

НУУЦ
Хавтангийн технологийн хэлтэс (24-72)
2025 оны 2 дугаар сарын 21



МОНГОЛ УЛС, ЗАМ ТЭЭВРИЙН ЯАМ

**МОНГОЛ УЛС, УЛААНБААТАР ХОТОД 13 ЖИЛ
ТУРШСАН ГАНГИЙН
ЦАГ АГААРТ ТЭСВЭРЛЭХ ЧАДВАРЫН СУДАЛГААНЫ
ҮР ДҮНГИЙН ЭЦСИЙН ТАЙЛАН**

2025 оны 2 дугаар сар

НИППОН СТИЛ ХК



Гарчиг

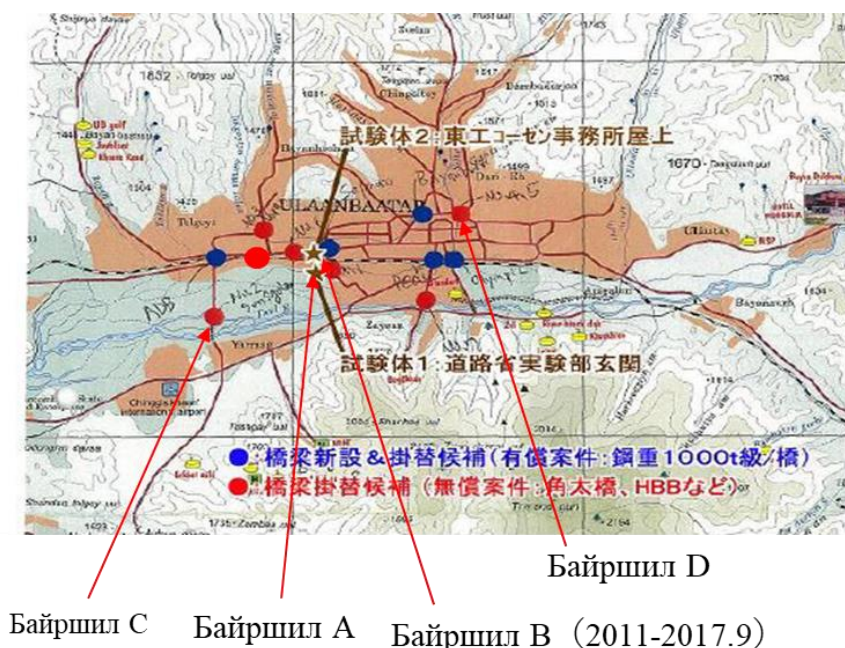
1. Ерөнхий агуулга	3
2. Талархал.....	4
3. Туршилтын агуулга	4
3.1 Нарны гэрэлд ил болон нарны гэрлээс халхалсан саравчтай тавиур хийсэн.	4
3.2 Туршилтын төмөр бэлдэцүүдийг бэлтгэх.....	4
4. 13 дахь жилийн (нэмэлт 12 дахь жил) туршилтын бэлдэцийн үнэлгээ	6
4.1 Туршилтын төмөр бэлдэцийн хураан авалт	6
4.2 Үнэлгээний зүйл, агуулга.....	9
4.3 Шинжилгээний үр дүн	11
4.3.1 Гадаад төрх байдлын үнэлгээний үр дүн	11
4.3.2 Зэвний зузаан (нэмэлт түрхэцгүй бэлдэц) ба гадаргуугийн бүрхүүлийн зузаан (N түрхэцтэй бэлдэц) хэмжилтийн үр дүн.....	22
4.3.3 Наалдац давсны хэмжээг хэмжсэн үр дүн	27
4.3.4 Ион нэвчилтийн эсэргүүцлийг хэмжсэн үр дүн	30
4.3.5 Төмрийн элэгдэл хорогдлыг тооцсон үр дүн.....	33
4.4 13 жилийн туршилтын бэлдэцийн үнэлгээний үр дүнгийн нэгтгэл	37
5. Түрхэцгүй ган төмөр бэлдэцийн урт хугацааны зэврэлтээс үүсэх хорогдлын тооцоолол	38
6. Үр дүнгийн хураангуй.....	43
Хавсралт I	44
Хавсралт II.....	46

1. Ерөнхий агуулга

Ган төмөр (JIS-SMA марк) -ийг ямар нэгэн түрхэцгүй болон өнгөн хэсэгт нь зэвийг саармагжуулах түрхэцтэй гэсэн 2 төрлөөр туршилтын төмрийг бэлдэж, Монгол улсын Улаанбаатар хотод 2011 оны 7-р сарын 28-ны өдрөөс эхлэн, наранд ил болон сүүдэрт туршилтыг явуулж эхэлсэн. Дараа жил (2012 онд) ижил стандартын нэмэлт туршилтын жижиг хэсгүүд болон наалтын туршилтын хэсгүүдийг бэлдэж туршиж эхэлсэн.

Энэ удаад бид 2024 оны 6-р сарын 11-нд цуглуулсан туршилтын бэлдэцүүд байгаль цаг уурт 13 жилийн турш туршигдсан (нэмэлт бэлдэцийн хувьд 12 жил) шинжилгээний үр дүнг танилцуулж байна. Үүгээр ган төмрийн байгаль, цаг уурыг тэсвэрлэх туршилт дууссан бөгөөд энэхүү тайлан нь эцсийн тайлан болно.

Зураг 1 болон Хүснэгт 1-д жагсаасан дөрвөн газарт туршилтыг хийсэн. В байршилын бэлдэцийг 2017 оны 9-р сард Тококосэн Корпорацийн Улаанбаатар оффисын дээврээс Хишиг Арвин Индустириал компанийн төв оффис руу шилжүүлсэн.



Зураг 1: Туршилтын байршил

Хүснэгт 1: Туршилтын бэлдэцийг суурилуулсан байршил

Газрын тэмдэглэл	Туршилтын байршлууд
Байршил А	Засгийн газрын хэрэгжүүлэгч агентлаг, Авто замын хөгжлийн газар
Байршил В	Тококосэн корпораци, Улаанбаатар оффисын дээвэр (2017 оны 9-р сарын 3-наас Хишиг Арвин Индустириал ХХК-ын оффисын дээвэр)
Байршил С	Сонсголонгийн гүүр, Дам нуруу 1
Байршил D	Сэлбийн дээд праллел гүүр, Хажуугийн дам нуруу

2. Талархал

Энэхүү туршилтыг Монгол Улс, Улаанбаатар хотод зохион байгуулахад хамтран ажилласан Зам Тээврийн Яамны хэлтэсийн дарга Д.Гэрэлням болон мэргэжилтэн Ш.Гэрэлт-Од нарт гүн талархал илэрхийлье.

3. Туршилтын агуулга

3.1 Нарны гэрэлд ил болон нарны гэрлээс халхалсан саравчтай тавиур хийсэн.

Тавиур нь нэг ижил төрлийн хийц бүхий 2 ширхэг байх ба тавиурын материал нь энгийн цайрдсан ган төмрийг хэрэглэж, туршилтын тухайн газар нутаг дээр нь эрэг боолтоор угсран хийсэн болно.

- 1) Наранд ил гарах 6 ширхэг туршилтын төмрийн бэлдэцийг хөндлөн нэг эгнээнд зэрэгцүүлэн байрлуулж, салгаж авах боломжтой байдлаар суурилуулан хийсэн.
- 2) Саравчтай сүүдэрт байрлах туршилтын 6 ширхэг төмрийн бэлдэцийг хөндлөнгөөр нэг эгнээнд зэрэгцүүлэн байрлуулсан ба, саравчийг цайрдсан хавтан төмрөөр хийсэн.

3.2 Туршилтын төмөр бэлдэцүүдийг бэлтгэх

Туршилтад хэрэглэх төмөр бэлдэц материал нь JIS G3114 (JIS cor-ten (JISSMA)) (цаашид SMA гэж товчлох)-маркийн ган төмрийн нэг төрлийг сонгон авсан. Бэлдэц төмрийг ямар нэгэн түрхэцгүй өөрөөр нь болон өнгөн хэсэгт нь зэвийг саармагжуулах түрхэц / Raskol N #200/ бүхий гэсэн 2 төрлөөр бэлдсэн.

Уг туршилтын төмрийн химийн найрлагыг **Хүснэгт-2**, Raskol N #200-ийг хэрэгжүүлэх аргачлалыг **Хүснэгт 3-г** харуулав.

Хүснэгт 2: Туршилтын ган төмрийн химийн орц найрлага (2011 онд туршиж эхэлсэн бэлдэц)

Марк	Үйлдвэрлэлийн дугаар	Бүтээгдэхүүний дугаар	Хавтангийн зузаан	Хатуулаг	Сунгах туршилт			Химийн орц, найрлага										
					YP	TS	EL	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Pcm	V
					N/MM2		%	x100	x100	x100	x1000	x1000	x100	x100	x100	x100	x100	
JIS-SMA	N10373	242224-1	8	50K	476	551	19	12	24	98	15	6	32	10	48	0	22	1.00

Хүснэгт 3: Туршилтын ган төмрийн химийн орц найрлага (2012 онд туршиж эхэлсэн бэлдэц)

Марк	Үйлдвэрлэлийн	Бүтээгдэхүүний дугаар	Хавтангийн	Хатуулаг	Сунгах туршилт			Химийн орц, найрлага										
					YP	TS	EL	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Pcm	V
					N/MM2		%	x100	x100	x100	x1000	x1000	x100	x100	x100	x100	x100	
JIS-SMA	G8604	2040173	6	'	530	596	18	12	27	106	13	3	30	10	48	0	5	1.00

Хүснэгт 4: Раскол N#200-г түрхсэн бэлдэц төмрийн байдал

Шатлал		Стандарт түрхлэгийн зузаан
1-р давхарга	Raskol N primer S type	15µm
2-р давхарга	Raskol N primer S type	15µm
3-р давхарга	Raskol N controller A type	40µm
Нийт зузаан		70µm



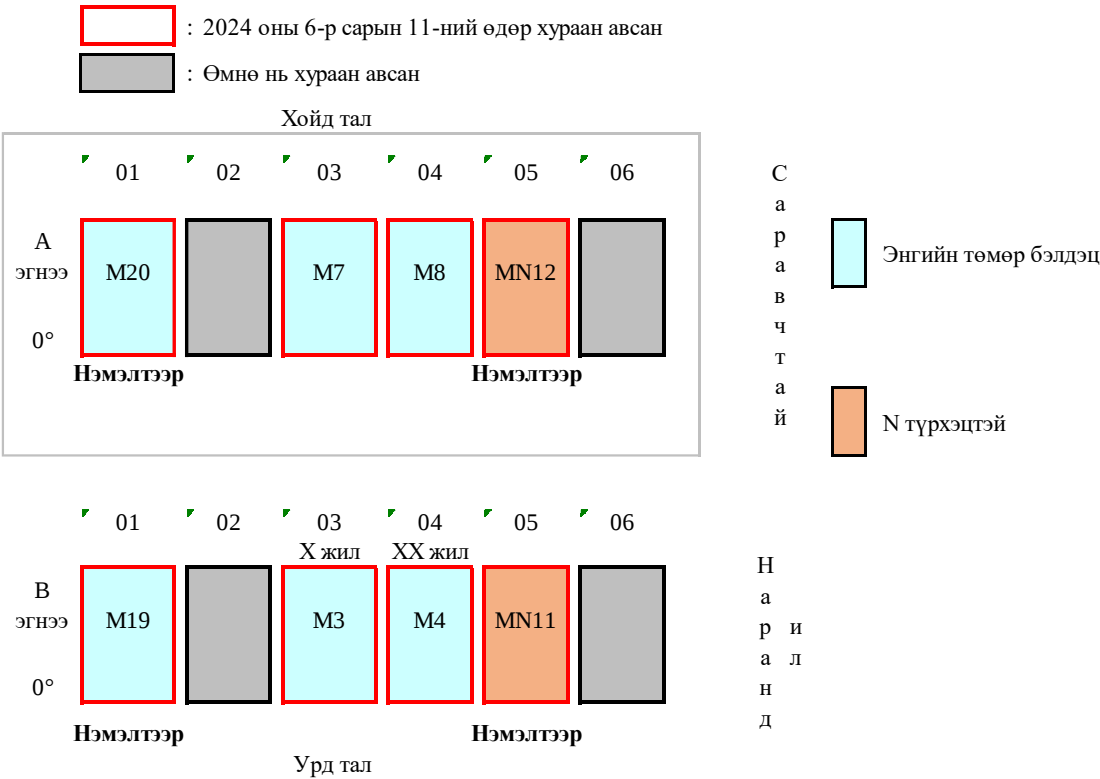
4. 13 дахь жилийн (нэмэлт 12 дахь жил) туршилтын бэлдэцийн үнэлгээ

4.1 Туршилтын төмөр бэлдэцийн хураан авалт

Монгол дахь туршилтын ган төмрийг байршуулсан байрлалыг Зураг 2 – Зураг 5-д үзүүллээ. Бэлдэц төмрийг хураан авсан байршлыг зураг дотор улаан хүрээгээр ялган тэмдэглэсэн. Туршилт дууссан тул бүх туршилтын бэлдэцүүдийг цуглуулан авсан.

