生分解性樹脂被覆金網の木本植物根元への食込み防止効果

吉田 寛^{*1)}・齋藤 茂²⁾

1) 東興ジオテック株式会社 Toko Geotech Corporation

2) 小岩金網株式会社 Koiwa Kanaami Co., Ltd.

摘要：厚層基材吹付工の緑化基礎工として網目 50 mm の亜鉛メッキ菱形金網（菱形金網という）と生分解性樹脂被覆金網（BRC 金網という）を適用し，自生種木本群落を形成した盛土法面の掘取調査を施工 7 年 2 ヶ月後に行なった。その結果，1) 導入木本種の個体の生長には統計的な有意差は認められないが，菱形金網を適用した場合の平均樹高は BRC 金網 50 mm 網目の 93.5%，75 mm 網目の 89.4% とやや低かった。2) 菱形金網を適用した場合の木本植物の現存量は，基底面積が BRC 金網 50 mm 網目の 71.4%，75 mm 網目の 65.0%， D^2H （ D ：根元直径， H ：樹高）はそれぞれ 64.6%，55.6% と明らかに低かった。3) 金網食込率は，菱形金網が 68.8%，BRC 金網 50 mm 網目が 15.1%，75 mm 網目が 15.9% だった。4) 根元直径 50 mm 以上に生長した個体の金網食込率は，菱形金網が 100%，BRC 金網 50 mm 網目が 35.0%，75 mm 網目が 36.8% で，金網の網目寸法に左右されなかった。5) 菱形金網はまったく腐食しなかったが，BRC 金網はほとんどの箇所腐食して破断あるいは消滅した。6) 初期強度 921.2 N の BRC 金網の破断荷重は，腐食が速い場合には 4 年程度で強度はなくなり，腐食が遅い場合には 7 年後に 18% 程度の強度が残る場合があるが，大半は原形を留めない状態で腐食が進行した。これに対し，菱形金網は初期強度 1,195.6 N を維持していた。以上の結果から，木本植物根元への金網の食込みは，地上部の生長を抑制するマイナス要因として働いていると考えられ，BRC 金網は，導入木本種の生長に伴う金網の食込みを防止，抑制する効果を発揮することが実証された。

キーワード：播種工，金網張工，菱形金網，生分解性樹脂被覆金網，食込み，破断荷重

YOSHIDA, Hiroshi and SAITO, Shigeru: **Effectiveness of biodegradable resin-coated wire net in preventing encroachment into woody plant roots and bases.**

Abstract: We wish to demonstrate the effectiveness of biodegradable resin-coated rhombic wire nets (BRC-nets) in preventing the encroachment that gradually eats into the roots and bases of introduced woody plants when galvanized rhombic wire nets (GRW-nets) are used in seeding work. The superior effectiveness of BRC-nets was established on the basis of the results of an investigation conducted over a period of 7 years and 2 months after the completion of seeding work on an engineered bank slope in Tochigi prefecture. The following results were obtained: 1) Although it was not considered statistically significant, the average height growth in the GRW-nets was 93.5% and 89.4% of that in BRC-nets with mesh sizes of 50 mm and 75 mm. 2) The biomass in the basal area of the GRW-net was 71.4% and 65.0% that of BRC-nets with mesh sizes of 50 mm and 75 mm. Furthermore, the D^2H values when D used as the base diameter of the GRW-net were 64.5% and 55.6% that of the corresponding BRC-nets with mesh sizes of 50 and 75 mm, respectively. 3) The encroachment rate in the case of GRW-nets was 68.8%, whereas those in the case of BRC-nets with mesh sizes of 50 mm and 75 mm were 15.1% and 15.8%, respectively. 4) If the base diameter of the introduced woody plant that was greater than 50 mm, the encroachment rate in the case of the GRW-nets was 100%, whereas in the case of the BRC-nets the rates were 35.0% and 36.8%, respectively. 5) The GRW-nets remained completely uncorroded; however, the BRC-net corroded and broke to a large degree, or disappeared. 6) The initial breaking load of the BRC-nets was 921.2 N, and they showed a tendency to decline sharply after 3 years and 5 months (35.0 N). Part of the wire net corroded severely during the 7 years and 2 months following the completion of the seeding work. However, the breaking load of the GRW-nets did not change from its initial value of 1,195.6 N. These results clearly show that encroachment can affect growth negatively, and that BRC-nets are superior and highly effective in preventing encroachment after the completion of seeding work and installation of wire-netting that affects the introduced woody plants.

