	0.37	0.38	4.50	-2.0	-1.4	
2005/10/4	6.8	4.55	3.37	0.72	0.02	2.76	1.06	3.72	n.d.	1.52	n.d.	5.60	9.79	7.23	0.39	0.41	4.80	-1.8	-2.6	
2005/10/11	6.8	4.50	3.29	0.58	0.00	2.54	1.05	3.57	n.d.	2.67	n.d.	4.59	8.94	7.21	0.37	0.39	4.54	-1.8	-0.5	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2005/10/18	6.8	4.34	3.19	0.54	0.00	2.27	1.05	3.54	n.d.	3.87	n.d.	3.94	7.96	6.84	0.35	0.37	4.38	-2.9	-0.5	
2005/10/25	6.8	4.19	3.29	0.55	0.00	2.35	1.01	3.73	n.d.	2.13	n.d.	4.75	8.44	6.90	0.36	0.38	4.43	-2.5	-2.8	
2005/11/1	6.8	4.24	3.20	0.55	0.00	2.37	0.97	3.76	n.d.	1.57	n.d.	5.24	8.52	6.98	0.35	0.38	4.43	-3.9	-2.2	
2005/11/8	6.7	4.22	3.30	0.54	0.01	2.20	1.01	3.81	n.d.	2.46	n.d.	4.55	8.05	7.06	0.35	0.37	4.38	-3.0	-1.9	
2005/11/15	6.7	4.13	2.94	0.51	0.00	2.20	0.91	3.86	n.d.	1.57	n.d.	5.33	8.02	7.02	0.33	0.38	4.28	-7.3	-1.8	
2005/11/22	6.8	4.16	2.73	0.44	0.00	2.20	0.88	3.57	n.d.	1.45	n.d.	5.31	7.84	6.88	0.31	0.36	4.12	-7.4	0.5	
2005/11/29	6.8	4.25	3.14	0.51	0.00	2.51	0.99	3.77	n.d.	1.32	n.d.	5.87	7.89	6.82	0.36	0.38	4.49	-3.1	-2.7	
2005/12/6	6.9	4.27	3.06	0.50	0.00	2.49	0.98	3.72	n.d.	1.21	n.d.	6.09	7.78	6.77	0.35	0.38	4.46	-3.8	-2.1	
2005/12/13	6.9	4.31	2.83	0.45	0.00	2.36	0.92	3.42	n.d.	1.14	n.d.	5.87	8.09	7.17	0.33	0.37	4.25	-5.9	0.7	
2005/12/20	6.9	4.33	2.86	0.45	0.00	2.46	0.95	3.52	n.d.	1.14	n.d.	6.30	8.02	6.66	0.34	0.38	4.38	-6.0	-0.6	
2005/12/27	6.9	4.36	2.81	0.42	0.00	2.45	0.93	3.45	n.d.	1.16	n.d.	6.33	8.04	6.67	0.33	0.38	4.35	-6.7	0.1	
2006/1/4	6.9	4.42	3.06	0.40	0.00	2.41	0.96	3.65	n.d.	1.13	n.d.	6.89	7.67	6.59	0.34	0.39	4.51	-6.2	-1.0	
2006/1/10	6.9	4.41	3.10	0.47	0.00	2.28	0.96	3.36	n.d.	0.91	n.d.	6.34	7.53	6.44	0.34	0.37	4.30	-3.5	1.2	
2006/1/17	6.9	4.47	3.23	0.52	0.00	2.45	1.01	3.80	n.d.	1.51	n.d.	6.63	7.76	6.48	0.36	0.40	4.64	-5.0	-1.9	
2006/1/24	7.0	4.48	3.22	0.50	0.00	2.49	1.02	3.59	n.d.	0.99	n.d.	7.02	7.69	6.43	0.36	0.39	4.61	-3.7	-1.4	
2006/1/31	6.9	4.48	3.14	0.49	0.00	2.54	1.00	3.56	n.d.	0.89	n.d.	7.17	8.14	6.76	0.36	0.40	4.64	-5.2	-1.7	
2006/2/7	6.8	4.39	3.09	0.48	0.00	2.24	1.00	3.59	n.d.	1.79	n.d.	6.74	7.55	6.64	0.34	0.39	4.53	-7.3	-1.5	
2006/2/14	6.8	4.40	3.14	0.47	0.00	2.28	0.99	3.55	n.d.	1.47	n.d.	7.02	7.91	6.60	0.34	0.40	4.57	-7.5	-1.9	
2006/2/21	6.9	4.40	3.16	0.45	0.00	2.26	0.95	3.43	n.d.	2.05	n.d.	6.44	7.20	6.52	0.34	0.38	4.44	-5.7	-0.4	
2006/2/28	6.9	4.26	3.15	0.41	0.00	1.93	0.89	3.67	n.d.	2.26	n.d.	5.87	6.88	6.29	0.32	0.37	4.26	-8.4	0.0	
2006/3/8	6.9	3.99	2.75	0.42	0.00	1.99	0.91	3.54	n.d.	1.65	n.d.	5.31	7.15	6.30	0.31	0.35	4.04	-7.2	-0.6	
2006/3/14	6.9	4.14	3.17	0.45	0.00	2.25	0.94	3.66	n.d.	1.42	n.d.	5.86	8.36	6.26	0.34	0.39	4.40	-6.4	-3.0	
2006/3/22	6.9	4.17	3.25	0.55	0.00	2.05	0.92	3.62	n.d.	1.50	n.d.	5.85	7.92	6.39	0.34	0.38	4.34	-5.8	-2.0	
2006/3/28	6.9	4.14	3.12	0.48	0.00	2.17	0.91	3.58	n.d.	1.32	n.d.	5.98	7.77	6.44	0.33	0.37	4.30	-6.1	-1.9	
2006/4/5	6.9	4.37	3.12	0.53	0.00	2.16	0.93	3.51	n.d.	1.32	n.d.	6.01	8.86	6.33	0.33	0.39	4.39	-7.8	-0.3	
2006/4/11	6.9	4.36	3.24	0.50	0.00	2.11	0.93	3.57	n.d.	1.42	n.d.	6.09	8.66	6.44	0.34	0.39	4.42	-7.8	-0.7	
2006/4/18	6.9	4.11	3.19	0.47	0.00	2.05	0.89	3.66	n.d.	1.40	n.d.	5.37	7.96	6.46	0.33	0.37	4.22	-5.9	-1.3	
2006/4/25	6.9	4.13	3.15	0.45	0.00	2.18	0.89	3.56	n.d.	1.54	n.d.	5.33	8.42	6.20	0.33	0.37	4.26	-6.1	-1.6	
2006/5/2	6.8	4.32	3.41	0.47	0.02	2.18	0.94	3.84	n.d.	1.50	n.d.	5.78	8.94	6.31	0.35	0.40	4.52	-6.9	-2.3	
2006/5/10	6.8	4.41	3.62	0.52	0.03	2.45	1.00	3.75	n.d.	1.42	n.d.	5.79	9.18	6.41	0.38	0.40	4.68	-2.9	-3.0	
2006/5/16	6.8	4.42	3.23	0.46	0.00	2.22	0.93	3.60	n.d.	1.44	n.d.	5.68	9.35	6.58	0.34	0.40	4.44	-7.4	-0.2	
2006/5/23	6.9	4.28	3.36	0.48	0.00	2.19	0.90	3.62	n.d.	1.86	n.d.	5.23	7.70	6.75	0.34	0.37	4.30	-3.5	-0.3	
2006/5/30	6.8	4.07	3.00	0.43	0.00	1.81	0.83	3.71	n.d.	2.53	n.d.	4.36	6.43	6.69	0.30	0.34	3.93	-6.0	1.7	
2006/6/6	6.9	4.16	3.16	0.44	0.00	2.09	0.86	3.67	n.d.	1.46	n.d.	5.21	7.91	6.81	0.32	0.37	4.18	-5.9	-0.2	
2006/6/9	6.8	4.12	3.00	0.52	0.00	2.17	0.95	3.28	n.d.	3.37	n.d.	4.35	8.01	5.65	0.33	0.37	4.22	-5.2	-1.2	
2006/6/13	6.7	3.96	3.21	0.48	0.00	1.89	0.88	4.30	n.d.	2.09	n.d.	4.85	7.17	6.66	0.32	0.37	4.24	-7.8	-3.5	
2006/6/16	6.4	3.85	2.43	0.51	0.00	1.97	0.93	3.27	n.d.	4.75	n.d.	4.16	4.58	5.03	0.30	0.33	3.91	-5.1	-0.8	
2006/6/20	6.7	3.68	2.88	0.39	0.01	1.78	0.80	3.73	n.d.	2.07	n.d.	4.09	6.68	6.53	0.29	0.33	3.80	-6.6	-1.6	
2006/6/27	6.7	3.99	2.91	0.44	0.00	1.88	0.79	3.57	n.d.	1.49	n.d.	4.43	7.54	6.79	0.30	0.34	3.86	-6.8	1.7	
2006/7/4	6.8	3.99	3.01	0.47	0.00	1.92	0.84	3.58	n.d.	2.03	n.d.	4.34	7.49	6.84	0.31	0.35	3.96	-5.8	0.3	