№ 1. Тавиурт байршуулсан туршилтын төмрийн байршил

Туршилтын нэр	Ган төмрийн Монголын байгаль, цаг уурыг тэсвэрлэх чадварын судалгаа		
Туршилт явуулах газар	Монгол Улс, Улаанбаатар хот		
Туршилт эхлэсэн огноо	2011.7.28		
Турших нөхцөл	Наранд ил, Урд зүгт 0°	Сүүдэрт, Гол чиглэл 0°;	
Туршилтын байрлал	Жижиг бэлдэц :Байрлал А 【Засгийн газрын хэрэгжүүлэгч агентлаг, Авто замын хөгжлийн газар】		





№2 Тавиурт байршуулсан туршилтын ган төмрийн байрлал

Туршилтын нэр Ган төмрийн Монголын байгаль, цаг уурыг тэсвэрлэх чадварын судалгаа

Туршилт явуулах газар Монгол Улс, Улаанбаатар хот

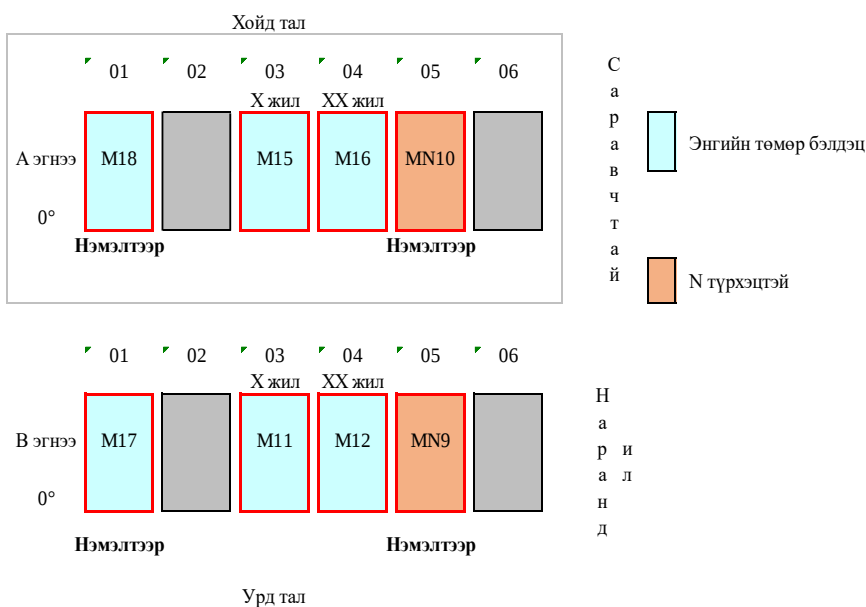
Туршилт эхлэсэн огноо 2011.7.28

Турших нөхцөл Наранд ил, Урд зүгт 0° Сүүдэрт, Гол чиглэл 0°;

Туршилтын байрлал Жижиг бэлдэц :Байрлал В 【Тоококоосэн Корп-ын Улаанбаатар дахь оффисын дээвэр дээр байсныг
→ (Энэ удаа) энэ туршилтын тавцанг Хишиг Арвин Индустриал компаний 2 давхар байрны дээвэр лүү шилжүүлсэн 】

: 2024 оны 6-р сарын 11-ний өдөр хураан авсан

: Өмнө нь хураан авсан



Зураг 3: В байршлын туршилтын ган төмрийн байрлал болон хураан авсан хэсгүүд

Наалдац
бүхий : Байршил С 【Сонсголон гүүр Дам нуруу 1】
бэлдэц



Зураг 4: С байршлын туршилтын ган төмрийн байрлал болон хураан авсан хэсгүүд



Наалдац
бүхий : Байршил D 【Сэлбийн дээд параллел гүүр Хажуугийн дам нуруу】
бэлдэц



Н
а б
а б э
л ү л
д х д
а и э
ц й ц

Зураг 5: D байршлын туршилтын ган төмрийн байрлал болон хураан авсан хэсгүүд



4.2 Үнэлгээний зүйл, агуулга

Хүснэгт 5-д хураан авсан жижиг туршилтын ган төмрүүд болон наалддаг туршилтын бэлдэцүүдийн шинжлэх арга болон үнэлгээний журмыг харуулав. Түүнчлэн, зэвний зузаан, бүрхүүлийн зузаан, хавтангийн зузааныг хэмжих байрлалыг Зураг 6 болон 7-д үзүүлэв. Харин, энэ удаад хураасан өөрөөрөө байгаа буюу нэмэлт түрхэцгүй жижиг туршилтын дөрвөн ширхэг (М4, М8, М12, М16) бэлдэц дээр хийсэн үнэлгээг зөвхөн 5-р хүснэгтийн (2) дугаарт байгаа гадаад байдлын гэрэл зураг авах замаар үнэлгээг хийсэн.

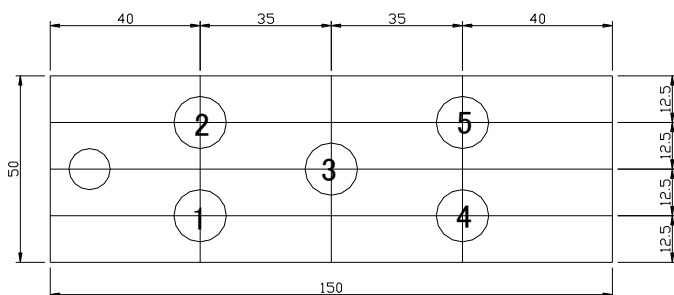
Хүснэгт 5 : Шинжилгээний арга болон түүний заалтууд

Шинжилгээний арга	Зорилго	Шинжилгээний заалтууд
(1) Гадна талаас харж ажиглах	Тухайн үеийн байдлыг ойлгож, олон жилийн өөрчлөлтийг мэдэх	Өнгөн хэсгийн зэвэрсэн байдлыг ¹⁾ нүдээр харж үнэлэх
(2) Гадна байдлын зураг авах	Дараагийн судалгаатай хийх харьцуулалтыг тодорхой болгох	Туршилт эхэлснээс хойш нүүр болон ар хэсэг (Наалдац бүхий бэлдэц төмрийн ар тал дахь наалтыг хуулсны дараа) болон зэвийг арилгасны дараа гадна байдлын зургийг (нүүр ба ар тал) авах
(3) Зэвний зузааныг хэмжих	Зэвний зузааныг тоогоор гаргаж олон жилийн өөрчлөлтийг мэдэх	Дан төмрийн нүүр ба ар тал (Наалдац бүхий бэлдэц төмрийн зөвхөн нүүр тал)-ыг давхаргын зузаан хэмждэг соронзон төхөөрөмжөөр Зураг 6 болон Зураг 7 дээрх тус бүр таван цэгт хэмжинэ. • Соронзон төхөөрөмж; SWT-8200 II (Санко цахилгаан судлалын лабораторийн бүтээл)
(4) Гадаргууд үүссэн давхаргыг хэмжих	Гадаргууд үүссэн давхаргыг тоогоор гаргаж олон жилийн өөрчлөлтийг мэдэх	Raskol N түрхэцтэй бэлдэцийн нүүр болон ар тал (Наалдац бүхий төмрийн зөвхөн нүүрэн тал)-ыг давхаргын зузаан хэмждэг соронзон төхөөрөмжөөр Зураг 6, Зураг 7 дээрх тус бүр таван цэгт хэмжинэ. • Соронзон төхөөрөмж; SWT-8200 II (Санко цахилгаан судлалын лабораторийн бүтээл)
(5) Төмөрт наалдсан давсны хэмжээ	Наалдсан давсыг тоогоор хэмжих	Нүүрэн талыг давс хэмжигч багажаар тус бүр 1 цэгт хэмжинэ. 10 сек хутгаж холиод 5 секундын дараах дүнг хэмжилтийн дүн гэж үзнэ. • Давс хэмжилтийн багаж; SSM-21P (Тоадэйкэкэ-гийн бүтээл)
(6) Ионы	Зэвний байдлыг тоогоор гаргаж,	Нүүр болон ар тал (Наалдац бүхий төмрийн

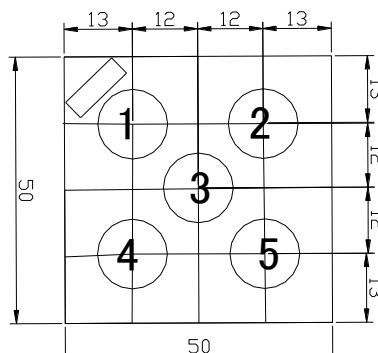


нэвчилтийн эсэргүүцлийн хэмжилт	олон жилийн өөрчлөлтийг мэдэх	зөвхөн нүүрэн тал) –ыг RST ашиглан тус бүр 1 цэгт хэмжинэ. 30 секийн дараах тоог хэмжилтийн дүн гэж үзнэ. • RST; Rust State Tester C-40G (Nippon Steel Anti-Corrosion Co.,LTD-гийн бүтээл)
(7) Идэгдэж хорогдох байдлыг тооцоолох (Төмрийн жинг хэмжих)	Зэвнээс үүсэх жингийн бууралтыг тоогоор гаргаж, олон жилийн өөрчлөлтийг мэдэх	Зэвийг арилгасны дараах жинг цахилгаан жинлүүр ашиглан хэмжинэ. • Цахилгаан жинлүүр; GX-800 (A&D-гийн бүтээл)
	Зэвнээс үүдэх хавтгай зузааны бууралтыг тоогоор гаргаж	Зэвийг арилгасны дараах хавтгай зузааныг High-accuracy digimatic micrometer төхөөрөмж ашиглан Зураг 6, Зураг 7 дээрх таван цэгт хэмжинэ. • Хэмжих төхөөрөмж; PMUD60-25MJ (Mitsutoyo-гийн бүтээл)
	Тоон хэмжилтийг зөв явуулах бэлтгэл ажил	Төмрийн бэлдэцийн ард талын наалтыг хуулах (Наалдац бүхий төмөр) Зэвийг арилгах
		Бэлдэц төмрийн ар талд үлдэх наалтыг халаан хусуураар хуулж авна. Дараа нь, үлдсэн цавууг ацетоноор арилгана. Зэв арилгах арга нь JSSC-TR 73 ¹⁾ 5.7 заалтыг тулгуурлана.

1) Японы ган хийц үйлдвэрлэгчдийн холбоо_Ган гүүрийн гүйцэтгэлийг сайжруулах судалгааны хороо •Цаг агаарт тэсвэртэй ган гүүрийн дэд хороо “Цаг агаарт тэсвэртэй ган төмөр хийцийн гүүрний боломж, техник технологийн тайлан №73 (2006)”-гийн тайлбар зураг 6.4.1 болон Хүснэгт -В6.6.1-ийг ашиглав.



Зураг 6: Жижиглэн хэрчсэн туршилтын ган төмөрт хэмжилт хийх цэгүүд



Зураг 7: Наалдац бүхий төмөрт хэмжилт хийх цэгүүд



4.3 Шинжилгээний үр дүн

4.3.1 Гадаад төрх байдлын үнэлгээний үр дүн

Гаднах төрхийг нүдээр ажигласан үр дүнг Хүснэгт 6, 7-д, хураан авсаны дараах болон зэв арилгасны дараах харагдах байдлын зургийг 1-8-р зурагт үзүүлэв.

① Жижиг туршилтын бэлдэц

(1) Түрхэцгүй бэлдэц (Зураг 1, Зураг 2, Зураг 4, Зураг 5)

- Нарны гэрэлд ил байсан туршилтын бэлдэцийн гадаад үзэмжийн хувьд зэв нь нарийн ширхэгтэй, жигд бөгөөд жигд бус тод хүрэн өнгөтэй байв.
- Сүүдэрт тавьсан бэлдэцийн харагдах байдлын тухайд, дээшээ харсан бүх гадаргуу дээр тод хүрэн хурдас ажиглагдсан.

Мөн зэвний хэмжээ бага байсан.

Дээр дурдсан ажиглалт дээр үндэслэн зэвний харагдах байдлыг бүх туршилтын хэсгүүдэд "5" гэж тодорхойлсон.

(2) N-нэмэлт түрхэцтэй бэлдэц (Зураг 3, Зураг 6)

- Бүх туршилтын бэлдэцийн хувьд өнгөн болон ар талд N түрхлэгээр боловсруулсан бүрээсэнд өнгө өөрчлөгдөх, өнгө алдагдах нь ажиглагдсан ба тоос шороо зэрэг хуримтлагдсан ч зэв ажиглагдаагүй.

Дээр дурдсан зүйлс дээр үндэслэн бүх туршилтын бэлдэцийн гадаад төрх байдлын оноог "B" гэж тодорхойлсон.

② Наадаг жижиг туршилтын бэлдэц

(1) Энгийн хийц бүхий ган төмөр (Зураг 7, Зураг 8)

- Бүх туршилтын бэлдэцэд зэвний үртэс нь нарийн ширхэгтэй, жигд тархсан, жигд бус бор өнгөтэй байсан.

Дээр дурдсан зүйлс дээр үндэслэн зэвний харагдах байдлыг бүх туршилтын бэлдэцийн хувьд "5" гэж тодорхойлсон.

(2) N-нэмэлт түрхэцтэй туршилтын бэлдэц (Зураг 7, Зураг 8)

- Хэдийгээр туршилтын бүх бэлдэцийн хувьд N-түрхлэгийн бүрхүүлийн өнгө өөрчлөгдөх, өнгө алдагдах нь ажиглагдсан боловч зэв идэлт илрээгүй.

Дээр дурдсан зүйлс дээр үндэслэн бүх туршилтын бэлдэцүүдийн гадаад төрх байдлын оноог "B" гэж тодорхойлсон.

Хүснэгт 6: Гадаад үзэмжийн харааны ажиглалтын үр дүн (жижиг туршилтын бэлдэл)

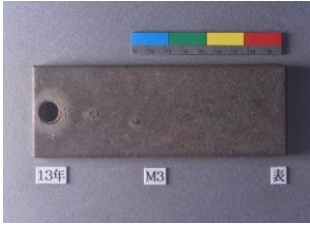
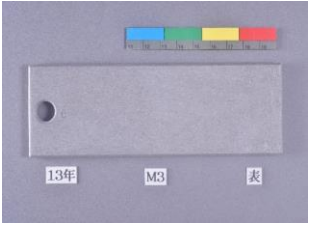
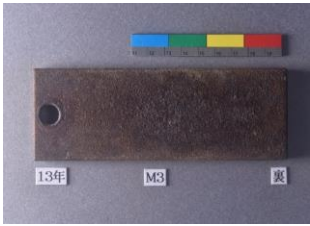
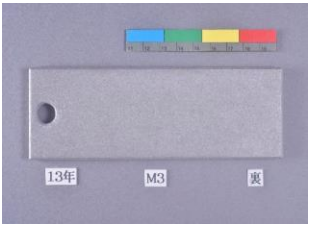
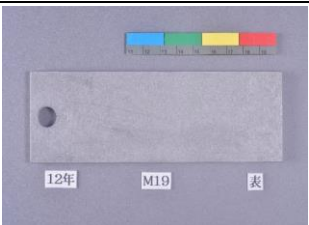
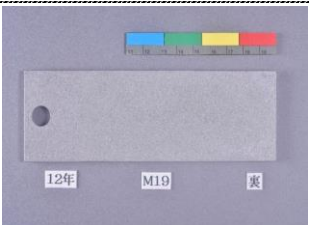
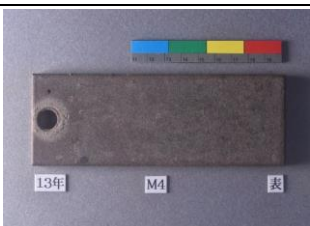
Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Байгальд өртөх нөхцөл	Бэлдэцийн дугаар	Тал	Гадаад байдлын үнэлэлт			
					1 жил	6 жил	12 жил (нэмэлт)	13 жил
А Байршил	Энгийн	Наранд ил	M3	дээд	5	5	-	5
				доод	5	5	-	5
			M19	дээд	-	-	5	-
				доод	-	-	5	-
		Сүүдэрт	M7	дээд	5	5	-	5
				доод	5	5	-	5
			M20	дээд	-	-	5	-
				доод	-	-	5	-
	N Нэмэлт түрхэлттэй	Наранд ил	MN11	дээд	В	В	В	-
				доод	В	В	В	-
		Сүүдэрт	MN12	дээд	В	В	В	-
				доод	В	В	В	-

Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Байгальд өртөх нөхцөл	Бэлдэцийн дугаар	Тал	Гадаад байдлын үнэлэлт			
					1 жил	6 жил	12 жил (нэмэлт)	13 жил
В Байршил	Энгийн	Наранд ил	M11	дээд	5	5	-	5
				доод	5	5	-	5
			M17	дээд	-	-	5	-
				доод	-	-	5	-
		Сүүдэрт	M15	дээд	5	5	-	5
				доод	5	5	-	5
			M18	дээд	-	-	5	-
				доод	-	-	5	-
	N Нэмэлт түрхэлттэй	Наранд ил	MN9	дээд	В	В	В	-
				доод	В	В	В	-
		Сүүдэрт	MN10	дээд	В	В	В	-
				доод	В	В	В	-