Key words: seeding work, wire-netting, galvanized rhombic wire net, biodegradable resin-coated wire net, encroachment, breaking load

1. はじめに

法面等の傾斜地を播種工で緑化する場合、通常は緑化基礎工として亜鉛メッキ菱形金網（JIS G 3552、線径 2 mm、網目寸法 50 mm、以下菱形金網という）を用いた金網張工^{5,7,9)}が適用される⁸⁾。金網張工は、法面表層の滑落・剥落防止、生育基盤の保持、客土の固定、落石防止、耐凍上対策等を目的とし、法面になじみよく張り、一般には径 16 mm、長さ 400 mm のアンカーピンを 30 本/100 m²、径 9 mm、長さ 200 mm の補助アンカーピンを 150 本/100 m² 用いて固定される⁸⁾。通常は、金網張工の施工後に植生基材吹付工^{5,7,9)}による生育基盤の吹付けが行われるため、法面の凹凸が著しい場合を除き⁸⁾金網は埋設された状態になる。

金網が埋設された状態にならない落石防止網工の場合には、木本植物の生長に伴って金網が幹に食込み、風や降雪により幹折れを生じ、隣接する施設等に災害を与えることが指摘されている¹⁾。しかし、緑化基礎工として地山にできる限り密着するように張付けて埋設された状態の金網は、根元や根系に巻込まれてしまえば一般に問題はなく、筆者の知る限りにおいて金網の巻込みが直接的な原因で倒木が発生した事例はない。その一方で、埋設された金網張工でも落石防止網工と同様な弊害が確認され²⁾、網目寸法が小さく機能が長期間持続する金網を用いると、木本類の生長に支障を及ぼす場合がある⁷⁾という指摘もある。

法面保護工の第一義的目的が法面の安定である⁷⁾ことを考えると、法面緑化において金網の食込みが懸念される場合には、このようなリスクを回避する方策をとることが望ましい。しかしながら、実際に、法面緑化において木本植物の根元や根系が金網を巻込んだり、幹をフェンス等に食込ませたりした状態で生長している状態はしばしば観察されるが、金網の食込みが植物に与える影響に関する研究はなく未解明な部分が多い³⁾のが実態である。

これまで金網の腐食を早めて食込みを防止する資材として、線径 1.6 mm の鉄線に生分解性樹脂をコーティングして線径 2.0 mm に加工し腐食を早めた金網¹⁷⁾と、線径 2.0 mm の亜鉛メッキ線と線径 1.6 mm の銅メッキ線を交互に編込み、局部電池作用で鉄よりイオン化傾向が小さく電位差が大きい銅メッキ部分の腐食速度を増大させた金網⁶⁾が実用化されている。前者は埋設 2 年 1 ヶ月後までの変化¹⁷⁾、後者は 3 年 7 ヶ月後までの変化^{10,11,13)}について報告されている。しかし、最終的に金網が腐食し、木本植物根元への食込み防止効果を実証するには至っておらず、その効果は明らかにされていない。

そこで本研究では、前者の生分解性樹脂被覆金網（商品名：ナチュラス、小岩金網株式会社製、以下 BRC 金網という）を厚層基材吹付工^{5,7,9)}の緑化基礎工として適用し、自生種木本群落を形成した法面において施工 7 年 2 ヶ月後に植生調査と掘取毎木調査を行い、BRC 金網の食込み防止効果とその腐食特性を明らかにした。

2. 試験および調査方法

試験施工は、栃木県さくら市に位置する東興ジオテック株式会社テクニカルセンター内にある礫混じり土砂、勾配 1 : 1.2 (39.8 度)、法長 5 m、北向きの盛土法面で行った。緑化基礎工として、1) 菱形金網区：線径 2 mm、網目寸法 50 mm の菱形金網、2) BRC-75 区：線径 2 mm、網目寸法 75 mm の BRC 金網、3) BRC-50 区：線径 2 mm、網目寸法 50 mm の BRC 金網、を法面に密着するように張付けてアンカーピンで固定した。そして、国内産自生種木本種子を用いた厚層基材吹付工（工法名：斜面樹林化工法^{4,12)}）により、金網が完全に埋設された状態になるように 3 cm 厚の生育基盤を吹付けた。施工面積は、菱形金網区と BRC-75 区は 29.0 m²、BRC-50 区は 26.5 m² である。厚層基材吹付工の材料配合を表-1 に、種子配合を表-2 に示す。