Appendix 2. 桂不動谷津流域の渓流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	EC _{cal} mS/m	R1	R2	QC
2006/7/11	6.7	3.90	2.99	0.42	0.00	1.77	0.83	3.48	n.d.	1.74	n.d.	3.84	7.43	6.95	0.30	0.33	3.76	-4.8	1.8	
2006/7/18	6.7	3.92	2.93	0.46	0.00	1.94	0.89	3.35	n.d.	2.76	n.d.	3.93	6.40	6.44	0.31	0.33	3.86	-2.3	0.7	
2006/7/20	6.6	3.63	2.65	0.27	0.00	1.69	0.81	3.50	n.d.	2.90	n.d.	3.65	5.39	6.29	0.27	0.31	3.58	-6.1	0.6	
2006/7/21	6.6	3.54	2.73	0.31	0.00	1.72	0.80	3.48	n.d.	2.10	n.d.	3.65	6.35	6.12	0.28	0.31	3.59	-5.4	-0.7	
2006/7/25	6.5	3.69	2.70	0.32	0.00	1.80	0.76	3.68	n.d.	1.68	n.d.	4.11	6.22	6.43	0.28	0.32	3.65	-6.7	0.5	
2006/8/1	6.7	3.99	2.87	0.35	0.00	2.04	0.84	3.63	n.d.	1.43	n.d.	4.87	7.19	6.79	0.31	0.34	3.96	-6.1	0.4	
2006/8/8	6.7	4.18	3.11	0.42	0.00	2.19	0.89	3.78	n.d.	1.37	n.d.	5.38	7.92	6.86	0.33	0.37	4.26	-5.8	-0.9	
2006/8/9	6.7	4.26	3.15	0.50	0.01	2.39	0.95	3.71	n.d.	1.50	n.d.	5.14	8.16	6.66	0.35	0.37	4.35	-2.9	-1.0	
2006/8/15	6.9	4.30	3.02	0.45	0.00	2.19	0.93	3.62	n.d.	1.41	n.d.	5.35	8.54	6.95	0.33	0.38	4.26	-6.6	0.4	
2006/8/22	6.8	4.45	3.20	0.48	0.00	2.53	0.99	3.86	0.05	1.34	n.d.	5.97	9.27	7.08	0.36	0.41	4.64	-6.3	-2.1	
2006/8/29	6.8	4.53	3.10	0.48	0.00	2.55	0.99	3.72	n.d.	1.34	n.d.	5.91	9.76	7.25	0.36	0.41	4.62	-7.0	-0.9	
2006/9/5	6.9	4.52	3.28	0.53	0.00	2.78	1.06	3.78	n.d.	1.70	n.d.	6.30	9.71	7.27	0.38	0.42	4.88	-5.2	-3.8	
2006/9/12	7.0	4.61	3.18	0.59	0.00	2.38	1.00	3.31	n.d.	1.85	n.d.	5.61	9.61	7.16	0.35	0.40	4.51	-5.8	1.1	
2006/9/14	6.7	4.63	3.08	0.55	0.00	2.13	1.05	3.28	n.d.	6.12	n.d.	3.94	7.29	6.46	0.34	0.39	4.48	-6.8	1.7	
2006/9/19	7.0	4.40	3.15	0.54	0.00	2.19	0.97	3.53	n.d.	2.70	n.d.	4.56	8.98	7.14	0.34	0.39	4.36	-6.1	0.5	
2006/9/26	6.9	4.52	3.27	0.58	0.00	2.58	1.05	3.65	n.d.	1.94	n.d.	5.78	9.53	7.29	0.37	0.41	4.72	-4.8	-2.2	
2006/10/3	6.7	4.30	3.25	0.46	0.00	2.13	0.95	3.58	n.d.	2.27	n.d.	4.56	9.00	7.32	0.34	0.38	4.30	-5.8	0.0	
2006/10/7	6.6	3.99	2.91	0.37	0.00	2.06	0.95	3.46	n.d.	4.25	n.d.	4.00	6.42	6.51	0.32	0.35	4.11	-5.5	-1.5	
2006/10/10	6.6	3.80	2.86	0.41	0.00	1.95	0.82	3.58	n.d.	2.31	n.d.	4.07	7.01	6.74	0.30	0.34	3.88	-5.9	-1.0	
2006/10/17	6.9	4.09	3.18	0.45	0.00	1.95	1.04	3.75	n.d.	1.67	n.d.	5.06	8.00	6.93	0.33	0.37	4.24	-5.2	-1.8	
2006/10/24	6.8	3.63	2.77	0.48	0.00	1.97	1.00	2.85	n.d.	3.05	n.d.	3.75	7.44	5.17	0.32	0.33	3.86	-2.0	-3.0	
2006/10/27	6.8	4.05	3.20	0.38	0.00	2.11	1.00	3.84	n.d.	1.93	n.d.	4.73	8.39	6.80	0.34	0.38	4.29	-5.4	-2.9	
2006/10/30	6.8	4.10	3.15	0.43	0.00	2.23	0.94	3.65	n.d.	1.60	n.d.	4.88	8.15	6.99	0.34	0.36	4.23	-3.9	-1.5	
2006/11/7	6.8	4.22	3.45	0.39	0.00	2.44	0.98	3.80	n.d.	1.36	n.d.	5.40	9.50	6.97	0.36	0.40	4.56	-4.5	-3.8	
2006/11/14	6.9	4.23	3.15	0.39	0.00	2.48	0.96	3.74	n.d.	1.27	n.d.	5.66	8.75	6.95	0.35	0.39	4.46	-5.0	-2.6	
2006/11/21	6.9	4.13	3.14	0.35	0.00	2.18	0.94	3.70	n.d.	1.90	n.d.	5.24	8.31	6.82	0.33	0.38	4.31	-6.7	-2.2	
2006/11/28	6.9	4.11	3.22	0.51	0.00	2.22	1.01	3.49	n.d.	1.76	n.d.	4.90	8.62	6.76	0.35	0.37	4.30	-3.2	-2.3	
2006/12/5	6.9	4.06	3.16	0.38	0.00	2.29	0.95	3.42	n.d.	1.26	n.d.	5.04	7.91	6.86	0.34	0.35	4.16	-1.3	-1.2	
2006/12/12	6.9	4.14	3.14	0.46	0.00	2.45	0.96	3.53	n.d.	1.25	n.d.	5.43	7.89	6.78	0.35	0.36	4.31	-1.7	-2.1	
2006/12/18	6.9	4.18	3.11	0.46	0.00	2.27	0.94	3.47	n.d.	1.31	n.d.	5.40	8.48	6.84	0.34	0.37	4.27	-4.6	-1.1	
2006/12/27	6.6	3.65	2.65	0.41	0.00	2.13	0.94	3.13	n.d.	3.42	n.d.	4.09	5.80	5.75	0.31	0.32	3.88	-2.1	-3.1	
2007/1/5	6.9	3.76	2.76	0.36	0.00	2.05	0.84	3.36	n.d.	1.23	n.d.	4.32	7.29	6.63	0.30	0.32	3.77	-3.5	-0.2	
2007/1/11	6.9	3.73	2.86	0.37	0.00	1.89	0.80	3.37	n.d.	1.21	n.d.	4.55	7.21	6.59	0.29	0.33	3.76	-5.3	-0.4	
2007/1/16	6.8	3.82	2.80	0.37	0.00	2.03	0.81	3.48	n.d.	1.26	n.d.	5.01	7.39	6.55	0.30	0.34	3.91	-6.9	-1.2	
2007/1/23	6.9	3.93	2.79	0.37	0.00	2.13	0.85	3.58	n.d.	1.13	n.d.	5.30	7.85	6.61	0.31	0.36	4.05	-7.7	-1.5	
2007/1/30	6.8	4.00	2.98	0.38	0.01	2.35	0.90	3.47	n.d.	1.03	n.d.	5.39	8.53	6.66	0.33	0.37	4.21	-5.0	-2.6	
2007/2/6	6.8	4.08	2.87	0.41	0.00	2.21	0.87	3.39	n.d.	1.01	n.d.	5.43	8.21	6.75	0.32	0.36	4.10	-5.9	-0.2	
2007/2/13	6.9	4.13	2.96	0.39	0.00	2.36	0.90	3.29	n.d.	0.92	n.d.	5.57	8.62	6.75	0.33	0.36	4.19	-4.9	-0.7	
2007/2/20	6.8	4.14	4.03	0.41	0.03	2.47	1.01	3.36	n.d.	1.01	n.d.	5.75	8.18	6.71	0.39	0.36	4.54	3.8	-4.7	