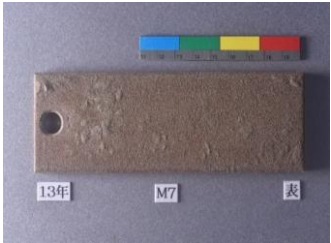
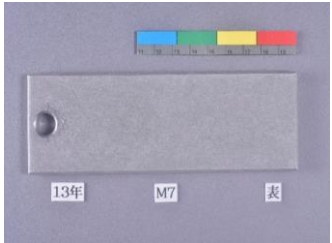
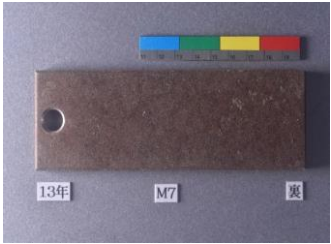
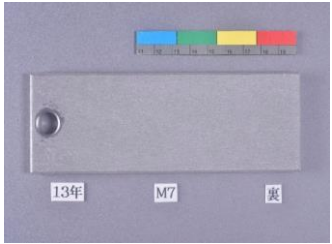
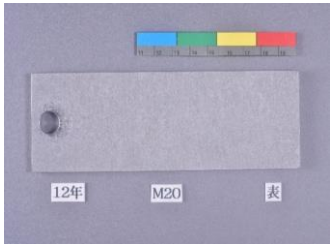
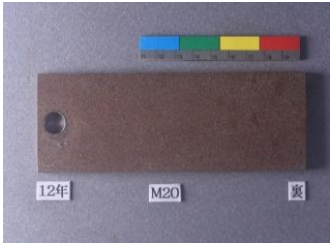
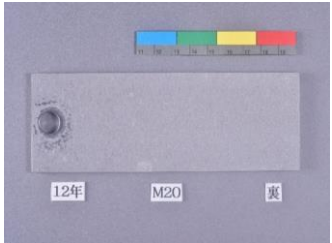
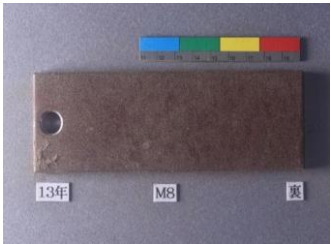
Хүснэгт 7: Гадаад байдлын ажиглалтын үр дүн (Наалдац бүхий жижиг бэлдэц)

Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Бэлдэцийн дугаар	Гадаад байдлын үнэлэлт			
			1 жил	6 жил	12 жил (нэмэлт)	13 жил
С Байршил	Энгийн	M21	5	5	5	-
	N Нэмэлт түрхэлттэй	MN13	B	B	B	-
D байршил	Энгийн	M19	5	5	-	5
	N Нэмэлт түрхэлттэй	MN12	B	B	-	B

Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Цаг уурт өргөх байдал	Тал	Туршилтаас хураан авсны дараа	Зэвийг арилгасны дараа
Байршил А	Энгийн	Наранд ил	Д э э д		
			Д о о д		
			Д э э д		
			Д о о д		
			Д э э д		Зэвийг нь арилгалгүй буцаасан
			Д о о д		

Зураг 1: 13 жилийн дараах туршилтын (12 дахь жил дээр нэмэлт) бэлдэц (жижиг туршилтын бэлдэц)



Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Цаг уурт өртөх байдал	Тал	Туршилтаас хураан авсны дараа	Зэвийг арилгасны дараа
Байршил А	Энгийн	Сүүдэрт	Д э э д		
			Д о о д		
			Д э э д		
			Д о о д		
			Д э э д		Зэвийг нь арилгалгүй буцаасан
			Д о о д		

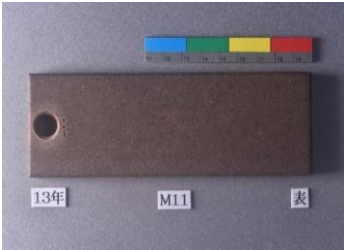
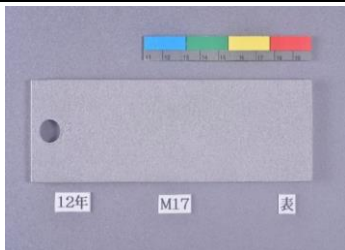
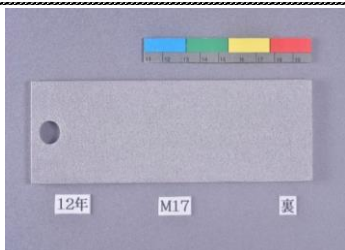
Зураг 2: 13 жилийн дараах туршилтын (12 дахь жил дээр нэмэлт) бэлдэц (жижиг туршилтын бэлдэц)



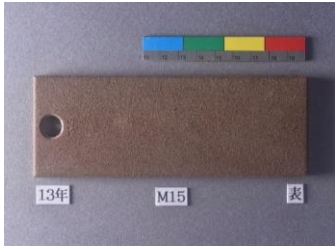
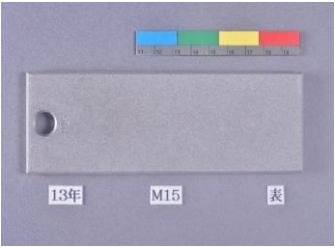
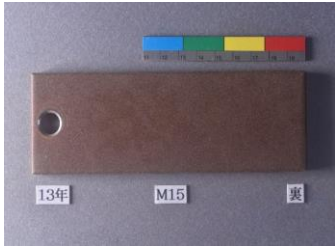
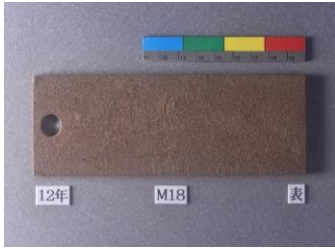
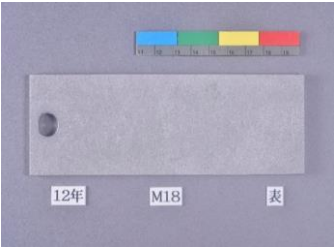
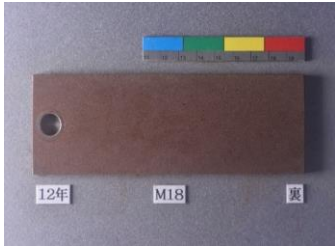
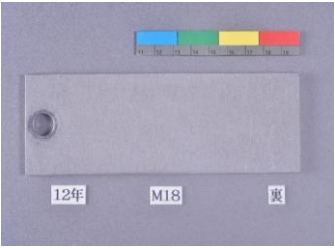
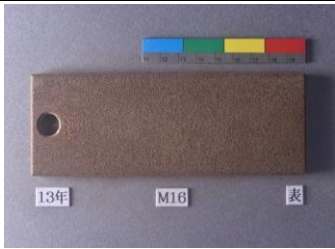
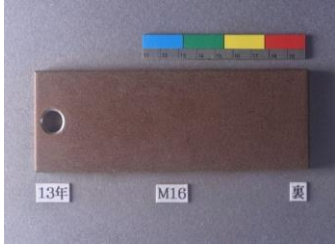


Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Цаг уурт өртөх байдал	Тал	Туршилтаас хураан авсны дараа	Зэвийг арилгасны дараа
Байршил А	N Нэмэлт түрхэлт бүхий	Наранд ил	Д э э д		
			Д о о д		
		Сүүдэрт	Д э э д		
			Д о о д		
			Д э э д		
			Д о о д		

Зураг 3: 13 жилийн дараах туршилтын (12 дахь жил дээр нэмэлт) бэлдэц (жижиг туршилтын бэлдэц)

Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Цаг уурт өргөх байдал	Тал	Туршилтаас хураан авсны дараа	Зэвийг арилгасны дараа
Байршил В	Энгийн	Наранд ил	Д э э д		
			Д о о д		
			Д э э д		
			Д о о д		
			Д э э д		Зэвийг нь арилгалгүй буцаасан
			Д о о д		

Зураг 4: 13 жилийн дараах туршилтын (12 дахь жил дээр нэмэлт) бэлдэц (жижиг туршилтын бэлдэц)

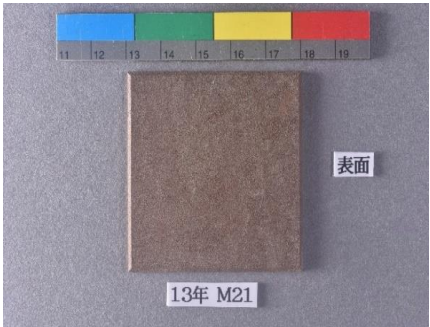
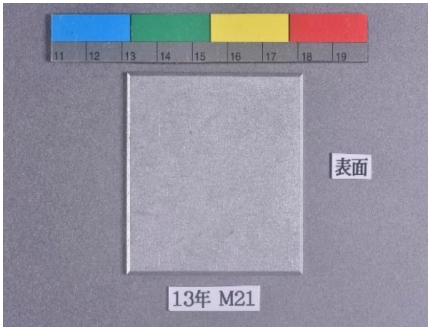
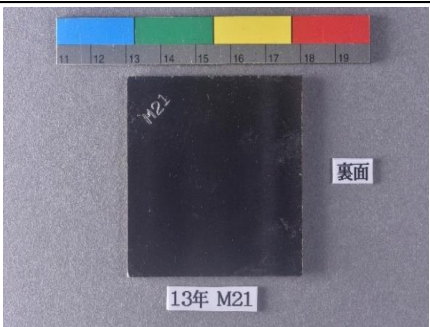
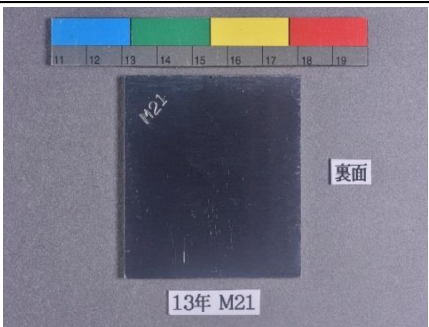
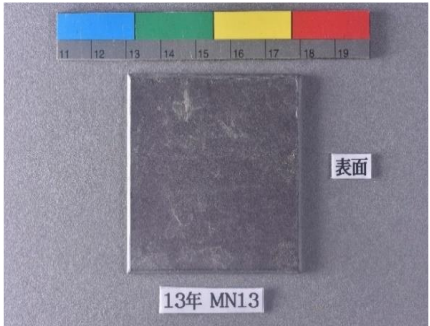
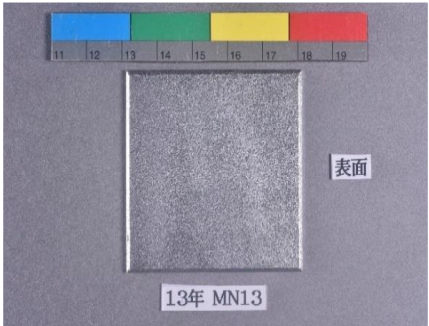
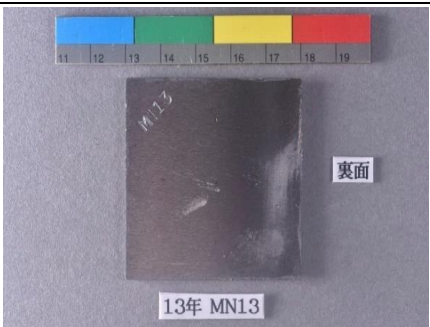
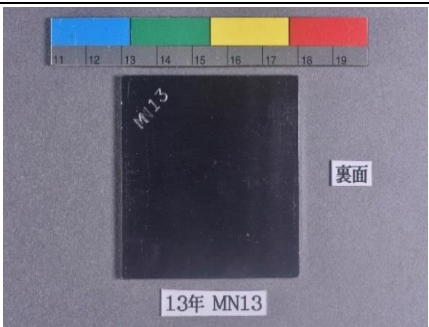
Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Цаг уурт өртөх байдал	Тал	Туршилтаас хураан авсны дараа	Зэвийг арилгасны дараа
Байршил В	Энгийн	Сүүдэрт	Д э э д		
			Д о о д		
			Д э э д		
			Д о о д		
			Д э э д		Зэвийг нь арилгалгүй буцаасан
			Д о о д		

Зураг 5: 13 жилийн дараах туршилтын (12 дахь жил дээр нэмэлт) бэлдэц (жижиг туршилтын бэлдэц)

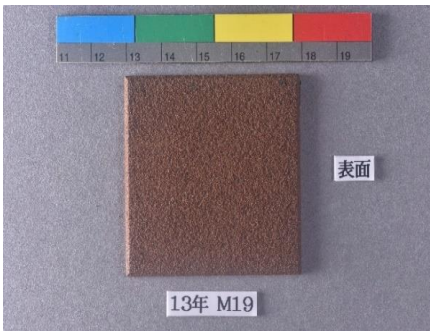
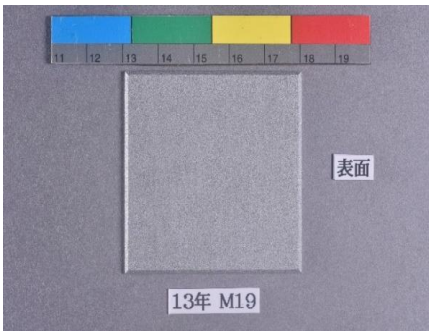
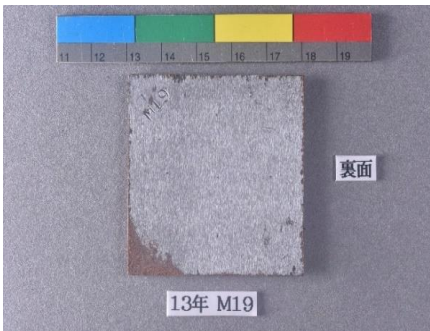
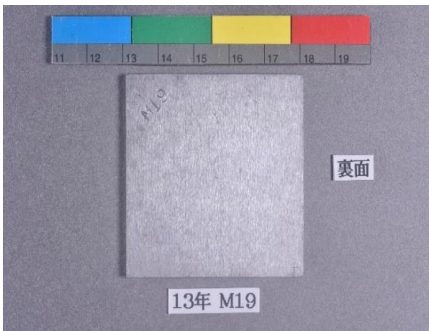
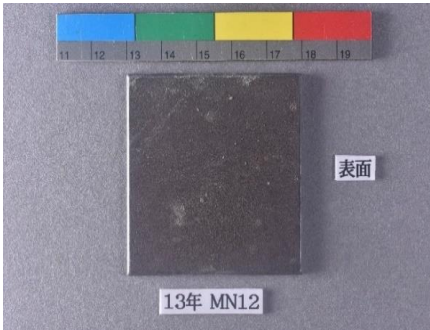
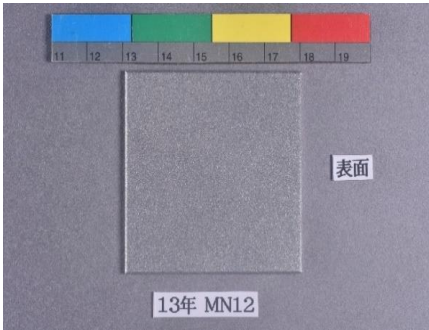
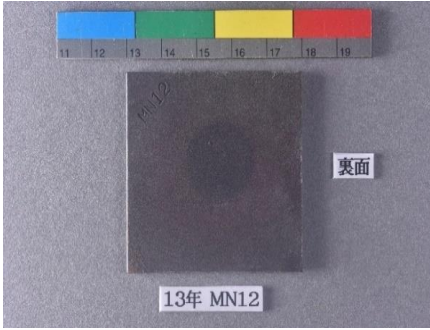
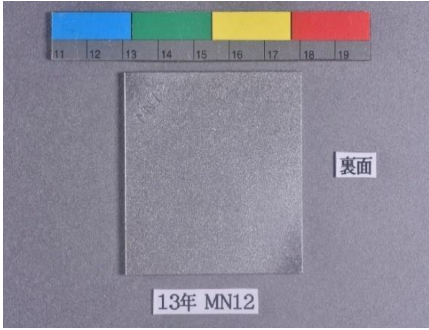


Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Цаг уурт өртөх байдал	Тал	Туршилтаас хураан авсны дараа	Зэвийг арилгасны дараа
Байршил В	N Нэмэлт түрхэлт бүхий	Наранд ил	Д э э д		
			Д о о д		
		Сүүдэрт	Д э э д		
			Д о о д		

Зураг 6: 13 жилийн дараах туршилтын (12 дахь жил дээр нэмэлт) бэлдэц (жижиг туршилтын бэлдэц)

Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Тал	Туршилтаас хураан авсны дараа	Зэвийг арилгасны дараа
Байршил С	Энгийн	Д э э д	 13年 M21 表面	 13年 M21 表面
		Д о о д	 13年 M21 裏面	 13年 M21 裏面
	N нэмэлт түрхэц бүхий	Д э э д	 13年 MN13 表面	 13年 MN13 表面
		Д о о д	 13年 MN13 裏面	 13年 MN13 裏面

Зураг 7: 13 жилийн дараах туршилтын (12 дахь жил дээр нэмэлт) бэлдэц (наалдац бүхий бэлдэц)

Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Тал	Туршилтаас хураан авсны дараа	Зэвийг арилгасны дараа
Байршил D	Энгийн	Д э э д		
		Д о о д		
	N нэмэлт түрхэц бүхий	Д э э д		
		Д о о д		

Зураг 8: 13 жилийн дараах туршилтын (12 дахь жил дээр нэмэлт) бэлдэц (наалдац бүхий бэлдэц)



4.3.2 Зэвний зузаан (нэмэлт түрхэцгүй бэлдэц) ба гадаргуугийн бүрхүүлийн зузаан (N түрхэцтэй бэлдэц) хэмжилтийн үр дүн

Нэмэлт түрхэлтгүй бэлдэцийн зэвний зузааныг хэмжсэн бөгөөд хэмжилтийн үр дүнг Хүснэгт 8, 9, Зураг 8, 9-д үзүүлэв. Мөн, N-нэмэлт түрхэцээр боловсруулсан бэлдэцийн бүрхүүлийн зузааныг хэмжсэн хэмжилтийн үр дүнг Хүснэгт 10, 11 болон Зураг 10, 11-д үзүүлэв.

1) Зэвний зузааныг хэмжих үр дүн (Түрхэцгүй бэлдэц)

① Жижиг туршилтын бэлдэц (Түрхэцгүй бэлдэц)

- Туршилтын бүх бэлдэцүүдэд зэвний зузаан нь 200 мкм-ээс бага байсан бөгөөд энэ нь зэвний харагдах байдлын үнэлгээний стандартын "5"-д хамрагдаж байгаа юм.
- Цаг уурт өртөх нөхцөл бүрийн зэвний зузааны утгыг харьцуулж үзэхэд нарны гэрэлд нүүрэн тал нь ар талаасаа бага, сүүдэрт арын хэсэг нь нүүрэн талынхаас бага зэврэх хандлагатай байсан.

② Наалдац бүхий бэлдэцийн туршилт (Түрхэцгүй бэлдэц)

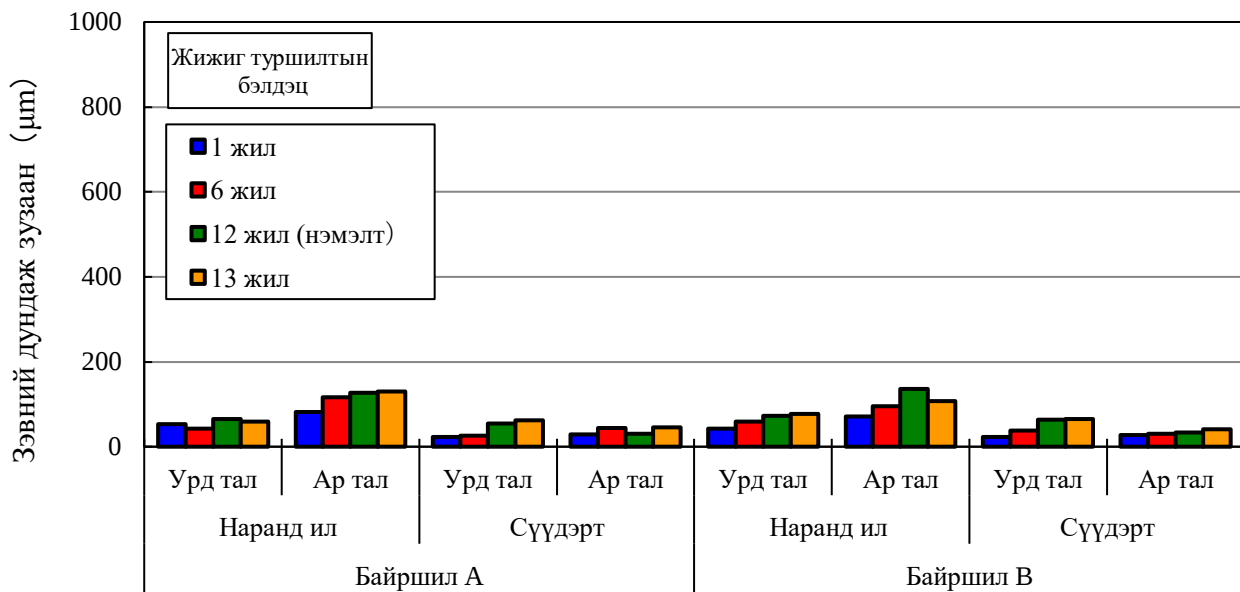
- Туршилтын бүх бэлдэцүүдэд зэвний зузаан нь 200 мкм-ээс бага байсан бөгөөд энэ нь зэвний харагдах байдлын үнэлгээний стандартын "5"-д хамрагдаж байгаа юм.
- Суурилуулсан байршлуудад зэвний зузааны утгыг харьцуулж үзэхэд C байршил буюу Сонсголонгийн гүүрний, Дам нуруу 1-ийн бэлдэц нь D байршил буюу Сэлбэ голын дээд зэрэгцээ гүүрний туршилтын бэлдэцээс бага зэврэлттэй байна. Энэ хандлага нь туршилтын эхний болон зургаа дахь жилүүдийн үр дүнтэй ижил байлаа.

Хүснэгт 8. Зэвийн зузаан хэмжилтийн үр дүн (жижиг туршилтын бэлдэц)

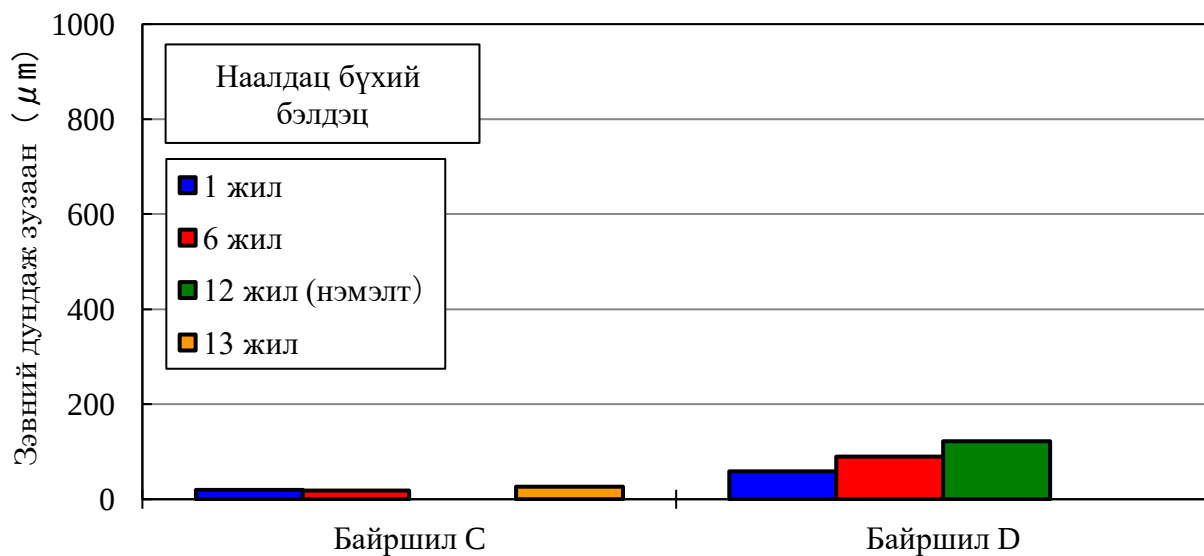
Байршил	Байгальд өртөх нөхцөл	Бэлдэцийн дугаар	Байгальд өртөх хугацаа	Тал	Зэвний зузаан (μm)							
					1 жилийн дундаж	6 жилийн дундаж	①	②	③	④	⑤	Дундаж
А Байршил	Наранд ил	M3	13 жил	Урд	53	42	42	54	49	80	74	60
				Ар	82	116	111	131	165	125	121	131
		M19	12 жил (нэмэлт)	Урд	-	-	41	49	76	78	82	65
				Ар	-	-	143	128	132	114	118	127
	Сүүдэрт	M7	13 жил	Урд	23	25	51	58	67	61	76	63
				Ар	29	44	53	40	46	46	44	46
		M20	12 жил (нэмэлт)	Урд	-	-	49	48	40	71	62	54
				Ар	-	-	25	33	35	33	30	31
В Байршил	Наранд ил	M11	13 жил	Урд	43	59	85	77	82	71	74	78
				Ар	71	95	87	95	128	122	105	107
		M17	12 жил (нэмэлт)	Урд	-	-	75	60	74	76	75	72
				Ар	-	-	121	101	195	132	134	137
	Сүүдэрт	M15	13 жил	Урд	23	38	49	63	67	75	75	66
				Ар	27	31	32	39	45	41	51	42
		M18	12 жил (нэмэлт)	Урд	-	-	59	52	73	67	68	64
				Ар	-	-	28	36	32	37	33	33

Хүснэгт 9. Зэвийн зузаан хэмжилтийн үр дүн (Наалдац бүхий туршилтын бэлдэц)

Байршил	Бэлдэцийн дугаар	Байгальд өртөх хугацаа	Зэвний зузаан (μm)							
			1 жилийн дундаж	6 жилийн дундаж	①	②	③	④	⑤	Дундаж
С Байршил	M21	13 жил	20	18	23	25	29	30	24	26
Д байршил	M19	12 жил (нэмэлт)	59	89	101	90	165	133	118	121



Зураг 8. Зэвний зузааныг хэмжсэн үр дүн (Жижиг туршилтын бэлдэг/Наалдац бүхий бэлдэг)



Зураг 9. Зэвийн зузааныг хэмжсэн үр дүн (Наалт бүхий бэлдэг/Түрхэцгүй ган төмөр)



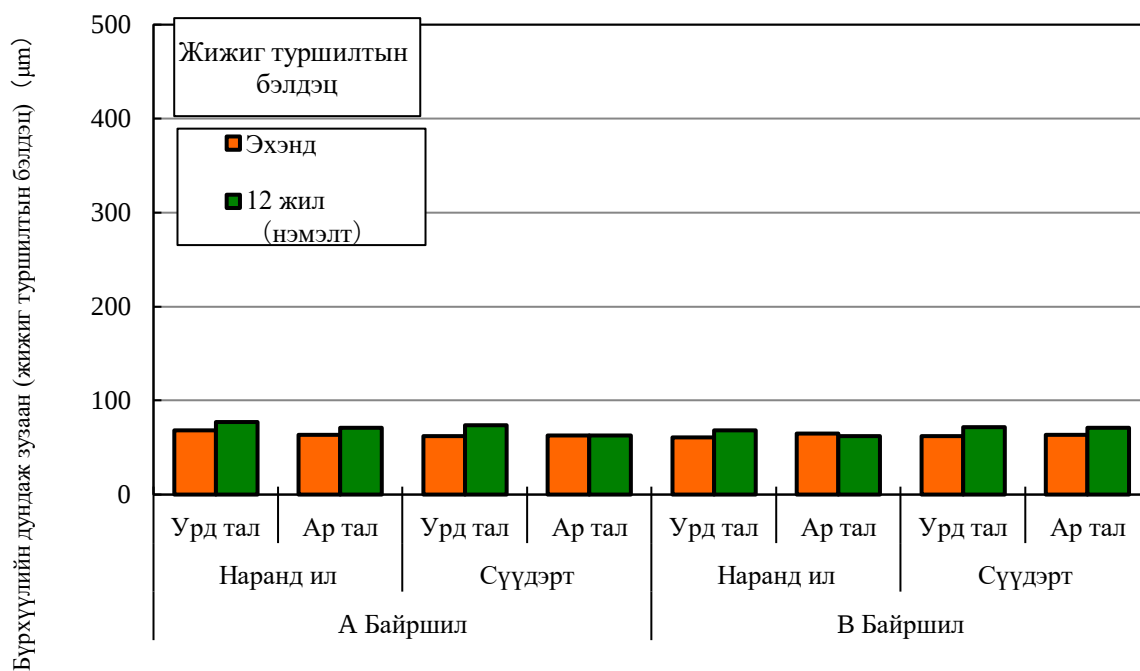
2) Гаднах бүрхүүлийн зузааныг хэмжих үр дүн (N нэмэлт түрхэцээр боловсруулсан бэлдэц)
 • Бүх жижиг туршилтын бэлдэц болон наалдац бүхий туршилтын бэлдэцийн анхны бүрхүүлийн зузаанаас тодорхой өөрчлөлт ажиглагдаагүй.