表-1 厚層基材吹付工の材料配合（斜面樹林化工法）

Table 1 Combination of materials used for thick-growth-media spraying method

(1 m ³ each)		
材料 Materials	規格 Standards	数量 Quantity
生育基盤材 Main material	有機質系 Organic matter (Reme Material)	2,000 L
侵食防止材 Erosion control material	無機質系 Inorganic matter (Reme Control)	60 kg
緩効性肥料 Slow-acting fertilizer	N : P : K = 6 : 36 : 6 (Tree Keeper)	4 kg
自生種種子* Native species seed	品質保持材入り計量袋詰種子 Measurement seed pack containing quality maintenance substance (Remedy Seeds)	1 set

*播種量は表-2 参照

*Refer to Table -2 for seed combinations

表-2 種子配合

Table 2 Woody plant species used in seeding work

種別 Classification	植物名 Species	発生期待本数 Required seedling density (plants/m ²)	発芽率 Germination percentage (%)	単位粒数 Unit volume of seed (seeds/g)	播種量 Seed Quantity (g/m ²)
主構成種 Main species	ヤマザクラ <i>Cerasus jamasakura</i> Sieb. et Koidz.	20	30	20	166.7
	イロハモミジ <i>Acer palmatum</i> Thunb.	40	40	80	62.5
	イボタノキ <i>Ligustrum obtusifolium</i> Sieb. et Zucc.	40	50	15	266.7
	アキグミ <i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	50	40	60	104.2
	スルデ <i>Rhus javanica</i> L.	40	50	90	44.4
補全種 Subsidiary species	ヤマハギ <i>Lespedeza bicolor</i> var. <i>japonica</i> Nakai	40	86	130	17.9
	コマツナギ <i>Indigofera</i> <i>pseudo-tinctoria</i> Matsum.	20	60	240	6.9

施工は2001年5月25日に、植生調査と掘取毎木調査は施工7年2ヵ月後の2008年7月28日～30日に行なった。金網のサンプリング(20×20 cm程度)は、施工4ヵ月後、1年後、2年1ヵ月後、3年5ヵ月後、および7年2ヵ月後に行なった。なお、BRC金網は掘取調査時にほとんど腐食していたため、サンプリングは金網が原形を留める箇所で行なった。

調査項目は、植生調査として植被率、群落高、被度・群度(Braun-Blanquetの全推定法)、毎木調査として樹高、根元直径、食込みの有無等の見取調査、金網の物理性調査として被覆線径、芯線径(コーティングを剥がした状態の鉄線の径)、破断荷重とし、毎木調査は、木本植物以外の林床植生を刈り取った後(写真-1)、鋤簾と竹箒を用いて地山が露出

(a) 調査前

(b) 林床刈取後

(a) Before undergrowth was cut

(b) After undergrowth was cut

写真-1 7年2ヵ月後の植生状況

Photo 1 Condition of formed vegetation at 7 years and 2 months after seeding work

表-3 試験地の法面植生(木本類)の組成(7年2ヵ月後)

Table 3 Results of woody plant investigation lasting 7 years and 2 months after seeding work