2007/2/27	6.9	4.23	3.07	0.37	0.03	2.51	0.98	3.39	n.d.	1.02	n.d.	6.14	8.71	6.66	0.35	0.38	4.44	-4.4	-2.4	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2007/3/6	7.0	4.31	3.06	0.43	0.01	2.52	0.99	3.59	n.d.	1.08	n.d.	6.49	8.87	6.80	0.36	0.40	4.57	-5.9	-2.9	
2007/3/13	6.9	4.28	3.12	0.40	0.00	2.63	1.04	3.34	n.d.	1.03	n.d.	6.07	8.38	6.69	0.36	0.37	4.46	-1.6	-2.0	
2007/3/20	7.0	4.34	3.15	0.43	0.02	2.84	1.04	3.61	n.d.	0.99	n.d.	6.96	8.28	9.80	0.38	0.40	4.74	-2.8	-4.4	
2007/3/27	6.8	4.29	3.23	0.46	0.02	2.71	1.02	3.54	n.d.	1.22	n.d.	6.46	8.20	6.70	0.37	0.39	4.64	-2.1	-3.9	
2007/4/4	7.1	4.08	3.03	0.45	0.00	2.21	0.88	3.30	n.d.	1.29	n.d.	5.36	7.74	6.74	0.33	0.35	4.11	-3.7	-0.4	
2007/4/11	7.0	4.06	2.75	0.42	0.00	2.33	0.95	3.29	n.d.	1.06	n.d.	5.31	8.32	6.77	0.33	0.36	4.12	-4.6	-0.7	
2007/4/17	6.9	3.96	3.09	0.42	0.02	2.09	0.90	3.38	n.d.	1.15	n.d.	5.20	8.55	6.66	0.33	0.36	4.13	-5.1	-2.1	
2007/4/24	7.0	4.09	3.04	0.41	0.00	2.25	0.92	3.40	n.d.	0.82	n.d.	5.25	8.83	6.79	0.33	0.36	4.16	-4.6	-0.9	
2007/5/2	6.8	4.11	3.12	0.44	0.00	2.36	0.93	3.42	n.d.	1.18	n.d.	5.25	8.65	6.56	0.34	0.37	4.26	-3.4	-1.8	
2007/5/9	6.9	4.03	3.14	0.43	0.00	2.01	0.87	3.37	n.d.	1.03	n.d.	5.00	8.50	7.02	0.32	0.36	4.05	-5.2	-0.2	
2007/5/15	7.0	4.11	3.32	0.42	0.00	2.35	0.97	3.45	n.d.	0.75	n.d.	5.18	7.81	6.97	0.35	0.35	4.20	1.1	-1.0	
2007/5/23	6.7	3.92	3.08	0.41	0.00	2.04	0.92	3.33	n.d.	0.98	n.d.	4.75	7.85	7.03	0.32	0.34	3.96	-2.2	-0.6	
2007/5/30	6.9	3.94	3.08	0.50	0.00	2.20	0.89	3.41	n.d.	0.99	n.d.	4.86	8.27	7.00	0.33	0.35	4.08	-2.8	-1.7	
2007/6/6	6.9	4.18	3.41	0.49	0.04	2.40	1.06	3.61	n.d.	1.04	n.d.	5.30	8.80	7.12	0.37	0.37	4.46	-0.3	-3.2	
2007/6/11	6.9	3.93	3.24	0.41	0.00	2.11	0.97	3.48	n.d.	1.37	n.d.	4.78	8.54	7.09	0.34	0.36	4.17	-3.3	-2.9	
2007/6/15	6.9	3.92	3.23	0.50	0.00	2.13	0.92	3.17	n.d.	1.14	n.d.	4.42	8.71	7.10	0.34	0.34	4.03	-1.0	-1.4	
2007/6/19	6.8	4.17	3.22	0.54	0.00	2.35	0.93	3.46	n.d.	1.11	n.d.	4.96	8.99	7.26	0.35	0.37	4.27	-2.5	-1.2	
2007/6/26	6.8	4.26	3.33	0.45	0.02	2.45	1.04	3.45	n.d.	1.22	n.d.	5.24	9.57	7.27	0.37	0.38	4.47	-2.0	-2.4	
2007/7/3	6.9	4.29	3.22	0.49	0.00	2.47	1.03	3.45	n.d.	1.50	n.d.	5.61	10.24	7.28	0.36	0.41	4.59	-5.9	-3.3	
2007/7/11	6.7	4.16	3.17	0.48	0.03	2.40	1.03	3.16	n.d.	2.87	n.d.	4.56	9.51	6.86	0.36	0.39	4.43	-3.7	-3.2	
2007/7/14	6.8	4.04	3.10	0.48	0.01	2.10	0.93	3.49	n.d.	1.40	n.d.	4.63	9.42	7.53	0.33	0.37	4.18	-6.0	-1.7	
2007/7/15	6.4	3.53	2.25	0.43	0.02	1.93	0.88	2.78	n.d.	3.36	n.d.	4.32	5.33	5.52	0.28	0.31	3.65	-4.6	-1.6	
2007/7/17	6.7	3.53	2.71	0.34	0.00	1.92	0.85	3.41	n.d.	1.92	n.d.	3.91	6.54	6.55	0.29	0.32	3.69	-3.7	-2.2	
2007/7/25	6.7	3.86	2.84	0.43	0.00	1.90	0.86	3.21	n.d.	1.11	n.d.	4.10	8.30	7.12	0.30	0.33	3.76	-4.2	1.3	
2007/7/31	6.7	3.99	2.91	0.43	0.00	2.21	0.95	3.21	n.d.	1.59	n.d.	4.25	9.17	6.97	0.33	0.36	4.05	-4.1	-0.7	
2007/8/8	6.8	3.92	3.15	0.40	0.00	2.19	0.91	3.41	n.d.	1.27	n.d.	4.39	8.83	7.23	0.33	0.35	4.08	-3.0	-2.0	
2007/8/14	6.9	4.12	3.24	0.42	0.00	2.20	0.91	3.64	n.d.	1.16	n.d.	5.09	9.62	7.36	0.34	0.39	4.31	-6.7	-2.3	
2007/8/21	7.1	4.27	3.31	0.47	0.00	2.59	1.01	3.58	n.d.	1.07	n.d.	5.25	9.84	7.41	0.37	0.39	4.52	-2.6	-2.8	
2007/8/28	6.9	4.40	3.40	0.52	0.00	2.56	1.12	3.59	n.d.	1.80	n.d.	5.62	10.16	7.42	0.38	0.41	4.76	-4.1	-3.9	
2007/9/4	7.0	4.48	3.07	0.55	0.00	2.58	1.01	3.44	n.d.	1.43	n.d.	5.47	10.77	7.73	0.36	0.41	4.59	-6.6	-1.2	
2007/9/7	6.7	4.27	3.01	0.52	0.00	2.17	1.07	3.81	n.d.	5.20	n.d.	4.30	6.94	6.70	0.34	0.39	4.52	-6.9	-2.8	
2007/9/11	6.7	4.01	3.24	0.52	0.00	2.20	0.92	3.85	n.d.	1.99	n.d.	4.82	10.87	7.31	0.34	0.37	4.31	-4.2	-3.5	
2007/9/18	6.9	3.97	3.03	0.48	0.02	2.02	0.93	3.23	n.d.	1.38	n.d.	4.04	11.28	7.25	0.32	0.33	3.90	-1.2	0.9	
2007/9/25	6.8	4.16	3.28	0.57	0.00	2.32	1.06	3.59	n.d.	1.32	n.d.	4.95	12.39	7.46	0.36	0.37	4.39	-1.7	-2.7	
2007/10/2	6.8	4.13	3.36	0.39	0.02	2.72	1.06	3.47	n.d.	2.43	n.d.	4.39	8.27	7.30	0.38	0.36	4.46	2.3	-3.8	
2007/10/9	6.9	4.21	2.75	0.42	0.00	2.39	1.03	3.62	n.d.	1.28	n.d.	5.18	12.40	7.49	0.34	0.38	4.29	-5.9	-1.0	
2007/10/16	6.9	4.28	3.37	0.46	0.00	2.78	1.04	3.74	n.d.	1.34	n.d.	5.80	9.07	7.41	0.38	0.40	4.70	-1.7	-4.7	
2007/10/23	6.9	4.39	3.43	0.44	0.00	2.80	1.12	3.71	n.d.	1.19	n.d.	5.96	9.18	7.41	0.39	0.40	4.76	-0.6	-4.1	
2007/10/30	6.8	4.14	3.35	0.55	0.00	2.26	1.00	3.61	n.d.	1.97	n.d.	4.69	8.48	7.38	0.36	0.37	4.36	-1.9	-2.5	
2007/11/6	6.9	4.22	3.44	0.42	0.00	2.76	1.11	3.52	n.d.	1.26	n.d.	5.34	8.61	7.30	0.39	0.37	4.56	2.3	-3.9	