Хүснэгт 10: Бүрхүүлийн зузаан хэмжилтийн үр дүн (Жижиг туршилтын бэлдэц)

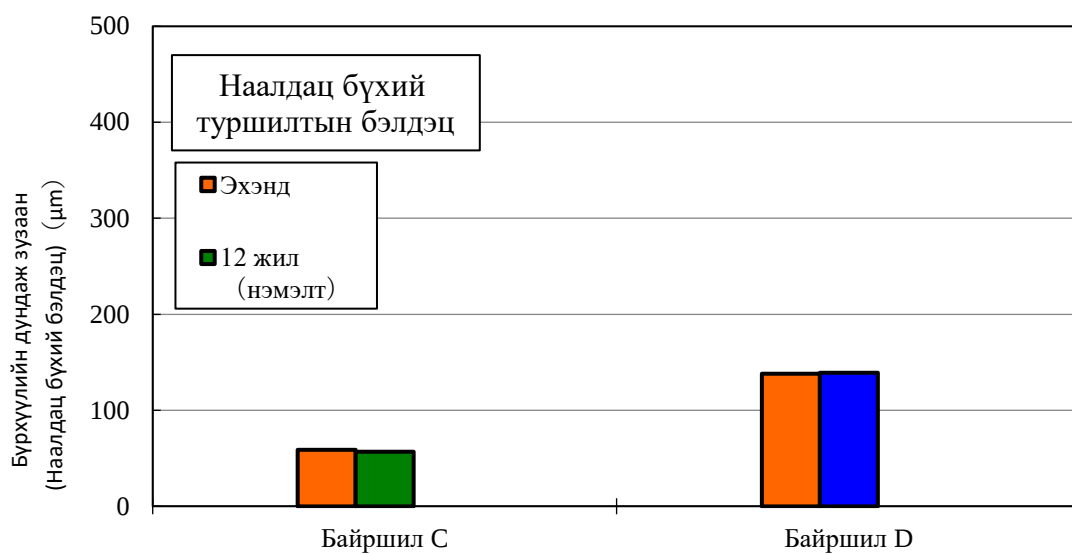
Байршил	Байгальд өртөх нөхцөл	Бэлдэцийн дугаар	Тал	Эхэнд	Бүрхүүлийн зузаан (μm)					
					12 жил (нэмэлт)					Дундаж
					①	②	③	④	⑤	
А Байршил	Наранд ил	MN11	Урд	79	74	78	73	83	78	77
			Ар	69	72	76	71	62	74	71
	Сүүдэрт	MN12	Урд	71	73	67	75	77	78	74
			Ар	66	67	61	63	60	65	63
В Байршил	Наранд ил	MN9	Урд	69	77	72	60	63	68	68
			Ар	66	64	60	66	60	58	62
	Сүүдэрт	MN10	Урд	77	70	66	72	76	78	72
			Ар	71	64	67	69	79	76	71

Хүснэгт 11: Бүрхүүлийн зузаан хэмжилтийн үр дүн (Наалдац бүхий туршилтын бэлдэц)

Байршил	Бэлдэцийн дугаар	Байгальд өртөх хугацаа	Бүрхүүлийн зузаан (μm)						
			Эхэнд	①	②	③	④	⑤	Дундаж
С Байршил	MN13	13 жил	59	65	48	54	58	60	57
D байршил	MN12	12 жил (нэмэлт)	138	138	140	139	143	135	139



Зураг 10 Бүрхүүлийн зузааныг хэмжих үр дүн (Жижиг туршилтын бэлдэц /N түрхэлтээр боловсруулсан бэлдэц)



Зураг 11 Бүрхүүлийн зузааныг хэмжих үр дүн (Наалдац бүхий бэлдэц /N түрхэлтээр боловсруулсан бэлдэц)



4.3.3 Наалдац давсны хэмжээг хэмжсэн үр дүн

Наалдсан давсны хэмжилтийн үр дүнг Хүснэгт 12, 13, болон Зураг 12-14-рт үзүүлэв.

① Жижиг туршилтын бэлдэц

- Нөхцөл болгонд наалдсан давсны хэмжээг харьцуулж үзэхэд "M11"-ээс бусад, наранд ил тавьсан хэсэгт урд тал нь ар талаас бага байх хандлагатай байсан бол сүүдэр хэсэгт ар тал нь урд талаас бага байх хандлагатай байсан.
- Мөн А болон В байршлын сүүдэрт байсан бэлдэцийн гадаргуунд 12 жилийн дараах туршилтын дүнгээр түрхэцгүй бэлдэц болон N-түрхэцээр боловсруулсан бэлдэцэд давс их хэмжээгээр наалдсан байна.

② Наалдац бүхий туршилтын бэлдэц

- Энгийн бэлдэц болон N түрхэцтэй бэлдэцийн аль алиныг нь суурилуулсан байршилд давсны хуримтлалын хэмжээг харьцуулж үзэхэд Байршил С буюу Сонсголон гүүр нь Байршил D буюу Сэлбэ гүүр ийнхээс бага байх хандлага ажиглагдаж байна. Энэ хандлага нь туршилтын эхний болон зургаа дахь жилүүдтэй төстэй байв.

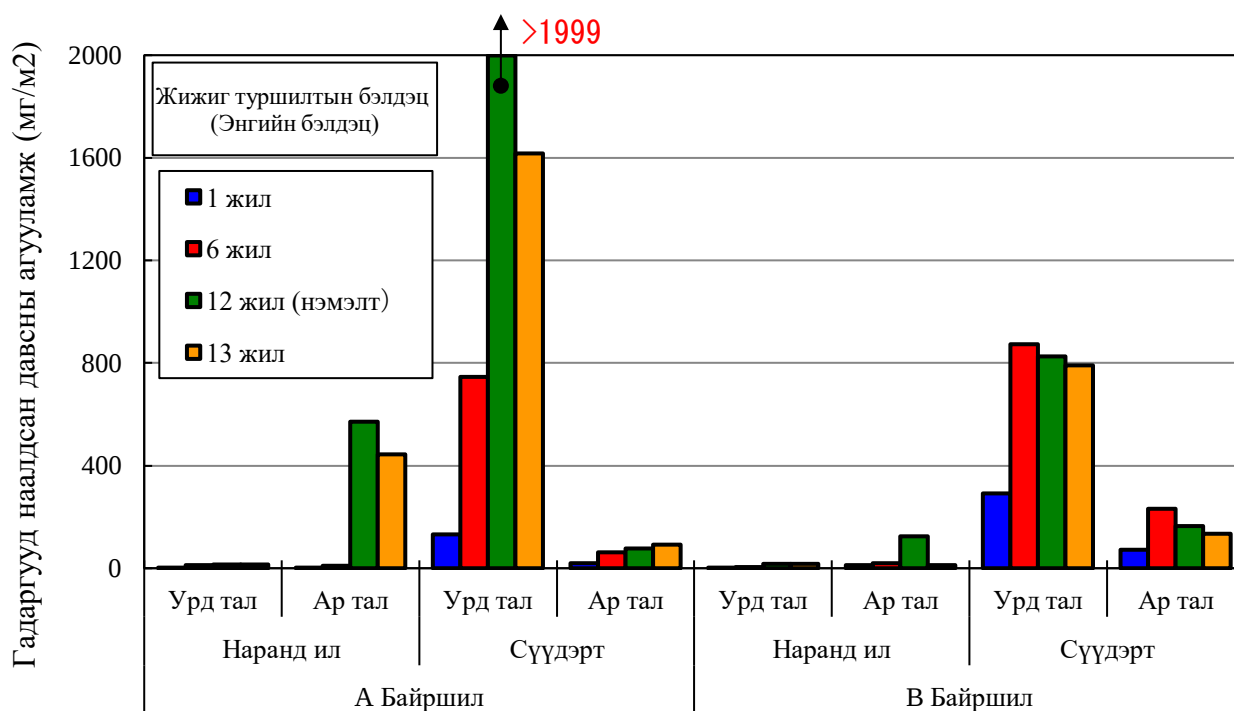
Хүснэгт 12. Гадаргуугийн давсны хэмжилтийн үр дүн (Жижиг туршилтын бэлдэц)

Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Байгальд өртөх нөхцөл	Бэлдэцийн дугаар	Тал	Наалдсан давсны хэмжээ (мг/м ²)			
					1 жил	6 жил	12 жил (Нэмэлт)	13 жил
А Байршил	Энгийн	Наранд ил	M3	Урд	2	13	-	14
				Ар	1	11	-	444
			M19	Урд	-	-	16	-
				Ар	-	-	571	-
		Сүүдэрт	M7	Урд	132	745	-	1617
				Ар	20	63	-	93
			M20	Урд	-	-	>1,999	-
				Ар	-	-	77	-
	N Түрхэц бүхий	Наранд ил	MN11	Урд	7	5	10	-
				Ар	0	6	187	-
		Сүүдэрт	MN12	Урд	83	163	1420	-
				Ар	64	195	222	-
В Байршил	Энгийн	Наранд ил	M11	Урд	2	6	-	17
				Ар	13	19	-	13
			M17	Урд	-	-	17	-
				Ар	-	-	125	-
		Сүүдэрт	M15	Урд	292	872	-	790
				Ар	72	232	-	134
			M18	Урд	-	-	826	-
				Ар	-	-	164	-
	N Түрхэц бүхий	Наранд ил	MN9	Урд	10	1	14	-
				Ар	2	7	29	-
		Сүүдэрт	MN10	Урд	125	270	1578	-
				Ар	188	501	352	-

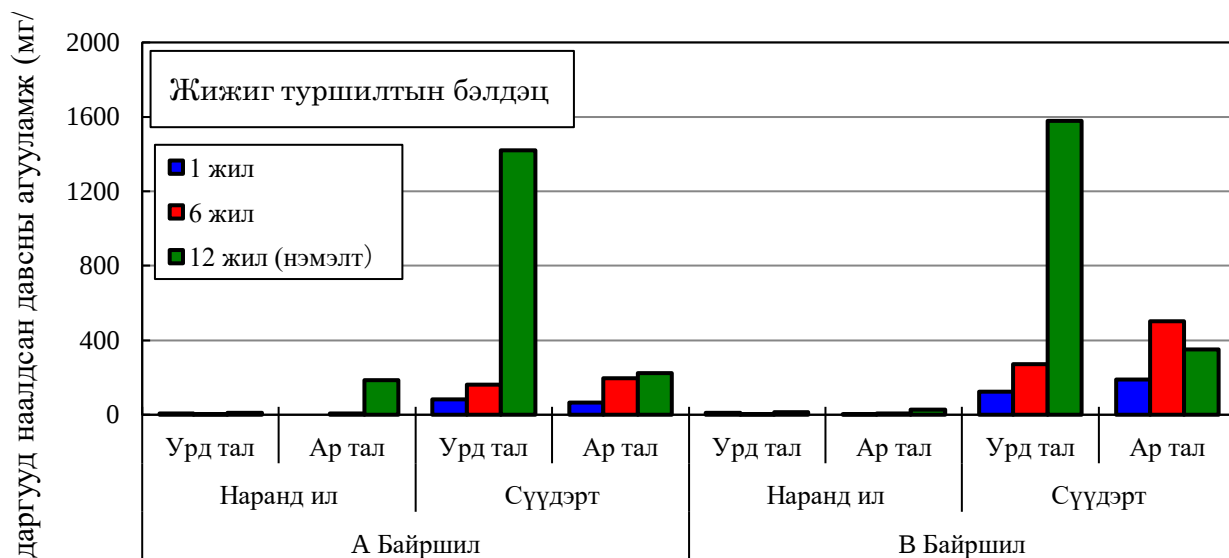


Хүснэгт 13 Гадаргуугийн давсны хэмжилтийн үр дүн (Наалдац бүхий туршилтын бэлдэц)

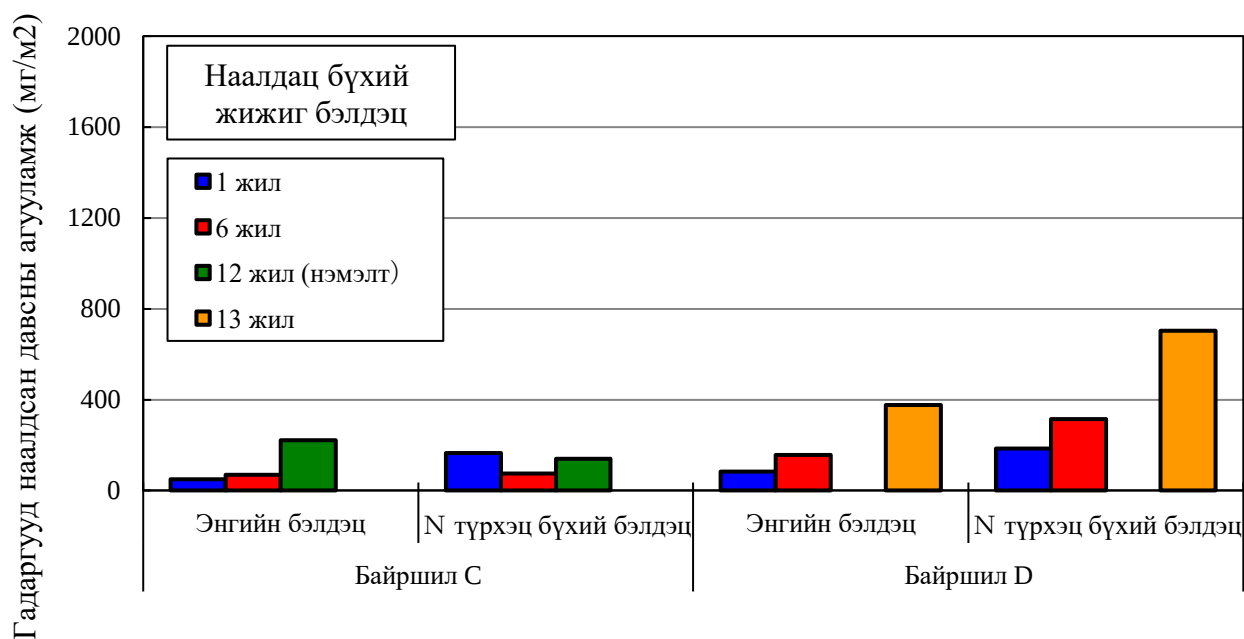
Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Бэлдэцийн дугаар	Наалдсан давсны хэмжээ (мг/м ²)			
			1 жил	6 жил	12 жил (Нэмэлт)	13 жил
С Байршил	Энгийн	M21	49	70	221	-
	N Түрхэц бүхий	MN13	166	74	140	-
D байршил	Энгийн	M19	82	156	-	375
	N Түрхэц бүхий	MN12	184	315	-	704



Зураг 12. Гадаргуугийн давсжилтын хэмжилтийн үр дүн (Жишээ туршилтын бэлдэц/Түрхэцгүй бэлдэц)



Зураг 13. Гадаргуугийн давсжилтын хэмжилтийн үр дүн
(Жижиг туршилтын бэлдэц/N түрхлэг бүхий бэлдэц)



Зураг 14. Гадаргуугийн давсжилтын хэмжилтийн үр дүн (Наалдац бүхий жижиг бэлдэц/Түрхэцгүй болон N-түрхлэг бүхий бэлдэц)



4.3.4 Ион нэвчилтийн эсэргүүцлийг хэмжсэн үр дүн

Ионы нэвчих эсэргүүцлийн хэмжилтийн үр дүнг 14 ба 15-р хүснэгтэд, түрхэцгүй бэлдэцийн зэвний зузаан ба ионы нэвчилтийн эсэргүүцлийн утгын хамаарлыг 15, 16-р зурагт үзүүлэв.

① Жижиг туршилтын бэлдэц

(1) Түрхэцгүй бэлдэц (Хүснэгт 14, Зураг 15)

Ионы нэвчих эсэргүүцлийн утга нь нарны гэрэлд ил өртсөн бэлдэцийн хувьд 1 kΩ (КилОм) ба түүнээс дээш, сүүдэрт өртсөн бэлдэцийн хувьд 0.10 kΩ -оос 0.62 kΩ байна. Нарны гэрэлд өртсөн болон сүүдэрт тавигдсан бэлдэц хоёулаа 1 ба 6 дахь жилтэй харьцуулахад ион нэвчилтийн эсэргүүцэл өндөр байх хандлагатай байна.

Түүнчлэн зэвний зузаан ба ион нэвчих эсэргүүцлийн утгын хамаарлын хувьд нарны гэрэлд 13 жил өртсөн бэлдэцийн хувьд "I-4: Цаг агаараас үл хамаарах зэв"-ийн утгад таарч, сүүдэрт байсан бэлдэцийн хувьд "I-5: Өсөлтгүй зэв" (A)"-д ангилагдаж байна.

(2) N-зэврэлтээс хамгаалах нэмэлт түрхлэг бүхий бэлдэц

-Ион нэвчилтийн эсэргүүцлийн утга нь 145MΩ-аас 11GΩ хооронд утгыг үзүүлсэн.