試験区 Plots	植物名 Species	被度・群度 Coverage and Sociability	平均樹高 Average height (cm) ^{a)}	密度 Density (plants/m ²)	平均根元直径 Average base diameter (mm) ^{a)}	基底面積 Basal area (cm ² /m ²)	D ² H (D ² H/m ²) ^{b)}
菱形金網区 (網目 50 mm) GRW-net mesh size 50 mm	ヤマザクラ <i>Cerasus jamasakura</i> Sieb. et Koidz.	1・2	292.5 ± 17.7	0.07	28.5 ± 3.5	0.4	1.7
	イロハモミジ <i>Acer palmatum</i> Thunb.	3・3	180.3 ± 14.7	0.14	17.3 ± 1.5	0.3	0.7
	イボタノキ <i>Ligustrum obtusifolium</i> Sieb. et Zucc.	1・2	182.3 ± 61.5	0.41	25.3 ± 10.3	2.4	6.7
	アキグミ <i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	4・3	291.7 ± 95.5	0.66	48.3 ± 21.0	14.2	60.7
	ヌルデ <i>Rhus javanica</i> L.	4・2	424.0 ± 107.7	0.28	66.6 ± 24.9	10.8	67.0
	ヤマハギ <i>Lespedeza bicolor</i> var. <i>japonica</i> Nakai	+・2	190.2 ± 62.4	0.17	37.8 ± 19.9	2.4	5.5
	コマツナギ <i>Indigofera pseudo-tinctoria</i> Matsum.	—	—	0.00	—	—	—
	その他侵入種 ^{c)} Others	1・1	302.0	0.03	52.0	0.7	2.8
	全木本植物 All woody plants	—	268.3 ± 114.9	1.76	41.6 ± 23.2	31.2	145.1
BRC-75 区 (網目 75 mm) BRC-net mesh size 75 mm	ヤマザクラ <i>Cerasus jamasakura</i> Sieb. et Koidz.	1・2	287.5 ± 74.2	0.07	17.0 ± 5.7	0.2	0.7
	イロハモミジ <i>Acer palmatum</i> Thunb.	3・2	183.8 ± 31.3	0.21	16.7 ± 2.9	0.5	1.1
	イボタノキ <i>Ligustrum obtusifolium</i> Sieb. et Zucc.	1・2	205.6 ± 52.0	0.31	20.8 ± 5.8	1.1	3.2
	アキグミ <i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	2・2	271.8 ± 100.2	0.59	51.0 ± 34.7	17.2	78.4
	ヌルデ <i>Rhus javanica</i> L.	5・2	497.5 ± 40.7	0.41	83.0 ± 28.2	24.8	161.5
	ヤマハギ <i>Lespedeza bicolor</i> var. <i>japonica</i> Nakai	1・2	280.0 ± 34.6	0.10	53.3 ± 30.9	2.8	11.0
	コマツナギ <i>Indigofera pseudo-tinctoria</i> Matsum.	2・2	231.7 ± 99.3	0.10	37.7 ± 18.2	1.3	4.6
	その他侵入種 ^{c)} Others	1・1	250.0	0.03	24.0	0.2	0.5
	全木本植物 All woody plants	—	300.1 ± 131.1	1.83	46.8 ± 34.3	48.0	261.0
BRC-50 区 (網目 50 mm) BRC-net mesh size 50 mm	ヤマザクラ <i>Cerasus jamasakura</i> Sieb. et Koidz.	1・1	250.0	0.04	24.0	0.2	0.5
	イロハモミジ <i>Acer palmatum</i> Thunb.	2・3	210.8 ± 42.5	0.23	19.0 ± 4.4	0.7	1.8
	イボタノキ <i>Ligustrum obtusifolium</i> Sieb. et Zucc.	1・2	136.0 ± 59.1	0.15	20.0 ± 2.2	0.5	0.8
	アキグミ <i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	3・2	299.0 ± 77.0	0.75	57.5 ± 25.2	23.2	95.9
	ヌルデ <i>Rhus javanica</i> L.	3・2	472.5 ± 107.0	0.30	83.5 ± 32.4	18.7	124.5
	ヤマハギ <i>Lespedeza bicolor</i> var. <i>japonica</i> Nakai	+・1	145.0	0.04	18.0	0.1	0.2
	コマツナギ <i>Indigofera pseudo-tinctoria</i> Matsum.	+・1	167.5 ± 3.5	0.08	19.0 ± 2.8	0.2	0.5
	その他侵入種 ^{c)} Others	1・1	167.5 ± 46.0	0.08	16.5 ± 7.8	0.2	0.1
	全木本植物 All woody plants	—	287.1 ± 127.4	1.66	48.3 ± 32.3	43.7	224.7

a) 平均値 ± SD Average ± SD

b) D²H は、D: 根元直径 (cm), H: 樹高 (m) The values of D²H when D used as the base diameter

c) その他侵入種は、アカメガシワ、シラカシ、ヤブツバキ、およびシナノキ

Others are *Mallotus japonicus* Muell. Arg., *Quercus myrsinaefolia* Blume, *Camellia japonica* L. and *Tilia japonica* Simonkai

する状態まで生育基盤を除去してから試験区内の全個体を対象に行なった。

なお、本研究でいう食込みとは、根元付近に金網の接触によるくびれ、あるいは金網の巻込みの両者を含むものとした。また、生育基盤を除去する際に金網と接している部分の生育基盤をサンプリングして土壌酸度（ガラス電極式）を測定した。なお、金網の物理性検査は、既報¹⁷⁾と同様にタキロンプロテック株式会社に依頼し、泥などの付着物を水洗した後、引張試験（試験速度：50 mm/min）を行った。