Appendix 2. 桂不動谷津流域の渓流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	Ecal mS/m	R1	R2	QC
2007/11/13	6.7	4.22	3.38	0.45	0.00	2.45	1.05	3.69	n.d.	1.68	n.d.	5.28	9.96	7.43	0.37	0.40	4.62	-4.5	-4.5	
2007/11/20	6.9	4.19	3.48	0.42	0.00	2.98	1.12	3.77	n.d.	1.34	n.d.	6.01	9.23	7.20	0.40	0.40	4.86	-0.1	-7.4	
2007/11/27	6.9	4.24	3.20	0.45	0.00	2.49	1.00	3.69	n.d.	1.19	n.d.	6.27	9.15	6.96	0.36	0.40	4.61	-5.9	-4.2	
2007/12/4	6.9	4.29	3.24	0.42	0.00	2.86	1.10	3.69	n.d.	1.13	n.d.	6.30	8.60	6.86	0.39	0.39	4.73	-1.1	-4.9	
2007/12/11	6.9	4.28	3.11	0.46	0.00	2.44	1.01	3.55	n.d.	1.17	n.d.	6.60	9.13	6.91	0.35	0.41	4.60	-7.2	-3.6	
2007/12/17	7.0	4.34	3.26	0.38	0.00	2.96	1.13	3.87	n.d.	1.28	n.d.	6.79	8.77	6.67	0.39	0.41	4.91	-2.8	-6.2	
2007/12/27	7.0	4.40	3.07	0.46	0.00	2.59	1.02	3.52	n.d.	1.14	n.d.	6.69	8.39	6.58	0.36	0.39	4.60	-4.7	-2.2	
2008/1/7	7.0	4.37	3.09	0.49	0.00	2.59	1.10	3.59	n.d.	1.34	n.d.	6.70	7.87	6.56	0.37	0.39	4.64	-3.2	3.0	
2008/1/15	6.9	4.41	2.98	0.48	0.00	2.52	1.01	3.27	n.d.	1.24	n.d.	6.50	8.02	6.60	0.35	0.38	4.45	-3.8	0.5	
2008/1/22	6.9	4.44	3.07	0.42	0.00	2.86	1.08	3.49	n.d.	1.21	n.d.	6.99	7.88	6.74	0.38	0.39	4.71	-2.2	2.9	
2008/1/29	6.9	4.41	3.01	0.40	0.00	2.94	1.04	3.41	n.d.	1.14	n.d.	6.94	7.52	6.65	0.37	0.38	4.64	-1.2	2.5	
2008/2/5	7.0	4.38	3.10	0.26	0.00	2.71	1.09	3.47	n.d.	1.15	n.d.	6.97	7.78	6.51	0.37	0.39	4.62	-3.0	2.7	
2008/2/13	6.8	4.07	2.91	0.34	0.00	2.16	0.97	3.22	n.d.	2.34	n.d.	5.30	6.60	6.18	0.32	0.35	4.10	-3.7	0.4	
2008/2/20	6.9	4.18	3.29	0.12	0.00	2.69	1.07	3.56	n.d.	1.35	n.d.	6.67	7.17	6.44	0.37	0.38	4.57	-1.4	4.5	
2008/2/26	6.9	4.30	3.04	0.11	0.00	2.86	1.03	3.52	n.d.	1.03	n.d.	6.70	7.20	6.59	0.36	0.37	4.51	-1.6	2.4	
2008/3/4	6.9	4.40	3.22	0.31	0.04	2.80	1.13	3.44	n.d.	1.03	n.d.	7.17	7.30	6.92	0.38	0.38	4.70	0.1	3.3	
2008/3/11	7.0	4.40	3.15	0.36	0.00	2.99	1.06	3.40	n.d.	1.03	n.d.	6.95	8.05	6.74	0.38	0.39	4.71	-0.8	3.4	
2008/3/18	6.9	4.49	3.23	0.54	0.00	2.59	1.05	3.43	n.d.	1.01	n.d.	6.77	8.52	6.74	0.37	0.39	4.65	-3.1	1.7	
2008/3/25	6.9	4.48	3.23	0.29	0.00	3.03	1.08	3.17	n.d.	0.91	n.d.	6.28	8.89	6.70	0.39	0.38	4.62	1.0	1.6	
2008/4/1	6.9	4.41	3.21	0.25	0.00	2.67	1.11	3.38	n.d.	1.24	n.d.	6.53	8.49	6.64	0.37	0.39	4.61	-2.7	2.2	
2008/4/9	6.8	4.10	3.21	0.56	0.00	2.53	1.00	3.63	n.d.	2.37	n.d.	5.06	7.18	6.79	0.36	0.36	4.42	-0.2	3.8	
2008/4/15	6.8	3.93	3.28	0.58	0.02	2.68	1.00	3.66	n.d.	1.29	n.d.	5.17	7.76	6.60	0.37	0.36	4.44	2.1	6.0	
2008/4/18	6.7	3.65	2.84	0.57	0.02	2.59	0.98	3.11	n.d.	2.67	n.d.	4.44	6.54	5.30	0.35	0.33	4.14	2.8	6.3	
2008/4/22	6.8	3.66	2.93	0.47	0.01	2.11	0.92	3.40	n.d.	1.34	n.d.	4.35	7.28	6.54	0.32	0.33	3.91	-0.9	3.3	
2008/4/30	6.8	3.93	3.11	0.50	0.02	2.11	0.88	3.55	n.d.	0.97	n.d.	4.75	7.98	6.60	0.33	0.35	4.05	-2.8	1.5	
2008/5/7	6.7	4.06	3.12	0.51	0.02	2.69	0.93	3.39	n.d.	0.89	n.d.	4.87	8.78	6.76	0.36	0.36	4.28	0.7	2.7	
2008/5/14	6.8	4.08	3.09	0.54	0.00	2.85	0.99	3.72	n.d.	1.07	n.d.	5.66	8.84	6.45	0.37	0.38	4.58	-1.7	5.8	
2008/5/21	6.7	3.75	3.03	0.46	0.01	2.17	0.95	3.70	n.d.	2.66	n.d.	4.41	6.71	6.26	0.33	0.35	4.15	-2.7	5.0	
2008/5/23	6.7	3.74	3.03	0.48	0.01	2.00	0.86	3.64	n.d.	1.60	n.d.	4.43	6.68	1.60	0.32	0.33	3.93	-2.3	2.5	
2008/5/27	6.6	3.81	3.09	0.49	0.03	2.21	1.03	3.58	n.d.	2.00	n.d.	4.49	6.87	6.31	0.34	0.34	4.15	0.7	4.2	
2008/6/3	6.8	3.65	3.03	0.53	0.02	1.92	0.90	3.31	n.d.	1.13	n.d.	4.24	7.57	6.49	0.32	0.32	3.84	-1.3	2.5	
2008/6/10	6.7	3.81	3.11	0.52	0.02	1.95	0.90	3.57	n.d.	1.07	n.d.	5.20	7.77	6.91	0.32	0.35	4.09	-4.7	3.6	
2008/6/17	6.9	3.95	3.17	0.52	0.01	2.31	0.97	3.59	n.d.	0.91	n.d.	4.57	7.83	7.08	0.35	0.34	4.12	1.1	2.2	
2008/6/22	6.9	4.10	3.31	0.60	0.02	2.34	1.01	3.61	n.d.	1.22	n.d.	5.14	8.72	7.11	0.36	0.37	4.40	-1.6	3.5	
2008/6/24	6.8	4.05	3.45	0.61	0.00	2.40	1.04	3.53	n.d.	1.10	n.d.	5.10	8.59	2.43	0.37	0.36	4.41	0.9	4.2	
2008/7/1	6.9	4.03	3.33	0.55	0.03	2.17	1.01	3.42	n.d.	1.44	n.d.	4.50	8.51	7.24	0.35	0.35	4.21	-0.1	2.2	
2008/7/8	6.7	4.25	3.20	0.56	0.01	2.25	0.98	3.29	n.d.	1.11	n.d.	4.93	9.09	7.37	0.35	0.36	4.24	-2.1	-0.1	
2008/7/15	6.8	4.33	3.19	0.58	0.02	2.40	1.01	3.33	n.d.	1.13	n.d.	5.29	9.18	7.31	0.36	0.37	4.37	-2.1	0.5	
2008/7/22	6.8	4.46	3.23	0.61	0.01	2.52	1.03	3.29	n.d.	1.14	n.d.	5.53	9.47	7.57	0.37	0.38	4.48	-2.0	0.2	
2008/7/29	6.9	4.53	3.28	0.65	0.01	2.60	1.06	3.32	n.d.	1.25	n.d.	5.46	9.83	7.56	0.38	0.39	4.57	-1.5	0.5	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2008/8/5	6.7	4.73	3.31	0.68	0.01	2.78	1.13	3.40	n.d.	1.42	n.d.	5.96	11.01	7.52	0.39	0.42	4.88	-3.6	1.5	
2008/8/12	6.9	4.74	3.39	0.68	0.01	2.79	1.13	3.52	n.d.	1.40	n.d.	6.18	10.12	7.69	0.40	0.42	4.89	-2.3	1.6	
2008/8/19	6.7	4.77	3.45	0.70	0.01	2.77	1.16	3.55	n.d.	2.12	n.d.	5.69	10.88	7.70	0.40	0.43	4.98	-3.5	2.2	
2008/8/26	6.9	4.57	3.48	0.68	0.02	2.61	1.16	3.53	n.d.	2.67	n.d.	5.07	9.69	7.51	0.40	0.41	4.80	-1.4	2.5	
2008/8/29	6.7	4.54	3.26	0.68	0.00	2.49	1.21	3.35	n.d.	5.01	n.d.	3.91	7.95	6.91	0.38	0.39	4.65	-0.6	1.2	
2008/9/2	6.8	4.23	3.29	0.60	0.00	2.16	1.01	3.39	n.d.	1.42	n.d.	4.22	7.73	7.45	0.35	0.33	4.09	2.4	-1.7	
2008/9/9	6.9	4.38	3.34	0.65	0.01	2.54	1.07	3.57	n.d.	1.60	n.d.	5.36	9.41	7.59	0.38	0.39	4.62	-1.9	2.7	
2008/9/16	6.8	4.37	3.37	0.63	0.01	2.62	1.09	3.30	n.d.	2.05	n.d.	4.60	10.32	7.23	0.38	0.39	4.59	-0.9	2.4	
2008/9/24	6.9	4.29	3.54	0.62	0.01	2.33	1.10	3.41	n.d.	1.96	n.d.	4.34	9.68	7.71	0.38	0.38	4.46	0.0	2.0	
2008/9/30	6.7	4.37	3.45	0.61	0.00	2.46	1.08	3.43	n.d.	1.43	n.d.	4.96	9.83	7.63	0.38	0.38	4.53	-0.9	1.8	
2008/10/7	6.9	4.45	3.56	0.69	0.02	2.72	1.17	3.57	n.d.	2.04	n.d.	4.94	9.83	7.59	0.41	0.40	4.79	1.0	3.7	
2008/10/14	6.9	4.43	3.43	0.60	0.00	2.66	1.14	3.65	n.d.	1.44	n.d.	5.23	10.34	7.77	0.39	0.40	4.74	-1.7	3.3	
2008/10/21	6.9	4.49	3.52	0.62	0.02	2.84	1.16	3.57	n.d.	1.46	n.d.	5.56	10.05	7.33	0.41	0.40	4.84	0.2	3.8	
2008/10/28	6.8	4.13	3.36	0.56	0.01	2.38	1.05	3.58	n.d.	1.79	n.d.	4.24	9.12	7.22	0.37	0.37	4.37	-0.2	2.8	
2008/11/6	6.7	4.21	3.21	0.53	0.01	2.51	1.03	3.48	n.d.	1.30	n.d.	5.10	8.94	7.27	0.36	0.37	4.41	-1.0	2.3	
2008/11/11	6.8	4.27	3.20	0.54	0.01	2.56	1.03	3.44	n.d.	1.13	n.d.	5.21	8.85	7.27	0.37	0.37	4.41	-0.4	1.6	
2008/11/18	7.0	4.38	3.43	0.63	0.03	2.74	1.17	3.74	n.d.	1.18	n.d.	5.72	9.24	7.47	0.40	0.40	4.78	0.7	4.4	
2008/11/25	6.9	4.35	3.20	0.54	0.00	2.55	1.08	3.77	n.d.	1.66	n.d.	5.26	8.90	7.00	0.37	0.39	4.57	-2.5	2.5	
2008/12/2	7.0	4.19	3.27	0.52	0.00	2.52	1.05	3.67	n.d.	1.46	n.d.	5.39	8.23	7.27	0.37	0.37	4.48	-1.0	3.3	
2008/12/9	6.8	4.31	3.16	0.49	0.03	2.63	1.06	3.25	n.d.	1.18	n.d.	5.34	8.48	7.30	0.37	0.36	4.39	1.3	0.9	
2008/12/16	6.9	4.22	3.08	0.49	0.00	2.49	1.03	3.38	n.d.	1.21	n.d.	5.38	8.19	6.91	0.36	0.36	4.32	-0.8	1.2	
2008/12/25	6.8	4.23	3.21	0.50	0.00	2.52	1.04	3.60	n.d.	1.37	n.d.	5.29	8.73	6.86	0.36	0.38	4.46	-1.8	2.6	
2009/1/6	6.9	4.25	3.41	0.49	0.02	2.41	1.19	3.64	n.d.	1.23	n.d.	6.37	8.28	6.72	0.38	0.39	4.68	-1.3	4.8	
2009/1/13	6.9	4.27	2.99	0.43	0.01	2.24	1.03	3.48	n.d.	1.23	n.d.	5.95	8.39	6.58	0.34	0.38	4.36	-5.7	1.0	
2009/1/20	6.9	4.27	3.06	0.44	0.00	2.31	1.03	3.14	n.d.	0.96	n.d.	5.60	7.86	6.66	0.34	0.35	4.19	-0.8	-1.0	
2009/1/27	6.9	4.25	3.08	0.43	0.02	2.22	1.00	3.15	n.d.	1.18	n.d.	5.39	7.91	6.62	0.34	0.35	4.16	-1.5	-1.1	
2009/2/3	6.8	3.67	2.72	0.38	0.00	1.67	0.85	3.08	n.d.	1.70	n.d.	3.97	6.71	6.36	0.28	0.31	3.55	-4.3	-1.6	
2009/2/10	6.9	3.86	3.02	0.44	0.02	2.29	1.02	3.20	n.d.	1.16	n.d.	4.64	7.98	6.56	0.34	0.34	4.06	0.7	2.5	
2009/2/17	7.0	3.98	2.94	0.42	0.00	2.35	0.95	3.44	n.d.	1.04	n.d.	5.25	8.28	6.58	0.33	0.36	4.18	-3.6	2.4	
2009/2/23	6.9	3.61	2.70	0.40	0.01	2.09	0.88	2.74	n.d.	1.72	n.d.	4.13	7.50	5.49	0.31	0.31	3.71	-1.4	1.3	
2009/3/3	7.0	3.90	3.11	0.43	0.01	2.28	0.97	3.46	n.d.	1.00	n.d.	4.99	7.89	6.58	0.34	0.35	4.14	-1.0	3.0	
2009/3/9	6.8	3.65	2.97	0.40	0.01	1.96	0.90	3.34	n.d.	1.33	n.d.	4.40	7.62	6.33	0.31	0.33	3.87	-3.1	3.0	
2009/3/16	6.9	3.76	3.03	0.45	0.00	2.16	0.93	3.76	n.d.	1.05	n.d.	5.02	7.71	6.53	0.33	0.35	4.13	-3.8	4.7	
2009/3/24	6.9	3.85	3.07	0.46	0.01	2.13	0.94	3.42	n.d.	0.87	n.d.	4.70	8.48	6.57	0.33	0.35	4.05	-2.5	2.6	
2009/3/31	7.0	3.86	3.06	0.42	0.02	2.18	0.94	3.48	n.d.	0.84	n.d.	5.06	7.98	6.46	0.33	0.35	4.09	-2.4	2.9	
2009/4/7	6.9	3.92	3.16	0.45	0.01	2.16	0.93	3.55	n.d.	0.75	n.d.	4.88	8.92	6.56	0.33	0.36	4.15	-3.8	2.8	
2009/4/14	7.0	4.06	3.14	0.48	0.00	2.37	0.98	3.42	n.d.	0.72	n.d.	5.09	9.22	6.65	0.35	0.37	4.25	-2.5	2.3	
2009/4/20	6.8	4.00	3.25	0.50	0.01	2.27	0.96	3.47	n.d.	0.83	n.d.	4.71	9.38	6.85	0.35	0.36	4.22	-2.2	2.7	
2009/4/22	6.8	3.93	3.14	0.46	0.01	2.15	0.96	3.43	n.d.	1.28	n.d.	4.41	9.01	6.71	0.34	0.36	4.12	-3.1	2.4	
2009/4/28	6.8	3.59	2.98	0.41	0.01	1.90	0.91	3.39	n.d.	1.27	n.d.	4.23	7.78	6.54	0.31	0.33	3.85	-3.4	3.5	