② Наалт бүхий жижиг туршилтын бэлдэц

1) Түрхэцгүй бэлдэц (Хүснэгт 15, Зураг 16)

- Ионы нэвчих эсэргүүцлийн утга нь 0.39 kΩ -оос 1.19 kΩ-ийн хооронд заасан.

Зэвний зузаан ба ион нэвчих эсэргүүцлийн утгын хамаарлын хувьд C байршилд (13 жил туршсан бэлдэц) "I-4: Цаг агаараас үл хамаарах зэв"-ийн ангилалд хамаарч, D байршлын (12 жил туршсан бэлдэц) хувьд "I-5: Өсөлтгүй зэв (A)" гэж эрэмбэлсэн.

2) N-зэвээс хамгаалах нэмэлт түрхэцтэй бэлдэц

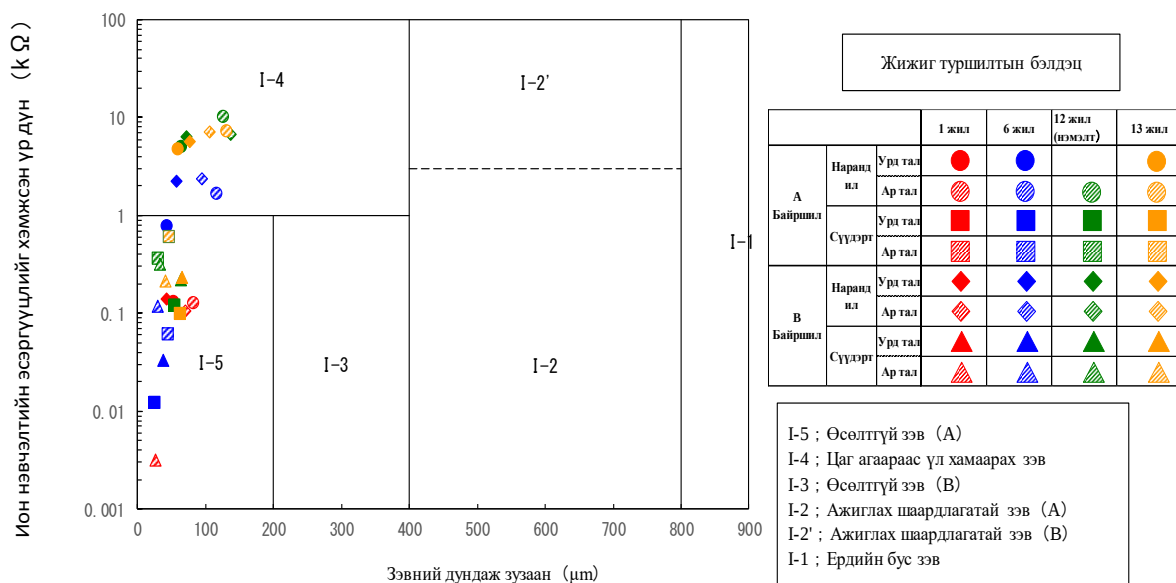
-Ионы нэвчилтийн эсэргүүцлийн утга нь 37MΩ-ээс 1.4GΩ утгын хооронд хэлбэлзэж байсан.

**Хүснэгт 14: Ион нэвчэлтийн эсэргүүцлийг хэмжсэн үр дүн
(Жижиг туршилтын бэлдэц)**

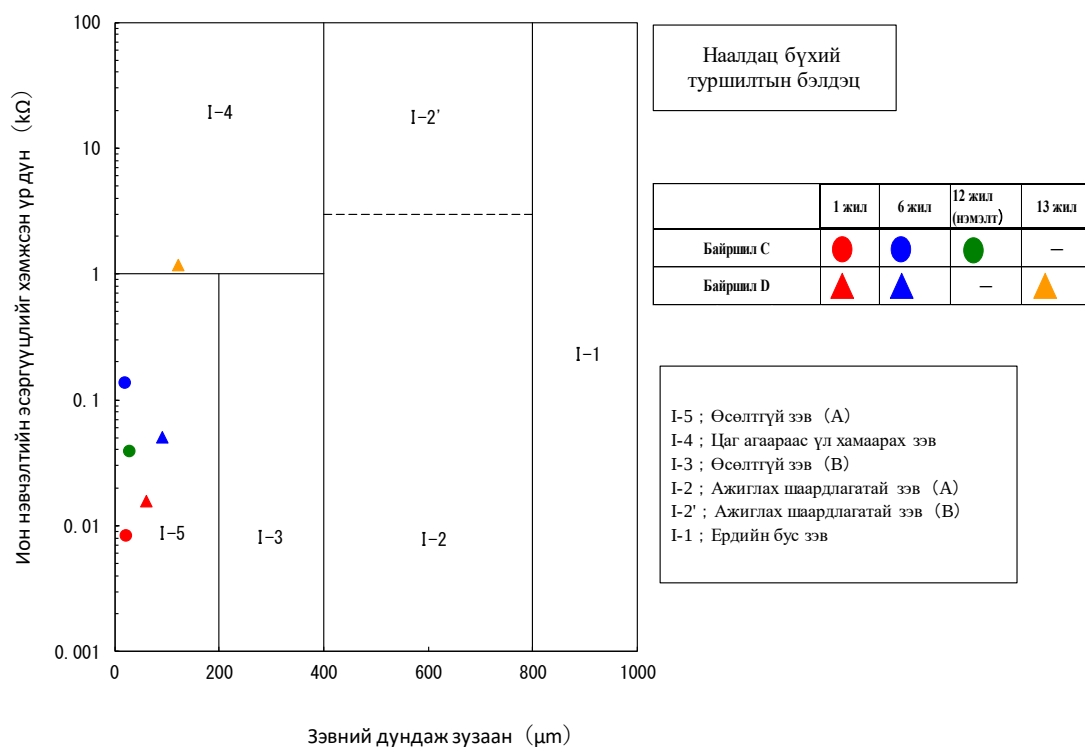
Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Байгальд өртөх нөхцөл	Бэлдэцийн дугаар	Тал	Ионы нэвчилтийн эсэргүүцлийн утга (kΩ)			
					1 жил	6 жил	12 жил (нэмэлт)	13 жил
А Байршил	Энгийн	Наранд ил	M3	Урд	0.13	0.81	-	4.90
				Ар	0.13	1.70	-	7.53
			M19	Урд	-	-	5.19	-
				Ар	-	-	10.51	-
		Сүүдэрт	M7	Урд	0.00	0.01	-	0.10
				Ар	0.00	0.06	-	0.62
			M20	Урд	-	-	0.12	-
				Ар	-	-	0.37	-
	N Түрхэц бүхий	Наранд ил	MN11	Урд	9.0 G	3.8 G	1.3G	-
				Ар	7.6 G	13 G	8.6G	-
		Сүүдэрт	MN12	Урд	7.5 G	10 G	11G	-
				Ар	6.1 G	8.1 G	3.6G	-
В Байршил	Энгийн	Наранд ил	M11	Урд	0.14	2.28	-	5.79
				Ар	0.11	2.41	-	7.27
			M17	Урд	-	-	6.52	-
				Ар	-	-	6.91	-
		Сүүдэрт	M15	Урд	0.00	0.03	-	0.24
				Ар	0.00	0.12	-	0.22
			M18	Урд	-	-	0.22	-
				Ар	-	-	0.32	-
	N Түрхэц бүхий	Наранд ил	MN9	Урд	7.5 G	9.3 G	145M	-
				Ар	7.8 G	9.0 G	11G	-
		Сүүдэрт	MN10	Урд	6.7 G	7.4 G	11G	-
				Ар	6.8 G	5.8 G	376M	-

**Хүснэгт 15: Ион нэвчэлтийн эсэргүүцлийг хэмжсэн үр дүн
(Наалдац бүхий туршилтын бэлдэц)**

Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Бэлдэцийн дугаар	Ионы нэвчилтийн эсэргүүцлийн утга (kΩ)			
			1 жил	6 жил	12 жил (нэмэлт)	13 жил
С Байршил	Энгийн	M21	0.01	0.14	0.04	-
	N Түрхэц бүхий	MN13	13 G	24 G	37M	-
D байршил	Энгийн	M19	0.02	0.05	-	1.19
	N Түрхэц бүхий	MN12	10 G	12 G	-	1. 4 G



**Зураг 15: Зэвний зузаан ба ион нэвчилтийн эсэргүүцлийн хамаарал
(жижиг туршилтын бэлдэц)**



**Зураг 16. Зэвний зузаан ба ион нэвчүүлэх эсэргүүцлийн хамаарал
(Наалт бүхий туршилтын бэлдэц)**



4.3.5 Төмрийн элэгдэл хорогдлыг тооцсон үр дүн

Туршилтын төмрийн элэгдэл, хорогдлын хэмжээг тооцож гаргахын тулд зэвнээс нь бүрэн салгасны дараа хүндийн жинг хэмжээд, туршилт эхлэхийн өмнөх жинтэй харьцуулж үзсэн. Жингийн алдагдлаас тооцсон элэгдэл хорогдлын хэмжээг 16-р, 17-р хүснэгт болон 17-20-р зурагт үзүүлэв.

Түүнчлэн, түрхэцгүй энгийн бэлдэцийн элэгдэл, хорогдлын хэмжээг, өртөлтийн эхний болон зургаа дахь жилүүдийн зэврэлтээс үүсэх алдагдлын хэмжээ (өмнө нь мэдээлсэн *2)-тэй нэгтгэн цаг хугацааны өөрчлөлтийг Хүснэгт 18-д үзүүлэв.

*2) Nippon Steel & Sumitomo Metal: Монголд 6 дахь жилдээ туршиж буй гангийн цаг агаарт тэсвэрлэх чадварын судалгааны үр дүнгийн тайлан (2018 оны 11-р сар)

① Жижиглэн хэрчсэн төмөр бэлдэц

1) Түрхэцгүй энгийн бэлдэц

[Наранд ил тавьсан бэлдэцийн элэгдэл хорогдлын хэмжээ]

А байршил: 12 жил туршсан бэлдэц 0,032 мм, 13 жил туршсан бэлдэц 0,033 мм

В байршил: 12 жил туршсан бэлдэц 0,038 мм, 13 жил туршсан бэлдэц 0,031 мм.

[Сүүдэрт тавьсан бэлдэцийн элэгдэл хорогдлын хэмжээ]

А байршил: 12 жил туршсан бэлдэц 0,019 мм, 13 жил туршсан бэлдэц 0,021 мм,

В байршил: 12 жил туршсан бэлдэц 0,023 мм, 13 жил туршсан бэлдэц 0,023 мм.

2) N-түрхэцтэй бэлдэц

• Наранд ил болон сүүдэрт тавьсан бэлдэцийн аль алинд жингийн элэгдэл хорогдлын хэмжээ нь 0.001мм- байсан.

② Наалдац бүхий жижиг бэлдэц

1) Түрхэцгүй энгийн төмөр бэлдэцийн элэгдэл хорогдлын хэмжээ

• С байршил: 12 жил туршсан бэлдэц 0.006мм, D байршил дээр 13 жил туршсан бэлдэц дээр 0.026мм.

2) N-түрхэц бүхий бэлдэц

• Төмрийн элэгдэл хорогдлын хэмжээ нь С байршил дээр болон D байршлын аль алинд нь 0.001 мм-ээс бага байсан.



**Хүснэгт 16. Төмрийн элэгдэл, хорогдлын хэмжээг тооцсон үр дүн
(Жижиглэн хэрчсэн туршилтын төмөр, 13 дахь жил)**

Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Байгальд өртөх нөхцөл	Бэлдэцийн дугаар	Хүндийн жин (гр)					Талбайн хэмжээ (см2)	Хорогдлын хэмжээ (гр/см2)	Элэгдэл хорогдлын хэмжээ2) (мм)
				Эхэн үе	12 жил (нэмэлт)	13 жил	Моралийн элэгдлийн дүн	Жингийн буурсан дүн 1)			
А Байршил	Энгийн	Наранд ил	M3	363.304	-	360.657	0.009	2.638	101.063	0.026	0.033
			M19	234.049	231.754	-	0.009	2.286	91.187	0.025	0.032
		Сүүдэрт	M7	362.639	-	360.960	0.009	1.670	100.976	0.017	0.021
			M20	234.020	232.682	-	0.009	1.329	91.150	0.015	0.019
	N Түрхэц бүхий	Наранд ил	MN11	233.421	233.375	-	0.009	0.037	91.395	0.000	0.001
		Сүүдэрт	MN12	233.704	233.658	-	0.009	0.037	91.456	0.000	0.001
В Байршил	Энгийн	Наранд ил	M11	362.166	-	359.716	0.009	2.441	101.056	0.024	0.031
			M17	233.844	231.104	-	0.009	2.731	91.180	0.030	0.038
		Сүүдэрт	M15	362.622	-	360.790	0.009	1.823	101.089	0.018	0.023
			M18	233.698	232.011	-	0.009	1.678	91.115	0.018	0.023
	N Түрхэц бүхий	Наранд ил	MN9	233.358	233.310	-	0.009	0.039	91.452	0.000	0.001
		Сүүдэрт	MN10	234.230	234.180	-	0.009	0.041	91.493	0.000	0.001
Хэвийн үед бэлдэц			B0002	340.757	340.748		-	0.009	-	-	-

1) Жингийн элэгдлийг дараах тэгшитгэлээр бодож гаргасан. 【Жингийн бууралт=Эхэн үеийн жин-(6 дахь жилийн жин)-(Моралийн элэгдэл)】

2) Жингийн бууралтаас тооцож гаргасан хорогдол 【JIS-SMA Харьцуулсан хэмжээ=7.86 гр/см³】

Хүснэгт 17. Төмрийн элэгдэл, хорогдлын хэмжээг тооцсон үр дүн (Наалдац бүхий туршилтын төмөр, 13 дахь жил)

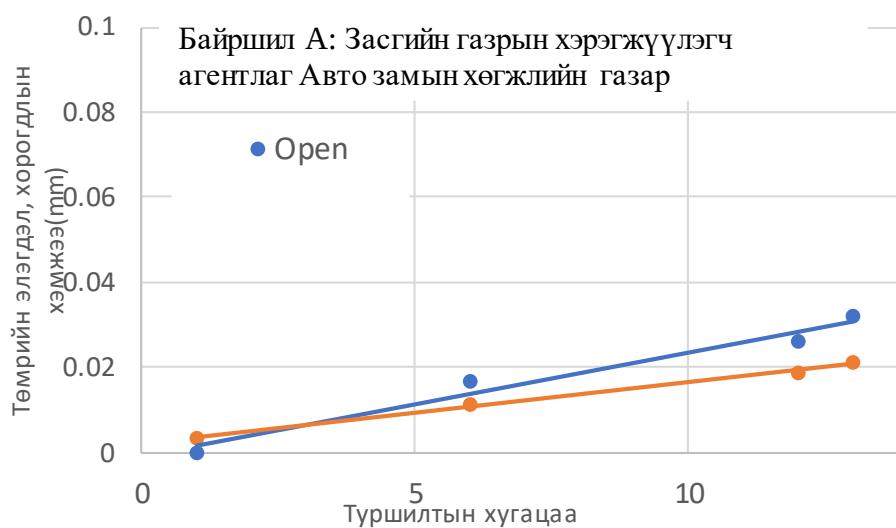
Байршил	Гадаргуугийн боловсруулалт	Бэлдэцийн дугаар	Хүндийн жин (гр)					Талбайн хэмжээ (см2)	Хорогдлын хэмжээ (гр/см2)	Элэгдэл хорогдлын хэмжээ2) (мм)
			Эхэн үе	12 жил (нэмэлт)	13 жил	Моралийн элэгдлийн дүн	Жингийн буурсан дүн 1)			
С Байршил	Энгийн	M21	38.986	38.833	-	0.005	0.148	29.210	0.005	0.006
	N Түрхэц бүхий	MN13	38.992	38.987	-	0.005	0.000	29.254	0.000	0.000
D Байршил	Энгийн	M19	38.279	-	37.691	0.005	0.583	29.018	0.020	0.026
	N Түрхэц бүхий	MN12	38.327	-	38.310	0.005	0.012	29.043	0.000	0.001
Хэвийн үед бэлдэц			BM080	38.711	38.706		-	0.005	-	-