3. 結果と考察

3.1 金網が本木群落形成に与える影響について

施工7年2ヵ月後の植被率は、いずれの試験区とも100%で、群落高は4 mに達した。各試験区の組成を表-3に示す。

3試験区まとめた群落の組成は、スルデ (*Rhus javanica*

L.) が被度3~5, アキグミ (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) が被度2~4, イロハモミジ (*Acer palmatum* Thunb.) が被度2~3で優占し、これにヤマザクラ (*Cerasus jamasakura* Sieb. et Koidz.) とイボタノキ (*Ligustrum obtusifolium* Sieb. et Zucc.) が被度1, ヤマハギ (*Lespedeza bicolor* var. *japonica* Nakai) が被度+~1, コマツナギ (*Indigofera pseudo-tinctoria* Matsum.) が被度+~2で点在し、初期緑化目標^{5,9)}に設定した本木植物群落が形成されている状態だった。また、導入種のほかアカメガシワ (*Mallotus japonicus* Muell. Arg.), シラカシ (*Quercus myrsinaefolia* Blume), ヤブツバキ (*Camellia japonica* L.), およびシナノキ (*Tilia japonica* Simonkai) の自然侵入が認められた。なお、成立しているコマツナギは、その形態から盛土法面周辺に生育していた中国産コマツナギが侵入したと考えられる。

全個体と優占3種（スルデ、アキグミ、イロハモミジ）

図-1 金網の食込みと根元直径階および樹高階との関係

Fig. 1 Histogram of wire nets in terms of thickening and height growth

(a) 亜鉛メッキ菱形金網

(a) Galvanized rhombic wire net
(GRW-net)

(b) 生分解性樹脂被覆金網

(b) Biodegradable resin-coated
wire net(BRC-net)

写真-2 金網の食込状況 (7年2ヵ月後)

Photo 2 Encroachment near the wire net during 7 years and 2 months after seeding work

を各試験区の樹高と根元直径について多重比較した結果、試験区間に有意差 (Tukey-Kramer の方法, $p < 0.05$) は認められなかった。しかし、菱形金網区の平均樹高は、BRC-50区と BRC-75 区のそれぞれ 93.5%, 89.4% とやや低く、後述する根元直径階ごとの個体数をみても、菱形金網区は 110 cm 以上の個体はないが、BRC 金網では 2~3 個体認められた (図-1)。また、1 m² 当りの現存量を比較すると、菱形金網区の基底面積は、BRC-50 区と BRC-75 区のそれぞれ 71.4%, 65.0%, D²H (D: 根元直径, H: 樹高) はそれぞれ 64.6%, 55.6% で、いずれも BRC 金網よりも明らかに低かった。また、BRC 金網間で現存量を比較すると、BRC-50 区よりも網目の小さい BRC-75 区の方が総じて高かった。

これらの結果から、金網の食込みが木本植物の生長を抑制していることが強く示唆される。

3.2 金網の腐食と食込みについて

3.2.1 金網の腐食と根元付近の状況

施工 7 年 2 ヶ月後の根元付近の代表的な状況を写真-2 に示す。

写真に示すように、菱形金網はまったく腐食していないが (a-1)、BRC 金網はほとんど腐食して金網の形状を維持しておらず、消滅したり細くなって破断したりしていた (b-1)。また、根元付近の食込み状況を観察すると、菱形金網は根元付近に食込み、くびれた状態 (a-2)、あるいは完全に金網を巻込んだ状態 (a-3) が確認されたが、BRC 金網は破断して

食込みが回避された状態や (b-2)、巻込まれたまま破断して食込みの進行が回避されている状態 (b-3) が確認された。

金網の食込みが発生した割合 (以下、金網食込率という) は、菱形金網区は 68.6% (標本数 $n=51$)、BRC-50 区は 15.1% ($n=53$)、BRC-75 区は 15.9% ($n=44$) で、食込みが発生した個体のうち、BRC-50 区の 71.4%、BRC-75 区の 100% の個体で金網は腐食して破断していた。

これらの結果から、BRC 金網は菱形金網と比較して明らかに腐食の進行が速く、本木植物の根元付近への金網の食込みを防止、抑制する効果が大きいといえる。

3.2.2 本木植物の生長と金網の食込みとの関係

施工 7 年 2 ヶ月後の毎木調査結果から得られた成立樹木の根元直径階および樹高階と食込みとの関係を図-1 に示す。

これによると、菱形金網区で食込みが発生した個体は、根元直径階 50~60 mm を最頻値として全根元直径階に及び、50~60 mm 以上の根元直径階、350~400 cm 以上の樹高階で金網食込率は 100% だった。これに対し、BRC-50 区、BRC-75 区とも、菱形金網区で食込みが発生した個体の最頻値よりも小さい根元直径階では 1 個体の例外を除いて金網の食込みは認められず、最頻地よりも大きい根元直径階でも食込みが発生していない個体が認められた。樹高階と食込みとの関係をみても、菱形金網区ではすべての樹高階で食込みが発生しているのに対し、BRC 金網で金網食込率 100% の樹高階は BRC-50 区の一部を除いて認められなかった。