Appendix 2. 桂不動谷津流域の渓流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECal mS/m	R1	R2	QC
2009/5/7	6.8	3.91	2.75	0.42	0.00	2.25	0.94	3.48	n.d.	0.89	n.d.	4.51	9.45	6.84	0.32	0.36	4.06	-6.1	1.9	
2009/5/12	6.9	3.98	3.13	0.52	0.02	2.23	0.94	3.30	n.d.	0.80	n.d.	4.64	9.68	6.95	0.34	0.36	4.15	-3.1	2.1	
2009/5/20	6.8	4.20	3.15	0.52	0.01	2.36	0.97	3.24	n.d.	0.87	n.d.	4.80	9.52	7.06	0.35	0.36	4.21	-1.9	0.2	
2009/5/26	6.9	4.25	3.26	0.54	0.01	2.63	1.03	3.53	n.d.	0.92	n.d.	5.57	9.93	7.17	0.37	0.39	4.58	-2.6	3.7	
2009/6/3	6.9	4.29	3.29	0.60	0.02	2.62	1.06	3.46	n.d.	1.19	n.d.	5.30	10.13	7.09	0.38	0.39	4.59	-2.0	3.4	
2009/6/9	6.9	4.45	3.26	0.55	0.00	2.74	1.09	3.44	n.d.	1.09	n.d.	5.70	10.36	7.39	0.38	0.40	4.69	-2.6	2.6	
2009/6/16	6.8	4.53	3.34	0.56	0.00	2.79	1.11	3.40	n.d.	1.06	n.d.	5.83	10.52	7.40	0.39	0.41	4.75	-2.1	2.4	
2009/6/23	6.9	4.18	3.20	0.50	0.01	2.40	1.03	3.25	n.d.	1.34	n.d.	4.57	10.21	7.30	0.36	0.38	4.33	-2.6	1.7	
2009/6/30	6.8	4.49	3.42	0.59	0.01	2.78	1.15	3.53	n.d.	1.27	n.d.	5.76	10.57	7.42	0.40	0.41	4.84	-1.8	3.7	
2009/7/7	6.9	4.61	3.56	0.61	0.02	2.96	1.17	3.44	n.d.	1.30	n.d.	5.45	10.57	7.44	0.42	0.40	4.87	1.3	2.7	
2009/7/14	6.9	4.72	3.55	0.64	0.01	3.03	1.21	3.61	n.d.	1.23	n.d.	6.17	11.04	7.58	0.42	0.43	5.09	-1.0	3.8	
2009/7/21	6.9	4.88	3.43	0.66	0.00	3.05	1.19	3.48	n.d.	1.30	n.d.	6.13	11.29	7.57	0.42	0.43	5.05	-1.9	1.7	
2009/7/29	6.8	4.91	3.67	0.69	0.02	2.97	1.14	3.55	n.d.	1.38	n.d.	6.15	11.54	7.86	0.42	0.44	5.12	-2.2	2.1	
2009/8/4	6.8	4.51	3.35	0.57	0.01	2.48	1.06	3.38	n.d.	1.39	n.d.	4.86	11.22	7.68	0.37	0.40	4.57	-4.0	0.6	
2009/8/10	6.4	3.99	2.61	0.51	0.01	1.99	0.95	3.06	n.d.	4.20	n.d.	3.98	7.05	6.01	0.30	0.35	4.01	-7.3	0.3	
2009/8/11	6.5	3.89	2.92	2.42	0.00	1.91	0.90	3.44	n.d.	2.63	n.d.	3.89	7.52	6.97	0.36	0.34	4.31	2.1	5.1	
2009/8/18	6.6	3.84	2.90	0.44	0.00	1.83	0.89	3.45	n.d.	2.60	n.d.	3.91	7.42	7.02	0.30	0.34	3.90	-6.2	0.7	
2009/8/25	6.7	4.10	3.14	0.53	0.01	2.29	0.93	3.54	n.d.	1.39	n.d.	4.75	9.05	7.52	0.34	0.37	4.26	-3.9	1.9	
2009/9/1	6.8	4.34	3.37	0.55	0.01	2.55	1.02	3.57	n.d.	1.18	n.d.	5.36	10.53	7.75	0.37	0.40	4.63	-4.0	3.2	
2009/9/8	6.8	4.25	3.24	0.57	0.00	2.41	1.03	3.40	n.d.	1.99	n.d.	4.38	9.47	7.49	0.36	0.37	4.37	-2.0	1.4	
2009/9/14	6.8	4.57	3.18	0.53	0.00	2.66	1.05	3.34	n.d.	1.16	n.d.	5.26	10.93	7.74	0.38	0.40	4.63	-2.6	0.9	
2009/9/24	6.8	4.81	3.45	0.63	0.01	2.90	1.14	3.52	n.d.	1.18	n.d.	6.06	11.19	7.73	0.41	0.43	4.97	-2.7	1.6	
2009/9/30	6.9	4.82	3.46	0.62	0.01	3.12	1.18	3.51	n.d.	1.32	n.d.	5.79	10.70	6.03	0.42	0.42	4.98	0.4	1.6	
2009/10/6	6.8	4.80	3.40	0.66	0.00	3.09	1.18	3.59	n.d.	1.37	n.d.	5.88	10.20	7.58	0.42	0.41	4.96	0.4	1.7	
2009/10/8	6.7	4.23	3.00	0.38	0.00	2.29	1.06	3.38	n.d.	3.37	n.d.	4.37	8.36	7.18	0.35	0.00	4.37	0.0	1.7	
2009/10/9	6.9	4.14	3.22	0.48	0.00	2.25	1.02	3.52	n.d.	2.02	n.d.	4.39	8.72	7.29	0.35	0.37	4.27	-2.5	1.5	
2009/10/13	6.8	4.33	3.14	0.52	0.00	2.45	1.01	3.42	n.d.	1.29	n.d.	5.07	9.48	7.45	0.36	0.38	4.38	-3.1	0.6	
2009/10/20	6.9	4.54	3.21	0.56	0.00	2.66	1.05	3.44	n.d.	1.15	n.d.	5.78	9.39	7.43	0.37	0.39	4.58	-2.2	0.5	
2009/10/28	6.8	4.07	3.25	0.49	0.01	2.10	0.97	3.52	n.d.	1.48	n.d.	4.46	8.51	7.38	0.34	0.36	4.16	-2.3	1.1	
2009/11/4	6.7	4.30	3.23	0.57	0.01	2.41	0.99	4.20	n.d.	1.09	n.d.	5.10	8.95	7.50	0.36	0.39	4.51	-4.2	2.4	
2009/11/10	6.9	4.39	3.15	0.47	0.00	2.47	0.99	3.37	n.d.	0.93	n.d.	5.28	9.23	6.63	0.35	0.37	4.34	-2.4	-0.6	
2009/11/12	6.7	3.78	2.86	0.38	0.00	1.82	0.89	3.20	n.d.	1.76	n.d.	3.81	7.13	7.08	0.30	0.31	3.68	-2.7	-1.3	
2009/11/16	6.8	3.95	3.13	0.52	0.01	2.15	0.94	3.42	n.d.	0.98	n.d.	4.19	8.66	7.08	0.33	0.34	4.02	-1.0	0.9	
2009/11/24	6.9	3.94	3.46	0.52	0.03	2.24	0.99	3.96	n.d.	0.70	n.d.	4.74	7.90	7.61	0.36	0.35	4.27	1.1	4.1	
2009/12/8	6.9	3.85	3.28	0.48	0.00	2.20	0.95	4.02	n.d.	0.43	n.d.	4.87	7.90	7.78	0.34	0.35	4.18	-1.3	4.2	
2009/12/25	6.9	3.91	3.27	0.56	0.00	2.34	0.88	3.62	n.d.	0.89	n.d.	5.00	4.88	7.45	0.35	0.30	3.98	7.0	0.9	
2010/1/12	6.8	4.05	3.32	0.44	0.00	2.61	1.02	3.79	n.d.	0.38	n.d.	5.95	7.30	6.96	0.37	0.36	4.42	1.8	4.4	
2010/1/20	6.8	4.16	3.27	0.43	0.00	2.57	1.03	3.99	n.d.	0.88	n.d.	6.05	6.69	7.23	0.37	0.36	4.47	0.6	3.6	
2010/1/26	6.8	4.24	3.29	0.48	0.00	2.71	1.01	3.82	n.d.	0.73	n.d.	6.37	7.28	6.84	0.37	0.37	4.56	0.3	3.7	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2010/2/3	7.0	4.28	3.27	0.44	0.00	2.74	0.99	3.59	n.d.	0.61	n.d.	6.34	5.45	6.81	0.37	0.33	4.35	5.6	0.8	
2010/2/9	6.8	4.29	3.27	0.39	0.00	2.59	1.02	3.58	n.d.	0.45	n.d.	6.52	5.46	7.00	0.37	0.33	4.32	4.5	0.3	
2010/2/16	7.0	4.26	3.37	0.56	0.00	2.71	1.05	4.22	n.d.	1.25	n.d.	7.15	2.43	6.85	0.38	0.33	4.53	7.6	3.1	
2010/2/24	7.0	4.34	3.37	0.56	0.00	2.84	1.09	3.64	n.d.	0.16	n.d.	6.73	3.04	6.87	0.39	0.30	4.31	14.1	-0.3	R1
2010/3/2	6.9	3.89	3.24	0.41	0.01	2.07	0.94	3.46	n.d.	0.93	n.d.	5.36	7.88	6.94	0.33	0.35	4.14	-3.0	3.2	
2010/3/9	7.0	3.79	3.23	0.45	0.00	2.11	0.91	3.54	n.d.	0.73	n.d.	5.25	6.09	6.70	0.33	0.32	3.98	1.7	2.5	
2010/3/17	6.9	3.87	3.29	0.48	0.00	2.19	0.94	3.49	n.d.	0.52	n.d.	5.22	7.30	6.82	0.34	0.34	4.09	1.0	2.8	
2010/3/23	6.9	3.86	3.32	0.49	0.00	2.29	0.95	3.55	n.d.	0.45	n.d.	5.37	6.68	6.81	0.35	0.33	4.12	3.1	3.2	
2010/3/30	6.8	3.72	3.09	0.43	0.04	1.99	0.88	3.48	n.d.	0.41	n.d.	4.89	7.26	6.77	0.32	0.33	3.89	-1.0	2.3	
2010/4/7	6.9	3.84	3.45	0.47	0.00	2.12	0.95	3.61	n.d.	0.21	n.d.	4.98	8.49	6.68	0.35	0.35	4.14	-0.3	3.8	
2010/4/13	6.8	3.65	3.03	0.46	0.00	1.87	0.88	3.38	n.d.	1.09	n.d.	4.65	4.24	6.36	0.31	0.28	3.64	5.2	-0.2	
2010/4/20	6.9	3.54	3.12	0.34	0.00	1.72	0.81	3.48	n.d.	0.42	n.d.	4.36	6.08	6.65	0.30	0.30	3.58	0.2	0.6	
2010/4/27	6.8	3.72	3.23	0.42	0.00	1.95	0.88	3.61	n.d.	0.31	n.d.	4.63	7.31	6.76	0.32	0.32	3.87	-0.3	2.0	
2010/4/30	6.7	3.38	3.00	0.42	0.00	1.64	0.81	3.62	n.d.	0.91	n.d.	4.12	5.49	6.50	0.29	0.29	3.56	-0.4	2.5	
2010/5/6	6.8	3.69	3.05	0.43	0.00	1.90	0.81	3.47	n.d.	0.45	n.d.	4.53	7.32	6.99	0.31	0.32	3.76	-2.2	1.0	
2010/5/11	6.8	3.86	3.06	0.47	0.00	2.04	0.84	3.52	n.d.	0.50	n.d.	4.79	7.26	7.05	0.32	0.33	3.88	-1.6	0.3	
2010/5/18	6.8	4.05	3.12	0.48	0.00	2.28	0.92	3.55	n.d.	0.41	n.d.	5.20	9.09	7.11	0.34	0.36	4.20	-3.8	1.8	
2010/5/25	6.7	3.58	2.97	0.36	0.00	1.85	0.78	3.38	n.d.	0.64	n.d.	4.41	7.30	6.75	0.29	0.32	3.68	-3.6	1.4	
2010/6/1	6.8	3.75	3.18	0.43	0.00	2.01	0.87	3.52	n.d.	0.37	n.d.	4.60	7.88	7.18	0.32	0.33	3.90	-1.5	2.0	
2010/6/8	6.8	3.99	3.21	0.48	0.03	2.11	0.92	3.61	n.d.	0.45	n.d.	4.99	7.27	7.22	0.33	0.33	4.03	0.4	0.5	
2010/6/15	6.9	4.05	3.33	0.53	0.00	2.42	0.97	3.71	n.d.	0.64	n.d.	5.14	7.89	7.26	0.36	0.35	4.28	1.1	2.8	
2010/6/17	6.8	3.83	2.93	0.42	0.00	1.78	0.85	3.48	n.d.	0.82	n.d.	4.75	9.10	7.09	0.30	0.36	3.93	-9.5	1.2	R1
2010/6/23	6.9	3.98	3.33	0.48	0.00	2.08	0.90	3.46	n.d.	0.65	n.d.	4.77	7.98	7.13	0.33	0.34	4.03	-0.5	0.6	
2010/6/29	6.9	4.00	3.05	0.39	0.00	2.03	0.89	3.40	n.d.	0.58	n.d.	4.97	8.96	7.34	0.32	0.36	4.02	-5.6	0.3	
2010/7/1	6.9	3.95	3.92	0.63	0.00	2.39	1.07	4.04	n.d.	0.89	n.d.	4.95	8.49	7.32	0.39	0.37	4.58	3.1	7.3	
2010/7/6	6.8	3.87	3.92	0.63	0.06	2.51	1.10	3.75	n.d.	0.57	n.d.	4.90	9.06	7.35	0.41	0.37	4.58	5.3	8.4	
2010/7/13	6.8	3.63	3.17	0.38	0.00	1.76	0.82	3.43	n.d.	0.57	n.d.	4.15	7.29	7.18	0.30	0.31	3.68	-1.4	0.7	
2010/7/21	6.7	3.97	3.24	0.57	0.00	2.34	0.95	3.54	n.d.	0.82	n.d.	4.99	6.70	7.27	0.35	0.33	4.11	3.6	1.7	
2010/7/27	6.8	4.10	3.26	0.60	0.00	2.33	0.96	3.58	n.d.	1.10	n.d.	5.01	7.91	7.38	0.35	0.35	4.25	-0.1	1.8	
2010/8/2	6.4	3.67	2.36	0.59	0.00	2.23	0.98	2.24	n.d.	5.53	n.d.	4.19	4.87	4.66	0.31	0.32	3.91	-1.4	3.2	
2010/8/10	6.7	4.02	3.26	0.53	0.00	2.13	0.90	3.52	n.d.	0.97	n.d.	5.21	8.41	7.64	0.34	0.36	4.20	-3.7	2.2	
2010/8/17	6.9	4.22	3.38	0.54	0.00	2.41	0.97	3.48	n.d.	0.65	n.d.	5.40	9.03	7.73	0.36	0.37	4.37	-1.1	1.7	
2010/8/23	6.8	4.27	3.47	0.66	0.00	2.50	0.99	3.61	n.d.	0.61	n.d.	5.48	9.08	7.81	0.37	0.37	4.49	0.0	2.5	
2010/8/31	6.9	4.47	3.48	0.62	0.00	2.78	1.06	3.59	n.d.	0.34	n.d.	5.93	9.69	8.01	0.39	0.39	4.68	0.5	2.3	
2010/9/7	6.9	4.60	3.55	0.57	0.00	2.91	1.08	3.61	n.d.	0.84	n.d.	6.26	9.13	7.96	0.40	0.40	4.81	1.0	2.2	
2010/9/15	6.9	4.71	3.56	0.57	0.00	2.75	1.15	3.60	n.d.	1.17	n.d.	6.47	9.58	7.67	0.40	0.41	4.90	-1.3	2.0	
2010/9/22	6.8	4.61	3.62	0.66	0.00	3.06	1.21	3.56	n.d.	1.13	n.d.	6.08	9.61	7.70	0.43	0.40	4.97	2.9	3.8	
2010/9/29	6.6	3.74	3.10	0.45	0.00	1.82	0.88	3.28	n.d.	2.45	n.d.	4.06	6.67	7.04	0.31	0.33	3.85	-2.6	1.4	
2010/10/6	6.9	3.96	3.27	0.47	0.00	2.33	0.98	3.56	n.d.	1.03	n.d.	4.85	7.80	7.23	0.35	0.35	4.19	0.8	2.9	
2010/10/13	6.8	3.96	3.43	0.65	0.00	2.10	0.90	3.68	n.d.	1.11	n.d.	4.77	8.48	7.36	0.35	0.36	4.23	-2.1	3.3	