1) Жингийн элэгдлийг дараах тэгшитгэлээр бодож гаргасан. 【Жингийн бууралт=Эхэн үеийн жин-(1 дэх жилийн жин)-(Моралийн элэгдэл)】

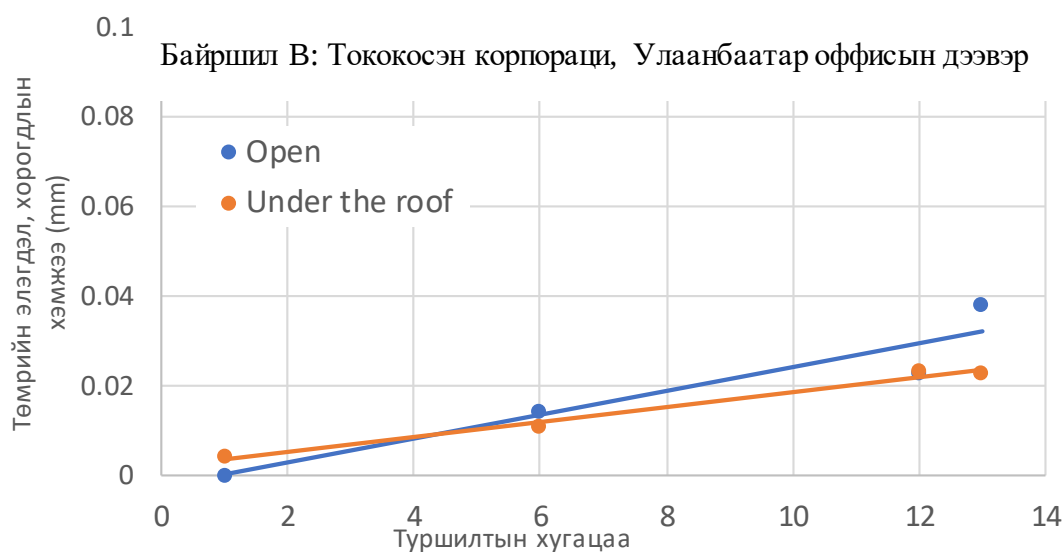
2) Жингийн бууралтаас тооцож гаргасан хорогдол 【JIS-SMA Харьцуулсан хэмжээ=7.86 гр/см³】

Хүснэгт 18. Цаг хугацааны элэгдэл хорогдлын өөрчлөлт (Түрхэцгүй бэлдэц)

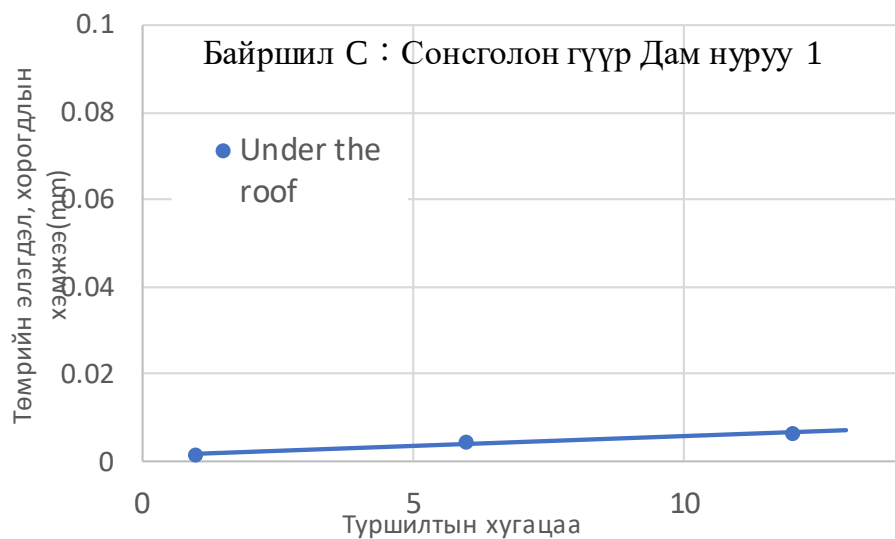
Байршил	Байгальд өртөх нөхцөл	Төмрийн элэгдэл, хорогдлын хэмжээ(мм)				
		1 жил	5 жил	6 жил	12 жил	13 жил
А Байршил	Наранд ил	0.017		0.026	0.032	0.033
	Тавиуртай (Сүүдэрт)	0.003		0.011	0.019	0.021
В Байршил	Наранд ил	0.014		0.023	0.038	0.031
	Тавиуртай (Сүүдэрт)	0.004		0.011	0.023	0.023
С Байршил	Тавиуртай (Сүүдэрт)	0.001		0.004	0.006	
Д Байршил	Тавиуртай (Сүүдэрт)	0.006	0.014			0.026



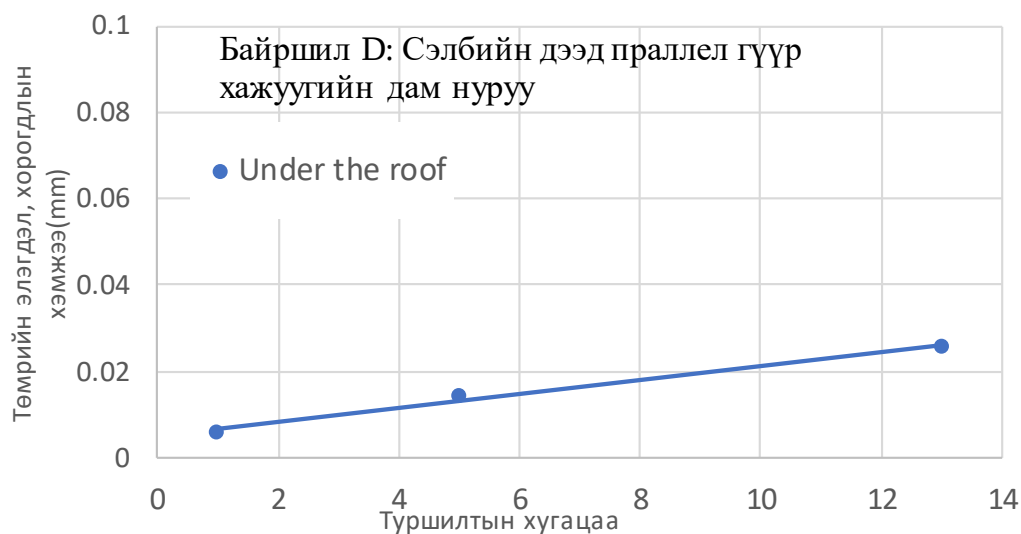
Зураг 17. Цаг хугацааны явцад ган төмрийн элэгдэл хорогдлын хэмжээ (Байршил А)



Зураг 18. Цаг хугацааны явцад ган төмрийн элэгдэл хорогдлын хэмжээ (Байршил В)



Зураг 19. Цаг хугацааны явцад ган төмрийн элэгдэл хорогдлын хэмжээ (Байршил С)



Зураг 20. Цаг хугацааны явцад ган төмрийн элэгдэл хорогдлын хэмжээ (Байршил D)



4.4 13 жилийн туршилтын бэлдэцийн үнэлгээний үр дүнгийн нэгтгэл

Монголд 13 дахь жилдээ (Нэмэлтээр 12 дахь жилд) туршиж буй гангийн цаг агаарт тэсвэрлэх чадварын судалгааны үр дүнг доорхи байдлаар дүгнэн нэгтгэв.

1) Түрхэцгүй төмөр бэлдэц (Хүснэгт 19)

- Нийт туршилтын төмрийн бэлдэцийн хувьд, ихэнх төмрийн гадаргуу нь арзайгаагүй (овон товон үүсээгүй) ба зэвний ширхэг нь нарийн, жигд байгаа тул, гадаргуугийн зэвний байдлыг「5」 гэж үнэлэв.
- Зэвний зузаан болон ион нэвчилтийн эсэргүүцлийн дүн зэргээс харгалзан туршилтын төмрүүд「I-4: Зэврэлт дэмждэггүй цаг агаар」болон 「I-5: Зэврэлт даамжирдаггүй (A)」 бүс нутагт байршиж байлаа.

Хүснэгт 19. 13 жил (нэмэлт 12 дахь жил) туршсан ган төмөр бэлдэцийн үнэлгээний үр дүн (Түрхэцгүй бэлдэц)

Бэлдэцийн төрөл	Байршил	Цаг агаарт өртөх байдал	Гадаад байдлын үнэлэмж	Зэвний зузаан ба ион нэвчүүлэх эсэргүүцлийн хамаарал	Элэгдэл хорогдлын хэмжээ (мм)	
					12 жил	13 жил
Жижиг төмөр бэлдэц	A	Наранд ил	5	I-4	0.032	0.033
		Тавиуртай (Сүүдэрт)	5	I-5	0.019	0.021
Жижиг төмөр бэлдэц	B	Наранд ил	5	I-4	0.038	0.031
		Тавиуртай (Сүүдэрт)	5	I-5	0.023	0.023
Наалдац бүхий төмөр бэлдэц	C	Тавиуртай (Сүүдэрт)	5	I-4	0.006	
Наалдац бүхий төмөр бэлдэц	D	Тавиуртай (Сүүдэрт)	5	I-5		0.026

2) N түрхэцтэй төмөр бэлдэц

- N түрхэц бүхий нийт бэлдэц төмрийн гадаргуун бүтцэд өөрчлөлт болон өнгө хувирах байдал ажиглагдсан боловч, харин зэврэлт үүсэлт ажиглагдаагүй байдлыг харахад гадаргуугийн байдлыг「B」 гэж үнэлсэн. Мөн гадаргуун бүрхүүлийн зузаанаас илт нимгэрсэн байдал ажиглагдаагүй ба ион нэвчилтийн эсэргүүцлийн дүн нь 10MΩ дарааллын өндөр дүн үзүүлсэн тул гадаргуун бүрхүүл хэвийн аюулгүй байдлаа хадгалж байна гэж үзсэн.

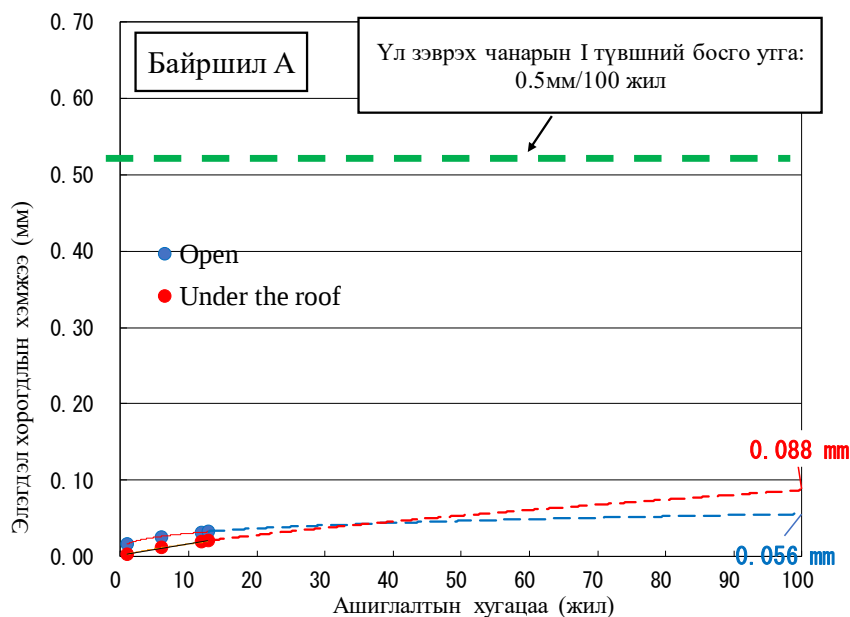


5. Түрхэцгүй ган төмөр бэлдэцийн урт хугацааны зэврэлтээс үүсэх хорогдлын тооцоолол
Түрхэцгүй ган төмөр бэлдэцийн тухайд 1 дэх жилээс 13 дахь жилийг дуустал хугацааны элэгдэл, хорогдлын хэмжээн дээр суурилж, элэгдэл хорогдлын тогтмол хурдыг А болон В үзүүлэлтээр тооцоолон гаргаж, 100 жилийн дараах элэгдэл хорогдлын урьдчилсан тооцоог гаргасан болно. 【Доорхи тооцооллын томьёо (1)-г харна уу】

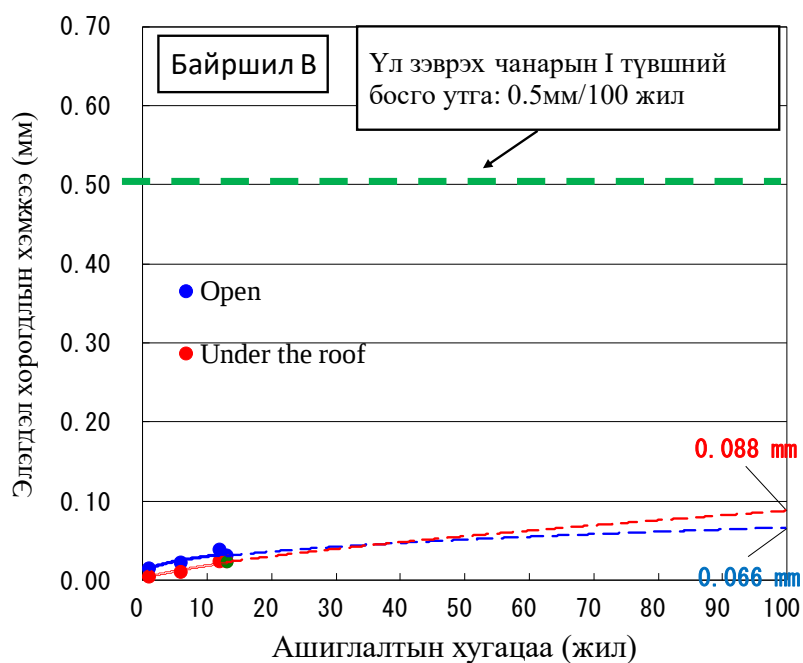
Бүх байршлын туршилтын бэлдэцүүдийн урт хугацаан дахь элэгдэл хорогдлын урьдчилсан тооцооллын үр дүнг зураг 21-ээс зураг 23-т үзүүлэв. Бүх төмөр бэлдэцийн хувьд 100 жилийн дараах урьдчилан таамаглаж буй элэгдэл хорогдлын хэмжээ нь 0,5 мм-ыг зааж байна. Хүснэгт 20-д байршил тус бүрийн ган төмөр бэлдэцийн урт хугацааны зэврэлтээс үүсэх элэгдэл, хорогдлын таамаглал ба зэврэлтэнд тэсвэртэй байдлын ангиллыг үзүүлэв. Япон дахь зэврэлтэнд тэсвэртэй байдлын түвшний ангиллаас (Хүснэгт 21-ийг үзнэ үү) А, В, С, D байршилууд нь цаг уурт тэсвэртэй ган төмрийг ашиглахад хянах боломжтой түвшин болох "Зэврэлтийн гүйцэтгэлийн I-тэй тэнцэх түвшин" -д багтаж байна.