これらの結果から、BRC 金網は菱形金網と比較して明らかに金網食込率が低く、食込みを防止、抑制する効果が高いといえる。

3.2.3 金網の網目寸法と食込みとの関係

金網の食込みが認められた個体の平均根元直径と平均樹高を比較すると、菱形金網区では平均根元直径 49.9 ± 23.0 mm、平均樹高 306.4 ± 112.6 cm の個体に食込みが認められたのに対し、BRC-50 区では平均根元直径 100.4 ± 23.5 mm、平均樹高 471.4 ± 98.4 cm、BRC-75 区では平均根元直径 85.0 ± 29.3 mm、平均樹高 438.8 ± 98.0 cm で、菱形金網区と BRC-50 区および BRC-75 区の間には平均根元直径、平均樹高ともに有意差 (Tukey-Kramer の方法, $p < 0.05$) が認められた (図-2)。その一方で、網目寸法が異なる BRC-50 区と BRC-75 区の間には、平均根元直径、平均樹高ともに有意差は認められなかった。

図-1 に示した根元直径階と食込みとの関係において、菱形金網区では金網の網目寸法と同様な根元直径階 50~60 mm 以上の個体で多くの食込みが認められたことから、根元直径 50 mm 以上の個体を抽出して金網食込率を比較した (図-3)。その結果、BRC-50 区と BRC-75 区の金網食込率は、全個体のそれぞれ 15.1%、15.9%、根元直径 50 mm 以上に生長した個体のそれぞれ 35.0%、36.8% で、網目寸法による違いは認められなかった。

これらの結果から、BRC 金網は網目寸法に左右されることなく金網の食込みを防止、抑制する効果を発揮することができるといえる。

(a) 根元直径

(a) Thickening growth

(b) 樹高

(b) Height growth

図-2 金網の食込みと根元直径および樹高との関係 (平均値 $\pm$ SD)
*印は菱形金網区と比較して有意差 (Tukey-Kramer の方法, $p < 0.05$) があることを示す。

Fig. 2 Comparison of wire nets in terms of thickening and height growth (average $\pm$ SD)

Asterisks indicate significant difference as compared with GRW-net (control) at the 0.05 level, as determined by Tukey-Kramer test.

図-3 金網食込率の比較

Fig. 3 Comparison of wire nets in terms of encroachment rates

3.3 金網の物理性の経年変化について

3.3.1 金網の線径

サンプリングした金網の経年変化をみると、菱形金網区は、被覆線径、芯線径とも変化していないが、BRC-50 区と

BRC-75 区では金網の腐食に伴う鉄線の膨張が認められた (図-4(a))。この現象は、施工 2 年 1 ヶ月後にも確認されており¹⁷⁾、BRC 金網は施工後比較的早い時期から生分解性樹脂の分解と、それに伴う金網の腐食が始まっていたと考えられる。なお、7 年 2 ヶ月後の生育基盤の土壌酸度は pH (H₂O) 7.02~7.28 だった。

3.3.2 金網の破断荷重

菱形金網区の破断荷重 (3 回測定の前平均値) は施工前 1,195.6 N で、施工 7 年 2 ヶ月後でも初期強度の 91.4% にあたる 1,092.7 N を維持し、金網の腐食も認められなかった。これに対して BRC 金網は、施工前 921.2 N あった強度が顕著な減少傾向を示し、3 年 5 ヶ月後に BRC-50 区は初期強度の 5.5% にあたる 51.0 N に、BRC-75 区は 6.4% にあたる 58.8 N に低下した。

なお、7 年 2 ヶ月後には 3 年 5 ヶ月後よりも破断荷重が増加して、BRC-50 区で 161.7 N、BRC-75 区で 198.0 N となり (図-4(c))、芯線径もやや太い値になったが (図-4(b))、

図-4 金網の線径および破断荷重の経年変化 (3 回計測の前平均値)
Fig. 4 Aging-induced deterioration of wire nets (average of three measurements)