Appendix2. 桂不動谷津流域の渓流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECal mS/m	R1	R2	QC
2010/10/20	6.8	4.07	3.23	0.38	0.00	2.49	0.98	3.60	n.d.	0.52	n.d.	5.34	7.91	7.38	0.36	0.35	4.26	0.6	2.3	
2010/10/27	6.8	4.07	3.18	0.56	0.00	2.13	0.90	3.42	n.d.	1.14	n.d.	4.96	4.25	7.26	0.33	0.29	3.84	7.3	-2.9	
2010/11/4	6.8	3.57	3.16	0.28	0.00	2.13	0.87	3.48	n.d.	0.89	n.d.	4.32	5.97	6.88	0.32	0.30	3.77	3.6	2.7	
2010/11/12	6.9	3.89	3.11	0.47	0.00	2.28	0.95	3.54	n.d.	0.48	n.d.	4.96	7.29	6.82	0.34	0.33	4.04	1.3	1.9	
2010/11/17	6.9	3.89	3.16	0.38	0.00	2.18	0.90	3.54	n.d.	0.73	n.d.	5.12	6.91	6.59	0.33	0.33	4.01	-0.2	1.6	
2010/11/24	6.9	4.01	3.26	0.61	0.00	2.34	0.92	3.62	n.d.	1.08	n.d.	5.32	5.47	6.84	0.35	0.32	4.12	4.5	1.3	
2010/12/1	6.8	4.00	3.30	0.59	0.00	2.25	0.95	3.70	n.d.	0.77	n.d.	5.87	7.01	6.86	0.35	0.35	4.30	-0.6	3.6	
2010/12/7	6.9	3.89	3.16	0.50	0.00	1.91	0.84	3.53	n.d.	1.07	n.d.	5.11	7.21	7.09	0.31	0.34	3.99	-4.1	1.2	
2010/12/15	6.9	3.90	3.18	0.51	0.00	2.06	0.89	3.45	n.d.	0.82	n.d.	5.27	6.77	6.78	0.33	0.33	4.01	-0.6	1.4	
2010/12/21	6.9	4.00	3.15	0.50	0.00	2.13	0.89	3.46	n.d.	0.67	n.d.	5.50	6.63	6.68	0.33	0.33	4.03	-0.4	0.4	
2010/12/28	7.0	3.83	3.09	0.46	0.00	2.13	0.93	3.48	n.d.	0.50	n.d.	5.10	5.84	6.63	0.33	0.31	3.89	3.3	0.8	
2011/1/6	6.8	3.94	3.03	0.47	0.00	1.99	0.85	3.45	n.d.	0.68	n.d.	5.35	4.22	6.71	0.31	0.29	3.74	4.1	-2.6	
2011/1/12	6.9	3.94	3.10	0.45	0.00	2.10	0.89	3.56	n.d.	0.33	n.d.	5.81	6.66	6.42	0.32	0.34	4.04	-1.8	1.2	
2011/1/19	6.9	4.01	3.15	0.41	0.00	1.59	0.85	3.39	n.d.	0.65	n.d.	5.79	4.22	6.33	0.30	0.30	3.69	0.2	-4.1	
2011/1/26	7.0	4.03	3.16	0.46	0.00	2.10	0.89	3.40	n.d.	0.71	n.d.	5.91	6.41	6.30	0.33	0.34	4.06	-1.2	0.4	
2011/2/1	6.8	4.08	3.11	0.45	0.00	2.12	0.91	3.42	n.d.	0.78	n.d.	6.16	5.48	6.21	0.33	0.33	4.05	0.2	-0.3	
2011/2/8	6.9	4.10	3.14	0.42	0.00	2.25	0.92	3.41	n.d.	0.69	n.d.	6.36	6.41	6.31	0.33	0.34	4.18	-1.5	1.0	
2011/2/16	6.9	4.08	3.07	0.45	0.00	2.26	0.89	3.36	n.d.	0.80	n.d.	6.08	7.26	6.15	0.33	0.35	4.18	-3.3	1.2	
2011/2/23	6.9	3.73	2.99	0.42	0.00	1.87	0.81	3.49	n.d.	0.50	n.d.	5.45	6.07	6.27	0.30	0.32	3.80	-3.0	1.0	
2011/3/1	6.9	3.82	2.74	0.43	0.00	1.25	0.69	3.34	n.d.	0.60	n.d.	5.39	6.64	6.24	0.25	0.33	3.53	-13.2	-3.9	
2011/3/9	6.9	3.68	3.16	0.40	0.00	2.09	0.93	3.25	n.d.	0.47	n.d.	5.08	6.56	6.35	0.33	0.31	3.88	2.6	2.6	
2011/3/23	7.0	4.33	3.33	0.53	0.00	2.52	1.03	3.25	n.d.	0.11	n.d.	6.67	7.64	6.70	0.37	0.36	4.41	1.5	0.9	
2011/3/30	7.0	4.69	3.36	0.55	0.02	2.84	1.09	3.35	n.d.	0.37	n.d.	7.53	9.11	6.71	0.39	0.41	4.86	-1.8	1.7	
2011/4/6	7.0	4.70	3.37	0.52	0.00	2.87	1.11	3.38	n.d.	0.00	n.d.	7.74	8.76	6.75	0.39	0.40	4.83	-0.8	1.4	
2011/4/13	7.0	4.37	3.36	0.56	0.00	2.22	0.95	3.25	n.d.	0.61	n.d.	6.40	8.42	6.69	0.35	0.37	4.37	-3.2	0.0	
2011/4/20	7.0	4.49	3.29	0.56	0.00	2.66	1.11	3.32	n.d.	0.18	n.d.	6.76	8.26	6.75	0.38	0.37	4.57	1.2	0.9	
2011/4/26	6.8	3.98	3.07	0.49	0.01	1.82	0.83	3.15	n.d.	0.55	n.d.	5.20	6.22	6.57	0.31	0.31	3.74	-0.3	-3.1	
2011/5/2	6.9	4.29	3.24	0.53	0.00	2.60	1.08	3.23	n.d.	0.05	n.d.	5.93	6.93	6.84	0.37	0.33	4.25	6.3	-0.4	
2011/5/11	6.9	4.66	3.47	0.62	0.00	2.81	1.11	3.41	n.d.	0.32	n.d.	6.88	9.60	7.05	0.40	0.40	4.82	-0.5	1.7	
2011/5/18	6.9	4.52	3.45	0.57	0.00	3.05	1.13	3.42	n.d.	0.18	n.d.	6.63	8.27	7.12	0.41	0.37	4.73	4.7	2.3	
2011/5/24	7.0	4.53	3.31	0.56	0.00	2.47	1.05	3.32	n.d.	0.31	n.d.	6.70	9.67	6.95	0.37	0.40	4.60	-3.8	0.7	
2011/6/1	6.9	3.92	3.08	0.46	0.00	1.90	0.88	3.36	n.d.	0.74	n.d.	5.35	7.29	6.76	0.31	0.34	3.94	-3.9	0.3	
2011/6/8	6.8	4.48	3.39	0.58	0.00	2.80	1.19	3.40	n.d.	0.20	n.d.	6.49	9.60	7.24	0.40	0.39	4.75	1.1	2.9	
2011/6/15	6.8	4.22	3.36	0.53	0.00	2.71	1.11	3.35	n.d.	0.61	n.d.	5.69	8.77	7.14	0.39	0.37	4.51	2.6	3.3	
2011/6/22	6.9	4.53	3.45	0.59	0.00	2.85	1.10	3.34	n.d.	0.59	n.d.	6.37	9.10	7.40	0.40	0.39	4.71	1.5	1.9	
2011/6/29	6.9	4.82	3.53	0.63	0.00	3.02	1.15	3.42	n.d.	0.64	n.d.	7.25	10.18	7.42	0.42	0.42	5.06	-1.0	2.5	
2011/7/5	6.8	5.03	3.68	0.68	0.00	3.38	1.23	3.44	n.d.	0.27	n.d.	7.71	10.29	7.57	0.45	0.43	5.29	1.9	2.5	
2011/7/6	6.9	4.89	3.48	0.68	0.00	3.36	1.31	3.44	n.d.	0.97	n.d.	6.94	10.29	7.50	0.44	0.43	5.22	2.1	3.3	
2011/7/13	6.9	5.20	3.62	0.70	0.00	3.77	1.33	3.47	n.d.	0.52	n.d.	7.94	10.46	7.75	0.47	0.44	5.53	3.3	3.0	
2011/7/21	6.8	4.05	3.31	0.55	0.00	2.24	1.07	3.45	n.d.	1.92	n.d.	5.17	7.80	7.27	0.36	0.36	4.36	-0.8	3.7	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2011/7/27	6.9	4.74	3.46	0.64	0.00	2.99	1.13	3.63	n.d.	0.94	n.d.	7.36	9.33	7.74	0.41	0.42	5.06	-1.8	3.3	
2011/8/3	6.8	4.15	3.17	0.52	0.00	2.29	0.97	3.25	n.d.	0.98	n.d.	5.12	8.41	7.42	0.35	0.35	4.18	-0.9	0.4	
2011/8/10	6.8	4.62	3.38	0.58	0.00	2.87	1.11	3.47	n.d.	0.60	n.d.	6.39	9.94	7.79	0.40	0.40	4.80	-0.9	1.9	
2011/8/17	6.7	4.87	3.38	0.62	0.00	3.40	1.21	3.46	n.d.	0.60	n.d.	6.97	10.96	7.82	0.43	0.43	5.18	0.0	3.0	
2011/8/24	6.7	4.34	3.52	0.60	0.00	2.54	1.08	3.21	n.d.	1.29	n.d.	5.13	9.44	7.86	0.38	0.37	4.51	1.6	1.9	
2011/8/31	6.8	4.49	3.34	0.66	0.00	2.69	1.07	3.27	n.d.	0.22	n.d.	5.59	9.11	7.57	0.38	0.36	4.45	3.1	-0.4	
2011/9/8	6.9	4.27	3.30	0.56	0.00	2.44	1.03	3.48	n.d.	0.25	n.d.	5.31	9.09	7.46	0.36	0.36	4.34	0.4	0.8	
2011/9/13	6.8	4.58	3.28	0.59	0.03	2.97	1.13	3.39	n.d.	1.04	n.d.	5.98	9.69	7.63	0.40	0.40	4.78	0.6	2.1	
2011/9/22	6.6	3.74	2.94	0.55	0.00	2.05	0.93	3.30	n.d.	3.50	n.d.	3.87	5.70	6.73	0.32	0.32	3.95	-0.4	2.7	
2011/9/28	6.8	4.09	3.07	0.53	0.00	2.38	0.89	3.30	n.d.	0.92	n.d.	5.20	8.39	7.46	0.34	0.35	4.17	-2.1	1.0	
2011/10/5	6.8	4.31	3.08	0.59	0.00	2.58	1.01	3.56	n.d.	0.27	n.d.	6.30	8.12	6.72	0.36	0.37	4.44	-1.1	1.5	
2011/10/12	6.8	4.18	3.22	0.55	0.02	2.55	0.96	3.85	n.d.	1.28	n.d.	6.16	7.89	7.20	0.36	0.39	4.58	-3.4	4.5	
2011/10/19	6.8	4.36	3.21	0.54	0.00	2.90	1.03	3.28	n.d.	1.03	n.d.	5.58	7.04	7.18	0.38	0.34	4.39	5.9	0.4	
2011/10/26	6.9	4.41	3.37	0.54	0.00	2.91	1.12	3.34	n.d.	1.07	n.d.	5.78	8.50	7.50	0.40	0.37	4.62	3.5	2.4	
2011/11/2	6.9	4.63	3.36	0.56	0.00	2.84	1.04	3.38	n.d.	0.68	n.d.	6.61	8.84	7.18	0.39	0.39	4.70	-0.1	0.7	
2011/11/9	6.9	4.76	3.32	0.58	0.00	3.09	1.11	3.36	n.d.	0.94	n.d.	7.02	7.81	7.22	0.40	0.38	4.82	2.6	0.6	
2011/11/15	7.0	4.89	3.41	0.59	0.02	3.14	1.11	3.37	n.d.	0.94	n.d.	7.18	9.40	7.28	0.41	0.41	5.01	-0.1	1.2	
2011/11/22	6.9	4.32	3.27	0.51	0.00	2.58	1.07	3.45	n.d.	0.86	n.d.	6.09	8.47	6.33	0.37	0.38	4.53	-0.7	2.3	
2011/11/30	6.9	4.72	3.41	0.53	0.00	3.66	1.24	3.50	n.d.	0.00	n.d.	7.41	9.22	6.82	0.45	0.40	5.14	5.0	4.3	
2011/12/7	7.0	4.72	3.39	0.57	0.01	3.16	1.18	3.33	n.d.	0.49	n.d.	6.96	7.86	6.74	0.42	0.38	4.82	5.2	1.1	
2011/12/14	7.0	4.81	3.24	0.51	0.02	3.37	1.16	3.26	n.d.	0.82	n.d.	7.29	9.12	6.90	0.42	0.41	5.00	1.5	2.0	
2011/12/22	7.0	4.89	3.18	0.49	0.01	3.56	1.14	3.41	n.d.	0.86	n.d.	7.90	6.10	6.88	0.42	0.37	4.95	6.0	0.6	
2011/12/28	7.0	4.90	3.18	0.47	0.01	3.41	1.17	3.46	n.d.	0.75	n.d.	8.15	9.25	6.80	0.42	0.43	5.18	-1.6	2.8	
2012/1/5	6.9	5.02	3.26	0.50	0.00	3.43	1.14	3.43	n.d.	0.68	n.d.	8.39	8.15	6.81	0.42	0.42	5.14	0.5	1.2	
2012/1/10	6.9	5.06	3.36	0.51	0.02	3.25	1.20	3.56	n.d.	1.00	n.d.	9.06	8.79	6.81	0.42	0.45	5.37	-3.2	2.9	
2012/1/17	6.9	5.09	3.37	0.53	0.01	3.83	1.29	3.50	n.d.	1.00	n.d.	9.11	9.41	6.76	0.46	0.46	5.63	-0.1	5.0	
2012/1/24	7.0	5.07	3.45	0.54	0.01	3.56	1.18	3.56	n.d.	1.12	n.d.	8.92	9.65	6.76	0.44	0.46	5.53	-2.5	4.3	
2012/1/31	6.9	5.20	3.39	0.55	0.01	3.92	1.29	3.61	n.d.	1.01	n.d.	9.51	9.92	6.76	0.46	0.48	5.79	-1.5	5.4	
2012/2/7	6.9	4.62	3.23	0.51	0.01	3.42	1.07	3.36	n.d.	2.84	n.d.	6.81	7.56	6.02	0.41	0.41	5.03	0.8	4.3	
2012/2/14	7.0	5.15	3.36	0.55	0.00	3.29	1.19	3.46	n.d.	0.74	n.d.	9.07	9.15	6.78	0.42	0.45	5.35	-2.9	1.9	
2012/2/21	7.0	5.24	3.45	0.53	0.00	3.86	1.22	3.38	n.d.	0.40	n.d.	9.21	9.87	6.87	0.46	0.46	5.57	0.2	3.1	
2012/2/28	7.0	4.58	3.35	0.52	0.00	2.83	1.15	3.28	n.d.	1.18	n.d.	7.48	5.77	6.79	0.39	0.36	4.69	4.3	1.2	
2012/3/6	6.8	3.53	2.85	0.45	0.00	1.97	0.76	2.96	n.d.	1.98	n.d.	4.89	4.95	6.03	0.30	0.30	3.68	-0.3	2.0	
2012/3/13	6.9	3.73	3.08	0.49	0.00	1.95	0.80	3.02	n.d.	0.61	n.d.	5.15	4.21	6.44	0.31	0.27	3.59	6.6	-2.0	
2012/3/21	7.0	3.72	3.16	0.47	0.00	1.99	0.81	3.37	n.d.	0.34	n.d.	5.40	5.94	6.53	0.32	0.31	3.83	0.8	1.5	
2012/3/26	6.9	3.96	2.92	0.41	0.01	2.01	0.79	3.08	n.d.	0.85	n.d.	5.42	4.11	6.53	0.30	0.28	3.64	3.9	-4.3	
2012/4/4	7.0	4.10	3.02	0.46	0.00	2.18	0.86	3.22	n.d.	0.83	n.d.	5.81	5.53	6.61	0.32	0.32	3.94	1.1	-2.0	
2012/4/10	7.0	4.40	2.94	0.45	0.00	2.20	0.85	2.99	n.d.	0.60	n.d.	5.78	8.62	6.70	0.32	0.36	4.06	-5.4	-4.0	
2012/4/17	6.9	4.23	3.37	0.54	0.00	2.73	1.10	3.42	n.d.	0.73	n.d.	6.39	8.66	6.74	0.39	0.38	4.66	0.6	4.8	
2012/4/24	6.9	4.19	3.31	0.52	0.00	2.37	0.91	3.33	n.d.	0.90	n.d.	5.86	7.95	6.85	0.35	0.36	4.31	-1.3	1.4	