•Томьёо (1) $Y = A \cdot X^B$ (Y : Элэгдэл, хорогдлын хэмжээ, X : Ашиглах хугацаа /жилээр/, A, B : элэгдэл, хорогдлын тогтмол хурд)

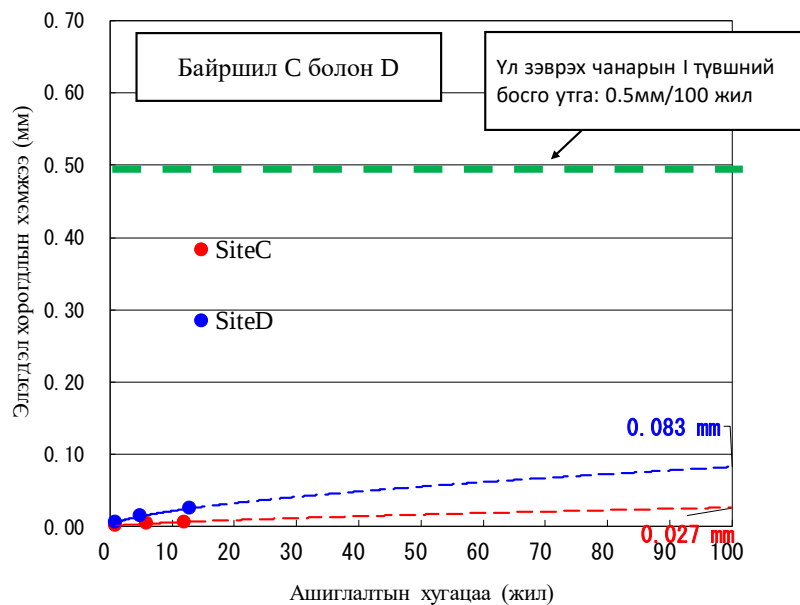
*3) Кихира, Танабе, Кусуноки, Такезава, Анба, Танака, Мацуока, Харада: Японы барилгын инженерүүдийн нийгэмлэгийн гангийн зэврэлтээс урьдчилан таамаглах загварын судалгаа № 780/I-70, 71 (2005);



Зураг 21: Ган төмрийн урт хугацааны зэврэлтээс үүсэх элэгдэл хорогдлын тооцоо (А байршил)
100 жилийн дараа А байршлын ган төмрийн зэврэлтээс үүсэх элэгдэл хорогдлын хэмжээ наранд ил болон сүүдэрт 0.5 мм-ээс бага байна гэж тооцоолсон.



Зураг 22: Ган төмрийн урт хугацааны зэврэлтээс үүсэх элэгдэл хорогдлын тооцоо (В байршил)
100 жилийн дараа В байршлын ган төмрийн зэврэлтээс үүсэх элэгдэл хорогдлын хэмжээ наранд ил болон сүүдэрт 0.5 мм-ээс бага байна гэж тооцоолсон.



Зураг 23: Ган төмрийн урт хугацааны зэврэлтээс үүсэх элэгдэл хорогдлын тооцоо (С байршил, D байршил)

100 жилийн дараа С болон D байршлын ган төмрийн зэврэлтээс үүсэх элэгдэл хорогдлын хэмжээ 0.5 мм-ээс бага байна гэж тооцоолсон.



Хүснэгт 20: Байршил тус бүрийн ган төмөр бэлдэцийн урт хугацааны зэврэлтээс үүсэх элэгдэл хорогдлын таамаглал ба зэврэлтэнд тэсвэртэй байдлын ангилал

Бэлдэцийн төрөл	Байршил	Цаг агаарт өртөх байдал	100 жилийн дараах элэгдэл хорогдлын урьдчилсан тооцоолол (мм)	Зэврэлтэнд тэсвэртэй гүйцэтгэлийн ангилал
Жижиг төмөр бэлдэц	А	Наранд ил	$\leq 0.5\text{мм}$	I
		Тавиуртай (Сүүдэрт)	$\leq 0.5\text{мм}$	I
Жижиг төмөр бэлдэц	В	Наранд ил	$\leq 0.5\text{мм}$	I
		Тавиуртай (Сүүдэрт)	$\leq 0.5\text{мм}$	I
Наалдац бүхий төмөр бэлдэц	С	Тавиуртай (Сүүдэрт)	$\leq 0.5\text{мм}$	I
Наалдац бүхий төмөр бэлдэц	Д	Тавиуртай (Сүүдэрт)	$\leq 0.5\text{мм}$	I



Хүснэгт 21: Үл зэврэх чанарын түвшний ангилал ³⁾

Үл зэврэх чанарын түвшин I (Хянах боломжит түвшин)	• үйлдвэрийн гаргасан хугацааны зэвэнд идэгдэх элэгдлийн хэмжээ нь хийцийн үл зэврэх чанарт нөлөө үзүүлэх хэмжээнд биш түвшинийг хэлнэ. • төмрийн гадаргуугийн дундаж элэгдэл хорогдлын хэмжээ нь 0,5мм/100 жил-ээс бага байхыг зорино • Зэврэлтийн гадаад үзэмжийн үнэлгээний оноо нь 「3」-「5」хооронд байна.
Үл зэврэх чанарын түвшин II (Хязгаарлагдмал хяналтат түвшин)	• үйлдвэрийн гаргасан хугацааны зэвэнд идэгдэх элэгдлийн хэмжээ нь I түвшинтэй харицуулахад арай их боловч урьдчилан хийц дэх зэв идэлтийн тооцоог гаргаж хийцийн үл зэврэх чанарт нөлөө үзүүлэхүйц биш хэмжээнд байх түвшинг хэлнэ. • зэврэлтийн урагшлах процессыг тодорхой түвшинд хянаж болох хүрээ юм. • төмрийн гадаргуугийн дундаж элэгдэл хорогдлын хэмжээ нь 1,0 мм/100 жил-ээс бага байхыг зорино. • Зэврэлтийн гадаад үзэмжийн үнэлгээний оноо нь 「2」 буюу арай бага байна.
Үл зэврэх чанарын түвшин III (Хянах боломжгүй түвшин)	• Ерөнхийдөө шинээр солих түвшний материалыг хамруулна. • Зэв эдэлтийн хэмжээг хянах боломжгүй тохиолдол гарахыг үгүйсгэхгүй. • Зэврэлтийн гадаад үзэмжийн үнэлгээний оноо нь 「1」 байна.

※ ³⁾ Японы ган хийц үйлдвэрлэгчдийн холбоо_Төмөр гүүрэн хийцийн чанарыг сайжруулах судалгааны хороо • Цаг агаарт тэсвэртэй ган төмөр хийцийн гүүрний хэлтсийн хурал「Цаг агаарт тэсвэртэй ган төмөр хийцийн гүүрний боломж, техник технологийн тайлан №73,(2006) 」-аас хэсэглэн авав.



6. Үр дүнгийн хураангуй

Монгол Улс, Улаанбаатар хотод бид түрхэцгүй энгийн болон зэв тогтворжуулах нэмэлт түрхэцтэй гэсэн хоёр төрлийн цаг агаарт тэсвэртэй ган (JIS-SMA) төмрийг ашиглан жижиг туршилтын бэлдэц болон наалдац бүхий туршилтын хэсгүүдийг үйлдвэрлэж, 2011 оны 7-р сараас эхлэн 13 жилийн хугацаанд туршсан. Нийт дөрвөн байршилд цаг уурын нөхцөлд өртөх туршилтыг хийхэд туршилтын үр дүнд түрхэцгүй бэлдэц болон зэв тогтворжуулах түрхэц (N эмчилгээ) бүхий бэлдэцийн хоёуланд нь зэврэлтээс үүсэх элэгдэл хорогдлын хэмжээ 0.03 мм-ээс бага байна. Мөн ган төмөр бэлдэцийн туршилтын үр дүнг ашиглан ган төмрийн урт хугацааны ашиглалтыг урьдчилан таамаглахад 100 жилийн дараа хүлээгдэж буй зэврэлтээс үүсэх элэгдлийн хэмжээ 0.5 мм-ээс бага байхаар тооцоологдож байна.

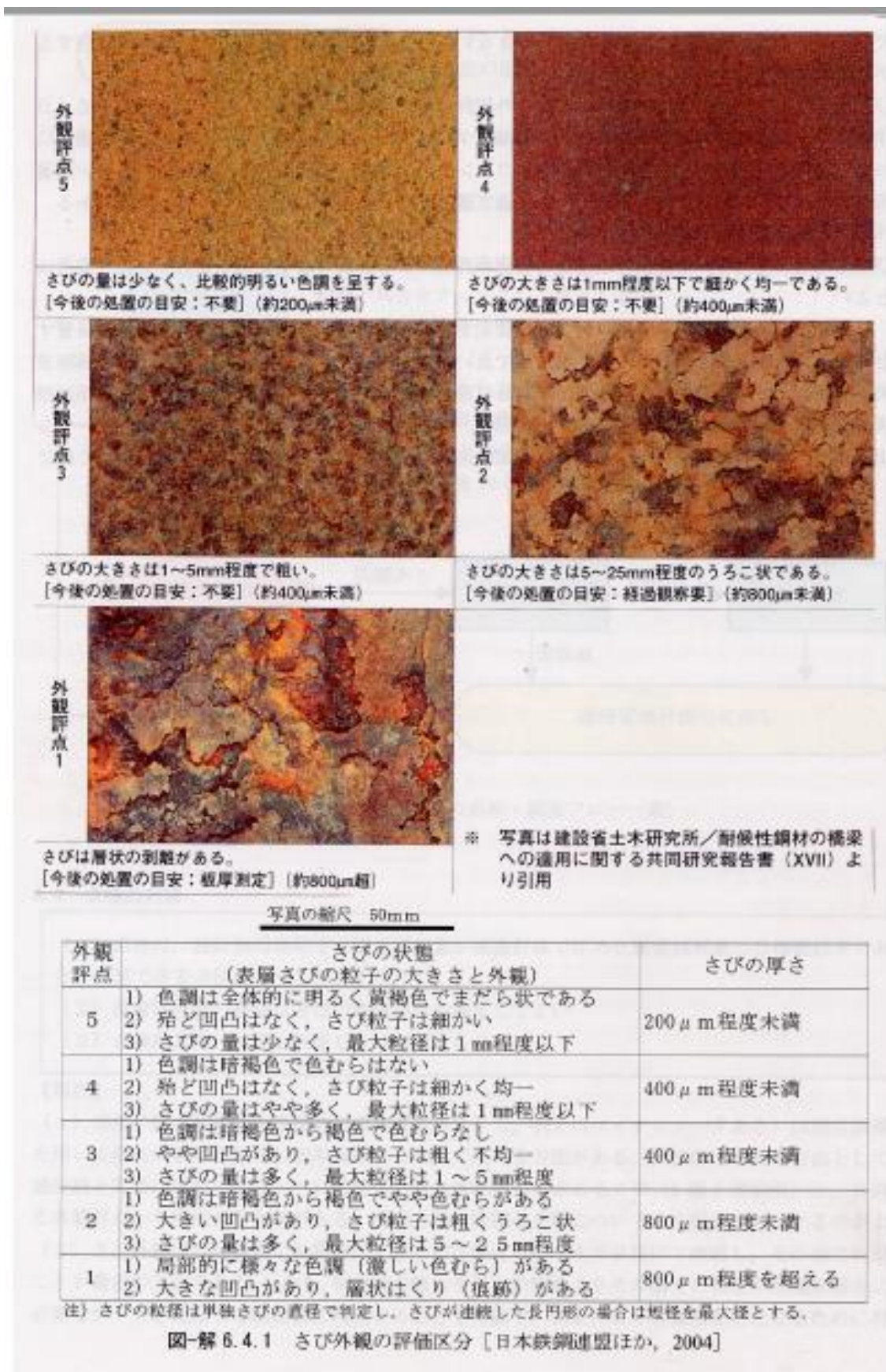
Энэхүү туршилтын хүрээнд хөлдөлтийн эсрэг цас хайлуулах давсны бодисыг харгалзаагүй хэдий ч сүүдэртэй орчинд 12 дахь жилээс наалддаг давсны хэмжээ огцом нэмэгдэж, зарим шалтгааны улмаас наалдсан давсны хэмжээ харьцангуй их байх тохиолдол ажиглагдсан. Харьцангуй их хэмжээний давстай орчинтой харицуулахад зэв идэх хэмжээ бага байсан. Энэ орчинд хөлдөлтөөс хамгаалах бодисын нөлөөгөөр наалдах давсны хэмжээ ихэссэн ч зэврэлтээс үүсэх элэгдлийн хэмжээнд үзүүлэх нөлөө нь тийм ч их биш гэж үзсэн.

НУУЦ
Хавтангийн технологийн хэлтэс (24-72)
2025 оны 2 дугаар сарын 21



Хавсралт I

"Зэвний харагдах байдлын үнэлгээний ангилал"



НУУЦ
Хавтангийн технологийн хэлтэс (24-72)
2025 оны 2 дугаар сарын 21



Хавсралт II

**[Зэв тогтворжуулах нэмэлт бодис хэрэглэсэн
ган төмрийн харагдах байдлын үнэлгээний шалгуур үзүүлэлт]**

表-B6. 6. 1 さび安定化補助処理を施した耐候性鋼の目視外観評価基準

さび・被膜の外観 (例)			処理被膜部のさび状況 (% : 1m ² 程度範囲のさび面積率) ⁴				さび厚 ^{2,3} (μm)
			被膜にさびが見られない、または、被膜の下や中に僅かなさびが見られる。	x	y	z	
				<3%	<30%	>30%	
被膜の外観	正常	A	あきらかな変・退色なし	A			
		B	あきらかな変・退色あり				
	正常 ⁵	5	腐食が進まず、薄いさび	B			<400
		4	微細で外観平均粒径 1mm 程度の均一なさび				
		3	微細で外観平均粒径が 5mm 程度のさび				
		2	外観粒径 5~25mm 程度のうろこ状さび				
	要 察		外観直徑 25mm 程度以下の小さなこぶ状さび ¹				<600
			層状さび				
	異常	1	外観直徑 25mm 程度を超える大きなこぶ状さび				<1000
さび部の外観				5-x	5-y	5-z	<400
				4-x	4-y	4-z	<600
				3-x	3-y	3-z	<600
				2-x	2-y	2-z	<1000
				2-x(b)	2-y(b)	2-z(b)	<1000
				1-x	1-y	1-z	>1000
				1-x(b)	1-y(b)	1-z(b)	>1000

- 注) 1. (b)はこぶ状さび(bumpy rust)であることを示す。
 2. さび厚は目安としての参考値である。
 3. 被膜の残留も考慮して、標使用の目安に 200 μm を加算した。
 4. 被膜が無くなり全面がさびに置換した後は、標使用の基準にて評価し、1~5 の評点で記述する。
 5. 正常の判定は、さび発生後の経過期間が 9 年以上であることを前提とする。