これは掘取調査時には大半の金網が腐食して崩壊していたため、BRC 金網をサンプリングできた箇所が、金網の腐食進行が遅い部分に限定されたことによる。

これらの結果から、BRC 金網は菱形金網と比較して、腐食の進行により着実に破断荷重は低下していくといえる。

3.3.3 BRC 金網の強度変化の特性

BRC-50 区と BRC-75 区の破断荷重の経年変化がほとんど同様であったことから、両試験区のデータを総合したものを図-5 に示す。

破断荷重の低下傾向から考えて、BRC 金網の破断荷重は、初期強度 921.2 N を切片として、金網の腐食進行が速いケースといえる 3 年 5 ヶ月後までの一次直線に近似する変化 (式 1) と、腐食進行が遅いケースといえる 3 年 5 ヶ月後の強度を除いた 7 年 2 ヶ月後までの指数曲線に近似する変化 (式 2) に挟まれた範囲で低下すると考えることができる。

これによると、BRC 金網の破断荷重は、初期強度に対して 2 年後に約 45~61%、3 年 5 ヶ月後に 4~42% の範囲で低下し、金網の腐食が速い場合には 4 年程度、腐食が遅い場合でも 7 年後には初期強度の 18% 程度以下となり、見取調査結果等から考えて金網はほとんど腐食して金網の形状を維持していない状態に至ると推定できる。

金網の腐食が速い場合

$$y = 921.2 - 252.5x \quad (\text{式 1})$$

$$(n=8, R^2=0.959, p<0.01)$$

金網の腐食が遅い場合

$$y = 921.2 \exp(-0.2449x) \quad (\text{式 2})$$

$$(n=8, R^2=0.865, p<0.01)$$

ここに、 y は金網の破断荷重 (N)、 x は施工後の経過年数 (年)。

厚層基材吹付工で木本植物を導入した場合、初期緑化目標、施工地の立地条件、種子配合などによっても異なるが、施工 3~5 年程度でおおむね樹高 2~5 m の木本群落が形成される¹⁶⁾。この状態の木本群落は、根系が発達して土壌緊縛効果が発揮されていると判断できるので^{14,15)}、緑化基礎工の

図-5 生分解性樹脂被覆金網の破断荷重の推移

Fig. 5 Approximate curve of aging-induced deterioration in breaking load of biodegradable resin-coated wire net

金網張工には初期緑化目標がほぼ達成されるまでの期間といえる3~5年程度の耐久性があれば、その施工目的を満足すると考えられる。

したがって、BRC金網を緑化基礎工として用いた場合に4~7年程度で腐食する特性が法面の安定に悪影響を与える可能性は低く、従来の菱形金網をBRC金網に代えて適用した場合の法面防災上のリスクはほとんどないといえる。

4. まとめ

木本植物群落の形成を初期緑化目標とする厚層基材吹付工の緑化基礎工として菱形金網とBRC金網を適用した試験施工の掘取調査を施工7年2ヵ月後に行なった結果、次のことが明らかになった。

1) 導入木本種の個体の生長に統計的な有意差は認められないが、菱形金網区の平均樹高は、BRC-50区の93.5%、BRC-75区の89.4%とやや低かった。

2) 菱形金網区の木本植物の現存量は、基底面積がBRC-50区の71.4%、BRC-75区の65.0%、D²HがBRC-50区の64.6%、BRC-75区の55.4%と、明らかに低かった。

3) 金網食込率は、菱形金網区の68.8%に対し、BRC-50区は15.1%、BRC-75区は15.9%と、きわめて低かった。

4) 根元直径が50mm以上に生長した個体の金網食込率は、菱形金網区の100%に対し、BRC-50区は35.0%、BRC-75区は36.8%で、金網食込はBRC金網の網目寸法に左右されなかった。

5) 菱形金網はまったく腐食しなかったが、BRC金網はほとんどの箇所腐食し、破断あるいは消滅した。

6) 初期強度921.2NのBRC金網の破断荷重は、腐食が速い場合には4年程度で強度はなくなり、腐食が遅い場合には7年後に18%程度の強度が残る場合があるが、大半は原形を留めない状態まで腐食が進行した。これに対し、菱形金網は初期強度1,195.6Nを維持していた。

なお、BRC金網を使用した場合でも金網の腐食より肥大生長が速い場合には30%強の個体に金網の食込みが認められたが、BRC金網は着実に腐食が進行して破断に至ることから、菱形金網と比較して金網の食込みを最小限に抑えることができると考えられる。また、BRC金網が腐食に要する期間は4~7年程度で、初期緑化目標とする木本植物群落を形成する上で十分な耐久性を有すると判断できる。