Appendix2. 桂不動谷津流域の渓流水分析データ。(続き)
Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2012/5/1	7.0	3.92	3.25	0.51	0.00	2.12	0.88	3.51	n.d.	0.94	n.d.	5.70	8.13	6.86	0.33	0.37	4.23	-4.8	3.8	
2012/5/8	6.7	3.49	2.71	0.40	0.00	1.77	0.71	3.18	n.d.	1.11	n.d.	4.30	6.44	6.59	0.28	0.30	3.51	-4.7	0.3	
2012/5/15	6.9	3.85	3.00	0.47	0.00	2.11	0.90	3.32	n.d.	0.77	n.d.	5.25	7.94	6.79	0.32	0.35	4.03	-3.5	2.3	
2012/5/21	6.9	3.93	3.12	0.47	0.00	2.76	0.94	3.53	n.d.	0.99	n.d.	5.66	6.29	7.00	0.36	0.34	4.28	3.7	4.3	
2012/5/29	6.9	4.23	3.19	0.51	0.00	2.34	0.90	3.39	n.d.	0.36	n.d.	5.76	8.66	7.18	0.34	0.36	4.25	-3.0	0.2	
2012/6/5	6.9	3.95	3.18	0.48	0.00	2.65	1.02	3.30	n.d.	0.77	n.d.	5.19	7.86	7.12	0.37	0.34	4.26	3.4	3.8	
2012/6/12	6.9	4.03	3.19	0.47	0.00	2.83	0.96	3.47	n.d.	0.90	n.d.	5.58	8.50	7.22	0.37	0.37	4.46	0.4	5.0	
2012/6/19	6.9	4.51	3.37	0.53	0.00	3.24	1.18	3.35	n.d.	0.94	n.d.	5.92	9.34	7.40	0.42	0.39	4.82	4.1	3.4	
2012/6/25	6.8	3.67	2.82	0.39	0.00	2.06	0.77	3.14	n.d.	1.03	n.d.	4.48	7.40	6.99	0.30	0.32	3.73	-3.4	0.8	
2012/7/3	6.8	4.23	3.22	0.49	0.00	2.61	1.01	3.34	n.d.	0.55	n.d.	5.64	9.06	7.26	0.37	0.37	4.40	-0.4	2.0	
2012/7/10	6.8	3.93	3.26	0.51	0.00	2.58	1.00	3.30	n.d.	0.69	n.d.	5.32	8.20	7.09	0.37	0.35	4.30	2.3	4.5	
2012/7/17	6.7	4.43	3.37	0.50	0.00	2.88	1.03	3.47	n.d.	0.15	n.d.	6.10	8.45	7.43	0.39	0.37	4.54	2.9	1.3	
2012/7/23	6.8	4.50	3.40	0.53	0.00	3.16	1.09	3.42	n.d.	0.98	n.d.	6.41	10.03	7.61	0.41	0.41	4.92	-0.1	4.4	
2012/7/31	6.8	4.82	3.38	0.58	0.00	3.61	1.13	3.22	n.d.	0.98	n.d.	6.63	10.19	7.82	0.44	0.41	5.08	2.8	2.6	
2012/8/7	6.8	4.95	3.35	0.59	0.00	3.26	1.18	3.35	n.d.	1.07	n.d.	7.28	10.43	7.97	0.42	0.43	5.16	-1.6	2.0	
2012/8/16	6.9	5.13	3.44	0.64	0.00	3.85	1.19	3.30	n.d.	1.13	n.d.	7.37	10.40	8.03	0.46	0.44	5.38	2.4	2.3	
2012/8/21	6.8	5.22	3.76	0.73	0.00	3.71	1.45	3.51	n.d.	1.27	n.d.	8.27	10.86	8.14	0.49	0.47	5.78	1.8	5.1	
2012/8/28	6.6	5.34	3.54	0.71	0.04	3.54	1.26	3.26	n.d.	1.05	n.d.	8.18	11.10	7.94	0.46	0.46	5.54	-0.7	1.8	
2012/9/4	6.9	5.28	3.56	0.72	0.03	3.85	1.20	3.27	n.d.	1.49	n.d.	7.51	10.66	7.87	0.47	0.45	5.51	2.0	2.1	
2012/9/11	6.8	5.42	3.81	0.71	0.00	4.58	1.45	3.55	n.d.	1.42	n.d.	8.96	12.15	7.93	0.53	0.51	6.28	2.2	7.4	
2012/9/18	6.8	5.61	3.73	0.77	0.00	4.33	1.35	3.52	n.d.	1.20	n.d.	8.97	10.72	7.92	0.51	0.48	6.02	2.8	3.5	
2012/9/25	6.8	5.26	3.65	0.77	0.00	4.33	1.38	3.49	n.d.	3.89	n.d.	6.89	9.63	7.56	0.51	0.46	5.89	4.7	5.7	
2012/10/2	6.8	5.54	3.63	0.69	0.00	3.78	1.46	3.65	n.d.	1.65	n.d.	8.08	11.58	7.77	0.48	0.49	5.86	-0.3	2.8	
2012/10/9	6.9	5.56	3.57	0.67	0.00	4.09	1.40	3.52	n.d.	1.16	n.d.	7.29	11.56	7.68	0.49	0.46	5.69	3.4	1.1	
2012/10/16	6.9	5.58	3.69	0.67	0.00	3.94	1.39	3.65	n.d.	0.40	n.d.	8.88	11.54	7.55	0.49	0.48	5.87	0.5	2.5	
2012/10/23	6.9	5.67	3.61	0.66	0.00	4.30	1.46	3.78	n.d.	1.03	n.d.	9.32	8.34	7.46	0.51	0.45	5.93	5.7	2.2	
2012/10/30	6.9	5.61	3.81	0.79	0.03	4.06	1.48	3.53	n.d.	1.85	n.d.	8.54	10.76	7.41	0.51	0.48	6.04	2.8	3.6	
2012/11/7	6.8	5.52	3.78	0.73	0.00	3.70	1.55	3.57	n.d.	1.73	n.d.	9.03	10.82	7.38	0.49	0.49	6.01	0.1	4.3	
2012/11/14	6.9	5.58	3.49	0.70	0.00	4.04	1.34	3.47	n.d.	1.21	n.d.	9.16	10.89	7.33	0.48	0.49	5.90	-0.5	2.7	
2012/11/20	6.9	5.44	3.40	0.69	0.06	3.74	1.32	3.51	n.d.	2.26	n.d.	8.15	9.99	7.20	0.46	0.47	5.70	-0.5	2.3	
2012/11/27	6.9	5.53	3.46	0.69	0.00	3.84	1.28	3.00	n.d.	1.37	n.d.	8.19	8.27	7.21	0.47	0.41	5.37	5.9	-1.5	
2012/12/4	6.8	5.56	3.55	0.71	0.00	3.90	1.27	3.28	n.d.	1.06	n.d.	9.54	10.22	7.07	0.47	0.48	5.80	-0.4	2.1	
2012/12/11	6.8	5.56	3.48	0.71	0.05	3.85	1.24	3.11	n.d.	1.40	n.d.	9.37	10.29	7.05	0.47	0.47	5.75	-0.9	1.7	
2012/12/21	7.0	5.54	3.52	0.65	0.03	4.14	1.32	3.08	n.d.	1.33	n.d.	10.07	10.51	6.98	0.49	0.49	5.98	-0.4	3.8	
2012/12/28	7.0	5.54	3.52	0.65	0.03	4.17	1.31	2.95	n.d.	0.71	n.d.	9.54	10.49	6.97	0.49	0.47	5.80	2.3	2.3	
2013/1/8	7.0	5.56	3.26	0.60	0.00	4.12	1.35	3.40	n.d.	1.38	n.d.	9.05	9.38	6.60	0.47	0.46	5.73	1.4	1.5	
2013/1/17	6.9	5.40	3.28	0.61	0.00	4.21	1.33	3.37	n.d.	0.56	n.d.	9.15	9.58	6.54	0.48	0.45	5.69	2.8	2.6	
2013/1/29	7.0	5.35	3.13	0.55	0.00	2.35	0.95	3.45	n.d.	1.21	n.d.	9.03	9.24	6.83	0.35	0.46	4.97	-13.7	-3.7	
2013/2/12	7.0	5.44	3.33	0.60	0.00	4.26	1.36	3.29	n.d.	0.77	n.d.	9.14	10.21	6.53	0.48	0.46	5.77	2.3	3.0	
2013/2/26	7.0	5.55	3.95	0.65	0.00	4.82	1.59	3.90	n.d.	0.00	n.d.	10.87	9.69	7.12	0.56	0.50	6.48	6.1	7.7	