木本植物の根元への金網の食込みは、これまで緑化工を適用する上でほとんど問題視されなかった。しかし、本研究の結果、菱形金網を使用した場合の木本植物の現存量はBRC金網よりも明らかに低下し、金網の食込みが導入木本種の生長を阻害、抑制していることが強く示唆された。

緑化工における金網の食込みの影響については、これまでの長年にわたる施工実績から考えて、落石防止網工のように地山から浮いた状態で幹に食込んだ場合を除き、法面防災上の問題があるとはいえない。しかし、本試験結果のみから一概に論じることではできないが、緑化工における緑化基礎工の金網の食込みが導入木本種や自然侵入種の生長にマイナスの

影響を与えている可能性は高く、木本植物の健全な生長を期待するためには腐植の速いBRC金網のような腐植の速い早期分解性の金網を使用して生育障害リスクを回避するのが望ましいといえる。緑化基礎工としての金網の功罪については、今後の課題としてさらなる調査研究が必要である。

最後に、BRC金網は導入木本種の生長を極力阻害しないようにするため、網目寸法75mmの製品が実用化されていることを付記する。

引用文献

- 1) 藤久正文・河野修一・江崎次夫・岡本良雄・井門義彦 (1998) ロックネット施工地に侵入した樹木の成長形態, 第29回日本緑化工学会研究発表会要旨集, 336-339.
- 2) 藤久正文・河野修一・江崎次夫・井上章二・井門義彦 (1999) 道路のり面に侵入した樹木の成長について, 第30回日本緑化工学会研究発表会要旨集, 62-65.
- 3) 泉井桂・藤井達夫・上村博・山本衛 (2010) 金網フェンスを飲み込みながら肥大成長した樹幹の内部構造と肥大の力の推定, 第51回日本植物生理学会年会要旨集, 194.
- 4) 亀山章監修・小林達明・倉本宣編 (2006) 生物多様性緑化ハンドブック, 地人書館, 323 pp.
- 5) 森本幸裕・小林達明編 (2007) 最新環境緑化学, 朝倉書店, 234 pp.
- 6) 中村剛・松村隆宗・河野修一・藤久正文・井上章二・岩本徹・江崎次夫・車斗松・全権雨 (2004) 腐食型金網を用いるのり面の緑化, 第35回日本緑化工学会大会研究発表会要旨集, 9.
- 7) 日本道路協会編 (2009) 道路土工一切土工・斜面安定工指針 (平成21年度版), 丸善, 521 pp.
- 8) 日本法面緑化技術協会編 (2005) のり面緑化技術—厚層基材吹付工—, 山海堂, 169 pp.
- 9) 日本緑化工学会編 (2005) 環境緑化の事典, 朝倉書店, 484 pp.
- 10) 小野智晴・藤久正文・河野修一・岩本徹・垣原登志子・江崎次夫・全起成・車斗松・全権雨 (2005) 腐食型金網を用いたのり面の緑化, 第36回日本緑化工学会大会研究発表会要旨集, 12.
- 11) 小野智晴・河野修一・岩本徹・垣原登志子・江崎次夫・全起成・車斗松・全権雨 (2006) 腐食促進型金網の腐食状況, 第37回日本緑化工学会大会研究発表会要旨集, 3.
- 12) 斜面樹林化技術協会編 (2009) 斜面樹林化工法技術資料 (第5版), 70 pp.
- 13) 田中健一・小野智晴・河野修一・川崎哲郎・江崎次夫・全起成・車斗松・全権雨 (2007) 腐食促進型金網の腐食状況, 第38回日本緑化工学会大会研究発表会要旨集, 12.
- 14) 山寺喜成 (1989) 急勾配斜面における緑化工技術の改善に関する実験的研究, 京都大学学位論文, 314 pp.
- 15) 山寺喜成 (2010) 自然環境再生の緑化技術—採石跡地の自然回復—, 日本砕石協会, 213 pp.
- 16) 吉田寛・古田智昭 (2004) 切土法面における厚層基材吹付工 (斜面樹林化工法) による木本植物群落の造成事例, 日本緑化工学会誌, 29(4): 482-494.
- 17) 吉田寛・古田智昭・桜井光希・松山真三・高田元夫 (2004) 根幹への食込みを防止する生分解性樹脂被覆金網, 日本緑化工学会誌, 30(1): 243-246.

(2012. 4. 9 受理)