R1

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)

Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2013/3/14	7.0	5.56	3.46	0.64	0.06	4.34	1.30	3.56	0.03	0.74	n.d.	9.64	14.69	7.36	0.49	0.55	6.30	-5.8	6.2	
2013/3/25	6.9	5.85	3.75	0.75	0.00	4.89	1.52	4.08	n.d.	0.00	n.d.	10.63	11.71	7.40	0.55	0.53	6.59	2.1	5.9	
2013/4/9	6.6	4.07	2.92	0.56	0.05	2.41	0.95	3.58	n.d.	2.97	n.d.	5.00	5.61	6.74	0.34	0.34	4.26	-0.4	2.3	
2013/4/23	6.8	4.56	3.44	0.64	0.00	3.15	1.18	3.79	n.d.	1.21	n.d.	7.18	7.97	7.20	0.42	0.41	5.07	1.7	5.3	
2013/5/7	6.9	4.50	3.44	0.65	0.00	3.22	1.16	3.70	0.01	0.53	n.d.	7.25	7.88	7.24	0.42	0.39	4.99	3.6	5.2	
2013/5/23	6.9	4.92	3.40	0.69	0.10	3.51	1.18	3.49	n.d.	0.71	n.d.	7.57	10.48	7.42	0.44	0.44	5.34	0.4	4.1	
2013/6/3	6.9	5.13	3.54	0.72	0.00	3.63	1.26	3.62	0.02	1.56	n.d.	7.88	10.00	7.54	0.46	0.46	5.55	0.2	3.9	
2013/6/21	6.5	4.94	3.39	1.10	0.00	3.27	1.27	3.25	n.d.	5.11	n.d.	6.34	7.99	6.58	0.44	0.44	5.42	0.7	4.6	
2013/7/2	6.7	4.99	3.61	0.92	0.00	3.48	1.26	3.88	n.d.	0.36	n.d.	6.69	12.18	7.88	0.46	0.45	5.44	0.4	4.3	
2013/7/16	7.0	5.70	3.71	1.04	0.00	4.31	1.55	3.84	n.d.	0.00	n.d.	6.26	16.88	7.29	0.53	0.52	6.07	1.4	3.2	
2013/7/30	6.8	5.25	3.81	1.27	0.00	3.57	1.42	4.25	0.03	1.15	n.d.	5.98	13.11	7.56	0.49	0.48	5.77	1.5	4.7	
2013/8/13	6.9	5.36	3.70	1.21	0.06	3.87	1.49	3.95	n.d.	1.12	n.d.	5.32	15.39	7.60	0.51	0.49	5.86	1.9	4.4	R1
2013/8/27	6.9	5.85	3.80	1.17	0.00	4.58	1.56	3.89	n.d.	1.60	n.d.	5.51	11.09	7.85	0.55	0.43	5.85	12.3	0.0	
2013/9/11	6.9	5.22	3.69	1.01	0.06	3.52	1.43	4.00	0.02	2.38	n.d.	4.92	13.30	7.90	0.48	0.47	5.63	1.2	3.8	
2013/9/17	6.7	4.60	3.94	0.99	0.00	3.00	1.37	4.73	0.37	4.32	n.d.	4.91	7.88	7.48	0.46	0.44	5.51	1.8	9.0	R2
2013/9/24	6.8	4.72	3.38	0.80	0.00	3.11	1.23	3.71	0.24	0.55	n.d.	5.04	8.54	7.93	0.42	0.36	4.72	7.6	0.0	
2013/10/8	7.0	5.23	3.89	0.98	0.00	3.93	1.50	4.08	0.07	1.14	n.d.	6.32	12.06	7.71	0.51	0.46	5.82	5.0	5.3	
2013/10/22	6.7	4.31	3.39	0.73	0.00	2.62	1.14	4.27	0.26	2.75	n.d.	4.45	6.77	7.55	0.39	0.37	4.68	2.2	4.1	
2013/11/5	6.9	4.35	3.29	0.68	0.00	2.80	1.11	3.75	n.d.	1.21	n.d.	5.18	8.78	7.50	0.39	0.38	4.62	1.8	3.0	
2013/11/19	7.0	4.48	3.40	0.68	0.00	3.17	1.18	4.06	n.d.	0.00	n.d.	6.22	9.68	7.26	0.42	0.40	4.95	2.2	5.0	
2013/12/3	7.0	4.77	3.40	0.67	0.00	3.36	1.22	3.80	n.d.	0.83	n.d.	7.04	8.62	6.97	0.43	0.41	5.12	2.9	3.6	
2013/12/27	7.0	4.91	3.76	0.74	0.05	3.74	1.37	4.69	n.d.	1.00	n.d.	8.46	9.04	6.70	0.48	0.47	5.89	1.2	9.1	R2
2014/1/7	7.0	5.02	3.27	0.64	0.00	3.59	1.24	3.84	0.25	0.92	n.d.	7.91	8.97	6.67	0.44	0.44	5.39	-0.1	3.6	
2014/1/21	6.9	4.95	3.38	0.66	0.00	3.74	1.28	3.74	0.09	0.78	n.d.	8.45	9.06	6.60	0.46	0.44	5.52	1.3	5.5	
2014/2/4	6.9	5.19	3.89	0.73	0.00	4.18	1.44	4.02	n.d.	0.08	n.d.	9.45	9.11	6.81	0.51	0.46	5.98	5.5	7.1	
2014/2/18	6.8	4.09	2.96	0.60	0.20	2.52	1.05	4.42	n.d.	2.52	n.d.	5.06	6.10	6.52	0.37	0.37	4.59	-0.5	5.7	
2014/3/5	6.8	4.25	3.04	0.58	0.04	2.63	1.04	3.70	n.d.	1.47	n.d.	5.72	6.81	6.05	0.37	0.36	4.45	1.0	2.3	
2014/3/18	6.9	4.14	3.16	0.60	0.00	2.63	1.02	3.69	n.d.	1.23	n.d.	5.61	7.66	6.73	0.37	0.37	4.47	0.2	3.8	
2014/4/4	6.5	3.80	2.60	0.66	0.00	2.33	1.02	4.25	n.d.	4.23	n.d.	4.48	4.27	5.64	0.33	0.35	4.30	-3.1	6.2	
2014/4/16	6.9	4.16	3.10	0.61	0.00	2.69	1.00	3.64	0.03	1.02	n.d.	5.47	7.28	7.04	0.37	0.35	4.38	1.9	2.6	
2014/4/28	6.9	4.53	3.24	0.69	0.04	3.02	1.07	4.03	0.62	0.84	n.d.	6.36	8.89	6.86	0.40	0.42	5.00	-2.4	4.9	
2014/5/13	7.0	4.33	3.24	0.67	0.00	2.85	1.06	3.99	0.56	1.14	n.d.	5.73	9.13	7.11	0.39	0.41	4.85	-3.1	5.7	
2014/5/27	6.9	4.35	3.21	0.76	0.07	2.81	1.16	3.13	n.d.	2.51	n.d.	5.21	7.97	6.72	0.40	0.37	4.63	3.9	3.2	
2014/6/10	6.8	3.94	3.02	0.64	0.07	2.28	1.02	3.41	n.d.	2.15	n.d.	4.29	7.27	7.01	0.35	0.34	4.17	1.5	2.8	
2014/6/24	6.9	4.27	3.21	0.69	0.00	2.87	1.09	3.35	n.d.	1.22	n.d.	5.23	9.60	7.10	0.39	0.38	4.60	1.3	3.7	
2014/7/8	6.8	4.06	3.20	0.69	0.14	2.48	0.87	3.54	0.03	1.24	n.d.	4.74	8.78	7.20	0.36	0.36	4.35	-0.4	3.5	
2014/7/22	6.7	4.07	3.26	0.62	0.05	2.43	0.93	4.27	n.d.	1.53	n.d.	4.72	8.74	7.39	0.36	0.39	4.51	-3.7	5.1	
2014/8/5	6.9	4.60	3.39	0.76	0.03	3.06	1.03	3.31	n.d.	1.27	n.d.	5.02	10.36	7.78	0.41	0.39	4.72	2.3	1.2	
2014/8/19	6.8	4.81	3.48	0.81	0.06	3.28	1.11	3.56	n.d.	1.31	n.d.	5.90	11.39	7.98	0.43	0.43	5.13	-0.1	3.2	
2014/9/3	6.9	4.95	3.36	0.89	0.26	3.22	1.21	3.58	n.d.	1.08	n.d.	5.94	12.70	7.76	0.44	0.45	5.31	-0.8	3.5	

Appendix2. 桂不動谷津流域の溪流水分析データ。(続き)
Analytical data of streamwater at the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed. (Continued)

Sampling date	pH	EC mS m ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg L ⁻¹	Si mg L ⁻¹	T-cation me L ⁻¹	T-anion me L ⁻¹	ECcal mS/m	R1	R2	QC
2014/9/16	6.8	5.01	3.35	0.95	0.23	3.20	1.21	3.57	n.d.	1.54	n.d.	5.54	11.68	7.70	0.44	0.43	5.21	1.1	2.0	
2014/9/30	6.9	5.20	3.60	0.78	0.00	3.80	1.34	3.54	n.d.	1.24	n.d.	7.03	13.00	7.57	0.48	0.48	5.68	-0.3	4.4	
2014/10/14	6.5	3.88	2.84	0.84	0.16	2.15	0.93	3.54	n.d.	2.49	n.d.	4.31	6.69	7.04	0.34	0.34	4.16	-0.2	3.5	
2014/10/29	6.9	4.20	3.40	0.69	0.00	2.94	1.03	3.73	0.01	0.57	n.d.	6.27	8.71	6.96	0.40	0.39	4.76	1.2	6.2	
2014/11/12	6.9	4.49	3.10	0.83	0.13	2.89	1.03	3.74	n.d.	1.02	n.d.	6.32	7.79	7.29	0.39	0.38	4.74	1.4	2.8	
2014/11/25	6.9	4.56	3.05	0.62	0.00	3.04	1.05	3.63	n.d.	0.92	n.d.	6.72	9.22	7.02	0.39	0.41	4.83	-2.8	2.9	
2014/12/9	6.8	4.54	3.32	0.62	0.00	3.16	1.09	3.58	n.d.	1.26	n.d.	7.29	7.68	6.86	0.41	0.40	4.96	1.1	4.4	
2014/12/24	6.8	4.50	3.08	0.73	0.14	3.02	1.05	3.68	n.d.	1.01	n.d.	7.11	7.22	6.59	0.40	0.39	4.85	1.3	3.8	

Precipitation and streamwater chemistry in the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed in the Kanto region, 2001 - 2014

Masahiro KOBAYASHI ^{1)*}, Shuichiro YOSHINAGA ²⁾, Yuko ITOH ¹⁾, Yoshiki SHINOMIYA ¹⁾,
Shuhei AIZAWA ¹⁾, Toru OKAMOTO ³⁾ and Tatsuya TSURITA ¹⁾

Abstract

Precipitation and stream water chemistry were monitored between 2001 and 2014 in the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed in Ibaraki prefecture, Japan. In the monitoring period, the annual fluxes of non sea-salt SO_4^{2-} and inorganic N ions by precipitation tended to decrease. Annual mean concentration of stream water SO_4^{2-} was almost constant in the period 2001-2011, increased after forest thinning operations conducted in 2012 and 2013. Annual mean concentration of stream water NO_3^- tended to decrease before the thinning operations, and turned to increase after the operations. Similar increasing pattern after the thinning operations was observed in the concentrations of Ca^{2+} and K^+ . Stream water Si concentration exhibited very small fluctuation and tended to increase gently.

Key words : Rainwater, streamwater, chemistry, Katsura Fudo-yatsu experimental watershed

Received 13 June 2018, Accepted 28 September 2018

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

2) Tama Forest Science Garden, FFPRI

3) Kansai Research Center, FFPRI

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

担当者 御中
To the person concerned

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 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 the 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

2018年12月 発行 森林総合研究所研究報告 第17巻4号（通巻448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 森林研究・整備機構 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 松枝印刷株式会社
〒303-0034 茨城県常総市水海道天満町2438番地
電話：0297-23-2333（代） Fax：0297-23-5865

©2018 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。

森林総合研究所研究報告

Vol.17 No.4(No.448)



page305

「桧皮」、屋根葺き材としてのヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)の樹皮における樹脂道 (英文)
: 藤井 智之、大住 克博、窪野 高德
Resin canals in “hiwada”, bark of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) as roofing material
by Tomoyuki FUJII, Katsuhiko OSUMI and Takanori KUBONO

page317

木質バイオマス発電所燃焼灰の若齢ヒノキ林への施用試験
: 大谷 達也、酒井 寿夫
An application test of combustion ash from a woody biomass power generator to
a young hinoki cypress plantation
by Tatsuya OTANI and Hisao SAKAI

page325

台風攪乱を伴った壮齢コジイ二次林の地上部純一次生産量の変動
: 佐藤 保、齊藤 哲、荒木 眞岳
Temporal dynamics of aboveground net primary production following typhoon disturbances
in an old *Castanopsis* coppice stand in southwestern Japan
by Tamotsu SATO, Satoshi SAITO and Masatake G. ARAKI

page333

桂不動谷津流域における2001～2014年の降水と溪流水の水質
: 小林 政広、吉永 秀一郎、伊藤 優子、篠宮 佳樹、相澤 州平、岡本 透、釣田 竜也
Precipitation and streamwater chemistry in the Katsura Fudo-yatsu experimental watershed
in the Kanto region, 2001 - 2014
by Masahiro KOBAYASHI, Shuichiro YOSHINAGA, Yuko ITOH, Yoshiki SHINOMIYA,
Shuhei AIZAWA, Toru OKAMOTO and Tatsuya TSURITA